

e | global denken  
g | regional handeln  
z | zusammen leben



egz landwirt sebastian lehner | hanna braugerste

juni 2018 | erstellt von  
Dr. sc. agr. Moritz Wagner  
D-70599 Stuttgart, Paracelsusstraße 47B  
Universität Hohenheim  
Deutschland

ökobilanzielle bewertung braugerstenanbau 2018  
egz | erzeugergemeinschaft zistersdorf

„Die regional abgestimmten Produktionsrichtlinien und Kulturmaßnahmen, die hohe Stickstoffdüngernutzungseffizienz, die kurzen Transportdistanzen sowie die für den Braugerstenanbau günstigen klimatischen sowie standörtlichen Bedingungen vor Ort führen zu niedrigen Umweltwirkungen und daher zu einer insgesamt sehr vorteilhaften Umweltwirkung des Braugerstenanbaus der egz.“

[Dr. sc. agr. Moritz Wagner]

autor

dr sc agr moritz wagner  
d-70599 stuttgart, paracelsusstraße 47b  
universität hohenheim  
telefon 0049 [0]176 821 76 885  
mail moritz.wagner@uni.hohenheim.de  
www uni-hohenheim.de  
deutschland

einbegleitung | anmerkungen | danksagung

dr gottfried bauer  
franz bauer  
egz.at  
österreich



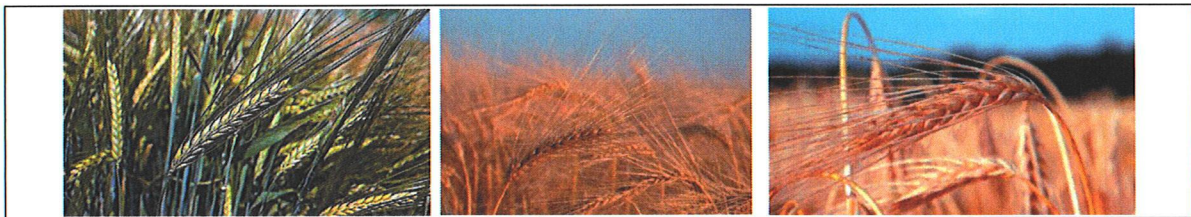
## einbegleitung

unsere werkstatt ist die natur. wir arbeiten mit ihr und haben uns die besonderheiten unserer kulturflächen zu eigen gemacht. ganz bewusst stimmen wir unsere arbeit - ... aus gutem grund und boden"[© egz] - auf die gegebenheiten vor ort ab bzw arbeiten mit diesen.

so haben wir die hannabraugerste im pannonikum rekultiviert und auch der winterbraugerste im pannonikum wieder grund und boden gegeben. und unsere kulturspezifischen bekämpfungsschwellen, die eine besonders naturnahe art der bestandesführung in der region des anbau-trockengebietes zulassen, nehmen auf unseren grund und boden bezug.

wir sind uns dessen bewusst, dass wir uns nicht abseits globaler entwicklungen stellen können und wir wollen das auch gar nicht. ganz im gegenteil, wir wollen

- selbst - in abstimmung und/oder gemeinsam mit unseren partnern - nationale, regionale antworten des land[be]wirtschaftens geben
- unseren teil zur regionalen wertschöpfung und wertschätzung [bei]tragen
- unserem grund und boden, unseren rohstoffen „gesichter“ geben
- unsere kulturen und sorten vor ort kultivieren und verorten
- beste landwirtschaftliche rohstoffe für gesunde lebensmittel zu fairen preisen kultivieren.



die vorliegende ökobilanzielle bewertung unseres braugerstenanbaus bestätigt unsere arbeit, ohne alle aspekte - wissenschaftlich und im internationalen vergleich - aktuell bewerten und abbilden zu können. daher stellen wir unserer braugerstenbilanz 2018 anmerkungen voran, die teil der abbildung unserer arbeit, unserer kultur und unserer ökobilanz sind, ohne bislang in diese/r bewertet und/oder gewichtet einzufließen. aber lesen sie nachfolgend selbst.

herzlichst

**franz bauer**  
[geschäftsführender gesellschaftler egz gmbh]

## anmerkungen

aufgrund der naturgegebenen standörtlichen grund und bodenverhältnisse sowie der rahmenbedingungen vor ort wie ua

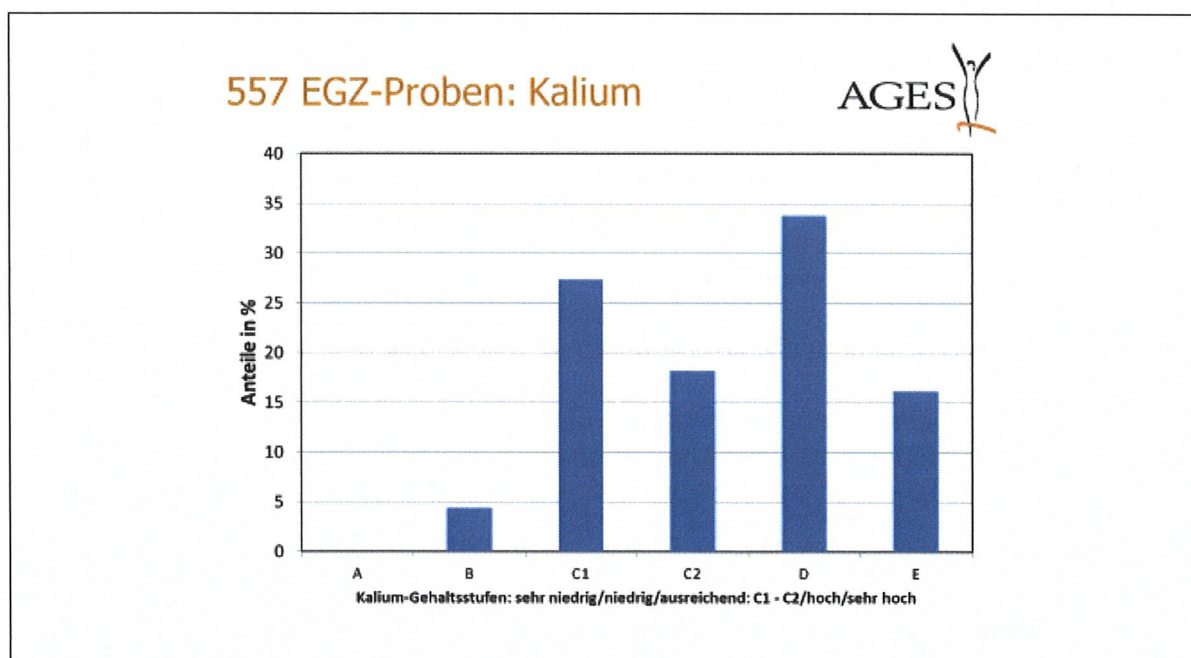
- > wenig niederschlag  
[im durchschnitt 300 bis 500 mm/jahr; zunehmend weniger und punktueller; sommerungen 130 bis 250 mm/jahr]
- > schwarzerde, lehm Böden, dh  
gute bodenspeicherkapazitäten  
geringe auswaschungen  
kleinstrukturiertheit

sowie der von der egz geschaffenen einheitlichen kulturvorgaben wie

- > vertragslandwirtschaft
- > sortenvorgaben  
markenproduktion | hanna
- > produktionsrichtlinien
- > positiv-liste [selbstbeschränkung auf wenige pflanzenschutzmittel]
- > konzertierte kulturmaßnahmen
- > lageraktivitäten | eigenlager
- > grund und boden - analysen
- > orientierung an optimalerträgen [grund und boden, fruchtfolgen, betrieb] nicht maximalerträgen

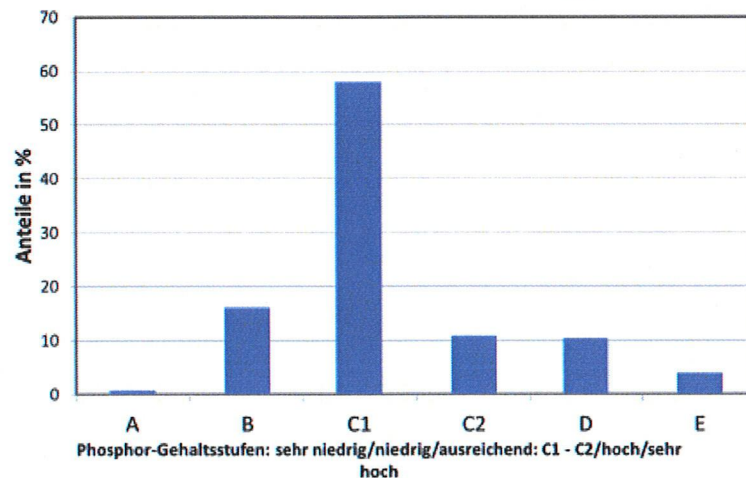
geht auch die wissenschaft davon aus, dass die ökobilanzielle bewertung des braugerstenanbaus der egz eine über die vorliegend ausgewiesene bilanz hinaus „noch positivere“ ist.

wir wissen auch, und unsere AGES geprüften grund und bodenanalysen zeigen das auch, dass beispielsweise nitrat- und phosphor-auswaschungen allein aufgrund der grund- und bodenverhältnisse in unserer region des pannonikums de facto nicht vorkommen, wie die nachstehenden folien auch belegen:





## 557 EGZ-Proben: Phosphor



von der ökobilanz aktuell auch nicht - wissenschaftlich - erfasst/bewertet wird, dass

- > das braugerstenstroh auf den feldern verbleibt bzw eingearbeitet wird, im boden als kohlenstoffsenke funktioniert, und so einen zusätzlichen, nicht unwesentlichen, beitrug zu einer ökobilanziellen bewertung beiträgt

ein simples rechenbeispiel:

ein kornertag von zb 6.500 kg/ha ertrag entspricht 4,55 ton stroh/ha

4,55 ton stroh binden [umrechnungsfaktor 0,4] kohlenstoff im ausmaß von 1,82 ton /ha

1,82 ton/ha „reiner“ kohlenstoff [umrechnungsfaktor 3,67] wiederum bedeuten die bindung von 6,68 ton co2/ha in und durch grund und boden.

- > die wurzel[trocken]masse - kenngroße zur charakterisierung von wurzeln und deren verbreitung im boden - trägt unserer meinung und erfahrung nach einen noch größeren anteil zur ökobilanz eines jeden anbaus beiträgt. dass die wurzelmasse[n] in den ökobilanzen - wissenschaftlich - nicht abgebildet werden, verzerrt jede ökobilanzielle bewertung „von grund und boden auf“ an.

im falle des gerstenanbaus der egz bedeutet das, dass ein ökobilanzieller beitrug in der größenordnung der „strohgabe“ [also noch einmal rund 6,68 ton co2-bindung/ha] der ökobilanz des gerstenanbaus der egz im sinne einer umfassenden, ganzheitlichen berachtung gutgeschrieben werden müsste.

aber wissenschaftliche erhebungen, belege und evaluierungen fehlen dafür aber ebenso wie produktionstechnische internationale vergleichswerte [tschechien, slowakei, dänemark, australien uam], was wir bedauern.

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens</b> .....	<b>5</b>
2.1 Festlegung des Ziels .....	5
2.1.1 Vorgesehener Verwendungszweck .....	5
2.1.2 Gründe für die Durchführung der Studie .....	5
2.1.3 Angesprochene Zielgruppe .....	5
2.2 Festlegung des Untersuchungsrahmens .....	6
2.2.1 Beschreibung des zu untersuchenden Produktsystems sowie dessen Funktion .....	6
2.2.2 Definition der funktionellen Einheit .....	8
2.2.3 Beschreibung der Systemgrenzen .....	8
2.2.4 Allokationsverfahren .....	8
2.2.5 Wahl der Wirkungskategorien und der Methodik für die Wirkungsabschätzung .....	9
2.2.6 Annahmen .....	10
2.2.7 Einschränkungen .....	10
2.2.8 Anforderungen an die Datenqualität .....	10
<b>3. Sachbilanz</b> .....	<b>11</b>
3.1 Inputs .....	11
3.1.1 Transport der Inputsubstrate .....	11
3.1.2 Agrarsystem .....	11



3.1.3 Endtransport .....	13
3.2 Outputs .....	14
3.2.1 Ertrag.....	14
3.2.2 Spezifische Emissionen des Agrarsystems.....	14
<b>4. Wirkungsabschätzung.....</b>	<b>20</b>
4.1 Wirkungsabschätzungsergebnisse Treibhauspotential .....	21
4.2 Wirkungsabschätzungsergebnisse Eutrophierungspotential.....	21
4.3 Wirkungsabschätzungsergebnisse Versauerungspotential.....	22
4.4 Wirkungsabschätzungsergebnisse Ozonbildungspotential .....	23
<b>5. Auswertung.....</b>	<b>25</b>
5.1 Vergleich der vier Anbauvarianten.....	25
5.2 Vergleich der Wirkungsabschätzungsergebnissen mit anderen Studien .....	27
5.3 Hot Spot Analyse.....	28
5.4 Sensitivitätsanalysen .....	30
5.5 Schlussfolgerung .....	33
<b>6. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>34</b>

### Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Äqv.	Äquivalente
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> e	Kohlendioxid - Äquivalent
DIN	Deutsche Industrie Norm
dt	Dezitonne
egz	Erzeugergemeinschaft Zistersdorf
EP	Eutrophierungspotential
EPD	Environmental Product Declaration
FU	Funktionelle Einheit
g	Gramm
GWP	Treibhauspotential
ha	Hektar [10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ]
IR	Infrarot
ISO	Internationale Organisation für Normung
KAS	Kalkammonsalpeter
km	Kilometer
l	Liter
Lkw	Lastkraftwagen
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NO	Stickstoffmonoxid
P	Phosphor
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphorpentoxid



PCR	Produktkategorieregeln
POCP	Ozonbildungspotential
SG	Sommerbraugerste
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
SO <sub>2</sub> e	Schwefeldioxid - Äquivalente
t	Tonne
THG	Treibhausgas
VP	Versauerungspotential
WG	Winterbraugerste

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Braugerste – Prozesskette ..... 7

Abbildung 2: Treibhauspotential des Braugerstenanbaus der egz und des anschließenden  
Transports zur Mälzerei in g CO<sub>2</sub>e/FU ..... 21

Abbildung 3: Eutrophierungspotential des Braugerstenanbaus der egz und des  
anschließenden Transports zur Mälzerei in g Phosphat – Äqv./FU ..... 22

Abbildung 4: Versauerungspotential des Braugerstenanbaus der egz und des  
anschließenden Transports zur Mälzerei in g SO<sub>2</sub>e/FU ..... 23

Abbildung 5: Ozonbildungspotential des Braugerstenanbaus der egz und des  
anschließenden Transports zur Mälzerei in g Ethen-Äqv./FU ..... 24

Abbildung 6: Hot Spot Analyse des Braugerstenanbaus der egz inklusive des Endtransports  
zur Mälzerei ..... 29

Abbildung 7: Sensitivitätsanalyse zur Beurteilung des Einflusses der Berechnung der  
NitratAuswaschungen auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse ..... 31



**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ausgebrachte Saatgutmenge in kg/ha sowie g/FU ..... 12

Tabelle 2: Eingesetzte Pestizide sowie Aufwandmenge in l/ha und ml/FU..... 12

Tabelle 3 Nährstoffe in kg/ha sowie in g/FU ..... 13

Tabelle 4: Ammoniakemissionen in kg NH<sub>3</sub>-N/ha sowie in g NH<sub>3</sub>-N/FU ..... 14

Tabelle 5: N<sub>2</sub>O Emissionen in kg N<sub>2</sub>O-N/ha sowie in g N<sub>2</sub>O-N/FU..... 15

Tabelle 6: NO Emissionen in kg NO-N/ha sowie in g NO-N/FU..... 15

Tabelle 7: Abfluss von löslichem Phosphat in Oberflächengewässer bezogen auf die FU ..... 19

Tabelle 8: Vergleich der Wirkungsabschätzungsergebnisse der einzelnen Düngevarianten .. 26

Tabelle 9: Vergleich der Wirkungsabschätzungsergebnisse mit anderen Studien ..... 27

## **Zusammenfassung**

Die Erzeugergemeinschaft Zistersdorf (egz) ist eine Erzeugergemeinschaft von 300 Landwirten in Österreich, die auf ihren Flächen im Pannonikum – in der Region zwischen Olmütz und Zistersdorf – in Niederösterreich und Wien, nordöstlich der Donau, im Vierländereck (Österreich, Tschechien, Slowakei, Ungarn), neben anderen Feldfrüchten auch auf insgesamt 5000 ha im integrierten Anbau die Braugerstenmarke *Hanna* bewirtschaften. Die egz setzt einen starken Schwerpunkt auf eine regionale Wertschöpfung sowie einen nachhaltigen Anbau. Aufgrund dessen gab die egz schon 2015 eine Ökobilanz in Auftrag, um die Umweltwirkung des auf ihren Agrarflächen stattfindenden Braugerstenanbaus zu untersuchen. Hierbei wurden das Treibhaus-, das Eutrophierungs-, das Versauerungs- sowie das Ozonbildungspotential des Braugerstenanbaus inklusive der Vorkette der Inputsubstrate sowie des Endtransports zur Mälzerei abgeschätzt. Da sich in den Folgejahren die Anbauweise geändert hat, beispielsweise wird jetzt auch auf 25 % der Fläche Winterbraugerste angebaut, sowie höhere Erträge erreicht werden, wurde eine Aktualisierung der Ökobilanzstudie in Auftrag gegeben. Die aktualisierten Ergebnisse werden in dem hier vorliegenden Endbericht dargestellt.

Die Erstellung dieser partiellen Ökobilanz orientiert sich an den Vorgaben der international anerkannten ISO Normen 14040 und 14044, in denen die Grundsätze und Rahmenbedingungen sowie Anforderungen und Anleitungen zur Erstellung einer Ökobilanz festgelegt sind, sowie an den Vorgaben der Produktkategorieregel für Kulturpflanzen.

Es wurde insgesamt die Umweltwirkung von vier Anbauvarianten analysiert, zwei Sommerbraugerstenanbauvarianten sowie zwei Winterbraugerstenanbauvarianten. Der Unterschied zwischen den einzelnen Anbauvarianten fällt relativ gering aus. Im Durchschnitt hat der Braugerstenanbau der egz pro kg Braugerstenkörner ein Treibhauspotential von 260 g CO<sub>2</sub>e, ein Eutrophierungspotential von 1,96 g Phosphat-Äqv., ein Versauerungspotential von 1,83 g SO<sub>2</sub>e sowie ein Ozonbildungspotential von 0,0039 g Ethen-Äquivalenten.

Im Vergleich zu der Studie von 2015 ist es der egz gelungen, die Umweltwirkung der von ihr produzierten Braugerste signifikant zu senken. Dies liegt vor allem an der Nutzung neuer Winterbraugerstensorten sowie an den höheren Kornerträgen, welche die egz bei

gleichbleibender Aufwandmenge an Pestiziden und Düngern erreicht hat. Die regional abgestimmten Produktionsrichtlinien der egz, sowie die für den Braugerstenanbau günstigen klimatischen sowie standörtlichen Bedingungen bedingen die insgesamt sehr vorteilhafte Umweltwirkung der Braugerste der Erzeugergemeinschaft Zistersdorf. Ein zusätzlicher Vorteil sind die kurzen Transportwege von den Anbaugebieten der egz zu der Weiterverarbeitung in der Mälzerei.

## 1. Einleitung

Gerste (*Hordeum vulgare*) ist ein Getreide welches zur Familie der Gräsern (*Poaceae*) gehört und mit zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt zählt. Ursprünglich stammt die Gerste aus dem Vorderen Orient sowie aus den östlichen Balkanländern. Die Gerste bevorzugt tiefgründige, gut durchfeuchtete Böden, gedeiht aber auch unter ungünstigen Bedingungen. Sommergerste wird insbesondere als Rohstoff in der Biererzeugung eingesetzt. Wintergerste wurde in der Vergangenheit aufgrund ihres höheren Eiweißgehalts vor allem in der Tierfütterung genutzt. Inzwischen gibt es jedoch auch Wintergerstensorten, die als Braugerste genutzt werden (Narziß und Back, 2012; i.m.a., 2006).

In Europa wurde im Jahr 2012 13 Millionen Tonnen Sommerbraugerste produziert. Hauptanbaugebiet war mit einem Anteil von 25,5 % Frankreich. Die österreichischen Landwirte sind für 0,4 % der gesamten Produktion verantwortlich (Braugersten – Gemeinschaft e.V., 2013).

Die Erzeugergemeinschaft Zistersdorf (egz) ist eine Erzeugergemeinschaft von 300 Landwirten in Österreich, die auf ihren Flächen im Pannonikum – in der Region zwischen Olmütz und Zistersdorf – in Niederösterreich und Wien, nordöstlich der Donau, im Vierländereck (Österreich, Tschechien, Slowakei, Ungarn), neben anderen Feldfrüchten auch auf insgesamt 5000 ha im integrierten Anbau die Braugerstenmarke *Hanna* bewirtschaften. *Hanna* ist die egz Marke, die sich aus verschiedenen Braugerstensorten wie beispielsweise Scala, einer Winterbraugerstensorte, oder RGT PLANET, einer Sommerbraugerstensorte, zusammensetzt. Die egz setzt einen starken Schwerpunkt auf eine regionale Wertschöpfung sowie einen nachhaltigen Anbau, beispielsweise durch eine ständige Anpassung der Kulturmaßnahmen sowie eine Verbesserung der Logistikwege. Schon im Jahre 2015 gab die egz deshalb eine Ökobilanz in Auftrag, um die Umweltwirkung des auf ihren Agrarflächen stattfindenden Braugerstenanbaus zu untersuchen. Hierbei wurden das Treibhaus-, das Eutrophierungs-, das Versauerungs- sowie das Ozonbildungspotential des Braugerstenanbaus inklusive der Vorkette der Inputsubstrate sowie des Endtransports zur Mälzerei abgeschätzt. Da sich in den Folgejahren die Anbauweise, beispielsweise wird jetzt auch zu 25 % Winterbraugerste angebaut, sowie die Erträge geändert haben, wurde eine Aktualisierung der



Ökobilanzstudie in Auftrag gegeben. Die aktualisierten Ergebnisse werden in dem hier vorliegenden Endbericht dargestellt.

Die Erstellung dieser partiellen Ökobilanz orientiert sich an den Vorgaben der international anerkannten ISO Normen 14040 und 14044, in denen die Grundsätze und Rahmenbedingungen sowie Anforderungen und Anleitungen zur Erstellung einer Ökobilanz festgelegt sind (DIN EN ISO 14040, 2006; DIN EN ISO 14044, 2006), sowie an den Vorgaben der Produktkategorieregel (PCR) für Kulturpflanzen (Version 2.0, Registration no: 2013:05). Die Ökobilanz wird mittels der Ökobilanzierungssoftware *openLCA* der Firma *GreenDelta* erstellt. Hintergrunddaten, wie beispielsweise Transportprozesse, werden aus der *ecoinvent 3.3* Datenbank entnommen. Die benötigten Primärdaten wurden direkt durch die egz erhoben.

Es ist wichtig klarzustellen, dass laut ISO 14040 „die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung auf einem relativen Ansatz beruhen, dass sie die potenziellen Umweltwirkungen anzeigen und keine tatsächlichen Wirkungen auf Wirkungsendpunkte, Grenzwertüberschreitungen von Schwellenwerten sowie Sicherheitspannen oder Gefahren voraussagen“ (DIN EN ISO 14040, 2006). Weiterhin ist anzumerken, dass eine kritische Prüfung der vorliegenden Ökobilanzstudie durch einen externen Sachverständigen nicht stattfand.

## **2. Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens**

In der ISO Norm 14040 ist definiert, welche Fragestellungen in der Zielsetzung und in der Festlegung des Untersuchungsrahmens einer Ökobilanz behandelt werden müssen.

### **2.1 Festlegung des Ziels**

Das Ziel einer Ökobilanz gibt laut der ISO Norm 14040 die beabsichtigte Anwendung, die Gründe für die Durchführung der Studie sowie die angesprochene Zielgruppe an (DIN EN ISO 14040, 2006).

#### **2.1.1 Die beabsichtigte Anwendung**

Im Rahmen dieser Studie wird das Treibhaus-, das Eutrophierungs-, das Versauerungs- sowie das Ozonbildungspotential des Braugerstenanbaus der Erzeugergemeinschaft Zistersdorf in Österreich bestimmt. Die Ergebnisse dieser Studie sollen unter anderem zur Information interessierter Stakeholder genutzt werden.

#### **2.1.2 Die Gründe für die Durchführung dieser Studie**

Das Interesse von Verbrauchern nach lokalen und nachhaltig produzierten Lebensmittels steigt stetig an. Daraus ergab sich im Jahre 2015 von Seiten der egz das Interesse eine Ökobilanz zu erstellen, um die Umweltwirkung der in ihrer Erzeugergemeinschaft produzierten Braugerste abschätzen und kommunizieren zu können. Da sich in den Folgejahren die Anbauweise sowie die Erträge geändert haben, wird die Ökobilanzstudie jetzt an die veränderten Bedingungen angepasst.

#### **2.1.3 Die beabsichtigte Kommunikation und die angesprochene Zielgruppe**

Die angesprochene Zielgruppe sind nicht nur die Landwirte der Erzeugergemeinschaft Zistersdorf selbst, sondern auch der interessierte Verbraucher sowie Akteure in der weiteren Wertschöpfungskette. Es ist geplant, die Studie auch in Form des hier vorliegenden Endberichtes interessierten Kreisen zugänglich zu machen.

## 2.2 Festlegung des Untersuchungsrahmens

In der Festlegung des Untersuchungsrahmens muss das zu untersuchende Produktsystem, die Funktionen des Produktsystems, die funktionelle Einheit, die Systemgrenzen, die Allokationsverfahren, die ausgewählten Wirkungskategorien und die Methode für die Wirkungsabschätzung und die anschließend anzuwendende Auswertung, die Anforderung an die Daten, die Annahmen, die Einschränkungen und die anfänglichen Anforderungen an die Datenqualität beschrieben werden (DIN EN ISO 14040, 2006).

### 2.2.1 Beschreibung des zu untersuchenden Produktsystems sowie dessen Funktion

Im Rahmen der hier vorliegenden Studie wird sowohl die Umweltwirkung des Anbaus von Sommer- als auch Winterbraugerste ökobilanziell bewertet. Die Abbildung 1 ist eine schematische Darstellung der Prozessschritte des Braugerstenanbaus, wie er in dieser Ökobilanz betrachtet wird. Als Inputflüsse, die in der Abbildung als gelbe Rechtecke dargestellt sind, gehen in die unten gezeigte Prozesskette die Stoffströme *Saatgut*, *Pestizide* und *Düngemittel* ein.

Die Emissionen die in der Vorkette bei der Produktion des Saatgutes, der Pflanzenschutzmittel und der verwendeten Dünger entstehen, werden in die Betrachtung miteinbezogen. Der anschließende Transport dieser Inputsubstrate zum Feld beziehungsweise zum Landwirt geht in die Berechnung mit ein. Hinzu kommen die Emissionen durch den Einsatz von Maschinen sowie Materialien bei der Bodenbearbeitung und dem Ausbringen der Inputsubstrate wie Pestizide und Dünger. Die Braugerste wird mittels eines Mähdreschers geerntet und die Getreidekörner zu einer Mälzerei zur Weiterverarbeitung transportiert. Die durch die Nutzung des Mähdreschers und der Transportfahrzeuge entstehenden Emissionen, insbesondere aus der Nutzung fossiler Treibstoffe, werden in die Studie miteinbezogen. Die vorliegende Studie modelliert nur den Lebensweg bis zum Hoftor der Mälzerei. Die weitere Verarbeitung der Körner in der Mälzerei und die anschließende Verwertung werden nicht berücksichtigt. Landwirtschaftliche Prozesse sind in der folgenden Abbildung als grüne, abgerundete Rechtecke abgebildet.



Die Emissionen sind in der Abbildung als rote sechseckige Kästchen dargestellt. Sie setzen sich wie folgt zusammen:

- Emissionen, die bei der Herstellung von Saatgut, Pflanzenschutzmitteln und Dünger entstehen
- Emissionen durch die Förderung beziehungsweise Herstellung und die anschließende Verbrennung fossiler Treibstoffe beim Betrieb von Traktoren, Mähdreschern und beim Transport
- Flächenemissionen

Endprodukt der hier betrachteten Prozesskette stellt die Braugerste dar.

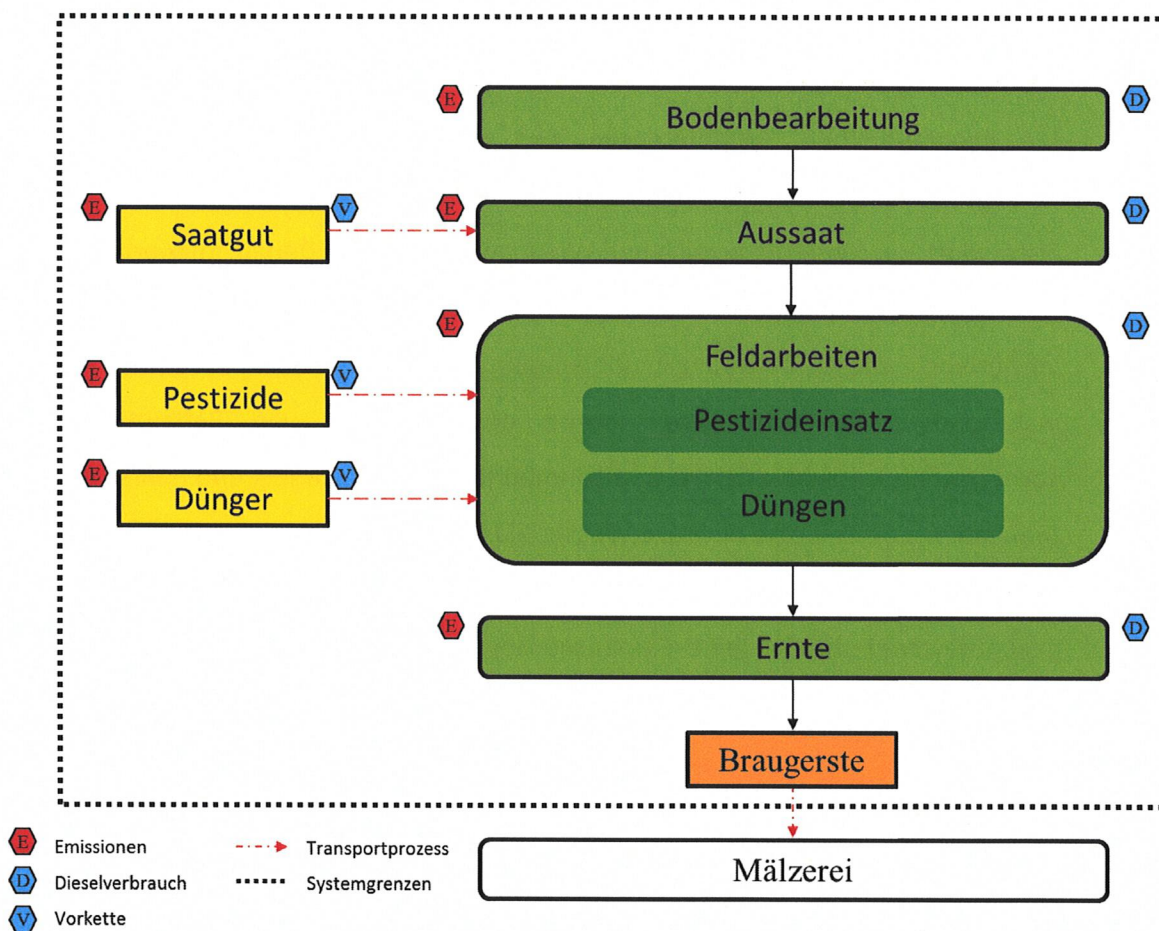


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Braugerste – Prozesskette



### **2.2.2 Definition der funktionellen Einheit**

Die funktionelle Einheit ist laut ISO Norm 14044 der „quantifizierte(r) Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit“ (DIN EN ISO 14044, 2006). Im Rahmen der PCR für Kulturpflanzen wird die Wahl der funktionellen Einheit vorgegeben (PCR, 2016). In Übereinstimmung mit dieser Vorgabe wird die funktionelle Einheit in dieser Studie als 1 kg Braugerstenkörner definiert.

### **2.2.3 Beschreibung der Systemgrenzen**

Im Rahmen dieser Ökobilanzstudie wird die Umweltwirkungen des Braugerstenanbaus und des anschließenden Transports der Braugerste über 58 km bis zu einer Mälzerei betrachtet. Die spätere Weiterverarbeitung wird nicht in die Modellierung mit einbezogen.

Die geographischen Systemgrenzen sind begrenzt auf das Anbaugebiet der Erzeugergemeinschaft im Pannonikum – in der Region zwischen Olmütz und Zistersdorf – in Niederösterreich und Wien, nordöstlich der Donau, im Vierländereck (Österreich, Tschechien, Slowakei, Ungarn), in dem ein trockenes und warmes Klima vorherrscht. Diese Witterungsbedingungen – trockene, heiße Sommer – sind insbesondere für eine gute Abreife des Getreides von Bedeutung. Die vorherrschenden Schwarzerde- und Lehmböden sind tiefgründig und nährstoffreich und haben zum Teil eine negative Wasserbilanz. Damit eignen sie sich insbesondere für trockenresistente Kulturen und Sorten. Die Landwirtschaft in dieser Region ist gekennzeichnet durch kleine Flurstücke sowie eine betrieblich-kleinstrukturierte Landbewirtschaftung.

Die zeitlichen Systemgrenzen sind bezogen auf ein Kulturjahr. Von der Aussaat der Braugerste und der vorrausgehenden Bodenbearbeitung bis hin zur Ernte.

### **2.2.4 Allokationsverfahren**

Allokationen wurden im modellierten Produktsystem dieser Studie keine verwendet, da bei der Produktionskette von Braugerste, wie sie hier betrachtet wurde, keine Koppelprodukte anfallen. Das Braugerstenstroh verbleibt als organischer Dünger für die Folgekultur auf dem Feld. Allokationen im Hintergrundsystem erfolgten nach den

vom *ecoinvent Center* für die Datenbank *ecoinvent 3.3 – ecoinvent cut-off* vorgegebenen Allokationsregeln.

### **2.2.5 Wahl der Wirkungskategorien und der Methodik für die Wirkungsabschätzung**

Die Wahl der Wirkungskategorien sowie der Methodik für die Wirkungsabschätzung ist in der hier angewendeten PCR vorgegeben (PCR, 2016). Es wird basierend auf dieser Vorgabe im Rahmen der hier vorliegenden Studie das Treibhaus-, das Eutrophierungs-, das Versauerungs- sowie das Ozonbildungspotential des Braugerstenanbaus inklusive der Vorkette der Inputsubstrate sowie des Endtransports zur Mälzerei abgebildet. Für die Wirkungsabschätzung wird die Methodik *CML 2001* verwendet. Im Folgenden werden die vier betrachteten Wirkungskategorien kurz dargestellt:

Treibhauspotential: Das Treibhauspotential, welches auch als Global Warming Potential bezeichnet wird, beschreibt die Auswirkungen die bestimmter Gase auf die Erwärmung der Atmosphäre haben ausgedrückt in CO<sub>2</sub> - Äquivalenten. Die Charakterisierung von Treibhausgasen basiert auf ihrer Eigenschaft Infrarotstrahlung zu absorbieren und dadurch die Atmosphäre aufzuheizen. Verschiedene Gase, wie beispielsweise Methan, absorbieren mehr Infrarotstrahlung als CO<sub>2</sub> und tragen dadurch deutlich mehr zu Erwärmung der Erdatmosphäre bei. Das Treibhauspotential eines Gases wird definiert als das Verhältnis zwischen der Erhöhung der Infrarotabsorption das es verursacht und der erhöhten IR-Absorption die von 1 kg CO<sub>2</sub> verursacht würde (Baumann und Tillmann, 2004).

Versauerungspotential: Zur Versauerung beitragende Schadstoffe haben gemeinsam, dass sie alle versauernde H<sup>+</sup> Ionen bilden. Das Potential eines Schadstoffes zur Versauerung beizutragen, kann deshalb über seine Kapazität H<sup>+</sup> Ionen zu formen bestimmt werden. Das Versauerungspotential wird auf Grund dessen definiert als die Anzahl an H<sup>+</sup> Ionen die pro kg Schadstoff geformt werden im Vergleich zu SO<sub>2</sub>. Das Versauerungspotential wird ausgedrückt in SO<sub>2</sub> – Äquivalenten (Baumann und Tillmann, 2004).

Eutrophierungspotential: Das Eutrophierungspotential beschreibt den unerwünschten Nährstoffeintrag in Böden und Gewässer. Das Eutrophierungspotential wird ausgedrückt in Phosphat – Äquivalenten (Klöpffer und Grahl, 2009).

Ozonbildungspotential: Emissionen von Gasen, die zur Entstehung von bodennahem Ozon beitragen (ausgedrückt als in Ethen-Äquivalente) (PCR, 2016).

### **2.2.6 Annahmen**

Im Falle der hier vorliegenden Prozesskette wurden Annahmen für die Transportdistanz der Inputsubstrate wie beispielsweise des Saatgutes getroffen, sowie für die Art der bei diesem sowie dem Endtransport verwendeten LKWs. Die getroffenen Annahmen sind in der Sachbilanz genauer dargestellt und begründet.

### **2.2.7 Einschränkungen**

Im Rahmen dieser Studie wurde eine partielle Ökobilanz erstellt. Dabei wurde der Lebensweg der Braugerste nur bis zum Hoftor der Mälzerei betrachtet. Die weitere Verarbeitung sowie Nutzung wurde nicht modelliert.

### **2.2.8 Anforderungen an die Datenqualität**

Um eine aussagekräftige Ökobilanz Studie zu erstellen, ist es wichtig exakte und spezifische Daten für die Modellierung zu verwenden. Im Rahmen dieser Studie wurden für die relevanten im Produktionssystem modellierten Prozesse standortspezifische Primärdaten direkt durch die Erzeugergemeinschaft Zistersdorf erhoben. Hintergrunddaten wurden durch die verwendete Datenbank *ecoinvent 3.3* bereitgestellt. Die verwendeten Daten sowie die Datenherkunft werden in der Sachbilanz ab Seite 11 genauer dargestellt.

### **3. Sachbilanz**

„Die Phase der Erstellung einer Sachbilanz ist die zweite Phase der Ökobilanz. Sie ist die Bestandsaufnahme von Input-/Outputdaten in Bezug auf das zu untersuchende System. Sie umfasst die Sammlung der Daten, die zum Erreichen der Ziele der festgelegten Studie notwendig sind“ (DIN EN ISO 14040, 2006).

#### **3.1 Inputs**

Im Rahmen der hier vorliegenden Studie werden sowohl der Sommerbraugersten- als auch der Winterbraugerstenanbau der egz untersucht. Da der Winterbraugerstenanbau höhere Erträge erzielt, unterscheiden sich die In- sowie Outputs bezogen auf die funktionelle Einheit zwischen Sommer- (**SG**) und Winterbraugerste (**WG**).

##### **3.1.1 Transport der Inputsubstrate**

Für den Transport der Inputsubstrate wie beispielsweise Saatgut, Dünger oder Pestizide werden Annahmen über die Art des Transports sowie die durchschnittliche Transportdistanz getroffen. Es wird angenommen, dass die Inputsubstrate 100 km mit dem Lkw zum Landwirt transportiert werden und von dort 8 km mit dem Traktor zum Feld. Auf eine genaue Ermittlung der Transportdistanzen sowie der Art des Transportes wird aufgrund ihres geringen Einflusses auf das Endergebnis – siehe beispielhaft Wagner & Lewandowski (2017) – verzichtet.

##### **3.1.2 Agrarsystem**

Die standortspezifischen Primärdaten für das Agrarsystem wurden direkt von der egz erhoben. Vor der Aussaat wird eine Bodenbearbeitung durchgeführt. Diese erfolgt einmal mittels einer Scheibenegge sowie zweimal mittels eines Grubbers. Eine weitere Bodenbearbeitung mit einer Kreiselegge erfolgt kombiniert mit der Aussaat. Die eingesetzte Saatgutmenge pro ha sowie pro funktioneller Einheit (FU) ist in Tabelle 1 abgebildet.



Tabelle 1: Ausgebrachte Saatgutmenge in kg/ha sowie g/FU

Inputsubstrat	kg/ha	g/FU (SG)	g/FU (WG)
Saatgut	150	23,1	18,8

Im Anbauprozess der Braugerste werden eine Fungizid- sowie eine Herbizidmaßnahme durchgeführt. Die eingesetzten Mittel sowie Aufwandmengen sind in Tabelle 2 abgebildet.

Tabelle 2: Eingesetzte Pestizide sowie Aufwandmenge in l/ha und ml/FU

Inputsubstrat	l/ha	ml/FU (SG)	ml/FU (WG)
Zantara	1	0,15	0,13
Husar OD	0,01	0,0015	0,0013

Zantara ist ein Fungizid das gegen pilzliche Krankheiten eingesetzt wird. Wirkstoffe sind Tebuconazol und Bixafen (Bayer, 2015b).

Husar OD ist Herbizid das zur Bekämpfung von Gemeinem Windhalm, Weidelgras-Arten, Rispengras-Arten und einjährigen zweikeimblättrigen Unkräutern in Wintergetreide eingesetzt wird. Wirkstoffe sind Mefenpyr-diethyl sowie Iodosulfuron-methyl-natrium (Bayer, 2015a).

In der Winterbraugerste werden in der egz je nach Standort zwei verschiedene Düngevarianten angewandt. In der Düngevariante **WG A** werden pro ha 333 kg eines Stickstoffeinzeldüngers (Kalkammonsalpeter) ausgebracht. Dieser hat einen Stickstoffgehalt von 27 %, der sich je zur Hälfte auf Nitrat-N und auf Ammonium-N verteilt. Dies entspricht einer Reinnährstoffmenge von 90 kg N pro ha. In der Düngevariante **WG B** wird 450 kg eines Vollkorndüngers eingesetzt. Die Verteilung auf die einzelnen Nährstoffe liegt hierbei bei 20-8-8 (bezogen auf N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O). Auf 30 % der Winterbraugerstenanbauflächen wird die Düngevariante A angewandt, auf 70 % die Düngevariante B.

Die Nährstoffversorgung der Sommerbraugerste wird je nach Standort durch zwei Düngevarianten sichergestellt. In der Düngevariante **SG A** werden pro ha 260 kg eines Stickstoffeinzeldüngers (Kalkammonsalpeter) ausgebracht. Dieser hat einen Stickstoffgehalt von 27 %, der sich je zur Hälfte auf Nitrat-N und auf Ammonium-N verteilt. Dies entspricht einer Reinnährstoffmenge von 70 kg N pro ha. In der

Düngevariante **SG B** wird 350 kg eines Vollkorndüngers eingesetzt. Die Verteilung auf die einzelnen Nährstoffe liegt hierbei bei 20-8-8 (bezogen auf N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O). Auf 70 % der Sommerbraugerstenanbauflächen wird die Düngevariante A angewandt, auf 30 % die Düngevariante B.

Umgerechnet auf die Nährstoffe N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sowie K<sub>2</sub>O ergeben sich für die vier Düngervarianten folgende Durchschnittswerte (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Nährstoffe in kg/ha sowie in g/FU

Nährstoff	Sommerbraugerste				Winterbraugerste			
	Variante A		Variante B		Variante A		Variante B	
	kg/ha	g/FU	kg/ha	g/FU	kg/ha	g/FU	kg/ha	g/FU
N	70	10,8	70	10,8	90	11,3	90	11,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	28	4,3	0	0	36	4,5
K <sub>2</sub> O	0	0	28	4,3	0	0	36	4,5

### 3.1.3 Endtransport

Die geerntete Braugerste wird vom Feld 58 km zur Mälzerei transportiert. Da zu der Art der dabei verwendeten LKWs keine genauen Daten vorliegen, wird angenommen, dass der Endtransport zur Mälzerei 8 km (durchschnittliche Hof – Feld Entfernung der egz) mit dem Traktor vom Feld zum Hof (bzw. zur Verladestation) sowie 50 km mit einem LKW der Abgasnormklasse 5 erfolgt. Die Hintergrunddaten für die Transportprozesse für die Inputsubstrate sowie den Endtransport werden aus der *ecoinvent 3.3* Datenbank entnommen.

## 3.2 Outputs

### 3.2.1 Ertrag

Der erwartete Ertrag liegt bei der Sommerbraugerste durchschnittlich bei 6,5 Tonnen pro Hektar und Jahr. Der Ertrag der Winterbraugerste fällt mit durchschnittlich 8,0 Tonnen pro Hektar und Jahr deutlich höher aus.

### 3.2.2 Spezifische Emissionen des Agrarsystems

#### Emissionen aufgrund des Einsatzes von Stickstoffdüngern

Durch den Einsatz von fossilen Stickstoffdüngern im hier betrachteten Agrarsystem kommt es zu Emissionen von Ammoniak und Nitrat sowie zu direkten und indirekten N<sub>2</sub>O und NO Emissionen. Diese Emissionen wurden anhand den in den PCR für Kulturpflanzen (PCR, 2016) vorgegebenen Berechnungsmethoden ermittelt. Diese Methoden sowie die ermittelten Emissionen werden im Folgenden kurz vorgestellt.

#### **Ammoniak**

Ammoniak Verflüchtigungen wurden anhand den EMEP/CORINAIR Emissionsfaktoren berechnet (EMEP/CORINAIR, 2002).

Für den Stickstoffeinzeldünger gilt der Emissionsfaktor für Kalkammonsalpeter von 0,02 kg NH<sub>3</sub>-N pro kg N. Der gleiche Emissionsfaktor ist auch für den Vollkorndünger anzuwenden. Bezogen auf den Sommer- sowie Winterbraugerstenanbau führt dies zu den in Tabelle 4 dargestellten Ammoniakemissionen.

Tabelle 4: Ammoniakemissionen in kg NH<sub>3</sub>-N/ha sowie in g NH<sub>3</sub>-N/FU

Anbauvariante	Düngermenge in kg N/ha	Emissionsfaktor kg NH <sub>3</sub> -N/kg N	kg NH <sub>3</sub> -N/ha	g NH <sub>3</sub> -N/FU
SG A	70	0,02	1,4	0,22
SG B	70	0,02	1,4	0,22
WG A	90	0,02	1,8	0,23
WG B	90	0,02	1,8	0,23



### Direkte N<sub>2</sub>O und NO Emissionen

Die direkten N<sub>2</sub>O und NO Emissionen wurden anhand der Emissionsfaktoren, die von Bouwman *et al.* (2002) berechnet wurden, ermittelt. Zuerst sind in Tabelle 5 die N<sub>2</sub>O Emissionen abgebildet, in Tabelle 6 dann die NO Emissionen.

Tabelle 5: N<sub>2</sub>O Emissionen in kg N<sub>2</sub>O-N/ha sowie in g N<sub>2</sub>O-N/FU

Anbauvariante	Düngermenge in kg N/ha	Emissionsfaktor kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	kg N <sub>2</sub> O-N/ha	g N <sub>2</sub> O-N/FU
SG A	70	0,007	0,49	0,075
SG B	70	0,008	0,56	0,086
WG A	90	0,007	0,63	0,079
WG B	90	0,008	0,72	0,090

Tabelle 6: NO Emissionen in kg NO-N/ha sowie in g NO-N/FU

Anbauvariante	Düngermenge in kg N/ha	Emissionsfaktor kg NO-N/kg N	kg NO-N/ha	g NO-N/FU
SG A	70	0,006	0,42	0,065
SG B	70	0,006	0,42	0,065
WG A	90	0,006	0,54	0,068
WG B	90	0,006	0,54	0,068

### Indirekte N<sub>2</sub>O Emissionen

Die indirekten N<sub>2</sub>O Emissionen wurden anhand der Tier 1 Emissionsfaktoren des IPCC berechnet (IPCC, 2006). Hierbei werden die NH<sub>3</sub>-Emissionen mit dem Faktor 0,01 sowie die Nitratauswaschungen mit dem Faktor 0,0075 angerechnet. Dies ergibt in dem hier vorliegenden Fall für die Sommerbraugerste einen Emissionswert von 0,09 kg N<sub>2</sub>O-N pro ha und umgerechnet auf die funktionelle Einheit **0,014 g N<sub>2</sub>O-N**. Die Winterbraugerste, die mit 90 kg N pro Hektar gedüngt wird, verursacht basierend auf den Emissionsfaktoren des IPCC in beiden Düngevarianten 0,12 kg N<sub>2</sub>O-N pro ha. Dies entspricht umgerechnet auf die funktionelle Einheit **0,015 g N<sub>2</sub>O-N**.



### **Nitrat**

Die Nitrat Auswaschungen wurden anhand eines länderspezifischen Emissionsfaktors für Österreich berechnet. Laut Eder *et al.* (2015) wird 15,2 % der ausgebrachten Stickstoffdüngermenge als NO<sub>3</sub>-N emittiert. Die Sommerbraugerste wird mit 70 kg N gedüngt. Dies entspricht 10,6 kg NO<sub>3</sub>-N pro ha und umgerechnet auf die funktionelle Einheit **1,63 g NO<sub>3</sub>-N**. Dies gilt für beide Düngevarianten. Die Winterbraugerste, die mit 90 kg N pro Hektar gedüngt wird, verursacht basierend auf diesem Emissionsfaktor in beiden Düngevarianten 13,6 kg NO<sub>3</sub>-N pro ha. Dies entspricht umgerechnet auf die funktionelle Einheit **1,70 g NO<sub>3</sub>-N**.

Allgemein ist anzunehmen, dass bei den auf den Flächen der egz vorherrschenden Bodentypen sowie den geringen Niederschlägen die Nitrat Auswaschungen in das Grundwasser relativ gering ausfallen.

### **Emissionen aufgrund auf dem Feld verbleibenden Ernterückständen sowie durch Stickstoffnachlieferungen der Vorfrucht**

Das Braugerstenstroh verbleibt als Ernterückstände auf dem Feld und wird dort zersetzt. Dadurch kann es zu Nitratauswaschungen sowie Lachgasemissionen kommen. Diese werden im Rahmen der hier vorliegenden Studie dem Braugerstenanbau zugeschlagen und berücksichtigt. Bei der Berechnung der Emissionen wird, sowohl für die Winter- als auch für die Sommerbraugerste, von einem durchschnittlichen Korn-Stroh Verhältnis von 1:0,7 ausgegangen. Der Stickstoffgehalt des Strohs der Braugerste wird mit 0,5 kg N pro Dezitonne Stroh angenommen. Die Werte für das Korn-Stroh Verhältnis sowie für den Stickstoffgehalt des Strohs wurde aus den Basisdaten zur Umsetzung der Düngeverordnung entnommen, die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft publiziert werden.

Zusätzlich kann es durch Ernterückstände der Vorfrucht zu Stickstoffnachlieferungen kommen. Diese Fruchtfolgeeffekte kommen dem Braugerstenanbau zu Gute und müssen deswegen bei der Berechnung der Umweltwirkung berücksichtigt werden. In der Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten

fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) sind in Tabelle 7 Abschlüsse in Abhängigkeit von Vor- und Zwischenfrüchten angegeben.

Im Falle von Winterbraugerste ist die Vorfrucht Sommerbraugerste und es kommt basierend auf der deutschen Düngeverordnung zu keinen Stickstoffnachlieferungen. Vor der Sommerbraugerste wird durch die Landwirte der egz entweder Sonnenblume oder Zuckerrübe angebaut. Während es bei der Sonnenblume zu keinen Stickstoffnachlieferungen kommt, wird die Nachlieferung für den Zuckerrübenanbau mit 10 kg Stickstoff pro Hektar angegeben. Durchschnittlich werden aufgrund dessen für den Sommerbraugerstenanbau mit einer Stickstoffnachlieferung von 5 kg Stickstoff pro Hektar gerechnet.

Die Emissionen aufgrund auf dem Feld verbleibende Ernterückstände sowie durch Stickstoffnachlieferungen der Vorfrucht wurden mittels der Tier 1 Emissionsfaktoren des IPCC berechnet (IPCC, 2006).

#### **Emissionen aufgrund des Einsatzes von Phosphordüngern**

Zusätzlich zu den durch den Einsatz von Stickstoffdüngern auftretenden Emissionen, führt auch der Einsatz von Phosphordüngern zu Einträgen in die Umwelt. Die im Agrarsystem auftretenden Phosphatmissionen werden in drei Gruppen unterschieden.

- Phosphat Auswaschungen in das Grundwasser
- Abfluss von löslichen Phosphat in Oberflächengewässer
- Erosion von Bodenteilchen die Phosphor enthalten

Diese Emissionen wurden wie im Folgenden dargestellt anhand den in den Produktkategorieregeln für Kulturpflanzen (PCR, 2016) vorgegebenen Berechnungsmethoden ermittelt.

#### **Phosphat Auswaschungen in das Grundwasser**

Für Phosphat Auswaschungen ist in den PCR für Kulturpflanzen ein Durchschnittswert angegeben. Pro Hektar Ackerland werden 0,07 kg Phosphor in das Grundwasser ausgewaschen (PCR, 2016). Dies entspricht **0,011 g P/FU** für den

Sommerbraugersten- sowie **0,009 g P/FU** im Falle des Winterbraugerstenanbaus. Diese Werte gelten jeweils für beide Düngevarianten.

Es ist jedoch anzunehmen, dass unter den auf den Flächen der egz gegebenen standörtlichen Bedingungen, mit nur 500 mm Niederschlag und Schwarzerde oder Lehmböden, die Phosphat Auswaschungen in das Grundwasser in der Praxis niedriger ausfallen. Das gleiche gilt auch für dem im Folgenden dargestellten Abfluss von löslichem Phosphat in Oberflächengewässer

### **Abfluss von löslichem Phosphat in Oberflächengewässer**

Der Eintrag von gelöstem Phosphat in Oberflächengewässer kann nach folgender Formel berechnet werden (angepasst nach PCR, 2016).

$$P_{ro} = P_{rol} * F_{ro}$$

$P_{ro}$  = Menge an Phosphor die durch Abfluss in Oberflächengewässer verloren geht in kg/ha

$P_{rol}$  = Durchschnittliche Menge an P die für eine bestimmte Landnutzungsart durch Oberflächenabfluss verloren geht (0,175 kg P/ha für Ackerland)

$F_{ro}$  = Korrekturfaktor für Phosphordüngung, berechnet wie folgt:

$$F_{ro} = 1 + (0,2 * P_{2O_5min}) / 80$$

Mit  $P_{2O_5min}$  = Menge an  $P_2O_5$  die mit mineralischen Düngern ausgebracht wurde in kg/ha

In der Tabelle 7 ist der Abfluss von löslichem Phosphat in Oberflächengewässer für den Sommerbraugersten- sowie den Winterbraugerstenanbau in den jeweiligen Düngevarianten dargestellt.

Tabelle 7: Abfluss von löslichem Phosphat in Oberflächengewässer bezogen auf die FU

Anbauvariante	Düngermenge in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Abfluss in kg P/ha	Abfluss in kg P/FU
SG A	0	0,175	0,027
SG B	28	0,187	0,029
WG A	0	0,175	0,022
WG B	36	0,191	0,024

### Erosion von Bodenteilchen die Phosphor enthalten

Für Phosphatmissionen bedingt durch Bodenerosion ist in den PCR für Kulturpflanzen ein Standardwert angegeben, der auf dem SALCA-P Model basiert. Pro Hektar werden 0,53 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in Oberflächengewässer ausgewaschen (PCR, 2016). Dies entspricht **0,082 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/FU** bezogen auf den Sommerbraugerstenanbau sowie **0,066 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/FU** bezogen auf den Winterbraugerstenanbau. Diese Werte gelten jeweils für beide Düngevarianten.



#### 4. Wirkungsabschätzung

Laut der ISO Norm 14040 ordnet „die Wirkungsabschätzung (...) die Sachbilanzergebnisse Wirkungskategorien zu. Für jede Wirkungskategorie wird der Wirkungsindikator der Ökobilanz ausgewählt und der Wirkungsindikatorwert (Indikatorwert) berechnet. Die Sammlung der Indikatorwerte (Ergebnisse der Wirkungsabschätzung) oder das Wirkungsabschätzungsprofil liefert Informationen über die Umweltthemen, die mit den Inputs und Outputs des Produktsystems verbunden sind“ (DIN EN ISO 14040, 2006). Die hier dargestellten Ergebnisse wurden nach der Wirkungsabschätzungsmethode *CML 2001* berechnet.

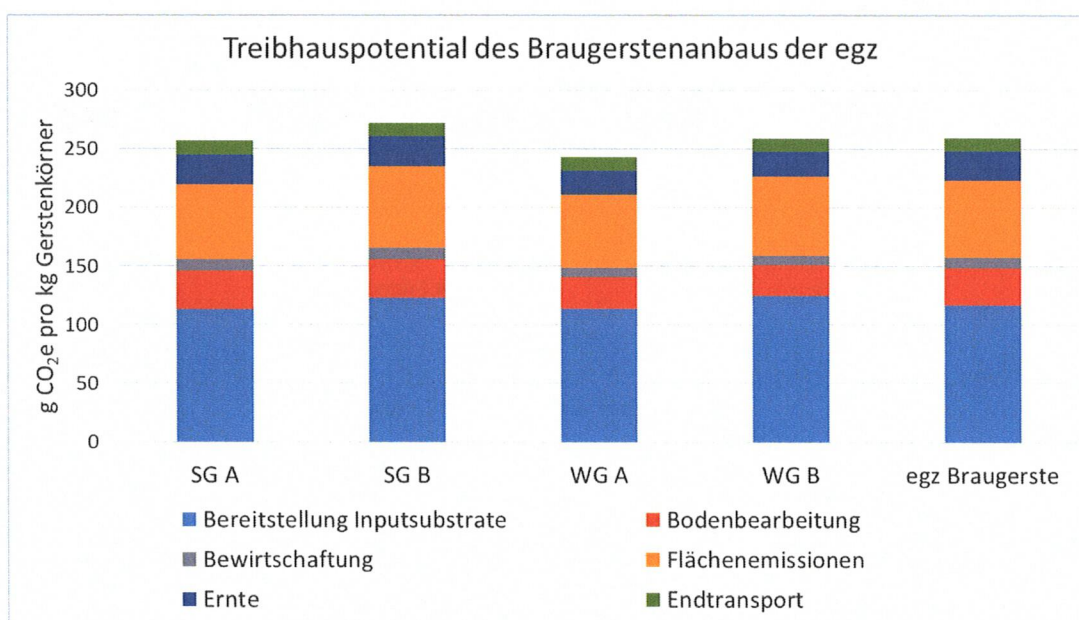
Im Folgenden wird die Umweltwirkung des Braugerstenanbaus der egz inklusive des Endtransportes zur Mälzerei dargestellt. Die Ergebnisse werden jeweils für die vier Anbauvarianten dargestellt (SG A, SG B, WG A und WG B) sowie für einen Durchschnitt genannt „egz Braugerste“, welcher auf der tatsächlichen prozentualen Flächenverteilung auf die verschiedenen Anbauvarianten beruht.

In der Wirkungsabschätzung wird zuerst das Treibhauspotential und das Eutrophierungspotential, dann das Versauerungspotential und zuletzt das Ozonbildungspotential dargestellt. Hierbei sind die verschiedenen Schritte der Braugerstenproduktion in sechs Teilprozesse zusammengefasst: *Bereitstellung Inputs substrate*, *Bodenbearbeitung*, *Bewirtschaftung*, *Flächenemissionen*, *Ernte* und *Endtransport*. In *Bereitstellung Inputs substrate* sind die Emissionen die mit der Herstellung der Düngemittel, des Saatgutes und der Pflanzenschutzmittel verbunden sind, sowie der Transport der Inputs substrate vom Produktionsort der jeweiligen Güter bis zum Feld des Landwirtes abgebildet. Der Teilprozess *Bodenbearbeitung* aggregiert alle Emissionen aus der Bodenbearbeitung, der Teilprozess *Bewirtschaftung* alle Emissionen aus der Aussaat sowie aus dem Ausbringen der Dünger sowie der Pflanzenschutzmittel. Im Teilprozess *Flächenemissionen* sind die Flächenemissionen enthalten, welche durch das Ausbringen von Stickstoff- und Phosphatdüngern verursacht werden. Der Teilprozess *Ernte* bildet die Ernte der Braugerste mit einem Mähdrescher ab, während im Teilprozess *Endtransport* der Transport der Braugerste vom Feld zum Landwirt oder einer Verladestation mittels eines Traktors sowie der Ferntransport des Erntegutes zu der Mälzerei zusammengefasst sind.

#### 4.1 Wirkungsabschätzungsergebnisse Treibhauspotential

Der Braugerstenanbau der egz hat inklusive Endtransport in Abhängigkeit der betrachteten Anbauvariante ein Treibhauspotential von 243 (WG A) bis 272 g CO<sub>2</sub>e/FU (SG B).

In Bezug auf das Treibhauspotential nimmt die *Bereitstellung der Inputsubstrate* mit durchschnittlich 117 g CO<sub>2</sub>e/FU den größten Anteil ein. Dies entspricht einem Anteil von 45 % an den Gesamtemissionen. Den zweitgrößten Part bilden die *Flächenemissionen*. Sie sind für durchschnittlich 66 g CO<sub>2</sub>e/FU verantwortlich. Das Treibhauspotential für den Teilprozess *Bodenbearbeitung* beträgt 31 g CO<sub>2</sub>e/FU, das für die *Ernte* 24 g CO<sub>2</sub>e/FU. Die Einflüsse des *Endtransports* sowie der *Bewirtschaftung* sind mit jeweils 11 und 9 g CO<sub>2</sub>e/FU relativ gering (siehe Abbildung 2).



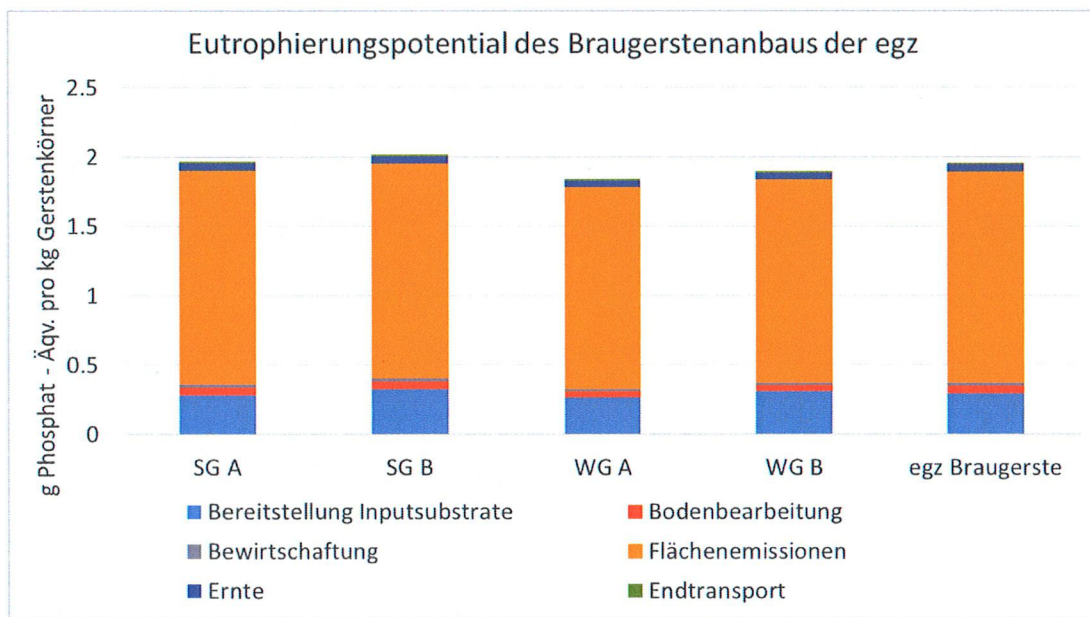
**Abbildung 2:** Treibhauspotential des Braugerstenanbaus der egz und des anschließenden Transports zur Mälzerei in g CO<sub>2</sub>e/FU

#### 4.2 Wirkungsabschätzungsergebnisse Eutrophierungspotential

Der Braugerstenanbau der egz hat inklusive Endtransport in Abhängigkeit der betrachteten Anbauvariante ein Eutrophierungspotential von 1,84 (WG A) bis 2,02 g Phosphat – Äqv./FU (SG B). Den größten Anteil nehmen hierbei mit durchschnittlich 1,52 g Phosphat – Äqv./FU die *Flächenemissionen* ein. Dies entspricht



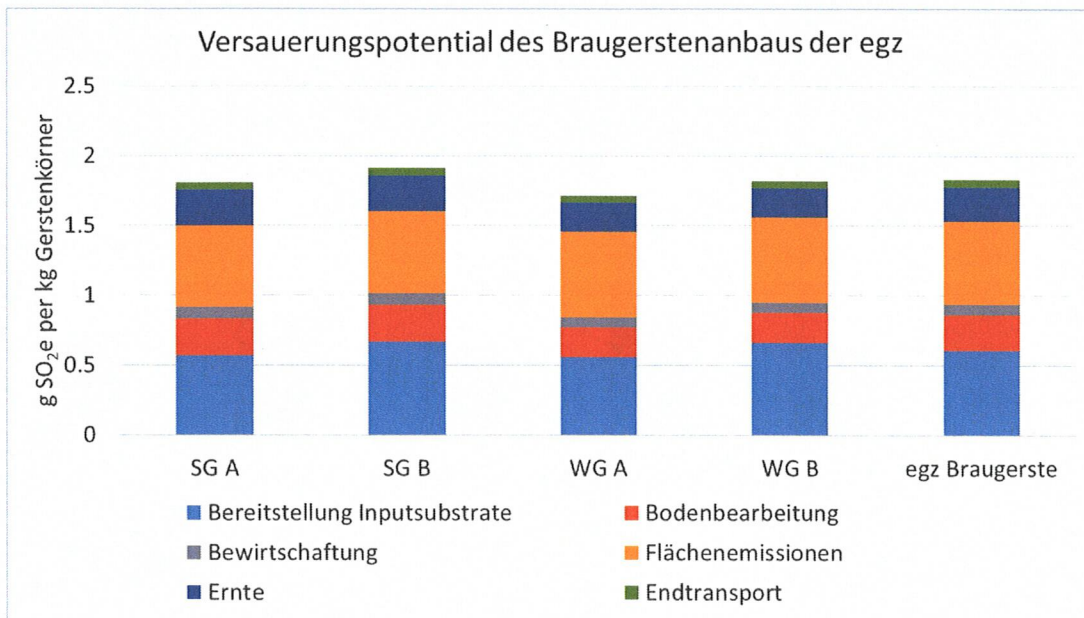
einem Anteil von 78 %. Der zweitgrößte Part ist der Teilprozess *Bereitstellung der Inputsubstrate*. Er ist für 0,30 g Phosphat – Äqv./FU verantwortlich. Das Eutrophierungspotential der *Bodenbearbeitung* sowie der *Ernte* der Braugerste beträgt jeweils im Durchschnitt 0,05 g Phosphat – Äqv./FU. Die Einflüsse der *Bewirtschaftung* sowie des *Endtransports* sind mit jeweils 0,02 sowie 0,01 g Phosphat – Äqv./FU vernachlässigbar (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Eutrophierungspotential des Braugerstenanbaus der egz und des anschließenden Transports zur Mälzerei in g Phosphat – Äqv./FU

#### 4.3 Wirkungsabschätzungsergebnisse Versauerungspotential

Der Braugerstenanbau der egz hat inklusive Endtransport in Abhängigkeit der betrachteten Anbauvariante ein Versauerungspotential von 1,71 (WG A) bis 1,91 g SO<sub>2</sub>e/FU (SG B). Den größten Anteil nimmt hierbei mit durchschnittlich 0,61 g SO<sub>2</sub>e/FU der Teilprozess *Bereitstellung der Inputsubstrate* ein. Dies entspricht einem Anteil von 33 %. Der zweitgrößte Part ist der Teilprozess *Flächenemissionen*. Diese sind im Durchschnitt für 0,59 g SO<sub>2</sub>e/FU verantwortlich. Das Versauerungspotential der *Bodenbearbeitung* beträgt 0,25 g SO<sub>2</sub>e/FU, das der *Ernte* der Braugerste 0,24 g SO<sub>2</sub>e/FU. Die Einflüsse der *Bewirtschaftung* sowie des *Endtransports* sind mit jeweils 0,08 sowie 0,05 g SO<sub>2</sub>e/FU relativ gering (siehe Abbildung 4).

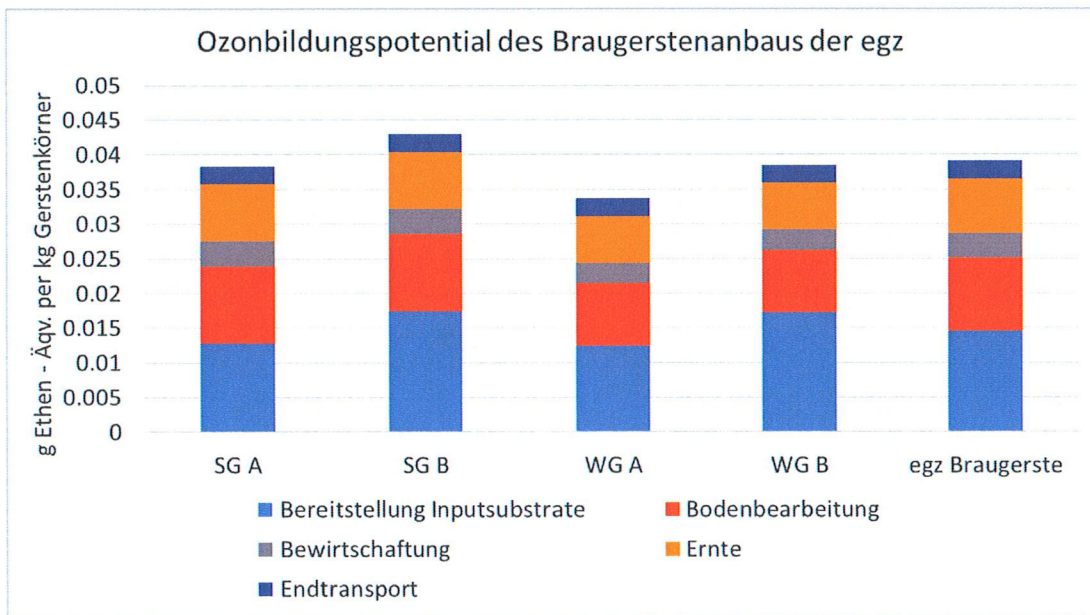


**Abbildung 4:** Versauerungspotential des Braugerstenanbaus der egz und des anschließenden Transports zur Mälzerei in g SO<sub>2</sub>e/FU

#### 4.4 Wirkungsabschätzungsergebnisse Ozonbildungspotential

Der Braugerstenanbau der egz hat inklusive Endtransport in Abhängigkeit der betrachteten Anbauvariante ein Ozonbildungspotential von 0,034 (WG A) bis 0,043 g Ethen – Äqv./FU (SG B). Den größten Anteil nimmt hierbei mit durchschnittlich 0,015 g Ethen – Äqv./FU der Teilprozess *Bereitstellung der Inputs substrate* ein. Dies entspricht einem Anteil von 37 %. Der zweitgrößte Part ist der Teilprozess *Bodenbearbeitung*. Er ist im Durchschnitt für 0,011 g Ethen – Äqv./FU verantwortlich. Das Ozonbildungspotential für die *Ernte* der Braugerste beträgt 0,008 g Ethen – Äqv./FU. Der Einfluss der *Bewirtschaftung* sowie des *Endtransports* ist mit jeweils 0,003 g Ethen – Äqv./FU relativ gering (siehe Abbildung 5).





**Abbildung 5:** Ozonbildungspotential des Braugerstenanbaus der egz und des anschließenden Transports zur Mälzerei in g Ethen-Äqv./FU

## 5. Auswertung

Die Auswertungsphase wird in der ISO Norm 14044 definiert als der „Bestandteil der Ökobilanz, bei dem die Ergebnisse der Sachbilanz oder der Wirkungsabschätzung oder beide bezüglich des festgelegten Ziels und Untersuchungsrahmens beurteilt werden, um Schlussfolgerungen abzuleiten und Empfehlungen zu geben“ (DIN EN ISO 14044, 2006).

Zunächst werden im Rahmen der Auswertung die Ergebnisse der vier betrachteten Anbauvarianten miteinander verglichen, um Unterschieden in den jeweiligen Umweltwirkungen abzubilden. Zusätzlich werden die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie mit den Ergebnissen der Ökobilanz, die 2015 für die egz erstellt wurde, verglichen um darzustellen, wie sich die Umweltwirkung des auf den Flächen der egz stattfindenden Braugerstenanbaus verändert hat.

Im zweiten Teil der Auswertung werden die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie mit Wirkungsabschätzungsergebnissen anderer Ökobilanzen und Datensätzen über die Umweltwirkung des Braugerstenanbaus verglichen.

Im darauf folgenden Teil wird eine Hot Spot Analyse durchgeführt, um die wichtigsten Einflussfaktoren und Emissionsquellen für das Treibhaus-, das Eutrophierungs-, das Versauerungs- sowie das Ozonbildungspotential zu ermitteln.

Im letzten Teil dieser Auswertung werden methodische Fragestellungen und Annahmen diskutiert, die in dieser Ökobilanz getroffen wurden. Im Rahmen dessen werden drei Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um abzuschätzen, welchen Einfluss bestimmte Methoden und getroffene Annahmen auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse haben.

### 5.1 Vergleich der vier Anbauvarianten

In Tabelle 8 sind die Wirkungsabschätzungsergebnisse der vier Anbauvarianten, des Durchschnittswertes „egz Braugerste“ sowie der zwei Düngevarianten, die im Jahre 2015 bilanziert worden sind, dargestellt. Das Treibhauspotential (GWP) ist in g CO<sub>2</sub>e/FU dargestellt, das Eutrophierungspotential (EP) in g Phosphat-Äqv./FU, das Versauerungspotential (VP) in g SO<sub>2</sub>e/FU und das Ozonbildungspotential (POCP) in g Ethen-Äqv./FU.

**Tabelle 8:** Vergleich der Wirkungsabschätzungsergebnisse der einzelnen Anbauvarianten

Varianten	GWP	EP	VP	POCP
SG A	257	1.97	1,81	0,038
SG B	272	2.02	1,91	0,043
WG A	243	1.84	1,71	0,034
WG B	259	1.90	1,82	0,038
egz Braugerste	260	1,96	1,83	0,039
SGA (2015)	435	4,66	2,34	0,066
SGB (2015)	431	4,67	2,29	0,069

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Anbauvarianten (SG A, SG B, WG A, WG B) sehr gering ausfallen (siehe Tabelle 8). Diese Unterschiede können durch die unterschiedlichen Ertragsniveaus sowie die Unterschiede beim Düngereinsatz erklärt werden. Allgemein ist zu sagen, dass der Winterbraugerstenanbau trotz des höheren Düngereinsatzes aufgrund seines höheren Ertragsniveaus eine niedrigere Umweltwirkung bezogen auf das Kilogramm Braugerstenkörner in den betrachteten Wirkungskategorien aufweist. Die B Varianten (SG B, WG B) weisen jeweils höhere Umweltwirkungen als die dazugehörigen A Varianten (SG A, WG A) auf. Dies liegt darin begründet, dass in den B Varianten zusätzlich zu den Stickstoffdüngern noch Phosphor- sowie Kaliumdünger appliziert werden (vgl. Tabelle 3). Während die Unterschiede zwischen den vier Anbauvarianten gering sind, gibt es signifikante Unterschiede zu den in der vorherigen Ökobilanz ermittelnden Zahlen. Ein Hauptunterschied besteht in der verwendeten Datengrundlage. Beispielsweise erzielten die Landwirte der egz im Sommerbraugerstenanbau im Jahre 2016 deutlich höhere Erträge. Während der für die Berechnungen verwendete Durchschnittsertrag im Jahre 2014 bei 5500 kg pro Hektar lag, wurde in den Folgejahren ein Durchschnittsertrag von 6500 kg pro Hektar erzielt. Der eingesetzte Aufwand, beispielsweise in Form der ausgebrachten Düngermenge, änderte sich jedoch dabei nicht. Das bedeutet, dass mit einem gleichen Input ein höherer Output erzielt wurde. Dies schlägt sich dann auch in einer niedrigeren Umweltwirkung nieder.

Zusätzlich wurde in der hier vorliegenden Studie auch die Berechnung der Nitratauswaschungen angepasst. Während in der Ökobilanzstudie von 2015 die



Nitratauswaschungen anhand der IPCC Emissionsfaktoren (IPCC, 2006) berechnet wurden, sind in der aktualisierten Version standortspezifische Faktoren für Österreich verwendet worden (Eder *et al.* 2015). Dieser Emissionsfaktoren wurde verwendet, da aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten sowie den geringen Niederschlägen anzunehmen ist, dass die Nitrat Auswaschungen in das Grundwasser relativ gering ausfallen. Der Einfluss dieser Entscheidung auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse wird in 5.4 anhand einer Sensitivitätsanalyse überprüft.

## 5.2 Vergleich der Wirkungsabschätzungsergebnisse mit anderen Studien

In der im Rahmen dieser Studie verwendeten *ecoinvent* Datenbank ist die Umweltwirkung des Gerstenanbaus für verschiedene Anbauggebiete hinterlegt. Neben Daten für den Gerstenanbau in Deutschland sowie für den integrierten Anbau von Gerste in der Schweiz, ist auch Frankreich als Anbauregionen enthalten.

In Tabelle 9 werden die Ergebnisse der hier vorliegenden Ökobilanz Studie (*egz Braugerste*) in den untersuchten Wirkungskategorien mit den oben genannten Anbauregionen verglichen.

Das Treibhauspotential (GWP) ist in g CO<sub>2</sub>e/FU abgebildet, das Eutrophierungspotential (EP) in g Phosphat-Äqv./FU, das Versauerungspotential (VP) in g SO<sub>2</sub>e/FU sowie das Ozonbildungspotential (POCP) in g Ethen-Äqv./FU. Es ist jedoch zu beachten, dass ein direkter Vergleich der hier gezeigten Zahlen aufgrund der unterschiedlichen Annahmen und Berechnungsverfahren nur sehr eingeschränkt möglich ist.

**Tabelle 9:** Vergleich der Wirkungsabschätzungsergebnisse der hier vorliegenden Ökobilanz - Studie mit den Ergebnissen aus der *ecoinvent* 3.3 Datenbank

	<b>GWP</b>	<b>EP</b>	<b>VP</b>	<b>POCP</b>
<b>egz Braugerste</b>	260	1,96	1,83	0,039
<b>Deutschland (DE)</b>	538	2.51	3,24	0.098
<b>Frankreich (FR)</b>	463	5,95	6,24	0.071
<b>Schweiz (CH)</b>	390	5.46	4,30	0.063

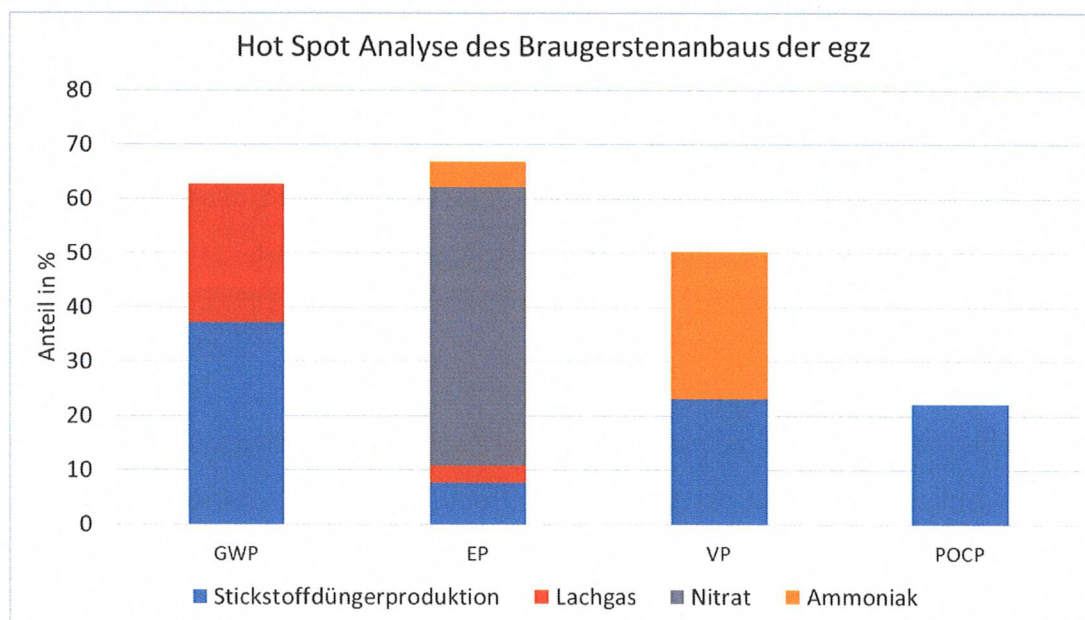
Wichtige Rückschlüsse auf die Umweltwirkung liefern jedoch die in der *Ecoinvent* Datenbank enthaltenen Dokumentationen zu den verschiedenen Datensätzen (Kägi &



Blaser, 2007). Während die Erträge mit denen der egz vergleichbar sind (DE - 7500kg, FR - 6760 kg, CH - 6828 kg), sind die eingesetzten Stickstoffdüngermengen pro Hektar wesentlich höher (DE – 135 kg N, FR - 156 kg N, CH - 95 kg N). Die Produktion sowie der Einsatz von Stickstoffdüngern haben jedoch eine signifikant negative Umweltwirkung, insbesondere in den Wirkungskategorien Treibhaus-, Eutrophierungs- sowie dem Versauerungspotential. Die höhere Stickstoffnutzungseffizienz der egz lässt aufgrund dessen auf eine vorteilhafte Umweltwirkung im Vergleich zu den anderen Anbauregionen schließen.

### 5.3 Hot Spot Analyse

Um die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Umweltwirkung des Braugerstenanbaus der egz sowie des anschließenden Transports zur Mälzerei zu ermitteln, wurde eine sogenannte Hot Spot Analyse durchgeführt. Hierbei werden in den untersuchten Wirkungskategorien die größten Einflussfaktoren auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung ermittelt. In der Hot Spot Analyse, die im Rahmen der Ökobilanz des Braugerstenanbaus der egz im Jahr 2015 durchgeführt wurde, zeigte sich, dass insbesondere die Produktion sowie der Einsatz von Stickstoffdüngern einen signifikanten Einfluss auf die Umweltwirkung haben. Aufgrund dessen ist in der folgenden Hot Spot Analyse ein Fokus auf den Einfluss des Einsatzes von Stickstoffdüngern gelegt worden. In den Abbildungen 6 ist dieser Einfluss in den vier untersuchten Wirkungskategorien für den Braugerstenanbau der egz (*egz Braugerste*) dargestellt. Hierbei ist neben dem Einflusses der Stickstoffdüngerproduktion auch der von den wichtigsten düngerinduzierten Flächenemissionen abgebildet. Neben Lachgas ( $N_2O$ ), spielen insbesondere Nitratauswaschungen sowie Ammoniakemissionen eine große Rolle.



**Abbildung 6:** Hot Spot Analyse des Treibhaus- (GWP), des Eutrophierungs- (EP), des Versauerungs- (VP) sowie des Ozonbildungspotentials (POCP) des Braugerstenanbaus der egz inklusive des Endtransports zur Mälzerei

Die Produktion der Stickstoffdünger, sowie die mit ihrer Ausbringung verbundenen Flächenemissionen, haben einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (siehe Abbildung 6). Die Produktion der Stickstoffdünger emittiert 37 % der gesamten Treibhausgase des Braugerstenanbaus (inklusive des Weitertransports zur Mälzerei). Die durch den Einsatz von Stickstoffdüngern bedingten direkten und indirekten N<sub>2</sub>O Emissionen sind für weitere 26 % des Treibhauspotentials verantwortlich. Insgesamt bedingt der Einsatz von Stickstoffdüngern somit 63 % der für das Treibhauspotential relevanten Emissionen.

In der Wirkungskategorie Eutrophierungspotential sind die Nitratauswaschungen, bedingt durch den Einsatz von Stickstoffdüngern, für 51 % der Emissionen verantwortlich. Weitere 16 % sind durch die Produktion der Stickstoffdünger sowie durch Ammoniak- und Lachgasemissionen bedingt.

Im Fall des Versauerungspotentials sind neben der Produktion der Stickstoffdünger mit 23 % insbesondere die Ammoniakemissionen (27 %) relevant.

Sowohl im Falle des Treibhaus-, als auch des Eutrophierungs- sowie des Versauerungspotentials machen die Emissionen, bedingt durch die Produktion sowie des Einsatzes von Stickstoffdüngern, über 50% aus. Lediglich im Fall des Ozonbildungspotential ist dieser Anteil mit 22 % etwas geringer (siehe Abbildung 6).



## 5.4 Sensitivitätsanalysen

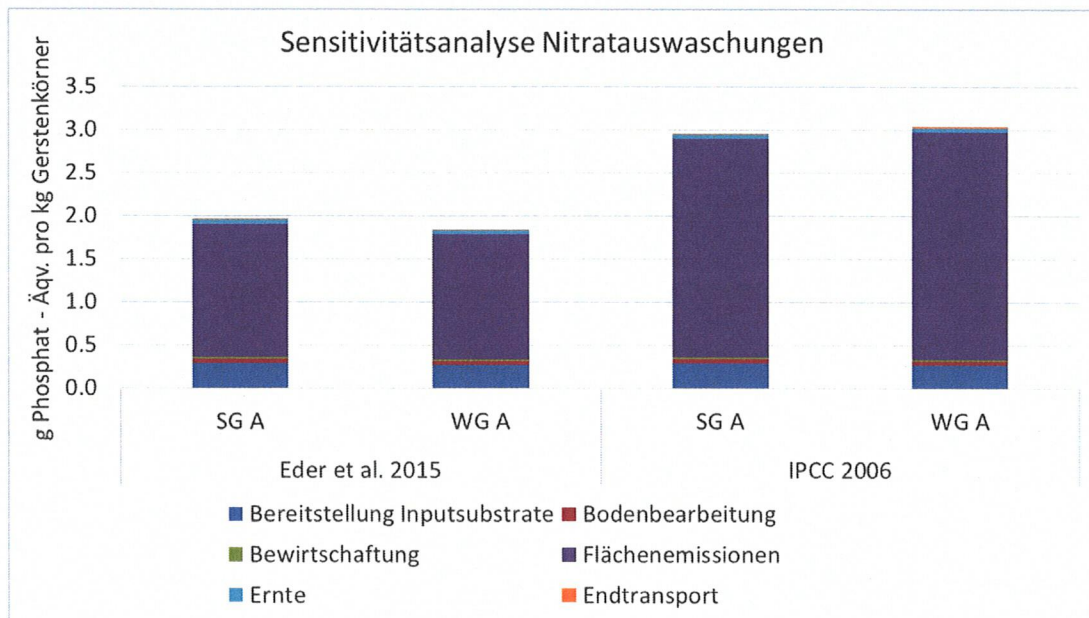
Im Rahmen der hier vorliegenden Studie werden drei Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um abzuschätzen, welchen Einfluss bestimmte Methoden und getroffene Annahmen auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse haben. Zusätzlich wird der Einfluss der Einarbeitung des Braugerstenstrohs auf den Bodenkohlenstoffgehalt diskutiert.

### Nitratauswaschungen

Wie oben dargestellt hat die Hot Spot Analyse ergeben, dass die Auswaschung von Nitrat einen großen Einfluss auf das Eutrophierungspotential des Braugerstenanbaus der egz besitzt.

In der Ökobilanzstudie von 2015 wurden zur Berechnung der Nitratauswaschungen Emissionsfaktoren des IPCC verwendet. Laut IPCC wird 30 % der ausgebrachten Stickstoffdüngermenge als  $\text{NO}_3\text{-N}$  emittiert (IPCC, 2006). Es ist jedoch anzunehmen, dass unter den auf den Flächen der egz gegebenen standörtlichen Bedingungen, mit nur 500 mm Niederschlag und Schwarzerde oder Lehmböden, die Nitratauswaschungen in der Praxis niedriger ausfallen würden. Deswegen wird in der hier vorliegenden Studie für die Auswaschung von Nitrat ein länderspezifischer Emissionsfaktor für Österreich verwendet. Laut Eder et al. (2015) wird 15,2 % der ausgebrachten Stickstoffdüngermenge als  $\text{NO}_3\text{-N}$  emittiert. Anhand einer Sensitivitätsuntersuchung wird nun der Einfluss dieser Entscheidung auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung dargestellt. Dafür wird das Eutrophierungspotential des Braugerstenanbaus unter Verwendung des IPCC Emissionsfaktors berechnet und mit den Ergebnissen nach Eder et al. (2015) verglichen. In Abbildung 7 sind die Ergebnisse dieses Vergleiches beispielhaft für die Anbauvarianten SG A sowie WG A dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass die Berechnung mittels des IPCC Faktors zu wesentlich höheren Eutrophierungspotentialen führt. Es ist jedoch aufgrund der oben angeführten Gründe anzunehmen, dass der länderspezifischen Emissionsfaktor für Österreich basierend auf Eder et al. (2015) die Umweltwirkung des Braugerstenanbaus der egz wesentlich realitätsnäher abbildet.

Verglichen mit den Ergebnissen von 2015 weisen die in dieser Studie betrachteten Anbauvarianten, selbst unter Verwendung des IPCC Emissionsfaktors, ein deutlich niedrigeres Eutrophierungspotential auf (vgl. Tabelle 8).



**Abbildung 7:** Sensitivitätsanalyse zur Beurteilung des Einflusses der Berechnung der Nitratauswaschungen auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse

## Pestizide

Im Anbauprozess der Braugerste werden eine Fungizid- sowie eine Herbizidmaßnahme durchgeführt. Die Notwendigkeit des Einsatzes von Pestiziden ist jedoch stark von standörtlichen und klimatischen Gegebenheiten abhängig und kann sich aufgrund dessen zwischen einzelnen Anbaujahren unterscheiden. In einer Sensitivitätsuntersuchung wird deswegen analysiert, welchen Einfluss der mehrmalige Einsatz von Pestiziden auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse der hier vorliegenden Ökobilanz hat. Dabei wird davon ausgegangen, dass anstatt einer Fungizid- sowie einer Herbizidmaßnahme jeweils drei Maßnahmen durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalyse sind in Tabelle 10 dargestellt. Hierbei sind für die jeweiligen Anbauvarianten die prozentualen Änderungen der Wirkungsabschätzungsergebnisse des Braugerstenanbaus der egz inklusive des Endtransports zur Mälzerei in den vier analysierten Wirkungskategorien abgebildet.



**Tabelle 10:** Prozentuale Änderung der Wirkungsabschätzungsergebnisse bei mehrmaligem Einsatz von Pestiziden

Anbauvariante	GWP	EP	VP	POCP
SG A	1,2	0,4	1,6	4,9
SG B	1,2	0,4	1,5	4,4
WG A	1,1	0,4	1,4	4,6
WG B	1,0	0,4	1,3	4,0

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Änderungen selbst bei einer Erhöhung des Pestizideinsatzes um 300 %, insbesondere in den Wirkungskategorien Treibhaus-, Eutrophierungs- sowie Versauerungspotential, relativ gering ausgefallen (siehe Tabelle 10).

### Ertrag

Ein Großteil der Verbesserung der Umweltwirkung der Braugerstenproduktion der egz im Vergleich zu der Studie im Jahre 2015 wurde durch die wesentlich höheren Kornerträge erreicht. Um den Einfluss der Höhe des Ertrags auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse zu untersuchen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierbei wurden analysiert, wie sich die Ergebnisse für den Durchschnittswert „egz Braugerste“ ändern, wenn der Ertrag um 15 % steigt oder um den gleichen Betrag fällt. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalyse sind in Tabelle 11 abgebildet. Eine Ertragssteigerung um 15 % geht einher mit einer zwischen 12 und 13 % niedrigeren Umweltwirkung in den betrachteten Wirkungskategorien. Eine Ertragsminderung führt hingegen zu einer Erhöhung der Umweltwirkung um 16 bis 18 % (siehe Tabelle 11).

**Tabelle 11:** Sensitivitätsanalyse zum Einfluss des Ertrags auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (ausgedrückt in Prozent)

Ertragsszenarien	GWP	EP	VP	POCP
+15%	88	87	87	88
Baseline	100	100	100	100
-15%	117	118	117	116

### **Einfluss der Einarbeitung des Braugerstenstrohs auf den Bodenkohlenstoffgehalt**

In allen vier in dieser Studie betrachteten Anbauvarianten verbleibt das Braugerstenstroh auf dem Feld und wird eingearbeitet. Diese Praxis ist nicht nur förderlich für die Bodenqualität (Zhang et al. 2014), sondern erhöht auch den Input von Kohlenstoff in den Boden und führt dadurch zu einer Erhöhung des Bodenkohlenstoffgehaltes (Lugato et al. 2006). Dadurch kann der Boden als Kohlenstoffsенke funktionieren, da er durch das Stroh CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre aufnimmt. Dieser positive Effekt des Agrarsystems auf das Treibhauspotential ist jedoch in der hier vorliegenden Studie nicht in der Berechnung enthalten.

### **5.5 Schlussfolgerung**

Zusammenfassend ist zu sagen, dass der Braugerstenanbau auf den Flächen der Erzeugergemeinschaft Zistersdorf im Pannonikum bezogen auf das Treibhaus-, das Eutrophierungs-, das Versauerungs- sowie das Ozonbildungspotential im Vergleich zu der Ökobilanzstudie des Jahres 2015 wesentlich niedrigere Wirkungsabschätzungsergebnisse aufweist. Gründe hierfür sind die höheren Kornerträge, welche die egz durch ständige Anpassung sowie Verbesserung der Kulturmaßnahmen, wie beispielsweise den Einsatz neuer Winterbraugerstensorten, erreicht. Dadurch ist es der egz gelungen die Umweltwirkung der von ihr produzierten Braugerste signifikant zu senken. Auch im Vergleich zu anderen Anbauregionen weltweit lässt sich aufgrund der für den Braugerstenanbau günstigen naturgegebenen und kulturgeschaffenen Rahmenbedingungen des Pannonikums und der dadurch bedingten hohen Stickstoffdüngernutzungseffizienz sowie den kurzen Transportwegen auf eine vorteilhafte Umweltwirkung der Braugerstenproduktion der egz schließen.

## 6. Literaturverzeichnis

- Baumann H, Tillmann AM (2004) Characterization methods. *The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur, AB, Lund, 144-159.
- Bayer (2015a) Husar OD Produktdatenblatt. Bayer CropScience AG.
- Bayer (2015b) Zantara Produktdatenblatt. Bayer CropScience AG.
- Bouwman, AF, Boumans LJM, Batjes NH (2002) Modeling global annual N<sub>2</sub>O and NO emissions from fertilized field.
- Braugersten – Gemeinschaft e.V. (2013) Braugersten Jahrbuch 2013.
- Brentrup F, Küsters J, Lammel J, Kuhlmann H (2000) Methods to estimate on-field Nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. *International Journal of Life Cycle Assessment*, **5** (6), 349 – 357.
- DIN EN ISO 14040 (2006) Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen.
- DIN EN ISO 14044 (2006) Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.
- Eder A, Blöschl G, Feichtinger F, Herndl M, Klammler G, Hösch J, Erhart E, Strauss P (2015) Indirect nitrogen losses of managed soils contributing to greenhouse emissions of agricultural areas in Austria: results from lysimeter studies. *Nutr Cycl Agroecosyst*, **101**, 351-364.
- EMEP/CORINAIR (2002) Emission Inventory Guidebook - 3rd edition October 2002.
- Flynn HC, Smith J, Smith KA, Wright J, Smith P, Massheder J (2005) Climate- and crop-responsive emission factors significantly alter estimates of current and future nitrous oxide emissions from fertilizer use. *Global Change Biology*, **11**, 1522–1536.
- information.medien.agrar (i.m.a) e.V. (2006) Gerste (*Hordeum vulgare*).
- IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Klöpffer W, Grahl B (2009) Wirkungsabschätzung. In: *Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf*. WILEY – VCH Verlag, Weinheim, 320.
- Lugato E, Berti A, Giardini L (2006) Soil organic carbon (SOC) dynamics with and without residue incorporation in relation to different nitrogen fertilisation rates. *Geoderma*, **135**, 315-321.

- Narziß L, Back W (2012) Die Braugerste. *Die Bierbrauerei Band 1: Die Technologie der Malzbereitung*. 8 Auflage, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1-120.
- Nemecek T, Kägi T (2007) Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich and Dübendorf, CH, retrieved from: [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch).
- PCR (2016) Product Group: UN CPC 011, 014, 017, 019 Arable Crops, 2013:05 Version 2.0.
- Wagner M, Lewandowski I (2017) Relevance of environmental impact categories for perennial biomass production. *GCB Bioenergy*, **9**(1), 215-228.
- Zhang P, Wei T, Jia Z, Han Q, Ren X, Li Y (2014) Effects of Straw Incorporation on Soil Organic Matter and Soil Water-Stable Aggregates Content in Semiarid Regions of Northwest China. *PLoS ONE*, **9**(3).

**Titelbild Gerste:** Piyapong Wongkam/shutterstock.com



## danksagung

unser dank gilt

unserem grund und boden  
der werkstatt natur - gerade weil sie uns immer wieder aufs neue  
herausfordert an und mit ihr zu wachsen  
Dr. sc. agr. Moritz Wagner für seine akribische ökobilanzielle arbeit  
an und mit unserem grund und boden, unserer braugerstenkultivierung,  
und uns bauern sowie seiner wissenschaftlichen expertise  
unseren vertragsbrauerein - Stieglbrauerei zu Salzburg GmbH,  
Braucommune Freistadt, Brauerei Murau eGen - die diesen weg der  
regionalen und nachhaltig ökobilanziellen  
braugerstenkultivierung ganz bewusst und aktiv mit uns  
gehen und diesen auch von/mit uns - gemeinsam - fordern und fördern  
der STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH, die von der ersten  
stunde an, gemeinsam mit den brauereien und uns, diesen  
weg der regionalen wertschöpfung und wertschätzung [mit]gegangen ist  
und geht  
den egz-bäuerinnen und bauern,

denn nur gemeinsam sind wir alle, und jede/r ist ein teil des ganzen.

zistersdorf | juni 2018

egz | erzeugergemeinschaft zistersdorf  
ökobilanzielle bewertung braugerstenanbau 2018