



TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN

im Hopfenbau

Greenhouse Gas Emissions in Hop Growing

Im Rahmen von sogenannten Nachhaltigkeitschecks bei der Bierproduktion wird zunehmend der Nachweis einer nachhaltigen Produktionsweise der Rohstoffgewinnung gefordert. Dabei geraten auch Betrachtungen zur Klimarelevanz des Rohstoffs Hopfen und dessen Anbau in den Blickpunkt. Zusätzlich fordern internationale Vereinbarungen wie das Pariser Abkommen (oder nationale Klimaschutzziele) konkrete Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen (THG). Im Klimaschutzplan 2050 hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, die Gesamtemissionen bis 2030 um 55 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu reduzieren. Die landwirtschaftliche Produktion soll eine Reduktion von 33 % erreichen.

As a consequence of the so-called sustainability checks in beer production there is an increasing demand for proof of sustainable methods in production of the raw materials. This naturally also focuses on the climate impact of the raw material hops and hop growing. Furthermore, international agreements like the Paris Agreement and national climate protection goals demand hard-and-fast measures to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. In the Climate Action Plan 2050 the German government has set itself the goal of 55% less emissions overall by 2030 compared to the base year of 1990. Agricultural production is to achieve a reduction of 33%.

Zielsetzung

Unabhängig von den nationalen Minderungszielen stellt sich die Frage, wie hoch die THG-Emissionen des Hopfenanbaus sind und wie sich die THG-Emissionen auf die unterschiedlichen Bereiche im Anbau verteilen. Informationen zu THG-Emissionen landwirtschaftlicher Produkte und Produktionsweisen liefert eine sogenannte partielle Ökobilanz. Die Ökobilanz ist ein Verfahren, um umweltrelevante Vorgänge zu erfassen und zu bewerten. Im Unterschied zur ganzheitlichen Ökobilanz, bei der zahlreiche Umweltwirkungen betrachtet werden, wird bei der partiellen Ökobilanz oder dem sogenannten Product Carbon Footprint nur jeweils eine Umweltwirkung berücksichtigt. Es können somit nur Aussagen über den Beitrag zum Treibhauseffekt getroffen werden. Grundsätze und Regeln zur Durchführung von Ökobilanzen wurden in den ISO-Standards 14040:2006 und 14044:2006 international festgelegt und in das deutsche Normenwerk übertragen (DIN EN ISO 14040, DIN EN ISO 14044). Danach umfasst die Ökobilanz vier Elemente: Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung.

Die größte Herausforderung bei der Erstellung einer Ökobilanz liegt in der Sachbilanz, für die alle zur Beschreibung der einzelnen Prozesse und ihrer Umweltwirkungen benötigten Daten erfasst werden. An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) steht seit 2010 der LfL-Internetdeckungsbeitrag in seiner jetzigen Form und Detailgenauigkeit als Werkzeug zur Berechnung jährlicher ökonomischer Kennzahlen für typische Produktionsverfahren zur Verfügung. Dabei sind zahlreiche prozessbezogene Daten, angepasst an die Anbauverhältnisse in Bayern, hinterlegt. Aufbauend auf diesen Grunddaten wird eine THG-Bilanz für den typischen Hopfenanbau in Bayern, geleitet von den methodischen Richtlinien der Ökobilanz, erstellt.

Vorgehen

Systemgrenzen

Die Betrachtung der THG-Emissionen bezieht sich auf Ertragshopfen und basiert auf dem Anbaujahr 2016. Auf eine Einbeziehung des Junghopfens wurde verzichtet, da unterschiedliche Arten der Fenchsererzeugung (Schnittfenchser, Topffenchser oder Wurzelfenchser) und -verwendung sowie der produktionstechnischen Maßnahmen (z. B. mit und ohne Beerntung) eine einheitliche Betrachtungsweise und Berechnung erschweren. Das betrachtete Verfahren endet nach der Ernte mit der Verpackung und Einlagerung des getrockneten Hopfens beim Landwirt. Es werden ausschließlich die THG-Emissionen der Erzeugung sowie die vorgelagerten THG-Emissionen aus dem Betriebsmitteleinsatz berücksichtigt.

Funktionelle Einheit

Die bilanzierten THG-Emissionen beziehen sich grundsätzlich auf ein Hektar (ha) Anbaufläche. Um dem unterschiedlichen Brauwert der verschiedenen Sortengruppen Rechnung zu tragen, werden die THG-Emissionen jeweils auf ein kg erzeugten Rohhopfen sowie auf ein kg erzeugte Alphasäure umgerechnet.

Goal

Independent of the national reduction goals, the questions are how high are the GHG emissions in hop growing and how are the GHG emissions distributed over the different aspects of growing? Information about the GHG emissions of agricultural products and production methods is given by a so-called partial life cycle assessment. The life cycle assessment (LCA) is a procedure for determining and evaluating climate-relevant processes. Compared to the complete life cycle assessment, which takes into account numerous environmental impacts, the partial life cycle assessment or so-called product carbon footprint (PCF) focuses on just one environmental impact. Thus only statements about the contribution to the greenhouse effect can be made.

The principles and regulations for conducting life cycle assessments are defined in the ISO standards 14040:2006 and 14044:2006 international, which are transcribed into the German standards DIN EN ISO 14040 and DIN EN ISO 14044. According to these the life cycle assessment consists of four elements: Definition of the goal and scope, inventory analysis, impact assessment, and evaluation.

The greatest challenge in making a life cycle assessment is in the inventory analysis phase in which all the data required for describing the individual processes and their environmental impacts are gathered. Since 2010, the Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL) has provided the LfL internet contribution margin in its present form and level of detail as a tool for calculating the annual economic key figures for typical production processes. This means that a great amount of process-related data adjusted to the growing conditions in Bavaria is stored. This primary data is taken as the basis for a GHG assessment of typical hop growing in Bavaria following the methodology guidelines for the life cycle assessment.

Procedure

System Boundaries

The GHG emissions considered are based on yield hops of the growing year 2016. Young hops were not included because different types of rhizome production (cut rhizomes, potted rhizomes or root rhizomes) and rhizome use, and different production-related technical measures (e.g. with or without harvesting) make it difficult to maintain a uniform method of examination and calculation. The procedure considered finishes after the harvest with the packaging and storing of the dried hops on the hop farm. Only the GHG emissions of the production and the upstream GHG emissions from input use are taken into account.

Functional Unit

The assessed GHG emissions always refer to one hectare (ha) of growing acreage. To accommodate the different brewing values of the various varieties, the GHG emissions are translated to one kilogram of raw hops produced and to one kilogram of alpha acid produced.

EXKLUSIV-
REPORT

Tabelle 1
Produktionstechnische
Kennzahlen der
einzelnen Verfahren

Table 1
Production figures
for the different
processes

	Einheit / Unit	Sortenmittel / Variety average	Perle	Herkules
Ertrag / Yield (2016)	kg/ha	2.689 / 2,689	2.393 / 2,393	3.346 / 3,346
Alphasäuregehalt / Alpha acid content	%	10,9 / 10.9	8,2 / 8.2	17,3 / 17.3
Düngung / Fertilization	kg N/ha	172	160	180
	kg P ₂ O ₅ /ha	27	24	34
	kg K ₂ O/ha	70	62	87
Rebenhäcksels (27 % Trockenmasse) Shredded hop vines (27% Dry Matter)	dt/ha	161	143	200
Dieserverbrauch inkl. Ernte Diesel consumption with harvest	l/ha		493	
Heizölbedarf Trocknung Fuel oil for drying	l/dt Hopfen / Hops		40	
Begrünung / Vegetation			Winterroggen Winter rye	

Sachbilanz

Der Hopfenanbau in Deutschland hat seinen Schwerpunkt in der Hallertau in Bayern. Im Jahr 2016 stieg die Anbaufläche um 600 ha im Vergleich zum Vorjahr auf 15.510 ha. Bei der Sortenwahl wurden im Jahr 2016 in der Hallertau 51,7 % Aromasorten, 44 % Bittersorten und 4,3 % Flavor-Sorten verwendet. Die mit Abstand anbaustärkste Sorte in der Hallertau ist die ertragsstarke Bittersorte Herkules, die auf fast 30 % der Anbaufläche kultiviert wird. Die meistangebaute Aromasorte Perle, die sich ertraglich im Sortendurchschnitt befindet, steht auf 18 % der Anbaufläche (LfL, 2017). Für diese beiden Sorten, die über die höchste Anbaubedeutung verfügen, sowie für den Sortendurchschnitt wird im Folgenden eine THG-Bilanzierung unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten der Hallertau durchgeführt.

Die Datengrundlagen der produktionstechnischen Details für die Berechnung der THG-Bilanz des Hopfenanbaus stammen aus den LfL-Deckungsbeiträgen und Kalkulationsdaten (IDB). Das Verfahren „IDB-Hopfen“ (<https://www.stmelf.bayern.de/idb/hopfen.html>) wurde 2013 gemeinsam vom Institut für Agrarökonomie (IBA) und dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ) entwickelt und wird seitdem jährlich mit aktualisierten Daten gepflegt. Die durchschnittlichen erntefrischen Alphasäuregehalte werden dabei von der Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA) jährlich ermittelt.

Für die drei Szenarien wurden gemeinsame Annahmen, wie der Dieserverbrauch zur Pflege und Ernte, der Heizölverbrauch bei der Trocknung des Ernteguts sowie für die Begrünung, getroffen. Die Höhe der Stickstoffdüngung errechnet sich aus dem Bedarfswert (240 kg/ha) abzüglich des im Frühjahr im Boden verfügbaren mineralischen Stickstoffs (2016 im Durchschnitt aller Sorten: 80 kg N/ha), wobei Herkules einen Zuschlag von 20 kg N/ha aufgrund der höheren Ertragserwartung erhält. Bei Phosphat und Kali bezieht sich die Düngung auf die Nährstoffabfuhr durch die jeweiligen Sorten und ist ertragsabhängig gestaltet (siehe Tabelle 1). Der Rebenhäckselanfall wurde sortenbedingt angepasst.

Zur THG-Bilanzierung wurden Emissionsfaktoren aus Ecoinvent (Ecoinvent, 2018), dem Thünen Emissionsinventar (Haenel et al., 2018) sowie dem Berechnungsparameter Klimagasbilanzierung (BEK) (KTBL, 2016)

Inventory Analysis

Hop growing in Germany is concentrated in the Hallertau region in Bavaria. In 2016 the growing area increased by 600ha to 15,510ha. With regard to varieties, in 2016 the distribution in the Hallertau was 51.7% aroma varieties, 44% bitter varieties and 4.3% flavor varieties. By a long chalk the variety grown the most in the Hallertau is the high-yield bitter variety Herkules. It is grown on almost 30% of the acreage. The most grown aroma variety is Perle. It gives an average yield and stands on 18% of the acreage (LfL, 2017). In the following we conduct a GHG assessment for these two varieties, which are the most important in terms of acreage, as well as for the variety average taking into account the regional conditions in the Hallertau.

The primary technical production data for calculating the GHG assessment of hop growing are taken from the LfL contribution margins and calculation data (IDB). The "IDB Hops" procedure (<https://www.stmelf.bayern.de/idb/hopfen.html>) was developed jointly in 2013 by the Institute for Agricultural Economics (IBA) and the Institute for Crop Science and Plant Breeding (IPZ) and since then has been issued annually with the latest data. The average freshly-harvested alpha acid content is determined each year by the Working Group Hop Analysis (AHA).

For the three scenarios, common assumptions were made for the diesel consumption for care and harvesting, for the fuel oil consumption for drying the harvested hops, and for vegetation. The level of nitrogen fertilization is calculated from the requirement value (240kg/ha) less the amount of mineralized nitrogen in the soil in spring (2016 average of all varieties: 80kg N/ha); Herkules receives a supplement of 20kg N/ha because of the higher yield forecast. With phosphate and potash, the fertilizer application is based on the nutrient consumption of each variety and yield (see Table 1). The amount of shredded hop vines was adjusted according to variety.

Emission factors taken from ecoinvent (ecoinvent, 2018), the Thünen Emission Inventory (Haenel et al., 2018) and from the calculation parameters for climate assessment of individual farms (BEK) (KTBL, 2016) were used for the GHG assessment. The emission factors for the GHG assessment of hops are given in Table 2.

Tabelle 2
Emissionsfaktoren
für die Bewertung
von Hopfen

Table 2
Emission factors
for the evaluation
of hops

Wert / Value	Einheit / Unit	Bezeichnung / Description	Datenherkunft / Data source
298	kg CO ₂ -Äq./kg N ₂ O	Lachgas in Kohlendioxid <i>Nitrous oxide in carbon dioxide</i>	IPCC, 2007
1,57	kg N ₂ O/kg N ₂ O-N	Lachgas-N in Lachgas <i>Nitrous oxide-N in nitrous oxide</i>	Stöchiometrische Umrechnung (Quelle: KTBL 2016) <i>stoichiometric conversion</i> (source: KTBL 2016)
0,008	kg NH ₃ -N/kg N	Ammoniak-Emissionsfaktor (KAS) <i>Emission factor ammonia (CAN)</i>	Haenel et al. (2018)
0,01	kg N ₂ O-N/kg N	N-Düngung in Lachgas (direkt und indirekt nach NH ₃ -Verlust) <i>N-fertilization in nitrous oxide (direct and indirect after ammonia losses)</i>	Haenel et al. (2018)
8,83	kg CO ₂ -Äq./kg N	KAS-N (Herstellung) <i>CAN-N (production)</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)
1,62	kg CO ₂ -Äq./kg P ₂ O ₅	Einnährstoffdünger-Phosphor (Herstellung) <i>Straight fertilizer – phosphorus (production)</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)
0,46	kg CO ₂ -Äq./kg K ₂ O	Einnährstoffdünger-Kalium (Herstellung) <i>Straight fertilizer – potassium (production)</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)
3,02	kg CO ₂ -Äq./l	Dieselherstellung und -verbrennung <i>Diesel production and combustion</i>	KTBL (2016)
0,81	kg CO ₂ -Äq./kg	Saatgut Zwischenfrucht Winterroggen <i>Seed catch crop winter rye</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)
0,008	kg N ₂ O-N/kg N	Lachgas-Emissionsfaktor ausgewaschener Stickstoff <i>Nitrous oxide emission factor from leaching nitrogen</i>	Haenel et al. (2018)
0,30	kg N / kg N zug. <i>kg N / kg N fed</i>	Stickstoff-Auswaschungsfaktor <i>Factor for leaching nitrogen</i>	Haenel et al. (2018)
0,34	kg CO ₂ -Äq./ m ³	Emissionsfaktor für Bewässerung <i>Emission factor for irrigation</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)
0,89	kg CO ₂ -Äq./ l Diesel	Landwirtschaftliche Maschinen herstellen <i>Manufacture of agricultural machinery</i>	KTBL (2016)
0,58	kg CO ₂ -Äq./ kWh	Emissionsfaktor für Strominlandsverbrauch 2016 <i>Emission factor electricity consumption 2016</i>	UBA (2017)
3,15	kg CO ₂ -Äq./ l Heizöl <i>kg CO₂-Äq./ l fuel oil</i>	Heizöl herstellen und verbrennen <i>Fuel oil production and combustion</i>	KTBL (2016)
1,98	kg CO ₂ -Äq./ kg Polypropylen <i>kg CO₂-Äq./ kg Polypropylene</i>	Polypropylen-Granulat <i>Polypropylene granulate</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)
2,81	kg CO ₂ -Äq./ kg Polyethylen <i>kg CO₂-Äq./ kg Polypropylene</i>	Vließproduktion Polyethylen <i>Polyethylene fleece production</i>	Ecoinvent 3.4 (2018)

verwendet. Die für die THG-Bewertung des Hopfens benötigten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 2 dargestellt.

Ergebnisse

Bei der Betrachtung der emittierten Treibhausgase wird zwischen vorgelagerten THG-Emissionen aus dem Betriebsmitteleinsatz und direkt dem Produktionsverfahren Hopfen zuordenbaren THG-Emissionen unterschieden. In Abbildung 1 sind die berücksichtigten Emissionsquellen sowie ihre Entstehung im vorgelagerten Bereich oder während der Hopfenerzeugung, bezogen auf einen Hektar (ha) Hopfen, dargestellt.

Emissionen aus den Vorketten entstehen bei der Herstellung von Diesel, Heizöl, Strom, mineralischen Düngemitteln, Pflanzenschutz, Verpackung, der Errichtung der Gerüstanlage und des Aufleitdrahtes oder der Bereitstellung der Bewässerung. Während der Hopfenerzeugung entstehen Emissionen bei der Diesel- oder Ölverbrennung im Bereich der Trocknung und des Maschineneinsatzes sowie Lachgas (N₂O)-Emissionen im Boden durch den Eintrag von Stickstoff aus mineralischen Düngemitteln, Ernterückständen oder durch Deposition von Ammoniak (NH₃).

Results

When examining the emitted greenhouse gases a difference is made between upstream GHG emissions from input use and the GHG emissions that can be assigned directly to the hop production process. Figure 1 shows the sources of emission taken into account as well as their generation upstream or during hop production referred to one hectare (ha) of hops.

Upstream emissions originate from the production of diesel, fuel oil, electricity, mineral fertilizers, plant protection, and packaging, and from the installation of the trellises and hop strings, and the provision of irrigation. During hop production the emissions come from the combustion of diesel and fuel oil for the use of machines and hop drying respectively, and nitrous oxide (N₂O) emissions from the soil come from the input of nitrogen from mineral fertilizers, crop residues and through ammonia (NH₃) deposition.

The different greenhouse gases CO₂ and N₂O are calculated with the greenhouse gas potential and standardized to the valuation unit of CO₂ eq. CO₂ has the factor 1, nitrous oxide the factor 298 (IPCC, 2007).

The results of the emitted greenhouse gases per kg of produced product are shown in Figure 2 for the different



Die unterschiedlichen Treibhausgase CO_2 und N_2O werden mit dem jeweiligen Treibhausgaspotenzial verrechnet und auf die Bewertungseinheit $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ vereinheitlicht. CO_2 hat den Faktor 1, Lachgas den Faktor 298 (IPCC, 2007).

Die Ergebnisse der emittierten Treibhausgase je kg produziertem Produkt sind in Abbildung 2 für die unterschiedlichen Szenarien dargestellt. Hier zeigt die Sorte Herkules, die nominell die höchsten Emissionen je ha Anbaufläche hat, ihr hohes Ertragspotenzial und liefert produktbezogen die geringste THG-Emission in Höhe von 3,62 kg $\text{CO}_2\text{-Äq.}/\text{kg}$ Hopfen. Darüber liegen sowohl das Sortenmittel mit 4,08 kg $\text{CO}_2\text{-Äq.}/\text{kg}$ Hopfen als auch die Sorte Perle mit 4,33 kg $\text{CO}_2\text{-Äq.}/\text{kg}$ Hopfen. Ähnlich verhält es sich bei den THG-Emissionen bezogen auf den Alphasäureertrag. Die Sorte Herkules emittiert durch ihren hohen Alphagehalt die im Vergleich zu den anderen Sorten niedrigste THG-Emission von 20,9 kg $\text{CO}_2\text{-Äq.}/\text{kg}$ Alphasäure. Das Sortenmittel liegt mit 37,46 kg $\text{CO}_2\text{-Äq.}/\text{kg}$ Alphasäure ebenso über diesen Wert wie die Aromasorte Perle mit 52,8 kg $\text{CO}_2\text{-Äq.}/\text{kg}$ Alphasäure.

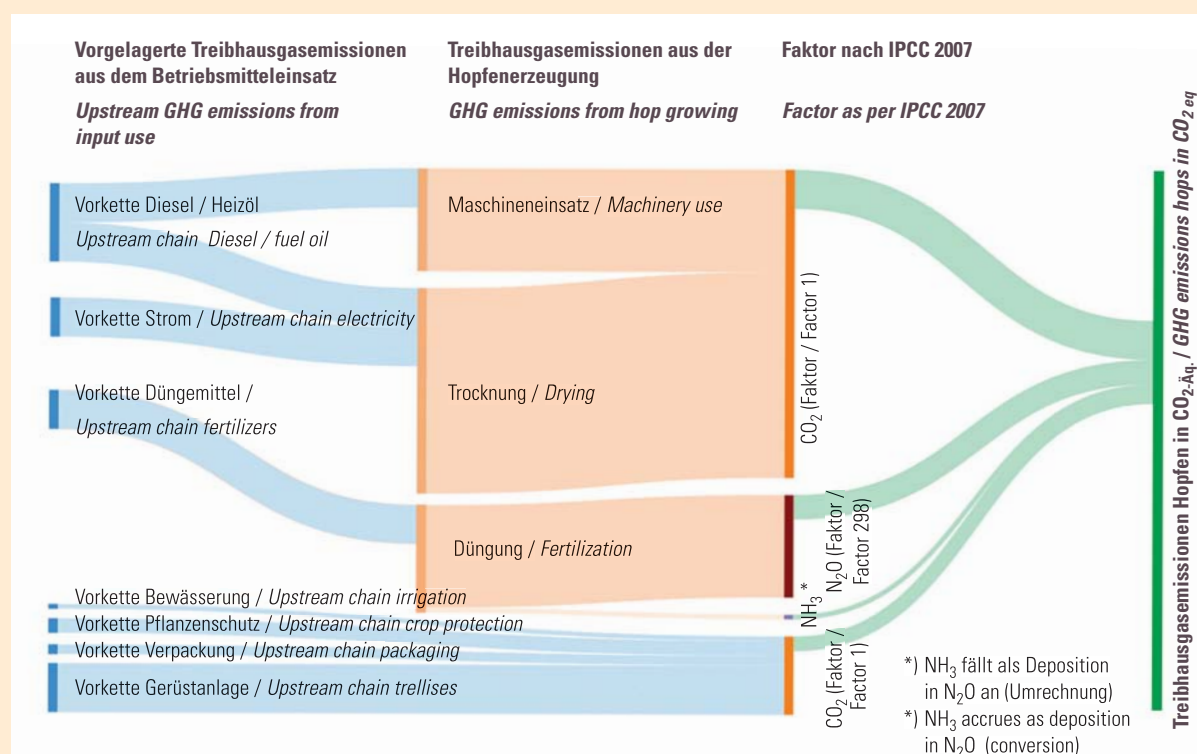
Neben der absoluten Höhe der Emissionen spielt die Verteilung der Emissionen eine wichtige Rolle. In Abbildung 3 wird für die drei berechneten Sortenszenarien die Verteilung der THG-Emissionen dargestellt. Hier zeigt sich, dass die Trocknung, bedingt durch den hohen Heizölverbrauch je Dezitonne (dt) zu trocknenden Ernteguts, den höchsten Anteil der Emissionen einnimmt. Addiert man die fossilen Brennstoffe aus den Bereichen Energieverbrauch Strom und Trocknung, Maschinenherstellung, Dieselherstellung und Dieselverbrennung zusammen, so ergibt sich ein Anteil an den Gesamtemissionen von 54 % (Sortenmittel), 56 % (Sorte Herkules) bzw. 53 % (Sorte Perle). Die Nährstoffversorgung des Hopfens durch Düngung, inklusive Mineraldüngerherstellung sowie die Ausbringung von Rebenhäcksel als organischen Dünger, verursacht einen Anteil

scenarios. Here the Herkules variety, which nominally has the highest level of emissions per ha of acreage, demonstrates its great yield potential and delivers product-related the lowest GHG emission level of 3.62kg $\text{CO}_2\text{ eq.}/\text{kg}$ hops. This is topped by both the variety average with 4.08kg $\text{CO}_2\text{ eq.}/\text{kg}$ hops and the Perle variety with 4.33kg $\text{CO}_2\text{ eq.}/\text{kg}$ hops. It is a similar story with the GHG emissions in terms of the alpha acid yield. Through its high alpha acid content the Herkules variety has the lowest GHG emission level of 20.9kg $\text{CO}_2\text{ eq.}/\text{kg}$ alpha acid compared to the other varieties. The variety average is above this level with 37.46kg $\text{CO}_2\text{ eq.}/\text{kg}$ alpha acid as is the Perle aroma variety with 52.8kg $\text{CO}_2\text{ eq.}/\text{kg}$ alpha acid.

Alongside the absolute level of the emissions an important role is also played by the distribution of the emissions. Figure 3 shows the distribution of the GHG emissions for the three calculated variety scenarios. Here it can be seen that drying, because of the high consumption of fuel oil per decitonne (dt) of harvested hops, is responsible for the highest portion of the emissions. Add to this the fossil fuels for the power consumption of electricity and drying, machinery manufacture, diesel production and diesel combustion, then the proportion of overall emissions is 54% (variety average), 56% (Herkules variety) and 53% (Perle variety). The supply of nutrients to the hops through fertilization, including the manufacture of mineral fertilizers, and the application of shredded hop vines as organic fertilizer give a proportion of 28 to 29% of the overall emissions of the production process. The trellises with their great demand for wire and anchorage materials as well as the hop strings also play their part in the GHG emissions with proportions of 8 and 9% depending on the variety.

Abbildung 1
Schematische Darstellung der THG-Emissionen und deren Berechnung für Hopfen

Figure 1
Diagram of the GHG emissions and their calculation for hops



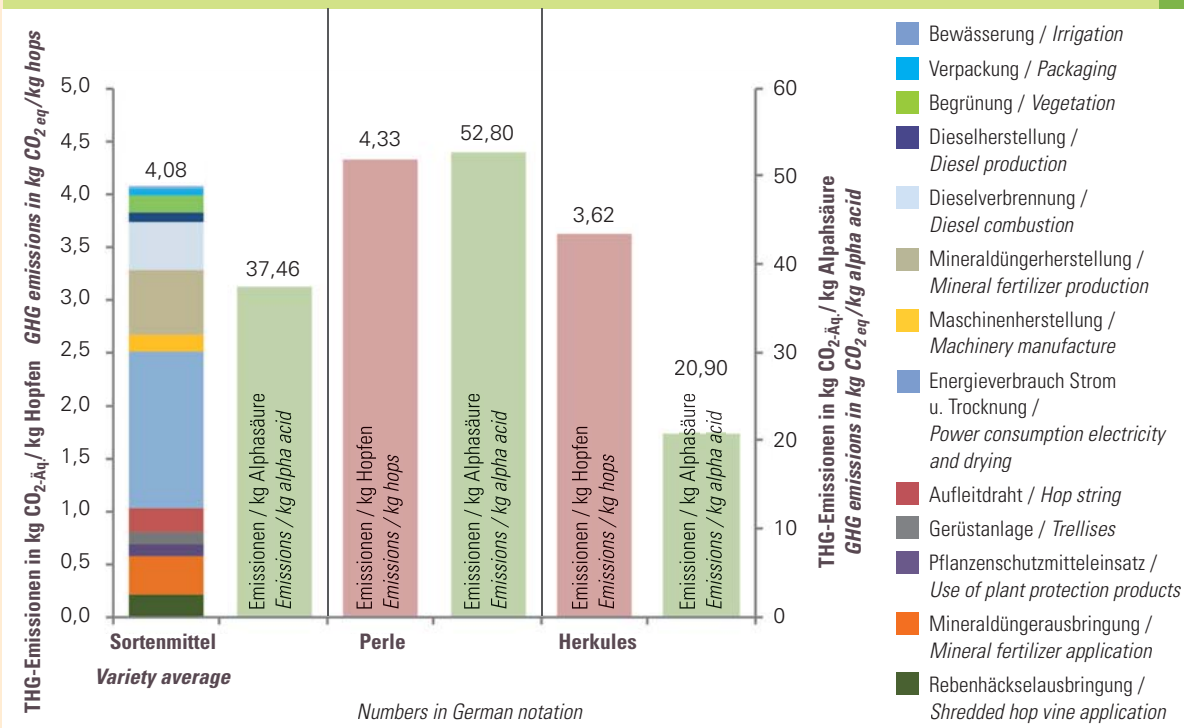


Abbildung 2
Bilanzierte THG-Emissionen je kg Hopfen bzw. je kg Alphasäure

Figure 2
Calculated GHG emissions per kg hops and per kg alpha acid

von 28 bis 29 % an den Gesamtemissionen des Produktionsverfahrens. Die Gerüstanlage mit ihrem hohen Bedarf an Draht- und Ankermaterial sowie der Aufleitdraht stellen je nach Sorte ebenfalls einen Anteil an den THG-Emissionen von 8 bzw. 9 %.

Ergebnisinterpretation und Schlussfolgerungen

Werden die THG-Emissionen pro ha Anbaufläche betrachtet, ergeben sich bei der Sorte Perle die geringsten THG-Emissionen (Abbildung 4). Dies lässt sich in erster Linie mit dem geringeren Ertragspotenzial und damit einhergehend mit einer verringerten Düngung sowie einer geringeren zu trocknenden Erntemenge begründen. Das geringere Ertragspotenzial im Vergleich zum Sortenmittel sowie zur Sorte Herkules begründet jedoch auch die im Vergleich höchsten THG-Emissionen

Interpretation of Results and Conclusions

Considering the GHG emissions per ha of acreage, the Perle variety produces the lowest GHG emissions (Figure 4). This is primarily due to the fact that the yield potential is lower and therefore less fertilization and less harvested hops to dry. However, the lower yield potential compared to the variety average and the Herkules variety means that the Perle variety has the highest GHG emissions per kg of hops produced. With the Herkules variety it is exactly the opposite in both respects. With regard to the GHG emissions per kg of alpha acid produced, which is an important criterion in the calculation of the hops delivered, the picture is similar.

In order to better classify the assessed GHG emissions of the different hop variety scenarios, a comparison was made with the calculations for a standard Bavarian agricultural

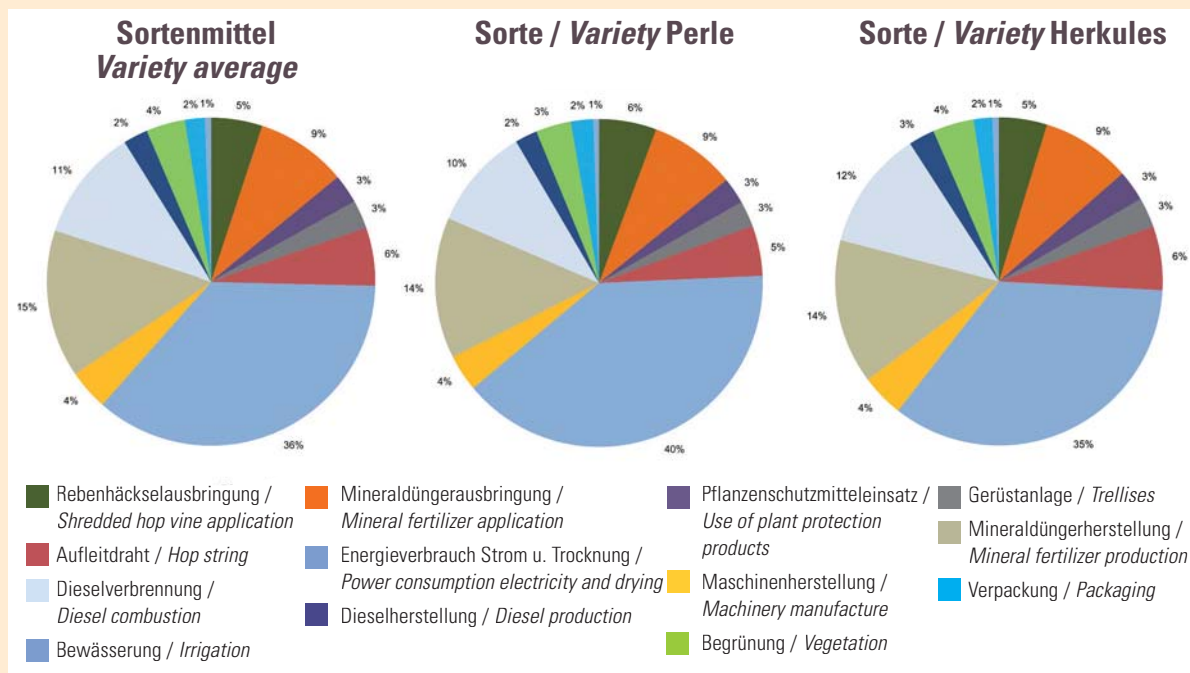


Abbildung 3
Verteilung der bilanzierten THG-Emissionen der jeweiligen Sorten

Figure 3
Distribution of calculated GHG emissions per variety

je kg erzeugten Hopfen. Bei der Sorte Herkules verhalten sich diese beiden Betrachtungspunkte genau gegensätzlich. Bei der Betrachtung der THG-Emissionen je kg erzeugter Alphasäure, die ein wichtiges Kriterium bei der Abrechnung des gelieferten Hopfens darstellt, ergibt sich ein ähnliches Bild.

Um die bilanzierten THG-Emissionen der verschiedenen Hopfenszenarien besser einordnen zu können, wurde ein Vergleich mit einem üblichen bayerischen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren berechnet. Dafür wurde das Produktionsverfahren Winterweizen mit dem Bezugsjahr 2015 ausgewählt und mit gleicher Methodik und Systemgrenzen bilanziert. Bei der Bewertung von THG-Bilanzen ist immer auf die Methodik und die gesetzten Systemgrenzen zu achten. Diese sind abhängig vom Bilanzierer und haben maßgeblichen Einfluss auf die Bewertung der Ergebnisse. Eine Vergleichbarkeit von THG-Bilanzen ist nur bei gleich gesetzten Systemgrenzen und gleicher Methodik möglich.

Die produktionstechnischen Datengrundlagen für das Produktionsverfahren Winterweizen stammen aus den LfL-Deckungsbeiträgen und Kalkulationsdaten (IDB). Hier zeigen sich auf Produkt- und Flächenebene stark erhöhte THG-Emissionen der Hopfenverfahren im Vergleich zum Winterweizen (siehe Abbildung 4). Dies begründet sich durch den Umstand, dass Hopfen als Sonderkultur eine hohe Intensität benötigt. Vor allem im Bereich Dieserverbrauch zur Kulturpflege sowie Heizölverbrauch bei der Trocknung des Ernteguts sind hier gravierende Unterschiede der beiden Produktionsverfahren zu beobachten. Zudem sollte der Verwendungszweck und die Einsatzmenge des Rohstoffs im Endprodukt beachtet werden.

Die Verknüpfung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des LfL-Internetdeckungsbeitrags mit der Ökobilanzierung und THG-Emissionsbewertung ermöglicht Synergieeffekte bei der Datenerhebung und stellt vergleichbare sowie wiederholbare Ergebnisse in diesem Bereich sicher. Es ergibt sich dadurch zukünftig eine gleichzeitige Betrachtung von Ökonomie und Ökologie eines Produktionsverfahrens.

production process. The winter wheat production process was chosen for this with the reference year of 2015. The assessment was made using the same method and system boundaries. When evaluating GHG assessments it is always important to pay attention to the method and the set system boundaries. These are independent of the assessing body and have considerable influence on the evaluation of the results. It is only possible to make a comparison of GHG assessments when the set system boundaries and method are the same.

The primary technical production data for the winter wheat production process are taken from the LfL contribution margins and calculation data (IDB). Here, at product and acreage levels, the GHG emissions of the hop production process are much higher than those of the winter wheat (see Figure 4). This is because hops need a high intensity as special crop. Above all the diesel consumption for plant care and fuel oil for drying the harvested crop are significantly different in the two production processes. In addition, the intended use and the used quantities of the raw materials in the end product must also be examined.

The combination of the cost-efficiency considerations of the LfL internet contribution margin with the life cycle impact assessment and GHG evaluation enables synergies in the data collection and ensures comparable and reproducible results in this field. Thus in future the economic and ecological factors of a production process will be considered equally.

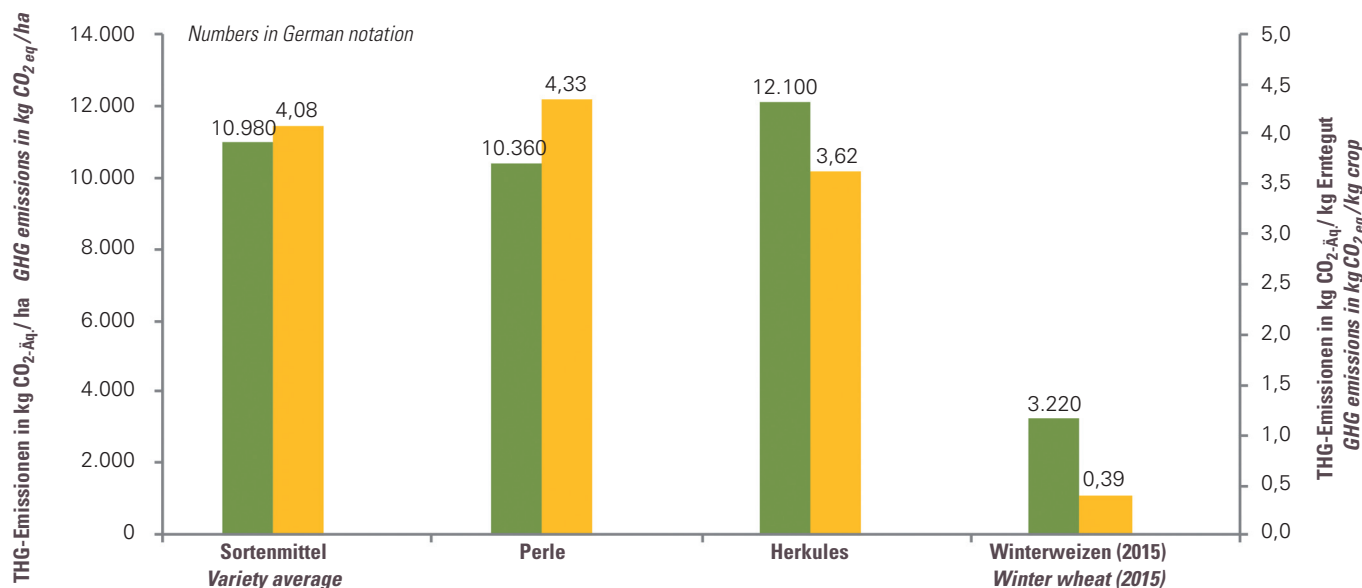
Doubtless the greatest GHG saver with reference to the brewing value of the examined varieties lies in progress in breeding. Despite greater intensity of production the Herkules high alpha variety, thanks to its higher yield and alpha acid content, comes away with much less GHG emissions than the Perle aroma variety. In the production of yield hops further reduction potential lies in the drying of the harvested hops. By increasing the efficiency in this area the consumption of fuel oil can be throttled with ensuing reduction of GHG emissions. Reduction potential is also in sight in the area of fertilization. Greenhouse gases can be significantly reduced by increasing efficiency in the application of mineral fertilizers.

Abbildung 4

Vergleich der bilanzierten THG-Emissionen von Hopfen mit den THG-Emissionen von Winterweizen (Bezugsjahr 2015) auf Produkt- und Flächenebene

Figure 4

Comparison of the assessed GHG emissions of hops and the GHG emissions of winter wheat (reference year 2015) in terms of product and acreage



Zweifelsohne das größte THG-Einsparpotenzial bezogen auf den Brauwert der untersuchten Sorten liegt im züchterischen Fortschritt. Trotz höherer Produktionsintensität verursacht die Hochalphasorte Herkules aufgrund ihres hohen Ertrags und Alphagehalts weit weniger THG-Emissionen als die Aromasorte Perle. Weitere Minderungspotenziale in der Erzeugung von Ertragshopfen bietet die Trocknung des Ernteguts. Effizienzsteigerungen in diesem Bereich, mit der Folge verminderten Heizöleinsatzes haben ebenfalls ein hohes Potenzial zur Reduzierung von THG-Emissionen. Minderungspotenziale sind auch im Bereich der Düngung zu sehen. Effizienzsteigerungen und daraus folgende Einsparungen beim Mineraldüngereinsatz können die Treibhausgase deutlich reduzieren.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die THG-Emissionen des Hopfenanbaus zu einem Großteil sortenabhängig sind und dabei hauptsächlich durch den Einsatz fossiler Brennstoffe entstehen. Letzterer Bereich verspricht durch gesteigerte Effizienz und damit sinkenden Verbrauch die größten Einsparpotenziale.

Autoren: Anton Reindl, Dr. Monika Zehetmeier (LfL-IBA), Stefan Fuß, Johann Portner (LfL-IPZ); Titelgrafik: Pokorny Design

Summarizing, it can be said that the GHG emissions of hop growing depend for the main part on the variety and originate mainly from the use of fossil fuels. In this area the greatest reduction potential lies in increased efficiency and the accompanying decrease in consumption.

Quellenverzeichnis / List of references:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.) (2017): **Grünes Heft Hopfen 2017**. Online verfügbar: <https://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/022297/index.php> (Abrufdatum: 18.09.2018)

Wernet, G.; Bauer, C.; Steubing, B.; Reinhard, J.; Moreno-Ruiz, E.; Weidema, B.; Ecoinvent (Hrsg.) (2018):

The ecoinvent database version 3.4: overview and methodology

Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Döring, U.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Freibauer, A.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Osterburg, B. (2018): **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2016: Report on methods and data (RMD) Submission 2018**. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 424 p, Thünen Rep 57

Effenberg, M.; Gödeke, K.; Grebe, S.; Haenel, H.-D.; Hansen, A.; Häußermann, U.; Kätsch, S.; Lasar, A.; Nyveler-Brunner, A.; Osterburg, B.; Paffrath, P.; Poddey, E.; Schmid, H.; Schraml, M.; Wulf, S.; Zerhusen, B.; KTBL (Hrsg.) (2016):

Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft, Darmstadt

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): **Fourth Assessment Report (AR4), Climate Change 2007** https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html (Abrufdatum: 18.09.2018)

Anzeige / Advertisement



Wir forschen Hopfen

Werden Sie Mitglied in der
Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.
und profitieren Sie vom
direkten Zugriff auf die neuesten
Züchtungs- und Forschungserfolge.

Become a member of the
Society of Hop Research
and benefit from direct access
to the latest breeding and
research successes.

Informationen zur Mitgliedschaft unter / Information about membership is available at
www.hopfenforschung.de