

**Abschlussarbeit**  
zur Erreichung des Grades Bachelor of Science  
des Studienganges Ökolandbau und Vermarktung  
an der HNE Eberswalde



# Der wahre Preis unserer Milch

Eine ganzheitliche Betrachtung der wahren Kosten  
am Beispiel der wesensgemäßen Milchviehhaltung

vorgelegt von  
**Alexander Greiner**  
(18212044)

Erstgutachten: Prof. Dr. Jens Pape

Eberswalde, den 16. Juli 2021



**Hochschule  
für nachhaltige Entwicklung  
Eberswalde**

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	3
2 Kosten und Leistungen der Milchviehhaltung.....	4
2.1 Struktur der deutschen Milchviehhaltung.....	4
2.2 Betriebswirtschaftliche Kosten.....	5
2.2.1 Berechnung des Pachtansatzes.....	5
2.2.2 Berechnung des Zinsansatzes.....	5
2.2.3 Festlegung eines Lohnansatzes.....	6
2.2.4 Faire Lohnansätze .....	7
2.3 Externe Effekte .....	7
2.3.1 Treibhausgase.....	8
2.3.2 Methan .....	11
2.3.3 Energie .....	14
2.3.4 Landnutzung und Landnutzungsänderung.....	16
2.3.5 Reaktiver Stickstoff.....	21
2.3.6 Allokationsmethoden zwischen Milch und Fleisch.....	22
2.4 Leistungen der wesensgemäßen Milchviehhaltung.....	23
2.4.1 Tierwohl.....	23
2.4.2 Systemvergleich von Weidehaltung und Stallhaltung .....	24
2.4.3 Management .....	25
2.4.4 Kuhgebundene Kälberaufzucht.....	25
3 Material und Methode.....	27
3.1 Fallbeschreibung.....	27
3.2 Methodik der Berechnung.....	29
3.2.1 Pagatorische Kosten .....	30
3.2.2 Kalkulatorische Kosten .....	32
3.2.3 Externe Effekte .....	35
3.2.4 Kuhgebundene Kälberaufzucht.....	41

---

3.2.5 Beihilfen und Zuschüsse .....	41
3.2.6 Weitere mögliche Kosten und Leistungen.....	41
4 Ergebnisse.....	43
4.1 Pagatorische Kosten .....	43
4.2 Kalkulatorische Kosten.....	44
4.3 Externe Kosten.....	46
4.3.1 Treibhausgase.....	46
4.3.2 Methan .....	47
4.3.3 Landnutzung.....	48
4.3.4 Luftschadstoffe und reaktiver Stickstoff.....	48
4.3.5 Strom .....	48
4.4 Beihilfen und Zuschüsse .....	48
4.5 Kuhgebundene Kälberaufzucht.....	49
4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	50
5 Diskussion.....	51
5.1 Inhaltliche Diskussion.....	51
5.1.1 Betriebliche Kosten.....	51
5.1.2 Direktvermarktung als Lösung .....	54
5.1.3 Effekte der kuhgebundenen Kälberaufzucht.....	54
5.1.4 Externe Kosten.....	55
5.1.5 Basisdemokratische Lenkungsfunktion .....	59
5.1.6 Vergleichbarkeit der Ergebnisse .....	60
5.2 Methodische Diskussion .....	60
5.3 Handlungsempfehlungen.....	62
6 Fazit.....	64
7 Zusammenfassung.....	66
8 Literaturverzeichnis .....	68
Anhang .....	

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozentuale Preisaufschläge auf Erzeugerpreise bei Internalisierung externer Effekte.....	8
Abbildung 2: Monetäre Preisaufschläge auf Erzeugerpreise bei Internalisierung externer Effekte.....	8
Abbildung 3: Landwirtschaftliche THG-Emissionen (2010) in erweiterter Erfassung.....	9
Abbildung 4: Treibhausgas-Emissionsquellen bei steigender Milchleistung.....	10
Abbildung 5: Vergleich von CO <sub>2</sub> - und CH <sub>4</sub> -Emissionen auf die Erwärmung.....	13
Abbildung 6: Wirkung von Methan.....	14
Abbildung 7: Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft (2017).....	15
Abbildung 8: Entwicklung von Dauergrünland und Ackerland (1949 – 2011) in Deutschland .....	17
Abbildung 9: Schätzungen von N-Emission in der EU .....	22
Abbildung 10: Prozesskette der Konsummilch .....	29
Abbildung 11: Lohnkostenszenarien mit Arbeitgeberanteil.....	44
Abbildung 12: Anteil der pagatorischen und kalkulatorischen Konsummilchkosten .....	45
Abbildung 13: Einfluss der Treibhausgasszenarien auf die Milchkosten .....	46
Abbildung 14: CO <sub>2</sub> -Emissionen von Produktionsfaktoren.....	46
Abbildung 15: Kosten für Treibhausgase mit verschiedenen Betrachtungsweisen von Methan .....	47
Abbildung 16: Aufteilung der Beihilfen und Zuschüsse .....	48
Abbildung 17: Milcherzeugung und innerbetrieblicher Verbrauch.....	49
Abbildung 18: Kostenpositionen der Milch ohne tierisches Methan.....	50

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Treibhausgasemissionen im Vergleich .....	11
Tabelle 2: Methanemissionen im regionalen Vergleich (2015) .....	12
Tabelle 3: Struktur des Beispielbetriebs (2019/20) .....	28
Tabelle 4: Emissionsfaktoren von Energie und Wasser .....	38
Tabelle 5: Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland inklusive Vorketten .....	39
Tabelle 6: Kostenfaktoren für Luftschadstoffe .....	40
Tabelle 7: Kostenpositionen der Milcherzeugung .....	43
Tabelle 8: Einfluss der Beihilfen auf das Einkommen bei Ablieferung an Molkereien .....	45
Tabelle 9: Milchmengen- und bezugsgrößenabhängige Methanemissionen .....	47
Tabelle 10: Gesamt-THG-Emissionen in Abhängigkeit von Landnutzung und Milchmenge (mit Allokation aufs Fleisch für $\text{CH}_{4, \text{ent-exr}}$ ) .....	48
Tabelle 11: Vergleich der innerbetrieblichen Milchverwendung .....	49

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Abs.	Absatz
AK	Arbeitskräfte
AKh	Arbeitskraftstunden
Art.	Artikel
BLZ	Betriebsleiterzuschläge
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
CCC	Kuh-Kalb-Kontakt (engl.: Cow-Calf Contact)
cc fb	Kohlenstoff-Klima-Rückkopplungen (engl.: climate-carbon feedbacks)
CaCO <sub>3</sub>	Calciumcarbonat
Ca(OH) <sub>2</sub>	Calciumhydroxid
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2 eq</sub>	Kohlenstoffdioxid Äquivalente
C <sub>org</sub>	organischer Kohlenstoff
ct	Cent
d	Tag
DÜMV	Düngemittelverordnung
ECM	Energie-korrigierte Milch (engl.: Energy-corrected Milk)
exr	Exkrement
ent	enterische Fermentation
kWh <sub>el</sub>	Kilowattstunden von elektrischer Energie
FADN	Informationsnetz landwirtschaftlicher Buchführungen (engl.: Farm Accountancy Data Network)
FAO	Organisation für Ernährung und Landwirtschaft (engl.: Food and Agriculture Organisation) der Vereinten Nationen
FzKm	Fahrzeugkilometer
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GVE	Großvieheinheiten
GWP	globales Treibhauspotential (engl.: Global Warming Potential)
GWP <sub>20</sub>	Betrachtungszeitraum des globalen Treibhauspotentials von 20 Jahren
GWP <sub>100</sub>	Betrachtungszeitraum des globalen Treibhauspotentials von 100 Jahren
IPCC	Weltklimarat (engl.: Intergovernmental Panel on Climate Change)
kt	Kilotonnen

---

KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LCA	Lebenszyklusanalyse (engl.: Life Cycle Assessment)
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LG	Lebendgewicht
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (engl.: Land Use, Land Use Change and Forestry)
Mio.	Millionen
MJ	Megajoule
Mrd.	Milliarden
N	Stickstoff
N <sub>2</sub>	molekularer Stickstoff (Distickstoff)
N <sub>2</sub> O	Lachgas
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NMHC	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (engl.: Non-Methane Hydrocarbons)
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
N <sub>r</sub>	reaktiver Stickstoff
nAK	nicht entlohnte Arbeitskraft
PM <sub>10</sub>	Feinstaub bis 10 µm
SOC	organischer Bodenkohlenstoff (engl.: Soil Organic Carbon)
SOM	organische Bodensubstanz (engl.: Soil Organic Matter)
SG	Schlachtgewicht
THG	Treibhausgase
TM	Trockenmasse
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDZ	Verein Deutscher Zementwerke e.V.
VE	Vieheinheiten
WJ	Wirtschaftsjahr

## 1 Einleitung

Die Preise im Supermarkt spiegeln die wahren Kosten von Milch nicht wider. Externe Effekte und Nachhaltigkeitsstandards finden ihren Weg kaum in die Preisbildung und dadurch auch nicht in die landwirtschaftliche Produktionspraxis. Konventionelle und ökologische Betriebe verkaufen ihre Milch selbst unterhalb der Erzeugungskosten (BAL und EMB 2018; JÜRGENS und POPPINGA 2019). Die Milchkuh scheint nur noch über ihren Wert als Milchlieferant gesehen zu werden. Eine wesensgemäße Haltung mit artgerechter Fütterung findet sich in der modernen Milchviehhaltung selten. Doch welche Folgen hat diese Entwicklung für Mensch, Tier und Umwelt? Und wie hoch sind die wahren Kosten?

*Definition:* Unter einer *wesensgemäßen Viehhaltung* wird in der folgenden Arbeit ein Haltungssystem verstanden, das seinen Schwerpunkt von Geburt bis zur Tötung auf das Wohlbefinden der Tiere legt und ihrem Wesen – den innewohnenden Eigenschaften und Vorlieben – weitestgehend entspricht. Den Tieren wird in einem solchen System die Möglichkeit gegeben, ihre natürlichen Verhaltensweisen in ihrem ursprünglichen Lebensraum auszuleben. Es setzt bei Rindern eine ganzjährige Weidehaltung wie bei ihren wilden Vorfahren, feste Sozialstrukturen und ein natürliches Säugeverhalten der Kälber voraus. Im Winter kann Heu als Raufutter die Versorgungslücke in Regionen ohne entsprechenden Grasaufwuchs schließen.

### 1.1 Problemstellung

Die Erzeugerpreise von Milch sind vom globalen Absatzmarkt und Lieferverträgen des Einzelhandels, Großverbrauchern und der Industrie mit Molkereien abhängig. Die Molkereien selbst vergüten dem Landwirt die Rohmilch auf Basis von Qualitätskriterien (Zell-, Keimzahl, Hemmstoffe und Gefrierpunkt) und festgelegten Grenzwerten wie Fett- und Eiweißgehalt (MIV o.J.). Die einzelnen Landwirte haben im Milchsystem wenig Einfluss auf den Preis. Sie sehen sich einem Markt mit einem Nachfrageoligopol und damit Machtungleichgewichten gegenüber. Die vier größten Lebensmitteleinzelhändler in Deutschland (EDEKA, REWE, Schwarz-Gruppe und Aldi) hatten 2020/21 einen Anteil von mehr als 75 % des Lebensmittelumsatzes (BVE 2021: 36) und setzen auch einen großen Teil der Konsummilch ab (MARKANT MAGAZIN 2010). Durch ihre Marktstellung sind sie ebenfalls maßgeblich für den Preis des Koppelproduktes Fleisch verantwortlich.

In der Ökonomik spricht man bei Marktmacht und der Vernachlässigung von externen Effekten von einem Marktversagen, das ein marktpolitisches Eingreifen benötigt. Doch selbst die agrarpolitischen Maßnahmen vom Quoten- bis zum Prämiensystem haben die

Entwicklung nicht umkehren können. Die anhaltend niedrigen Erzeugerpreise haben zwischen 2006 und 2020 mehr als die Hälfte der Milchviehbetriebe zur Aufgabe oder Betriebsneuausrichtung gezwungen (DESTATIS 2021a). Eine Konzentration der Rinder auf weniger Betriebe und eine stärkere Technisierung sind die Folge. Durch eine um 36 % erhöhte Milchleistung pro Kuh zwischen 2000 und 2020 ist trotz Bestandsrückgang um mehr als eine halbe Million Milchkühe die erzeugte Milchmenge um rund 17 % gestiegen (BLE 2021b). Laufstallsysteme haben sich mit einem Anteil von 87 % an den Haltungsplätzen etabliert. Seit 2010 ist ein Anstieg um 15 % zu verzeichnen. (DESTATIS 2021e: 8). Damals hatten 42 % der Milchkühe zeitweise Zugang zur Weide, der Wert auf Betrieben mit über 200 Tieren lag nur bei rund 17 % (DESTATIS 2011: 49). Der Anteil dürfte durch den Strukturwandel weiter gesunken sein. HOEDEMAKER et al. (2020: 58) bestätigen die Annahme, da das Angebot für Weidegang mit steigender Betriebsgröße abnimmt. Die Masse der Rinder kann somit nicht mehr das Ökosystem Kulturgrasland pflegen und direkt aus Gras – das die natürliche Ernährung eines Wiederkäuers darstellt – Milch erzeugen. Nur über einen erhöhten Einsatz fossiler Energie sind Gebäude, Technik und Gewinnung und Transport von Futtermitteln zu bewerkstelligen.

Dies zeigt sich auch in den heutigen Milchkurrationen. Sie bestehen auf die Trockenmasse (TM) bezogen nur noch aus 40 – 70 % Grobfutter, größtenteils aus Mais- und Grassilage (HOEDEMAKER et al. 2020: 80 f.). Selbst Futterimporte wie Soja, die die Eiweißlücke in der deutschen Viehwirtschaft schließen, sind zulässig, ohne dass die ökologischen und sozialen Schäden berücksichtigt werden, die u.a. durch Urwaldrodung, Emissionen, Düngemiteleinsetz, Verlust an Biodiversität und Bodendegradation ausgelöst werden. Rund 30 % des verdaulichen Eiweißes in der Viehhaltung stammten im Wirtschaftsjahr 2019/20 aus Importfutter, davon waren 45 % Sojabohnen oder -schrot (BLE 2021a). Die Kuh wird dadurch unfreiwillig – neben dem Schwein und Huhn – zum Nahrungskonkurrenten vom Menschen, in einer Welt in der fast 690 Millionen Menschen von Hunger betroffen sind, mit steigender Tendenz (FAO 2020: 16). Es ist eine Problematik, die jede Form des Kraft- und Energiefutters betrifft, das nicht aus Reststoffen der Lebensmittelerzeugung besteht.

Externalitäten durch Treibhausgasemissionen, reaktiven Stickstoff und den Energieverbrauch sind bereits zu quantifizieren und zu monetarisieren. Andere wie ein zu hoher Antibiotika-Einsatz, der zur Entstehung von multiresistenten Keimen führen kann, sind noch nicht einmal bezifferbar. Es wird sich in den Langzeitfolgen zeigen.

Die moderne Milchviehhaltung kann folglich als einer der Treiber vielfältiger ökologischer, gesundheitlicher und sozialer Probleme bezeichnet werden. Eine Alternative, die einen größeren Wert auf Ökologie, Klima und Tierwohl legt – mit potentiell höherem arbeitszeitlichem

Aufwand und geringerer Produktivität – könnte durch eine fehlerhafte oder unvollständige Einpreisung aller positiver wie negativer Externalitäten finanziell gefährdet sein.

## 1.2 Zielsetzung

Die Arbeit soll sich mit den wahren Kosten einer natürlichen, wesensgemäßen Milchviehhaltung mit kuhgebundener Kälberaufzucht und Gras- bzw. Heufütterung auseinandersetzen. Die Kosten und Leistungen sollen exemplarisch am Beispiel eines ausgewählten Betriebs berechnet werden, um die Komplexität eines nachhaltigen Preis- und Milchsystems zu entschlüsseln.

Als Basis werden die betriebswirtschaftlichen Vollkosten ermittelt – statt Verbraucher- bzw. Weltmarktpreise –, mit fairen Lohnansätzen. Kosten für mögliche Schädigungen an Mensch, Natur und Klima sollen für den Beispielbetrieb berechnet werden.

Um dieses Thema ganzheitlich zu betrachten, werden auch Landnutzungsänderungen, Dauergrünland als CO<sub>2</sub>-Senke und biogenes Methan als Kreislaufgas in die Betrachtung des Preises mit einbezogen und mit aktueller Literatur verglichen. Weitere Leistungen wie die Förderung der Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit, die Nutzung alter Rinderrassen zum Arterhalt und der genetischen Vielfalt und das Wohlbefinden und Arbeitsklima des Menschen werden – bedingt durch eine schwierigere Inwertsetzung – gesondert aufgeführt.

Die erhaltenen Ergebnisse sollen verwendbar sein, um einem Verbraucher die Kosten und Leistungen einer natürlicheren Milchviehhaltung transparent belegen und kommunizieren zu können. Denn ohne verstärktes staatliches Eingreifen ist die Direktvermarktung – durch eine Verkürzung der Wertschöpfungskette – ein effektiver Weg, um faire Preise zu erzielen.

Letztlich fehlen für die wesensgemäße Milchviehhaltung ein numerischer Wert und ein Berechnungsmaßstab, besonders um sie mit konventionellen und (standardmäßigen) ökologischen Betrieben vergleichen zu können. Diese Arbeit soll diese Lücke schließen.

### **Die zentralen Forschungsfragen lauten:**

1. Wie kann die wesensgemäße Milchviehhaltung ganzheitlich betrachtet eine nachhaltige Lösung darstellen und wie hoch müssten die Milchpreise sein, um die Kosten langfristig zu decken?
2. Welche Rolle spielt die faire Entlohnung der Menschen und wie hoch ist sie?
3. Könnte ein solches System zu aktuellen Marktpreisen bestehen oder ist die eigene Verarbeitung mit Direktvermarktung der einzige Weg?
4. Welche Faktoren verzerren die Umweltverträglichkeit einer extensiven Milchviehhaltung und wie kann eine realistischere Handhabung erfolgen?

## 2 Kosten und Leistungen der Milchviehhaltung

In den folgenden Abschnitten werden die Struktur der deutschen Milchviehhaltung und mögliche Berechnungsweisen von betrieblichen Kosten, Lohnansätzen und externen Effekten vorgestellt. Sie sollen einen Teil des bestehenden Wissens abbilden und als Grundlage der exemplarischen Berechnung für den Beispielbetrieb dienen.

### 2.1 Struktur der deutschen Milchviehhaltung

Ein durchschnittlicher Milchviehbetrieb in Deutschland (2020) hat 68 Milchkühe mit 8.457 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Rund 2,8 % der Milch bzw. 236 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> werden innerbetrieblich für die Kälberaufzucht verwendet (BLE 2021b). Im ökologischen Landbau liegen die Milchmengen (WJ 2019/20) auf Testbetrieben bei 6.421 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (BMEL 2021: 159 Tabellenteil).

In Laufstall- oder Anbindehaltung leben 98 % der Milchkühe. Bei den übrigen Rindern wie Mastbullen, Färsen oder Mutterkühen zeigen sich mit 90 % ähnliche Tendenzen (DESTATIS 2021e: 8). Unabhängig vom Stallhaltungssystem und Produktionsweise haben 32 % und somit 3,6 Mio. Rinder Zugang zur Weide. Besonders die *übrigen* Rinder wie Mutterkühe dürfen bei Zugang ganztägig auf der Weide bleiben (ebd.).

Regional bestehen große Unterschiede in der Struktur und Betriebsgröße tierhaltender Betriebe. In ostdeutschen Bundesländern wie Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt oder Brandenburg befinden sich die größten Betriebe. In Brandenburg bewirtschaften spezialisierte Milchviehbetriebe durchschnittlich 340,6 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LF) und halten 158,5 Milchkühe (s. Anhang 16). Die Pachtpreise (176 € ha<sup>-1</sup>) und der Viehbesatz sind verhältnismäßig niedrig. Umgekehrt verhält es sich in Bundesländern wie Niedersachsen mit Pachtpreisen von 419 € ha<sup>-1</sup>. Der Rindviehbesatz ist mit 195,8 VE (100 ha LF)<sup>-1</sup> mehr als doppelt so hoch wie in Brandenburg. Diese Regionen haben folglich weniger eigene Futterflächen. Die kleinsten Milchviehbetriebe befinden sich im Mittel in Bayern mit 52,4 ha und 47,5 Milchkühen.

Auch im Anteil der Weidehaltung unterscheiden sich die Regionen. Während in Schleswig-Holstein 52 % aller Rinder Weidegang haben, liegt dieser Wert in Bayern mit dem größten Rinderbestand bei 19 % (DESTATIS 2021e: 8).

Die durchschnittliche Flächengröße der Viehbetriebe in Deutschland unterscheidet sich mit 67 ha in ökologischen und konventionellen Betrieben nicht (DESTATIS 2021e: 14) und bei Milchviehbetrieben mit einer Differenz von 10 ha kaum. Im Viehbesatz sind größere Unterschiede erkennbar. In reinen Milchviehbetrieben liegt der Rindviehbesatz durchschnittlich

bei 158,4 VE (100 ha)<sup>-1</sup> mit 71,6 Milchkühen und in sonstigen Futterbaubetrieben (Zucht- und Mastrinder, Schafe, Ziegen, Pferde) bei 131,6 VE (100 ha)<sup>-1</sup> (BMEL 2021: 43 Tabellenteil). Die ökologischen Milchviehbetriebe weisen mit 111,5 VE (100 ha)<sup>-1</sup> und 45,3 Milchkühen einen deutlichen Unterschied auf. Noch stärker ist die Differenz in sonstigen ökologischen Futterbaubetrieben mit 58,8 VE (100 ha)<sup>-1</sup>. Der Rindviehbesatz liegt beinahe halb so hoch wie in Milchviehbetrieben. In ökologischen Betrieben ist der Anteil an Dauergrünland zu Ackerfläche entsprechend erhöht (ebd.: 159 Tabellenteil).

Insgesamt beträgt der Gewinn der spezialisierten Milchhaupterwerbsbetriebe (WJ 2019/20) 50.826 €. In ökologischen Milchviehbetrieben liegt er mit 49.790 € unterhalb des Gesamtdurchschnitts. Die Direktzahlungen und Zuschüsse betragen im Mittel aller Milchviehbetriebe im Haupterwerb 34.861 € (BMEL 2021) bzw. 69 % des Gewinns.

## **2.2 Betriebswirtschaftliche Kosten**

Um die betriebswirtschaftlichen Kosten eines Liter Milch zu berechnen, werden Vollkostenrechnungen aufgestellt. Sie beinhalten den Zweckaufwand des Betriebs und die kalkulatorischen Kosten (Opportunitätskosten) für Arbeit, Boden und Kapital. Familienarbeitskräfte werden aus dem Gewinn entlohnt. Durch einen Lohnansatz wird dies bei der Preisberechnung berücksichtigt. Die kalkulatorischen Kosten werden durch einen Pacht- und Zinsansatz erweitert. Über Wagniszuschläge können außerordentliche Aufwendungen, die unregelmäßig auftreten, periodisiert werden. Da in der Milchkuhhaltung Koppelprodukte wie Kälber, Dünger oder Fleisch anfallen, wird deren Wert bei der Betriebszweigabrechnung abgezogen. Durch Verteilungsschlüssel werden Gemeinkosten den einzelnen Betriebszweigen zugerechnet (HUNGER et al. 2006: 9-16).

### **2.2.1 Berechnung des Pachtansatzes**

Der Pachtansatz für landwirtschaftliche Eigentumsflächen richtet sich nach den betrieblichen Kosten gepachteter LF durch den Betrieb (EUROPEAN COMMISSION 2021: 42) oder regionalen Pachtpreisen, die für Eigentumsflächen einnehmbar wären (ebd.; HUNGER 2006: 30; JÜRGENS und POPPINGA 2019: 17). Bei weniger als 15 regionalen Betrieben (derselben landwirtschaftlichen Betriebsform) werden in der FADN-Datenbank der Bundesdurchschnitt angesetzt (EUROPEAN COMMISSION 2021: 42).

### **2.2.2 Berechnung des Zinsansatzes**

Das eigene Betriebskapital (Dauerkulturen, Maschinen, Geräte, Gebäude, Wälder, Lagerbestand und Vieh) wird beim Zinsansatz mit einem Realzinssatz (EUROPEAN COMMISSION 2021: 42;

JÜRGENS und POPPINGA 2019: 17) oder Kalkulationszinssatz (HUNGER 2006: 30) verrechnet, um Investitionsalternativen des Kapitals und mögliche Kapitalgewinne einzupreisen.

Ein Realzins bildet die in- und deflationäre Entwicklung der Kaufkraft ab und wird über die Differenz aus Nominalzins und Inflationsrate berechnet (*Bundesbank* o.J.). Zur Bestimmung der Inflationsrate wird in der FADN-Datenbank der harmonisierte Verbraucherpreisindex (HICPs) der Eurostat herangezogen. Negative Realzinssätze werden dort ausgeschlossen. Es werden die durchschnittlichen Buchwerte (Anfang und Ende eines Jahres) der Kapitalgüter verwendet (EUROPEAN COMMISSION 2021: 43).

### 2.2.3 Festlegung eines Lohnansatzes

Ein großer Kostenfaktor kann der Lohnansatz darstellen. Das STATISTISCHE BUNDESAMT (2020) gibt für Vollzeitbeschäftigte in der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei für 2018 durchschnittlich 48,8 Wochenarbeitsstunden an – es sind die längsten Arbeitszeiten im Branchenvergleich. Der betriebliche Durchschnitt lag 2019 laut FADN (2021) bei 1,49 nicht bezahlten Arbeitskräften (nAK) mit insgesamt 3504 Arbeitsstunden bzw. 2.351 Arbeitskraftstunden (AKh) pro Jahr.

Es gibt verschiedene Wege, um den Lohnansatz der meist nicht bezahlten Familienarbeitskräfte festzulegen. Am einfachsten erfolgt dies über durchschnittliche oder mediane regionale Löhne in der Landwirtschaft oder Lohnkosten für eine auf die Tätigkeit bezogen gleichwertige Fremdarbeitskraft. Die individuellen Stärken der eingesetzten nAK werden bei diesen Ansätzen vernachlässigt (FAO 2016: 71). Die Fremdarbeitskräfte werden mit den selbstständigen Milcherzeugern gleichgesetzt (EUROPEAN COMMISSION 2021: 42). So verwendet beispielsweise die FADN Datenbank durchschnittliche regionale Löhne – bei weniger als 15 regionalen Betrieben den Bundesdurchschnitt. Aufgrund einer möglichen Überbewertung der Arbeitsstunden auf einem Betrieb werden hierbei maximal 3.000 AKh a<sup>-1</sup> angenommen. Dies entspricht 8,2 h d<sup>-1</sup> bei 365,25 Tagen (EUROPEAN COMMISSION 2021: 42).

Der vom BMEL (2021: 55) bundeseinheitlich ermittelte Grundlohn für Betriebsleiter (einschließlich Arbeitgeberanteil zur Sozialversicherung) für das Wirtschaftsjahr 2018/19 betrug 34.532 €. Sonstige nicht entlohnte Arbeitskräfte wurden mit 27.016 € angesetzt. Hinzu kamen folgende Betriebsleiterzuschläge (BLZ):

$$\begin{aligned}
 &+ 3,17 \text{ €} * \text{ha LF} \\
 &+ 0,93 \text{ €} * \text{Tsd. € Bilanzvermögen} \\
 &+ 2,21 \text{ €} * \text{Tsd. € Umsatzerlöse} \\
 &- 227 \text{ €} * \text{Arbeitskräfte}
 \end{aligned}$$

Länderübergreifend wird es ähnlich gehandhabt. Vom *Agriculture and Horticulture Development Board* in Großbritannien wurde 2018/19 für Milchpreisberechnungen als Lohnansatz ein fester Wert von umgerechnet 34.512 € in Vollzeit mit 2,860 AKh pro Jahr herangezogen (AHDB 2020:31).

Einen komplexeren Ansatz stellen die Opportunitätskosten dar, die sich als erzielbarer Lohn der einzelnen nAK auf dem Arbeitsmarkt ausdrücken. Sie hängen von individuellen Faktoren wie Geschlecht, Alter, Bildungslevel, Qualifikation und Arbeitserfahrung sowie der Region und Situation auf dem Arbeitsmarkt ab. Es sind Berufe inner- und außerhalb der Landwirtschaft zu betrachten (FAO 2016: 70).

#### **2.2.4 Faire Lohnansätze**

Faire Lohnansätze spielen nicht nur im Hinblick aufs Arbeitsklima und Wohlbefinden des Menschen eine Rolle. HANSEN und ØSTERÅS (2019) haben eine Verbindung zwischen höherer beruflicher Zufriedenheit mit weniger Stress und einem höheren Tierwohl festgestellt. Die Einkommenszufriedenheit und der Optimismus den Betrieb weiterzuführen, können das Tierwohl durch Investitionen in verbesserte Haltungssysteme indirekt beeinflussen.

Es führt über eine faire Preisgestaltung entlang der gesamten Wertschöpfungskette und kann bedeuten, die Gewinnchancen und Risiken in der Kette gleich zu verteilen. Auf der ersten Betrachtungsstufe von gerechten Löhnen muss der Landwirt in der Lage sein, seine Lebenserhaltungskosten über seine Arbeit zu decken. Außerdem kann sie die Befriedigung von Luxusbedürfnissen, die über das Existenzminimum hinausgehen, einschließen, wenn diese gesellschaftlich üblich sind. Eine faire Entlohnung stellt somit die Existenzsicherung aller Teilnehmer der gesamten Wertschöpfungskette sicher (HELLBERG-BAHR und SPILLER 2011: 271).

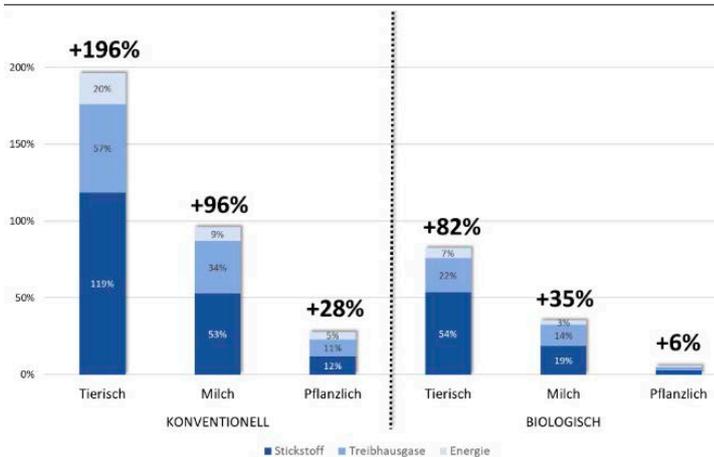
#### **2.3 Externe Effekte**

Externalitäten sind positive oder negative Effekte auf Dritte, die preislich nicht kompensiert werden. Auch in der Landwirtschaft werden sie häufig vernachlässigt. Viele Effekte treten erst mit zeitlicher Verzögerung auf, andere sind nur unzureichend monetär zu bewerten wie der Gesang von Vögeln oder eine Landschaft mit Hecken und Bäumen. Über die Zahlungsbereitschaft der Kunden kann sich der Wert natürlicher Güter teilweise ausdrücken. In der Wissenschaft und Wirtschaft wird auf finanzielle Kosten zurückgegriffen, um das Problem zu beziffern (PRETTY et al. 2000: 114f.). So werden in vielen Betrachtungen nur messbare Effekte einbezogen wie in der Studie von GAUGLER und MICHALKA (2018: 3-6), die die Externalitäten verschiedener Lebensmittelgruppen berechnet, um die *wirklichen* Lebensmittelpreise zu

ermitteln. Aufschläge kommen durch die Umweltfolgen von Treibhausgasemissionen, Energieerzeugung und reaktivem Stickstoff zustande. Die höchsten Folgekosten wurden bei konventionellen Produkten tierischen Ursprungs berechnet (s. Abbildung 1 und Abbildung 2). Im Bezugsjahr 2016 betrug der Preisaufschlag bei Biomilch 17 ct kg<sup>-1</sup> bzw. 35 % bezogen auf die Erzeugerpreise. Bei konventioneller Milch lag er bei 25 ct kg<sup>-1</sup> bzw. 96 %.

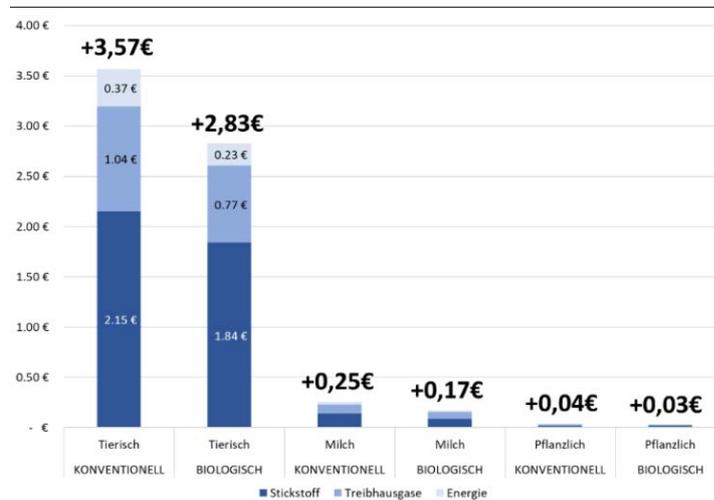
**Abbildung 1: Prozentuale Preisaufschläge auf Erzeugerpreise bei Internalisierung externer Effekte**

Quelle: Gaugler und Michalka (2018: 21)



**Abbildung 2: Monetäre Preisaufschläge auf Erzeugerpreise bei Internalisierung externer Effekte**

Quelle: Gaugler und Michalka (2018: 22)



Andere Studien beziehen die Kosten wie Schäden an Menschen durch antibiotikaresistente Keime und Fehlernährung oder den Verlust von natürlichen Landschaften und Biodiversität mit ein (vgl. FITZPATRICK et al. 2019, PRETTY et al. 2000, TEGTMEIER und DUFFY 2004). Je nach Studiendesign und Jahr liegen sie zum Beispiel in Großbritannien zwischen £ 2,3 Mrd. (PRETTY et al. 2000: 117) und £ 116,33 Mrd. pro Jahr (FITZPATRICK et al. 2019: 8). TEGTMEIER und DUFFY (2004) haben für die USA externe Kosten zwischen \$ 5,7 Mrd. (£ 3,3 Mrd.) und \$ 16,9 Mrd. (£ 9,7 Mrd.) berechnet. Nur die externen Kosten von reaktivem Stickstoff, THG und Energienutzung in Deutschland beziffern GAUGLER und MICHALKA (2018) für 2016 auf rund € 42,7 Mrd. (£ 36,4 Mrd.).

### 2.3.1 Treibhausgase

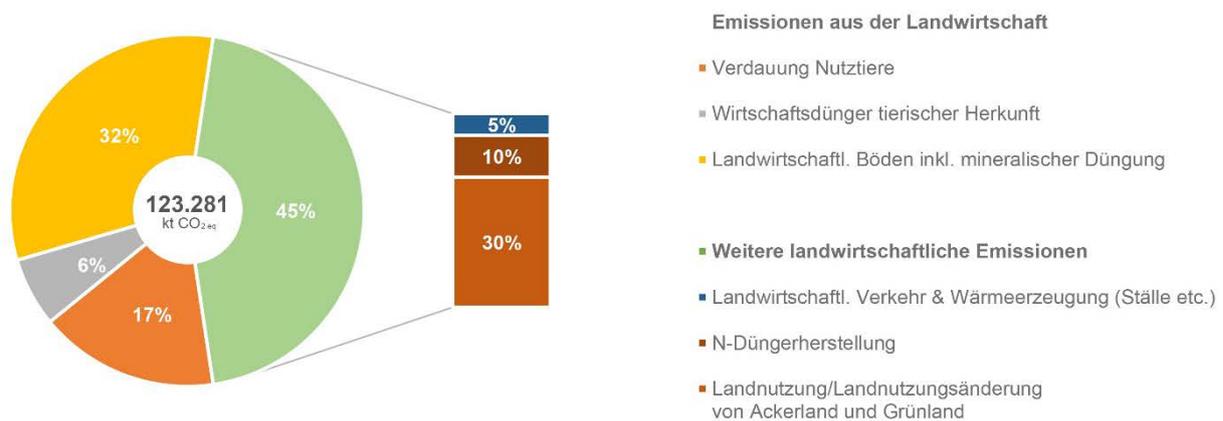
Die gesamten Treibhausgas-Emissionen in Deutschland lagen 2018 bei 858.369 kt CO<sub>2</sub> eq, ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Davon fielen 83,91 % auf den Energiesektor, 7,55 % auf die Industrie und 7,41 % auf die Landwirtschaft. Die Haupttreibhausgase sind Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) mit 88 %, Methan (CH<sub>4</sub>) mit 6,13 % und Lachgas (N<sub>2</sub>O) mit 4,14 % (UBA 2020a: 70). In der Landwirtschaft entstehen sie durch die Nutztierhaltung – Emissionen aus Fütterung und Verdauung (CH<sub>4</sub>) –, Wirtschaftsdünger (CH<sub>4</sub>

und N<sub>2</sub>O) und durch Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden nach Stickstoffdüngung (N<sub>2</sub>O) (LÜNENBÜRGER 2013: 2).

Die Verbrennungsprozesse landwirtschaftlicher Maschinen, die mineralische Düngemittelproduktion oder die CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch Humusabbau nach Grünlandumbruch oder Entwässerung von Niedermooren sind nicht eingeschlossen. Bei Einbezug steigt der Anteil der Landwirtschaft auf die THG-Emissionen auf rund 13 % (ebd.). Nach IPCC (1996) werden sie den Sektoren Energie, Industrie und LULUCF zugeordnet. Auch landwirtschaftliche Transporte oder Abfälle sind noch nicht einbezogen. Abbildung 3 zeigt die Emissionen durch eine Erweiterung der UNFCCC-Systematik. In 2010 betrug sie 45 % der landwirtschaftlichen Gesamtemissionen mit Landnutzung und Landnutzungsänderung von Ackerland und Grünland als größter Faktor.

**Abbildung 3: Landwirtschaftliche THG-Emissionen (2010) in erweiterter Erfassung**

Quelle: Eigene Darstellung nach Lünenbürger (2013: 3f.)



### 2.3.1.1 Treibhauspotential

Die Berechnung der Treibhausgase erfolgt standardmäßig über CO<sub>2</sub>-Äquivalente und dem individuellen Treibhauspotential eines Gases (GWP), d. h. der zeitbezogenen Wirkung auf den Klimawandel im Vergleich zu CO<sub>2</sub> (MYHRE et al. 2013: 663). Bei einem Zeitraum von 100 Jahren beträgt das GWP<sub>100</sub> (ohne Kohlenstoffrückkopplungen) von N<sub>2</sub>O 265 und von biogenem CH<sub>4</sub> 28. Bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren (GWP<sub>20</sub>) steigt der Wert von CH<sub>4</sub> auf 84. Die Methanoxidation ist nicht enthalten. Fossiles CH<sub>4</sub> wird mit 2 bzw. 1 mehr angegeben (ebd.: 714). Diese Gase haben nach GWP somit ein höheres Erwärmungspotential als CO<sub>2</sub>.

### 2.3.1.2 Reduzierte Lebenszyklusanalysen

Über Lebenszyklusanalysen (LCA) können die potentiellen Umweltauswirkungen eines Produktes über den gesamten Lebensweg beurteilt werden. Die Relevanten In- und Outputströme von Betriebsstoffen, Energie, Emissionen und Abfällen werden ermittelt und quantifiziert (VDI ZENTRUM RESSOURCENEFFIZIENZ o.J.). In den meisten Ansätzen bei der

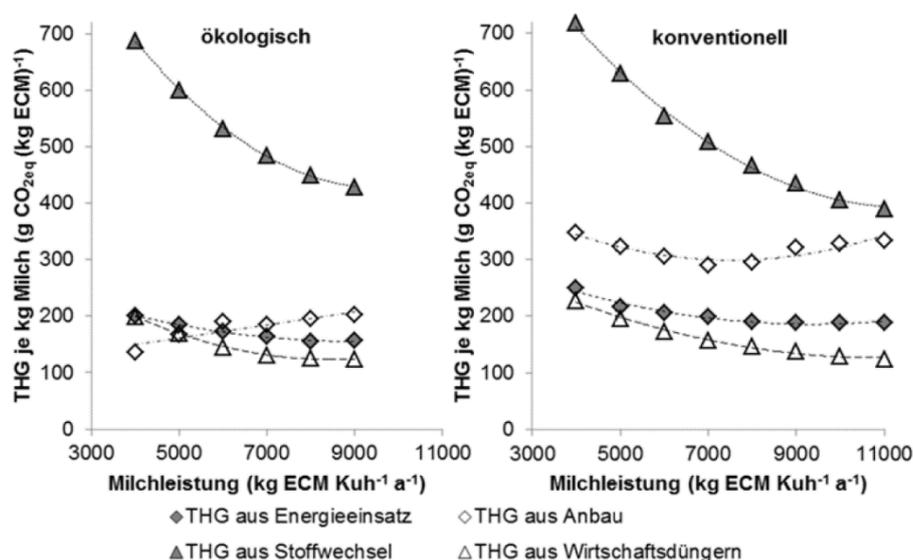
Ermittlung von THG und Energie in der Milchviehhaltung wird eine reduzierte Methode gewählt. Über *cradle-to-farmgate*-Ansätze werden die Stoffströme vom Ursprung der Produktion – inklusive Vorleistungen wie mineralische Dünger, Pflanzenschutzmittel und Kraftstoffe – bis zum Verkauf durch den Primärerzeuger betrachtet (s. O'BRIEN et al. 2014; GAUGLER und MICHALKA 2018; ARLA FOODS 2021; ROTZ 2018; FLYSJÖ et al. 2011; KÖKE et al. 2021). Weitere externe Kosten durch Transport, Verarbeitung und Handel oder indirekte Emissionen von Maschinen, Gebäuden oder Infrastruktur sind selten eingeschlossen, da sie als vergleichsweise gering bewertet (GAUGLER und MICHALKA 2018: 5,12) oder wie auch die C-Sequestrierung im Boden bei unklarer Datenlage vernachlässigt werden (KÖKE et al. 2021: 67; O'BRIEN et al. 2014: 1845).

### 2.3.1.3 Abhängigkeit der Treibhausgasemissionen von der Milchleistung

Die Abhängigkeit der Emissionsmenge von den Milchleistungen wurde von FRANK et al. (2015) auf Basis von Daten aus 40 ökologischen und 40 konventionellen Pilotbetrieben in Deutschland herausgearbeitet. Die THG-Emissionen reduzieren sich von ca. 1,35 auf 0,85 kg CO<sub>2</sub> eq (kg ECM)<sup>-1</sup> bei einem Anstieg der Milchleistung von 4000 kg ECM auf 9000 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in ökologischen Betrieben, in den konventionellen bei einem Anstieg von 6.000 auf 10.000 kg ECM von 1,20 auf 1,00 kg CO<sub>2</sub> eq (kg ECM)<sup>-1</sup>. Bei gleichen Milchleistungen liegen die produktbezogenen THG-Emissionen der ökologischen Betriebe rund 0,20 kg CO<sub>2</sub> eq (kg ECM)<sup>-1</sup> niedriger (ebd.: 40f.). Sinkender THG sind sowohl auf konventionellen als auch ökologischen Betrieben bis zu einer Grenzmilchmenge von 9.000 bis 10.000 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> feststellbar. Besonders Methan flacht mit steigender Leistung aufgrund der Futterration (Verdaulichkeit, Energiekonzentration, TM-Aufnahme) stark ab (s. Abbildung 4). Ein

**Abbildung 4: Treibhausgas-Emissionsquellen bei steigender Milchleistung**

Quelle: Frank et al. (2013: 154)



anschließender Anstieg von THG ist auf den energieintensiven Anbau von Kraftfutter zurückzuführen, der sich bei weiteren Leistungssteigerungen stärker erhöht, und auf die tendenziell niedrigere Nutzungsdauer der Milchkühe, die einen höheren Remontierungsaufwand und somit höhere Emissionen für die Jungtieraufzucht verursachen (FRANK et al. 2015: 39ff. u. 121; KÖKE et al. (2021: 69).

#### 2.3.1.4 Vergleich der Treibhausgasemissionen

Die ökologische Produktion emittiert laut GAUGLER und MICHALKA (2018: 10f.) bei den drei THG-Primärquellen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) im Vergleich zur konventionellen Herstellung 27 % weniger THG pro Kilogramm Milch. Dies bedeutet auf Basis von GEMIS durch metaanalytische Ableitungen bei Biomilch 0,76 kg CO<sub>2 eq</sub> kg<sup>-1</sup> im Vergleich zu 1,04 kg CO<sub>2 eq</sub> kg<sup>-1</sup> bei konventioneller Milch (ebd.: 10f.). Eine Vielzahl an Studien zum Treibhausgasausstoß in der Milchviehhaltung bilden die Vielfalt an weltweiten Produktionssystemen ab. Die Werte rangieren zwischen 0,75 und 6,7 kg CO<sub>2 eq</sub> (kg ECM)<sup>-1</sup> (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1: Treibhausgasemissionen im Vergleich**

Quelle: Eigene Darstellung

Beschreibung	Treibhausgase kg CO <sub>2 eq</sub> (kg ECM) <sup>-1</sup>	Quelle
Neuseeland	1,00	Flysjö et al. (2011)
Schweden	1,16	Flysjö et al. (2011)
Europa	1,06 – 1,15	Arla foods (2021)
Industriestaaten (2015)	1,3 – 1,4	FAO (2019: 7)
Südasiens, Sub-Sahara, Westasien, Nordafrika (2015)	4,1 – 6,7	FAO (2019: 7)
Schweiz	0,95	Köke et al. (2021: 68f.)
Modellrechnungen	0,75 – 1,21	Rotz (2018: 6685f.)

Die niedrigsten Emissionswerte in der Modellierung von ROTZ (2018: 6685f.) mit 0,75 kg CO<sub>2 eq</sub> (kg ECM)<sup>-1</sup> stammen aus einem Laufstallsystem mit 1.000 Milchkühen, 11.360 kg Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, hohen Kraftfuttermengen und angrenzender Biogasanlage. Fossile Emissionen durch den Kraftstoffverbrauch liegen in Systemen mit Biogasanlage niedriger. Dies trifft auch auf die Weidehaltung zu (ROTZ 2018: 6685f.).

Einen Unterschied in Abhängigkeit von der Bodenart verdeutlichte ARLA FOODS (2021) an Daten von 8.000 europäischen Landwirten. Ohne anmoorige kohlenstoffreiche Böden sinkt der Durchschnitt in 2020 von 1,15 kg CO<sub>2 eq</sub> auf 1,06 kg CO<sub>2 eq</sub> (kg ECM)<sup>-1</sup>.

#### 2.3.2 Methan

Laut FAO (2019: 23) war Methan durch die enterische Fermentation in 2015 mit einem Anteil von 58,5 % an den Gesamtemissionen der weltweiten Milchviehhaltung verantwortlich,

zusätzliche 4,8 % kamen durch Mist- und Güllelagerung hinzu. Bos et al. (2014: 66) zeigen ausgeglichene Anteile von CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> in ökologischen und konventionellen Testbetrieben in den Niederlanden bei Milchmengen von über 6500 kg Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Hochleistungstiere in Nordamerika oder Westeuropa haben durchschnittlich höhere CH<sub>4</sub>-Ausscheidungen als Tiere in Regionen in Afrika oder Asien. Durch stark erhöhte Milchmengen wird dennoch ein günstigeres Verhältnis zwischen CH<sub>4</sub> und kg Milch festgestellt (FAO 2019: 21; s. Tabelle 2).

Auch Weidesysteme können niedrige Methanemissionen vorweisen wie LOZA et al. (2021) in direkten Tests mit Jersey Kühen in Deutschland zeigte. Durch verhältnismäßig hohe Milchleistungen von 22,1 – 23,5 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> lagen die Methanwerte bei 8,3 – 10,4 g CH<sub>4</sub> (kg ECM)<sup>-1</sup> in einem Vollweidesystem mit hoher Futterqualität. Ein hoher Rohfaseranteil mit niedriger Verdaulichkeit lässt die Emissionen steigen (DÄMMGEN et al. 2012: 22; BOADI und WITTENBERG 2002).

Doch nur ein Teil der weltweiten Methanemissionen ist auf Rinder zurückzuführen.

**Tabelle 2: Methanemissionen im regionalen Vergleich (2015)**  
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von FAO (2019)

Region	CH <sub>4</sub> -Emissionen (g CH <sub>4</sub> (kg ECM) <sup>-1</sup> )
Westeuropa	11,6
Nordamerika	11,8
Osteuropa	16,3
Russland	17,3
Ozeanien	17,5
Ostasien	23,7
Westasien u. Nordafrika	39,8
Süd- u. Zentralamerika	43,5
Südasien	44,7
Sub-Sahara-Afrika	101,5

### 2.3.2.1 Methanquellen

Methan stammt aus natürlichen und anthropogen Prozessen. Es kann in fossiles und biogenes Methan unterteilt werden. In Feuchtgebieten, der Viehhaltung, beim Reisanbau und bei bakteriellen Zersetzungsprozessen organischer Materie auf Deponien entweicht es als biogenes Gas in die Atmosphäre. Das fossile Methan ist unterirdisch – als Hauptbestandteil von Erdgas – seit Millionen Jahren eingeschlossen. Bei der Gewinnung von Öl und Kohle entweicht es oder über Gaslecks bei Gewinnung, Transport und Speicherung von Erdgas. Durch Verbrennung bzw. Oxidation entsteht daraus zusätzliches CO<sub>2</sub>, das sich in der Atmosphäre ansammelt (MITLOEHNER et al. 2020: 4f.).

Im Gegensatz dazu ist biogenes Methan – beispielsweise von Kühen – als Stromgas Teil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs. Über die Photosynthese nehmen Pflanzen CO<sub>2</sub> aus der Luft auf und speichern diese als Kohlenhydrate. Diese werden von der Kuh verzehrt. Sie werden verdaut und teilweise als Methan ausgestoßen. Nach der natürlichen Lebenszeit von Methan oxidiert dieses wieder zu CO<sub>2</sub>, ohne dass ein Nettoanstieg von CO<sub>2</sub> stattfindet (ebd.). Die Lebenszeit von Methan wird vom IPCC mit 12,4 Jahren angegeben (MYHRE et al. 2013: 714). Nach

LIU et al. (2021) trägt biogenes Methan der amerikanischen Rinderhaltung seit 1986 zu keinem weiteren Temperaturanstieg bei.

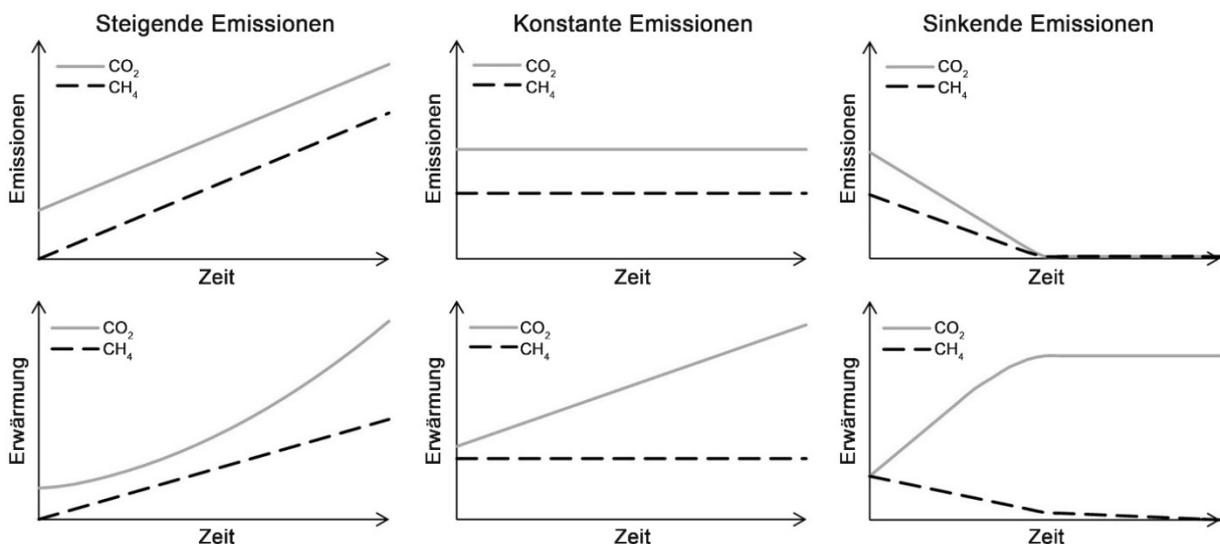
### 2.3.2.2 Konzept des Treibhauspotentials (GWP)

Das etablierte Konzept der CO<sub>2</sub>-Äquivalente über GWP<sub>100</sub> betrachtet nicht den Unterschied in der Dynamik und Wirkung von akkumulativen Gasen (Bestandsgasen) wie CO<sub>2</sub>, die über eine lange Zeit in der Atmosphäre verbleiben, und Stromgasen wie Methan mit kurzer Lebensdauer. Dadurch wird es dem tatsächlichen Klimawandelpotential nicht gerecht (vgl. ALLEN et al. 2018b; FUGLESTVEDT et al. 2018; LYNCH et al. 2020; LIU et al. 2021).

Eine Reduzierung der Emissionen von CH<sub>4</sub> zeigt im Gegensatz zu der von CO<sub>2</sub> auch kurzfristig kühlende Effekte auf die globale Klimaerwärmung. Deshalb wird es als wichtige Option zur Abschwächung des Klimawandels angesehen (s. Abbildung 5). Bei CO<sub>2</sub> führt ein gleichmäßiger Ausstoß dagegen zu einer weiteren Erwärmung. Bei CH<sub>4</sub> erfolgt dies nur bei einem Emissionsanstieg (ALLEN et al. 2018a; LYNCH et al. 2020: 5).

**Abbildung 5: Vergleich von CO<sub>2</sub> - und CH<sub>4</sub> -Emissionen auf die Erwärmung**

Quelle: Allen et al. (2017) verändert nach Liu et al. (2021: 3)



Auch bei gleichbleibenden Methanemissionen kann durch die Reduzierung von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre die globale Temperatur sinken. Dies kann durch Sequestration und die aktive Speicherung von CO<sub>2</sub> und den Erhalt von natürlichen Senken geschehen (FUGLESTVEDT et al. 2018: 14).

Die Effekte einer möglichen Methanreduktion werden in Abbildung 6 dargestellt. Sie werden dem geläufigen Modell GWP<sup>100</sup> – bei dem Methan wie CO<sub>2</sub> addiert wird – als GWP\* gegenübergestellt. Nach 30 Jahren hat sich das ursprüngliche Level kompensiert. Bei einer Reduktion um 25 % würde es der aktiven Entfernung von 420 t CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entsprechen.

Nach LIU et al. (2021: 9) könnte bereits eine jährliche Reduktion um 1 % reichen, damit das Methan der kalifornischen Milchindustrie innerhalb von 10 Jahren keinen Anteil an der Klimaerwärmung hat.

### 2.3.2.3 Fossile Methanquellen

Die Studie von HMIEL et al. (2020: 410f.) legt nach Betrachtung vorindustrieller biogener  $^{14}\text{CH}_4$  Werte aus Eisbohrkernen nah, dass die  $\text{CH}_4$ -Emissionen durch die Erschließung, Gewinnung, Verteilung und Nutzung fossiler Energien um 25 – 40 % unterschätzt werden. Menschenverursachte fossile Methanemissionen könnten 30 % vom globalen  $\text{CH}_4$  und die Hälfte der menschengemachten Emissionen verursachen.

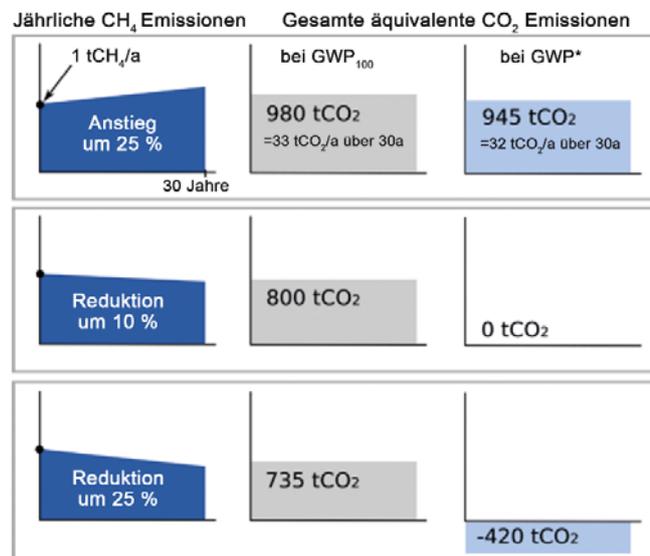
Das biogene  $^{14}\text{CH}_4$  war bis zur stärkeren Nutzung von Kohle, Öl und Gas stabil in der Atmosphäre vertreten (ebd.). Der Fokus sollte in einem langfristigen Zeitraum von 200 – 300 Jahren nach HOWARTH (2014: 8f.) weniger auf  $\text{CH}_4$  als auf  $\text{CO}_2$  liegen, außer Methan würde kurzfristig zu einem Kipppunkt im Klimasystem führen mit negativen Rückkopplungseffekten. Auch Erdgas und Schiefergas – fossile Methanquellen – sind keine Alternativen zu Öl und Kohle. Bei der Schiefergasproduktion entweichen am Bohrloch 3,6 – 7,9 % als Methan in die Atmosphäre. Dies ist mindestens 30 % mehr bis mehr als doppelt so viel wie bei konventionellem Erdgas. Auch im Vergleich zu Kohle hat es in den ersten 20 Jahren ein THG-Potential das 20 % höher ist bis hin zu mehr als doppelt so hoch und im Vergleich zu Öl einen 50 – 150 % höheren  $\text{CO}_2$ -Fußabdruck (HOWARTH 2011).

### 2.3.3 Energie

Die Energie in der Landwirtschaft wird in direkte und indirekte Energie unterteilt. Direkte Energie wird für die innerbetrieblichen Erzeugungsprozesse verwendet. Dazu zählen Treibstoffe (Diesel, Benzin und Gas) für Anbau, Ernte und Transport, elektrische Energie für die Klimatisierung der Ställe und die Milchgewinnung oder Brennstoffe (Gas, Öl) zum Heizen der Gebäude. Indirekte Energien sind dem landwirtschaftlichen Produktionsprozess vorgelagert. Sie werden zur Erzeugung von baulichen Anlagen, Maschinen, Mineraldünger, Saatgut, externem Futter oder Pflanzenschutzmitteln verwendet, die im Betrieb genutzt werden (MIRANOWSKI 2005: 69).

**Abbildung 6: Wirkung von Methan**

Quelle: Allen et al. (2018a)



Externe Effekte der Stromerzeugung entstehen durch Bau der Anlagen, Entsorgung, Treibhausgase oder Luftschadstoffe, die Menschen oder Ökosysteme schädigen (FRIEDRICH und VOSS 1993: 119f.).

### 2.3.3.1 Energiebedarf in der Milchviehhaltung

Die moderne Milchviehhaltung ist stark abhängig von elektrischer Energie für die Milchgewinnung, Fütterung, Beleuchtung von Melkstand und Stall. Alleine 60 % der elektrischen Energie entfallen auf die Milchgewinnung. Die größten Positionen sind dort die Milchkühlanlage, Tankreinigung und Vakuumpumpe. Je Milchkuh kann ein Gesamtverbrauch von  $400 \text{ kWh}_{\text{el}} \text{ a}^{-1}$  angenommen werden (Lfl 2012: 2). Ein hoher fossiler Energieeinsatz ist für die Futterbereitstellung (Futteranbau, Futterzukauf und Futterlagerung) notwendig.

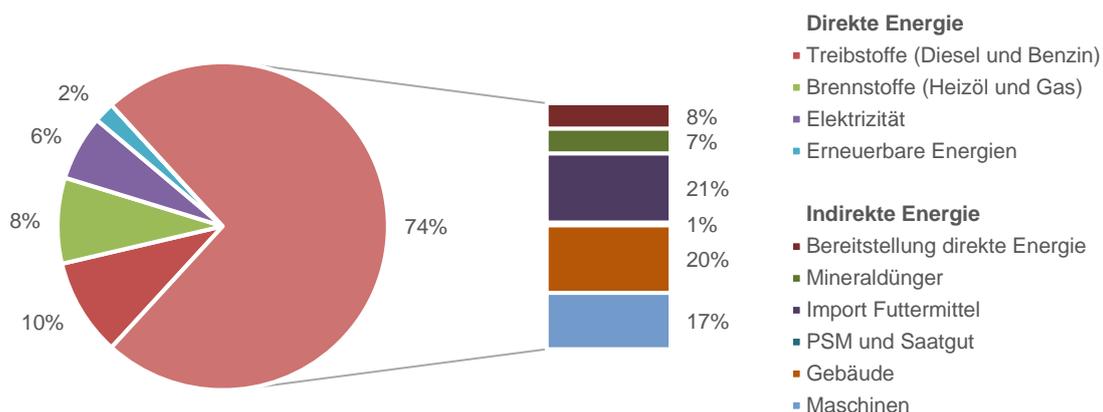
FRANK et al. (2015:36) zeigen, wie der Energieeinsatz je kg ECM auf ökologischen Betrieben bis 7000 kg ECM sinkt, bei höheren Leistungen ist ein erneuter Anstieg zu beobachten. Tendenziell ist durch ein verbessertes Verhältnis von Erhaltungs- und Leistungsbedarf der Milchkuh bei höheren Milchmengen auch eine energieeffizientere Produktion möglich. Bei höheren Leistungen ist allerdings Kraftfutter notwendig – ähnlich wie beim Methan angesprochen –, das zur Erzeugung je MJ Futterenergie mehr fossile Energie benötigt als Grundfutter. Am energieeffizientesten ist der Weidegang (ebd.).

### 2.3.3.2 Gebäude und Maschinen

Weiterer Energiebedarf entsteht als indirekte graue Energie durch die Herstellung von Gebäuden und Maschinen. Dieser beträgt auf die gesamte Schweizer Landwirtschaft bezogen 37 % (AGROSCOPE in FELDER o.J.; s. Abbildung 7). Die Werte wurden auf Basis von Schätzungen und einer Einteilung nach Qualitätsklassen ermittelt. Die Ergebnisse sind unsicher, weil es keine amtlichen Statistiken und wenige Studien gibt (vgl. LATSCH und ANKEN 2015: 4). Einen weiteren Hauptanteil verursachen Futtermittelimporte mit 21 %.

**Abbildung 7: Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft (2017)**

Quelle: Eigene Darstellung nach Agroscope in Felder (o.J.)



ROTZ et al. (2010: 1272) geben die THG-Emissionen für die Erzeugung und Reparatur von Maschinen – hauptsächlich aufgrund der Energienutzung für die Stahlproduktion – mit  $3,54 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (kg Maschinenmasse)}^{-1}$  an. Die Effizienz der Maschinen steigt bis zu einem Kuhbestand von 1.000.

### **2.3.3.3 Baustoffe: Zement und Steine**

In Deutschland wurden im Jahr 2019 bei der Zementherstellung durchschnittlich 2.772 MJ Brennstoffenergie und 111,9 kWh elektrische Energie (t Zement)<sup>-1</sup> eingesetzt. Zwei Prozesse sind maßgeblich für die Emissionen verantwortlich: Das Brennen des Klinkers in Drehöfen bei Temperaturen von 1450 °C und die Entsäuerung von Kalkstein, die eine CO<sub>2</sub>-Freisetzung verursacht. Etwa 60 % der CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen sind rohstoffbedingt (VDZ 2020: 12-15). Das gesamte GWP inkl. Verbrennung von Abfällen bei der Klinkerherstellung beträgt gemäß Ökobilanz von 2014 des Vereins Deutscher Zementwerke  $694 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (t Zement)}^{-1}$ . Hinzu kommen externe Kosten u.a. durch Versauerung von Boden und Wasser sowie Eutrophierung (VDZ 2017: 7).

Nur ein Teil der ausgestoßenen Emissionen wird durch den Zement oder Beton reabsorbiert (POSSAN et al. 2016; SANJUÁN et al. 2020). CO<sub>2</sub> aus der Luft dringt durch Poren in den Zement und reagiert mit Calciumhydroxid (Ca(OH)<sub>2</sub>) zu Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>). Diese chemische Reaktion nennt man Carbonatisierung. Die CO<sub>2</sub>-Bindungsrate ist von der Oberfläche, die CO<sub>2</sub> ausgesetzt ist, der Dicke und Materialzusammensetzung abhängig. Besonders bei der Abfallentsorgung von Beton kann die Carbonatisierung gesteigert werden (POSSAN et al. 2016).

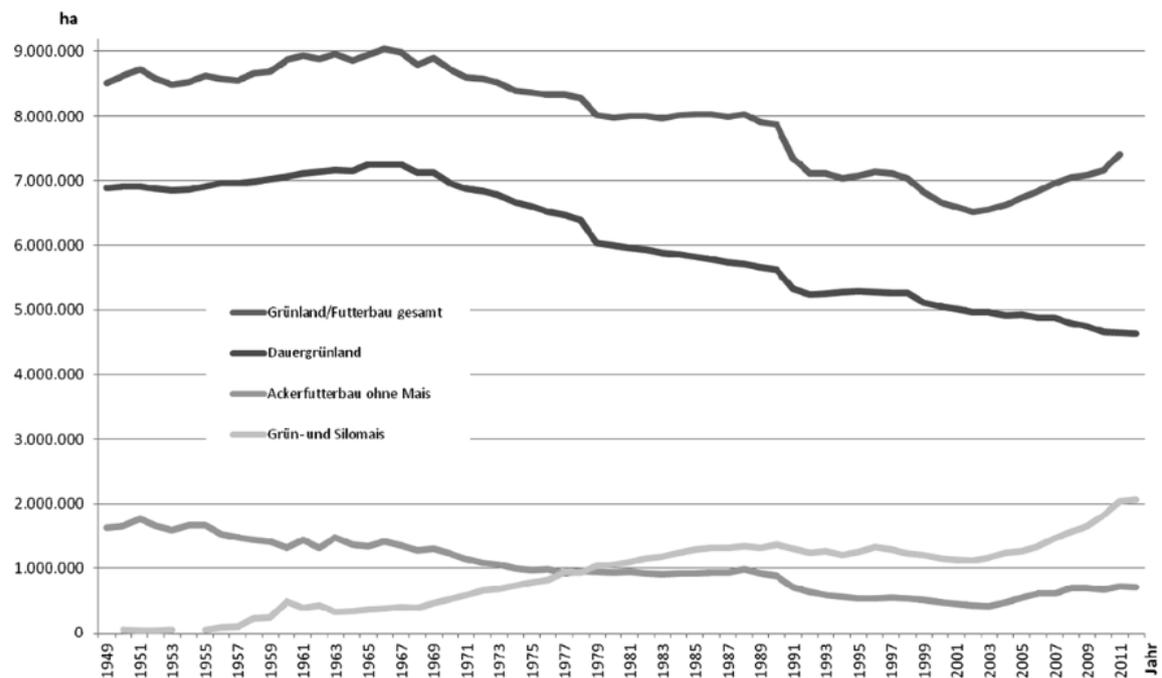
### **2.3.4 Landnutzung und Landnutzungsänderung**

Rund die Hälfte der deutschen Fläche (18,16 Mio. ha) wird landwirtschaftlich genutzt. Zwischen 2004 und 2019 ist die landwirtschaftliche Nutzfläche (LF) real – Heide und Moore wurden unter „sonstige Flächen“ ausgewiesen – um 0,66 Mio. ha gesunken. Alleine durch Zunahme der Fläche für Siedlungen und Verkehr (ohne Bergbau) hat sich die LF um ca. 0,44 Mio. ha reduziert (UBA 2020b) – das waren knapp 80 ha pro Tag. Zwischen 1991 und 2019 ist der Anteil von Dauergrünland um 0,5 Mio. ha auf 4,8 Mio. ha gesunken bzw. von 31,1 % auf 28,5 % der LF (ebd.).

Die Entwicklung des Grün- und Ackerlands zwischen 1949 und 2011 in Deutschland wird in Abbildung 8 dargestellt. Die veränderte Produktionsweise in der Milchviehhaltung ist ablesbar. Durch einen höheren Einsatz energiereicher Futtermittel steigt die Milchleistung. Dies hat zu einem Rückgang von Milchkühen und Dauergrünland sowie zu einem Anstieg von Ackerflächen und Landnutzungsänderungen geführt (ISSELSTEIN 2013: 16).

**Abbildung 8: Entwicklung von Dauergrünland und Ackerland (1949 – 2011) in Deutschland**

Quelle: Destatis nach Isselstein (2013: 16)



### 2.3.4.1 Extensives Grünland

Das Grünland ist ein wichtiger Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Es wird in Weide und Wiese unterschieden. Das Hauptvorkommen eines Drittels aller heimischen Farn- und Blütenpflanzen liegt im Grünland (DIERSCHKE und BRIEMLE 2002 nach BfN 2014: 5). Die größte Artenvielfalt findet sich auf extensiven Wiesen und Weiden, die weniger häufig gemäht und/oder gedüngt werden. Fast 60 % der gefährdeten Pflanzenarten in Deutschland wachsen dort (BRIEMLE 2003: 15).

Ein Großteil der Flächen würde ohne die menschliche Nutzung durch Mahd oder Beweidung verbuschen und es würden sich Wälder bilden. Es beträfe die Flächen, die nicht natürlichen Ursprungs sind – wie Flussniederungen, Höhenlagen über der Baumgrenze oder Trockengebiete. Dadurch verlöre man nicht nur einen Teil der Artenvielfalt, sondern auch eine ästhetische Komponente – die Wohlfahrtswirkung –, die dem Tourismus und der Erholung dient (BfN 2014: 4ff.). Außerdem würde das Land dem Zweck der Nahrungsproduktion entzogen werden.

Extensives Grünland übernimmt nach BRIEMLE (2003: 16) folgende wichtige bioökologische und ökosoziale Funktionen im Naturhaushalt:

- Primärproduktion von Raufutter
- Boden- und Erosionsschutz
- Wasserschutz und -retention

- Naturschutz
- Bioindikation
- Ökosoziale Wohlfahrtswirkung

Durch die intensive Nutzung für die Grundfuttererzeugung sind viele Dauergrünlandflächen pflanzen- und tierartentechnisch verarmt, sodass nur noch ein Teil der letzten drei Funktionen ausgeführt wird (BRIEMLE 2003: 16).

Auch im Hinblick auf THG-Emissionen stellt Grünland eine wichtige CO<sub>2</sub>-Senke dar. Die Sequestration von organisch gebundenem Kohlenstoff (SOC) bei einer Landnutzungsänderung von Ackerland zu Grünland zeigt ähnliche Effekte wie die von aufgeforstetem Ackerland (POEPLAU und DON 2013: 199).

#### **2.3.4.2 Der Boden als Kohlenstoffspeicher**

Der größte terrestrische C<sub>org</sub>-Speicher in Deutschland sind landwirtschaftlich genutzte Böden. Im obersten Meter sind rund 2,5 Mrd. t C<sub>org</sub> (0-90 cm: 123 t ha<sup>-1</sup>) gespeichert (JACOBS et al. 2018: 252). Das ist mehr als doppelt so viel wie in Bäumen (samt Totholz) steckt. Die Wälder speichern insgesamt durch die Bodenvorräte ähnliche Mengen Kohlenstoff (rund 1,3 Mrd. t C<sub>org</sub> im Mineralboden und Auflagehumus (0-90 cm: 119 t C<sub>org</sub> ha<sup>-1</sup>) (BMEL 2018: 28).

#### **Organische Böden**

Besonders organische Böden wie Moore und moorähnliche Böden weisen einen hohen Kohlenstoffvorrat auf. Im Mittel sind es im obersten Meter 515 t C<sub>org</sub> ha<sup>-1</sup>. Dies entspricht 24 % des gesamten C<sub>org</sub>-Vorrats der landwirtschaftlichen Nutzflächen (bis 100 cm). Ihre Speicherkapazität steigt mit der Mächtigkeit (0-200 cm: 1.000 t C<sub>org</sub> ha<sup>-1</sup>) (JACOBS et al. 2018: 252). Sie gelten bedingt durch die Methanemissionen als klimaneutral. Doch der Großteil der organischen Böden wurde entwässert und wird land- und forstwirtschaftlich genutzt, davon rund 49 % als Grünland und 18 % als Acker. Insgesamt finden 6 % der landwirtschaftlichen Nutzung in Deutschland auf organischen Böden statt (Basis-DLM des ATKIS® und FELL et al. 2012 nach JACOBS et al. 2018: 227ff.). Neben CH<sub>4</sub> entweichen dadurch auch CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O. Im Mittel verlieren organische Böden in Deutschland bei Grünlandnutzung durch Drainage (Jahresmittelwasserstand von mehr als 0,1 m unter Flur) 30,4 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, 11,2 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und 7,2 kg direktes N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (TIEMEYER et al. 2020: 7). Im deutschen Treibhausgasinventar liegen die Emissionen insgesamt rund 16 % niedriger (UBA 2020a: 550).

Moore nehmen auch für den Gewässerschutz eine wichtige Rolle ein, da durch Abbau und Trockenlegung große Mengen Nitrat-Stickstoff freigesetzt werden können (TIEMEYER und KAHLE 2014). Die höchsten Gesamtstickstoffgehalte im Boden sind in Niedermoorböden mit

39 ( $\pm 10$ ) t ha<sup>-1</sup> messbar (JACOBS et al. 2018: 215). Vielfältige weitere Probleme sind neben der Nährstofffreisetzung zu beobachten, wie eine Überflutungsgefahr durch Sackungen und ein langfristiger Verlust von Land durch irreversible Schäden der Bodenstruktur (ebd.: 230).

Die Art der Landnutzung spielt in organischen Böden eine untergeordnete Rolle (JACOBS et al. 2018: 236). Die Emissionen hängen stärker vom Entwässerungsgrad bzw. dem Grundwasserflurabstand ab (BECHTOLD et al. 2014; TIEMEYER et al. 2016). Da für die Ackernutzung meistens trockenere Bedingungen notwendig sind, fallen die Effekte hierbei stärker aus (JACOBS et al. 2018: 230; UBA 2020a: 551).

### **Mineralische Böden**

Die C<sub>org</sub>-Vorräte und -Veränderungen in mineralischen Böden hängen stark von der historischen Landnutzung ab. Die niedrigsten Werte waren in Langzeitackerland und die höchsten C<sub>org</sub>-Werte in Langzeitgrünland – seit 1800 durchgehend unter Grünlandnutzung – messbar. Doch neben der Landnutzung sind Standortbedingungen wie Klima, Bodenart – Ton- und Sandgehalt – und der Vernässungsgrad nennenswerte Einflussfaktoren für den C<sub>org</sub>-Gehalt (JACOBS et al. 2018: 151-156). Diese können Effekte der Landnutzung überlagern.

In hydromorphen Böden, die Grund- und Staunässe ausgesetzt sind, vermindert sich durch Sauerstoffmangel im Boden die Mineralisierung von organischer Substanz. Dadurch findet eine verstärkte Akkumulation von C<sub>org</sub> statt (ebd.: 132). Dies trifft auch auf einige der Böden, die langfristig als Grünland genutzt wurden wie Flussmarschen zu. Sie weisen zu hohe Grundwasserspiegel auf, um sie ackerbaulich zu nutzen (JACOBS et al. 2018: 154). Doch ein höherer C<sub>org</sub>-Gehalt war in allen Grundwasserstufen bei Dauergrünland im Vergleich zu Ackerland feststellbar (ebd.: 132f.).

### **Eintrag organischer Masse durch Grünland**

Laut Bodenzustandserhebung von JACOBS et al. (2018: 108) lagen die durchschnittlichen C<sub>org</sub>-Vorräte im Oberboden (0-30 cm) in Deutschland bei Ackernutzung bei 61 ( $\pm 25$ ) t ha<sup>-1</sup> und bei Dauergrünlandnutzung bei 88 ( $\pm 21$ ) t ha<sup>-1</sup>. Die Unterschiede könnten auf die Wurzelbiomasse (POEPLAU und DON 2013: 199) oder Bodenruhe des Grünlands mit stabileren Bodenaggregaten (SIX et al. 2002: 166) zurückgeführt werden. In Grasland zeigen sich stabilere Kohlenstoffbindungen als bei Waldböden (POEPLAU und DON 2013: 199).

Bei den Gesamteinträgen von organischem Kohlenstoff über organische Dünger, Zwischenfrüchte, Erntereste, Stoppeln und Wurzeln zeigten sich wenig Unterschiede. Der Eintrag durch Wurzeln war bei Dauergrünland jedoch deutlich erhöht (JACOBS et al. 2018: 141). Rund

64 % des  $C_{org}$  war durch Wurzel-, Erntereste und organische Dünger im mineralischen Oberboden gespeichert (JACOBS et al. 2018: 108).

Dauergrünland ist somit ein wichtiger Faktor für den Erhalt und Aufbau von  $C_{org}$  in landwirtschaftlichen Böden. Durch eine angepasste Bewirtschaftung von Ackerland mit reduzierter Bodenbearbeitung, dem Verbleib von Ernteresten auf dem Acker und dem Anbau von Zwischenfrüchten als Gründüngung oder Ackerklee gras lassen sich die  $C_{org}$ -Vorräte auch ohne LUC erhöhen (JACOBS et al. 2018: 192f.) – hauptsächlich in den obersten 10 cm nach LAM et al. (2013: 4) –, oder sich zumindest die Verluste reduzieren (SANDERMAN und BALDOCK 2010).

Auch die Unterböden tragen zur Kohlenstoffspeicherung bei. Bis zu einer Bodentiefe von 100 cm zeigten sich noch größere Unterschiede je nach Landnutzungsart. Ackerflächen hatten einen durchschnittlichen  $C_{org}$ -Vorrat von  $101 \text{ t ha}^{-1}$ , Dauergrünland von  $200 \text{ t ha}^{-1}$  und Waldböden von rund  $100 \text{ t ha}^{-1}$  jeweils einschließlich Moorböden (JACOBS et al. 2018: 252).

Neben Kohlenstoff sind auch die Gesamtstickstoff-Vorräte analog zum  $C_{org}$  im Ober- und Unterboden bei Grünlandflächen im Vergleich zu Ackerland erhöht (ebd.: 111f.).

### **Landnutzungsänderung von Grünland zu Ackerland**

Nach ROTZ et al. (2010: 1277) findet bei Nutzungsänderung zu Ackerland ein Verlust der organischen Bodensubstanz um 20 – 50 % und nach GUO und GIFFORD (2002) um 59 % statt. Ein neues C-Fließgleichgewicht stellt sich nach einer gewissen Zeit nach der Landnutzungsänderung ein. Es bedeutet, dass bei konstanten Umweltbedingungen eine Balance zwischen Eintrag von Biomasse wie Dünger, Erntereste oder Wurzeln und dem Abbau von organischer Substanz vorzufinden ist (WIESMEIER et al. 2020:3). Ein Grünlandumbruch sorgt für einen zeitlich stärkeren Verlust von  $C_{org}$  als der umgekehrte Prozess von Acker- zu Grünland. Ein neues Fließgleichgewicht von Kohlenstoff kann bei einem Grünlandumbruch schon nach 20 Jahren erreicht sein (POEPLAU et al. 2011 nach JACOBS et al. 2018: 191f.). Auch vom IPCC (2019) werden standardmäßig 20 Jahre angenommen. Ein Aufbau kann über 100 Jahre dauern (SCHMID und HÜLSBERGEN 2015: 81). Bei Messungen von Landnutzungsänderungen von russischem Ackerland zu Grünland zeigte sich besonders in den ersten 10 – 15 Jahren eine hohe Speicherleistung, die anschließend abnahm (HEIKKINEN et al. 2014: 104).

### **Positive Humusbilanz**

Über eine positive Humusbilanz kann  $\text{CO}_2$ -neutral gewirtschaftet werden. Die Emissionen durch fossile Energien und  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen können durch Speicherung von Kohlenstoff im Boden kompensiert werden (SCHMID und HÜLSBERGEN 2015: 79f.). Je Flächeneinheit emittieren

ökologische Betriebe deutlich weniger CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> als konventionelle. Durch die geringeren Erträge trifft dies nicht je Produkteinheit zu (SCHMID und HÜLSBERGEN 2015: 79f.).

### 2.3.5 Reaktiver Stickstoff

Unsere Atmosphäre besteht zu 78 % aus Stickstoff. Er liegt überwiegend in elementarer Form als N<sub>2</sub> vor. Die zwei Stickstoffatome besitzen eine starke Bindung und sind somit wenig reaktiv. Im Gegensatz steht der reaktive Stickstoff (N<sub>r</sub>), der Bindungen mit organischen und anorganischen Stoffen eingeht. N<sub>r</sub> ist für alle Lebensprozesse unentbehrlich und stellt einen limitierenden Faktor im Pflanzenwachstum dar (UBA 2020c). Dies erklärt die Bedeutung für die Landwirtschaft als wichtiger Faktor zur Steigerung der Produktivität. Mit 67 % ist die Landwirtschaft in Deutschland an den Stickstoffgesamtemissionen beteiligt (UBA 2020c).

Über wenige natürliche Prozesse wie durch bestimmte Bakterienstämme beim Anbau von Leguminosen kann N<sub>2</sub> in pflanzenverfügbaren Stickstoff umgewandelt werden. Andere Emissionsquellen sind die Verbrennung fossiler Energieträger, die zu Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) führen, die chemische Ammoniaksynthese durch das Haber-Bosch-Verfahren, das hauptsächlich für die Düngemittelproduktion angewendet wird (UBA 2020c) und die Tierhaltung durch Ausscheidungen, Lagerung und Ausbringung von Urin und Kot.

Besonders in der Stallhaltung sind die Ammoniakemissionen durch die Güllelagerung und -ausbringung erhöht (BOUWMAN et al. 1997: 564; UNECE 2014: 60). Bei fehlender Trennung von Harn und Kot kommt es zu verstärkter Bildung und Freisetzung von NH<sub>3</sub> (AMMANN et al. 2019: 13). Ein Großteil der Ammoniak-Emissionen stammt aus dem ausgeschiedenen Urin (LAUBACH et al. 2013:334; PETERSEN et al. 1998). Eine Vollweidehaltung kann die N-Emissionen reduzieren (UNECE 2014: 60). Der Urin kann schnell in den Boden infiltrieren mit geringer Luftexposition (AMMANN et al. 2019: 13).

Eine Reduktion von Ammoniak ist auch durch eine angepasste Fütterung erzielbar, um N in Harn und Kot zu minimieren. Dies ist über das richtige Verhältnis aus Rohprotein und Energiegehalt der Futtermischung möglich (ebd.: 12).

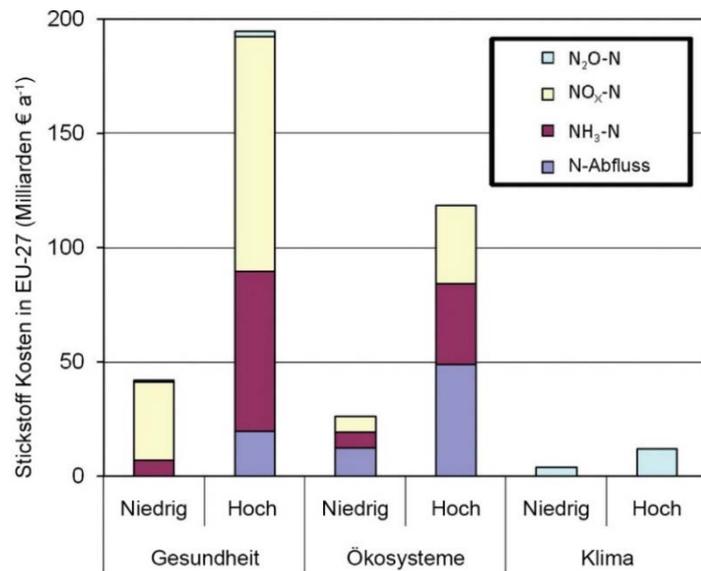
### Kosten-Nutzen-Abwägung von Stickstoff

Der Nutzen und die Kosten von Stickstoff sind gegeneinander abzuwägen. Das optimale Level kann als erreicht angesehen werden, wenn der Nutzen einer Reduktion die Kosten für geringere Erträge ausgleicht. Einteilbar sind die Kosten und Leistungen nach Kategorien: Gesundheit, Ökosysteme, Klima und Landwirtschaft (BRINK und VAN GRINSVEN 2011: 517; s. Abbildung 9). Die Abweichungen zwischen hohen und niedrigen Schätzungen beruhen auf der großen Unsicherheit der tatsächlichen Kosten. Rund 60 % fallen unter menschliche Gesundheit, 35 % unter Ökosysteme und 5 % unter Klima (ebd.: 533).

Die größte Umweltrelevanz haben nach UBA (2020c) die Gase Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sowie Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) und Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), die gelöst im Boden oder in Luftfeinstäuben vorkommen. Ein Teil dieser Emissionen gelangt ungenutzt in die Umwelt und belastet Luft (wie  $\text{NH}_3$ ), Gewässer (wie  $\text{NO}_3^-$ ) und Atmosphäre ( $\text{NO}_x$  – auch als Vorläuferstoff von Ozon – und  $\text{N}_2\text{O}$ ).

**Abbildung 9: Schätzungen von N-Emission in der EU**

Quelle: Brink und van Grinsven (2011: 533)



Durch Eutrophierung und Versauerung von Ökosystemen wird nicht nur die Artenvielfalt gefährdet, sondern auch direkt die menschliche Gesundheit, beispielsweise durch Nitrat im Trinkwasser. Eine Schädigung der Atemwege erfolgt über  $\text{NO}_x$  (UBA 2020c; BRINK und VAN GRINSVEN 2011: 522).

Nach ALMARAZ et al. (2018: 1f.) gehen in Kalifornien 20 – 32 % der  $\text{NO}_x$ -Emissionen auf Ackerland zurück, was auf einen starken N-Düngemitelesatz zurückgeführt wird. Dies könnte wegen unterschiedlicher Klimabedingungen nur begrenzt auf Deutschland übertragbar sein. Doch ein Vergleich von  $\text{NO}_x$ -Ausflüssen aus natürlichen Ökosystemen mit  $1,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu  $19,8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  aus ackerbaulichen Böden offenbart das grundsätzliche Problem der modernen Landwirtschaft (ebd.: 3). Weltweit geben HUDMAN et al. (2012: 7790) den Anteil von  $\text{NO}_x$  aus Böden mit 15 % an den Gesamtstickstoffemissionen an.

### Kostenberechnung

Für Deutschland ergeben sich nach GAUGLER und MICHALKA (2017: 157) auf Basis von VAN GRINSVEN et al. (2013) aggregierte Kosten für die menschliche Gesundheit (€ 10,76 Mrd.), Ökosysteme (€ 9,22 Mrd.) und das Klima (€ 0,26 Mrd.), die dem Nutzen in der Landwirtschaft (€ 8,71 Mrd.) gegenübergestellt werden. Die Gesamtkosten von reaktivem Stickstoff sind € 11,53 Mrd. höher als der Nutzen.

### 2.3.6 Allokationsmethoden zwischen Milch und Fleisch

Externe Kosten der Milchviehhaltung fallen für die Produkte Milch, Fleisch und Kälber an. Es gibt nach CEDERBERG und STADIG (2003:351) vier Möglichkeiten zur Allokation der Emissionen:

1. Keine Allokation: Die Milch trägt die gesamte Umweltlast
2. Ökonomische Allokation nach Erlösen der einzelnen Produkte
3. Physikalische (biologische) Allokation nach kausalen Zusammenhängen von eingesetzten Faktoren wie Futter für Endprodukte
4. Systemerweiterung (*system expansion*)

Durch eine Systemerweiterung kann das Fleisch aus der Rindermast bzw. Mutterkuhhaltung gedanklich durch Altkühe und die Aufzucht von Kälbern aus der Milchviehhaltung ersetzt werden (vgl. CEDERBERG und STADIG 2003:351). Die rechnerisch reduzierten Emissionen können von der Milchproduktion abgezogen werden. Sie wird auch als Ersatzwertmethode bezeichnet und für den Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen in der Landwirtschaft des KTBL verwendet (s. ARBEITSGRUPPE BEK 2016: 16).

## **2.4 Leistungen der wesensgemäßen Milchviehhaltung**

In diesem Abschnitt werden Betrachtungsweisen aufs Tierwohl, der Einfluss des Managements und die kuhgebundene Kälberaufzucht behandelt. Außerdem wird ein Vergleich zwischen der Weide- und Stallhaltung aufgestellt.

### **2.4.1 Tierwohl**

In der Wissenschaft kann das Tierwohl aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden. Dazu zählen nach FRASER (2009) folgende Kriterien:

1. Biologische Funktionsleistung und Gesundheit
2. Affektive Reaktionen wie Laute bei Stress oder Schmerz
3. Möglichkeit einer natürlichen Lebensweise

Eine eindimensionale Betrachtungsweise kann das Wohlergehen der Tiere gefährden (ebd.), beispielsweise, wenn durch hohe Milchleistungen – das zum ersten Kriterium zählt – die Annahme getroffen wird, dass das Wohlergehen des Tieres gegeben sein muss. Auch nach DUNCAN (2005: 488) drückt sich das Tierwohl nicht nur in einer Abwesenheit von Leid aus, sondern ebenso im Vorhandensein von positiven Reizen. Über indirekte Methoden ist dies zu messen. Präferenztests zeigen, was ein Tier bevorzugt, wenn es vor die Wahl gestellt wird. Motivationstests ermitteln anschließend die Stärke der Präferenz. Sie müssen auf vernünftigen Optionen beruhen im Hinblick auf die historische Entwicklung und natürliche Verhaltensweisen von Tieren. Denn selbst Verhaltensweisen und Mechanismen, die in natürlichen Umgebungen einen Nutzen haben, können in heutigen Situationen schädlich sein (ebd.). Dazu

gehört die Vorliebe für süße Futtermittel, da energiereiche Nahrung in natürlichen Umgebungen seltener vorzufinden war (DUNCAN 2005: 486f.).

#### **2.4.2 Systemvergleich von Weidehaltung und Stallhaltung**

Die Weide ist der natürliche Lebensraum der Milchkuh. Studien haben gezeigt, dass Weidegang bzw. Weidehaltung das Wohlbefinden von Rindern positiv beeinflussen kann. Auf Betrieben mit viel Weidegang hatten die Tiere seltener haarlose Stellen und Lahmheit durch Gelenkverletzungen und Klauenkrankheiten (HOEDEMAKER et al. 2020: 144; WAGNER et al. 2017: 8; ARNOTT et al. 2017: 269f.). Besonders in ökologischen Betrieben waren nach HOEDEMAKER et al. (2020: 145,155) im Vergleich zu konventionellen Betrieben geringere Lahmheitsprävalenzen und weniger Sprunggelenksläsionen festzustellen.

Lahmheit stellt eines der größten Probleme für Wohlbefinden, Gesundheit und Produktivität von Milchkühen dar (SOLANO et al. 2015). Sie verursachen nach Euterkrankheiten und Fruchtbarkeitsstörungen die höchsten Kosten. Dies resultiert hauptsächlich in den geringeren Milchleistungen und einem früheren Ausscheiden aus der Herde. Vermeidbar sind sie in 80 % der Fälle durch entsprechendes Management (ÓZSVÁRI 2017: 5f.).

Nach ARNOTT et al. (2017: 269f.) sind auch Mastitis und Gebärmutterkrankheiten (Metritis, Endometritis, Geburtsprobleme) in Weidesystemen seltener, was auf den reduzierten Kontakt mit Pathogenen und die Kuhsauberkeit zurückgeführt werden könnte. Dies konnte von HOEDEMAKER et al. (2020: 125) nicht bestätigt werden.

Risiken der Weidehaltung liegen in Endoparasiten und im Kontakt zu anderen Kuhherden. Die Sterblichkeit ist jedoch reduziert. In Präferenztests zogen die Tiere die Weide dem Stall vor. Dort können sie ihre natürlichen Verhaltensweisen besser ausleben mit verbesserten Ruhephasen wie ihre wilden Vorfahren. Auch ihr Aggressionsverhalten ist reduziert (ARNOTT et al. 2017: 269f.). Thermale Stressoren (Hitze und Kälte) können das Wohlbefinden der Kühe in beiden Systemen gefährden. Wind und Regen könnten als Faktoren gesehen werden, die das Wohlbefinden auf der Weide reduzieren, Sonnenstrahlung könnte es – zusätzlich zu ihrer Gesundheit – verbessern (ebd.).

Grundsätzlich können hohe Milchleistungen das Risiko für metabolische Erkrankungen, Fruchtbarkeitsstörungen (FLEISCHER et al. 2001: 2028f.) und Lahmheit erhöhen (HOEDEMAKER et al. 2020: 145; ARCHER et al. 2010: 4050). Andererseits zeigte sich in Betrieben mit hohen Herdenmilchleistungen (HOEDEMAKER et al. 2020: 145) und Herdengrößen (CHAPINAL et al. 2014: 4315) auch eine negative Assoziation von Lahmheit. Dies kann auf angepasste Haltebedingungen und Management mit neueren Stallanlagen, klauenfreundlicheren Böden und Tiefboxen zurückgeführt werden (CHAPINAL et al. 2013: 321; HOEDEMAKER et al. 2020: 145).

In Phasen der Früh lactation könnte das Energiedefizit bei Weidehaltung erhöht sein, doch dieses Phänomen wird bei modernen Milchkühen mit hohen ernährungsphysiologischen Bedürfnissen in Stallhaltung ebenfalls beobachtet (ARNOTT et al. 2017: 270). Das Risiko einer Ketose wird bei HOEDEMAKER et al. (2020: 181) bestätigt, was auf unzureichende Zufütterung bei nährstoffarmen Weiden zurückgeführt werden könnte.

### **2.4.3 Management**

Das Management kann in allen Systemen ein Risiko darstellen, wenn es nicht auf die Bedürfnisse der Tiere eingeht (ARNOTT et al. 2017: 9; WAGNER et al. 2017; ÓZSVÁRI 2017: 6). Für die Identifikation und unmittelbare Behandlung betroffener Tiere ist ein hoher Zeitaufwand nötig. Das Personal muss darüber hinaus ausreichend geschult sein, um frühzeitig Veränderungen im Tierverhalten und Krankheiten erkennen zu können. In vielen Fällen werden lahme Tiere übersehen, teilweise wird der Anteil jedoch auch überschätzt, was grundsätzliche Defizite in der Erkennung offenbart (HOEDEMAKER et al. 2020: 141). Ein höheres Bewusstsein der Tierhalter kann das Risiko der Tiere senken, Lahmheit zu entwickeln (ebd.: 147).

### **2.4.4 Kuhgebundene Kälberaufzucht**

In der konventionellen und ökologischen Milchviehhaltung werden Kälber und Kühe kurz nach der Geburt getrennt, um das Kalb künstlich aufzuziehen. Eine Alternative ist die mutter- bzw. ammengebundene Kälberaufzucht, die den Kälbern ein natürliches Saugverhalten gestattet.

### **Soziale Struktur und Verhaltensweisen**

In CCC-Systemen (Kuh-Kalb-Kontakt-Systemen) zeigten Kälber längere Bewegungsspiele, die womöglich auf den Zugang zum größeren Kuhstall zurückführbar sind. Außerdem waren mehr Interaktionen mit älteren Artgenossen zu beobachten, was zu einer besseren Eingliederung in das soziale Gefüge führen könnte (WAIBLINGER et al. 2020a). So waren muttergebunden aufgezogene Tiere weniger häufig in aggressive Interaktionen in der Herde verwickelt als künstlich aufgezogene (KÄLBER und BARTH 2017: 58).

In Isolationstests, d.h. der Abwesenheit von Artgenossen, zeigten muttergebunden aufgezogene Tiere eine höhere Ausschüttung von Stresshormonen (ebd.: 51). Eine erhöhte kardiale Aktivität stellt auch ROTH (2008: 8), im Vergleich zu Kälbern, die künstlich über einen Milchautomaten aufgezogen wurden, in Stresssituationen (Trennung und soziale Konfrontation) fest. Der Unterschied könnte jedoch auf eine erhöhte chronische Stressbelastung – eine Desensibilisierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse – der künstlich

aufgezogenen Kälber zurückgeführt werden (ROTH 2008: 8), wodurch eine erhöhte Kortisol-ausschüttung in Stresssituationen nicht feststellbar wäre (KÄLBER und BARTH 2017: 51).

Eine erhöhte Distanz dem Menschen gegenüber, was den Umgang mit den späteren Milchkühen erschweren könnte, wurde in CCC-Systemen nicht festgestellt. Die Ausweichdistanz im Stall war bei künstlich aufgezogenen Tieren niedriger als auf der Weide. Dieser Effekt wurde bei CCC-Kälbern nicht beobachtet (ebd.: 54).

Ein sanfter Kontakt mit dem Menschen in den ersten fünf Tagen der Säugephase führte bei CCC-Kälbern zu geringeren Ausweichdistanzen in den ersten Lebensmonaten und im Färsenalter. Bei den Milchkühen war kein Unterschied mehr feststellbar (WAIBLINGER et al. 2020b).

### **Milchmenge und Milchfett**

Die lieferbare Milchmenge und der Milchfettgehalt sind bei CCC-Systemen gesenkt. In Versuchen lag der Milchfettgehalt bei 0,72 % (BARTH 2020: 135) bzw. 1 % (BARTH et al. 2009: 26) niedriger als bei einer Kontrollgruppe ohne säugende Kälber. Der Unterschied in der Milchmenge war in den ersten 90 – 100 Tagen bei temporärem Kontakt während der Nacht 12,4 kg d<sup>-1</sup> (BARTH 2020: 134) - 13,8 kg d<sup>-1</sup> (BARTH et al. 2015) und bei ganztägigem Zugang 16,1 kg d<sup>-1</sup> niedriger (BARTH 2020: 134).

Die Kühe, die drei Monate Kontakt (ganztägig oder zweimal täglich) zu ihren Kälbern hatten, wiesen auch anschließend über die gesamte Laktationsperiode (305 d) signifikant geringere Milchleistungen auf. Bei Kühen, die nur nachts Kontakt zum Kalb hatten, trat dieser Effekt im Anschluss nicht auf (BARTH 2020: 134). Nach DE PASSILLÉ et al. (2008) normalisierte sich die Milchleistung jedoch nach dem Absetzen. Feststellbar war allerdings eine Unterdrückung der Oxytocin-Ausschüttung von säugenden Kühen beim Maschinenmelken, was zu höheren Restmilchmengen führte (ebd.). Auch der reduzierte Milchfettgehalt ist ein Nachweis für eine gestörte Milchejektion der säugenden Kühe beim Maschinenmelken (BARTH 2020: 136; BARTH et al. 2009: 26).

Langfristige Effekte des CCC-Systems für die Tiergesundheit oder Leistungsfähigkeit konnten im Vergleich zu künstlich aufgezogenen Kälbern mit 16 Liter Vollmilch Kalb<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> wissenschaftlich nicht beobachtet werden. Auch bei weniger Milch wurde kein Unterschied zu CCC-Systemen festgestellt, in denen sich eine Amme meist um mehrere Kälber kümmert und es daher zu Konkurrenzsituationen und reduzierter Milchaufnahme kommen kann. Um dies zu verhindern, ist auch bei CCC-Systemen eine tägliche Tierkontrolle notwendig (KÄLBER und BARTH 2017: 52f.).

Das Trennen von Kuh und Kalb nach der Geburt wird von vielen Konsumenten in Umfragen nicht unterstützt (BUSCH et al. 2017).

## 3 Material und Methode

Die Ermittlung eines wahren Preises mit Externalitäten ist ein komplexes Gebilde. Es kann nur betriebsspezifisch genau erfasst werden. Kosten und Leistungen weisen durch die Vielzahl an Produktionssystemen eine hohe Heterogenität auf (FRANK et al. 2019: 45). Sie hängen von individuellen betrieblichen Faktoren, Standortbedingungen und Haltungsweisen ab. Die Überprüfung der Herangehensweise und die Berechnung erfolgt daher auf Basis eines Beispielbetriebs, der die Anforderungen an hohe ethische und ökologische Aspekte einer alternativen Milchviehhaltung erfüllt.

### 3.1 Fallbeschreibung

Der Beispielbetrieb wurde 2014 gegründet und legt großen Wert auf die Qualität der Produkte und das Tierwohl in einem ganzheitlichen System. Es wird über die biologisch-dynamischen Grundsätze des Anbauverbandes hinausgegangen und eine wesensgemäße Haltung mit kuhgebundener Kälberaufzucht praktiziert. Eine Amme kümmert sich um zwei Kälber, die nach rund fünf Monaten abgesetzt werden. Die Kuhkälber werden in die Milchviehherde integriert und die Bullenkälber in Bullengruppen zur Mast gehalten. Auf eine schmerzhafteste Kastration wird aus ethischen Gründen verzichtet, da durch das richtige Management ein ruhiger und gefahrenfreier Umgang mit den Bullen möglich ist. Die Kühe werden einmal täglich in einem Weidemelkstand mit sechs Melkplätzen gemolken. Die Ammen sind bis zum Absetzen der Kälber davon ausgenommen. Das Ausscheiden aus der Herde und Töten erfolgt stressfrei auf der Weide durch einen Kugelschuss.

Verwendet werden alte Rinderrassen, die zum Erhalt des Genpools beitragen. Sie werden auf extensivem Grünland in Vollweide gehalten. Im Winter erfolgt ein Zugang zum Stall und eine Fütterung über Heu und Heulage. Kraftfutter wird nur als Lockmittel eingesetzt. Ausgewählt wurden Rassen wie das Angler-Rotvieh (alte Zuchtrichtung) und Zweinutzungsrasen wie Allgäuer Braunvieh und Kreuzungen mit einer guten Grundfutterverwertung, Robustheit und Langlebigkeit, die extensiv gehalten werden können. Eine Blockkalbung im Frühjahr wird angestrebt, um das frische Weidegras gut zu nutzen und die Kühe mit Überwachung im Stall abkalben zu lassen.

Der Betrieb hat drei Betriebszweige: Landwirtschaft, Käserei und Vermarktung. Die Wertschöpfung von der Produktion bis zum Verbraucher wird durch eine eigene Käserei und Milchabfüllung im Betrieb gehalten. Nur die Zerlegung der Altkühe und Mastbullen wird von einer Lohnschlachtereie ausgeführt. Wenige weitere Arbeiten wie das Miststreuen oder Dreschen erfolgen über Lohnunternehmen. Die Vermarktung erfolgt zu  $\frac{2}{3}$  direkt an Endkunden

– Hofladen, Märkte, Sammelbestellungen und Onlineladen – und zu  $\frac{1}{3}$  über den Naturkost Einzelhandel.

Die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche ist gepachtet. Durch Nutzungsaufgaben in Naturschutzgebieten liegen die Pachtpreise niedriger als der Landesdurchschnitt. Die beiden nAK haben einen landwirtschaftlichen Hochschulabschluss.

Wegen der Blockkalbung, die das Zeitfenster für eine Belegung über einen Natursprung verkürzt, wird eine Remontierungsrate von 30 – 35 % geschätzt. Besonders die Hochleistungstiere, die nicht für eine reine Grundfütterversorgung geeignet sind, können eine geringere Fruchtbarkeit aufweisen und aus der Herde ausscheiden. Belastbare Zahlen liegen aufgrund der kurzen Betriebszeit nicht vor. Als EKA wird bei Blockkalbung ein Wert zwischen 24 und 36 Monate angenommen (s. Tabelle 3).

Der Rindviehbesatz ist mit  $44,9 \text{ VE (100 ha LF)}^{-1}$  sehr niedrig. Die LF liegt weit über dem Durchschnitt ökologischer und konventioneller Betriebe in Deutschland. Der Betriebsgrößen Standard-Output liegt knapp unterhalb vom deutschen Mittel (s. Anhang 16).

**Tabelle 3: Struktur des Beispielbetriebs (2019/20)**

Quelle: Eigene Darstellung mit betrieblichen Daten

Kenngröße	Wert
Bodenpunkte	35
Bodenarten	Anmoor bis Moor (Niedermoore), Sand, schwach bis stark lehmiger Sand
Niederschlag (mm)	530
Jahrestemperatur (°C)	8,7
Höhenlage (m)	0
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	224 ha
davon Grünland (%)	52,7 (118 ha Hutungen)
davon Ackerland (%)	47,3 (106 ha Ackerland: 76 - 106 ha Klee gras, 0-30 ha Getreide und Gemenge)
Tierzahle	138,9 Rinder (43,8 Milchkühe, 41,8 weibliche Nachzucht, 3 Zuchtbullen, 50,3 männliche Nachzucht)
Großvieheinheiten (GVE)	105,2
Vieheinheiten (VE)	100,5
Rindviehbesatz (VE (100 ha LF) <sup>-1</sup> )	44,9 (Milchvieh: 48,5)
Lohnarbeitskräfte	2,6 davon 0,25 in Landwirtschaft, 1 in Verarbeitung, 1,35 in Vermarktung
Vollzeit-Familienarbeitskräfte (à 2200 h a <sup>-1</sup> )	1,96 davon 1,12 in Landwirtschaft, 0,11 in Verarbeitung, 0,73 in Vermarktung
Milchleistung (kg ECM Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	2355 (gemolkene Kühe: 3803)
Erstkalbealter (Monate)	28
Nutzungsdauer (Monate)	36
Anzahl Laktationen	3,0
Abkalbungen Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0,82

\* VE berechnet nach BMEL (2021: 50); GVE berechnet über GVE-Faktor für nationale Umweltprogramme

### 3.2 Methodik der Berechnung

Die Prozesskette der Konsummilch wird in die Teilbereiche Landwirtschaft, Käserei und Vermarktung unterteilt (s. Abbildung 10). Die pagatorischen und kalkulatorischen Kosten sowie die externen Effekte für Energie und Treibhausgase werden individuell für die einzelnen Bereiche berechnet. In der Landwirtschaft wird reaktiver Stickstoff ebenfalls eingepreist.

Detaillierter wird auf die Berechnung der Milcherzeugungskosten eingegangen, die kosten-technisch den größten Anteil hat.

Im Folgenden wird beim Produktionsbereich Käserei als Abgrenzung zur Käse- und Joghurtproduktion von *Abfüllung* statt *Verarbeitung* gesprochen. Die Abfüllung kann die Wärmebehandlung der Rohmilch und weitere Prozessschritte einschließen.

#### Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM)

Die Milch wird mit folgender Formel auf Fettgehalte von 4,0 % und Eiweißgehalte von 3,4 % standardisiert, um die Milchleistung überbetrieblich vergleichbar zu machen (LKV o.J.: 6):

$$ECM (kg) = Milch (kg) * \frac{0,38 * (Fett \%) + 0,21 * (Eiweiß \%) + 1,05}{3,28}$$

Die jährliche Milchmenge wurde vom Betrieb über die Käserei ermittelt. Die Angaben wurden über die Milchleistungsprüfung überprüft. Wegen fehlender Dokumentation wird die Milchmenge der Ammen pauschal mit 15 kg Milch pro Tag über einen Zeitraum von 150 Tagen angenommen. Dies entspricht ungefähr der Milchleistung der gemolkene Tiere von Laktationsbeginn bis zum Zeitpunkt des Absetzens ihrer Kälber.

Die Kosten und Leistungen werden für die verkaufsfähige Milchmenge pro kg ECM bestimmt. In der Landwirtschaft handelt es sich um die gemolkene Milch, die in der Käserei angenommen wird. Im weiteren Verlauf ist es die Milchmenge, die für Konsummilch verwendet wird.

#### Bestimmung des Milchviehs

Im Betrieb dient die komplette Ackerfläche der Versorgung der Rinder. Die Hälfte der Deckbullen und Ammen – bei einem jährlichen Durchschnitt von 50 % Bullenkälbern – wird

**Abbildung 10: Prozesskette der Konsummilch**  
Quelle: Eigene Darstellung



gedanklich der Fleischproduktion zugeschrieben. Um das kostentechnische Versetzen von Ammenkälbern zwischen den Produktionsbereichen zu vermeiden, wird die Annahme getroffen, dass die Ammen in der Fleischproduktion nur Bullenkälber gebären und die Ammen für die Remontierung nur Kuhkälber.

### Berechnung der jährlichen Ammenzahl

$$\text{Ammenzahl}_{\text{Jahr, gesamt}} = \frac{\text{Kuhzahl} * \text{Abkalberate} * (1 - \text{Kälberverlustrate}) * \text{Ammenzeit}}{\text{Laktationszeit} * \text{Kälber pro Amme}}$$

Als Ammenzeit wird in der Formel die Dauer der Kälberaufzucht durch Ammen bezeichnet. Sie wird in derselben Einheit einbezogen wie die durchschnittliche Laktationszeit der Milchkühe. Die Kolostralmilchphase bei der Mutter ist enthalten. Im Betrieb werden rund 0,82 Kälber  $\text{Kuh}^{-1} \text{a}^{-1}$  geboren. Des Weiteren werden 5 % Kälberverluste in den ersten 2 Wochen angenommen.

### Berechnung der Schlachttiere der Milchproduktion

$$\text{Schlachttiere der Milchproduktion} = \text{Schlachtfärsen} + \text{Schlachtkühe} * \left(1 - \frac{\text{Ammenzahl}}{\text{Kuhzahl} * 2}\right)$$

Der rechnerische Anteil an Ammen der Fleischproduktion wird von den geschlachteten Kühen abgezogen, um die mit der Milchproduktion gekoppelten Schlachttiere zu ermitteln. Mögliche Schlachtfärsen, die zur Remontierung gedeckt und nicht tragend geworden sind, werden ebenfalls einbezogen.

### 3.2.1 Pagatorische Kosten

Die Basis zur Berechnung der ökonomischen Kosten sind die Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahrs 2019/20. Im ersten Schritt erfolgt eine Zuteilung der Kostenpositionen auf die einzelnen Betriebszweige und im nächsten Schritt auf die Fleisch- und Milchproduktion.

#### 3.2.1.1 Landwirtschaft

Eindeutig zuordenbare Positionen wie der Dieserverbrauch fürs Melkaggregat, Reinigungsmittel oder die Milchkontrolle werden der Milchproduktion voll angerechnet. Andere wie Tierarztkosten werden mit individuellen Schlüsseln verrechnet. Die Ansätze sind aus dem Kontenbericht ablesbar oder beruhen auf betrieblichen Einschätzungen. Auch die Milchlagerung in Kühltanks in der Käserei wird der Milchproduktion zugerechnet. Dies erfolgt analog zu Milchbetrieben, die an Molkereien abliefern, und ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit.

Die Lohnkosten der Schlachtung werden anteilig für die geschlachteten Tiere der Milchproduktion einbezogen.

### Verteilungsschlüssel für Milchproduktion

Bei Positionen, die nicht eindeutig differenzierbar sind, werden zur Allokation der Kosten folgende Verteilungsschlüssel verwendet:

- (1) Anteil an Großvieheinheiten: gemolkene Milchkühe, Färsen mit weiblichem Jungvieh, Ammen der Milchproduktion und die Hälfte der Deckbullen und Kälber
- (2) Anteil am Flächenbedarf: analog zu Verteilungsschlüssel 1.

Die Verteilungsschlüssel basieren nicht auf Umsätzen, weil die Kosten unabhängig von den Erzeugerpreisen sind. Die genannten Gruppen (gemolkene Milchkühe, Färsen mit weiblichem Jungvieh, Ammen, Deckbullen und Kälber) bilden neben den Bullen mit männlichem Jungvieh die sechs Tiergruppen der Arbeit.

### Bereinigung von Koppelprodukten

Die weiteren Leistungen der Milchkuh – Fleisch, Kälber und Dünger –, werden wie folgt von den Kosten abgezogen:

1. Die *Fleischerlöse* von Milchvieh werden voll abgezogen. Als Ausschachtungsgrad werden bei den Kühen und Färsen pauschal 0,48 wie in REIMANN und REDELBERGER (2004: 5) bei Braunvieh angenommen. Die verkaufsfähige Ware wird über den Faktor 0,60 vom Schlachtgewicht (SG) ermittelt, um Reife- oder Zerlegeverluste einzubeziehen. Die verkaufsfähige Ware wird mit den durchschnittlichen Preisen des Beispielbetriebs für Frischfleischwaren verrechnet.
2. Die *Bullenkälber* bleiben zur Mast im Betrieb. Die männlichen Kälber der Milchkühe (abzgl. Kälber der Ammenkühe der Fleischproduktion) werden in den Bereich Fleischproduktion versetzt. Als Kostenansatz werden 40 € angesetzt, die für 2019/20 als realistisch erzielbarer Markterlös bei niedrigen Kälbergewichten angenommen werden.
3. Die *Kuhkälber* bleiben bei der Remontierungsrate von 30 – 35 % Teil der Milchproduktion. Überschüssige Kuhkälber sind als Ausgleich für Kälberverluste und zur Selektion notwendig.
4. Der Wert von *Wirtschaftsdünger* wird nicht einbezogen, weil er größtenteils auf dem Grünland anfällt und Teil des natürlichen Weidesystems ist. Ein Teil wird als Dünger in einem geschlossenen Nährstoffkreislauf fürs Ackerland verwendet, das zur Tierproduktion zählt. Über die anteilig genutzten Flächen der Milch- und Fleischproduktion wird er automatisch zugerechnet.

### Weitere Anmerkungen

Weitere Erlöse durch Heu und Getreide werden wegen Geringfügigkeit nicht einbezogen. Die verkauften Ballen werden wie betriebliche Futter- bzw. Lagerverluste behandelt. Außerdem werden Beratungskosten abgezogen.

#### 3.2.1.2 Milchabfüllung und -vermarktung

Die Milch wird für die Kalkulation vom Betriebszweig Landwirtschaft an die Käserei verkauft. Dort wird sie in Flaschen abgefüllt, evtl. wärmebehandelt, etikettiert und gekühlt zwischengelagert. In der Käserei werden neben der Konsummilchabfüllung weitere Milchprodukte wie Käse und Joghurt hergestellt. Die Kosten werden anteilig der Konsummilch zugerechnet. Entsprechend verhält es sich im Zweig Vermarktung. Es werden neben der Konsummilch Fleisch, Fleischwaren, Käse und sonstige Milchprodukte abgesetzt. In der Betrachtung wird die gesamte Konsummilch (Trinkmilch) direkt vermarktet.

Die Kostenzuordnung geschieht ähnlich wie bei der Milcherzeugung. Bei nicht zuordenbaren Positionen wird mit folgenden Verteilungsschlüsseln gearbeitet (numerisch fortgeführt):

#### Verteilungsschlüssel für Milch und sonstige Produkte

- (3) Anteil von Konsummilch an der verarbeiteten Gesamtmilchmenge
- (4) Geschätzter Arbeitszeitanteil für Konsummilch in der Käserei über den Anteil der Konsummilch an den Jahresumsätzen aller Milchprodukte
- (5) Anteil der Glaswaren für Konsummilch (Stückzahl) an der Gesamtzahl der Glaswaren für eine Zuteilung der Pfand- und Verpackungskosten
- (6) Geschätzter Arbeitszeitanteil für Konsummilch in der Vermarktung über den Anteil der Konsummilch an den Jahresumsätzen aller Produkte

Die Verteilungsschlüssel 4 und 6 unterstellen, dass die Verkaufspreise der einzelnen Produkte Kosten und Arbeitszeitaufwand realistisch repräsentieren. Entsprechend verhält es sich mit Schlüssel 3, der unabhängig von Produkt die gleichen Verarbeitungskosten (Gebäude- und Gerätenutzung) pro Liter Milch unterstellt.

#### 3.2.2 Kalkulatorische Kosten

Als kalkulatorische Kosten werden ein Lohnansatz und Abschreibungen hinzugefügt. Es wird auf einen Zins- und Pachtansatz verzichtet, da weder Eigenkapital noch eigenes Land vorliegen. Die Flächen sind gepachtet und das Betriebskapital ist fremdfinanziert.

### 3.2.2.1 Eigener Lohnansatz

Für den Lohnansatz werden drei Szenarien auf Basis von 40-Stundenwochen ( $2088 \text{ h a}^{-1}$ ) gegenübergestellt. Die Arbeitgeberanteile zur Sozialversicherung werden hinzugerechnet (s. Anhang 5). Selbständige müssen die gesamten Sozialversicherungsbeiträge zahlen. Die jeweiligen Stundenlöhne werden mit den effektiven Arbeitsstunden der nicht entlohnten Arbeitskräfte multipliziert (s. Anhang 8 – 13). Die Qualifikation der nAK wird nicht gesondert einbezogen.

Die betrieblichen Arbeitsstunden der nAK werden auf Basis von betrieblichen Schätzungen festgelegt. Sie werden gemäß Auswertung einer schriftlichen Arbeitszeiterfassung von 04 – 10/2020 als realistisch angenommen. Die Stunden der Melkvertretung werden abgezogen. Zusätzlich werden jeweils 14 Tage Urlaub angesetzt.

Die Gesamtstunden werden in zwei Schritten anteilig dem Produkt Milch mit den Teilbereichen Erzeugung, Abfüllung und Vermarktung zugeordnet. Dies erfolgt im ersten Schritt über eine Zuweisung zum Betriebszweig Landwirtschaft. Wenn möglich geschieht dies durch zuordenbare Stunden. Arbeiten im Büro und Organisation werden pauschal mit 50 % der Landwirtschaft zugeordnet. Im zweiten Schritt erfolgt die Zuordnung auf die Milch über die Verteilungsschlüssel bei Maschinenarbeit, Zaunbau, Büro und Organisation.

#### 1. Niedriges Szenario

*Orientierungseinkommen:* Im ersten Szenario wird der Richtsatz des BMEL (2021: 55) vom Wirtschaftsjahr 2018/19 herangezogen, der sich an landwirtschaftlichen Löhnen für Fremdarbeitskräfte orientiert. Für den Betriebsleiter werden mit betriebsindividuellen Zuschlägen ohne Berücksichtigung der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden jährlich 30.227 € brutto ( $14,48 \text{ € h}^{-1}$ ) und für sonstige nAK 22.509 € ( $10,78 \text{ € h}^{-1}$ ) veranschlagt. Für die Berechnung wird ein Durchschnittslohn aus den Angaben von 12,63 € brutto gebildet. Eine Trennung zwischen den beiden nicht entlohnten Arbeitskräften ist nicht möglich. Es wird jeweils ein weites Aufgabenspektrum abgedeckt.

#### 2. Mittleres Szenario

*Opportunitätskosten:* Alle Arbeiten werden von fiktiven Fremdarbeitskräften ausgeführt. Es wird von 1664 effektiven Arbeitsstunden (ohne Leerzeiten) von Vollzeit-arbeitskräften ausgegangen, die durch Fortbildungen, Urlaubs-, Krankheits- und Feiertage rund 80 % der bezahlten Arbeitsstunden ( $2088 \text{ h}$ ) ausmachen (s. Anhang 3). Aufschläge für Wochenendarbeit und Nachtarbeit, die in anderen Branchen üblich sind, werden nicht berücksichtigt. Es wird berechnet wie viele Fremd-AK nötig wären,

um die nAK zu ersetzen. Die zu bezahlenden Arbeitsstunden werden mit dem Lohnansatz aus Szenario 1 zuzüglich Arbeitgeberbeiträge zu Sozialversicherungen verrechnet.

### 3. Hohes Szenario

*Faires Vergleichseinkommen:* Die durchschnittlichen Bruttojahresverdienste von Vollzeitbeschäftigten (inklusive Sonderzahlungen) aus dem verarbeitenden Gewerbe werden herangezogen. Es macht einen wichtigen Teil der Industrie aus. Auch die Nahrungsmittelindustrie, die von landwirtschaftlichen Produkten abhängig ist, fällt in diesen Sektor. Im Jahr 2020 lag der Bruttoverdienst bei 55.174 € (DESTATIS 2021b). Dies ergibt einen Stundenlohn von 26,42 €.

#### 3.2.2.2 Ergänzung Personallohnansatz

Um eine faire Entlohnung der Mitarbeiter einzubeziehen, wird der Ziellohn des Beispielbetriebs für Angestellte von 14 € h<sup>-1</sup> (aktuell: 10 € h<sup>-1</sup>) angesetzt.

#### 3.2.2.3 Abschreibungen der Maschinen

Die Maschinen werden nach Zeit abgeschrieben. Dies stellt eine vorsichtige Kalkulationsbasis dar. Die tatsächliche Nutzungsdauer könnte höher liegen. Eine Korrektur nach angestrebter Nutzungsdauer erfolgt nicht. In dieser Arbeit wird angenommen, dass die Reparaturkosten unabhängig von Unterschreitung der Auslastungsschwelle nach KTBL (2016) anschließend wegen Korrosion und Materialalterung erhöht sind.

Lineare Abschreibungsmethoden beziehen die inflations- und marktbedingten Preissteigerungen nicht ein. Es ist anzunehmen, dass die zukünftigen Wiederbeschaffungswerte von Maschinen und Gebäuden höher liegen werden als die historischen Anschaffungspreise und nicht zwingend von höheren Erzeugerpreisen gedeckt werden. Dies ist an dem Erzeugerpreisindex landwirtschaftlicher Produkte mit einem Anstieg seit 1980/81 von 102,3 auf 112,1 Punkte in 2019/20 (DESTATIS 2021c) und dem Index der Einkaufspreise landwirtschaftlicher Betriebsmittel im selben Zeitraum von 58,7 auf 105,5 Punkte (DESTATIS 2021d) abzulesen. Bei Strom, Maschinen, Gebäuden und Instandhaltung waren noch stärkere Anstiege festzustellen. Seit Betriebsgründung im Jahr 2014 bis 2020 sind Rindfleisch- und Milchpreise um 1,3 Punkte gesunken – mit starken jährlichen Schwankungen – und die genannten Betriebsmittelpreise um 15,2 Punkte gestiegen.

Es wird vereinfacht angenommen, dass alle landwirtschaftlichen Maschinen im Jahr 2019 erworben wurden. Im Jahr 2020 verteuerten sich die Betriebsmittel um 3,02 Punkte. Um

diesen Wert werden die Abschreibungen für das WJ 2019/20 erhöht. Ein möglicher Restwert dient als Risikorücklage für unerwartete Maschinenausfälle.

Die betriebliche Maschinenausstattung wurde 2021 durch einen Sternrad-Schwader vervollständig und kann als modernisiert angesehen werden. Die Anschaffungskosten des Geräts werden anteilig seit 2014 einbezogen, um diese als Investitionsrücklagen zu nehmen.

#### **3.2.2.4 Abschreibungen der Gebäude**

Der Kuhstall stammt aus den 1960er-Jahren und ist bereits abgeschrieben. Um Rücklagen für eine Ersatzinvestition zu bilden, werden für das WJ 2019/20 15.000 € angesetzt. Der Wert orientiert sich an der angenommenen Restnutzungsdauer des Kuhstalles von 15 Jahren und an den aktuellen Preisen für einen Offenfrontstall in 2020 für 225.000 € nach KTBL mit 58 Tierplätzen, der in der Mutterkuhhaltung üblich wäre.

#### **3.2.3 Externe Effekte**

In den folgenden Unterkapiteln wird vorgestellt, wie die Treibhausgase, Luftschadstoffe und der reaktive Stickstoff einbezogen werden.

##### **3.2.3.1 Treibhausgase**

Wie bei den ökonomischen Kosten werden die Ammen der Fleischproduktion von der Milchkuhzahl abgezogen. Die Emissionen des restlichen Milchviehs wird über die Menge der Emissionen verschiedener Rindergruppen im Verhältnis zu Milchkühen nach RÖSEMANN et al. (2021: 117) bestimmt. Es wird summiert und für die verkaufsfähige Menge Milch pro kg ECM berechnet.

Um einen Vergleichswert zu anderen Betrieben zu haben, wird ebenfalls die CH<sub>4</sub>-Menge je kg ECM für die produzierte Gesamtmilchmenge inklusive innerbetrieblicher Verwendung für die Kälberaufzucht berechnet.

##### **Emissionen aus der enterischen Fermentation**

Methan aus der enterischen Fermentation von Rindern wird nach dem Modell von KIRCHGEBNER et al. (1994) ermittelt (zitiert nach DÄMMGEN et al. 2012: 22 und RÖSEMANN et al. 2021: 137). Es wird über die Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Rohfett berechnet. Die Futterqualität von Gras und Heu basiert auf eigenen Schätzungen nach DÜMV und LfL (2020). Sie wird durch die extensive Haltung als eher niedrig eingeschätzt mit einem hohen Rohfaseranteil.

**Berechnungsformel für Methan:**

$$EF_{CH_4, ent} = a * M_{XFi} + b * M_{NFE} + c * M_{XP} + d * M_{XF} + e$$

mit

$EF_{CH_4, ent}$	Emissionsfaktor für CH <sub>4</sub> aus der enterischen Fermentation (in kg CH <sub>4</sub> (Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
a	Koeffizient (a = 0.079 kg kg <sup>-1</sup> )
$M_{XFi}$	Jährliche Aufnahme von Rohfaser (in kg Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
b	Koeffizient (b = 0.010 kg kg <sup>-1</sup> )
$M_{NFE}$	Jährliche Aufnahme von N-freien Extraktstoffen (in kg Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
c	Koeffizient (c = 0.026 kg kg <sup>-1</sup> )
$M_{XP}$	Jährliche Aufnahme von Rohprotein (in kg Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
d	Koeffizient 1 (d = - 0.212 kg kg <sup>-1</sup> )
$M_{XF}$	Jährliche Aufnahme von Rohfett (in kg Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
e	Konstante (e = 365 d a <sup>-1</sup> · 0.063 kg Kuh <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

Genauere Berechnungen der Methanemissionen auf Basis der tatsächlichen Futterbestandteile werden wegen fehlender oder ungenauer Daten zu Futtermenge und Nährstoffzusammensetzung der Futtermittel nicht aufgestellt. Der Verbrauch von Grundfutter wird mit täglichen Mengen von 12,5 kg TM/GV nach LFULG (2001) angenommen.

Für Methan wird der CO<sub>2</sub>-Äquivalenz-Faktor von 28 (GWP<sub>100</sub>) und 84 (GWP<sub>20</sub>) nach MYHRE et al. (2013) verwendet. Es wird ein Vergleich zwischen den Betrachtungszeiträumen aufgestellt. Im Beispielbetrieb erfolgte der gesamte Bestandsaufbau innerhalb der Methanlebenszeit von rund 12 Jahren, daher wird es betrieblich komplett eingerechnet.

**Emissionen aus Milchviehexkrementen**

Um die Methanemissionen aus den Ausscheidungen ebenfalls einzubeziehen, wird die Menge an flüchtigen Stoffen in den Milchviehexkrementen berechnet und mit der maximalen Methanbildungskapazität nach RÖSEMANN et al. (2021: 119) und dem Methanumrechnungsfaktor (MCF) für Weidehaltung (IPCC 2006: 10.63) verrechnet.

Die Berechnung relevanter Ausscheidungen wird nach RÖSEMANN et al. (2021: 42) mit Werten von WARNECKE et al. (2013: 211) zur Verdaulichkeit und Aschegehalt von Weidegras und Heu erfolgen:

$$VS = TM * (1 - X_{DOM}) * (1 - X_{ash, feed})$$

mit

VS	Ausscheidung von flüchtigen Feststoffen („volatile solids“) (in kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
TM	Trockenmasseaufnahme (in kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{DOM}$	scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz (kg kg <sup>-1</sup> )
$X_{ash, feed}$	Aschegehalt des Futters (in kg kg <sup>-1</sup> )

### **Direkte Lachgas-Emissionen durch Ausscheidungen**

Wegen der extensiven Weidehaltung und dem hohen Verhältnis an Acker- und Grünlandfläche zu GVE wird angenommen, dass die gesamte Stickstoffmenge von den Pflanzen zum Wachstum aufgenommen wird. Auch nach DÜMV kann die ausgeschiedene N-Menge theoretisch als Nährstoff dienen. Sie akkumuliert sich in der Annahme somit nicht in der Umwelt und wird nicht monetarisiert (vgl. GAUGLER und MICHALKA 2018: 20). Verbessert kommt die schnelle Harnaufnahme auf der Weide hinzu wie in 2.3.5 beschrieben.

### **Gutschriften**

Das Koppelprodukt Fleisch wird über den erweiterten Systemansatz (s. 2.3.6) von den jährlichen Schlachtmengen abgezogen. Es werden dafür die extensiv gehaltenen Mastbullen des Beispielbetriebs und deren geschätzte Emissionen pro kg SG angenommen, die über das durchschnittliche Verhältnis der Emissionen von Bullen bzw. Kälbern zu Milchkühen ermittelt wird. Das SG der Kühe wird anschließend mit entsprechenden Werten abgezogen. Als durchschnittliche Mastdauer werden 2 ½ Jahre (inklusive Aufzuchtzeit) angesetzt.

Der Wirtschaftsdünger wird wie beschrieben nicht als Gutschrift abgezogen, da es sich gedanklich um einen geschlossenen Kreislauf handelt.

### **Landnutzung von anmoorigem Grünland**

Bodenuntersuchungsergebnisse der Grünland- und Ackerflächen werden verwendet, um den Anteil an organischen und mineralischen Flächen zu bestimmen. Wegen der nicht überprüfbaren Flächenrepräsentation der Mischprobe und fehlender Daten zum Grundwasserflurabstand werden konservativ nur die Hälfte der Emissionen (s.u) angenommen auf der Hälfte der Grünlandfläche. Das entspricht einem Bodenverlust von rund einem Millimeter bei einem Humusgehalt von 15 %. Sie werden nach Verteilungsschlüssel 2 dem Milchvieh zugeordnet.

Anmoorige Böden haben einen Humusgehalt von 15 – 30 %. Der Kohlenstoffanteil im Humus beträgt ungefähr 58 %. Es entweichen  $10,3 \text{ t CO}_2 \text{ eq ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bei extensivem nassem Grünland auf Niedermoorböden nach DRÖSLER et al. (2011: 8). Für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O werden die Werte von TIEMEYER et al. (2020: 7) verwendet und ins entsprechende Verhältnis zu den verwendeten CO<sub>2</sub>-Emissionen gesetzt.

Weitere Probleme wie Nährstofffreisetzung, Biodiversitätsverlust, Überflutungsgefahr oder Sackung der Moore werden nicht monetarisiert.

### Futtermittel

Ein Zukauf von Futtermitteln erfolgt bis auf Mineralfutter nicht. Dieses wird mit dem Emissionsfaktor  $1,5 \text{ kg CO}_2 \text{ (kg TM)}^{-1}$  einbezogen (WEIDEMA et al. 2013 und CEDERBERG 2009 nach KTBL 2019). Es wird für Färsen und weibliches Jungvieh vereinfacht ein Verbrauch von 60 % im Vergleich zu Milchkühen nach GVE angenommen.

Der Anbau von Futtermitteln ist durch den eingesetzten Kraftstoff und die indirekte Energie zur Maschinenproduktion enthalten.

### Indirekte Maschinen- und Gebäudeemissionen

Über das Leergewicht ähnlicher Maschinen nach KTBL werden mit dem Faktor  $3,54 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (kg Maschinenmasse)}^{-1}$  von ROTZ et al. (2010: 1272) die Emissionen für die Erzeugung und Reparatur der Hauptmaschinen berechnet. Stahl wird hierbei als Hauptverursacher angesehen. Eine jährliche Verteilung der Maschinenemissionen erfolgt über die geschätzte Nutzungsdauer auf Basis des Nutzungspotentials in KTBL (2016). Über den Verteilungsschlüssel 1 werden sie dem Milchvieh zugeordnet. Es wird nach Nutzungsdauer eine Verschrottung angenommen.

Emissionen durch den Bau von Gebäuden werden nicht eingepreist, da alte abgeschriebene Gebäude genutzt werden. Die Entsorgung von Maschinen und Gebäuden wird nicht berücksichtigt.

### Energie und Kraftstoffe

Der gesamte Verbrauch von Strom, Gas, Wasser und Kraftstoffen für das Milchvieh fließt ein. Aus den Buchführungsergebnissen werden der Verbrauch von Wasser, Gas und Strom indirekt über die Durchschnittspreise ohne MwSt. des WJ 2019/20 laut DESTATIS (2021f) und lokaler Preise errechnet. Die Wassermenge der Tiere wird nach LfL (2020) geschätzt.

Es wird angenommen, dass die enthaltene Energiesteuer ausschließlich für die Bereitstellung und Infrastruktur der Energie verwendet wird und nicht als Ausgleich für  $\text{CO}_2$ -Emissionskosten dient. Die Positionen werden mit den entsprechenden Emissionsfaktoren verrechnet (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4: Emissionsfaktoren von Energie und Wasser**

Quelle: Eigene Darstellung

	Emissionsfaktor	Quelle
Trinkwasser	$0,409 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (m}^3\text{)}^{-1}$	Weidema et al. 2013 nach KTBL 2019
Diesel (Herstellung und Verbrennung)	$3,02 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (l)}^{-1}$	Weidema et al. 2013 nach KTBL 2019 mit Berechnungen von KTBL 2019
Gas	$0,202 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (kWh)}^{-1}$	LfU 2018; IPCC 2016

Auch beim Diesel sind Steuern und ein Erdölbevorratungsbeitrag (EBB) im Kraftstoffpreis enthalten. Es kann angenommen werden, dass die Energiesteuer (früher Mineralölsteuer) für die Erhaltung und den Ausbau von Straßen verwendet wird. Die landwirtschaftlichen Maschinen werden zwar hauptsächlich auf den Feldern bewegt, durch das gestiegene Gewicht moderner landwirtschaftlicher Maschinen, das zu einer stärkeren Straßenbelastung führt, kann diese Tatsache vernachlässigt werden. Die vollen THG für Kraftstoffe werden berechnet.

### Strommix

Als THG-Emissionsfaktor für den Strommix<sub>2019/20</sub> wird 0,5296 kg CO<sub>2 eq</sub> / kWh<sub>el</sub> verwendet (s. Tabelle 5). Die gesamte Stromerzeugung in Deutschland inklusive Vorketten ist einbezogen. Ermittelt wurde der Wert über den prozentualen Anteil der jeweiligen Energiequelle an der Bruttostromerzeugung und den individuellen Emissionen der verwendeten Energiequellen. Nach ICHA (2020: 9) wurden für die reinen direkten Emissionen des Strommix<sub>2019</sub> 401 kg CO<sub>2 eq</sub> / kWh<sub>el</sub> geschätzt.

Durch die Betrachtung der Bruttostromerzeugung werden auch Leitungsverluste und der Eigenbedarf der Kraftwerke einbezogen. Die Nettostromerzeugung würde den tatsächlichen Strommix, der beim Verbraucher ankommt, angeben.

Die Umweltkosten von Kernenergie sind nur schwer abzuschätzen. Unterschiedliche Studien weisen große Abweichungen auf, da die Bewertung von nuklearen Störfällen und Abfällen schwierig ist (MATTHEY und BÜNGER 2020: 19). Sie sind nach den Empfehlungen des Umweltbundesamts nach *Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten* über die Umweltkosten des höchsten Verursachers (Braunkohle) einbezogen.

**Tabelle 5: Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland inklusive Vorketten**

Stromerzeugung durch	Luftschadstoffe (ct <sub>2020</sub> (kWh <sub>el</sub> ) <sup>-1</sup> )	Emissionsfaktor (kg CO <sub>2 eq</sub> (kWh <sub>el</sub> ) <sup>-1</sup> )
Braunkohle	2,05	0,1880
Steinkohle	1,68	0,0839
Erdgas	0,87	0,0682
Öl	5,18	0,0067
<i>Erneuerbare Energien</i>		
Wasserkraft	0,06	0,0004
Windenergie	0,11	0,0023
Photovoltaik	0,43	0,0057
Biomasse	3,94	0,0202
<i>Strommix<sub>2019/20</sub></i>	1,43	0,5296

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Matthey und Bünger 2020: 19 mit Daten von Bachmann und van der Kamp 2018 und eigenen Berechnungen für den Emissionsfaktor des Strommix mit prozentualen Angaben der Bruttoenergieerzeugung nach BDEW 2021. Die Emissionswerte stammen aus dem Jahr 2016 mit Preisen umgerechnet auf 2020.

### 3.2.3.2 Luftschadstoffe und reaktiver Stickstoff

Es werden für den Strommix, Erdgas, die Treckerstunden ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ , NMHC) und die Fahrzeugkilometer (PKW) für Produktion und Vermarktung die Luftschadstoffe berechnet. Die Trecker und Fahrzeuge werden als Abgasstufe V eingeordnet. Weitere Annahmen zu Modell und Verbrauch werden aufgestellt. Für die betrieblichen Fahrzeugkilometer werden täglich 5 km angesetzt. Die Transportkilometer sind über den Dieserverbrauch mit angesetzten 10 Litern Verbrauch auf 100 km zu ermitteln. Die Unterschiede zwischen Nutzung innerorts und außerorts werden vernachlässigt, die mit höheren und niedrigeren gesundheitlichen Kosten eingingen.

### 3.2.3.3 Monetarisierung

#### Treibhausgase

Die verursachenden Stoffmengen der relevanten Gase werden mit entsprechenden Emissionsfaktoren multipliziert und in  $\text{CO}_2\text{eq}$  angegeben. Die berechnete Menge an  $\text{CO}_2\text{eq}$  ( $\text{kg ECM}$ )<sup>-1</sup> wird über vier Kostenszenarien monetarisiert. Die ersten beiden Szenarien beziehen sich auf die in Deutschland ab Januar 2021 (25 €/t  $\text{CO}_2$ ) bzw. 2025 (55 €/t  $\text{CO}_2$ ) geltende  $\text{CO}_2$ -Besteuerung für fossile Heiz- und Kraftstoffe (PRESSE- UND INFORMATIONSSAMT DER BUNDESREGIERUNG 2020). Szenario 3 (195 €<sub>2020</sub>/t  $\text{CO}_2$ ) und 4 (680 €<sub>2020</sub>/t  $\text{CO}_2$ ) beziehen sich auf mögliche zukünftige Preisansätze, die bereits vom Umweltbundesamt empfohlen werden. In Szenario 3 wird die Wohlfahrt heutiger gegenüber zukünftigen Generationen höher und in Szenario 4 gleich gewichtet (Matthey und Bünger 2020: 8).

#### Luftschadstoffe und reaktiver Stickstoff

Für  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen durch die Nutzung von Niedermooren werden 2,15 € kg für gesundheitliche Schäden nach GAUGLER und MICHALKA (2018: 20) angesetzt. Die berechneten Schadstoffwerte werden mit den Kostenfaktoren aus Tabelle 6 verrechnet.

**Tabelle 6: Kostenfaktoren für Luftschadstoffe**

Quelle: Eigene Darstellung

Luftschadstoffe von	Kostenfaktor	Quelle
Erdgas (Luftschadstoffe)	0,41 ct ( $\text{kWh}_{\text{el}}$ ) <sup>-1</sup>	Matthey und Bünger 2020 mit Daten von Bachmann und van der Kamp 2018
Dt. Strommix <sub>2019/20</sub>	1,43 ct ( $\text{kWh}_{\text{el}}$ ) <sup>-1</sup>	Eigene Berechnung basierend auf Matthey und Bünger 2020 und BDEW 2021
Fahrzeuge (Ausstoß und Abrieb)	1,8 ct ( $\text{FzKm}$ ) <sup>-1</sup>	INFRAS nach Matthey und Bünger 2020
Trecker ( $\text{NO}_x$ , NMHC, $\text{PM}_{10}$ )	7,68 ct $\text{h}^{-1}$	Eigene Berechnung basierend auf BAFU 2016, Matthey und Bünger 2020 und van der Kamp et al. 2017 nach Matthey und Bünger 2020

Kosten für Umweltschäden an Ökosystemen oder durch Landnutzungsänderungen sind in den Umweltkosten kaum oder gar nicht enthalten. Es erfolgt eine Bepreisung auf nationalem Niveau, da andernfalls genaue Daten der einzelnen Standorte notwendig wären (Matthey und Büniger 2020: 18).

#### **3.2.4 Kuhgebundene Kälberaufzucht**

Die erhöhten Kosten der Kälberaufzucht durch Ammen (ohne Melken) und Vollmilch für fünf Monate werden gedanklich als Wert für die kuhgebundene Kälberaufzucht mit zusätzlichem Tierwohl gesehen. Die Kälber bekommen zwei Monate länger Vollmilch, als nach Biorichtlinien (Art. 20 Abs. 1 Verordnung (EG) Nr. 889/2008) notwendig wäre. Diese Zusatzkosten werden als Wert für die kuhgebundene Kälberaufzucht ausgewiesen. Die berechneten pagatorischen und kalkulatorischen Erzeugungskosten pro kg ECM werden für die Milchproduktion mit dem Verbrauch durch die weibliche Nachzucht multipliziert. Die Kosten sind in den Erzeugungskosten bereits enthalten. Die Futtermittelkosten einer alternativen Kälberaufzucht werden nicht berechnet.

Der gesamtbetriebliche Wert für mehr Tierwohl ergibt sich aus der Differenz zwischen den Erzeugungskosten für die verkaufsfähige Milch pro kg ECM und den Kosten für die Erzeugung aus der möglichen Gesamtmilchmenge pro kg ECM, die den Milchverzehr durch Kälber einbezieht.

#### **3.2.5 Beihilfen und Zuschüsse**

Beihilfen aus Direktzahlungen, Zuschüsse und die Bioprämie, die geringere Leistungen des ökologischen Landbaus ausgleichen soll, haben keinen Einfluss auf die wahren Kosten. Sie werden nur für die betriebliche Betrachtung am Ende der Berechnung abgezogen, um Verkaufspreisuntergrenzen zu ermitteln. Sie werden anteilig über die Verteilungsschlüssel dem Milchvieh zugeordnet.

Eine Entlohnung für Pflegearbeiten der Naturschutzflächen und Zuschüsse durch die Agentur für Arbeit sind ebenfalls einbezogen.

#### **3.2.6 Weitere mögliche Kosten und Leistungen**

Eine detailliertere Betrachtung könnte weitere externe Kosten und Leistungen einbeziehen. Diese sind im Folgenden aufgelistet und werden beim Beispielbetrieb nicht berechnet. Zahlreiche Punkte dürften beim Beispielbetrieb nicht existent sein bzw. sind im berechneten Preis indirekt (als Leistungen) enthalten.

## **1. Gesundheit**

- a. Gesundheitliche Risiken eines zu hohen Milch- oder Fleischkonsums
- b. Mögliche ernährungsphysiologische Vorteile von Heumilch (Weidefleisch) gegenüber regulärer Milch (Fleisch)
- c. Einsatz von (Reserve-)Antibiotika in der Tierhaltung
- d. Pestizide im Ackerfutterbau

## **2. Tierwohl**

- a. Weideschuss ohne Stress vor dem Schlachten
- b. Keine Kastration der Bullen

## **3. Umwelt und Klima**

- a. Entsorgung und Verwertung von Maschinen: Recyclinggrad verursacht entweder Gutschriften oder weitere Kosten
- b. Fehlerhaftes Weidemanagement und die ausreichende Versorgung des Bodens mit Nährstoffen
- c. Externe Effekte von Lohnunternehmermaschinen
- d. Umweltkosten für Energie und belastete Abwässer in Schlachtbetrieben
- e. Feinstäube und andere Luftschadstoffe für Abrieb und vorgelagerte Prozesse
- f. Umweltkosten für Verbrauch und Zerschneidung von Flächen für Transport

## **4. Gesellschaft und Soziales**

- a. Lärmbelästigung
- b. Geruchsemissionen
- c. Umsiedlung von Menschen für Rohstoffe
- d. Faire Entlohnung von Lohnarbeit
- e. Hungernde Menschen und der Anbau von Ackerfutter für Nutztvieh

## **5. Ökonomisch**

- a. Höhere Förderkosten bei weniger natürlichen Ressourcen
- b. Höhere zukünftige Pachtpreise

## 4 Ergebnisse

In der exemplarischen Rechnung am Beispielbetrieb werden die pagatorischen und kalkulatorischen Kosten, externen Effekte, Beihilfen und Zuschüsse sowie die kuhgebundene Kälberaufzucht individuell aufgeführt. Die betrieblichen Kosten werden für die einzelnen Betriebszweige aufgeschlüsselt.

### 4.1 Pagatorische Kosten

Die gesamten pagatorischen Kosten der Milcherzeugung (abzgl. Rindfleischerlöse) liegen pro kg ECM bei 82,5 ct. Die größten Kostenpositionen stellen Energie und Wasser mit 19,8 ct und die Pacht mit 28,9 ct dar (s. Tabelle 7). Mit Abschreibungen von 24 ct erreichen die Kosten 106,5 ct (kg ECM)<sup>-1</sup>. Für Abfüllung und Vermarktung entstehen weitere 78,8 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> Kosten (detailliert in Anhang 1).

**Tabelle 7: Kostenpositionen der Milcherzeugung**

Quelle: Eigene Darstellung

<i>Pagatorische Kostenpositionen</i>	(ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )
<i>Milcherzeugung</i>	
+ Zugekaufte Futtermittel	1,4
+ Futteranbau (Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel)	2,3
+ Kosten der Tierhaltung (Tierarzt, Medikamente etc.)	8,5
+ Gebühren und Beiträge (Tierversicherung, Hausversicherung)	9,6
+ Unterhalt Gebäude und bauliche Anlagen	2,9
+ Unterhalt technische Anlagen und Maschinen	13,5
+ Energie und Wasser	19,8
+ Lohnarbeit	12,0
+ Personalaufwand	11,4
+ allgemeiner Betriebs- und Materialaufwand	5,3
+ Pacht	28,9
+ Zinsen und Steuern	4,2
= <i>Zwischensumme</i>	119,8
- abzgl. Rindfleischerlöse	-36,6
- abzgl. Bullenkälbererlöse	-0,7
= <i>Pagatorische Kosten der Milcherzeugung</i>	82,5
+ Pagatorische Kosten der Milchabfüllung	61,2
+ Pagatorische Kosten der Milchvermarktung	17,6
= <i>Pagatorische Kosten der Konsummilch</i>	161,3

## 4.2 Kalkulatorische Kosten

### Lohnansatz

In den drei Lohnansatzszenarien der nicht entlohnten Arbeitskräfte liegt der gesamte Brutto-Jahreslohn für Konsummilch inklusive Arbeitgeberanteile zur Sozialversicherung bei 35.424 € bis 74.124 € für 2337 geleistete Stunden. Fiktive Fremdarbeitskräfte verursachen durch eine geringere effektive Stundenzahl als vergütet rund 25,5 % höhere Kosten als selbstausgeführte Arbeit (s. Abbildung 11).

Der betriebliche Mindestpreis für Konsummilch liegt beim niedrigsten Lohnansatz von 15,16 € h<sup>-1</sup> (inklusive Arbeitgeberanteil) bei ca. 2,67 € (kg ECM)<sup>-1</sup>. Es sind keine Rücklagen für veraltete Gebäude und Maschinen oder ein Personallohnansatz enthalten. Dadurch steigt der Preis auf 3,05 € (kg ECM)<sup>-1</sup>. Der Personallohn liegt in diesem Szenario bei 14 € h<sup>-1</sup>.

Die bezahlte Stundenzahl des mittleren Szenarios als Basis nehmend beträgt der Stundenlohn der effektiven Arbeit durch die nAK 15,85 € bzw. 19,02 € h<sup>-1</sup> mit Arbeitgeberanteil und auf die Milch bezogen 82,3 ct (kg ECM)<sup>-1</sup>. Der Milchpreis liegt in diesem Fall bei 3,22 € (kg ECM)<sup>-1</sup>.

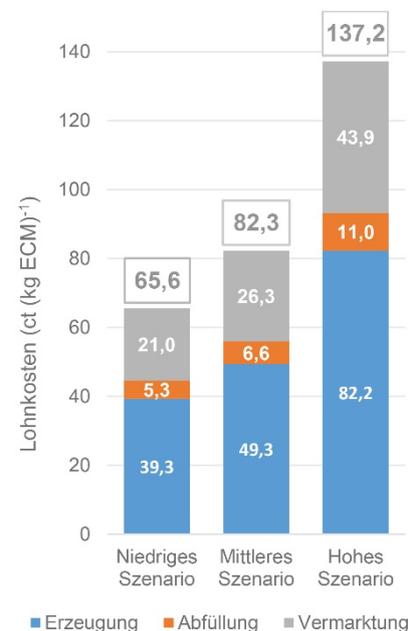
Den größten Anteil an den nicht entlohnten Arbeitsstunden für Konsummilch hat die Landwirtschaft, auf die fast 80 % der Arbeitsstunden entfallen.

Die tatsächlichen jährlichen gesetzlichen Beiträge für die landwirtschaftliche Krankenversicherung, Pflegeversicherung und Alterskasse betragen 9.787 € bzw. 19,5 % des Bilanzgewinns. Anteilig fallen nach Verteilungsschlüssel 1 6.522 € pro Jahr bzw. 9 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> auf die Milch. Die landwirtschaftlichen Versicherungsbeiträge sind gewinnunabhängig, müssen aus den Gewinnen bezahlt werden und sind deshalb keine pagatorischen Kosten.

### Vergleich zu Erzeugerpreisen von Molkereien

Der Bio-Milchpreis ab Hof lag 2019/20 im Durchschnitt bei 47,17 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> (BLE 2021c). Das ergäbe bei Einhaltung entsprechender Qualitätskriterien für die verkaufbare Milch Einnahmen in Höhe von 33.025 € gegenüber Kosten von 77.864 € pro Jahr. Durch Beihilfen und Zuschüsse verblieben 38.960 € im Betrieb. Dies wird in Tabelle 8 mit möglichen Bio-

**Abbildung 11: Lohnkostenszenarien mit Arbeitgeberanteil**  
Quelle: Eigene Darstellung



Heumilchpreisen mit kuhgebundener Kälberaufzucht in einer Allgäuer Molkerei von 54 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> verglichen (Allgäuer Hof-Milch GmbH o.J.).

**Tabelle 8: Einfluss der Beihilfen auf das Einkommen bei Ablieferung an Molkereien**

Quelle: Eigene Darstellung nach Jürgens und Poppinga (2019) mit durchschnittlichen Biomilchpreisen für 2019/20 nach BLE (2021c) und Bio-Heumilch nach Allgäuer Hof-Milch GmbH (o.J.)

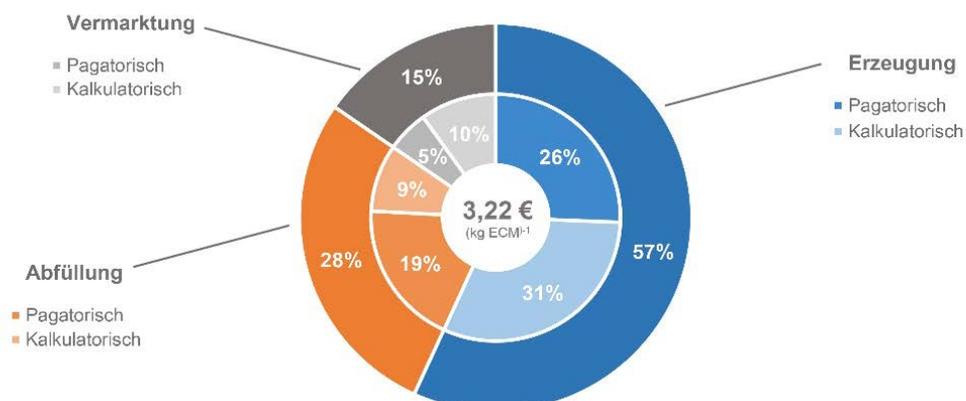
	Biomilch	Bio-Heumilch (ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )
<i>Pagatorische Kosten + Abschreibungen</i> (abzgl. Rindfleischerlöse)	106,5	106,5
<i>Einnahmen über Milchauszahlungspreis</i> (ab Hof)	47,2	54,0
<i>Einnahmen aus Direktzahlungen und Zuschüssen</i>	115,3	115,3
davon Direktzahlungen (Basisprämie)	57,4	57,4
davon Bioprämie	41,6	41,6
davon Agrarumweltmaßnahmen	1,6	1,6
davon sonstige Zuschüsse	14,7	14,7
<i>Gesamteinnahmen</i>	162,4	169,3
<i>verbleibende Einkünfte</i>	55,9	62,7
<i>Mittlerer Lohnansatz</i> (19,02 € inkl. Arbeitgeberanteil)	49,3	49,3
<i>Prozentanteil realer Einkünfte an Lohnansatz</i>	113,4 %	127,2 %

Ohne die sonstigen einmaligen oder wiederkehrenden Zuschüsse in Höhe von 14,8 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> wären durch die Basisprämie, Bioprämie und AUM 83,51 % bzw. 97,36 % des mittleren Lohnansatzes gedeckt.

Von den gesamten pagatorischen und kalkulatorischen Kosten der Konsummilch fallen beim mittleren Lohnansatz mit Personallohnansatz rund 58 % auf die Milcherzeugung (s. Abbildung 12). Das Verhältnis von pagatorischen und kalkulatorischen Kosten ist bei den einbezogenen Ansätzen nahezu ausgeglichen.

**Abbildung 12: Anteil der pagatorischen und kalkulatorischen Konsummilchkosten**

Quelle: Eigene Darstellung



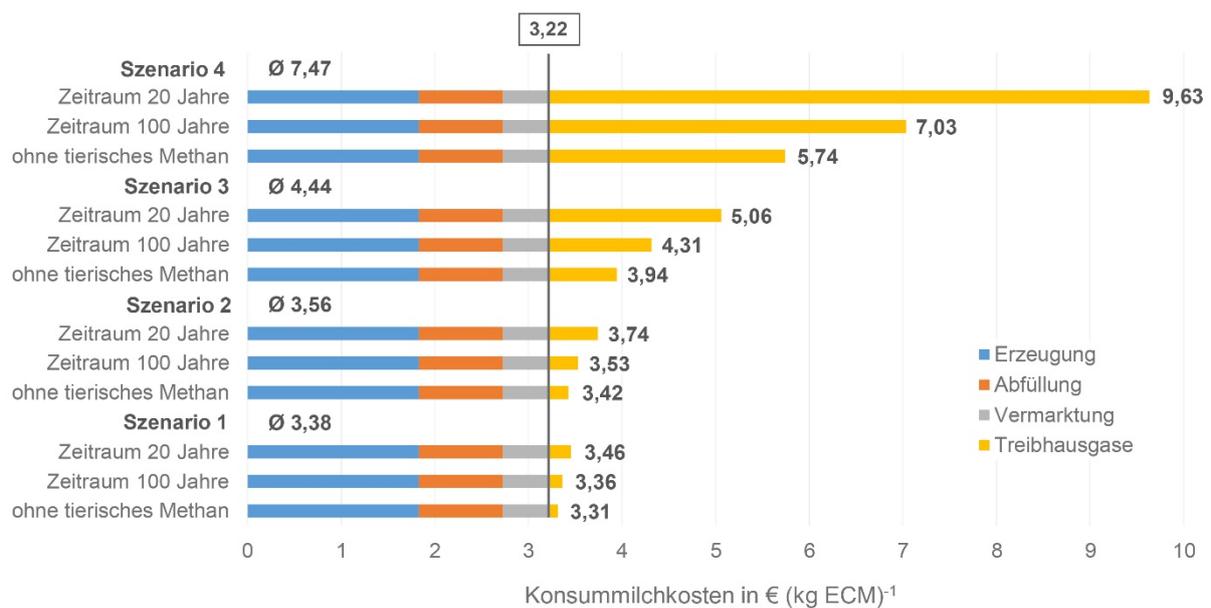
## 4.3 Externe Kosten

### 4.3.1 Treibhausgase

In den verschiedenen Kostenszenarien (mit und ohne Methan<sub>ent, excr</sub>) betragen die Kosten für Treibhausgase zwischen 9,27 ct und 6,41 € (kg ECM)<sup>-1</sup>. Dies führt zu Konsummilchkosten zwischen 3,31 € und 9,63 € (kg ECM)<sup>-1</sup> (s. Abbildung 13 und Anhang 14).

**Abbildung 13: Einfluss der Treibhausgasszenarien auf die Milchkosten**

Quelle: Eigene Darstellung



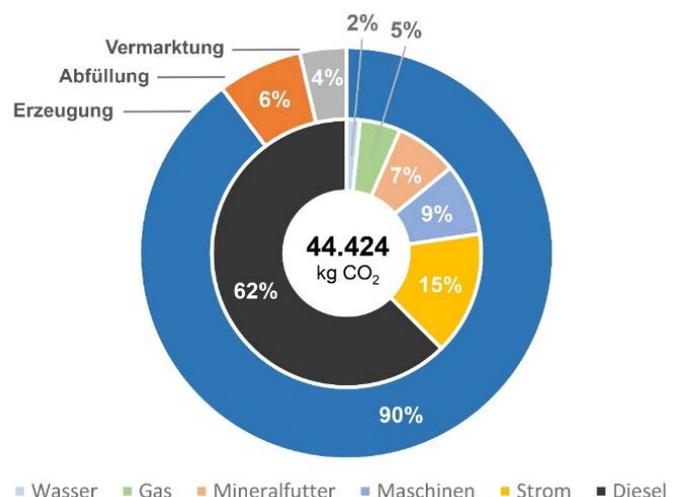
Der Anteil von Energie (Diesel, Strom und Gas), Wasser, Maschinen und Futtermitteln liegt zwischen 7,7 % und 19,5 %. Auf die Milcherzeugung entfallen 88,4 % der Energie- und Wasseremissionen und 93,5 % der einbezogenen Geräte- und Maschinenemissionen.

Diesel ist mit 62 % der größte Faktor an den direkten und indirekten Emissionen der gelisteten Faktoren (s. Abbildung 14). Im Diesel ist der hofeigene Futtermittelanbau enthalten.

Durch den Einbezug von Methan aus der enterischen Fermentation und CO<sub>2</sub> durch Landnutzung verschieben sich die Verhältnisse.

**Abbildung 14: CO<sub>2</sub>-Emissionen von Produktionsfaktoren**

Quelle: Eigene Darstellung



### 4.3.2 Methan

Das meiste Methan mit 98,8 % stammt aus der enterischen Fermentation. Über die Exkremente entsteht der verbleibende Anteil. Bei einer Systemerweiterung – dem Abzug fürs Fleisch – als Allokationsmethode entfallen 84,7 % auf das Milchvieh. Der Ausstoß von Methan ist bei Bezug auf die verkaufbare Milchmenge erhöht und bei der möglichen Gesamtmilchmenge gesenkt (s. Tabelle 9).

**Tabelle 9: Milchmengen- und bezugsgrößenabhängige Methanemissionen aus der enterischen Fermentation**

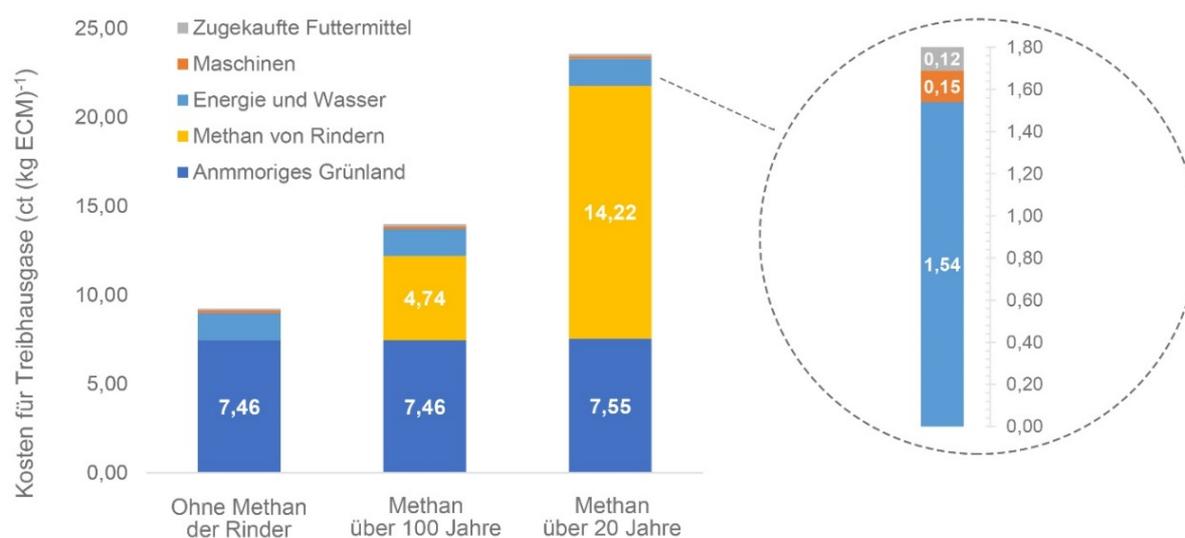
Quelle: Eigene Darstellung

Betrachtung von	Ohne Allokation		Mit Allokation	
	Nachzucht der Milchkühe			
	exkl.	inkl.	exkl.	inkl.
verkaufbare Milchmenge (g Methan (kg ECM) <sup>-1</sup> )	78,6	86,8	66,5	73,5
Gesamtmilchmenge (g Methan (kg ECM) <sup>-1</sup> )	50,4	55,6	42,7	47,1
Milchkuh (kg CH <sub>4</sub> Kuh <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	117,3	129,5	99,3	109,7

Das Szenario 1 mit einem Preisansatz von 25 € (t CO<sub>2</sub> eq)<sup>-1</sup> ist in Abbildung 15 beispielhaft abgebildet. Die jeweiligen Anstiege je nach Betrachtungsweise von tierischem Methan (abhängig von Wirkung und Zeitraum) liegen bei 51,2 % und 68,4 %.

**Abbildung 15: Kosten für Treibhausgase mit verschiedenen Betrachtungsweisen von Methan**

Quelle: Eigene Darstellung



### 4.3.3 Landnutzung

Die Landnutzung von Niedermoorböden stellt den größten möglichen Kostenfaktor dar. Ohne Emissionen der anmoorigen Flächen liegt der THG-Ausstoß für die verkaufsfähige Milch bei  $2,44 \text{ kg CO}_2 \text{ eq (kg ECM)}^{-1}$  und für die Gesamtmilchmenge ohne eine innerbetriebliche Verwendung für die Kälberaufzucht bei  $1,57 \text{ CO}_2 \text{ eq (kg ECM)}^{-1}$  (s. Tabelle 10).

### 4.3.4 Luftschadstoffe und reaktiver Stickstoff

Die einbezogenen Luftschadstoffe und der reaktive Stickstoff verursachen Kosten von  $1 \text{ ct (kg ECM)}^{-1}$ .

### 4.3.5 Strom

Es wurden insgesamt bei Umrechnung des Dieserverbrauchs des Melkaggregats ein durchschnittlicher Stromverbrauch von  $351 \text{ kWh (gemolkene Kuh)}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für die Milcherzeugung ermittelt. Dies entspricht  $0,15 \text{ kWh}_{\text{el}} \text{ (kg ECM)}^{-1}$ .

**Tabelle 10: Gesamt-THG-Emissionen in Abhängigkeit von Landnutzung und Milchmenge (mit Allokation aufs Fleisch für  $\text{CH}_4$ , ent-exr)**

Quelle: Eigene Darstellung

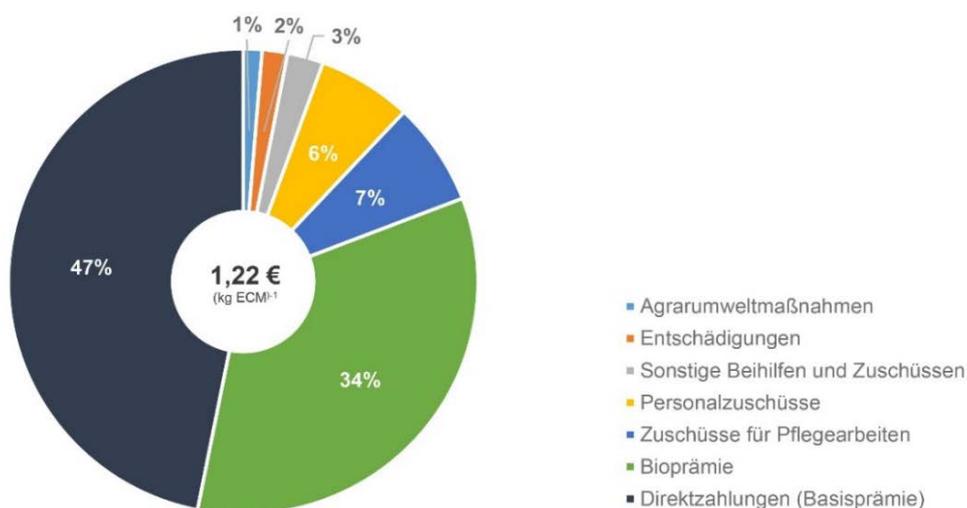
Betrachtung von	Treibhausgas-Emissionen ( $\text{kg CO}_2 \text{ eq (kg ECM)}^{-1}$ )
<i>verkaufsfähige Milchmenge</i>	
anmoorig	5,43
nicht anmoorig	3,48
<i>Gesamtmilchmenge</i>	
anmoorig	2,44
nicht anmoorig	1,57

## 4.4 Beihilfen und Zuschüsse

Der größte Teil der Beihilfen und Zuschüsse entfällt mit  $94,1 \%$  bzw.  $1,15 \text{ € (kg ECM)}^{-1}$  auf die Landwirtschaft (Erzeugung).  $81 \%$  sind die Basis- und Bioprämie (s. Abbildung 16). Nur die Personalzuschüsse sind nach Lohnkostenanteil auf die Betriebszweige aufgeteilt. Die gesamten staatlichen Zuschüsse des Betriebs liegen mehr als  $130 \%$  über dem steuerlichen Gewinn.

**Abbildung 16: Aufteilung der Beihilfen und Zuschüsse**

Quelle: Eigene Darstellung

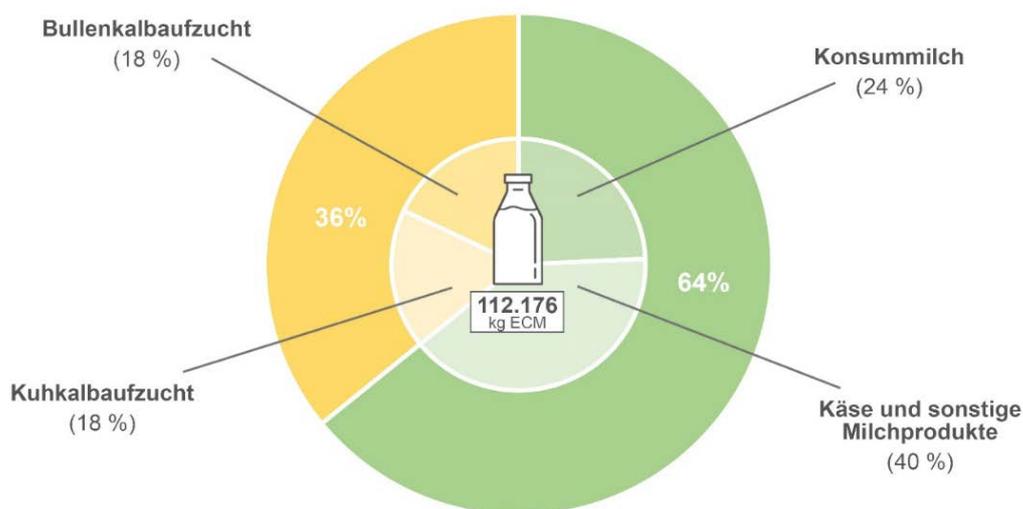


## 4.5 Kuhgebundene Kälberaufzucht

Mit 71.920 kg ECM erreichen rund 64 % der möglichen produzierten Milch die Käserei. Der Rest wird innerbetrieblich für die Kälberaufzucht verwendet (s. Abbildung 17).

**Abbildung 17: Milcherzeugung und innerbetrieblicher Gesamtverbrauch**

Quelle: Eigene Darstellung



Eine verkürzte Vollmilch-Kälberaufzucht um zwei Monate ergibt bei rechnerischen 8,56 Ammen der Milcherzeugung und täglichen 15 kg Milch eine Milchmenge von 8.051 kg ECM. Dies entspricht einer Reduktion der innerbetrieblich verwendeten Milch (im Betriebszweig Milchproduktion) von rund 22 % auf 13 %. Die betrieblichen Milchkosten einschließlich Abfüllung und Vermarktung wären bei Einbezug dieser Menge 32,4 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> bzw. 10,1 % niedriger. Bei einer innerbetrieblichen Verwendung von nur 6 % – dies entspricht ungefähr den 236 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in der konventionellen Milchviehhaltung (BLE 2021b) – wären sie sogar um 54,4 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> bzw. 16,9 % reduziert (s. Tabelle 11). Die pagatorischen Erzeugungskosten mit Abschreibungen lägen bei 88,1 ct (kg ECM)<sup>-1</sup>.

**Tabelle 11: Vergleich der innerbetrieblichen Milchverwendung**

Quelle: Eigene Darstellung

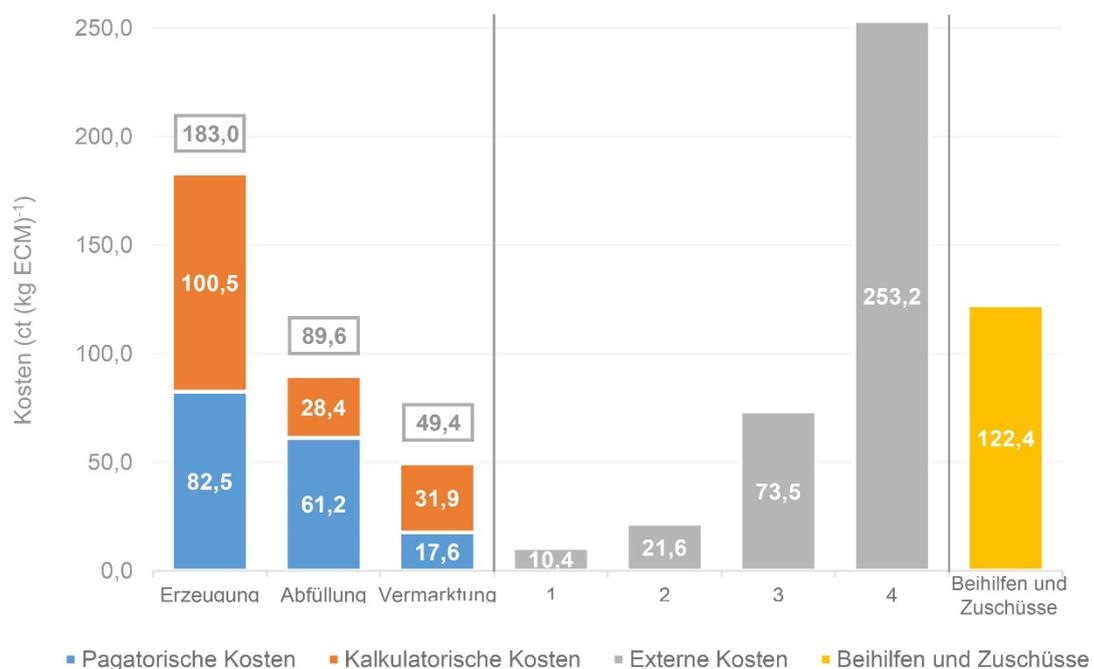
	Innerbetriebliche Verwendung in Milchproduktion			Kuhkälberaufzucht von	
	22 %	6 %	Differenz (ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )	90 Tage	Differenz
Erzeugung	183,0	152,1	30,9	164,6	18,4
Abfüllung	89,6	74,5	15,1	80,6	9,0
Vermarktung	49,4	41,1	8,3	44,5	5,0
<b>Gesamt</b>	<b>322,1</b>	<b>267,7</b>	<b>54,4</b>	<b>289,6</b>	<b>32,4</b>

## 4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Beispielbetrieb lagen die betrieblichen Mindestpreise bei mittlerem Lohnansatz im WJ 2019/20 bei 3,22 € (kg ECM)<sup>-1</sup>. Durch externe Kosten (ohne tierisches Methan) steigen sie je nach Kostenszenario der Treibhausgase um 10,4 ct bis 2,53 € und ergeben einen wahren Preis von rund 3,32 € – 5,75 € (kg ECM)<sup>-1</sup> (s. Abbildung 18). Dies bedeutet nach Abzug der Beihilfen und Zuschüsse einen Verkaufspreis von 2,10 € – 4,53 € (kg ECM)<sup>-1</sup>. Rund 63,0 % der Erzeugungskosten und 38,0 % der betrieblichen Kosten für Konsummilch wurden durch Beihilfen und Zuschüsse gedeckt.

**Abbildung 18: Kostenpositionen der Milch ohne tierisches Methan**

Quelle: Eigene Darstellung



## 5 Diskussion

In der Arbeit wurde ein Ausschnitt der wahren Kosten für das Wirtschaftsjahr 2019/20 ermittelt. Die ermittelten Kosten- und Leistungen stellen eine Momentaufnahme dar. Da es sich um einen jungen Betrieb handelt, der in den letzten Jahren noch im Wachstum und Bestandsaufbau war, muss von veränderlichen Daten in kommenden Jahren ausgegangen werden. Die Milchleistung und die Nutzungsdauer der Milchkühe könnten steigen und dadurch die Kosten senken.

### 5.1 Inhaltliche Diskussion

Als Einstieg in die Diskussion werden die Forschungsfragen erneut aufgeführt:

1. Wie kann die wesensgemäße Milchviehhaltung ganzheitlich betrachtet eine nachhaltige Lösung darstellen und wie hoch müssten die Preise der Milch sein, um die Kosten langfristig zu decken?
2. Welche Rolle spielt die faire Entlohnung der Menschen und wie hoch ist sie?
3. Könnte ein solches System zu aktuellen Marktpreisen bestehen oder ist die eigene Verarbeitung mit Direktvermarktung der einzige Weg?
4. Welche Faktoren verzerren die Umweltverträglichkeit einer extensiven Milchviehhaltung und wie kann eine realistischere Handhabung erfolgen?

#### 5.1.1 Betriebliche Kosten

Die Milcherzeugungskosten des Beispielbetriebs sind deutlich höher als die veröffentlichten Kosten von Biomilch. Als Durchschnitt der WJ 2013/14 – 2017/18 geben JÜRGENS und POPPINGA (2019: 17) pagatorische Kosten (inkl. Abschreibungen und abzgl. Rindererlöse) von rund 51,5 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> an. Im Beispielbetrieb sind diese Kosten mit 106,5 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> mehr als doppelt so hoch. Die extensive Weidehaltung mit geringen Milchleistungen und einer hohen innerbetrieblichen Verwendung für die Kälberaufzucht sowie relativ hohe Arbeitskosten pro kg ECM sind hierfür hauptverantwortlich. In den ökologischen Vergleichsbetrieben lag die Milchmenge im Durchschnitt bei 6.289 kg ECM Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Die Anzahl der nAK und der Milchkuhbestand waren vergleichbar. Der Milchkuhbesatz war allerdings mit 72,5 Milchkühen (100 ha)<sup>-1</sup> rund 50 % höher als im Beispielbetrieb.

Der Unterschied schrumpft bei einer Kälberaufzucht von nur drei Monaten auf 36,6 ct (kg ECM)<sup>-1</sup>. Nach einer theoretischen Korrektur auf die gleiche Milchmenge sind die Kosten für Abschreibungen vergleichbar. Die Pachtkosten bleiben beim Beispielbetrieb durch fehlende eigene Flächen und den niedrigen Besatz deutlich erhöht.

Unterschiede in der Berechnung können weitere Unterschiede erklären. Ein Pachtansatz für eigene LF wurde in den ökologischen Vergleichsbetrieben nicht einbezogen. Auch wurde keine Inflationskorrektur der Abschreibungswerte vorgenommen, die im Beispielbetrieb bei 3,4 ct (kg ECM)<sup>-1</sup> liegt.

Betrieblich profitiert der Beispielbetrieb von überdurchschnittlich hohen Direktzahlungen und Zuschüssen in Relation zum Umsatz sowie Gewinn und verhältnismäßig niedrigen Pachten pro Hektar, da die Flächen in Naturschutzgebieten mit Nutzungsaufgaben liegen. Der Anteil der Zuschüsse an den Erzeugungskosten liegt mit 63,0 % 2,4-mal höher als bei den Biovergleichsbetrieben mit 26,2 %. Enthalten sind allerdings auch Zahlungen einer Umweltschutzorganisation für Pflegearbeiten mit 7 % der Gesamtzuschüsse. Diese wurden als notwendige Arbeiten der gepachteten Flächen angenommen, weshalb sie nicht als Lohnarbeit, sondern als Zuschüsse einfließen. Zuschüsse und Beihilfen verändern wie beschrieben nicht die wahren Kosten. Der Träger der Kosten ist in diesem Fall lediglich die öffentliche Hand und indirekt der Steuerzahler. Die öffentlichen Zahlungen übersteigen den Gewinn um ein Vielfaches und können als Entlohnung für öffentliche Leistungen wie Tierwohl, Biodiversitätserhalt und Grünlandpflege gesehen werden.

Durch das nicht vorhandene eigene Land ist der Beispielbetrieb allerdings einem erhöhten Risiko von steigenden Pachtpreisen ausgesetzt, die die Kosten auf Dauer steigen ließen. Die Pachtkosten – am mittleren bundeslandabhängigen Pachtpreis orientiert – wären bereits über 8300 € bzw. 27 % höher. Mögliche Nutzungsänderungen oder Wiedervernässungsmaßnahmen der gepachteten Niedermoorböden könnten ebenfalls zu einem Wegfall der Flächen führen.

### **Faire Entlohnung**

Einen pauschalen Wert für faire Entlohnung festzulegen ist schwierig. Die Beurteilung nach Deckung der Lebenshaltungskosten und der Befriedigung von gesellschaftlich üblichen Luxusbedürfnissen (HELLBERG-BAHR und SPILLER 2011: 271) stellt eine subjektive Herangehensweise dar, die starke Abweichungen verursachen kann.

Eine hedonische Bewertungsmethode, die den Menschen nach intrinsischen und extrinsischen Maßstäben beurteilt und die persönlichen Faktoren wie Geschlecht, Alter und Qualifikation miteinbezieht (vgl. FAO 2016: 70), erscheint im Hinblick auf das Wohlbefinden des Menschen als sinnvollerer Weg. Diese würden sich in branchenübergreifenden Opportunitätskosten auf dem Arbeitsmarkt ausdrücken, allerdings auch eine faire Entlohnung in anderen Branchen voraussetzen.

Wenn faire Löhne die Existenzsicherung in der gesamten Wertschöpfungskette sicherstellen sollen, zeigt der Rückgang landwirtschaftlicher Betriebe ein strukturelles Problem der Ernährungswirtschaft und eine ungerechte Lohnstruktur. Ein Vergleich zu den deutlich höheren Gehältern in der Lebensmittelindustrie, die von landwirtschaftlichen Produkten abhängig ist, bestätigt die Annahme. Der höchste Lohnansatz mit Gehältern aus dieser Branche liegt mehr als doppelt so hoch wie der mittlere Ansatz. Letztlich ist eine faire Entlohnung entlang der Wertschöpfungskette nicht gegeben, wenn Milch unterhalb der Erzeugungskosten verkauft wird und das Einkommen von vielen Landwirten unterhalb vom Mindestlohn liegt (s. BAL und EMB 2018; JÜRGENS und POPPINGA 2019).

In der öffentlichen Debatte wird ein großer Wert aufs Tierwohl gelegt. Die starke Verbindung zwischen dem Wohl des Landwirts und des Tieres (HANSEN und ØSTERÅS 2019) sollte durch höhere Milch- und Fleischpreise berücksichtigt werden. Niedrige Preise setzen neben Landwirten auch die Tiere unter Druck. Dies zeigt sich in erhöhten Milchleistungen, die sich in Lahmheit (HOEDEMAKER et al. 2020: 145; ARCHER et al. 2010), Stoffwechselerkrankungen und Fruchtbarkeitsstörungen (FLEISCHER et al. 2001: 2028f.) ausdrücken können.

Die Bedeutung eines guten Managements fürs Tierwohl wurde in zahlreichen Studien erwähnt (s. ARNOTT et al. 2017: 9; WAGNER et al. 2017; ÓZSVÁRI 2017: 6; HOEDEMAKER et al. 2020: 141). Dies setzt sowohl Motivation und Zeit zur Betreuung der Tiere als auch Fachkenntnisse der Mitarbeiter über die Charakteristika und Bedürfnisse der Tiere voraus, die in künstlichen Umgebungen auf den Menschen angewiesen sind. Dadurch kann frühzeitig auf Krankheiten wie Lahmheit reagiert werden und diese präventiv über Weidegang, Fütterung und angepasste Ställe vermieden werden. Im Beispielbetrieb schließt es die Überwachung der Ammengruppen ein, um eine ausgewogene Ernährung der Kälber sicherzustellen und Konkurrenzsituationen zwischen den Kälbern zu vermeiden. Dies spiegelt sich in erhöhten Lohnkosten wieder.

Grundsätzlich ermöglichen höhere Preise bzw. faire Löhne mehr Tierwohl durch intensivere Betreuung und Investitionen in tiergerechtere Haltungssysteme (vgl. HANSEN und ØSTERÅS 2019). Technische Erneuerungen spielen im Beispielbetrieb wegen Weidehaltung bzw. ganzjährigem Weidegang eine untergeordnete Rolle. Doch höhere Preise können die geringeren Milchleistungen eines extensiven Weidesystems – mit geringer Besatzdichte, Nutzungsauflagen und sinkender Futterqualität im Jahresverlauf – im Vergleich zu einer intensiven ganzjährigen Stallhaltung ausgleichen. Auch der Arbeitszeitaufwand für Tierbetreuung, Zaunbau- und -kontrolle ist im extensiven System (bezogen auf die Milchmenge) erheblich erhöht.

Höhere Einnahmen könnten ebenfalls helfen, eine Überlastung einzelner (n)AK bei weniger Wochenstunden zu vermeiden und die langfristige Gesundheit der Mitarbeiter sicherzustellen. Der Zusammenhang von Gesundheit und Lohnniveau wurde in dieser Arbeit allerdings nicht untersucht. Sollten höhere Löhne zu einer besseren Gesundheit führen, würde es bedeuten, dass die wahren Kosten durch niedrige Löhne ebenfalls durch die Gesundheitskomponente für Löhne ergänzt werden müsste. Dieser Fall wäre auch bei unzureichender Betriebsausstattung mit einem erhöhten Verletzungsrisiko oder körperlicher Überlastung zutreffend. Dies könnte auch negative Auswirkungen auf das Tierwohl haben.

### **5.1.2 Direktvermarktung als Lösung**

Die Direktvermarktung ist beim System des Beispielbetriebs die einzige Möglichkeit, um die vollen pagatorischen und kalkulatorischen Kosten einzunehmen. Im Vergleich zu durchschnittlichen Preisen von Biomilch und Heumilch wäre zwar der mittlere Lohnansatz gedeckt (s. Tabelle 8), aber ein erhöhter Personallohn und weitere Rücklagen für veraltete Maschinen und Gebäude wären nicht enthalten. Außerdem besteht in diesem Fall nicht nur eine Abhängigkeit von staatlichen Prämien (Basis- und Bioprämie), sondern auch von Zuschüssen durch die Umweltorganisation, staatlichen Entschädigungen und Investitionszuschüssen. Andernfalls wäre der Lohnansatz nicht voll gedeckt.

Eine langfristige Betriebsausübung wäre durch die fehlende Einpreisung genannter Faktoren finanziell gefährdet. Zu niedrige Erlöse könnten auch zu einer Abwanderung von qualifizierten Mitarbeitern in andere Branchen oder Betriebe führen.

Eine Abkopplung von volatilen Märkten und schwankenden Erzeugerpreisen kann auch eine höhere Umsatzstabilität bringen.

Die Direktvermarktung kann für einen einzelnen Betrieb mit großem Einzugsbereich praktikabel sein. Um größere Strukturen zu erreichen, wären höhere Einkaufspreise im Supermarkt angebracht, die den Landwirten ein faires Einkommen gewähren und externe Leistungen entlohnen. Alternativen könnten andere Marktsysteme sein wie Branchenverträge mit Mindestpreisen und -mengen oder eine Vertragslandwirtschaft, in der alle ökonomischen und klimatischen Risiken auf die Gesellschaft verteilt werden und der Landwirt einen festen Lohn erhält.

### **5.1.3 Effekte der kuhgebundenen Kälberaufzucht**

Die kuhgebundenen Kälberaufzucht zeigt nach KÄLBER und BARTH (2017: 52) langfristig keine Effekte auf die Tiergesundheit oder Leistungsfähigkeit. Die Vorteile treten erst unter Einbezug einer erweiterten Sicht auf das Tierwohl hervor, das nicht nur Leistungsmerkmale und

die Abwesenheit von Leid einbezieht, sondern auch positive Reize und die Möglichkeit eine natürliche Lebensweise zu führen (vgl. FRASER 2009; DUNCAN 2005). Der Spieltrieb ist bei Kälbern mit mehr Platz erhöht und die soziale Eingliederung in die Herde könnte durch mehr soziale Interaktionen mit älteren Tieren verbessert sein (WAIBLINGER et al. 2020a). Dies stellt eine Leistung des Beispielbetriebs dar, die mit den Vorstellungen der Konsumenten übereinstimmt (vgl. BUSCH et al. 2017) und als Differenzierungsmerkmal auf dem Markt dient.

Die Ammen wiesen nach betrieblicher Aussage nach der Ammenzeit keine geringeren Milchleistungen auf wie von BARTH (2020) beschrieben. Die hohe innerbetriebliche Milchverwendung ohne Melken der Ammen bedeuten jedoch hohe Opportunitätskosten, da weniger verkaufbare Milch zur Verfügung steht. Es können mindestens  $32,4 \text{ ct (kg ECM)}^{-1}$  (abzgl. Kosten möglicher Fütterungsalternativen) bei einer verkürzten Vollmilchdauer um zwei Monate für die Konsummilch angenommen werden.

Der Vergleich zu angesetzten 6 %, die dem durchschnittlichen innerbetrieblichen Verbrauch der konventionellen Milchviehhaltung entsprechen, verdeutlicht die erhöhten Kosten der biologischen Produktion für die Kälberaufzucht. Am Betrieb lässt sich eine Kostendifferenz von  $22,0 \text{ ct (kg ECM)}^{-1}$  berechnen.

Es werden nur  $0,82 \text{ Kälber Kuh}^{-1} \text{ a}^{-1}$  geboren. Der Wert liegt unter den üblichen  $0,9 \text{ Kälbern Kuh}^{-1}$ . Dies könnte auf eine längere Zwischenkalbezeit und eine mögliche schlechtere Fruchtbarkeit der Milchkühe mit höheren Milchleistungen zurückgeführt werden, die nicht an die extensive Weidehaltung ohne Kraftfutter angepasst sind. Dies dürfte sich durch entsprechende Selektion verändern.

#### **5.1.4 Externe Kosten**

Der Preisaufschlag für externe Effekte beträgt im Beispielbetrieb zwischen 3,22 % und 78,6 %. Im niedrigsten Preisszenario für Treibhausgase liegen die monetären Kosten 38,8 % niedriger als in GAUGLER und MICHALKA (2018: 21) für Biomilch. Dies kann auf eine zu konservative Berechnung oder tatsächlich niedrigere Gesamtemissionskosten zurückgeführt werden.

Die Treibhausgasemissionen pro kg Milch sind im Beispielbetrieb deutlich höher als in anderen ökologischen und auch konventionellen Milchviehbetrieben. Hauptursache ist die extensive Nutzung von entwässerten Niedermoorböden mit hohen  $\text{CO}_2$ -Emissionen.

#### **Ein differenzierter Blick auf Methan und den Rinderbestand**

In ökologischen Betrieben ist die mittlere Milchleistung pro Kuh geringer als in konventionellen. Dies bedingt einen höheren Methanausstoß pro kg Milch. Der Unterschied fällt beim

Beispielbetrieb noch größer aus. Bezogen auf die Gesamtmilchmenge liegen die Methanemissionen pro kg ECM je nach Betrachtungsweise 4 – 6-mal höher als nach FAO (2019: 21; s. Tabelle 2) in Westeuropa üblich und sogar höher als in Asien und Nordafrika. Im Vergleich zum Weidesystem in LOZA et al. (2021) sogar bis zu 9-mal höher. Dies wird auf den hohen Raufutteranteil bei niedrigen Milchmengen zurückgeführt. Die Grasqualität dürfte nur niedrig bis mittelmäßig sein. Die Schlachtgewichte von Bullen und Milchvieh stützen diese These. Es ist auch eine Erklärung für die hohen GWP-Treibhausgase im Verhältnis zur Milchmenge in bestimmten asiatischen und afrikanischen Regionen (s. Tabelle 1).

Betrieblich verursacht Methan in den ersten 12 – 100 Jahren nach Bestandsaufbau einen erheblichen Anteil der Treibhausgaskosten von 4,7 ct bis 3,89 € (kg ECM)<sup>-1</sup> – abhängig von Kostenansatz für CO<sub>2</sub> und Zeitraum (s. Abbildung 13). Beim Beispielbetrieb müsste es betrieblich wegen Bestandsaufbau in den letzten 12 – 20 Jahren eingepreist werden. Überbetrieblich dürfte das biogene Methan der Rinder bei einem Bestandsrückgang in Deutschland nach Studien von LIU et al. (2021), MITLOEHNER et al. (2020), ALLEN et al. (2018a) und LYNCH et al. (2020) nicht eingerechnet werden, da es sich um ein Stromgas handelt, das sich anders als das Bestandsgas CO<sub>2</sub> nicht in der Atmosphäre akkumuliert. Eine überbetriebliche Betrachtung – wie auch in dieser Arbeit im Endergebnis – erscheint bei einem globalen Problem sinnvoller.

Besonders eine dauerhafte Einpreisung von biogenem CH<sub>4</sub> stellt eine Gefahr für die extensive Rinderhaltung mit niedrigen Milchleistungen dar, da ihre Produkte bei geläufigen Umrechnungsfaktoren in CO<sub>2</sub> eq nach GWP preislich stärker steigen könnten als von modernen großen Milchviehbetrieben mit einem hohen Einsatz fossiler Energien für Futterimport, -erzeugung, -vorlage und Maschinen- und Gebäudeausstattung bei niedrigeren CH<sub>4</sub>-Emissionen pro Liter. Langfristig könnte es sogar die gesamte Fleischrinderhaltung in Deutschland unwirtschaftlich werden lassen. Die CO<sub>2</sub>-Senke Grünland und Biodiversität würden ohne Beweidung durch Wiederkäuer gefährdet. Gleichzeitig würde weniger Gras in hochwertiges Protein umgewandelt. Ohne Nachfragerückgang von Rindfleisch und Milch wäre das Risiko einer Verlagerung der Milch- und Rindfleischproduktion ins Ausland mit niedrigeren Umwelt- und Klimastandards gegeben. Dem globalen Klima wäre damit nicht geholfen. Dies entspricht auch der Einschätzung von LÜNENBÜRGER (2013: 7). Um eine Verlagerung zu verhindern, wären Außenschutzmaßnahmen notwendig.

Eine Reduktion von Methan kann in der Rinderhaltung wie beschrieben zu einer kurzfristigen Abkühlung des Klimas führen. Dies kann durch eine angepasste Fütterung geschehen. Dieses Argument ist jedoch nur valide, wenn Faktoren, die eine Anreicherung von CO<sub>2</sub> verursachen, einbezogen werden, um sie mit ökonomisch und arbeitstechnisch weniger effizienten

Systemen wie der Weidehaltung zu vergleichen. Für eine realistische Vergleichbarkeit der Treibhausgasemissionen sind daher die indirekte Energie für Gebäude und Maschinen einzupreisen. Außerdem sind weitere Leistungen der extensiven und wesensgemäßen Weidehaltung einzubeziehen, ebenso die zukünftigen Kosten von einem Biodiversitätsverlust und fehlenden Ökosystemfunktionen durch extensives Grünland.

Wissenschaftlich belegt ist, dass der Kohlenstoffkreislauf von biogenem Methan bis zur Nutzung fossiler Energien durch den Menschen ausbalanciert war (vgl. HMIEL et al. 2020: 410f.). Dies als Grundlage nehmend müsste der Einsatz fossiler Energien – einschließlich fossilen Methans – und nicht der von biogenem Methan schnellstmöglich begrenzt werden. Es entspricht auch der Einschätzung von HOWARTH (2014: 8f.), den Fokus langfristig auf CO<sub>2</sub> zu legen. Folgend hat sich die moderne Milchviehhaltung in eine negative Richtung entwickelt mit eindimensionaler Sicht.

Eine Systemerweiterung verdeutlicht die grundsätzliche Problematik einer eindimensionalen Sicht. Altkühe und Aufzuchtkälber aus der Milchviehhaltung – idealerweise von Doppelnutzungsrasen – könnten einen Rückgang von Fleisch aus der spezialisierten Fleischproduktion bewirken. Durch höhere Milchleistungen ist eine gegenteilige Bewegung zu erkennen. Die Kopfzahl der Milchkühe ist gesunken. Weniger spezialisierte Milchviehbetriebe sind übriggeblieben. Die geringere Zahl an Milchkühen wird durch mehr Fleischrinder ersetzt. Dies kann zu höheren Emissionen führen (MARTIN und SEELAND 1999 nach CEDERBERG und STADIG 2003: 355) und folglich die Acker- und Grünlandnutzung für die reine Fleischproduktion erhöhen.

In einem natürlichen System stünde die Kuh letztlich auf der Weide und würde keinerlei fossile Energie benötigen, da sie das Gras auf der Weide direkt in Milch und Fleisch umsetzt. Dies erfolgt größtenteils im Beispielbetrieb und in Kleinbetrieben, die die Tiere ohne Zufütterung auf den teils kargen Steppen und Weiden halten. Auch durch regionale Vermarktungsstrukturen würden weniger externe Kosten durch den Transport (Abnutzung von Infrastruktur, Lärm und Luftschadstoffe) entstehen. Durch die eigene Käserei entfällt der Weitertransport in eine Molkerei. Fürs Fleisch sind nahegelegene Schlachthöfe notwendig, dessen Zahl durch eine Konzentration auf immer weniger große Schlachtanlagen mit höheren Produktionskapazitäten weiter sinken könnte.

### **Gebäude- und Maschinenemissionen**

Eine eindeutige Handhabung von indirekten Emissionen der Maschinen und Gebäude scheint es nicht zu geben. In GAUGLER und MICHALKA (2018) wurden sie wegen Geringfügigkeit

vernachlässigt. In Schweizer Studien dagegen betragen sie bis zu 37 % des Energiebedarfs (AGROSCOPE in FELDER o.J.). Wegen fehlender Neubauten sind nur die Emissionen der Hauptmaschinen (verteilt auf die angestrebte Nutzungsdauer) einbezogen wurden. Sie liegen bei 9 % und orientieren sich eher an den Schweizer Studien. Sie stellen laut eigener Ergebnisse keine vernachlässigbare Größe dar, die in anderen landwirtschaftlichen Betrieben mit noch größerer Technisierung entsprechend absolut höher liegen dürften. Besonders die Stallungen werden weitere Energie verbrauchen und zu externen Kosten führen. Im Falle des Beispielbetriebs dürfte der Altstall heutzutage tendenziell eher eine Carbonatisierung verursachen und somit einen Teil des zuvor ausgestoßenen CO<sub>2</sub> aufnehmen.

### **Energie**

Der Anteil an Energie (umgerechnet in kg CO<sub>2</sub>) ist für Diesel mit 62 % erwartungsgemäß am höchsten durch den eigenen Futteranbau samt Nachbau für Saatgut (mit Ausnahme von Klee-gras- und Gemenge). Durch die Vollweidehaltung mit Unterständen und einem alten Stall im Winter ist der Einsatz der indirekten Energie für Gebäude stark reduziert. Pflanzenschutzmittel, mineralische Düngemittel und Importfutter kommen nicht zum Einsatz.

Ein Vergleich der Gesamtenergie bezogen auf die Milchmenge zu anderen Milchviehbetrieben wurde nicht aufgestellt. Nur für die elektrische Energie samt Umwandlung durch Diesel fürs Melkaggregat wurde ein Wert ermittelt. Der Strombedarf des Beispielbetriebs von 351 kWh (gemolkene Kuh)<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> erscheint hoch. Die Hauptenergie dürfte für die Milchkühlung und Kreiselpumpe verwendet werden. Dies entspricht 0,15 kWh<sub>el</sub> (kg ECM)<sup>-1</sup> und läge somit mehr als doppelt so hoch wie bei einem Betrieb mit 6000 Litern und einem Verbrauch von 400 kWh Kuh<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Gründe können fehlerhafte Annahmen zum Verbrauch, ineffiziente Geräte und positive Skaleneffekte höherer Milchmengen sein.

### **Landnutzung**

Kritisch ist die Nutzung von (tief) entwässerten Niedermoorböden, die hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht und die Bodenstruktur auf Dauer zerstören kann. Eine Alternative könnte bei hohen Pachtpreisen außerhalb der Naturschutzflächen schwierig sein und ein weiterer Kostentreiber sein.

### **Gutschrift**

Eine CO<sub>2</sub>-Gutschrift sollte es für eine angepasste Weidehaltung auf nicht entwässerten Flächen geben, die das Potential hat, durch C-Sequestrierung Kohlenstoff im Boden zu speichern.

Außerdem trägt sie zum Erhalt der Biodiversität bei. Diese Leistung ist in den Kosten des Beispielbetriebs ebenfalls indirekt enthalten.

Die Effekte der Sequestrierung sind allerdings reversibel. Eine Umwandlung von Grünland ist kurzfristiger wirksam als eine CO<sub>2</sub>-Speicherung.

### **Stickstoff**

Unter der Annahme, dass der gesamte ausgeschiedene Stickstoff als Pflanzennährstoff diene, liegen die Stickstoffemissionen unter den Aufschlägen von GAUGLER und MICHALKA (2018: 20f.) mit 9 ct kg<sup>-1</sup> für Biomilch.

Die größten möglichen Emissionsquellen sind Sammelplätze, wo es eine Vermischung von Kot und Harn gibt, und in den Wintermonaten der Zugang zum Stall. Grundsätzlich dürften der Kot und Harn übers Jahr gesehen getrennt über die Weide verteilt sein.

Durch eine nicht durchgeführte mineralische Stickstoffdüngung und weniger Ackerfutter dürften die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Bodens stark reduziert sein und denen natürlicher Ökosysteme ähneln (vgl. ALMARAZ et al. 2018: 1ff.).

#### **5.1.5 Basisdemokratische Lenkungsfunktion**

Höhere Preise könnten eine basisdemokratische Lenkungsfunktion haben, wenn sie die wahren Kosten entlang des gesamten Lebenszyklus aller eingesetzten Betriebsmittel und -stoffe abbilden. Der Konsument würde die realistische Entscheidung treffen, welche Form der Landwirtschaft er unterstützen möchte, da die Preisdifferenz bei Internalisierung der Kosten wie auch in GAUGLER und MICHALKA (2018: 24) verringert sein dürfte. Die höheren Preise könnten zu einem geringeren Konsum von Milchprodukten führen und geringere Milchleistungen akzeptabel machen.

Auch Fehlernährung und Überernährung sowie Verschwendung – die nicht nur die Milch betreffen – könnten durch niedrige Preise verstärkt werden und müsste in anderen Studien überprüft werden. Dies führe zu weiteren sozialen, gesundheitlichen und ökologischen Kosten.

Eine fehlende Einpreisung aller Externalitäten kann nur den ausgewiesenen ökonomischen Preis verzerren, nicht jedoch den wahren Preis. Das Problem von versteckten Kosten ist, dass sie letztlich durch die Gesellschaft über Steuern, Wassergebühren, Gesundheitsversicherungen bezahlt werden (FITZPATRICK et al. 2019: 14). Es werden meistens konservative Berechnungen der externen Effekte aufgestellt. Dies liegt zum Teil an fehlenden Daten zu Langzeitfolgen (PRETTY et al. 2000: 118). Die tatsächlichen Kosten dürften höher liegen. Eine realistische Monetarisierung ist schwierig. Dies zeigt sich nicht nur an der Nutzung von

Kernenergie, sondern auch am Bodenverlust und Klimawandel. Die wahren Kosten des menschlichen Handelns und eines Produktes wie der Milch wird man erst in der Zukunft rückwirkend genau bestimmen können. Ein heutzutage angesetzter Preis ist nur der Versuch, die Vermeidung oder Beseitigung von Schäden monetär zu bewerten.

Auch die ökonomischen Kosten dürften bei knappen Ressourcen wie fossiler Energie, seltenen Erden, Sand und Süßwasser im Zeitablauf steigen und die Unterschiede zwischen intensiven und extensiven Systemen verringern.

Der wahre Preis<sub>2019/20</sub> (im mittleren Lohnszenario) der Konsummilch des Beispielbetriebs liegt bei 3,32 – 5,75 € (kg ECM)<sup>-1</sup>. Die Kosten für die externen Effekte müssen entweder an staatliche Stellen abgeführt werden oder im Betrieb zweckgebunden zur Kompensation der entstandenen Treibhausgase, Luftschadstoffe und reaktivem Stickstoff verwendet werden.

### **5.1.6 Vergleichbarkeit der Ergebnisse**

Ein Vergleich mit anderen Betriebsergebnissen ist wegen unterschiedlicher Berechnungsverfahren schwierig. Eine detaillierte Bestandsaufnahme aller ökonomischen Kosten und positiven wie negativen Externalitäten von der Wiege bis zur Bahre – wie im Beispielbetrieb näherungsweise durchgeführt – wäre notwendig. Eine monetäre Wertsetzung von ethischen und gesellschaftlichen Idealen wie fairen Löhnen oder Tierwohl ist nicht standardisiert. Der Wert einer natürlichen und wesensgemäßen Tierhaltung ist in den erhöhten Kosten zwangsläufig enthalten.

Das Vorgehen beim mittleren Lohnansatz vereinfacht die Vergleichbarkeit, da die gesamten Arbeitsstunden von fiktiven Arbeitskräften ausgeführt werden. Auch Zins- und Pachtansätze müssten in allen Betrieben zwangsläufig standardisiert einbezogen werden.

Das Ergebnis der Arbeit ist somit nicht auf Betriebe mit unterschiedlichen Standortbedingungen und Bewirtschaftungsweisen übertragbar, nur die Herangehensweise. Ein vergleichbarer Standard wäre für eine überbetriebliche Vergleichbarkeit notwendig, der das System ganzheitlich betrachtet und nicht nur die Kosten einpreist, sondern auch die Leistungen vergütet.

## **5.2 Methodische Diskussion**

Es wurde ein detaillierter Blick in die Kosten- und Erlöspositionen der Gewinnermittlung geworfen. Eine fehlende formale Trennung der Betriebszweige hat die Zuteilung der Positionen erschwert. Für einen Teil der Positionen und Tierkategorien wurden Annahmen und Schätzungen bemüht. Diese können somit nur eine Näherung darstellen.

Ähnlich verhält es sich bei der Milchmenge durch Ammen, die gerundet mit der Milchmenge der gemolkene Milchkuhe gleichgesetzt wurde. Die Arbeitsstunden wären durch eine ganzjährige Arbeitszeiterfassung genauer und stellen ebenfalls eine mögliche Fehlerquelle dar.

Eine genaue Zeitmessung und Kostenaufschlüsselung der einzelnen Produkte wäre auch für genauere Berechnungen in der Käserei und Vermarktung notwendig, da die anteiligen Umsätze dies nicht zwangsläufig abbilden.

Ungenauigkeiten ergeben sich auch beim tatsächlichen Methanausstoß, der eine exakte Futterzusammenstellung benötigt. Durch die Betrachtung als Stromgas wurde diese Ungenauigkeit akzeptiert.

Die tatsächlichen Emissionen durch die Landnutzung von Niedermoorböden könnten positiv wie negativ stark abweichen. Tendenziell wurden jedoch konservative Werte angesetzt, weshalb ein höherer Ausstoß annehmbar ist. Über zeitversetzte Erhebungen wie des Humus- und Nährstoffgehalts sowie Grundwasserflurabstandsmessungen könnte ein genauerer Wert berechnet werden. Als Richtungsgeber wird der ermittelte Wert als geeignet bewertet. Durch verschiedene mögliche Monetarisierungsansätze von Treibhausgasen dürften die Ungenauigkeiten im ermittelten Kostenbereich verschwimmen.

Eine Allokation für THG-Emissionen durch die Landnutzung könnten ebenfalls anteilig aufs Fleisch bezogen werden. In diesem Fall erfolgte der Vergleich mit einem Fleischrind, das auf mineralischem Grünland läuft, weshalb ein niedriger Wert von 0 angesetzt wurde. Eine der Allokationsmöglichkeiten in 2.3.6 wäre denkbar.

Bei der Landnutzung des Ackerlands wurde ebenfalls eine ausgeglichene Humusbilanz angenommen. Der tatsächliche Wert könnte abweichen.

Eine Alternative zu den steuerlichen Abschreibungen wäre eine Umrechnung auf die angestrebte Nutzungsdauer auf Basis von Schätzungen der jährlichen Maschinenauslastung und dem Nutzungspotential nach Leistung aus der KTBL-Datenbank für vergleichbare Maschinen. Gedeckelt könnte die Nutzungsdauer bei beispielsweise 20 Jahren werden, da ein höherer Verschleiß bei längerer Standzeit angenommen werden könnte. Dadurch würden beim Beispielbetrieb die Abschreibungskosten sinken, da nur beim Trecker die Auslastungsschwelle nach KTBL erreicht wurde.

Dieser Ansatz wird für die Emissionen durch Produktion und Reparatur von Maschinen verwendet. Bei anschließendem Weiterverkauf nach angestrebter Nutzungsdauer gelten die Maschinen in Bezug auf indirekte Energie als neutral. Die Kosten wären idealerweise auf die

tatsächliche Gesamtnutzungszeit verteilt, die jedoch nur nachträglich ermittelbar ist. Ähnlich verhält es sich bei den Gebäuden, die anteilig seit Bau eingezogen werden könnten.

Die Gesundheit der Tiere wurde nur über die Literatur bewertet. Sie könnte detaillierter über die erfolgten Abgangsursachen und Tierarztberichte beurteilt werden.

Für die Verteilungsschlüssel nach Großvieheinheiten wurde ein GVE-Faktor für nationale Umweltprogramme verwendet. Andere Faktoren wie nach der Düngeverordnung wären möglich.

Die Hälfte der Deckbullen wurde der Fleischproduktion zugeschrieben. Dies entspricht einer einfachen Systemerweiterung bei 50 % Bullenkälbern für die Mast. Tatsächlich sind alle Deckbullen für die Milchproduktion notwendig. Alternativ könnten die Deckbullen voll einberechnet werden oder nur in der Ammengruppe abgezogen werden, da die Hälfte der Ammen zur Fleischproduktion gehört.

### **5.3 Handlungsempfehlungen**

Es gehört zum ganzheitlichen Verständnis des Betriebs, den Tieren ein natürliches und wessensgemäßes Leben auf der Weide zu ermöglichen und die Verantwortung für das Lebewesen von der Geburt bis zur Schlachtung zu tragen. Die folgenden Handlungsempfehlungen entsprechen diesem Verständnis größtenteils nicht.

Ökonomisch ließen sich Kosten einsparen. Durch den Verkauf von Kälbern wäre mehr verkaufsfähige Milch verfügbar. Der Bestand könnte durch Färsen von anderen (evtl. spezialisierten) Betrieben ergänzt werden. Dies würde vermutlich nur zu einer Verlagerung der wahren Kosten führen ohne einen Gewinn, der über das eigene Buchführungsergebnis hinaus geht. Ähnlich verhält es sich bei Lohnarbeit, die eine geringere betriebliche Maschinenausstattung ermöglichen würde und durch eine höhere Maschinenauslastung des Lohnunternehmers tendenziell günstiger sein könnte.

Als Ammen könnten die Kühe mit schlechtem Euter, schlechtem Fundament und Klauenproblemen genutzt werden, die eine geringere Milchleistung haben und anschließend aus dem Betrieb ausscheiden. Durch eine Anpaarung mit Fleischrinderbullen hätte man eine Nachzucht mit besseren Mastleistungen und höheren Verkaufspreisen. Ähnliche Effekte dürften bei alten Zweinutzungsrassen gegeben sein.

Empfohlen wird die Wiedervernässung von anmoorigen und moorigen Flächen – sofern möglich -, um den Abbau von organischer Masse und Emission von klimawirksamen Gasen zu stoppen. An Feuchtigkeit angepasste Paludikulturen könnten als eine Option für diese

Flächen in Frage kommen. Für den Betrieb wäre es bei nicht angepasster Maschinenausstattung und Kapital keine Lösung. Die Suche nach alternativen Grünlandflächen könnte durch hohe Pachtpreise schwierig sein, die die betrieblichen Kosten steigern würden. Die aktuelle Situation kann als ein Kompromiss zwischen gesünderen Weiderindern, Biodiversität und Klimaschutz gesehen werden.

## 6 Fazit

Der wahre Preis von Milch drückt sich nur schwer in Zahlen aus und ist betriebsindividuell zu bestimmen. Die externen Effekte aller Produktionsmittel und -stoffe samt Vorketten sind von der Wiege bis zur Bahre zu berechnen. Die positiven und negativen Wirkungen auf Ökosysteme, Mensch, Tier und Klima sind einzubeziehen. Es kann angenommen werden, dass der wahre Preis verschiedener Produktionsrichtungen enger zusammenliegt als der ökonomische. Für eine überbetriebliche Vergleichbarkeit wäre ein einheitlicher Standard notwendig.

Der Wert des Beispielbetriebs geht über die reine Leistung der Milcherzeugung hinaus. Diese Leistungen sind in den ermittelten Preisen letztlich enthalten. Das Ökosystem Grünland wird bewirtschaftet, das besonders in extensiver Weise ein Lebensraum für vielfältige Pflanzen und Tiere ist. Die Rinder selbst dürfen von den Vorteilen wie einer besseren Klauengesundheit der Weidehaltung (HOEDEMAKER et al. 2020: 144; WAGNER et al. 2017: 8; ARNOTT et al. 2017: 269f.) profitieren und in naturnahen sozialen Strukturen durch Ammenkuhhaltung aufwachsen, die die Eingliederung in die Herde verbessern kann (WAIBLINGER et al. 2020a).

Die wesensgemäße Milchviehhaltung kann ganzheitlich betrachtet nur eine nachhaltige Lösung darstellen, wenn nicht nur die Umwelt, Tiere und die Produktionsgrundlage Boden dauerhaft geschützt sind, sondern auch die pagatorischen und kalkulatorischen Kosten gedeckt sind. Um die Entwicklung des Marktes und der Inflation einzubeziehen, sollte eine jährliche Korrektur der Abschreibungen erfolgen, die sich an dem Preisindex für die eingesetzten Produktionsmittel orientiert. Weitere Rücklagen für veraltete Geräte und Gebäude wären notwendig. Risikozuschläge (Wagniszuschläge) könnten unerwartet auftretende Ereignisse finanziell abfangen. Alternativen könnten andere Marktsysteme sein wie Branchenverträge, eine Vertragslandwirtschaft und eine ökonomische Verteilung der Risiken auf die Gesellschaft.

Im Beispielbetrieb haben sich die Lohnkosten und Treibhausgase als größte Preishebel herausgestellt. Eine faire Entlohnung der Mitarbeiter ist ein entscheidender Faktor, um das Tierwohl zu sichern. Eine Deckung der Kosten konnte im WJ 2019/20 bei aktueller Marktsituation nur über die Direktvermarktung erfolgen. Andernfalls wären Lohnabstriche notwendig. Eine Lohnstruktur, die sowohl die Existenz sichert als auch gesellschaftlich übliche Bedürfnisse befriedigen kann, kann als fair angenommen werden. Dies bedeutet zwangsläufig eine gerechte Verteilung in der gesamten Wertschöpfungskette.

Die Treibhausgase liegen in einem weiten Bereich durch verschiedene Kostenansätze, die zukünftige Entwicklungen betrachten. Die tatsächlichen Kosten sind schwer zu ermitteln und könnten letztlich von den kommenden Generationen getragen werden. Die Nutzung von

entwässerten Niedermoorböden mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen gefährdet bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen nicht nur das Klima, sondern auch die Wirtschaftlichkeit des Beispielbetriebs.

Verzerrt wird die Betrachtung der Klimaverträglichkeit der ökologischen Produktion im Vergleich zur konventionellen Rinderhaltung und im speziellen eines extensiven Systems wie das des Beispielbetriebs durch biogenes Methan als Treibhausgas mit hohem Umrechnungsfaktor zu CO<sub>2</sub>. Bei eindimensionaler Sicht kann es als Argument einer technisierten Viehhaltung mit Hochleistungskühen und hohem Kraftfuttereinsatz verwendet werden. Es würde effizienteres Arbeiten mit niedrigeren Lohnkosten und höhere Milchleistungen der Rinder ermöglichen. Folglich wäre der Methanausstoß pro kg ECM niedriger. Dies geht jedoch mit einem erhöhten Ausstoß von dem Bestandsgas CO<sub>2</sub> einher, das über unbestimmte Zeit einen starken Einfluss auf die Klimaerwärmung hat (s. 2.3.2). Langfristig könnte eine falsche Berechnung die Wirtschaftlichkeit des Beispielbetriebs und anderer extensiver Betriebe gefährden.

Die natürliche Weidehaltung hat das Potential mit niedrigstem Energieaufwand und Treibhausgasemissionen Lebensmittel zu erzeugen und als CO<sub>2</sub>-Senke zu dienen. Methan dürfte betrieblich nur bei einem Bestandsaufbau in den letzten 12 – 20 Jahre eingepreist werden. Eine überbetriebliche Sicht scheint bei einem globalen Effekt der sinnvollere Weg zu sein.

Der wahre Preis kann vereinfacht mit folgender Formel beschrieben werden:

*Wahrer Preis der Milch = Betriebliche Kosten + Externe Kosten und Leistungen (Gesundheit + Ökosysteme + Klima + Tierwohl + Menschenwohl)*

*mit*

*Betriebliche Kosten = Pagatorische Kosten + Abschreibungen \* Inflationsfaktor + fairer Personallohn + fairer Lohnansatz*

## 7 Zusammenfassung

Die Verbraucherpreise spiegeln die wahren Kosten der Milch nicht wieder. Niedrige Erzeugerpreise setzen Landwirte und Kühe unter Druck. Die Milchkuh wird körperlich durch hohe Leistungen belastet und von ihrem natürlichen Lebensraum dem Grünland entfremdet. Eine hochtechnisierte Landwirtschaft, die von fossiler Energie abhängig ist, hat sich etabliert. Die externen Kosten und Leistungen im Hinblick auf Tierwohl, Klima, Gesundheit und Umwelt sind selten im Preis enthalten.

In der Arbeit wurde als Alternative eine wesensgemäße Milchviehhaltung, die das biodiverse Ökosystem extensives Grünland pflegt, mit kuhgebundener Kälberaufzucht und Gras- bzw. Heufütterung behandelt. Die externen Kosten von Treibhausgasen, reaktivem Stickstoff, Energieverbrauch und Luftschadstoffen wurden für den Beispielbetrieb und die einzelnen Betriebszweige (Landwirtschaft, Käserei und Vermarktung) berechnet. Dies erfolgte sowohl für die direkte Energie als auch näherungsweise für die indirekte Energie der Maschinen und Betriebsstoffe. Effekte durch die Landnutzung von Niedermoorböden und eine differenzierte Betrachtung von biogenem Methan als Kreislaufgas wurden für eine ganzheitliche Bewertung ebenfalls einbezogen und mit aktueller Literatur verglichen.

Als Basis der Berechnung dienten die Buchführungsergebnisse des Beispielbetriebs aus dem WJ 2019/20. Sie wurden um drei mögliche Lohnansätze für die nicht entlohnten Arbeitskräfte erweitert. Eine Monetarisierung der Treibhausgase wurde in vier Preisszenarien dargestellt, um mögliche zukünftige Entwicklungen darzustellen. Über Verteilungsschlüssel wurden die Kosten dem Milchvieh zugeordnet. Betrieblich wurden die Beihilfen und Zuschüsse wie Direktzahlungen und Bioprämie abgezogen, um den Mindestpreis für Konsummilch zu ermitteln. Diese haben jedoch keinen Einfluss auf die wahren Kosten.

Als Ergebnis erhielt man die wahren Erzeuger- und Verbraucherpreise, die weit über dem Durchschnitt von Biomilch liegen. Die Direktvermarktung hat sich als einzige Möglichkeit zur nachhaltigen Betriebskostendeckung gezeigt. Die ermittelten Kosten- und Leistungen stellen eine Momentaufnahme dar. Da es sich um einen jungen Betrieb handelt, der in den letzten Jahren noch im Wachstum und Bestandsaufbau war, muss von veränderlichen Daten in kommenden Jahren ausgegangen werden.

## Summary

Consumer prices do not reflect the true cost of milk. Farmers and cows are put under pressure by the low producer prices. Dairy cows are physically stressed by the high output and kept from their natural grassland habitat. Agriculture has become highly mechanized and dependent on fossil fuels. The external costs and benefits in terms of animal welfare, climate, health and environment are rarely included in the price of milk.

The paper examined an alternative to industrial farming with a welfare-based dairy farming system that maintains the biodiversity of extensive grasslands, with cow-calf rearing and grass or hay feeding. The external costs of greenhouse gases, reactive nitrogen, energy consumption, and air pollutants were calculated for the sample farm and the individual farm operations (agriculture, dairy, and marketing). Both direct energy and the approximate indirect energy of machinery and inputs were put into consideration. Effects due to land use of fen soils and a differentiated consideration of biogenic methane as a cycle gas were also included for a holistic evaluation and compared with current literature.

The accounting results of the example farm from the marketing year 2019/20 served as the basis for the calculation. They were extended by three possible wage approaches for the non-salaried workforce. A monetization of greenhouse gases was presented in four price scenarios to show possible future developments. Distribution keys were used to allocate costs to dairy cattle. Operationally, subsidies and grants such as public direct payments and organic subsidies were deducted to determine the consumer price for drinking milk. However, these have no influence on the true costs.

As a result, the true producer and consumer prices were determined and were found to be considerably higher than average price of organic milk. Only through direct marketing the costs were covered in a sustainable way. The cost and performance figures obtained represent a snapshot in time. Since this is a young farm, which was still growing and building up its stock in the last few years, it must be assumed that the data will change in the coming years.

## 8 Literaturverzeichnis

- AHDB (2020): Dairy performance results 2018/19. Online verfügbar unter [https://project-blue.blob.core.windows.net/media/Default/Dairy/Publications/DairyPerformResults3265\\_200317\\_WEB.pdf](https://project-blue.blob.core.windows.net/media/Default/Dairy/Publications/DairyPerformResults3265_200317_WEB.pdf), zuletzt geprüft am 31.03.2021.
- Allen, Myles; Cain, Michelle; Frame, David (2018a): Climate metrics for ruminant livestock. Hg. v. Oxford Martin Programme on Climate Pollutants. University of Oxford. Online verfügbar unter <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Climate-metrics-for-ruminant-livestock.pdf>, zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Allen, Myles R.; Shine, Keith P.; Fuglestedt, Jan S.; Millar, Richard J.; Cain, Michelle; Frame, David J.; Macey, Adrian H. (2018b): A solution to the misrepresentations of CO<sub>2</sub>-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. In: *npj Clim Atmos Sci* 1 (1). DOI: 10.1038/s41612-018-0026-8.
- Allgäuer Hof-Milch GmbH (o.J.): Milchpreis. Online verfügbar unter <https://www.hofmilch.de/milchpreis/>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Almaraz, Maya; Bai, Edith; Wang, Chao; Trousdell, Justin; Conley, Stephen; Faloona, Ian; Houlton, Benjamin Z. (2018): Agriculture is a major source of NO<sub>x</sub> pollution in California. In: *Science advances* 4 (1), eaao3477. DOI: 10.1126/sciadv.aao3477.
- Ammann, Christof; Voglmeier, Karl; Münger, Andreas; Bretscher, Daniel (2019): Reduktion der Ammoniak-Emissionen auf der Weide (Agrarforschung Schweiz, 10). Online verfügbar unter [https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2019\\_01\\_2435.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2019_01_2435.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Arbeitsgruppe BEK (2016): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. Unter Mitarbeit von Mathias Effenberger, Katja Gödeke, Sven Grebe, Hans-Dieter Haenel, Anja Hansen, Uwe Häußermann et al. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt. Online verfügbar unter [https://www.ktbl.de/fileadmin/user\\_upload/Allgemeines/Download/BEK/Handbuch.pdf](https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/BEK/Handbuch.pdf), zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- Archer, S. C.; Green, M. J.; Huxley, J. N. (2010): Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows. In: *Journal of dairy science* 93 (9), S. 4045–4053. DOI: 10.3168/jds.2010-3062.
- Arla Foods (2021): Arla Klimacheck: Big Data ermöglicht Landwirten eine schnellere Senkung der CO<sub>2</sub>e-Emissionen. Viby/Dänemark und Düsseldorf. Online verfügbar unter <https://www.arlafoods.de/ueber-uns/presse/2021/pressrelease/arla-klimacheck-big-data-ermoeeglicht-landwirten-eine-schnellere-senkung-der-co2e-emissionen-3093753/>, zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- Arnott, G.; Ferris, C. P.; O'Connell, N. E. (2017): Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. In: *Animal : an international journal of animal bioscience* 11 (2), S. 261–273. DOI: 10.1017/s1751731116001336.
- BAFU (2016): Non-road-Datenbank. Bundesamt für Umwelt. Online verfügbar unter <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/non-road-datenbank.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- BAL; EMB (2018): What is the cost of producing milk? Büro für Agrarsoziologie und Landwirtschaft (BAL); European Milk Board asbl (EMB). Online verfügbar unter [https://www.europeanmilkboard.org/fileadmin/Dokumente/Milk\\_Production\\_Costs/Gesamtbroschuere/Cost\\_study\\_2017.pdf](https://www.europeanmilkboard.org/fileadmin/Dokumente/Milk_Production_Costs/Gesamtbroschuere/Cost_study_2017.pdf), zuletzt aktualisiert am 05.04.2021.

- Barth, Kerstin (2020): Effects of suckling on milk yield and milk composition of dairy cows in cow-calf contact systems. In: *The Journal of dairy research* 87 (S1), S. 133–137. DOI: 10.1017/S0022029920000515.
- Barth, Kerstin; Kälber, Tasja; Brückmann, Caroline; Häußermann, Angelika; Waiblinger, Susanne (2015): Muttergebundene Kälberaufzucht – mehr lieferbare Milch durch temporären Kalbkontakt? 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Online verfügbar unter [https://orgprints.org/id/eprint/26984/1/26984\\_barth.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/26984/1/26984_barth.pdf), zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Barth, Kerstin; Roth, Beatrice A.; Hillmann, Edna (2009): Muttergebundene Kälberaufzucht - eine Alternative im Ökologischen Landbau? Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dk041465.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk041465.pdf), zuletzt geprüft am 05.05.2021.
- BDEW (2021): Stromerzeugung und -verbrauch in Deutschland. Online verfügbar unter [https://www.bdew.de/media/documents/20210322\\_D\\_Stromerzeugung1991-2020.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/20210322_D_Stromerzeugung1991-2020.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Bechtold, M.; Tiemeyer, B.; Laggner, A.; Leppelt, T.; Frahm, E.; Belting, S. (2014): Large-scale regionalization of water table depth in peatlands optimized for greenhouse gas emission upscaling.
- BfN (2014): Grünland-Report. Alles im Grünen Bereich? Unter Mitarbeit von Nadine Becker, Franz Emde, Beate Jessel, Andreas Kärcher, Brigitte Schuster und Charlotte Seifert. Online verfügbar unter [https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/presse/2014/PK\\_Gruenlandpapier\\_30.06.2014\\_final\\_layout\\_barrierefrei.pdf](https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/presse/2014/PK_Gruenlandpapier_30.06.2014_final_layout_barrierefrei.pdf), zuletzt geprüft am 04.05.2021.
- BLE (2021a): Futterraufkommen im WJ 2019/20 (vorläufige Zahlen). Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/DFT-0601010-2020.xlsx>, zuletzt aktualisiert am 05.04.2021.
- BLE (2021b): Milchwirtschaft auf einen Blick. Online verfügbar unter [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/Dt\\_Grundlagen/Milchwirtschaft\\_auf\\_einen\\_Blick\\_406003001\\_11.html](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/MilchUndMilcherzeugnisse/JaehrlicheErgebnisse/Deutschland/Dt_Grundlagen/Milchwirtschaft_auf_einen_Blick_406003001_11.html), zuletzt geprüft am 25.04.2021.
- BLE (2021c): Preise für ökologisch/biologisch erzeugte Kuhmilch 2019/2020. Online verfügbar unter [https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/\\_functions/TabelleMilchpreiseMonat2020.html](https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/_functions/TabelleMilchpreiseMonat2020.html), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- BMEL (2018): Waldböden in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung. Online verfügbar unter [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/WaldboedenBodenzustandserhebung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/WaldboedenBodenzustandserhebung.pdf?__blob=publicationFile&v=4), zuletzt geprüft am 15.05.2021.
- BMEL (2021): Die wirtschaftliche Lage der landwirtschaftlichen Betriebe. Buchführungsergebnisse der Testbetriebe des Wirtschaftsjahres 2019/2020. Online verfügbar unter <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/BFB-0111001-2020.pdf>, zuletzt geprüft am 29.04.2021.
- Boadi, D. A.; Wittenberg, K. M. (2002): Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) tracer gas technique. In: *Can. J. Anim. Sci.* 82 (2), S. 201–206. DOI: 10.4141/A01-017.
- Bos, Jules F.F.P.; Haan, Janjo de; Sukkel, Wijnand; Schils, René L.M. (2014): Energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 68, S. 61–70. DOI: 10.1016/j.njas.2013.12.003.

- Bouwman, A. F.; Lee, D. S.; Asman, W. A. H.; Dentener, F. J.; van der Hoek, K. W.; Olivier, J. G. J. (1997): A global high-resolution emission inventory for ammonia. In: *Global Biogeochem. Cycles* 11 (4), S. 561–587. DOI: 10.1029/97gb02266.
- Briemle, Gottfried (2003): Artenreiches Grünland in Baden-Württemberg - eine Übersicht. In: Rainer Oppermann und Hans Ulrich Gujer (Hg.): Artenreiches Grünland. Bewerten und fördern - MEKA und ÖQV in der Praxis ; 21 Tabellen. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer, S. 15–16.
- Brink, Corjan; van Grinsven, Hans (2011): Costs and benefits of nitrogen in the environment. Unter Mitarbeit von Brian H. Jacobsen, Ari Rabl, Ing-Marie Gren, Mike Holland, Zbigniew Klimont, Kevin Hicks et al. In: Mark A. Sutton, Clare M. Howard, Jan Willem Erisman, Gilles Billen, Albert Bleeker, Pering G. Grennfelt et al. (Hg.): The European nitrogen assessment. Sources, effects, and policy perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, S. 513–540.
- Bundesbank (o.J.): Realzinssätze auf Bankeinlagen. Online verfügbar unter <https://www.bundesbank.de/de/statistiken/geld-und-kapitalmaerkte/zinssaetze-und-renditen/realzinssaetze-auf-bankeinlagen/realzinssaetze-auf-bankeinlagen-772412>, zuletzt geprüft am 29.06.2021.
- Busch, Gesa; Weary, Daniel M.; Spiller, Achim; Keyserlingk, Marina A. G. von (2017): American and German attitudes towards cow-calf separation on dairy farms. In: *PloS one* 12 (3), e0174013. DOI: 10.1371/journal.pone.0174013.
- BVE (2021): Jahresbericht 2020/21. Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie. Online verfügbar unter <https://www.bve-online.de/download/bve-jahresbericht-ernaehrungsindustrie-2021>, zuletzt geprüft am 20.06.2021.
- Cederberg, Christel; Stadig, Magnus (2003): System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. In: *Int J LCA* 8 (6), S. 350–356. DOI: 10.1007/BF02978508.
- Chapinal, N.; Barrientos, A. K.; Keyserlingk, M. A. G. von; Galo, E.; Weary, D. M. (2013): Herd-level risk factors for lameness in freestall farms in the northeastern United States and California. In: *Journal of dairy science* 96 (1), S. 318–328. DOI: 10.3168/jds.2012-5940.
- Chapinal, N.; Liang, Y.; Weary, D. M.; Wang, Y.; Keyserlingk, M. A. G. von (2014): Risk factors for lameness and hock injuries in Holstein herds in China. In: *Journal of dairy science* 97 (7), S. 4309–4316. DOI: 10.3168/jds.2014-8089.
- Dämmgen, Ulrich; Rösemann, Claus; Haenel, Hans-Dieter; Hutchings, Nicholas J. (2012): Enteric methane emissions from German dairy cows. Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dn050370.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn050370.pdf), zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Destatis (2021a): Anzahl der Betriebe mit Milchkuhhaltung in Deutschland in den Jahren 1970 bis 2020. 41311-0003. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=41311-0003>, zuletzt aktualisiert am 05.04.2021, zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Destatis (2021b): Durchschnittliche Bruttojahresverdienste von Vollzeitbeschäftigten im Jahr 2020. Verdienste und Verdienstunterschiede. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Verdienste/Verdienste-Verdienstunterschiede/Tabellen/bruttojahresverdienst.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Destatis (2021c): Erzeugerpreisindizes landwirtschaftlicher Produkte: Deutschland, Wirtschaftsjahr, Landwirtschaftliche Produkte. Ergebnis 61221-0002. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=61211-0002&bypass=true&levelindex=0&levelid=1621984148967#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.

- Destatis (2021d): Index der Einkaufspreise landwirtschaftlicher Betriebsmittel: Deutschland, Jahre, Landwirtschaftliche Betriebsmittel. Ergebnis 61221-0001. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=61221-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1621984475299#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Destatis (2021e): Landwirtschaft im Wandel – erste Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2020. Wiesbaden. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2021/LZ2020/statement-lz2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2021/LZ2020/statement-lz2020.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Destatis (2021f): Preise: Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2005 bis April 2021. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Destatis (2011): Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung 2010. Statistisches Bundesamt (Fachserie 3, Heft 6). Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-2032806109004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-2032806109004.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Drösler, Matthias, Freibauer, Annette; Adelman, Wolfram; Augustin, Jürgen; Bergman, Lindsey; Beyer, Colja; ... Wehrhan, Marc (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung. Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dn049337.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn049337.pdf), zuletzt aktualisiert am 25.05.2021.
- Duncan, I. J. H. (2005): Science-based assessment of animal welfare: farm animals. In: *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 24 (2), S. 483–492.
- European Commission (2021): EU Dairy Farms Report. Based on 2018 FADN Data. Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/fadn-dairy-report-2021\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/fadn-dairy-report-2021_en.pdf), zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- FADN (2021): FADN Public Database. European Commission. Online verfügbar unter <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/FADNPublicDatabase/FADNPublicDatabase.html>, zuletzt aktualisiert am 12.04.2021, zuletzt geprüft am 29.04.2021.
- FAO (2016): Handbook on Agricultural Cost of Production Statistics. Guidelines for Data Collection, Compilation and Dissemination. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/3/ca6411en/ca6411en.pdf>, zuletzt geprüft am 30.04.2021.
- FAO (2019): Climate Change and the Global Dairy Cattle Sector. The role of the dairy sector in a low-carbon future. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>, zuletzt geprüft am 04.05.2021.
- FAO (2020): Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome (The state of food security and nutrition in the world, 2020). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/3/ca9692en/ca9692en.pdf>, zuletzt geprüft am 04.04.2021.

- Felder, Daniel (o.J.): Energiebedarf der Landwirtschaft. Agrarbericht 2019. Online verfügbar unter <https://2019.agrarbericht.ch/de/umwelt/energie/energiebedarf-der-landwirtschaft>, zuletzt geprüft am 04.05.2021.
- Fitzpatrick, Ian; Young, Richard; Barbour, Robert (2019): The Hidden Cost of the UK Food. Revised Edition 2019. Unter Mitarbeit von Megan Perry, Emma Rose und Aron Mas-hall. Sustainable Food Trust. Online verfügbar unter <https://sustainable-foodtrust.org/wp-content/uploads/2013/04/Website-Version-The-Hidden-Cost-of-UK-Food.pdf>, zuletzt geprüft am 08.04.2021.
- Fleischer, P.; Metzner, M.; Beyerbach, M.; Hoedemaker, M.; Klee, W. (2001): The Relationship Between Milk Yield and the Incidence of Some Diseases in Dairy Cows. In: *Journal of dairy science* 84 (9), S. 2025–2035. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74646-2.
- Flysjö, Anna; Henriksson, Maria; Cederberg, Christel; Ledgard, Stewart; Englund, Jan-Eric (2011): The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden. In: *Agricultural Systems* 104 (6), S. 459–469. DOI: 10.1016/j.agsy.2011.03.003.
- Frank, Helmut; Schmid, Harald; Hülsbergen, Kurt-Jürgen (2013): Energie- und Treibhausgasbilanz milchviehhaltender Landwirtschaftsbetriebe in Süd- und Westdeutschland. In: Kurt-Jürgen Hülsbergen und Gerold Rahmann (Hg.): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen Report).
- Frank, Helmut; Schmid, Harald; Hülsbergen, Kurt-Jürgen (2015): Energie- und Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung - Untersuchungen im Netzwerk der Pilotbetriebe. In: Kurt-Jürgen Hülsbergen und Gerold Rahmann (Hg.): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig (Thünen Report), S. 25–48. Online verfügbar unter [http://www.pilotbetriebe.de/download/Th%C3%BCnen\\_Report\\_29.pdf](http://www.pilotbetriebe.de/download/Th%C3%BCnen_Report_29.pdf), zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Frank, Helmut; Schmid, Harald; Hülsbergen, Kurt-Jürgen (2019): Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. In: *Landbauforschung : journal of sustainable and organic agricultural systems* 69 (1), S. 37–46. DOI: 10.3220/LBF1584375588000.
- Fraser, David (2009): Assessing animal welfare: different philosophies, different scientific approaches. In: *Zoo biology* 28 (6), S. 507–518. DOI: 10.1002/zoo.20253.
- Friedrich, Rainer; Voss, Alfred (1993): External costs of electricity generation. In: *Energy Policy* 21 (2), S. 114–122. DOI: 10.1016/0301-4215(93)90133-Z.
- Fuglestvedt, J.; Rogelj, J.; Millar, R. J.; Allen, M.; Boucher, O.; Cain, M. et al. (2018): Implications of possible interpretations of 'greenhouse gas balance' in the Paris Agreement. In: *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences* 376 (2119). DOI: 10.1098/rsta.2016.0445.
- Gaugler, Tobias; Michalka, Amelie (2018): „How much is the dish?“ – Was kosten uns Lebensmittel wirklich? Unter Mitarbeit von Fabian Fitzler und Maximilian Pieper. Universität Augsburg. Online verfügbar unter <http://www.db.zs-intern.de/uploads/1537345607-LangfassungHowmuchisthedish.pdf>, zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Gaugler, Tobias; Michalke, Amelie (2017): Was kosten uns Lebensmittel wirklich? Ansätze zur Internalisierung externer Effekte der Landwirtschaft am Beispiel Stickstoff. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 26 (2), S. 156–157. DOI: 10.14512/gaia.26.2.25.

- Guo, L. B.; Gifford, R. M. (2002): Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. In: *Global Change Biology* 8 (4), S. 345–360. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x.
- Hansen, Bjørn Gunnar; Østerås, Olav (2019): Farmer welfare and animal welfare- Exploring the relationship between farmer's occupational well-being and stress, farm expansion and animal welfare. In: *Preventive Veterinary Medicine* 170, S. 104741. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.104741.
- Heikkinen, Jaakko; Kurganova, Irina; Lopes de Gerenyu, Valentin; Palosuo, Taru; Regina, Kristiina (2014): Changes in soil carbon stock after cropland conversion to grassland in Russian temperate zone: measurements versus model simulation. In: *Nutr Cycl Agroecosyst* 98 (1), S. 97–106. DOI: 10.1007/s10705-014-9599-8.
- Hellberg-Bahr, A.; Spiller, A. (2011): Faire Preisgestaltung in der Bio-Milch Supply Chain. In: G. Leithold, K. Becker, C. Brock, S. Fischinger, A.-K. Spiegel, K. Spory und Wilbois, K.-P. und Williges, U (Hg.): Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (Band 2, Tierproduktion, Sozioökonomie). Online verfügbar unter [https://orgprints.org/id/eprint/17691/2/Hellberg-Bahr\\_17691.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/17691/2/Hellberg-Bahr_17691.pdf), zuletzt geprüft am 14.05.2021.
- Hmiel, Benjamin; Petrenko, V. V.; Dyonisius, M. N.; Buizert, C.; Smith, A. M.; Place, P. F. et al. (2020): Preindustrial 14CH<sub>4</sub> indicates greater anthropogenic fossil CH<sub>4</sub> emissions. In: *Nature* 578 (7795), S. 409–412. DOI: 10.1038/s41586-020-1991-8.
- Hoedemaker, Martina; Knubben, Gabriela; Müller, Kerstin E.; Campe, Amely; Merle, Roswitha (2020): Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi). Anhang: Unter Mitarbeit von Heidi Arndt, Katrin Birnstiel, Phuong Do Duc, Charlotte Jensen, Björn Steutner, Bodenstein, Ann-Kathrin, Adler et al. TiHo; LMU; FU Berlin. Online verfügbar unter [https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/uploads/report/Abschlussbericht\\_komplett\\_2020\\_06\\_30\\_korr\\_2020\\_10\\_22.pdf](https://ibei.tiho-hannover.de/praeeri/uploads/report/Abschlussbericht_komplett_2020_06_30_korr_2020_10_22.pdf), zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Howarth, Robert W. (2014): A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas. In: *Energy Sci Eng* 2 (2), S. 47–60. DOI: 10.1002/ese3.35.
- Howarth, Robert W.; Santoro, Renee; Ingraffea, Anthony (2011): Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. In: *Climatic Change* 106 (4), S. 679–690. DOI: 10.1007/s10584-011-0061-5.
- Hudman, R. C.; Moore, N. E.; Mebust, A. K.; Martin, R. V.; Russell, A. R.; Valin, L. C.; Cohen, R. C. (2012): Steps towards a mechanistic model of global soil nitric oxide emissions: implementation and space based-constraints. In: *Atmos. Chem. Phys.* 12 (16), S. 7779–7795. DOI: 10.5194/acp-12-7779-2012.
- Hunger, Franz; Kirner, Leopold; Paller, Franz; Schneeberger, Walter (2006): Kostenrechnung im landwirtschaftlichen Betrieb. Anleitung zur Verrechnung aller Leistungen und Kosten auf die Betriebszweige. Hg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien. Online verfügbar unter [https://www.agraroeconomik.at/fileadmin/download/Handbuch\\_Kostenrechnung\\_im\\_landwirtschaftlichen\\_Betrieb.pdf](https://www.agraroeconomik.at/fileadmin/download/Handbuch_Kostenrechnung_im_landwirtschaftlichen_Betrieb.pdf), zuletzt geprüft am 30.04.2021.
- IAB (2021): Durchschnittliche Arbeitszeit und ihre Komponenten. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung: Die Forschungseinrichtung der Bundesagentur für Arbeit. Online verfügbar unter [doku.iab.de/arbeitsmarktdaten/AZ\\_Komponenten.xlsx](https://doku.iab.de/arbeitsmarktdaten/AZ_Komponenten.xlsx), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Icha, Petra (2020): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2019. Unter Mitarbeit von Gunter Kuhs. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter

- [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-01\\_climate-change\\_13-2020\\_strommix\\_2020\\_fin.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-01_climate-change_13-2020_strommix_2020_fin.pdf), zuletzt aktualisiert am 25.05.2021.
- IPCC (1996): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting Instructions. Online verfügbar unter <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ri.pdf>, zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Online verfügbar unter <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- IPCC (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Online verfügbar unter <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>, zuletzt geprüft am 15.05.2021.
- Isselstein, Johannes (2013): Perspektiven der Grünlandforschung in Deutschland – die Strategie der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA). In: Stefan Schröder und Johanna Wider (Hg.): Agrobiodiversität im Grünland – nutzen und schützen. Berlin (Schriftenreihe des Informations- und Koordinationszentrums für Biologische Vielfalt, 34). Online verfügbar unter [https://genres.de/fileadmin/SITE\\_MASTER/content/Schriftenreihe/Band34\\_Gesamt.pdf#page=31](https://genres.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Schriftenreihe/Band34_Gesamt.pdf#page=31), zuletzt geprüft am 05.05.2021.
- Jacobs, Anna; Flessa, Heinz; Don, Axel; Heidkamp, Arne; Prietz, Roland; Dechow, René et al. (2018): Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung (Thünen Report, 64). Online verfügbar unter [https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Thuenen\\_Report\\_64\\_final.pdf](https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Thuenen_Report_64_final.pdf), zuletzt geprüft am 01.05.2021.
- Jürgens, Karin; Poppinga, Onno (2019): Was kostet die Erzeugung von Biomilch? Unter Mitarbeit von Michael Wohlgemuth. Büro für Agrarsoziologie und Landwirtschaft (BAL). Gleichen. Online verfügbar unter [https://www.milch-board.de/fileadmin/Milchmarkt/2019\\_DE\\_BIO\\_Milcherzeugungskosten.pdf](https://www.milch-board.de/fileadmin/Milchmarkt/2019_DE_BIO_Milcherzeugungskosten.pdf), zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Kälber, Tasja; Barth, Kerstin (2017): Untersuchungen zu langfristigen Auswirkungen der muttergebundenen Aufzucht von weiblichen Kälbern in der ökologischen Milchviehhaltung. Thünen-Institut für Ökologischen Landbau. Online verfügbar unter <https://www.orgprints.org/id/eprint/33094/1/33094-110E072-ti-barth-2017-muttergebundene-kaelberaufzucht.pdf>, zuletzt geprüft am 15.05.2021.
- Köke, Tamara; Ineichen, Sebastian; Grenz, Jan; Reidy, Beat (2021): KLIR: Modell zur Berechnung von Treibhausgasemissionen auf Milchviehbetrieben. Agrarforschung Schweiz. Online verfügbar unter [https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2021/03/064-072\\_Ineichen\\_Nutztiere\\_Treibhausgase\\_D.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2021/03/064-072_Ineichen_Nutztiere_Treibhausgase_D.pdf), zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- KTBL (2016): MaKost - Maschinen- und Reparaturkosten. Online verfügbar unter <https://www.ktbl.de/home/webanwendungen/makost>, zuletzt geprüft am 20.05.2021.
- KTBL (2019): Berechnungsparameter Klimagasbilanzierung. Online verfügbar unter <https://daten.ktbl.de/bek/#!ef-thg>, zuletzt geprüft am 25.04.2021.
- Lam, Shu Kee; Chen, Deli; Mosier, Arvin R.; Roush, Richard (2013): The potential for carbon sequestration in Australian agricultural soils is technically and economically limited. In: *Scientific reports* 3, S. 2179. DOI: 10.1038/srep02179.

- Latsch, Annett; Anken, Thomas (2015): Landwirtschaftlicher Energieverbrauch in der Schweiz. Grosse Abhängigkeit von Diesel und hoher Anteil grauer Energie. Online verfügbar unter <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/38411.pdf>, zuletzt geprüft am 15.05.2021.
- Laubach, J.; Taghizadeh-Toosi, A.; Gibbs, S. J.; Sherlock, R. R.; Kelliher, F. M.; Grover, S. P. P. (2013): Ammonia emissions from cattle urine and dung excreted on pasture. In: *Biogeosciences* 10 (1), S. 327–338. DOI: 10.5194/bg-10-327-2013.
- LfL (2012): Energieeinsparung in der Milchviehhaltung. Milchgewinnung: Vakuumversorgung, Kühlung, Reinigung. Online verfügbar unter [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/energieeinsparung\\_milchviehhaltung-milchgewinnung\\_lfl-information.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/energieeinsparung_milchviehhaltung-milchgewinnung_lfl-information.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- LfL (2020): Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast. Online verfügbar unter [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/gruber\\_tabelle\\_rindermast-2020\\_lfl-information.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/gruber_tabelle_rindermast-2020_lfl-information.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- LfU (2018): CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren nach Energieträgern. Online verfügbar unter [https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/emissionsfaktoren\\_co2\\_2017.pdf](https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/emissionsfaktoren_co2_2017.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- LFULG (2001): Ermittlung von Erträgen auf dem Grünland. Grünland "Aktuell". Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Ertragsermittlung.pdf>, zuletzt aktualisiert am 24.05.2021.
- Liu, Shule; Proudman, Joe; Mitloehner, Frank M. (2021): Rethinking methane from animal agriculture. In: *CABI Agric Biosci* 2 (1). DOI: 10.1186/s43170-021-00041-y.
- LKV (o.J.): Wichtige Begriffe der Milchleistungsprüfung und Tierzucht. Ein Nachschlagewerk für den Mitarbeiter. Landeskontrollverband Rheinland-Pflanz e. V. Online verfügbar unter <https://www.lkv-rlp-saar.de/mlp-begriffshandbuch.htm>, zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Loza, Cecilia; Reinsch, Thorsten; Loges, Ralf; Taube, Friedhelm; Gere, José Ignacio; Kluß, Christof et al. (2021): Methane Emission and Milk Production from Jersey Cows Grazing Perennial Ryegrass–White Clover and Multispecies Forage Mixtures. In: *Agriculture* 11 (2), S. 175. DOI: 10.3390/agriculture11020175.
- Lünenbürger, Benjamin (2013): Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Unter Mitarbeit von Anke Benndorf, Michael Börner, Andreas Burger, Harald Ginzky, Cornelia Ohl, Dirk Osiek et al. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change, 01/2013). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4397.pdf>, zuletzt geprüft am 03.05.2021.
- Lynch, John; Cain, Michelle; Pierrehumbert, Raymond; Allen, Myles (2020): Demonstrating GWP\*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and longlived climate pollutants. In: *Environmental research letters : ERL [Web site]* 15 (4), S. 44023. DOI: 10.1088/1748-9326/ab6d7e.
- Markant Magazin (2010): Umsatz im Trinkmilch-Markt nach Vertriebsformen von März 2009 bis März 2010 in 1.000 Euro. in Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/163668/umfrage/umsatz-im-trinkmilch-markt-nach-vertriebsformen/>, zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- Matthey, Astrid; Bünge, Björn (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter

- [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21\\_methodenkonvention\\_3\\_1\\_kostensaetze.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Miranowski, John (2005): Energy Consumption in US Agriculture. In: Joe Outlaw, James Duffield und Keith Collins (Hg.): Agriculture as a Producer and Consumer of Energy. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/5132863\\_Energy\\_Consumption\\_in\\_US\\_Agriculture](https://www.researchgate.net/publication/5132863_Energy_Consumption_in_US_Agriculture), zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- Mitloehner, Frank; Kebreab, Ermlas; Boccadoro, Michael (2020): Methane, Cows, and Climate Change. California Dairy's Path to Climate Neutrality. UC Davis Clear Center. Online verfügbar unter [https://clear.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk7876/files/inline-files/CLEAR-Center-Methane-Cows-Climate-Change-Sep-2-20\\_7.pdf](https://clear.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk7876/files/inline-files/CLEAR-Center-Methane-Cows-Climate-Change-Sep-2-20_7.pdf), zuletzt geprüft am 05.04.2021.
- MIV (o.J.): Milchpreis. Milchindustrie-Verband. Online verfügbar unter <https://milchindustrie.de/milkipedia/milchpreis/>, zuletzt geprüft am 15.05.2021.
- Myhre, Gunnar; Shindell, Drew; Bréon, Francois-Marie; Collins, William; Fuglestedt, Jan; Huang, Jianping; ... Zhang, Hua (2013): Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner und M. Tignor (Hg.): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press. Online verfügbar unter [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf), zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- O'Brien, D.; Capper, J. L.; Garnsworthy, P. C.; Grainger, C.; Shalloo, L. (2014): A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. In: *Journal of dairy science* 97 (3), S. 1835–1851. DOI: 10.3168/jds.2013-7174.
- Ózsvári, László (2017): Economic Cost of Lameness in Dairy Cattle Herds. In: *JDVAR* 6 (2). DOI: 10.15406/jdvar.2017.06.00176.
- Passillé, A. M. de; Marnet, P-G; Lapierre, H.; Rushen, J. (2008): Effects of twice-daily nursing on milk ejection and milk yield during nursing and milking in dairy cows. In: *Journal of dairy science* 91 (4), S. 1416–1422. DOI: 10.3168/jds.2007-0504.
- Petersen, Søren O.; Sommer, Sven G.; Aaes, Ole; Søgaard, Karen (1998): Ammonia losses from urine and dung of grazing cattle. In: *Atmospheric Environment* 32 (3), S. 295–300. DOI: 10.1016/S1352-2310(97)00043-5.
- Poeplau, Christopher; Don, Axel (2013): Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. In: *Geoderma* 192, S. 189–201. DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.08.003.
- Possan, E.; Felix, E. F.; Thomaz, W. A. (2016): CO<sub>2</sub> uptake by carbonation of concrete during life cycle of building structures. In: *J Build Rehabil* 1 (1). DOI: 10.1007/s41024-016-0010-9.
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2020): Grundlage für CO<sub>2</sub>-Preis steht. Einstieg in CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/nationaler-emissionshandel-1684508>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Pretty, J. N.; Brett, C.; Gee, D.; Hine, R. E.; Mason, C. F.; Morison, J.I.L. et al. (2000): An assessment of the total external costs of UK agriculture. In: *Agricultural Systems* 65 (2), S. 113–136. DOI: 10.1016/S0308-521X(00)00031-7.

- Redelberger, Hubert (Hg.) (2004): Management-Handbuch für die ökologische Landwirtschaft - Verfahren - Kostenrechnungen - Baulösungen. KTBL. Darmstadt.
- Reimann, Stefanie; Redelberger, Hubert (2004): Betriebszweig Milchviehhaltung. In: Hubert Redelberger (Hg.): Management-Handbuch für die ökologische Landwirtschaft - Verfahren - Kostenrechnungen - Baulösungen. Darmstadt. Online verfügbar unter <https://orgprints.org/id/eprint/5167/4/5167-020E485-redelberger-2004-managementhandbuch-milch-text.pdf>, zuletzt geprüft am 24.05.2021.
- Rösemann, Claus; Haenel, Hans-Dieter; Vos, Cora; Dämmgen, Ulrich; Döring, Ulrike; Wulf, Sebastian et al. (2021): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture. In: 0376-0723 84. Online verfügbar unter [https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen\\_Report\\_84.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_84.pdf), zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- Roth, Beatrice Annemarie (2008): The effect of artificial rearing on the development of suckling behaviour, performance and stress reactivity in dairy calves. ETH Zurich.
- Rotz, C. A.; Montes, F.; Chianese, D. S. (2010): The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. In: *Journal of dairy science* 93 (3), S. 1266–1282. DOI: 10.3168/jds.2009-2162.
- Rotz, C. Alan (2018): Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. In: *Journal of dairy science* 101 (7), S. 6675–6690. DOI: 10.3168/jds.2017-13272.
- Sanderman, Jonathan; Baldock, Jeffrey A. (2010): Accounting for soil carbon sequestration in national inventories: a soil scientist's perspective. In: *Environmental research letters : ERL [Web site]* 5 (3), S. 34003. DOI: 10.1088/1748-9326/5/3/034003.
- Sanjuán, Miguel Angel; Argiz, Cristina; Mora, Pedro; Zaragoza, Aniceto (2020): Carbon Dioxide Uptake in the Roadmap 2050 of the Spanish Cement Industry. In: *Energies* 13 (13), S. 3452. DOI: 10.3390/en13133452.
- SBK (o.J.): Rechengrößen 2019. Online verfügbar unter <https://www.sbk.org/arbeitgeber/fachthemen/beittraege/rechengroessen-2019/>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Schmid, Harald; Hülsbergen, Kurt-Jürgen (2015): Treibhausgasbilanzen und ökologische Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion – Ergebnisse aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe. In: Kurt-Jürgen Hülsbergen und Gerold Rahmann (Hg.): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig (Thünen Report), 63-87. Online verfügbar unter [http://www.pilotbetriebe.de/download/Th%C3%BCn\\_n\\_Report\\_29.pdf](http://www.pilotbetriebe.de/download/Th%C3%BCn_n_Report_29.pdf), zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- Six, J.; Conant, R. T.; Paul, E. A.; Paustian, K. (2002). In: *Plant and Soil* 241 (2), S. 155–176. DOI: 10.1023/A:1016125726789.
- Solano, L.; Barkema, H. W.; Pajor, E. A.; Mason, S.; LeBlanc, S. J.; Zaffino Heyerhoff, J. C. et al. (2015): Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. In: *Journal of dairy science* 98 (10), S. 6978–6991. DOI: 10.3168/jds.2015-9652.
- Statistisches Bundesamt (2020): Pressemitteilung Nr. 071 vom 4. März 2020. Wiesbaden. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/03/PD20\\_071\\_133.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/03/PD20_071_133.html), zuletzt geprüft am 30.04.2021.
- Tegtmeier, Erin M.; Duffy, Michael D. (2004): External Costs of Agricultural Production in the United States. In: *International Journal of Agricultural Sustainability* 2 (1), S. 1–20. DOI: 10.1080/14735903.2004.9684563.

- Tiemeyer, B.; Kahle, P. (2014): Nitrogen and dissolved organic carbon (DOC) losses from an artificially drained grassland on organic soils. In: *Biogeosciences* 11 (15), S. 4123–4137. DOI: 10.5194/bg-11-4123-2014.
- Tiemeyer, Bärbel; Albiac Borraz, Elisa; Augustin, Jürgen; Bechtold, Michel; Beetz, Sascha; Beyer, Colja et al. (2016): High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. In: *Global Change Biology* 22 (12), S. 4134–4149. DOI: 10.1111/gcb.13303.
- Tiemeyer, Bärbel; Freibauer, Annette; Borraz, Elisa Albiac; Augustin, Jürgen; Bechtold, Michel; Beetz, Sascha et al. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. In: *Ecological Indicators* 109, S. 105838. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105838.
- UBA (2020a): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change, 22/2020). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-15-climate-change\\_22-2020\\_nir\\_2020\\_de\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-15-climate-change_22-2020_nir_2020_de_0.pdf), zuletzt geprüft am 01.05.2021.
- UBA (2020b): Grünlandumbruch. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/gruenlandumbruch#gefahrung-des-grunlands>, zuletzt geprüft am 04.05.2021.
- UBA (2020c): Reaktiver Stickstoff in der Umwelt. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/wirkungen-von-luftschadstoffen/wirkungen-auf-oekosysteme/reaktiver-stickstoff-in-der-umwelt#formen-reaktiven-stickstoffs>, zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- UNECE (2014): Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. United Nations Economic and Social Council. Online verfügbar unter [https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE\\_EB.AIR\\_120\\_ENG.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- VDI Zentrum Ressourceneffizienz (o.J.): Ökobilanz - DIN EN ISO 14040/44. Online verfügbar unter [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/leitfaden-ressourceneffizienz/OEkobilanz\\_DIN\\_EN\\_ISO\\_14040.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/leitfaden-ressourceneffizienz/OEkobilanz_DIN_EN_ISO_14040.pdf), zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- VDZ (2017): Umwelt-Produktdeklaration Zement nach ISO 14025 und EN 15804. Hg. v. Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). Online verfügbar unter <https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/umweltschutz/VDZ-EPD-2017.pdf>, zuletzt geprüft am 10.05.2021.
- VDZ (2020): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie. Düsseldorf. Online verfügbar unter [https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/umweltschutz/Umweltdaten/VDZ\\_Umweltdaten\\_Environmental\\_Data\\_2019.pdf](https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/umweltschutz/Umweltdaten/VDZ_Umweltdaten_Environmental_Data_2019.pdf), zuletzt aktualisiert am 10.05.2021.
- Wagner, Kathrin; Brinkmann, Jan; March, Solveig; Hinterstößer, Peter; Warnecke, Sylvia; Schüler, Maximilian; Paulsen, Hans Marten (2017): Impact of Daily Grazing Time on Dairy Cow Welfare-Results of the Welfare Quality® Protocol. In: *Animals : an open access journal from MDPI* 8 (1). DOI: 10.3390/ani8010001.
- Waiblinger, Susanne; Wagner, Kathrin; Hillmann, Edna; Barth, Kerstin (2020a): Play and social behaviour of calves with or without access to their dam and other cows. In: *The Journal of dairy research* 87 (S1), S. 144–147. DOI: 10.1017/S0022029920000540.

- Waiblinger, Susanne; Wagner, Kathrin; Hillmann, Edna; Barth, Kerstin (2020b): Short- and long-term effects of rearing dairy calves with contact to their mother on their reactions towards humans. In: *The Journal of dairy research* 87 (S1), S. 148–153. DOI: 10.1017/S0022029920000576.
- Warnecke, Sylvia; Schulz, Franziska; Paulsen, Hans Marten; Rahmann, Gerold (2013): Berechnung emissionswirksamer Substanzen in Exkrementen der Milchkühe ökologischer und konventioneller Betriebe in Deutschland basierend auf den Futterrationen und den Futterinhaltsstoffen. In: Kurt-Jürgen Hülsbergen und Gerold Rahmann (Hg.): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen Report). Online verfügbar unter [http://www.pilotbetriebe.de/download/Abschlussbericht%202013/5-9\\_Warnecke%20et%20al%202013.pdf](http://www.pilotbetriebe.de/download/Abschlussbericht%202013/5-9_Warnecke%20et%20al%202013.pdf), zuletzt geprüft am 15.05.2021.
- Wiesmeier, Martin.; Mayer, Stefanie; Paul, Carsten; Helming, Katharina; Don, Axel; Franko, Uwe et al. (2020): CO<sub>2</sub>-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. Hg. v. BonaRes-Zentrum für Bodenforschung. Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn062163.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062163.pdf), zuletzt geprüft am 05.05.2021.
- ZWA (o.J.): Benutzungsgebühren für Trinkwasserversorgung. Zweckverband für Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Eberswalde. Online verfügbar unter <https://www.zwa-eberswalde.de/kundenservice/verbrauchsabrechnung/benutzungsgebuehren-fuer-trinkwasserversorgung>, zuletzt geprüft am 15.05.2021.

## Anhang

Tabelle A 1: Zusammensetzung der Kosten von Konsummilch (WJ 2019/20) .....	II
Tabelle A 2: Lohnansatzszenarien nach BMEL .....	IV
Tabelle A 3: Effektive Arbeitsstunden.....	IV
Tabelle A 4: Grundlage Stundenlohn .....	IV
Tabelle A 5: Sozialversicherungsbeiträge.....	V
Tabelle A 6: Mittleres Lohnszenario (Grundlage) .....	V
Tabelle A 7: Hohes Lohnszenario (Grundlage) .....	V
Tabelle A 8: Lohnansatzszenarien in Betrieb.....	VI
Tabelle A 9: Lohnansatzszenarien in Erzeugung .....	VI
Tabelle A 10: Lohnansatzszenarien in Abfüllung.....	VI
Tabelle A 11: Lohnansatzszenarien in Vermarktung .....	VII
Tabelle A 12: Lohnansatzszenarien von Konsummilch.....	VII
Tabelle A 13: Lohnansatzszenarien von Konsummilch (in ct (kg ECM) <sup>-1</sup> ) .....	VII
Tabelle A 14: Kostenszenarien für Treibhausgase.....	VIII
Tabelle A 15: Übersicht der gemolkenen Milchmengen .....	IX
Tabelle A 16: Daten aus Milchviehbetrieben im Testbetriebsnetzwerk (WJ 2019/20).....	X

## Anhang 1

**Tabelle A 1: Zusammensetzung der Kosten von Konsummilch (WJ 2019/20) für den mittleren Lohnansatz und THG-Szenario 1**

Quelle: Eigene Darstellung

Kostenpositionen	(ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )	(ct l <sup>-1</sup> )
<b>Milcherzeugung</b>		
+ Zugekaufte Futtermittel	1,4	1,4
+ Futteranbau (Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel)	2,3	2,4
+ Kosten der Tierhaltung (Tierarzt, Medikamente etc.)	8,5	8,7
+ Gebühren und Beiträge (Tierversicherung, Hausversicherung)	9,6	9,9
+ Unterhalt Gebäude und bauliche Anlagen	2,9	2,9
+ Unterhalt technische Anlagen und Maschinen	13,5	13,8
+ Energie und Wasser	19,8	20,3
+ Lohnarbeit	12,0	12,3
+ Personalaufwand	11,4	11,7
+ allgemeiner Betriebs- und Materialaufwand	5,3	5,4
+ Pacht	28,9	29,6
+ Zinsen und Steuern	4,2	4,3
= Zwischensumme	119,8	122,8
- abzgl. Rindfleischerlöse	36,6	37,5
- abzgl. Bullenkälbererlöse	0,7	0,7
= Pagatorische Kosten der Milcherzeugung	82,5	84,6
+ Abschreibungen auf Anlagevermögen	24,0	24,6
+ Rücklagen für veraltete Gebäude und Maschinen	22,6	23,2
+ Mittlerer Lohnansatz	49,3	50,6
+ Personallohnansatz	4,6	4,7
= Kalkulatorische Kosten der Milcherzeugung	100,5	103,0
= Kosten der Milcherzeugung	183,0	187,6
+		
<b>Milchabfüllung</b>		
+ Hygiene	1,4	1,5
+ Gebühren und Beiträge (Versicherungen)	0,8	0,9
+ Unterhalt Gebäude und bauliche Anlagen	5,1	5,2
+ Unterhalt technische Anlagen und Maschinen	2,9	3,0
+ Energie und Wasser	5,2	5,3
+ Lohnarbeit	0,9	0,9
+ Personalkosten	22,4	22,9
+ Allgemeiner Betriebs- und Materialaufwand	20,9	21,4
+ Zinsen und Steuern	1,6	1,7
= Pagatorische Kosten der Milchabfüllung	61,2	62,8
+ Abschreibungen auf Anlagevermögen	12,8	13,1
+ Mittlerer Lohnansatz	6,6	6,8
+ Personallohnansatz	8,9	9,2
= Kalkulatorische Kosten der Milchabfüllung	28,4	29,1
= Kosten der Milchabfüllung	89,6	91,9
+		

Kostenpositionen	(ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )	(ct l <sup>-1</sup> )
Milchvermarktung	31,4	32,2
+ Gebühren und Beiträge (Versicherungen)	0,0	0,0
+ Unterhalt Gebäude und bauliche Anlagen	0,1	0,1
+ Unterhalt technische Anlagen und Maschinen	1,4	1,5
+ Energie und Wasser	2,1	2,2
+ Lohnarbeit	3,1	3,1
+ Personalkosten	6,7	6,9
+ Allgemeiner Betriebs- und Materialaufwand	2,8	2,9
+ Zinsen und Steuern	0,1	0,2
+ Werbe- und Reisekosten	0,3	0,3
+ Fahrzeugkosten	0,7	0,7
+ Kosten der Warenabgabe	0,2	0,2
= Pagatorische Kosten der Milchvermarktung	17,6	18,0
+ Abschreibungen auf Anlagevermögen	2,8	2,9
+ Mittlerer Lohnansatz	26,3	27,0
+ Personallohnansatz	2,7	2,7
= Kalkulatorische Kosten der Milchvermarktung	31,9	32,6
= Kosten der Milchvermarktung	49,4	50,7
=		
= Betriebliche Kosten der Konsummilch	322,1	330,1
=		
+ Externe Kosten		
+ Treibhausgase (erstes Szenario ohne tierisches Methan)	9,3	9,5
+ Luftschadstoffe und reaktiver Stickstoff	1,2	1,2
= Summe	10,4	10,7
Wahre Kosten der Milch	332,5	340,8
=		
- Beihilfen, Zuschüsse und Entschädigungen		
- abzgl. sonstige Beihilfen und Zuschüssen	3,0	3,1
- abzgl. Direktzahlungen (Basisprämie) ohne AUM	57,4	58,8
- abzgl. Bioprämie	41,6	42,6
- abzgl. Agrarumweltmaßnahmen	1,6	1,6
- abzgl. Personalzuschüsse	7,9	8,1
- abzgl. Entschädigungen	2,1	2,2
- abzgl. Zuschüsse für Pflegearbeiten	8,8	9,0
= Zuschüsse	122,4	125,5
=		
Milchverkaufspreis bei Abführung der externen Kosten	210,1	215,3
Milchverkaufspreis ohne Abführung der externen Kosten	199,6	204,6

## Anhang 2 – 4

**Tabelle A 2: Lohnansatzszenarien nach BMEL**

Quelle: Eigene Darstellung mit Berechnung nach BMEL 2021

Lohnansatz Betriebsleitung	Mit Arbeitgeberanteil (€)	Ohne Arbeitgeberanteil (€)
Grundlohn (einschließlich Arbeitgeberanteil zur Sozialversicherung)	34.532	27.617
+ Betriebsleiterzuschlag (BLZ)	1.748	1.398
<b>Summe</b>	<b>36.280</b>	<b>29.015</b>
<b>Berechnung BLZ</b>	<b>(€)</b>	<b>(€)</b>
3,17 € x 224 ha LF	710	568
0,93 € x 260 Tsd. € Bilanzvermögen	242	193
2,21 € x 391 Tsd. € Umsatzerlöse	864	691
-227 x 0,3 Arbeitskräfte	-68	-54
<b>Summe</b>	<b>1.748</b>	<b>1.398</b>
<b>Lohnansatz Betrieb</b>	<b>(€)</b>	<b>(€)</b>
Lohnansatz Betriebsleitung	36.280	30.227
Lohnansatz nicht entlohnte Arbeitskraft	27.016	22.509
<b>Summe</b>	<b>63.296</b>	<b>52.736</b>

**Tabelle A 3: Effektive Arbeitsstunden**

Quelle: Eigene Darstellung nach IAB 2021

	Tage	Stunden
Kalendertage	365	
Samstage und Sonntage	104	
<b>= Bezahlte Arbeitszeit pro Jahr</b>	<b>261</b>	<b>2088</b>
- Urlaubstage*	30	
- Feiertage an Werktagen*	10	
- Krankheit*	10	
- Fortbildung	3	
<b>= Effektive Arbeitszeit</b>	<b>208</b>	<b>1664</b>
Effektive Arbeitszeit pro Arbeitstag		6,38
Verhältnis		79,69%

\* Durchschnittswerte; Urlaub nach §3 Absatz 1 BUrlG mindestens 24 Tage

**Tabelle A 4: Grundlage Stundenlohn**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Tabelle A 1 und A 5

Stundenlohn	(€)	Arbeitgeberanteil	Bruttolohn (€)
Betriebsleitung	17,38	20,03%	14,48
Nicht entlohnte AK	12,94	20,03%	10,78
<b>Durchschnittslohn</b>	<b>15,16</b>	<b>20,03%</b>	<b>12,63</b>

## Anhang 5 – 7

**Tabelle A 5: Sozialversicherungsbeiträge**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten von SBK o.J.

Sozialversicherungsbeiträge 2019	Anteil	Arbeitgeber	Arbeitnehmer
Krankenversicherung	14,60%	7,30%	7,30%
Zusatzbeitragssatz*	1,30%	0,65%	0,65%
Pflegeversicherung (mit Kindern)	3,05%	1,53%	1,53%
Rentenversicherung	18,60%	9,30%	9,30%
Arbeitslosenversicherung	2,50%	1,25%	1,25%
<b>Summe</b>	<b>40,05%</b>	<b>20,03%</b>	<b>20,03%</b>
<b>Zusätzlich möglich</b>			
Insolvenzumlage		0,06%	
U1 Arbeitsunfähigkeit (50 %)		1,50%	
U2 Mutterschaft		0,35%	

\* abhängig von Krankenkasse

**Tabelle A 6: Mittleres Lohnszenario (Grundlage)**

Quelle: Eigene Darstellung

	Betrieb	Erzeugung
Fiktive Fremdarbeitskräfte	Stunden	
Arbeitsstunden nAK	4323	1865
Bezahlte Stundenzahl	2088	2088
Effektive Stundenzahl	1664	1664
Bedarf an Fremdarbeitskräften nach effektiver Stundenzahl	2,60	1,12
Bezahlte Stunden	5.424	2340
Jahreslohn mit Arbeitgeberanteil ( € )	82.218	35,473
Stundenlohn	15,16	15,16

**Tabelle A 7: Hohes Lohnszenario (Grundlage)**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten von Destatis 2021b

Verarbeitendes Gewerbe in Vollzeit (2020)	Mit Arbeitgeberanteil (€)	Ohne Arbeitgeberanteil (€)
Jahreslohn	66.223	55.174
Stundenlohn (40 h Woche <sup>-1</sup> )	31,72	26,42

## Anhang 8 – 10

**Tabelle A 8: Lohnansatzszenarien in Betrieb**

Quelle: Eigene Darstellung

Betrieb	Lohnansatz (€/h)	Arbeitszeit (h)	Jahreslohn (€)	Jahreslohn pro AK (€)
Niedriges Szenario	12,63	4323	54.591	27.295
mit Arbeitgeberanteil	15,16		65.523	32.761
Mittleres Szenario	12,63	5.424	68.501	34.251
mit Arbeitgeberanteil	15,16		82.218	41.109
Hohes Szenario	26,42	4323	114.230	57.115
mit Arbeitgeberanteil	31,72		137.105	68.552
Mittleres Szenario für nAK	15,85	4323	68.501	39.554
mit Arbeitgeberanteil	19,02		82.218	47.474

**Tabelle A 9: Lohnansatzszenarien in Erzeugung**

Quelle: Eigene Darstellung

Erzeugung	Lohnansatz (€/h)	Arbeitszeit (h)	Jahreslohn (€)	Jahreslohn pro AK (€)
Niedriges Szenario	12,63	1865	23.553	11.777
mit Arbeitgeberanteil	15,16		28.270	14.135
Mittleres Szenario	12,63	2.340	29.555	14.777
mit Arbeitgeberanteil	15,16		35.473	17.736
Hohes Szenario	26,42	1865	49.284	24.642
mit Arbeitgeberanteil	31,72		59.153	29.577
Mittleres Szenario für nAK	15,85	1865	29.555	17.065
mit Arbeitgeberanteil	19,02		35.473	20.483

**Tabelle A 10: Lohnansatzszenarien in Abfüllung**

Quelle: Eigene Darstellung

Abfüllung	Lohnansatz (€/h)	Arbeitszeit (h)	Jahreslohn (€)	Jahreslohn pro AK (€)
Niedriges Szenario	12,63	95	1.196	598
mit Arbeitgeberanteil	15,16		1.435	718
Mittleres Szenario	12,63	119	1.501	750
mit Arbeitgeberanteil	15,16		1.801	901
Hohes Szenario	26,42	95	2.502	1.251
mit Arbeitgeberanteil	31,72		3.003	1.502
Mittleres Szenario für nAK	15,85	95	1.501	866
mit Arbeitgeberanteil	19,02		1.801	1.040

## Anhang 11 – 13

**Tabelle A 11: Lohnansatzszenarien in Vermarktung**

Quelle: Eigene Darstellung

Vermarktung	Lohnansatz (€/h)	Arbeitszeit (h)	Jahreslohn (€)	Jahreslohn pro AK (€)
Niedriges Szenario	12,63	377	4.765	2.383
mit Arbeitgeberanteil	15,16		5.719	2.860
Mittleres Szenario	12,63	473	5.979	2.990
mit Arbeitgeberanteil	15,16		7.177	3.588
Hohes Szenario	26,42	377	9.971	4.985
mit Arbeitgeberanteil	31,72		11.967	5.984
Mittleres Szenario für nAK	15,85	377	5.979	3.453
mit Arbeitgeberanteil	19,02		7.177	4.144

**Tabelle A 12: Lohnansatzszenarien von Konsummilch**

Quelle: Eigene Darstellung

Konsummilch	Lohnansatz (€/h)	Arbeitszeit (h)	Jahreslohn (€)	Jahreslohn pro AK (€)
Niedriges Szenario	12,63	2337	29.514	14.757
mit Arbeitgeberanteil	15,16		35.424	17.712
Mittleres Szenario	12,63	2.933	37.034	18.517
mit Arbeitgeberanteil	15,16		44.450	22.225
Hohes Szenario	26,42	2337	61.757	30.879
mit Arbeitgeberanteil	31,72		74.124	37.062
Mittleres Szenario für nAK	15,85	2337	37.034	21.384
mit Arbeitgeberanteil	19,02		44.450	25.666

**Tabelle A 13: Lohnansatzszenarien von Konsummilch (in ct (kg ECM)<sup>-1</sup>)**

Quelle: Eigene Darstellung

Konsummilch	ct (kg ECM) <sup>-1</sup>			Gesamt
	Erzeugung	Abfüllung	Vermarktung	
Niedriges Szenario	32,7	4,4	17,5	54,6
mit Arbeitgeberanteil	39,3	5,3	21,0	65,6
Mittleres Szenario	41,1	5,5	21,9	68,5
mit Arbeitgeberanteil	49,3	6,6	26,3	82,3
Hohes Szenario	68,5	9,2	36,6	114,3
mit Arbeitgeberanteil	82,2	11,0	43,9	137,2
Mittleres Szenario für nAK	47,5	6,4	25,3	79,2
mit Arbeitgeberanteil	57,0	7,6	30,4	95,0

Tabelle A 14: Kostenszenarien für Treibhausgase

Quelle: Eigene Darstellung

Kostenszenario (€/kg CO <sub>2</sub> eq)	1 0,025 (ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )		2 0,055 (ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )		3 0,195 (ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )		4 0,680 (ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )	
	(€)	(ct (kg ECM) <sup>-1</sup> )						
<b>Energie und Wasser</b>								
Erzeugung	823	1,14	1.811	2,52	6.420	8,93	22.389	31,13
Verarbeitung	69	0,26	153	0,56	542	1,99	1.890	6,94
Vermarktung	38	0,14	84	0,31	298	1,09	1.038	3,81
Summe	931	1,54	2.048	3,39	7.260	12,01	25.317	41,88
<b>Maschinen</b>								
Erzeugung	90	0,13	198	0,28	703	0,98	2.450	3,41
Verarbeitung	4	0,01	9	0,03	31	0,12	109	0,40
Vermarktung	2	0,01	5	0,02	17	0,06	60	0,22
Summe	96	0,15	212	0,33	751	1,16	2.620	4,03
<b>Zugekaufte Futtermittel</b>								
Mineralfütter	83	0,12	184	0,26	651	0,91	2.271	3,16
Summe	83	0,12	184	0,26	651	0,91	2.271	3,16
<b>Methan von Rindern</b>								
Methan <sub>100</sub>	3.408	4,74	7.498	10,42	26.583	36,96	92.698	128,89
Methan <sub>20</sub>	10.224	14,22	22.493	31,27	79.748	110,88	278.095	386,67
Summe <sub>100</sub>	3.408	4,74	7.498	10,42	26.583	36,96	92.698	128,89
<b>Anmmoriges Grünland</b>								
Kohlenstoffdioxid	4.861	6,76	10.694	14,87	37.915	52,72	132.218	183,84
Lachgas	474	0,66	1.043	1,45	3.698	5,14	12.894	17,93
Methan <sub>100</sub>	32	0,04	71	0,10	251	0,35	876	1,22
Methan <sub>20</sub>	97	0,13	213	0,30	753	1,05	2.628	3,65
Summe <sub>100</sub>	5.367	7,46	11.808	16,42	41.864	58,21	145.988	202,99
<b>Gesamtsumme</b>								
THG <sub>100</sub>	9.886	14,01	21.749	30,81	77.109	109,24	268.894	380,94
THG ohne Methan <sub>ent, excr</sub>	6.478	9,27	14.251	20,39	50.527	72,28	176.196	252,05
THG <sub>20</sub>	16.766	23,57	36.886	51,86	130.777	183,86	456.042	641,16

**Tabelle A 15: Übersicht der gemolkenen Milchmengen über Tagesleistungen der MLP (2019/20)**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus MLP 23.06.2020

Prüfdatum	Kühe		Verhältnis	Melkdurchschnitt			Gesamtmilchmenge			A/B Kühe
	Geprüft	gemolken		Mkg	F-%	E-%	pro Tag (kg)	pro Monat (kg)	pro Monat (kg ECM)	
30.07.2019	24	21	0,88	9,0	4,29	3,55	189	5.859	6.119	33
27.08.2019	33	31	0,94	7,3	4,71	3,78	226	7.015	7.772	33
23.09.2019	31	27	0,87	5,5	5,11	4,1	149	4.455	5.233	32
28.10.2019	29	21	0,72	5,8	5,47	4,33	122	3.776	4.648	29
25.11.2019	30	10	0,33	5,2	5,34	4,2	52	1.560	1.884	29
20.12.2019	Keine Werte in MLP									
28.01.2020	34	6	0,18	12,5	3,74	3,34	75	2.250	2.176	29
24.02.2020	29	13	0,45	12,4	3,96	3,46	161	4.675	4.677	29
24.03.2020	28	17	0,61	11,5	3,74	2,97	196	6.061	5.718	29
28.04.2020	29	17	0,59	19,0	3,71	3,58	323	9.690	9.488	29
25.05.2020	35	23	0,66	19,0	4,17	3,62	437	13.547	14.021	30
23.06.2020	34	22	0,65	15,0	4,22	3,43	330	9.900	10.183	30
∅	30,55	18,91	0,62	11,11	4,41	3,67				30,18
Gemolkene Gesamtmilchmenge im Wirtschaftsjahr 2019/20:										
							Milch pro gemolkener Kuh	68.787	71.920	
							Durchschnittliche Milch pro Kuh	3.638	3.803	
							Gesamtmilchmenge mit innerbetrieblicher Verwendung	2.252	2.355	
								107.290	112.176	
Berechnungsformel ECM: ECM (kg) = Milch (kg) x [(0,38 x (Fett %) + 0,21 x (Eiweiß %) + 1,05] 3,28-1)										
Kilogramm-Milch in Liter: Milch (l) = Milch (kg) / 1,02										

Prüfdatum	Kühe		Verhältnis	Melkdurchschnitt			Gesamtmilchmenge			A/B Kühe
	Geprüft	gemolken		Mkg	F-%	E-%	pro Tag (kg)	pro Monat (kg)	pro Monat (kg ECM)	

## Anhang 16

**Tabelle A 16: Daten aus Milchviehbetrieben im Testbetriebsnetzwerk (WJ 2019/20)**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus BMEL 2021

	Deutschland	Brandenburg	Bayern	Biobetriebe
Betriebsgröße Standard-Output (in 1000 €)	248,1	687,2	162,1	155,5
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	75,6	340,6	52,4	63
davon Ackerfläche (ha)	34,6	214,3	24,4	20,5
davon Dauergrünland (ha)	40,9	125,7	28,9	42,4
Futterfläche (ha)	59,7	219,1	40,5	53,7
Pachtpreis € (ha) <sup>-1</sup>	304	176	280	264
Rindviehbesatz (VE (100 ha LF) <sup>-1</sup> )	156,2	81,0	152,8	111,5
Milchkühe (Stück)	71,6	158,5	47,5	45,3
Milchleistung (kg ECM Kuh <sup>-1</sup> )	8.315	8.337	7.642	6.421
Erntefläche (ha)	74,9	340,2	52,1	62,7
davon Getreide, Körnermais (ha)	13,1	96,3	10,5	8,0
davon Öl-, Hülsenfrüchte, Faserpflanzen (ha)	1,1	10,4	0,7	0,7
davon Silomais (ha)	13,9	62,1	7,7	2,2
davon sonstiges Ackerfutter (ha)	5,2	34,2	3,8	8,7

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, Alexander Greiner, die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig erstellt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben. Alle Angaben von Dritten (wörtlich oder sinngemäß) sind ordnungsgemäß belegt. Die Arbeit wurde in dieser oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsstelle vorgelegt.

---

Datum, Unterschrift