

Methodenbeschreibung Sachbilanz Tierhaltung der BEK-Fachgruppen „Rind“ und „Schwein“ Handbuch



Methodenbeschreibung Sachbilanz Tierhaltung der BEK-Fachgruppen „Rind“ und „Schwein“

Handbuch

Caroline Labonte | Annika Lüschen-Strudthoff | Lisa Oehlert

Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) | Darmstadt

Fachliche Begleitung

Fachgruppen „Rind“ und „Schwein“ der Arbeitsgruppe „Berechnungsmethode für einzelbetriebliche Klimabilanzen“ (BEK)

Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI) | Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) | Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) | Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) | Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NI) | Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW)

Bitte zitieren Sie diese Publikation bzw. Teile daraus wie folgt:

Arbeitsgruppe BEK (2026): Methodenbeschreibung Sachbilanz Tierhaltung der BEK-Fachgruppen „Rind“ und „Schwein“. Handbuch, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

© KTBL 2026

Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Telefon +49 6151 7001-0 | E-Mail: ktbl@ktbl.de

vertrieb@ktbl.de | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189

www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Titelfoto

© stock.adobe.com | AnnaStills

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung	8
2.1	Grundlegende Parameter zur Emissionsberechnung	8
2.1.1	Aufgenommene Futtermenge	8
2.1.2	Bruttoenergieaufnahme	9
2.1.3	Ausscheidung organischer Trockensubstanz	10
2.1.4	Gesamtstickstoffausscheidung	11
2.1.5	TAN-Ausscheidung	13
2.2	Emissionen von den Tieren (Scope 1)	13
2.2.1	Methanemissionen aus enterischer Fermentation	13
2.2.2	Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	14
2.2.3	Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	15
2.2.4	Lachgasemissionen aus der Weidehaltung	20
2.3	Emissionen aus der Konversion fossiler Energieträger (Scope 1)	21
2.4	Emissionen aus zugekaufter Wärme und Strom (Scope 2)	21
2.5	Emissionen aus Tierzugängen, Betriebsmitteln und Betriebsstoffen (Scope 3)	22
2.6	Product Carbon Footprint aus der Tierhaltung	22
	Literatur	24
	Anhang	25
	Datenaufnahme Milchkuhhaltung	26
	Datenaufnahme Färsenaufzucht (Milchnutzung)	28
	Datenaufnahme Schweinemast	30
	Abkürzungsverzeichnis	32
	Mitwirkende	34

1 Einleitung

Mit der „Sachbilanz Tierhaltung“ können Stoff- und Energieflüsse der landwirtschaftlichen Tierhaltung strukturiert dargestellt und quantifiziert werden. Die Sachbilanz macht die relevanten Prozesse und ihre Wechselwirkungen sichtbar und schafft Transparenz über die zugrundeliegenden Daten, ohne eine Bewertung, Gewichtung oder Allokation (Aufteilung der Emissionen auf einzelne Produkte) vorzunehmen.

Die in der Sachbilanz betrachteten Prozesse umfassen die Stoff- und Energieflüsse aus dem bilanzierten Betriebszweig, um die direkten Emissionen klimawirksamer Gase sowie die vorgelagerten Emissionen aus der Bereitstellung der Betriebsmittel und -stoffe bis zum Hofstor (cradle to gate) zu beschreiben. Dazu gehören die direkten Emissionen aus der Fütterung, beginnend bei der Futterentnahme über die Verdauung bis zur Ausscheidung, sowie Emissionen aus den Haltungsverfahren und aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern. Direkte Emissionen entstehen unmittelbar im landwirtschaftlichen Betrieb und umfassen Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2). Zu den indirekten Treibhausgasemissionen werden Ammoniak (NH_3) und Stickstoffmonoxid (NO) aus der Deposition (Stickstoffeintrag) sowie die Emissionen aus der Nitratauswaschung gezählt. Als indirekte Emissionen eingeschlossen sind in die Berechnungsgrundlage die zugehörigen vorgelagerten Emissionen, aus der Beschaffung von Tieren sowie aus der Bereitstellung von Futtermitteln, Einstreu, Wasser und Energie. Vorgelagerte Emissionen aus der Vermehrung sowie aus Maßnahmen zur Erhaltung oder Verbesserung der Tiergesundheit werden vorerst nicht betrachtet. Dies betrifft zum Beispiel Emissionen für die Herstellung von Zukaufssperma und den Besamungsvorgang, die Klauenpflege, präventive sowie kurative tierärztliche Behandlungen und die entsprechenden Impfstoffe und Medikamente, aber auch Reinigungs- und Desinfektionsmittel.

Entscheidend für die Aussagekraft der Bilanz ist außerdem die Wahl des zeitlichen Bezugsrahmens. Dieser liegt bei 365 Tagen, wobei sich das Kalenderjahr oder das Wirtschaftsjahr als Betrachtungszeitraum anbieten. Alle Folgebilanzen müssen bezüglich des Erhebungszeitraums kongruent sein.

Die Berechnungsmethodik folgt der Methodik des vom Johann Heinrich von Thünen-Institut erstellten Nationalen Emissionsinventars (<https://www.eminv-agriculture.de>) für die Quellgruppe Landwirtschaft. In diesem Bericht wird jährlich über die Emissionen in Deutschland berichtet: Neben Luftschadstoffen werden auch Treibhausgasquellen und -senken beleuchtet. Dadurch lässt sich die Entwicklung im Zeitverlauf verfolgen und es können Rückschlüsse über die Wirksamkeit politischer Maßnahmen getroffen werden.

Entsprechend dem Emissionsinventar beruht auch die hier vorgelegte Berechnungsmethodik auf der Betrachtung des Stickstoffflusses. Wird Stickstoff in einem Schritt in der Prozesskette freigesetzt, kann die emittierte Menge in einem späteren Prozessschritt keine weiteren Emissionen mehr verursachen. Stehen mehrere Teilprozesse in einer direkten Abfolge, berücksichtigt die verwendete Berechnungsmethodik die Massenbilanz, d. h. eine Stoffmenge, die im vorhergehenden Teilprozess durch Emission verloren gegangen ist, kann im aktuellen Teilprozess nicht mehr zur Emission beitragen. So verringert sich in der Tierhaltung die Stickstoffmenge, aus der sich Emissionen von N_2O und NH_3 speisen, und zwar von der tierischen Ausscheidung über die Teilprozesse „Stall“ und „Lager“.

Um von der Sachbilanz zur Treibhausgasbilanz zu kommen, werden die berechneten Mengen der einzelnen Treibhausgase mit den entsprechenden Treibhausgaspotenzialen in Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO_2e) umgerechnet. Seit 2024 finden im Nationalen Emissionsinventar die GWP_{100} -Werte (Treibhausgaspotenziale für den Zeitraum von 100 Jahren) des fünften IPCC-Sachstandsberichtes, IPCC-AR5

(IPCC 2014), Anwendung. Alternativ können auch Faktoren aus jüngeren Berichten wie dem IPCC-AR6 (IPCC 2021) verwendet werden. Die zur Berechnung verwendeten GWP-Werte müssen dokumentiert werden, um eine Einordnung und Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse zu gewährleisten. Für die Erfüllung von Berichtspflichten der verarbeitenden Unternehmen in der Wertschöpfungskette werden in der Regel die aktuellen GWP-Faktoren gefordert.

Die Bilanzierung erfolgt unter Einbezug der drei Scopes des Greenhouse Gas Protocols (2004), einem international anerkannten Standard zur Erfassung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen. Diese systematische Unterteilung hilft, Emissionsquellen zu identifizieren und gezielt Minderungsstrategien zu entwickeln.

Die 3 Scopes des Greenhouse Gas Protocols

- Scope 1 betrifft alle Emissionen, die während des Produktionsprozesses direkt auf dem bilanzierten Betrieb entstehen. Sie werden dementsprechend auch Prozessemissionen genannt.
- Scope 2 sind indirekte Emissionen, die durch extern erzeugte, eingekaufte Elektrizität, Wärme oder Kälte in den Produktionsprozess kommen.
- Scope-3-Emissionen sind vorgelagerte Emissionen, die über zugekaufte Betriebsmittel und -stoffe indirekt Emissionen zum Gesamtergebnis beisteuern, z.B. Emissionen für die Produktion und den Transport von Zukauffuttermitteln.

Die Methode zur Berechnung der Sachbilanz wurde von den Fachgruppen „Rind“ und „Schwein“ der Arbeitsgruppe „Berechnungsmethode für einzelbetriebliche Klimabilanzen in der Landwirtschaft“ (BEK) im Jahr 2025 entwickelt. Die Arbeitsgruppe wurde 2012 im Rahmen des Arbeitsforums „Treibhausgasbilanzen und Klimaschutz in der Landwirtschaft“ gegründet und setzt sich aus Organisationen mit Erfahrung in der Treibhausgasbilanzierung zusammen. Sie hat das Ziel, eine einheitliche und transparente Berechnungsgrundlage für die einzelbetriebliche Treibhausgasbilanzierung in der Landwirtschaft bereitzustellen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die gesamtbetriebliche, einheitliche Betrachtung der verschiedenen Produktionszweige des landwirtschaftlichen Betriebes gelegt. Der BEK versetzt Interessentinnen und Interessenten in die Lage, Treibhausgasberechnungen auf Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes durchzuführen, eigene EDV-Programme zur Klimabilanzierung auf Grundlage des BEK zu entwickeln oder bestehende EDV-Programme mit dem BEK abzugleichen.

Die Arbeitsgruppe hat das Handbuch „Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft“ und eine Parameterdatei erarbeitet. Das Handbuch ist bisher in vier Ausgaben erschienen und wird aktuell überarbeitet.

Hinweis

Bitte beachten Sie, dass das Handbuch „Berechnungsmethode für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft“ zurzeit (Stand Januar 2026) überarbeitet wird und deshalb aktuell nicht online zur Verfügung steht.

Mit „Klima-Check Landwirtschaft“ bietet die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ein Kalkulationsprogramm, in dem die Methodik der „Sachbilanz Tierhaltung“ bereits seit Juni 2025 angewendet wird. Berechnungsgrundlage sind hier die Treibhausgaspotenziale des 6. Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-AR6).

Die hier vorgelegte „Sachbilanz Tierhaltung“ ersetzt die bisherige Methodik des BEK zur Kalkulation der Emissionen in der Schweine- und Rinderhaltung. Als vorab erscheinender Auszug aus der sich in Vorbereitung befindenden 5. Ausgabe des Handbuchs „Berechnungsmethode für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft“ wird die neue Methode in diesem Handbuch beschrieben.

In Umfang, Struktur und Aussehen unterscheidet sich die „Sachbilanz Tierhaltung“ von den bisherigen Arbeiten des BEK. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass sich das BEK-Gremium zum Zeitpunkt des Verfassens der Sachbilanz in einer aktiven, umfangreichen Entwicklungsphase befindet. Gleichzeitig besteht durch die große und schnelle Anzahl von politischen und wirtschaftlichen Neuerungen hinsichtlich Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Berichtspflichten für tierische Lebensmittel ein großer Bedarf an einer aktualisierten Fassung der Berechnungsmethodik. Um diesem Bedarf nachkommen zu können, wird mit der Sachbilanz einem Update des BEK-Gesamtwertes in seiner bekannten Form vorgegriffen.

2 Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung

Das Kapitel gibt einen strukturierten Überblick über die Eingangsparameter, deren Erfassung und die Berechnungsalgorithmen, die für die Tierhaltung im Rahmen der Treibhausgasbilanzierung nach dem BEK erforderlich sind. In Kapitel 2.1 werden zunächst die allgemeinen Parameter zur Emissionsberechnung beschrieben. Daran anschließend werden die Berechnungsalgorithmen für die Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung nach den Emissionskategorien Scope 1 bis 3 ausgeführt sowie die Berechnung des Product Carbon Footprints (PCF) der einzelnen Produktionsrichtungen im Kapitel 2.6 hergeleitet.

Informationen zur detaillierten Datenerhebung ausgewählter Produktionsrichtungen der Tierhaltung sind im Anhang zusammengefasst.

Die Berechnung der Scope-1-Emissionen erfolgt auf Basis der Daten und Methodik des Nationalen Emissionsinventars, Quellgruppe Landwirtschaft, das im Rahmen des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (englisch: United Nations Framework Convention on Climate Change, abgekürzt UNFCCC) am Thünen-Institut entwickelt wird (Rösemann et al. 2025). Bestehende Berechnungsansätze werden weitestgehend unverändert übernommen. Bei einzelnen Formeln sind Anpassungen notwendig, um betriebszweigspezifische Gegebenheiten adäquat abzubilden. Dies betrifft die Berechnung der N-Ausscheidungen der Milchkühe mithilfe des Harnstoffgehalts in der Milch sowie die Erweiterung der Stoffflüsse um Futterverluste.

Die Methodik der Nationalen Treibhausgasberichterstattung unterliegt regelmäßigen methodischen Veränderungen. Zu zukünftigen Veränderungen der Berechnung der Scope-1-Emissionen sei deshalb auf die Veröffentlichung des Thünen Instituts verwiesen. Die aktuelle Dokumentation der Methodik der deutschen Nationalen Treibhausgasberichterstattung für die Landwirtschaft kann über die Thünen-Homepage abgerufen werden.

2.1 Grundlegende Parameter zur Emissionsberechnung

Für die Berechnung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen aus der Tierhaltung sind grundlegende Parameter erforderlich, die auf dem Betrieb bereits zum Teil für andere Zwecke (z. B. Rationsberechnung und Stallbilanzen) ermittelt werden. Wesentliche Parameter für die Emissionsberechnung sind die in den tierischen Ausscheidungen enthaltenen Mengen organischer Trockensubstanz und Stickstoff, für deren Ermittlung die Mengen und Eigenschaften des aufgenommenen Futters benötigt werden. Die Parameter des aufgenommenen Futters gehen ebenso in die Berechnung der Methanemissionen aus der enterischen Fermentation ein. In den folgenden Kapiteln werden die Algorithmen zur Ermittlung dieser Kenngrößen für die einzelnen Tierarten und -kategorien erläutert.

2.1.1 Aufgenommene Futtermenge

Bei der Berechnung der Futteraufnahme ist zu berücksichtigen, dass das bereitgestellte Futter nicht vollständig vom Tier aufgenommen wird. Ein Teil des Futters wird z. B. von den Tieren verschmutzt oder aufgrund mangelnder Qualität verschmäht. Die nicht aufgenommenen Futtermengen werden als Verluste erfasst, die in das System des Wirtschaftsdüngermanagements eingehen. Die von den Tieren aufgenommenen Mengen in einem definierten Zeitraum beziehen sich auf Trockenmasse (englisch: dry matter, abgekürzt DM) und werden mit Gleichung 1 berechnet.

$$DM_{\text{feed,int}} = \sum_k DM_{\text{feed,pr,k}} - DM_{\text{feed,lo,k}} \quad \text{Gl. 1}$$

Wobei:

- $DM_{\text{feed,int}}$ = durch Futtermittel aufgenommene Trockenmasse pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $DM_{\text{feed,pr,k}}$ = eingesetzte Trockenmasse des Futtermittels k pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $DM_{\text{feed,lo,k}}$ = Trockenmasseverluste des Futtermittels k pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$

Die Informationen zur eingesetzten Trockenmasse der Futtermittel und zu den Verlusten werden vom Betrieb bereitgestellt.

2.1.2 Bruttoenergieaufnahme

Die aufgenommene Menge an Bruttoenergie (GE) im definierten Zeitraum wird anhand der aufgenommenen Trockenmasse und des spezifischen Gehaltes an Bruttoenergie der Futtermittelkomponenten berechnet (Gl. 2).

$$GE_{\text{int}} = \sum_k DM_{\text{feed,int,k}} \cdot x_{\text{GE,k}} \quad \text{Gl. 2}$$

Wobei:

- GE_{int} = durch Futtermittel aufgenommene Bruttoenergie pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{MJ an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $DM_{\text{feed,int,k}}$ = durch das Futtermittel k aufgenommene Trockenmasse pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $x_{\text{GE,k}}$ = Gehalt an Bruttoenergie in der Trockenmasse des Futtermittels k in MJ kg^{-1}

Für die Berechnung des Gehaltes an Bruttoenergie (x_{GE}) eines Futtermittels k bezogen auf seine Trockenmasse stehen zwei etablierte Formeln zur Verfügung: die ältere Variante nach der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001) sowie die aktualisierte Berechnungsformel nach GfE (2023). Aktuell wird in der Treibhausgasbilanzierung für alle Tierarten die Formel aus dem Jahr 2001 verwendet, da sie auf Basis gängiger Futtermittelanalysen breit anwendbar ist.

Bei Vorliegen der notwendigen analytischen Grundlagen der Futtermittel wird von der BEK-Arbeitsgruppe die Anwendung der neuen Formel nach GfE (2023) ausdrücklich empfohlen. Diese spiegelt den aktuellen wissenschaftlichen Stand wider und liefert differenziertere, präzisere Ergebnisse, da sie auf der organischen Masse basiert.

Wichtig ist dabei, dass die beiden Methoden nicht miteinander kombiniert werden. Die Bruttoenergie ist ein physikalisch eindeutig definierter Wert und muss innerhalb einer Berechnung stets einheitlich ermittelt werden, um Vergleichbarkeit und fachliche Konsistenz zu gewährleisten.

Der Gehalt an Bruttoenergie in der Trockenmasse des Futtermittels wird nach GfE (2001) mit Gleichung 3 berechnet.

$$x_{\text{GE}} = c_{\text{xCP}} \cdot x_{\text{CP}} + c_{\text{xCL}} \cdot x_{\text{CL}} + c_{\text{xCF}} \cdot x_{\text{CF}} + c_{\text{xNFE}} \cdot x_{\text{NFE}} \quad \text{Gl. 3}$$

Wobei:

- x_{GE} = Gehalt an Bruttoenergie in der Trockenmasse in MJ kg^{-1}
- c_{xCP} = Koeffizient Rohprotein ($c_{\text{xCP}} = 0,0239 \text{ MJ g}^{-1}$)
- x_{CP} = Gehalt an Rohprotein in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- c_{xCL} = Koeffizient Rohfett ($c_{\text{xCL}} = 0,0398 \text{ MJ g}^{-1}$)
- x_{CL} = Gehalt an Rohfett in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- c_{xCF} = Koeffizient Rohfaser ($c_{\text{xCF}} = 0,0201 \text{ MJ g}^{-1}$)
- x_{CF} = Gehalt an Rohfaser in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- c_{xNFE} = Koeffizient N-freie Extraktstoffen ($c_{\text{xNFE}} = 0,0175 \text{ MJ g}^{-1}$)
- x_{NFE} = Gehalt an N-freien Extraktstoffen in der Trockenmasse in g kg^{-1}

Die Gehalte an Rohprotein, -fett und -faser liegen in den landwirtschaftlichen Betrieben anhand von Futtermitteldeklarationen und -analysen oder ersatzweise aus Futtermitteldatenbanken vor. Der Gehalt an N-freien Extraktstoffen in der Trockenmasse des Futtermittels wird mit der Gleichung 4 berechnet. Hierfür wird zusätzlich die Angabe zum Rohaschegehalt (x_{ash}) des Futtermittels benötigt.

$$x_{\text{NFE}} = \text{DM}_{\text{feed}} - x_{\text{ash}} - x_{\text{CP}} - x_{\text{CL}} - x_{\text{CF}} \quad \text{Gl. 4}$$

Wobei:

- x_{NFE} = Gehalt an N-freien Extraktstoffen in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- DM_{feed} = Trockenmasse des Futtermittels in g kg^{-1}
- x_{ash} = Gehalt an Rohasche in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{CP} = Gehalt an Rohprotein in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{CL} = Gehalt an Rohfett in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{CF} = Gehalt an Rohfaser in der Trockenmasse in g kg^{-1}

Bei Vorliegen weiterer analytischer Futtermitteleigenschaften wird die Berechnung mit Gleichung 5 nach GfE (2023) durchgeführt.

$$x_{\text{GE}} = \frac{(23,6 \cdot x_{\text{CP}} + 39,8 \cdot x_{\text{CL}} + 17,3 \cdot x_{\text{ST}} + 16,0 \cdot x_{\text{SU}} + 18,9 \cdot x_{\text{QR}})}{\left(1 - \frac{x_{\text{ash}}}{1.000}\right)} \quad \text{Gl. 5}$$

Wobei:

- x_{GE} = Gehalt an Bruttoenergie in der organischen Masse in MJ kg^{-1}
- x_{CP} = Gehalt an Rohprotein in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{CL} = Gehalt an Rohfett in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{ST} = Gehalt an Stärke in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{SU} = Gehalt an Zucker in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{QR} = Gehalt an organischem Rest in der Trockenmasse in g kg^{-1}
- x_{ash} = Gehalt an Rohasche in der Trockenmasse in g kg^{-1}

2.1.3 Ausscheidung organischer Trockensubstanz

Die organische Trockensubstanz (englisch: volatile solids, abgekürzt VS) bezeichnet den organischen Anteil des Wirtschaftsdüngers, der bei 800 °C oxidiert, und lässt sich mit Gleichung 6 aus der Verdaulichkeit und dem Aschegehalt des aufgenommenen Futters ableiten (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.1.1).

$$\text{VS} = \text{DM}_{\text{feed,int}} \cdot (1 - X_{\text{DOM}}) \cdot (1 - x_{\text{ash}}) \quad \text{Gl. 6}$$

Wobei:

- VS = Ausscheidung organischer Trockensubstanz pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{DM}_{\text{feed,int}}$ = durch das Futter aufgenommene Trockenmasse pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- X_{DOM} = Verdaulichkeit der organischen Masse im Futter in kg kg^{-1}
- x_{ash} = Gehalt an Rohasche in der Trockenmasse in kg kg^{-1}

Die tierartspezifische Verdaulichkeit der organischen Masse X_{DOM} errechnet sich nach Kirchgeßner (1997) nach den Gleichungen 7 und 8.

$$X_{\text{DOM,cattle}} = 87,6 - 0,81 \cdot x_{\text{CF}} \quad \text{Gl. 7}$$

$$X_{\text{DOM,pig}} = 92,2 - 1,68 \cdot x_{\text{CF}} \quad \text{Gl. 8}$$

Wobei:

- $X_{\text{DOM,i}}$ = Verdaulichkeit der organischen Masse für Tierkategorie i in kg kg^{-1}
- x_{CF} = Gehalt an Rohfaser in der Trockenmasse in kg kg^{-1}

2.1.4 Gesamtstickstoffausscheidung

Die ausgeschiedene Stickstoffmenge wird auf Grundlage der mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffmenge, basierend auf der jeweiligen Ration und der Futtermittelzusammensetzung im Betrieb, berechnet. Abgezogen werden die Stickstoffmengen, die über die tierische Leistung in Milch, Fleischzuwachs und Nachkommen übergehen.

Liegen auf dem Betrieb die notwendigen Informationen zur betriebsindividuellen Berechnung der Stickstoffausscheidungen vor, sind die folgenden beschriebenen Algorithmen anzuwenden. Bei mangelnder Datenverfügbarkeit oder Datenqualität sind die Standard-Stickstoffausscheidungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG e.V. 2014, 2019) zu nutzen. Durch die Verwendung dieser standardisierten Daten kann eine konsistente und vergleichbare Bewertung sichergestellt werden. Die Standardwerte der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG e.V. 2014, 2019) basieren auf einem identischen Bilanzierungsansatz und bieten eine verlässliche Grundlage für die Berechnungen.

Milchkühe

Die Stickstoffausscheidungen für die Kuh werden nach der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG e.V. 2014, S. 107 f.) kalkuliert. Hierbei werden die Stickstoffausscheidungen über die Milchleistung – in diesem Fall der naturalen Milchmenge – sowie den Harnstoff- und Stickstoffgehalt der Milch ermittelt. Folgende Werte werden für diese Kalkulation benötigt: Zwischenkalbezeit, Trockenstehtzeit, naturale Milchmenge und Milchwarnstoffgehalt.

Die Stickstoffausscheidung je Tier setzt sich aus den Ausscheidungen während der Trockenstehtzeit (siehe Punkt 1) und der Laktation (siehe Punkt 2) zusammen und sollte mit den Gleichungen 9 und 10 für einen Zeitraum von 365 Tagen ermittelt werden (DLG e.V. 2014, S. 107).

1. N-Ausscheidung in der Trockenstehtzeit

$$m_{\text{excr,dry}} = \frac{DM_{\text{feed,int}} \cdot \left(\frac{x_{\text{CP}}}{6,25}\right) \cdot T_{\text{dry}} - ((T_{\text{dry}} - T_{\text{cu}}) \cdot w_{\text{N,dry}} + T_{\text{cu}} \cdot w_{\text{N,cu}})}{T_{\text{dry}}} \quad \text{Gl. 9}$$

Wobei:

- $m_{\text{excr,dry}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier und Trockenstehtag in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$
- $DM_{\text{feed,int}}$ = Trockenmasseaufnahme ($DM_{\text{feed,int}} = 12 \text{ kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$)
- x_{CP} = Gehalt an Rohprotein in der Trockenmasse der Futtermittel in g kg^{-1}
 - für Grünland: $x_{\text{CP}} = 150 \text{ g kg}^{-1}$
 - für Ackerfutterbau: $x_{\text{CP}} = 130 \text{ g kg}^{-1}$
- T_{dry} = gesamte Trockenstehtzeit inkl. Vorbereitungsütterung in d
- T_{cu} = Zeitraum der Vorbereitungsütterung (close-up) $T_{\text{cu}} = 21 \text{ d}$
- $w_{\text{N,dry}}$ = N-Ansatz in der reinen Trockenstehtzeit ($w_{\text{N,dry}} = 28 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$)
- $w_{\text{N,cu}}$ = N-Ansatz in der Vorbereitungsütterung (close-up) ($w_{\text{N,cu}} = 36 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$)

2. N-Ausscheidung während der Laktationszeit

$$m_{\text{excr,lact}} = 124 + (1,320 \cdot x_{\text{N,MUN}}) + (1,87 \cdot m_{\text{N,Milk}}) - (6,90 \cdot m_{\text{Milk}}) \quad \text{Gl. 10}$$

Wobei:

- $m_{\text{excr,lact}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier und Laktationstag in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$
- $x_{\text{N,MUN}}$ = Gehalt an Milchwarnstoff-Stickstoff in der Milch in $\text{kg}^{-1} \text{kg}^{-1}$
- $m_{\text{N,Milk}}$ = Stickstoffmenge in der Milch pro Tier und Tag in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$
- m_{Milk} = Milchmenge pro Tier und Tag in $\text{kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$

Der Gehalt an Milhharnstoff-Stickstoff in der Milch wird aus dem Analyseergebnis mit Gleichung 11 abgeleitet.

$$x_{N,MUN} = \frac{x_{MU} \cdot 46 \%}{1.000} \quad \text{Gl. 11}$$

Wobei:

- $x_{N,MUN}$ = Gehalt an Milhharnstoff-Stickstoff in der Milch in g kg⁻¹
- x_{MU} = Gehalt an Milhharnstoff in der Milch in ppm

Die Stickstoffmenge in der Milch ($m_{N,Milk}$) wird mit Gleichung 12 aus dem Milcheiweißgehalt und der Milchmenge berechnet:

$$m_{N,Milk} = \frac{m_{Milk} \cdot x_{P,Milk} \cdot 10}{6,38} \quad \text{Gl. 12}$$

Wobei:

- $m_{N,Milk}$ = Stickstoffmenge in der Milch pro Tier und Tag in g an⁻¹ d⁻¹ m_{Milk} = naturale Milchmenge pro Tier und Tag in kg an⁻¹ d⁻¹
- $x_{P,Milk}$ = Eiweißgehalt der Milch in %

Unter Verwendung der Gleichungen 9 und 10 lässt sich mit Gleichung 13 die Gesamt-Stickstoffausscheidung pro Jahr berechnen.

$$m_{excr} = \frac{\left(\frac{T_{lact}}{T_{icp}} \cdot 365 \cdot m_{excr,lact}\right) + \left(\frac{T_{dry}}{T_{icp}} \cdot 365 \cdot m_{excr,dry}\right)}{1.000} \quad \text{Gl. 13}$$

Wobei:

- m_{excr} = gesamte Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier in einem Zeitraum von 365 Tagen in kg an⁻¹ 365 d⁻¹
- T_{lact} = Laktationszeit in d
- T_{dry} = Trockenstezeit in d
- T_{icp} = Zwischenkalbezeit in d
- $m_{excr,lact}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier und Laktationstag in g an⁻¹ d⁻¹
- $m_{excr,dry}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier und Trockenstehtag in g an⁻¹ d⁻¹

Masttiere

Für die Berechnung des ausgeschiedenen Stickstoffs in der Mast von Rindern und Schweinen gilt Gleichung 14, die dem Modell GAS-EM zur Berechnung des Nationalen Emissionsinventars entnommen ist (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.1.2).

$$m_{excr} = \left(DM_{int} \cdot \frac{x_{CP}}{6,25} - \Delta w_{fp} \cdot x_{N,an} \right) \quad \text{Gl. 14}$$

Wobei:

- m_{excr} = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier während der Mastdauer t in kg an⁻¹ t⁻¹
- DM_{int} = durch das Futter aufgenommene Trockenmasse pro Tier während der Mastdauer in kg an⁻¹ t⁻¹
- x_{CP} = Gehalt an Rohproteingehalt in der Trockenmasse der Futterration in kg kg⁻¹
- Δw_{fp} = Gesamtgewichtszunahme pro Tier während der Mastdauer t in kg an⁻¹ t⁻¹
- $x_{N,an}$ = Stickstoffgehalt des Tierkörpers in kg kg⁻¹
- 6,25 = Gehalt an Stickstoff im Rohprotein in kg kg⁻¹; für Weizen gilt 5,7 kg kg⁻¹

Mastdauer, Rohproteinaufnahme und Gewichtszunahme sind betriebsindividuelle Daten. Der Stickstoffgehalt des Tierkörpers ist Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Stickstoffgehalte des Tierkörpers (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.1.2)

Tierkategorie	Stickstoffgehalt des Tierkörpers ($x_{N,an}$) in kg kg ⁻¹
Mastschwein	0,0256
Mastrind	0,0272

2.1.5 TAN-Ausscheidung

Bei dem zu verwendenden tierspezifischen Anteil an Gesamt-Ammonium-Stickstoff (englisch: total ammonia nitrogen, abgekürzt TAN) an der Stickstoffausscheidung handelt es sich um einen jahresspezifischen Mittelwert für Deutschland, der dem Nationalen Emissionsinventar (Rösemann et al. 2025) oder der Parameterdatei (BEK-Arbeitsgruppe 2026) zu entnehmen ist.

Die Milchkühe sind davon ausgenommen. Der TAN-Anteil der Milchkuhausscheidung wird betriebsindividuell auf Basis des Milchharnstoffgehaltes nach Burren et al. (2025) berechnet (Gl. 15).

$$m_{\text{excr,TAN}} = -6,89 + 10,1 \cdot x_{\text{MU}} + 50,34 \quad \text{Gl. 15}$$

Wobei:

- $m_{\text{excr,TAN}}$ = Menge des ausgeschiedenen TAN pro Tier und Tag in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$
- x_{MU} = Gehalt an Milchharnstoff in der Milch in mg dl^{-1}
(Umrechnung Milchharnstoffgehalt von ppm in mg pro dl = $x \text{ ppm} / (10/1,03)$)

Zur Berechnung des TAN-Anteils wird in Gleichung 16 die TAN-Ausscheidung durch die Stickstoffausscheidung dividiert (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.1.2).

$$x_{\text{TAN,excr}} = \frac{m_{\text{excr,TAN}}}{m_{\text{excr}}} \quad \text{Gl. 16}$$

Wobei:

- $x_{\text{TAN,excr}}$ = TAN-Anteil des ausgeschiedenen Stickstoffs in kg kg^{-1}
- $m_{\text{excr,TAN}}$ = Menge des ausgeschiedenen TAN pro Tier und Tag in $\text{kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$
- m_{excr} = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier und Tag in $\text{kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$

2.2 Emissionen von den Tieren (Scope 1)

Die Treibhausgasemissionen, die vom Tier ausgehen, stammen aus der enterischen Fermentation (siehe Kapitel 2.2.1) sowie dem Wirtschaftsdüngermanagement (siehe Kapitel 2.2.2 und 2.2.3) und entsprechen den direkten Treibhausgasemissionen in Scope 1.

Alle Emissionen und die zu deren Berechnung erforderlichen Grundparameter werden auf ein Tier in der entsprechenden Tierkategorie und auf einen einheitlichen definierten Zeitraum bezogen. Diese Zeiträume unterscheiden sich für die einzelnen Tierkategorien (z.B. je nach Länge eines Mastdurchgangs). Es folgt eine Umrechnung auf ein 365 Tage Intervall.

2.2.1 Methanemissionen aus enterischer Fermentation

Die Berechnung der Methanemissionen aus enterischer Fermentation erfolgt in Abhängigkeit der Tierkategorie, der Futterzusammensetzung und der Futteraufnahme. Um den spezifischen Methanausstoß für verschiedene Tierkategorien zu quantifizieren, werden standardisierte Emissionsfaktoren herangezogen, die auf wissenschaftlichen Modellen und experimentellen Messungen basieren. Die vorliegende Berechnungsmethode folgt dabei für die verschiedenen Tierkategorien den Ansätzen im Nationalen Emissionsinventar in der Landwirtschaft (Rösemann et al. 2025, Kap. 3).

Milchkühe und Mutterkühe

Für Milchkühe und Mutterkühe wird mit Gleichung 17 eine differenzierte Berechnungsmethode angewandt, die den Einfluss einzelner Nährstofffraktionen auf die Methanproduktion berücksichtigt. Gleichung 17 ist dem Model GAS-EM zur Berechnung des Nationalen Emissionsinventars entnommen (Rösemann et al. 2025, Kap. 3.1).

$$CH_{4,ent,i} = (c_{MCF} \cdot M_{CF} + c_{MNE} \cdot M_{NE} + c_{MCP} \cdot M_{CP} + c_{MCL} \cdot M_{CL} + e) \quad \text{Gl. 17}$$

Wobei:

- $CH_{4,ent,i}$ = Methanemissionen aus enterischer Fermentation für i = Milch- und Mutterkühe pro Tier und Jahr in $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$
- c_{MCF} = Koeffizient ($c_{MCF} = 0,079 \text{ kg kg}^{-1}$)
- M_{CF} = jährliche Aufnahme von Rohfaser pro Tier und Jahr in $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$
- c_{MNE} = Koeffizient ($c_{MNE} = 0,010 \text{ kg kg}^{-1}$)
- M_{NE} = jährliche Aufnahme von N-freien Extraktstoffen pro Tier und Jahr in $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$
- c_{MCP} = Koeffizient ($c_{MCP} = 0,026 \text{ kg kg}^{-1}$)
- M_{CP} = jährliche Aufnahme von Rohprotein pro Tier und Jahr in $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$
- c_{MCL} = Koeffizient ($c_{MCL} = -0,212 \text{ kg kg}^{-1}$)
- M_{CL} = jährliche Aufnahme von Rohfett pro Tier und Jahr in $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$
- e = Koeffizient ($e = 365 \text{ d a}^{-1} \cdot 0,063 \text{ kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$)

Sonstige Rinder und Schweine

Für sonstige Rinder (Kälber, Jungrinder und Mastrinder) und Schweine basiert die Berechnung auf der Bruttoenergieaufnahme (siehe Kapitel 2.1.2) und dem Methanumwandlungsfaktor. Dieses Vorgehen ist in Gleichung 18 aufgeführt. Die Formel ist dem Modell GAS-EM zur Berechnung des Nationalen Emissionsinventars entnommen (Rösemann et al. 2025, Kap. 3.2).

$$CH_{4,ent,i} = GE_i \cdot \frac{x_{CH_4,GE,i}}{\eta_{CH_4}} \quad \text{Gl. 18}$$

Wobei:

- $CH_{4,ent,i}$ = Methanemissionen aus enterischer Fermentation für Tierkategorie i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- GE_i = Bruttoenergieaufnahme der Tierkategorie i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{MJ an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $x_{CH_4,GE,i}$ = Methanumwandlungsfaktor für Tierkategorie i (Anteil der Bruttoenergie, der in Methan umgewandelt wird) in MJ MJ^{-1}
- η_{CH_4} = Energiegehalt von Methan (standardmäßig $\eta_{CH_4} = 55,65 \text{ MJ kg}^{-1}$)

Die Methanumwandlungsfaktoren der einzelnen Tierkategorien sind in Tab 2 aufgeführt.

Tab 2: Methanumwandlungsfaktoren für die enterische Fermentation der sonstigen Rinder- und Schweine-kategorien (Rösemann et al. 2025, Kap. 3.2)

Tierkategorie	Methanumwandlungsfaktor in MJ MJ^{-1}
Kalb	0,041
Färse, Mastrind (männlich und weiblich)	0,063
Sau	0,0071
Ferkel	0,0044
Mastschwein	0,0046
Zuchteber	0,0071

2.2.2 Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Für alle Tierkategorien werden die Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement berechnet (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.4.1.1). Diese sind proportional zu dem abbaubaren Anteil der ausgeschiedenen volatilen Feststoffe (siehe Kapitel 2.1.3), der tierartspezifischen maximalen Methanproduktionskapazität (B_0) und dem vom Haltungssystem abhängigen Methanumwandlungsfaktor (Gl. 19 und 20). Das Haltungssystem beschreibt die betriebsindividuelle Kombination aus Stallhaltungssystem (kurz: Stallsystem) und Weidehaltung.

$$\text{CH}_{4,\text{MM},i} = \text{VS}_i \cdot B_0 \cdot \text{MCF}_i \cdot \rho_{\text{CH}_4} \quad \text{Gl. 19}$$

Wobei:

- $\text{CH}_{4,\text{MM},i}$ = Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg}^{-1} \text{an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- VS_i = Ausscheidung organischer Trockensubstanz im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Gl. 6)
- B_0 = maximale Methanproduktionskapazität in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$
- MCF_i = Methanumwandlungsfaktor für Stallsystem i in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
- ρ_{CH_4} = Dichte von Methan ($\rho_{\text{CH}_4} = 0,67 \text{ kg m}^{-3}$)

Die Ausscheidung organischer Trockensubstanz wird in kombinierten Haltungssystemen mit Weidegang (VS_{graz}) wie folgt ermittelt:

$$\text{VS}_{\text{graz}} = \text{VS}_{\text{gesamt}} - \text{VS}_{\text{Stallsystem}} \quad \text{Gl. 19a}$$

Die Methanemissionen aus den Ausscheidungen auf der Weide werden analog zu den Methanemissionen im Stall mit Gleichung 20 berechnet.

$$\text{CH}_{4,\text{graz}} = \text{VS}_{\text{graz}} \cdot B_0 \cdot \text{MCF} \cdot \rho_{\text{CH}_4} \quad \text{Gl. 20}$$

Wobei:

- $\text{CH}_{4,\text{graz}}$ = Methanemissionen auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- VS_{graz} = Ausscheidung organischer Trockensubstanz auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- B_0 = maximale Methanproduktionskapazität in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$
- MCF = Methanumwandlungsfaktor für Weide in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
- ρ_{CH_4} = Dichte von Methan ($\rho_{\text{CH}_4} = 0,67 \text{ kg m}^{-3}$)

2.2.3 Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Zu den Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement zählen sowohl direkte als auch indirekte Lachgasemissionen. Deren Grundlage ist das Stickstoff-Massenstromkonzept, bei dem berücksichtigt wird, dass mehrere Teilprozesse in direkter Abfolge stehen. So kann Stickstoff, der durch Ammoniakemissionen im Stall verloren gegangen ist, nicht mehr im Lager zur Emission beitragen. Des Weiteren führen Prozesse der Mineralisation und Immobilisierung zu einer Veränderung der TAN-Anteile im Wirtschaftsdünger. Das dazugehörige Berechnungskonzept ist in diesem Kapitel ausgeführt.

Stickstoff-Massenstromkonzept

Zunächst erfolgt eine Aufteilung der Stickstoffausscheidungen auf die verschiedenen Haltungssysteme (Weide, Flüssig- und Festmistssysteme) anhand der Weidezeit und Stallzeit. Einstreu und Futterverluste tragen zu zusätzlichem Stickstoffeintrag in die Stallsysteme bei.

In den Gleichungen 21 und 22 sind zunächst die Aufteilungen des gesamten ausgeschiedenen Stickstoffs auf Stall und Weide dargestellt. Die Gleichung 21 ist vollständig dem Modell GAS-EM von Rösemann et al. (2025) zur Berechnung des Nationalen Emissionsinventars entnommen.

$$m_{\text{excr,graz}} = \frac{T_{\text{graz}}}{T_{\text{hour}}} \cdot m_{\text{excr}} \quad \text{Gl. 21}$$

Wobei:

- $m_{\text{excr,graz}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- T_{graz} = Anzahl der Weidestunden im definierten Zeitraum in h t^{-1}
- T_{hour} = Anzahl der Stunden im definierten Zeitraum in h t^{-1}
- m_{excr} = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Kapitel 2.1.4)

$$m_{\text{excr,house}} = \frac{1-T_{\text{graz}}}{T_{\text{hour}}} \cdot m_{\text{excr}} \quad \text{Gl. 22}$$

Wobei:

- $m_{\text{excr,house}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs im Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- T_{graz} = Anzahl der Weidestunden pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{h}^{-1} \text{t}^{-1}$
- T_{hour} = Anzahl der Stunden im definierten Zeitraum in h t^{-1}
- m_{excr} = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Kapitel 2.1.4)

In den Gleichungen 23 bis 26 sind die in den einzelnen Stallsystemen anfallenden Stickstoffmengen beschrieben.

$$m_{\text{house,i}} = m_{\text{excr,house}} \cdot x_{\text{house,i}} + m_{\text{bedding,i}} + m_{\text{feed,lo,i}} \quad \text{Gl. 23}$$

Wobei:

- $m_{\text{house,i}}$ = Stickstoffmenge im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{excr,house}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im Stall im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Gl. 22)
- $x_{\text{house,i}}$ = tierbezogener Anteil des Stallsystems i im Gesamtbetrieb in an^{-1}
- $m_{\text{bedding,i}}$ = Stickstoffmenge der Einstreu im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{feed,lo,i}}$ = Stickstoffmenge in den Futterverlusten im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$

Die Stickstoffmenge in der Einstreu und in den Futterverlusten wird mit den Gleichungen 24 und 25 berechnet.

$$m_{\text{bedding,i}} = \text{FM}_{\text{bedding,i}} \cdot x_{\text{N,bedding}} \quad \text{Gl. 24}$$

Wobei:

- $m_{\text{bedding,i}}$ = Stickstoffmenge der Einstreu im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{FM}_{\text{bedding,i}}$ = Frischmasse der Einstreu im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $x_{\text{N,bedding}}$ = Gehalt an Stickstoff in der Frischmasse der Einstreu in kg kg^{-1}

$$m_{\text{feed,lo,i}} = \sum_k \text{DM}_{\text{feed,lo,k}} \cdot x_{\text{CP,k}} \cdot x_{\text{N,CP}} \quad \text{Gl. 25}$$

Wobei:

- $m_{\text{feed,lo,i}}$ = Stickstoffmenge in den Futterverlusten im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{DM}_{\text{feed,lo,k}}$ = Trockenmasseverluste des Futtermittels k pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $x_{\text{CP,k}}$ = Gehalt an Rohprotein in der Trockenmasse des Futtermittels k in kg kg^{-1}
- $x_{\text{N,CP}}$ = Gehalt an Stickstoff im Rohprotein in kg kg^{-1}
 - für Weizen: $x_{\text{N,CP}} = \frac{1}{5,7} \text{ kg kg}^{-1}$
 - für übrige Futtermittel: $x_{\text{N,CP}} = \frac{1}{6,25} \text{ kg kg}^{-1}$

Die mineralisch gebundene Stickstoffmenge (Gl. 26) wird für die Berechnung der Ammoniakemissionen benötigt und gemäß Rösemann et al. (2025, Kap. 4.2.4) gehen die Stickstoffmengen der Einstreu in den Stall mit 0% TAN ein, da die gesamte Stickstoffmenge im Stall organisch gebunden vorliegt. Für die Futterverluste gilt dieselbe Annahme wie für die Einstreu.

$$m_{\text{TAN,house,i}} = m_{\text{excr,house}} \cdot x_{\text{TAN,excr}} \cdot x_{\text{house,i}} \quad \text{Gl. 26}$$

Wobei:

- $m_{\text{TAN,house,i}}$ = Menge des TAN im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{excr,house}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im Stall im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Gl. 22)
- $x_{\text{TAN,excr}}$ = TAN-Anteil des ausgeschiedenen Stickstoffs in kg kg^{-1}
- $x_{\text{house,i}}$ = tierbezogener Anteil des Stallsystems i im Produktionssystem in an^{-1}

Die Stickstoffmenge im Stall wird in Abhängigkeit vom Haltungssystem bzw. von der Art des Wirtschaftsdüngers in die entsprechenden Lager überführt. Die Ausweisung der TAN-Menge ist für die Berechnung der Ammoniakemissionen erforderlich. Hierbei werden die Stickstoffflüsse nach folgendem Ansatz berechnet, der dem Vorgehen im GAS-EM des Nationalen Emissionsinventars für die Landwirtschaft (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.2.3) folgt.

Flüssigmistlager

Flüssiger Wirtschaftsdünger sowie Einstreu und Futterreste sammeln sich im Flüssigmistlager. Bei der Berechnung der Stickstoffflüsse ist zu berücksichtigen, dass der Stickstoff aus den Ammoniakemissionen im Stall das System verlässt und Transformationsprozesse zwischen mineralisch und organisch gebundenem Stickstoff (TAN und N_{org}) stattfinden. Die Gleichungen 27 bis 30 beschreiben den Rechenansatz.

$$m_{storage,liquid\ manure} = m_{house} - NH_3-N_{house} \quad \text{Gl. 27}$$

Wobei:

- $m_{storage,liquid\ manure}$ = Stickstoffmenge im Flüssigmistlager pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- m_{house} = Stickstoffmenge im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$ (siehe Gl. 23)
- NH_3-N_{house} = NH_3 -N-Emissionen im Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$

$$m_{TAN,storage,liquid\ manure} = (m_{TAN,house} - NH_3-N_{house}) + (m_{excr,house} - m_{TAN,house}) \cdot x_{tra,storage} + (m_{TAN,bedding} + m_{TAN,feed,lo}) \quad \text{Gl. 28}$$

Wobei:

- $m_{TAN,storage,liquid\ manure}$ = Menge des TAN im Flüssigmistlager pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $m_{TAN,house}$ = Menge des TAN im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- NH_3-N_{house} = NH_3 -N-Emissionen im Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $m_{excr,house}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im Stall im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$ (siehe Gl. 22)
- $x_{tra,storage}$ = Transformationsrate von organisch gebundenem Stickstoff zu TAN im Flüssigmistlager in $kg\ kg^{-1}$ ($x_{tra,storage} = 0,1\ kg\ kg^{-1}$)
- $m_{TAN,bedding}$ = Menge des TAN in der Einstreu im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $m_{TAN,feed,lo}$ = Menge des TAN in den Futterverlusten im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$

$$m_{TAN,bedding} = x_{TAN,bedding} \cdot m_{bedding} \quad \text{Gl. 29}$$

Wobei:

- $m_{TAN,bedding}$ = Menge des TAN in der Einstreu pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $x_{TAN,bedding}$ = TAN-Gehalt der Einstreu in $kg\ kg^{-1}$
– für Stroh: $x_{TAN,bedding} = 0,5\ kg\ kg^{-1}$
- $m_{bedding}$ = Stickstoffmenge der Einstreu im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$

$$m_{TAN,feed,lo} = x_{TAN,feed,lo} \cdot m_{feed,lo} \quad \text{Gl. 30}$$

Wobei:

- $m_{TAN,feed,lo}$ = Menge des TAN in den Futterverlusten im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $x_{TAN,feed,lo}$ = TAN-Gehalt der Futterverluste in $kg\ kg^{-1}$
– wie Stroh: $x_{TAN,feed,lo} = 0,5\ kg\ kg^{-1}$
- $m_{feed,lo}$ = Stickstoffmenge in den Futterverlusten im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$

Jauchelager

In einigen Haltungssystemen wird die flüssige Phase der Ausscheidungen zusammen mit anderen anfallenden Flüssigkeiten getrennt vom Festmist gesammelt. Die Stickstoffmengen werden mit den Gleichungen 31 und 32 berechnet.

$$m_{storage,leach} = (m_{excr,house} - NH_3-N_{house}) \cdot f_{leach} \quad \text{Gl. 31}$$

Wobei:

- $m_{storage,leach}$ = Stickstoffmenge in der Jauche im Jauchelager pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $m_{excr,house}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im Stall im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$ (siehe Gl. 22)
- NH_3-N_{house} = NH_3 -N-Emissionen im Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- f_{leach} = Faktor für Stickstofffluss in die Jauche in $kg\ kg^{-1}$
– für Tretmist: $f_{leach} = 0,13\ kg\ kg^{-1}$
– für Tiefstreu: $f_{leach} = 0\ kg\ kg^{-1}$
– für übrige Festmistsysteme: $f_{leach} = 0,25\ kg\ kg^{-1}$

$$m_{TAN,storage,leach} = m_{storage,leach} \cdot 0,9 \quad \text{Gl. 32}$$

Wobei:

- $m_{TAN,storage,leach}$ = Menge des TAN im Jauchelager pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$
- $m_{storage,leach}$ = Stickstoffmenge im Jauchelager pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$

Festmistlager

Fester Wirtschaftsdünger wird mit der Einstreu und den Futterresten in das Festmistlager verbracht. Bei der Berechnung der Stickstoffflüsse ist zu berücksichtigen, dass bei der in das Lager eingehenden Stickstoffmenge die Ammoniakemissionen im Stall und die Jaucheabfuhr verrechnet sind. Des Weiteren ist die Immobilisierung von TAN zu berücksichtigen. Die Gleichungen 33 und 34 veranschaulichen das Vorgehen, das Rösemann et al. (2025, Kap. 4.2.3 und 4.2.4) entnommen ist.

$$m_{\text{storage,solid manure}} = m_{\text{house}} - \text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}} - m_{\text{storage,leach}} \quad \text{Gl. 33}$$

Wobei:

- $m_{\text{storage,solid manure}}$ = Stickstoffmenge im Festmistlager pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- m_{house} = Stickstoffmenge im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen im Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{storage,leach}}$ = Stickstoffmenge im Jauchelager im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$

$$m_{\text{TAN,storage,solid manure}} = (m_{\text{TAN,house}} - \text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}} - m_{\text{TAN,storage,leach}}) \cdot (1 - x_{\text{tra,imm}}) + (m_{\text{TAN,bedding}} + m_{\text{TAN,feed,lo}}) \quad \text{Gl. 34}$$

Wobei:

- $m_{\text{TAN,storage,solid manure}}$ = Menge des TAN im Festmistlager pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{TAN,house}}$ = Menge des TAN im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen im Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{TAN,storage,leach}}$ = Menge des TAN im Jauchelager pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $x_{\text{tra,imm}}$ = Immobilisierungsrate von TAN zu organisch gebundenem Stickstoff im Festmistlager in kg kg^{-1} ($x_{\text{tra,imm}} = 0,4 \text{ kg kg}^{-1}$)
- $m_{\text{TAN,bedding}}$ = Menge des TAN in der Einstreu im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{TAN,feed,lo}}$ = Menge des TAN in den Futterverlusten im Stallsystem pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$

Direkte Lachgasemissionen

Die direkten Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement fassen die Emissionen aus dem Stall und dem Lager zusammen. Sie werden auf Basis der Stickstoffausscheidungen, der Stickstoffzufuhr durch Einstreu und Futterverluste sowie des haltungs- und tierspezifischen Emissionsfaktors berechnet. Dieses Grundprinzip ist für alle Tierarten identisch.

Die Gleichung 35 veranschaulicht das Vorgehen für den Stall und entspricht der Berechnung im GAS-EM zum Nationalen Emissionsinventar (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.2.4).

$$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{MM}} = \sum_i m_{\text{house},i} \cdot \text{EF}_{\text{N}_2\text{O,MM},i} \quad \text{Gl. 35}$$

Wobei:

- $\text{N}_2\text{O-N}_{\text{MM}}$ = $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{house},i}$ = Stickstoffmenge im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{N}_2\text{O,MM},i}$ = Emissionsfaktor für $\text{N}_2\text{O-N}$ aus dem Wirtschaftsdüngermanagement im jeweiligen Stallsystem i in kg kg^{-1}

Die tier- und haltungsspezifischen $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionsfaktoren sind der Parameterdatei (BEK-Arbeitsgruppe 2026) zu entnehmen.

Indirekte Lachgasemissionen aus der Deposition von $\text{NH}_3\text{-N}$ und NO-N aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Die indirekten Lachgasemissionen ergeben sich aus der Deposition von NO-N und aus der Deposition von $\text{NH}_3\text{-N}$ aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Gl. 36).

$$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{dep,MM}} = (\text{NO-N}_{\text{MM}} + \text{NH}_3\text{-N}_{\text{MM}}) \cdot \text{EF}_{\text{N}_2\text{O,dep}} \quad \text{Gl. 36}$$

Wobei:

- $\text{N}_2\text{O-N}_{\text{dep,MM}}$ = indirekte $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionen aus der Deposition von $\text{NH}_3\text{-N}$ und NO-N aus dem Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- NO-N_{MM} = NO-N -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{MM}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{N}_2\text{O,dep}}$ = Emissionsfaktor für $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionen aus der Deposition in kg kg^{-1}

Die Stickoxidemissionen werden gemäß Rösemann et al. (2025, Kap. 4.3.2) auf Basis der Lachgasemissionen berechnet (Gl. 37).

$$\text{NO-N}_{\text{MM}} = 0,1 \cdot \text{N}_2\text{O-N}_{\text{MM}} \quad \text{Gl. 37}$$

Wobei:

- NO-N_{MM} = NO-N -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{N}_2\text{O-N}_{\text{MM}}$ = $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionen aus dem stallbezogenen Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Gl. 35)

Die Ammoniakemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement setzen sich aus den Emissionen im Stall und im Lager zusammen (Gl. 38). Diese Emissionen werden separat berechnet.

$$\text{NH}_3\text{-N}_{\text{MM}} = \text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}} + \text{NH}_3\text{-N}_{\text{storage}} \quad \text{Gl. 38}$$

Wobei:

- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{MM}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen aus dem stallbezogenen Wirtschaftsdüngermanagement pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen aus dem Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{storage}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngerlager pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$

Die Ammoniakemissionen im Stall werden mit Gleichung 39 berechnet (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.2.4).

$$\text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}} = \sum_i m_{\text{TAN,house},i} \cdot \text{EF}_{\text{NH}_3,\text{house},i} \quad \text{Gl. 39}$$

Wobei:

- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{house}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen aus dem Stall pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{TAN,house},i}$ = Menge des TAN im Stallsystem i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{NH}_3,\text{house},i}$ = Emissionsfaktor für $\text{NH}_3\text{-N}$ im jeweiligen Stallsystem i in kg kg^{-1}

Für die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngerlager gilt Gleichung 40 (Rösemann et al. 2025, Kap. 4.2.4).

$$\text{NH}_3\text{-N}_{\text{storage}} = \sum_i m_{\text{TAN,storage},i} \cdot \text{EF}_{\text{NH}_3,\text{storage},i} \quad \text{Gl. 40}$$

Wobei:

- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{storage}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngerlager pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{TAN,storage},i}$ = Menge des TAN im Wirtschaftsdüngerlager i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{NH}_3,\text{storage},i}$ = Emissionsfaktor für $\text{NH}_3\text{-N}$ im jeweiligen Wirtschaftsdüngerlager i, abhängig von der Lagerabdeckung in kg kg^{-1}

2.2.4 Lachgasemissionen aus der Weidehaltung

In der „Sachbilanz Tierhaltung“ werden die direkten Lachgasemissionen und die indirekten Lachgasemissionen aus Ammoniak und Stickoxiden aus den Ausscheidungen auf der Weide der Tierhaltung zugerechnet. Durch die Futteraufnahme der Tiere auf der Weide gehen diese Emissionen wieder in das Bilanzsystem der Tierhaltung ein.

Die beschriebenen Quellen für Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung beziehen sich explizit auf die Stallhaltung der Nutztiere. Bei praktizierter Weidehaltung ist zusätzlich eine systematische Verknüpfung zur bewirtschafteten Fläche erforderlich. Dabei werden die Emissionen aus dem individuellen Pflanzenbau gesondert erfasst, deren methodische Vorgehensweise in der nächsten Version des Handbuchs veröffentlicht wird. Zu beachten ist hierbei, dass die Methanemissionen, die direkten Lachgasemissionen und die indirekten Lachgasemissionen aus Ammoniak und Stickoxiden der Tierhaltung zugeordnet werden, da diese Emissionen im Pflanzenbau nicht berücksichtigt werden. Dagegen werden die indirekten Lachgasemissionen von gedüngtem Stickstoff aus der Auswaschung eindeutig dem Pflanzenbausystem zugeordnet werden. Wichtig ist, dass bei dieser Zuordnung keine Emissionen zwischen den beiden Systemen verloren gehen oder doppelt gezählt werden. Nur durch eine klare und transparente Zuordnung der jeweiligen Emissionsquellen wird eine vollständige und methodisch korrekte Treibhausgasbilanz sichergestellt.

Stickstoff- und TAN-Ausscheidung

Für die Stickstoffausscheidung auf der Weide gilt Gleichung 41.

$$m_{\text{excr,graz}} = \frac{T_{\text{graz}}}{T_{\text{hour}}} \cdot m_{\text{excr}} \quad \text{Gl. 41}$$

Wobei:

- $m_{\text{excr,graz}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- T_{graz} = Anzahl der Weidestunden im definierten Zeitraum in h t^{-1}
- T_{hour} = Anzahl der Stunden im definierten Zeitraum in h t^{-1}
- m_{excr} = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Kapitel 2.1.4)

Für die Ermittlung der TAN-Ausscheidung auf der Weide werden die in Kapitel 2.1.5 ermittelten TAN-Anteile mit der Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs verrechnet.

Direkte Lachgasemissionen

Für die mit der Weidehaltung verbundenen Lachgasemissionen gilt Gleichung 42 (Rösemann et al. 2025, Kap. 5.3.1.1).

$$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{graz}} = m_{\text{excr,graz}} \cdot \text{EF}_{\text{N}_2\text{O,graz}} \quad \text{Gl. 42}$$

Wobei:

- $\text{N}_2\text{O-N}_{\text{graz}}$ = $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionen auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{excr,graz}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{N}_2\text{O,graz}}$ = Emissionsfaktor für $\text{N}_2\text{O-N}$ auf der Weide in kg kg^{-1}

Indirekte Lachgasemissionen

Die indirekten Lachgasemissionen aus der Weidehaltung ergeben sich aus der Deposition von Stickoxiden sowie Ammoniak und werden analog zum Wirtschaftsdüngermanagement entsprechend Gleichung 36 berechnet.

Die Stickoxidemissionen werden gemäß des Nationalen Emissionsinventars (Rösemann et al. 2025, Kap. 5.2.2.1) berechnet (Gl. 43).

$$\text{NO-N}_{\text{graz}} = 0,012 \cdot m_{\text{excr,graz}} \quad \text{Gl. 43}$$

Wobei:

- $\text{NO-N}_{\text{graz}}$ = NO-N-Emissionen aus der Weidehaltung pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{excr,graz}}$ = Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$ (siehe Gl. 41)

Die Ammoniakemissionen aus der Weidehaltung werden gemäß des Nationalen Emissionsinventars (Rösemann et al. 2025, Kap. 5.2.1.1) mit Gleichung 44 berechnet.

$$\text{NH}_3\text{-N}_{\text{graz}} = m_{\text{excr,TAN,graz}} \cdot \text{EF}_{\text{NH}_3\text{,graz}} \quad \text{Gl. 44}$$

Wobei:

- $\text{NH}_3\text{-N}_{\text{graz}}$ = $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionen auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{excr,TAN,graz}}$ = ausgeschiedene TAN-Menge auf der Weide pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{NH}_3\text{,graz}}$ = Emissionsfaktor für $\text{NH}_3\text{-N}$ aus Weideausscheidungen in kg kg^{-1}

2.3 Emissionen aus der Konversion fossiler Energieträger (Scope 1)

Die Emissionen, die aus der direkten Verbrennung von fossilen Energieträgern auf dem Betrieb entstehen (Gl. 45), werden Scope 1 zugerechnet. Die Emissionen aus der Bereitstellung der Energieträger werden getrennt davon in Scope 3 ausgewiesen.

$$\text{CO}_2\text{e}_{\text{fuel}} = \sum_i m_{\text{fuel},i} \cdot \text{EF}_{\text{CO}_2\text{e,fuel},i,\text{comb}} \quad \text{Gl. 45}$$

Wobei:

- $\text{CO}_2\text{e}_{\text{fuel}}$ = Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung von Kraft- und Heizstoffen pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg CO}_2\text{e an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{fuel},i}$ = Verbrauch von Kraft- und Heizstoff i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{MJ an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{CO}_2\text{e,fuel},i,\text{comb}}$ = CO_2e -Emissionsfaktor für die Verbrennung von Kraft- oder Heizstoff i in $\text{kg CO}_2\text{e MJ}^{-1}$

2.4 Emissionen aus zugekaufter Wärme und Strom (Scope 2)

Scope-2-Emissionen umfassen die zu dem Produktionsprozess dazugehörenden vorgelagerten Treibhausgasemissionen, die durch die Nutzung eingekaufter Energie entstehen. Hierzu zählen insbesondere Strom und Wärme, die im Betrieb für dieses Produkt verbraucht, jedoch außerhalb des Betriebs – z. B. im öffentlichen Strom- oder Fernwärmenetz – erzeugt wurden. Die Berechnung der Emissionen erfolgt auf Basis des Energieverbrauchs und der entsprechenden Emissionsfaktoren mit der Gleichung 46.

$$\text{CO}_2\text{e}_{\text{energy}} = \sum_i m_{\text{energy},i} \cdot \text{EF}_{\text{CO}_2\text{e,energy},i} \quad \text{Gl. 46}$$

Wobei:

- $\text{CO}_2\text{e}_{\text{energy}}$ = Treibhausgasemissionen aus der Nutzung zugekaufter Wärme und Strom pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg CO}_2\text{e an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $m_{\text{energy},i}$ = genutzte Menge Energie i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kWh an}^{-1} \text{t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{CO}_2\text{e,energy},i}$ = CO_2e -Emissionsfaktor für die Bereitstellung von Energie i in $\text{kg CO}_2\text{e kWh}^{-1}$

Der Emissionsfaktor für die Energiebereitstellung ist in Abhängigkeit von der Energiequelle der Parameterdatei (BEK-Arbeitsgruppe 2026) zu entnehmen.

Direkte Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger wie Diesel, Erdgas oder Heizöl innerhalb des Betriebs (z. B. durch Traktor, Transportfahrzeuge oder stationäre Heizungen) werden dem Scope 1 zugeordnet (siehe Kapitel 2.3). Diese Emissionen entstehen durch eigene oder kontrollierte Quellen auf Betriebsebene und sind entsprechend getrennt zu bilanzieren.

2.5 Emissionen aus Tierzugängen, Betriebsmitteln und Betriebsstoffen (Scope 3)

Scope-3-Emissionen umfassen indirekte Emissionen aus vor- und nachgelagerten Prozessen der betrachteten Produktionsrichtung. Diese Emissionen, zu denen solche aus der Beschaffung von Tieren, von Futtermitteln oder Energieträgern zählen, sind wesentlich für das Verständnis der vollständigen Umweltauswirkungen eines Betriebes. Diese Emissionen können teils als Scope-1-Emissionen des Betriebes klassifiziert sein, wenn die Tiere oder Betriebsmittel auf dem Betrieb erzeugt worden sind. Es sind alle Betriebsstoffe und -mittel zu erfassen, die im Zusammenhang mit der Tierhaltung benötigt werden und potenziell eine Relevanz in der Treibhausgasbilanz aufweisen.

Betriebsmittel und -stoffe werden nach dem folgenden allgemeinen Berechnungsschema berücksichtigt und in die Klimabilanz mit einbezogen. Sie werden mit Gleichung 47 berechnet.

$$\text{CO}_2\text{e}_{\text{resource } i} = m_{\text{resource } i} \cdot \text{EF}_{\text{CO}_2\text{e}, \text{resource } i} \quad \text{Gl. 47}$$

Wobei:

- $\text{CO}_2\text{e}_{\text{resource } i}$ = Treibhausgasemissionen aus der Bereitstellung von Ressource i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg CO}_2\text{e an}^{-1} \text{ t}^{-1}$
- $m_{\text{resource } i}$ = Verbrauch von Ressource i pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{ t}^{-1}$
- $\text{EF}_{\text{CO}_2\text{e}, \text{resource } i}$ = CO_2e -Emissionsfaktor für die Bereitstellung von Ressource i in $\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$

2.6 Product Carbon Footprint aus der Tierhaltung

Die Ausweisung des Carbon Footprints (CO_2 -Fußabdruck) für die in der Landwirtschaft erzeugten Produkte ist ein wesentliches Ergebnis einer einzelbetrieblichen Klimabilanz. In diesem Kapitel wird die Berechnung dieses Kennwertes beschrieben, indem zunächst auf das allgemeine Vorgehen und nachfolgend auf die spezifischen Ansätze der landwirtschaftlichen Produkte aus der Tierhaltung eingegangen wird.

Der produktbezogene CO_2 -Fußabdruck (PCF) wird grundsätzlich auf Basis der zuvor beschriebenen und berechneten Treibhausgasemissionen berechnet. Ausgehend von der jeweiligen Produktionsrichtung sind die Emissionen aus den drei Scopes zu addieren und durch die spezifische Produktmenge zu dividieren (Gl. 48).

$$\text{PCF}_i = \frac{\text{CO}_2\text{e}_{\text{scope1}} + \text{CO}_2\text{e}_{\text{scope2}} + \text{CO}_2\text{e}_{\text{scope3}}}{m_{\text{FU}, i}} \quad \text{Gl. 48}$$

Wobei:

- PCF_i = Product Carbon Footprint (produktbezogener CO_2 -Fußabdruck) für die Bereitstellung von Produkt i in $\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$
- $\text{CO}_2\text{e}_{\text{scope1}}$ = direkte Treibhausgasemissionen aus den betrieblichen Prozessen der Produktionsrichtung pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg CO}_2\text{e an}^{-1} \text{ t}^{-1}$ (siehe Kapitel 2.2 und 2.3)
- $\text{CO}_2\text{e}_{\text{scope2}}$ = indirekte Treibhausgasemissionen aus dem Energiebezug für die Produktionsrichtung pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg CO}_2\text{e an}^{-1} \text{ t}^{-1}$ (siehe Kapitel 2.4)
- $\text{CO}_2\text{e}_{\text{scope3}}$ = indirekte Treibhausgasemissionen aus vorgelagerten Prozessen aus Futtermittelproduktion, Transport und Bezug von Betriebsmitteln und -stoffen für die Produktionsrichtung pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg CO}_2\text{e an}^{-1} \text{ t}^{-1}$ (siehe Kapitel 2.5)
- $m_{\text{FU}, i}$ = Masse des spezifischen und in dem Produktionsverfahren erzeugten Produkts mit einer definierten Qualität pro Tier im definierten Zeitraum in $\text{kg an}^{-1} \text{ t}^{-1}$

In der landwirtschaftlichen Erzeugung entstehen neben dem Hauptprodukt meist auch Nebenprodukte. Beispielsweise fallen in der Milchkuhhaltung neben der Milch zusätzlich Fleisch und Wirtschaftsdünger an. Die in der Produktion entstandenen Treibhausgasemissionen sind auf die Haupt- und Nebenprodukte aufzuteilen. Dazu gibt es unterschiedliche Herangehensweisen. Von Allokation wird gesprochen, wenn die Emissionen des gesamten Prozesses nach einem bestimmten Schlüssel auf die Produkte aufgeteilt werden. In der Wirtschaft ist für die Milchproduktion die Allokation der Emissionen gemäß den Vorgaben des IDF (2022) gängig, der für die verkaufte Menge fett- und proteinkorrigierte Milch (englisch: fat- and protein-corrected milk, abgekürzt FPCM) und Fleisch (als verkaufte Lebendmasse) einen Allokationsfaktor für jedes dieser Produkte definiert. Wirtschaftsdünger erhält in dem Allokationsansatz des IDF (2022) keinen Alloka-

tionsfaktor und wird als Reststoff nach FAO (2016) eingestuft. Genauso wie Emissionen, welche durch Abgangstiere bis zur Abgabe entstehen, werden daher Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (bis einschließlich zum Lager) der Tierhaltung angelastet.

Der Allokationsfaktor beschreibt den relativen Anteil der jeweiligen Produktkategorie an den Treibhausgasemissionen der Milchkuhhaltung. Zur Berechnung werden die Emissionen aus den Scopes 1 bis 3 mit dem jeweiligen anteiligen Allokationsfaktor multipliziert (Gl. 49). Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass innerhalb der BEK-Arbeitsgruppe eine Festlegung zur Allokationsmethode noch aussteht.

$$PCF_i = \frac{(CO_{2e_{scope1}} + CO_{2e_{scope2}} + CO_{2e_{scope3}}) \cdot A_i}{m_{FU,i}} \quad \text{Gl. 49}$$

Wobei:

- $PCF_{i=milk}$ = Treibhausgasemissionen, die der Milchproduktion zugeordnet werden in $kg\ CO_2e\ kg^{-1}$
- $PCF_{i=cc}$ = Treibhausgasemissionen, die der Altkuh als Schlachttier, das den Betrieb verlässt, zugeordnet werden in $kg\ CO_2e\ kg^{-1}$
- $PCF_{i=bs}$ = Emissionen, die dem Zuchttier als Tier, das den Betrieb verlässt, zugeordnet werden in $kg\ CO_2e\ kg^{-1}$
- $PCF_{i=ca}$ = Emissionen, die dem Kalb zugeordnet werden in $kg\ CO_2e\ kg^{-1}$
- $CO_{2e_{scope1}}$ = direkte Treibhausgasemissionen aus den betrieblichen Prozessen der Produktionsrichtung pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ CO_2e\ an^{-1}\ t^{-1}$ (siehe Kapitel 2.2 und 2.3)
- $CO_{2e_{scope2}}$ = indirekte Treibhausgasemissionen aus dem Energiebezug für die Produktionsrichtung pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ CO_2e\ an^{-1}\ t^{-1}$ (siehe Kapitel 2.4)
- $CO_{2e_{scope3}}$ = indirekte Treibhausgasemissionen aus vorgelagerten Prozessen aus Futtermittelproduktion, Transport und Bezug von Betriebsmitteln und -stoffen für die Produktionsrichtung pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ CO_2e\ an^{-1}\ t^{-1}$ (siehe Kapitel 2.5)
- A_i = Allokationsfaktor für Milch, Schlachtrind, Kalb oder Zuchttiere mit $A_{milk} + A_{cc} + A_{ca} + A_{bs} = 1$, Summe der Allokationsfaktoren ergibt 100 % (Wirtschaftsdünger erhält den Allokationsfaktor 0)
- $m_{FU,i}$ = Masse des spezifischen und in dem Produktionsverfahren erzeugten Produkts (FPCM, Lebendmasse) mit einer definierten Qualität pro Tier im definierten Zeitraum in $kg\ an^{-1}\ t^{-1}$

In den Mastverfahren und der Jungtieraufzucht fallen ausschließlich die Produkte Fleisch und Wirtschaftsdünger an. Die zur Berechnung des PCF benötigte erzeugte Produktmenge entspricht dem erzielten Gesamtzuwachs der Mast- oder Aufzuchtstiere und lässt sich für diese Verfahren einfach bestimmen; die entsprechende Berechnung ist in Gleichung 50 dargestellt. Das Vorgehen zur Berechnung des PCF bleibt das selbe wie in der Milchproduktion, er wird anhand der Gesamtemissionen und der Produktmenge berechnet.

$$Growth_{total} = (W_{final} - W_{initial}) + (W_{out} - W_{in}) - W_{dead} \pm \Delta G_{stock} \quad \text{Gl. 50}$$

Wobei:

- $Growth_{total}$ = Gesamtzuwachs in kg
- W_{final} = Endgewicht des Bestands in kg
- $W_{initial}$ = Anfangsgewicht des Bestands in kg
- W_{out} = Gewicht der ausgestallten Tiere in kg
- W_{in} = Gewicht der eingestallten Tiere in kg
- W_{dead} = Gewicht der verendeten Tiere in kg
- ΔG_{stock} = Bestandsveränderung in kg, um Korrekturen für temporäre Tierbewegungen zu berücksichtigen

Literatur

- BEK-Arbeitsgruppe (2026): Parameterdatei. <https://www.ktbl.de/webanwendungen/bek-parameter>, Zugriff am 31.01.2025
- Burren, A.; Terranova, M.; Kreuzer, M.; Kupper, T.; Probst, S. (2025): The relationship between milk urea nitrogen content and urinary nitrogen excretion as determined in 4 Swiss dairy breeds. <https://www.doi.org/10.3929/ETHZ-B-000733581>
- DLG e.V. (2019): Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Merkblatt 418, Frankfurt am Main, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 4. Aufl.
- DLG e.V. (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG 199, Frankfurt am Main, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 2. Aufl.
- FAO (2016): Environmental performance of large ruminant supply chains. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/publications/card/en/c/cd7ec1b8-7801-4ce1-87ed-0bdb575672a5/>, accessed 25.11.2019
- GfE (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. Frankfurt am Main, Gesellschaft für Ernährungsphysiologie e.V.
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt am Main, Gesellschaft für Ernährungsphysiologie e.V.
- Greenhouse Gas Protocol (2004): A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised edition, <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>, accessed 22.02.2025
- IDF (2022): The IDF global Carbon Footprint standard for the dairy sector. Bulletin of the IDF No. 520/2022, Brussels, International Dairy Federation, <https://shop.fil-idf.org/products/the-idf-global-carbon-footprint-standard-for-the-dairy-sector>, accessed 26.10.2023
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPCC (2021): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Intergovernmental Panel on Climate Change, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>, accessed 07.12.2024
- Kirchgeßner, M. (1997): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. Frankfurt am Main/München/Münster-Hiltrup/Wien/Wabern, VerlagsUnion Agrar, 10., neubearb. Aufl.
- Rösemann, C.; Vos, C.; Haenel, H.-D.; Dämmgen, U.; Döring, U.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Döhler, H.; Steuer, B.; Osterburg, B.; Fuß, R. (2025): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2023. Report on methods and data (RMD) Submission 2025. Braunschweig, Germany, Johann Heinrich von Thünen-Institut, <https://git-dmz.thuenen.de/vos/emissionsagriculture2025>, accessed 31.03.2025

Anhang

Im Folgenden sind für die jeweiligen Produktionsverfahren Datenpunkte mit möglichen Datenquellen beschrieben, die zur Berechnung einer Klimabilanz nötig sind. Die Erhebung zusätzlicher Daten, die zur Herleitung der nötigen Datenpunkte genutzt werden, ist zulässig und kann die Datenerhebung für die Nutzerinnen und Nutzer vereinfachen. Teilweise sind Vorverrechnungen nötig, um die Daten in die für die Berechnungen nötige Form zu bringen. Dies kann die Umrechnungen von Einheiten oder von Bezugsgrößen betreffen, z.B. die Umwandlung von Futterfrischmasse in Futtertrockenmasse oder die Berechnung der produzierten Menge fett- und proteinkorrigierter Milch über die Menge und Zusammensetzung der Rohmilch.

Datenaufnahme Tierhaltung

Die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks in der Tierhaltung setzt die Erfassung folgender betriebspezifischer Daten voraus:

1. Fütterung: Menge und Zusammensetzung des eingesetzten Futters und Herkunft des Futters nach Tabelle A1.
2. Tierhaltung: Anzahl und Gewicht der Tiere, Haltungssystem (z.B. Stall, Weide), Dauer der Stall- und Weidehaltung.
3. Stall- und Wirtschaftsdüngermanagement: Ausscheidungen der Tiere bzw. Typ des Wirtschaftsdüngers (Flüssigmist, Festmist).
4. Energie: Stromverbrauch (z.B. für Belüftung, Beleuchtung), Energiequellen und -herkunft.

Auf Basis der in Kapitel 2 beschriebenen Berechnungslogik ist für die Tierhaltung eine einheitliche und nachvollziehbare Erfassung der Futtermittel je Tierart und Tierkategorie erforderlich. Für die Erfassung der Futtermittel ergeben sich daraus grundsätzliche Anforderungen: Neben den Inhaltsstoffen muss zu jedem Futtermittel auch der individuelle PCF aus der Herstellung hinterlegt werden. Dadurch ist eine konsistente Berücksichtigung der einzelnen Futtermittel in der Bilanzierung möglich. Für Einstreumaterialien ist eine verkürzte Datenerfassung vorgesehen. Erforderlich sind der Trockenmassegehalt sowie ein Rohproteingehalt (individuell, alternativ als Standardwert). Angaben zu Rohfett, Rohfaser und Rohasche sind für Einstreu nicht erforderlich.

Tab. A1: Erforderliche Daten für Futtermittel und Einstreu in der Tierhaltung

Bezeichnung	TM-Gehalt g (kg FM) ⁻¹	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Rohasche	Emissionsfaktor kg CO ₂ e (kg TM) ⁻¹
Futtermittel	individuell	individuell	individuell	individuell	individuell	individuell
Einstreu	individuell	individuell oder Standardwert	entfällt	entfällt	entfällt	individuell

Datenaufnahme Milchkuhhaltung

Die Datenaufnahme bezieht sich auf einen Zeitraum von 365 Tagen, in der Regel das Wirtschaftsjahr oder das Kalenderjahr. Die Erfassung über mehrere Jahre muss konsistent sein.

Für die Milchkuhhaltung wurden von der Fachgruppe Rind für die hier vorgelegte Methodik Systemgrenzen festgelegt, um die betrachteten Produktionsschritte und die jeweiligen Produkte klar zu definieren. So ist das Kalb bis zum 28. Lebenstag (LT) im System Milchkuh und gelangt am 29. LT in ein weiterführendes Verfahren. Dies kann ein Mastverfahren sein, weibliche Kälber (Färsen) werden auf Milchbetrieben jedoch meist als Nachzucht aufgezogen und gehen dementsprechend ins Jungrinderverfahren über. Die Jungrinderhaltung betrachtet alle Färsen bis vor der Abkalbung. Mit der Abkalbung werden Färsen zur Kuh und gelangen so in das System Milchkuh. Mit dieser Definition der Systemgrenzen wird auch Verwirrung aufgrund diverser regionaler Unterschiede in der Bezeichnung der weiblichen Jungrinder und der Begriffsbedeutung (Färse, Sterke, Kalbin, Rind; Kuhstatus ab der ersten oder zweiten Kalbung) ausgeschlossen. Weitere Systemgrenzen sind die Futterentnahme aus dem Lager sowie das Wirtschaftsdüngerlager. Werbungs- oder Silierverluste des Futters im Lager bis zur Entnahme sowie die Ausbringung des Wirtschaftsdüngers auf die Flächen gehören zum Produktionssystem Pflanzenbau und werden dort betrachtet.

In Tabelle A2 sind alle erforderlichen Daten für die Milchkuhhaltung zusammengefasst.

Tab. A2: Erforderliche Daten und ihre Herkunft für die Milchkuhhaltung

Bezeichnung	Einheit	Datenherkunft
Tierbestand und Leistung		
Anfangsbestand	Tiere	Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HI-Tier)
Endbestand	Tiere	HI-Tier
Durchschnittsbestand	Tiere	HI-Tier
Gewicht der Tiere	kg LM	Betrieb
Schlachtkühe	Tiere	HI-Tier
Gewicht der Schlachtkühe	kg LM	Betrieb
Zuchttierverkäufe	Tiere	HI-Tier
Gewicht Zuchttier	kg LM	Betrieb
Kuhverluste (Verendungen, Tötungen)	Tiere	HI-Tier
Gewicht der Kuhverluste	kg LM	Betrieb
Abgänge	Tiere	Berechnung aus Kuhverlusten, Schlachtkühen und Zuchttierverkäufen
Zwischenkalbezeit	d	Milchleistungsprüfungsbericht (MLP-Bericht) oder Herdenmanagementprogramm
Trockenstehzeit	d	MLP-Bericht oder Herdenmanagementprogramm
Lebendgeburten (männlich + weiblich)	Tiere	HI-Tier
Gewicht der Kälber am 28. Tag	kg LM	Betrieb
Kälberverluste ab Geburt bis 28 Tage	Tiere	Tierkörperbeseitigungsabrechnung oder Herdenmanagementprogramm
Naturale Milchmenge (inkl. verfütterte und Sperrmilch)	kg FPCM	Molkerei Jahresabrechnung oder MLP-Bericht
Verkaufte Milch (inkl. Direktvermarktung)	kg FPCM	Molkerei Jahresabrechnung, betriebliche Buchführung
Harnstoffgehalt	ppm	Molkerei Jahresabrechnung oder MLP-Bericht

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Bezeichnung	Einheit	Datenherkunft
Haltung und Wirtschaftsdüngerlagerung		
Tägliche Weidehaltungsdauer	h	Weidetagebuch
Weidetage im Jahr	d	Weidetagebuch
Weidegruppengröße	Tiere	Weidetagebuch
Art der Stallhaltung	Tiere	Betrieb
Anbindestall, strohbasiert ¹⁾		
Anbindestall, güllebasiert ²⁾		
Festmiststall ³⁾		
Tiefstreustall ⁴⁾		
Tretmiststall ⁵⁾		
Boxenlaufstall davon Hochbox davon Tiefbox oder hochverlegte Tiefbox		
Prozentuale Verteilung der Art von Flüssigmistlagerung und -verwertung	%	Betrieb
offen (ohne natürliche Schwimmdecke)		
Festabdeckung (inkl. Zelt)		
natürliche Schwimmdecke		
schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)		
schwimmende Abdeckung (Folie)		
Lager unter Spaltenboden (> 1 Monat)		
Vergärung in Biogasanlage – Endlager gasdicht abgedeckt	%	Betrieb
Vergärung in Biogasanlage – Endlager nicht gasdicht abgedeckt		
Prozentualer Anteil der Festmistverwertung in Biogasanlage	%	Betrieb
Einstreuverbrauch	kg Trockenmasse (TM)	Standardwert abhängig vom Stallsystem
Fütterung		
Futtermittelverluste der vorgelegten Ration	%	Betrieb
Menge je Grobfutter	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Saftfutter	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Kraftfutter	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Futterzusatz	kg TM	Rationsberechnung
Mineralfuttermenge	kg TM	Rationsberechnung
Kälberfütterung und Einstreu (männlich und weiblich) bis einschließlich 28. Lebensstag		
Vollmilchtränke	l	Betrieb
Milchaustauscherpulver	kg TM	Lieferzettel, Betrieb
Menge je Kälberspezialfutter	kg TM	Lieferzettel, Betrieb
Einstreuverbrauch	kg TM	Standardwert abhängig vom Haltungssystem
Energie		
Jährlicher Stromverbrauch	kWh	Stromabrechnung
Anteil Erneuerbare Energie	%	Stromabrechnung, Eigenversorgung Betrieb
Jährlicher Dieselverbrauch	l	Dieselerückvergütung, Betrieb

¹⁾ Die Tiere stehen in Anbindung auf Stroh.

²⁾ Die Tiere stehen einem Stallsystem mit Anbindung auf Untergrund mit wenig Einstreu.

³⁾ Die Tiere stehen in einem Stallsystem auf Stroh, welches mindestens einmal im Monat gemistet wird. Dies können Abkalbeboxen, Krankenställe oder Kälberiglus/-boxen sein.

⁴⁾ Dieses Stallsystem ähnelt dem Festmistverfahren, allerdings wird erst nach mehreren Monaten gemistet und dieser wird nicht an einem anderen Ort gelagert.

⁵⁾ Dieses Haltungssystem hat ein Gefälle im Einstreubereich, sodass der Mist kontinuierlich in Gefällerichtung getreten wird.

Datenaufnahme Färsenaufzucht (Milchnutzung)

Die Färsenaufzucht betrachtet alle Färsen vom Aufzuchtkalb ab dem 29. Lebenstag bis vor der Abkalbung (Tab. A3). Mit der Abkalbung geht die Färse als Remontierungstier zur Bestandsergänzung in das System Milchkuh über. Zur Berechnung einer standardisierten N-Ausscheidung erfolgt die Unterscheidung in die DLG-Verfahren Acker bzw. Grünland, mit oder ohne Weide (DLG 2014).

Tab. A3: Erforderliche Daten für die Färsenaufzucht (Milchnutzung) vom 29. Lebenstag bis vor der ersten Abkalbung

Bezeichnung	Einheit	Datenherkunft
Tierbestand		
Verfahren nach DLG (2014)		
Ackerhaltung ohne Weide	-	Betrieb
Ackerhaltung mit Weide		
Grünland konventionell		
Grünland extensiv		
Durchschnittsbestand	Tiere	HI-Tier
Anfangsbestand Tiere	Tiere	HI-Tier
Endbestand Tiere	Tiere	HI-Tier
Anfangsgewicht	kg LM	in der Regel Gewicht zum 28. Lebenstag
Gewicht zum Erstkalbealter	kg LM	Betrieb
Erstkalbealter	Monate	MLP-Bericht oder Herdenmanagementprogramm
Verluste bis 1 Jahr	Tiere	HI-Tier oder Betriebszweiganalyse
Gewicht der Verluste bis 1 Jahr	kg LM	Betrieb
Verluste über 1 Jahr	Tiere	HI-Tier oder Betriebszweiganalyse
Gewicht der Verluste über 1 Jahr	kg LM	Betrieb
Gewicht der Jungrinder vor der Abkalbung	kg LM	Betrieb oder Standardwert
Haltungssystem		
Tägliche Weidehaltungsdauer	h	Weidetagebuch
Weidetage, gesamt	d	Weidetagebuch
Weidegruppengröße	Tiere	Weidetagebuch
Art der Stallhaltung	Tiere	Betrieb
Anbindestall, strohbasiert ¹⁾		
Anbindestall, güllebasiert ²⁾		
Festmiststall ³⁾		
Tiefstreustall ⁴⁾		
Tretmiststall ⁵⁾		
Tiere im Boxenlaufstall davon Hochbox davon Tiefbox oder hochverlegte Tiefbox		
Täglicher Einstreuverbrauch	kg TM	Standardwert abhängig vom Stallsystem

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Bezeichnung	Einheit	Datenherkunft
Wirtschaftsdüngerlagerung im Betrieb		
Prozentuale Verteilung der Art von Flüssigmistlagerung und -verwertung		
offen (ohne natürliche Schwimmdecke)		
Festabdeckung (inkl. Zelt)		
natürliche Schwimmdecke	%	Betrieb
schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)		
schwimmende Abdeckung (Folie)		
Lager unter Spaltenboden (> 1 Monat)		
Vergärung in Biogasanlage – Endlager gasdicht abgedeckt		
Vergärung in Biogasanlage – Endlager nicht gasdicht abgedeckt		
Anteil der Festmistverwertung in Biogasanlage	%	Betrieb
Fütterung 29. Lebenstag – Abkalbung (Futtermenge für gesamten Zeitraum)		
Vollmilchtränke	l	Betrieb
Milchaustauscherpulver	kg TM	Betrieb
Menge je Kälberspezialfutter	kg TM	Rationsberechnung
Futtermittelverluste	%	Betrieb
Menge je Grobfutter	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Saftfutter	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Kraftfutter	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Futterzusatz	kg TM	Rationsberechnung
Mineralfutter	kg TM	Rationsberechnung
Futterstroh	kg TM	Rationsberechnung
Energie		
Stromverbrauch	kWh	Stromabrechnung
Anteil erneuerbare Energie	%	Stromabrechnung, Eigenversorgung Betrieb
Dieserverbrauch	l	Betrieb

¹⁾ Die Tiere stehen in einem Stallsystem mit Anbindung auf Stroh.

²⁾ Die Tiere stehen in einem Stallsystem mit Anbindung auf Untergrund mit wenig Einstreu.

³⁾ Die Tiere stehen in einem Stallsystem auf Stroh, welches mindestens einmal im Monat gemistet wird. Dies können Abkalbeboxen, Krankenställe oder Kälberiglus/-boxen sein.

⁴⁾ Dieses Stallsystem ähnelt dem Festmistverfahren, allerdings wird erst nach mehreren Monaten gemistet und dieser wird nicht an einem anderen Ort gelagert.

⁵⁾ Dieses Stallsystem hat ein Gefälle im Einstreubereich.

Datenaufnahme Schweinemast

Für den Betriebszweig Schweinemast werden die in Tabelle A4 zusammengestellten Daten erhoben.

Tab. A4: Betrieblich erforderliche Daten zur Registriernummer nach Viehverkehrsverordnung (VVVO) im Wirtschafts- oder Kalenderjahr

Bezeichnung	Einheit	Datenherkunft
Tierbestand und Leistung		
Mastverfahren nach DLG (2014) oder individuelle Stallbilanz	-	Betrieb
Betrachtungszeitraum	Tiere	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Anfangsgewicht	kg LM	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Anfangsbestand im Betrachtungszeitraum	Tiere	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Eingestellte Tiere	Tiere	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Gewicht der eingestellten Tiere	kg LM	Lieferschein oder Wiegen bei der Einstellung
Verkaufte Tiere im Betrachtungszeitraum	Tiere	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Gewicht der verkauften Tiere	kg LM	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Endbestand Tiere im Betrachtungszeitraum	Tiere	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Endgewicht	kg LM	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Mastdauer von Anfang bis Ende	d	Buchhaltung oder Mastplaner oder manuelle Auswertungen
Gewicht der Verlusttiere	kg LM	Buchhaltung oder Tierkörperbeseitigungsabrechnung oder manuelle Auswertung
Sterblichkeitsrate	%	Buchhaltung oder manuelle Auswertung
Haltung und Wirtschaftsdüngerlagerung		
Art der Stallhaltung		
Wärmeklimastall		
Außenklima (Kistenstall)		
Außenklima (Tiefstreu)		
Außenklima (Kistenstall mit Außenbereich)		
Außenklima (mit Außenbereich)		
Jährliche Weidehaltungsdauer	h	Betrieb
Art des Wirtschaftsdüngerlagers		
Flüssigmist		
offen (ohne natürliche Schwimmdecke)		
feste Abdeckung (inkl. Zelt)		
natürliche Schwimmdecke	%	Betrieb
schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)		
schwimmende Abdeckung (Folie)		
Lager unter Spaltenboden (über 1 Monat)		
Verwertung in Biogasanlage		
Flüssigmist-/Festmistendlager gasdicht abgedeckt	%	Betrieb
Flüssigmist-/Festmistendlager nicht gasdicht abgedeckt		
Einstreuverbrauch	kg TM	Betrieb, Standardwerte möglich

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Bezeichnung	Einheit	Datenherkunft
Fütterung		
Menge je Mischfuttermittel	kg TM	Rationsberechnung
Menge je Einzelfuttermittel	kg TM	Rationsberechnung
Wasser	l	Betrieb
Energie		
Stromverbrauch	kWh	Stromabrechnung
Anteil erneuerbarer Energien	%	Stromabrechnung
Brennstoffverbrauch für Wärme	kWh	Abrechnung
Anteil erneuerbarer Wärme	%	Abrechnung
Dieselvebrauch für Futtervorlage	l	Betrieb, Standardwerte möglich

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
A	Allokationsfaktor
a	Jahr
an	animal (deutsch: Tier)
AR	assessment report (deutsch: Sachstandsbericht)
ash	Rohasche
BEK	Berechnungsmethode für einzelbetriebliche Klimabilanzen
BO	maximale Methanproduktionskapazität
bs	breeding stock (deutsch: Zuchttier)
BZA	Betriebszweiganalyse
c	coefficient (deutsch: Koeffizient)
°C	Grad Celsius
ca	calf (deutsch: Kalb)
cc	cull cow (deutsch: Schlachtkuh)
CF	crude fibre (deutsch: Rohfaser)
CH ₄	Methan
CL	crude lipid (deutsch: Rohfett)
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
comb	combustion (deutsch: Verbrennung)
CP	crude protein (deutsch: Rohprotein)
CU	close-up-phase
d	day (deutsch: Tag)
dep	deposition (deutsch: Deposition)
dl	Deziliter
DM	dry matter (deutsch: Trockenmasse)
DOM	digestible organic matter (deutsch: Verdaulichkeit der organischen Masse)
dry	dry period (deutsch: Trockenstehzeit)
E	Energie
EDV	elektronische Datenverarbeitung
EF	Emissionsfaktor
ent	enteric fermentation (deutsch: enterische Fermentation)
excr	excrements (deutsch: Ausscheidungen)
f	Faktor
FM	fresh mass (deutsch: Frischmasse)
fp	fattening period (deutsch: Mastdauer)
FPCM	fat- and protein-corrected milk (deutsch: fett- und proteinkorrigierte Milch)
FU	functional unit (deutsch: funktionelle Einheit)
g	Gramm
GAS-EM	Rechenmodell „Gasförmige Emissionen“ zur Erstellung des jährlichen Emissionsinventars der deutschen Landwirtschaft
GE	Gesamt-/Bruttoenergie
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
graz	grazing (deutsch: Weidegang)
GWP	global warming potential (deutsch: Treibhausgaspotenzial)
HI-Tier	Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere
i	allgemeine Laufvariable

Abkürzung	Bezeichnung
icp	intercalving period (deutsch: Zwischenkalbezeit)
IDF	International Dairy Federation (deutsch: Internationaler Milchwirtschaftsverband)
imm	Immobilisierung
int	intake (deutsch: Aufnahme)
IPPC	Intergovernmental Panel on Climate Change (deutsch: Weltklimarat)
k	Laufvariable für Futtermittel
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
lact	lactation (deutsch: Laktation)
leach	leachate (Jauche)
LM	Lebendmasse
lo	lost (deutsch: Verluste)
LT	Lebenstag
LUC	land use change (deutsch: Landnutzungsänderung)
m	Menge
M	mass intake (deutsch: Aufnahme von Masse)
MCF	methane conversion factor (deutsch: Methanumwandlungsfaktor)
MJ	Megajoule
MLP	Milchleistungsprüfung
MM	manure management (deutsch: Wirtschaftsdüngermanagement)
MU	milk urea (deutsch: Milchwahnharnstoff)
MUN	milk urea nitrogen (deutsch: Milchwahnharnstoff-Stickstoff)
N	Stickstoff
N ₂ O	Lachgas
NfE	N-freie Extraktstoffe
NH ₃	Ammoniak
NO	Stickoxid
Norg	organisch gebundener Stickstoff
OR	organical residue (deutsch: organischer Rest)
P	Protein
PCF	Product Carbon Footprint (deutsch: CO ₂ -Fußabdruck für Produkte)
ppm	parts per million
pr	provided (deutsch: bereitgestellt)
ST	starch (deutsch: Stärke)
SU	sugar (deutsch: Zucker)
t	Zeit
T	time period (deutsch: Zeitraum)
TAN	total ammonia nitrogen (deutsch: Gesamt-Ammonium-Stickstoff)
TM	Trockenmasse
tra	Transformation
VS	volatile solids (deutsch: organische Trockensubstanz)
W	weight (deutsch: Gewicht)
x	Gehalt
η	Energiegehalt
ρ	Dichte

Mitwirkende

Mitwirkende	Institution
Caroline Labonte	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln-Auweiler
Annika Lüschen-Strudthoff	Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
Lisa Oehlert	Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
Meike Schmehl	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt

