

Umweltverträglichkeit von Milch aus Österreich

Environmental compatibility of milk from Austria

Thomas Guggenberger^{1*}

Der nachfolgende Text mit seinen Tabellen und Abbildungen ist eine inhaltsgleiche Kurzfassung des Abschlussberichtes zum Dafne Projekt 101316 (FarmMilk) mit dem Titel „Ökobilanzierung als Methode zur Unterstützung der Milchwirtschaft in Österreich“ des BML. Das Projekt wurde mit Unterstützung der Berglandmilch, der Ennstal Milch, der Gmundner Milch, der Kärntnermilch, der Obersteirischen Molkerei und der SalzburgMilch umgesetzt (GUGGENBERGER et al. 2023).

Einleitung und Ziele

Die Milchwirtschaft in Europa, fundamentaler Pfeiler der Rinderhaltung, durchlebt seit längerer Zeit einen Strukturwandel hin zu Produktionsmethoden mit einem höheren Automatisationsgrad. Dieser Wandel, geprägt durch die Economy of Scales, führt auch zur Beschaffung zunehmender Mengen an Betriebsmitteln. Entstehende Abhängigkeit haben marktwirtschaftliche Effekte und wirken sich auch auf die Produktionsumwelt aus. Auch in Österreich findet dieser Prozess bis zu einem gewissen Grad statt. Trotz Herausforderungen wie Marktverknappungen der Betriebsmittel und den ökonomischen Druck auf freie Märkte, wurden hier aber in den letzten Jahrzehnten Anpassungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik, z.B. die Einführung und Förderung der biologischen Landwirtschaft, der Heumilchproduktion usw. vorgenommen, um die Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Zukünftige Produktionsstrategien müssen marktgerecht und wissenschaftlich fundiert sein, um den veränderten Verbraucherpräferenzen gerecht zu werden und die Milchwirtschaft nachhaltig zu gestalten.

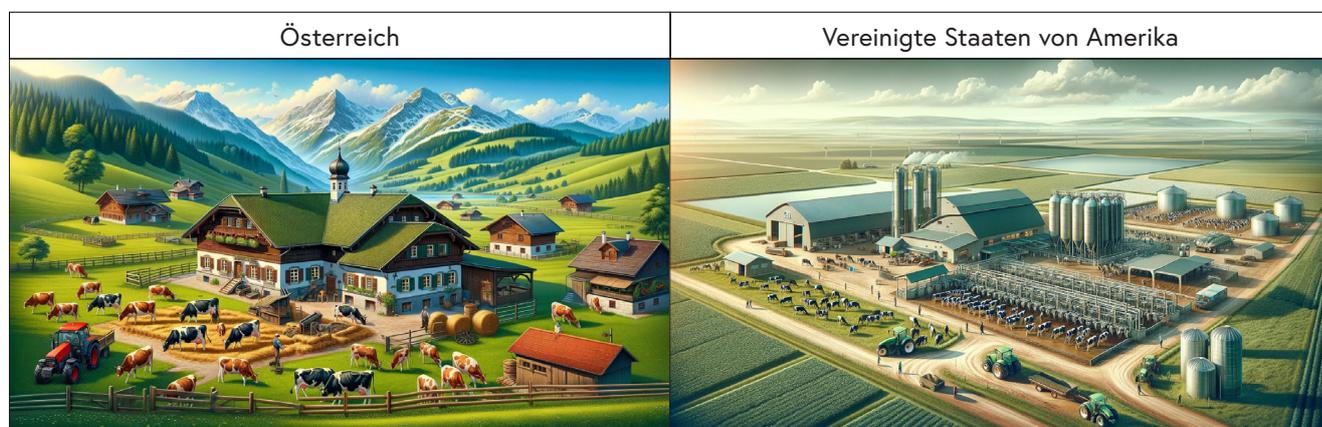


Abbildung 1: „Zeichne mir ein Bild eines Milchviehbetriebes“ erstellt durch ChatGPT 4.0

Bildbeschreibung: ChatGPT 4.0 wurde im Februar 2024 gebeten ein Bild eines Milchviehbetriebes in Österreich und den Vereinigten Staaten von Amerika zu zeichnen. Das Ergebnis zeigt, wie nicht anders zu erwarten war, das Selbstbildnis, dass die Landwirtschaft in ihrer Kommunikation mit der Gesellschaft erzeugt. „Ein eigenes Bild“ ist ein Hauptargument im Marketing (USP), es schwört, auch wenn USPs kurzfristig überzogen sind, im Laufe der Zeit aber eine ganze Gesellschaft in ihrem Wissenstransfer ein und lenkt so die Zukunft mit.

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Thomas Guggenberger, email: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

Die österreichische Land- und Ernährungswirtschaft steht dabei zusätzlich vor der Herausforderung, sich an die sich ändernden Konsumgewohnheiten anzupassen. Diese sind durch eine hohe Verfügbarkeit günstiger Nahrungsmittel und eine langsame Zunahme von Ernährungsformen auf pflanzlicher Basis geprägt. Diese Veränderungen führen in der traditionellen Nutztierhaltung zu einer regen Diskussion und fordern eine Anpassung der Produktionssysteme. Für beides werden grundlegende Fakten über die derzeitige Produktion benötigt. Das Forschungsprojekt FarmMilk liefert diese durch die Erstellung einer für Österreich repräsentativen Anzahl an Ökoeffizienz. Dafür wurde das Betriebsmanagement-Tool FarmLife verwendet. Die Ökobilanzen sollen als Lernstichprobe zur Erstellung von Funktionen verwendet werden. Diese bilden anschließend die Basis eines Prognosemodells für ganz Österreich. Zusätzlich wird die Entwicklung einer standortgerechten Landwirtschaft angestrebt, die natürliche Betriebspotenziale berücksichtigt und nachhaltige Produktionssysteme fördert. Ziel ist es, einen Mittelweg zwischen Intensivierung und Regulierung zu finden, um Umweltwirkungen zu reduzieren und die Milchwirtschaft an die Nachhaltigkeitswünsche der Gesellschaft anzupassen. Die Ergebnisse des Projektes sollen als Basis für zukünftige Strategien dienen, um die österreichische Milchwirtschaft nachhaltiger und wettbewerbsfähiger zu gestalten. In welchem Grad solche Strategien notwendig sind, zeigt ein Vergleich mit anderen Produktionsländern.

Material und Methoden

Seit 2013 werden in Österreich mit dem Tool FarmLife detaillierte Ökobilanzen für Milchviehbetriebe erstellt, um umfassende Umweltbewertungen zu ermöglichen (HERNDL et al. 2016). Diese Bemühungen erfordern von den teilnehmenden Betrieben umfangreiche Daten zu Inventar, Zu- und Verkäufen, Betriebsmitteln und landwirtschaftlichen Tätigkeiten zu sammeln. Trotz der Bereitstellung von Einführungskursen und der Umstellung auf digitale Formate seit 2020, was generell gut angenommen wurde, ist die Gesamtteilnahme mit Herausforderungen verbunden. Bis September 2023 haben 963 Milchviehbetriebe ein FarmLife-Konto eingerichtet, aber nur 389 haben eine vollständige Ökobilanz erstellt (*Abbildung 2*). Die Daten zeigen eine hohe Abbruchrate: 25 % der Betriebe wurden nach der Kontoerstellung nicht aktiv, und über ein Drittel der aktiv gewordenen Betriebe hat die Datenerfassung nicht abgeschlossen, was auf die Komplexität und den Zeitaufwand der Aufgaben hinweist. Trotz dieser Herausforderungen ist die erreichte Stichprobengröße von 389 Betrieben bemerkenswert und übersteigt die für eine repräsentative Stichprobe benötigte Anzahl. Das bietet eine gute Chance die österreichische Milchwirtschaft in der wissenschaftlichen Umweltbewertung voran zu bringen. Die Datenerhebung umfasst nahezu 60.000 Buchungen, mit einem Durchschnitt von 2.000 Informationen pro Betrieb. Insgesamt haben die Bauern etwa 19 Personenmonate in die Dateneingabe investiert, während das Forschungsteam zusätzliche Arbeitsstunden für Wartung, Datenkontrolle und Ökobilanzberechnungen aufwendete. Die Analyse und Auswahl der Betriebe für das Bewertungssystem berücksichtigten verschiedene Faktoren, wie Bewirtschaftungsart und geografische Lage. Diese detaillierte und sorgfältige Vorgehensweise stellt sicher, dass die erstellten Ökobilanzen eine solide Grundlage für die Weiterentwicklung der nachhaltigen Milchwirtschaft in Österreich bieten.

Final zielt die Studie darauf ab, die Umweltwirkungen aller österreichischer Lieferbetriebe für das Jahr 2022 zu bewerten, wobei 1 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche für die Milchproduktion und 1 kg fett- und eiweißkorrigierter Milch (FPCM) als funktionelle Einheiten dienen. Die International Dairy Federation (IDF) hat mit Bulletin 479/2015 (IDF, 2015) einen Standard für die Ökobilanzierung von Treibhausgasen in der Milchwirtschaft erlassen, der sich eng an ISO 14044 Normen (GUINÉE et al. 2002) orientiert. FarmLife, das in dieser Studie verwendete Tool, erfüllt alle diese Standards ebenso und erfasst alle Ökoinventare mit einem Bewertungsrahmen, der die Erzeugung auf dem Bauernhof bis zur Milchabgabe an der Hoftorgrenze umfasst. Es führt Allokationen gemäß IDF-Empfehlungen Ebenen 1 ein (*Abbildung 3*).

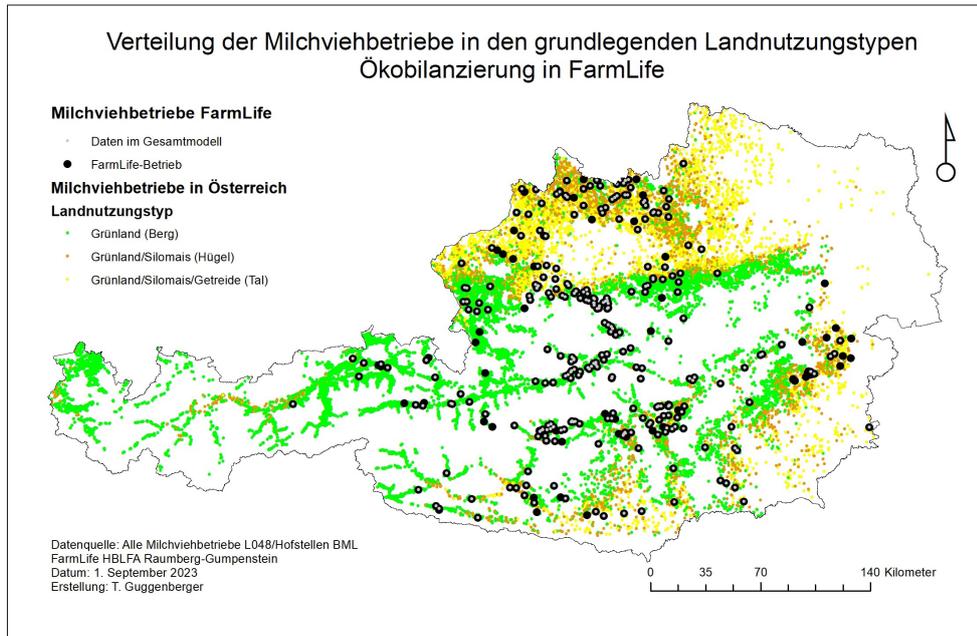


Abbildung 2: Lage von FarmLife Milchviehbetrieben in Österreich

Bildbeschreibung: Im Berggebiet und den Gunstlagen der Milchproduktion in Österreich wurde eine repräsentative Anzahl von Bauernhöfen untersucht. Die Lücke im Westen wird bald geschlossen. Berg-Bauernhöfe in Tirol werden bei der Entwicklung eines Prognosemodells derzeit von ihren Berufskollegen in Salzburg, der Steiermark und in Kärnten vertreten.

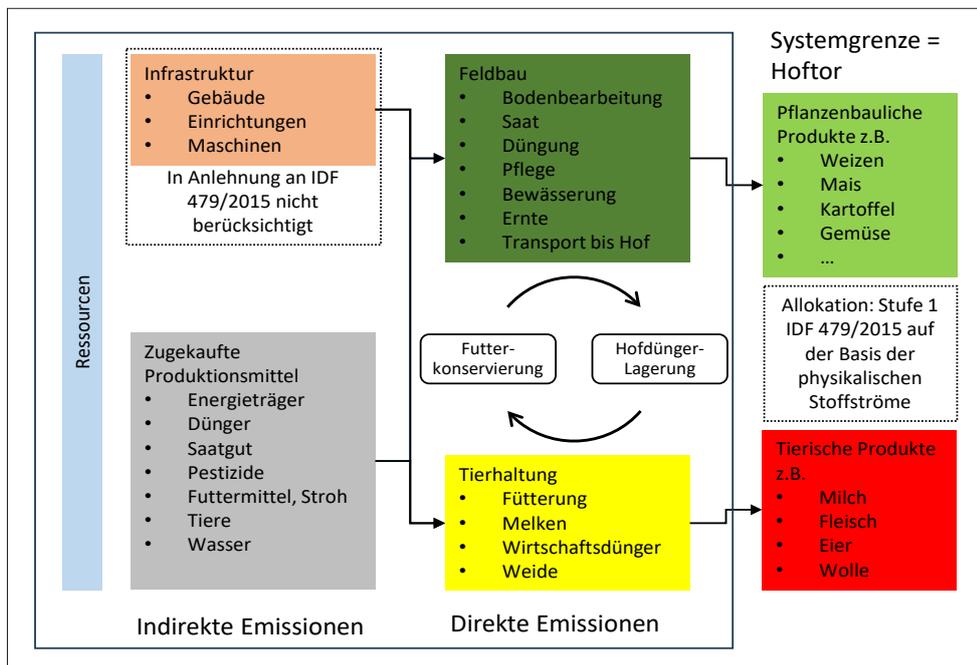


Abbildung 3: Systemgrenzen bei der Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe

Bildbeschreibung: Umweltwirkungen am Milchviehbetrieb entstehen direkt in der Kreislaufwirtschaft des Bauernhofes. Da zugekaufte Produktionsmittel immer einen Rucksack an Wirkungen mitbringen, müssen auch diese indirekten Wirkungen berücksichtigt werden. Alle Wirkungen werden an der Hoforgrenze addiert und durch Allokation dem gesuchten Produkt anteilig zugerechnet.

Grundsätzlich nutzt die Studie das SALCA-Ökobilanzierungskonzept (NEMECEK et al. 2010) und berücksichtigt spezifische Umweltwirkungen wie nicht erneuerbare Energie (HISCHIER et al. 2010), Treibhauspotenzial (IPCC, 2021), Phosphorverbrauch SALCA (LCI), Flächenverbrauch CML sowie Wasserverbrauch (PFISTER et al. 2009), um die landwirtschaftliche Produktion umfassend zu bewerten. Die Analyse der Inputgruppen, die zur Milchproduktion benötigt werden, ermöglicht es, Bereiche mit hohem Optimierungspotenzial für eine ökologischere Betriebsführung zu identifizieren. Das ist günstig für abschließende Empfehlungen.

Das mathematische-statistische Grundkonzept der Datenanalyse zielt auf die Erstellung eines Prognosemodells ab. Dieses basiert auf den Daten von 344 Betrieben, die im Farm-Life-Tool bewertet wurden. Mathematische Funktionen, abgeleitet aus dieser Stichprobe, sollen auf die gesamte Grundgesamtheit anwendbar sein. Für die Datenaufbereitung und statistische Analyse wurden relevante Datenquellen aus den INVEKOS-Tabellen (INVEKOS, 2021) herangezogen. Die Betriebe wurden nach Management (konventionell oder biologisch), Standort (Tal, Hügel, Berg) und Milchlieferleistung klassifiziert, wobei die Milchleistung pro Kuh and die Molkerei als kontinuierliche Variable behandelt wurde. Die statistische Modellierung erfolgte mittels des General Linear Model (GLM), das wie folgt formuliert wurde:

Formel 1: Umfassendes statistisches Modell

$$y_{ijkl} = \mu + M_i + S_j + LL_k + (MO_l) + \varepsilon_{ijkl}$$

Dabei steht y_{ijkl} für den Beobachtungswert der abhängigen Variable, μ für die gemeinsame Konstante, M_i , S_j , und LL_k für die fixen Effekte des Managements, des Standortes und der Milchlieferleistung, MO_l für den fixen Effekt der Molkerei, und ε_{ijkl} für den nicht erklärten Rest der Streuung. Eine Anpassung führte zur folgenden Formel, die eine regelbasierte Anwendung des Ergebnisses auf das Management ermöglicht:

Formel 2: Gekürztes statistisches Modell

$$y_{ij} = \mu + S_i + LL_j + (S_i \times LL_j) \varepsilon_{ij} \rightarrow \text{Regelbasierte Anwendung des Ergebnisses auf M}$$

Dieser Ansatz liefert einen Satz von 42 linearen Gleichungen mit einem Basiswert d und einem Steigungswert k . Diese bilden gemeinsam das Prognosemodell für die nationale Bewertung (*Tabelle 1*).

Formel 3: Matrix des Prognosemodells

$$\begin{bmatrix} y_{Berg} \\ y_{Hügel} \\ y_{Tal} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{Berg} * LL_{Berg} \\ k_{Hügel} * LL_{Hügel} \\ k_{Tal} * LL_{Tal} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} d_{Berg} \\ d_{Berg} \\ d_{Berg} \end{bmatrix} \text{ wenn Parameter aus } \textit{Tabelle 1} \text{ in M=Bio anwendbar, sonst 0}$$

Tabelle 1: Lineare Regressionen und Eckdaten der statistischen Analyse

Umweltwirkung Bezeichnung Ressourcenbezogen	Einheit	Standort	pro kg FPCM		pro ha		Faktor-Bio	Std Gruppirt	R ²
			d	k	d	k			
Bedarf nicht erneuerbarer Energie	MJ	Berg	2,023	0,0000389	-1,339	2,718	1	0,145	38,2
		Hügel	2,419	-0,0000452	3,016	1,858			
		Tal	2,006	-0,0000006	715	2,088			
Phosphorverbrauch	kg P	Berg	-0,000334	0,000000104	-4,952	0,00118	0	0,000091	71,3
		Hügel	-0,000426	0,000000103	-5,502	0,00114			
		Tal	-0,000141	0,000000082	-3,936	0,00105			
Flächenbedarf der Produktion	m ²	Berg	3,729	-0,0000303	14,674	-0,445	1	0,197	83,1
		Hügel	3,507	-0,000280	14,184	-0,445			
		Tal	1,914	-0,000096	5,783	0,523			
Verbrauch blaues Wasser	m ³	Berg	-0,00116	0,000000621	-28,661	0,00782	1	0,00067	58,5
		Hügel	0,00059	0,000000235	-8,926	0,00381			
		Tal	0,00011	0,000000306	-14,713	0,00459			
Klimawirkungsbezogene									
Treibhauspotenzial (GWP 100 Jahre)	kg CO ₂ 100 ^e	Berg	1,715	-0,0001001	4,978,990	0,363	1	0,079	78,8
		Hügel	1,679	-0,0000976	4,774,410	0,372			
		Tal	1,536	-0,0000860	5,005,310	0,294			
Erwärmungspotenzial (GTP 100 Jahre)	kg CO ₂ 100 ^e	Berg	0,480	-0,0000149	791,598	0,293	1	0,021	62,6
		Hügel	0,474	-0,0000175	905,273	0,248			
		Tal	0,419	-0,0000106	674,632	0,280			

Repräsentativität der 344 verwendeten FarmLife-Betriebe und Basisfunktionen

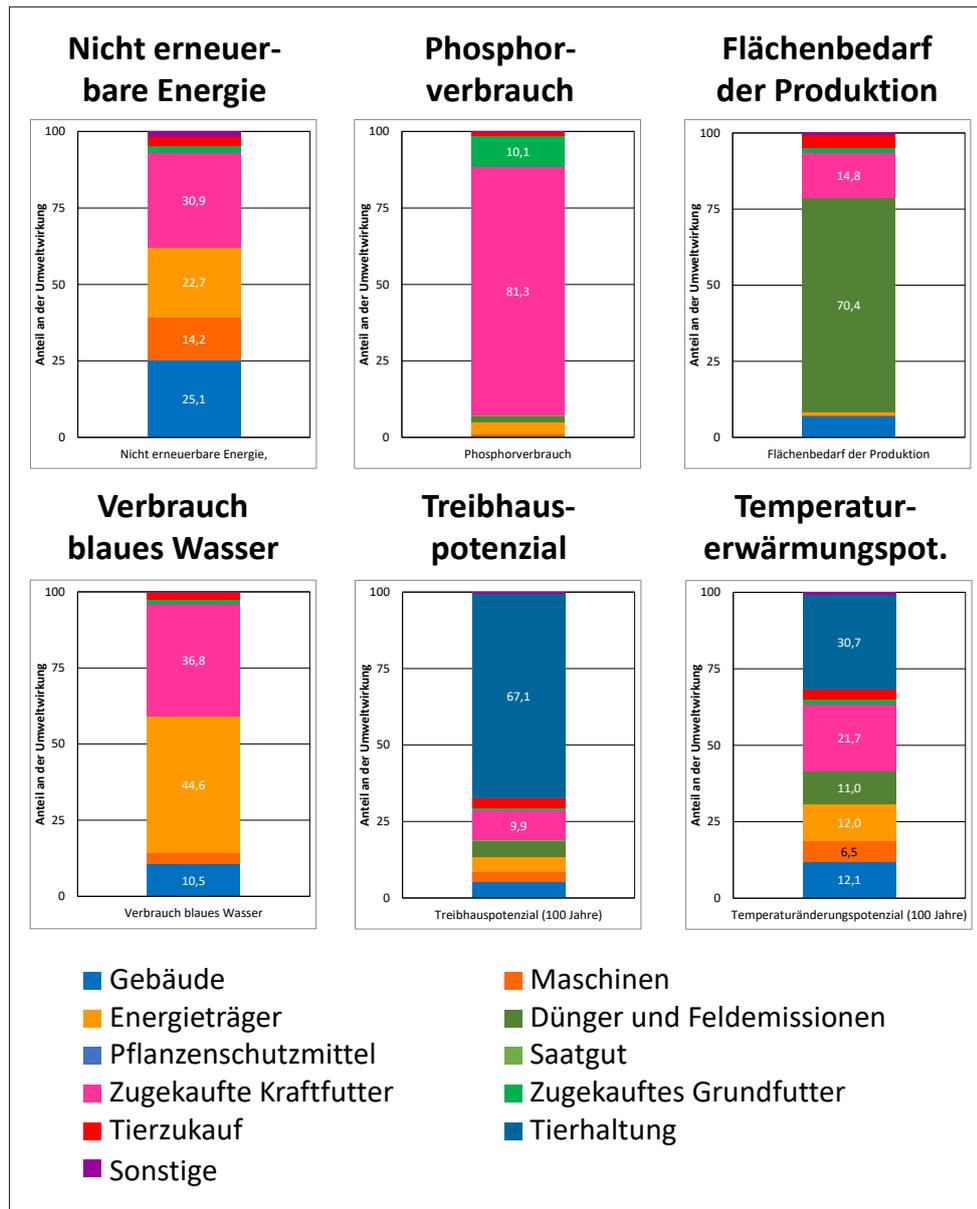
Die Ergebnisse der 344 Betriebe aus dem FarmLife-Netzwerk bieten eine detaillierte Einsicht in die Praktiken und Umweltwirkungen der Milchproduktion. Die geografische Verteilung der analysierten Betriebe zeigt eine Konzentration in den für Österreich bekannten Milchproduktionsgebieten, wobei die Standorttypen Berg, Hügel und Tal abgedeckt werden. Trotz einiger Lücken in der geografischen Abdeckung, insbesondere in Tirol, ermöglichen vergleichbare Klimadaten die Annahme, dass die Ergebnisse auf die gesamte Region übertragbar sind. Die Betriebsklassifikation zeigt eine Mehrheit konventioneller Betriebe im Vergleich zur biologischen Landwirtschaft. Die Verteilung der Milchlieferteistung pro Kuh weist eine breite Spanne auf, mit einem Median, der dem nationalen Durchschnitt aus anderen Quellen sehr nahekommt. Diese statistischen Ergebnisse zeigen eine angemessene Repräsentativität der Stichprobe für österreichische Milchviehbetriebe, trotz einer Tendenz zu leistungsstärkeren und größeren Betrieben in einigen Teilbereichen. Die Fütterungspraktiken variieren deutlich zwischen den Standorttypen, mit einem zunehmenden Einsatz von Kraftfutter bei höheren Lieferleistungen. Diese Praktiken spiegeln die Anpassung der Betriebe an die geographischen und klimatischen Bedingungen sowie an die Produktionsziele wider. Das FarmLife Betriebsnetz ist damit insgesamt gut für die Erstellung eines Prognosemodells geeignet. Zusätzlich von Bedeutung ist aber auch noch die Qualität der möglichen Allokation von Umweltwirkungen. FarmLife geht gezielt bei der Zuweisung von Ressourcen vor, sodass spezielle Verteilungsformeln für Umwelteinflüsse auf verschiedene Produktionsbereiche unnötig sind. Die Rinderhaltung ist in Milchproduktion, Fleischproduktion und Zucht gegliedert. Die Zuteilung der Umweltwirkungen auf den Sektor Milch zeigt, dass bei nur 10 % der Betriebe ein Anteil unter 68,9 % bzw. über 94,9 % liegt. Der Mittelwert beträgt 83,7 %. Die statistische Analyse erarbeitet final die in *Tabelle 1* dargestellten linearen Gleichungen mit verschiedener Prognosestärke und Streuung.

Betriebsmittel, Inputs und ihre Auswirkungen auf die Umweltverträglichkeit

Umweltwirkungen entstehen durch den Einsatz von Betriebsmitteln in der Landwirtschaft, deren spezifische Effekte mittels Ökobilanz sichtbar gemacht werden. Besonders bei den 344 FarmLife-Betrieben wird nun eine detaillierte Aufschlüsselung in Teilwirkungen vorgenommen, die durch verschiedene Inputs verursacht werden. Ausnahmsweise werden auch Infrastrukturelemente wie Maschinen und Gebäude berücksichtigt, da sie einen erheblichen Anteil an den Gesamtwirkungen haben (*Abbildung 4*). Wesentliche Punkte sind:

- Fast zwei Drittel der nicht erneuerbaren Energie wird nicht direkt am Betrieben in Form von Treibstoffen verbraucht, sondern stammen aus vorgelagerten Prozessen wie dem Bau von Gebäuden und der Produktion von Maschinen sowie zugekauften Futtermitteln.
- Mineralischer Phosphor wird überwiegend in zugekauften Futtermitteln verwendet.
- Der größte Teil des Flächenbedarfs resultiert aus direkter Nutzung vor Ort (Kulturlandschaftseffekt) und der Produktion von Futtermitteln auf anderen Betrieben.
- Blaues Wasser wird hauptsächlich für die Produktion erneuerbarer Energie und die Bewässerung in der Landwirtschaft genutzt. Wasser zur Tränke auf den Betrieben wird als Konstante angenommen.
- Die Treibhausgasemissionen werden bei der Metrik GWP_{100} überwiegend durch Methanemissionen von Wiederkäuern verursacht. Wird die Metrik GTP_{100} verwendet, ändert sich das Bild deutlich und die Wirkung der Nutzung der fossilen Energie tritt in den Vordergrund.

Abbildung 4: Wirkungsanteil der Inputgruppen



Bildbeschreibung: Die verschiedenen Inputgruppen tragen anteilig zu jeder Umweltwirkung bei. Meist dominieren einzelne Inputs die Wirkung und können so als Hebel zur Verbesserung identifiziert werden.

Ergebnisse des Prognosemodells zur Abschätzung der Umweltverträglichkeit von Milch aus Österreich im Jahr 2022

Table 2 zeigt für ausgewählte Umweltwirkungen die finalen Prognosemodelle pro kg FPCM bzw. pro ha. Die Tabelle wurde so erstellt, dass entlang der Datenverteilung der Wert am unterem Viertel, im Median und im oberen Viertel dargestellt wird.

Tabelle 2: Gesamtergebnis ausgewählter Umweltwirkungen der österreichischen Milchwirtschaft

Alle Betriebe = 100 % der Milchproduktion im Jahr 2022								
Österreich								
Umweltwirkungen	Wirkungen pro kg FPCM			Wirkungen pro ha				
	1.Quartil	Median	3.Quartil	1.Quartil	Median	3.Quartil		
Ressourcenbezogen								
Bedarf nicht erneuerbarer Energie	MJ	2,0	2,2	2,3	GJ	14,2	16,4	18,8
Phosphorverbrauch	g P	0,04	0,34	0,48	kg P	0,0	2,6	4,2
Flächenbedarf der Produktion	m ²	1,2	1,4	1,8	ha	1,01	1,11	1,18
Verbrauch blaues Wasser	l	2,1	2,5	3,0	m ³	14,8	20,3	26,2
Klimawirkungsbezogene								
Treibhauspotenzial (GWP 100 Jahre)	kg CO ₂ 100 _e	0,87	0,99	1,09	t CO ₂ 100 _e	7,0	7,32	7,7
Erwärmungspotenzial (GTP 100 Jahre)	kg CO ₂ 100 _e	0,34	0,36	0,40	t CO ₂ 100 _e	2,4	2,7	3,0

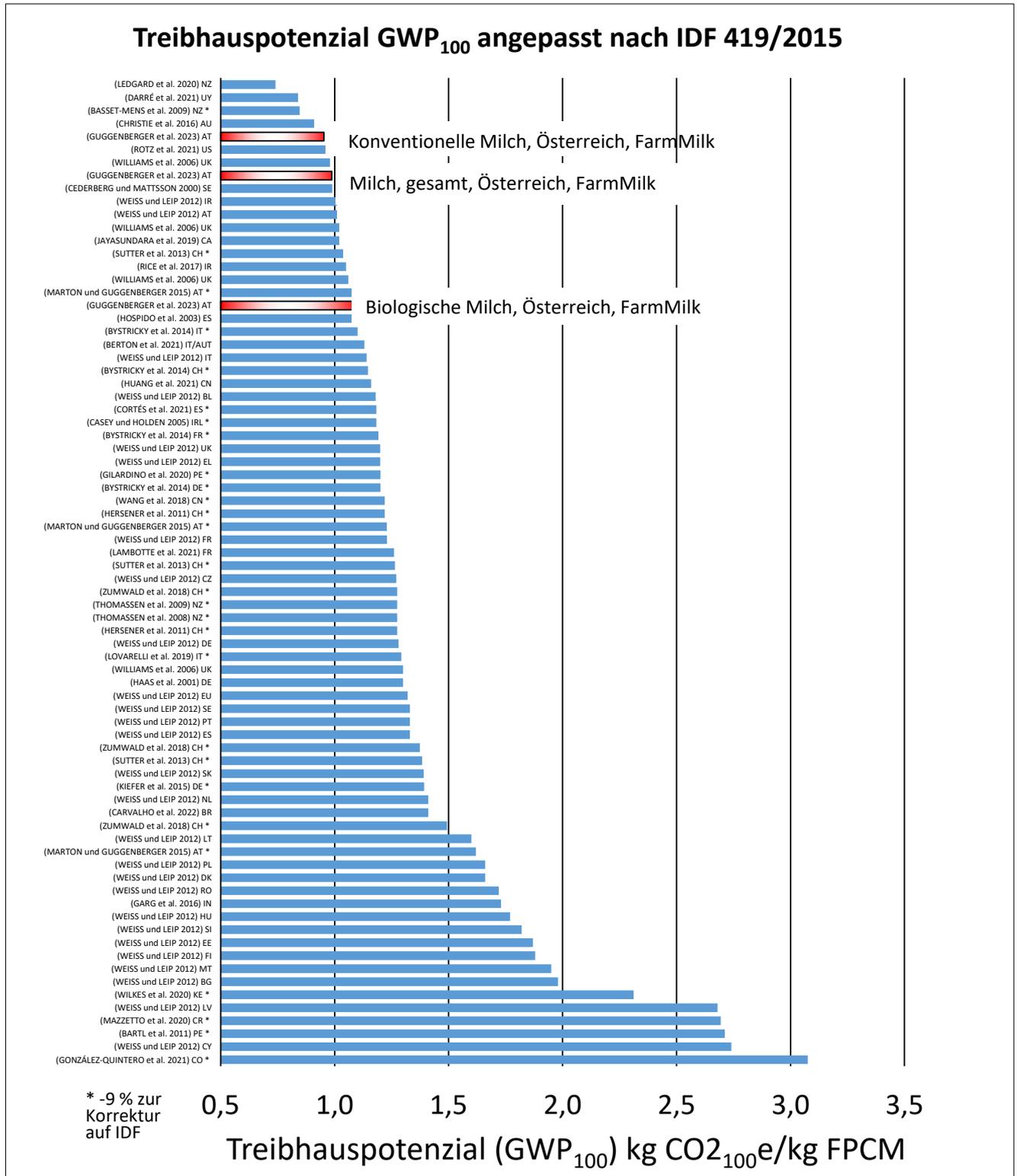


Abbildung 5: Einordnung der nationalen Ergebnisse in Ergebnisse der internationalen Literatur

Bildbeschreibung: Ein kg FPCM erzeugt je nach Herkunft und Zeitpunkt eine variable Menge an kg CO₂e. Die Einordnung der Ergebnisse des Prognosemodelles zeigt, dass Milch aus Österreich sehr günstig positioniert ist. Selbst biologische Milch, in der Abbildung etwas weiter unten, führt ihr eigenes Ranking an und liegt im Gesamtsystem immer noch im oberen Viertel.

Exemplarischer Vergleich des Treibhauspotenzials mit internationalen Ergebnissen

Im Durchschnitt erreicht die gesamte Milchproduktion Österreichs ein GWP_{100} von 0,99 kg CO₂e und ein GTP_{100} von 0,36 kg CO₂e pro kg FCM. International vergleichende Studien zeigen ein breites Spektrum an Treibhausgasemissionen für Milch, mit Österreich als einem der führenden Länder in Bezug auf niedrige Emissionswerte. Die Studie hebt hervor, dass Österreich wahrscheinlich die niedrigsten Emissionswerte in Europa hat, besonders wenn weitere Faktoren wie die absolute Belastung pro Hektar und Langzeitbewertungen berücksichtigt werden. Ein direkter Vergleich zwischen GWP_{100} und GTP_{100} zeigt für Österreich eine signifikante Reduktion der Emissionswerte um -63,6 %, insbesondere aufgrund der Methanwerte. Die in *Abbildung 5* verwendeten Quellen sind im Originalbericht vollständig zitiert.

Gründe für das gute Abschneiden der österreichischen Milchproduktion

1. Standort Österreich: Österreich zeichnet sich durch seine optimalen Bedingungen für die Grundfutterproduktion aus, mit einem hohen Anteil an Dauergrünland und günstigen Niederschlagsverhältnissen. Die hohe Qualität des Futters unterstützt eine effiziente Milchproduktion.
2. Rinderzucht: Milchkühe in Österreich sind in ihrer Zucht an die Betriebsstandorte angepasst. Die Effizienzvorteile von Milchviehrassen in den Gunstlagen werden durch die Allokation bei Zweinutzungsrinder kompensiert. Das bedeutet, dass die Zuteilung von Umweltwirkungen zur Fleischleistung den Nachteil bei der Milch weitgehend wettmacht.
3. Futterzukauf: Trotz der Bedeutung von Zukauf für die Umweltbewertung bleibt der ökologische Fußabdruck durch den vorwiegend lokalen Anbau von Futtermitteln gering.
4. Tierzukauf für die Remontierung: Milchviehbetriebe produzieren Nachzucht meist selbst, was den ökologischen Rucksack klein hält und die Effizienz der Milchproduktion fördert.
5. Gesetzliche Regeln: Österreichs vorsichtige Haltung gegenüber neuen Technologien und Importen von Futtermitteln mit gentechnisch veränderten Eigenschaften trägt zu einer positiven Umweltbewertung bei.
6. Wirkungsschwache Teilbereiche: Nicht vollständig genutzte Flächen wie Almen helfen, den ökologischen Fußabdruck zu verringern, indem sie ohne Betriebsmittel auskommen.
7. Allokation: Die spezialisierte Milchproduktion wird als effizienter bewertet als Mischbetriebe, dank genauer Zuordnung der Betriebsmittel zu den jeweiligen Produktgruppen, was zu einer präzisen Allokation führt.

Ausblick und Empfehlungen

Die in der Einleitung dargestellten Trends und Ziele fallen im Ergebnis des Prognosemodells zusammen. Die Milchwirtschaft in Österreich ist trotz gelegentlich anderslautender Informationen insgesamt gut auf die betrieblichen Standorte ausgerichtet. Dies führt dazu, dass viele Wünsche der Konsumierenden im internationalen Vergleich schon heute besonders gut abgedeckt werden. Diese Botschaft soll kommuniziert werden, ebenso wie die internen Möglichkeiten der Milchwirtschaft zur Unterstützung von Nachhaltigkeitszielen ausgebaut werden sollen.

Literatur

GUGGENBERGER, T., M. HERNDL, C. FRITZ und G. TERLER, 2023: Abschlussbericht Projekt FarmMilk in Ausarbeitung, Irdning-Donnersbachtal, 145 S.

GUINÉE, J., M. GORREE, R. HEIJUNGS, G. HUPPES, R. KLEIJN, H. UDO DE HAES, E. VAN DER VOET und M. WRISBERG 2002: Life Cycle Assessment. An operational guide to ISO standards. Volume 1, 2, 3. Centre of Environmental Science, Leiden University (CML), The Netherlands.

HERNDL, M., D.U. BAUMGARTNER, T. GUGGENBERGER, M. BYSTRICKY, G. GAILLARD, J. LANSCHKE, C. FASCHING, A. STEINWIDDER und T. NEMECEK, 2016: Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 93 S.

HISCHIER, R., B. WEIDEMA, H.J. ALTHAUS, C. BAUER, G. DOKA, R. DONES, R. FRISCH-KNECHT, S. HELLWEG, S. HUMBERT, N. JUNGBLUTH, T. KÖLLER, Y. LOERINCIK, M. MARGNI und T. NEMECEK, 2010: Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 176 S.

IDF, 2015: A common carbon footprint approach for the dairy sector in Bulletin 479/2015, International Dairy Federation, Brussels, 63 S.

INVEKOS, 2021: Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem, L037, Mehrfachantrag Flächen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

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 [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R., Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, C., United Kingdom and New York, NY, USA., 2391 S.

NEMECEK, T., R. FREIERMUTH KNUCHEL, M. ALIG und G. GAILLARD, 2010: The advantages of generic LCA Tools für agriculture: Examples SALCAcrop ans SALCAfarm. Proceedings of the 7th International conferenc of Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Università degli Studi die Bari Aldo Moro, Bari, 433-438.

PFISTER, S., A. KOEHLER und S. HELLWEG, 2009: Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. Environmental science & technology 43 (11), 4098-4104.