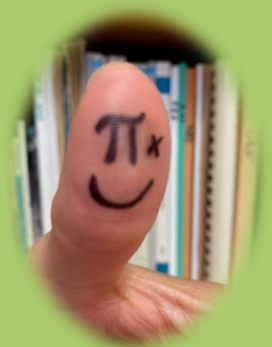


Modellberechnungen für eine klimaneutrale Milchproduktion

Gerold Rahmann



„ π x Daumen“-Papier 1

Modellberechnungen für eine klimaneutrale Milchproduktion

Autor:

Gerold Rahmann
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau
gerold.rahmann@thuenen.de

Trenthorst, 29. April 2020

Inhalt

Tabellenverzeichnis	1
1. Einführung	2
2. Material und Methoden	2
3. Ergebnisse	4
Literaturhinweise	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flächenbedarf für eine klimaneutrale Milchproduktion pro Kuh	4
Tabelle 2: Erlöse pro Kuh bzw. Hektar und Jahr bei 100 % eigener Futtermittellieferung	6
Tabelle 3: Ausgleichsfläche und Milchpreis-Zuschlag für klimaneutrale Milchproduktion	7

1. Einführung

Die Landwirtschaft trägt wesentlich zur Emission von Treibhausgasen ("Klima^{-neg.}") bei. In Deutschland sind das 63,6 Mio. oder 7,4 % von insgesamt 858 Mio. Tonnen CO_{2eq} Gesamtemissionen (UBA 2020). Sie stammen aus den Methan (CH₄)-Ausscheidungen von Wiederkäuern (39,4 % der Gesamtemissionen), den Bodenemissionen (N₂O) mit 38,8 % und aus organischen Düngemitteln mit 21,8 %. Milchkühe (49,5 %) und Fleischrinder (35,2 %) haben den größten Anteil an den CH₄- und N₂O-Emissionen (Haenel et al. 2020).

Auch die Landwirtschaft muss dazu beitragen, das politische Ziel zu erreichen, Europa bis 2050 klimaneutral ("Klima^{0 neutral}") umzubauen (EU 2020). Der ökologische Landbau hat den Anspruch, nachhaltig zu wirtschaften und seinen Beitrag zu dieser Politik zu leisten (Sanders & Hess 2019). Bisher ist aber auch der Ökolandbau nicht klimaneutral, obwohl die Treibhausgasemissionen niedriger sind als bei der konventionellen Milchproduktion (Warnecke et al. 2014, Schulz et al. 2018). Um klimaneutral zu werden, sind Kohlenstoffsinken zu beziffern. Nur wenn über diesen Ausgleich hinaus Kohlenstoff gebunden würde, könnten logischerweise CO₂-Zertifikate als "Kohlenstoffsinke" verkauft werden („Klima^{+ plus}").

Die Frage ist, wie ein klimaneutraler Milchviehbetrieb aussehen könnte.

2. Material und Methoden

Seit 2005 forscht das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau an der Verbesserung der Nachhaltigkeit der Ökologischen Milchproduktion. Dazu gehören auch die Bewertung und Reduzierung der Treibhausgasemissionen pro kg Milch. Die Forschung erfolgt auf der öko-zertifizierten Versuchsstation des Instituts in Trenthorst (www.thuenen.de/en/ol/) und in einem Vergleichsnetzwerk von ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben, z.B. in Deutschland (www.pilotbetriebe.de) und Norwegen (Flaten et al. 2019). Mit dem Verständnis der:

- Nährstoffflüsse (z.B. Kohlenstoff) (Life Cycle Assessments) (Schüler et al. 2018),
- die Auswirkungen des Landwirtschaftssystems (ökologisch vs. konventionell) (Schulz et al. 2018),
- die Relevanz der agro-ökologischen Rahmenbedingungen (Süd-, Nord-, West-, Ostdeutschland, Norwegen), (Hülsbergen & Rahmann 2015, Flaten et al. 2019),

- Inter- und Intra-Jahres-Effekte (Warnecke et al. 2014),
- Korrelation mit anderen Nachhaltigkeitszielen (Tierschutz, Biodiversität, Wirtschaft) (Sanders & Heß 2019) und
- Kenntnisse über landwirtschaftliche Kohlenstoffemissionen und -senken (Boden, Bäume, Biogas) (Haenel et al. 2020, Kay et al. 2019, Paulsen 2008)

kann ein Klima^{0 neutral}-Betriebsmodell entworfen werden.

Die Hauptlösungen sind die Reduktion der CO₂eq-Emissionen (UNFCCC 2008, CCAFS 2020) in der Produktion pro kg Milch, z. B. durch Biogasproduktion mit Wirtschaftsdüngermitteln (Paulsen 2008) oder Zwischenfruchtanbau (Rotz et al. 2010) und zusätzlicher Ausgleichsfläche für Kohlenstoffsinken (z.B. Agroforstwirtschaft - Kurzumtriebsplantage) (Briner et al. 2011).

Der ökologische Modellbetrieb basiert auf:

- einer Familienbetriebsgröße in Norddeutschland mit guten Produktionsbedingungen,
- eine Bewirtschaftung nach ökologischen Standards (EU-Öko-Verordnung 848/2018),
- eine Milchkuh mit 7.000 kg Milch FCM pro Laktation (6.500 kg verkaufte Milch / Kuh und Jahr).
- 100% eigene Futtermittelproduktion: 20% Kraftfutter (Triticale, Ackerbohnen), 80% Raufutter (Klee gras, Grünland, Mais), Halbtagsweide 180 Tage, Erstkalbealter 26 Monate, Zwischenkalbezeit 400 Tage, Tiefstreu-Liegeboxenlaufstall mit planbefestigtem Boden und Mistschieber,
- 1 kg CO₂eq pro kg Milch ECM ohne Biogasanlage (-0,05 kg CO₂eq / kg Milch ECM) und Zwischenfruchtanbau (0,2 kg CO₂eq pro ha Jahr für Druschfrüchte und Mais) und
- Agroforst (Kurzumtriebsplantage) mit 18 t CO₂-Reduktion pro ha und Jahr.

Der konventionelle Modellbetrieb basiert auf:

- einer Familienbetriebsgröße in Norddeutschland mit guten Produktionsbedingungen,
- eine Milchkuh mit 10.000 kg Milch FCM pro Laktation (9.500 kg verkaufte Milch / Jahr)
- 100% eigene Futtermittelproduktion: 45% Kraftfutter (Triticale, Ackerbohnen), 55% Raufutter (Grünland, Mais), ganzjährige Stallhaltung, Erstkalbealter 26 Monate, Zwischenkalbezeit 400 Tage, Tiefstreu-Liegeboxenlaufstall mit planbefestigtem Boden und Mistschieber,
- 1 kg CO₂eq pro kg Milch ECM ohne Biogasanlage (-0,05 kg CO₂eq / kg Milch ECM) und Zwischenfruchtanbau (0,2 kg CO₂eq pro ha Jahr für Druschfrüchte und Mais) und
- Agroforst (Kurzumtriebsplantage) mit 18 t CO₂-Reduktion pro ha und Jahr.

3. Ergebnisse

In Tabelle 1 lässt sich ablesen, dass eine konventionelle Milchproduktion um rund 10 % effizienter als eine ökologische ist. Dieses liegt vor allem an den geringeren Kraffuttereinsatz, der im konventionellen mit 40% TM doppelt so hoch ist wie im Biobetrieb. Dieses zeigt sich dann auch in der Milchleistung, die um 25% höher ausfällt (10.000 statt 7.000 kg ECM pro Kuh und Laktation). Wird jedoch die ebenfalls höhere Klimawirkung (CO₂eq-Emissionen) berücksichtigt, so relativiert sich der Vorteil der konventionellen Milchproduktion in der Flächeneffizienz. Ein Ausgleich findet in einem landwirtschaftlichen System am sinnvollsten mit Gehölzanpflanzungen statt (Wiedervernässung von Ackerflächen in Moor bietet sich nicht an, da damit ja die Emissionen der Milchproduktion nicht ausgeglichen werden).

Tabelle 1: Flächenbedarf für eine klimaneutrale Milchproduktion pro Kuh

	ha Futter		kg CO ₂ eq / Kuh Jahr	kg CO ₂ eq / ha a	KUPs ha als Ausgleich ⁵	Klima- neutral (ha)
	AL	GL				
Bio-Kuh: ¹	1,26;					
- "normal" ³	0,24		7.038	4.695	0,39	1,89
- "klima-optimiert" ⁴	1,50		5.680	3.789	0,33	1,83
Konvi-Kuh: ²	0,68;					
- "normal" ³	0,69		10.088	8.403	0,56	1,93
- "klima-optimiert" ⁴	1,37		7.384	6.150	0,47	1,83

¹ Ökologischer Landbau EU 834/2008 bzw. 848/2018 zertifiziert und ARLA-Nachhaltigkeits-Standards (Bio), Standort: Holstein in Norddeutschland, gute Produktionsbedingungen, holsteinisch-friesische Rasse, 7.000 kg Milch ECM / Laktation, davon 6.500 verkauft, 100% hofeigene Futterproduktion, 80% Raufutter (TM).

² Doppelte Ertragsleistung Landnutzung, 10.000 kg Milch ECM / Laktation, 9.500 kg verkauft; 100% hofeigene Futterproduktion, 55% Raufutter (TM).

³ Inklusiv Remontierung von 25 % Nachzucht.

⁴ Biogas (Klimagasreduktion: 5% des CO₂eq Emissionen Milchproduktion = 0,050 kg CO₂eq / kg Milch ECM) und Zwischenfruchtanbau (200 kg CO₂eq / ha Druschfrüchte und Maisfläche: bio. 0,143 bzw. konv. -0,117 kg CO₂eq / kg Milch).

⁵ Kurzumtriebsplantage: 10 Tonnen Massezuwachs pro ha und Jahr entspricht 5 Tonnen C-Bindung. Bio: 3,9 und konv. 5,6 Tonnen / Kuh Jahr; multipliziert mit dem Faktor 3,67 ergibt 18 Tonnen CO₂-Bindung pro ha und Jahr.

Der erforderliche Umfang an Fläche mit Kurzumtriebsplantagen-Bäumen ¹ (z.B. Wildkirsche, Pappel, Weide) muss deswegen bei konventioneller Milchproduktion höher liegen als bei ökologischer Produktion. So ist der Flächenbedarf für eine klima-neutrale Milchproduktion ungefähr gleich im ökologischen und konventionellen Landbau, jedoch mit unterschiedlichen Anteilen Ackerland, Grünland und Gehölzanpflanzungen KUP (Bio: AL = 67%, GL = 13%, KUP = 21%; Konv.: AL 35%, GL: 36%, KUP: 29%). Wegen des Klee gras- und Maisanbaus als Raufutter ist der Bedarf an Ackerland im ökologischen Betrieb größer.

Ökonomisch betrachtet unterscheiden sich die Betriebe erheblich in der Menge verkaufter Milch, den Milchpreisen aber auch im Verkaufswert an nicht erforderlichen Kälbern und Altkühe (Tabelle 2). Je geringer der Abstand des Milchpreise zwischen Bio und konventionell liegt, um so vorteilhafter wird es für die konventionelle Milchproduktion, und vice versa. Bei einem Preis von 0,45 Euro / kg ECM für Bio und 0,33 Euro für konventionelle Milch ist der Abstand von 0,12 Euro, und der Gesamtertrag pro Kuh ungefähr gleich hoch. Da im ökologischen Landbau mehr Fläche pro Kuh benötigt wird (9%), ist die Flächeneffizienz in der Produktion von Milch bei dem angenommenen Preisunterschied geringer (Menge und Wert). Es wird mit ökologischer Produktion rund 16 % weniger Geld pro Hektar umgesetzt.²

Da ja mehr Bio-Fläche pro Kuh ja auch mehr Biodiversität, Trinkwasserschutz und Tierwohl bedeuten, ist dieses als zusätzliche Leistung zu werten.

¹ Kurzumtriebsplantagen sind ertragreich in Masseaufwuchs, die bei 10 Tonnen pro Hektar und Jahr liegen können (Kay et al. 2019, Degen 2020). Bei 50 % Anteil im Holz (TS) werden 5 Tonnen Kohlenstoff gebunden. Um auf CO₂ zu kommen wird die C-Masse mit 3,67 multipliziert, was 18 Tonnen pro ha und Jahr entspricht. Dieses kann für Deponierung (dauerhafte C-Senke) oder Substitution fossiler Brennstoffe verwendet werden.

² Seit vielen Jahren liegt der Abstand der ökologischen und konventionellen Milchpreise aber über 0,12 Euro pro kg ECM (Sommer 2020: Bio = 0,49 Euro; konv. = 0,30 Euro pro kg ECM). Bei diesem Preisunterschied von 0,19 Euro war die Flächeneffizienz im Umsatz pro Hektar gleich.

Tabelle 2: Erlöse pro Kuh bzw. Hektar und Jahr bei 100 % eigener Futtermittellieferung

		Bio		Konventionell	
		Wert	Erlöse	Wert	Erlöse
pro Milchkuh und Jahr:					
- Verkaufte Milch	ECM pro Jahr		6.489 kg	9.548 kg	
- Milchpreis	Euro pro kg verkaufte Milch	0,45 €	2.924 €	0,33 €	3.151 €
- Verkaufskälber	Erlös Kalb (75% pro Jahr)	150 €	112 €	50 €	38 €
- Altkuh	Erlös Altkuh (25% pro Jahr)	1.500 €	375 €	1.200 €	300 €
Gesamterlös			3.412 €	3.488 €	
pro Hektar Futterfläche und Jahr:					
- Brutto-Futterflächenbedarf pro Kuh			1,50 ha	1,37 ha	
- Verkaufte Milchmenge ECM pro ha			4.335 kg	6.989 kg	
- Milcherlös pro ha			1.951 €	2.306 €	
- Anteilig Kalb (75%) und Altkuh (25%)			325 €	247 €	
Gesamterlös			2.276 €	2.553 €	

Das Ziel, eine klimaneutrale Milchproduktion zu erreichen, ist nicht alleine durch Treibhausgas-Senkungen in der Milchproduktion möglich (jedoch erhebliche Reduktionen, zum Beispiel mit Zwischenfrüchten und Biogasanlagen). Zusätzliche Ausgleichsflächen zur Kohlenstoff-Anreicherung sind erforderlich, um die Treibhausgas-Emissionen auszugleichen. Der Anbau von Kurzumtriebsplantagen bietet sich an, weil

- bis zu 10 Tonnen Holz pro Jahr Aufwuchs als Kohlenstoff-Senke möglich sind,
- Holz kann als regenerative Energie genutzt werden,
- die Ernte z.B. als Holzhackschnitzel verkauft werden können,
- die Fläche bei Gemischtbetrieben z.B. mit Hühnern auch als Auslauf genutzt werden kann (womit die Hühner dann wegen Mehrfachnutzung flächenneutral ihren Grünauslauf erhalten würden) und/oder
- sie die Landschaft durch die Gehölzanpflanzungen verändert (z.B. als Windschutz, attraktiv für Tourismus, höhere Biodiversität Flora und Fauna).

Wie aus der Tabelle 3 zu entnehmen ist, so sind die Gesamterlöse pro Kuh als auch pro Fläche und Jahr bei klima-neutraler Produktion annähernd gleich (bei den angenommenen Preisen). Eine Milchproduktion ohne Ausgleichsflächen erlöst jedoch konventionell 655 € und ökologisch 409 € mehr pro Hektar Futterfläche. Um diese Mindererlöse über den Milchpreis auszugleichen wären sowohl für die ökologische als auch die konventionelle

Milchproduktion ein Aufschlag von 0,09 Euro pro kg ECM erforderlich. Das erscheint doch eine realistische Möglichkeit.

Tabelle 3: Ausgleichsfläche und Milchpreis-Zuschlag für klimaneutrale Milchproduktion

	Bio	Konventionell
pro Kuh und Jahr:		
- Ausgleichsfläche (Kurzumtriebsplantage KUP)	0,39 ha	0,56 ha
- Holzhackschnitzelertrag ¹	3,9 to	5,6 to
- Verkaufserlöse Holzhackschnitzel HHS	117 €	168 €
Gesamterlös (Tabelle 2) plus HHS	3.529 €	3.657 €
pro ha und Jahr:		
- Gesamterlös pro ha und Jahr inkl. Holzhackschnitzel-Verkauf	1.867 €	1.898 €
- Einkommensdefizit pro ha bei Klimaneutralität	-409 €	-655 €
Milchpreis-Aufschlag als Einkommensausgleich (€ pro kg ECM)	0,09 €	0,09 €

¹ Der Holzhackschnitzelertrag von Kurzumtriebsplantagen wurde mit 10 Tonnen Bruttomasseertrag pro ha und Jahr angenommen (0,3 Tonnen / m³). Eine Tonne kostete 2020 30 € cif.

Literaturhinweise

Briner S, Hartmann M, Lehmann B (2011) Sind Agroforstsysteme eine ökonomische Möglichkeit der CO₂-neutralen Tierproduktion? Agrarforschung Schweiz 2(1)12-19 (www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2011_01_1627.pdf)

EU (European Union) (2020) European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. (https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)

Flaten O, Koesling M, Hansen S, Veidal A (2019) Links between profitability, nitrogen surplus, greenhouse gas emissions, and energy intensity on organic and conventional dairy farms, Agroecology and Sustainable Food Systems, 43:9, 957-983
DOI:10.1080/21683565.2018.1544960

Haenel HD, Rösemann C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2020) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2018 Report on methods and data (RMD) Submission 2020. Thünen Report 77, Braunschweig, 448 pages, DOI:10.3220/REP1584363708000

Hülsbergen KJ, Rahmann G (eds) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig:

Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29,
DOI:10.3220/REP_29_2015

- Kay S, Rega C, Morena G, den Herder M, Palma JHN, Borek R, Crous-Duran J, Freese D, Giannitsopoulos M, Graves A, Jäger M, Lamersdorf N, Memedemin D, Mosquera-Losada R, Pantera A, Paracchini LP, Paris P, Roces-Diaz JV, Roo V, Rosati A, Sandor M, Smith J, Szerencsits E, Varga A, Viaud V, Wawer R, Burgess PJ, Herzog F (2019) Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy* 83: 581-593,
DOI:10.1016/j.landusepol.2019.02.025
- Ohm M, Felix J, Schüler M, Paulsen HM, Rahmann G (2014) Eignung von Methoden zur Ermittlung des Massenaufwuchses von Grünland am Beispiel eines ökologischen Milchviehbetriebes. *VDLUFA SchrR* 69: 342-350
- Paulsen HM, Frank H, Hülsbergen KJ, Rahmann G, Schmid H, Warnecke S (2015) Klimagase und deren Minderung bei der Milchproduktion. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Beitrag archiviert unter <http://orgprints.org/view/projects/int-conf-wita-2015.html> (https://orgprints.org/27127/1/27127_paulsen.pdf)
- Paulsen HM (2008) Enhancing GHG balances in organic farms by integration of new bio-energy crops concepts. International conference Organic agriculture and climate change, Enita of Clermont, France, April 17-18, 2008
- Rotz CA, Montes F, Chianese DS (2010) The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *J. Dairy Sci.* (93) 1266-1282,
DOI:10.3168/jds.2009-2162
- Sanders J, Heß J (eds) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1576488624000
- Schüler M, Paulsen HM, Berg W, Prochnow A (2018) Accounting for inter-annual variability of farm activity data for calculation of greenhouse gas emissions in dairy farming. *Int J Life Cycle Assess* 23, 41–54 (2018). DOI:10.1007/s11367-017-1307-x
- Schulz F, Brinkmann J, Frank H, March S, Paulsen, HP, Schmid H, Wagner K, Warnecke S (2018) Greenhouse gas emissions of organic and conventional dairy farms – results from a pilot farm network in Germany. *Thünen Working Paper* 103: 138
(https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060204.pdf)
- TI (different years): Farm data of the organic experimental station in Trenthorst (Holstein, Northern Germany) (www.thuenen.de/en/ol/).
- UBA (Umweltbundesamt) (2020) Treibhausgas-Emissionen in Deutschland.
(www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung-1990-bis-2018)
- UNFCCC (2008) Challenges and opportunities for mitigation in the agricultural sector. Technical paper (FCCC/TP/2008/8). United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
- CCAFS (2020) Steiner A, Aguilar G, Bombá K, Bonilla JP, Campbell A, Echeverría R, Gandhi R, Hedegaard C, Holdorf D, Ishii N, Quinn K, Ruter B, Sunga I, Sukhdev P, Verghese S, Voegelé J, Winters P, Campbell B, Dinesh D, Huyer S, Jarvis A, Loboguerrero Rodríguez AM, Millán A, Thornton P, Wollenberg L, Zebiak S. 2020.

Actions to transform food systems under climate change. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

(<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/108489/Actions%20to%20Transform%20Food%20Systems%20Under%20Climate%20Change.pdf>)

Warnecke S, Paulsen HM, Schulz F, Rahmann G (2014) Greenhouse gas emissions from enteric fermentation and manure on organic and conventional dairy farms—an analysis based on farm network data. *Org. Agr.* 4, 285–293 (2014). DOI:10.1007/s13165-014-0080-4



Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

info@thuenen.de

www.thuenen.de