



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 99 | Ausgabe 2

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Landwirtschaft und Klimawandel: Stimmt die Rechnung?

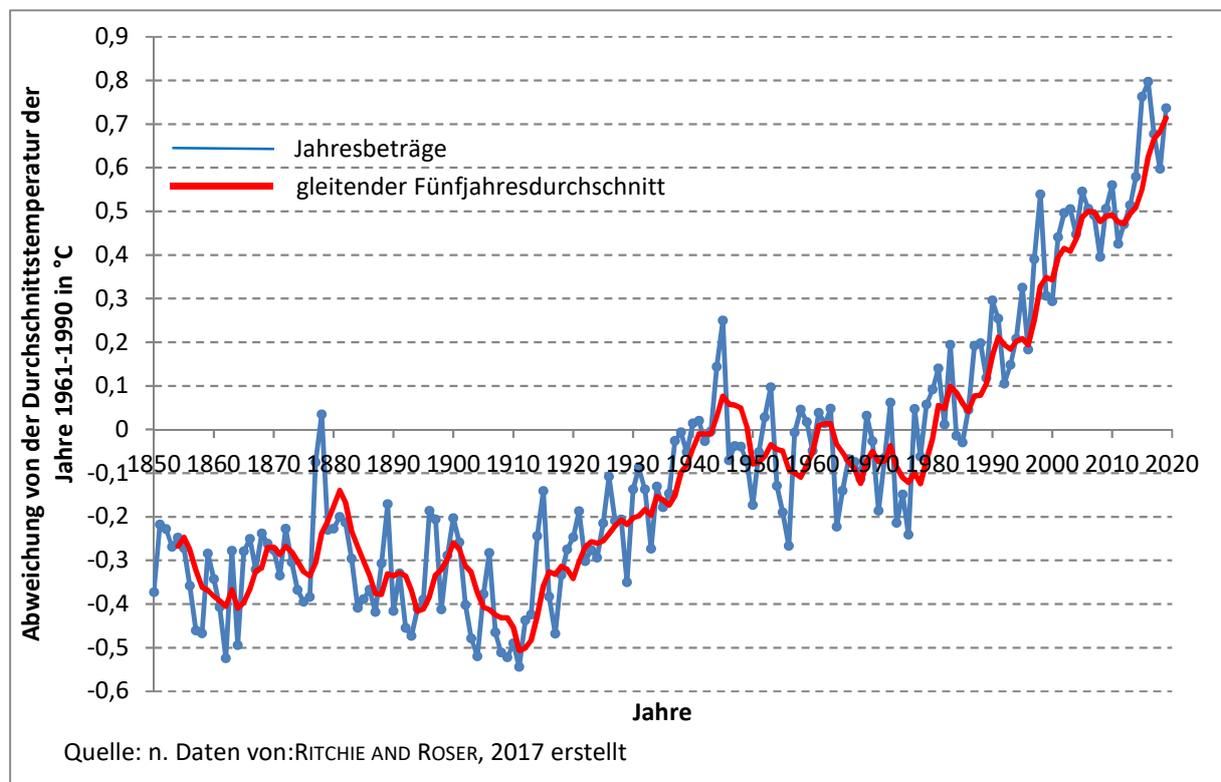
Von Friedrich Kuhlmann

1 Einleitung und Fragestellung

Das Phänomen des Klimawandels äußert sich im weltweiten Temperaturanstieg seit dem Beginn der Industrialisierung etwa um 1850. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der globalen Mitteltemperatur relativ zur Durchschnittstemperatur der Jahre 1961 bis 1990.

Seit 1850 ist sie im gleitenden Fünfjahresdurchschnitt um gut 0,9 °C gestiegen.

Dabei nahm die Temperatur von 1850 bis etwa 1910 in der Tendenz zunächst ab, um danach bis zur Gegenwart fast kontinuierlich anzusteigen.



Quelle: nach Daten von RITCHIE AND ROSER, 2017.

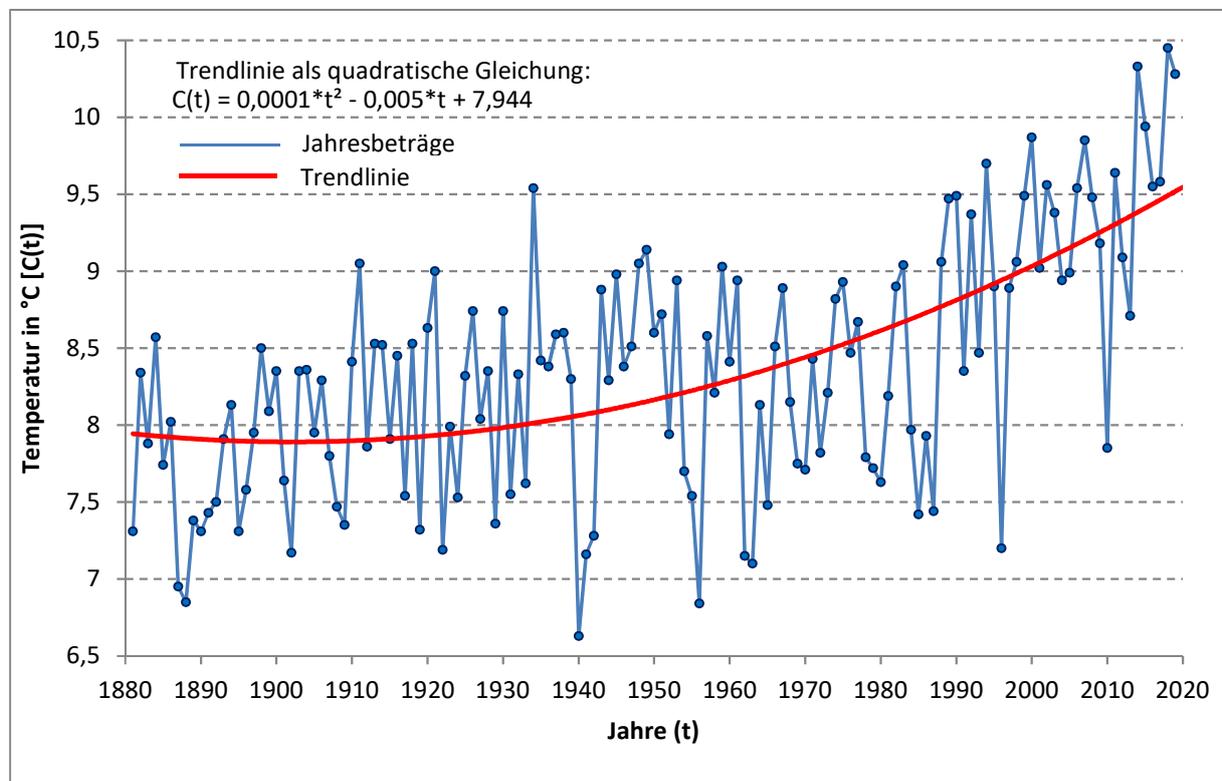
Abbildung 1: Entwicklung der globalen Mitteltemperatur relativ zur Durchschnittstemperatur der Jahre 1961-1990

Ähnlich hat sich die mittlere Lufttemperatur in Deutschland entwickelt. Abbildung 2 zeigt, dass sie seit dem Beginn der exakten Aufzeichnungen (1881) bis etwa zum Jahr 1910 tendenziell leicht abnahm, um danach bis zur Gegenwart zuzunehmen.

Insgesamt stieg die mittlere Lufttemperatur seit 1881 im Trend (einer quadratischen Gleichung) von ca. 8,0 auf ca. 9,5 °C um rund 1,5 °C an.

Große Schwankungen der Mitteltemperaturen für die einzelnen Jahre bewirken, dass die Trendgleichung nur ein geringes Bestimmtheitsmaß von weniger als 0,4 aufweist.

Als wesentliche Ursache für den Temperaturanstieg werden aufgrund klimawissenschaftlicher Forschungsergebnisse die seit dem Beginn der Industrialisierung einsetzenden und immer weiter zunehmenden menschengemachten (anthropogenen) Emissionen der Treibhausgase (THG) Kohlenstoffdioxid (CO₂), Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) angesehen.



Quelle: nach Daten DEUTSCHER WETTERDIENST, 2020

Abbildung 2: Entwicklung der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur in Deutschland seit 1881

Zwar stammen rund 97 % dieser THG-Emissionen aus natürlichen (geogenen und biogenen) Quellen; sie werden aber durch Senken für diese Gase (Meere, Vegetation) wieder neutralisiert. Der Kreislauf ist geschlossen und befindet sich im Gleichgewicht (WIKIPEDIA, 2021).

Seit dem Beginn der Industrialisierung um 1850 sind zu den natürlichen Emissionen jedoch ca. 3 % an nichtnatürlichen Emissionen hinzugekommen, vornehmlich durch die seit diesem Zeitpunkt einsetzende und danach kontinuierlich zunehmende Nutzung der fossilen Energieträger (Steinkohle,

Braunkohle, Erdöl und Erdgas), wobei CO₂ entsteht. Diese anthropogenen Treibhausgas-Emissionen können nur teilweise durch die natürlichen Senken wieder neutralisiert werden. So stieg der CO₂-Gehalt der Atmosphäre seit 1850 von ca. 280 ppm auf gegenwärtig ca. 410 ppm an. Die jährliche Zunahme beträgt gegenwärtig rund 2 ppm (WIKIPEDIA, 2020).

Aber nicht nur die fossilen Energieträger verbrauchenden Wirtschaftszweige (Energiewirtschaft, Zementindustrie, Verkehrswesen etc.) werden für den Anstieg der klimaschädlichen Emissionen verantwortlich gemacht, sondern auch die Landwirtschaft. Letztere emittiert zwar kaum nennenswerte Mengen an Kohlenstoffdioxid, dafür aber umso mehr Methan und Lachgas. Dabei kommt noch hinzu, dass CH₄ im Vergleich zu CO₂ eine 25-fache und N₂O sogar eine 298-fache Treibhauswirkung hat (HAENEL et al., 2020).

Die Landwirtschaft und insbesondere die Nutztierhaltung wird deshalb seit längerem in den Medien als eine der wesentlichen Quellen für die anthropogen verursachten THG-Emissionen ausgemacht. Folglich werden die Landwirte als eine Gruppe der Hauptschuldigen für die Klimaerwärmung öffentlich kritisiert. (Man rufe dazu nur einmal im Internet die Stichworte „Klimakiller Landwirtschaft“ oder „Klimakiller Fleisch“ auf).

In einem häufig zitierten Bericht der FAO aus dem Jahr 2013 kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass der weltweite Beitrag der Nutztierhaltung zu den THG-Emissionen mit 14,5 % aller Emissionen anzusetzen sei (GERBER et al., 2013).

Das Bundesumweltamt gibt den Beitrag der deutschen Landwirtschaft für das Jahr 2018 mit 7,4 % aller THG-Emissionen Deutschlands an (UMWELTBUNDESAMT, 2020). Dabei wird den Emissionen an CH₄ offenbar eine besondere Bedeutung beigemessen. CH₄ entsteht bei den Verdauungsvorgängen und dem Wirtschaftsdünger-Management des Nutztviehs und vornehmlich der Wiederkäuer (Rinder, Schafe, Ziegen, Büffel etc.). Das Umweltbundesamt hält für das Jahr 2018 fest: „Somit lassen sich 40,4 Mio. t CO₂-Äquivalente THG-Emissionen (das sind 63,6 % der Emissionen der Landwirtschaft und knapp 5 % an den Gesamtemissionen Deutschlands) allein auf die direkte Tierhaltung, d. h. die Verdauung sowie die Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger zurückführen“ (UMWELTBUNDESAMT, 2020).

Zur Ergänzung dieser Feststellung zeigt die Tabelle 1 die vom Thünen-Institut für die deutsche Landwirtschaft berechneten THG-Emissionen der Jahre 1990 und 2018 sowie deren Veränderungen in diesem Zeitraum (HAENEL et al., 2020).

Tabelle 2 ordnet die landwirtschaftlichen THG-Emissionen in die Gesamtemissionen Deutschlands für das Jahr 2018 ein. Danach emittiert die Landwirtschaft 7,4 % aller Emissionen, vornehmlich in Form

von Methan (61,2 % aller Emissionen) und Lachgas (79,14 % aller Emissionen). Die CO₂-Emissionen spielen mit 0,39 % aller Emissionen dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

Zur Senkung namentlich der Methan-Emissionen wird deshalb immer wieder durch die Medien und verschiedene Umweltverbände – bisweilen sogar in reißerischer Form – gefordert, den Verzehr an Fleisch und Milch erheblich zu senken. Die Logik dahinter ist, weniger Verzehr führt zu weniger Tieren und damit zu sinkenden Methan-Emissionen.

Als Beispiel für diese Forderungen möge man die ZDF-Sendung vom 29.12.2019: „Klimakiller Fleisch: Nachhaltiger Fleischkonsum ohne schlechtes Gewissen – geht das?“ (verfügbar in YouTube) betrachten. Einen weiteren Beitrag zu diesem Thema hat die Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung jüngst in ihrem Wissenschaftsteil (21.02.2021) unter dem Titel „Gebt die Schuld nicht den Kühen“ abgedruckt (HAHN, 2021).

Tabelle 1:
Emissionen der Treibhausgase Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) der deutschen Landwirtschaft in den Jahren 1990 und 2018 in Mio. t Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten(CO₂-eq) und deren Veränderungen von 1990 bis 2018

Z	Bezeichnung	1990	2018	Differenz 2018 gegen 1990	
		Mio. t	Mio. t	Mio. t	%
1	N ₂ O (Böden)	28,76	24,65	-4,11	-14,29
2	N ₂ O (Wirtschaftsdünger-Mgt.)	3,91	3,20	-0,71	-18,16
3	N ₂ O (Biogas, Lagerung)	0,00	0,26	0,26	
4	N ₂ O (insgesamt)	32,67	28,11	-4,56	-13,96
5	CH ₄ (Verdauung)	35,35	25,07	-10,28	-29,08
6	CH ₄ (Wirtschaftsdünger-Mgt.)	8,10	6,13	-1,97	-24,32
7	CH ₄ (Biogas, Fermentierung + Lag.)	0,00	1,34	1,34	
8	CH ₄ (insgesamt)	43,45	32,54	-10,91	-25,11
9	CO ₂ (Harnstoffanwendung)	0,48	0,57	0,09	18,75
10	CO ₂ (Kalkung)	2,70	2,34	-0,36	-13,33
11	CO ₂ (insgesamt)	3,18	2,91	-0,27	-8,49
12	Treibhausgase (insgesamt)	79,30	63,60	-15,70	-19,80

Anmerkung: Die CO₂-eq-Beträge für N₂O und CH₄ wurden aus deren Gasmengen mit den Faktoren 298 bzw. 25 errechnet. **Quelle:** Thünen Report 77, HAENEL et al.,2020)

Tabelle 2:**Treibhausgas-Emissionen in Deutschland im Jahr 2018 in Gigagramm Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten**

	Treibhausgas Emittent	Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	Methan (CH ₄)	Lachgas (N ₂ O)	F-Gase	Gesamtemissionen	Anteile Emittent %
Z/S	1	2	3	4	5	6	7
1	Energieproduktion	704.109	10.738	5.437	0	720.284	83,9
2	Industrieprozesse	48.340	512	1.093	14.846	64.792	7,6
3	Abfallwirtschaft	0	8.849	879	0	9.728	1,1
4	Landwirtschaft	2.914	32.543	28.108	0	63.565	7,4
5	Gesamtemissionen	755.363	52.642	35.517	14.846	858.369	100,00
6	Anteile Treibhausgase %	88,00	6,13	4,14	1,73	100,00	
7	Anteile der Landwirtschaft an Treibhausgasen %	0,39	61,20	79,14	0,00		

Anmerkung: F-Gase = Schwefelhexafluorid sowie voll- und teilfluorierte Kohlenwasserstoffe. Quelle: UMWELTBUNDESAMT, 2020, Aufteilung entspricht der UN-Berichterstattung

Man kann sich allerdings fragen, ob die Rolle der Landwirtschaft als THG-Emittent – oder gar als Klimakiller – auch tatsächlich sachgerecht bewertet wird. Insbesondere die beiden folgenden Sachverhalte dürften für diese Frage von Bedeutung sein:

- (1) Im Unterschied zu den THG-Emissionen, die erst seit dem Beginn der Industrialisierung (1850) aus der Verbrennung der fossilen Energieträger entstehen, wurden die landwirtschaftlichen Treibhausgase – zumindest zum Teil – schon vor dem Beginn der Industrialisierung, d. h. also schon vor der Klimaerwärmung, emittiert. Nutztviehhaltung als Quelle der CH₄-Emissionen und Ackerbau als wesentliche Quelle der N₂O-Emissionen werden in Mitteleuropa schon seit Jahrtausenden in stetig zunehmendem Umfang betrieben. Als das Klima erwärmende Emissionsmengen sollten deshalb womöglich nur die Differenzen zwischen den gegenwärtigen und den vor dem Beginn der Industrialisierung bereits emittierten Mengen angesetzt werden. Wie diese Differenzen geschätzt werden können und wie sich das Ergebnis auf den Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen auswirkt, soll in Abschnitt 2 dieses Beitrages gezeigt werden.
- (2) Ein großer Teil der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft besteht – wie gesagt – aus Methan. Im Unterschied zum Kohlenstoffdioxid jedoch, das über viele Jahrhunderte in der Atmosphäre verbleibt (langlebiges Klimagas), wird Methan in der Atmosphäre innerhalb von ca. 10 Jahren als sog. kurzlebigen Klimagas zu CO₂ und H₂O oxidiert. Methan entsteht – wie bereits ausgeführt – aus der Haltung von Nutztieren als Folge von deren Fütterung. Bei der Produktion des dafür benötigten Futters wird dann wieder das CO₂ in den Pflanzen

gebunden, welches 10 Jahre zuvor als CH₄ emittiert wurde. Für das aus diesen biotischen Prozessen entstehende und dann wieder als CO₂ gebundene Methan (biogenes Methan) ist deshalb von einem geschlossenen Kreislauf auszugehen, bei dem die Atmosphäre keine zusätzliche CO₂-Anreicherung erfährt (LYNCH, 2019; FAIRLIE, 2019; MITLOEHNER et al., 2020). Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem geogenen, fossilen Methan, welches sowohl bei der Gewinnung der fossilen Energieträger als Nebenprodukt (Fracking, Erdölbohrung), als auch als Hauptprodukt in Form des Erdgases auftritt. Diesen Gasmengen steht – im Unterschied zu den biogenen Mengen – nach ihrer Oxidation zu CO₂ keine Senke gegenüber. Dieses CO₂ trägt vielmehr zum weiteren Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bei.

Wie sich die Nichtberücksichtigung des biogenen Methans auf den Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen auswirkt, soll in Abschnitt 3 dieses Beitrages abgeleitet werden.

In Abschnitt 4 wird dann die kombinierte Auswirkung beider Veränderungen der Berechnungsweise auf den Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen Deutschlands gezeigt.

2 Schätzungen der Treibhausgas-Emissionen der deutschen Landwirtschaft für die Zeit vor der Klimaerwärmung

2.1 Methan-Emissionen aus der Verdauung der Nutztiere

In diesem Abschnitt werden die Schätzungen der CH₄-Emissionen aus der Landwirtschaft für die Zeit vor der Klimaerwärmung und konkret für das Jahr 1850, sozusagen als Repräsentant für die Phase des Beginns der Industrialisierung in Deutschland, und das Jahr 1910 vorgestellt. Das Jahr 1910 wurde mit aufgenommen, weil um dieses Jahr herum die globale und auch die deutsche Mitteltemperatur den niedrigsten Wert innerhalb der betrachteten Zeitspanne von 1850 bis 2018 aufweist (s. Abbildungen 1 und 2).

Die Schätzung für die CH₄-Emissionen wird gemäß der Aufteilung, wie sie im Thünen Report 77 vorgenommen wurde, für die drei Kategorien „Verdauung der Nutztiere“, „Wirtschaftsdünger-Management“ und „Biogasproduktion“ durchgeführt.

Tabelle 3 zeigt die Schätzungen der Emissionen aus der Verdauung der Nutztiere für die Jahre 1850 und 1910, gegliedert nach Nutztierarten. Die Beträge für die Jahre 1990 und 2018 wurden aus dem Thünen Report 77 übernommen.

Tabelle 3:**Schätzung der CH₄-Emissionen aus der Verdauung der Nutztiere für die Jahre 1850 und 1910**

Z.	Berichtsjahr	1850	1910	1990	2018
1	Bezeichnung	Anzahl der Nutztiere in 1000 Stück			
2	Rinder	13.067,0	20.813,0	19.488,0	11.949,1
3	Schweine	4.293,5	19.865,8	26.502,5	22.019,2
4	Schafe	24.476,0	6.631,0	3.266,1	1.846,0
5	Ziegen	1.343,0	3.541,0	90,0	144,6
6	Pferde	2.724,0	4.452,0	499,5	429,1
Schätzgleichungen zur Bestimmung der Emissionsfaktoren					
7	Rinder	$17,32 + 0,37392857 * t$			
8	Schweine	$0,32 + 0,005 * t$			
9	Schafe	$5,80 + 0,00357143 * t$			
10	Ziegen	5,00			
11	Pferde	$15,40 + 0,00714286 * t$			
Emissionsfaktoren für CH ₄ aus der Verdauung in kg/(Tier*a)					
12	Rinder	17,32	39,76	69,67	80,14
13	Schweine	0,32	0,62	1,02	1,16
14	Schafe	5,80	6,01	6,30	6,40
15	Ziegen	5,00	5,00	5,00	5,00
16	Pferde	15,40	15,83	16,40	16,60
CH ₄ -Emissionen aus der Verdauung der Nutztiere in Gg*/a**					
17	Rinder	226,32	827,44	1.357,73	957,60
18	Schweine	1,37	12,32	27,03	25,54
19	Schafe	141,96	39,88	20,58	11,81
20	Ziegen	6,72	17,71	0,45	0,72
21	Pferde	41,95	70,47	8,19	7,12
22	Summe	418,32	967,81	1.413,98	1.002,80

Quellen: KUHLMANN, 2019: Zahl der Nutztiere 1850 und 1910, Thünen Report 77, HAENEL et al., 2020: Zahl der Nutztiere 1990 und 2018, Emissionsfaktoren für 1990 und 2018.

*Gg = Gigagramm; **a = anno (Jahr)

Das Volumen der CH₄-Emissionen ist das mathematische Produkt aus den Tierzahlen und den Emissionsfaktoren. Der obere Teil der Tabelle zeigt deshalb die Zahl der Tiere, der dritte Teil die Emissionsfaktoren und der untere Teil die Emissionsmengen für die Jahre 1850, 1910, 1990 und 2018. Die Emissionsfaktoren geben die Emissionen je Tier und Jahr an. Ihre Beträge bemessen sich grundsätzlich nach dem Leistungsniveau der Tiere (Milch, Zuwachs an Lebendmasse). Das Leistungsniveau der Tiere bestimmt deren Futterbedarf und die daraus resultierende Futtermasse bestimmt die Emissionsmenge des Tieres.

Da die Leistungen der meisten Tierarten von 1990 bis 2018 zugenommen haben, sind auch die Beträge der zugehörigen Emissionsfaktoren in diesem Zeitraum entsprechend gestiegen, wie der dritte Teil der Tabelle für die Jahre 1990 und 2018 ausweist. (Zu Einzelheiten der Bestimmung der Emissionsfaktoren siehe indessen Thünen Report 77, HAENEL et al., 2020).

Um die Emissionsmengen für die Jahre 1850 und 1910 schätzen zu können, müssen neben den Tierzahlen die Emissionsfaktoren für diese Jahre bekannt sein. Für die Tierzahlen gibt es verlässliche Angaben, für die Emissionsfaktoren dagegen nicht. Sie müssten deshalb aus den tierischen Leistungen für diese Jahre ermittelt werden. Darüber existieren zwar Angaben (s. z. B. KUHLMANN, 2019), aber die Schätzungen wären äußerst mühsam und wohl auch nicht genauer wie das hier angewandte „naive“ Schätzverfahren. Da die Entwicklung der Emissionsfaktoren für die Jahre 1990 und 2018 aus dem Thünen Report 77 bekannt sind, wurden deren Beträge zur Ableitung der linearen Schätzgleichungen verwendet. Diese Schätzgleichungen sind im zweiten Teil der Tabelle 3 aufgeführt. Mit ihrer Hilfe ergeben sich die im dritten Teil der Tabelle dargestellten Beträge der Emissionsfaktoren für die Jahre 1850 und 1910. Multipliziert mit den im oberen Teil der Tabelle festgehaltenen Tierzahlen ergeben sich dann die im vierten Teil der Tabelle aufgeführten Emissionen für die Jahre 1850 und 1910.

Ein kursorischer Vergleich der Anstiege der so geschätzten Emissionsfaktoren mit den Anstiegen der tierischen Leistungen im Betrachtungszeitraum ergibt zufriedenstellende Übereinstimmungen. So ist der hier geschätzte Betrag für den Emissionsfaktor der Rinder im Zeitraum von 1850 bis 2018 um den Faktor 4,7 gestiegen, die Milchleistung hat in der gleichen Zeit um den Faktor ca. 6,7 und die Fleischleistung um den Faktor ca. 4,0 zugenommen. Der hier geschätzte Betrag für den Emissionsfaktor der Schweine ist im Betrachtungszeitraum um den Faktor 3,63 gestiegen, die Fleischleistung nahm um den Faktor ca. 4,5 zu (KUHLMANN, 2019). Die Emissionsfaktoren sollten etwas langsamer als die tierischen Leistungen ansteigen, weil in den Emissionsfaktoren nicht nur das Leistungsfutter, sondern auch das (leistungsunabhängige) Erhaltungsfutter der Tiere als Emissionsquelle berücksichtigt ist. Trotz der damit sich zeigenden Bestätigungen für die Sachgerechtigkeit der Schätzungen ist indessen darauf hinzuweisen, dass mit den Ergebnissen kein Anspruch auf letzte Genauigkeit erhoben wird, wohl aber darauf, dass die Schätzergebnisse plausibel und größtmäßig zutreffend sind.

Als wesentliches Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die CH₄-Emissionen aus den Verdauungsvorgängen der Nutztierbestände (s. Zeile 22 der Tabelle 3) zu Beginn der Industrialisierung (1850) mit 418,32 Gg/a (Gigagramm/Jahr) bereits gut 40 % des gegenwärtigen Betrages von 1002,80 Gg/a ausmachten. Setzt man dagegen die Klimaerwärmung erst bei dem Tiefstwert der Temperatur im Jahre 1910 an, dann gab es vor der Klimaerwärmung bereits fast ebenso viele Emissionen wie gegenwärtig (967,81 im Vergleich zu 1002,80 Gg/a).

2.2 Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere

Eine zweite Teilmenge an CH₄-Emissionen entsteht durch das Wirtschaftsdünger-Management für die Nutztiere (Lagerung und Ausbringung von Gülle, Jauche und Festmist). Die diesbezüglichen Emissionen für die Jahre 1850 und 1910 wurden auf prinzipiell die gleiche Weise geschätzt, wie vorher die Emissionen aus den Verdauungsvorgängen der Nutztiere. Tabelle 4 zeigt die Vorgehensweise und die Ergebnisse.

Auch für diesen Fall sind die Emissionen das mathematische Produkt aus den Tierzahlen und den Emissionsfaktoren. Letztere bemessen sich nach den je Tier und Jahr anfallenden Wirtschaftsdüngermengen. Die Wirtschaftsdüngermengen sind von den Leistungsniveaus der Tiere abhängig, weil diese die Futtermengen bestimmen. Je höher der Futterverbrauch je Tier und Jahr, desto höher sind die Wirtschaftsdüngermengen und – als Folge davon – die zugehörigen CH₄-Emissionen.

Die Emissionsfaktoren sind im dritten Teil der Tabelle aufgeführt. Ihre Beträge für die Jahre 1990 und 2018 wurden wieder aus dem Thünen Report 77 übernommen. Die Beträge für die Jahre 1850 und 1910 wurden mit den im zweiten Teil der Tabelle aufgeführten linearen Schätzgleichungen ermittelt. Die Gleichungen wurden – ebenso wie im vorigen Abschnitt – anhand der Emissionsfaktoren für die Jahre 1990 und 2018 bestimmt.

Im vierten Teil der Tabelle sind dann die Schätzergebnisse dargestellt. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass die CH₄-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere in Deutschland (s. Zeile 26 der Tabelle 4) von 81,19 Gg/a zu Beginn der Industrialisierung (1850) auf gegenwärtig (2018) 244,95 Gg/a und damit auf den dreifachen Wert angestiegen sind. 1910 lagen sie bei 234,88 und 1990 bei ihrem bisherigen Höchstwert von 323,82 Gg/a. Mithin gab es vor der Industrialisierung in Deutschland bereits ein Drittel der heutigen Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management. Setzt man den Beginn der Klimaerwärmung dagegen erst bei dem Tiefstwert der Jahresmitteltemperaturen im Jahr 1910 an, dann gab es vor der einsetzenden Klimaerwärmung praktisch schon ebenso viele Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wie gegenwärtig (234,88 im Vergleich zu 244,95 Gg/a).

Tabelle 4:**Schätzung der CH₄-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere**

Z.	Berichtsjahr	1850	1910	1990	2018
1	Bezeichnung	Anzahl der Nutztiere in 1000 Stück			
2	Rinder	13.067,0	20.813,0	19.488,0	11.949,1
3	Schweine	4.293,5	19.865,8	26.502,5	22.019,2
4	Schafe	24.476,0	6.631,0	3.266,1	1.846,0
5	Ziegen	1.343,0	3.541,0	90,0	144,6
6	Pferde	2.724,0	4.452,0	499,5	429,1
7	Geflügel	44.021,0	79.801,0	113.879,0	175.200,0
Schätzgleichungen zur Bestimmung der Emissionsfaktoren					
8	Rinder	$3,8 + 0,05 * t$			
9	Schweine	$3,6 + 0,00321429 * t$			
10	Schafe	0,28			
11	Ziegen	0,22			
12	Pferde	3,1			
13	Geflügel	$0,011 + 0,00014286 * t$			
Emissionsfaktoren für CH ₄ aus dem Wirtschaftsdünger-Mgt. in kg/(Tier*a)					
14	Rinder	3,80	6,80	10,80	12,20
15	Schweine	3,60	3,79	4,05	4,14
16	Schafe	0,28	0,28	0,28	0,28
17	Ziegen	0,22	0,22	0,22	0,22
18	Pferde	3,10	3,10	3,10	3,10
19	Geflügel	0,011	0,02	0,031	0,035
CH ₄ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management in Gg/a					
20	Rinder	49,65	141,53	210,47	145,78
21	Schweine	15,46	75,35	107,34	91,16
22	Schafe	6,85	1,86	0,91	0,52
23	Ziegen	0,30	0,78	0,02	0,03
24	Pferde	8,44	13,80	1,55	1,33
25	Geflügel	0,48	1,56	3,53	6,13
26	Summe	81,19	234,88	323,82	244,95

Quellen: KUHLMANN,2019: Zahl der Nutztiere 1850 u. 1910, Thünen Report 77, HAENEL et al.,2020: Zahl der Nutztiere 1990 u. 2018 und Emissionsfaktoren für 1990 u. 2018

2.3 Methan-Emissionen aus der Biogasproduktion

Bei der Biogasproduktion (Fermentierung und Lagerung) entweichen (schwer oder gar nicht vermeidbare) CH₄-Mengen in die Atmosphäre. Im Thünen Report 77 wird angegeben, dass die diesbezüglichen Emissionen im Jahr 2018 bei 53,71 Gg lagen. Für das Jahr 1990 ergab sich nur ein Wert von 0,1 Gg, weil seinerzeit erst mit der Biogasproduktion in Deutschland begonnen wurde (HAENEL ET AL., 2020). Für die Jahre 1850 und 1910 kann deshalb davon ausgegangen werden, dass keine diesbezüglichen Emissionen auftraten.

2.4 Lachgas-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere

Bei dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere entstehen neben Methan-Emissionen auch N_2O -Emissionen. Rein rechnerisch ergeben sich die Beträge dieser Emissionen ebenso wie die CH_4 -Emissionen als mathematische Produkte aus den Tierzahlen und den zugehörigen Emissionsfaktoren. Die Tabelle 5, die die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Emissionsschätzungen für die Jahre 1850 und 1910 wiedergibt, ist deshalb ebenso aufgebaut, wie die Tabelle 4 für die Schätzung der CH_4 -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der obere Teil der Tabelle enthält wieder die Zahl der Nutztiere. Im dritten Tabellenteil sind die Emissionsfaktoren aufgeführt. Für 1990 und 2018 wurden ihre Beträge dem Thünen Report 77 entnommen. Die Beträge der Emissionsfaktoren für die Jahre 1850 und 1910 wurden mittels der im zweiten Tabellenteil dargestellten linearen Schätzgleichungen ermittelt. Die Schätzgleichungen wurden auch hier mittels der bekannten Beträge der Emissionsfaktoren für die Jahre 1990 und 2018 bestimmt. Für die Sonstigen Rinder (sämtliche Rinder außer Milchkühe) und die Schweine ergaben sich bei den Schätzgleichungen allerdings keine plausiblen Ergebnisse. Zur Ermittlung der Schätzgleichung für die Sonstigen Rinder wurde deshalb – ausgehend vom bekannten Betrag für das Jahr 1990 – eine Entwicklung analog zur Entwicklung der Beträge für die Milchkühe angenommen. Die Schätzgleichung für die Schweine wurde – ebenfalls ausgehend vom Betrag des Emissionsfaktors für 1990 – eine analoge Entwicklung zur Entwicklung der Beträge für die Entwicklung der CH_4 -Emissionsfaktoren der Schweine für das Wirtschaftsdünger-Management angenommen. Diese Annahmen sind nicht zufriedenstellend, mögen jedoch – auch angesichts der geringen Beiträge dieser Emissionen zu den Gesamtemissionen der Landwirtschaft – für die beabsichtigten Abschätzungen genügen.

Als Ergebnis dieser Schätzung (s. Zeile 29 der Tabelle 5) kann festgehalten werden, dass die N_2O -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management vor der Industrialisierung (1850) mit 4,085 Gg/a bereits mehr als zwei Drittel der gegenwärtigen Emissionsmenge mit 7,272 Gg/a umfassten. Gegenüber der Emissionsmenge zu Beginn der Klimaerwärmung (1910) mit 8,967 Gg/a haben die Emissionen mit gegenwärtig noch 7,272 Gg/a sogar abgenommen.

Tabelle 5:**Schätzung der N₂O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere**

	Berichtsjahr	1850	1910	1990	2018
Z.	Bezeichnung	Anzahl der Nutztiere in 1000 Stück			
1	Milchkühe	7.549,0	10.315,0	6.354,6	4.100,9
2	Sonst. Rinder	5.518,0	10.498,0	13.133,4	7.848,2
3	Schweine	4.293,5	19.865,8	26.502,5	22.019,2
4	Schafe	24.476,0	6.631,0	3.266,1	1.846,0
5	Ziegen	1.343,0	3.541,0	90,0	144,6
6	Pferde	2.724,0	4.452,0	499,5	429,1
7	Geflügel	44.021,0	79.801,0	113.879,0	175.200,0
Schätzgleichungen zur Bestimmung der Emissionsfaktoren					
8	Milchkühe	0,19 + 0,0025 * t			
9	Sonst. Rinder	0,109016393 + 0,00143426232 * t			
10	Schweine	0,0444444444 + 0,00003968254 * t			
11	Schafe	0,029			
12	Ziegen	0,06			
13	Pferde	0,35 + 0,00035714 * t			
14	Geflügel	0,001			
Emissionsfaktoren für N ₂ O aus dem Wirtschaftsdünger-Mgt. in kg/(Tier*a)					
15	Milchkühe	0,190	0,340	0,540	0,610
16	Sonst. Rinder	0,109	0,195	0,290	0,350
17	Schweine	0,044	0,047	0,050	0,070
18	Schafe	0,029	0,029	0,029	0,029
19	Ziegen	0,060	0,060	0,060	0,060
20	Pferde	0,350	0,371	0,400	0,410
21	Geflügel	0,001	0,001	0,001	0,001
N ₂ O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management in Gg/a					
22	Milchkühe	1,434	3,507	3,450	2,490
23	Sonst. Rinder	0,601	2,048	3,770	2,710
24	Schweine	0,191	0,930	1,260	1,600
25	Schafe	0,710	0,192	0,096	0,054
26	Ziegen	0,081	0,212	0,005	0,009
27	Pferde	0,953	1,654	0,202	0,175
28	Geflügel	0,044	0,080	0,124	0,234
29	Summe	4,085	8,967	8,907	7,272

Quellen: KUHLMANN, 2019: Zahl der Nutztiere 1850 u. 1910, Thünen Report 77, HAENEL et al., 2020: Zahl der Nutztiere 1990 u. 2018 und Emissionsfaktoren für 1990 und 2018.

2.5 Lachgas-Emissionen aus der Nutzung von Landwirtschaftsflächen und der Biogasproduktion

Der weitaus größte Teil der N₂O-Emissionen entsteht durch die landwirtschaftliche Flächennutzung. Eine besonders wichtige Rolle spielen dabei die Düngungsmaßnahmen mit Mineraldüngern sowie mit Wirtschaftsdüngern und Gärresten aus der Biogasproduktion. Die verschiedenen Quellen für die

diesbezüglichen Emissionen – gegliedert nach Maßgabe der Unterteilung im Thünen Report 77 – sind im unteren Teil der Tabelle 6 aufgeführt.

Für die Schätzung der Emissionsmengen für die Jahre 1850 und 1910 konnten im vorliegenden Fall nicht die bisher angewandten Verfahren eingesetzt werden. Die hier vorgenommenen Schätzungen sollen anhand der Tabelle 6 beschrieben werden. Die Tabelle enthält in ihrem unteren Teil – entnommen aus dem Thünen Report 77 – die Emissionsmengen für die Jahre 1990 und 2018 sowie die hier geschätzten Mengen für die Jahre 1850 und 1910. In ihrem oberen Teil sind die Datenarten aufgeführt, die für die Schätzungen als unabhängige Variable verwendet wurden.

Tabelle 6:
Schätzung der N₂O-Emissionen aus der Bewirtschaftung von Böden und der Biogasproduktion

	Berichtsjahr	1850	1910	1990	2018
Z.	Bezeichnung	Unabh. Variable der Schätzungen			
1	Stickstoff-Mineraldünger (t N)	0	161.952	2.164.000	
2	Ackerfläche (1000 ha)	23.273	25.581	11.179	
3	Großvieheinheiten Wiederkäuer und Pferde (1000 GV)	15.612	22.379	15.565	
4	Großvieheinheiten Nutzvieh (1000 GV)	16.357	25.327	19.411	
5	Netto-Nahrungsmittelproduktion (Mio. t)	20,32	51,79	92,70	
	Quelle der Emissionen	N ₂ O-Emissionen in Gg/a			
6	Anwendung von N-Mineraldünger	0,000	2,545	34,000	23,500
7	Anwendung von Wirtschaftsdünger	15,674	24,269	18,600	15,900
8	Ausbringung von Klärschlamm	0,000	0,180	0,430	0,220
9	Vergärung von Energiepflanzen	0,000	0,000	0,000	4,690
10	Weidegang der Nutztiere	6,620	9,489	6,600	4,310
11	Ernterückstände	1,673	4,263	7,630	7,910
12	Mineralisierung infolge Verlust org. Substanz bewirt. Mineralböden	0,081	0,089	0,039	0,029
13	Bewirtschaftung organischer Böden Indirekte Emissionen...	18,591	20,435	8,930	8,920
14	...als Folge von ausgewaschenem und abgeflossenem N	0,000	1,078	14,400	11,200
15	... aus Vergärung von Energiepflanzen (Auswaschung)	0,000	0,000	0,000	1,060
16	... als Folge von Deposition von reaktivem N (Böden)	4,921	7,620	5,840	4,140
17	... als Folge von Vergärung von Energiepflanzen (Deposition, Ausbringung)	0,000	0,000	0,000	0,780
18	... als Folge von Deposition von reaktivem N (Lagerung)	3,556	5,506	4,220	3,460
19	... als Folge von Vergärung von Energiepflanzen (Deposition, Lagerung)	0,000	0,000	0,000	0,040
20	Vergärung von Energiepflanzen (Lagerung)	0,000	0,000	0,000	0,840
21	Summe	54,898	81,653	100,689	86,999

Quellen: KUHLMANN, 2019: Unabhängige Variable der Schätzungen für 1850 u. 1910, Netto-Nahrungsmittelproduktion auch 1990. Thünen Report 77, HAENEL et al., 2020: unabhängige Variable 1990 außer Netto- Nahrungsmittelproduktion, Emissionen der Jahre 1990 und 2018.

Die N₂O-Emissionen aus der Anwendung von N-Mineraldünger (Zeile 6) und die indirekten Emissionen als Folge von ausgewaschenem und abgeflossenem N (Zeile 14) wurden nach Maßgabe der Stickstoff-Mineraldünger (Zeile 1) mit den Quotienten aus der bekannten Emissionsmenge für das Jahr 1990 und der Stickstoff-Mineraldüngeremenge für das Jahr 1990 bestimmt.

Die Anwendung von Wirtschaftsdünger (Zeile 7) sowie die indirekten Emissionen als Folge der Deposition von reaktivem N in Böden (Zeile 16) und als Folge von Deposition von reaktivem N in Lägern (Zeile 18) wurden nach Maßgabe der Großvieheinheiten Nutztvieh (Zeile 4) mit den Quotienten aus den bekannten Emissionsmengen für das Jahr 1990 und den Großvieheinheiten Nutztvieh für das Jahr 1990 bestimmt.

Die N₂O-Emissionen aus dem Weidegang der Nutztiere (Zeile 10) wurden nach Maßgabe der Großvieheinheiten Wiederkäuer und Pferde (Zeile 3) mit dem Quotienten aus der bekannten Emissionsmenge für das Jahr 1990 und den Großvieheinheiten Wiederkäuer und Pferde für das Jahr 1990 bestimmt.

Die N₂O-Emissionen aus den Ernterückständen (Zeile 11) wurden nach Maßgabe der Netto-Nahrungsmittelproduktion (Zeile 5) mit dem Quotienten aus der bekannten Emissionsmenge für das Jahr 1990 und der Netto-Nahrungsmittelproduktion für das Jahr 1990 bestimmt.

Die N₂O-Emissionen aus der Mineralisierung infolge Verlust an organischer Substanz in bewirtschafteten Mineralböden (Zeile 12) und aus der Bewirtschaftung organischer Böden (Zeile 13) wurden nach Maßgabe der Ackerfläche (Zeile 2) mit den Quotienten aus den bekannten Emissionsmengen für das Jahr 1990 und der Ackerfläche für das Jahr 1990 bestimmt.

Die N₂O-Emissionen aus der Ausbringung von Klärschlamm (Zeile 8) wurden durch lineare Interpolation zwischen den Beträgen für 1990 und 1850 bestimmt, wobei für 1850 als plausible Annahme von der Menge 0 ausgegangen wurde.

Bei den übrigen Emissionen, die sämtlich im Zusammenhang mit der Biogasproduktion stehen (Zeilen 9, 15, 17, 19 und 20), wurde für die Jahre 1850 und 1910 von keinen Emissionen ausgegangen, weil die bekannten Emissionen für das Jahr 1990 bereits die Mengen 0 aufweisen.

Als Ergebnis der Schätzungen für die Lachgas-Emissionen aus der Bewirtschaftung der Böden und der Biogasproduktion kann festgehalten werden, dass die Emissionsmengen im Jahre 1850 bereits bei mehr als 60 % des gegenwärtigen Betrages lagen und im Jahre 1910 schon nahezu die gleiche Menge wie im Jahr 2018 aufwiesen.

2.6 Kohlenstoffdioxid-Emissionen

Die Kohlenstoffdioxid-Emissionen der deutschen Landwirtschaft entstehen – gemäß den Angaben des Thünen Report 77 – bei der Anwendung von Harnstoff als N-Mineraldünger und bei der Kalkung (mit Calcit und Dolomit sowie mit Kalkammonsalpeter). Tabelle 7 zeigt die Vorgehensweise und die Ergebnisse der dafür relevanten Schätzungen.

Tabelle 7:
Schätzung der CO₂-Emissionen

Berichtsjahr	1850	1910	1990	2018
Z. Bezeichnung	Unabh. Variable der Schätzungen			
1 Stickstoff-Mineraldünger (t N)	0	161.952	2.164.000	
2 Ackerfläche (1000 ha)	23.273	25.581	11.179	
Quelle der Emissionen	CO ₂ -Emissionen inGg/a			
3 Anwendung Harnstoff	0,00	0,00	479,60	569,54
4 Kalkung (Calcit)	956,14	2.101,93	1.837,10	2.082,66
5 Kalkung (Dolomit)	189,29	416,12	363,69	57,39
6 Kalkung (in KAS-Anwendung)	0,00	37,66	503,22	204,22
7 Summe	1.145,43	2.555,71	3.183,61	2.913,81

Quellen: KUHLMANN, 2019: Unabhängige Variable für 1850 und 1910. Thünen Report 77, HAENEL et al., 2020: Unabhängige Variable für 1990 und Emissionen für 1990 und 2018.

Im oberen Teil der Tabelle sind auch hier die unabhängigen Variablen angegeben, die für die Schätzungen verwendet wurden.

Der untere Tabellenteil enthält die Ergebnisse. Die CO₂-Emissionen aus der Kalkung der Ackerflächen mit Calcit und Dolomit (Zeilen 4 und 5) wurden nach Maßgabe der Ackerfläche Deutschlands und den Quotienten aus den bekannten Emissionsmengen für das Jahr 1990 und der Ackerfläche für das Jahr 1990 bestimmt. Die den Boden verbessernde und die Fruchtbarkeit steigernde Wirkung von Kalkungen ist seit Langem bekannt. Es wurde deshalb als plausibel angenommen, dass die Niveaus der Kalkungen für die Jahre 1850 und 1910 zwar noch nicht dem Niveau von 1990 entsprachen, aber 1850 ein Viertel und 1910 die Hälfte des Niveaus von 1990 erreichten.

Die CO₂-Emissionen der Kalkung aus der Anwendung von Kalkammonsalpeter (Zeile 6) wurden nach Maßgabe der Stickstoff-Mineraldüngermengen (Zeile 1) und dem Quotienten aus der bekannten Emissionsmenge für das Jahr 1990 und der Stickstoff-Mineraldüngermenge für das Jahr 1990 bestimmt.

Für die Schätzung von CO₂-Emissionen aus der Anwendung von Harnstoff (Zeile 3) wurde davon ausgegangen, dass in den Jahren 1850 und 1910 noch kein Harnstoff eingesetzt wurde.

Als Ergebnis der Schätzungen bleibt festzuhalten, dass die CO₂-Emissionen in den Jahren 1850 und 1910 bei rund 40 % und 1910 bei rund 80 % der Menge von 2018 lagen.

2.7 Treibhausgas-Emissionen der deutschen Landwirtschaft in den Jahren 1850 und 1910

Die Tabelle 8 zeigt zusammenfassend die mit den Tabellen 3 bis 7 ermittelten Schätzbeträge für die THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft für die Jahre 1850 und 1910.

Teil I der Tabelle zeigt die Beträge in Gg/a der Gase. In Teil II sind die in CO₂-Äquivalente (CO₂-eq) umgerechneten Gasmengen aufgeführt. Die CH₄-Mengen wurden mit dem Faktor 25, die N₂O-Mengen mit dem Faktor 298 auf CO₂-eq umgerechnet. Diese Umrechnungen sind erforderlich, um die Gesamtemissionen – wie in den Zeilen 21 und 22 der Tabelle 8 dargestellt – bestimmen zu können. Die Ergebnisse für die Jahre 1990 und 2018 wurden aus dem Thünen Report 77 übernommen. Die Gesamtemissionen für die Jahre 1990 und 2018 wurden im Thünen Report 77 mit 79,3 und 63,6 Mio t CO₂-eq angegeben (s. Tabelle 1, Zeile 12). Die geringen Abweichungen gegenüber den in Tabelle 8 (Zeile 22) angegebenen Beträgen sind Rundungsfehlern geschuldet.

Tabelle 8:**Schätzergebnisse der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland für die Jahre 1850 und 1910**

Berichtsjahr	1850	1910	1990	2018	
Teil I: Beträge in Gg/a der Gase					
Z.	Quelle der Emissionen				
1	Verdauung der Nutztiere	418,32	967,81	1.413,98	1.002,80
2	Wirtschaftsdünger-Management	81,19	234,88	323,82	244,95
3	Biogasproduktion	0,00	0,00	0,00	53,71
4	Summe CH ₄ -Emissionen	499,51	1.202,69	1.737,80	1.301,46
5	Wirtschaftsdünger-Management	4,09	8,97	8,91	7,27
6	Landw. Flächennutzung u. Biogas	54,90	81,65	100,69	87,00
7	Summe der N ₂ O-Emissionen	58,98	90,62	109,60	94,27
8	Harnstoff-Düngung	0,00	0,00	479,60	569,54
9	Kalkung	1.145,43	2.555,71	2.704,01	2.344,27
10	Summe der CO ₂ -Emissionen	1.145,43	2.555,71	3.183,61	2.913,81

Teil II. Beträge in Gg/a CO₂-Äquivalente (Gg/a CO₂-eq)					
Z.	Quelle der Emissionen				
11	Verdauung der Nutztiere	10.458,00	24.195,25	35.349,50	25.070,00
12	Wirtschaftsdünger-Management	2.029,75	5.872,00	8.095,50	6.123,75
13	Biogasproduktion	0,00	0,00	0,00	1.342,75
14	Summe CH ₄ -Emissionen	12.487,75	30.067,25	43.445,00	32.536,50
15	Wirtschaftsdünger-Management	1.217,33	2.672,17	2.654,29	2.167,06
16	Landw. Flächennutzung u. Biogas	16.359,60	24.332,59	30.005,32	25.925,70
17	Summe der N ₂ O-Emissionen	17.576,93	27.004,76	32.659,61	28.092,76
18	Harnstoff-Düngung	0,00	0,00	479,60	569,54
19	Kalkung	1.145,43	2.555,71	2.704,01	2.344,27
20	Summe der CO ₂ -Emissionen	1.145,43	2.555,71	3.183,61	2.913,81

Teil III: Summen der Treibhausgas-Emissionen					
21	Summe in Gg/a CO ₂ -eq	31.210,11	59.627,72	79.288,22	63.543,07
22	Summe in Mio t/a CO ₂ -eq	31,21	59,63	79,29	63,54

Quellen: siehe im Einzelnen die Quellenangaben für die Tabellen 3 bis 7

Aus dem Teil III der Tabelle 8 (Zeile 22) geht hervor, dass die Treibhausgas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft am Beginn der Industrialisierung (1850) mit 31,21 Mio. t CO₂-eq bereits fast 50 % des gegenwärtigen Betrages in Höhe von 63,54 Mio. t CO₂-eq ausmachten. Geht man dagegen von dem im Jahre 1910 in der Zeitspanne von 1850 bis 2018 erreichten Tiefstbetrag der mittleren Lufttemperatur als Ausgangsbetrag für die nachfolgende Klimaerwärmung aus, dann wurde im Jahr 1910 mit 59,63 Mio. t CO₂-eq bereits eine ähnlich hohe Emissionsmenge erreicht wie in der Gegenwart mit 63,54 Mio. t CO₂-eq. Der Beitrag der Landwirtschaft in Deutschland zu den THG-Emissionen sollte deshalb nur mit den Differenzbeträgen zwischen 1850 und 2018 bzw. 1910 und

2018 angesetzt werden, d. h. mit 32,33 bzw. lediglich 3,91 Mio. t CO₂-eq. Sicherlich sind die hier ermittelten Schätzbeträge für die Jahre 1850 und 1910 mit gewissen Unschärfen behaftet. Dessen ungeachtet zeigen sie jedoch, dass die Beiträge der Landwirtschaft zu den THG-Emissionen Deutschlands bisher wohl deutlich zu hoch angesetzt werden.

2.8 Der Anteil der Landwirtschaft an den Treibhausgas-Emissionen Deutschlands im Jahre 2018 unter Berücksichtigung der vor der Klimaerwärmung bereits bestehenden Emissionen

Schließlich wurde mit der Tabelle 9 der prozentuale Anteil der Landwirtschaft an den in Deutschland entstandenen THG-Emissionen berechnet. In Spalte 2 der Tabelle wurde die Berechnung des Emissionsanteils der Landwirtschaft gemäß Thünen Report 77 aufgeführt. In Spalte 3 wird gezeigt, welche Rechnung sich ergibt, wenn die bereits 1850 bestehenden Emissionen der Landwirtschaft für die Gegenwart nicht mehr in Ansatz gebracht werden, sondern nur noch die Differenz zwischen den Beträgen für die Jahre 2018 und 1850. Durch Subtraktion der bereits 1850 bestehenden Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 2) von den bisher berechneten Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 1) ergeben sich die neuen Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 3).

Um die neuen Anteile der landwirtschaftlichen Emissionen an den deutschen Gesamtemissionen berechnen zu können, müssen die 1850 bereits aus der Landwirtschaft emittierten Mengen auch von den deutschen Gesamtemissionen subtrahiert werden. Durch Subtraktion der bereits 1850 bestehenden Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 5) von den bisher berechneten Gesamtemissionen (Zeile 4) ergeben sich die neuen Gesamtemissionen für Deutschland (Zeile 6). Aus den neuen Gesamtemissionen und den neuen Investitionen der Landwirtschaft lässt sich dann der neue Anteil der Emissionen aus der Landwirtschaft für das Jahr 2018 mit 3,9 % berechnen (Zeile 7).

Auf die gleiche Weise wurde in Spalte 4 der Tabelle 9 der neue Anteil der Emissionen aus der Landwirtschaft für den Fall berechnet, dass das Jahr 1910 mit seinem Temperaturtiefstwert als Beginn der Klimaerwärmung angenommen wird. Der Anteil der Landwirtschaft an den deutschen Gesamtemissionen beträgt dann nur mehr 0,5 %.

Tabelle 9:

Neuschätzung des Anteils der Landwirtschaft an den THG-Emissionen Deutschlands für das Jahr 2018 nach Abzug der landwirtschaftlichen Emissionen vor der Klimaerwärmung (Jahre 1850 bzw. 1910, Beträge in Gg/a CO₂-eq)

	Bezeichnung	Ist-Beträge gemäß Thünen Report 77	Nach Subtraktion der 1850 bereits bestehenden Emissionen	Nach Subtraktion der 1910 bereits bestehenden Emissionen
Z/S	1	2	3	4
1	Emissionen Landwirtschaft bisher	63.543	63.543	63.543
2	./.. Emissionen Landwirtschaft		31.210	59.628
3	= Emissionen Landwirtschaft neu	63.543	32.333	3.915
4	Emissionen insgesamt bisher	858.369	858.369	858.369
5	./.. Emissionen Landwirtschaft		31.210	59.628
6	= Emissionen insgesamt neu	858.369	827.159	798.741
7	Anteil Emissionen Landwirtschaft in %	7,4	3,9	0,5

Quelle: nach Daten der Tabelle 8 des vorliegenden Beitrages berechnet

3 Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft in Deutschland ohne Berücksichtigung der biogenen, landwirtschaftlichen Methan-Emissionen

Es wurde bereits in der Einleitung des vorliegenden Beitrages darauf hingewiesen, dass im Hinblick auf das Methan als Treibhausgas zwischen geogenem (fossilem) und biogenem Methan unterschieden werden muss. Beide Arten des Methans oxidieren zwar innerhalb von 10 Jahren zu Kohlenstoffdioxid und Wasser, das aus dem geogenen CH₄ entstehende CO₂ verbleibt jedoch – wie im Übrigen sämtliches CO₂, welches bei der Nutzung der fossilen Energieträger anfällt – über Jahrhunderte in der Atmosphäre, weil diesem CO₂ keine Senke gegenübersteht.

Im Unterschied zum geogenen CH₄ wird das biogene CH₄, entstehend aus der Verdauung (Stoffwechsel der Mikroorganismen im Pansen) und dem Wirtschaftsdünger-Management der Nutztiere, zwar auch innerhalb von 10 Jahren zu CO₂ abgebaut, aber diese CO₂-Mengen werden durch den Aufwuchs der Futterpflanzen als Nahrungsgrundlage für die Nutztiere als Senke wieder aufgenommen. Der Kreislauf des Gases ist geschlossen, eine Anreicherung in der Atmosphäre tritt nicht ein. Das Gleiche gilt für das CH₄, welches bei der Herstellung und Lagerung von Biogas anfällt. Dieser Sachverhalt ist auch unabhängig davon, ob die Zahl der Nutztiere (einschließlich der Biogasanlagen) im Zeitablauf zu- oder abnimmt. Zunehmende Nutztierbestände vergrößern zwar die Methan-Quelle, zunehmende Nutztierbestände benötigen aber auch mehr Futter und vergrößern damit die Methan-Senke. Sinngemäß das Umgekehrte gilt für abnehmende Nutztierbestände.

Mit anderen Worten: Es ist völlig unerheblich, ob viel oder wenig Fleisch gegessen und Milch getrunken wird. Die Klimaerwärmung wird dadurch weder beschleunigt noch verzögert.

Die Nutztiere ebenso wie die Wildtiere und der Mensch geben im Zuge ihrer Stoffwechselfvorgänge durchaus auch großen Mengen an CO₂ ab. Die Bevölkerung Deutschlands emittiert gegenwärtig rund 90 Mio. t CO₂, der deutsche Nutztierbestand sogar rund 100 Mio. t^{1,2}). Diese Mengen sind aber bei den bisherigen Berechnungen nicht in den THG-Emissionen enthalten, selbstverständlich zu Recht, denn ihnen steht die pflanzliche Nahrungsproduktion als Senke gegenüber. Der diesbezügliche CO₂-Kreislauf ist geschlossen.

Des Weiteren emittieren die Menschen nicht nur CO₂, sondern auch gewisse Mengen an CH₄. Bezogen auf die Bevölkerung Deutschlands sind das gegenwärtig gut 13.000 t/a oder ca. 328 Gg/a CO₂-eq³). Im Unterschied zu den CH₄-Emissionen der Nutztiere wird das durch die Menschen verursachte CH₄ aber nicht den Treibhausgasen zugerechnet. Das Gleiche gilt für die Wildtiere. Man muss sich deshalb fragen, warum die CH₄-Emissionen der Nutztiere anders behandelt werden als diejenigen der Menschen und der Wildtiere. Man kann nur vermuten, dass für das CH₄ der Menschen und Wildtiere von geschlossenen Kreisläufen ausgegangen wird, also keine Klimabeeinflussung auftritt.

Aus den obigen Ausführungen in Verbindung mit den in der Einleitung des vorliegenden Beitrages zitierten Forschungsergebnissen sollte einsichtig sein, dass das biogene CH₄ der Nutztiere nicht als ein Gas gewertet werden kann, welches zur Klimaerwärmung beiträgt. Welche Konsequenzen das für den Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen Deutschlands hat, geht aus der Tabelle 10 hervor.

Tabelle 10:
Ermittlung der Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft für das Jahr 2018 ohne Berücksichtigung der (biogenen) CH₄-Emissionen aus der Landwirtschaft (Beträge in Gg/a CO₂-eq)

Z	Bezeichnung	Ist-Beträge gemäß Thünen Report 77	Neue Berechnung ohne Methan aus der Landwirtschaft
1	THG-Emissionen Landwirtschaft bisher	63.543	63.565
2	./. Methan-Emissionen aus der Landwirtschaft		32.543
3	= THG-Emissionen Landwirtschaft neu	63.543	31.022
4	THG-Emissionen Deutschland insgesamt bisher	858.369	858.369
5	./. Methan-Emissionen aus der Landwirtschaft		32.543
6	= THG-Emissionen Deutschland insgesamt neu	858.369	825.826
7	Anteil Emissionen Landwirtschaft in %	7,4	3,6

Quelle: nach Daten der Tabelle 2 des vorliegenden Beitrages berechnet

Die Tabelle 10 zeigt in Ihrer linken Zahlenspalte wieder die bisherige Berechnung des Anteils der Landwirtschaft an den deutschen THG-Emissionen für das Jahr 2018. In der rechten Zahlenspalte wurde der Anteil der Landwirtschaft ohne Berücksichtigung des Methans ermittelt. Subtrahiert man von den bisher ausgewiesenen landwirtschaftlichen THG-Mengen (Zeile 1) die landwirtschaftlichen CH₄-Mengen (Zeile 2), ergeben sich die korrigierten THG-Mengen der Landwirtschaft (Zeile 3). Zur Berechnung des neuen Anteils der Landwirtschaft an den THG-Emissionen Deutschlands müssen die landwirtschaftlichen CH₄-Emissionen (Zeile 5) selbstverständlich auch von den bisher ausgewiesenen deutschen THG-Emissionen (Zeile 4) subtrahiert werden. Aus den korrigierten Mengen (Zeilen 3 und 6) ergibt sich dann der neue Anteil der Landwirtschaft an den deutschen THG-Emissionen mit 3,6 %. Gegenüber den ursprünglichen 7,4 % hat sich der Anteil mithin mehr als halbiert.

4. Neuschätzung der Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland

Führt man nun die in den Abschnitten 2 und 3 durchgeführten partiellen Neuberechnungen der Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft zusammen, dann ergibt sich in der Tabelle 11 deren Gesamtauswirkung auf den Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen Deutschlands. In Spalte 2 der Tabelle ist wieder die bisherige Berechnung gemäß Thünen Report 77 aufgeführt. Spalte 3 zeigt die Neuschätzung für den Fall, dass die bereits zu Beginn der Industrialisierung (1850) vorhanden gewesenen Emissionen der Landwirtschaft berücksichtigt werden. Spalte 4 zeigt die gleiche Rechnung für den Fall, dass der Temperaturtiefstwert innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 1850 bis 2018, nämlich das Jahr 1910, als Ausgangspunkt für die Klimaerwärmung angenommen wird und deshalb die im Jahr 1910 bereits vorhanden gewesenen THG-Emissionen der Landwirtschaft in die Berechnung eingehen.

Subtrahiert man also von den bisher angenommenen THG-Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 1) die CH₄-Emissionen des Jahres 2018 (Zeile 2) sowie die CO₂- und die N₂O-Emissionen des Jahres 1850 bzw. 1910 (Zeilen 3 und 4), dann ergeben sich die neu bestimmten THG-Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 5).

Unter Bezugnahme auf die Emissionen für die Jahre 1850 und 1910 ergeben sich Emissionsmengen in Höhe von 12.278 bzw. 1.439 Gg/a (die CH₄-Emissionen dürfen bei dieser Rechnung selbstverständlich nicht in Abzug gebracht werden).

Zur Neuberechnung der Anteile der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft müssen von den bisherigen Gesamtemissionen (Zeile 6) ebenfalls die landwirtschaftlichen CH₄-Emissionen des Jahres 2018 (Zeile 7) sowie die CO₂- und die N₂O-Emissionen der Jahre 1850 bzw. 1910 (Zeilen 8 und 9) subtrahiert werden. Aus den neu berechneten Gesamtemissionen (Zeile 10) und den neu

berechneten Emissionen der Landwirtschaft (Zeile 5) ergeben sich dann die prozentualen Anteile der Landwirtschaft an den THG-Emissionen Deutschlands für das Jahr 2018 (Zeile 11).

Tabelle 11:

Neuschätzung der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft für das Jahr 2018 nach Abzug der CH₄-Emissionen für 2018 sowie nach Abzug der CO₂- und N₂O-Emissionen für 1850 und 1910 (Beträge in Gg/a CO₂-eq)

	Bezeichnung	Ist-Beträge gemäß Thünen Report 77	Neuschätzung mit Bezug auf 1850	Neuschätzung mit Bezug auf 1910
Z/S	1	2	3	4
1	THG-Emissionen Landwirtschaft bisher	63.543	63.543	63.543
2	./ CH ₄ -Emissionen Landwirtschaft 2018		32.543	32.543
3	./ CO ₂ - Emissionen Landwirtschaft		1.145	2.556
4	./ N ₂ O-Emissionen Landwirtschaft		17.577	27.005
5	= THG-Emissionen Landwirtschaft neu	63.543	12.278	1.439
6	THG-Emissionen Deutschland bisher	858.369	858.369	858.369
7	./ CH ₄ -Emissionen Landwirtschaft 2018		32.543	32.543
8	./ CO ₂ -Emissionen Landwirtschaft		1.145	2.556
9	./ N ₂ O-Emissionen Landwirtschaft		17.577	27.005
10	= THG-Emissionen Deutschland neu	858.369	807.104	796.265
11	Anteil THG-Emissionen Landwirtschaft in %	7,4	1,5	0,2

Quelle: nach Daten der Tabellen 8 und 9 des vorliegenden Beitrages berechnet

Unter Berücksichtigung der Emissionen für das Jahr 1850 reduziert sich der Anteil der Landwirtschaft für das Jahr 2018 von bisher 7,4 auf 1,5 %; unter Berücksichtigung der Emissionen für das Jahr 1910 ergibt sich sogar eine Reduktion auf nur mehr 0,2 %.

5 Fazit

Auch wenn man in Rechnung stellt, dass die hier vorgetragenen „naiven“ Neuschätzungen der landwirtschaftlichen THG-Emissionen mit Unschärfen belastet sind, lässt sich als Fazit der Analyse doch folgendes festhalten:

Im Unterschied zu den geogenen THG-Emissionen, die aus der Nutzung der fossilen Energieträger seit dem Beginn der Industrialisierung in Deutschland (1850) entstehen, bestanden substantielle Anteile der biogenen THG-Emissionen aus der Landwirtschaft bereits vor diesem Zeitpunkt, d. h. vor dem Beginn der Klimaerwärmung. Da diese Anteile offenbar keine Klimaerwärmung (mit-)verursacht haben konnten, sollten sie bei der Berechnung des Anteils der Landwirtschaft an den gesamten THG-Emissionen auch nicht in Ansatz gebracht werden.

Des Weiteren ist – aufgrund neuerer diesbezüglicher Forschungsergebnisse – nicht verständlich, weshalb die biogenen CH₄-Emissionen der Landwirtschaft weiterhin als klimaerwärmende Gasmengen betrachtet werden sollen, obwohl diese Emissionen aus der Nutzung pflanzlicher Stoffe durch die Nutztiere und die Biogasanlagen entstehen und innerhalb weniger Jahre als Oxidationsprodukt CO₂ bei der Produktion der pflanzlichen Stoffe wieder gebunden werden.

Für die biogenen CH₄-Emissionen gilt deshalb das Gleiche wie für die biogenen CO₂-Emissionen, die direkt aus den Stoffwechselfvorgängen der Menschen und Tiere entstehen: Es handelt sich um geschlossene Stoffkreisläufe, die keine Klimawirkungen haben.

Es ist mithin auch unerheblich, wie hoch der Verbrauch an Milch und Fleisch ist, bzw., wie groß die zugehörigen Nutztierbestände sind. Steigende biogene CH₄-Emissionen durch zunehmende Nutztierbestände werden durch die dafür notwendige zunehmende Produktion der pflanzlichen (Futter-)Stoffe wieder neutralisiert. Umgekehrtes gilt für abnehmende Nutztierbestände.

Die gute Nachricht ist: die Kühe dürfen weiterhin rülpsen.

Die schlechte Nachricht ist hingegen: Forschungsgelder mit dem Ziel der Senkung der Methan-Emissionen durch die Kühe sollten für andere Zwecke verwendet werden. Ihre Ergebnisse tragen vielleicht zur Verbesserung der Luft in den Tierställen bei, führen aber nicht zur Klimaverbesserung.

Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen haben die modifizierten Schätzungen in diesem Beitrag erbracht, dass der Anteil der Landwirtschaft an den klimaschädlichen Gasen nicht – wie bisher ermittelt – bei 7,4 % liegt, sondern eher gegen Null tendiert.

Die Landwirtschaft ist kein substantieller Mitverursacher der Klimaerwärmung und schon gar kein „Klimakiller“, wie in den Medien immer wieder behauptet. Es sind vielmehr allein die geogenen TRG-Emissionen, entstehend aus der Verbrennung der fossilen Energieträger, die die Klimaerwärmung verursachen.

Zusammenfassung

Landwirtschaft und Klimawandel: Stimmt die Rechnung?

Ausgehend von den Tatbeständen, dass

- (i) ein substantieller Teil der landwirtschaftlichen THG-Emissionen bereits vor Beginn der Klimaerwärmung existierte und
- (ii) die biogenen CH₄-Emissionen aus der Fütterung der Nutztiere nicht zur Klimaerwärmung beitragen, weil dieser Quelle (ebenso wie den CO₂-Emissionen aus den Stoffwechselfvorgängen von Mensch und Tier) nach Oxidation zu CO₂ (innerhalb von ca. 10 Jahren) die Produktion der Futterpflanzen als CO₂bindende Senke gegenübersteht,

wurde eine Neuschätzung des Anteils der landwirtschaftlichen THG-Emissionen an den THG-Emissionen Deutschlands vorgenommen.

Unter der Prämisse, dass die Klimaerwärmung frühestens ab 1850 (Beginn der Industrialisierung in Deutschland mit der anfänglichen Nutzung der Klima beeinflussenden fossilen Energieträger) oder aber erst ab etwa 1910 (Jahre mit den geringsten Durchschnittstemperaturen in der Zeitspanne von 1850 bis 2018) einsetzte, ergibt sich, dass der Anteil der THG-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahre 2018 nicht, wie bisher geschätzt, bei 7,4 %, sondern nur bei 1,5 % bzw. 0,2 % liegt.

Insbesondere beeinflusst der Fleisch- und Milchverbrauch das Klima nicht.

Mehr oder weniger Nutztiere als Folge höheren oder geringeren Fleisch- und Milchverzehrs führen zu mehr oder weniger CO₂-Bindung durch den größeren oder kleineren Umfang des Anbaus von Futterpflanzen.

Die Landwirtschaft ist nicht der „Klimakiller“ wie von verschiedenen Seiten immer wieder gesagt wird.

Summary

Agriculture and climate change: Are the calculations correct?

Taking into account that (i) substantial parts of agricultural greenhouse gas (GHG) emissions existed already before the climate changed and that (ii) the biogenic methane (CH₄) emissions, emanating from livestock feeding, do not contribute to climate warming, since that source (just as the carbon dioxide (CO₂) emissions from the metabolism of humans and animals) – after oxidation to CO₂ within 10 years – is accompanied by the production of the CO₂ binding fodder plants as a sink, a modified estimation of the GHG emissions, emanating from the German agricultural sector, was conducted. Assuming that the climate change did not start before 1850 (beginning of industrialization in Germany with the initial use of fossil fuels) or even not before around 1910 (years with the lowest average temperature within the period from 1850 to 2018), it is shown that the share of GHG emissions, emitted by the German agricultural sector in 2018, does not account for – as was hitherto estimated – 7.4 but only for 1.5 or 0.2 % respectively.

In particular, consumption levels of meat and milk do not affect the extent of climate change. More or less farm animals, as a consequence of higher or lower meat and milk consumption, lead to more or less CO₂ fixation through more or less fodder production. Agriculture is not the “climate villain” as is many a time maintained.

Literatur

1. CO2ONLINE (2021). Abgerufen von: www.co2online.de
2. DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2021) Jahresmittelwerte der Lufttemperatur in Deutschland (1881 – 2020)
3. DEUTSCH-TO-GO (2021). Abgerufen von: www.deutsch-to-go.de
4. FAIRLIE S (2019) A convenient untruth. Abgerufen von: <https://www.resilience.org/resilience-author/simon-fairlie/>
5. GERBER P J, STEINFELD H, HENDERSON B, MOTTET A, OPIO C, DIJKMAN J, FALUCCI A & TEMPIO G (2013) Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome
6. HAENEL H-D, 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 particular emissions from German agriculture 1990 – 2018: Report on methods and data (RMD) Submission 2020. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 448 p, Thünen Report 77, DOI: 10.3220/REP1584363708000
7. HAHN R (2021) Gebt die Schuld nicht den Kühen. Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 21. Februar 2021, S. 58
8. KUHLMANN F (2019) Entwicklungen der Landwirtschaft in Deutschland – eine Reise durch die Zeit von 1850 bis zur Gegenwart, 368 Seiten, Frankfurt am Main
9. MITLOEHNER F, KEBREAB E & BOCCADORO M (2020) Methane, cows and climate change: California dairy's path to climate neutrality. Abgerufen von: <https://www.ucdavis.edu/news/methane-cows-and-climate-change-california-dairys-path-to-climate-neutrality>
10. LYNCH J (2019) Agricultural methane and its role as a greenhouse gas . Food Climate Research Network, University of Oxford. Abgerufen von: <https://foodsource.org.uk/building-blocks/agricultural-methane-and-its-role-greenhouse-gas>
11. RITCHIE H AND ROSER M (2017) CO2 and Greenhouse Gas Emissions. Published online at OurWorldInData.org. Abgerufen von: 'https:// ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions' [online Resource]
12. STAT. JAHRBUCH ÜBER ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2020), Münster Hiltrup. Abgerufen von: www.bml-statistik.de
13. UMWELTBUNDESAMT (2020) Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. Abgerufen von: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas>
14. WIKIPEDIA (2020) Globale Erwärmung. Abgerufen von: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Globale_Erwärmung&oldid=197591551
15. WIKIPEDIA (2021) Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre. Abgerufen von: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=kohlenstoffdioxid_in_der_Erdatmosphäre&oldid=208606575

Fußnoten

¹⁾ Ein Mensch stößt pro Jahr je nach Gewicht und körperlicher Belastung zwischen 128 und 2040 kg aus (CO2ONLINE, 2021). Nimmt man als Mittelwert eine Menge von 1100 kg je Mensch und Jahr an, dann emittieren die rund 83 Mio. Einwohner Deutschlands gegenwärtig jährlich eine CO₂-Menge von rund 91,3 Mio. t.

²⁾ Eine grobe Schätzung der CO₂-Emissionen der Nutztierbestände gelingt wie folgt: Eine Großvieheinheit Nutztier hat eine Lebendmasse von 500 kg. Nimmt man für einen Menschen eine mittlere Lebendmasse von ca. 70 kg an, dann bilden sozusagen 7 Menschen eine Großvieheinheit. Da ein Mensch pro Jahr 1100 kg CO₂ emittiert, würde eine Großvieheinheit die siebenfache Menge, also 7700 kg CO₂ emittieren. Der Nutztierbestand Deutschlands betrug im Jahr 2018 12.765 Tsd. GV (STAT. JAHRBUCH, 2020). Daraus ergibt sich ein CO₂-Ausstoß des deutschen Nutztierbestandes in Höhe von rund 98,3 Mio. t.

³⁾ Ein Mensch emittiert täglich 0,6 l CH₄ (DEUTSCH-TO-GO, 2021). Pro Jahr sind das 0,219 m³, oder – bei einer Dichte des Gases von 0,72 kg/m³ – 0,158 kg. Bezogen auf die rund 83 Mio. Einwohner Deutschlands ergeben sich daraus menschliche CH₄-Emissionen von gegenwärtig ca. 13.100 t/a Gas oder ca. 327,85 Gg/a CO₂-eq.

Anschrift des Autors

Prof. em. Dr. Friedrich Kuhlmann
Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Senckenbergstraße 3
35390 Gießen

E-Mail: Friedrich.Kuhlmann@agrار.uni-giessen.de