

Langzeitbewertung der atmosphärischen Fracht der Treibhausgase in Österreich zwischen 1890 und 2018 mit besonderer Berücksichtigung der CH₄-Emissionen der Landwirtschaft¹

Forschungsbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Dr. Thomas Guggenberger
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für Nutztierforschung

¹ Guggenberger, T.; Terler, G.; Herndl, M.; Fritz, C. und Grassauer, F. (2021): Langzeitbewertung der österreichischen Treibhausgase. Forschungsbericht der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 16 S.

... aus der Kernfrage der Gesellschaft heraus entwickelt ...

Wie können die sozialökonomischen Kernleistungen eines modernen Industriestaates unter dem Aspekt begrenzter Energiequellen nachhaltig abgesichert werden?²



²Guggenberger, T. (2016): Multiple Ressourcennutzung in kommunizierenden Raum-strukturen – Fokus Energie, Dissertation TU Graz, 297 S. zugleich Abschlussbericht Dafne 100310/1 , HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

... aus der Kernfrage der Gesellschaft heraus entwickelt ...

Angebot **Nachfrage**

Nachhaltigkeitsbedingung: U_w vor E_s

Leistungsbilanz $E_s = \sum_{\text{Region } r} \left[\sum_{\text{Technologie } t} ((P_{rt} \eta_t - v_{rt}) \times f) \right] - \sum_{\text{Bedarf } t} \left[\frac{D_{rb}}{\eta_b} N_{rb} \right]$ wobei $E_s = 0$

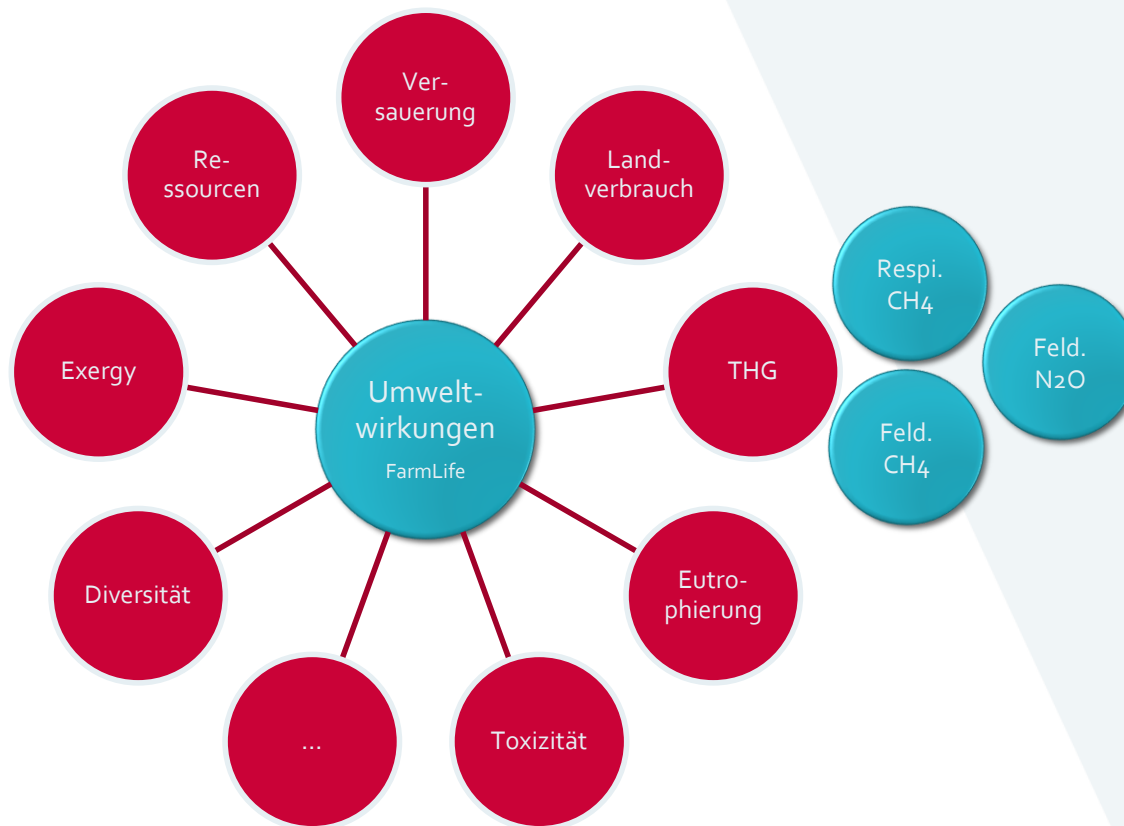
P= Brutto-Angebot, η =Wirkungsgrad, v =Vorleistung, f =Angebotsfläche, D = Brutto-Nachfrage, N = Nachfrager

Umweltwirkungen $U_w = \sum_{\text{Umweltwirkung } u} \sum_{\text{Region } r} \sum_{\text{Technologie } t} I (d_{urt} - h_{urt})$

d = Schaden des Technologieeinsatzes, h = Sanierungserfolg durch Gegenmaßnahmen

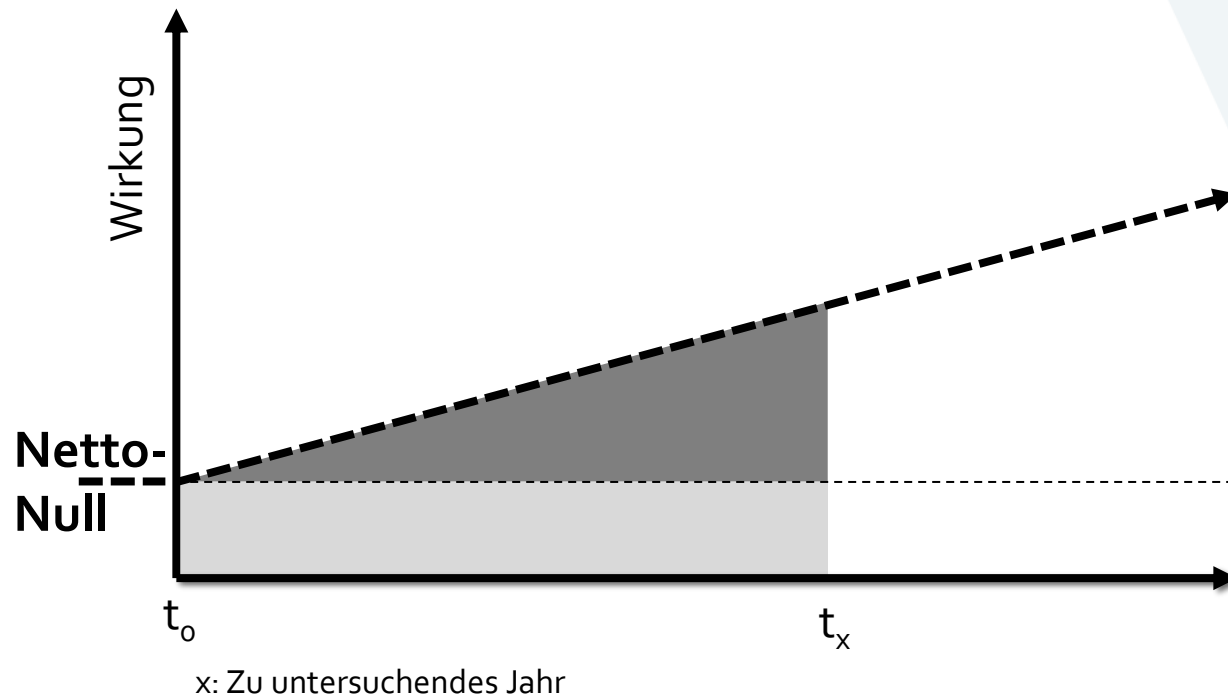
Umweltwirkung **„Heilung“**

Treibhausgasemissionen sind nur eine Umweltwirkung!



Welches Gewicht sollen Entscheidungsträger einzelnen Wirkungen zumessen?

Von der Konzentration zur Fracht ...



... den die Menge (Dosis) macht das Gift (Paracelsus 1493–1541)

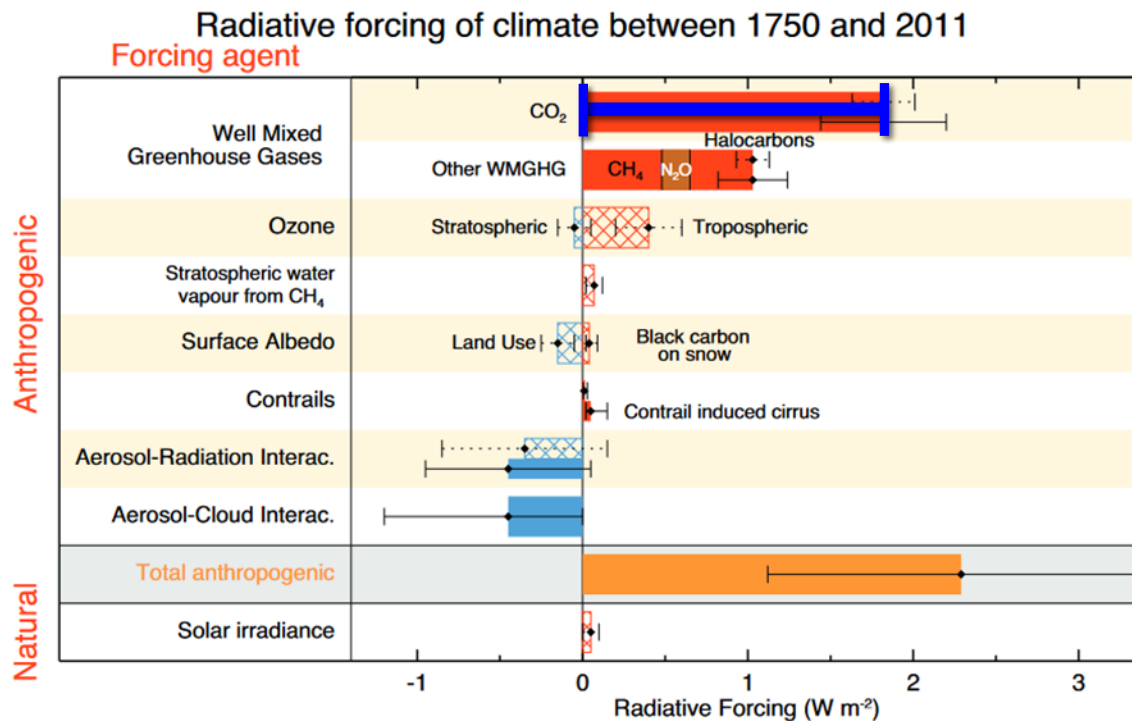
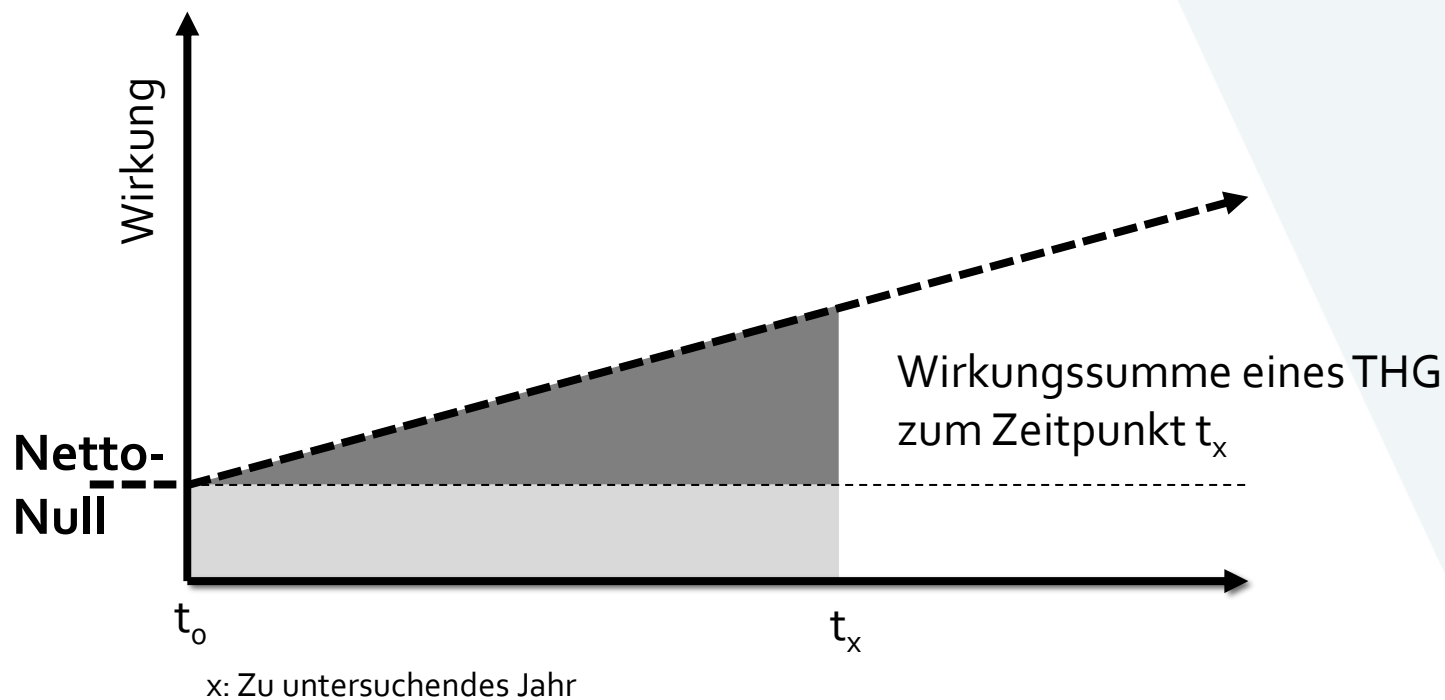


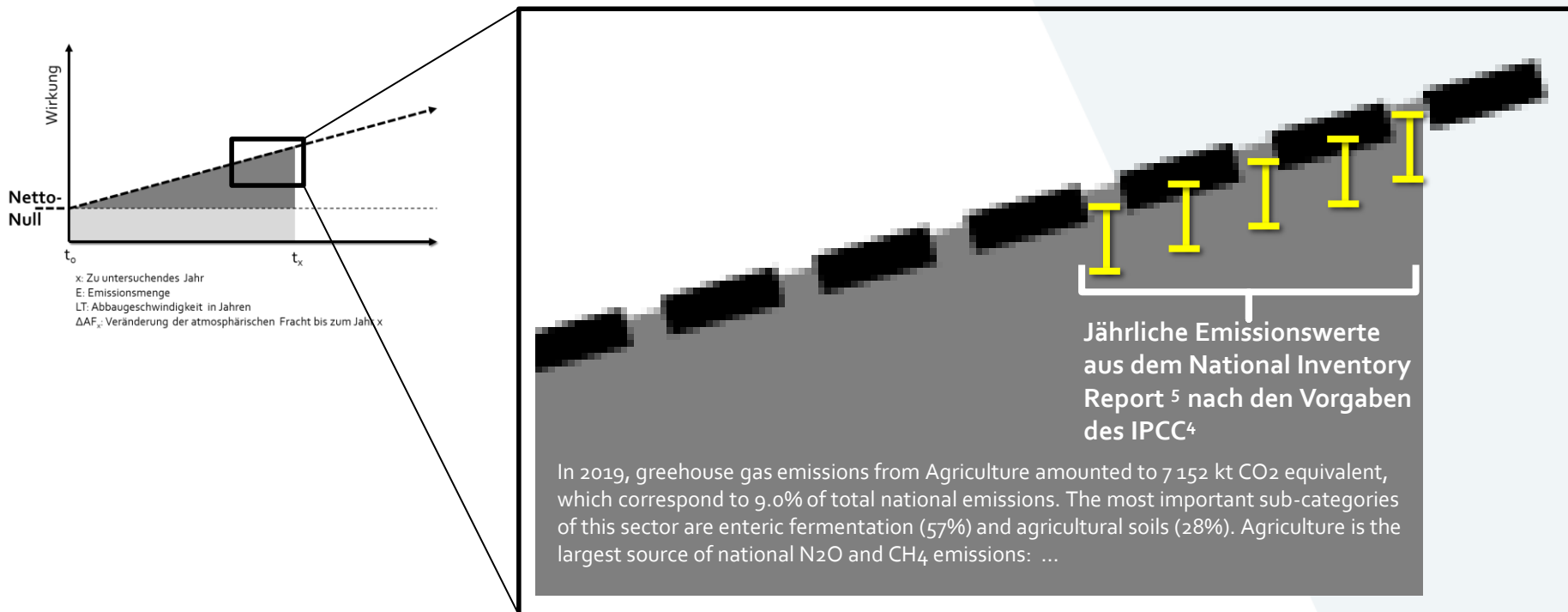
Figure 8.15 | Bar chart for RF (hatched) and ERF (solid) for the period 1750–2011, where the total ERF is derived from Figure 8.16. Uncertainties (5 to 95% confidence range) are given for RF (dotted lines) and ERF (solid lines).

³ Myhre et al. (2013): Anthropogenic and natural radiative forcing. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Doschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley, Eds. Cambridge University Press, pp. 659-740, doi:10.1017/CBO9781107415324.018.

Strahlungsantrieb = Wirkungssumme x Eigenschaften



Emissionen ≠ Wirkung !!!



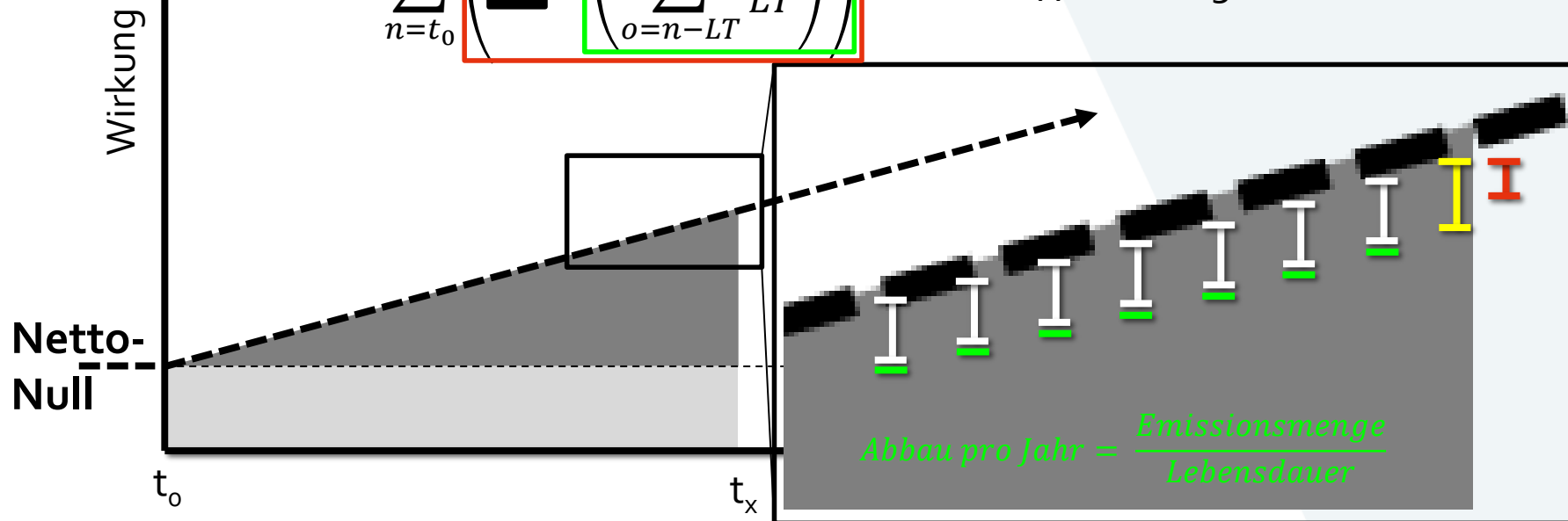
⁴ IPCC (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

⁵ UBA (2020): Austria's National Inventory Report 2020, UBA, Wien, 809 S.

Wirkungssumme = Emissionen – Abbau|Bindung

$$\Delta AF_x = \sum_{n=t_0}^{n \leq t_x} \left(E_n - \left(\sum_{o=n-LT}^{o \leq n} \frac{E_o}{LT} \right) \right)$$

Für $t_0=1890$ muss die Datenreihe bis 1770 verlängert werden!



x: Zu untersuchendes Jahr

E: Emissionsmenge

LT: Abbaugeschwindigkeit in Jahren

ΔAF_x : Veränderung der atmosphärischen Fracht bis zum Jahr x

Verschiedene Abbaupfade = verschiedenen Lebensdauer

Treibhausgas

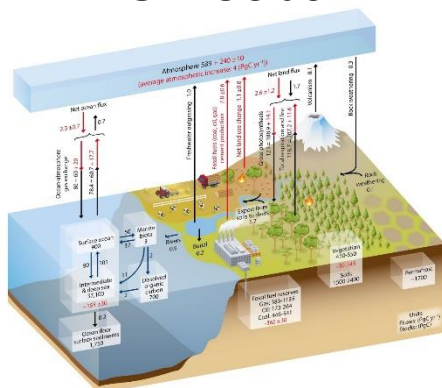
Lebensdauer

Abbaupfad



Unbekannt
(kalkulatorisch 500 J.)

Biogener/aquatischer
C-Kreislauf

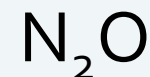
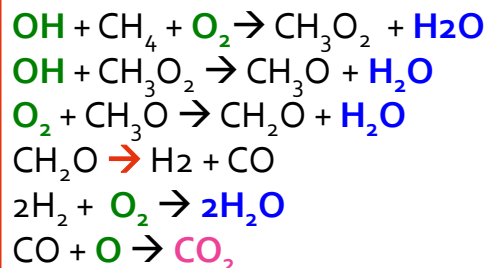


Joos et al. (2013): Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: a multi-model analysis. Atmos. Chem. Phys. 13 (5), 2793-2825.



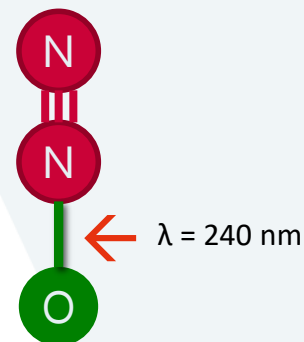
12 Jahre

Oxidation mit
 O_2 | OH-Radikalen



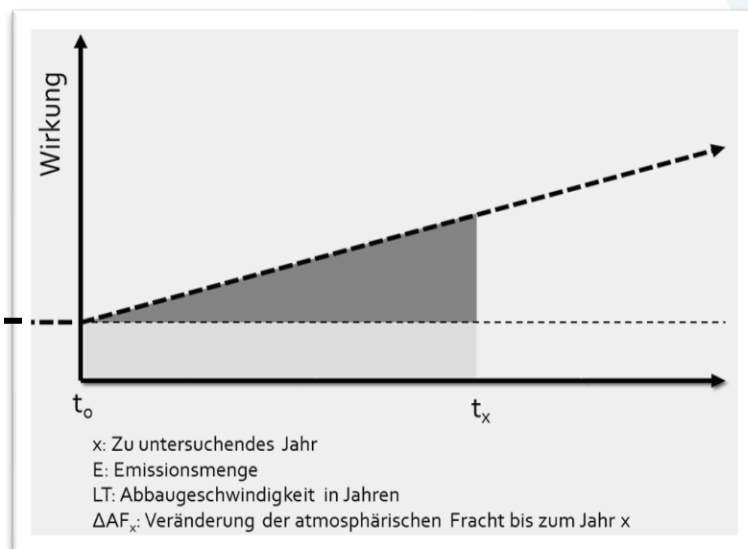
121 Jahre

Photolyse



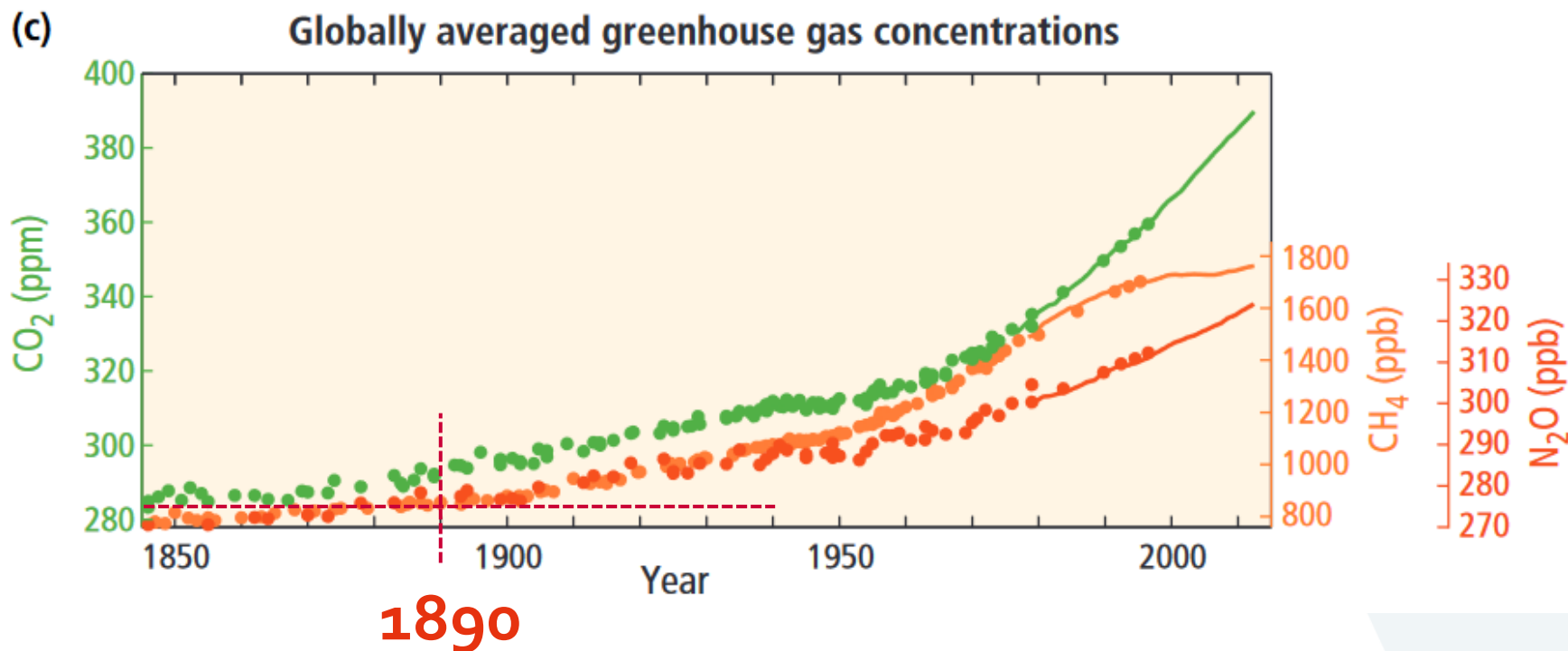
Ziele der Langzeitbewertung

a.) Bestimmung der
Wirkung zum
Zeitpunkt t_0 =
Netto-Null



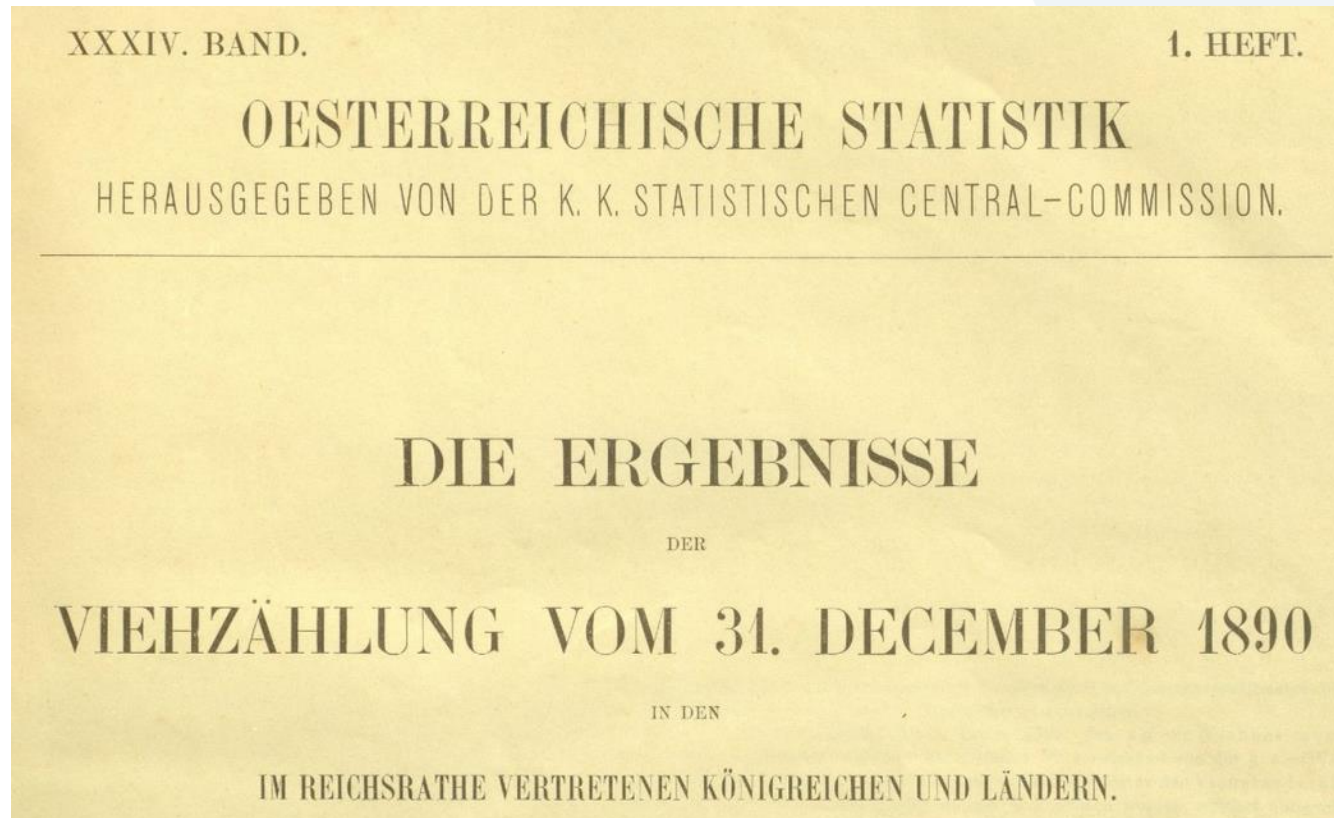
b.) Bestimmung der
Wirkungssumme über
Netto-Null
von
 t_0 bis t_x =
Fläche unter der Kurve

Wann ist t_0 zur Bestimmung von Netto-Null?



⁵ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Figure SPM.1

Die Ergebnisse der Viehzählung vom 31. December 1890⁶



⁶ Österreichische Statistik (1890): Band 34, Heft 1: Die Ergebnisse der Viehzählung vom 31. December 1890, K. K. Statistische Central-Commission, Wien, 86 S.

XXXIV. Band, 1. Heft, OESTERREICHISCHE STATISTIK
HERAUSGEGEBEN VON DER K. K. STATISTISCHEN CENTRAL-COMMISSION
VIEHZÄHLUNG VOM 31. DECEMBER 1890

Regionen: Nieder-Österreich, Ober-Österreich, Salzburg, Steiermark*,
Kärnten, Krain, Triest und Gebiete, Görz und Gradisca und Istrien, Tirol und
Vorarlberg*, Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien, Bukowina, Dalmatien

Politische Gliederung: Städte mit eigenem Statut, Bezirks-Hauptmannschaften,
Gemeinde-Bezirk

Tierkategorien (Anzahl): Pferde (5), Rinder (7), Schafe(3), Ziegen(1),
Schweine(3), Maulesel (1), Maulthiere(1), Esel (1)

* unter Berücksichtigung der Abtrennungen von Südtirol und der Südsteiermark
_ in der Bewertung berücksichtigt

Modellierung: CH₄-Netto-Null

- Tierbestände: Band 34
- Lebendgewicht: diverse historische Quellen
- Futteraufnahme: Ableitung über $LG^{0,75}$ aus der aktuellen Literatur auf der Basis historischer Leistungsdaten
- Futterqualität: Gewichtung Weidefutter mit extensivem Wiesenfutter für Wiederkäuer|Pferde, Schweine: Getreide, Bohnen, Kartoffel
- Emissionsraten enterische Fermentation: IPCC
- Emissionsraten Wirtschaftsdünger: Festmist/Jauche/Weide

- Modellbau: Modellentwicklung für 2018 auf der Basis IPCC 3.A, 3B.
Validierung der Ergebnisse mit NIR2020. Anwendung auf Datensatz 1890.

Eckdaten der Modellierung

Tabelle 1: Eckdaten zu Bewertung des historischen Referenzwertes für CH₄

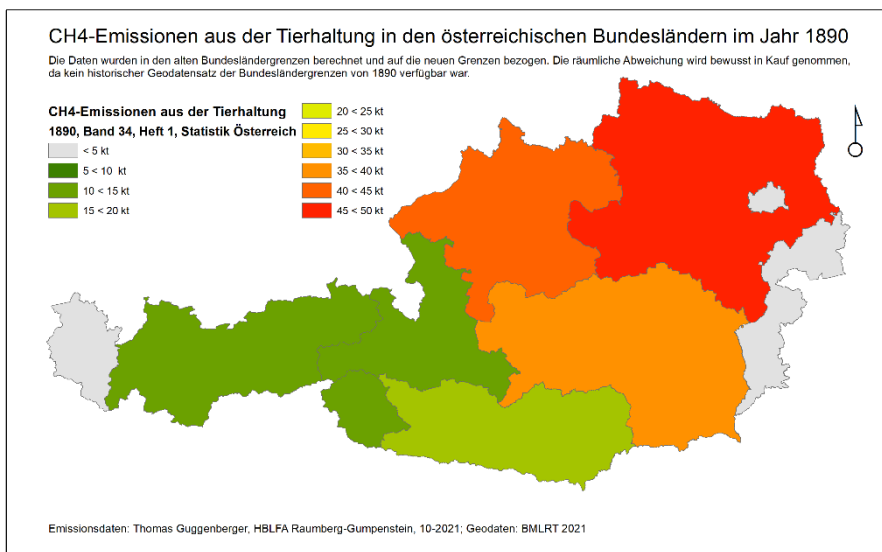
Hauptkategorien*	Anzahl		Lebendgewicht		Futteraufnahme		CH ₄ enterische Fermentation		CH ₄ Gesamt	
	1890	2018	1890	2018	1890	2018	1890	2018	1890	2018
	Stück		kg		kg TM/Tag		kg CH ₄ /Tier/Jahr		kg CH ₄ /Tier/Jahr	
Pferde	270.681	70.891	360	462	8,1	9,2	24,0	27,1	26,7	30,5
Milchkühe	1.049.771	736.287	420	616	10,7	13,4	81,7	103,3	87,3	117,3
Jungrinder [#]	677.200	1.137.855	284	329	6,5	8,2	49,9	63,1	51,6	70,0
Ochsen und Stiere [#]	517.381	17.279	351	566	8,1	11,4	61,9	90,8	63,5	95,5
Schweine	1.275.465	2.741.350	60	48	2,1	1,7	1,5	1,3	2,5	2,4
Schafe	567.100	409.715	28	37	1,1	1,3	7,9	9,8	8,1	10,0
Ziegen	238.607	96.455	30	37	1,3	1,7	9,7	12,9	10,0	13,2

* Die hier dargestellten Hauptkategorien bestehen 1890 aus 23 und 2018 aus 54 Einzelkategorien. Alle Parameter wurden an die Einzelkategorie angepasst, die hier dargestellten Werte entsprechen somit dem gewichteten Schnitt jeder Hauptkategorie.

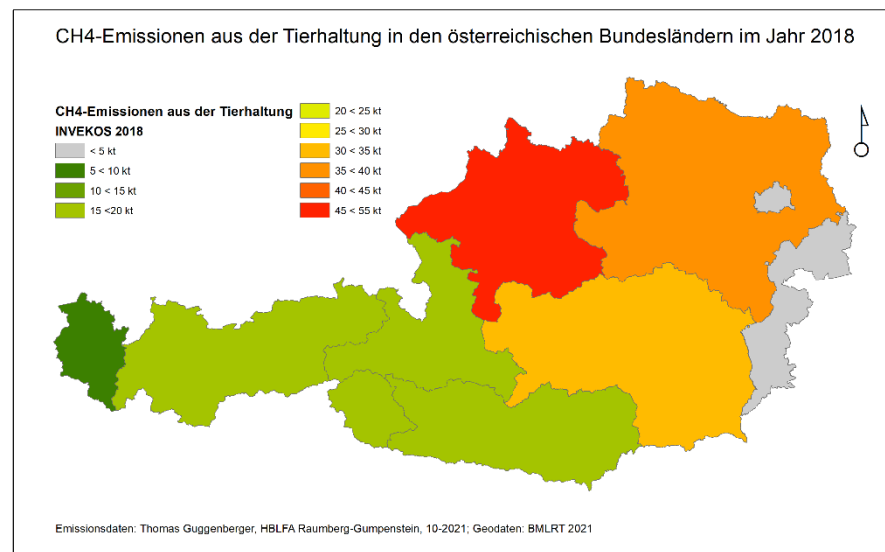
[#] Die Alterskategorien wurden so abgegrenzt, dass Ochsen und Stiere älter als 2 Jahre sein müssen.

Räumliche Verteilung der Emissionen

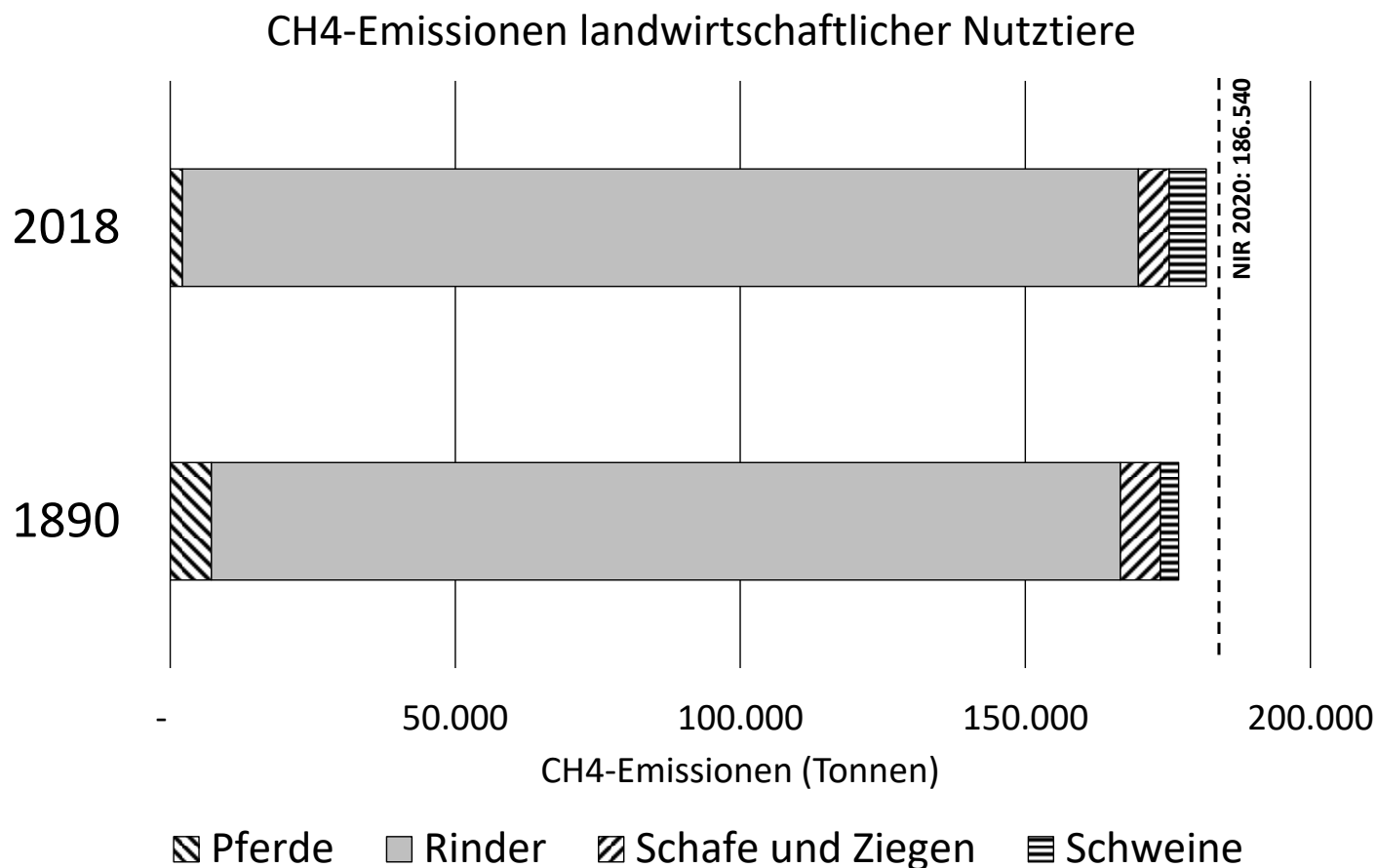
1890



2018



Netto-Null-CH₄₁₈₉₀ = 176.800 t CH₄ = 95%₂₀₁₈



a.) Ergebnisse zur Modellierung von Netto-Null

CH_4 → 176.800 t, Landwirtschaft
→ wie hier dargestellt
→ Verlässlichkeit: Hoch

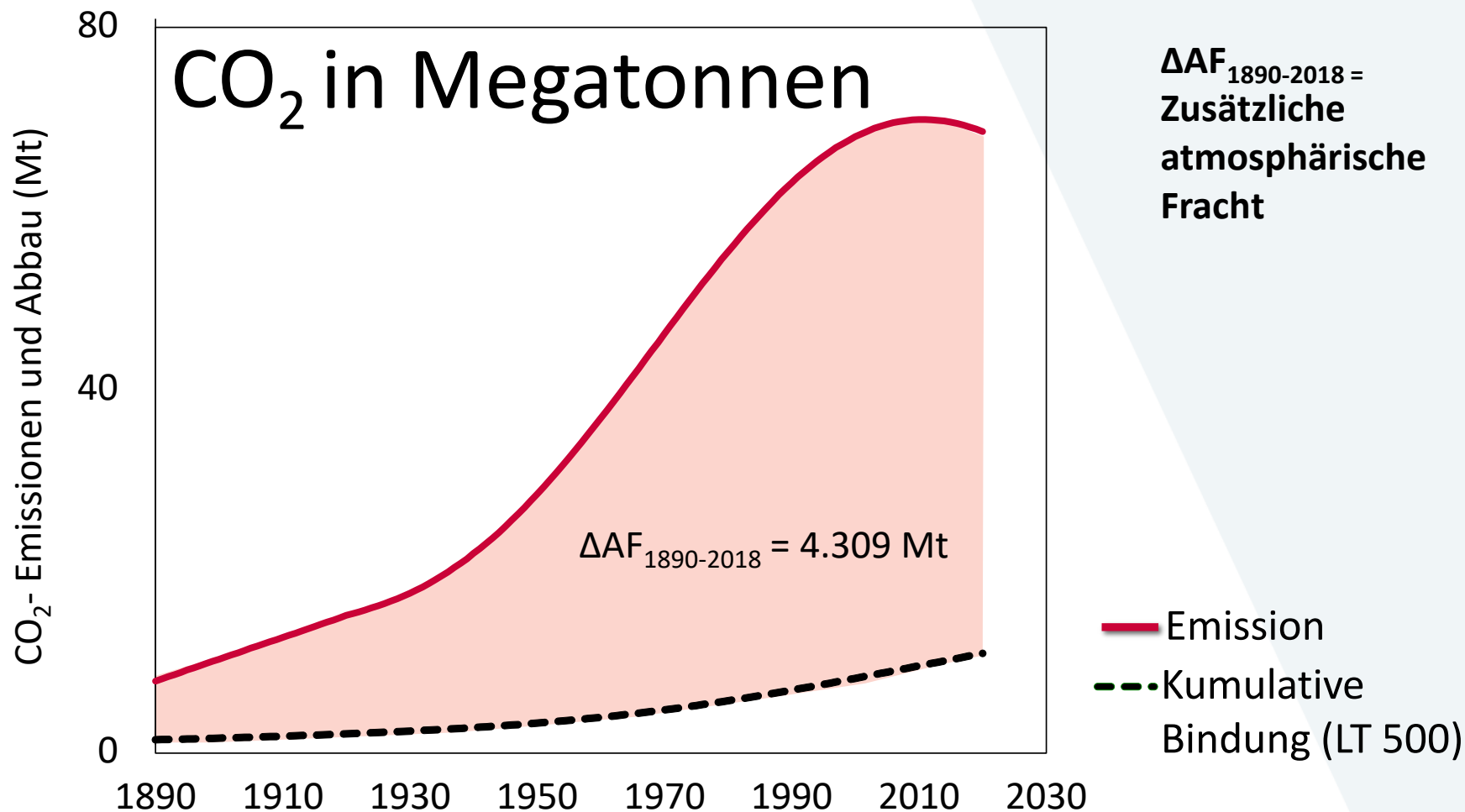
N_2O → 5.700 t, alle Sektoren
→ Wirtschaftsdünger und natürliche Emissionen
→ Verlässlichkeit: Unbestimmt (z.B. Fibl Doc-Versuch)

CO_2 → 7.000.000 t, alle Sektoren
→ Verbrauch fossiler Energie
→ Verlässlichkeit: Hoch

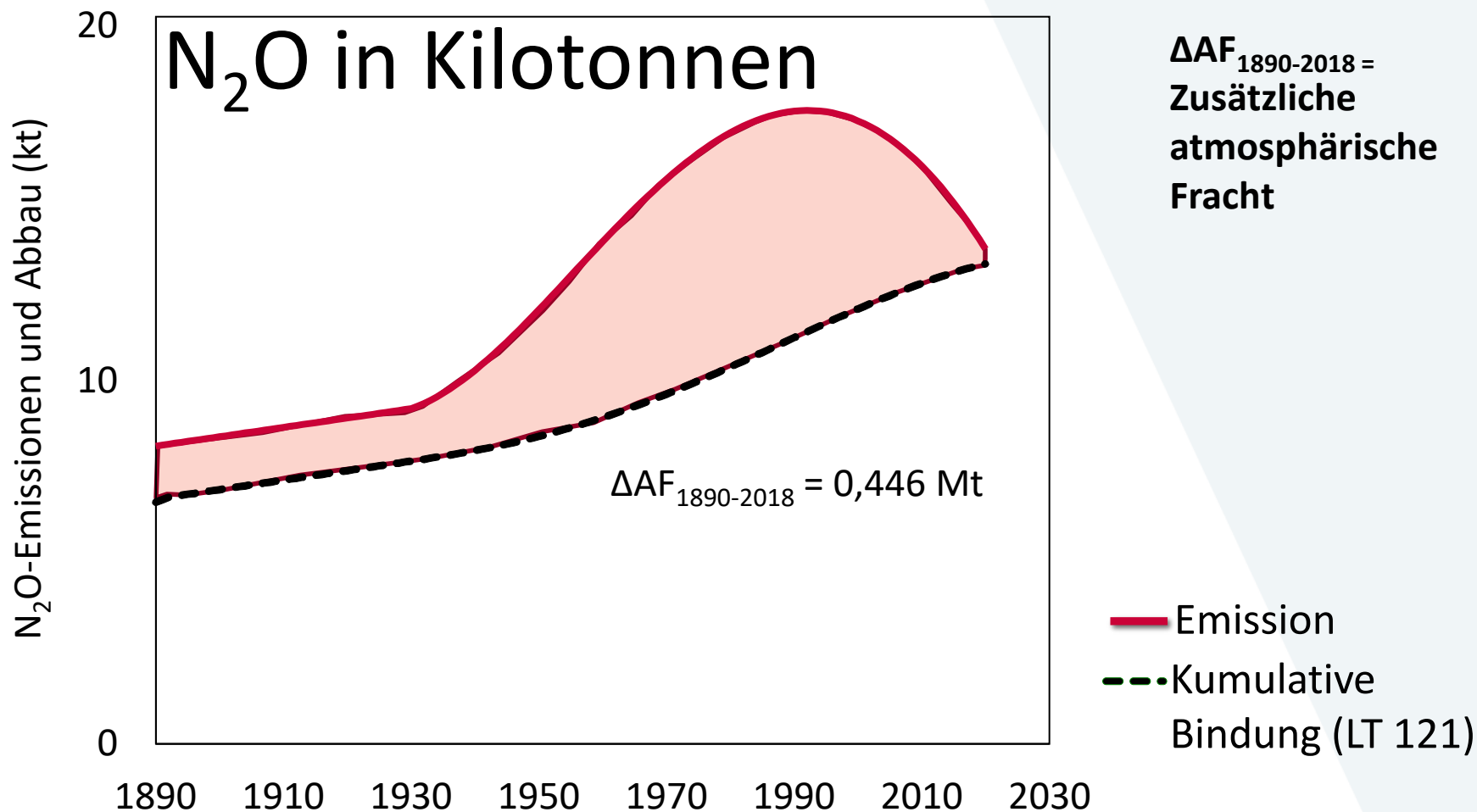
a.) Ergebnisse zur Modellierung von Netto-Null

	CO ₂ ¹	N ₂ O ¹	CH ₄ ²
Emissionen zum angegebenen Zeitpunkt (Mt)			
Emissionen ₁₈₉₀	7,000	0,006	0,177
Emissionen-Landwirtschaft ₂₀₁₈		0,008	0,187
Emissionen-Gesamt ₂₀₁₈	66,565	0,012	0,253
Überschreitung (%)			
Landwirtschaft ₂₀₁₈		43,9	5,5
Gesamt ₂₀₁₈	850,9	102,9	43,1
¹ Alle Sektoren ² Landwirtschaft Datenquelle 2018:(UBA, 2020)			

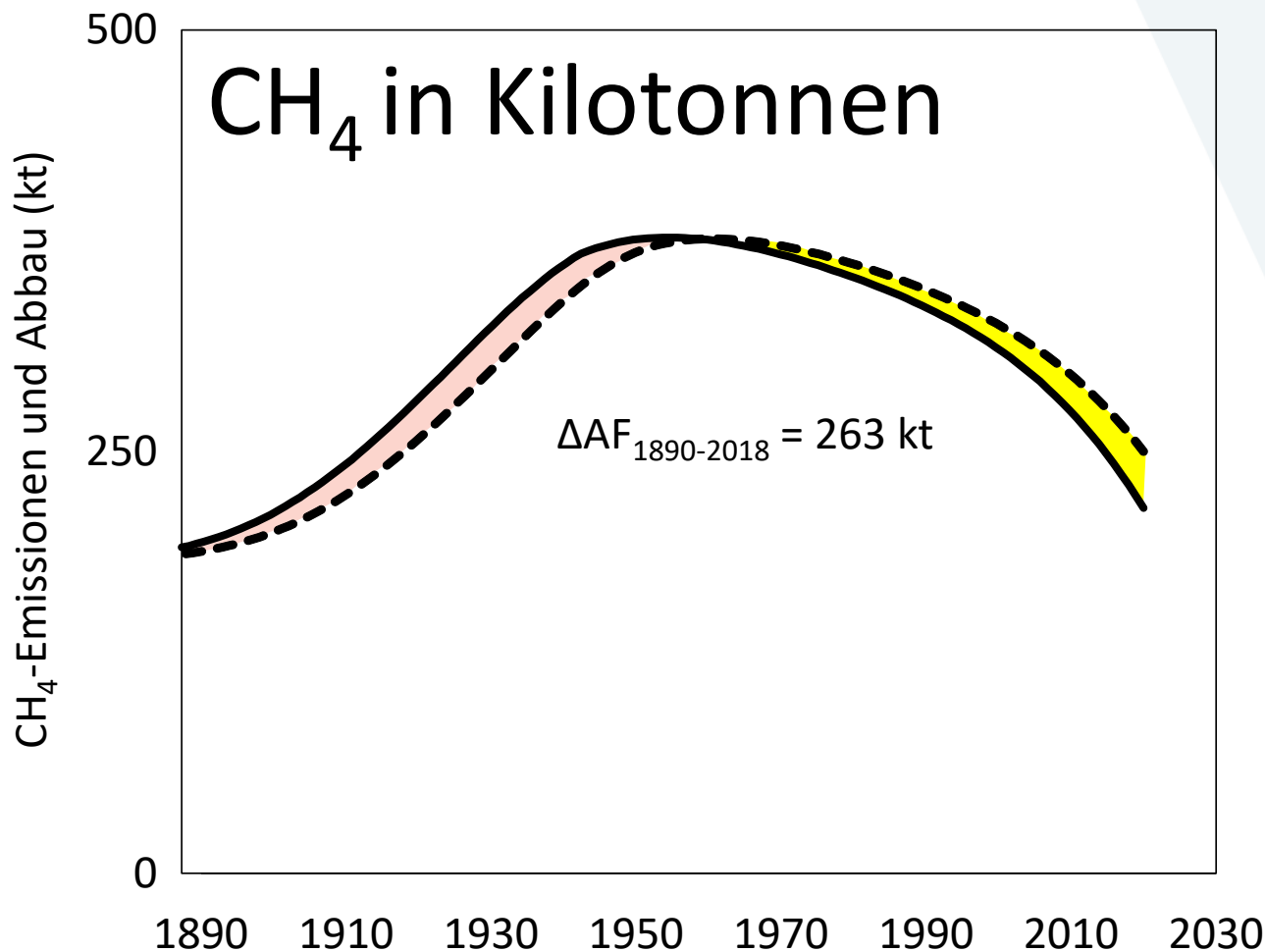
b1.) Bestimmung der Wirkungssumme von 1890 bis 2018 – CO₂



b2.) Bestimmung der Wirkungssumme von 1890 bis 2018 – N₂O



b3.) Bestimmung der Wirkungssumme von 1890 bis 2018 – CH₄



Siehe dazu auch:

Lynch, J.; Cain, M.; Pierrehumbert, R. und Allen, M. (2020):

Demonstrating GWP*:

a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and long-lived climate pollutants. Environmental Research Letters 15(4).

— Emission
- - - Kumulative
Bindung (LT 12)

Berechnung der zusätzlichen atmosphärischen Last

Veränderung der atmosphärischen Fracht zwischen 1890 und 2018 und ihre Bewertung als Treibhausgas in absoluter und relativer Form

	CO ₂ ¹	N ₂ O ¹	CH ₄ ²
		Mt	
Gesamtemission	4.754	1,663	40,167
Kumulative Bindung	-446	-1,218	-39,904
Atmosphärische Last	4.309	0,446	0,263

Umrechnung der TGH in CO₂e

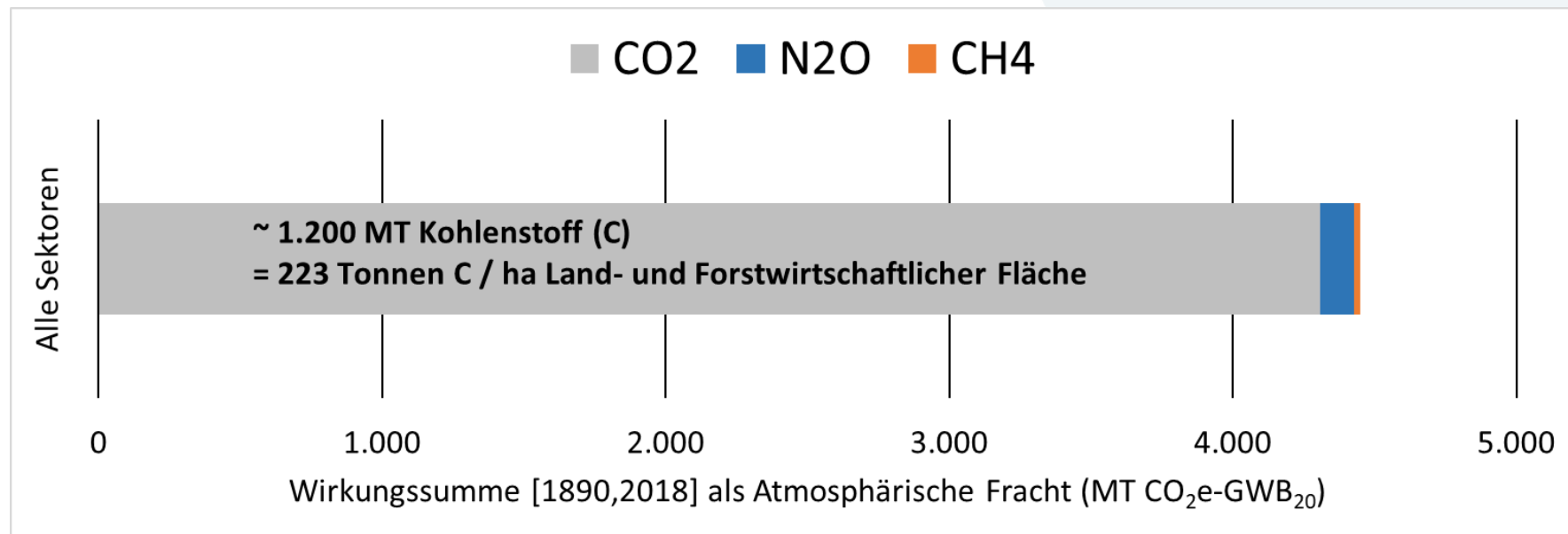
	CO ₂	N ₂ O Faktoren	CH ₄
GWP ₁₀₀	1	265	28
GWP ₂₀	1	264	84
	CO ₂ e	N ₂ Oe Mt	CH ₄ e
THG ₁₀₀	4.309	118	7
THG ₂₀	4.309	118	22

Normierung der THG und Bewertung der Wirkungsanteile

	CO ₂ e	N ₂ Oe %	CH ₄ e
THG ₁₀₀	97,17	2,66	0,17
THG ₂₀	96,86	2,65	0,50

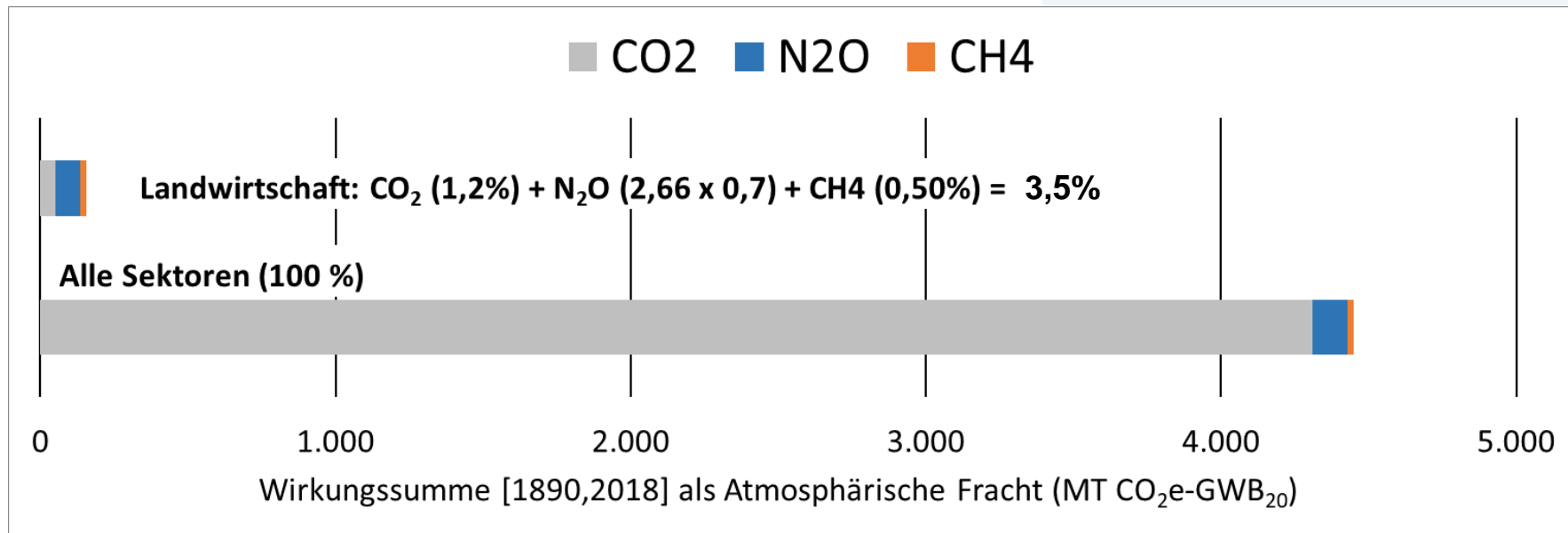
¹ Alle Sektoren, ² Landwirtschaft

Klimaerwärmung = C – Freisetzung. (Punkt!)



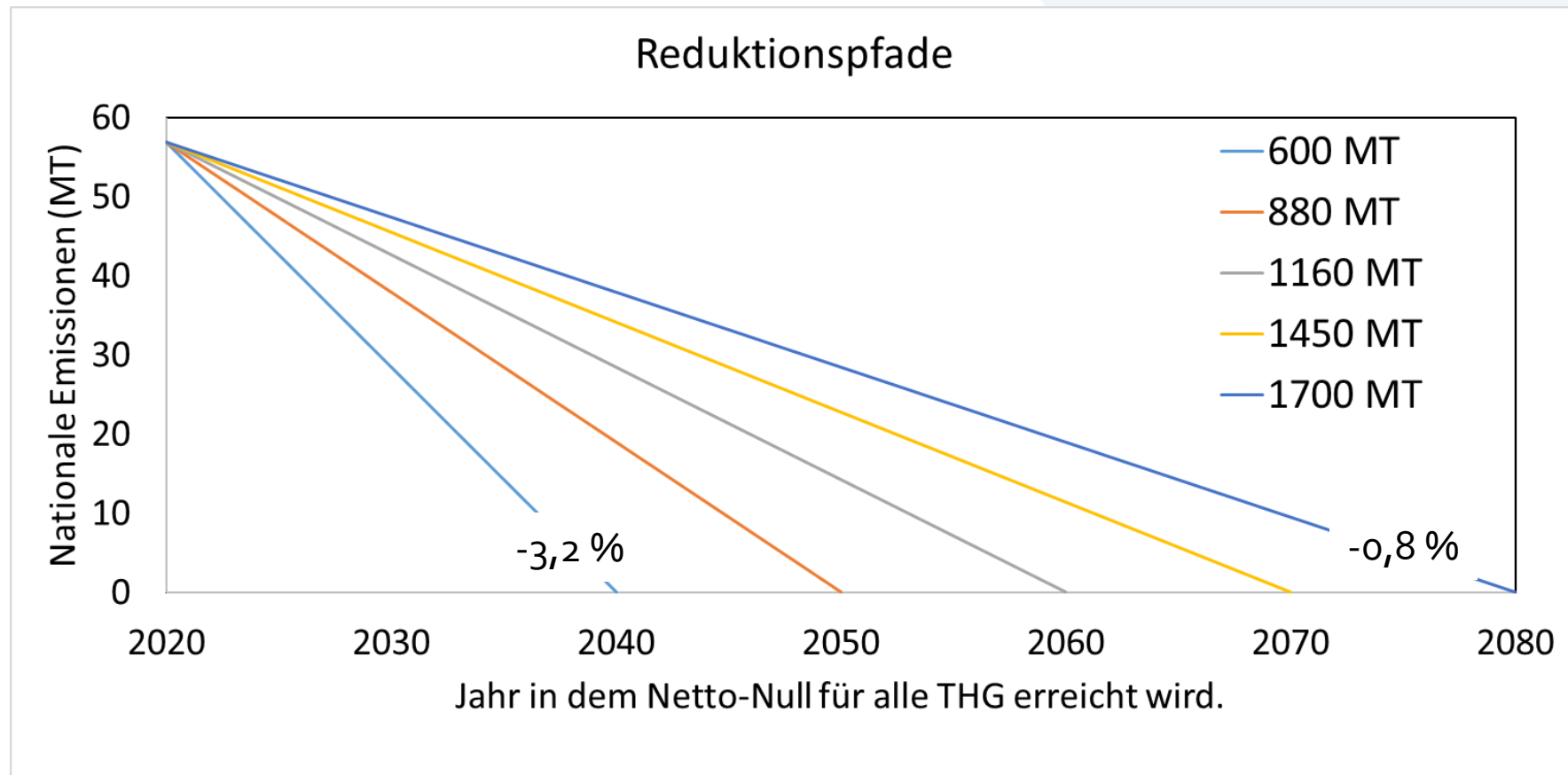
Biologische Bindung des emittierten fossile C ist in der Fläche der österreichischen Land- und Forstwirtschaft nicht möglich!

Zusätzliche atmosphärische Last der Landwirtschaft



Die Faktoren für den landwirtschaftlichen Anteil an CO₂ und N₂O stammen aus der nationalen Berichterstattung (UBA, 2020)

Der Effekt von -30% CH₄ hängt von der Entwicklung ab!



Zusammenfassend I → Österreich, alle Sektoren

Die IPCC-Guidelines ignorieren sowohl den atmosphärischen Abbau von Treibhausgasen als auch deren Dynamik in der vor- bzw. frühindustriellen Zeit. Das Grundkonzept der IPCC-Guidelines wurde in diesem Beitrag um beide Aspekte erweitert. Dies führt zu folgenden Ergebnissen:

- Mindestens 97 % der zusätzlichen Treibhausgasemissionen ab 1890 (4.309 MT CO₂e) werden direkt durch die C-Freisetzung aus fossiler Energie ausgelöst. Ein zurück gibt es nicht mehr: Zur Bindung dieser C-Fracht müsste jeder m² land- bzw. forstwirtschaftlichen Boden in Österreich 22,3 kg C zusätzlich aufnehmen → Unmöglich! Die Reduktion von fossilem C ist somit, ungeachtet der Sektoren, die zentrale Aufgabe zur Eindämmung der weiteren Klimaerwärmung.
- Für alle Treibhausgase wurden Netto-Null-Frachten berechnet. CH₄ aus der Landwirtschaft erreicht diesen Wert beinahe. Die Wiederkäuerhaltung in Österreich ist damit bald klimaneutral. Für N₂O ist einiges möglich.

Zusammenfassend II → Österreich, alle Sektoren

- Der Anteil der Landwirtschaft an der zusätzlichen atmosphärischen Fracht beträgt 3,5 %. Das ist auch der wirklich Beitrag zur Klimaerwärmung.
- Aspekte die über den nationalen Bilanzierungsrahmen hinausgehen, etwa LULUCF die im Ausland ausgelöst werden, wurden nicht interpretiert. Allerdings ist klar, das deren Fracht ebenso teuer ist wie die fossile C-Freisetzung.

Empfehlungen an die Landwirtschaft in Österreich

- LULUCF sind gegen null zu führen.
- Der direkte, fossile Energiebedarf ist auf die Erzeugung von unbedingt notwendiger Kraft zu reduzieren. Biologisch autonome Prozesse sollen nicht systematisch durch technologische ersetzt werden. Dezentrale Lösungen reduzieren den Transportaufwand. Die Erzeugung alternativer Kraftstoffe ist innerhalb des Sektors möglich. Indirekte Aufwendungen können durch alternative Bauweisen und lange Nutzungszyklen reduziert werden.
- Die Methanogenese in Österreich leistet keinen nennenswerten Beitrag zur Klimaerwärmung. Im Focus steht nun eher Denitrifikation. Diese kann durch die Senkung des N-Pools im Boden und durch eine hohe Bodenqualität aber skaliert werden.
- Im Kontext zu allen anderen Umweltwirkungen empfehlen wir die Umsetzung des Konzeptes einer „Standortgerechten Landwirtschaft“!



„Es ist immer der richtige Zeitpunkt, um das Richtige zu tun.“ (M.L. King 1929-1968)