



Nicht energiebedingte Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022

Dr.-Ing. Grüttner Energie • Umwelt • Strategie GmbH
18239 Hohen Luckow
Bützower Straße 1 a

Rostock / Hohen Luckow, 26. April 2026

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungen	6
0. Zusammenfassung	7
1. Ausgangspunkte.....	12
2. Datenbasis und methodische Aspekte.....	14
2.1 Datenbasis.....	14
2.2 Methodische Aspekte	15
3. Treibhausgasemissionen der Industrie	17
3.1 Bilanzierung der prozessbedingten CO ₂ -Emissionen gemäß LAK-Methodik	17
3.1 Methodischer Ansatz zur Emissionsberechnung	18
3.2 Treibhausgasemissionen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern	19
4. Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft	23
4.1 Treibhausgasemissionen im Überblick.....	24
4.2 CO ₂ -Emissionen der Landwirtschaft.....	27
4.3 CH ₄ -Emissionen der Landwirtschaft.....	28
4.4 N ₂ O-Emissionen der Landwirtschaft	29
4.5 Weitere Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft.....	32
5. Treibhausgasemissionen aus LULUCF.....	33
5.1 Treibhausgasemissionen und Landnutzungsänderungen im Überblick	33
5.2 Exkurs: Treibhausgasemissionen aus Mooren in Mecklenburg-Vorpommern.....	39
5.3 Treibhausgasemissionen Wald.....	42
5.4 Treibhausgasemissionen Ackerland.....	44
5.5 Treibhausgasemissionen Grünland.....	46
5.6 Treibhausgasemissionen Feuchtgebiete.....	48
5.7 Treibhausgasemissionen Siedlungen	52
5.8 Treibhausgasemissionen – Bindung in langlebigen Holzprodukten	54
6. Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser	57
7. Literatur- und Quellenverzeichnis	61
Anhang	64
A.1 Landnutzungsmatrizen 2021 und 2022.....	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nicht energiebedingte Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2022	10
Abbildung 2: Struktur der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2022	11
Abbildung 3: Treibhausgasemissionen der Industrie nach Branchen 2017 bis 2022	21
Abbildung 4: Treibhausgasemissionen der Industrie nach Branchen von 2013 bis 2022	22
Abbildung 5: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022	25
Abbildung 6: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft nach Gasen von 1990 bis 2022	26
Abbildung 7: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft nach Bereichen von 1990 bis 2022	26
Abbildung 8: CO ₂ -Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2022	27
Abbildung 9: CH ₄ -Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2022	30
Abbildung 10: N ₂ O-Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2022	30
Abbildung 11: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 und 2022 nach Kategorien	35
Abbildung 12: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 und 2022 nach Pools	35
Abbildung 13: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 (schematisch)	36
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 1990 bis 2022 (ohne Holzprodukte)	37
Abbildung 15: Landnutzungsänderungen 2021 (ab 100 ha, schematisch)	38
Abbildung 16: Landnutzungsänderungen 2021 und 2022	39
Abbildung 17: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Wald von 1990 bis 2022	44
Abbildung 18: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Ackerland von 1990 bis 2022	46
Abbildung 19: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Grünland von 1990 bis 2022	48
Abbildung 20: off-site-Treibhausgasemissionen aus dem Torfabbau von 1990 bis 2022	51
Abbildung 21: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Feuchtgebiete von 1990 bis 2022	51
Abbildung 22: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Siedlungen von 1990 bis 2022	54
Abbildung 23: Treibhausgasemissionen Abfall und Abwasser 2021 und 2022	59
Abbildung 24: Treibhausgasemissionen Abfall und Abwasser von 1990 bis 2022	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nicht energiebedingte Treibhausgasemissionen 2021 und 2022	8
Tabelle 2: Treibhausgasemissionen der Industrie in Deutschland 2021	18
Tabelle 3: Treibhausgasemissionen der Industrie in Deutschland 2022	19
Tabelle 4: Treibhausgasemissionen der Industrie in Deutschland 2021 und 2022	19
Tabelle 5: DEHSt-Treibhausgasemissionen der Industrie von 2013 bis 2022.....	22
Tabelle 6: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022.....	24
Tabelle 7: CO ₂ -Emissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022.....	28
Tabelle 8: CH ₄ -Emissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022.....	29
Tabelle 9: N ₂ O-Emissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022	31
Tabelle 10: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 und 2022	34
Tabelle 11: Treibhausgasemissionen im LULUCF-Pool „Organische Böden“ 2021 und 2022	41
Tabelle 12: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Wald 2021 und 2022	43
Tabelle 13: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Ackerland 2021 und 2022.....	45
Tabelle 14: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Grünland 2021 und 2022.....	47
Tabelle 15: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Feuchtgebiete 2021 und 2022.....	49
Tabelle 16: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Siedlungen 2021 und 2022	53
Tabelle 17: Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten in Deutschland 2021 und 2022	55
Tabelle 18: Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser 2021 und 2022	59

Abkürzungen

AFOLU	- Land- und Forstwirtschaft, sonstige Landnutzung (<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i>),
BIP	- Bruttoinlandsprodukt,
BWI	- Bundeswaldinventur,
BZE	- Bodenzustandserhebung,
CRF	- Gemeinsames Berichtsformat (<i>common reporting format</i>),
D	- Deutschland,
DEHSt	- Deutsche Emissionshandelsstelle,
DOM	- Tote organische Substanz (<i>dead organic matter</i>),
EE	- Erneuerbare Energie(n),
EEV	- Endenergieverbrauch,
EF	- Emissionsfaktor,
EW	- Einwohner,
GHG	- Treibhausgas (<i>green house gas</i>),
GWP	- relatives Treibhausgaspotenzial (<i>Global Warming Potential</i>),
IPCC	- Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>),
KTBL	- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.,
LULUCF	- Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (<i>land use, land-use change and forestry</i>),
HWP	- Holzprodukte (<i>harvested wood products</i>),
IPPU	- Industrieprozesse und Produktnutzung (<i>Industrial Processes and Product Use</i>),
ODS	- Ozon abbauende Stoffe (<i>ozone-depleting substances</i>),
MBA	- Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung,
MV	- Mecklenburg-Vorpommern,
NIR	- Nationaler Inventarbericht (<i>national inventory report</i>),
NMVOC	- Flüchtige organische Verbindungen (<i>non-methane volatile organic compounds</i>),
PEV	- Primärenergieverbrauch,
THG	- Treibhausgas,
UBA	- Umweltbundesamt,
UGRdL	- Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder,
VET	- Tabelle der geprüften Emissionen (<i>verified emissions table</i>),
VGRdL	- Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder

Berücksichtigte Treibhausgase:

CO ₂	- Kohlendioxid (relatives Treibhauspotential 1),
CH ₄	- Methan (relatives Treibhauspotential 28),
N ₂ O	- Lachgas (relatives Treibhauspotential 265),
CO _{2,äq.}	- kohlendioxidäquivalente Treibhausgasemission

0. Zusammenfassung

Gegenstand des vorliegenden Berichtes ist die Berechnung, Analyse und Darstellung der Treibhausgasemissionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2021 und 2022, soweit diese nicht energiebedingt sind. Damit wird das Treibhausgasinventar des Landes vervollständigt, für das seit 1990 die energiebedingten CO₂-Emissionen (zuletzt /1/) sowie die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen in dem Zeitraum von 1990 bis 2020 vorliegen /2/.

Die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen umfassen insbesondere die prozessbedingten Emissionen der Industrie, die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft, die aus der Landnutzung, aus Landnutzungsänderungen und aus der Forstwirtschaft (LULUCF) resultierenden Treibhausgasemissionen sowie die Emissionen aus Abfall und Abwasser. Diese Quellen und Senken von Treibhausgasen entsprechen zugleich den vier CSR-Sektoren, die zusammen mit dem Energiesektor Gegenstand des nationalen Treibhausgasinventars¹ sind, welches regelmäßig von dem *Umweltbundesamt* (UBA) für Deutschland erstellt wird.

Im vorliegenden Bericht werden insbesondere die Emissionen der drei wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) untersucht. Um diese für das Land Mecklenburg-Vorpommern darstellen zu können, wurde neben den nationalen Treibhausgasinventaren der letzten Jahre eine Vielzahl von Datenquellen herangezogen. Dort für die Landesebene nicht verfügbare Daten wurden hier für Mecklenburg-Vorpommern ergänzend berechnet bzw. abgeschätzt.

Die Berechnung des nationalen Treibhausgasinventars basiert ebenso wie die Berechnung der Inventare der Bundesländer wesentlich auf den methodischen Vorgaben des IPCC, die in den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ und deren Folgedokumenten dargelegt sind. Danach erfolgt die Berechnung der Emissionen allgemein als Produkt aus Aktivitätsdaten und aus Emissionsfaktoren, welche die spezifischen, mit einer Aktivität verbundenen Emissionen angeben, beispielsweise in der Industrie die auf eine bestimmte Produktionsmenge bezogenen Emissionen. Teilweise gehen die der Berechnung des nationalen Treibhausgasinventars zugrunde liegenden Methoden weit über die IPCC-Vorgaben hinaus, indem eigens dafür entwickelte Modelle wie das Modell GAS-EM in dem CRF-Sektor Landwirtschaft eingesetzt sowie landesspezifische Emissionsfaktoren zugrunde gelegt werden. Diese sind durch eine Vielzahl von Studien und Untersuchungen untersetzt und begründet. Nur in wenigen Bereichen werden sogenannte Default-Parameter und Emissionsfaktoren des IPCC genutzt.

Die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „2. Industrie“ liegen nur für Deutschland insgesamt vor. Zwar bilanziert auch der *Länderarbeitskreis Energiebilanzen* (LAK) die prozessbedingten CO₂-Emissionen der Industrie, diese sind in der Summe über alle Bundesländer jedoch deutlich kleiner als die in dem nationalen Treibhausgasinventar angegebenen CO₂-Emissionen. Daher bestand die Notwendigkeit der Berechnung dieser Emissionen für das Land Mecklenburg-Vorpommern. Dazu wurden neben den erstmals durch das *Statistische Amt Mecklenburg-Vorpommern* bereitgestellten (Aktivitäts-)Daten sowie dem nationalen Treibhausgasinventar auch anlagenbezogene Emissionsdaten der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (DEHSt) herangezogen. Diese Daten ermöglichten zum einen eine Ermittlung der prozessbedingten CO₂-Emissionen der Industrie gemäß der LAK-Methodik und zum anderen eine Abschätzung der prozessbedingten Treibhausgasemissionen der acht besonders relevanten Industriebranchen in Mecklenburg-Vorpommern. Insgesamt beliefen sich diese Treibhausgasemissionen 2021 und 2022 auf 4,166 bzw. 4,829 kt gemäß der LAK-Methodik und auf 252,3 bzw. 222,1 kt CO₂-äq. gemäß Aufteilung des nationalen Treibhausgasinventars. Das waren in den beiden Jahren jeweils 3,0 Prozent der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landes, Tabelle 1. Die Treibhausgasemissionen der beiden Jahre unterschieden sich sowohl in der Höhe als auch in der Branchenstruktur nur wenig (Abschnitt 3).

¹ Die im ANNEX I der Klimarahmenkonvention benannten Staaten legen dem Sekretariat der Konvention jährlich ein Inventar ihrer Treibhausgase vor, darunter insbesondere Angaben zu CO₂, N₂O und CH₄.

Tabelle 1: Nicht energiebedingte Treibhausgasemissionen 2021 und 2022

CRF-Sektor	2021		2022	
	kt CO _{2,eq.}	%	kt CO _{2,eq.}	%
1	2	3	4	5
2. Industrie	252,3	2,4	222,1	1,9
3. Landwirtschaft	2.732,2	25,7	2.708,6	23,8
4. LULUCF ¹⁾	7.536,1	70,9	8.361,0	73,3
5. Abfall und Abwasser	114,4	1,1	109,2	1,0
gesamt	10.635,0	100,0	11.400,9	100,0

¹⁾ LULUCF - Landnutzung, -sänderung und Forstwirtschaft, einschließlich Holzprodukte

Die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „3. Landwirtschaft“ liegen sowohl für Deutschland insgesamt als auch für die einzelnen Bundesländer vor. Diese Treibhausgasinventare wurden hier für Mecklenburg-Vorpommern ausgewertet, analysiert und dargestellt. Danach setzten sich diese Treibhausgasemissionen beim Einsatz von Düngemitteln wesentlich aus CO₂-Emissionen, in der Tierhaltung aus CH₄-Emissionen und bei den landwirtschaftlichen Böden aus N₂O-Emissionen zusammen. Insgesamt beliefen sich die landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern in den Berichtsjahren 2021 und 2022 auf 2.732,3 bzw. 2.708,6 kt CO_{2,äq.}. Das waren 25,7 bzw. 23,8 Prozent der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landes (Abschnitt 4).

Auch die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „4. Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft“ (LULUCF) liegen für Deutschland insgesamt und weitgehend auch für die einzelnen Bundesländer vor. Länderbezogene Daten zu den Treibhausgasemissionen fehlen zum Torfabbau (off-site-Emissionen aus der Ausbringung von Torf) und zu den in langlebigen Holzprodukten (HWP) gebundenen Treibhausgasemissionen. Insgesamt bestehen die LULUCF-Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern überwiegend aus CO₂, für das der Wald bislang eine bedeutende Senke war², während das Grünland und das Ackerland bedeutende Quellen darstellten. Die CH₄-Emissionen des Landes resultierten überwiegend aus den Wäldern und aus dem Ackerland, während bei den N₂O-Emissionen wiederum das Grünland die bedeutendste Quelle bildete. Insgesamt beliefen sich die LULUCF-Treibhausgasemissionen des Landes in den beiden Berichtsjahren 2021 und 2022 auf 7536 bzw. 8361 kt CO_{2,äq.} entsprechend 70,9 bzw. 73,3 Prozent der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landes. Darin enthalten sind die Treibhausgasemissionen aus dem im Land

² Diese und die im Weiteren für die Wälder Mecklenburg-Vorpommerns angegebenen Treibhausgasemissionen wurden wir in den vergangenen Jahren aus der bundeseinheitlichen Bilanzierung der Emissionen von Landnutzungsänderungen übernommen. Diese wird jährlich vom Johann Heinrich von Thünen-Institut in Göttingen durchgeführt und ist methodisch mit der Berechnung des Bundesinventars (NID 2025) identisch. Dort sind allerdings in den letzten Jahren erhebliche methodische Veränderungen vorgenommen worden, weshalb die hier angegebenen Emissionen nur bedingt mit früheren Treibhausgasberichten des Landes vergleichbar sind. Zudem liegen der bundeseinheitlichen Bilanzierung der Treibhausgasemissionen von Wäldern neben Landnutzungsmatrizen weitere, aus Bundeswaldinventuren abgeleitete Daten wie Emissionsfaktoren zugrunde. Solche Daten werden dort jedoch nicht auf der Ebene der Bundesländer regionalisiert, sondern nur großräumig nach den Forstlichen Großlandschaften. Die angegebenen Veränderungen der Treibhausgasemissionen resultieren also mindestens teilweise aus großräumigen Waldveränderungen, welche deutlich von der Entwicklung der Wälder in Mecklenburg-Vorpommern abweichen.

vorhandenen Wald, die sich 2021 auf 674 und 2022 auf 745 kt CO_{2,äq.} beliefen. Die CO₂-Senkenfunktion der Holzprodukte ist sehr klein und zudem mit großen Unsicherheiten behaftet (Abschnitt 5).

Die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „5. Abfall und Abwasser“ liegen nur für Deutschland insgesamt vor. Deshalb wurden die nationalen Treibhausgasemissionen hier herangezogen, um anhand geeigneter Kennziffern die Teile der nationalen Emissionen abzuschätzen, welche auf das Land Mecklenburg-Vorpommern entfielen. Die Treibhausgasemissionen dieses CRF-Sektors bestanden sowohl in Deutschland als auch in Mecklenburg-Vorpommern überwiegend, das heißt zu ca. 60 Prozent aus den CH₄-Emissionen, welche aus der Abfalldeponierung resultierten. Hinzu kamen CH₄-Emissionen aus der biologischen Behandlung von festen Abfällen sowie aus der Abwasserbehandlung. Außerdem entstehen in diesen beiden Kategorien auch N₂O-Emissionen. Diese beiden Bereiche hatten in den beiden Berichtsjahren 2021 und 2022 einen Anteil von ca. 50 bzw. 40 Prozent an den gesamten Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors. Schließlich trägt auch die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) zu den CH₄-Emissionen und zu den N₂O-Emissionen bei, allerdings in einem relativ geringen Umfang von weniger als ein Prozent. CO₂-Emissionen werden in dem nationalen Treibhausgasinventar für diesen CRF-Sektor nicht ausgewiesen, weshalb auch für das Land Vorpommern keine CO₂-Emissionen berechnet wurden. Insgesamt beliefen sich die Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 auf 114,4 bzw. 109,2 kt CO_{2,äq.}. Das entsprach einem Prozent der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landes (Abschnitt 6).

Insgesamt beliefen sich die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen Mecklenburg-Vorpommerns in den beiden Berichtsjahren 2021 und 2022 auf 10.635 bzw. auf 11.401 kt CO_{2,äq.}.

Die Analyse der Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Landes in den einzelnen CRF-Sektoren zeigte, dass die Treibhausgasemissionen in der Industrie in den zurückliegenden fünf Jahren relativ konstant geblieben sind. In der Landwirtschaft des Landes waren die Treibhausgasemissionen in den Jahren von 1995 bis 2014 leicht angestiegen. Seitdem lassen sie in den letzten Jahren einen leichten, aber kontinuierlichen Rückgang erkennen. Die Treibhausgasemissionen aus LULUCF, die in den ersten Jahren nach 1990 zunächst zurückgegangen waren, sind seit Mitte der 1990er Jahre wieder angestiegen und hatten 2003 einen Höchstwert erreicht. Einem anschließenden Rückgang bis 2017 folgte dann wieder ein Anstieg, wobei sie sich 2018 gegenüber dem Vorjahr verdoppelt haben. Dieser Zuwachs resultiert weniger aus Landnutzungsänderungen als vielmehr aus Veränderungen bei den Methoden und Emissionsfaktoren, die im nationalen Treibhausgasinventar verwendet werden, wonach sich die Wälder und die Forstwirtschaft in weiten Teilen Deutschlands von einer Senke zu einer Quelle für Treibhausgase verändert haben³. Die Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser sind seit Beginn der 1990er Jahre rückläufig, wobei sie bis zum Jahr 2000 zunächst sehr schnell auf weniger als die Hälfte der Emissionen des Jahres 1990 sanken. Seitdem sinken sie langsamer und haben 2015 ca. 15 Prozent der Emissionen von 1990 erreicht. Gegenwärtig belaufen sich die jährlichen Emissionen aus Abfall und Abwasser auf ca. 100 kt CO_{2,äq.}.

In der Gesamtentwicklung der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landes kann ausgehend von 13,0 Mio. t CO_{2,äq.} im Jahr 1990 gegenwärtig keine eindeutige Tendenz festgestellt werden: In den Jahren von 2007 bis 2016 waren sie mit durchschnittlich 8,7 Mio. t CO_{2,äq.} relativ konstant. Für 2017 wurden dagegen nur 7,3 Mio. t CO_{2,äq.} bilanziert. 2018 beliefen sich die Emissionen dann 12,6 Mio. t CO_{2,äq.} und die Treibhausgasemissionen der letzten Jahre bis einschließlich 2022 waren mit 10,5 bis 12,5 Mio. t CO_{2,äq.} kaum geringer⁴, Abbildung 1.

³ Vergleiche Fußnote 2.

⁴ Die Treibhausgasemissionen von Industrie und Holzprodukten wurden bislang nicht über den gesamten Zeitraum berechnet, sondern erstmals für die beiden Jahre 2017 und 2018 /1/. Für die Darstellung der Entwicklung der Treibhausgasemissionen insgesamt wurde in den beiden Bereichen der jeweilige Mittelwert der Treibhausgasemissionen der beiden Jahre 2017 und 2018 als erste Näherung für die Treibhausgasemissionen aller Vorjahre zugrunde gelegt. Diese Näherung erscheint wegen der geringen prozentualen Anteile

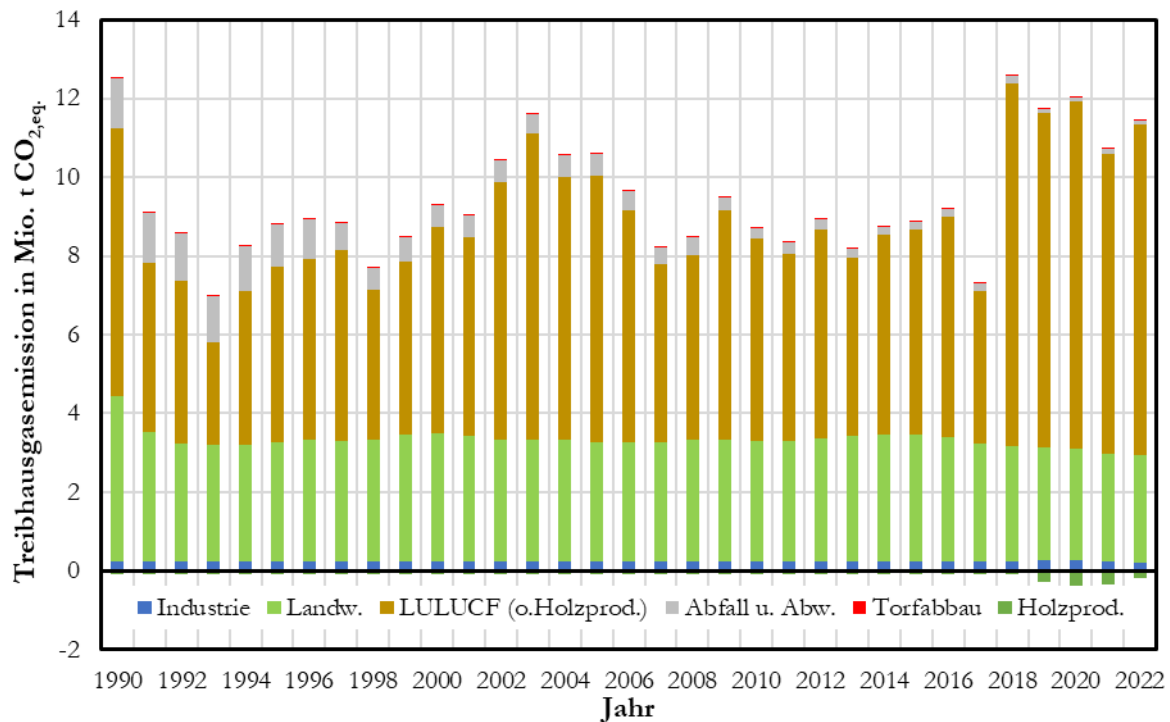


Abbildung 1: Nicht energiebedingte Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2022

Die Anteile der Treibhausgasemissionen der einzelnen CRF-Sektoren an den Gesamtemissionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern haben sich von 1990 bis 2022 zwar nur wenig, aber doch mit feststellbaren Tendenzen verändert, Abbildung 2: Der Anteil der Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser ist von 1990 bis 2022 von 10 auf unter 1 Prozent gesunken. Der Anteil der Landwirtschaft schwankte zwar von Jahr zu Jahr, war aber über größere Zeiträume betrachtet bis 2017 mit ca. 35 Prozent relativ konstant. In den letzten fünf Jahren belief er sich dagegen nur auf ca. 25 Prozent. Diese Veränderung resultiert aus der Entwicklung der LULUCF-Emissionen: Deren Anteil war über viele Jahre mehr oder weniger kontinuierlich auf ca. 60 Prozent gestiegen. Erst seit fünf Jahren beläuft sich dieser Anteil auf ca. 73 Prozent. Der Anteil der Industrie war über den gesamten Zeitraum sehr klein. Er belief sich 1990 auf 2 Prozent und betrug auch 2022 nur knapp 2 Prozent.

der beiden Bereiche an den gesamten Treibhausgasemissionen des Landes als vertretbar und wird auch durch die für die Folgejahre berechneten Treibhausgasemissionen nicht in Frage gestellt. Diese Näherung ist perspektivisch jedoch besonders für die Industrie und dort besonders für die ersten Jahre nach 1990 zu überprüfen.

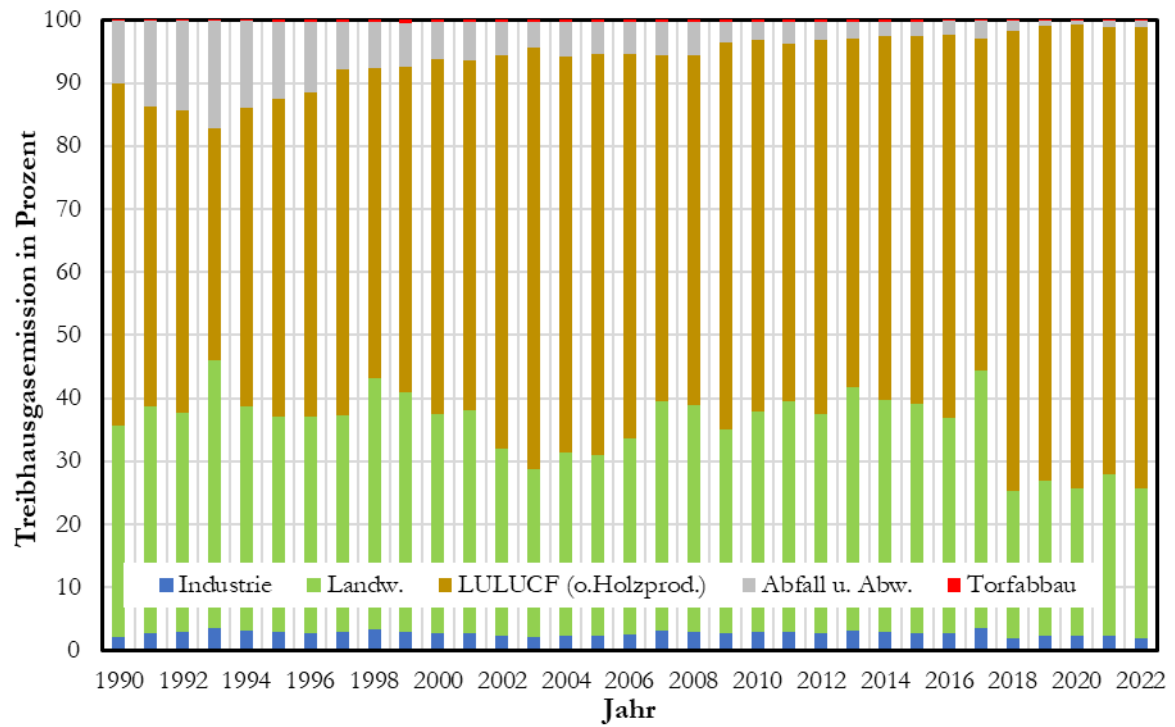


Abbildung 2: Struktur der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2022

1. Ausgangspunkte

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen der Erarbeitung des Energieberichts des Landes Mecklenburg-Vorpommern 2023-2024 /4/ erstellt. Gegenstand sind die Treibhausgasemissionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2021 und 2022, soweit sie nicht energiebedingt sind.

Die Berechnung und die Analyse dieser Treibhausgasemissionen umfasst die drei wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) sowie die sogenannten F-Gase in der Industrie. Sie erfolgt entsprechend der Gliederung der CRF-Sektoren, welche auch der nationalen Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll zugrunde liegt /3/:

1. Energie⁵ :
 - aus der Verfeuerung von Brennstoffen
 - A. Mineralöle
 - B. Erdgas und Grubengas
 - C. Steinkohlen, Gicht- und Kokereigas
 - D. Braunkohlen
 - E. Sonstige und
 - diffuse (flüchtige) Emissionen
2. Industrie (aus Prozessen):
 - A. Mineralische Industrie
 - B. Chemische Industrie
 - C. Herstellung von Metall
 - D. Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen
 - E. Elektronikindustrie
 - F. Anwendungen als ODS-Ersatzstoff
 - G. Andere Produktherstellung und -verwendungen
 - H. Andere
3. Landwirtschaft:
 - A. Fermentation
 - B. Düngewirtschaft
 - C. Reisanbau⁶
 - D. Landwirtschaftliche Böden
 - E. Brandrodung
 - F. Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche
 - G. Kalkung
 - H. Harnstoffanwendung
 - I. Andere kohlenstoffhaltige Düngemittel
 - J. Andere
4. Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft:
 - A. Wälder
 - B. Ackerland
 - Ackerland mit annuellen Kulturen
 - Ackerland mit perennierenden Kulturen
 - C. Grünland
 - Grünland im engeren Sinne
 - Gehölze
 - D. Feuchtgebiete
 - Terrestrische Feuchtgebiete

⁵ Die Treibhausgasemissionen dieses Sektors werden hier nicht betrachtet, sondern sind in /1/ dargestellt.

⁶ Emissionen aus dem Reisanbau (3.C) kommen in Deutschland nicht vor. Brandrodung (3.E) wird in Deutschland nicht praktiziert. Das flächendeckende Verbrennen von landwirtschaftlichen Rückständen (3.F) ist in Deutschland bereits seit Beginn des Emissionsberichtszeitraums ab 1990 untersagt /5/, S. 450/523.

- Gewässer
- Torfabbau
- E. Siedlungen
- F. Sonstiges Land
- G. Holzprodukte
- H. Andere Bereiche sowie

5. Abfall und Abwasser:

- A. Abfalldeponierung
- B. Biologische Behandlung von festen Abfällen
- C. Abfallverbrennung⁷
- D. Abwasserbehandlung
- E. Andere.

Bei der Analyse der Treibhausgasemissionen wurde nach Möglichkeit auf vorhandene Daten zurückgegriffen, die besonders in den CRF-Sektoren „3. Landwirtschaft“ und „4. LULUCF“ auf der Ebene der Bundesländer und somit auch für Mecklenburg-Vorpommern vorliegen: Die Treibhausgasemissionen dieser Sektoren werden regelmäßig durch das *Johann Heinrich von Thünen-Institut* in Braunschweig für alle Bundesländer zentral und einheitlich berechnet und fließen in die nationale Berichterstattung ein. Eigene ergänzende Berechnungen wurden insbesondere dort durchgeführt, wo solche – auf die Bundesländer bezogenen – Daten zu Treibhausgasemissionen nicht vorliegen. Dies gilt neben den gesamten CRF-Sektoren „2. Industrie“ und „5. Abfall und Abwasser“ auch für die unter den CRF-Sektor „4. LULUCF“ berichteten Emissionen und Entnahmen von Treibhausgasen, welche mit dem Torfabbau und mit der Herstellung langlebiger Holzprodukte verbunden sind.

Im Folgenden werden zunächst die Datenbasis sowie grundlegende methodische Aspekte für die Berechnung und Analyse der Treibhausgasemissionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2021 und 2022 beschrieben (Abschnitt 2). Anschließend werden für die einzelnen CRF-Sektoren die Ergebnisse der Analysen und der gegebenenfalls durchgeführten ergänzenden Berechnungen dargestellt (Abschnitte 3, 4, 5 und 6). Zuletzt werden die Ergebnisse zusammengefasst (Abschnitt 7) und die verwendeten Quellen angegeben (Abschnitt 8).

⁷ Die anlagenbasierte Abfallverbrennung erfolgt in Deutschland entweder vollständig unter energetischer Nutzung oder ist den Krematorien zuzuordnen. Die bei der Abfallverbrennung mit energetischer Nutzung entstehenden Emissionen werden zur Vermeidung von Doppelzählungen im CRF-Sektor „1. Energie“ berichtet /5/, S. 721. Ansonsten werden in dem nationalen Treibhausgasinventar unter „5.C Abfallverbrennung“ nur Emissionen für solche Treibhausgase berichtet, die hier nicht berücksichtigt werden (zum Beispiel NMVOC).

2. Datenbasis und methodische Aspekte

Im folgenden Abschnitt werden zunächst die für die Analyse der Treibhausgasemissionen Mecklenburg-Vorpommerns verwendete Datenbasis (Abschnitt 2.1) sowie die wesentlichen methodischen Aspekte ihrer Berechnungen (Abschnitt 2.2) beschrieben. Anschließend werden deren Ergebnisse, also die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern für die Jahre 2021 und 2022 dargestellt (Abschnitte 3 bis 6).

2.1 Datenbasis

Für die Berechnungen und Analysen der Treibhausgasemissionen wurde eine umfangreiche Datenbasis zusammengestellt. Diese enthält für Mecklenburg-Vorpommern und für Deutschland insgesamt neben Daten zur Bevölkerung, zur Wirtschaftsleistung, zum Energieverbrauch und zur Energieerzeugung insbesondere Daten zu den Treibhausgasemissionen, die aus der Industrie, aus der Landwirtschaft, aus der Landnutzung bzw. aus Landnutzungsänderungen sowie aus der Abfall- und Abwasserwirtschaft resultieren. Zum Aufbau dieser Datenbasis wurden insbesondere die folgenden Datenquellen herangezogen:

- Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll - Nationale Inventarberichte zum Deutschen Treibhausgasinventar für verschiedene Jahre, zuletzt 1990 bis 2021 /5/,
- Daten des *Länderarbeitskreises Energiebilanzen* zu den prozessbedingten CO₂-Emissionen der Industrie,
- Daten der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (DEHSt) zu Treibhausgasemissionen und Anlagenverzeichnisse von emissionshandelspflichtigen Anlagen in Deutschland /6/,
- Berechnungen des *Johann Heinrich von Thünen-Instituts* in Braunschweig zu den Emissionen der deutschen Landwirtschaft von 1990 bis 2021 /7/, /8/ und zur Forst- und Holzwirtschaft /9/, /10/,
- länderspezifische Emissionsinventare, welche gemäß dem *Kyoto-Protokoll* für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) berichtet werden /11/,
- Daten der *Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder* (VGRdL - Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2024, Berechnungsstand Februar 2025)⁸ und der *Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder* (UGRdL - Indikatoren und Kennzahlen)⁹.

Die in dieser Datenbasis aufgebauten Treibhausgasinventare berücksichtigen besonders die drei wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O).

Die Treibhausgasemissionen wurden anhand ihres jeweiligen relativen Treibhauspotentials (Global Warming Potential - GWP) in miteinander vergleichbaren CO₂-Äquivalenten ausgewiesen (diese sind im Weiteren durch den Zusatz „CO_{2,äq.}“ gekennzeichnet). Die relativen Treibhausgaspotenziale betragen hier wie auch im nationalen Treibhausgasinventar für CO₂ 1, für CH₄ 28 und für N₂O 265¹⁰. Das relative Treibhauspotential berücksichtigt den Strahlungsantrieb, also die Änderung der Nettoeinstrahlung (Einstrahlung minus Ausstrahlung in W/m²), bis zu einem bestimmten Zeitpunkt. Der Fokus liegt allerdings zunehmend auf dem Globalen Temperaturänderungspotential (GTP), das auf der Änderung der globalen Oberflächentemperatur an einem ausgewählten Ort basiert.

⁸ Weiterführende Informationen sind verfügbar unter: <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl>.

⁹ Weiterführende Informationen sind verfügbar unter: <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl>.

¹⁰ Vgl. hierzu den Appendix 8.A, Table 8.A.1 in /12/ sowie die einschlägigen Rechtsakte der EU.

2.2 Methodische Aspekte

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die grundlegenden Methoden gegeben, welche von den Institutionen eingesetzt werden, die in Deutschland mit der jährlichen Erstellung des nationalen Treibhausgasinventars befasst sind. Spezielle methodischen Aspekte der Berechnung und Analyse des Treibhausgasinventars Mecklenburg-Vorpommerns werden im Anschluss daran bzw. einleitend zu den jeweiligen Abschnitten dargestellt, in denen die Ergebnisse dargestellt werden (Abschnitte 3 bis 6).

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Um die internationale Klimaschutzpolitik auf vergleichbaren nationalen Treibhausgasinventaren gründen zu können, hat der IPCC die *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ zur Erstellung und Berichterstattung dieser Treibhausgasinventare entwickelt. Diese Richtlinien beschreiben detailliert die Methoden und Daten, welche zur Bilanzierung der Treibhausgasemissionen angewandt werden sollen. Zugleich geben diese Richtlinien eine Struktur der Quellen und der Senken eines Landes vor, die aus den Sektoren Energie, Industrie, Land- und Forstwirtschaft und Landnutzungsänderungen, Abfall sowie aus anderen Quellen bestehen kann.

Zur Berechnung des Inventars eines jeden Sektors hat der IPCC jeweils verschiedene methodische Ansätze Tier 1 bis Tier 3 entwickelt, die sich besonders in der erforderlichen Daten- und Informationsmenge sowie in dem Grad ihrer analytischen Komplexität unterscheiden:

- Auf dem Level 1 werden die in den IPCC-Richtlinien beschriebene Gewinn-Verlust-Methode sowie Standard-Emissionsfaktoren und andere vom IPCC bereitgestellte Parameter verwendet.
- Auf dem Level 2 werden die Level-1-Methoden angewandt, jedoch unter Verwendung von nationalen, also länderspezifischen Emissionsfaktoren und -parametern. Gegebenenfalls sind stärker geschichtete Aktivitätsdaten erforderlich, falls die länderspezifischen Emissionsfaktoren und -parameter bestimmte Regionen und spezielle Kategorien beschreiben.
- Auf dem Level 3 eingesetzte Methoden sind Modelle höherer Ordnung, welche von fachlichen Institutionen bzw. Organisationen bereitgestellte Daten verwenden, die spezifisch auf die nationalen Gegebenheiten eines Landes zugeschnitten sind.

Darüber hinaus hat der IPCC in dem Zeitraum von 2014 bis 2019 „Ergänzungen 2019“ der *2006 IPCC Guidelines* entwickelt („Refinements“)¹¹. Diese *Ergänzungen 2019* sollen die *IPCC-Richtlinien 2006* nicht ersetzen, sondern in Verbindung mit diesen angewandt werden. Sie bieten

- ergänzende Methoden für Quellen und Senken von Treibhausgasen dort, wo Lücken identifiziert wurden oder wo neue Technologien und Produktionsprozesse entstanden sind, die berücksichtigt werden müssen,
- Methoden für Quellen und Senken, die von den *IPCC-Richtlinien 2006* nicht hinreichend abgedeckt wurden,
- aktualisierte Standardwerte für Emissionsfaktoren und andere Parameter, die auf den neuesten verfügbaren wissenschaftlichen Informationen basieren (dort, wo signifikante Unterschiede zu den in den *IPCC-Richtlinien 2006* angegebenen Standardwerten identifiziert wurden),
- zusätzliche oder alternative aktuelle Informationen und Anleitungen zur Klarstellung der bestehenden *IPCC-Richtlinien 2006*.

Die Struktur der *Ergänzungen 2019* entspricht der der *IPCC-Richtlinien 2006*, um den Inventar-Erstellern die Verwendung der *Ergänzungen 2019* zusammen mit den *IPCC-Richtlinien 2006* zu erleichtern. Sie enthalten ein Übersichtskapitel und die folgenden fünf methodischen Richtlinien:

¹¹ Quelle: <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>.

- Band 1: Allgemeine Anleitung und Berichterstattung,
- Band 2: Energie,
- Band 3: Industrielle Prozesse und Produktnutzung (IPPU),
- Band 4: Land- und Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU) und
- Band 5: Abfall.

In alle themenbezogenen methodischen Richtlinien wurden von dem IPCC zusätzliche Abschnitte aufgenommen.

3. Treibhausgasemissionen der Industrie

Gegenstand dieses Abschnitts sind die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „2 Industrie“, soweit solche in den Herstellungsprozessen entstehen, welche von der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern realisiert werden. Dabei werden neben den CO₂-Emissionen auch die CH₄-Emissionen und die N₂O-Emissionen sowie die Emissionen an fluorierten Treibhausgasen (F-Gase) berücksichtigt¹². Der CRF-Sektor „2 Industrie“ gliedert sich in folgende Branchen:

- A. Mineralische Industrie (Erstellung von Zementklinkern Kalk, Glas, Keramik etc.),
- B. Chemische Industrie,
- C. Herstellung von Metall,
- D. Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen,
- E. Elektronikindustrie,
- F. Anwendungen als ODS-Ersatzstoff,
- G. Andere Produktherstellung und -verwendungen sowie
- H. Andere (Zellstoff- und Papierherstellung).

Die Bilanzierung der prozessbedingten CO₂-Emissionen erfolgt zum einen gemäß der Methodik des *Länderarbeitskreises Energiebilanzen* (Abschnitt 3.1). Da die so bilanzierten CO₂-Emissionen in der Summe über alle Bundesländer wesentlich geringer sind als die vom *Umweltbundesamt* im nationalen Treibhausgasinventar ausgewiesenen Emissionen, wird zum anderen die Bilanzierung fortgeführt, die bereits in einem früheren Bericht zur Ermittlung der Emissionen der Jahre 2017 und 2018 entwickelt und angewendet wurde (Abschnitt 3.3). Der dabei zugrunde gelegte methodische Ansatz nutzt die Daten der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (Abschnitt 3.2). Dementsprechend werden mit diesem Ansatz alle Emissionen berücksichtigt, die von Emissionsquellen in Mecklenburg-Vorpommern im europäischen Emissionshandelssystem (EU-ETS) erfasst sind.

3.1 Bilanzierung der prozessbedingten CO₂-Emissionen gemäß LAK-Methodik

Für die Bilanzierung der prozessbedingten CO₂-Emissionen hat der *Länderarbeitskreis Energiebilanzen* eine Methodik entwickelt. Sie zieht als Aktivitätsdaten die jährlich hergestellten Produktmengen der relevanten Industriebranchen heran, welche in den Bundesländern regelmäßig durch die amtliche Produktionsstatistik erhoben werden (gemäß den aktuellen Güterverzeichnissen für Produktionsstatistiken GP 2009/GP 2019¹³). Diese Aktivitätsdaten werden mit branchenspezifischen CO₂-Emissionsfaktoren bewertet, welche das Umweltbundesamt aus der Erstellung der Treibhausgasinventare bereitstellt /5/, S. 243 ff., S. 884 ff. Die so berechneten CO₂-Emissionen der einzelnen Branchen können anschließend über alle Industriebranchen aufsummiert werden.

In den meisten Bundesländern werden diese prozessbedingten CO₂-Emissionen seit dem Jahr 1995 kontinuierlich berechnet. Für Mecklenburg-Vorpommern wurden sie erstmalig für die Jahre von 2017 bis 2020 ermittelt.

Da in Mecklenburg-Vorpommern in den zu berücksichtigenden Industriebranchen allerdings nur wenige Hersteller existieren, werden hier aus Datenschutzgründen nur die berechneten CO₂-Emissionen insgesamt angegeben, nicht jedoch die in den einzelnen Branchen produzierten Produktmengen und

¹² Insoweit geht die hier durchgeführte Bilanzierung der prozessbedingten Treibhausgasemissionen über die von dem Länderarbeitskreis Energiebilanzen veröffentlichten Emissionen hinaus, welche sich auf die prozessbedingten CO₂-Emissionen beschränken.

¹³ Weiterführende Informationen: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/klassifikation-gp-19.html>.

die damit verbundenen CO₂-Emissionen: Diese prozessbedingten Emissionen insgesamt beliefen sich im Durchschnitt der letzten fünf Jahre auf ca. 2.800 t CO₂. Für die Jahre 2021 und 2022 wurden CO₂-Emissionen in Höhe von 2.732 bzw. 2.709 t CO₂ berechnet.

3.1 Methodischer Ansatz zur Emissionsberechnung

Die gemäß LAK-Methodik berechneten prozessbedingten CO₂-Emissionen der Industrie sind über alle Bundesländer aufsummiert kleiner als die prozessbedingten Treibhausgasemissionen, welche vom *Umweltbundesamt* im nationalen Treibhausgasinventar für Deutschland berichtet werden und die neben Kohlendioxid weitere Treibhausgase umfassen. Deshalb wurde hier eine erweiterte Bilanzierung fortgeführt, welche bereits in dem vorhergehenden Bericht zur Ermittlung der Emissionen für die Jahre 2017 und 2018 angewandt wurde. Im Folgenden wird zunächst kurz die Methodik beschrieben, bevor die berechneten Treibhausgasemissionen selbst dargestellt werden (Abschnitt 3.3).

Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen der Industrie wurden Daten der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (DEHSt) für die Jahre von 2013 bis 2022 herangezogen /6/. Diese Daten beschreiben die jährlichen Treibhausgasemissionen aller Unternehmen, die zur Teilnahme an dem Emissionshandel verpflichtet sind (EU-ETS-1). Allerdings sind die Summen dieser Treibhausgasemissionen über alle Bundesländer ihrerseits größer als die in den nationalen Treibhausgasinventaren der betreffenden Jahre angegebenen Emissionsmengen. Dies begründet sich unter anderem durch unterschiedliche Abgrenzungen der erfassten Emissionen. So berücksichtigt das nationale Treibhausgasinventar im Gegensatz zu den von der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (DEHSt) angegebenen Emissionen beispielsweise für die Zementindustrie, also für die Herstellung von Zementklinkern, nur die rohstoffbedingten CO₂-Emissionen, welche direkt an die hergestellten Produktmengen gebunden sind. Demgegenüber beinhalten die Emissionsmengen der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (DEHSt) gegebenenfalls auch in den betreffenden Unternehmen entstehende energiebedingte Emissionen aus dem Einsatz von Brennstoffen zur Erzeugung von Prozessenergie.

Tabelle 2 zeigt die verfügbaren Daten zu den Treibhausgasemissionen der Industrie im Jahr 2021, während Tabelle 3 diese für das Jahr 2022 angibt.

Tabelle 2: Treibhausgasemissionen der Industrie in Deutschland 2021

BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
LAK Energiebilanzen: Prozessbedingte CO₂-Emissionen 2021 in 1.000 t CO₂																
2.758	3.760	-	1.114	-	170	561	252	1.146	7.363	2.110	-	102	3.915	1.393	-	(24.645)
Deutsche Emissionshandelsstelle: Treibhausgasemissionen 2021 der Industrie in 1.000 t CO_{2,eq.}																
5.320	8.410	0	4.170	2.870	870	1.600	300	8.340	33.200	6.210	5.730	2.500	8.060	1.480	1.770	90.830
Nationales Treibhausgasinventar - Treibhausgasemissionen 2021 des CRF-Sektors Industrie in 1000 t CO_{2,eq.}																
																59.534

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen der Industrie in Deutschland 2022

BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
LAK Energiebilanzen: Prozessbedingte CO₂-Emissionen 2022 in 1.000 t CO₂																
2.430	3.531	-	-	-	111	539	222	976	-	1.732	-	93	3.224	1.379	-	(14.237)
Deutsche Emissionshandelsstelle: Treibhausgasemissionen 2022 der Industrie in 1.000 t CO_{2,eq.}																
5.000	7.800	0	4.100	3.000	900	1.500	300	8.300	32.100	5.400	6.000	2.200	7.100	1.300	1.700	86.700
Nationales Treibhausgasinventar - Treibhausgasemissionen 2022 des CRF-Sektors Industrie in 1000 t CO_{2,eq.}																
																55.140

3.2 Treibhausgasemissionen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern

Um die Zeitreihe der prozessbedingten Treibhausgasemissionen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern fortschreiben zu können, wurden diese für die beiden Jahre 2021 und 2022 abgeschätzt. Dazu wurden wie in den Jahren zuvor die Treibhausgasemissionen herangezogen, welche im nationalen Treibhausgasinventar für die Industrie in Deutschland insgesamt für 2021 und 2022 angegeben wurden, also 57,2 bzw. 51,8 kt CO_{2,äq.}, Tabelle 4.

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen der Industrie in Deutschland 2021 und 2022

Branche	Jahr	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1		2	3	4	5	6	7
Nationales Treibhausgasinventar: Treibhausgasemissionen in 1.000 t CO_{2,eq.}							
A. Mineralische Industrie		19,9	19,8	19,6	19,2	20,0	18,7
B. Chemische Industrie		6,9	6,8	6,5	6,6	6,4	5,2
C. Herstellung von Metall		21,8	20,1	18,2	15,7	17,7	15,7
D. Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen		2,1	2,0	2,0	1,9	2,1	2,1
E. Elektronikindustrie		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
F. Anwendungen als ODS-Ersatzstoff		10,3	9,4	8,7	8,2	7,8	7,5
G. Andere Produktherstellung und -verwendungen		4,0	4,2	4,2	3,3	3,0	2,3
H. Andere		0,2	0,1	0,2	0,1	k.A.	k.A.
gesamt		65,5	62,5	59,5	55,1	57,2	51,8

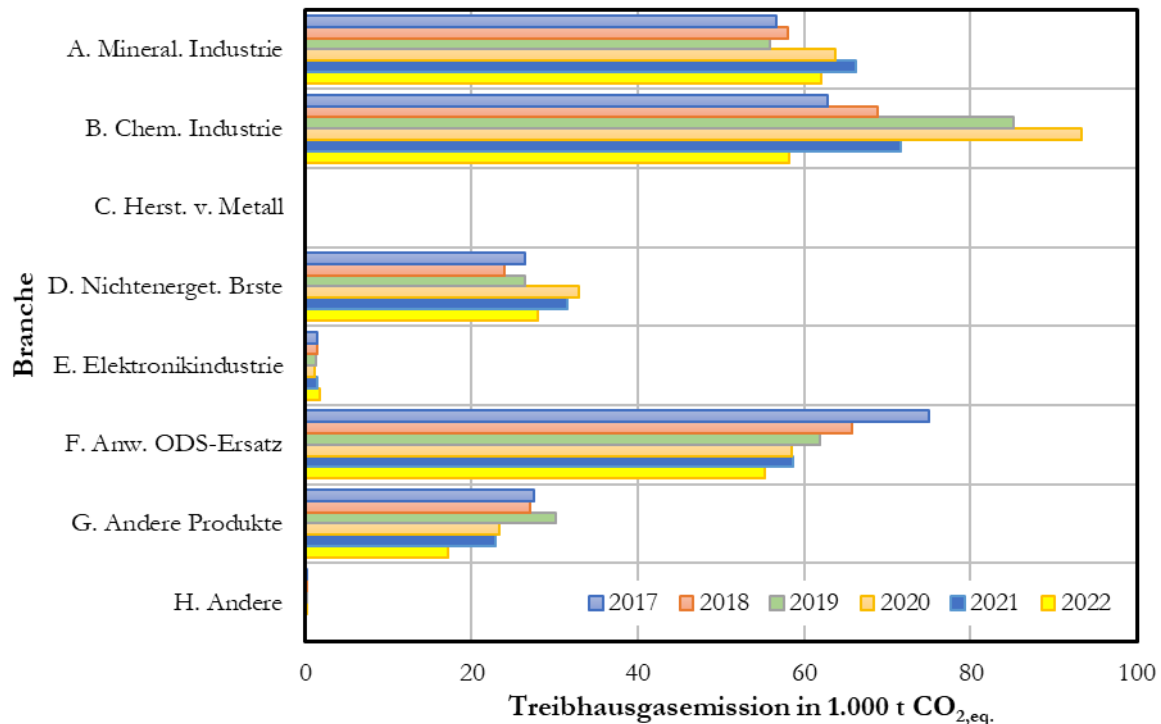
Von diesen Gesamtsummen wurden für die Branchen „2.A Mineralische Industrie“, „2.B Chemische Industrie“, „2.C Herstellung von Metall“ und „2.H Andere“ die auf Mecklenburg-Vorpommern entfallenden Treibhausgasemissionen anhand des Anteils berechnet, den die Treibhausgasemissionen der Industrie des Landes an der Summe der Treibhausgasemissionen einnehmen, welche die *Deutsche Emissionshandelsstelle* (DEHSt) für die einzelnen Bundesländer angegeben hat /6/. Bei den übrigen Branchen wurden – mit Ausnahme von „D. Nichtenergetische Produkte“ – jeweils die Anteile der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes in Mecklenburg-Vorpommern an der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland insgesamt herangezogen. Für die Abschätzung des auf die Industrie in Mecklenburg-Vorpommern entfallenden Teils der deutschen Treibhausgasemissionen in der Branche „2.D Nichtenergetische Produkte“ wurden Daten des *Länderarbeitskreises Energiebilanzen* zum nichtenergetischen Verbrauch von Mineralölprodukten wie Bitumen, Schmierstoffe, Paraffine und ähnliches herangezogen, welche für die betreffenden Jahre für alle Bundesländer und somit auch für Mecklenburg-Vorpommern vorliegen.

Durch diese Abschätzungen berechneten sich die Treibhausgasemissionen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern 2017 und 2018 in Höhe von 250,0 bzw. 246,4 kt CO_{2,äq.}. Für die Jahre 2019 und 2020 wurden dagegen etwas höhere Treibhausgasemissionen von 257,5 bzw. 263,1 kt CO_{2,äq.} berechnet¹⁴. In den Jahren 2021 und 2022 beliefen sich diese Emissionen auf 252,3 bzw. 222,1 kt CO_{2,äq.}. Die Branchenstruktur der Treibhausgasemissionen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern ist in Abbildung 3 dargestellt. Danach entstanden diese Treibhausgasemissionen vorwiegend in der Chemischen Industrie, wobei diese von Jahr zu Jahr angestiegen sind. Auch die Mineralische Industrie und die Anwendungen von ODS-Ersatzstoffen tragen wesentlich zu den Gesamtemissionen bei, wobei die Emissionen der Mineralischen Industrie jeweils annähernd gleich hoch waren, wohingegen die der Anwendungen von ODS-Ersatzstoffen in der Tendenz rückläufig waren. In etwas geringerem Maße und wiederum jeweils annähernd in gleicher Höhe trugen aber auch die Herstellung Nichtenergetischer Produkte aus Brennstoffen und die Herstellung von anderen, nicht näher benannten Produkten zu den Treibhausgasemissionen insgesamt bei. Der Beitrag der Elektronikindustrie und der anderen Produktionen, also der Zellstoff- und Papierherstellung war demgegenüber deutlich geringer. Somit ist festzustellen, dass die Treibhausgasemissionen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern insgesamt von 2017 bis 2020 sowohl in der Höhe als auch in der Struktur annähernd vergleichbar waren.

Eine Auswertung der Anlagenverzeichnisse der *Deutschen Emissionshandelsstelle* (DEHSt) ergab, dass diese Treibhausgasemissionen von sechs Unternehmen bzw. Produktionsstätten in Mecklenburg-Vorpommern stammen. Dabei handelte es sich zuletzt, also 2022, um zwei Unternehmen der Mineralischen Industrie, drei Unternehmen der Chemischen Industrie und um ein Unternehmen der Papierherstellung.

In Tabelle 5 und in Abbildung 4 ist die zeitliche Entwicklung der von der *Deutschen Emissionshandelsstelle* ausgewiesenen Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern für den Zeitraum von 2013 bis 2022 dargestellt.

¹⁴ Diese Emissionen entsprechen 75 bis 95 Prozent der von der *Deutschen Emissionshandelsstelle* für Mecklenburg-Vorpommern ausgewiesenen Treibhausgasemissionen. Sie enthalten nur die prozessbedingten Emissionen (ohne energiebedingte Emissionen, die gegebenenfalls in den von der *Deutschen Emissionshandelsstelle* für einzelne Industrieanlagen angegebenen Emissionsmengen enthalten sind).

Abbildung 3: Treibhausgasemissionen der Industrie nach Branchen 2017 bis 2022¹⁵

Die Daten der *Deutschen Emissionshandelsstelle* beinhalten gegebenenfalls auch Treibhausgasemissionen, die nicht prozessbedingt sind, sondern durch den Einsatz von Brennstoffen zur Erzeugung von Prozessenergie entstehen¹⁶. Da diese im Wesentlichen aus CO₂-Emissionen bestehen, die bereits in den Bilanzen der energiebedingten CO₂-Emissionen im *Energiebericht Mecklenburg-Vorpommern 2023-2024* enthalten sind, sollten zur Vermeidung von Doppelzählungen der Industrie in Mecklenburg-Vorpommern diejenigen Treibhausgasemissionen zugeordnet werden, welche oben aus dem nationalen Treibhausgasinventar abgeleitet wurden. Im Übrigen zeigen auch die in Tabelle 5 und in Abbildung 4 dargestellten Treibhausgasemissionen, dass diese sowohl in der Höhe als auch in ihrer Branchenstruktur in den letzten Jahren relativ konstant waren (mit Ausnahme des Jahres 2020, wo durch höhere Auslastung eines Betriebes der Chemischen überdurchschnittliche Treibhausgasemissionen zu verzeichnen waren).

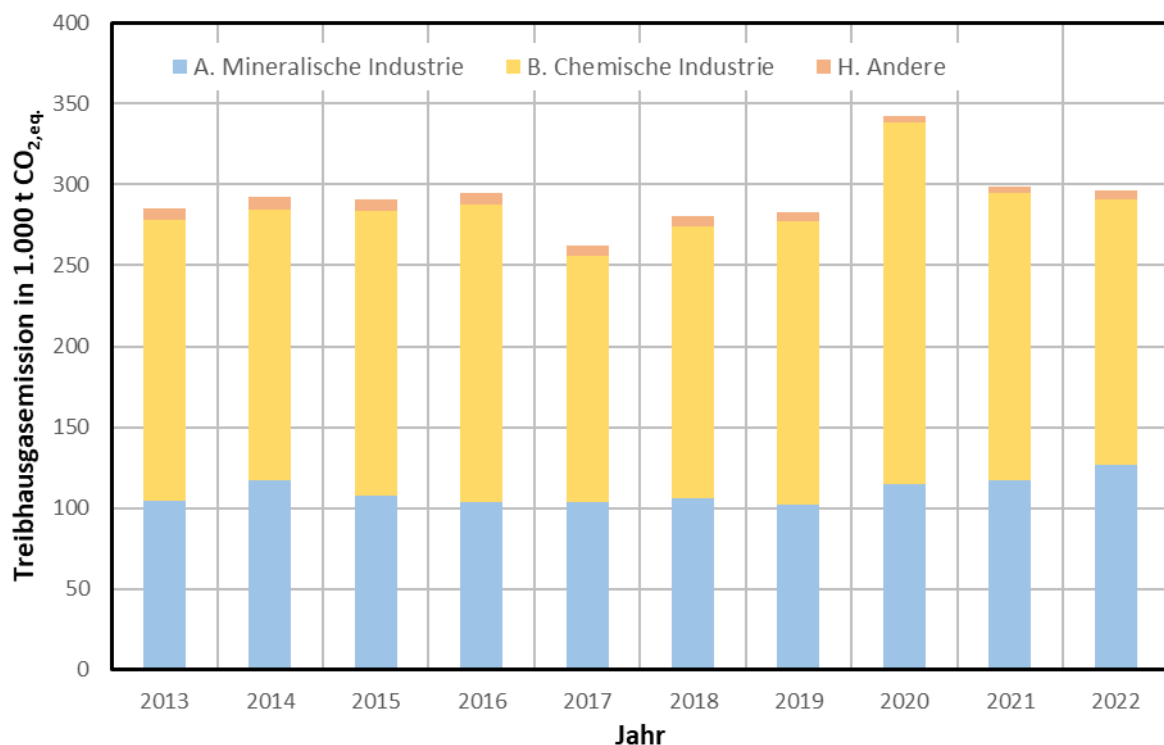
Abschließend ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Industrie in Mecklenburg-Vorpommern auch Produkte – und damit verbundene Treibhausgasemissionen – erzeugt, die nicht in dem Bundesland selbst, sondern in anderen Bundesländern oder im Ausland abgesetzt und verbraucht werden. Somit sind diese Treibhausgasemissionen in voller Höhe nur in einem quellenbezogenen Ansatz dem Bundesland Mecklenburg-Vorpommern zuzuordnen.

¹⁵ Aufsummiert ergeben die in der Abbildung dargestellten Treibhausgasemissionen die oben für die Jahre von 2017 bis 2022 genannten Emissionen in Höhe von 246,1, 240,9, 257,5, 263,1, 252,3 und 222,1 kt CO_{2,äq.}.

¹⁶ Daher sind die Gesamtemissionen höher als sie für die Jahre von 2017 bis 2022 durch die Aufteilung der Treibhausgasemissionen aus dem Nationalen Treibhausgasinventar berechnet wurden (2017: 262,6 kt CO_{2,äq.}, 2018: 280,3 kt CO_{2,äq.}, 2019: 305,9 kt CO_{2,äq.}, 2020: 342,0 kt CO_{2,äq.}, 2021: 300,0 kt CO_{2,äq.} und 2022: 259,7 kt CO_{2,äq.}).

Tabelle 5: DEHSt-Treibhausgasemissionen der Industrie von 2013 bis 2022¹⁷

Branche	Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Deutsche Emissionshandelsstelle: Treibhausgasemissionen in 1.000 t CO _{2,eq.}											
A. Mineralische Industrie		104,5	117,2	107,6	103,8	104,0	106,0	100,0	114,0	118,0	111,0
B. Chemische Industrie		173,2	167,5	176,2	183,5	151,6	168,1	200,0	224,0	178,0	145,1
H. Andere		7,4	7,5	6,7	7,2	6,9	6,2	5	4,0	4,0	3,5
gesamt		285,2	292,2	290,5	294,6	262,6	280,3	305,0	342,0	300,0	259,7
Anteile in %											
A. Mineralische Industrie		36,7	40,1	37,0	35,2	39,6	37,8	32,8	33,3	39,3	42,8
B. Chemische Industrie		60,8	57,3	60,6	62,3	57,7	60,0	65,6	65,5	59,3	55,9
H. Andere		2,6	2,6	2,3	2,5	2,6	2,2	1,6	1,2	1,3	1,4
gesamt		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Abbildung 4: Treibhausgasemissionen der Industrie nach Branchen von 2013 bis 2022¹⁸¹⁷ Datenquelle: Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) /6/.¹⁸ Datenquelle: Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) /6/.

4. Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft

Die von Deutschland in seinem nationalen Treibhausgasinventar in dem CRF-Sektor „3. Landwirtschaft“ berichteten Emissionen resultieren aus den Verdauungsprozessen von landwirtschaftlichen Nutztieren (3.A), aus der Behandlung von Wirtschaftsdüngern (3.B - einschließlich der Emissionen aus ihrer Vergärung und aus der Gärrestelagerung), aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden (3.D - Ackerland und drainiertes Grünland)¹⁹, aus der Kalkung (3.G - einschließlich der forstwirtschaftlichen Kalkung), aus der Anwendung von Harnstoff (3.H), aus der Anwendung anderer kalkhaltiger Dünger (3.I) sowie aus der Vergärung von Energiepflanzen (3.J)²⁰. Alle genannten Quellen sind auch in Mecklenburg-Vorpommern vorhanden. Im folgenden Abschnitt werden die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern für 2021 und 2022 beschrieben. Die angegebenen Treibhausgasemissionen basieren auf Daten aus /8/.

Die wesentlichen Aktivitätsdaten im landwirtschaftlichen Teil des nationalen Treibhausgasinventars werden durch die Tierbestände, durch die Art ihrer Fütterung und Haltung (zum Beispiel Weidegang und Stallhaltung) und durch die Erfassung, Lagerung und sonstige Behandlung ihrer Exkremente (Gülle und Festmist - Wirtschaftsdünger²¹) sowie des Weiteren durch die auf landwirtschaftliche Böden ausgebrachten Mengen an Düngemitteln und durch die in der anaeroben Vergärung von Energiepflanzen und Abfall eingesetzte Biomasse gebildet²². In den Tierbeständen werden sämtliche in Deutschland gehaltenen Nutztierarten wie Rinder, Schweine, Geflügel, Pferde, Schafe usw. berücksichtigt. In der Regel sind diese Tierkategorien noch weiter unterteilt, beispielsweise werden bei Rindern Milchkühe, Kälber, Milchfärsen, Schlachtfärsen, Mastbullen usw. unterschieden. Als Tierplatzzahlen werden die Tierbestände verwendet, welche in den amtlichen Statistiken des Statistischen Bundesamtes und der statistischen Landesämter für das betreffende Jahr an einem bestimmten Stichtag angegeben werden. Unterjährige Schwankungen werden somit nicht berücksichtigt, da das von dem *Johann Heinrich von Thünen-Institut* in Braunschweig für die Berechnung des landwirtschaftlichen Treibhausgasinventars eingesetzte modulare Tabellenkalkulations-Modell GAS-EM in jährlichen Zeitschritten rechnet.

Insgesamt beliefen sich die Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland 2021 auf 54.308 kt CO_{2,äq.} und 2022 auf 53.349 kt CO_{2,äq.}. Diese Emissionen entsprachen 6,74 bzw. 6,84 Prozent des gesamten deutschen Treibhausgasinventars (ohne LULUCF) /5/, S. 61.

¹⁹ Dabei ist zu beachten, dass die berichteten direkten Emissionen des Sektors 3.D ausschließlich N₂O-Emissionen umfassen, welche aus diversen Düngerprozessen sowie aus der Bewirtschaftung organischer Böden stammen. Die aus der Entwässerung von organischen Böden resultierenden Treibhausgasemissionen sind hier dagegen nicht erfasst, sondern werden im CRF-Sektor „4. LULUCF“ berichtet.

²⁰ Um die Klimaschutzeffekte dieser Form der energetischen Nutzung von Biomasse sichtbar zu machen, werden die Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern sowie aus der Vergärung von Energiepflanzen und Abfall getrennt voneinander berechnet, obwohl diese in der Praxis in Biogasanlagen vielfach zusammen vergoren werden /5/, S. 404 ff. und S. 425 ff.

²¹ Dabei gilt gemäß den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. 4 /3/* die anaerobe Vergärung von Wirtschaftsdüngern und die Lagerung der daraus resultierenden Gärreste insgesamt als eine eigenständige Art der Lagerung. Sie wird im Nationalen Treibhausgasinventar – den Gegebenheiten in Deutschland entsprechend – für Rinder, Schweine und Geflügel berücksichtigt /5/, S. 449 ff.

²² Hier berücksichtigt das Nationale Treibhausgasinventar die in Deutschland mengenmäßig relevanten sechs Energiepflanzen-Kategorien Maissilage, Grassilage, Ganzpflanzensilage, Weizenkorn, Roggenkorn und Corn-Cob-Mix (CCM). Da diese sich in ihren für die Vergärung relevanten Eigenschaften nur wenig unterscheiden, wird die Gesamttrockenmasse aller berücksichtigten Energiepflanzen als eine einzige Energiepflanzenkategorie behandelt /5/, S. 425.

4.1 Treibhausgasemissionen im Überblick

Die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern beliefen sich 2021 auf 2732 kt CO_{2,äq.} und 2022 auf 2.709 t CO_{2,äq.}, Tabelle 6. Diese Treibhausgasemissionen bestanden 2021 aus 207,1 kt CO₂, aus 46,7 kt CH₄ und aus 4,59 kt N₂O. Die entsprechenden Emissionen des Jahres 2022 betrugen 209,9 kt CO₂, 46,7 kt CH₄ und 4,5 kt N₂O.

Tabelle 6: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022 im Überblick

Bereich	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2,eq.}	
	kt	kt	kt	kt	%
1	2	3	4	5	6
2021					
A. Fermentation		39,4		1.102,6	40,4
B. Düngewirtschaft		3,8	0,4	208,7	7,6
D. Landwirtschaftliche Böden			4,2	1.109,6	40,6
G. Kalkung	156,8			156,8	5,7
H. Harnstoffanwendung	34,9			34,9	1,3
I. Andere kohlenstoffhaltige Düngemittel	15,4			15,4	0,6
J. Andere		3,5	0,02	104,3	3,8
gesamt	207,1	46,7	4,59	2.732,3	100,0
2022					
A. Fermentation		39,5		1.105,9	40,8
B. Düngewirtschaft		4,3	0,4	224,2	8,3
D. Landwirtschaftliche Böden			4,1	1.081,1	39,9
G. Kalkung	163,8			163,8	6,0
H. Harnstoffanwendung	32,2			32,2	1,2
I. Andere kohlenstoffhaltige Düngemittel	13,8			13,8	0,5
J. Andere		3,0	0,02	87,6	3,2
gesamt	209,9	46,7	4,49	2.708,6	100,0

In ihrer Struktur unterschieden sich die landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen ebenso wie bereits in den Vorjahren auch 2021 und 2022 nur wenig voneinander, Abbildung 5. In beiden Jahren stammten ca. 40 Prozent der Emissionen von N₂O-Emissionen auf landwirtschaftlichen Böden. Weitere 40 Prozent der Emissionen wurde aus Verdauungsprozessen in der Tierhaltung („Fermentation“) freigesetzt. Die Beiträge der übrigen Quellen, also der Düngewirtschaft, der Kalkung und der Harnstoffanwendung sowie der anaeroben Vergärung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen, zu

den landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen des Landes sind demgegenüber wesentlich kleiner. Beispielsweise trägt die Anwendung von mineralischen Düngemitteln nur zu 6 Prozent zu den landwirtschaftlichen Emissionen bei.

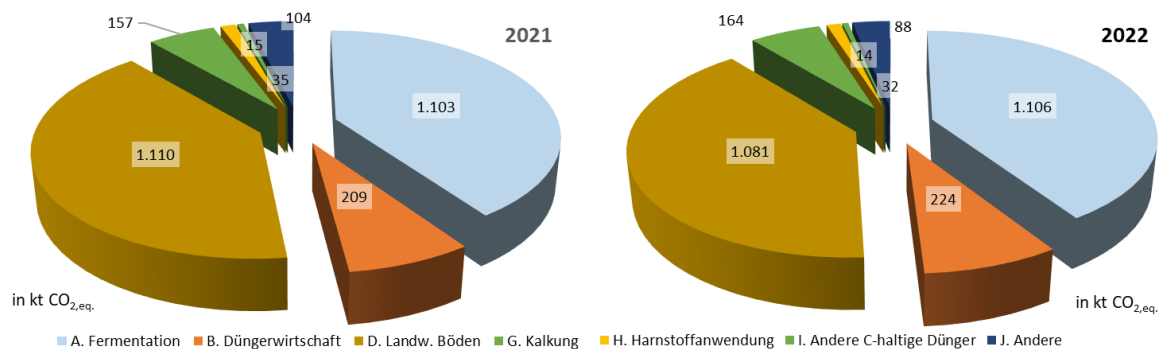


Abbildung 5: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022

Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern ab dem Jahr 1990 und ihre Zusammensetzung nach Treibhausgasen zeigt Abbildung 6. Sie sind nach 1990 zunächst schnell, das heißt innerhalb von drei Jahren um nahezu 30 Prozent von 4,3 Mio. t CO_{2,äq.} auf 3,1 Mio. t CO_{2,äq.} zurückgegangen. Seitdem schwanken die jährlichen Emissionen um mittlere 3,2 Mio. t CO_{2,äq.}, wobei die Emissionen in der längerfristigen Betrachtung um die Jahre 2000 und 2015 etwas höher waren als in den Jahren davor bzw. danach. Seit 2015 haben sie jeweils um ca. 3 bis 4 Prozent gegenüber dem jeweiligen Vorjahr abgenommen. In den Jahren 2019 und 2020 beliefen sich die Emissionen auf 2,9 bzw. 2,8 Mio. t CO_{2,äq.}. 2021 und 2022 wurden dann nur noch 2,71 bzw. 2,68 Mio. t CO_{2,äq.} bilanziert.

Die Emissionen von Methan (CH₄) und insbesondere von Lachgas (N₂O) sind mengenmäßig deutlich kleiner als die Emissionen von Kohlendioxid (CO₂), wie auch Tabelle 6 zeigt. Umgerechnet auf CO₂-Äquivalente resultierte jedoch der größte Beitrag zu den Gesamtemissionen der Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern über den gesamten Zeitraum hinweg aus den N₂O-Emissionen. Diese wiederum stammten fast vollständig von landwirtschaftlichen Böden. Die CH₄-Emissionen, deren Beitrag nur zu den CO₂-äquivalenten Gesamtemissionen nur unwesentlich kleiner ist, stammten demgegenüber überwiegend aus Verdauungsprozessen in der Tierhaltung. Die CO₂-Emissionen schließlich wurden überwiegend durch die Anwendung von Kalk und von Harnstoff verursacht.

In Abbildung 7 ist die Entwicklung der landwirtschaftlichen Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern ab dem Jahr 1990 nach Bereichen dargestellt. Ersichtlich ist, dass die Treibhausgasemissionen (N₂O-Emissionen) von landwirtschaftlichen Böden wie erwähnt ca. 40 Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen bildeten. Im betrachteten Zeitraum war ihr Anteil von 34 Prozent im Jahr 1990 auf 40,8 Prozent im Jahr 2020 angestiegen. Für 2021 und 2022 wurden 40,6 bzw. 39,9 Prozent ermittelt. Dagegen war der Anteil der Treibhausgasemissionen aus Verdauungsprozessen in der Tierhaltung von 45 Prozent auf ebenfalls ca. 40 Prozent gesunken: 2021 und 2022 betrugen die Anteile 40,4 bzw. 40,9 Prozent. Außerdem ist auch der Anteil der Treibhausgasemissionen aus dem Einsatz mineralischer Düngemittel (Düngewirtschaft) von 15 Prozent auf knapp 9 Prozent zurückgegangen, 2021 und 2022 betrugen sie 7,6 bzw. 8,3 Prozent.

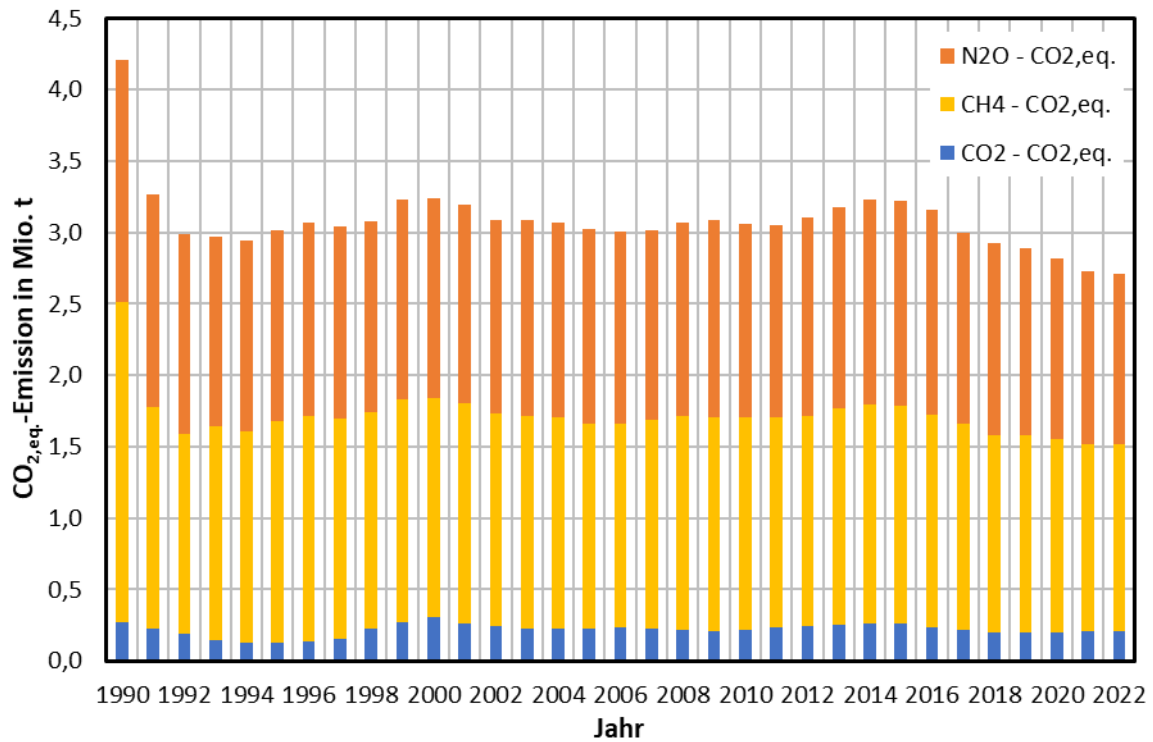


Abbildung 6: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft nach Gasen von 1990 bis 2022

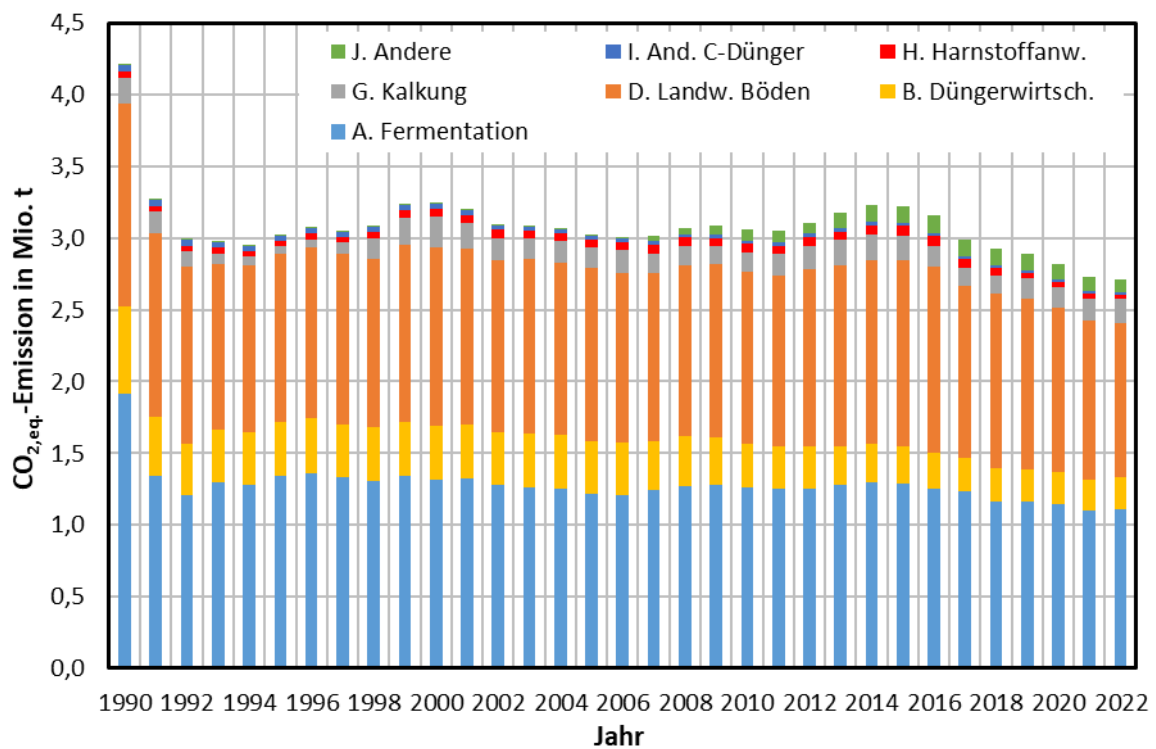


Abbildung 7: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft nach Bereichen von 1990 bis 2022

4.2 CO₂-Emissionen der Landwirtschaft

Die landwirtschaftlichen CO₂-Emissionen resultieren aus der Anwendung von Düngemitteln. Unter „3.G Kalkung“ werden Dolomit und die übrigen Kalkdünger berücksichtigt. Allerdings wird unter den letzteren die Ausbringung von Kalkammonsalpeter gesondert betrachtet und die daraus resultierenden CO₂-Emissionen werden unter „3.I Andere kalkhaltige Dünger“ berichtet. Gemäß den Vorgaben der *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. 4 /3/* umfassen die CO₂-Emissionen neben den Emissionen aus der Landwirtschaft auch jene aus der Kalkung im Forstbereich. Weiterhin resultieren CO₂-Emissionen aus der landwirtschaftlichen „3.H Anwendung von Harnstoff“.

Auch bei der Stickstoffdüngung mit Harnstoff entstehen CO₂-Emissionen. Deutschland berichtet diese CO₂-Emissionen in dem Sektor „3.H Anwendung von Harnstoff“ ohne Abzug der CO₂-Mengen, welche zuvor bei der industriellen Herstellung des Harnstoffdüngers gebunden wurden /5/, S. 401.

Insgesamt beliefen sich die CO₂-Emissionen aus der Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 auf 207,1 bzw. 209,9 kt CO₂. Davon stammte ca. 75 Prozent aus Kalkdüngern (außer Dolomit) und 15 Prozent aus der Anwendung von Harnstoff, Tabelle 7. Da das relative Treibhausgaspotenzial von Kohlendioxid mit 1 anzugeben ist, sind in der Tabelle die CO₂-Emissionen und die CO₂-äquivalenten Emissionen identisch. Die CO₂-Emissionen aus der Kalkung und aus der Harnstoffausbringung repräsentieren 100 Prozent der landwirtschaftlichen CO₂-Emissionen.

Die zeitliche Entwicklung dieser CO₂-Emissionen zeigt Abbildung 8. Danach sind diese Emissionen unmittelbar nach 1990 zunächst sehr schnell, das heißt innerhalb von fünf Jahren um über 50 Prozent von 267,0 kt CO₂ auf 123,8 kt CO₂ zurückgegangen. Allerdings stiegen sie zum Ende der 1990er Jahre wieder sprunghaft an, bis sie 2000 mit 302,3 kt CO₂ das Niveau von 1990 deutlich überstiegen. Seitdem schwanken die CO₂-Emissionen um 230 kt CO₂/a. Dabei ist mittelfristig ein Trend hin zu sinkenden CO₂-Emissionen erkennbar. Die Relationen zwischen den drei CO₂-Quellen haben sich dagegen in dem gesamten Zeitraum kaum verändert. In den letzten fünf Jahren zeichnet sich allerdings eine Verschiebung ab, wobei der Anteil der CO₂-Emissionen aus der Anwendung von Harnstoff sinkt und der Anteil der CO₂-Emissionen aus der Anwendung von Kalkdüngern steigt.

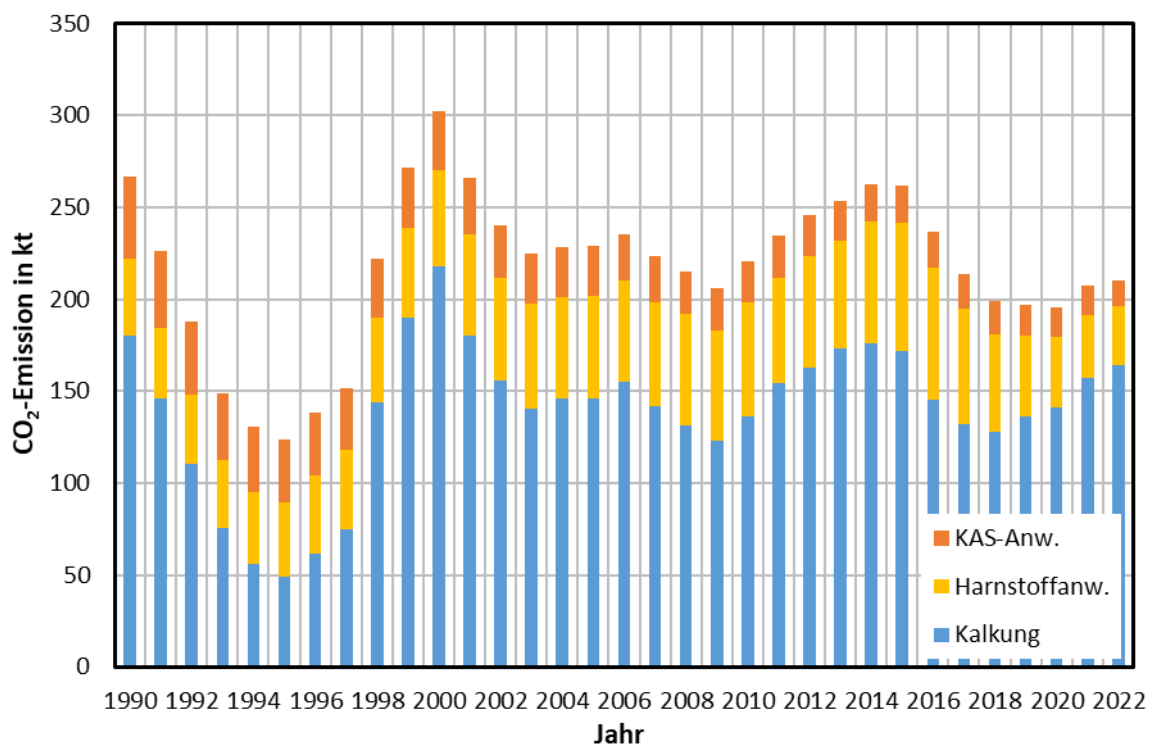


Abbildung 8: CO₂-Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2022

Tabelle 7: CO₂-Emissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022

Bereich	2021			2022		
	CO ₂	CO _{2,eq.}		CO ₂	CO _{2,eq.}	
	kt	kt	%	kt	kt	%
	2	3	4	2	3	4
G. Kalkung	156,8	156,8	75,7	163,8	163,8	78,1
Anw. von Calcit	156,6	156,6	75,6	163,6	163,6	77,9
Anw. von Dolomit	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
H. Harnstoff-Anwendung	34,9	34,9	16,8	32,2	32,2	15,4
I. KAS-Anwendung	15,4	15,4	7,4	13,8	13,8	6,6
gesamt	207,1	207,1	100,0	209,9	209,9	100,0

4.3 CH₄-Emissionen der Landwirtschaft

Die landwirtschaftlichen CH₄-Emissionen resultieren aus im Wesentlichen aus Verdauungsprozessen des Tierbestandes, aus der Behandlung der in der Tierhaltung anfallenden Wirtschaftsdünger sowie aus der anaeroben Vergärung von Wirtschaftsdüngern²³ und von Energiepflanzen.

Insgesamt betrugen die CH₄-Emissionen aus der Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 jeweils 46,7 kt CH₄, entsprechend 1.310 kt CO_{2,äq.}, Tabelle 8.

Die Entwicklung dieser CH₄-Emissionen ist in Abbildung 9 von 1990 bis 2022 dargestellt. Nach einer drastischen Reduzierung in den ersten beiden Jahren, also 1990 und 1991, waren die jährlichen Schwankungen nur noch gering. Allerdings zeichnet sich insgesamt ein leicht rückläufiger Trend ab. In der Gesamthöhe werden diese CH₄-Emissionen durch die Verdauungsprozesse in der Tierhaltung bestimmt. Die sonstigen CH₄-Emissionen aus der Tierhaltung sind demgegenüber deutlich kleiner, allerdings haben in den letzten Jahren die CH₄-Emissionen an Bedeutung gewonnen, welche aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern und aus der Lagerung der Gärreste resultieren.

²³ Dabei werden der deutschen Situation entsprechend die Wirtschaftsdünger von Rindern, von Schweinen und von Geflügel berücksichtigt /5/, S. 470.

Tabelle 8: CH₄-Emissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022

Bereich	2021			2022		
	CH ₄	CO _{2,eq.}		CH ₄	CO _{2,eq.}	
	kt		%	kt		%
	2	3	4	2	3	4
A. Tierhaltung - Verdauung	39,4	1.102,6	84,3	39,5	1.105,9	84,5
Rinder	37,2	1.042,0	79,6	37,4	1.048,1	80,1
Schweine	0,7	19,8	1,5	0,6	16,0	1,2
Schafe	0,6	16,3	1,2	0,6	16,1	1,2
Sonstige	0,9	24,4	1,9	0,9	25,8	2,0
B. Wirtschaftsdünger-Man.	3,8	106,9	8,2	4,3	119,7	9,1
Rinder	2,9	80,2	6,1	3,4	95,5	7,3
Schweine	0,5	14,5	1,1	0,4	11,6	0,9
Schafe	0,0	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0
Sonstige	0,4	11,6	0,9	0,4	12,0	0,9
J. Andere ¹⁾	3,5	99,1	7,6	3,0	83,3	6,4
gesamt	46,7	1.308,6	100,0	46,7	1.308,9	100,0

¹⁾ Vergärung von Pflanzen (Fermenter (Leckage) und Gärrestelagerung)

4.4 N₂O-Emissionen der Landwirtschaft

Die landwirtschaftlichen N₂O-Emissionen resultieren im Wesentlichen aus der Behandlung von Wirtschaftsdüngern (3.B) und aus den landwirtschaftlichen Böden (3.D). Darüber hinaus entstehen direkte und indirekte N₂O-Emissionen sowohl bei der anaeroben Vergärung von Energiepflanzen (Gasleckagen von Fermentern und bei der Lagerung der Gärreste, soweit die Gärrestelager nicht gasdicht sind – 3.J), als auch infolge der Ausbringung der Gärreste (3.D).

Insgesamt beliefen sich die landwirtschaftlichen N₂O-Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 auf 4,59 kt bzw. auf 4,49 kt N₂O, das heißt auf 1.217 bzw. 1.190 kt CO_{2,äq.}, Tabelle 9.

Die zeitliche Entwicklung dieser landwirtschaftlichen N₂O-Emissionen zeigt Abbildung 10. Danach sind die N₂O-Emissionen – nach einem anfänglichen Rückgang zu Beginn der 1990er Jahre – im Zeitraum von 1994 bis 2014 wieder mehr oder weniger kontinuierlich angestiegen. Erst in den letzten Jahren seit 2014 ist wieder eine rückläufige Entwicklung erkennbar. Diese Gesamtentwicklung der N₂O-Emissionen wird wesentlich von den Emissionen von landwirtschaftlichen Böden bestimmt, während Emissionen aus der Anwendung von Wirtschaftsdüngern oder aus sonstigen Quellen eine eher untergeordnete Bedeutung haben.

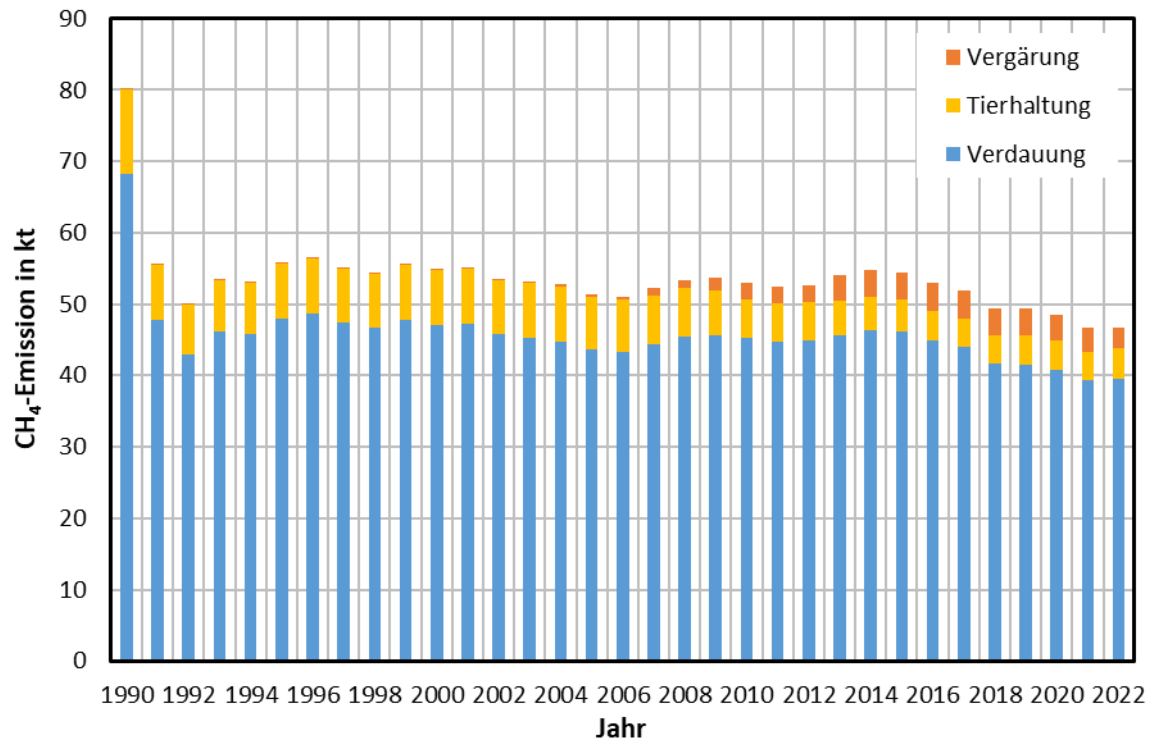


Abbildung 9: CH₄-Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2022

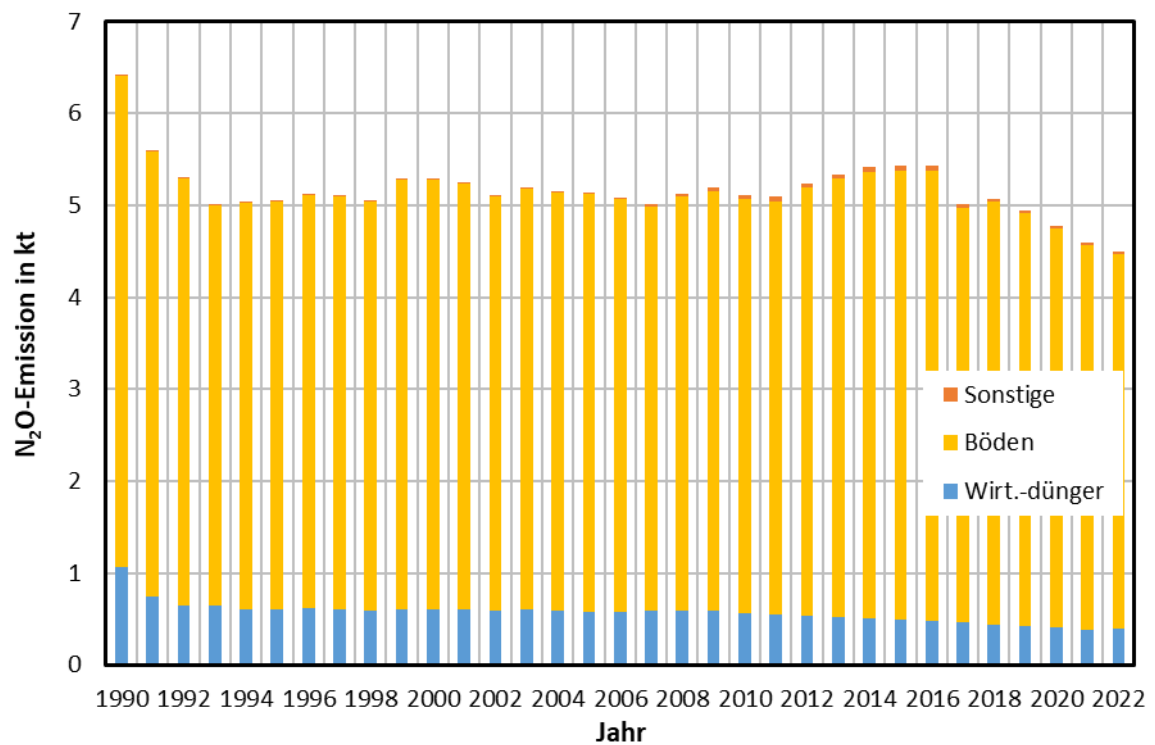


Abbildung 10: N₂O-Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2022

Tabelle 9: N₂O-Emissionen der Landwirtschaft 2021 und 2022

Bereich	2021			2022		
	N ₂ O	CO _{2eq.}		N ₂ O	CO _{2eq.}	
	kt	kt	%	kt	kt	%
	2	3	4	2	3	4
B. Wirtschaftsdünger-Man.	0,4	101,8	8,4	0,4	104,4	8,8
Rinder	0,2	48,5	4,0	0,2	52,3	4,4
Schweine	0,02	4,4	0,4	0,01	3,5	0,3
Schafe	0,004	1,1	0,1	0,004	1,1	0,1
Sonstige	0,05	12,3	1,0	0,05	13,0	1,1
Indirekte Emissionen ¹⁾	0,1	35,4	2,9	0,1	34,5	2,9
D. Landwirtsch. Böden	4,2	1.109,6	91,2	4,1	1.081,1	90,9
Mineraldüngeranw.	0,8	211,6	17,4	0,7	190,9	16,0
Wirtsch.-düngeranw.	0,3	71,4	5,9	0,3	69,6	5,9
Klärschlämmausbring.	0,01	2,1	0,2	0,01	2,5	0,2
Vergärung ²⁾	0,2	42,6	3,5	0,1	36,3	3,1
Weidegang	0,1	19,4	1,6	0,1	19,5	1,6
Ernterückstände	0,5	143,6	11,8	0,6	149,7	12,6
Mineralisierung ³⁾	0,12	30,7	2,5	0,116	30,7	2,6
bewirtsch. org. Böden	1,5	409,9	33,7	1,6	418,4	35,2
Indirekte Emissionen	0,7	178,2	14,6	0,6	163,4	13,7
J. Andere	0,02	5,2	0,4	0,02	4,3	0,4
Deposition, Lagerung ⁴⁾	0,001	0,3	0,0	0,001	0,3	0,0
Lagerung ⁵⁾	0,0	4,8	0,4	0,0	4,0	0,3
gesamt	4,59	1.216,5	100,0	4,49	1.189,8	100,0

¹⁾ Als Folge von Deposition von reaktivem N (Lagerung).

²⁾ Als Folge von Vergärung von Energiepflanzen, Abfällen und importiertem Wirtschaftsdünger (Ausbringung).

³⁾ Als Folge von Verlust von organischer Substanz von Mineralböden unter Ackernutzung.

⁴⁾ Als Folge von Vergärung von Energiepflanzen (indirekte N₂O-Emissionen).

⁵⁾ Als Folge von Vergärung von Energiepflanzen.

4.5 Weitere Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft

Mit den Treibhausgasemissionen, welche in dem CRF-Sektor „3. Landwirtschaft“ berichtet werden, sind die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft allerdings noch nicht vollständig beschrieben. Vielmehr sind auch im CRF-Sektor „4. LULUCF“ erfasste Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft teilweise zuzuordnen. Sie entstehen dort in den Kategorien „4.B Ackerland“ (Abschnitt 5.4) und „4.C Grünland“ (Abschnitt 5.5) und resultieren besonders aus der Torfzersetzung in landwirtschaftlich genutzten, entwässerten Moorböden und im Weiteren auch aus dem Abbau von Bodenkohlenstoff nach Umwandlung von Grünland in Ackerland. Darüber hinaus sind für eine vollständige Betrachtung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft auch ihre energiebedingten Emissionen einzubeziehen, wie beispielsweise in /13/ gefordert wird.

Diese Gesamtbetrachtung ist aus verschiedenen Gründen erforderlich:

- Die Landwirtschaft ist mit ihren Treibhausgasemissionen nicht nur ein Teil des Problems, sondern kann über die Minderung ihrer eigenen Emissionen hinaus auch wichtiger Teil der Lösung sein, beispielsweise durch die Erzeugung von klimaneutraler Bioenergie. Zudem kann sie auch eine Senke für die Treibhausgasemissionen anderer Sektoren sein /14/. Diese Beiträge der Landwirtschaft zur Minderung von Treibhausgasemissionen sind unverzichtbar, um die internationalen und nationalen Klimaziele erreichen zu können.
- In einer rein sektoralen Betrachtung besteht das Risiko, dass landwirtschaftliche Klimaschutzmaßnahmen nicht zu einer Minderung der Treibhausgasemissionen beitragen, sondern im Gegenteil zu ihrer Erhöhung führen. Würden beispielsweise intakte Moore entwässert, um Land für die Erzeugung von Bioenergie oder für die Wiederaufforstung zu gewinnen, würde mit der Entwässerung der organischen Böden zugleich die Oxidation des im Boden enthaltenen Kohlenstoffs eingeleitet. Dieser Prozess führt über sehr lange Zeiträume zu erheblichen Emissionen von Treibhausgasen /15/.
- Schließlich werden nicht nur bis zu den Klimaschutzzieljahren 2045 oder 2050, sondern voraussichtlich auch danach noch in erheblichem Umfang Senken für die Aufnahme von Treibhausgasen erforderlich sein. Diese können zumindest nach heutigem wissenschaftlichem Kenntnisstand in dem erforderlichen Umfang nur durch den CRF-Sektor „4. LULUCF“ bereitgestellt werden. Gerade dort vollziehen sich aber die relevanten Prozesse teilweise in mittel- oder gar in langfristigen Zeiträumen. Zudem sind heute durchgeführte Maßnahmen wie die beschriebene Entwässerung von Mooren zur Landgewinnung nicht ohne weiteres und vor allem nicht kurzfristig wieder umzukehren. Es ist daher unerlässlich, Klimaschutz auch in der Landwirtschaft strategisch, also auf lange Sicht vorausschauend, und im Zusammenhang mit den anderen Sektoren zu betreiben.

5. Treibhausgasemissionen aus LULUCF

Im CRF-Sektor „4. LULUCF“ des nationalen Treibhausgasinventars werden solche Treibhausgasemissionen und -entnahmen bilanziert, die im Zusammenhang mit der Landnutzung, mit Landnutzungsänderungen und mit der Forstwirtschaft entstehen. Landnutzungen bilden mit ihren mineralischen und organischen Böden, mit der darauf lebenden ober- und unterirdischen Biomasse sowie mit der toten Biomasse Pools, die unter bestimmten Bedingungen CO₂, CH₄ oder N₂O bzw. deren Vorläufersubstanzen mit der Atmosphäre austauschen, indem sie diese abbauen und in Form von Kohlenstoff aufnehmen und speichern oder – im umgekehrten Fall – freisetzen. Während manche dieser Prozesse innerhalb der jeweils bestehenden Landnutzungen ablaufen, werden andere gerade durch Landnutzungsänderungen angestoßen oder in ihrer Prozessdynamik verändert. Insoweit können auch Landnutzungsänderungen dazu führen, dass die Nettoeffekte aus den CO₂- bzw. aus den Kohlenstoffflüssen vor, während und nach einer Landnutzungsänderung größer, gleich oder kleiner Null sind.

Im Folgenden werden die Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern aus der Landnutzung, aus Landnutzungsänderungen und aus der Forstwirtschaft (LULUCF) beschrieben. Sie basieren auf dem länderspezifischen Emissionsinventar für diesen CRF-Sektor, welches innerhalb der nationalen Berichterstattung zu den Treibhausgasemissionen Deutschlands erstellt wurde.

Insgesamt beliefen sich die LULUCF-Treibhausgasemissionen in Deutschland 2021 und 2022 auf 63.087 bzw. 75.603 kt CO_{2,äq.} /5/, S. 44. Die Entwicklung der deutschen Nettoemissionen zeigt, dass der Sektor aufgrund der kohlenstoffspeichernden Funktion der Wälder, der Waldböden und der Holzprodukte von 2010 bis 2017 durchgehend als Senke wirkte. Den schwankenden CO₂-Entnahmen standen die seit vielen Jahren relativ gleichbleibenden N₂O- und CH₄-Gesamtemissionen gegenüber, die aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Landnutzungskategorien Ackerland und Grünland und dort aus entwässerten organischen Böden resultierten. Die Feuchtgebiete tragen dagegen besonders durch den industriellen Torfabbau zu den Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors bei.

In den nationalen Treibhausgasinventaren des Sektors insgesamt sind allerdings in verschiedenen Jahren immer wieder (auch rückwirkend) deutliche Veränderungen der berechneten Emissionen aufgetreten. Diese sind insbesondere auf veränderte Emissionsfaktoren für die Forstphytomasse zurückzuführen, die den Berechnungen der LULUCF-Treibhausgasinventare für Deutschland und für die Bundesländer zugrunde liegen. Diese Veränderungen wiederum sind zum einen durch eine starke Abnahme (in der Inventurperiode 1991 bis 2001 und 2008) bzw. Zunahme in der Holznutzung (zwischen 2002 - 2008) begründet. Zum anderen resultieren sie aber auch aus der Weiterentwicklung der den Emissionsberechnungen zugrundeliegenden Daten, Methoden und Modelle.

5.1 Treibhausgasemissionen und Landnutzungsänderungen im Überblick

Treibhausgasemissionen aus LULUCF

Insgesamt beliefen sich die Treibhausgasemissionen aus LULUCF in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 auf 7.536 bzw. auf 8.361 kt CO_{2,äq.}, Tabelle 10. Sie bestanden nahezu vollständig aus CO₂: 2021 wurden per Saldo 6.911 kt CO₂ und 2022 7.837 kt CO₂ emittiert. Das waren jeweils ca. 90 Prozent der gesamten LULUCF-Treibhausgasemissionen. Demgegenüber beliefen sich die CH₄-Emissionen auf 3,82 bzw. 4,01 kt CH₄ und die N₂O-Emissionen auf 1,96 bzw. 1,55 kt N₂O. Die CO₂-äquivalenten CH₄- und N₂O-Emissionen hatten jeweils einen Anteil von ca. 1,5 Prozent bzw. von 5 Prozent an den gesamten LULUCF-Treibhausgasemissionen des betreffenden Jahres.

Die in Tabelle 10 genannten LULUCF-Emissionen können sowohl auf die Unterkategorien als auch auf die Pools bezogen dargestellt werden. Abbildung 11 zeigt zunächst die Emissionen nach Kategorien. Danach unterschieden sich die LULUCF-Treibhausgasemissionen hinsichtlich der Beiträge der einzelnen Kategorien 2019 und 2020 mit Ausnahme der Kategorie „Wald“ kaum. Insgesamt standen 2021 den Emissionen in Höhe von 7.732 kt CO_{2,äq.} Entnahmen von - 266 kt CO_{2,äq.} gegenüber. 2022 wurden

dagegen 8.541 kt CO_{2,äq.} emittiert und - 219 kt CO_{2,äq.} entnommen. Dementsprechend ist auch der Saldo 2021 mit 7536 kt CO_{2,äq.} etwas kleiner als 2022 mit 6.361 kt CO_{2,äq.}.

Tabelle 10: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 und 2022 im Überblick²⁴

Bereich	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2,eq.}	
	kt	kt	kt	kt	%
1	2	3	4	5	6
2021					
4.A Wald	613,4	2,0	0,0	673,8	8,7
4.B Ackerland	1.615,7	1,0	0,1	1.659,5	21,5
4.C Grünland	4.591,7	0,4	1,1	4.882,2	63,1
4.D Feuchtgebiete	366,4	0,1	0,8	586,2	7,6
4.E Siedlungen	-206,0	0,3	0,0	-195,6	
4.F Sonstiges Land	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.G Holzprodukte	-70,1			-70,1	
gesamt	6.911,1	3,82	1,96	7.536,1	100,9
Nachrichtlich: 4.B + 4.C + 4.D	6.573,8	1,5	1,9	7.127,9	
off-site-Emissionen aus Torfabbau	15,0			15,0	
2022					
4.A Wald	680,1	2,1	0,0	744,7	8,7
4.B Ackerland	1.677,0	1,0	0,0	1.715,9	21,5
4.C Grünland	5.231,2	0,4	0,7	5.416,3	63,1
4.D Feuchtgebiete	478,3	0,2	0,8	703,3	7,6
4.E Siedlungen	-189,9	0,3	0,0	-179,8	
4.F Sonstiges Land	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.G Holzprodukte	-39,5			-39,5	
gesamt	7.837,1	4,01	1,55	8.361,0	100,9
Nachrichtlich: 4.B + 4.C + 4.D	7.386,5	1,6	1,5	7.835,6	
off-site-Emissionen aus Torfabbau	17,0			17,0	

²⁴ Die in der Tabelle der Vollständigkeit halber angegebenen „off-site-Emissionen aus Torfabbau“ entstehen durch den Abbau der Torfprodukte, die aus dem ausgebrachten Torf hergestellt werden.

Abbildung 12 zeigt die CO₂-äquivalenten LULUCF-Treibhausgasemissionen des Landes in ihrer Verteilung auf die Pools. Auch hier sind die Unterschiede zwischen den beiden Jahren relativ gering: 2021 und 2022 traten Emissionen in Höhe von 7.202 bzw. 8.010 kt CO_{2,äq.} auf. Ihnen standen Entnahmen in Höhe von - 334 kt bzw. - 351 kt CO_{2,äq.} gegenüber. Die Salden sind dann wieder gleich den oben bereits genannten Salden von 7.536 bzw. 8.361 kt CO_{2,äq.} und nahezu gleich groß.

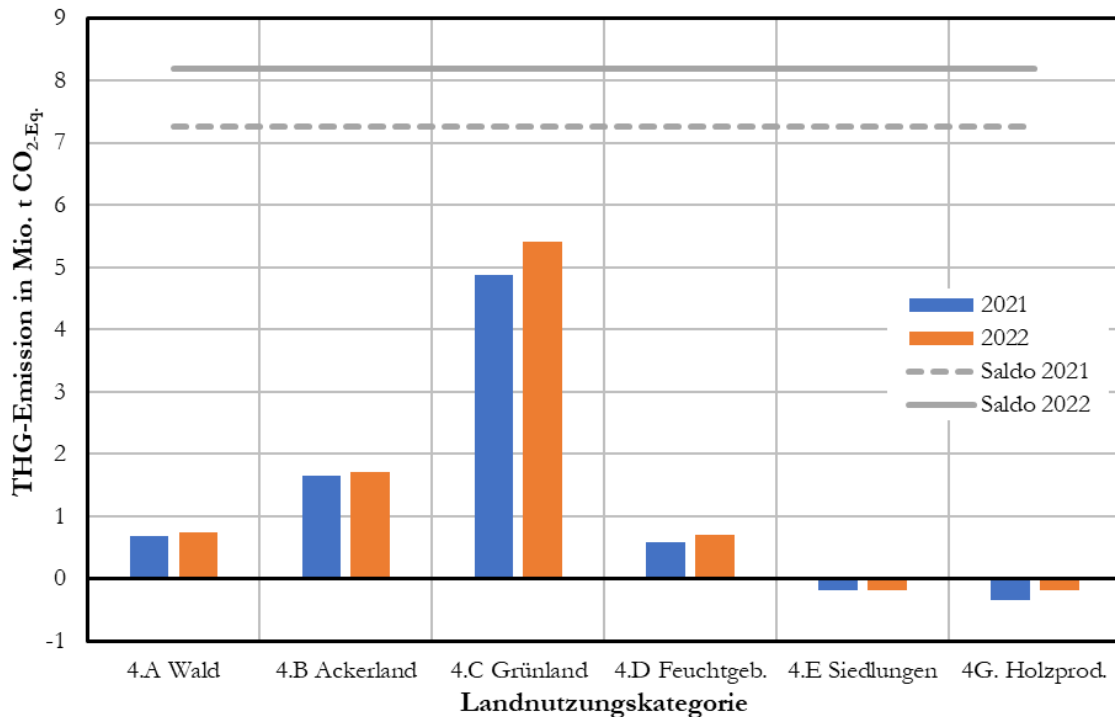


Abbildung 11: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 und 2022 nach Kategorien

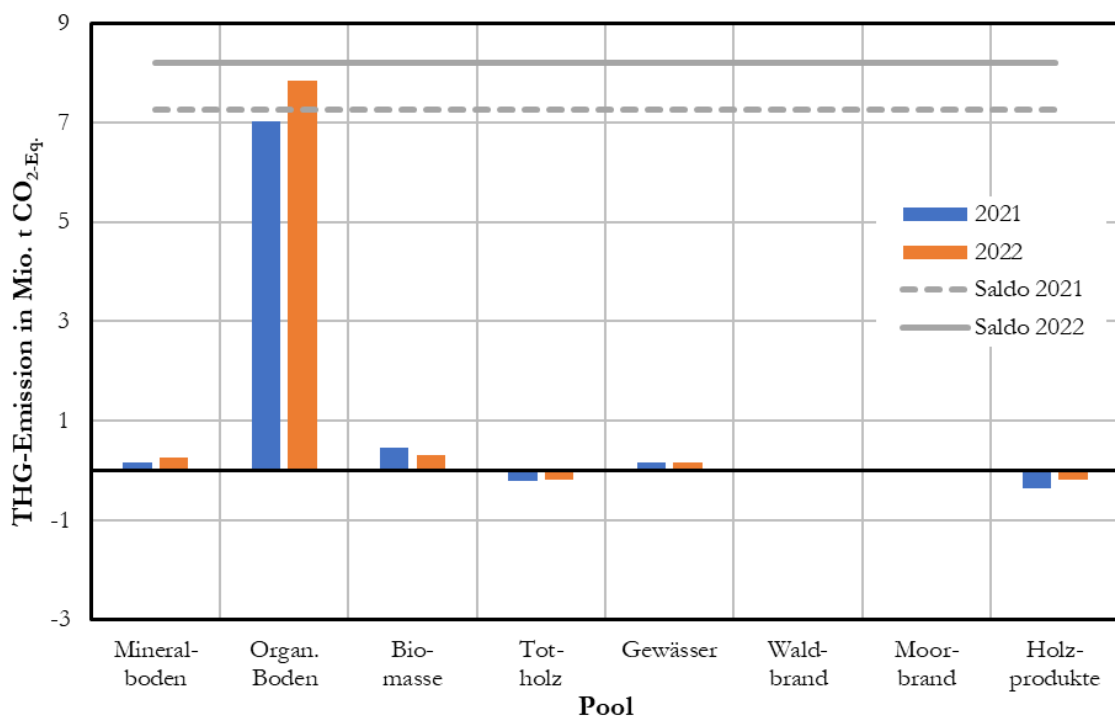


Abbildung 12: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 und 2022 nach Pools

In Abbildung 13 sind die LULUCF-Treibhausgasemissionen des Landes schematisch dargestellt. Hierbei bilden die Größenverhältnisse zwischen den Quadraten die Flächentransfers im Land ab, welche mit den Landnutzungsänderungen im Jahr 2021 per Saldo vollzogen wurden. Die grau dargestellten Pfeile und die an diese angetragenen Zahlenangaben repräsentieren die mit den Landnutzungsänderungen verbundenen CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen von CO₂, CH₄ und N₂O. Die Abbildung stellt somit den Zusammenhang zwischen den Landnutzungsänderungen und den daraus resultierenden Treibhausgasemissionen bzw. -entnahmen her. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich auch diese Treibhausgasemissionen als Saldo aus Emissionen und Entnahmen ergeben können. Dies trifft beispielsweise bei dem „Grünland“ zu, wie Tabelle 14 in ihrem oberen Teil zeigt (Abschnitt 5.4).

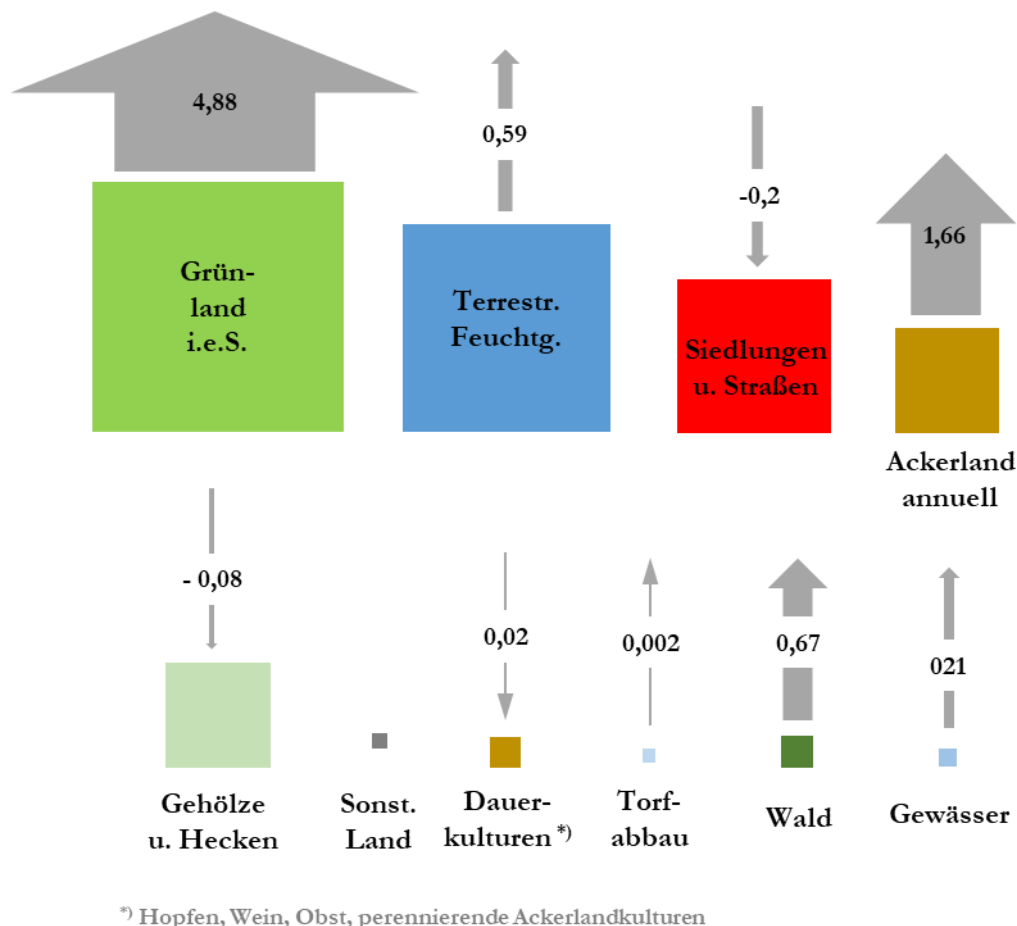


Abbildung 13: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 2021 (schematisch)

Die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen aus LULUCF in Mecklenburg-Vorpommern ab dem Jahr 1990 zeigt Abbildung 14. Dabei wurden die Entnahmen durch Holzprodukte nicht berücksichtigt, da diese bislang erst ab 2017 berechnet wurden (zudem sind sie deutlich kleiner als die Emissionen der anderen Kategorien). Die Emissionen haben sich in den einzelnen Kategorien und auch in der Summe in den zurückliegenden Jahren teilweise bzw. zeitweise deutlich verändert. Vergleichsweise hohe Emissionen wurden insbesondere für die Jahren von 2002 bis 2009 berechnet. Diese sind unter anderem auf Veränderungen bei den Emissionsfaktoren für die Forstphytomasse sowie bei der Holznutzung zurückzuführen: Die Holznutzung hatte von 2002 bis 2008 deutlich zugenommen und hatte 2008 eine leichte Abnahme zu verzeichnen. Die Abnahme der Forstbiomasse im Jahr 2018 und den Folgejahren ist deutschlandweit auf Waldschäden infolge von Trockenheit zurückzuführen. Diese erheblichen Änderungen in der Waldbiomasse wurden großräumig während der jüngsten Bundeswaldinventur (2022) erfasst. Infolge dieser Kalamitäten stellt der Wald in weiten

Teilen Deutschlands inzwischen nicht mehr eine Senke, sondern eine Quelle für Treibhausgase dar²⁵. Verstärkt wird der Effekt dadurch, dass in den aktuellen Berechnungen des Thünen-Instituts erstmalig die Änderungen im Bodenkohlenstoffvorrat (Verluste) infolge von Ackerland- und Grünlandbewirtschaftung berücksichtigt wurden. Gegenüber früheren Berechnungen führt dies zu einer deutlichen Abnahme der Senkenfunktion der Mineralböden und der Pool wurde in den letzten Jahren zunehmend zu einer Treibhausgasquelle /5/, S. 492/681 ff.

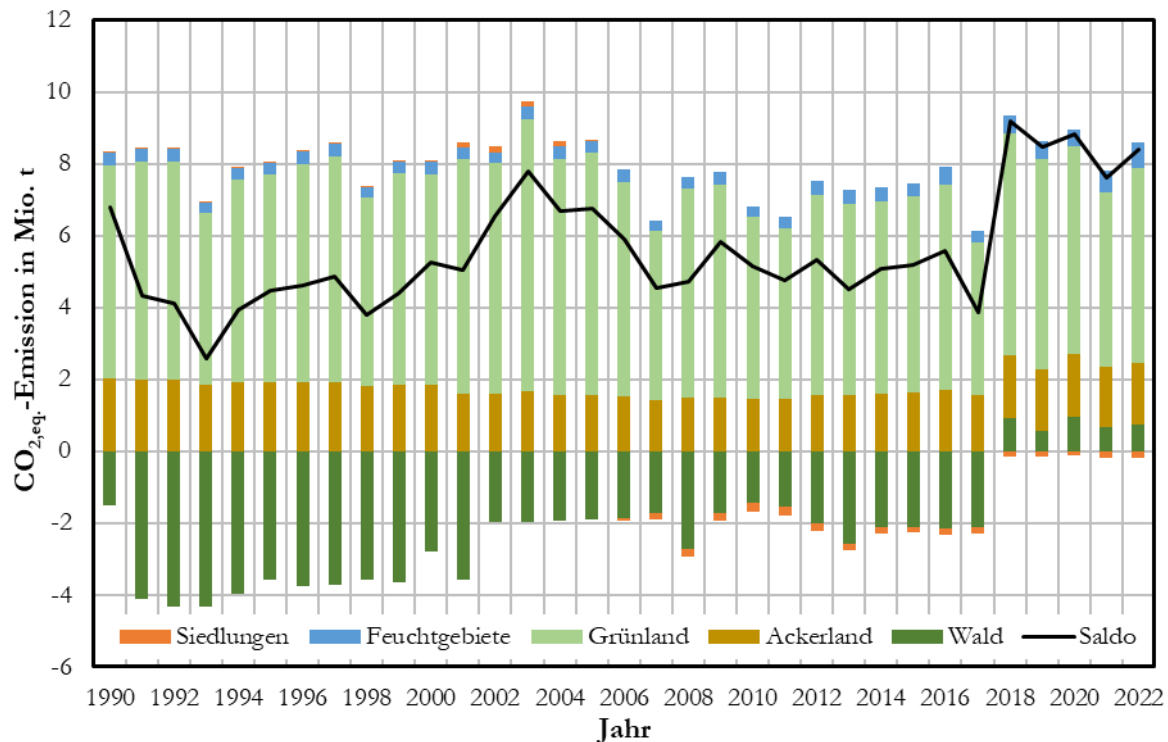


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen aus LULUCF 1990 bis 2022 (ohne Holzprodukte)

Landnutzungsänderungen

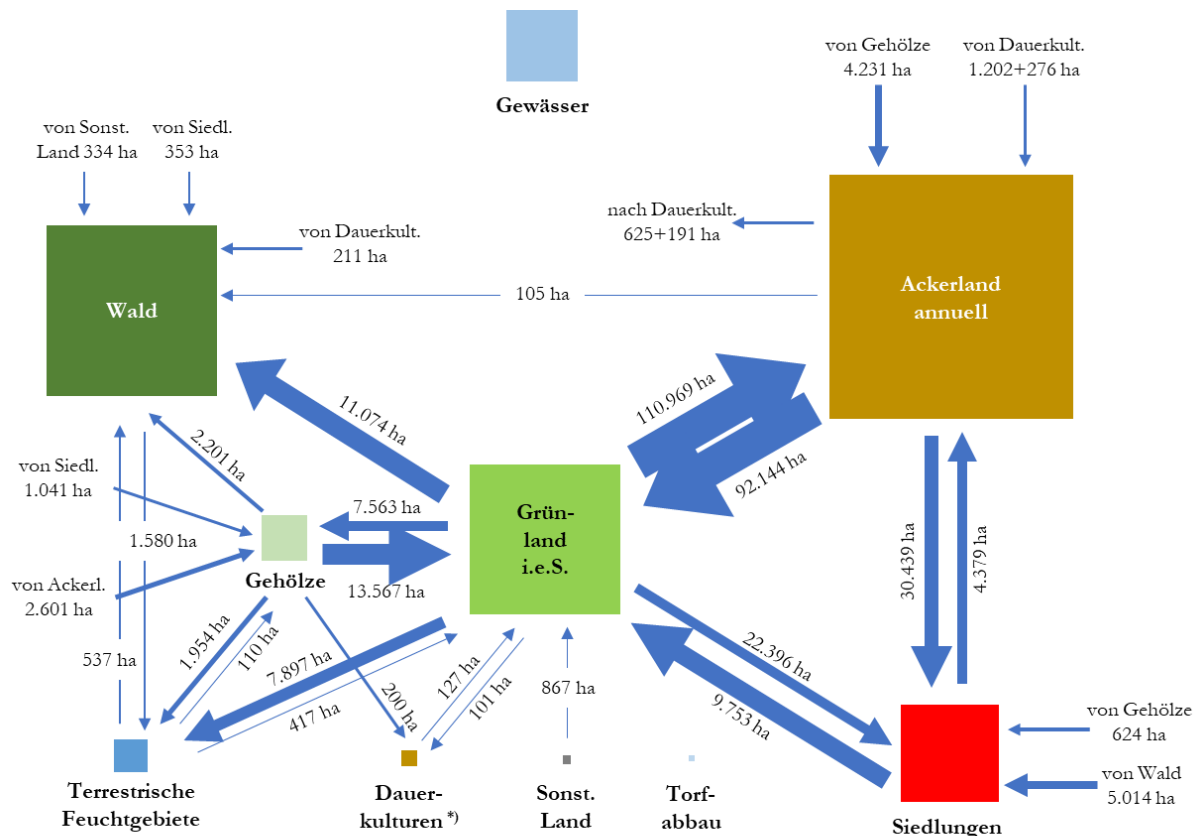
Die Landnutzungsänderungen in Mecklenburg-Vorpommern gegenüber den jeweiligen Vorjahren beliefen sich 2021 und 2022 auf 10.752 bzw. 10.750 ha. Das waren jeweils 0,47 Prozent der Landesfläche. Insbesondere wurden in beiden Jahren per Saldo jeweils ca. 4.300 ha „Grünland“ in verschiedene andere Nutzungsarten wie „Ackerland“ und „Wald“ umgewandelt²⁶. Darüber hinaus wurden besonders „Ackerland“ und „Grünland“ in Siedlungs- und Straßenflächen umgewandelt, netto waren dies in den beiden Jahren jeweils knapp 1.600 ha. Schließlich wurden in beiden Jahren auch jeweils ca. 2.935 ha „Feuchtgebiete“ und ca. 60 ha „Wald“ neu geschaffen, wofür wiederum besonders „Grünland“ umgenutzt wurde. Einen Überblick über in Mecklenburg-Vorpommern realisierten größeren Landnutzungsänderungen gibt Abbildung 15 beispielhaft für das Jahr 2021. Die Landnutzungsänderungen sind in der gleichen Form schematisch dargestellt wie oben in Abbildung 13 die Treibhausgasemissionen. Allerdings bilden hier die Größenverhältnisse zwischen den Quadraten nicht die Flächentransfers im Land ab, sondern entsprechen den Flächenverhältnissen der tatsächlichen Landnutzung, wobei allerdings nur Flächennutzungsänderungen ab 100 ha Größe berücksichtigt wurden. Die Pfeile zwischen den Quadraten geben die mit den Landnutzungsänderungen verbundenen Flächen-

²⁵ Vergleiche hierzu die Fußnoten 2 und 3 auf den Seiten 9 und 10 dieses Berichts.

²⁶ Die aus den Treibhausgasinventaren Mecklenburg-Vorpommerns für den CRF-Sektor „4. LULUCF“ berechneten Landnutzungsmatrizen für die beiden Jahre 2021 und 2022 sind im Anhang 1 angegeben.

transfers an, wobei solche Flächentransfers 2021 in vielen Fällen jeweils in beide Richtungen erfolgten. Die Stärke der Pfeile kennzeichnet ergänzend zu den Zahlenangaben die Größenordnung der Flächentransfers, wobei wie erwähnt nur Flächennutzungsänderungen ab einer Größe von 100 ha berücksichtigt wurden. Diese bilden jedoch ca. 99 Prozent aller Landnutzungsänderungen des Jahres 2021 im Land ab.

Die in den einzelnen Landnutzungskategorien resultierenden, also wiederum aus den Flächengewinnen und -verlusten saldierten Landnutzungsänderungen sind in Abbildung 16 vergleichend für 2021 und 2022 dargestellt. Wie die Abbildung zeigt, waren die Landnutzungsänderungen beider Jahre sowohl in ihrer Höhe als auch in ihrer Struktur miteinander vergleichbar.



*) Hopfen, Wein, Obst, perennierende Ackerlandkulturen

Abbildung 15: Landnutzungsänderungen 2021 (ab 100 ha, schematisch)²⁷

²⁷ Die Landnutzungsänderungen 2019 und 2020 waren in ihrer Struktur mit den Landnutzungsänderungen der Vorjahre vergleichbar. Die Abbildung wurde auf der Grundlage der Landnutzungsmatrizen erstellt, die jährlich vom Johann Heinrich von Thünen-Institut in Göttingen aktualisiert werden und die auch der dort durchgeführten Bilanzierung der Treibhausgasemissionen aus Landnutzungsänderungen zugrunde liegen /11/.

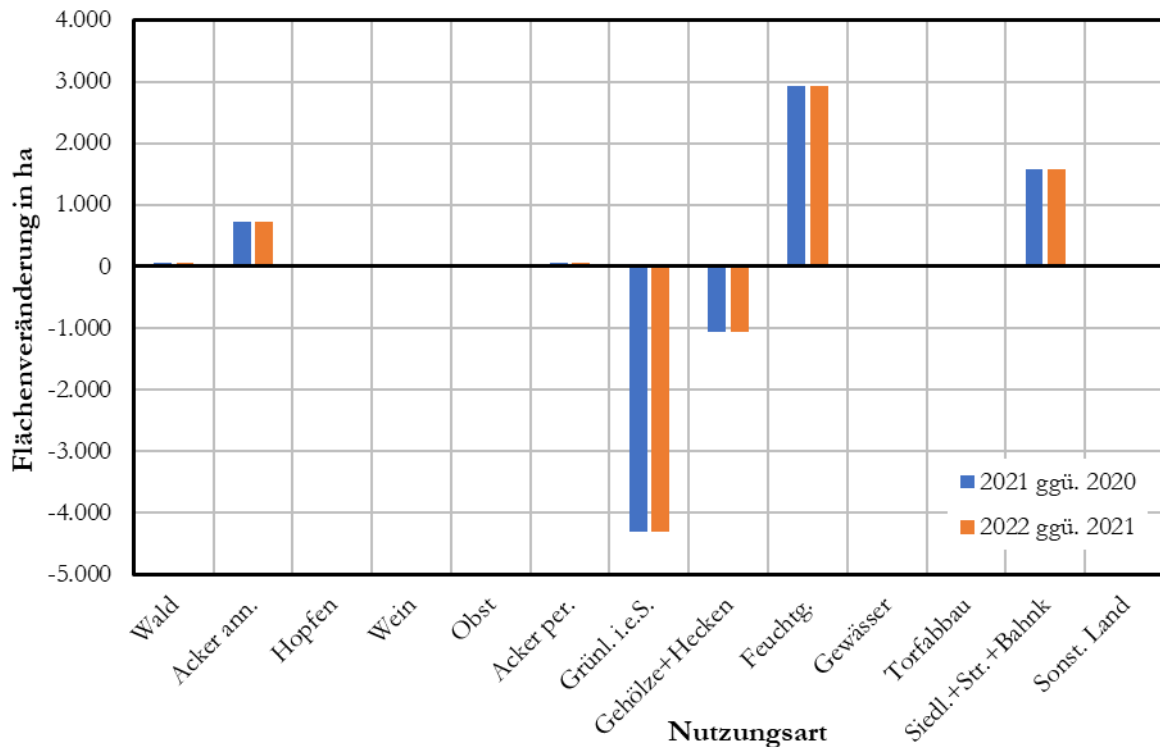


Abbildung 16: Landnutzungsänderungen 2021 und 2022

In den folgenden Abschnitten werden die LULUCF-Treibhausgasemissionen detaillierter dargestellt. Anders als bei den Emissionen des CRF-Sektors „3. Landwirtschaft“ ist diese Darstellung nicht nach Treibhausgasen gegliedert, sondern nach Landnutzungskategorien. Dies begründet sich vor allem dadurch, dass – im Gegensatz zur Landwirtschaft – Emissionen aller drei Treibhausgase in allen Landnutzungskategorien auftreten. Für diese werden daher nur die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen angegeben, dies jedoch für die einzelnen Unterkategorien, für die dort realisierten Landnutzungsänderungen sowie für die zugehörigen Pools. Darüber hinaus wird die zeitliche Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen dargestellt. Dabei bleibt die Landnutzungskategorie „Sonstiges Land“ unberücksichtigt, die sich in dem nationalen Treibhausgasinventar gemäß den *2006 IPCC Guidelines* /3/ aus „vegetationslosen Flächen“ sowie aus „zur Zeit unbestimmbaren Flächen“ zusammensetzt. In den beiden Jahren 2021 und 2022 waren in Mecklenburg-Vorpommern in dieser Kategorie 722 bzw. 712 ha kategorisiert, also ca. 0,03 Prozent der Landesfläche. Gemäß den *2006 IPCC Guidelines* können auf diesen Flächen keine Treibhausgasemissionen auftreten, da es sich um nicht bewirtschaftetes Land handelt (die Flächen werden nur zur Vervollständigung der Landnutzungsmatrix erfasst). Dementsprechend sind im nationalen Treibhausgasinventar zu dieser Landnutzungskategorie auch keine Treibhausgasemissionen ausgewiesen /5/, S. 486/560/679.

5.2 Exkurs: Treibhausgasemissionen aus Mooren in Mecklenburg-Vorpommern

Bevor im Weiteren die Treibhausgasemissionen der einzelnen Landnutzungskategorien des CRF-Sektors „4. LULUCF“ beschrieben werden, sollen kurz die Treibhausgasemissionen aus den Mooren in Mecklenburg-Vorpommern angesprochen werden. Dies begründet sich *zum einen* dadurch, dass das Land eines der moorreichsten Bundesländer in Deutschland ist und dass die Moore im Land sich auf verschiedenen Landnutzungskategorien verteilen. *Zum anderen* werden für die Moore in Mecklenburg-Vorpommern erhebliche jährliche Treibhausgasemissionen angegeben, die sich ebenfalls auf die betreffenden Landnutzungskategorien verteilen, jedoch in dem Kohlenstoffpool "Organische Böden" abgebildet werden, wie in Abbildung 12 im vorhergehenden Abschnitt dargestellt.

Moore in Mecklenburg-Vorpommern

Von der Landfläche Mecklenburg-Vorpommerns sind ca. 285.000 ha bzw. 12,4 Prozent von Mooren bedeckt. Davon sind ca. 3 Prozent naturnah bzw. unentwässert und ca. 60 Prozent extrem oder stark entwässert²⁸ /16/, S. 3, /17/, S. 10 ff. Etwa 159.098 ha bzw. 55 Prozent der Moore werden landwirtschaftlich genutzt, davon ca. 19.000 ha als Ackerland und 139.980 ha als Dauergrünland. Weitere 49.509 ha bzw. ca. 17 Prozent der Moore sind bewaldet und werden forstwirtschaftlich genutzt²⁹. Naturnahe Moore, wiedervernässte Moore ohne Nutzung sowie Gräben und Infrastrukturf lächen nehmen 75.905 ha bzw. 26 Prozent ein. Davon werden 52.000 ha als „ungenutzte Flächen“ klassifiziert, darunter auch ca. 13.000 ha Gräben sowie Kleingärten, Abfalldeponien oder Wege. Der überwiegende Teil der land- und forstwirtschaftlich genutzten Moorflächen wird entwässert. Die traditionelle Mahd natürlicher Röhrichte findet auf ca. 550 ha statt /16/, S. 9.

Treibhausgasemissionen aus den Mooren nach Berechnungen des Thünen-Institut Braunschweig

Innerhalb des CRF-Sektors „4. LULUCF“ wurden vom *Johann Heinrich von Thünen-Institut* auch die Treibhausgasemissionen von organischen Böden in allen Landnutzungskategorien berechnet. Die Summe dieser Emissionen (Abbildung 12 im vorhergehenden Abschnitt) dargestellt worden und belief sich 2021 auf 7,03 und 2022 auf 7,84 Mio. t CO₂,äq. (2019 und 2020 waren es jeweils 7,9 Mio. t CO₂,äq.). In Tabelle 11 sind diese Treibhausgasemissionen noch einmal zusammengestellt. Die Tabelle gibt jeweils die CO₂- und die in CO₂-Äquivalente umgerechneten CH₄- und N₂O-Emissionen (Spalten 3 bzw. 6) sowie deren Summen für die einzelnen Landnutzungskategorien (Spalten 4 bzw. 7) an.

Treibhausgasemissionen nach Berechnungen des Greifswald Moor Centrums

Vom *Greifswald Moor Centrum* werden ebenfalls Treibhausgasemissionen für die Moore in Mecklenburg-Vorpommern berechnet, wobei die Ergebnisse aus verschiedenen Gründen von den Treibhausgasemissionen abweichen, die vom Thünen-Institut in Braunschweig für Mecklenburg-Vorpommern berechnet wurden: Das *Greifswald Moor Centrum* schätzt die derzeitigen jährlichen Treibhausgasemissionen aus den Mooren in Mecklenburg-Vorpommern auf insgesamt 5,9 bis 6,1 Mio. t CO₂,äq.. Diese Bilanzierung basiert auf dem GEST-Ansatz /17, /20/, /21/, /22/ und berücksichtigt nur die Treibhausgase CO₂ und CH₄, wohingegen N₂O-Emissionen nicht berücksichtigt sind³⁰ /16/, S. 16. Neuere Berechnungen zufolge belaufen sich die jährlichen Treibhausgasemissionen aus den organischen Böden des Landes auf 8,4 Mio. t CO₂,äq. /18/, S. 5. Noch aktuellere Flächen- und Emissionsdaten weist die Strategie zum Schutz und zur Nutzung der Moore Mecklenburg-Vorpommern aus dem Jahr

²⁸ Diese Flächenangaben ergeben sich nach /16/, S. 3 aus Daten des *Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern* (LUNG M-V), welche in einer Konzeptbodenkarte *Moorbodenformengesellschaften 2016 und potentielle Küstenüberflutungsmoore 2017* enthalten sind. In einer neueren Veröffentlichung gibt das Greifswald Moor Centrum die Fläche der organischen Böden in Mecklenburg-Vorpommern mit 330.200 ha entsprechend 14,23 Prozent der Landesfläche an /18/, S. 5.

²⁹ Von der *Landesforst Mecklenburg-Vorpommern* werden aktuell ca. 72.000 ha bzw. 14 Prozent der Waldfläche des Landes als Waldmoore klassifiziert. Davon sind ca. 5.000 ha bzw. 7 Prozent nicht entwässert, weitere ca. 16.000 ha bzw. 22 Prozent sind gering entwässert, ca. 27.000 ha bzw. 38 Prozent sind mäßig entwässert und ca. 8.000 ha bzw. 11 Prozent sind stark entwässert (für die übrigen 22 Prozent wurden keine Angaben gemacht). Die bewirtschaftete Fläche wird auf ca. 56.500 ha und die nicht bewirtschaftete Fläche auf ca. 15.500 ha geschätzt (Quelle für alle genannten Daten: /16/, S. 15/16).

³⁰ Das Treibhausgas-Emissions-Standort-Typen-Verfahren (GEST-Modell) bildet die Treibhausgasemissionen eines Moores in Abhängigkeit von Wasserstufen und Vegetation ab: Die Vegetationsformen bzw. Pflanzengesellschaften eines Standorts spiegeln dessen wesentliche Standorteigenschaften wider. Der mittlere jährliche Grundwasserstand wurde in umfangreichen Literaturauswertungen als die am ehesten geeignete einzelne Erklärungsgröße für die CO₂- und CH₄-Emissionen von Mooren identifiziert /25/, S. 21. Die N₂O-Emissionen bleiben unberücksichtigt, da für die Abschätzung der N₂O-Flüsse von Böden eine solche einzelne Erklärungsgröße bisher nicht identifiziert werden konnte.

2024 aus /17/, S. 10 ff. Danach belaufen sich die Treibhausgasemissionen beispielsweise aus Grünland auf einer Fläche von 159.000 ha auf 4,46 Mio. t CO_{2,äq.}. Hinzu kommen die oben genannten ca. 19.000 ha Ackerland mit einer jährlichen Emission von 0,80 Mio. t CO_{2,äq.}. Zusammen mit einer Reihe von weiteren, jedoch kleineren Emissionsquellen belaufen sich die jährlichen Treibhausgasemissionen des Landes aus Mooren auf insgesamt 6,08 Mio. t CO_{2,äq.}.

Tabelle 11: Treibhausgasemissionen im LULUCF-Pool „Organische Böden“ 2021 und 2022

Landnutzungskategorie	Jahr	2021			2022		
	THG	Mio. t CO _{2-Eq.}		%	Mio. t CO _{2-Eq.}		%
1	2	3	4	5	6	7	8
Wald	CO ₂	0,54	0,60	8,53	0,54	0,60	7,70
	CH ₄	0,01			0,01		
	N ₂ O	0,05			0,06		
Ackerland	CO ₂	0,66	0,67	9,59	0,74	0,75	9,52
	CH ₄	0,02			0,01		
	N ₂ O *)	(0,097)			(0,101)		
Grünland	CO ₂	5,03	5,32	75,71	5,71	5,89	75,14
	CH ₄	0,28			0,17		
	N ₂ O	0,01			0,01		
Feuchtgebiete	CO ₂	0,29	0,34	4,88	0,45	0,50	6,39
	CH ₄	0,05			0,05		
	N ₂ O	0,00			0,01		
Siedlungen	CO ₂	0,08	0,09	1,28	0,09	0,10	1,25
	CH ₄	0,00			0,00		
	N ₂ O	0,00			0,01		
gesamt	CO ₂	6,61	7,03	100,00	7,52	7,84	100,00
	CH ₄	0,35			0,24		
	N ₂ O	0,07			0,08		

*) Emissionen werden im Sektor Landwirtschaft berichtet

Weitere Gründe /23/ für die Unterschiede in den Treibhausgasinventaren des *Johann Heinrich von Thünen-Instituts* bzw. des *Greifswald Moor Centrums*, welche neben Mecklenburg-Vorpommern auch andere Bundesländer betreffen, liegen in den Flächendaten, welche den Berechnungen der Treibhausgasemissionen zugrunde gelegt werden, sowie in den Emissionsfaktoren. Vom *Johann Heinrich von Thünen-Institut* werden also mehr Flächen berücksichtigt und in bestimmten Flächenkategorien höhere Emissionsfaktoren zugrunde gelegt als vom *Greifswald Moor Centrum*. Perspektivisch sollen die betreffenden Länderdaten vereinheitlicht werden, sodass eine Verringerung bzw. Vermeidung von Unterschieden in den berechneten Treibhausgasinventaren erwartet werden kann.

Im Übrigen sind die aktuellen jährlichen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden im Vergleich zu den für das Jahr 2009 angegebenen Emissionen in Höhe von 6,2 Mio. t CO_{2,äq.} /25/, S. 9 nahezu unverändert, da die meisten Wiedervernässungen vor 2009 erfolgt sind /16/, S. 20. Die wiedervernässten Flächen weisen gegenüber den entwässerten Mooren deutlich niedrigere Treibhausgasemissionen auf. Gleichzeitig sind alle noch entwässerten Moore starke und fortdauernde Quellen für Treibhausgase. Zwar können auch in nassen und besonders in überstauten Mooren durchaus hohe Emissionen von CH₄ entstehen, das zudem ein wesentlich höheres relatives Treibhausgaspotenzial als CO₂ aufweist. Diese CH₄-Emissionen hängen jedoch stark von dem Wasserstand ab, der sich nach Beendigung der Entwässerung einstellt. Außerdem ist die Verweildauer von CH₄ in der Atmosphäre wesentlich kürzer als die von CO₂. Das emittierte CH₄ wird im Gegensatz zu CO₂ in der Atmosphäre nicht akkumuliert und trägt damit deutlich weniger zum längerfristigen Treibhauseffekt bei /16/, S. 20. Bezieht man in die Abwägung zwischen den vermeidbaren CO₂-Emissionen und den wieder ansteigenden CH₄-Emissionen den Strahlungshaushalt der Erde sowie die Lebensdauer beider Gase in der Atmosphäre ein, wirken sich die CO₂-Emissionen langfristig deutlich ungünstiger auf die globale Erwärmung aus /24/.

Minderungspotenzial für die Treibhausgasemissionen aus Mooren in Mecklenburg-Vorpommern

In der von dem *Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern* 2017 vorgelegten Fachstrategie /19/ zur Umsetzung des Moorschutzeskonzeptes /25/ wurde das durch Paludikulturen³¹ erschließbare Emissionsminderungspotenzial ermittelt, also durch eine produktive Nutzung von nassen Moorstandorten. Dieses Minderungspotenzial wurde mit 3 Mio. t CO_{2,äq.} abgeschätzt, sofern Paludikulturen auf allen dafür in Betracht kommenden Flächen eingeführt werden /19/, S. 64. Dieses Minderungspotenzial kann nur bei entsprechenden rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen gehoben werden und zur Entwicklung neuer Wertschöpfungspotenziale beitragen.

Die 2024 vom Land vorgelegte Strategie zum Schutz und zur Nutzung der Moore Mecklenburg-Vorpommerns gibt als ein wichtiges Ziel an, dass die land- und forstwirtschaftlich genutzte Moorflächen weiterhin Nutzflächen bleiben /17/, S. 23 f. Die Nutzung muss allerdings bei höheren Wasserständen erfolgen, um die anhaltende Emission von Treibhausgasemissionen zu stoppen. Dementsprechend sind die gesamten, heute von den Mooren des Landes freigesetzten Treibhausgasemissionen als Minderungspotenzial zu betrachten.

5.3 Treibhausgasemissionen Wald

Die Landnutzungskategorie „Wald“ ist im nationalen Treibhausgasinventar nicht untergliedert. Vielmehr wird als Wald gemäß den *2006 IPCC Guidelines* /3/ jede mit Forstpflanzen – mit Laub-, Nadel- oder Mischwäldern – bestockte Fläche definiert. Außerdem werden mit dem Wald verbundene und ihm dienende Flächen eingerechnet. Unberücksichtigt bleiben dagegen Kurzumtriebsplantagen zur Erzeugung von Energieholz, da sie keinen Wald im Sinne der Waldinventur und des Waldgesetzes darstellen. Sie werden deshalb unter der Landnutzungskategorie Ackerland berichtet (möglich ist dies, da Kurzumtriebsplantagen in der Bundeswaldinventur separat erfasst werden) /5/, S. 531.

Die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen für die Landnutzungskategorie „Wald“ in Mecklenburg-Vorpommern sind in Tabelle 12 für die beiden Jahre 2021 und 2022 zusammengestellt.

Die Tabelle zeigt im oberen Teil die Treibhausgasemissionen, welche aus dem Wald selbst bzw. aus der Umwandlung von anderen Landnutzungskategorien zu Wald resultierten. Weiterhin sind die

³¹ Der Begriff wurde 1998 das erste Mal erwähnt, meinte aber zunächst nur den Anbau von Torfmoos zur Torfbildung und später auch die direkte Nutzung der Frischmasse als Torfersatz /19/, S. 24. Allerdings ist unter den klimatischen Bedingungen Nordostdeutschlands der Anbau von Paludikultur-Pflanzen wie Schilf dem Anbau von Torfmoos in großem Umfang vorzuziehen /26/, S. 2311.

durch Waldbrände verursachten Treibhausgasemissionen ausgewiesen. Im unteren Teil der Tabelle sind diese Treibhausgasemissionen nach Pools aufgeführt.

Tabelle 12: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Wald 2021 und 2022

Wald	2021		2022	
	CO _{2,eq.}		CO _{2,eq.}	
	kt	%	kt	%
1	2	3	4	5
nach Landnutzungskategorie				
Wald gesamt	674	100,0	745	100,0
Wald bleibt Wald	729	99,6	800	99,6
Ackerland zu Wald	-4		-4	
Grünland zu Wald	-40		-41	
Feuchtgebiete zu Wald	3	0,4	3	0,4
Siedlungen zu Wald	-6		-5	
Sonstiges Land zu Wald	-8		-7	
Waldbrand	0	0,0	0,13	0,02
nach Pool				
Wald gesamt	1.205	100,0	948	100,0
Mineralboden	-1.050		-184	
Organischer Boden	1.807	73,3	606	44,6
Biomasse	647	26,3	754	55,4
Streu	1E		1E	
Totholz	-209		-228	
Waldbrand	10	0,4	0,06	0,004

Insgesamt wurden der Atmosphäre 2021 und 2022 durch die Wälder in Mecklenburg-Vorpommern Treibhausgase in Höhe von 674 bzw. 745 kt CO_{2,äq.} freigesetzt. Diese Emissionen resultierten im Wesentlichen aus den organischen Böden sowie aus dem Abbau von Biomasse. Abbildung 17 zeigt die Entwicklung der Emissionen von CO₂, CH₄ und N₂O in Mecklenburg-Vorpommern von 1990 bis 2022 für die Landnutzungskategorie „Wald“. Danach überwiegen die CO₂-Entnahmen aus der Atmosphäre bzw. die CO₂-Freisetzung seit 2018 die Emissionen von CH₄ und N₂O deutlich. Veränderungen in den Entnahmen traten besonders von 2002 bis 2012 auf und sind auf die oben erwähnten Veränderungen bei den Emissionsfaktoren für die Forstphytomasse infolge Holznutzung zurückzuführen: Diese hatte von 2002 bis 2008 deutlich zugenommen, war dann 2008 leicht zurückgegangen /5/, S. 492/681 ff. Hinzu kamen deutschlandweit trockenheitsbedingte Waldschäden, die zu erheblichen Änderungen in der Waldbiomasse führten und die – infolge der auf die Forstlichen Großgebiete bezogenen Emissionsfaktoren – auch die für Mecklenburg-Vorpommern bilanzierten Emissionen beeinflussen. Infolgedessen erscheint auch der Wald gemäß Abbildung 17 inzwischen als eine Quelle für

Treibhausgase. Wie beschrieben sind die Veränderungen außerdem durch Weiterentwicklungen in den methodischen Grundlagen in den verwendeten Daten zurückzuführen /5/, S. 492/681 ff.

Der Saldo aus den Emissionen und Entnahmen betrug im Zeitraum von 1990 bis 2001 durchschnittlich - 2.760 kt CO_{2,äq.} je Jahr. Zwischen 2001 bis 2007 waren es jährlich durchschnittlich - 1.900 kt CO_{2,äq.}. Nachdem der Saldo dann wieder etwas gestiegen war, wurden ab 2012 durchschnittlich - 2.200 kt CO_{2,äq.} aus der Atmosphäre entnommen. Damit wurde das ursprüngliche Niveau der ersten 20 Jahre nach 1990 allerdings nicht wieder erreicht. Seit 2018 ist der Wald zudem zu einer Treibhausgasquelle geworden: Die CO₂-Emissionen der Jahre 2021 und 2022 in Höhe von 674 bzw. 745 kt CO_{2,äq.} setzten sich zu 941 Prozent aus CO₂, zu 8 Prozent aus CH₄ und zu knapp einem Prozent aus N₂O zusammen.

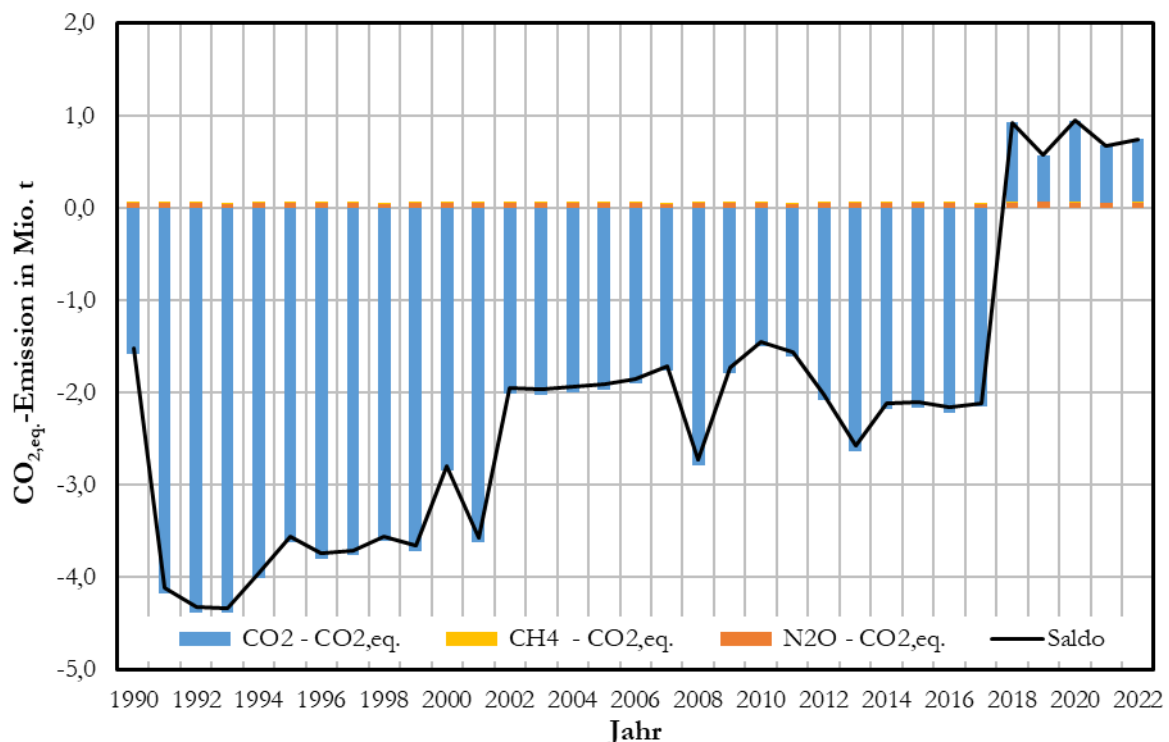


Abbildung 17: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Wald von 1990 bis 2022 (s.a. Fußn. 2 auf S. 8)

5.4 Treibhausgasemissionen Ackerland

Im nationalen Treibhausgasinventar wird die Landnutzungskategorie „Ackerland“ gemäß den 2006 IPCC Guidelines /3/ in fünf Unterkategorien unterteilt: Neben dem mit annuellen Kulturarten bebauten Ackerland sind dies Hopfen-, Obst- und Weinanbauflächen (Dauerkulturen)³² sowie mit sonstigen perennierenden Ackerkulturen bebautes Ackerland. Letzteres bildet die Summe aus Baumschulen, Weihnachtsbaumkulturen und Kurzumtriebsplantagen. Auch Gartenland für den Anbau von Gemüse, Obst und Blumen sowie für die Aufzucht von Kulturpflanzen wird als Ackerland erfasst.

Die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 für die Landnutzungskategorie „Ackerland“ berechnet wurden, sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

Insgesamt wurden in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 durch Landnutzungsänderungen Landnutzungskategorie „Ackerland“ Treibhausgase in Höhe von 1.659 bzw. 1.719 kt CO_{2,äq.} und damit

³² Der Anteil der Dauerkulturen an der Gesamtfläche des Ackerlands in Deutschland betrug im Jahr 2022 2,1 Prozent /5/, S. 556.

nahezu genau so viel wie in den beiden Vorjahren emittiert. Diese Emissionen resultierten nahezu vollständig aus Landnutzungsänderungen bei dem mit annuellen Kulturarten bebauten Ackerland.

Tabelle 13: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Ackerland 2021 und 2022

Ackerland	2021		2022	
	CO _{2,eq.}		CO _{2,eq.}	
	kt	%	kt	%
1	2	3	4	5
nach Landnutzungskategorie				
Ackerland gesamt	1.659	100,0	1.716	100,0
Ackerland _{annuell} gesamt	1.642	98,9	1.702	99,0
Hopfen gesamt	NO		NO	
Wein gesamt	0,13	0,0	-0,004	
Obst gesamt	-1,6		-2,6	
Ackerlandkulturen _{perennierend} gesamt	18,9	1,1	16,8	1,0
nach Landnutzungskategorie				
Ackerland gesamt	1.659	100,0	1.716	100,0
Ackerland bleibt Ackerland	859	51,8	894	52,1
Wald zu Ackerland	NO		NO	
Grünland zu Ackerland	800	48,2	818	47,7
Feuchtgebiete zu Ackerland	1	0,1	2,8	0,2
Siedlungen zu Ackerland	-1	-0,1	1	0,0
Sonstiges Land zu Ackerland	-0,04		-0,02	
nach Pool				
Ackerland gesamt	4.764	100,0	1.739	100,0
Mineralboden	2.563	53,8	860	49,4
Organischer Boden	2.070	43,5	697	40,1
Biomasse	130	2,7	183	10,5
DOM ¹⁾	NO		NO	

¹⁾ DOM - Emissionen aus der Zersetzung toter organischer Substanz (dead organic matter)

Die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum von 1990 bis 2022 für die Landnutzungskategorie „Ackerland“ berechnet wurde, zeigt Abbildung 18 für die drei Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O. Danach waren die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen nach 1990 mit 2.010 kt CO_{2,äq.} bis zum Jahr 2010 weitgehend kontinuierlich auf

1.450 kt CO_{2,äq.} zurückgegangen. Beginnend mit dem Jahr 2011 sind sie dann bis zum Jahr 2018 wieder leicht angestiegen und beliefen sich im Durchschnitt der fünf Jahre auf 1.710 kt CO_{2,äq.}. Die Zusammensetzung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen blieb über den gesamten Zeitraum nahezu unverändert: Die CO₂-Emissionen beliefen sich auf durchschnittlich 97,7 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen der Landnutzungskategorie „Ackerland“. Die Anteile der CO₂-äquivalenten CH₄-Emissionen waren dementsprechend deutlich kleiner und beliefen sich durchschnittlich auf 1,4 Prozent und die der CO₂-äquivalenten N₂O-Emissionen auf 0,9 Prozent.

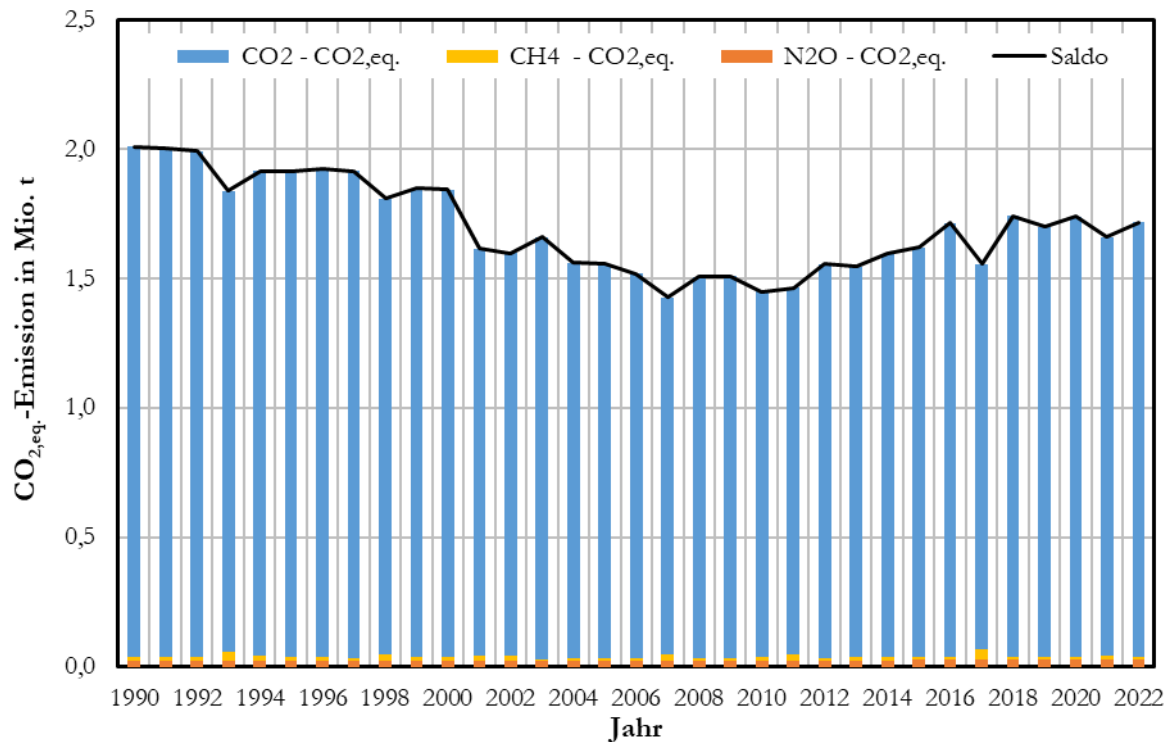


Abbildung 18: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Ackerland von 1990 bis 2022

5.5 Treibhausgasemissionen Grünland

Die Landnutzungskategorie „Grünland“ ist im nationalen Treibhausgasinventar gemäß den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ in zwei Unterkategorien unterteilt: Die Unterkategorie „Grünland im engeren Sinn“ (i. e. S.) erfasst mit Gräsern und Kräutern bewachsene Flächen, also Wiesen, Weiden, Almen, Hutungen, Heideflächen, naturbelassenes Grünland und Erholungsflächen, die beweidet oder gemäht werden. Hierunter fallen auch nicht entwässerte organische Böden im Grünland (Nassgrünland)³³. Demgegenüber sind in der Unterkategorie „Gehölze“ solche mit Gehölzen bestockte Flächen erfasst, die nicht der Walddefinition entsprechen (Baumgruppen, Büsche, Hecken, Feldgehölze sowie Strauchbestände)³⁴.

Die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern in den beiden Jahren 2021 und 2022 für die Landnutzungsänderungen in der Kategorie „Grünland“ berechnet wurden, sind in Tabelle 14 zusammengestellt. Danach wurden durch Nutzungsänderungen in Mecklenburg-

³³ Diese Flächen sind in dem *Basis-Digitales Landschaftsmodell* (Basis-DLM), welches für die Herleitung der Landnutzungsmatrix (LUM) herangezogen wird, als „Sumpf, Ried“ klassifiziert (Abschnitt 2.2).

³⁴ Der Anteil der Grünflächen i. e. S. an der Gesamtfläche des Grünlands in Deutschland betrug 2022 90,4 Prozent, der Anteil der Gehölzflächen belief sich auf 6,4 Prozent und der Anteil von Hecken auf 3,2 Prozent /5/, S. 556.

Vorpommern 2021 und 2022 4964 bzw. 5.562 kt CO_{2,äq.} emittiert. Diese Emissionen entstanden auf „Grünland im engeren Sinne“. Durch die in der Nutzungskategorie „Grünland“ enthaltenen „Gehölze und Hecken“ wurden dagegen 2021 und 2022 -82 bzw. -145 kt CO₂ aus der Atmosphäre entnommen. Somit wurden per Saldo 2021 und 2022 4.882 bzw. 5.416 kt CO_{2,äq.} emittiert.

Tabelle 14: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Grünland 2021 und 2022

Grünland	2021		2022	
	CO _{2,eq.}		CO _{2,eq.}	
	kt	%	kt	%
1	2	3	4	5
nach Landnutzungskategorie				
Grünland gesamt	4.882	100,0	5.416	100,0
Grünland i.e.S.	4.964	101,7	5.562	102,7
Gehölze und Hecken	-82	-1,7	-145	-2,7
nach Landnutzungskategorie				
Grünland gesamt	5.087	95,97	5.417	99,99
Grünland bleibt Grünland	4.924	96,6	5.432	100,1
Wald zu Grünland	205		0	
Ackerland zu Grünland	-2	0,0	20	0,4
Feuchtgebiete zu Grünland	11	0,2	13	0,2
Siedlungen zu Grünland	-41	-0,8	-39	-0,7
Sonstiges Land zu Grünland	-9		-9	
nach Pool				
Grünland gesamt	15.937	99,9	5.792	100,0
Mineralboden	-1.194		-404	
Organischer Boden	17.185	100,3	5.941	95,9
Biomasse	-63	-0,4	255	4,1
DOM ¹⁾	9		NO	

¹⁾ DOM - Emissionen aus der Zersetzung toter organischer Substanz (dead organic matter)

Die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern in dem Zeitraum von 1990 bis 2022 für Nutzungsänderungen in der Landnutzungskategorie „Grünland“ berechnet wurde, zeigt Abbildung 19 für die drei Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O. Diese haben zunächst zwischen 1990 und 2003 von 6.000 kt CO_{2,äq.} auf 7.500 kt CO_{2,äq.} zu- und anschließend wieder abgenommen. In den Jahren von 2007 bis 2020 beliefen sich diese Treibhausgasemissionen auf durchschnittlich ca. 5.410 kt CO_{2,äq.} je Jahr. Die Emissionen des Jahres 2021 lagen mit 4.882 kt CO_{2,äq.} unter jenen der Vorjahre, während die Emissionen des Jahres 2022 mit 5.416 kt CO_{2,äq.} wieder im

Durchschnitt der Vorjahres-Emissionen lagen. Im Durchschnitt aller Jahre von 1990 bis 2022 setzten sich die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen nahezu unverändert zu 94,1 Prozent aus CO₂-Emissionen, zu 5,6 Prozent aus CH₄-Emissionen sowie zu 0,3 Prozent aus N₂O-Emissionen zusammen. Nur um das Jahr 2003 war der Anteil der CO₂-Emissionen geringfügig höher, während der Anteil der CH₄-Emissionen zugleich etwas geringer war.

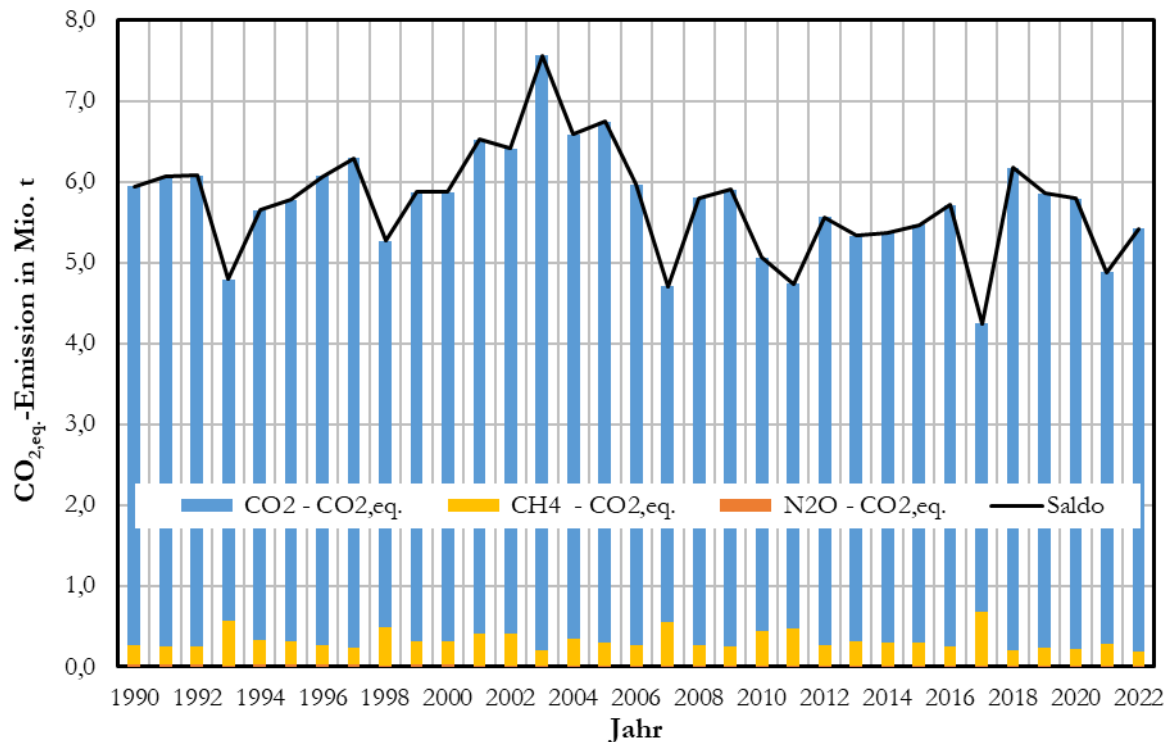


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Grünland von 1990 bis 2022

5.6 Treibhausgasemissionen Feuchtgebiete

Als „Feuchtgebiete“ werden im nationalen Treibhausgasinventar gemäß den *2006 IPCC Guidelines /3/* Landflächen erfasst, deren Böden zeitweise oder ganzjährig wassergesättigt oder mit Wasser bedeckt sind und die nicht unter den zuvor dargestellten Landnutzungskategorien erfasst sind. Dies sind *zum einen* „Terrestrische Feuchtgebiete“, also unkultivierte Flächen, deren obere Schicht aus vertorften oder zersetzten Pflanzenresten besteht, und *zum anderen* „Gewässer und überflutete Landflächen“. In einer weiteren Unterkategorie „Torfabbau“ werden alle Flächen zusammengefasst, welche in einem Zusammenhang mit Torfabbau stehen³⁵.

Die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 für die Landnutzungskategorie „Feuchtgebiete“ berechnet wurden, sind in Tabelle 15 zusammengestellt.

³⁵ In Deutschland gab es 2022 741.863 ha Feuchtgebiete. Davon waren 146.070 ha terrestrische Feuchtgebiete, 553.391 ha natürliche Gewässer und 10.544 ha dienten dem Torfabbau zur Gewinnung von Gartenbautorfen. Der weitaus größte Teil ehemaliger Feuchtgebietsflächen ist drainiert. Diese unterliegen hauptsächlich der land- und der forstwirtschaftlichen Nutzung oder befinden sich in Siedlungsgebieten. Im Jahr 2022 waren das 1.660 Tsd. ha. Diese Fläche entsprach 95,3 Prozent der Gesamtfläche organischer Böden in Deutschland. Davon waren ca. 1.500 Tsd. ha drainiert, also ca. 90 Prozent. In der Unterkategorie „Terrestrische Feuchtgebiete“ finden sich daher nur die wenigen, vom Menschen weniger beeinflussten, nicht drainierten und naturnahen Moorstandorte und sonstigen Feuchtgebiete auf mineralischen Böden sowie die Torfabbauf Flächen /5/, S. 558 ff.

Tabelle 15: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Feuchtgebiete 2021 und 2022³⁶

Feuchtgebiete	2021		2022	
	CO _{2,eq.}		CO _{2,eq.}	
	kt	%	kt	%
1	2	3	4	5
nach Landnutzungskategorie				
Feuchtgebiete gesamt	586	100,0	703	100,0
Terrestrische Feuchtgebiete	404	68,9	521	74,1
Gewässer	178	30,4	178	25,3
Torfabbau	5	0,8	4	0,6
nach Landnutzungskategorie				
Feuchtgebiete gesamt	586	100,0	703	100,0
Feuchtgebiet bleibt Feuchtgebiet	302	51,5	335	47,6
Wald zu Feuchtgebiete	79	13,4	86	12,3
Ackerland zu Feuchtgebiete	-0,6		-0,7	
Grünland zu Feuchtgebiete	206	35,1	282	40,1
Siedlungen zu Feuchtgebiete	0,1	0,01	0,1	0,01
Sonstiges Land zu Feuchtgebiete	NO		NO	
nach Pool				
Feuchtgebiete gesamt	1.254	100,0	474	100,0
Mineralboden	-3,9		-1	
Organischer Boden	1.013	85,3	347	66,8
Biomasse	70		-44	
DOM ¹⁾	3	0,3	2	0,3
Gewässer	171	14,4	171	32,8

¹⁾ DOM - Emissionen aus der Zersetzung toter organischer Substanz (dead organic matter)

Die Tabelle zeigt, dass aus der Landnutzung und aus den Landnutzungsänderungen bei den Feuchtgebieten 2021 und 2022 Emissionen in Höhe von 586 bzw. 703 kt CO_{2,äq.} resultierten. Diese Emissionen stammten in beiden Jahren zu ca. 70 Prozent aus „terrestrischen Feuchtgebieten“, während „Gewässer“ zu 25 bis 30 Prozent und „Torfabbau“ in beiden Jahren zu jeweils knapp 1 Prozent zu den Emissionen beitrugen.

³⁶ Die im oberen Teil der Tabelle für den Torfabbau angegebenen Emissionen beinhalten nur die on-site-Emissionen, die auf den Abbaufächen während der Torfgewinnung entstehen. Nicht enthalten sind die off-site-Emissionen, welche durch die Ausbringung der gewonnenen Torfprodukte entstehen, da diese auch in den LULUCF-Bundesländerinventaren nicht enthalten sind.

Die im nationalen Treibhausgasinventar für Deutschland insgesamt ausgewiesenen Treibhausgasemissionen aus dem industriellen Torfabbau beliefen sich 2019 auf 2.214,7 kt CO_{2,äq.} und 2020 auf 2.341,4 kt CO_{2,äq.} und 2021 bzw. 2022 auf 2.377,5 bzw. 2.104,64 kt CO_{2,äq.}. Sie unterteilen sich jeweils in on-site-Emissionen, die auf den Abbauflächen während der Torfgewinnung entstehen, sowie in off-site-Emissionen, welche durch die Ausbringung der gewonnenen Torfprodukte freigesetzt werden. Die off-site-Emissionen betrugen in Deutschland 2020 $2.212,9 \pm 867,5$ kt CO_{2,äq.}, 2021 und 2022 traten sie mit $2.226,1 \pm 896,6$ bzw. $1.997,1 \pm 782,9$ kt CO_{2,äq.} in vergleichbarer Höhe auf. Die off-site-Emissionen bestimmten demnach maßgeblich die Höhe der Gesamtemissionen aus dem Torfabbau (ca. 95 Prozent). Im Vergleich zu den off-site-Emissionen sind die on-site-Emissionen relativ gering: 2020 betrugen sie 95,0 kt CO_{2,äq.}, 2021 und 2022 waren es 87,1 bzw. 80,8 kt CO_{2,äq.} /5/, S. 665 ff.

Demgegenüber summieren sich die in den LULUCF-Inventaren der Bundesländer angegebenen Treibhausgasemissionen aus dem Torfabbau zu einer Gesamtemission in Höhe von 128,8 kt CO_{2,äq.} für 2021 und 117,4 kt CO_{2,äq.} für 2022. Darin enthalten sind auch die in Tabelle 15 für Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2021 und 2022 ausgewiesenen Emissionen in Höhe von 4,6 bzw. 4,3 kt CO_{2,äq.}. Bei diesen Emissionen handelt es sich somit nur um die on-site-Emissionen.

Für Mecklenburg-Vorpommern können die off-site-Emissionen gemäß den *2006 IPCC Guidelines* /3/ anhand der im Land gewonnenen Torfmengen berechnet werden, die vom Bergamt Stralsund veröffentlicht werden³⁷.

Bezieht man die für 2021 und 2022 berechneten und in Abbildung 20 dargestellten off-site-Treibhausgasemissionen aus dem Torfabbau in Mecklenburg-Vorpommern in Höhe von 15,0 bzw. 17,0 kt CO_{2,äq.} auf die oben in Tabelle 10 für das Land angegebenen gesamten LULUCF-Treibhausgasemissionen in Höhe von 5.480 bzw. 6.270 kt CO_{2,äq.}, zeigt sich, dass diese 2021 und 2022 jeweils 0,20 Prozent ausmachten.

Die off-site-Emissionen aus dem Torfabbau in Mecklenburg-Vorpommern sind gegebenenfalls nicht vollständig dem Land Mecklenburg-Vorpommern als Erzeugerland zuzurechnen: Diese Emissionen können alternativ auch den die Torfprodukte verbrauchenden Bundesländern zugeordnet werden. Allerdings liegen keine Daten zum Absatz von Torfprodukten nach Bundesländern vor³⁸. Würden in einer ersten Näherung stattdessen die oben für Deutschland insgesamt angegebenen off-site-Treibhausgasemissionen in Höhe von 2.226,1 bzw. 1.997,1 kt CO_{2,äq.} anhand der Einwohnerzahlen der Bundesländer aufgeteilt, wären Mecklenburg-Vorpommern in den beiden Jahren 2021 und 2022 off-site-Emissionen in Höhe von 43,11 bzw. 39,00 kt CO_{2,äq.} zuzurechnen. Die so berechneten Emissionen würden also etwas höher ausfallen als die Emissionen, die aus der Ausbringung von Torfprodukten im Land selbst resultieren.

³⁷ Aktuell sind in Mecklenburg-Vorpommern Bergbauberechtigungen für den Torfabbau auf insgesamt 1.257 ha vergeben. Die Fläche der aktuellen tatsächlichen bergbaulichen Nutzung von Torf wird vom Bergamt Stralsund mit ca. 100 ha angegeben /16/, S. 16. In den beiden Jahren 2021 und 2022 wurden 58.281 bzw. 66.074 m³ Torf abgebaut (<https://www.bergamt-mv.de/service/statistiken/gesamt/>).

³⁸ Diese Problematik kehrt bei den langlebigen Holzprodukten in vergleichbarer Weise wieder: Bei den Holzprodukten ist ebenfalls im Hinblick auf die Zuordnung der darin gebundenen CO₂-Emissionen zwischen den in einem Bundesland hergestellten Produkten einerseits und den in dem Bundesland selbst abgesetzten Produkten andererseits zu unterscheiden. Ebenso wird für Deutschland insgesamt der Rohholzeinschlag, welche die Basis für die Herstellung langlebiger Produkte bildet, in die heimische Verwendung und in den Export aufgeteilt.

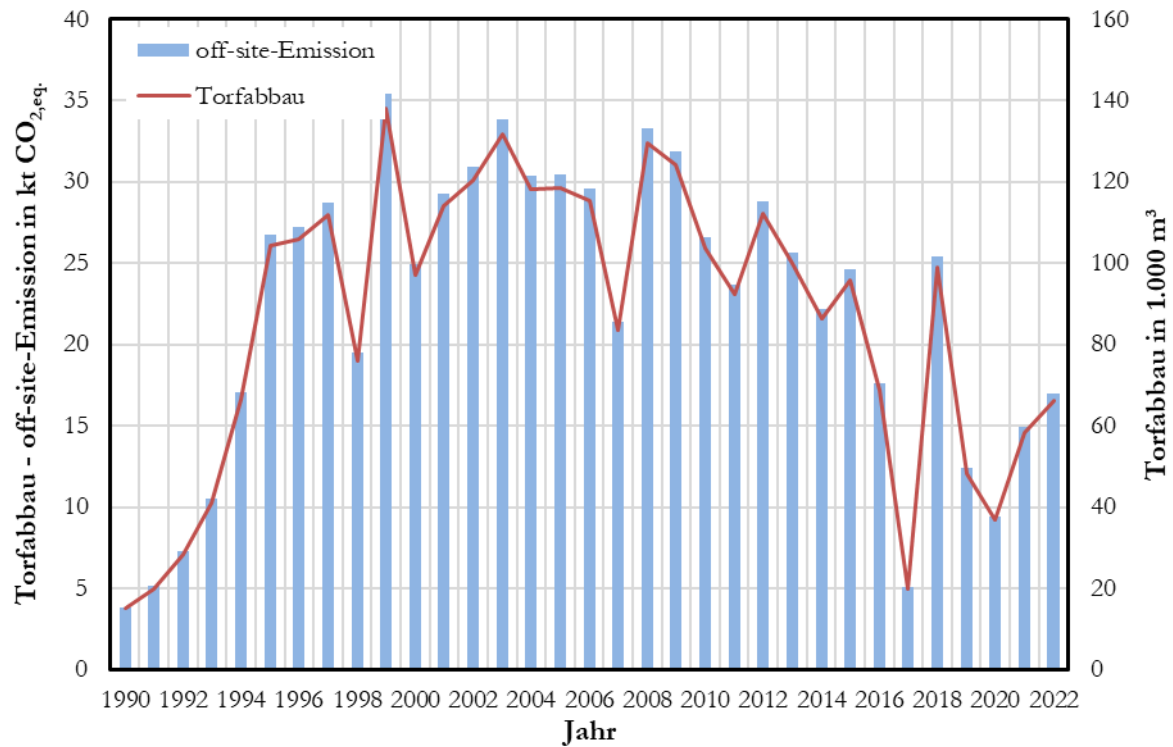


Abbildung 20: off-site-Treibhausgasemissionen aus dem Torfabbau von 1990 bis 2022

Die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern in dem Zeitraum von 1990 bis 2022 für die Landnutzungsänderungen in der Landnutzungskategorie „Feuchtgebiete“ berechnet wurden, zeigt Abbildung 21 für die drei Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O.

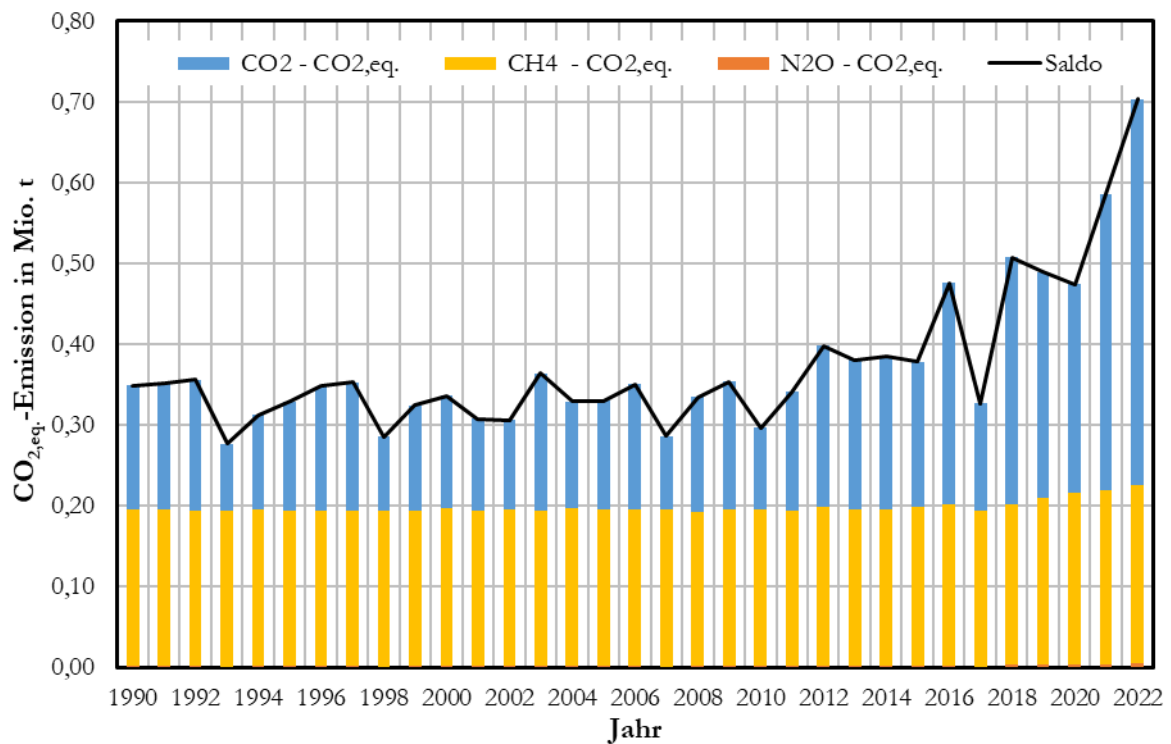


Abbildung 21: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Feuchtgebiete von 1990 bis 2022

Danach haben sich diese Treibhausgasemissionen in den letzten knapp 20 Jahren diskontinuierlich, allerdings deutlich mit steigender Tendenz entwickelt. Waren die Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2011 annähernd konstant, haben sie sich von 2012 bis 2022 faktisch verdoppelt. Dieser Zuwachs geht nahezu vollständig auf steigende CO₂-Emissionen zurück.

Der weitaus überwiegende Teil dieser Treibhausgasemissionen wurde durch CO₂-Emissionen gebildet: Im Durchschnitt der Jahre von 1990 bis 2011 setzten sich die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen zu ca. 40 Prozent aus CO₂-Emissionen, zu 59,5 Prozent aus CH₄-Emissionen sowie zu 0,5 Prozent aus N₂O-Emissionen zusammen. In den beiden Jahren 2021 und 2022 bestanden die LULUCF-Treibhausgasemissionen des Landes allerdings bereits zu 62,5 bzw. 68,0 Prozent aus CO₂-Emissionen, zu 36,9 bzw. 31,3 Prozent aus CH₄-Emissionen sowie zu 0,6 bzw. 0,7 Prozent aus N₂O-Emissionen.

5.7 Treibhausgasemissionen Siedlungen

Im nationalen Treibhausgasinventar werden „Siedlungen“ gemäß den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ definiert und berichtet. In dieser Landnutzungskategorie sind Siedlungsflächen, Verkehrsflächen sowie sogenanntes Unland zusammengefasst. Zu diesen Kategorien wird jeweils über die CO₂-Emissionen bzw. -Entnahmen der Pools Boden, Biomasse und tote organische Substanz (DOM) von Flächen berichtet.

Die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 für die Landnutzungskategorie „Siedlungen“ berechnet wurden, sind in Tabelle 16 zusammengestellt. Danach wurden in Mecklenburg-Vorpommern durch Landnutzungsänderungen zu Siedlungen im Jahr 2021 -196 kt CO_{2,äq.} und im Jahr 2022 -180 kt CO_{2,äq.} an Treibhausgasen gebunden, das heißt aus der Atmosphäre entnommen.

Die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum von 1990 bis 2022 für die Landnutzungskategorie „Siedlungen“ berechnet wurden, zeigt Abbildung 22 für die drei Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O. Diese Treibhausgasemissionen waren in den Jahren von 1990 bis 2000 mit durchschnittlich 8,59 kt CO_{2,äq.} gering und zudem nahezu konstant. Dabei war der Saldo immer leicht positiv, auch wenn in einzelnen Jahren mehr CO₂ aus der Atmosphäre entnommen als CO₂-äquivalentes CH₄ und N₂O emittiert wurde. Für das Jahr 2001 wurde dann allerdings ein sprunghafter Anstieg der CO₂-Emissionen auf 160 kt CO_{2,äq.} berechnet. Anschließend sanken die Emissionen wieder ab und beliefen sich 2005 noch auf 52 kt CO_{2,äq.}. Im Jahr 2006 wechselte der Sektor von einer Quelle für Treibhausgasemissionen zu einer Senke, das heißt der Saldo aus CH₄- und N₂O-Emissionen sowie CO₂-Entnahmen wurde bereits 2006 mit -90 kt CO_{2,äq.} deutlich negativ. Maximalwerte wurden 2010 und 2011 mit jeweils ca. -225 kt CO_{2,äq.} erreicht. Danach stieg der Saldo wieder leicht an, blieb aber mit mindestens -125 kt CO_{2,äq.} im negativen (Entnahme-) Bereich. In den beiden letzten Jahren 2021 und 2022 des betrachteten Zeitraums waren die Entnahmen dann mit den genannten -196 bzw. -180 kt CO_{2,äq.} wieder größer als in den Jahren zuvor.

Tabelle 16: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Siedlungen 2021 und 2022

Siedlungen	2021		2022	
	CO _{2,eq.}		CO _{2,eq.}	
	kt	%	kt	%
	2	3	4	5
1				
nach Landnutzungskategorie				
Siedlungen gesamt	-196	100,0	-180	100,0
Siedlung bleibt Siedlung	30		34	
Wald zu Siedlungen	9		6	
Ackerland zu Siedlungen	-158	67,25	-129	58,6
Grünland zu Siedlungen	-77	32,6	-91	41,3
Feuchtgebiete zu Siedlungen	0,3		0,1	
Sonstiges Land zu Siedlungen	-0,24	0,1	-0,20	0,1
Moorbrand	NO		NO	
nach Pool				
Siedlungen gesamt	-196	100,0	-180	100,0
Mineralboden	51	35,5	51	34,1
Organischer Boden	90	63,4	98	64,9
Biomasse	-338		-331	
DOM ¹⁾	1	1,0	1	1,0
Moorbrand	NO		NO	

¹⁾ DOM - Emissionen aus der Zersetzung toter organischer Substanz (dead organic matter)

Die in Abbildung 22 dargestellte Entwicklung ergibt sich im Wesentlichen aus dem Zusammenwirken der sehr unterschiedlichen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen in den drei Pools „Mineralboden“, „Organischer Boden“ und „Biomasse“. Insbesondere die zeitweise negativen Gesamtemissionen resultieren aus der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre durch Biomasse.

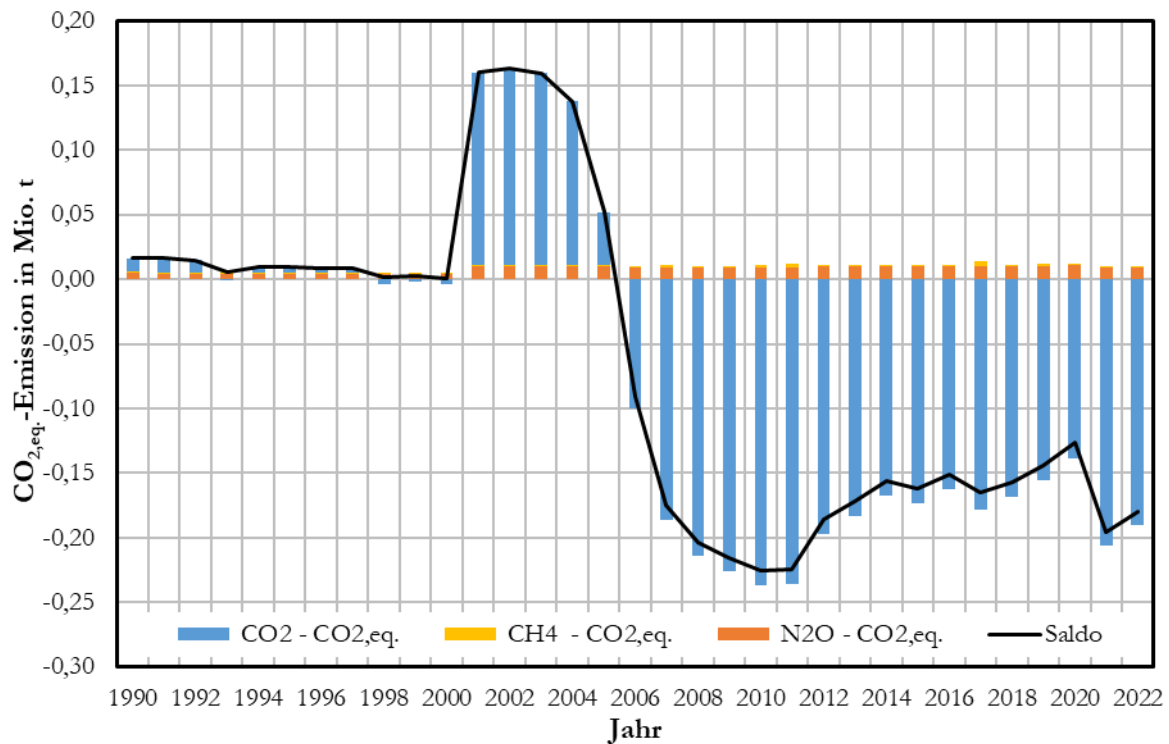


Abbildung 22: Treibhausgasemissionen aus LULUCF-Siedlungen von 1990 bis 2022

5.8 Treibhausgasemissionen – Bindung in langlebigen Holzprodukten

Durch die Einbeziehung der Kategorie langlebiger Holzprodukte in das nationale Treibhausgasinventar soll deren klimaschützende Wirkung berücksichtigt werden. Diese resultiert besonders aus einer verzögerten Freisetzung von Treibhausgasemissionen, welche zuvor beim Holzaufwuchs, also durch den Landnutzungssektor, aus der Atmosphäre entnommen wurden. Die Dauer der Verzögerung entspricht im Wesentlichen der Lebensdauer dieser Holzprodukte. Die Menge der verzögert freigesetzten Treibhausgasemissionen ist gleich der Differenz zwischen der in den Holzprodukten gebundenen Kohlenstoffmenge und der Kohlenstoffmenge, welche bei einem allmählichen Zerfall der gleichen Holzmengen freigesetzt würde. Eine Kohlenstoffspeicherwirkung von in Deponien eingelagertem Holz wird dabei nicht berücksichtigt. Auch die Biomasse aus Kurzumtriebsplantagen wird nicht unter Holzprodukte (HWP) berichtet, weil sie in Deutschland ausschließlich energetisch genutzt wird.

Im nationalen Treibhausgasinventar wird der Beitrag von Holzprodukten in Deutschland zu den Emissionen und Einbindungen von Treibhausgasen mit dem *WoodCarbonMonitor* /28/ abgeschätzt. Die für 2021 und 2022 berechneten Treibhausgasemissionen sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

Danach belief sich der Saldo aus den Emissionen und den Entnahmen, die aus dem Export und aus der heimischen Verwendung von Holzwerkstoffen, von Papier und Pappe sowie von Schnittholz resultierten, 2021 auf -7.590 kt CO₂ und 2022 auf -4.282 kt CO₂.

Tabelle 17: Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten in Deutschland 2021 und 2022³⁹

Holzprodukt	2021	2022
	kt CO ₂	kt CO ₂
1	2	3
aus Holzwerkstoffen		
exportiert	-2.254	-1.394
heimisch	1.158	1.633
Saldo	-1.096	239
aus Papier und Pappe		
exportiert	415,7	1.198,2
heimisch	-128,8	307,0
Saldo	287	1.505
aus Schnittholz		
exportiert	-5.686	-5.763
heimisch	-1.094,4	-262,7
Saldo	-6.781	-6.026
gesamt		
exportiert	-7.525	-5.959
heimisch	-65	1.677
Saldo	-7.590	-4.282

Da vergleichbare Daten für die Bundesländer nicht zugänglich sind, wurden Möglichkeiten untersucht, diese Treibhausgasemissionen für Mecklenburg-Vorpommern abzuschätzen:

1. Eine Möglichkeit hierzu besteht in der Aufteilung der Treibhausgasemissionen Deutschlands auf die Bundesländer entsprechend ihren Anteilen an der Bruttowertschöpfung Deutschlands. Dazu kann die Bruttowertschöpfung der Forst- und Holzwirtschaft und der Holzverarbeitenden Industrie in den Bundesländern herangezogen werden. Langlebige Holzprodukte werden besonders in der Holzwerkstoffindustrie, in der Möbelindustrie, im industriellen Holzbauwesen sowie im Druckgewerbe hergestellt. Der Anteil der Bruttowertschöpfung dieser Branchen in Mecklenburg-Vorpommern an der entsprechenden Bruttowertschöpfung in Deutschland belief sich 2019 und 2020 auf 0,9 Prozent⁴⁰. Legt man diesen Anteil auch für die Jahre 2021 und 2022 zugrunde, entfielen von den Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten in Deutschland in den beiden Jahren auf Mecklenburg-Vorpommern -70,1 bzw. -39,5 kt CO₂.

³⁹ Datenquelle: Deutschland - GHG Inventory EU 15-03-2025 /32/.

⁴⁰ Diese Anteile wurden auf der Grundlage von Daten aus der *Clusterstatistik Forst & Holz* des *Thünen-Instituts für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie* in Hamburg-Bergedorf abgeschätzt. Neuere Daten für die Ebene der Bundesländer sind nicht verfügbar.

2. In einer zweiten Möglichkeit der Aufteilung der nationalen Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten auf die Bundesländer kann der jährliche Holzeinschlag herangezogen werden, zu dem sowohl für Deutschland insgesamt als auch für die Bundesländer Daten vorliegen. Vom Holzeinschlag in Deutschland entfielen 2021 und 2022 auf Mecklenburg-Vorpommern 2,3 bzw. 3,5 Prozent. Dementsprechend berechnen sich die anteiligen Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten in Mecklenburg-Vorpommern 2021 und 2022 in Höhe von -172,8 bzw. von -152,2 kt CO₂. Diese CO₂-Mengen würden allerdings nur Gültigkeit beanspruchen können, wenn die Anteile der „heimischen Verwendung“ und der „Exporte“ in Deutschland und in Mecklenburg-Vorpommern annähernd gleich groß sind⁴¹.
3. Eine dritte Möglichkeit zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten des Landes basiert auf der Nutzung von Daten aus der amtlichen Produktionsstatistik. Danach beliefen sich die in den Produkten gebundenen CO₂-Mengen 2021 und 2022 auf ca. -1.300 bzw. -1.200 kt CO₂. Diese Werte können allerdings höchstens als Orientierungswerte dienen: *Erstens* sind die tatsächlich gebundenen CO₂-Mengen größer, da für einige Produkte keine verarbeiteten Holzmengen vorliegen und somit die darin gebundenen CO₂-Mengen nicht berechnet werden konnten⁴². *Zweitens* sind auch hier, also auf Landesebene keine Daten für eine Aufteilung der Produktmengen in „heimische Verwendung“ und „Exporte“ verfügbar. *Drittens* müssten die in Holzprodukten befristet gebundenen CO₂-Mengen in Speicherfunktionen überführt werden, welche die Nutzungs- bzw. die Lebensdauer der Produkte und den zeitversetzten Abbau und die Abgabe des in ihnen gebundenen Kohlenstoffs als CO₂ berücksichtigen. Schließlich wären diese Emissionen gegebenenfalls jenen Treibhausgasemissionen gegenüberzustellen, die in den Produktionsprozessen entstanden sind oder die entstanden wären, wenn die betreffenden Holzmengen nicht verarbeitet, sondern natürlich abgebaut worden wären.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine genaue Berechnung der dem Land Mecklenburg-Vorpommern zuzuordnenden Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten mit der gegebenen Datenlage nicht möglich ist. Deshalb werden im Weiteren die gemäß der zuerst genannten Berechnungsmöglichkeit für Mecklenburg-Vorpommern abgeschätzten Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten zugrunde gelegt, also für 2021 -70,1 kt CO₂ und für 2022 auf -39,5 kt CO₂.

Aufgrund der beschriebenen methodischen und datenseitigen Schwierigkeiten bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten wurde auf die Berechnung der Emissionen früherer Jahre verzichtet, zumal sie weniger als ein Prozent der Emissionen von Wäldern betragen. Für die Treibhausgasemissionen aus Holzprodukten in Mecklenburg-Vorpommern kann hier also keine zeitliche Entwicklung angegeben werden.

⁴¹ In Deutschland wurden in den beiden Jahren 2021 und 2022 vom Aufkommen an Holz (= Einschlag + Altholz + Altpapier + Abbau von Lagerbeständen) jeweils ca. 46 Prozent im Inland verbraucht und 54 Prozent exportiert. Quelle: Gesamtholzbilanz der Bundesrepublik Deutschland, verfügbar unter: <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/zahlen-fakten/holzbilanzen/gesamtholzbilanz>. Der Exportanteil von Mecklenburg-Vorpommern ist gegebenenfalls deutlich höher in Deutschland insgesamt.

⁴² Eine weitere Produktgruppe sind Gebäude, welche wesentlich auf dem Grundbaustoff Holz basieren. Die in dem Landkreis Vorpommern-Rügen ansässige *ScanHaus Marlow GmbH* beispielsweise errichtet jährlich ca. 650 bis 700 Häuser in ganz Deutschland, darunter eine Vielzahl von Einfamilienhäusern in Holzrahmenbauweise (Quelle: <https://www.scanhaus.de/unternehmen/scanhaus-marlow>).

6. Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser

Innerhalb des CRF-Sektors „5. Abfall und Abwasser“ werden im nationalen Treibhausgasinventar gemäß den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ unter der Kategorie „Abfall“ die „5.A Abfalldeponierung“ („5.A.1 Geordnete Deponierung“) und die „5.B Biologische Behandlung von festen Abfällen“ berichtet. Die biologische Abfallbehandlung untergliedert sich weiter in die Emissionen aus „5.B.1 Kompostierungsanlagen“ sowie aus der „5.B.2 Vergärung von Bioabfall in Biogasanlagen“. Beide Anlagentypen behandeln getrennt gesammelte Bioabfälle und stellen Kompost oder Gärrest her, welcher anschließend in der Landwirtschaft oder im Gartenbau verwertet wird. Die Kategorie „5.D Abwasserbehandlung“ umfasst die „5.D.1 Kommunale Abwasserbehandlung“ sowie die „5.D.2 Industrielle Abwasserbehandlung“. In der Kategorie „5.E Andere“ werden in dem nationalen Treibhausgasinventar derzeit ausschließlich die Emissionen aus der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) berichtet⁴³. Diese Anlagen setzen gemischte Siedlungsabfälle (Restabfälle) ein, deren Rückstände deponiert oder verbrannt werden.

Während in der Kategorie „5.A Abfalldeponierung“ ausschließlich CH₄-Emissionen auftreten, entstehen in „5.B Biologische Behandlung von festen Abfällen“ sowohl CH₄-Emissionen als auch N₂O-Emissionen. Für die Berechnung der CH₄-Emissionen aus der Abfalldeponierung wird in Deutschland ein *IPCC Waste Model* eingesetzt, welches auf der Basis der *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ entwickelt wurde. Danach hängen die CH₄-Emissionen wesentlich von den eingelagerten Abfallmengen und -arten, also von der Zusammensetzung der Abfälle und von den darin enthaltenen Anteilen abbaubaren organischen Kohlenstoffs ab. Dieser wird zu etwa 50 Prozent in Deponiegas umgewandelt, wobei dessen Methankonzentration mit zunehmendem zeitlichem Abstand von der Einlagerung sinkt /3/, S. 709. Weiterhin bestimmt auch der Anteil des für die energetische Nutzung gefassten Deponiegases die CH₄-Emissionen.

Weitere CH₄- und die N₂O-Emissionen stammen aus der biologischen Abfallbehandlung und dort aus Kompostierungsanlagen, welche vor allem getrennt gesammelte Bioabfälle aus Haushalten sowie Garten- und Parkabfälle kompostieren. Diese Emissionen werden im nationalen Treibhausgasinventar anhand von nationalen Emissionsfaktoren berechnet (Tier 2), wobei als Aktivitätsdaten die von den Anlagen verarbeiteten Abfallmengen aus amtlichen Statistiken herangezogen werden. In der gleichen Weise werden auch die Emissionen aus der Vergärung von Bioabfällen berechnet, bei denen allerdings von den verwerteten Abfallmengen die Mengen an Wirtschaftsdünger (vorwiegend Gülle) abgezogen werden, da diese bereits in dem CRF-Sektor „3. Landwirtschaft“ und dort in der Kategorie „3.B Düngewirtschaft“ erfasst werden. Auch die Klärschlammfaulung ist hier nicht enthalten.

Eine weitere Quelle für CH₄- und für N₂O-Emissionen ist die kommunale und die industrielle Abwasserbehandlung. Das kommunale Abwasser wird in Deutschland fast vollständig in Kläranlagen behandelt. Da die in den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* /3/ empfohlene Vorgehensweise zur Berechnung der CH₄-Emissionen auf Deutschland nicht anwendbar ist, basiert die Berechnung der CH₄-Emissionen aus Kläranlagen im nationalen Treibhausgasinventar auf einer begrenzten Zahl von Messungen, aus welchen ein Emissionsfaktor von 0,26 kg CH₄ je Einwohner und Jahr abgeleitet wurde. Darüber hinaus sind CH₄-Emissionen aus der kommunalen Behandlung des Klärschlammes zu berücksichtigen. Sie entstehen nur bei der stofflichen Verwertung, zu welcher insbesondere die Verwertung in der Landwirtschaft laut Klärschlammverordnung zählt. Demgegenüber resultieren aus der thermischen Verwertung keine CH₄-Emissionen. Außerdem können bei der kommunalen Abwasserbehandlung N₂O-Emissionen entstehen, weil Abwasser eine Vielzahl von Stickstoffverbindungen enthält. Diese müssen bei der Abwasserbehandlung durch die Nitrifikation und durch die anschließende Denitrifikation abgebaut werden. Bei diesen Prozessen kann gegebenenfalls

⁴³ Weiterhin sind dieser Kategorie die Emissionen aus unbeabsichtigten Gebäude- und Fahrzeugbränden zugeordnet. Diese Emissionen sind jedoch insoweit nicht relevant, als sie weniger als 500 kt CO_{2,äq.} bzw. weniger als 0,05 Prozent des nationalen Treibhausgasinventars (ohne LULUCF) betragen /5/, S. 746.

N₂O gebildet werden und entweichen (direkte Emissionen). Der nach dem Abschluss der Abwasserbehandlung noch im Abwasser verbliebene Stickstoff gelangt in die Gewässer und wird dort mikrobiell abgebaut. Auch dabei kann N₂O entstehen (indirekte Emissionen).

Ein Teil der industriellen Abwässer wird in Deutschland den kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen zugeleitet. Dementsprechend werden die daraus resultierenden CH₄-Emissionen in dem nationalen Treibhausgasinventar unter den kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen berechnet. Soweit die industriellen Abwässer in der Industrie selbst behandelt werden, kommen dafür sowohl anaerobe als auch aerobe Verfahren zum Einsatz. Das bei der anaeroben Industrieabwasserbehandlung entstehende Faulgas wird nahezu vollständig gefasst, energetisch genutzt und somit in dem CRF-Sektor „1. Energie“ berichtet. Daher entstehen CH₄-Emissionen nur durch unbeabsichtigte Gasverluste. Die gesamten CH₄-Emissionen aus der Industrieabwasserbehandlung werden in dem nationalen Treibhausgasinventar für 20 der 26 relevanten Wirtschaftszweige abweichend von den *2006 IPCC Guidelines* /3/ auf der Grundlage eines von dem Umweltbundesamt entwickelten Ansatzes berechnet /5/, S. 737. Auch die N₂O-Emissionen aus der Industrieabwasserbehandlung werden auf der Grundlage eines eigenen Ansatzes berechnet /5/, S. 742 ff.

Die CH₄- und die N₂O-Emissionen aus der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) in der Kategorie „5.E Andere“ werden standardmäßig als Produkt aus Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten berechnet, wobei Letztere durch die behandelten Abfallmengen gebildet werden /5/, S. 746 ff.

Insgesamt beliefen sich die Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser in Deutschland 2021 auf 5.915 kt CO_{2,äq.} und 2022 auf 5.650 kt CO_{2,äq.}. Diese Emissionen entsprachen jeweils 0,8 Prozent des gesamten nationalen Treibhausgasinventars (ohne LULUCF) /5/, S. 846/847. Von diesen Treibhausgasemissionen stammten 2021 2.686 kt CO_{2,äq.} und 2020 2.432 kt CO_{2,äq.}, also 45,4 bzw. 43,0 Prozent aus der Abfalldeponierung (5.A). Aus der biologischen Behandlung von festen Abfällen (5.B) stammten in den beiden Jahren 1.058 bzw. 1.059 kt CO_{2,äq.}, also 17,9 bzw. 18,7 Prozent. Aus der Abwasserbehandlung (5.D) wurden 2.140 bzw. 2.129 kt CO_{2,äq.} entsprechend 36,2 bzw. 37,7 Prozent emittiert. Die restlichen 31 bzw. 30 kt CO_{2,äq.} wurden in beiden Jahren für den Bereich „5.E Andere“ berechnet, das war jeweils 0,53 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser.

Die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „5. Abfall und Abwasser“ liegen nur für Deutschland insgesamt, nicht jedoch auf der Ebene der Bundesländer vor. Deshalb wurden diese Treibhausgasemissionen für Mecklenburg-Vorpommern abgeschätzt, indem der auf das Land entfallende Teil des nationalen Treibhausgasinventars anhand von Kennziffern berechnet wurde:

- Der Anteil der Emissionen des Landes an den nationalen Emissionen der Kategorie „5.A Abfalldeponierung“ wurde entsprechend dem Anteil der in Mecklenburg-Vorpommern deponierten Abfälle an den in Deutschland insgesamt deponierten Abfällen abgeschätzt. Diese Anteile beliefen sich 2021 und 2022 auf 1,93 Prozent bzw. 2,09 Prozent⁴⁴.
- Die Anteile der Emissionen des Landes an den nationalen Emissionen der Kategorien „5.B Biologische Behandlung von festen Abfällen“, „5.D Abwasser“ und „5.E Andere“ wurden entsprechend dem Anteil der Einwohnerzahl des Landes an der Einwohnerzahl Deutschlands abgeschätzt. Diese Anteile beliefen sich in den Jahren 2021 und 2022 auf 1,94 bzw. 1,93 Prozent.

Die CH₄- und N₂O-Emissionen sowie die CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die für Mecklenburg-Vorpommern Jahren 2021 und 2022 in dem CRF-Sektor „5. Abfall und Abwasser“ berechnet

⁴⁴ Da die Treibhausgasemissionen aus der Deponierung von Abfällen im Wesentlichen aus dem Abbau der organischen Anteile früher eingelagerter Abfälle resultieren, müsste streng genommen die Entwicklung der seit dem Jahr 1990 in Mecklenburg-Vorpommern deponierten Abfälle nach Mengen und Arten berücksichtigt werden. Allerdings belief sich der Anteil der in Mecklenburg-Vorpommern deponierten Abfälle an den in Deutschland insgesamt deponierten Abfälle auch in den zurückliegenden 20 Jahren auf $2,0 \pm 0,5$ Prozent. Insoweit kann die vorgenommene Abschätzung als eine erste Näherung Gültigkeit beanspruchen.

wurden, sind in Tabelle 18 zusammengestellt. Danach wurden in Mecklenburg-Vorpommern in dem CRF-Sektor insgesamt 2021 114,4 kt CO_{2,äq.} und 2022 109,2 kt CO_{2,äq.} an Treibhausgasen freigesetzt. Davon stammten 45 bzw. 43 Prozent aus der Abfalldeponierung. Weitere knapp 20 Prozent sowie ca. 37 Prozent resultierten aus der biologischen Behandlung von festen Bioabfällen und aus der Abwasserbehandlung. Aus der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) von gemischten Siedlungsabfällen resultierten jeweils 0,5 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen des Sektors.

In Abbildung 23 sind die Treibhausgasemissionen des CRF-Sektors „5. Abfall und Abwasser“ 2021 und 2022 nach Kategorien dargestellt.

Tabelle 18: Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser 2021 und 2022

Bereich	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2,eq.}	
	t	t	t	kt	%
1	2	3	4	5	6
2021					
A. Abfalldeponierung		1.852,7		51,9	45,3
B. Biolog. Behandl. v. festen Abfällen		597,1	14,2	20,5	17,9
D. Abwasserbehandlung		674,6	85,1	41,4	36,2
E. Andere		1,8	2,1	0,6	0,5
gesamt	0,0	3.126,3	101,4	114,4	100,0
2022					
A. Abfalldeponierung		1.677,8		47,0	43,0
B. Biolog. Behandl. v. festen Abfällen		600,1	13,8	20,5	18,7
D. Abwasserbehandlung		669,7	84,5	41,1	37,7
E. Andere		1,7	2,0	0,6	0,5
gesamt	0,0	2.949,3	100,4	109,2	100,0

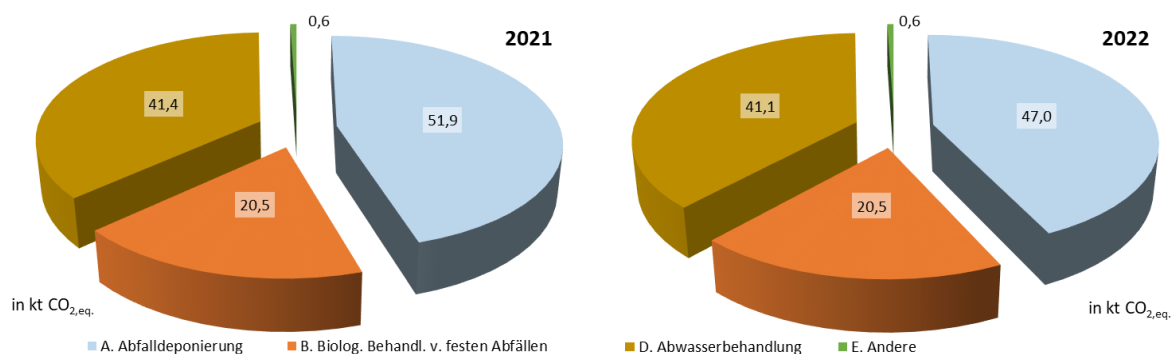


Abbildung 23: Treibhausgasemissionen Abfall und Abwasser 2021 und 2022

Die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen, die in Mecklenburg-Vorpommern in dem Zeitraum von 1990 bis 2022 für Abfall und Abwasser berechnet wurde, zeigt Abbildung 24. Da diese Emissionen 2021 und 2020 immer noch zu 76,5 Prozent bzw. 75,6 Prozent aus CH₄ bestanden, wird die Entwicklung der Treibhausgasemissionen nicht nach Treibhausgasen dargestellt, sondern nach den Kategorien des CRF-Sektors. Danach waren die Emissionen insgesamt beginnend mit den ersten Jahren nach 1990 stark rückläufig und sind bis zum Jahr 2015 auf 12 Prozent der Emissionen des Jahres 1990 gesunken. In den letzten Jahren sind die Emissionen dann etwas langsamer gesunken. Da die Emissionen insgesamt weitgehend durch die Emissionen aus der Abfalldeponierung bestimmt werden, begründet sich diese Emissionsentwicklung im Wesentlichen mit der Entwicklung der auf den Deponien eingelagerten Abfallmengen und -arten: *Zum einen* waren die in Mecklenburg-Vorpommern eingelagerten Abfallmengen nach 1996 sprunghaft und deutlich auf nahezu die Hälfte der zuvor eingelagerten Abfallmengen zurückgegangen. Dazu trugen neben dem rückläufigen Import von Abfällen auch solche Entwicklungen bei wie die verstärkte Sammlung von Bioabfällen aus Haushalten und Gewerbe, die verstärkte Sammlung von anderen Wertstoffen wie Papier, Glas und Kunststoffe. *Zum anderen* wurden nach Einführung der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen auch kaum noch Abfälle eingelagert, welche biologisch abbaubar waren. Durch die Vorbehandlung der Abfälle wurde erreicht, dass organische Umsetzungsprozesse in den Deponien zurückgingen. Dass die Treibhausgasemissionen aus der Abfalldeponierung nur allmählich zurückgingen, begründet sich wesentlich dadurch, dass die Emissionen eines bestimmten Jahres vor allem durch die in der Vergangenheit abgelagerten Abfälle bestimmt werden /5/, S. 690. Dementsprechend sind parallel zu der rückläufigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus der Abfalldeponierung die Treibhausgasemissionen aus der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen zunächst angestiegen und in den letzten Jahren annähernd konstant. Allerdings sind sie wie erwähnt mengenmäßig kleiner und beliefen sich zuletzt, also in den Jahren 2021 und 2022, jeweils auf ca. 20 Prozent der Treibhausgasemissionen des gesamten CRF-Sektors „5. Abfall und Abwasser“ bzw. auf ein Drittel der Treibhausgasemissionen aus der Abfalldeponierung in Mecklenburg-Vorpommern.

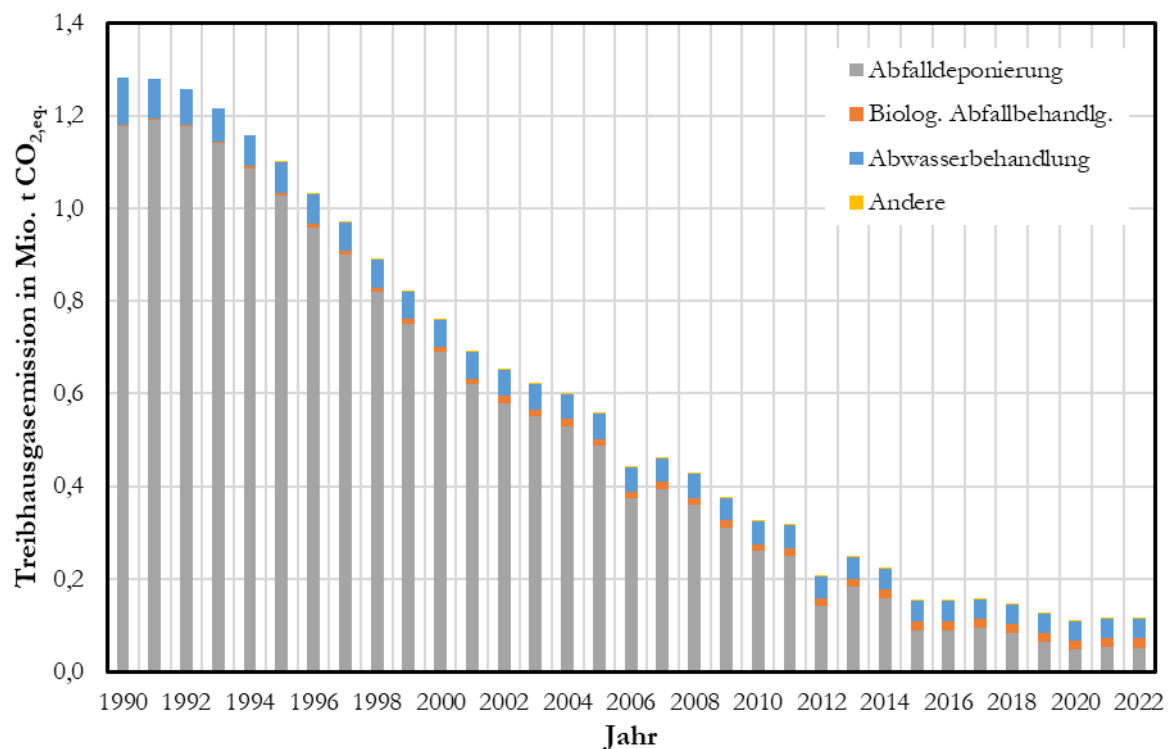


Abbildung 24: Treibhausgasemissionen Abfall und Abwasser von 1990 bis 2022

7. Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern: Energiebericht Mecklenburg-Vorpommern 2019-2020 mit Energiebilanz und Bilanz energiebedingter CO₂-Emissionen 2019 und 2020. Schwerin. 2021. Verfügbar unter: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/Service/Publikationen/?id=26914>.
- /2/ Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern: Nicht energiebedingte Treibhausgasemissionen in Mecklenburg-Vorpommern 2017 und 2018. Verfügbar unter: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/Service/Publikationen/?id=26917>.
- /3/ IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (N. G. G. I. Programme, E. H.S., B. L., M. K., N. T., & T. K Eds.). Japan: IGES.
- /4/ Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern: Energiebericht Mecklenburg-Vorpommern 2023-2024 mit Energiebilanz und Bilanz energiebedingter CO₂-Emissionen 2021 und 2022. Schwerin. 2025.
- /5/ Umweltbundesamt: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2025. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2023. Dessau-Roßlau. Juli 2025.
- /6/ Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt): Treibhausgasemissionen 2022. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (Tabellenteil und Erläuterung zur Anlagenliste). Berlin. Juli 2024, sowie vorhergehende Berichte.
- /7/ Vos, C., Rösemann, C., Haenel, H.-D., Dämmgen, U., Döring, U., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Freibauer, A., Döhler, H., Steuer, B., Osterburg, B., Fuß, R., 2025. Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2023: Input data and emission results. Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture: Input data and emission results. <https://doi.org/10.3220/DATA20250219095918-0>.
- /8/ Rösemann, Claus; Vos, Cora; Haenel, Hans-Dieter; Dämmgen, Ulrich et al: Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2023: Input data and emission results. Göttingen 2025. DOI: <https://doi.org/10.3220/DATA20250219095918-0>.
- /9/ Weimar, H.: Holzbilanzen 2017 bis 2019 für die Bundesrepublik Deutschland und Neuberechnung der Zeitreihe der Gesamtholzbilanz ab 1995. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Working Paper 153. Braunschweig. 2020, und vorhergehende Berichte. DOI: <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/projekte-liste/holzbilanzen>.
- /10/ Iost, S.; Weimar, H.: Clusterstatistik Forst & Holz. Verfügbar unter: <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/zahlen-fakten/clusterstatistik-forst-holz>.
- /11/ Fuß, R., Gensior, A., Stümer, W., Laggner, A., Adam, S., Drexler, S., Piayda, A., Scherstjanoi, M., Rüter, S., 2025. LULUCF Inventare der Bundesländer Deutschlands: Submission 2025. LULUCF Inventare der Bundesländer Deutschlands. <https://doi.org/10.3220/253-2025-35>.
- /12/ IPCC (Hrsg.): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Verfügbar unter: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- /13/ Osterburg, B.; Heidecke, C.; Isermeyer, F.: Möglichkeiten für eine Einbeziehung der Landwirtschaft in die CO₂-Bepreisung. In: Ländlicher Raum 71(2020)4. S. 18-21.
- /14/ Bücheler, G.: Klimastrategie 2.0 des DBV: Zwischenbilanz, Überarbeitung und Weiterentwicklung. In: Ländlicher Raum 71(2020)4. S. 22-25.

- /15/ Humpenöder, F. et al.: Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. Verfügbar unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abae2a>.
- /16/ Hirschelmann, S. et al.: Moore in Mecklenburg-Vorpommern im Kontext nationaler und internationaler Klimaschutzziele – Zustand und Entwicklungspotenzial – FAKTENSAMMLUNG. Greifswald Moor Centrum – Schriftenreihe 03/2020.
- /17/ Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern: Strategie zum Schutz und zur Nutzung der Moore in Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin. 2025. Verfügbar unter: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/Im/Umwelt/Nachhaltige-Entwicklung/Schutz-und-Nutzung-der-Moore-in-MV>.
- /18/ Greifswald Moor Centrum: Treibhausgas-Emissionen der moorreichen Bundesländer und die Rolle der organischen Böden. Informationspapier. Greifswald. 2023. Verfügbar unter: <https://greifswaldmoor.de/informationspapiere.html>.
- /19/ Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern: Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes 2009. Schwerin. Dezember 2017. Verfügbar unter: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/Im/Umwelt/Nachhaltige-Entwicklung/Schutz-und-Nutzung-der-Moore-in-MV/?id=15227&processor=veroeff>.
- /20/ Couwenberg, J. et al.: Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674, 67–89 (2011). DOI: 10.1007/s10750-011-0729-x.
- /21/ Couwenberg, J. et al.: Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. DUENE Greifswald / RSPB Sandy. 2008.
- /22/ Reichelt, K.F.: Evaluierung des GEST-Modells zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Mooren. Masterarbeit. Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald. 2015.
- /23/ Tanneberger, F. (Universität Greifswald/Greifswald Moor Centrum): E-Mail vom 19. April 2021.
- /24/ Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V. et al.: Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nat Commun* 11, 1644 (2020). DOI: 10.1038/s41467-020-15499-z.
- /25/ Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern: Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore. Schwerin. 2009.
- /26/ Tanneberger, F., Schröder, C., Hohlbein, M. et al.: Climate Change Mitigation through Land Use on Rewetted Peatlands – Cross-Sectoral Spatial Planning for Paludiculture in Northeast Germany. *Wetlands* 40, 2309–2320 (2020). DOI: 10.1007/s13157-020-01310-8.
- /27/ Roßkopf, N.; Fell, H.; Zeitz, J.: Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. Vol. 133. October 2015. S. 157-170. DOI: 10.1016/j.catena.2015.05.004.
- /28/ Rüter, S.: Der Beitrag der stofflichen Nutzung von Holz zum Klimaschutz - Das Modell WoodCarbonMonitor. Diss. TU München. 2017. Verfügbar unter: <http://media-tum.ub.tum.de/node?id=1295127>.
- /29/ Tegetmeyer, C., Barthelmes, K.-D., Busse, S., Barthelmes, A.: Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 01/2020. Greifswald. 2020.
- /30/ IPCC et al.: 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. 2014.

- /31/ IPCC et al.: 2013 Supplement to the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. 2014.
- /32/ Europäische Umweltagentur: GHG Inventory EU 15-03-2025. Germany. 15. März 2025. (Eionet Central Data Repository). Verfügbar unter: <https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/govreg/inventory/colz4yinw/envz9ha0a/>.

Anhang

A.1 Landnutzungsmatrizen 2021 und 2022

Matrix der Landnutzungs- änderungen 2021 in Hektar	Umwandlung zu ...													gesamt 2 (Zeilen)
	Wald	Acker ann.	Hopfen	Wein	Obst	Acker per.	Grünl. i.e.S.	Gehölze/ Hecken	terr. Feuchtg.	Gewässer	Torfabbau	Siedlungen u. Straßen	Sonst. Land	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Umwandlung von ...	Wald	506.522	0	0	0	0	0	1	1.580	0	29	5.014	0	6.624
	Acker ann.	105	952.424	0	2	625	191	2.601	58	0	0	30.439	0	126.165
	Hopfen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Wein	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	2	0	3
	Obst	34	1.202	0	0	1.605	18	36	0	0	0	36	0	1.453
	Acker per.	211	276	0	0	333	99	12	0	0	0	24	0	661
	Grünl. i.e.S.	11.074	110.969	0	3	101	96	284.173	7.897	0	18	22.396	0	160.117
	Gehölze/H.	2.201	4.231	0	0	72	200	23.953	1.954	0	3	624	0	22.852
	terr. Feuchtg.	537	65	0	0	0	417	110	6.112	0	3	2	0	1.134
	Gewässer	0	0	0	0	0	0	0	0	88.784	0	0	0	0
	Torfabbau	19	0	0	0	0	0	0	9	0	221	2	0	30
	Siedl. u. Str.	353	4.379	0	1	31	15	9.753	10	0	3	108.067	0	15.586
	Sonst. Land	334	4	0	0	0	0	867	0	0	0	64	722	1.353
gesamt 1 (Spalten)		14.868	121.126	0	6	868	520	116.975	11.508	0	56	58.603	0	
Saldo Landnutzänd. (gesamt 1 - gesamt 2)		8.244	-5.039	0	3	-585	-141	-11.404	10.374	0	26	43.017	-1.353	

Matrix der Landnutzungs- änderungen 2022 in Hektar	Umwandlung zu ...														gesamt 2 (Zeilen)
	Wald	Acker ann.	Hopfen	Wein	Obst	Acker per.	Grünl. i.e.S.	Gehölze/ Hecken	terr. Feuchtg.	Gewässer	Torfabbau	Siedlungen u. Straßen	Sonst. Land		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Umwandlung von ...	506.235	0	0	0	0	0	0	1	1.948	0	40	4.907	0	6.896	
	93	954.042	0	2	671	208	86.454	2.602	63	0	0	28.743	0	118.836	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	2	0	4	
	34	1.221	0	0	1.553	25	159	31	0	0	0	38	0	1.508	
	211	274	0	0	54	322	92	12	0	0	0	24	0	667	
	11.298	110.122	0	2	98	99	287.336	7.724	9.930	0	19	22.747	0	162.039	
	2.373	4.473	0	0	69	242	12.451	22.765	2.481	0	3	720	0	22.812	
	564	96	0	0	0	0	424	93	6.110	0	0	3	0	1.180	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88.784	0	0	0	0	
	19	0	0	0	0	0	0	0	12	0	221	1	0	32	
	321	4.052	0	1	26	15	9.133	1.038	7	0	4	111.013	0	14.597	
	301	4	0	0	0	0	793	77	0	0	0	55	712	1.230	
gesamt 1 (Spalten)	15.214	120.242	0	5	918	589	109.508	11.578	14.441	0	66	57.240	0		
Saldo Landnutzänd. (gesamt 1 - gesamt 2)	8.318	1.406	0	1	-590	-78	-52.531	-11.234	13.261	0	34	42.643	-1.230		



Dr.-Ing. Grüttner
Energie · Umwelt · Strategie
GmbH

18239 Hohen Luckow

Bützower Str. 1a

Fon +49(0)38295 74-109

Fax +49(0)38295 74-141

Mobil: 0173 973 8243

info@gruettner-eus.de

www.gruettner-eus.de