

Organische Böden in Österreich:
Ausmaß, Bewirtschaftung und
Treibhausgasemissionen



ORGANISCHE BÖDEN IN ÖSTERREICH: AUSMAß, BEWIRTSCHAFTUNG UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Erwin Moldaschl
Merlin Mayer
Michael Weiß
Bradley Matthews
Carmen Schmid
Gebhard Banko
Peter Weiss

REPORT
REP-0932

WIEN 2024

- Projektleitung** Peter Weiss
- Autor:innen** Erwin Moldaschl
Merlin Mayer
Michael Weiß
Bradley Matthews
Gebhard Banko
Carmen Schmid
Peter Weiss
- Lektorat** Karin Weber
- Layout** Elisabeth Stadler
- Umschlagfoto** © Oliver Rehberger
- Auftraggeber** Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
- Dank an** Die folgenden Kolleg:innen haben wichtige Beiträge zu den Datengrundlagen, Methoden, Auswertungen bzw. zu dieser Studie geliefert, wofür wir uns sehr herzlich bedanken:
Victoria Achatz (Land Salzburg), Günther Aust (BFW), Thomas Brunner (BAW), Michael Englisch (BFW), Stefan Forstner (BFW), Alexandra Freudenschuß (BFW), Thomas Gschwantner (BFW), Herbert Hager (BOKU, emeritiert), Sigbert Huber (Umweltbundesamt), Helmut Kudrnovsky (Umweltbundesamt), Andreas Leitgeb (LFD), Julia Lorenz (BML), Wilfried Luckel (Landesforstdirektion Salzburg, pensioniert), Norbert Nau (Land Kärnten), Martin Neuwirth (Umweltbundesamt), Erik Obersteiner (Umweltbundesamt), Christian Rodlauer (BMF), Christoph Schlacher (Land Steiermark), Axel Schmidt (Ingenieurbüro Axel Schmidt), Anna Schrötter (BFW), Elisabeth Schwaiger (Umweltbundesamt), Gert Michael Steiner (Univ. Wien, emeritiert), Peter Strauss (BAW), Thomas Weninger (BAW)
- Publikationen** Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2024

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-777-4

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	7
1 EINLEITUNG	9
2 RÄUMLICHE ERFASSUNG DER ORGANISCHEN BÖDEN UND DEREN LANDNUTZUNG IN ÖSTERREICH.....	11
2.1 Datengrundlagen	11
2.1.1 Die Landwirtschaftliche Bodenkarte (eBOD)	11
2.1.2 Finanzbodenschätzung.....	11
2.1.3 Historischer Moorkataster 1911	12
2.1.4 Aktualisierung Moorschutzkatalog 1992 – Moordatenbank Österreich 12	
2.1.5 Organische Böden im Wald gemäß Bodenklassifikation im Rahmen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI).....	13
2.1.6 Organische Böden unter anderen Landnutzungsformen (Feuchtgebiete, Siedlungsraum, Sonstiges Land).....	13
2.1.7 Landnutzungslayer 2022	14
2.2 Verwendete Definition für organischen Boden	14
2.3 Aufbereitung, Auswertung und Verschneidung der räumlichen Datengrundlagen zu organischen Böden	15
2.3.1 Identifizierung organischer Böden anhand der landwirtschaftlichen Bodenkarte (eBOD).....	15
2.3.2 Identifizierung organischer Böden anhand der Finanzbodenschätzung.....	16
2.3.3 Identifizierung organischer Böden anhand der anderen Datengrundlagen	17
2.3.4 Zusammenführung aller Datengrundlagen zu organischen Böden und Auswertung gemäß GIS-Bewertungsschema	17
2.4 Ergebnisse: Fläche der organischen Böden und deren Landnutzung in Österreich.....	21
3 RÄUMLICHE ERFASSUNG DER ENTWÄSSERTEN ORGANISCHEN BÖDEN IN ÖSTERREICH	24
3.1 Einleitung.....	24
3.2 Datengrundlagen zur Entwässerung.....	24
3.2.1 Landwirtschaftliche Bodenkarte (eBOD).....	24
3.2.2 Finanzbodenschätzung.....	24
3.2.3 Historischer Moorkataster 1911	24

3.2.4	Meliorationskataster.....	25
3.2.5	Ableitung von Entwässerungen aus der Landnutzung und Trockenstufen der Finanzbodenschätzung.....	25
3.2.6	Schätzung der Entwässerungen von organischen Böden im Wald.....	26
3.3	Aufbereitung, Auswertung und Verschneidung der räumlichen Datengrundlagen zu Entwässerungen	26
3.4	Ergebnisse der Entwässerung der organischen Böden und deren Landnutzung in Österreich	29
3.5	Angaben zur Entwässerungstiefe der organischen Böden	31
4	TREIBHAUSGAS-EMISSIONSFAKTOREN FÜR DIE ENTWÄSSERTEN ORGANISCHEN BÖDEN ÖSTERREICHS	33
4.1	Berücksichtigte Studien und deren Auswertung	33
4.2	Abgeleitete Treibhausgasemissionsfaktoren für entwässerte organische Böden Österreichs.....	35
4.3	Schätzungen zum historischen Abbau der organischen Horizonte in Hinblick auf die aktuellen Treibhausgasemissionen aus den organischen Böden	37
5	ERGEBNISSE: TREIBHAUSGASEMISSIONEN AUS ENTWÄSSERTEN ORGANISCHEN BÖDEN IN ÖSTERREICH	38
5.1	Treibhausgasemissionen im Ackerland und Grünland.....	39
5.2	Emissionen in anderen Landnutzungskategorien.....	40
5.2.1	Wald	40
5.2.2	Feuchtgebiete.....	40
5.2.3	Siedlungsraum	41
5.2.4	Sonstiges Land	41
5.3	Gesamtergebnis für Österreich	41
6	LITERATUR	43
7	RECHTSNORMENVERZEICHNIS	48
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	49
9	TABELLENVERZEICHNIS.....	50
10	ANNEX.....	51

ZUSAMMENFASSUNG

Bewirtschaftete und drainierte organische Böden stellen in Österreich eine potenziell signifikante Emissionsquelle in der österreichischen Treibhausgas-Inventur dar. Aufgrund der Unsicherheit der bisherigen Auswertungen zu den organischen Böden für die österreichische Treibhausgas-Inventur, wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes eine umfangreiche Erhebung zur flächenmäßigen Feststellung von organischen Böden in Österreich, ihrer Bewirtschaftung sowie ihres Entwässerungsstatus durchgeführt. Hierfür wurden alle verfügbaren, hinsichtlich der IPCC Definition für organische Böden relevanten, Datensätze neu ausgewertet sowie verschollen geglaubte Karten (historischer Moorkataster der Monarchie) in Archiven wiederentdeckt, digitalisiert und in die Auswertung integriert. Weiters wurden GIS-Datengrundlagen zur Entwässerung und die Landnutzung in die Auswertungen einbezogen und spezifische Emissionsfaktoren für die österreichische Situation recherchiert und ausgewertet.

Es wurden 100.119 ha organischer Böden gemäß IPCC Definition anhand der Auswertungen in Österreich identifiziert. Davon befinden sich 41.571 ha in Waldgebieten, Grünland umfasst 34.798 ha, Ackernutzung 6.583 ha, Feuchtgebiete (ohne Fließ- u. Stillgewässer) 12.082 ha, der Siedlungsraum 1.933 ha, Fließ- und Stillgewässer 1.726 ha und die Kategorie sonstiges Land 1.425 ha.

41 % oder 41.326 ha befinden sich in einem drainierten Zustand. Drainierte organische Böden wurden in allen Landnutzungskategorien Österreichs (Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete und Siedlungsraum) festgestellt. 50 % dieser Böden kommen in Wäldern, 43 % auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Grünland 27 % und Ackerland 16 %), 5 % im Siedlungsraum und 2 % in Feuchtgebieten vor.

Die jährlichen Gesamtemissionen drainierter organischer Böden in Österreich belaufen sich auf 992 kt CO₂-Äquivalente, wobei der Großteil (896 kt) direkt als CO₂, 59 kt CO₂-Äquivalente als N₂O und 37 kt CO₂-Äquivalente als CH₄ emittiert werden. Die Emissionen drainierter organischer Böden entsprechen trotz deren geringer flächenmäßiger Ausdehnung 1,4 % der gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen des Jahres 2022.

Schätzungen lassen vermuten, dass auch bereits in den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts entwässerte organische Böden (die u. U. mittlerweile ihren Status als organischer Boden verloren haben) immer noch Humus abbauen bzw. emittieren, da der Torfhorizont noch nicht vollständig abgebaut ist.

Drainierte organische Böden haben das Potenzial, durch Wiedervernässung von einer signifikanten Treibhausgasquelle wieder zu einer Senke von Treibhausgasen zu werden und damit auch einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele und der Ziele internationaler Verordnungen, wie der LULUCF VO (Regulation (EU) 2018/841), zu leisten.

Die hier vorliegenden Auswertungen und Ergebnisse sind der vorläufige Endstand aus umfangreichen Auswertungen und werden ab der nächsten Treibhausgas-Inventur 2025 berichtet. Wie in der Treibhausgas-Inventur gefordert,

werden diese Berechnungen mit jeder Verbesserung der Datengrundlagen weiter überarbeitet. Solche Verbesserungen sind insbesondere für den Status der organischen Böden im Wald aber auch im Siedlungsraum anhand künftiger Projekte zu erwarten. Auch die für die Studie ermittelten Emissionsfaktoren, die auf Basis von mit Österreich vergleichbaren Regionen berechnet wurden, sollten mit Messungen aus österreichischen Regionen weiter justiert werden. Des Weiteren werden künftig die Änderungen der Treibhausgasemissionen aufgrund von (derzeit noch geringfügigen) Wiedervernässungen organischer Böden auf Basis der vorliegenden Erhebungen stetig erfasst und berechnet.

SUMMARY

Drained organic soils represent a potentially significant source of emissions in the Austrian greenhouse gas inventory. Due to the uncertainty of the previous analyses of organic soils for the Austrian greenhouse gas inventory, a comprehensive survey was carried out as part of this project to determine the area of organic soils in Austria, their land-use and respective drainage status. For this purpose, all available data sets were evaluated with regard to the IPCC definition of organic soils and maps believed to be lost (historical peatland cadastre of the monarchy), which were rediscovered in archives, digitised and integrated into the evaluation. In addition, GIS databases on drainage and land use were included in the analyses and specific emission factors for the Austrian situation were researched.

A total of 100,119 ha of organic soils according to the IPCC definition were identified on the basis of the analyses in Austria. There are 41,571 ha under forest, 34,798 ha under grassland, 6,583 ha under arable land, 12,082 ha under wetlands (excluding running and standing water bodies), 1,726 ha in “running and standing water bodies”, 1,933 ha in settlement areas and 1,425 ha in the category of other land.

Of the total area of organic soils, 41 % or 41,326 ha are in a drained state. Drained organic soils were found in all land use categories in Austria (forest, arable land, grassland, wetlands and settlement areas). Fifty percent of these soils occur in forests, 43 % on agricultural land (grassland 27 % and arable land 16 %), 5 % in settlement areas and 2 % in wetlands.

The total annual emissions of drained organic soils in Austria amount to 992 kt CO₂-equivalents, with the majority (896 kt) being emitted directly as CO₂, 59 kt CO₂-equivalents as N₂O and 37 kt CO₂-equivalents as CH₄. The emissions from drained organic soils correspond to 1.4 % of total Austrian greenhouse gas emissions in 2022 despite their small area.

Estimates suggest that even organic soils that were drained in the 1950s (which may have lost their status as organic soils in the meantime) are still decomposing organic matter.

Drained organic soils have the potential to be transformed from a significant source of greenhouse gases into a sink of greenhouse gases through rewetting and thus also make an important contribution to achieving the climate targets and objectives of international regulations such as the LULUCF Regulation.

The analyses and results presented in this report are the preliminary final results of extensive analyses and will be reported from the next greenhouse gas inventory submission in 2025. As required by the greenhouse gas inventory, these calculations will be further revised as the data basis improves. Such improvements are to be expected in particular for the status of organic soils in forests but also in settlement areas on the basis of future projects. The emission factors calculated for the study, which are currently still based on results from regions comparable to Austria, should also be further adjusted with future

measurements from Austrian regions. Furthermore, the changes in greenhouse gas emissions due to (currently still minor) rewetting of organic soils will be continuously recorded and calculated in future on the basis of updates in the existing surveys.

1 EINLEITUNG

Organische Böden stellen sehr große Reservoirs an organischem Kohlenstoff dar, die sich aufgrund der ökologischen, pedologischen, lagemäßigen und klimatischen Rahmenbedingungen langsam über Jahrhunderte bis Jahrtausende aufgebaut haben. Nur etwa 3 bis 4 % der Erde sind von Torflandschaften bedeckt, diese speichern aber ein Drittel des globalen Bodenkohlenstoffs und doppelt so viel Kohlenstoff wie die Biomasse aller Wälder dieser Erde (UNEP, 2022). In ihrem natürlichen und unberührten Zustand sind organische Böden außerdem auch für den Naturschutz von großer Bedeutung. Global sind etwa 12 % der Torflandschaften drainagiert oder degradiert. Durch solche Eingriffe werden die Kohlenstoffreservoirs rasch abgebaut bzw. veratmet und tragen zur Anreicherung der Atmosphäre mit CO₂ bei. Gemäß UNEP (2022) sind 4 % der globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen auf drainagierete bzw. gestörte Torfböden zurückzuführen.

In Österreich haben organische Böden bei weitem nicht das Flächenausmaß wie in nordeuropäischen Staaten. Aber auch in Österreich wurden Moore v. a. ab den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts für die Ernährungssicherung in großem Ausmaß entwässert und der Land- oder auch Forstwirtschaft zugeführt. Bewirtschaftete und drainagierete organische Böden stellen in Österreich daher potenziell eine signifikante Emissionsquelle in der österreichischen Treibhausgas-Inventur dar. Signifikante Emissionsquellen sind gemäß der IPCC Leitlinien für Nationale Treibhausgas-Inventuren (IPCC, 2006) mit sehr genauen Methoden und spezifischen Emissionsfaktoren zu schätzen. Bis dato war die Lage der organischen Böden, deren Status und Bewirtschaftung in Österreich nur unzulänglich bekannt und die bisherigen THG-Berechnungen daher mit großen Unsicherheiten behaftet. Eine Verbesserung dieser Datenlage war daher dringend erforderlich, um die Treibhausgasemissionsschätzungen für die bewirtschafteten organischen Böden Österreichs auch gemäß den Vorgaben der EU LULUCF Verordnung (Regulation (EU) 2018/841) durchführen zu können.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes erfolgte eine flächendeckende räumliche Erfassung der organischen Böden sowie ihrer Entwässerung und Landnutzung auf Basis einer Reihe von recherchierten und nachfolgend GIS-mäßig digitalisierten Datensätzen sowie bestehenden Datensätzen mittels Geoinformationssystem (GIS). Diese Daten wurden in einem nachfolgenden Schritt anhand eines entwickelten Schemas verschnitten und ausgewertet. Begleitend dazu wurde eine umfangreiche Recherche und Auswertung zu Emissionsfaktoren von organischen Böden für unterschiedliche Bewirtschaftungsformen und vergleichbare Verhältnisse zu Österreich durchgeführt. In einem letzten Schritt wurden die entwässerten organischen Böden entsprechend ihrer Bewirtschaftung mit den Treibhausgasemissionsfaktoren kombiniert und somit die Emissionen von bewirtschafteten organischen Böden für ganz Österreich berechnet.

Die Ergebnisse dieser umfassenden Studie können in weiterer Folge auch als Grundlage für gezielte Klimaschutz- oder Naturschutzmaßnahmen (z. B. Renaturierungen bzw. Wiedervernässungen der organischen Böden oder schonendere Bewirtschaftungsformen) oder für die künftige Entwicklung dieser Flächen (z. B.

Landnutzungsänderungen, weitere Störungen) und die Schätzung der diesbezüglichen Änderungen der Treibhausgasemissionen herangezogen werden.

2 RÄUMLICHE ERFASSUNG DER ORGANISCHEN BÖDEN UND DEREN LANDNUTZUNG IN ÖSTERREICH

2.1 Datengrundlagen

Für diese Studie wurde eine umfangreiche Recherche über sämtliche verfügbare räumliche Datengrundlagen, die für die flächendeckende Identifikation von organischen Böden in Österreich zur Verfügung stehen, durchgeführt. Einzelne dieser Datengrundlagen wurden zu diesem Zweck auch mittels GIS digitalisiert. Die für dieses Vorhaben ausgewählten und ausgewerteten Datengrundlagen werden im Folgenden kurz beschrieben.

2.1.1 Die Landwirtschaftliche Bodenkarte (eBOD)

Die Landwirtschaftliche Bodenkarte (eBOD) (BFW, 2024), die seit dem Jahr 1958 im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft erfolgt, kartiert die landwirtschaftlich genutzte Fläche Österreichs und stellt so bodenkundliche Grundlageninformationen für die derzeit 2,86 Mio. ha große landwirtschaftliche Nutzfläche bereit. Hierfür wurden die Feldkarten mit dem Maßstab 1:10.000 auf Reinkarten des gleichen Maßstabs umgezeichnet, die die Grundlage für die Herstellung der fertigen Kartenblätter im Maßstab 1:25.000 bildeten. Die Kartierungseinheit der eBOD ist die Bodenform. Flächen, die derselben Bodenform angehören, zeigen ähnliche, in einer definierten Schwankungsbreite übereinstimmende, allgemeine Standortmerkmale und horizontspezifische Eigenschaften. Sie stimmen in Horizontabfolge und Bodentyp überein. Für jede Kartierungseinheit gibt es (mindestens) ein zugehöriges, repräsentatives Bodenprofil (Referenzprofil). Am Referenzprofil wird jeder einzelne Bodenhorizont bis in 1 m Tiefe umfassend beschrieben. Für jeden Horizont liegen außerdem Analysedaten der wichtigsten Bodeneigenschaften, nämlich Textur, Humusgehalt, Kalkgehalt und pH-Wert vor. Wichtige Attribute für die Auswertungen des gegenständlichen Projektes sind Lage, Kartierungszeitpunkt, Bodentyp sowie horizontweise Information von Bodenart, Mächtigkeit, Humusgehalt und Tongehalt.

2.1.2 Finanzbodenschätzung

Die Bodenschätzungsergebnisse der Finanzbodenschätzung (BMF, BEV, 2024) beinhaltet detaillierte feldbodenkundlich erhobene Bodeninformationen und eine Einschätzung der natürlichen Ertragsfähigkeit (Verhältniszahl zwischen 1 und 100) der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Österreich, mit Ausnahme von Almen. Die Rechtsgrundlage für die Erhebung dieser Daten ist das Bodenschätzungsgesetz 1970 (RIS 1970) i.d.g.F. Die Schätzungsfläche beläuft sich auf ca. 2,6 Millionen Hektar und ist parzellenscharf abgegrenzt. Der Aktualisierungszyk-

lus beträgt im Schnitt ca. 30 Jahre und das tatsächliche Schätzungsjahr einer Katastralgemeinde ist der Regionalinformation der Grundstücksdatenbank des Umweltbundesamts zu entnehmen (Umweltbundesamt, 2001). Zusätzlich zu den Grundstücksinformationen, welche wichtige Attribute wie Lage, Kartierungszeitpunkt, Bodentyp und die Bodenart enthalten, wären noch weitere Informationen über Bodenhorizonte, wie z. B. Horizontmächtigkeiten, in den Musterstücken enthalten. Diese sind aber nicht vollständig digitalisiert und wurden daher für das vorliegende Projekt nicht verwendet (pers. Kommunikation Bundesministerium für Finanzen).

2.1.3 Historischer Moorkataster 1911

Im Auftrag des K. u. K. Ackerbauministeriums wurden Hoch- und Niedermoore in Österreich räumlich erfasst und im Jahr 1911 in der Publikation „Nachweis der Moore in Niederösterreich, Steiermark, Kärnten, Krain, Tirol und Mähren“ (Rieder, Wilk, Zailer, 1911) veröffentlicht. Die Moore wurden auf Mappenblättern im Maßstab 1:75.000 eingezeichnet und entsprechend der Nummerierung der Mappenblätter in der Publikation gekennzeichnet. Diese Karten galten lange Zeit als verschollen, wurden jedoch dank Hinweisen von Mag. Axel Schmidt (Ingenieurbüro für Biologie und Ökologie) im Zuge des Projekts und mit der Unterstützung von DI Dr. Peter Strauss (Direktor des Bundesamtes für Wasserwirtschaft) in den dortigen Archivbeständen wiederentdeckt.

Die Karten des Moorkatasters 1911 wurden in hoher Auflösung (600 dpi) gescannt, georeferenziert und die Polygone manuell digitalisiert. Aufgrund des alten Kartenmaterials und kleiner Verzerrungen, die bei der Georeferenzierung entstehen, kann es zu einer gewissen Ungenauigkeit bei der Lage der Polygone kommen. Bei den 200 größten Moorpolygonen wurde daher eine Überprüfung der Lage und gegebenenfalls eine Korrektur durchgeführt, wobei eine Kombination aus Luftbildern, digitalem Höhenmodell, sowie den anderen hier beschriebenen Datenquellen (Finanzbodenschätzung, eBOD, Moordatenbank Österreich) genutzt wurde, um die tatsächliche Lage der (historischen) Moore bestmöglich darzustellen (Umweltbundesamt 2024a).

2.1.4 Aktualisierung Moorschutzkatalog 1992 – Moordatenbank Österreich

Parallel zur Erfassung der organischen Böden wird im Rahmen eines weiteren Projekts des Umweltbundesamts auch der österreichische Moorschutzkatalog aktualisiert. Der Moorschutzkatalog wurde erstmals vor über 30 Jahren veröffentlicht (Steiner, 1992) und mit aktuellen georeferenzierten Moordaten ergänzt, u. a. aus dem oben erwähnten Moorkataster 1911 sowie bundeslandspezifischen Kartierungen.

Eine zum Zeitpunkt der Geodatenbearbeitung vorliegende und vorläufige Version dieser neuen Moordatenbank Österreich mit Stand Jänner 2024 wurde

ebenfalls zur Erfassung der organischen Böden in diesem Projekt herangezogen.

2.1.5 Organische Böden im Wald gemäß Bodenklassifikation im Rahmen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI)

Im Rahmen der ÖWI werden flächenmäßig bedeutende, im Gelände einfach klassifizierbare Gruppen von Bodenformen nach vorwiegend praktischen, ökologischen Gesichtspunkten unterschieden. Hierbei werden durch die Aufnahmeteams auch die als „organogen“ klassifizierten Bodentypen Hochmoore, Niedermoore und Anmoore unterschieden und aufgrund ihres Torfhorizontes in die Auswertung einbezogen. Obwohl nicht im Aufnahmemanual angegeben, ist durch die Benennung und Beschreibung der Bodentypen ersichtlich, dass die Klassifikation implizit im Einklang mit der österreichischen Bodensystematik ist (BFW, 2009). Auf Basis dieser Klassifikationen bzw. Daten führte das Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) für das vorliegende Projekt eine spezifische Auswertung und Hochrechnung zum Ausmaß organischer Böden im Wald aus den Ergebnissen der ÖWI 2016–2021 durch (BFW, persönliche Mitteilung am 26.1.2024).

Hier ist anzumerken, dass sich ein Teil der aktuellen (Zeitpunkt der vorliegenden Studie) organischen Böden im Wald auf ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen befindet. Diese organischen Böden im Wald, wurden in früheren Jahrzehnten durch die eBOD kartiert (da die eBOD die Kartierung der landwirtschaftlichen Böden zum Ziel hat) und durch die aktuellen Auswertungen der eBOD als organische Böden unter Wald identifiziert. Allerdings konnte nicht beurteilt werden, ob es sich bei den Flächen in eBOD und ÖWI um dieselben Flächen handelt. Daher wurden in der vorliegenden Studie die Flächen organischer Böden im Wald aus der ÖWI verwendet, da diese einen für Österreich repräsentativen Wert darstellen.

2.1.6 Organische Böden unter anderen Landnutzungsformen (Feuchtgebiete, Siedlungsraum, Sonstiges Land)

Organische Böden die sich derzeit laut dem Landnutzungslayer 2022 des Umweltbundesamts (Umweltbundesamt, 2024b, siehe Kapitel 2.1.7) in Feuchtgebieten, Siedlungsgebiet oder Sonstigem Land befinden, wurden im Zuge der oben dargestellten und verwendeten Datengrundlagen kartiert bzw. identifiziert. Sofern beispielsweise diese organischen Böden früher landwirtschaftlich genutzt wurden, wurden sie in der eBOD erfasst, oder sie sind im historischen Moorkataster oder in der Moordatenbank Österreich gelistet.

2.1.7 Landnutzungslayer 2022

Die Treibhausgasemissionen aus entwässerten organischen Böden unterscheiden sich für unterschiedliche Landnutzungstypen (IPCC, 2014, Klatt et al. 2022). Aus diesem Grund war es wichtig, die Landnutzung der organischen Böden zu bestimmen. Als weitere Datengrundlage wurde daher für diese Studie der Landnutzungslayer 2022 herangezogen, der im Rahmen eines BMK finanzierten Projektes im Jahr 2023 erstellt wurde (Umweltbundesamt, 2024b). Dieser Datensatz vereint mehrere GIS-Datengrundlagen, wie z. B. die Digitale Katastralmappe, INVEKOS oder die BFW Waldkarte, um die aktuelle Landnutzung der Kategorien Wald, Acker, Grünland, Gewässer und Feuchtgebiete, Siedlungsgebiete und Sonstige Flächen räumlich in einem Statuslayer darzustellen. Durch die Verschneidung der organischen Böden mit dem Landnutzungslayer 2022 konnte die Landnutzung der organischen Böden bestimmt werden.

2.2 Verwendete Definition für organischen Boden

Die in Kapitel 2.1 beschriebenen Bodenkartierungen, insbesondere die eBOD und die Finanzbodenschätzung, mussten anhand einer zugrunde gelegten Definition für organischen Böden ausgewertet werden. Weil die Ergebnisse dieser Studie primär für die Nationale Treibhausgasinventur verwendet werden, wurde die folgende Definition der organischen Böden aus den Richtlinien für Nationale Treibhausgas-Inventuren des IPCC (2006) übernommen:

„Ein organischer Boden ist ein Boden mit einer hohen Konzentration an organischer Substanz (siehe unten). Jeder Boden, der kein organischer Boden ist, wird gemäß den 2006 IPCC-Leitlinien (Anhang 3A.5, Kapitel 3 in Band 4) als Mineralboden eingestuft.

Organische Böden werden auf der Grundlage der unten aufgeführten Kriterien 1 und 2 oder 1 und 3 identifiziert:

1. *Mächtigkeit des organischen Horizonts größer oder gleich 10 cm. Ein Horizont von weniger als 20 cm muss 12% oder mehr organischen Kohlenstoff aufweisen, wenn er bis zu einer Tiefe von 20 cm gemischt ist.*
2. *Böden, die nie länger als ein paar Tage mit Wasser gesättigt sind, müssen mehr als 20 Gewichtsprozent organischen Kohlenstoff enthalten (d. h. etwa 35 % organische Substanz).*
3. *Böden, die episodisch mit Wasser gesättigt sind, haben entweder:*
 - a. *Mindestens 12 Gewichtsprozent organischen Kohlenstoffs (d. h. etwa 20 Prozent organische Substanz (SOC)), wenn der Boden keinen Ton enthält*
oder
 - b. *mindestens 18 Gewichtsprozent organischen Kohlenstoffs (d. h. etwa 30 Prozent organische Substanz), wenn der Boden 60 % oder mehr Ton enthält*
oder

- c. *einen mittleren Anteil an organischem Kohlenstoff bei mittleren Tonanteilen.“ (IPCC, 2006).*

Aufgrund des unterschiedlichen Informationsgehalts der einzelnen Datenquellen konnte diese Definition nur teilweise umgesetzt werden. In Absprache mit den Expert:innen für die verwendeten Datengrundlagen wurden daher Entscheidungsregeln ausgearbeitet, um das Vorkommen organischer Böden in den unterschiedlichen Datenquellen bestmöglich gemäß IPCC Definition zu identifizieren.

Grundsätzlich müssen organische Böden gemäß IPCC organische Horizonte mit einer Mächtigkeit größer 10 cm aufweisen. Für das bessere Verständnis des zweiten Satzes von Punkt 1 („Mischkriterium“) soll hier erwähnt werden, dass es sich bei der Durchmischungszone von 20 cm nicht um die theoretische Annahme handelt, Bodenbereiche zu vermischen, sondern sichergestellt werden soll, dass ehemalige 10 cm mächtige Horizonte mit 20 % organischen Substanzen (SOC) nicht unberücksichtigt bleiben, weil Bodenbearbeitung stattgefunden hat. Diese Durchmischungszone betrifft also nur die obersten 20 cm des Bodenprofils. Alle anderen Abfragen betreffen auch tiefere Horizonte.

Die Feststellung, ob es sich um einen organischen Horizont handelt, erfolgt durch die Punkte 2 und 3 der oben angeführten Definition und richtet sich nach Wassersättigung, Tongehalt und SOC-Gehalt.

Die Umrechnung von Humusgehalt, wie in der Bodenkartierung angegeben, in SOC erfolgt mit der Multiplikation des konventionellen Faktors von 0,58 (Sprengel, 1826).

2.3 Aufbereitung, Auswertung und Verschneidung der räumlichen Datengrundlagen zu organischen Böden

2.3.1 Identifizierung organischer Böden anhand der landwirtschaftlichen Bodenkarte (eBOD)

Die Landwirtschaftliche Bodenkarte weist alle Attribute auf, die benötigt werden, um organische Böden nach den Kriterien der IPCC Leitlinien auszuwählen (siehe Kapitel 2.2). In Absprache mit den für die Landwirtschaftliche Bodenkarte zuständigen Bodenexperten des BFW wurde folgende Vorgehensweise für die Auswertung gewählt:

Grundsätzlich sind SOC-Laboranalysen bei hohen SOC-Gehalten eher ungenau, aber das Auftreten eines Torfhorizontes ist im Rahmen einer Bodenkartierung sehr eindeutig feststellbar. Daher wurden in einem ersten Schritt alle Bodenformen mit einem Torfhorizont größer oder gleich 10 cm oder einem Moorbodentyp (Hochmoor, Übergangsmoor, Niedermoor, Moor) als organischer Boden ausgewählt. Diese entsprechen gemäß der Österreichischen Bodensystematik

(Nestroy et al., 2004) jedenfalls der IPCC Definition eines organischen Bodens und wurden außerdem für die spätere Auswertung extra als Moorböden gekennzeichnet.

In einem weiteren Schritt wurden organische Böden aufgrund des in der IPCC Definition enthaltenen „Mischkriteriums“ (Kapitel 2.2) identifiziert. Hierfür wurden Böden mit einem SOC-Gehalt $\geq 12\%$ in den obersten 20 cm als organische Böden ausgewählt.

Im letzten Schritt wurden organische Böden abhängig von den IPCC Kriterien bezüglich Wassersättigung, SOC- und Tongehalt identifiziert (siehe Kapitel 2.2, zusätzliche Kriterien 2 und 3). Dafür wurden die Bodenformen der eBOD anhand ihrer Wasserhaushaltsklasse wie folgt eingeteilt:

- episodisch mit Wasser gesättigt (im Weiteren als „nass“ bezeichnet): entspricht den Wasserhaushaltsklassen „feucht“, „feucht bis nass“, „nass“ und „wechselfeucht mit Überwiegen der feuchten Phase“ laut Klassifizierung der Landwirtschaftlichen Bodenkarte.
- Böden, die nie länger als ein paar Tage wassergesättigt sind (im Weiteren als „trocken“ bezeichnet): alle anderen zuvor nicht genannten Wasserhaushaltsklassen.

Für die derart klassifizierten Böden wurde wie folgt weiter vorgegangen:

Für trockene Böden gilt gemäß IPCC Definition, dass sie mehr als 20 % SOC aufweisen müssen, um als organischer Boden zu gelten (siehe Kapitel 2.2). Darunter fallen gemäß der Definition der Österreichischen Bodensystematik alle Moorböden, die wie oben beschrieben aber ohnehin bereits als organischer Boden klassifiziert wurden. Für trockene nicht-Moorböden wurden für die Identifizierung als organische Böden die SOC-Analyseergebnisse der eBOD herangezogen, welche, wie bereits erwähnt, aufgrund der Messmethodik für diese Böden genauer sind als bei Moorböden.

Ein ähnliches Vorgehen wurde auch für nasse Böden gewählt, wobei hier der SOC-Grenzwert der IPCC Leitlinien auch vom Tongehalt abhängig ist. Hierfür lässt sich aus den Kriterien 3a bis 3c (siehe Kapitel 2.2) ein Verhältnis von SOC-Gehalt zu Tongehalt ableiten. Eine Bodenart wird als organischer Boden klassifiziert, wenn bei 0 % Ton ein 12 % SOC-Gehalt, bei 60 % Ton ein 18 % SOC-Gehalt und bei dazwischenliegenden Tongehalten entsprechende SOC-Gehalte vorliegen.

2.3.2 Identifizierung organischer Böden anhand der Finanzbodenschätzung

Die Bodenkartierung der Finanzbodenschätzung lässt sich hinsichtlich Bodenart und Bodentyp auswerten. Hierfür lag zur Identifikation der Attribute im Datensatz das „Abkürzungsverzeichnis der Bodenschätzung – Fachbezeichnung und Abkürzungsschlüssel der Bodenschätzung“ (BMF, 2018) vor. Das Attribut „Mo“ in

Bodenart oder Bodentyp gemäß Finanzbodenschätzung verweist auf einen organischen Horizont, welcher per Definition der Österreichischen Bodensystematik (Nestroy 2004) jedenfalls dem SOC-Grenzwert der IPCC Leitlinien entspricht. Dasselbe gilt auch für alle Hochmoore, Niedermoore, Übergangsmoore, Quellmoore und sonst als Moor oder Torfboden klassifizierten Feldstücke in der Finanzbodenschätzung. Hier ist zu beachten, dass diese Abfrage aufgrund der nicht-standardisierten Eintragung des Bodentypennamens (Verwendung von uneinheitlichen Abkürzungen, Nennung von Bodenart und sonstige Anmerkungen) eine Herausforderung darstellte. Es lässt sich daher nicht ganz ausschließen, dass diese Auswertung organische Böden mit SOC-Gehalten zwischen 12 % und 20 % übersieht, da es bei der Auswertung der Finanzbodenschätzung nur möglich war, nach dem Vorkommen von organischen Horizonten nach der Österreichischen Bodensystematik auszuwählen, die einen Grenzwert von 20 % SOC festlegt.

2.3.3 Identifizierung organischer Böden anhand der anderen Datengrundlagen

Beim historischen Moorkataster 1911 (Kapitel 2.1.3) und bei der Moordatenbank (Kapitel 2.1.4) wurde davon ausgegangen, dass eine Ansprache als Moor in diesen Datengrundlagen auch einem organischen Boden gleichzusetzen ist.

Betreffend der Ansprache organischer Böden gemäß der Österreichischen Waldinventur siehe Kapitel 2.1.5.

2.3.4 Zusammenführung aller Datengrundlagen zu organischen Böden und Auswertung gemäß GIS-Bewertungsschema

2.3.4.1 Aufbereitung und Kombination aller Datengrundlagen zu organischen Böden in einem Geoinformationssystem

Für die die Auswertung und Darstellung der organischen Böden mittels GIS wurden alle GIS-Datengrundlagen zusammengeführt. Neben eBOD (vgl. Kapitel 2.1.1) und Finanzbodenschätzung (vgl. Kapitel 2.1.2) wurden auch der historische Moorkataster 1911 (vgl. 2.1.3) sowie die Moordatenbank Stand Jänner 2024 (vgl. 2.1.4, derzeit noch in Überarbeitung) als Informationsquellen für das Auftreten von organischen Böden aufbereitet. Beim historischen Moorkataster 1911 ist anzumerken, dass aufgrund des groben Kartierungsmaßstabs sowie Verzerrungen bei der Digitalisierung und Georeferenzierung der Papierkarten gewisse räumliche Unschärfen vorliegen. Daher wurde um alle historischen Moorflächen gemäß Moorkataster 1911, die keiner Lagekorrektur (siehe Kapitel 2.1.3) unterzogen werden konnten, ein Puffer von 125 m gelegt, der in den Auswertungen mitberücksichtigt wurde (was nicht gleichbedeutend ist, dass dieser Puffer als organischer Boden gewertet wurde – siehe Kapitel 2.3.4.2).

Diese Datensätze zu organischen Böden, die als Vektor-Polygone vorlagen, wurden in ein einheitliches Rasterformat (GeoTIFF) mit einer räumlichen Auflösung von 10x10 m konvertiert.

Als weiterer Eingangsdatensatz ist auch die Information der Landnutzung aus dem Landnutzungslayer 2022 eingeflossen (vgl. Kapitel 2.1.7). Dieser Layer liegt für das gesamte Staatsgebiet in einer Rasterauflösung von 5x5 m vor, wurde für die Analysen aber ebenfalls auf eine Auflösung von 10x10 m hochaggregiert.

Die verwendeten Datensätze sowie Codierungen der Informationen zeigt Tabelle 1.

*Tabelle 1:
Eingangsdaten und ihre
Codierung für die
Zusammenführung und
Darstellung der
organischen Böden*

Datenquelle	Co- die- rung	Erläuterung
Finanzbo- denschät- zung	1	Moorboden
	0	anderer Boden im Kartierungsbereich (z. B. Braunerde, Gley etc.)
	99	außerhalb Kartierungsbereich
eBOD	1	Moorboden
	2	anderer org. Boden
	0	anderer Boden im Kartierungsbereich (z. B. Braunerde, Gley etc.)
	99	außerhalb Kartierungsbereich
Historischer Moorkatas- ter 1911	1	kartierte Moorfläche
	2	Puffer 125 m bei Polygonen ohne Lageprüfung
	0	Fläche außerhalb des historischen Moorkatasters
Moordaten- bank Öster- reich	1	Fläche innerhalb der Moordatenbank Österreich
	0	Fläche außerhalb der Moordatenbank Österreich
Landnut- zung	10	Wald
	20	Acker
	30	Grünland
	40	Fließgewässer
	41	Stehende Gewässer
	42	Feuchtgebiete
	50	Siedlungsfläche
	60	Sonstige Nutzung

2.3.4.2 Analyse und Bewertung von Fallkombinationen

Durch das Vorliegen in einem einheitlichen Rasterformat konnte eine Kombination/Zusammenführung aller Datensätze vorgenommen werden. Das bedeutet, dass ein Gesamtraster erzeugt wurde, der für jede 10x10 m Rasterzelle (Pixel) die Informationen aller Eingangsdatensätze aufweist.

Für die Identifizierung organischer Böden wurden daher alle Fallkombinationen bewertet, die sich aus den Eingangsdatensätzen ergeben. Durch Lageungenauigkeiten und Fehlansprachen hätte eine Wertung aller in den verschiedenen Datengrundlagen ausgewiesenen organischen Böden eine Überschätzung der Flächen der organischen Böden bedeutet. Umgekehrt hätte eine Bewertung nur jener Flächen als organische Böden, die gemäß aller Datengrundlagen als solche ausgewiesen sind, zu einer Unterschätzung der organischen Böden geführt. Es musste daher ein Auswerteschema erarbeitet werden, um anhand der unterschiedlichen Ergebnisse der einzelnen Datengrundlagen zu plausiblen Ergebnissen zu kommen. Dieses Bewertungsschema (Tabelle 2, für eine besser lesbare Version siehe Annex) wurde im Rahmen eines internen Workshops mit Expert:innen verschiedener Fachrichtungen in Grundzügen erarbeitet und nachjustiert.

Tabelle 2: Bewertungsschema zur Ausweisung von organischen Böden anhand der Fallkombinationen auf Basis der verwendeten Datengrundlagen (k. A.: keine Angaben – bedeutet bei Finanzbodenschätzung bzw. eBOD „nicht kartiert“)

Fall Nr.	Gewichtung 1 = org. Boden 0 = kein org. Boden	Gewichtung Sensitivitätsanalyse		Finanzbodenschätzung		eBOD		Historischer Moorkataster 1911			Moordatenbank Österreich		Landnutzung 2022	
		untere Gewichtung	obere Gewichtung	ja	nein	ja	nein	ja	nein	Puffer 125 m (nur unverschobene Polygone)	ja	nein		
1	1	1	1	x		x	Moorboden		x	oder	x	x	x	
2	1	0,8	1	x		x	Moorboden			x		x	x	
3	1	1	1	x	x oder k.A.	x	anderer org. Boden		x	x	x	x	x	
4	1	1	1	x				x oder k.A.	x	oder	x	x	x	
5	1	1	1	x				x oder k.A.		x		x		
6	1	0,8	1	x				k.A.		x			x	
7	0,8	0,6	1	x				x		x			x	
8	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x	x	x	x		Ackerland
9	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x	x	x	x		Grünland
10	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x	x	x	x		Wald
11	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x	x	x	x		Feuchtgebiete, Gewässer
12	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x	x	x	x		Sonstiges Land
13	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x				x	Ackerland
14	0,1	0	0,2	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x				x	Grünland
15	1	0,8	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x				x	Wald
16	1	0,8	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x				x	Feuchtgebiete, Gewässer
17	1	0,8	1	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x				x	Sonstiges Land
18	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x	oder	x	x		Siedlungsraum
19	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.	x				x	Siedlungsraum
20	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.		k.A.		x		x		Siedlungsraum
21	1	1	1		k.A.	x	Moorboden		x	oder	x	x		
22	1	0,8	1		k.A.	x	Moorboden			x		x		
23	0,8	0,6	1		k.A.	x	Moorboden		x	oder	x		x	
24	0,8	0,6	1		x	x	Moorboden		x	oder	x	x		
25	0,8	0,6	1		x	x	Moorboden			x		x		
26	0,5	0,3	0,7		x	x	Moorboden		x	oder	x		x	
27	0	0	0		x oder k.A.	x	Moorboden			x			x	
28	0	0	0		x oder k.A.			x oder k.A.		x	x		x	
29	0,1	0	0,2		x			x		x		x		
30	0	0	0,2		x			x	x				x	
31	0,1	0	0,2		x			x	x	oder	x	x		
32	0,1	0	0,2		x			k.A.		x		x		
33	0	0	0,2		x			k.A.	x				x	
34	0,1	0	0,2		x			k.A.	x	oder	x	x		
35	0,1	0	0,2		k.A.			x		x		x		
36	0	0	0,2		k.A.			x	x				x	
37	0,5	0,3	0,7		k.A.			x	x	oder	x	x		

Die Basis für die Gewichtung der einzelnen Datengrundlagen sowie der Fallkombinationen waren Informationen, die Expert:innen für die einzelnen Datengrundlagen mitgeteilt haben (eBOD, Finanzbodenschätzung). Im Zuge dessen wurden auch Informationen zur räumlichen und thematischen Genauigkeit der Datengrundlagen, zum Alter der Ansprache sowie Einschätzungen zur Auswertemethodik im Rahmen eines internen Workshops gegeben.

Durch die Bewertung der Fallkombinationen war es möglich, die Informationen einzelner Datensätze – je nach räumlicher oder thematischer Genauigkeit bzw. Verlässlichkeit – höher oder geringer zu gewichten. Bei der Bewertung der Fallkombination ist anzumerken, dass diese jeweils mit einer Standardgewichtung mit Werten zwischen 0 und 1 erfolgte. Eine beurteilte Rasterzelle von 10x10 m repräsentiert also eine Fläche von 100 m². Diese Fläche wird aber nur dann auch als 100 m² organischer Boden gewertet, wenn der Fall auch eine entsprechende Bewertung mit dem Faktor 1 aufweist. Wurde aufgrund von Unsicherheiten in den Datengrundlagen eine geringere Bewertung wie z. B. 0,8 vorgenommen, so wird die Fläche nur mit 80 m² in der Flächenbilanz gewertet.

Im Sinne einer Sensitivitätsanalyse wurde aber jeder Fall einer oberen und unteren Bewertung unterzogen, was in weiterer Folge die Schätzung eines unteren und oberen Flächenwertes der organischen Böden erlaubt. Es ergab sich etwa aus den eingeholten bzw. beurteilten Informationen, dass die Genauigkeit und Richtigkeit gemäß Auswertung aus der Finanzbodenschätzung höher zu werten ist als jene der anderen Datengrundlagen, oder auch, dass die Lagegenauigkeit des historischen Moorkatasters 1911 als geringer einzuschätzen ist. Die Aktualität der Karten wurde im Bewertungsschema berücksichtigt. Anhand der folgenden Beispiele lässt sich die Anwendung dieser Kriterien bzw. Ergebnisse gemäß dem Schema in Tabelle 2 verdeutlichen:

- Fall Nr. 2: Bei diesem Fall weisen sowohl die Finanzbodenschätzung als auch die eBOD einen organischen Boden aus, die Fläche ist aber nicht im historischen Moorkataster 1911 zu finden. Die Informationen der Moordatenbank Österreich werden zumindest in dieser Fallkombination nicht berücksichtigt. Aufgrund der hohen Verlässlichkeit der Finanzbodenschätzung und auch der Ausweisung eines organischen Bodens durch die eBOD wird die Standardgewichtung mit dem höchstmöglichen Wert 1 festgesetzt, was ebenso für die obere Gewichtung gilt. Die fehlende Ansprache gemäß Moorkataster ist aufgrund der identifizierten Lageungenauigkeiten oder einer gewissen Unvollständigkeit dieser Datengrundlage wahrscheinlich auf einen (Lage-)Fehler im Moorkataster 1911 bzw. auf eine Nicht-Kartierung des Gebiets zurückzuführen. Berücksichtigt dabei wird auch, dass der Moorkataster 1911 älter ist als eBOD und Finanzbodenschätzung. Die Tatsache, dass der historische Moorkataster keine Moorfläche aufweist, wird lediglich in der Untergrenze für die Sensitivität – mit einer Gewichtung von 0,8 berücksichtigt.
- Fall Nr. 28 repräsentiert eine Kombination, bei der die Pufferflächen um Polygone zu Moorflächen des historischen Moorkatasters als einzige Datenquelle ein Indiz für einen organischen Boden liefern (siehe Kapitel 2.1.3). Aufgrund der Unsicherheit dieser Datenquelle wird diese Fallkombination mit 0, also nicht als organischer Boden, bewertet.

- Hingegen wurden organische Böden ausschließlich gemäß Finanzbodenschätzung mit höchster Stufe (Fall Nr. 6) oder sehr hoher Stufe (Fall Nr. 7) gewertet, je nachdem, ob aus der eBOD keine Kartierung vorliegt (Fall Nr. 6) oder dieser gemäß eBOD nicht als organischer Boden klassifiziert wurde (Fall Nr. 7).
- Fall Nr. 26: Die Finanzbodenschätzung weist explizit keinen organischen Boden aus, die eBOD hingegen schon. Die Fläche befindet sich zudem auch im historischen Moorkataster 1911 (oder im Falle eines nicht lagekorrigierten Moores) in dem 125 m Puffer dazu, während es in der Moordatenbank Österreich keinen Hinweis auf eine Moorfläche gibt.
- In diesem Fall liefern also zwei Datensätze Hinweise für das Auftreten eines organischen Bodens, die anderen beiden Informationsquellen aber nicht. Die Standardgewichtung wurde daher mit 0,5 festgesetzt. Aufgrund möglicher Unsicherheiten bei der Lagegenauigkeit von eBOD oder dem historischen Moorkataster wurde der Wert für die untere Sensitivität mit 0,3 festgesetzt – während für die obere Sensitivität eine Gewichtung von Faktor 0,7 gewählt wurde.

Insgesamt ergaben sich 37 Fallkombinationen, die bewertet wurden. Diese repräsentieren das gesamte österreichische Staatsgebiet (decken also auch Flächen ab, die eindeutig nicht als organische oder landwirtschaftlich genutzte Böden anzusprechen sind).

2.4 Ergebnisse: Fläche der organischen Böden und deren Landnutzung in Österreich

Auf Grundlage der oben beschriebenen Auswertungen wurde für das österreichische Staatsgebiet eine Fläche an organischen Böden von 100.119 ha ermittelt. Davon entfällt ein Großteil auf die Landnutzungskategorie Wald (41.571 ha), gefolgt von Grünland (34.798 ha), von Feuchtgebieten (12.082 ha), Ackerland (6.583 ha), Siedlungsraum (1.933 ha), Fließ- u. Stillgewässer (1.726 ha) und Sonstigem Land (1.425 ha) (Tabelle 3).

Tabelle 3:
Fläche organischer Böden nach Landnutzungs-kategorien inklusive Angabe des Sensitivitätsbereiches (obere und untere Grenze)

Landnutzungs-kategorie	Fläche organi-scher Böden [ha]	Sensitivitätsbereich Fläche organischer Böden [ha]	
		Untere Grenze	Obere Grenze
Wald	41.571	37.844	42.571
Acker	6.583	5.568	7.631
Grünland	34.798	31.209	37.965
Fließ- u. Stillge-wässer	1.726	1.593	1.796
Feuchtgebiete	12.082	11.791	12.271
Siedlungsraum	1.933	1.706	2.230
Sonstiges Land	1.425	1.410	1.433
Gesamt	100.119	91.121	105.899

Abweichungen der Summen von Unterkategorien entstehen aufgrund der Rundung der Werte.

Wie in Kapitel 2.3.4.2 beschrieben gibt die Sensitivitätsanalyse den Bereich an, um den der wahrscheinlichste Wert abweichen kann. Für das Gesamtergebnis bedeutet das eine untere Grenze von 91.121 ha und eine obere Grenze von 105.899 ha.

Abbildung 1: Lage der organischen Böden in Österreich gemäß GIS-Auswertungen der Datengrundlagen

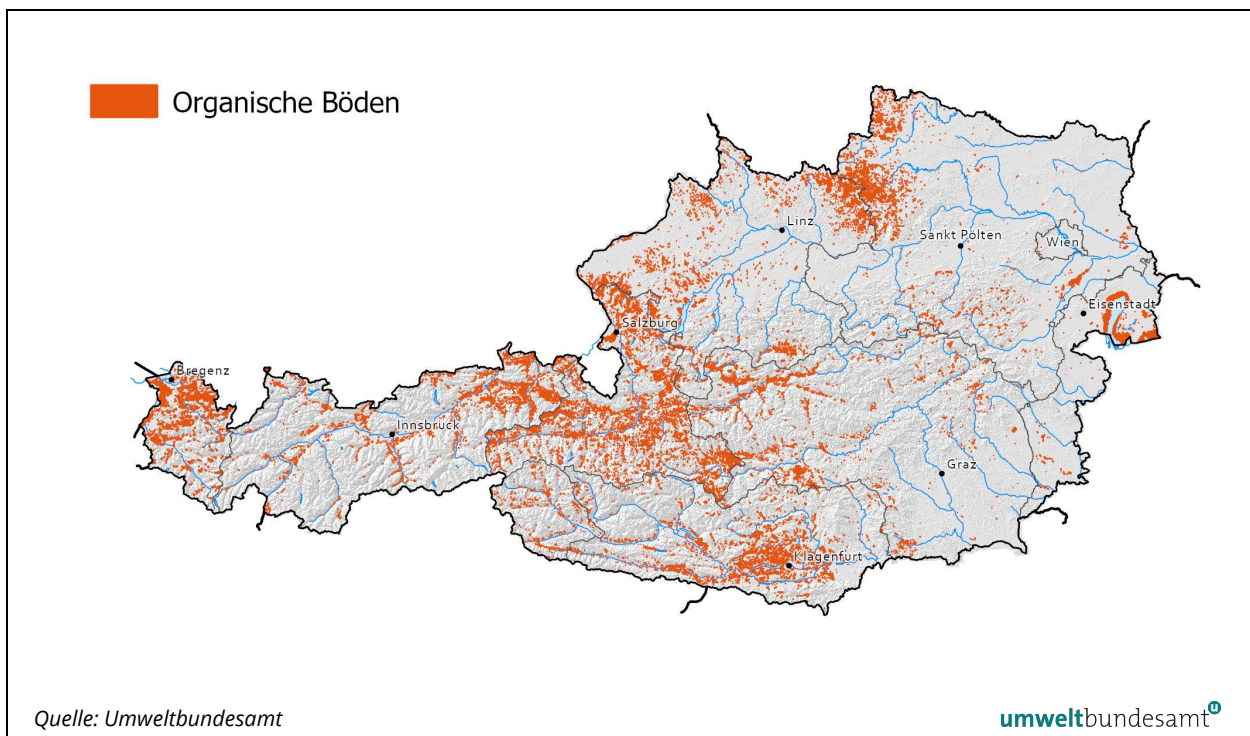


Abbildung 1 stellt die Ergebnisse bei Zusammenführung aller Geodaten für die mittlere Gewichtung in einer Karte im Maßstab 1:4.500.000 dar. Anzumerken ist, dass die Objekte kartographisch leicht vergrößert wurden, weil kleinere Flächen

in einer solchen Maßstabsdarstellung nicht erkennbar wären. Nicht dargestellt sind zudem die Gewichtungsklassen, weil auch diese in diesem Maßstab nicht unterscheidbar wären.

Betreffend organische Böden im Wald (41.571 ha) beinhalten die Ergebnisse in Abbildung 1 nur jene Flächen, die anhand der verfügbaren Datengrundlagen auch räumlich dargestellt und analysiert werden konnten (siehe Kapitel 2.1.5). Das entspricht in etwa der Hälfte der organischen Böden im Wald, die gemäß der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) ausgewiesen werden.

3 RÄUMLICHE ERFASSUNG DER ENTWÄSSERTEN ORGANISCHEN BÖDEN IN ÖSTERREICH

3.1 Einleitung

Entwässerungen führen zu einem raschen Abbau der Torfhorizonte und entsprechend hohen Treibhausgasemissionen aus organischen Böden, wie zahlreiche Studien belegen (Kasimir-Klemedtsson et al., 1997, Smith et al., 2014). Das IPCC (2014) Wetland Supplement weist deshalb Emissionsfaktoren für drainierte organische Böden aus, und die Treibhausgasberechnungen zu organischen Böden fokussieren auf entwässerte Flächen (bzw. deren Wiedervernässungen). Aus diesem Grund ist die Erfassung jener Flächen von organischen Böden, die entwässert sind, von Relevanz.

3.2 Datengrundlagen zur Entwässerung

3.2.1 Landwirtschaftliche Bodenkarte (eBOD)

Allgemeine Informationen zur landwirtschaftlichen Bodenkartierung sind in Kapitel 2.1.1 beschrieben. Hinsichtlich Entwässerungsstatus wurde teilweise durch die Kartierenden in der Bodentypenbezeichnung Hinweise auf Entwässerungen vermerkt. Diese Vermerke, wie z. B. „Entwässertes Niedermoor“, wurden für die Bewertung des Entwässerungsstatus als Indiz für Entwässerung herangezogen.

3.2.2 Finanzbodenschätzung

Allgemeine Informationen zur Finanzbodenschätzung sind in Kapitel 2.1.2 beschrieben. Ähnlich wie in der landwirtschaftlichen Bodenkartierung wurden auch in der Finanzbodenschätzung teilweise durch die Kartierenden in der Bodentypenbezeichnung Hinweise auf Entwässerung vermerkt. Diese Vermerke, wie z. B. „Niedermoor_entw“, wurden ebenfalls direkt für die Beurteilung einer Entwässerung für die Auswertung herangezogen.

3.2.3 Historischer Moorkataster 1911

In einer begleiteten Publikation zum historischen Moorkataster 1911 (Rieder, Wilk, Zailer, 1911) sind alle Moore aufgelistet, die auf den in Kapitel 2.1.3 beschriebenen Karten eingezeichneten sind. Neben Bezirk, Gemeinde, ortsüblichem Namen, Größe, Tiefe und Besitzverhältnissen der Moore sind dort auch Informationen über den Status der Entwässerung eingetragen. Die Beschreibungen reichen von „nicht entwässert“ über „mangelhaft entwässert“ zu „entwässert“ oder „planmäßig“. Diese Angaben wurden originalgetreu in eine Excel-

Tabelle eingetragen und in der Attributtabelle des GIS-Datensatzes der digitalisierten Moorpolygone ergänzt. Der finale Datensatz ist als Open Data auf data.gv.at¹ abrufbar.

Da davon auszugehen ist, dass unvollständige Entwässerungen nach 1911 fortgesetzt wurden, wurden alle Moorflächen die irgendeine Form der Entwässerung aufwiesen als „ja“ (entwässert) klassifiziert. Nur Moore, die eindeutig als nicht entwässert gekennzeichnet waren und jene, zu denen keine Angaben zum Entwässerungsstatus verfügbar waren, wurden als „nein“ (nicht entwässert) erfasst.

3.2.4 Meliorationskataster

In den Meliorationskatastern der Bundesländer wurden landwirtschaftliche Entwässerungsmaßnahmen, die im 20. Jahrhundert durchgeführt wurden, erfasst. In den letzten Jahren gab es in vielen Bundesländern Anstrengungen, diese archivierten Datensätze zu digitalisieren. Für das vorliegende Projekt standen Daten aus allen Bundesländern bis auf Tirol und Wien zur Verfügung.

Die Daten der Meliorationskataster liegen dabei meist in Form von Polygonen vor, die die entwässerten Flächen darstellen. In manchen Fällen beinhalten die Daten zusätzlich auch lineare Elemente (Drainagierungen, Entwässerungsgräben etc.). In einigen sehr wenigen Fällen enthalten die Daten jedoch nur Polylinien. Um in diesen Fällen auch eine flächenhaft verwertbare Information zu erhalten, wurden die nur als Polylinien vorliegenden Entwässerungsdaten flächenhaft gepuffert. Vergleiche mit Entwässerungen, die sowohl in flächenhafter als linearer Form vorliegen, haben gezeigt, dass ein Puffer von 15 m eine gute Annäherung an die tatsächlich entwässerte Fläche darstellt.

3.2.5 Ableitung von Entwässerungen aus der Landnutzung und Trockenstufen der Finanzbodenschätzung

Neben Informationen der Finanzbodenschätzung, eBOD oder Meliorationskataster kann auch aus der Art der Landnutzung auf Entwässerung geschlossen werden. Beispielsweise deutet eine ackerbauliche Nutzung von organischen Böden auf eine Entwässerung hin, da eine solche Bewirtschaftung sonst praktisch unmöglich wäre. Hierfür wurde die Karte zu den organischen Böden mit dem Landnutzungslayer 2022 verschnitten. Die Details sind in Kapitel 2.1.7 ausgeführt.

In Absprache mit dem Experten für die Finanzbodenschätzung wird auch bei Grünlandnutzung unter trockenen Wasserhaushaltsstufen (1, 2, 3-, 4-) gemäß Finanzbodenschätzung eine Entwässerung angenommen.

¹ Historischer Moorkataster 1911 Österreich (Vektor) - Datensatz - data.gv.at

3.2.6 Schätzung der Entwässerungen von organischen Böden im Wald

Wie in Kapitel 2.1.5 beschrieben befindet sich ein Teil der aktuellen (Zeitpunkt der vorliegenden Studie) organischen Böden im Wald auf ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen. Diese organischen Böden im Wald, wurden in früheren Jahrzehnten durch die eBOD kartiert (da die eBOD die Kartierung der landwirtschaftlichen Böden zum Ziel hat) und durch die aktuellen Auswertungen der eBOD als organische Böden unter Wald identifiziert. So konnten aber nur 50 % der drainagierten organischen Böden im Wald identifiziert werden, wobei 28 % der so identifizierten organischen Böden entwässert sind.

Im Rahmen der Waldinventur wird die Fläche organischer Böden statistisch erfasst und liefert ein robustes Ergebnis über die Fläche organischer Böden – nicht aber über den Entwässerungszustand.

Es ist nicht beurteilbar, inwieweit es sich bei den aus der eBOD identifizierten Flächen um die selben Flächen handelt, wie jene, welche durch die Waldinventur kartiert wurden. Daher werden zur Beurteilung der organischen Böden im Wald die Flächen aus der österreichischen Waldinventur verwendet, da diese einen für Österreich repräsentativen Wert darstellen.

Um deren Entwässerungszustand zu erheben, wurde eine spezifische Umfrage unter Expert:innen durchgeführt, welche eine große Bandbreite zwischen nahezu nicht bis nahezu vollständiger Entwässerung der organischen Böden im Wald lieferte, wobei der Mittelwert bei ca. 70 % lag.

Trotz dieser Indizien konnte weder aus dieser Umfrage noch aus der Analyse der eBOD eine robuste Erkenntnis über den Entwässerungszustand gewonnen werden. Daher wurde vorläufig ein Anteil von 50 % der organischen Böden im Wald als entwässert angenommen. Diese Wissenslücke soll in einem Folgeprojekt geschlossen werden.

3.3 Aufbereitung, Auswertung und Verschneidung der räumlichen Datengrundlagen zu Entwässerungen

Um die Daten- bzw. Kartengrundlagen zu den Entwässerungen für die Auswertungen nutzbar zu machen, mussten die diversen Angaben zum Entwässerungsstatus aus den verschiedenen Datengrundlagen standardisiert und codiert (Entwässerung: ja/nein) dargestellt werden.

Die für die Einstufung der Entwässerung verwendeten Datensätze sowie deren Codierungen sind in Tabelle 4 aufgelistet:

*Tabelle 4:
Eingangsdaten und
deren Codierung für die
Zusammenführung und
Darstellung der
Entwässerungen*

Datenquelle	Codierung	Erläuterung
Finanzbodenschätzung	1	entwässert
	0	nicht entwässert
	99	außerhalb Kartierungsbereich (k. A.)
eBOD	1	entwässert
	0	nicht entwässert
	99	außerhalb Kartierungsbereich (k. A.)
Historischer Moorkataster 1911	1	entwässert
	0	nicht entwässert
Meliorationskataster der Bundesländer	1	entwässert
	0	nicht entwässert
Ackernutzung	1	entwässerter org. Boden unter Acker
	0	andere Flächen
Grünland mit trockenen Wasserhaushaltsstufen (1, 2, 3, 4)	1	entwässerter org. Boden unter trockenem Grünland
	0	andere Flächen
Landnutzung	10	Wald
	20	Acker
	30	Grünland
	40	Fließgewässer
	41	Stehende Gewässer
	42	Feuchtgebiete
	50	Siedlungsfläche
60	Sonstige Nutzung	

Alle Datensätze wurden gemäß der vorgesehenen Codierung in einem einheitlichen Raster mit der räumlichen Auflösung von 10x10 m konvertiert (GeoTIFF) und anschließend Pixel für Pixel kombiniert.

Aus dieser Kombination der Eingangsdatensätze war es möglich – ähnlich wie bei der Analyse der organischen Böden – durch Bewertung der Fallkombinationen auf das Vorliegen von Entwässerungen zu schließen. Mit lediglich vier Fallkombinationen gestaltet sich dieses Auswerteschema aber wesentlich einfacher und ist in Tabelle 5 dargestellt:

Tabelle 5: Bewertungsschema zur Ermittlung von Entwässerungen anhand der Fallkombinationen auf Basis der Datengrundlagen (k. A.: keine Angaben – bedeutet bei Finanzbodenschätzung bzw. eBOD „nicht kartiert“)

Fall	1	2	3	4	
Einstufung Entwässerung je Datensatz	Finanzbodenschätzung	ja	nein	k.A.	nein/k.A.
		<i>und</i>	<i>und</i>	<i>und</i>	<i>und</i>
	eBOD	ja/nein/k.A.	ja	ja	nein/k.A.
		<i>oder</i>	<i>und</i>	<i>und</i>	<i>und</i>
	hist. Moorkataster 1911	ja	nein/k.A.	nein/k.A.	nein/k.A.
		<i>oder</i>	<i>und</i>	<i>und</i>	<i>und</i>
	Meliorationskataster	ja	k.A.	k.A.	k.A.
		<i>oder</i>	<i>und</i>	<i>und</i>	<i>und</i>
	org. Boden unter Acker	ja	k.A.	k.A.	k.A.
		<i>oder</i>	<i>und</i>	<i>und</i>	<i>und</i>
	org. Boden unter trockenem Grünland	ja	k.A.	k.A.	k.A.
	Landnutzung 2022	!= FG, SG	!= FG, SG	!= FG, SG	FG, SG
	Gesamteinstufung als entwässert	ja	nein	ja	nein

- Fall Nr. 1: Hier zeigen sowohl Finanzbodenschätzung, historischer Moorkataster oder Meliorationskataster eine Entwässerung an oder es handelt sich um einen organischen Boden im Ackerland oder im trockenen Grünland; die aktuelle Landnutzung darf nicht Fließ- (FG) oder Stillgewässer (SG) sein. Siedlungsgebiete werden ebenfalls als entwässert eingestuft.
- Fall Nr. 2: Die eBOD zeigt zwar eine Entwässerung an, die Finanzbodenschätzung aber explizit nicht; weiters liefern weder der historische Moorkataster noch der Meliorationskataster einen Hinweis auf entwässerten organischen Boden; die aktuelle Landnutzung darf nicht Fließ- (FG) oder Stillgewässer (SG) sein.
- Fall Nr. 3: Die eBOD zeigt Entwässerung an und die Fläche ist außerhalb des Kartierungsbereichs der Finanzbodenschätzung; historischer Moorkataster und Meliorationskataster liefern auch keinen Hinweis auf einen entwässerten organischen Boden; die aktuelle Landnutzung darf nicht Fließ- (FG) oder Stillgewässer (SG) sein.
- Fall Nr. 4: kein Datensatz liefert Hinweise auf Entwässerung oder die aktuelle Landnutzung ist Fließ- (FG) oder Stillgewässer (SG).

3.4 Ergebnisse der Entwässerung der organischen Böden und deren Landnutzung in Österreich

Tabelle 6a-c: Fläche organischer Böden nach Landnutzungskategorien und Entwässerungszustand inklusive Angabe des Sensitivitätsbereiches (mittlere, untere und obere Gewichtung). Abweichungen der Summen von Unterkategorien entstehen aufgrund der Rundung der Werte.

6a: Ergebnisse mit mittlerer Gewichtung (Standardgewichtung)				
Landnutzung	Organischer Boden [ha]			Anteil entwässert [%]
	gesamt	nicht entwässert	entwässert	
Wald	41.571	20.786	20.786	50*
Acker	6.583	0	6.583	100
Grünland	34.798	23.487	11.311	32,5
Fließ- u. Stillgewässer	1.726	1.726	0	0
Feuchtgebiete	12.082	11.382	701	5,8
Siedlungsraum	1.933	0	1.933	100
Sonstiges Land	1.425	1.411	14	1
Summe	100.119	58.792	41.326	41,3
6b: Sensitivitätsanalyse: Ergebnisse mit unterer Gewichtung				
Landnutzung	Organischer Boden [ha]			Anteil entwässert [%]
	gesamt	nicht entwässert	entwässert	
Wald	37.844	18.922	18.922	50*
Acker	5.568	0	5.568	100
Grünland	31.209	21.061	10.148	32,5
Fließ- u. Stillgewässer	1.593	1.593	0	0
Feuchtgebiete	11.791	11.112	679	5,8
Siedlungsraum	1.706	0	1.706	100
Sonstiges Land	1.410	1.399	12	0,8
Summe	91.121	54.087	37.034	40,6
6c: Sensitivitätsanalyse: Ergebnisse mit oberer Gewichtung				
Landnutzung	Organischer Boden [ha]			Anteil entwässert [%]
	gesamt	nicht entwässert	entwässert	
Wald	42.571	21.286	21.286	50*
Acker	7.631	0	7.631	100
Grünland	37.965	25.268	12.697	33,4
Fließ- u. Stillgewässer	1.796	1.796	0	0
Feuchtgebiete	12.271	11.555	716	5,8
Siedlungsraum	2.230	0	2.230	100
Sonstiges Land	1.433	1.419	14	1
Summe	105.899	61.324	44.574	42,1

* Vorläufige Schätzung

Auf Grundlage der oben beschriebenen Auswertungen und Verschneidungen wurde die Fläche organischer Böden sowie deren entwässerter Anteil ermittelt. Wie in Kapitel 2.4 beschrieben, wurde hier ein mittlerer Wert (Standardgewichtung) sowie obere und untere Grenzen als Sensitivität für die Ergebnisse angegeben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 a-c zusammengefasst.

Auf Grundlage der vorliegenden Analyse wurde ein mittlerer Wert von 41.326 ha drainagierter organischer Böden identifiziert, wobei die Sensitivitätsanalyse einen Bereich von 37.034 ha bis 44.574 ha definiert (Tabelle 6 a). Der größte Anteil drainagierter organischer Böden wurde im Wald (20.786 ha) gefolgt von Grünland (11.311 ha), und Ackerland (6.583 ha) identifiziert. Beim Ergebnis zu den entwässerten organischen Böden im Wald ist jedoch anzumerken, dass dieses im Vergleich zu den anderen Landnutzungskategorien als vorläufig zu werten ist (Kapitel 3.2.6).

Auch in Gebieten mit der Landnutzung Feuchtgebiet wurden Flächen mit Entwässerung identifiziert. Die Ursachen für diese Entwässerungen können sein, dass die Feuchtgebiete für (frühere) Torfgewinnung entwässert wurden, dass dies entwässerte, ehemalige landwirtschaftlich genutzte Flächen waren, deren Bewirtschaftung mittlerweile aufgegeben wurde, oder dass solche Flächen entwässert wurden, um benachbarte landwirtschaftliche Flächen nutzbar zu machen. In diesen Fällen sehen die IPCC Guidelines (IPCC, 2014) unterschiedliche Berechnungen der Emissionen vor. Bei entwässerten Flächen mit aufgebener Torfgewinnung, wo es keine Wiedervernässung gab, sind die in situ Emissionen wie für intakte Flächen der Torfgewinnung zu schätzen. Bei ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen, die weiterhin entwässert sind, sind die Emissionsfaktoren wie für Grünlandbewirtschaftung auf entwässerten organischen Böden heranzuziehen. Um die Ursachen der Entwässerung besser einzugrenzen, wurde anhand der Datengrundlagen für die Entwässerungsansprache (siehe Kapitel 3.2) geprüft, woher bei der Auswertung/Bestimmung die Entwässerungsansprache kam. Stammte diese aus der landwirtschaftlichen Bodenkartierung (eBOD, Finanzbodenschätzung) wurde angenommen, dass es sich um einen mittlerweile aufgegebenen, landwirtschaftlich genutzten, entwässerten Boden handelt, der nun Feuchtgebiet darstellt. Stammte die Entwässerungsansprache aus dem historischen Moorkataster, wurde angenommen, dass es sich um eine Fläche mit ehemaliger Torfgewinnung handelt. Lokale Kenntnisse und Recherchen flossen bei dieser Ansprache auch ein. Diese Auswertungen ergaben, dass von den 701 ha entwässerten organischen Böden in Feuchtgebieten, 104 ha auf ehemalige Torfgewinnung und 597 ha auf ehemalige landwirtschaftliche Nutzung zurückzuführen sind. Es bleibt zu erwähnen, dass geplant ist, die Flächen mit ehemaliger Torfgewinnung in den Feuchtgebieten Österreichs in einem Folgeprojekt genauer zu recherchieren.

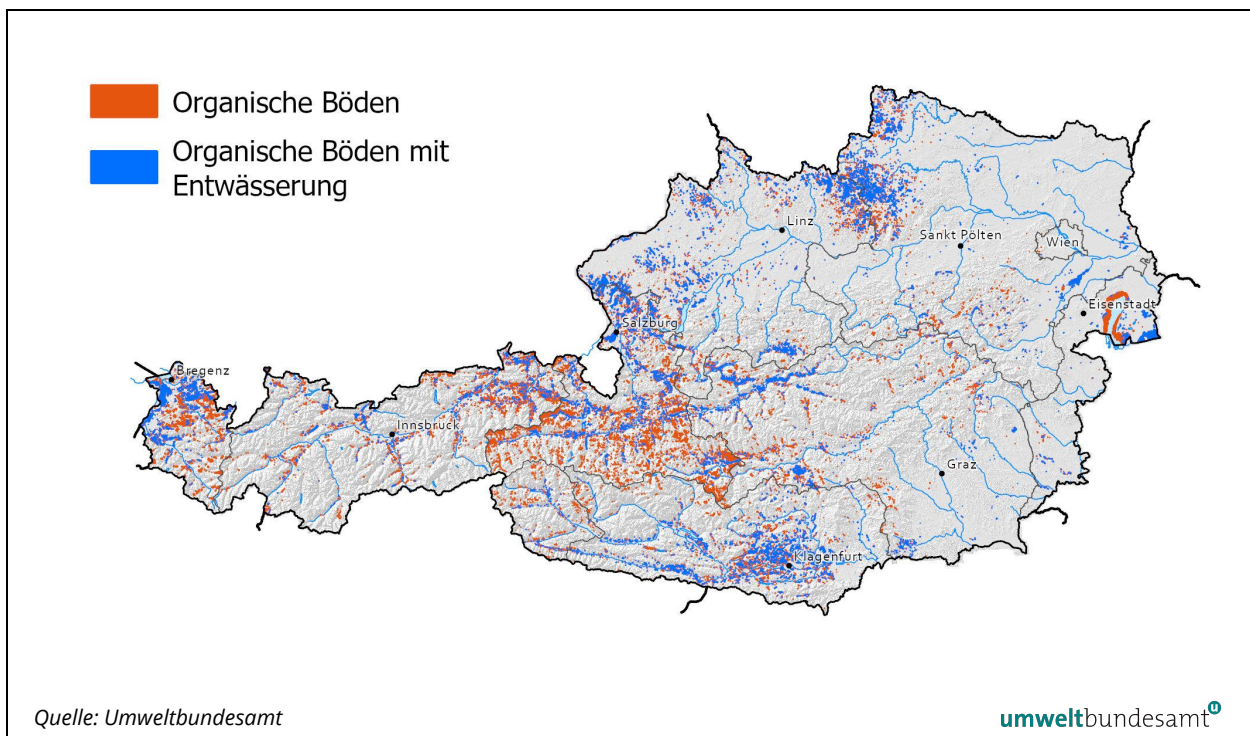
Für den Siedlungsraum wurde (gleich wie bei Ackerland) angenommen, dass die komplette Fläche organischer Böden in dieser Landnutzungskategorie (1.933 ha) drainagiert ist, da dort sonst keine entsprechende Nutzung möglich wäre. Für Sonstiges Land sind nur 14 ha der organischen Böden drainagiert, vermutlich in Randbereichen zu landwirtschaftlich genutzten Böden. Fließ- u.

Stillgewässer sind aufgrund der Kategoriendefinition in einem überfluteten Zustand, daher besteht dort keine Drainagierung (die identifizierten „organischen Böden“ unter Fließ- und Stillgewässern stellen v. a. den Schilfgürtel des Neusiedler Sees dar, siehe Abbildung 2).

Sechzig Prozent der organischen Böden Österreichs wurden bisher nicht drainagiert. Diese 60 % beherbergen vermutlich immer noch sehr große Kohlenstoffvorräte und stellen zusätzlich wahrscheinlich auch aufgrund naturschutzfachlicher Aspekte schützenswerte Ökosysteme dar.

Abbildung 2 stellt die Ergebnisse der Analyse aller Geodaten zu Entwässerungen räumlich dar.

Abbildung 2: Lage der entwässerten organischen Böden gemäß GIS-Auswertungen der Datengrundlagen. Die Objekte wurden kartographisch leicht vergrößert, weil kleinere Flächen in einer solchen Maßstabsdarstellung nicht erkennbar wären.



3.5 Angaben zur Entwässerungstiefe der organischen Böden

Die fehlenden Angaben zur Tiefe der Entwässerung in den verwendeten Datenquellen stellten sich im Zuge des Projektes als eine Herausforderung dar. Diese sind deshalb relevant, da aufgrund vorliegender Studien (z. B. aus Bayern, Klatt et al. 2022) und im 2013 Wetland Supplement des IPCC (IPCC, 2014) zwischen seicht entwässerten (bis 30 cm) und tief entwässerten (tiefer 30 cm) Böden hinsichtlich Emissionsfaktoren unterschieden wird, wobei tiefere Entwässerungen

höhere Emissionen je ha zur Folge haben. Daher müssen je nach Entwässerungstiefe unterschiedliche Emissionsfaktoren angewandt werden (siehe Kapitel 4). Tief drainagierte Böden emittieren laut 2013 Wetland Supplement des IPCC mehr CO₂ und N₂O, aber weniger CH₄ als seicht drainagierte Böden. Es wurde daher eine Literaturrecherche im Archiv des Bundesamts für Wasserwirtschaft in Petzenkirchen durchgeführt. Mit der Unterstützung von Herrn DI Dr. Thomas Weninger und DI Thomas Brunner wurde nach Bauanweisungen und technischen Beschreibungen von Entwässerungsanlagen gesucht, um nachzuziehen, bis zu welcher Tiefe die Böden in Österreich gewöhnlich entwässert wurden.

Die Ergebnisse der Recherche lassen den Schluss zu, dass die überwiegende Mehrheit der entwässerten organischen Böden Österreichs tiefer als 30 cm entwässert wurde. Zum Beispiel nennt die Norm DIN 1185 (Deutscher Normenausschuss, 1959) für Wiesen einen Zielwert von 0,4–0,6 m für den mittleren sommerlichen Grundwasserstand nach beendetem Sacken. Bei der Nutzung als Weide oder Acker sollte der Grundwasserspiegel noch tiefer liegen. Das wird auch durch die von Eggelsmann (1973) verfasste Dränanleitung bestätigt, wonach die Dräntiefen im Moor nach Sackung zwischen 0,9 und 1,2 m betragen sollte. Andere Archivquellen (Bersch, 1909; Brüne, 1929; Leue, 1968) nennen ähnliche Zahlen. Es konnten keine Hinweise auf Entwässerungen mit einem Wasserstand von weniger als 30 cm unter der Oberfläche gefunden werden.

Dementsprechend erfolgte die Berechnung der Treibhausgasemissionen durch entwässerte organische Böden unter der Annahme, dass die Entwässerungen tiefer als 30 cm liegen. Die entsprechenden Emissionsfaktoren wurden verwendet.

4 TREIBHAUSGAS-EMISSIONSFAKTOREN FÜR DIE ENTWÄSSERTEN ORGANISCHEN BÖDEN ÖSTERREICHS

4.1 Berücksichtigte Studien und deren Auswertung

Die Berechnung der von entwässerten organischen Böden verursachten Treibhausgasemissionen folgt den IPCC Guidelines. In diesem Kapitel sind darunter die 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006), das 2013 IPCC Wetland Supplement (IPCC, 2014) und das 2019 Refinement (IPCC, 2019) zu verstehen.

Die natürlichen Prozesse, die infolge einer künstlichen Entwässerung organischer Böden einsetzen, produzieren drei für die nationale Emissionsinventur relevante Treibhausgase: Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Die Berechnungsmethodik unterscheidet sich geringfügig für diese Gase, so müssen im Fall von CO₂ auch jene Emissionen mitbedacht werden, die durch die Auswaschung von gelöstem organischen Kohlenstoff andernorts entstehen, während bei CH₄ die anaerobe Bildung in den gefluteten Entwässerungsgräben von besonderem Interesse ist. Die unten im Detail ausgeführte Recherche konzentrierte sich jedoch auf jene Emissionen von CO₂, CH₄ und N₂O, die durch die Mineralisation vor Ort im Boden entstehen, auch da bei den anderen erwähnten Emissionsquellen die Datenlage noch sehr dünn ist und dort die Standardfaktoren der IPCC für die Berechnung (z. B. für die Emission aus Entwässerungsgräben) verwendet werden können.

Die IPCC Guidelines geben Standardemissionsfaktoren (engl. default emission factors) vor, die verwendet werden können, wenn keine landesspezifischen Daten vorliegen. Für höherwertige Methoden (engl.: higher tiers) sind jedoch landesspezifische Daten erforderlich. Leider fanden in Österreich bisher keine dafür geeigneten Messungen statt. Während es einige Studien zu Treibhausgasflüssen in naturbelassenen Mooren gibt (Drollinger, Maier, Glatzel, 2019; Koch, Tscherko, Kandeler, 2007), fehlen Untersuchungen von entwässerten organischen Böden.

Geeignete Messungen gibt es jedoch in Nachbarländern mit ähnlichen klimatischen Bedingungen, allen voran in Deutschland (Tiemeyer et al., 2020) und der Schweiz (Leifeld et al., 2011a; Leifeld, 2011b; Rogiers et al., 2008; Wüst-Galley et al., 2016). Diese Daten kommen auch in den dortigen Treibhausgas-Inventuren zum Einsatz (German Environment Agency, 2023; FOEN, 2023).

Die vom IPCC bereitgestellten Standardemissionsfaktoren für die gemäßigte Klimazone basieren größtenteils auf Messungen aus Nordeuropa, weil organische Böden dort häufiger vorkommen und besser erforscht sind. Da die Mineralisierungsraten von organischem Kohlenstoff jedoch temperaturabhängig sind (Bader et al., 2018), könnten die Treibhausgasemissionen aus entwässerten organischen Böden in Österreich durch den IPCC-Faktor unterschätzt werden.

Daher wurden im Zuge einer Literaturrecherche Studien aus Österreichs Nachbarländern gesammelt, um zu einer Datenbasis zu gelangen, die die klimatischen Bedingungen Österreichs besser abbildet als jene, die für die IPCC Standardfaktoren genutzt wurde (IPCC, 2014). Als besonders wertvolle Ressource erwies sich der Datensatz von Tiemeyer et al. (2020), welcher zur Erarbeitung der Emissionsfaktoren für Deutschland genutzt wurde. Um die Repräsentativität für Österreich zu gewährleisten, wurden daraus nur Untersuchungen an Standorten in den südlichen deutschen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg ausgewählt (Tiemeyer et al., 2016; Flessa et al., 1998; Leppelt et al., 2014; Drösler et al., 2013; Eickenscheidt et al., 2014a, 2014b, 2015; Peichl-Brak, 2013; Förster, 2016). Die daraus entnommenen Daten wurden durch Studien aus der Schweiz von Leifeld et al. (2011a, 2011b), Rogiers et al. (2018) und Wüst-Galley et al. (2016) sowie aus Slowenien von Danevčič et al. (2010) ergänzt.

In den 15 genannten Publikationen wurden in Summe 61 unabhängige Messungen von CO₂, CH₄ und/oder N₂O an 19 unterschiedlichen Standorten veröffentlicht, die für eine Schätzung der für österreichische Verhältnisse passenden Emissionsfaktoren geeignet sind. Davon stammen 44 Messungen aus Süddeutschland, 13 aus der Schweiz und vier aus Slowenien. In einigen Fällen wurden nicht alle drei Treibhausgase gemessen, z. B. sind in den schweizerischen Publikationen nur CO₂-Messungen verfügbar. Insgesamt liegen 50 CO₂-, 43 CH₄- und 44 N₂O-Messungen vor.

Für die in Kapitel 4.2 beschriebene Berechnung der Emissionsfaktoren wurde dieselbe Stratifizierung wie in den IPCC (2014) Guidelines angewandt. Dementsprechend wurden die Messdaten nach Landnutzung, Nährstoffgehalt und Entwässerungstiefe in die folgenden Kategorien eingeteilt:

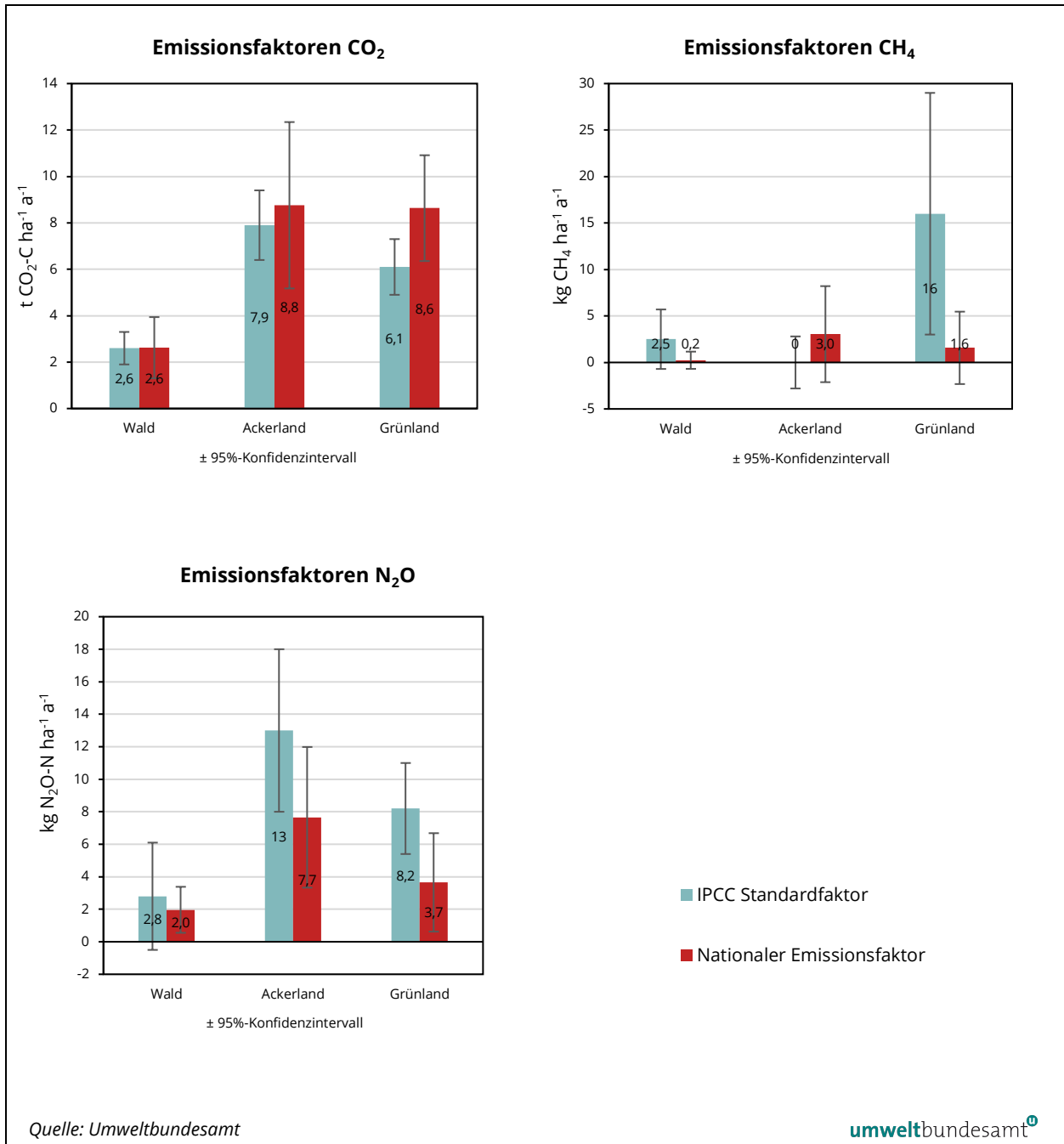
- Ackerland
- Wald
- Grünland: nährstoffreich, tief drainagiert
- Grünland: nährstoffreich, seicht drainagiert
- Grünland: nährstoffarm

Nachdem, wie in Kapitel 3.5 beschrieben, davon auszugehen ist, dass die überwiegende Mehrheit der entwässerten organischen Böden in Österreich tief drainagiert ist, haben Messungen der Kategorie „Grünland: nährstoffreich, seicht drainagiert“ keine Relevanz für die österreichische Treibhausgas-Inventur. Auch die Kategorie „Grünland: nährstoffarm“ wurde im Lauf des Projekts verworfen, da ihr nur drei Messungen zugeordnet werden konnten, wovon zwei von seicht drainagierten Böden stammen. Die Datenlage lässt demnach keine weitere Unterteilung von organischen Böden im Grünland zu, weshalb der berechnete Emissionsfaktor für nährstoffreiches tief drainagiertes Grünland für alle entwässerten Grünlandböden angewandt wird. Aufgrund der ökologischen Rahmenbedingungen und der erwähnten Entwässerungssituation ist jedoch davon auszugehen, dass dies die österreichischen Verhältnisse gut trifft.

4.2 Abgeleitete Treibhausgasemissionsfaktoren für entwässerte organische Böden Österreichs

Die Ermittlung der Emissionsfaktoren für entwässerte organische Böden in Österreich aus den in Kapitel 4.1 beschriebenen Daten erfolgte in zwei Schritten.

Abbildung 3: Abgeleitete Treibhausgasemissionsfaktoren für CO₂, CH₄ und N₂O für entwässerte organische Böden in Österreich nach Landnutzungskategorie, verglichen mit den Standardfaktoren des IPCC. Die Fehlerbalken stellen das 95 %-Konfidenzintervall dar.



Im ersten Schritt wurden alle Messwerte einer Landnutzungskategorie, die am selben Standort erhoben wurden, gemittelt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um mögliche systematische Fehler durch überrepräsentierte Einzelstandorte zu verhindern. Pro Standort und Landnutzungskategorie erfolgten 1–8 Messungen, wobei meist nur eine einzelne Messung stattfand (Bsp. Anzahl der CO₂-Messungen pro Standort & Landnutzungskategorie: Median=1, Interquartilsabstand (IQR)=2, n=29).

Aus den dadurch generierten standortspezifischen Emissionsfaktoren wurde im nächsten Schritt erneut ein Mittelwert berechnet, um zu einem für Österreich repräsentativen Ergebnis zu kommen. Die finalen Emissionsfaktoren pro Landnutzungskategorie sind in Abbildung 3 sowie Tabelle 7 bis Tabelle 9 dargestellt.

Die Berechnung der in den Abbildungen dargestellten Unsicherheiten erfolgte durch Monte-Carlo-Simulationen auf Basis der Standardabweichungen der einzelnen Messungen bzw. Studien. In einigen Fällen wurde in den Quellen keine Standardabweichung angegeben. Daher wurden diese Datenlücken mithilfe der Definition von Dreiecksverteilungen zwischen minimalen und maximalen Emissionsfaktoren je Gas aus den Studien und dem angegebenen mittleren Messwert als wahrscheinlichstem Wert ergänzt.

*Tabelle 7:
CO₂-Emissionsfaktoren
für organische Böden in
Österreich*

Landnutzungs- kategorie	Emissionsfaktor (t CO₂-C ha⁻¹ a⁻¹)	95 %-Konfidenz- intervall		Anzahl der Standorte
Wald	2,62	1,30	3,94	8
Ackerland	8,76	5,17	12,34	12
Grünland	8,63	6,35	10,91	17

*Tabelle 8:
CH₄-Emissionsfaktoren
für organische Böden in
Österreich*

Landnutzungs- kategorie	Emissionsfaktor (kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹)	95%-Konfidenz- intervall		Anzahl der Standorte
Wald	0,24	-0,69	1,16	9
Ackerland	3,04	-2,12	8,21	10
Grünland	1,57	-2,32	5,47	15

*Tabelle 9:
N₂O-Emissionsfaktoren
für organische Böden in
Österreich*

Landnutzungs- kategorie	Emissionsfaktor (kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹)	95%-Konfidenz- intervall		Anzahl der Standorte
Wald	1,97	0,55	3,38	9
Ackerland	7,66	3,33	11,98	12
Grünland	3,65	0,63	6,68	17

4.3 Schätzungen zum historischen Abbau der organischen Horizonte in Hinblick auf die aktuellen Treibhausgasemissionen aus den organischen Böden

Der Aufnahmezeitpunkt der organischen Böden gemäß den verwendeten Datengrundlagen liegt einige Jahrzehnte zurück. Es stellt sich daher die Frage, ob bei Entwässerung die organischen Bodenschichten nicht bereits vollständig abgebaut bzw. emittiert wurden. Für eine solche Einschätzung wurde die Mindestdicke der Torfschicht für Moorböden von 30 cm gemäß österreichischer Bodenklassifikation (Nestroy, 2004) herangezogen. Für diesen Mindesttorfhorizont von 30 cm (der die untere Grenze für Torfböden darstellt) wurde nun analog zu den Auswertungen für den ASOC Bericht (AGES, 2018) ein Kohlenstoffvorrat unterstellt, dieser beträgt ein Äquivalent von rd. 220 t Kohlenstoff je ha (Baumgarten et al. 2021). Anhand der CO₂-Emissionsfaktoren pro Jahr für entwässerte organische Böden gemäß Kapitel 4.2. wurde dieser Torfhorizont nun über die Jahrzehnte schrittweise abgebaut bzw. emittiert. Die Entwässerungen in Österreich begannen in den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts in größerem Ausmaß. Das wäre bis heute etwa ein Zeithorizont von maximal 70 Jahren als Zeitraum für den Abbau der Torfhorizonte.

Es zeigt sich anhand dieser Schätzungen, dass selbst eine Mindesttorfschicht für organische Böden von 30 cm (der Großteil der Torfböden hat deutlich mächtigere Torfschichten) unter Annahme eines theoretisch möglichen Maximalzeitraumes für die Veratmung nach Entwässerung von 70 Jahren sowohl für Ackerböden als auch Grünlandböden heute noch nicht vollständig veratmet wäre. Auf Basis dieser Schätzung wird vermutet, dass die entwässerten organischen Böden Österreichs überwiegend heute immer noch CO₂ aus den (Resten der) organischen Torfschichten emittieren (selbst wenn deren heutige Bodenansprache aufgrund eines mittlerweile fortgeschrittenen Abbaus der Torfschicht nicht mehr als organischer Boden erfolgen würde). Ergebnisse aus einer Studie aus dem Jahr 2024 unterstützen eine solche Annahme (Liang et al., 2024). Anzumerken ist hierbei, dass organische Böden, welche durch die Analyse der eBOD identifiziert wurden, auch Flächen beinhalten, welche auf Grundlage der IPCC Kriterien ausgewählt wurden ohne gleichzeitig der nationalen Definition für organische Böden zu entsprechen. In diesen Fällen ist das Mächtigkeitkriterium nicht 30 cm, sondern 10 cm. Drainagierte organische Böden dieser Art haben aber nur einen Anteil von 1 % an der Gesamtfläche drainagierter organischer Böden im Auswertergebnis und aufgrund der dennoch hohen Kohlenstoffvorräte und des Kartierungszeitraumes wird unter dem Ansatz einer konservativen Schätzung angenommen, dass auch diese immer noch THG emittieren.

5 ERGEBNISSE: TREIBHAUSGASEMISSIONEN AUS ENTWÄSSERTEN ORGANISCHEN BÖDEN IN ÖSTERREICH

Die Methodik, die das Umweltbundesamt bei der österreichischen Luftschadstoff-Inventur bezüglich Treibhausgasemissionen anwendet, entspricht den einschlägigen Richtlinien des IPCC (IPCC 2006 Guidelines und dem IPCC 2013 Wetland Supplement). TREIBHAUSGASEMISSIONEN werden nach dieser Methodik anhand von Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren berechnet, wobei folgende Logik Anwendung findet:

$$\text{Emission} = \text{Aktivitätsdaten} \times \text{Emissionsfaktor}$$

Aktivitätsdaten stellen im vorliegenden Fall die Fläche entwässerter organischer Böden, stratifiziert nach Landnutzung, Entwässerungsgrad und Nährstoffklasse dar (Kapitel 3.4). Mittels Emissionsfaktoren (Kapitel 4.2) werden die Veränderungen der Kohlenstoffvorräte und assoziierter aerober und anaerober Prozesse, die durch die Drainagierung auftreten, als CO₂-, CH₄- oder N₂O-Emissionen je Stratum quantifiziert und auf Ebene der Landnutzungskategorien aggregiert berichtet. Hierbei werden folgende THG-Flüsse berechnet:

- CO₂-Emissionen aus dem Abbau von organischer Substanz („CO₂ on-site“).
- Diese werden mit spezifischen Emissionsfaktoren, auf Grundlage der in Kapitel 4.2 beschriebenen Literaturrecherche, berechnet.
- CO₂-Emissionen aus dem Verlust von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) in Drainagewässern („CO₂ off-site“).
- DOC-Verluste führen zu CO₂-Emissionen außerhalb des Standortes. Diese geringfügigen Emissionen werden auf Grundlage des Standardfaktors, welcher auf alle Landnutzungskategorien für die gemäßigte Klimazone anwendbar ist (Table 2.2 des IPCC 2013 Wetland Supplements), berechnet.
- Direkte CH₄-Emissionen aufgrund der Veränderung des Wasserspiegels („CH₄-direct“).
- Diese werden mit spezifischen Emissionsfaktoren, auf Grundlage der in Kapitel 4.1 beschriebenen Literaturrecherche, berechnet.
- CH₄-Emissionen von Entwässerungsgräben.
- Dort kommt es einerseits zur Bildung von CH₄ am Ort und andererseits zum lateralen Transport von Methan. Diese Emissionen werden aufgrund von Standardfaktoren für die gemäßigte Klimazone (Table 2.4 des IPCC 2013 Wetland Supplements) berechnet. Hierbei wird jeweils ein Faktor für Ackerland und Grünland sowie ein Faktor für Wald und Feuchtgebiete angegeben. Für Siedlungsraum wurde der Grünland/Cropland Faktor angenommen.
- Direkte N₂O-Emissionen aufgrund von Stickstoff-Mineralisierung, welche hauptsächlich auf den Abbau von organischem Kohlenstoff zurückzuführen sind.

- Diese werden mit spezifischen Emissionsfaktoren, auf Grundlage der in Kapitel 4.1 beschriebenen Literaturrecherche, berechnet.
- Im Fall der geringen Fläche an ehemaligen Torfabbaugebieten werden CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen mit Standardfaktoren des 2013 Wetland Supplements (IPCC 2014) berechnet.

Darüber hinaus gibt es erosionsbedingte Verluste von partikulärem organischen Kohlenstoff (POC) sowie wassergebundene Transporte von gelöstem anorganischem Kohlenstoff (DIC), der hauptsächlich aus autotropher und heterotropher Atmung innerhalb des organischen Bodens stammt. Derzeit sind Methoden und verfügbare Daten jedoch nicht ausreichend, um eine genaue Anleitung zu CO₂-Emissionen oder -Entnahmen im Zusammenhang mit diesen wassergebundenen Kohlenstoffflüssen zu geben und werden daher nicht berichtet (IPCC, 2014)

Die Emissionsfaktoren der Literaturrecherche (CO₂ on-site, CH₄ direct, N₂O direct) wurden für die Landnutzungskategorien Wald, Ackerland und Grünland ermittelt wobei für Emissionen im Siedlungsraum und für Feuchtgebiete die Emissionsfaktoren für Grünland angenommen werden.

Weiters ist anzumerken, dass bei der Emissionsberechnung von entwässerten organischen Böden in Feuchtgebieten bei jenen Flächen auf denen in der Vergangenheit Torfabbau betrieben wurde eigene Emissionsfaktoren für die in-situ Emissionen zur Anwendung kommen. Diese geringe Fläche von ca. 100 ha solcher entwässerten, ehemaligen Torfabbauflächen wurde unter Verwendung der Standardfaktoren des 2013 Wetland Supplements (IPCC, 2014) berechnet und müssen auf Basis der IPCC Guidelines auch nach Beendigung des Abbaus weiter berichtet werden, sofern nicht eine Wiedervernässung stattgefunden hat.

5.1 Treibhausgasemissionen im Ackerland und Grünland

Mit 66 % der Emissionen haben landwirtschaftlich genutzte Flächen den größten Anteil an Treibhausgasemissionen aus drainagierten organischen Böden. 41 % der Emissionen stammen aus dem Grünland und 25 % aus Ackerböden. Die Emissionen stammen überwiegend aus dem Abbau organischer Substanz durch die Senkung des Grundwasserspiegels.

Im Grünland werden aufgrund der Drainagierung jährlich 407 kt CO₂eq emittiert. Hiervon wird der überwiegende Anteil an Treibhausgasemissionen als CO₂ (371 kt CO₂) emittiert. Methanemissionen belaufen sich auf 19 kt CO₂eq und Lachgasemissionen auf 17 kt CO₂eq.

Emissionen, die von entwässerten organischen Böden in der Kategorie Sonstiges Land stammen, wurden der Grünlandkategorie zugerechnet, da diese geringe gesamte Fläche von 14 ha im Zusammenhang mit Almflächen vorgefunden wurde.

Im Ackerland belaufen sich die jährlichen Emissionen auf 251 kt CO₂eq. Hiervon wird der überwiegende Anteil an Treibhausgasemissionen als CO₂ (219 kt CO₂) emittiert. CH₄-Emissionen belaufen sich auf 11 kt CO₂eq und N₂O-Emissionen auf 21 kt CO₂eq.

5.2 Emissionen in anderen Landnutzungskategorien

Für Landnutzungskategorien Wald, Feuchtgebiete, Siedlungsraum und Sonstiges Land bedarf es noch weiterer Recherchen und Studien zum Ausmaß und Status der organischen Böden. Anhand solcher sollen die Emissionsschätzungen für diese Landnutzungskategorien künftig verbessert werden.

5.2.1 Wald

Gemäß den derzeitigen Schätzungen stammen 24 % der Emissionen aus drainagierten organischen Böden aus Österreichs Wäldern. Die jährlichen Emissionen belaufen sich auf 243 kt CO₂eq, wobei 223 kt als CO₂, 17 kt CO₂eq als N₂O und 3 kt CO₂eq als CH₄ emittiert wird (Tabelle 10). Anhand genauerer künftiger Datengrundlagen (siehe Kapitel 3.2.6) sollen die Emissionen aus drainagierten organischen Böden im Wald künftig besser geschätzt werden.

5.2.2 Feuchtgebiete

Drainagierte organische Böden in Feuchtgebieten haben aufgrund ihrer sehr geringen Fläche von 701 ha mit 22 kt CO₂eq (Tabelle 10) einen geringen Anteil an den gesamten Emissionen drainagierter organischer Böden. Dies entspricht nur 2 % der gesamten Emissionen von entwässerten organischen Böden in Österreich. Diese betreffen teilweise drainagierte Flächen in der Nähe landwirtschaftlicher Nutzungen, mittlerweile aufgegebene landwirtschaftlich genutzte entwässerte organische Böden oder sind Teil von Moorkomplexen, welche in der Vergangenheit einer Drainagierung für (früheren) Torfabbau unterzogen wurden. Obwohl das Thema des historischen Torfabbaus nicht Gegenstand des Projektes war, musste für die Emissionsberechnung überprüft werden, ob es sich bei den gegenständlichen Flächen um Torfabbauf Flächen handelt, was für eine Fläche von ca. 100 ha durch Ansprache und eine Recherche bestätigt werden konnte. Es ist anzunehmen, dass die Fläche des ehemaligen Torfabbaus und der diesbezüglichen Entwässerung größer ist. Daher ist geplant, diese Schätzung in einem nachfolgenden Projekt weiter zu verbessern.

5.2.3 Siedlungsraum

Gemäß den derzeitigen Schätzungen stammen 7 % der Emissionen aus drainagierten organischen Böden im Siedlungsraum. Die jährlichen Emissionen belaufen sich auf 70 kt CO₂eq, wobei 63 kt als CO₂, 3 kt CO₂eq als N₂O und 3 kt CO₂eq als CH₄ emittiert wird (Tabelle 10). Im Gegensatz zu den anderen Landnutzungskategorien findet im Siedlungsraum Bautätigkeit statt, wodurch in vielen Fällen zur Begründung des Fundaments der gesamte Oberboden entfernt werden muss. Dadurch würde der gesamte dort vorrätige Kohlenstoff im Jahr der Bautätigkeit emittiert werden. Diese spezifischen Informationen sind aber derzeit noch nicht vorhanden und sollen anhand genauerer Datengrundlagen künftig zeitlich besser aufgelöst werden. Daher wird auch im Siedlungsraum derzeit analog zu den anderen Kategorien ein kontinuierlicher Abbau der organischen Substanz angenommen.

5.2.4 Sonstiges Land

Die Emissionen in der Kategorie Sonstiges Land wurden aufgrund der mit nur 14 ha sehr geringen Fläche entwässerter organischer Böden in dieser Landnutzungskategorie und der unmittelbaren räumlichen Nähe zu Almflächen dem Grünland zugeordnet.

5.3 Gesamtergebnis für Österreich

Drainagierte organische Böden in Österreich emittieren jährlich 992 kt CO₂-Äquivalente, wobei der Großteil (896 kt) direkt als CO₂, 59 kt CO₂-Äquivalente als N₂O und 37 kt CO₂-Äquivalente als CH₄ emittiert werden (Tabelle 10).

Tabelle 10: Zusammenfassung der Treibhausgasemission aus drainagierten organischen Böden Österreichs. Aufgrund der Rundung der Werte kann es zu Abweichungen zwischen Summen und deren aufsummierten Werten kommen.

Landnutzung	kt CO ₂	kt CH ₄ in CO ₂ eq	kt N ₂ O in CO ₂ eq	Total kt CO ₂ eq
Wald	223	3	17	243
Acker	219	11	21	251
Grünland	371	19	17	407
Feuchtgebiete	21	0,2	1	22
Siedlungsraum	63	3	3	70
Σ	896	37	59	992

Im entwässerten Zustand finden diese Emissionen über einen Zeitraum von Jahrzehnten statt, bis der organische Kohlenstoff weitgehend abgebaut ist. Feldversuche sowie Inkubationsexperimente zeigen, dass auch bereits weitgehend mineralisierte, ehemals organische Böden mit einem Gehalt an organischem Kohlenstoff von 6 bis 12 % mit ähnlichen Raten CO₂ emittieren wie organische Böden mit einem Gehalt >12 % an organischen Kohlenstoff (Liang et al. 2024, Tiemeyer et al. 2016).

Die Emissionen drainagierter organischer Böden entsprechen trotz deren geringer flächenmäßiger Ausdehnung einem Äquivalent von 1,4 % der gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen (72,8 Mt CO₂eq) des Jahres 2022 und stellen daher eine signifikante Quelle von Treibhausgasemissionen dar.

6 LITERATUR

- AGES – Agentur für Ernährungssicherheit, 2018. ASOC – Österreichische Karte des organischen Bodenkohlenstoffs. Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 101255; Haslmayr H.-P., Baumgarten A., Schwarz M., Huber S., Weiss P., Obersteiner E., Aust G., Englisch M., Horvath D., Jandl R., Leitgeb E., Rodlauer C., Bohner A.
- BADER, C., MÜLLER, M., SCHULIN, R., LEIFELD, J., 2018. Peat decomposability in managed organic soils in relation to land use, organic matter composition and temperature. *Biogeosciences*, 15, 703–719. <https://doi.org/10.5194/bg-15-703-2018>
- BAUMGARTEN A., HASLMAYR H.-P., SCHWARZ M., HUBER S., WEISS P., OBERSTEINER E., AUST G., ENGLISCH M., HORVATH D., LEITGEB E., FOLDAL C., RODLAUER C., BOHNER A., SPIEGEL H., JANDL R., 2021. Organic soil carbon in Austria – Status quo and foreseeable trends. *Geoderma* 402 (2021) 115214, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115214>
- BERSCH, W., 1909. Handbuch der Moorkultur. Wilhelm Frick Verlag, Wien.
- BFW – Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, 2024. „eBOD“. Digitale Bodenkarte Österreichs. Abgerufen 26. April 2024 (<https://bodenkarte.at>).
- BFW – Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, 2009. Instruktionen für die Feldarbeit der Österreichischen Waldinventur 2007-2009. https://www.bfw.gv.at/wp-content/uploads/DA_2009_Endfassung_klein.pdf
- BMF, BEV, 2024. Schätzungskartenlayer (Bodenschätzungsergebnisse) des BEV.
- BRÜNE, F., 1929. Grundsätze für die Regelung des Wasserhaushalts in landwirtschaftlich genutzten Moorböden und ihre technische Durchführung. In: Die neuzeitliche Moorkultur in Einzeldarstellungen. Verein zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche (Hg.), Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin.
- DANEVČIČ, T., MANDIC-MULEC, I., STRES, B., STOPAR, D., & HACIN, J. 2010. Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from Southern European peatlands. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 1437-1446. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.004>
- DEUTSCHER NORMENAUSSCHUSS, 1959. DIN 1185 Dränanweisung. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W15 und Köln.
- DROLLINGER, S., MAIER, A., GLATZEL, S., 2019. Interannual and seasonal variability in carbon dioxide and methane fluxes of a pine peat bog in the Eastern Alps, Austria. *Agricultural and Forest Meteorology* 275, 69–78, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.05.015>

- DRÖSLER, M., ADELMANN, W., AUGUSTIN, J., BERGMAN, L., BEYER, C., CHOJNICKI, B., FÖRSTER, C., FREIBAUER, A., GIEBELS, M., GÖRLITZ, S., HÖPER, H., KANTELHARDT, J., LIEBERSBACH, H., HAHN-SCHÖFL, M., MINKE, M., PETSCHOW, U., PFADENHAUER, J., SCHALLER, L., SCHÄGNER, J.P., SOMMER, M., THUILLE, A., WEHRHAN, M., 2013. In: Klimaschutz durch Moorschutz: Schlussbericht des Vorhabens "Klimaschutz - Moorschutzstrategien" 2006-2010. Technical University Munich, pp. 201. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb13/735500762.pdf>
- EGGELSMANN, R., 1973. Dränanleitung. Verlag Wasser und Boden, Axel Lindow & Co, Hamburg.
- EICKENSCHIEDT, T., FREIBAUER, A., HEINICHEN, J., AUGUSTIN, J., DRÖSLER, M., 2014a. Shortterm effects of biogas digestate and cattle slurry application on greenhouse gas emissions from high organic carbon grasslands. *Biogeosciences* 11, 6187–6207. <https://doi.org/10.5194/bg-11-6187-2014>
- EICKENSCHIEDT, T., HEINICHEN, J., AUGUSTIN, J., FREIBAUER, A., DRÖSLER, M., 2014b. Nitrogen mineralization and gaseous nitrogen losses from waterlogged and drained organic soils in a black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) forest. *Biogeosciences* 11, 2961–2976. <https://doi.org/10.5194/bg-11-2961-2014>
- EICKENSCHIEDT, T., HEINICHEN, J., DRÖSLER, M., 2015. The greenhouse gas balance of a drained fen peatland is mainly controlled by land-use rather than soil organic carbon content. *Biogeosciences* 12, 5161–5184. <https://doi.org/10.5194/bg-12-5161-2015>
- FLESSA, H., WILD, KLEMISCH, M., PFADENHAUER, J.P., 1998. Nitrous oxide and methane fluxes from organic soils under agriculture. *European Journal of Soil Science* 49, 327-335
- FOEN (Federal Office of the Environment), 2023. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021. National Inventory Document. Federal Office for the Environment, Climate Division, Bern.
- FÖRSTER, C., 2016. Influence of Management and Restoration on CO₂ Balances of a Drained Bog. PhD thesis. Technical University of Munich, Germany, in cooperation with the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Freising, Germany.
- GAS INVENTORIES (TFI) in accordance with the decision taken at the 44th Session of IPCC in Bangkok, Thailand, in October 2016. Published: May 2019. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- GERMAN ENVIRONMENT AGENCY, 2023. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2021. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change. German Environment Agency.
- IPCC, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe (Eds). Published: IGES, Japan.

- IPCC, 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the Task Force on National Greenhouse.
- KASIMIR-KLEMEDTSSON, Å., KLEMEDTSSON, L., BERGLUND, K., MARTIKAINEN, P., SILVOLA, J., & OENEMA, O., 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management*, 13(s4), 245–250.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00595.x>
- KLATT J., SCHLAIPFER M., MEYER H., BREHIER C., FRIEDRICH S., GERNER A., TARANTIK M., CHIOGNA G., DISSE M., FRISCHHUT M., MACHL T., CONZE N., HERR M., KOTZI J., KÜHNEL A., REIFSCHNEIDER L., WELTE J., KUHN G., FREIBAUER A., HUBER GARCÍA V., RAMSAUER T., WOOD R., CHEN Y., KUCH V., MARZAHN P., LUDWIG R., DRÖSLER M., 2022. Klimaschutz- und Anpassungspotenziale in Mooren Bayerns (KliMoBay) – Abschlussbericht. University of Applied Sciences Weihenstephan Triesdorf.
- KOCH, O., TSCHERKO, D., KANDELER, E., 2007: Seasonal and Diurnal Net Methane Emissions from Organic Soils of the Eastern Alps, Austria: Effects of Soil Temperature, Water Balance, and Plant Biomass. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, Vol. 39, No. 3, 2007, pp. 438–448, <https://doi.org/10.1657/1523-0430>
- LEIFELD, J., GUBLER, L., GRÜNIG, A., 2011a. Organic matter losses from temperate ombrotrophic peatlands: an evaluation of the ash residue method. *Plant Soil* 341:349–361, <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0649-y>
- LEIFELD, J., 2011b. First estimate on CO₂ emission factor of organic soils under unproductive wetland. A summary of the few available data and emission factor suggested for the Swiss GHG Inventory. Swiss Confederation Federal Department of Economic Affairs FDEA, Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.
- LEPPELT, T., DECHOW, R., GEBBERT, S., FREIBAUER, A., LOHILA, A., AUGUSTIN, J., DRÖSLER, M., FIEDLER, S., GLATZEL, S., HÖPER, H., JÄRVEOJA, J., LÆRKE, P.E., MALJANEN, M., MANDER, Ü., MÄKIRANTA, P., MINKKINEN, K., OJANEN, P., REGINA, K., STRÖMGREN, M., 2014. Nitrous oxide emission budgets and land-use-driven hotspots for organic soils in Europe. *Biogeosciences* 11, 6595–6612. <https://doi.org/10.5194/bg-11-6595-2014>
- LEUE, P., 1968. Dränung. Sonderdruck aus dem Lehrbuch Hydromeliorationen – Entwässerung. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- LIANG, Z., HERMANSEN, C., WEBER, P.L., PESCH, C., GREVE, M. H., DE JONGE, L. W., MÄENPÄÄ, M., LEIFELD, J., & ELSGAARD, L. 2024. Underestimation of carbon dioxide emissions from organic-rich agricultural soils. *Commun Earth Environ* 5, 286, 2024. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01459-8>

- METZGER, C., JANSSON, P.-E., LOHILA, A., AURELA, M., EICKENSCHIEDT, T., BELELLI-MARCHESINI, L., DINSMORE, K.J., DREWER, J., VAN HUISSTEDEN, J., DRÖSLER, M., 2015: CO₂ fluxes and ecosystem dynamics at five European treeless peatlands – merging data and process oriented modelling. *Biogeosciences* 12, 125–146. <https://doi.org/10.5194/bg-12-125-2015>
- NESTROY, O., 2004. Die Österreichische Bodensystematik 2000 (OBS 2000). *Handbuch der Bodenkunde*, 1-4. <https://doi.org/10.1002/9783527678495.hbbk2004005>
- PEICHL-BRAK, M., 2013. The Influence of Land Management on the Fluxes of Greenhouse Gases in Organic Soils. PhD thesis. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- REGULATION (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework (OJ L 156, 19.6.2018, p. 1–25).
- RIEDER, K., WILK, L., ZAILER, V., 1911. Nachweis der Moore in Niederösterreich, Steiermark, Kärnten, Krain, Tirol und Mähren. k.k. landwirtschaftlich-chemische Versuchsstation, Wilhelm Frick Verlag, Wien.
- RIS – Bodenschätzungsgesetz 1970 § 1 – Bundesrecht konsolidiert (bka.gv.at)
- ROGIERS, N., CONEN, F., FURGER, M., STÖCKLI, R., & EUGSTER, W., 2008. Impact of past and present land-management on the C-balance of a grassland in the Swiss Alps. *Global Change Biology* 14, 2613–2625, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01680.x>
- SMITH, P., BUSTAMANTE, M., AHAMMAD, H., CLARK, H., DONG, H., ELSIDDIG, E. A., HABERL, H., HARPER, R., HOUSE, J., JAFARI, M., MASERA, O., MBOW, C., RAVINDRANATH, N. H., RICE, C. W., ABAD, C. R., ROMANOVSKAYA, A., SPERLING, F., TUBIELLO, F. N., & BOLWIG, S., 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 811-922). Cambridge University Press.
- SPRENGEL, C., 1826. Über Pflanzenhumus, Humussäure und humussaure Salze. *Archiv für die Gesamte Naturlehre* 8, 145–220.
- STEINER, G., 1992. Österreichischer Moorschutzkatalog. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 1: 1 - 509.
- TIEMEYER, B., ALBIAC BORRAZ, E., AUGUSTIN, J., BECHTOLD, M., BEETZ, S., BEYER, C., DRÖSLER, M., EICKENSCHIEDT, T., EBLI, M., FIEDLER, S., FÖRSTER, C., FREIBAUER, A., GIEBELS, M., GLATZEL, S., HEINICHEN, J., HOFFMANN, M., HÖPER, H., JURASINSKI, G., LEIBER-SAUHEITL, K., PEICHL-BRAK, M., ROSSKOPF, N., SOMMER, M., ZEITZ, J., 2016. High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Glob. Change Biol.* 22, 4134–4149. <https://doi.org/10.1111/gcb.13303>

- TIEMEYER, B. IEMEYER, B., FREIBAUER, A., BORRAZ, E. A., AUGUSTIN, J., BECHTOLD, M., BEETZ, S., BEYER, C., EBLI, M., EICKENSCHIEDT, T., FIEDLER, S., FÖRSTER, C., GENSIOR, A., GIEBELS, M., GLATZEL, S., HEINICHEN, J., HOFFMANN, M., HÖPER, H., JURASINSKI, G., LAGGNER, A., DRÖSLER, M., 2020. A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators* 109, 105838, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
- UMWELTBUNDESAMT, 2001. Bodenaufnahmesysteme in Österreich. Mitteilung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. Heft 62.
- UMWELTBUNDESAMT, 2024a. Historischer Moorkataster 1911 Österreich (Vektor). (ea26a2de-5d6b-4a2d-ba1f-4956f0ff8a40) [Datensatz]. data.gv.at. <https://www.data.gv.at/katalog/de/dataset/historischermoorkataster1911sterreich>
- UMWELTBUNDESAMT, 2024b. Anderl, M.; Colson, J.; Gangl, M.; Kuschel, V.; Makoschitz, L.; Matthews, B.; Mayer, M.; Mayer, S.; Moldaschl, E.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Purzner, M.; Roll, M.; Rockenschaub A.K.; Schieder, W.; Schmidt, G.; Schodl, B.; Schwaiger, E.; Schwarzl, B.; Stranner, G.; Weiss, P.; Wieser, M. und Zechmeister, A.: Austria's National Inventory Report 2024 – Submission under the United Nations Framework Convention of Climate Change. Reports. Umweltbundesamt, Wien.
- UNEP, 2022. Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Summary for Policy Makers. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi. <https://www.unep.org/resources/global-peatlands-assessment-2022>
- WÜST-GALLEY, C., MÖSSINGER, E., LEIFELD, J., 2016. Loss of the soil carbon storage function of drained forested peatlands. *Mires and Peat*, Volume 18, Article 07, 1–22, <https://doi.org/10.19189/MaP.2015.OMB.189>

7 RECHTSNORMENVERZEICHNIS

Bodenschätzungsgesetz 1970 (RIS 1970) i.d.g.F.

EU LULUCF Verordnung (Regulation (EU) 2018/841)

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Lage der organischen Böden in Österreich gemäß GIS-Auswertungen der Datengrundlagen	22
Abbildung 2:	Lage der entwässerten organischen Böden gemäß GIS-Auswertungen der Datengrundlagen. Die Objekte wurden kartographisch leicht vergrößert, weil kleinere Flächen in einer solchen Maßstabdarstellung nicht erkennbar wären.....	31
Abbildung 3:	Abgeleitete Treibhausgasemissionsfaktoren für CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O für entwässerte organische Böden in Österreich nach Landnutzungskategorie, verglichen mit den Standardfaktoren des IPCC. Die Fehlerbalken stellen das 95 %-Konfidenzintervall dar.....	35

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Eingangsdaten und ihre Codierung für die Zusammenführung und Darstellung der organischen Böden.....	18
Tabelle 2:	Bewertungsschema zur Ausweisung von organischen Böden anhand der Fallkombinationen auf Basis der verwendeten Datengrundlagen (k. A.: keine Angaben – bedeutet bei Finanzbodenschätzung bzw. eBOD „nicht kartiert“).....	19
Tabelle 3:	Fläche organischer Böden nach Landnutzungskategorien inklusive Angabe des Sensitivitätsbereiches (obere und untere Grenze).....	22
Tabelle 4:	Eingangsdaten und deren Codierung für die Zusammenführung und Darstellung der Entwässerungen	27
Tabelle 5:	Bewertungsschema zur Ermittlung von Entwässerungen anhand der Fallkombinationen auf Basis der Datengrundlagen (k. A.: keine Angaben – bedeutet bei Finanzbodenschätzung bzw. eBOD „nicht kartiert“).....	28
Tabelle 6a-c:	Fläche organischer Böden nach Landnutzungskategorien und Entwässerungszustand inklusive Angabe des Sensitivitätsbereiches (mittlere, untere und obere Gewichtung). Abweichungen der Summen von Unterkategorien entstehen aufgrund der Rundung der Werte.....	29
Tabelle 7:	CO ₂ -Emissionsfaktoren für organische Böden in Österreich.....	36
Tabelle 8:	CH ₄ -Emissionsfaktoren für organische Böden in Österreich.....	36
Tabelle 9:	N ₂ O-Emissionsfaktoren für organische Böden in Österreich	36
Tabelle 10:	Zusammenfassung der Treibhausgasemission aus drainagierten organischen Böden Österreichs. Aufgrund der Rundung der Werte kann es zu Abweichungen zwischen Summen und deren aufsummierten Werten kommen.....	41
Tabelle 11:	Bewertungsschema zur Ausweisung von organischen Böden anhand der Fallkombinationen auf Basis der verwendeten Datengrundlagen (k. A.: keine Angaben – bedeutet bei Finanzbodenschätzung bzw. eBOD „nicht kartiert“).	51

10 ANNEX

Tabelle 11: Bewertungsschema zur Ausweisung von organischen Böden anhand der Fallkombinationen auf Basis der verwendeten Datengrundlagen (k. A.: keine Angaben – bedeutet bei Finanzbodenschätzung bzw. eBOD „nicht kartiert“).

Fall Nr.	Gewichtung		Gewichtung Sensitivitätsanalyse		Finanzbodenschätzung		eBOD		Historischer Moorkataster 1911		Moordatenbank Österreich		Landnutzung 2022
	1 = org. Boden 0 = kein org. Boden		untere Gewichtung	obere Gewichtung	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	
1	1	1	1	1	x		x		x	oder	x	x	
2	1	0,8	1	1	x		x		x		x	x	
3	1	1	1	1	x	x oder k.A.	x		x	x	x	x	
4	1	1	1	1	x			x oder k.A.	x	oder	x	x	
5	1	1	1	1	x			x oder k.A.	x		x	x	
6	1	0,8	1	1	x			k.A.	x		x	x	
7	0,8	0,6	1	1	x			x	x		x	x	
8	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x	x	x	x	Ackerland
9	1	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x	x	x	x	Grünland
10	1	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x	x	x	x	Wald
11	1	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x	x	x	x	Feuchtgebiete, Gewässer
12	1	1	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x	x	x	x	Sonstiges Land
13	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Ackerland
14	0,1	0	0,2	0,2	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Grünland
15	1	0,8	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Wald
16	1	0,8	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Feuchtgebiete, Gewässer
17	1	0,8	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Sonstiges Land
18	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x	oder	x	x	Siedlungsraum
19	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Siedlungsraum
20	0	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	x				Siedlungsraum
21	1	1	1	1	k.A.	k.A.	x	Moorboden	x	oder	x	x	
22	1	0,8	1	1	k.A.	k.A.	x	Moorboden	x		x	x	
23	0,8	0,6	1	1	k.A.	k.A.	x	Moorboden	x	oder	x	x	
24	0,8	0,6	1	1	x		x	Moorboden	x	oder	x	x	
25	0,8	0,6	1	1	x		x	Moorboden	x		x	x	
26	0,5	0,3	0,7	0,7	x		x	Moorboden	x	oder	x	x	
27	0	0	0	0	x	x oder k.A.	x	Moorboden	x		x	x	
28	0	0	0	0	x	x oder k.A.			x	x	x	x	
29	0,1	0	0,2	0,2	x				x		x	x	
30	0	0	0,2	0,2	x				x		x	x	
31	0,1	0	0,2	0,2	x				x	oder	x	x	
32	0,1	0	0,2	0,2	x				x		x	x	
33	0	0	0,2	0,2	x				k.A.	x		x	
34	0,1	0	0,2	0,2	x				k.A.	x	oder	x	
35	0,1	0	0,2	0,2	k.A.				x	x	x	x	
36	0	0	0,2	0,2	k.A.				x	x	x	x	
37	0,5	0,3	0,7	0,7	k.A.				x	oder	x	x	

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Auf Grundlage einer umfassenden Datenauswertung wurden 100.119 ha organischer Böden gemäß IPCC Definition in allen Landnutzungskategorien Österreichs identifiziert. Davon befinden sich 41 % oder 41.326 ha in einem drainagierten Zustand.

Die jährlichen Gesamtemissionen drainagierter organischer Böden in Österreich belaufen sich auf 992 kt CO₂-Äquivalente, wobei der Großteil (896 kt) direkt als CO₂ emittiert wird. Dies entspricht trotz der geringen flächenmäßigen Ausdehnung 1,4 % der aktuellen jährlichen österreichischen Treibhausgasemissionen (72.844 kt CO₂-Äquivalente in 2022). Drainagierte organische Böden haben das Potenzial, durch Wiedervernässung von einer signifikanten Treibhausgasquelle wieder zu einer Senke von Treibhausgasen zu werden und damit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele und Ziele internationaler Verordnungen zu leisten.