



Alfred RINGLER

Wieviel Moor gibt es in Bayern?

Wer den Klima-Effekt der bayerischen Moorböden und den Stand ihrer Sanierung bewerten will, braucht die landesweite Moorbodenfläche von Bayern als Bezugsgröße. Hierzu kursieren unterschiedliche, nur teilweise aktualisierte Zahlen. Deshalb habe ich nachrecherchiert und kartiert (Neue Moorbodenkarte = NBK). Mit unterschiedlichen Methoden landete ich bei 274.000 beziehungsweise 282.000 ha (3,88/4,0 % der Landesfläche). Ursprünglich gab es mehr als 362.000 ha Moorboden (> 5,1 % der Landesfläche). Rund 30 % der Moorboden-Kulisse (MBK) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) konnte ich nicht mehr bestätigen. Die Volumenverluste der bayerischen Moore durch Torfabbau belaufen sich auf mehr als 660 Millionen (Mio.) m³ aus mindestens 15.000 Abbaubereichen. Die Flächendifferenz zwischen NBK und der Kulisse zum Standard zum guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand kohlenstoffreicher, organischer Böden (GLÖZ 2) ist deutlich geringer als die Differenz zwischen NBK und MBK. Die Resultate werden kreisweise aufgeschlüsselt, Korrelationen zu Klima- und Geofaktoren sowie Beziehungen zwischen Moorreichtum, Moorbodenzustand und Raumnutzung überschlägig analysiert.

Anlass

Dass der neue „Schutterpark“ trotz erbitterter Widerstände dann doch im Niedermoor bei Nassenfels (EI) aufschlug, lag nicht zuletzt an einer Lücke im bayerischen Moorboden-Informationssystem: Der Standort war in der MBK nicht verzeichnet und die Karte von WITTNEBEL et al. (2023) existierte noch nicht. Projektbefürworter und Gemeinde konnten also glaubhaft versichern, die Fläche sei kein Moor und deshalb auch nicht schutzwürdig (FUNK 2022).

Die Emissionsminderungsstrategie benötigt eine möglichst vollständige Moor(-boden)-Kulisse (FELL et al. 2014). Nur dann haben alle Bewirtschafteter von Moorböden die Chance,

an moorspezifischen Flächenförderungen wie VNP-Moorweide, Moorbauern- und Paludikultur-Programmen teilzunehmen. Leider stimmt die MBK nicht überall mit der aktuellen Moorbodenverbreitung überein (Abbildung 2). Solche Diskrepanzen sind aus der MBK-Entstehungsgeschichte erklärbar: In den alten, als Grundlage dienenden Karten ging es um wirtschaftlich prioritäre Torflagerstätten (vergleiche BAUMANN 1894–1898; SCHUCH 1975; FELL et al. 2015 für Brandenburg sowie Abbildung 5, links), weniger um flachgründige und stark degradierte Vermoorungen. Als die Forschung unserer Tage belegen konnte, dass auch aus fast verschwundenen und weitgehend zersetzten organischen Substraten viel oder sogar mehr Treibhausgas

Abbildung 1:

Schüler:innengruppe erkundet die Klima-, Wasserhaushalts- und Artenschutzfunktion der Moore direkt am Objekt: Das W-Seminar „Moorökologie“ des Ignaz-Günther-Gymnasiums Rosenheim unter Leitung von Frau Jaeschke erliegt dem Faszinosum eines noch unberührten Moores (Foto: Alfred Ringler).

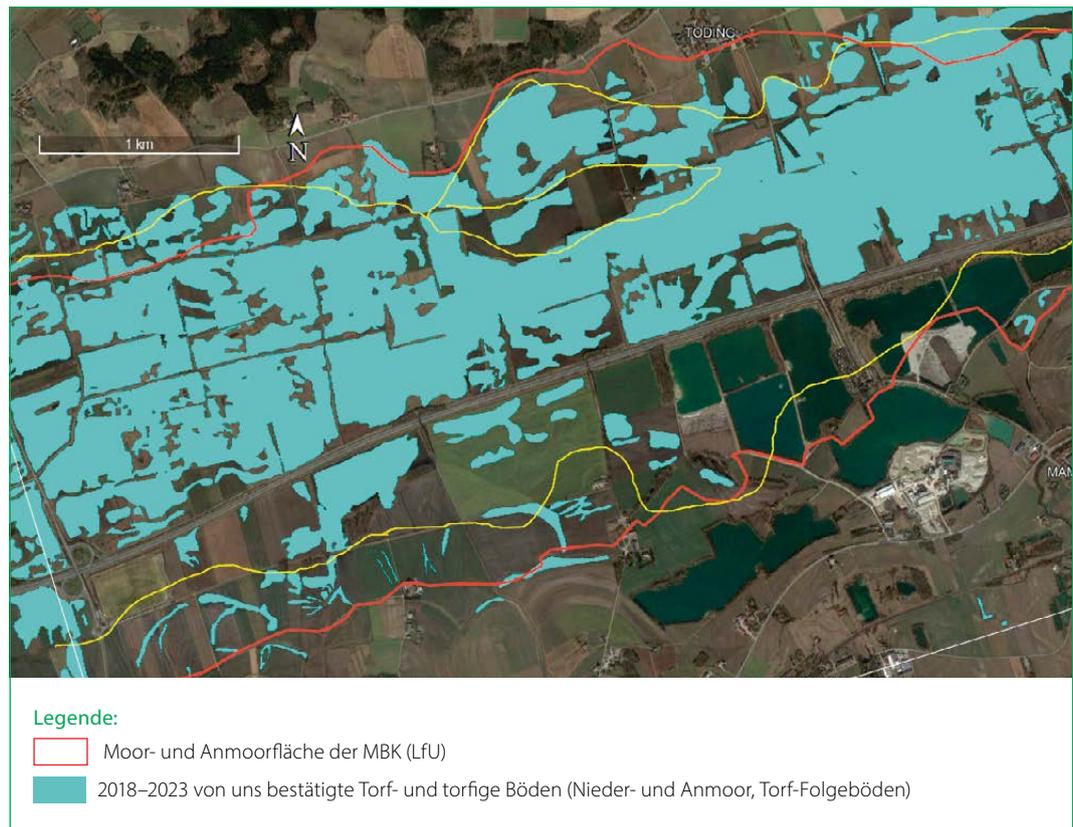
entweicht (EICKENSCHIEDT et al. 2015; vergleiche auch SAURICH et al. 2019), war die eigentliche Kartierungsarbeit bereits weitgehend beendet.

Trotz zu wenig Zeit und Personal haben die LfU-Sachbearbeiter:innen und ihre Vorgänger:innen mit großem Engagement eine nach wie vor sehr brauchbare Basiskarte erarbeitet. Die Bestandsaufnahme musste aber grobmaschig bleiben.

Nicht überall konnte mit gleicher Intensität und Akribie kartiert werden (JOCHUM mündlich; HAMMERL mündlich; SCHUCH 1977; SLIVA et al. 1999). Viele kleinere Moorbodenvorkommen fielen durchs Erfassungssieb oder mussten bei Kartenmaßstäben bis zu 1:200.000 in größere, übergreifende Flächeneinheiten integriert werden (Abbildung 5b).

Abbildung 2:

Inkongruente Moorbodenerfassungen im Königsauer Moos (Landkreis DGF): Gelb umrandet: Moorbodenfläche nach HÜLMAYER (2022) (Quelle: Eigene Darstellung; Luftbild: GoogleEarth)



Abkürzungen und Begriffe

A und WM: Landkreise Augsburg und Weilheim-Schongau (1972 eingeführte Auto-Kennzeichen; siehe Tabelle 2)

Abtorfung: Verminderung des C-Stapels durch Torfgewinnung

AELF: Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

„Altflächen“ oder „Alte Moorbodenkarte“: Moorboden-Polygone der MBK, Stand 2022

Austorfung: Totalausbeutung eines natürlichen Torflagers

DGM: Digitales Geländemodell des Bayerischen Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung

DWD: Deutscher Wetterdienst

DOC: Gelöster organischer Kohlenstoff

GLÖZ 2(-Kulisse): Flächen, auf denen Zahlungsempfänger der EU-Agrarpolitik organische Böden, Moore und Feuchtgebiete schonend bewirtschaften müssen

iBALIS: Integriertes Bayerisches Landwirtschaftliches Informationssystem

KlimaOBay: Verbundvorhaben Klimaschutz- und Anpassungspotenziale in Mooren Bayerns

KLIP: Klimaschutzprogramm Bayern

Fragmentierungsgrad: Ausmaß der anthropogenen Moorzersplitterung

LfL: Bayerisches Landesanstalt für Landwirtschaft

LfU: Bayerisches Landesamt für Umwelt

LWF: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

MBK: LfU-Moorbodenkarte, Stand 2022 (siehe auch Bodenübersichtskarte im Geoportal Bayern, www.lfu.bayern.de/boden/karten_daten/uembk25/index.htm)

Moorklimaschutz: Treibhausgasverminderung auf organischen Böden, nicht etwa Schutz des Moor-Kleinklimas

MEK: Bayerisches Moorentwicklungskonzept (LfU)

NawaRo: Nachwachsende Rohstoffe

NBK: Moorboden-Neukartierung beziehungsweise -Modellierung

PSC: Peatland Science Centre der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT)

StMELF: Bayerisches Staatsministerium Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

StMUV: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

THG: Treibhausgase

RS: Remote Sensing (Fernerkundung, zum Beispiel über Flugzeug-Radar, Satelliten- und Luftbilddaten)

TTA: Test- und Trainingsareale zur Aktualisierung der Moorbodenkarte mit Zusatzaufwand am Boden (Sample Areas)

TUM: Technische Universität München

VNP: Angebote des Vertragsnaturschutzes

Die aus der MBK (Stand 2023) ableitbare Flächen-summe von knapp 227.000 ha würde nur dann genau zutreffen, wenn seit Abschluss der MBK-Kartierarbeiten genauso viel Moorboden-fläche vernutzt und überbaut wurde, wie von der MBK „übersehen“ wurde. Aber dieser Zufall ist so unwahrscheinlich, dass ich mich im Zuge der Moorzustandsbilanz Südbayern (RINGLER 2021, 2024b) veranlasst sah, einen Aktualisie-rungsimpuls zur Moorbodeninventur zu geben. Dieser Impuls betrifft auch die GLÖZ 2-Kulisse, die auf der MBK aufbaut.

Zur kritischen Überprüfung der Ausgangsdaten stelle ich hiermit neue Daten zur Aktualisierung der Moorbodenkarte im Anhang zur Verfügung. Eine bayernweite Überprüfung setzt allerdings die Übertragung ins shape-Format voraus, was ich bislang nicht realisieren konnte.

Material und Methoden

Was wurde kartiert?

Kurz gesagt: sehr kohlenstoffreiche Grundwas-serböden, die im entwässerten Zustand viele THG emittieren: „Moore“ im engeren Sinn nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Histo-sole), also über 30 cm dicke Torfe mit mehr als 30 % organischer Masse, aber auch seichte organische Auflagen ≥ 10 cm (Anmoorböden, Moorgleye, Anmoorgleye, Hoch-, Nieder-, Anmoorstagnogleye und Anmoorpseudogleye sowie stark degradierte, organische Reliktböden übernutzter Moore = Abmoore; TIEMEYER et al. 2016, 2020; WITTNEBEL et al. 2021, 2023). Da die neue Karte mit der „alten“ MBK vergleichbar sein musste, wurden deren Boden-Typen über-nommen.

Wie wurde kartiert?

Bei der Flächen-Recherche fuhren wir parallel einen stichprobenbasierten Ansatz mit Hoch-rechnung und einen gesamtflächigen Ansatz.

Methode 1: Stichproben-basierter Ansatz (Kartierung von Stichprobengebieten und Hoch-rechnung auf die gesamte Landesfläche)

Da aus zeitlichen Gründen die heutige Moor-bodenverteilung nicht auf der gesamten Landesfläche mit der MBK verglichen werden konnte, geschah das „nur“ innerhalb von Stich-proben-Gebieten.

Auswahl der Stichproben: Ich nenne sie Test- und Trainingsareale (TTA), weil hier Erfahrungen gewonnen werden konnten, die die Moorboden-erfassung in anderen Bereichen mit vor allem auf Fernerkundung und Stellvertretergrößen



Abbildung 3:

Bohraktion auf TTA 19 (Allgäuer Flyschgebiet) im November 1983. An repräsentativen Bohrpunkten und entlang von Trans-sekten innerhalb der TTA wurden Torfprofilmerkmale, zumindest aber die Moor-tiefe, mit einem Kammer-bohrer, Lawinensonden oder einem 1 m-Bohrstock ermittelt. Der Zeitpunkt des Fotos zeigt, dass sich die Grundlagenarbeiten zu dieser Studie über mehrere Jahrzehnte hinzogen (Foto: Alfred Ringler).

basierter Erfassung treffsicherer machten. Die TTA sollten alle wichtigen Moorlandschaften und -regionen (RINGLER 2002; siehe Tabelle A 1) repräsentieren. Im Grundgebirge gelang das nicht ganz. Die TTA sollten groß genug sein, um das jeweils naturraumtypische Moor(-boden)-Raummuster abzubilden. Um die Bodenkartierung in der verfügbaren Zeit zu schaffen, mussten in den TTA zur Orientierung eigene alte Vorerhebungen und -kartierungen zur Verfügung stehen. An diesen bereits 1976–2002 gelaufenen Vorarbeiten waren die im Anhang aufgeführten Mitarbeiter und Werkstudenten beteiligt, die aktuellen Kartierungen habe ich alleine durchgeführt. Die aufgeführten Kriterien wurden von 20 über alle Großnaturräume Bayerns (mit Ausnahme der Grundgebirge) verteilten Sample-Gebieten am besten erfüllt (siehe Tabelle A 1). Sie liegen in den Landkreisen AIC, BGL, DAH, DGF, DLG, EBE, ED, FFB, FS, GZ, ND, NEW, OA, OAL, R, RH, RO, SR, TS, WM und WUG.

Modellentwicklung: Für alle 20 TTA habe ich 2021–2023 ein Verbreitungsmodell der Humus-formen Moor, An- und Abmoor entwickelt und dabei mehrere Informationsquellen räumlich überlagert: Eigene Vorkartierungen, MBK, Reichsbodenschätzung, neuere Luft- und Satel-litenbilder (in denen Moorböden bei Ackernut-zung im Winterhalbjahr, unter Grünland aber auch über Maulwurfs- und Schermaushaufen gut zu erkennen waren) sowie Proxies, wie

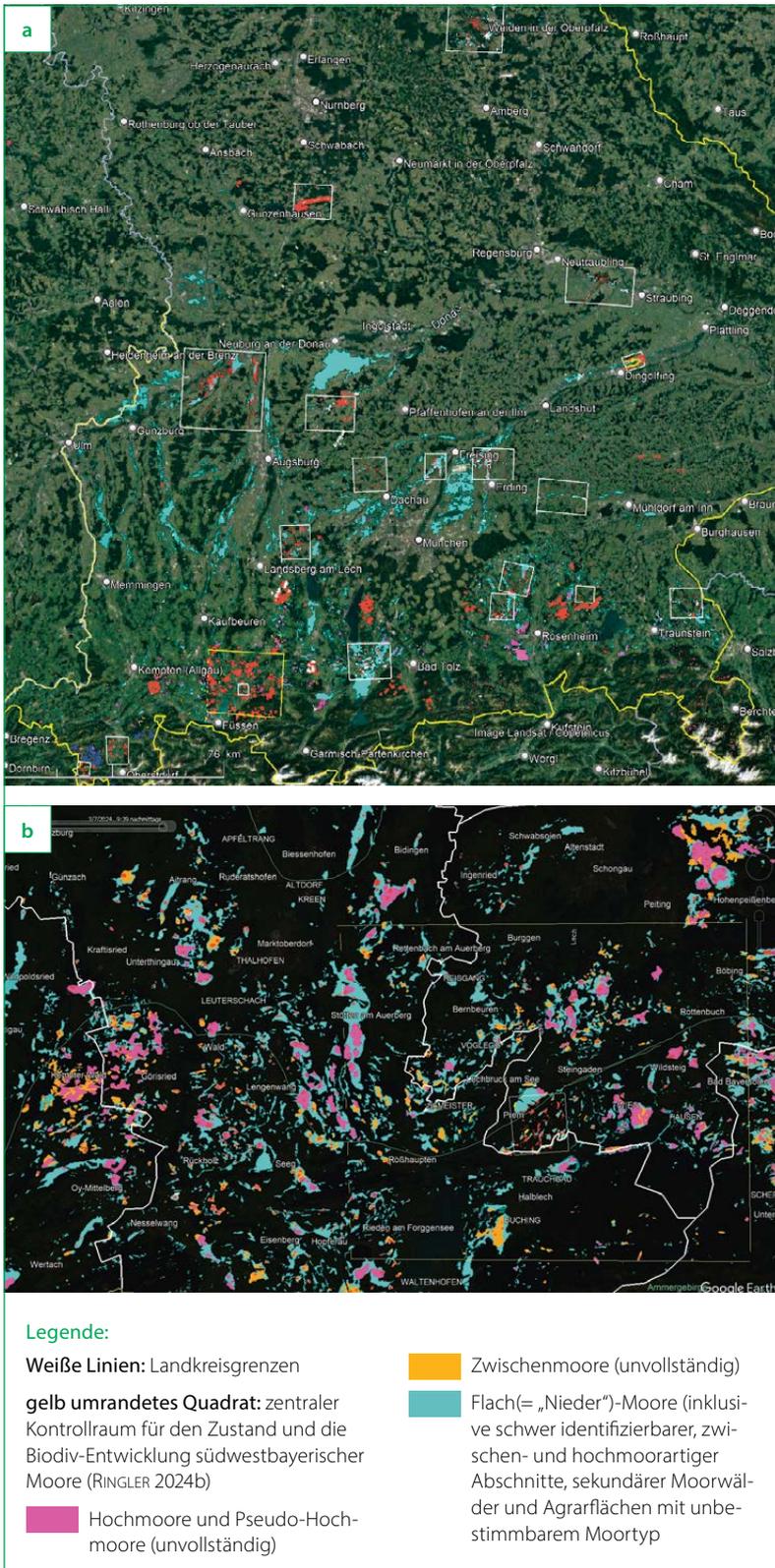


Abbildung 4: Verschiedene Entstehungsphasen der neuen Moorbodenkarte (NBK):
a) Noch unfertiger, bayernweiter Rohentwurf. Die TTA 1–20 (siehe Tabellen 1 und A 1) sind mit weiß umrandeten Rechtecken markiert.
b) NBK-Endversion für das Alpenvorland zwischen Ammer und Wertach. Die bayernweite NBK findet sich im Anhang.
 (Quelle: Eigene Darstellung; Luftbild: GoogleEarth)

historische Torfstichsignaturen und digitale Geländemodelle (in tiefgründigen, organischen Böden besonders ausgeprägte Drainage-Sackungsmuster, Grabensysteme mit Ansenktrichtern und so weiter).

Arbeit am Boden: Da das erarbeitete Modell fehlerhaft, defizitär oder veraltet sein konnte (etwa weil oxydative Moorbodenverluste die Moorkulisse zwischenzeitlich verändert haben), musste es durch Bodenbegehungen mit Bohr- oder Schaufelproben überprüft und teilweise korrigiert werden. Die Boden-Überprüfung erfasste in einigen TTA alle Moorbodenpolygone des Modells (siehe Tabelle A 1), in anderen TTA nur jene Polygone, die von den begangenen Transekten berührt wurden. Trotz dieser arbeitsökonomisch bedingten Einschränkungen erwies sich die Fehlerquote des Modells als gering. Allerdings konnten viele in früheren Vorerhebungen nicht enthaltenen Kleinvorkommen, insbesondere in Wäldern und im intensiven Dauergrünland, auch durch unsere Kontrollbegehungen nicht detektiert werden. Nur in wenigen TTA fanden die Aktualisierungsbegehungen nicht 2021–2023, sondern bereits zwischen 2000 und 2010 statt (siehe Tabelle A 1). Details, Arbeitsablauf, weitere Indikatoren und Proxies siehe Anhang.

Hochrechnung: Weil die 20 TTA für fast alle Naturräume repräsentativ sind, ging ich davon aus, dass das Flächenverhältnis der bestätigten MBK-Flächen zu nicht bestätigten MBK-Flächen (Moorboden-Verlustflächen) zu zusätzlichen (in der MBK nicht verzeichneten) Moorbodenflächen innerhalb der TTA auf ganz Bayern übertragbar ist. Damit ist die innerhalb der TTA ermittelte Lücke zwischen Alt- und Neukartierung auf das ganze Land hochrechenbar. So lässt sich die landesweite Moorbodenfläche proportional zur derzeitigen LfU-Marge (nach LEHMAIR, mündlich, etwa 227.000 ha) ermitteln.

Methode 2 (auf ganzer Fläche): Methode 1 schlüsselt die Ergebnisse nicht nach Regierungsbezirken, Kreisen oder Gemeinden auf. Dies ist für die praktische Umsetzung aber unerlässlich. Daher habe ich die Moorboden-Erhebung per Fernerkundung mit Eichung durch terrestrische Stichproben (siehe Abbildung 3) auch bayernweit in allen Land- und Stadtkreisen durchgeführt. Aus Luft-/Sentinel-/Copernicus-Satellitenbildern und DGM interpretierbare Proxies und Indikatoren werden im Anhang erläutert. Das Endprodukt ist ein



Abbildung 5:
a) Aktuelle Torfbodenermittlung
b) und ihre Interpretation im Isarmoor nördlich Würth (LA)
(Quelle: Eigene Darstellung; Luftbild: GoogleEarth)

vorläufiges und keineswegs unumstößliches, aber hochplausibles Modell. Immerhin habe ich die Moorbodenansprache der TTA-Bodenerfahrungen mit Fernerkundungsdaten rückgekoppelt, trainiert und validiert. Wo Moorböden vor allem unter Wald und Dauergrünland von oben kaum auszumachen sind, wurden zusätzliche Datenquellen und Indikatoren herangezogen, die im Anhang gesondert erläutert werden. Außerdem lagen viele Bodenstichproben und kleinflächigeren Kartierungen auch außerhalb der TTA, so auch im ostbayerischen Kristallin oder Jurabogen, vor (vergleiche zum Beispiel BRUNNER 2006; FREYTAG-LORINGHOVEN 2022).

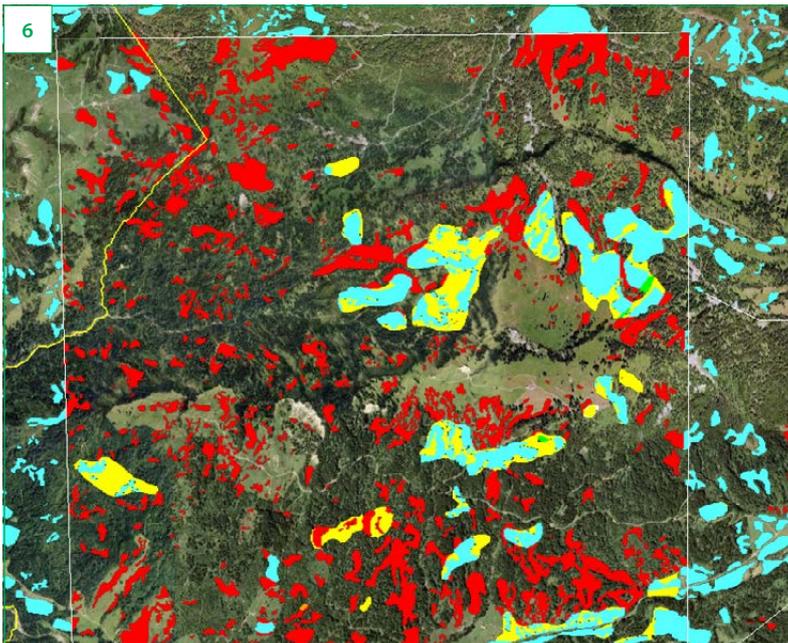
Kartografische Darstellung: Abbildung 5 finalisiert den Aufnahmemodus am Beispiel eines niederbayerischen Flusstalmoores. Die MBK gibt, wie in vielen anderen Fällen, die historische Moor-Außengrenze (rote Linie) ziemlich korrekt wieder. Da die MBK im teilweise deutlich größeren Arbeitsmaßstab relativ schmale Unterbrechungen und feine Moorboden-Fragmente kaum darstellen konnte, könnten die

gelben Moorbodenverlustzonen im **Inneren** der Großniedermoore etwas überschätzt sein. Dieses Maßstabsproblem betrifft aber nicht die **peripheren** Verlustzonen der großen Moorkomplexe und auch nicht jene zahlreichen kleineren Moore, die nach wie vor unfragmentiert und nur zentripetal vom Rand her „abgeschmolzen“ sind. Die Flächengrößen wurden direkt in den KMZ-Polygonen in GoogleEarth abgegriffen.

Abtorfung und schleichender Torfschwund

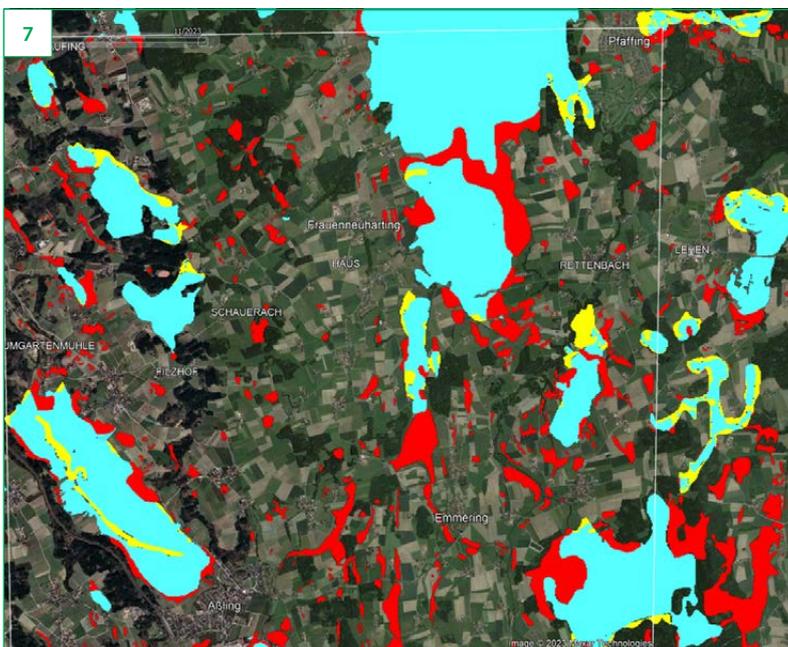
Ich wollte darüber hinaus zusammenstellen, wieviel Torf auf welchen Flächen abgebaut wurde oder durch schleichenden Torfschwund bereits zersetzt ist. Ein schwieriges Unterfangen, da genaue Angaben fehlen und der Abbau auch über Fernerkundung oder im Gelände nicht immer gut nachzuvollziehen ist (Details siehe Anhang).

Ich habe die Torfnutzungsintensität sicherlich sehr unvollkommen durch die Anzahl von 3 ha großen Abbau-Einheiten eingeschätzt: Räumlich zusammenhängende, händische



Legende:

- bestätigter Moorboden nach MBK
- nicht bestätigter (verloren gegangener) Moorboden nach MBK
- aktuell nachweisbare Moorböden außerhalb MBK-Kulisse



Legende:

- Rote Linie:** Moor- und Anmoorgrenze der MBK
- heute noch nachweisbare Torfböden beziehungsweise An-/Abmoorflächen (Neukartierung)
 - Differenz zwischen Alt- und Neukartierung (seit den MBK-Grundlagenkartierungen eingetretene Moorflächenverluste)
 - in der Altkartierung fehlende Moorböden (organische Bodenbereiche außerhalb der MBK-Polygone)

Abbildung 6:

TTA 19 (Flyschgebirge zwischen Rohrmoos und Balder-
schwung/OA): Nur ein kleiner Teil der Moorbodenfläche ist
in der MBK erfasst; Die eklatante Differenz zwischen NBK
und MBK gilt hier auch für NBK/GLÖZ 2 (in anderen Gebie-
ten viel weniger oder gar nicht (Quelle: Eigene Darstellung;
Luftbild: GoogleEarth).

Abbildung 7:

TTA 12 (Grundmoränenregion Ebersberg-Südost) mit relativ
hohem MBK-Moorbodenerfassungsgrad. Legende wie Ab-
bildung 5. Im Osten wurde über das Sample etwas hinaus-
kartiert. Viele Rotflächen sind in der GLÖZ 2-Karte in etwas
anderer Umrissform (Flurstücks- beziehungsweise Gewan-
norientierung) enthalten (Quelle: Eigene Darstellung; Luft-
bild: GoogleEarth).

oder maschinelle Torfgewinnungsbereiche
habe ich in 3 ha-Einheiten aufgeteilt. Ein
900 ha großes, vollständig abgetorfes Schotter-
platten-Niedermoor entspricht also 300 Torf-
gewinnungs-Einheiten. Die so erhobene
Torfabbaufäche kann auch nur bedingt in
entnommene Torfmasse beziehungsweise
Kohlenstoff-Menge und CO₂-Äquivalente
umgerechnet werden, weil Moor- und Abbauf-
tiefen, Lagerungsdichten und C-Gehalte sehr
stark variieren. Da die historischen Abbauf-
tiefen im Alpenvorland (relativ dicke Hochmoore)
meist 200 cm deutlich überschreiten, weiter
nördlich aber – auch um die landwirtschaft-
liche Folgenutzung nicht zu verunmöglich-
en – bis auf etwa 100 cm absinken (nach HAFNER,
mündlich, drei Stiche tief im Donaumoos; ver-
gleiche auch BRÜHL 2007; FASSL & KETTERMANN
2014), haben wir bayernweit eine mittlere
Stich-/Aushubtiefe von 150 cm angenommen
und so eine einfache Hochrechnung erstellt.

Da für den schleichenden Torfchwund eben-
falls kein bayernweit zuverlässiger Mittelwert
existiert, ist auch diese Größe nur schwer zu
berechnen. Nach WEINZIERL & WALDMANN (2015),
RUTZINGER et al. (2019) und SCHLIEBE (2020) scheint
aber eine jährliche Sackungs- und Schwundrate
von 0,8–3 cm (je nach Klimazone und Moor-
nutzungsform) realitätsnah. Daraus lässt sich
durch einfache Multiplikation mit der Gesamt-
fläche der bayerischen Moore zumindest eine
grobe Einschätzung errechnen.

Ergebnisse

Landesweite Flächenbilanz

Methode 1 (Hochrechnung aus zufallsverteilten
Testarealen mit intensiver Bodenkontrolle)
ergibt eine Moorboden-Gesamtfläche von rund
274.000 ha, Methode 2 (Moorboden-Erhebung

mit höherem Anteil von Fernerkundungsdaten) eine solche von 282.000 ha. Die Hochrechnung zeigte also nur geringe Verzerrungen beziehungsweise Fehleinschätzungen. Die tatsächliche Gesamtfläche dürfte etwas höher liegen, weil kleine Moorbodenvorkommen im Wirtschaftswald, Dauergrünland oder unzugänglichem Gelände (beispielsweise stark zersiedelte Moore, Kleingartengebiete,

umzäunte Golfanlagen, Gewerbegebiete im Außenbereich, Truppenübungsplätze (TÜP) und Flugplätze in einigen Kreisen (zum Beispiel DAH, ED, FRG, IN, LI, M, OAL, PAF, REG, SAD, TÖL, TS, WM und WUN) weniger gut erhebbar waren als in anderen. Außerdem haben wir mineralisch überdeckte („begrabene“) Torflager nicht erkannt und deshalb nicht berücksichtigt.

TTA	Moorboden 2020–2023 in % der TTA-Gesamtfläche	Blau: Bestätigte Moorböden der MBK-Kulisse (ha)	Gelb: Unbestätigte Moorböden der MBK-Kulisse (ha)	Rot: „Neu gefundene“ Moorböden außerhalb der MBK-Kulisse (ha)	Verlustbilanz: Unbestätigte Moorböden in Prozent der MBK-Kulisse	Saldo: Heutige Moorbodenkulisse in Prozent der MBK-Kulisse
1	8,50	1.723,26	2.462,24	1.733,90	-58,80	-26,53
2	2,30	282,51	1150,40	44,44	-80,30	-73,20
3	5,61	446,96	444,19	1.136,68	-49,80	77,71
4	26,50	785,20	482,50	55,90	-38,10	-33,66
5	8,72	653,37	400,58	5.591,65	-38,00	492,00
6	5,21	586,38	539,08	405,03	-47,80	-11,91
7	7,43	331,51	598,00	733,41	-68,90	-12,72
8	31,66	1.654,38	559,06	262,60	-25,30	-26,95
9	17,52	1.584,52	868,76	1.336,26	-35,40	19,05
10	4,78	480,83	267,08	359,00	-35,70	12,30
11	15,74	1.047,92	233,18	711,41	-18,20	37,32
12	27,46	1.791,8	133,86	865,10	-6,90	37,97
13	19,13	71,10	1,15	570,71	-1,60	788,32
14	12,64	714,07	462,98	625,68	39,30	13,80
15	27,79	1.155,09	168,79	729,07	8,90	42,30
16	42,62	6.449,73	661,13	922,76	-12,50	-3,55
17	18,56	206,60	23,18	123,88	-7,00	-30,47
18	9,41	132,41	18,14	512,65	-12,10	328,07
19	20,87	103,59	121,65	305,15	-54,00	81,46
20	2,69	67,61	16,54(1,63)	33,22	-19,60(-1,90)	19,83
total		20.268,84	9.612,76	17.058,50	-32,20	24,92

Tabelle 1:

TTA-Flächenbilanz, Saldo zwischen alter und neuer Moorkarte.

Charakterisierung und Lage der TTA-Bereiche siehe Tabelle A 1 (Anhang). Die Bilanzierung gilt nur für das TTA-Flächensystem. Nicht berücksichtigt wird die Schrumpfung von Moorflächen, die in der MBK nicht enthalten sind. In TTA 1, 19 und 20 hat die MBK in erheblichem Ausmaß Moorböden in militärischen Sperrzonen ausgespart beziehungsweise torffreie Bereiche mit integriert. Vermoorte Zonen innerhalb heute schwer zugänglicher Teile des TÜP Grafenwöhr konnten wir nur über eine unveröffentlichte Moorvegetationskarte von LUTZ 1938 aus meinem Archiv abschätzen. Die eingeklammerte Alternativzahl in den Spalten 4 und 6 des TTA 20 deutet an, dass scheinbare Verluste hier größtenteils aus MBK-Fehlkartierungen oder aus unvermeidbaren Vergrößerungseffekten durch Maßstabswechsel resultieren.

Kreis		Vermoorungsgrad (Moorboden in Prozent der Kreisfläche)	Moorboden 2000–2024 (ha)	Prozent der landesweiten Moorbodenfläche	Moorboden- Polygone (n)
21 WM	Weilheim-Schongau	20,70	20.025,03	7,300	1.707
22 ND	Neuburg-Schrobenhausen	16,50	12.194,96	4,450	667
23 FFB	Fürstenfeldbruck	16,20	7.062,50	2,580	461
24 RO*	Rosenheim	14,40	21.246,58	7,750	1.476
25 EBE	Ebersberg	12,30	6.740,72	2,460	1.075
26 TÖL	Bad Tölz-Wolfratshausen	12,00	13.358,90	4,870	1.278
27 ED	Erding	11,20	9.783,92	3,570	951
28 DAH	Dachau	10,80	6.220,04	2,270	735
29 GAP	Garmisch-Partenkirchen	10,60	10.710,53	3,910	870
30 OAL	Ostallgäu	10,10	14.584,68	5,320	1.645
31 DLG	Dillingen	10,00	7.902,47	2,880	422
32 STA	Starnberg	9,50	4.649,29	1,670	800
33 MN*	Unterallgäu	7,50	9.750,90	3,560	738
34 TS	Traunstein	7,60	11.694,19	4,260	876
35 FS	Freising	7,40	5.925,10	2,160	488
36 LL	Landsberg/Lech	7,60	6.180,65	2,250	761
37 A Land	Augsburg Land	7,10	7.680,83	2,800	598
38 FRG	Freyung-Grafenau	7,00	6.877,13	2,510	597
39 OA*	Oberallgäu	6,60	10.549,72	3,850	3.993
40 GZ	Günzburg	6,50	5.022,02	1,830	325
41 AIC	Aichach-Friedberg	6,50	5.048,16	1,840	749
42 NU	Neu-Ulm	6,10	3.143,99	1,150	99
43 M St.	München Stadt	5,50	1.725,85	0,630	119
44 DON	Donau-Ries	4,90	6.301,21	2,300	429
45 LI	Lindau	4,80	2.604,09	0,950	725
46 M Ld.	München Land	4,70	3.128,23	1,140	253
47 A St.	Augsburg Stadt	5,50	809,20	0,290	29
48 WUN	Wunsiedel	4,70	2.829,99	1,030	515
49 NEW	Neustadt an der Waldnaab	4,00	5.685,67	2,070	713
50 PAF	Pfaffenhofen	3,60	2.773,31	1,020	654
51 BGL	Berchtesgadener Land	3,30	2.802,91	1,030	461
52 REG	Regen	3,10	3.979,20	1,460	736
53 TIR	Tirschenreuth	3,00	3.219,50	1,180	623
54 MÜ	Mühlhofen	2,70	2.171,31	0,810	457
55 MB	Miesbach	2,40	2.103,19	0,770	595
56 HO	Hof	2,10	1.993,46	0,710	545
57 IN	Ingolstadt Stadt	2,00	269,36	0,090	48
58 LA*	Landshut	1,80	2.481,80	0,910	385
59 DGF	Dingolfing-Landau	1,70	1.493,31	0,550	326
60 AÖ	Altötting	1,70	965,20	0,350	102
61 CHA	Cham	1,50	2.323,03	0,850	446
62 R*	Regensburg	1,40	2.024,30	0,730	397
63 SR*	Straubing	1,30	1.677,90	0,610	363

Kreis		Vermoorungsgrad (Moorboden in Pro- zent der Kreisfläche)	Moorboden 2000–2024 (ha)	Prozent der landesweiten Moorbodenfläche	Moorboden- Polygone (n)
64 DEG	Deggendorf	1,40	1.232,40	0,440	326
65 BT*	Bayreuth	1,20	1.512,11	0,550	244
66 SAD	Schwandorf	1,00	1.463,80	0,530	378
67 PA*	Passau	0,80	1.262,83	0,450	253
68 KEH	Kelheim	0,80	865,84	0,310	158
69 NES	Rhön-Grabfeld	0,70	742,67	0,250	110
70 WUG	Weißenburg-Gunzenhausen	0,70	704,00	0,250	169
71 RH	Roth	0,70	653,55	0,220	204
72 AS*	Amberg-Sulzbach	0,60	750,79	0,270	115
73 NM	Neumarkt	0,60	787,32	0,280	169
74 ERH	Erlangen-Höchstadt	0,50	290,52	0,110	81
75 EI	Eichstätt	0,40	546,42	0,190	208
76 PAN	Rottal-Inn	0,40	552,95	0,200	271
77 KG	Bad Kissingen	0,40	472,29	0,160	110
78 KU	Kulmbach	0,40	252,52	0,080	97
79 ER St	Erlangen Stadt	0,40	28,67	0,010	9
80 AN*	Ansbach	0,40	731,90	0,260	263
81 KC	Kronach	0,30	208,24	0,070	66
82 NL	Nürnberger Land	0,30	238,18	0,080	104
83 N Stadt	Nürnberg	0,20	43,45	0,010	14
84 SW*	Schweinfurt	0,20	192,45	0,060	81
85 AB*	Aschaffenburg	0,20	154,90	0,050	27
86 KT	Kitzingen	0,05	32,27	0,010	32
87 CO*	Coburg	0,20	103,73	0,030	42
88 LIF	Lichtenfels	0,20	86,38	0,020	24
89 NEA	Neustadt/Aisch	0,13	161,48	0,050	80
90 FÜ St.	Fürth Stadt	0,10	7,30	0,010	1
91 MSP	Main-Spessart	0,10	119,30	0,030	38
92 MIL	Miltenberg	0,06	42,95	0,010	20
93 BA*	Bamberg	0,06	77,82	0,020	42
94 WÜ*	Würzburg	0,05	32,27	0,010	32
95 HAS	Hassberge	0,03	30,73	0,010	24
96 FO	Forchheim	0,02	40,35	0,010	27
97 FÜ Ld.	Fürth Land	0,02	7,30	0,002	8
Bayern		3,88	274.154,04	100,000	33.953

Tabelle 2:

Kreisweise Moorboden-Flächenbilanz nach Methode 2:

Fortlaufende Nummerierung der Verwaltungseinheiten im Anschluss an TTA 1–20 (Tabelle A 1); Farbintensitäten visualisieren das jeweilige Ausmaß. Die Summe der Moorboden-Polygone ist etwas zu hoch, weil von Verwaltungsgrenzen durchschnittliche Polygone in beiden Kreisen gezählt werden. Moore mit „richtigem“ Torf dominieren nur mehr in wenigen Landkreisen (AB, GAP, KC, LI, MB, MSP, NES, OA, STA, TÖL, WM), stark degradierte Moore in A Land, A Stadt, AN, AS, DAH, DEG, DGF, DLG, DON, ED, EIC, FFB, FRG, FS, GZ, HO, IN, KG, KUL, LA, M Land, M Stadt, MN, MÜ, N Stadt, NEA, ND, NU, PAF, PAN, R, RT, SR, SW. In AÖ, BGL, BT, CHA, EBE, KEH, LL, NES, NEW, NL, PA, RO, SAD, TIR, WUG und WUN finden sich nebeneinander Landschaften mit vorwiegend wenig zersetzten und mit vorherrschend stark zersetzten/degradierten Torfen beziehungsweise Abmoorböden. Stadtkreise mit unerheblichen Mooranteilen werden nicht gesondert bilanziert.

* Hier ist ein Stadtkreis mit enthalten

Die Ergebnisähnlichkeit der Methoden 1 und 2 bestätigt, dass die gewählten Testareale offenbar landesweit weitgehend repräsentativ sind. Sie belegt außerdem, dass auch eine zeitsparende RS-gestützte Erhebung einigermaßen zielführend sein kann. Die Validität der 282.000 ha-Variante (Methode 2) ist allerdings dadurch etwas limitiert, dass die wichtige Moorregion Grundgebirge mit keinem Sample (TTA) vertreten ist.

Das Gesamtergebnis liegt näher bei WITTNEBEL et al. (2023: rund 291.000 ha), die allerdings einen etwas anderen bodentypologischen Kartierschlüssel verwendet haben, als bei der MBK. Es substituiert in etwa die im LfU angenommenen kartierungsmethodisch bedingten Dunkelziffern früherer staatlicher Moorboden-Erfassungen (nach JOCHUM, mündlich, und DRÖSLER, mündlich, größenordnungsmäßig 50.000–60.000 ha).

Raumverteilung der Moorböden

Unser Moorboden-Muster unterscheidet sich von der GLÖZ 2-Gebietskulisse deutlich weniger als von der MBK. GLÖZ 2 reicht an vielen Stellen durch die Übernahme alter Reichsbodenschätzungs-Geometrien sogar über das heutige Moorboden-Muster hinaus, weil viele Moorboden-Bereiche zwischenzeitlich erheblich geschrumpft sind. Das räumliche Muster der Moorboden-Polygone der NBK ist – auch kartiertechnisch bedingt – deutlich feinteiliger als in der MBK. Allerdings haben fast alle größeren Moore in unseren Karten zumindest sehr ähnliche Umrissformen wie in der MBK.

Saldo MBK/NBK

Auf den TTA (4,1 % der Landesfläche) haben wir insgesamt ein Viertel mehr Moorboden identifiziert beziehungsweise modelliert als die MBK derzeit ausweist. Hinter der „Mehrerung“ um 24,9 % verbirgt sich eine enorme regionale Schwankungsbreite zwischen -73 % und +788 % (siehe Tabelle 4). Die Neukartierung erfasste mehr (Rot-)Flächen neu, als durch Intensivnutzung und Entwässerung verloren gingen (Gelb-Flächen; siehe unten). Viele in der MBK nicht enthaltene kleinere Moor(-boden)-vorkommen tauchen nicht nur bei uns, sondern auch in der GLÖZ 2-Karte auf.

Moorbodenverluste

Im TTA-System konnten 32,2 % der MBK-Moorbodenfläche nicht mehr bestätigt werden (Tabelle 1, Spalte 6). Viele MBK-Polygone waren nicht mehr aufzufinden, andere sind deutlich kleiner geworden. Die Flächenverminderung der MBK-Geometrien bedeutet zwar meistens,

aber nicht immer, einen echten Moorbodenverlust. So spiegeln etwa die erheblichen Differenzen zwischen MBK und NBK in der Allgäuer Fylschzone (TTA 19; Abbildung 6) keine reale Veränderung wider, weil wir seit 1977 bei vielen Begehungen nichts dergleichen bemerkt haben. Vermutlich liegt hier ein Maßstab-Übertragungsfehler vor. Darstellungsmethodische Probleme dieser Art erklären zwar einen kleinen Teil der gelb gefärbten Bereiche, aber nicht das großflächige „Abschmelzen“ der großen Tal- und Becken-Niedermoore im nördlichen Südbayern, in Mittel- und Nordbayern von den Rändern her, oder auch die erheblichen Verluste durch Überbauung wie in TTA 1 Grafenwöhr, TTA 4 Wörth/Isar oder TTA 16 Penzberg. Die hohe Zahl der TTA und ihre Verteilung auf fast alle Landesteile macht es wahrscheinlich, dass diese Bilanz wohl auf ganz Bayern generalisierbar ist. Könnte sie in Kubikmeter oder Tonnen organische Substanz umgerechnet werden (wie es zum Beispiel RINGLER & WILLER 2012 für die Rosenheimer Beckenmoore versucht haben), wäre sie noch beunruhigender.

Blick auf Moorregionen, Land- und Stadtkreise

Die ermittelten Moorbodenanteile pro Regierungsbezirk stimmen nicht mit den bei Landtagsanfragen verwendeten Zahlen überein: 55 % (152.278 ha) der bayerischen Moorböden fanden wir in Oberbayern, 27 % (73.397 ha) in Schwaben, 7,5 % (20.423) in Niederbayern, 6,1 % (16.254 ha) in der Oberpfalz, 2,7 % (7.104 ha) in Oberfranken, 1,1 % (2.848 ha) in Mittelfranken und 0,67 % (1.820 ha) in Unterfranken. Beim Mooranteil beziehungsweise der Moorbodenfläche pro Quadratkilometer sind die Unterschiede geringer. Schwaben (7,34 ha Moorboden pro qkm) liegt nur wenig hinter Oberbayern (8,68 ha/qkm). Für Niederbayern, Oberpfalz, Oberfranken, Mittelfranken und Unterfranken sind die entsprechenden Quoten 2,0/1,67/1,0/0,36/0,21.

46 % der landesweiten Moorbodenfläche entfällt auf die Regenstauzone vor den Alpen (BGL, EBE, GAP, LI, LL, MB, OAL, OA, RO, STA, TÖL, TS, WM), 33 % auf den Niedermoorgürtel der alpenferneren Schotterplatten und Stromtalebenen (A, DAH, DLG, DGF, DON, ED, FFB, FS, GZ, LA, M, ND, NU, PAF, R, SR, DEG). Die außerordentlich moorbodenreichen Kreise A, AIC, DAH, DLG, EBE, ED, FFB, GAP, ND, OA, OAL, RO, STA, TÖL, TS und WM tragen landes- und bundesweit herausragende Verantwortung für das Moorhabitat- und Klimaschutzmanagement (Succow & Jeschke 2020). Weilheim hat den bayernweit höchsten Mooranteil und würde bei höherer

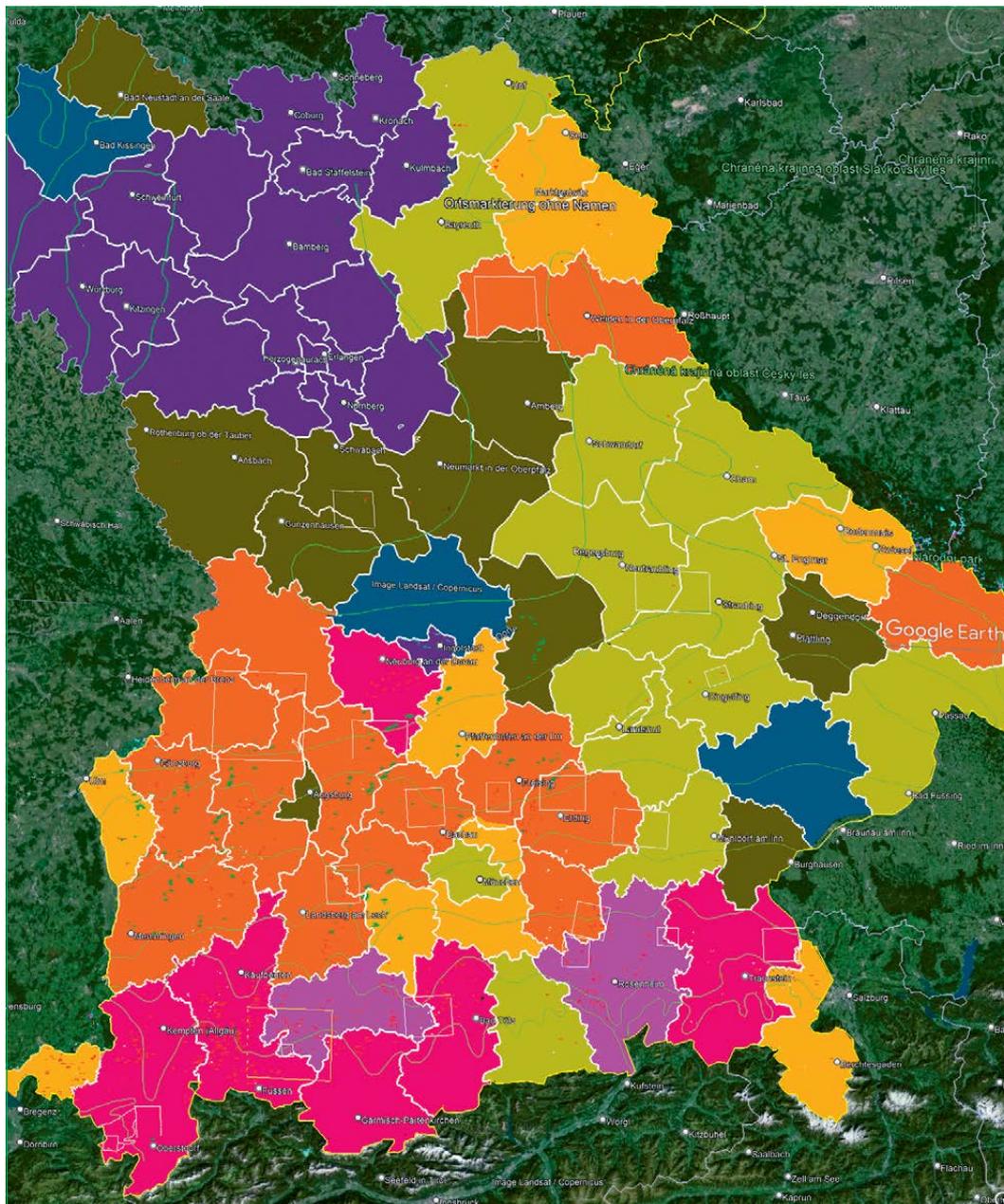


Abbildung 8:
Eine Karte klassifiziert und visualisiert die Land- und einige Stadtkreise nach Moorboden-Gesamtfläche. Die humiditätsabhängige Abnahme der Vermoorung von Süden nach Norden und von Osten nach Westen sticht optisch heraus (Quelle: Eigene Darstellung; Luftbild: GoogleEarth).

Legende:

Klassifizierte Moorbodenfläche der Land- und Stadtkreise

- > 20.000 ha
- 10.000–20.000 ha
- 5.000–10.000 ha
- 2.500–5.000 ha
- 1.250–2.500 ha

- 625–1.250 ha
- 312,5–625 ha
- < 312,5 ha

grüne Linien: Isohyeten, von Süden nach Norden
2000/1500/1350/1150/900/750/500 mm langjähriger
Jahresniederschlag

Untersuchungsintensität wohl auch in absoluten Zahlen zum Spitzenreiter RO (siehe Tabelle 2) aufschließen.

Das Alte Gebirge samt Oberpfälzer Mittelland (BT, CHA, FRG, HO, KC, NEW, PA, REG, SAD, TIR, WUN) „reklamiert“ mehr als 11 % der bayerischen

Moorbodenfläche für sich. Dabei sind die Silikatgebirgsanteile von DEG, KU, R und SR nicht mitgezählt.

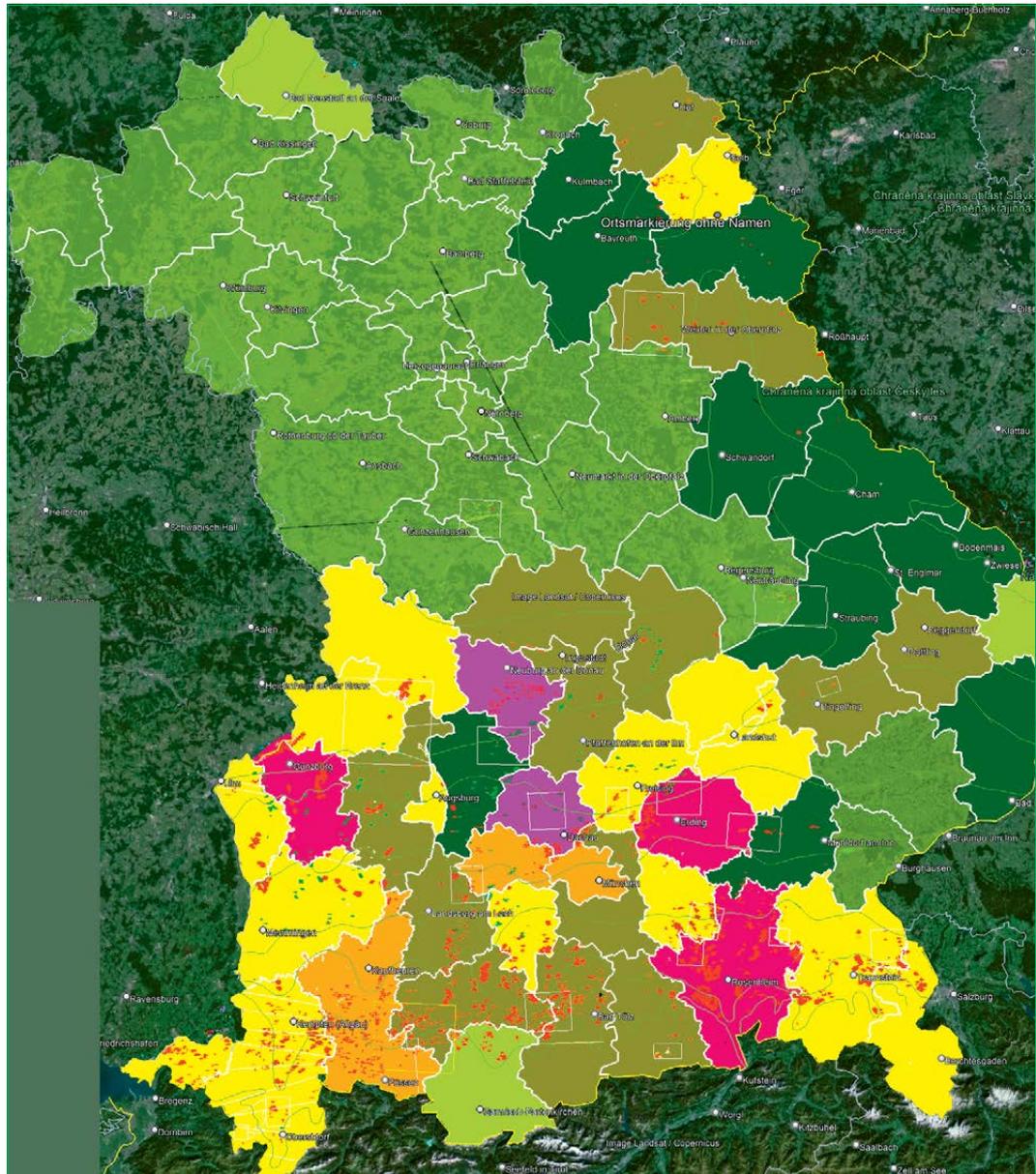
Die Moorflächen-Relationen zwischen den Landkreisen entsprechen weitgehend früheren Angaben (StMUV 2020), aber einige Kreise

haben die Plätze getauscht. Beispielsweise wurden die vermoorteten Anteile des Vogtlandes, östlichen Frankenwaldes und Teilen des Tertiärhügellandes jahrzehntelang unterschätzt.

Fragmentierung der bayerischen Moore

Sind die Moore eines Landkreises eher klein, zerstreut, durch Nutzungseinflüsse stark zersplittert? Oder sind sie kompakt, groß und auch so groß wie früher? Darauf gibt der Quotient aus Moorgesamtfläche und Zahl der Moorbodenpolygone

Abbildung 9:
Bayernkarte mit eingefärbten Landkreisen. Farbstufen zeigen den abgetorften Anteil der Moorbodenfläche pro Landkreis (Quelle: Eigene Darstellung; Luftbild: GoogleEarth).



Legende:

Abtorfungsgrade der Land- und Stadtkreise

- abgetorfte Anteil der Moorbodenfläche > 50 %
- 30–50 %
- 20–30 %
- 10–20 %
- 5–10 %
- < 5 %

- wahrscheinlich < 5 %, aber alte Torfstiche schwer rekonstruierbar
- keine Torfabbaue nachweisbar (meist zu geringe Moordicke oder geringe Torfqualität)
- historische Torfabbaureale 2.000/1.500/1.350/1.150/900/750/500 mm langjähriger Jahresniederschlag

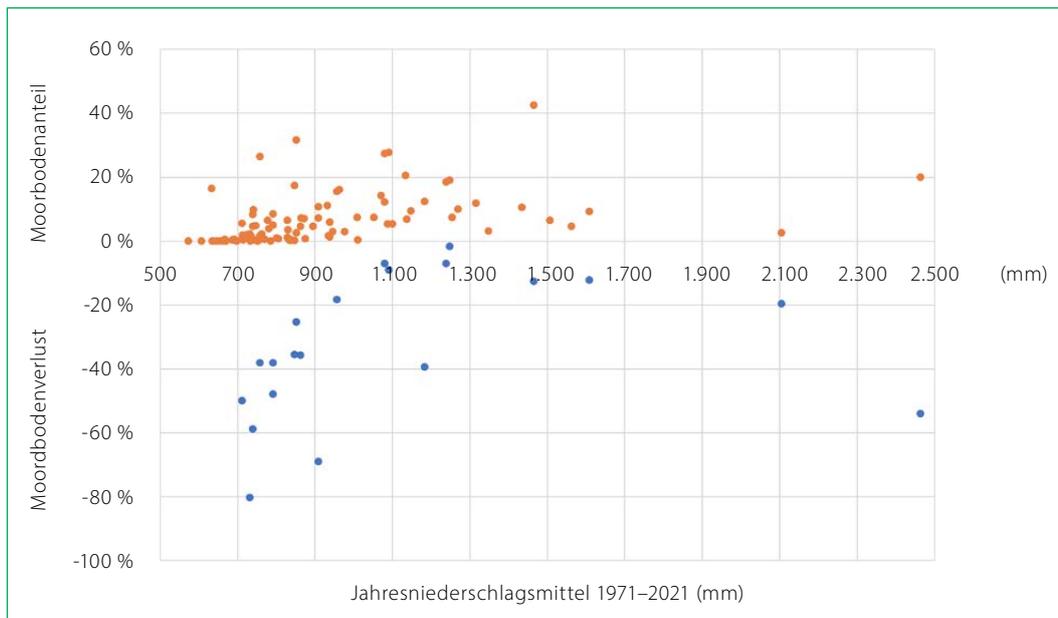


Abbildung 10: Beziehung zwischen Moorbodenanteil der Kreis- beziehungsweise TTA-Flächen (97 Samples, orange), Moorbodenverlust pro TTA (20 Samples, blau) und Niederschlag. Den Landkreisen, Stadtkreisen und TTA wurden die Niederschlagsdaten der jeweils möglichst in der Mitte gelegenen Messstation des DWD-Messstellennetzes zugeordnet.

(Spalten 2 und 5 in Tabelle 2) eine vorläufige Antwort. Die naturbedingte Moor-Fragmentierung wird von OA „angeführt“, bei der anthropogenen Moorboden-Fragmentierung hingegen sind DAH, DLG, FS, MN, R oder SR „führend“. Stabilität und Wasserhaushalt eines durch Nutzung zerstückelten Moores sind dabei stärker gefährdet und erfordern aufwendigere Schutzmaßnahmen als etwa ein kompakt-zusammenhängendes Moorökosystem in einer eiszeitlichen Senke.

Moorboden-Polygone, also zusammenhängende Moorbodenflächen, sind bayernweit durchschnittlich 8,1 ha groß, im Fränkischen (BA, FO, FÜ, HAS, KT, WÜ) dagegen nur 0,9–1,86 ha, in den Voralpen (außer OA und LI) 8–14 ha. Trotz rapiden Zerfalls einst riesiger kohärenter Moorstreifen weisen die Schotterplatten und Stromtalebenen (DAH, DLG, DON, ED, FS, GZ, LA, R, ND, NU, SR, SW) immer noch die durchschnittlich größten, zusammenhängenden Moorbodenbereiche auf (NU: 32 ha; A Stadt: 28 ha, DLG, DON, FFB, GZ, ND: 14–19 ha).

Die Prozentangabe der landesweiten Moorbodenfläche in Tabelle 2 verweist auf unterschiedliche Verantwortungsgrade der einzelnen Gebietseinheiten im bayerischen Jahrhundertprojekt Moorsanierung und Klimaschutz. Die Hälfte der gesamt-bayerischen Moor(-boden)-fläche konzentriert sich auf nur 11 Kreise (WM, ND, RO, TÖL, ED, GAP, OAL, OA, MN, TS, DAH). Die 43 Kreise mit den geringsten Moorbodenflächen teilen 10 % der bayerischen Moorfläche „unter sich auf“. Die moorpolitisch genauso

relevanten Parameter Moorzustand und Torf-Degradierung können in der erforderlichen Regionaldifferenzierung hier nicht dargestellt werden (vergleiche RINGLER et al. 2002).

Abtorfung und schleichender Torfchwund

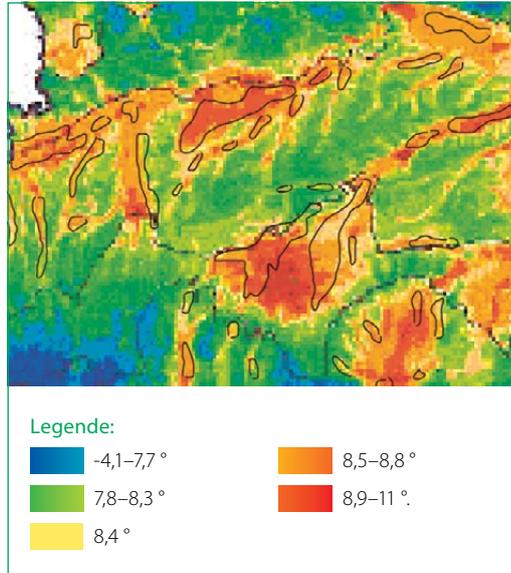
Vor allem zwischen 1850 und dem Ende des letzten großen Torfwerks 2005 verloren Bayerns Moore gewaltige Torf- und Kohlenstoffmengen durch Torfnutzung: Auf mindestens 44.000 ha oder 16 % der Moorfläche Bayerns wurde Torf aktiv entfernt.

Daraus errechnet bei einer angenommenen mittleren Abbautiefe von 1,5 m eine gesamt-bayerische Abbaumenge von rund 660 Mio. m³ Torf. Abbildung 9 und Tabelle A2 im Anhang zeigen, wie sich die Torfabbaumengen und -flächen auf die Landkreise und Regierungsbezirke verteilen. Da sich der Abbau zumindest bei maschineller Gewinnungstechnik auf die tiefgründigeren Moorteile konzentrierte, liegt der anteilige landesweite Kohlenstoff-, Massebeziehungsweise Volumenverlust sicher weit höher als das abgebaute Flächen-Sechstel (Torfabbaufläche \geq 44.000 ha, Moorbodenfläche \geq 274.000 ha) suggeriert.

Diese gewaltigen Abbaumengen werden nochmal übertroffen von den Torfverlusten durch aerobe Zersetzung, Mineralisierung, Wasser/Winderosion und DOC (Huminstoff)-Ausspülung. Seit 1970 haben wir so zwischen 1.350 und 5.400 Mio. m³ Tonne Torf verloren. Eine Einordnung dieser Zahlen und eine methodische Diskussion finden Sie im Anhang.

Abbildung 11:

Koinzidenz von Warmzonen und Großniedermooren. Schwarz umrandete Polygone stellen stark vereinfacht die größten Niedermoorgebiete Bayerns auf der Detailkarte der mittleren Jahreslufttemperatur 1971–2000 (aus HERA et al. 2012) dar. Dargestellt ist der Raum zwischen Feuchtwangen, Mitterfels bei Straubing, Nesselwang im Allgäu und Siegsdorf im Chiemgau (Quelle: ZEPP et al. 2021).

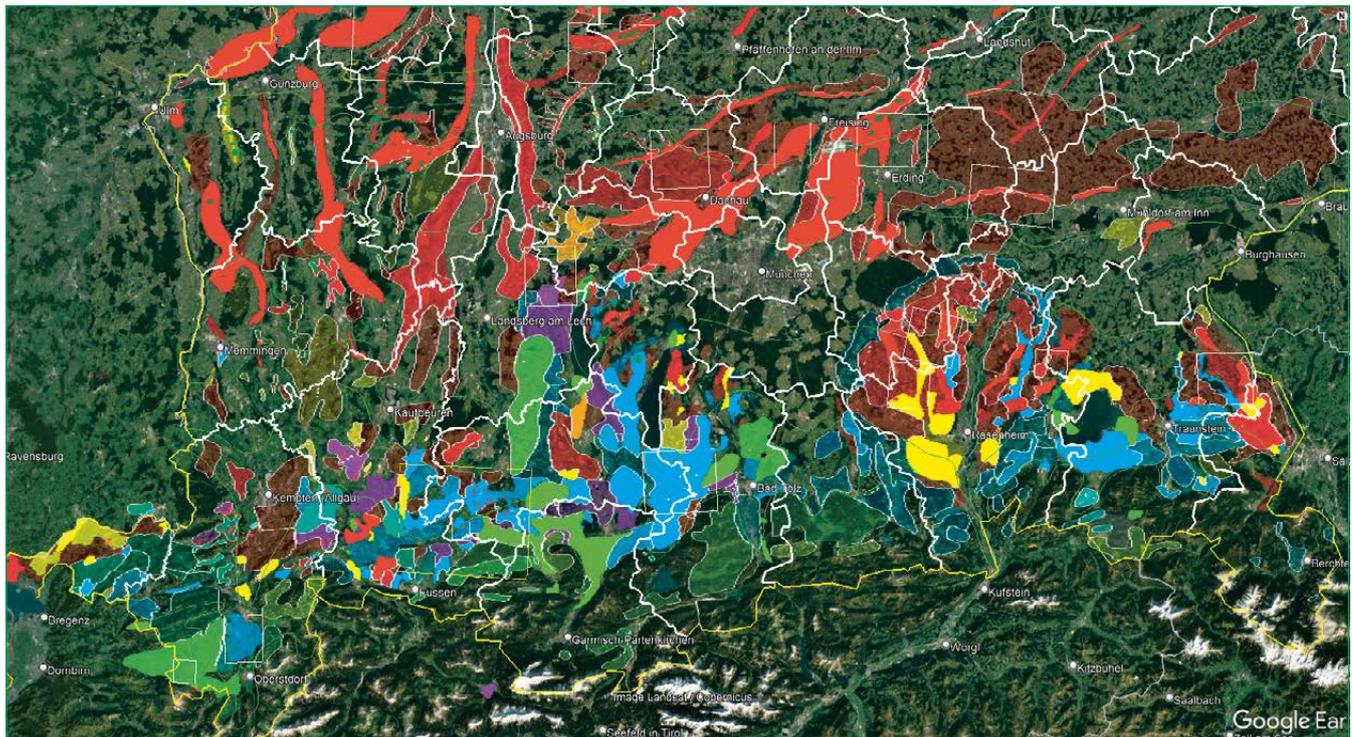


Klima- und Nutzungsabhängigkeit der Moorkulisse

Der altbekannte Zusammenhang von Moorbildung und Humidität (= hoher Niederschlag und herabgesetzte Verdunstung in sommerkühlen Regionen) wird durch Abbildung 10 (oben) auch quantitativ belegt. Die Beziehung zwischen dem langjährigen Niederschlagsmittel und dem Moorbodenanteil in 97 Samplegebieten (77 Kreise und 20 TA) ist grafisch dargestellt, allerdings scheint es sich nicht um einen einfachen linearen Zusammenhang zu handeln. Die exponentielle Beziehung zwischen dem oxidativen, schleichenden Torfschwund und dem Regional Klima kann hingegen als gesichert gelten (Abbildung 10), wenngleich der Humiditäts- oder Ozeanitätsfaktor auch indirekt über den Verstärkerfaktor Landwirtschaft (Entwässerungsbedarf je nach Acker-Grünland-Verhältnis und Feuchtegrad) wirkt. Allerdings lokalisiert unsere Moorkarte die höchsten Vermoorungsgrade nicht in den Höchsteniederschlagszonen (zum Beispiel Allgäuer Alpen, Adelegg, Nagelfluhgebiet, Chiemgauer Alpen-Prialental), sondern in

Abbildung 12:
Moorzustandgemäße Handlungsstrategien

Die Methoden- und Ergebnisdiskussion wird im Anhang auf einer konkreteren und stärker regionalisierten Ebene fortgesetzt (Quelle: Eigene Darstellung; Luftbild: GoogleEarth).



Legende:

- Konservierung und Konsolidierung
- Reparatur (Wiederherstellung, restaurative Optimierung)
- Reaktivierung
- Mitigation, partielle Sanierung
- Mischgebiete aus Rot und Blau

■ Mischgebiete aus Rot und Gelb

Unterschiedliche Farbintensität zeigt unterschiedliche Moorbodenanteile an:

- 100 % deckend = Moor(-boden-)anteil > 20 %
- 70 % deckend = 5–20 %
- 50 % deckend = 2–5 %;
- 30 % deckend = 2–5 %;
- unkoloriert: 0,01–2 %.

den Hochniederschlagszonen, weil auch die geovariablen Geländeform, hydrogeologische Struktur und Gesteinsaufbau die Vermoorung beeinflussen (RINGLER & SIUDA 2024).

Diskussion und Konsequenzen

Weniger Moor, höhere Temperaturen

Die bayernweite Flächenanalyse löst Besorgnis aus. Nach den Zahlen von Tabelle 2 wäre die Moorbodenkulisse in wenigen Jahrzehnten von zirka 362.000 ha (5,1 % der Landesfläche) auf zirka 277.000–282.000 ha (knapp 4 %) geschrumpft. Die meisten großen, gleichzeitig auch stark THG-emittierenden (weil stark entwässerten) Niedermoorgebiete Bayerns liegen ausgerechnet in den wärmsten Teilräumen mit Jahresmitteltemperaturen zwischen 8,4 und 11° C (Abbildung 10). Wer würde da nicht, auch angesichts ihrer Auflösungserscheinungen, ihre langfristige Zukunft bezweifeln?

Wege zum erfolgreichen Moorklimaschutz

Unsere Moorflächenanalyse weckt aber auch Hoffnung, macht neue Chancen erkennbar, liefert wichtige Argumente für Moor(-klima-)schutz auch im relativ niederschlagsarmen Bereich (< 900 mm Jahresniederschlag). So etwa hilft sie, am Rand der großen, intensiv genutzten Tal- und Beckenmoore Grundwasserzuströme aus größeren Hinterland-Einzugsgebieten zu entdecken, in denen es immer noch relativ wenig degradierte Torfe mit hohem Renaturierungs- oder Mitigationspotenzial gibt (zum Beispiel Wasenlöcher bei Illerberg und Ölmähder bei Gannertshofen/NU, Gaymoos bei Mettenheim/MÜ, Schorner Röste und Seeanger/Donaumoos, Giggenhauser Moos/FS; vergleiche beispielsweise SCHWAIGER & MARGRAF 2020; KRAUS & SORG 2020).

Erst im Laufe der systematisch betriebenen Moorbodensuche der letzten Jahre wurde mir klar, an wie vielen Stellen die Natur in eigener Regie neue, stabile Kohlenstoffvorräte durch Neubildung von Torf oder torfähnlichen Substraten anlegen würde, wenn man sie nur ließe oder dabei etwas unterstützte. Das betrifft vor allem Landschaftsteile mit Brache- und Selbstvernesungstendenz, in denen eine weitere Vernässung mit oder ohne Biber-Unterstützung häufig relativ geringe Widerstände der Landnutzer auslösen würde. Beispiele: Waldtäler mit Uferfiltrat aus unregulierten Bachläufen, nährstoffangereicherte Hangwasser-Austrittsstellen, verschilfte Streuwiesenbrachen. Solche landschaftspflegerisch oft stiefmütterlich behandelten Zonen werden auch aus entomofaunistischer Sicht oft unterschätzt (ADELMANN 2019) und liegen außerhalb

des Kanons der besonders beachteten Mangelbiotop- und der derzeit durch aktive Landschaftspflege dominierten Offenland-Leitbilder. Das hängt auch damit zusammen, dass unsere im Grunde ästhetisch geprägten Zielbiotop- und Zielartenvorstellungen die nur abstrakt erkennbaren, abiotischen Ressourcen (Stoffhaushalt, Wasserhaushalt, Wasserrückhalt, Treibhausgase, Kohlenstoffbindung) an den Rand drängen.

Nimmt man alle Ergebnisse unserer Studie zusammen, so zeigt sich die herausragende Verantwortung der Alpenrand-Landkreise WM, RO, OAL, TÖL, TS, GAP und OA für den Moorklima- und Moorkösystemschutz. Das entbindet die übrigen Kreise aber nicht, deutlich mehr als bisher für ihre insgesamt stärker degradierten und derzeit klimaschädlicheren, organischen Böden zu tun. Aus der Verknüpfung der Flächenverluste, Torfabbaubilanz und des aktuellen Moorzustandes ergibt sich eine **Karte der moorstrategischen Handlungszonen** (Abbildungen 12 und A 21–23). In den roten Zonen geht es vor allem um das „Mitigieren“, also die Klima-/Grundwasser-/retentionsförderliche Sanierung, ohne ganz bestimmte Biodiversitäts-Ziele erreichen zu müssen und zu wollen (vergleiche AHMAD et al. 2020). In den gelben, komplett oder weitgehend ausgetorften Zonen ohne massive Nutzungskonkurrenz können die Ziele etwas höher gesteckt werden: Wiederherstellung neuen Moorklimas, aber mit biologisch unspezifischen, variablen Zielen, also „Reaktivieren“ (SIUDA & THIELE 2010). Prioritäres Handeln in den blauen Moordistrikten nennen wir „Reparieren“, also restauratives, zielgenaueres Wiederherstellen, weil viele Moorteile noch halbwegs intakt und andere gut regenerierbar sind (vergleiche zum Beispiel FRIEDRICH et al. 2024). Das „Konservieren und Konsolidieren“ steht in den weitgehend intakten, nur stellenweise optimierungsbedürftigen, grünen Moorlandschaften im Vordergrund.

Dank

Den Anstoß, die im Rahmen vieler Projekte seit vielen Jahren aufgelaufenen Lokalergebnisse und Analysen zusammenzufassen, gab Giorgio Demartin, Regierung von Schwaben. Den vielen im Anhang auch namentlich aufgeführten Kolleg:innen von LfU, LfL, LWF, PSC Weihenstephan, TUM, bei Verbänden, höheren und obersten Naturschutzbehörden (auch vielen heute emeritierten) danke ich für viele wertvolle Informationen und Anregungen, dem ANL-Redaktionsteam für wertvolle Anregungen in der Drucklegungsphase. Der Anhang benennt auch einige der vielen Mitarbeiter, die an früheren Geländeaufnahmen beteiligt waren.

Anhang

Eine unredigierte Datei mit weiteren Angaben zu Methoden, einer Diskussion zur Methodik und regionalisierten Ergebnissen finden Sie hier: https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an47110ringler_2025_wieviel_moor_bayern_anhang.pdf

Literatur

- ÅGREN, M., HASSELQUIST, E. M., STENDAHL, J. et al. (2022): Delineating the distribution of mineral and peat soils at the landscape scale in northern boreal regions. – *SOIL* 8: 733–749; <https://doi.org/10.5194/soil-8-733-2022>.
- AHMAD, S., LIU, H., GÜNTHER, A. et al. (2020): Long-term rewetting of degraded peatlands restores hydrological buffer function. – *Science of The Total Environment* 749: 141571; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141571>.
- AITKENHEAD, J. (2017): Mapping peat in Scotland with remote sensing and site characteristics. – *European Journal of Soil Science* 68: 28–38; doi: 10.1111/ejss.12393.
- BAUMANN, A. (1894–1898): Die Moore und die Moorkultur in Bayern. – M. Riegersche Universitäts-Buchhandlung, München.
- BOAGA, A., VIEZZOLI, G., CASSIANI, G. P. et al. (2020): Resolving the thickness of peat deposits with contactless electromagnetic methods: A case study in the Venice coastland. – *Science of The Total Environment* 737: 139361; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139361>.
- BRÜHL, B. (2007): Torfgewinnung im Landkreis Aichach-Friedberg. – *Altbayern in Schwaben – Jahrbuch Geschichte und Kultur* 2007: 63–90.
- BRUNNER, G. (2006): Die aktuelle Vegetation des Nürnberger Reichswaldes. – Dissertation Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg.
- EGGELSMANN, R. (1960): Über die Höhenänderungen der Mooroberfläche infolge von Sackung und Humusverzehr sowie in Abhängigkeit von Azidität, „Atmung“ und anderen Einflüssen. – *Ber. Moor-Versuchstation Bremen* 8, Verlag Parey, Hamburg: 99–132.
- 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>.
- FASSL, P. & KETTEMANN, O. (Hrsg., 2014): Mensch und Moor. – Zur Geschichte der Moornutzung in Bayern. – Memminger Mediententrum, Druckerei.
- FELL, H., ROSSKOPF, N. & ZEITZ, J. (2014): Impact of the spatial resolution of soils data on climate reporting for organic soils using the example of Germany. – *Mires and Peat* 14, Art. 3: www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map14/map1403.php.
- FELL, H., ROSSKOPF, N., BAURIEGEL, A. et al. (2015): Erstellung einer aktualisierten Moorkarte für das Land Brandenburg. – *TELMA* 45: 75–104; <https://doi.org/10.23689/fidgeo-2898>.
- FREIBAUER, A., DIEPOLDER, M. et al. (2023): Forschungs- und Innovationsprojekt Moorverträgliche Bewirtschaftungsmaßnahmen. – www.ifl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/345193/index.php.
- FREIBAUER, A. & MACHL, T. (2023): Potentialflächen im Moorschutz erkennen. – *Peat Talks HSWT*.
- FREYTAG-LORINGHOVEN, O. von (2022): Moorbodenkartierung Landkreis Eichstätt. – Im Auftrag Landkreis Eichstätt: 121 S.; http://pro-schuttermoor.webador.de/_downloads/8804f72d29aa09c686c6feb5c070cc2b?locale=de_DE.
- FRIEDRICH, S., GERNER, A., TARANTIK, M. et al. (2024): Assessment of rewetting scenarios under varying climate conditions in a partially restored raised bog in Bavaria, Germany. – *Journal of Hydrology: Regional Studies* 52: 101695; <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101695>.
- FUNK, S. (2022): Torejagd auf schwierigem Gelände. – *Donaukurier* 21.06.2022.
- GATIS, N., LUSCOMBE, D. J., CARLESS, D. et al. (2019): Mapping upland peat depth using airborne radiometric and lidar survey data. – *Geoderma* 335: 78–87; <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.041>.
- HERA, U., RÖTZER, T., ZIMMERMANN, L. et al. (2012): Klima en detail. – *LWF* 86/2012: 34–37
- HÜLMEYER, S. (2022): Hydrogeologisches Gutachten und Vernässungskonzepte Königsauer Moos, Landkreis Dingolfing-Landau. – Im Auftrag Landschaftspflegeverband Dingolfing-Landau e. V., Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH, Eching am Ammersee.
- IPCC (2006): IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme – (eds. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K. et al.), IGES, Japan.
- JESCKE, L. & SUCCOW, M. (2022): Deutschlands Moore – ihr Schicksal in unserer Kulturlandschaft. – *Rangsdorf: Natur + Text*: 544 S.
- IUCN National Committee UK (2023): Use of Peat Depth Criteria: Accounting for the Lost Peatlands. – www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/default/files/2023-06/Use%20of%20Peat%20Depth%20Criteria%20-%20Accounting%20for%20the%20Lost%20Peatlands_1.pdf.
- KALACSKA, M., ARROYO-MORA, J. P., SOFFER, R. J. et al. (2018): Estimating Peatland Water Table Depth and Net Ecosystem Exchange: A Comparison between Satellite and Airborne Imagery. – *Remote Sensing* 10, 687: <https://doi.org/10.3390/rs10050687>.
- KAULE, R., KAULE, G. & HUWE, B. (2017): Langzeituntersuchungen in den Südlichen Chiemseemooren. – *TELMA* 47: 75–92; DOI: 10.23689/fidgeo-2935.
- KAULE, G. & SUCCOW, M. (2022): Gutachterliche Stellungnahme zum Schwarzen Moor. – Schlussbericht für die Regierung von Unterfranken – Sachgebiet Naturschutz: 26 S.
- LANGE, P. (2005): Torfvorkommen und Torfabbau in Thüringen. – *TELMA* 35: 133–154.

- LOPATIN, J., KATTENBORN, T., GALLEGUILLOS, M. et al. (2019): Using aboveground vegetation attributes as proxies for mapping peatland belowground carbon stocks. – *Remote Sensing of Environment* 231: 111217; <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111217>.
- LUTZ, J. L. (1938): Die Moore der Oberpfalz. – *Die Oberpfalz* 30: 2–11.
- MACHL, T. & FREIBAUER, A. (2023): Potenzialflächen im Moorschutz erkennen. – Vortrag in der HSWT-Reihe „peat talks“.
- MARSHALL, C., BRADLEY, A. V., ANDERSEN, R. et al. (2021): Using peatland surface motion (bog breathing) to monitor Peatland Action sites. – *NatureScot Research Report* 1269.
- MEIER, W. (2003): Das Moorentwicklungskonzept Bayern. – *Laufener Seminarbeiträge* 1/03, ANL: 37–46; www.anl.bayern.de/publikationen/spezialbeitraege/doc/lsb2003_01_004_meier_moorentwicklungskonzept.pdf.
- MELTON, J. R., CHAN, E., MILLARD, K. et al. (2022): A map of global peatland extent created using machine learning (Peat-ML). – <https://doi.org/10.5194/gmd-15-4709-2022>.
- MINASNY, B., BERGLUND, Ö., CONNOLLY, J. et al. (2019): Digital mapping of peatlands – A critical review. – *Earth-Science Reviews* 196: 102870.
- POSCHLOD, P. (1990): Vegetationsentwicklung in abgetorften Hochmooren des bayerischen Alpenvorlandes unter besonderer Berücksichtigung standortkundlicher und populationsbiologischer Faktoren. – *Diss. Bot.* 152.
- PURVINA, D., ZVAIGZNE, Z. A., SKRANDA, I. et al. (2024): Impact of Soil Organic Layer Thickness on Soil-to-Atmosphere GHG Fluxes in Grassland in Latvia. – *Agriculture* 14: 387; <https://doi.org/10.3390/agriculture14030387>.
- REINERMANN, S., ASAM, S., GESSNER, U. et al. (2023): Multi-annual grassland mowing dynamics in Germany: spatio-temporal patterns and the influence of climate, topographic and socio-political conditions. – *Frontiers in Environmental Science* 11:1040551; doi: 10.3389/fenvs.2023.1040551.
- RIMONDINI, L., GUMBRICHT, T., AHLSTRÖM, A. et al. (2023): Mapping of peatlands in the forested landscape of Sweden using lidar-based terrain indices. – *Earth System Science* 15: 3473–3482; <https://doi.org/10.5194/essd-15-3473-2023>.
- RINGLER, A. (1978): Die Hoch- und Übergangsmoore der Allgäuer Alpen – Teil I. – *TELMA*.
- RINGLER, A. (1980): Gefährdung von Biotopen – Ergebnisse einer Zustandserfassung in Südbayern. – *Landschaft und Stadt* 12(2): 68–81.
- RINGLER, A. (1981): Die Alpenmoore Bayerns. – *Berichte der ANL* 5: www.anl.bayern.de/publikationen/berichte/doc/ber5000gesamt_1981.pdf.
- RINGLER, A. (2011): Moorentwicklungskonzept Bayern – Zwischenbilanz, Evaluierung, Zukunft. – Statusanalyse im Auftrag des LfU, unpubliziert.
- RINGLER, A. (2021): Gesundheitscheck der Moore – Langzeit-Monitoring in Südostbayern. – *Anliegen Natur* 43(2): 23–38; www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an43214ringler_2021_langzeit_monitoring_moore.pdf.
- RINGLER, A. (2024a): Climate and water stress symptoms of South Bavarian mires. – Vortrag International Peatland Science Conference Freising, 19.09.2024, Tagungsbericht HSWT.
- RINGLER, A. (2024b): Origin, area development and future of South Bavarian peatland forests. – Vortrag International Peatland Science Conference (iPSC) Freising, 20.09.2024, Tagungsbericht HSWT.
- RINGLER, A. (2025): Gesundheitscheck der Moore – Langzeit-Monitoring in Südwestbayern. – In Druckvorbereitung.
- RINGLER, A., DINGLER, B. et al. (2002): Bayerns Moorregionen mit Statusanalyse. – Studie im Auftrag des LfU, unpubliziert.
- RINGLER, A. et al. (2003): Handlungsschwerpunkte Moorrenaturierung. – Teilgutachten im Moorentwicklungskonzept (MEK), LfU, Augsburg.
- RINGLER, A. & SIUDA, C. (2024): Moore am Berg – Moorlandschaften der Allgäuer Alpen. – In: *Wissenschaftsreihe des BN (im Druck)*: Zirka 264 S. mit Anhang.
- RINGLER, A. & WILLER, M. A. (2012): Menschen im Moor. – *Moor-Heimatsbuch Nicklheim, Gemeinde Raubling* (Hrsg.): 150 S.
- ROCHA CAMPOS, J. R. DE, SILVA, A. C. & VIDAL-TORRADO, P. (2012): Mapping, organic matter mass and water volume of a peatland in Serra do Espinhaço Meridional. – *Soil in Space and Time, Revista Brasileira de Ciência* 36: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300004>.
- RUTZINGER, S., STOJAKOWITS, P. & MÄCK, U. (2019): Vergleich von Torfmächtigkeiten im Gundelfinger Moos während der letzten Dekaden. – *Berichte Naturwissenschaftlicher Verein Schwaben* 123: 2–13.
- SÄURICH, B., TIEMEYER, A., DON, S. et al. (2019): Drained organic soils under agriculture – The more degraded the soil the higher the specific basal respiration. – *Geoderma* 355: 113911; <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113911>.
- SIEMON, B., IBS-VON SEHT, M. & FRANK, S. (2020): Airborne Electromagnetic and Radiometric Peat Thickness Mapping of a Bog in Northwest Germany (Ahlen-Falkenberger Moor). – *Remote Sensing* 12(2): 203; <https://doi.org/10.3390/rs12020203>.
- SCHMEIDL, H. (1976): Wandlung einer Moorlandschaft am Beispiel der südlichen Chiemseemoore. – *TELMA* 6: 41–50.
- SCHUCH, M. (1975): Die Moorkartierung in Bayern in Vergangenheit und Gegenwart. – *Torfforschung GmbH: Moor und Torf in Wissenschaft und Wirtschaft, Bad Zwischenahn*: 113–125.
- SCHUCH, M. (1977): Das Donaumoos und einige seiner gegenwärtigen Hauptprobleme. – *TELMA* 7: 167–173.

- SCHUCH, M. (1988): Anthropogene Moorböden und einige Möglichkeiten ihrer Entwicklung. – TELMA 18: 85–93.
- SCHUCKERT, U., POSCHLOD, P. & PFADENHAUER, J. (1992): Torfstich im Niedermoor – ein Beitrag zum Arten- und Biotopschutz? – TELMA 22: 253–265.
- SCHWAIGER, H. & MARGRAF, C. (2020): Naturschutzfachliche Grundlagen und Nutzungspotentiale im Freisinger Moos als Grundlage für die Moor-Renaturierung. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Bund Naturschutz, Nürnberg: 67 Seiten + Anhang; https://freising.bund-naturschutz.de/fileadmin/kreisgruppen/freising/Freisinger_Moos/Allgemeine_Seite_Freisinger_Moos/GS_Freisinger_Moos_20200730.pdf.
- SIUDA, C. & THIELE, A. (2010): Moorrenaturierung kompakt. – LfU: 41 S.
- SLIVA, J., KUHN, G., WILD, U. et al. (1999): Methoden der Inventarisierung und Bewertung der bayerischen Moore als Grundlage für ein Moorentwicklungskonzept. – Laufener Seminarbeiträge 6/98: 65–78; www.anl.bayern.de/publikationen/spezialbeitraege/doc/lsb1998_06_gesamtheft.pdf.
- SILVESTRI, S., CHRISTENSEN, C. W., LYSDAHL, A. O. K. et al. (2019): Peatland volume mapping over restive substrates with airborne electromagnetic technology. – Geophysical Research Letters 46: 6459–6468.
- STMUUV (= Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2020): Erhalt der Moore in Bayern. – Antwort des Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz am 03.04.2020 auf die Anfrage F. von Brunn. – Landtagsdrucksache 18/6329.
- SUCCOW, M. & JESCHKE, L. (2020): Moorlandschaften in Bayern – ein Blick von außen. – Anliegen Natur 42(1): 39–46; www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an42117succow_et_al_2020_moorlandschaften.pdf.
- TIEMEYER, B., ALBIAC-BORRAZ, E., AUGUSTIN, J. et al. (2016): High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. – Global Change Biology 22: 4134–4149; DOI:10.1111/gcb.1330.
- TIEMEYER, B., FREIBAUER, A., BORRAZ, E. A. et al. (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.eco-lind.2019.105838>.
- WEINZIERL, W. & WALDMANN, F. (2015): Ermittlung langjähriger CO₂-Emissionen und Beurteilung der Moore Oberschwabens auf Basis historischer und aktueller Höhengivellements. – Forschungsberichte BWPLUS.
- WHITMIRE, S. L. & HAMILTON, S. K. (2005): Rapid removal of nitrate and sulfate in freshwater wetland sediments. – Journal of Environmental Quality 34 (6): 2062–2071.
- WISMÜLLER, F. X. (1909/1934): Geschichte der Moorkultur in Bayern – Band 1/2. – München; digitale Ausgabe Cornell University 2009.
- WITTNEBEL, M., TIEMEYER, B. & DETTMANN, U. (2021): Peat and other organic soils under agricultural use in Germany: Properties and challenges for classification. – Mires & Peat 27: 19; <http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map27/map2719.php>.
- WITTNEBEL, M., FRANK, S. & TIEMEYER, B. (2023): Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland. – Thünen Working Paper 212, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig: 78 p; https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn066305.pdf.
- ZEPP, S., HEIDEN, U., BACHMANN, M. et al. (2021): Estimation of Soil Organic Carbon Contents in Croplands of Bavaria from SCMap Soil Reflectance Composites. – Remote Sensing 13(16): 3141; <https://doi.org/10.3390/rs13163141>.

Autor



Alfred Ringler

Jahrgang 1946

Aufgewachsen in Erding und Rosenheim. Studium Biologie und Chemie (Lehramt), Examensarbeit: Tourismusauswirkungen auf alpine Vegetation. Biotopkartierung und Projektleiter am Alpeninstitut München mit Schwerpunkt alpine Lebensräume und Moore. 1983–1998 Leitung Landschaftspflegekonzept Bayern (BayStMinUG), danach Leiter der Projektgruppe Landschaft und Artenschutz.

+49 8031 8075052

pla.ringler@t-online.de

Zitiervorschlag

RINGLER, A. (2025): Wieviel Moor gibt es in Bayern? – Anliegen Natur 47(1): 39–56, Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen.