

Einschätzung der THG-Emissionen von Mooren mittels GEST-Ansatz

grundlegend überarbeitetes Handout zum GEST-Kurs 2026



Projektfläche Gelliner Bruch kurz nach Umsetzung der Maßnahmen (Foto: Landgesellschaft M-V)

Ursprüngliche Version von 2023 gefördert durch:

Projekt **MoKka** – Moor-Klimaschutz durch Kapazitätsaufbau



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Grundlegende Überarbeitung in 2026 gefördert durch:



MOOR
AGENTUR MV

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz,
Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Aktionsprogramm
Natürlicher Klimaschutz
Landesminister – Umwelt

begleiten | unterstützen | vernetzen

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erstellt von F. Reichelt, D. Michaelis, A. Mrotzek und J. Couwenberg

Stand Mai 2026

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis.....	4
II. Tabellenverzeichnis.....	5
III. Vorwort zum GEST-Kurs.....	7
IV. Programm.....	8
1 Klimapolitischer Rahmen und Bedarf für GEST-Methode.....	9
2 GEST-Ansatz.....	11
2.1 Kurzbeschreibung der Entstehung.....	11
2.2 Datenlage THG-Emissionen von Offenlandstandorten.....	12
2.2.1 Methan (CH ₄).....	12
2.2.2 Kohlendioxid (CO ₂).....	12
2.2.3 Lachgas (N ₂ O).....	12
2.2.4 Besonderheiten bei Anmooren.....	13
2.3 Emissionsverhalten von Waldmooren.....	14
2.4 Neuerungen durch das Update der GEST-Liste 2026.....	15
2.4.1 Neue GEST-Codes.....	15
2.4.2 Aufgelöste GEST-Klassen (G3f, G3s, G5, G5s, U6w, U8).....	15
2.4.3 Neue GEST-Klassen (D1, M8, M12, M16).....	16
2.4.4 GEST-Klassen mit geringer Stichprobenzahl aber deutlichen Trend.....	16
2.4.5 Special GESTs (S).....	17
2.4.6 Standardabweichungen.....	17
3 THG-Emissionseinschätzung mit GESTs.....	18
3.1 Erfassung von grundlegenden Daten.....	18
3.1.1 Ausdehnung THG-relevanter organischer Böden.....	18
3.1.2 Vegetationskartierung.....	18
3.1.3 Bestimmung der Wasserstufen.....	19
3.1.3.1 Klassische Verfahren basierend auf Bioindikation durch Vegetation.....	19
3.1.3.2 Ableitung der Wasserstufe aus kontinuierlichen Pegelmessreihen.....	22
3.2 GEST-Zuordnung und Ermittlung von THG-Emissionen.....	23
3.3 Die GEST-App der VALPEATS-Gruppe als digitale Unterstützung im Feld.....	24
3.4 Ermittlung der THG-Minderung von Restaurationsprojekten.....	24
3.4.1 Referenz-Szenario (Baseline, Business as usual).....	24
3.4.2 Projekt-Szenario.....	25
3.4.2.1 Bilanz der THG-Emissionsreduktion.....	26

4 Projekttypen und Anwendungsbereiche.....	28
4.1 Ermittlung von THG-Emissionen für bestimmte Zustände.....	28
4.2 Ermittlung von THG-Emissionsminderungen von Restaurationsprojekten.....	28
5 Kriterien für Vertrauenswürdigkeit.....	30
5.1 Zusätzlichkeit.....	30
5.2 Verifizierbarkeit.....	30
5.3 Messbarkeit.....	31
5.4 Konservativität.....	31
5.5 Vertrauenswürdigkeit / Transparenz.....	32
5.6 Nachhaltigkeit.....	32
5.7 Permanenz.....	32
5.8 Referenzzustand.....	33
5.9 Projektlaufzeit.....	34
5.10 Leakage.....	34
6 Umgang mit Unsicherheiten - Methodenkritik.....	35
6.1 Datengrundlage.....	35
6.1.1 Datengrundlage GEST-Emissionsfaktoren.....	35
6.1.2 Wasserstandsschwankungen von Jahr zu Jahr.....	35
6.1.3 Einfluss der Klimaveränderungen.....	36
6.1.4 Ungenauigkeit Datengrundlage Torfausdehnung.....	36
6.2 Anwendung des GEST-Ansatzes.....	37
6.2.1 Unsicherheiten in der Wasserstufenansprache.....	37
6.2.2 Unsicherheiten bei der Entwicklung der Szenarien.....	37
6.2.3 Unsicherheiten in der GEST-Zuordnung.....	37
7 Ausblick.....	39
8 Literaturverzeichnis.....	40
9 Anhang.....	45

I. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schema GEST-Ansatz.....	10
Abb. 2: Klimawirkung der THG-Emissionen von Mooren in Abhängigkeit vom mittleren Jahreswasserstand (nach Reichelt 2015).....	13
Abb. 3: Summarische Klimawirkung der Gase CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O von Mooren in Abhängigkeit vom mittleren Jahreswasserstand (nach Jurasinski et al. 2016).....	13
Abb. 4: Volumetrischer Kohlenstoffgehalt von Böden im Vergleich zum Kohlenstoffgehalt in Masseprozent.....	13

Abb. 5: CO ₂ -Flüsse im Vergleich zur Menge des dynamischen Boden-Kohlenstoff (SOC _{dyn}) für Anmoor-Böden.....	14
Abb. 6: CO ₂ -Emissionstrend für die Physiognomietypen Großseggen und Röhrichte.....	16
Abb. 7: Wasserstufen-Ausbildungen und ihre Wasserstandsamplituden im Jahresverlauf.....	20
Abb. 8: Beispiel für die Wasserstufenbestimmung durch Bioindikation nach Tabelle 6.2 aus Koepke et al. (1985).....	21
Abb. 9: Beispiele für die Wasserstufenbestimmung durch Bioindikation nach Tab. 4-20 aus Succow & Joosten (2001).....	21
Abb. 10: Anwendungsbeispiel für die Ableitung von Wasserstufen aus kontinuierlichen Pegelmessreihen (aeco 2025).....	23
Abb. 11: CO ₂ -Emissionen im Vergleich zum mittleren jährlichen Wasserstand für unterschiedliche Vegetationstypen (Couwenberg et al. 2025).....	38
Abb. 12: CH ₄ -Emissionen im Vergleich zum mittleren jährlichen Wasserstand für unterschiedliche Vegetationstypen (Couwenberg et al. 2025).....	38

II. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wasserstufen und ihre Wasserstände (verändert nach Koska et al. 2001).....	11
Tab. 2: Übersicht zu neuen GEST-Codes für organische Böden.....	15

III. Vorwort zum GEST-Kurs

(GEST – **G**reenhouse gas **E**mission **S**ite **T**ype, Treibhaus**G**as-**E**missions-**S**tandort-**T**yp)

Mit der GEST-Methode können Einschätzungen der Treibhausgas (THG)-Emissionen von Moorstandorten durchgeführt werden.

Der Kurs soll vertiefte Kenntnisse zum GEST-Ansatz vermitteln. In Vorträgen (V) und Workshops (W) werden der klimapolitische Rahmen, die aktuelle Datengrundlage der GESTs, das Prinzip der Wasserstufenansprache, verschiedene Projekttypen, Qualitätskriterien und die Entwicklung von Prognoseszenarien vorgestellt und erarbeitet. Die erworbenen Kenntnisse werden bei praktischen Übungen (P) im Gelände angewendet, diskutiert und im Anschluss ausgewertet.

Der Kurs richtet sich an Personen, die Moor- und Klimaschutzprojekte planen oder umsetzen sowie in anderer Weise die GEST-Methode anwenden möchten.

Vorwissen zu Moor- und Klimaschutzprojekten ist wünschenswert. Für die Einschätzung von THG-Emissionen mittels GEST-Methode sind botanische Artenkenntnisse grundlegend. Derartige Kenntnisse und Kartiererfahrungen sind im Kurs hilfreich.

IV. Programm

Mittwoch 03.06.

- 13:30 – 14:00 Willkommen und Vorstellungsrunde
- 14:00 – 14:30 Klimapolitischer Rahmen & Bedarf für GESTs (V)
- 14:30 – 15:00 Datengrundlage GEST-Ansatz (V)

Kaffeepause

- 15:30 – 16:00 Wasserstufenansprache (V)
- 16:00 – 16:30 Einführung in die GEST-Kartierübungen (V)

Donnerstag 04.06.

- 08:30 – 12:00 GEST-Kartierübung 1 „Degradiertes Wirtschaftsgrünland“ - Ryckniederung (P)

Mittagspause

- 13:00 – 14:15 Kriterien für die Vertrauenswürdigkeit von Kohlenstoffzertifikaten I (V)
- 14:15 – 15:00 Einführung zu Projekttypen (V)

Kaffeepause

- 15:30 – 16:00 Szenarienentwicklung: Vegetation und THG-Emission (W)
- 16:00 – 17:00 Auswertung + Diskussion Szenarienentwicklung (V)

Freitag 05.06.

- 08:00 – 12:00 GEST-Kartierübung 2 „Ungenutzter Nassstandort“ - Jeesser Moor (P)

→ begleitet von Mitarbeitenden aus dem VALPEATS-Projekt des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD und dem Greifswald Moor Centrum (GMC) mit Vorstellung der GEST-App zur digitalen Unterstützung der Kartierarbeit im Gelände

Mittagspause

- 13:00 – 14:00 Auswertung: Wasserstufen, GESTs, THG (V)
- 14:00 – 15:00 Umgang mit Unsicherheiten (V)
- 15:00 – 15:30 Abschluss, Feedback und Evaluation

1 Klimapolitischer Rahmen und Bedarf für GEST-Methode

Das von der globalen Staatengemeinschaft 2015 anerkannte Pariser Klimaschutzabkommen sieht vor, bis zur Mitte des Jahrhunderts die Klimaneutralität zu erreichen. Der globale Temperaturanstieg soll auf deutlich unter 2°C, möglichst auf 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden. Dies impliziert, dass 2050 die anthropogenen CO₂-Emissionen zu netto 0 (Null) zurückgebracht (IPCC 2018, 2021) und alle verbliebenen, unvermeidbaren Quellen durch neue Senken kompensiert sein müssen.

Von den 1,8 Millionen Hektar organischer Böden in Deutschland ist der größte Teil entwässert. Diese Flächen setzen große Mengen Treibhausgase frei (7% der Emissionen in Deutschland, 35% der Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern). Aktuell betragen die CO₂-Emissionen aus den Mooren Deutschlands fast 54 Mio. t pro Jahr (UBA 2023). Die meisten Emissionen treten bei Grünland- und Ackerbewirtschaftung in entwässerten Moorböden auf. Landwirtschaftlich genutzte Moorböden, die nur 7% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands ausmachen, verursachen insgesamt etwa 40 Millionen Tonnen CO₂-Äq. pro Jahr (37% der Treibhausgasemissionen der gesamten Landwirtschaft, UBA 2023).

Entsprechend des Pariser Klimaschutzabkommens muss auch der Sektor der Landnutzung und damit die Bodennutzung auf organischen Böden bei der Emissionsreduktion einbezogen werden und bis 2050 einen Netto-CO₂-Ausstoß von 0 erreichen. Dies setzt eine vollständige Beendigung von CO₂-Emissionen aus Mooren voraus, die bestenfalls auch zu Torfneubildung und folglich zu Kohlenstofffestlegung führen kann. Die Wiedervernässung von Mooren ist die einzige Methode, um Emissionen aus entwässerten Mooren dauerhaft zu vermeiden.

In Bezug auf Moore spielen drei Treibhausgase eine Rolle: Methan (CH₄), Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O). Diese drei Gase haben unterschiedlich starke Effekte auf die Strahlungsbilanz der Erde und verweilen unterschiedlich lange in der Atmosphäre. So wirkt Methan um einiges stärker als CO₂, verbleibt aber im Schnitt nur reichlich 12 Jahre in der Atmosphäre, bis es dort chemisch abgebaut wird. Kohlendioxid ist langlebiger, da es nicht in der Atmosphäre abgebaut, sondern nur von unterschiedlichen natürlichen Senken aufgenommen werden kann. Eine erhöhte Menge CO₂ in der Atmosphäre resultiert in einem neuen Gleichgewichtszustand mit folgenden Senken (von schnell zu langsam reagierend): Lebewesen, Böden, Gewässer, Ozeanböden und Gestein. Ein beachtlicher Teil des heute ausgestoßenen CO₂ ist auch in tausenden Jahren noch in der Atmosphäre. Auch Lachgas ist ein langlebiges Treibhausgas, das außerdem eine sehr starke Klimawirkung hat.

Für die Bewältigung der ‚Klimakrise‘ ist es notwendig, die atmosphärische Konzentration aller drei Gase zu verringern. Der Weltklimarat (IPCC) sieht jedoch im Rahmen von möglichen Verringerungsszenarien, die auch mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen einhergehen, unterschiedliche Ziele für die unterschiedlichen Gase vor (IPCC 2018, 2021). So soll der Ausstoß von CO₂ auf null gesenkt und in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts sogar negativ werden; der Ausstoß von CH₄ und N₂O soll zwar deutlich gesenkt aber nicht auf null gebracht werden. Mit einer Wiedervernässung können die CO₂ (und N₂O) Emissionen tatsächlich auf null gesenkt werden, die CH₄-Emissionen werden dabei allerdings ansteigen. Die Vorgabe des Weltklimarates den Ausstoß aller drei Gase zu verringern kann also nicht gewährleistet werden. Vor dem Hintergrund, dass der jährliche CO₂ Ausstoß null werden muss, der von CH₄ lediglich gesenkt *und* in dem Wissen, dass

Wiedervernässung auf Dauer immer besser für das Klima ist als eine andauernde Entwässerung (Günther et al. 2020; Nugent et al. 2019), ist Wiedervernässung die richtige Wahl, auch wenn das Ergebnis ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten auf den ersten Blick enttäuschen kann.

Die Klimawirksamkeit von Klimaschutzprojekten wird anhand einer THG-Emissionsbilanzierung ermittelt. Grundlage dafür ist zu wissen, wie viel Treibhausgase die Projektfläche vor und nach der Wiedervernässungsmaßnahme emittiert. Da aber die Messung von Spurengasen sehr aufwendig und teuer ist, wurde an der Universität Greifswald der Ansatz der Treibhaus-Gas-Emissions-Standort-Typen (GEST) entwickelt. Er basiert auf der Grundlage, dass die THG-Emissionen aus Mooren größtenteils durch Wasserstand, Landnutzung und Vegetation beschrieben werden können.

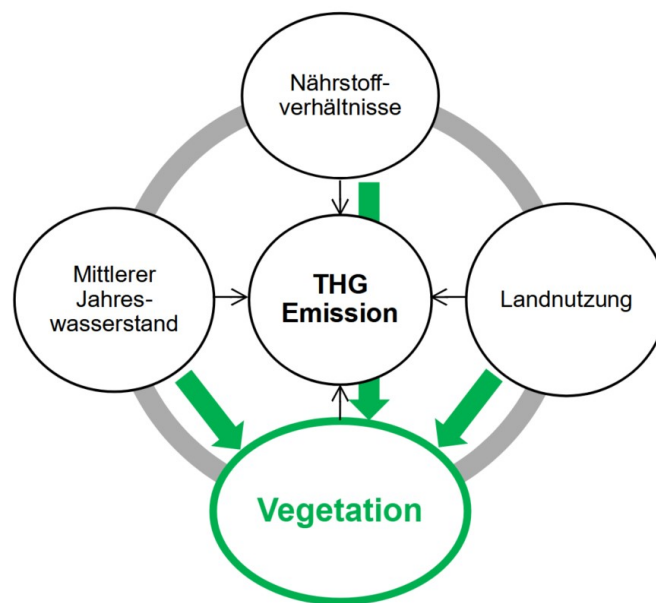


Abb. 1: Schema GEST-Ansatz

Der GEST-Ansatz nutzt dabei die Vegetation selbst als Indikator für die Emissionen, da über die Artzusammensetzung sowohl Aussagen zu Wasserstand und Wasserstandsdynamik als auch zu Nährstoffangebot und der Landnutzung integriert werden können. Die Bioindikation der Wasserstufen erfolgt gemäß TGL 24 300/09 unter Verwendung der Vegetationslisten von Koepke et al. (1985) bzw. Succow & Joosten (2001).

Die Entwicklung der GESTs basiert auf der Auswertung von über 1.000 ganzjährigen CH₄- und CO₂-Messdatensätzen aus Mitteleuropa (Couwenberg et al. in Vorb., Stand 2026). Der GEST-Ansatz wird derzeit u.a. bei der Bilanzierung der Klimaleistung von MoorFutures®-Projekten in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Niedersachsen angewendet (siehe auch Joosten et al. 2013, www.moorfutures.de).

2 GEST-Ansatz

2.1 Kurzbeschreibung der Entstehung

Um Moorstandorte in Mitteleuropa ohne umfängliche Vor-Ort-Messungen und auch auf großen Flächen hinsichtlich ihres aktuellen Emissionsverhaltens einzuschätzen, wurde 2008 an der Universität Greifswald im Auftrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern der GEST-Ansatz entwickelt (Couwenberg et al. 2008, 2011, Reichelt 2015, Couwenberg et al. in Vorb.). Er beschreibt Treibhausgas-Emissions-Standort-Typen (GESTs). Grundlage für diese Standorttypen ist eine umfangreiche Literaturlauswertung von regelmäßigen, mindestens einjährigen Gas-Messreihen mit zugehörigen Standortdaten. Aus den Messreihen wurden auf Jahreswerte hochgerechnete Emissionswerte ermittelt sowie die sie steuernden Begleitparameter wie Wasserstände, Trophie, Bodentyp, Azidität und die Vegetationszusammensetzung in mitteleuropäischen Mooren ausgewertet. Dabei wurde festgestellt, dass unter den vorhandenen Parametern der mittlere jährliche Grundwasserstand die beste einzelne Erklärungsgröße für die CO₂- und CH₄-Emissionen ist. Der mittlere jährliche Grundwasserstand wird in sogenannten Wasserstufen beschrieben (Tab. 1).

Tab. 1: Wasserstufen und ihre Wasserstände (verändert nach Koska et al. 2001). Die Wasserstufen werden charakterisiert durch: WLw: langfristiger, medianer Wasserstand der nassen Saison; WLd: langfristiger, medianer Wasserstand der trockenen Saison; und WD: Wasserversorgungsdefizit. Saisonal schwankende Nässe wird angezeigt durch die Kombination verschiedener Wasserstufen, z.B. 5+/4+ bezeichnet einen WLw innerhalb des 5+ Bereiches und einen WLd innerhalb des 4+ Bereiches. Stark schwankende Nässe wird angezeigt durch das Tilde-Zeichen, z.B. 3~ bezeichnet einen WLw innerhalb des 4+ Bereiches und einen WLd innerhalb des 2+ Bereiches.

Wasserstufe		Wasserstände bezogen auf Oberfläche (+ über, - unter)
7+	oberes Sublitoral	WLw/WLd: +250 bis +140 cm
6+	entspricht geflutet (unteres Eulitoral)	WLw: +150 bis +10 cm; WLd: +140 bis +0 cm
5+	nass (oberes Eulitoral)	WLw: +10 bis -5 cm; WLd: +0 bis -10 cm
4+	halbnass (sehr feucht)	WLw: -5 bis -15 cm; WLd: -10 bis -20 cm
3+	feucht	WLw: -15 bis -35 cm; WLd: -20 bis -45 cm
2+	mäßig feucht	WLw: -35 bis -70 cm; WLd: -45 bis -85 cm
2-	moderat trocken	WD: <60 l/m ²
3-	trocken	WD: 60-100 l/m ²
4-	sehr trocken	WD: 100-140 l/m ²
5-	extrem trocken	WD: >140 l/m ²

Darüber hinaus beeinflusst an nassen Standorten das Vorkommen von Pflanzen mit einem Aerenchym die CH_4 -Emissionen, weil diese Pflanzen CH_4 über ihre in der anaeroben Zone wurzelnden Rhizome direkt an die Geländeoberfläche leiten. Zu diesen sogenannten „shunt-Arten“ zählen z.B. *Phragmites australis*, *Eriophorum angustifolium*, *Phalaris arundinacea*, *Cladium mariscus*, *Carex* spp., *Juncus* spec. und *Scirpus* spec. (vgl. Couwenberg & Fritz 2012)

Beim GEST-Ansatz bleiben die N_2O -Emissionen bisher unberücksichtigt, weil diese sehr erratisch sind und breit einsetzbare Indikatoren für N_2O -Flüsse von organischen Böden bisher fehlen. Neben dem mittleren Jahreswasserstand spielen auch Bewirtschaftungsaspekte wie Umbruch und Düngung eine entscheidende Rolle. Die Nicht-Berücksichtigung von N_2O -Emissionen bei der THG-Bilanzierung von Moor-Restaurationsprojekten führt zu einer konservativen Einschätzung (s. Kap. 5.4), da N_2O -Emissionen ihren Schwerpunkt auf entwässerten, landwirtschaftlich genutzten Flächen haben und auf sehr feuchten bis nassen Flächen gegen Null gehen. Einen groben Ansatz zur Einschätzung bilden die Emissionsfaktoren die auch in der nationalen Berichterstattung Verwendung finden (Tiemeyer et al. 2020).

2.2 Datenlage THG-Emissionen von Offenlandstandorten

2.2.1 Methan (CH_4)

Die jährlichen CH_4 -Emissionen von temperaten Offenland-Mooren in Mitteleuropa hängen deutlich vom mittleren jährlichen Wasserstand (MJWS) ab (rote Linie, Abb. 2). Unterhalb eines MJWS von -25 cm (d.h. mehr als 25 cm unter Flur) treten nur sehr geringe CH_4 -Emissionen von $< 0,5\text{ t CO}_2\text{-Äq. ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ auf, welche jedoch mit steigendem MJWS sprunghaft ansteigen. Ab einem MJWS von $+25\text{ cm}$ (d.h. mehr als 25 cm über Flur) flacht der Anstieg der CH_4 -Emissionen ab und bleibt bis zu einem MJWS $> 50\text{ cm}$ auf dauerhaft hohem Niveau ($> 15\text{ t CO}_2\text{-Äq. ha}^{-1}\text{a}^{-1}$). Einige stark überstaute Offenland-Standorte weisen besonders hohe CH_4 -Emissionen auf ($> 30\text{ t CO}_2\text{-Äq. ha}^{-1}\text{a}^{-1}$), welche hauptsächlich durch atypische Standortverhältnisse hervorgerufen werden (z.B. hohe Einträge von leicht abbaubarer Biomasse oder gelösten Kohlenstoff).

2.2.2 Kohlendioxid (CO_2)

Die jährlichen CO_2 -Emissionen zeigen eine lineare Korrelation zum mittleren MJWS (grüne Linie, Abb. 2). Sehr hohe CO_2 -Emissionen ($> 30\text{ t CO}_2\text{ ha}^{-1}\text{a}^{-1}$) treten bei niedrigen MJWS auf ($< -60\text{ cm}$), wohingegen bei hohen MJWS ($> 0\text{ cm}$) Kohlenstoffakkumulation stattfindet. Neben dem MJWS sind die CO_2 -Emissionen charakterisiert von der Kohlenstoffmenge, welche mit Sauerstoff in Kontakt kommt. Demnach sind, bezogen auf den belüfteten Bodenhorizont, auch Torfmächtigkeit und absoluter Kohlenstoffgehalt entscheidende Einflussgrößen.

2.2.3 Lachgas (N_2O)

Hohe Lachgas-Emissionen treten nur auf entwässerten Standorten auf und sind auf Standorte mit einem MJWS von unter -15 cm beschränkt (blaue Linie, Abb. 2). Die höchsten N_2O -Emissionen wurden bisher auf entwässerten Weiden und Ackerstandorten gemessen, auf welchen Düngemittel und Gülle ausgebracht wurden oder Düngung durch Weidetiere stattfand. N_2O -Emissionen sind von

Produktions- und Reduktionsprozessen im Boden abhängig. Da diese kleinflächig sehr unterschiedlich sind, ist auch das Auftreten von N_2O -Emissionen sehr heterogen. MJWS und Stickstoffimport allein sind nicht als eindeutige Indikatoren für N_2O -Emissionen geeignet. Fest steht aber, dass durch Anhebung der Wasserstände auf Flurniveau N_2O -Emissionen nahezu vollständig vermieden werden.

Aus der summarischen Klimawirkung der drei Gase geht hervor, dass die geringsten THG-Emissionen bei einem mittleren Jahreswasserstand von -15 bis $+5$ cm über Flur auftreten (Abb. 3).

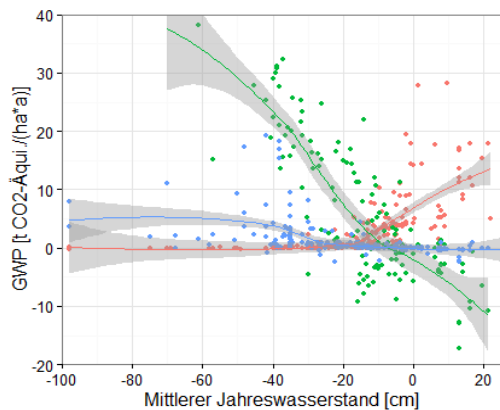


Abb. 2: Klimawirkung der THG-Emissionen von Mooren in Abhängigkeit vom mittleren Jahreswasserstand (nach Reichelt 2015)

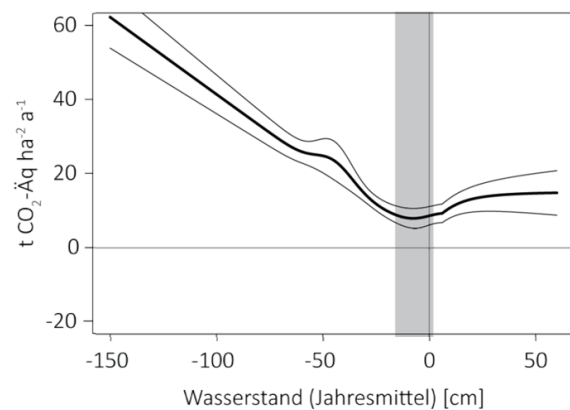


Abb. 3: Summarische Klimawirkung der Gase CO_2 , CH_4 und N_2O von Mooren in Abhängigkeit vom mittleren Jahreswasserstand (nach Jurasinski et al. 2016)

2.2.4 Besonderheiten bei Anmooren

Anmoore sind Standorte auf organischen Böden, welche aufgrund von geringmächtigen Torfen (<30 cm) oder geringen prozentualen Kohlenstoffgehalten ($C_w < 18\%$, Masse-Prozent) laut Definition nicht als Moore bezeichnet werden. Allerdings können Anmoore trotz geringen C_w -Anteils einen sehr hohen volumetrischen Kohlenstoffgehalt (C_{vol} in kg pro m^3) im Oberboden aufweisen, teilweise sogar mehr Kohlenstoff beinhalten als Volltorfe (Abb. 4).

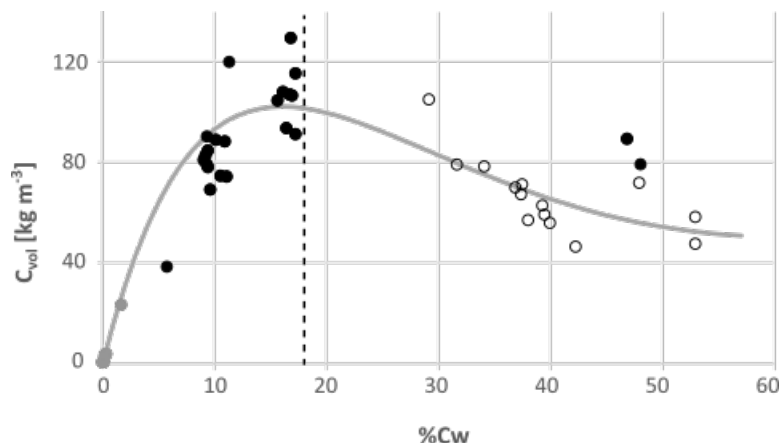


Abb. 4: Volumetrischer Kohlenstoffgehalt von Böden (C_{vol} in kg m^{-3}) im Vergleich zum Kohlenstoffgehalt in Masseprozent ($\%C_w$ in $\text{kg C pro kg trockener Boden} \times 100\%$). Die graue Linie zeigt den allgemeinen Zusammenhang abgeleitet aus Rühlmann und Körschens (2009). Die offenen Kreise zeigen Mittelwerte für Moorböden in Deutschland (Roßkopf et al. 2015). Die schwarzen Kreise stellen Messungen von Leiber-Sauheitl et al. 2014, Eickenscheidt et al. (2015) und Pohl et al. (2015) dar. Die grauen Punkte stammen von Mineralböden aus Pohl et al. (2015). Die gestrichelte Linie stellt die $18\% C_w$ -Marke dar, welche die allgemein gebräuchliche Mindest-Kohlenstoffkonzentration für Moorböden ist. (Grafik: Couwenberg et al. (in Vorb.))

Pohl et al. (2015) zeigen, dass CO_2 -Flüsse stark mit der Menge des organischen Bodenkohlenstoffes (soil organic carbon, SOC) oberhalb des Wasserstandes korrelieren. Bei ihrem Ansatz berechneten sie auf Basis von C_{vol} -Daten von Bodenprofilen und den Veränderungen des Jahreswasserstandes, wie viel Bodenkohlenstoff über das Jahr Sauerstoff ausgesetzt ist – die sogenannte dynamische Menge an belüfteten SOC (SOC_{dyn}). Ein daran angelehnter Vergleich von Couwenberg et al. (in Vorb.) konnte diesen Zusammenhang für Messdaten aus anderen Studien bestätigen (Abb. 5). Dementsprechend wird angenommen, dass Anmoore unter der Berücksichtigung der Horizontmächtigkeit und des organischen Bodenanteils ein ähnliches CO_2 -Emissionsverhalten wie Moorböden haben.

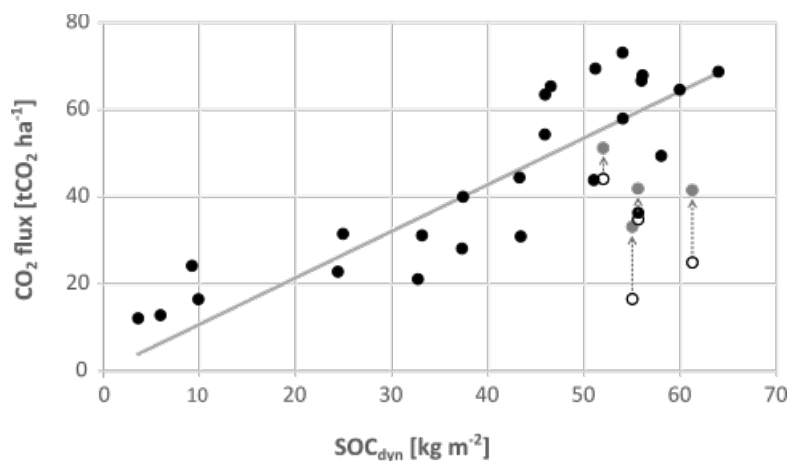


Abb. 5: CO_2 -Flüsse (CO_2 flux in $\text{t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$) im Vergleich zur Menge des dynamischen Boden-Kohlenstoff (SOC_{dyn}) für Anmoor-Böden. Die offenen Kreise stellen Standorte dar, wo Biomasse auf dem Feld zurückgelassen wurde. Die Ernte-Korrektur für diese (Pfeile) führt zu den grauen Punkten. Die graue Linie zeigt die Regression für die schwarzen Punkte. (Grafik: Couwenberg et al. (in Vorb.) basierend auf Daten von Elsgaard et al. (2012), Leiber-Sauheitl et al. (2014), Eickenscheidt et al. (2015) und Pohl et al. (2015)).

2.3 Emissionsverhalten von Waldmooren

Für die Klimarelevanz bewaldeter Moorstandorte der temperaten Zone Europas liegen aufgrund der Komplexität des Ökosystems "Wald auf Moor" bisher kaum verlässliche Gasfluss-Daten aus direkten Messungen vor (Jurasinski et al. 2023). Die zwei häufigsten Messmethoden für Gasflüsse auf Moorstandorten sind die Haubenmessung und die Eddy-Covariance-Messung. Erstere beruht auf der Messung der Änderung von Gaskonzentrationen in einer abgeschlossenen Haube, welche für Wälder aufgrund der Höhe der Vegetation nicht praktikabel ist. Die Eddy-Covariance-Methode beruht auf der mikrometeorologischen Messung der Gaskonzentration in kleinen Luftverwirbelungen (sog. "Eddies") mehrere Meter über der Bezugsfläche. Zwar existieren mittlerweile auch Messdaten von ausreichend hohen Eddy-Türmen über Waldstandorten, jedoch nur für größere Referenzflächen, die keine Trennung der Emissionen nach ihrer Herkunft (Torfmineralisation bzw. -wachstum, unterirdische Biomasse, oberirdische Biomasse...) und kleinräumig unterschiedlicher Standortfaktoren erlauben.

Bestockte Moorstandorte weisen aufgrund des feuchteren Mikroklimas geringere THG-Emissionen als ähnlich tief entwässerte Offenlandstandorte auf. Daher führt eine schlichte Übertragung der aktuellen GEST-Emissionsfaktoren der Offenlandstandorte auf bestockte Waldmoorstandorte sehr

wahrscheinlich zu einer deutlichen Überschätzung. Ein aktuelles Review zu THG-Bilanzen von Waldmoorstandorten wurde im Rahmen des WaMoBiKi-Projektes vom Thünen-Institut für Waldökosysteme und der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde durchgeführt (Wellbrock et al. 2025), allerdings steht die Veröffentlichung der Ergebnisse derzeit noch aus (Protze et al. in Druck). Bis dahin können die default Emissionsfaktoren des IPCC (IPCC 2014) genutzt werden.

2.4 Neuerungen durch das Update der GEST-Liste 2026

2.4.1 Neue GEST-Codes

Da die bisherige Codierung teilweise missverständlich war, wurden neue GEST-Codes vergeben, welche in folgender Tabelle aufgeführt sind.

Tab. 2: Übersicht zu neuen GEST-Codes für organische Böden

GEST-Code	Bezeichnung (engl./dt.)	Charakterisierung
G	<u>G</u> asslands / Grünländer	Wiesen und Weiden, tlw. auch kurzweilige Brachen des Offenlandes solange noch kein explizit Stauden, Ried- oder Röhrichstandort
C	<u>C</u> roplands / Äcker	Ackerstandorte aller Art
D	<u>D</u> itches / Gräben	Wasserführende Entwässerungsgräben
U	<u>U</u> nvegetated / vegetationslos	Vegetationslose Standorte, v.a. im Zusammenhang mit Torfabbau
M	<u>M</u> ire-typical vegetation / moortypische Vegetation	Moortypische Standorte im weiteren Sinne, inkl. Degradationsstadien, sporadischer bis jährlicher Pflegemahd, Brachen
P	<u>P</u> aludiculture / Paludikultur	Explizite Paludikulturstandorte (bisher nur belastbare Daten für Torfmoosanbau)

2.4.2 Aufgelöste GEST-Klassen (G3f, G3s, G5, G5s, U6w, U8)

Alle G3-GEST-Unterklassen (Feucht bis sehr feuchte Moorgrünländer) wurden aufgelöst, da sie sich auch nach dem Update nur bezüglich der Methanemissionen und auch nur geringfügig unterscheiden haben. Die Messdaten von G3f (Flutrasen) und G3s (Feuchte bis sehr feuchte Moorgrünländer mit Shunt-Arten) sind daher nun alle in G3. Der um 1,5 t CO₂e pro Hektar und Jahr geringfügig höhere GEST ist jedoch nicht auf die Umstrukturierung sondern auf die Integration neuer Messdaten (maßgeblich für CO₂) zurückzuführen.

Die GEST-Klassen G5 und G5s (Nasses Moorgrünland ohne/mit Shunt-Arten) wurden aufgelöst, da Grünlandnutzung bei dieser Wasserstufe unkonventionell und nicht mit herkömmlicher Technik

stattfinden kann. Die Messdaten aus diesen GESTs sind Nasstandorten bzw. Niedermoor-Paludikulturen (verschiedene Special-GESTs) zugeordnet worden.

Die GEST-Klassen U6w (Wechselfeuchte Großseggenriede) und U8 (Nasse Wiesen und Hochstauden) konnten nach dem Update nicht bestätigt werden. Zudem wurden neue Erkenntnisse zu den jeweiligen Standortdaten aus Sekundärliteratur gewonnen, weshalb die Messdaten von U6w in den Special-GEST S8 (kürzlich wiedervernässte Standorte) und von U8 in M7 (Nasse Kleinseggenriede mit Mooschicht) zugeordnet wurden.

2.4.3 Neue GEST-Klassen (D1, M8, M12, M16)

Es gibt folgende neue GEST-Klassen:

- D1: wasserführende Entwässerungsgräben
- M8: feuchte Großseggenriede (Sommerwasserstufe 3+)
- M12: sehr feuchte Großröhrichte (Sommerwasserstufe 4+)
- M16: offenes Wasser mit submersen Makrophyten (Sommerwasserstufe 6+)

2.4.4 GEST-Klassen mit geringer Stichprobenzahl aber deutlichen Trend

Es gibt drei GEST-Klassen, welche für CO₂ auf der Basis von weniger als drei Jahresbilanzen beruhen (Vgl. Anhang V).

Für G4s (Sehr feuchte Moorgrünländer mit Shunt-Arten) beruht der Teilfaktor für CO₂ auf den gleichen Datensätzen wie für G4 (ohne Shunts), da deren CO₂-Emissionen keine Unterscheidung zwischen An- und Abwesenheit von Shunt-Arten aufweisen.

Für M10 (Nasse Großseggenriede) und M12 (Sehr feuchte Großröhrichte) liegt zwar jeweils nur ein CO₂-Jahresmesswert vor, jedoch werden diese Teilfaktoren für CO₂ von den linearen Trends innerhalb der Physiognomietypen (Großseggen bzw. Großröhricht, Abb. 6) über den Gradienten des mittleren Jahreswasserstands hinweg bestätigt.

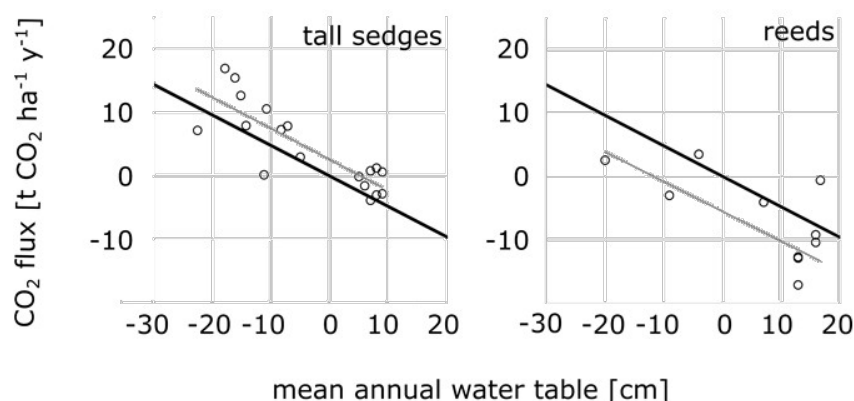


Abb. 6: CO₂-Emissionstrend für die Physiognomietypen Großseggen und Röhrichte, schwarze Linien – CO₂-Emissionstrend über alle CO₂-Messdaten (Messpunkte nicht dargestellt), graue Linien – CO₂-Emissionstrend für die jeweiligen Subsets, Kreise – CO₂-Messpunkte der jeweiligen Subsets (Couwenberg et al. in Vorb.)

2.4.5 Special GESTs (S)

Neben den regulären (Haupt-) GESTs existieren nach dem Update 19 Special-GESTs für Sonderstandorte deren Emissionsverhalten bisher noch nicht ausreichend genug verstanden ist, da sie stark von den THG-Emissions-Trends der Haupt-GESTs (G, C, D, U, M, P) abweichen und häufig nur auf Einzelstandorten gemessen wurden.

2.4.6 Standardabweichungen

Die neue GEST-Liste enthält nun auch Angaben zur Standardabweichung für die Teilfaktoren von CO₂ und CH₄. In Prozent angegeben schwankt die Standardabweichung zwischen 25 bis 460 % für die Haupt-GESTs und 20 bis 2.400 % für die Special-GESTs. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Standardabweichung angegeben in Prozent nur bedingt geeignet ist, um die Genauigkeit der GEST-Emissionsfaktoren zu beurteilen, da sie bei sehr geringen Mittelwerten sehr empfindlich ausfällt (z.B. bei CH₄-Emissionen auf stark entwässerten Moorgrünländern oder CO₂-Emissionen von nassen Torfmoos- oder Röhricht-Standorten).

3 THG-Emissionseinschätzung mit GESTs

3.1 Erfassung von grundlegenden Daten

3.1.1 Ausdehnung THG-relevanter organischer Böden

Die Ausdehnung organischer Böden stellt die Bezugsfläche der THG-Bilanzierung innerhalb eines Projektgebiets dar. Grundlegend kann auf die Abgrenzung der organischen Böden aus den Länder- oder Bundesdatensätzen zurückgegriffen werden. Da diese Daten im Detail stark von der Realität abweichen können bzw. teilweise nicht die gewünschte Auflösung haben, sind sie für viele Zertifizierungszwecke nicht geeignet. In solchen Fällen sind Torfsondierungen unumgänglich. Diese sollen den Übergang zu angrenzenden Mineralböden und auch flachgründige Bereiche nachvollziehbar ausgrenzen – je heterogener das Projektgebiet hinsichtlich der Torfmächtigkeit, desto mehr Bohrpunkte sind nötig. Zur Orientierung, aber auch zur späteren Projektion der Bohrpunkte auf die Fläche ist das DGM1 gut geeignet – besonders hilfreich auf Niedermoorstandorten, bei Hochmooren und geneigten Mooren jedoch mit Vorsicht zu nutzen.

Prinzipiell eignet sich der GEST-Ansatz für Moorböden und Moorfolgeböden, aber auch für An-/Abmoorböden und flachgründige Moorböden, da diese in der Regel auch große Mengen an Bodenkohlenstoff enthalten (Abb. 3) und hohe THG-Emissionen aufweisen können (Drösler et al. 2013, Eickenscheidt et al. 2015, Pohl et al. 2015, Tiemeyer et al. 2016).

Die fortwährende Oxidation des Torfes im Referenz-Szenario (Baseline) kann in Teilen des Projektgebietes zur vollständigen Torferschöpfung vor dem Ende der Projektlaufzeit führen. Diese Bereiche müssen daher bei der Bilanzierung von THG-Einsparungen spätestens ab dem jeweiligen Torferschöpfungszeitpunkt von der Bilanzierung ausgeschlossen werden. Die Torferschöpfungszeit berechnet sich aus der Torfmächtigkeit geteilt durch die jährliche Torferschöpfungsrate. Für Deutschland kann pauschal eine Rate von 1 cm pro Jahr angenommen werden. Für feuchte Standorte kann die Rate deutlich geringer sein. Wenn eine Rate unter 1 cm pro Jahr verwendet wird, soll diese belegt werden, z.B. anhand von Literaturangaben oder Messwerten.

Auch im Projekt-Szenario kann durch fortwährende Oxidation der Torf auf Teilflächen erschöpfen, welche von der Bezugsfläche ausgeschlossen werden sollten. Es kann eine über die Zeit gleichbleibende, konservative (hohe) Zehrungsrate angenommen werden. Zehrungsraten sollen mittels Literaturverweisen oder eigenen Messungen nachvollziehbar als zutreffend bzw. konservativ dargestellt werden.

Die Emissionsfaktoren des GEST-Ansatzes unterscheiden derzeit nicht zwischen unterschiedlichen Torfmächtigkeiten. Wege, Siedlungen und andere flächig (teil-) versiegelte Infrastruktur kann von der Bezugsfläche ausgeschlossen werden, ebenso empfiehlt es sich Grabenstrukturen konservativ auszuschließen (Vgl. Kap. 5 Kriterien).

3.1.2 Vegetationskartierung

Eine Vegetationskartierung erlaubt eine flächendeckende Charakterisierung eines Landschaftsausschnittes. Bei standörtlich geeichten Vegetationstypen wie Vegetationsformen (siehe Succow & Joosten 2001) ist eine Ableitung von Standortfaktoren wie Trophie, Wasserstufe und

Säure-Basen-Stufe möglich. Dazu empfiehlt es sich, die Vegetation in gut entwickeltem Zustand, etwa von Mitte Mai bis August/September zu kartieren.

Als Grundlage für eine Kartierung können entzerrte Luftbilder genutzt werden, von denen alle erkennbaren Vegetationsgrenzen innerhalb des Projektgebietes übernommen werden. Bei der Geländearbeit ist es empfehlenswert, entlang der auftretenden Standortgradienten (wie von trocken zu nass) Transekte abzulaufen und dabei die Grenzen der Vegetationsbestände zu erfassen und innerhalb der Bestände Vegetationsaufnahmen zu erstellen. Für die Bestimmung von Wasserstufen sind in der Regel reine Artenliste ausreichend, jedoch ist es meistens sinnvoll, auch wenigstens eine semiquantitative Erfassung des jeweiligen Artenspektrums vorzunehmen. Soll eine Vergleichbarkeit mit früheren Arbeiten und/oder ein tiefergehendes Monitoring zu Biodiversitätsfragen stattfinden, ist die Verwendung von feiner skalierten Schlüsseln sinnvoll, wie z.B. der weitverbreiteten Skala nach Braun-Blanquet (1964), Pfadenhauer et al. (1986) oder Londo (1976). Anschließend müssen die Ausgangskarte und die verschiedenen Transekte miteinander verschnitten und die Vegetationseinheiten durch Zuordnung zu Vegetationstypen oder gleich direkt in Wasserstufen in eine Karte überführt werden.

Die Verwendung von Biotoptypen ist wegen der weiten Fassung einiger Biotoptypen von Mooren nur eingeschränkt in Abhängigkeit vom Zweck der THG-Einschätzung zu empfehlen. So umfasst der Biotoptyp Basen-Zwischenmoor im Kartierschlüssel für Mecklenburg-Vorpommern (MZB, s. LUNG 2013) eine Spannbreite vom gleichmäßig nassen Krummmoos-Seggenried über das oberflächlich versauernde Gelbtorfmoos-Seggenried bis hin zum Rohrkolben-Schnabelseggenried eher sekundärer Standorte und von Torfmoosrasen über Seggenriede bis hin zu Röhrichtern verschiedene Physiognomietypen, welchen jeweils unterschiedliche GESTs zugeordnet werden könnten. Andere Biotoptypen wie zum Beispiel Intensivgrünländer (GIO) oder Schilfröhrichte (VRP, VRL, ebd.) differenzieren nicht genau zwischen einzelnen Wasserstufen. Zudem sind die bestehenden Biotopdaten auf Landes- und Bundesebene sehr unterschiedlich, da jedes Land und der Bund eigene Kartierschlüssel haben.

Noch weiter gefasst sind die FFH-Lebensraumtypen. Zum FFH-Typ 7140 Übergangs- und Schwingrasenmoore werden neben dem eben erwähnten Biotoptyp Basen-Zwischenmoor auch noch die Biotoptypen Pfeifengras-Hochstaudenstadium der Basen-Zwischenmoore und Gehölz-/Gebüschstadium der Basen-Zwischenmoore zugeordnet. Biotoptypen eignen sich in der Regel nur für regionale THG-Einschätzungen (Kap. 4.1 b) oder die Ermittlung der THG-Einsparung von Biodiversitätsprojekten zu Kommunikationszwecken (Kap. 4.2 c), jedoch nicht für die Bilanzierung von Kohlenstoffzertifikaten (Kap. 4.2 a+b).

3.1.3 Bestimmung der Wasserstufen

3.1.3.1 Klassische Verfahren basierend auf Bioindikation durch Vegetation

Die Wasserstufe beschreibt, wie stark ein Standort von Nässe (positive Wasserstufen) oder Trockenheit (negative Wasserstufen) betroffen ist. Standorte mit gleichmäßig günstiger Wasserversorgung für das (konventionelle Nutz-) Pflanzenwachstum werden mit 1± gekennzeichnet. Auf Moorstandorten regelmäßig anzutreffen sind die Stufen 2+ (frisch), 3+ (feucht), 4+ (halbnass) und

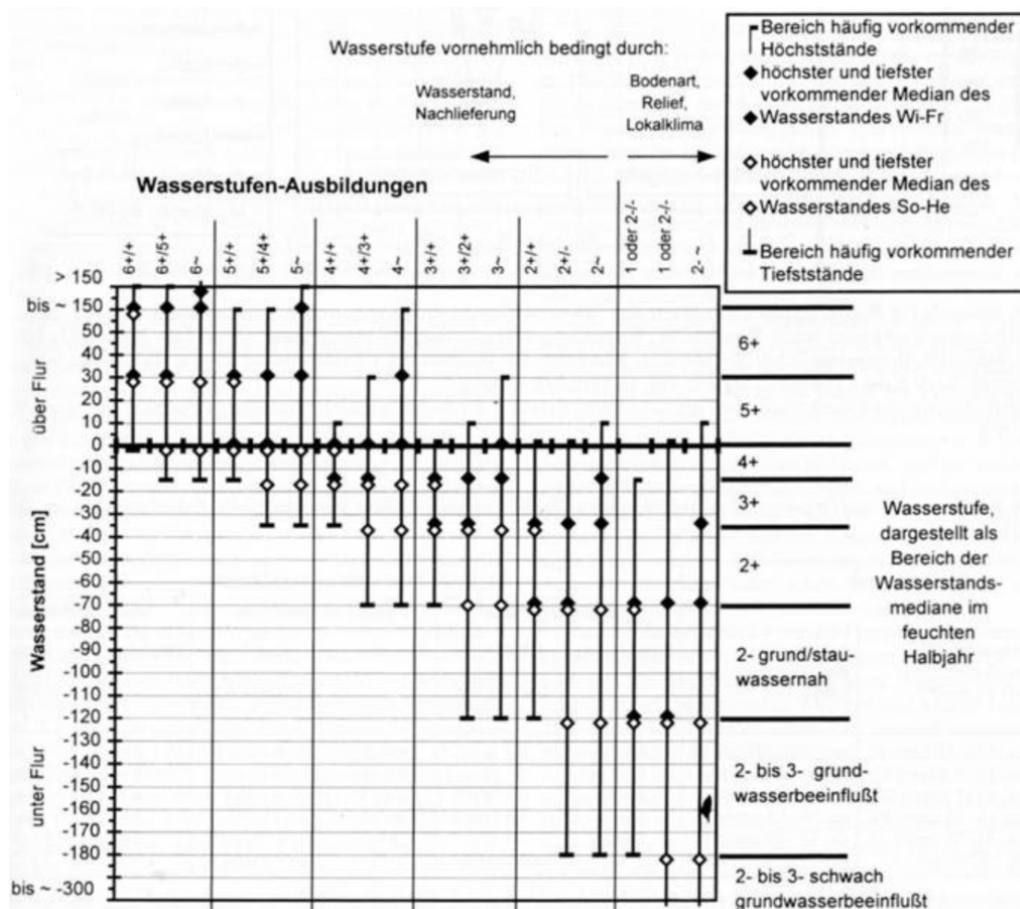


Abb. 7: Wasserstufen-Ausbildungen und ihre Wasserstandsamplituden im Jahresverlauf (Succow & Joosten 2001)

Die Bestimmung der Wasserstufe mit Hilfe der Vegetation kann über zwei unterschiedliche Ansätze erfolgen. Einen Weg beschreibt die TGL 24 300/09 (Anhang I). Dazu werden auf einer quasihomogenen Fläche alle Gefäßpflanzen erfasst und unter Anwendung der Artenlisten aus Koepke et al. 1985 (Anhang II) die angegebenen Standortamplituden in eine Tabelle eingetragen (Abb. 8). Die am häufigsten auftretende Wasserstufe wird als die Stufe dieses Standortes behandelt. Gibt es eine zweite Wasserstufe mit einer nur geringfügig geringeren Häufigkeit, so drückt diese Stufe eine Tendenz des Standortes in die betreffende Richtung aus.

Beispiel für Wasserstufenbestimmung nach Übersicht 6.2

Bohrpunkt: 2
Datum: 26.6.85

Standort: Rotes Luch
Bodenform: Torfflachsand-
Mulmen
Vegetationsform: Bärenklau-
Queckengrasland

Pflanzenarten	W a s s e r s t u f e n										
	5+	4+	3+	2+	2 ⁺	4+	3+	2-	2+	3 ⁺	3-
						2-	2-		3-		
Quecke				+	+	+	+	+	+	+	+
Knaulgras				+	+		+	+	+	+	+
Wiesenrispe			+	+	+		+	+	+	+	+
Gemeine Rispe		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bärenklau				+	+		+	+	+	+	+
Große Brennessel				+	+		+	+	+	+	+
Wiesenkerbel				+	+			+	+	+	+
Weißklee			+	+	+		+	+	+	+	+
Löwenzahn				+	+		+	+	+	+	+
Vogelmiere				+	+		+	+	+	+	+
Stumpfbblätteriger				+	+		+	+	+	+	+
Ampfer								+	+	+	+
Schafgarbe								+	+	+	+
Summe		1	3	8	11	2	5	12	8	8	8

Wasserstufe: 2- (mit Tendenz zu 2⁺)

Abb. 8: Beispiel für die Wasserstufenbestimmung durch Bioindikation nach Tabelle 6.2 aus Koepeke et al. (1985) anhand der Vegetation (siehe auch Anhang II)

Die zweite Möglichkeit der Bestimmung der Wasserstufe liegt in der Kombination von standörtlich geeichten ökologisch-soziologischen Artengruppen wie sie in Succow & Joosten (2001) aufgeführt sind (Anhang III & IV). Dabei kennzeichnet in der Regel der Überlappungsbereich unterschiedlicher Artengruppen die Wasserstufe, es kann aber auch das Fehlen einer Artengruppe als negatives Kriterium mit besonderer Vorsicht hinzugezogen werden (Abb. 9).

AG-Nr.	6+	5+	4+	3+	2+	2-
1. Bsp.: 4+Tg m-m (VF-Nr. 43 offen, ungenutzt, s. 4.3.1.3)						
25 Potentilla palustris-Gruppe						
54 Lysimachia thyrsiflora-Gruppe				v		
58 Carex appropinquata-Gruppe						
63 Caltha palustris-Gruppe				v		
66 Ranunculus sceleratus-Gruppe						
71 Thalictrum flavum-Gruppe						
72 Juncus gerardii-Gruppe						
75 Solanum dulcamara-Gruppe						
77 Filipendula ulmaria-Gruppe				v		
83 Galium boreale-Gruppe				v		
85 Polygonum bistorta-Gruppe				v		
86 Cirsium oleraceum-Gruppe				v		
87 Phragmites australis-Gruppe				v		
94 Holcus lanatus-Gruppe				v		
99 Urtica dioica-Gruppe				v		

AG-Nr.	6+	5+	4+	3+	2+	2-
2. Bsp.: 2+Gg e-r (VF-Nr. 58 offen, ungenutzt, s. 4.3.1.8)						
64 Galium palustre-Agg.-Gruppe						
77 Filipendula ulmaria-Gruppe						
78 Lythrum salicaria-Gruppe						
85 Polygonum bistorta-Gruppe						
86 Cirsium oleraceum-Gruppe					v	
87 Phragmites australis-Gruppe					v	
89 Juncus inflexus-Gruppe						
93 Centaurea jacea-Gruppe						
95 Festuca rubra-Agg.-Gruppe					v	
99 Urtica dioica-Gruppe					v	
101 Artemisia vulgaris-Gruppe						

Abb. 9: Beispiele für die Wasserstufenbestimmung durch Bioindikation nach Tab. 4-11 aus Succow & Joosten (2001): links – positive Ausgrenzung durch schmalen Überlappungsbereich der Amplituden der vorkommenden Artengruppen (v); rechts – teilweise negative Ausgrenzung, dadurch dass zwei Artengruppen, welche nässere Wasserstufen anzeigen, nicht vorkommen (siehe auch Anhang III)

Beide Ansätze beruhen darauf, dass sich die Vegetation an den Standort angepasst hat und dessen Ausprägung widerspiegelt. Schwierigkeiten können entstehen durch hinreichend große Veränderungen in der jüngeren Vergangenheit, so dass die Vegetation sich nicht im Gleichgewicht mit den neuen Standortbedingungen befindet. Dabei können sowohl Relikte (Indikatoren früherer Bedingungen) als auch das Fehlen von Anzeigern der aktuellen Bedingungen (Indikatoren noch nicht eingewandert) das Resultat verfälschen. Generell sind artenarme Bestände, in denen nur Arten mit breiter Standortamplitude auftreten, problematisch. In diesen Fällen sollten die Untersuchungen durch die Erhebung von Pegeldaten begleitet werden.

Problematisch sind Standorte mit extremen Wasserstandsschwankungen, bei denen zwischen Basis-Wasserstandsbereich (hoher Winter-Wasserstand) und Absink-Wasserstandsbereich (tiefer Sommer-Wasserstand) zwei Stufen Abstand liegen. Eine lang andauernde tiefe Entwässerung mit fortschreitender Zersetzung und Auflast führt zu einem geringeren Porenvolumen im Torf, wodurch wiederum starke Wasserstandsschwankungen gefördert werden. Derartige Standorte konnten in Succow & Joosten (2001) auf Basis des Kenntnisstandes der 1990er Jahre noch nicht ausreichend bearbeitet werden und verdienen eine besondere Berücksichtigung bei künftigen Datenerhebungen zur Modellanpassung. Die TGL 24 300/09 erwähnt zumindest die Wasserstufen 4+2- und 3+2- sowie die 3±, wobei eine 2- für ein mittleres jährliches Wasserversorgungsdefizit von > 20 bis 60 mm steht, eine 3- ein Defizit von > 60 bis 100 mm bedeutet.

3.1.3.2 Ableitung der Wasserstufe aus kontinuierlichen Pegelmessreihen

Wasserstufen lassen sich auch anhand kontinuierlicher Pegelmessreihen ableiten. Voraussetzung ist, dass die Pegeldaten mindestens für ein komplettes Jahr vorliegen, innerhalb dessen möglichst keine wasserstandsverändernde Aktivitäten stattfanden und je nach Zweck der Bilanzierung mindestens 14-tägig, idealerweise täglich der freie Moorwasserstand gemessen wurde. Dafür werden aus dem Jahresverlauf der Pegeldaten jeweils Wasserstandsmediane für das Winter-Frühjahrs-Halbjahr (Dezember-Mai) und Sommer-Herbst-Halbjahr (Juni-November, s. Succow & Joosten 2001) gebildet und anhand der Mediengrenzen (s. Tab. 1) einer Wasserstufen-Ausbildung zugeordnet. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel der aeco GmbH aus einem MoorFuturesflex-Projekts in Mecklenburg-Vorpommern mit der Jahresganglinie eines Pegels auf der linken und den daraus berechneten Halbjahresmedianen als Boxplot auf der rechten Seite – anhand der Mediane lassen sich für diesen Pegelstandort die Wasserstufe 5+ für das Winter-Frühjahr-Halbjahr und 2+ für das Sommer-Herbst-Halbjahr ableiten, woraus sich eine Wasserstufen-Ausbildung von 5+/2+ ergibt.

Diese Methode kann z.B. beim Monitoring angewendet werden, wenn sich die Vegetation in den ersten Jahren nach Maßnahmenumsetzung noch nicht an die aktuellen Wasserstandsverhältnisse angepasst hat. Die Herausforderung besteht dann darin, von den punktuell ermittelten Wasserstufen zu flächigen Aussagen für das Untersuchungsgebiet zu kommen. Unter Anwendung von gewissen Konservativitätskriterien können digitale Geländemodelle hilfreich sein. Je nach Zweck, Maßnahmen und Projektgebiet können aber auch hydrologische Modellierungen nötig sein, um bessere Ergebnisse zu erzielen.

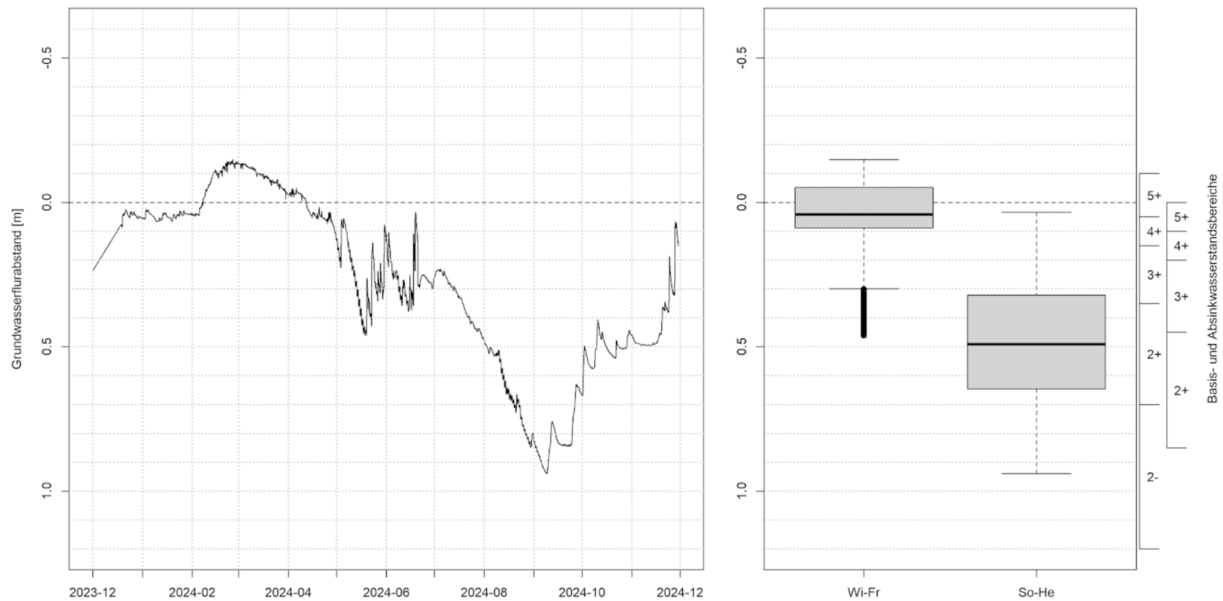


Abb. 10: Anwendungsbeispiel für die Ableitung von Wasserstufen aus kontinuierlichen Pegelmessreihen (aeco 2025)

3.2 GEST-Zuordnung und Ermittlung von THG-Emissionen

Um die THG-Emissionen eines Projektgebiets für einen bestimmten Zustand zu ermitteln, werden die erfassten Grunddaten zu Torfausdehnung, Wasserstufen und Vegetation miteinander verschnitten. Jeder ausgegrenzten Fläche (auch Stratum genannt), wird auf Basis der Kombination aus Wasserstufe und Physiognomietyp (z.B. Grünland, Großseggen, Torfmoosrasen, Röhricht, ...) ein passender GEST aus der aktuellen GEST-Liste zugeordnet (Anhang V). Dabei ist die Ausprägung der Sommer-Wasserstufe entscheidend, bei Koska et al. (2001) auch Absinkwasserstandsbereich genannt. Bei uneindeutigen Kombinationen aus Physiognomietyp und Wasserstufe, sollten GESTs mit möglichst ähnlichen Charakteristika ausgewählt werden. Dabei kann entweder eine konservative Entscheidung getroffen werden oder es werden zwei verschiedene Szenarien bilanziert und die Gesamt-Emission als Spanne angegeben. Lässt sich kein passender GEST finden (z.B. fehlen derzeit noch GESTs für 3+ Röhrichte und Niedermoor-Paludikulturen), können konservative Schätzwerte anhand der Trendlinie für den jeweiligen Vegetationstyp (Abb. 11+ 12, Kap. 6.2.3) ermittelt und genutzt werden.

Die THG-Gesamtemission (E) der Projektfläche ergibt sich aus der Summe der Produkte aus den Teilflächengrößen (A_i) und deren Emissionsfaktoren (EF_i):

$$E = \sum_{i=1}^i (A_i \times EF_i)$$

Mit:

E – Emissionen [t CO₂-Äq.]

A_i – Gesamtfläche eines Stratums im Szenario [ha]

EF_i – Emissionsfaktor des Stratums [t CO₂-Äq. ha⁻¹ Jahr⁻¹]

i – Einzelne Strata des Szenarios

3.3 Die GEST-App der VALPEATS-Gruppe als digitale Unterstützung im Feld

Die VALPEATS-Gruppe (VALuation of PEATland Ecosystem Services), eine Kooperation zwischen dem Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD und der Universität Greifswald, Partner im Greifswald Moor Centrum (GMC), hat eine Anwendung entwickelt, die eine standardisierte und digitale Vegetationskartierung von Mooren ermöglicht. Sie erlaubt es Nutzer*innen, Moorflächen mithilfe von Satellitenbildern vorab zu analysieren, Untersuchungsgebiete festzulegen und anschließend moortypische Pflanzenarten im Gelände zu erfassen. Die Pflanzenbestimmung basiert auf einem umfassenden botanischen Inventar, das verschiedene Schreibweisen sowie eine Auto-Vervollständigung unterstützt, um einen schnellen, reibungslosen und effizienten Arbeitsablauf zu gewährleisten.

Im Rahmen der Feldexkursion am Freitag werden Milan Bergheim und Henriette Rossa die App vorstellen und den Kursteilnehmenden die Möglichkeit geben, diese im Gelände auszuprobieren.

Kontakt:

milan.bergheim@igd-r.fraunhofer.de

henriette.rossa@uni-greifswald.de

URL:

<https://www.igd.fraunhofer.de/de/branchen/biooekonomie-und-smart-farming/moor-wiedervernaessung.html>

3.4 Ermittlung der THG-Minderung von Restaurationsprojekten

Die je nach Ausgangsperspektive zu erwartende oder tatsächlich eingetretene THG-Minderung ergibt sich aus der Differenz von Referenz- und Projekt-Emissionen. Für jeden der beiden Zustände ist mindestens ein Szenario herzuleiten und zu begründen.

Für die Ermittlung des THG-Einsparpotenzials einer Moor-Restaurationsmaßnahme sind folgende Grundlagen nötig:

- Bezugsfläche - Fläche der THG-relevanten organischen Böden (s. Kap. 3.1.1)
- Referenz-Szenario bestehend aus Wasserstufen- und Vegetationskarte (s. Kap. 3.4.1)
- Projektszenario bestehend aus den erwarteten Zielwasserstufen und Vegetationsprognose (s. Kap. 3.4.2)

3.4.1 Referenz-Szenario (Baseline, Business as usual)

Als Referenz-Szenario wird der zukünftige Zustand des Gebietes über die Projektlaufzeit eingeschätzt, wie dieser ohne Durchführung der Projektmaßnahme wahrscheinlich ist. Dafür wird der aktuelle Flächenzustand vor Maßnahmenumsetzung erfasst und in die Zukunft projiziert. Aufgrund längerer

Projektplanungszeiten kann es vorkommen, dass der aktuelle Flächenzustand bereits vom Planungsprozess beeinflusst ist, z.B. wenn Pachtverträge schon im Vorfeld auslaufen oder gekündigt werden, die Flächen brachfallen und die Entwässerung gedrosselt oder ganz abgestellt wird. Dies sind in der Regel Veränderungen, die ohne die Aussicht auf die Projektumsetzung nicht stattgefunden hätten und demnach bei der Entwicklung des Referenz-Szenario ausgeblendet werden sollten. Solange die EU-Agrarförderung weiterhin auch für entwässerte Moorstandorte gilt, ist eine Fortführung der entwässerten Moornutzung meist wahrscheinlich.

$$RE = \sum_{i=1}^{i_R} (A_{Ri} \times EF_i) \times PL$$

Mit:

RE – Referenzemission [t CO₂-Äq.]

A_{Ri} – Gesamtfläche eines Stratum im Referenzszenario [ha]

EF_i – Emissionsfaktor des Stratum [t CO₂-Äq. ha⁻¹ Jahr⁻¹]

PL – Projektlaufzeit [Jahre]

i_R – Einzelne Strata des Referenzszenarios

Zur Berechnung der Referenz-Emission (RE) muss für jede ausgegrenzte Fläche (Stratum) der passenden GEST aus der aktuellen GEST-Liste (Anhang V) zugeordnet werden (s. Kap. 3.2).

3.4.2 Projekt-Szenario

Für das Projekt-Szenario wird in der ex-ante Bilanzierung (s. Box in Kap. 4.2) der zukünftige Zustand des Gebietes über die Projektlaufzeit eingeschätzt, wie dieser nach Durchführung der Projektmaßnahme wahrscheinlich ist. Grundlage dafür sind die erwarteten Wasserstandsänderungen aus dem Planungsprozess, welche ggf. noch in Wasserstufen übertragen werden können (Tab. 1). Darauf aufbauend wird unter Berücksichtigung der zukünftigen Flächennutzung die wahrscheinliche Vegetationsentwicklung abgeleitet.

Mögliche Entwicklungsszenarien für Niedermoore sind:

- Niedermoorgrünland mit Nutzungsaufgabe → 4+/5+ Nachtschatten-Schilfröhrich / 6+ Wasserlinsen Schilfröhrich
- Niedermoorgrünland (Sommermahd) → 4+/5+ Großseggen-Riede / 6+ Schilfröhrich oder Rohrkolben-Röhrich (ungenutzt).

Für Hochmoorstandorte ist die Vegetationsprognose komplexer und abhängig davon, ob z.B. Oberbodenabtrag stattfinden soll und wie groß die Wasserstandsschwankungen ausfallen. Folgende Entwicklungen sind denkbar:

- Hochmoorgrünland (Oberbodenabtrag, Nutzungsaufgabe) → 4+ Pfeifengras-Wollgras-Bestände / 5+ Grüner Wollgras-Torfmoos-Rasen / 6+ Offengewässer ggf. Grüne Torfmooschlenken
- Hochmoorgrünland (ohne Oberbodenabtrag, Nutzungsaufgabe) → 4+ Flatterbinsen-Riede mit Tendenz zur Verbuschung / 5+ Torfmoos-Flatterbinsen-Riede / 6+ Rohrkolbenröhrichte

Allgemein ist durch die sekundäre Relieferung stark degradierter Moorstandorte und zur Abpufferung sommerlicher Wasserverluste ein Überstau auf den tieferliegenden Fläche oft unvermeidbar. In wie fern diese erwartbaren Flachwasserbereiche als Offengewässer erhalten bleiben, ist u.a. abhängig von der Höhe des Überstaus, Windexposition, der Größe der Windangriffsfläche und dem Beweidungsdruck durch Zugvögel. Dies sollte in der Herleitung des Projektszenarios berücksichtigt werden.

Zur Berechnung der Projekt-Emission (PE) muss jeder ausgegrenzte Fläche (Stratum) ein passender GEST aus der aktuellen GEST-Liste (Anhang V) zugeordnet werden (s. Kap. 3.2).

Im Sinne der Konservativität kann eine mögliche C-Senke (Torfbildung) nach der Wiedervernässung, vernachlässigt werden. Der zu erwartenden Methanpeak in der ersten Zeit nach Wiedervernässung kann pauschal mit einbezogen werden. Dafür wird für alle Teilflächen, auf denen Wasserstufen 5+ und 6+ erwartet werden (inkl. geflutete Teilflächen), ein Emissionsaufschlag von 10 t CO₂-Äq. pro Jahr für die ersten 3 Jahre nach Wiedervernässung angenommen.

$$PE = \sum_{i=1}^{i_R} (A_{pi} \times EF_i) \times PL (+ MP)$$

$$MP = 3 \times A_{5+} \times 10 \text{ t CO}_2\text{-Äq.}$$

Mit:

PE – Projektemission [t CO₂-Äq.]

A_{pi} – Gesamtfläche eines Stratums im Projektszenario [ha]

EF_i – Emissionsfaktor des Stratums [t CO₂-Äq. ha⁻¹ Jahr⁻¹]

PL – Projektlaufzeit [Jahre]

MP – Methanpeak [t CO₂-Äq.]

A₅₊ – geschätzte Gesamtfläche der Strata mit einem mittleren Jahreswasserstand von weniger als 15 cm unter Flur (inkl. gefluteter Flächen) nach der Wiedervernässung [ha]

i_R – Einzelne Strata des Referenzszenarios

3.4.2.1 Bilanz der THG-Emissionsreduktion

Für die Berechnung der THG-Emissionsreduktion (ER) sind die Projekt-Emissionen (über die gesamte Projektlaufzeit) mit den Referenz-Emissionen unter der Berücksichtigung möglicher Emissionsverlagerungen (Leakage, vgl. Kap. 5.10) zu verrechnen. Von der daraus resultierenden THG-Emissionsreduktion kann ein Anteil als Risikoreserve zurückgehalten werden (bei MoorFutures z.B. 30 %).

$$ER = RE - PE + EV$$

$$RR = ER \times 0,3$$

$$Z_{max} = ER \times 0,7$$

Mit:

ER – Emissionsreduktion [t CO₂-Äq.]

RE – Referenzemission [t CO₂-Äq.]

PE – Projektemission [t CO₂-Äq.]

EV – Emissionsverlagerung [t CO₂-Äq.]

RR – Risikoreserve [t CO₂-Äq.]

Z_{max} – Maximal verfügbare Zertifikate (ein Zertifikat entspricht 1 t CO₂-Äq.)

Die fakultative Quantifizierung von weiteren Ökosystemdienstleistungen erfolgt nach dem gleichen Ansatz.

4 Projekttypen und Anwendungsbereiche

Die Anforderungen an die THG-Einschätzung von organischen Böden ist abhängig von ihrem Zweck. Dabei können folgende Projekttypen unterschieden werden.

4.1 Ermittlung von THG-Emissionen für bestimmte Zustände

Für die Ermittlung von THG-Emissionen bestimmter Zustände finden häufig möglichst flächendeckende Geodaten zu Moorverbreitung (organische Böden), Vegetation (z.B. Biotoptypenkartierung) und Landnutzung (Biotop- und Nutzungstypenkartierung, Corine-Land-Use-Daten, Landbedeckungsmodell) Verwendung, welche priorisiert und miteinander verschnitten werden können. Anschließend werden den einzelnen Flächen passende Emissionsfaktoren zugeordnet und mit den Teilflächengrößen multipliziert (s. Kap. 3.2). Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass mit steigender Projektflächengröße auch die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sich Fehler aus der Unsicherheitsspanne der teils groben Vegetationskategorien (Präzision der Wasserstufenansprache) aber auch der GEST-Emissionsfaktoren ausmitteln.

Beispiele für THG-Zustandserfassungen sind:

a) **THG-Inventar im Rahmen der Nationale Berichterstattung unter UNFCCC (Vgl. UBA 2022)**

- berücksichtigt den jeweiligen Flächenzustand für jedes Jahr seit 1990
- wird deutschlandweit jährlich durchgeführt
- THG-Emissionsfaktoren stammen vom IPCC und dem Thünen-Institut (IPCC 2014, Tiemeyer et al. 2020)
- Proxies sind Landnutzung, Torfart, und ansatzweise auch Entwässerungstiefe in einem Wasserstandsmodell (Bechtold et al. 2014, Martin 2021)
- noch nicht gut entwickelt für wiedervernässte sowie bestockte Standorte

b) **Identifikation von THG-Hotspots auf regionaler Ebene (Vgl. THG-Karten für Mecklenburg-Vorpommern (Hirschelmann et al. 2020) oder Brandenburg (Reichelt 2021))**

- berücksichtigt je nach Geodatenverfügbarkeit einen möglichst aktuellen Stand
- großräumiger Ansatz via GEST + Experteneinschätzungen
- Verwendung bestehender Geodaten (Moorverbreitung, Biotoptypen, Nutzungstypen)
- Indikatoren: Landnutzung, Torfart, Vegetationstypen

4.2 Ermittlung von THG-Emissionsminderungen von Restaurationsprojekten

Für die Bilanzierung von THG-Emissionsminderungen werden die Zustände vor und nach einer Maßnahmenumsetzung in einem konkreten Projektgebiet dargestellt. Für die Ermittlung von THG-Emissionsminderungen sind je nach Projekttyp unterschiedlich starke Kriterien (s. Kap. 5)

einzuhalten, um die Vertrauenswürdigkeit der THG-Bilanz und schlussendlich der Kohlenstoffzertifikate zu gewährleisten (Joosten et al. 2013).

Aktuell werden drei Projekttypen unterschieden:

a) **Kompensationsprojekte (z.B. Verified Carbon Standard von Verra)**

- Verkauf von (heißer) Luft / Verkauf von „Nichts“
- Kompensation von Emissionen anderenorts
- Bei Überschätzung der Emissionsreduktion, nehmen Klimagase in Atmosphäre zu
- Daher konservative Schätzungen nötig:
 - Auf Nummer sicher gehen
 - Nie mehr verkaufen als versprochen!
 - N₂O weglassen, CH₄-Peak berücksichtigen
- Mehr Präzision = mehr Zertifikate = mehr €

b) **Reduktionsprojekte (z.B. MoorFutures*classic*, MoorFutures*flex*)**

- Verkauf von Emissionsreduktionen (z.B. MoorFutures*flex*) bzw. Anteilsscheine an zukünftig erbrachten Emissionsreduktionen (MoorFutures*classic*), NICHT von Kompensation
- Verkauf trägt zum Erreichen des Pariser Abkommens bei
- Bei Überschätzung der Emissionsreduktion, wird Atmosphäre trotzdem entlastet
- Die Richtung ist wichtiger als die genaue Menge
- Weniger Präzision erforderlich, weniger strenge Konservativitätsmechanismen nötig

c) **Biodiversitätsprojekte / Ökosponsoring (z.B. MOORLAND KlimaSpende)**

- Kein Verkauf von Emissionsreduktionen als Kohlenstoffzertifikate
- THG-Bilanzierung nur zur **Kommunikation** (Effekt des Projektes, Info für Geldgebende)
- Weniger Präzision nötig

BOX 1 - Unterschied zwischen ex-ante und ex-post in der THG-Bilanzierung

THG-Bilanzierungen können aus unterschiedlichen Perspektiven ermittelt werden. Zum Beispiel werden Emissionsminderungen bei MoorFutures*classic*-Projekten vorab (ex-ante) konservativ geschätzt, verkauft und im Laufe des Projektes via Monitoring im Nachhinein verifiziert (ex-post). Bei MoorFutures*flex* werden die Zertifikate ex-post nach verifizierter Emissionsminderung verkauft.

5 Kriterien für Vertrauenswürdigkeit

Projekttyp Kriterien	Einfache interne Einschätzung	Einschätzung für Darstellung nach Außen	(Nationale) Berichterstattung/ Schnelleinschätzung MoorFutures	Ökosponsoring	Minderungszertifikate	Kompensationszertifikate
Was wird bilanziert?	Zustand	Zustand	Zustand	Einsparung	Einsparung	Einsparung
Zusätzlichkeit					X	X
Verifizierbarkeit		X	X	X	X	X
Messbarkeit	X	X	X	X	X	X
Konservativität					(X)	X
Transparenz		X	X	X	X	X
Vertrauenswürdigkeit			X		X	X
Nachhaltigkeit				X	X	X
Permanenz					(X)	(X)
Referenzzustand				X	X	X
Projektlaufzeit					X	X
Leakage				(X)	X	X

5.1 Zusätzlichkeit

Eines der zentralen Kriterien bei Projekten zur Reduktion von THG-Emissionen ist die Zusätzlichkeit. Zusätzlichkeit bedeutet, dass die positiven Effekte für das Klima ohne die Einnahmen aus dem Verkauf der Zertifikate nicht stattgefunden hätten (Raymond 2010). Spontane Entwicklungen oder Entwicklungen, die ohnehin geschehen, z.B. weil sie gesetzlich vorgeschrieben oder ökonomisch attraktiv sind, sind nicht „zusätzlich“, auch wenn sie eine starke Reduktion der THG-Emissionen zur Folge haben.

5.2 Verifizierbarkeit

Die Quantifizierung von Emissionsreduktionen muss anhand vorab festgelegter Kriterien von einer unabhängigen, dritten Partei verifiziert werden können. Dies ist eine zentrale Anforderung der meisten Standards. Dazu ist eine detailliert ausgearbeitete Methodologie erforderlich, in der die Kriterien, nach welchen die Emissionen im Zeitablauf (typisch mit Jahresresolution) überwacht und die Emissionsreduktionen festgestellt werden, beschrieben sind. Die Verifizierbarkeit umfasst

- die Validierung des ganzen Projekts, wobei getestet wird, ob das Projekt den Anforderungen des Standards entspricht und ob die vorgeschlagenen Methodologien für diesen Projekttyp geeignet sind und
- die Verifizierung der periodischen (meist aller fünf bis zehn Jahre erstellten) Monitoringberichte und der Emissionsreduktionen, auf die Anspruch erhoben wird.

Die Emissionsreduktionen müssen generell realisiert und verifiziert worden sein, bevor Kohlenstoffzertifikate ausgegeben werden können.

5.3 Messbarkeit

Die Kohlenstoffmärkte setzen voraus, dass die Emissionsreduktionen eines Projektes transparent und überprüfbar quantifiziert werden können. Ein nahe liegender Ansatz für ein Moorwiedervernässungsprojekt wäre die direkte Messung der THG-Flüsse am Standort vor, während und nach der Wiedervernässung.

Für die Messung detaillierter THG-Flüsse existieren entsprechende Techniken (Minke et al. 2011). Die Haubenmethode (Livingston & Hutchinson 1995, Drösler 2005) ermöglicht Messungen auf kleinen Flächen (einige dm² bis 1m²). Mit „Eddy-Covariance“ (Baldocchi et al. 1988, Lenschow 1995) werden THG-Flüsse größerer Flächen gemessen (typischerweise bis 1 km²).

THG-Flüsse sind abhängig von diversen Standortparametern, die über ein Jahr und zwischen den Jahren stark variieren, wie z.B. Wasserstand, Temperatur, Vegetationswachstum und Landnutzung (Roulet et al. 2007, Nilsson et al. 2008, Maljanen et al. 2010). Um jährliche THG-Bilanzen zu ermitteln, müssten häufig und langfristig Messungen (über einige vollständige Jahre) durchgeführt werden, um die tägliche, jahreszeitliche und jährliche Variabilität abzudecken. Weiterhin müsste auch eine ausreichende Dichte der Beobachtungspunkte erreicht werden, um die oftmals vorhandenen, kleinräumigen Standortmuster zu erfassen.

Diese Anforderungen und die arbeitsaufwändige, komplexe Technik machen umfassende direkte THG-Messungen zum standardmäßigen Monitoring in Klimaprojekten unbezahlbar. Joosten & Couwenberg (2009) geben hierfür eine Größenordnung von 10.000 € pro Hektar und Jahr an. In der Praxis sind direkte Messungen deshalb nur auf ausgewählten Flächen einsetzbar, um Modelle zu entwickeln, zu kalibrieren und zu verifizieren, mit denen dann die THG-Flüsse über sehr viel größere Flächen abgeschätzt werden können. Da diese Modelle leicht erfassbar (praktikabel) und überprüfbar (reproduzierbar, siehe unten) sein müssen, sind einfache Input-Parameter nötig (d.h. die Modelle müssen auf einfachen Indikatoren basieren). Vier Parameter zeichnen sich derzeit als derartige Indikatoren ab: Landnutzung, Wasserstand, Moorsackung und Vegetation.

5.4 Konservativität

THG-Flüsse aus der Landnutzung variieren räumlich und zeitlich stark, unter anderem in Abhängigkeit von den Temperatur- und Wasserstandsbedingungen. Es gibt verschiedene Vorgehensweisen, die Zahl von Kohlenstoffzertifikaten zu bestimmen, die ein Projekt realisiert. Die vom IPCC vorgegebenen pauschalen Emissionsfaktoren („default values“) basieren auf Mittelwerten. Dagegen fordert der

freiwillige Markt (z.B. VCS), dass die Emissionsreduktionen auf der „sicheren Seite“ (d.h. konservativ) abgeschätzt werden, so dass mindestens die Menge geliefert wird, die man verspricht. Dies bedeutet, dass die Emissionen im Referenzszenario unterschätzt und im Projektszenario überschätzt werden sollen. Dabei ist offensichtlich, dass eine zu konservative Schätzung die Menge an erzeugten Kohlenstoffzertifikaten unnötig verringert. Deshalb muss die Messbarkeit (einschließlich Nachvollziehbarkeit und Verifizierbarkeit) durch die Entwicklung von genaueren Methoden verbessert werden, um so die Unsicherheiten möglichst einzuschränken.

5.5 Vertrauenswürdigkeit / Transparenz

Kohlenstoffzertifikate sind eigentumsanalogue Verfügungsrechte, die einen klaren Eigentümer haben müssen. Der Eigentümer hat das Recht, die festgelegte Menge an THG-Emissionen zu emittieren oder dieses zu verkaufen. Wichtig ist, dass das Eigentumsrecht vertraglich festgelegt ist und von einer unabhängigen Institution (z.B. von der Regierung) anerkannt wird und durchgesetzt werden kann.

Mit dem Verkauf tritt der Inhaber alle damit verbundenen Rechte ab. Eine lückenlose und zuverlässige Dokumentation ist erforderlich, nicht nur um Doppelzählungen zu vermeiden, sondern auch um Vertrauen am Markt zu schaffen. Deshalb muss der Handel mit Kohlenstoffzertifikaten unstrittig und in zentralen Registrierungsstellen dokumentiert sein.

5.6 Nachhaltigkeit

Projekte zur Verringerung von THG-Emissionen können auch zur Verbesserung der lokalen sozialökonomischen Bedingungen beitragen, d.h. „nachhaltig“ im Sinne des „Brundtland“-Berichtes (World Commission on Environment and Development 1987) sein oder diese Bedingungen in keinem Fall verschlechtern.

Vor allem der freiwillige Kohlenstoffmarkt, welcher vorrangig zur Darstellung der unternehmerischen Gesellschaftsverantwortung, der „Corporate Social Responsibility“ genutzt wird, ist für derartige Nachhaltigkeitsaspekte sehr aufgeschlossen. Eine mangelnde Akzeptanz in der Region kann durch negative Publizität die erhoffte positive Ausstrahlung des Ankaufs der assoziierten Kohlenstoffzertifikate in Frage stellen. Ein Klimaprojekt zur Erzeugung von gut vermarktbareren Zertifikaten sollte mögliche, damit verbundene Risiken und Chancen im Blick haben und diese gegebenenfalls mit entsprechenden lokalen und regionalen Aufklärungs- und Informationskampagnen frühzeitig ansprechen. Lokale und regionale Akteure und Interessensvertreter sollten möglichst frühzeitig in die Entscheidungsprozesse eingebunden werden.

5.7 Permanenz

In manchen Projekten ist es klar, dass die Emissionsreduktionen nicht rückgängig gemacht werden können, d.h. permanent sind. Methan aus einer Müllkippe, das aufgefangen und verbrannt wird, kann nicht mehr in Methan zurückverwandelt werden und infolgedessen sind die Emissionsreduktionen permanent.

Hingegen kann die Festlegung von THG in Ökosystemen rückgängig gemacht werden und ist dann nicht permanent. Eine Kohlenstofffestlegung durch Aufforstung kann absichtlich (durch Landnutzungsänderung oder Holzernte) oder unabsichtlich (durch Waldbrände oder Kalamitäten) zunichte gemacht werden, wobei der im Wald festgelegte Kohlenstoff wieder in die Atmosphäre emittiert und somit ein Teil der ausgegebenen Kohlenstoffzertifikate vernichtet werden kann.

Um dieses Risiko zu vermeiden oder zu vermindern, müssen Rückfälle („reversals“) durch langfristige Verträge oder gesetzliche Maßnahmen (Nutzungsaufgaben, Ausweisung als Schutzgebiet u.ä.) verhindert und dennoch zusätzlich durch Reservevorräte oder Versicherungen abgedeckt werden.

Weil Klimaprojekte im Landnutzungssektor von Aufforstungsprojekten (also Senkenprojekten) dominiert wurden und werden, betrachtet Verra (Verified Carbon Standard, ehemals VCS) prinzipiell alle Reduktionen in Landnutzungsprojekten als reversibel. Verra fordert, dass ein (oft beträchtlicher) Teil der erzeugten Kohlenstoffzertifikate zur Deckung dieses Risikos als Sicherheitsreserve („non-permanence risk buffer“) vorgehalten und nicht verkauft wird. Dabei gilt: je höher das Rückfallrisiko, umso größer der in der Risikoreserve zurückgehaltene Anteil erzeugter Kohlenstoffzertifikate.

Eine strikte Befolgung der Permanenz-Forderung („Permanenz für die Ewigkeit“) hätte als Konsequenz, dass Moorwiedervernässungsprojekte, die es nicht schaffen, die Torfoxidation vollständig zu beenden und flächenhaft Torfneubildung zu initiieren, nicht den Verra-Kriterien entsprechen. Auch wenn während der Projektlaufzeit enorme Emissionsreduktionen erreicht würden, könnten diese nicht honoriert werden, weil nach der Projektlaufzeit der dauerhafte Schutz des Moorkörpers nicht gegeben wäre. Weil die Forderung einer absoluten Permanenz sehr viele Moorprojekte ausschließen würde, wird dies seit 2012 von VERRA nicht länger verlangt. Das Verra-Permanenz-Kriterium ist derzeit auf 100 Jahre begrenzt (VERRA/VCS 2024). Die maximale Menge an THG-Emissionsreduktionen, die ein Projekt geltend machen kann, entspricht somit der Differenz in Torfkohlenstoffmenge zwischen dem Projekt- und dem Referenzszenario („baseline scenario“) nach 100 Jahren. Damit können sich jetzt auch Moorprojekte für Verra qualifizieren, die keine vollständige Wiedervernässung realisieren und bei denen der Torf (allerdings viel langsamer als ohne Wiedervernässung) weiterhin oxidieren wird.

5.8 Referenzzustand

Jede Emissionsreduktion muss auf einen Referenzzustand bezogen werden („Weniger als was?“). Mit der Klimarahmenkonvention hat die Staatengemeinschaft das Jahr 1990 als Referenz gewählt. Dabei werden die (netto) THG-Flüsse, wobei sowohl Quellen als auch Senken berücksichtigt werden, mit denen aus dem Referenzjahr 1990 verglichen. Auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt ist die Anwendung eines Referenzzustand in der Zukunft üblich (forward looking baseline).

Betrachtet wird die Differenz zwischen den tatsächlichen THG-Flüssen im Anrechnungszeitraum (mit zusätzlichen Klimamaßnahmen) und dem Referenzszenario (ohne zusätzliche Klimamaßnahmen). Es wird also verglichen, wie sich die THG-Flüsse im Projekt gegenüber den THG-Flüssen, die sich über die gleiche Periode ohne die Projektmaßnahmen ergeben hätten („baseline“), verhalten.

5.9 Projektlaufzeit

Die Projektlaufzeit ist der Zeitraum, in dem ein Projekt Kohlenstoffzertifikate generieren kann. Der Zeitraum darf nicht länger sein, als das Projekt als *zusätzlich* betrachtet werden kann. Die Annahmen zur Projektlaufzeit können das Volumen der anrechenbaren Emissionsreduktion eines Projektes maßgeblich beeinflussen. Im Allgemeinen wird gelten, dass mit längerer Projektlaufzeit kumulativ mehr Kohlenstoffzertifikate erzeugt werden.

Mit einer, in die Zukunft projizierten, Emissionsreferenz („forward looking baseline“) hat die Projektlaufzeit großen Einfluss auf die anzunehmenden THG-Flüsse. Wenn sich die wiedervernässten Projektflächen im Referenzszenario bewalden würden (was bei manchen Branchen der Fall sein wird), muss die mitunter beträchtliche Kohlenstofffestlegung in der aufwachsenden Holzbiomasse im Referenzszenario mitgerechnet werden, was wiederum die Reduktion der Emissionen im Projekt verringert.

5.10 Leakage

Leakage wird allgemein als Emissionsverlagerung übersetzt. Leakage deutet auf eine Undichtigkeit (ein „Leck“) in der Projektumgebung hin. Es beinhaltet negative Effekte, die außerhalb des Projektgebietes als Ergebnis der Durchführung der Projektmaßnahmen auftreten. Wenn also ein als Weide oder Wiese genutztes Moorgrünland wiedervernässt wird, ergibt dieses Emissionsreduktionen. Sobald aber der gleiche Landwirt die Beweidung, Heu- oder Silageproduktion auf eine bisher nicht entwässerte und zu diesem Zweck neu entwässerte Fläche verlagert („activity shifting“, Aktivitätsverschiebung), ist der Netto-Gewinn gleich Null oder sogar negativ. Eine weitere Form von Leakage ist das marktbedingte Leakage („market leakage“). Bei dieser finden außerhalb des Projektgebietes Aktivitäten zur Herstellung eines handelbaren Gutes statt, da das Angebot dieses Gutes durch das Projekt verringert wurde. Dadurch werden die THG-Emissionen des Projektes (teilweise) zu Nichte gemacht. Dies trifft zum Beispiel zu, wenn für Torfabbau vorgesehene, entwässerte Moore wiedervernässt werden, der Torfabbau im Ausland aber intensiviert wird, weil die Nachfrage nach Torf gleich bleibt. Als dritte Form von Leakage kann noch ein ökologisches Leakage („ecological leakage“) auftreten, bei der die Wiedervernässung des Projektgebietes zu negativen Effekten auf hydrologisch verbundenen Systemen außerhalb des Projektgebietes führt. Das kann zum Beispiel das verringerte Baumwachstum oder sogar Absterben eines Waldes aufgrund gestiegener Grundwasserstände in den zum Projektgebiet benachbarten Flächen sein. In Wiedervernässungsprojekten sollte daher auch die hydrologische Einbettung des Moores in der Landschaft berücksichtigt werden.

6 Umgang mit Unsicherheiten - Methodenkritik

6.1 Datengrundlage

6.1.1 Datengrundlage GEST-Emissionsfaktoren

Manche GESTs beruhen derzeit noch auf einer geringen Stichprobenzahl, teilweise auch begründeten Annahmen unterstützt durch übergeordnete Trends. Abhilfe können nur neue gewissenhaft durchgeführte THG-Messungen und regelmäßige Aktualisierungen der THG-Datenbank schaffen.

Des Weiteren sind derzeit noch viele Daten von Sonderstandorten („Special GESTs“) nicht vollständig verstanden und daher noch nicht in die (Haupt-) GEST-Liste integriert worden. Scheinbar sind diese Sonderstandorte besonders beliebte Messstandorte. Zum einen liegt dies daran, dass durch Wiedervernässungsmaßnahmen auf stark degradierten organischen Böden zumindest vorübergehend einige solcher Sonderstandorte geschaffen und gemessen werden. Aber auch die heutigen Projektförder- und Publikationskriterien, welche innovative, stark experimentelle und oft kleinflächige Study Designs begünstigen (z.B. experimental warming), tragen dazu bei, dass „klassische“ Standorttypen immer seltener im Fokus von THG-Messkampagnen unter Realbedingungen stehen.

Überstaute Flächen können enorme Methan-Emissionen hervorbringen, v.a. wenn auf eutrophen bis polytrophen Standorten laterale Importe stattfinden und vorwiegend leicht abbaubare schwimmende oder submerse Wasserpflanzen vorkommen. Mittlerweile ist zwar bekannt, dass die anfänglich sehr hohen CH₄-Emissionen nach ca. 10 Jahren auf ein gewöhnliches Maß absinken können, wenn emergente Arten wie z.B. Rohrkolben es schaffen die Fläche zu besiedeln (Antonijević et al. 2023, 2025), bisher beruht dieses Erkenntnis aber nur auf dem Vergleich zweier Messstandorte.

Grabenemissionen sind derzeit noch kontrovers diskutiert. Bisher wurden Gräben konservativ von der Projektfläche ausgeschlossen unter der Annahme, dass Entwässerungsgräben im Referenzszenario (u.a. auch durch hohe DOC-Austräge) hohe Kohlenstoffausträge hervorbringen. Köhn et al. (2021) konnten auf einem wiedervernässten Standort höhere Graben-Emissionen als auf einem entwässerten nachweisen, allerdings ist fraglich, in wie weit die Auswahl der Messstandorte und Messjahre hinsichtlich dieser These optimal ist. Anhand der neuen GESTs für wasserführende Gräben (D1) und offen Wasserflächen (U16) lassen sich zwar fließende Gräben von stehenden Gewässern differenzieren, jedoch fehlen derzeit noch Messdaten für verfüllte Grabenstandorte. Bis auf weiteres kann der Ausschluss von Gräben von der Projektfläche weiterhin als konservativ angenommen werden.

Generell gibt es eine breite Streuung der mittleren jährlichen Grundwasserflurabstände innerhalb der Messdatensätze einzelner GESTs. Die Unsicherheitsspanne kann bis zu 30 cm betragen. Das bedeutet, dass Wasserstände mindestens um 30 cm angehoben werden sollten, um der THG-Bilanz mittels GEST-Ansatz mehr Sicherheit zu geben.

6.1.2 Wasserstandsschwankungen von Jahr zu Jahr

Jährliche Schwankungen von Niederschlagsmenge und –verteilung sind innerhalb gewisser Grenzen normal und treten regelmäßig auf. Die Vegetation kann Schwankungen bis zu einem gewissen Grad

abpuffern und so über mehrere Jahre hinweg ausmitteln. Das bedeutet aber auch, dass bei einer jahresbezogenen Betrachtung bei Jahren mit starken Abweichungen die tatsächlichen Emissionen von den für den Vegetationstyp publizierten Durchschnittswerten deutlich abweichen können. Da für die Aktivität der an den Stoffumsetzungen beteiligten Mikroorganismen der aktuelle Wasserstand eine wesentliche Steuergröße darstellt, muss für jährliche Erhebungen der Emissionen der aktuelle Jahresverlauf der Wasserstände besonders gewichtet werden (Vgl. Ex-Post Bilanzierung, aeco 2025).

Ändert sich der mittlere Wasserstand über einen ausreichend langen Zeitraum in eine bestimmte Richtung, wird sich die Vegetation in ihrer Zusammensetzung über kurz oder lang an die neuen Bedingungen anpassen. Die Geschwindigkeit dieser Anpassung hängt ab davon, ob noch moortypische Arten im Untersuchungsgebiet vorkommen, aber auch von den Ausbreitungseigenschaften der Arten selbst, ihrem Wuchstyp und Lebenszyklus, der Konkurrenzkraft sowie von möglichen Störungen, die oft die Etablierung neuer Arten fördern. Diese Veränderungen werden durch das Monitoring regelmäßig erfasst und das THG-Einsparpotenzial in diesem Zuge aktualisiert.

6.1.3 Einfluss der Klimaveränderungen

Die letzten Jahre mit atypischen Verläufen hinsichtlich Hitze und Niederschlägen bringen zusätzliche Herausforderungen und Prognoseunsicherheiten bei der Szenarienentwicklung. Sollen Kohlenstoffzertifikate generiert werden, sind die aktuellen Klimaprognosen in der hydrologischen Modellierung mit einzubeziehen. Für Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise wird im Klimareport (DWD 2018) von einem anhaltenden Trend der Erwärmung ausgegangen, aber die Summe der Jahresniederschläge bleibt in etwa gleich bzw. nimmt langfristig bis zum Jahr 2100 sogar leicht zu. Dabei ist eine leichte Verschiebung von Niederschlägen aus dem Sommer- zum Winterhalbjahr zu erwarten. Zusammen mit steigenden Verdunstungsraten im Sommerhalbjahr unterstreicht dies die Notwendigkeit eines effektiven Wasserrückhalts v.a. auch von Winterniederschlägen.

Prinzipiell sind für die Summe der Jahresemissionen einer Fläche die Wasserstände in den Sommermonaten am entscheidendsten, da die mikrobielle Aktivität neben dem Wasserstand auch von der Temperatur abhängig ist. Daher sollte sich die Zuordnung der GESTs an der ermittelten Wasserstufe eines jeden Strata orientieren.

6.1.4 Ungenauigkeit Datengrundlage Torfausdehnung

Die Geodatengrundlage zur Verbreitung organischer Böden ist meistens nicht genau genug. Vor allem wenn geringmächtige Bereiche aus Konservativitätsgründen ausgeschlossen werden sollen, das Projektgebiet stark reliefiert ist oder Hangquellbereiche vorhanden sind, reicht die Auflösung und Darstellung oft nicht aus. Für Projektflächen in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg führte eine zusätzliche Sondierung der Mächtigkeiten in Kombination mit Daten zu Geländehöhen (DGM1) zu einer deutlichen Verbesserung der Kulisse, welches vor allem für die Ermittlung von THG-Einsparpotenzialen unbedingt nötig ist.

6.2 Anwendung des GEST-Ansatzes

6.2.1 Unsicherheiten in der Wasserstufenansprache

Nicht immer ist aus der Vegetationszusammensetzung eine zweifelsfreie Wasserstufe ableitbar. Gerade sehr stark degradierte Standorte mit artenarmen Dominanzbeständen, die tolerant gegenüber breiten Wasserstandsschwankungen sind, lassen häufig keine eindeutige Wasserstufenherleitung zu. Allerdings sind durch das stark verringerte Porenvolumen auf diesen Standorten auch größere Wasserstandsamplituden wahrscheinlich und Kombinationen wie 4+/2+ (3~) oder sogar 5+/2+ keine Ausnahmefälle mehr. Bei Unsicherheiten in Wasserstufenansprache kann sich an benachbarten Flächen ähnlichen Höhengniveaus (DGM1 nutzen) orientiert werden. Wenn auch das kein zufriedenstellendes Ergebnis liefert, können Wasserstandsmessungen helfen oder es muss ein konservativer Kompromiss festgelegt werden. Die Anwendung des Wasserstufenkonzeptes zur Wasserstufenherleitung basiert in seiner ursprünglichen Form auf Vegetations- und Wasserstandsdaten aus der nordostdeutschen Tiefebene. Aufgrund regional unterschiedlicher ökologischer Einnischung des Artinventars sollte es vor der Anwendung in anderen Regionen angepasst werden.

6.2.2 Unsicherheiten bei der Entwicklung der Szenarien

Für die GEST-Anwendung ist aufbauend auf die Wasserstufen verhältnismäßig wenig Präzision bei der Vegetationsprognose nötig (Vgl. GEST-Liste). Trotzdem haben neben der Hydrologie und der Art der Maßnahmenumsetzung (z.B. Oberbodenabtrag) auch Moortyp, Nutzung und Trophie einen entscheidenden Einfluss auf die zu erwartende Zielvegetation. Im Zweifel können mehrere Szenarien erstellt und konservativ vorgegangen werden. Eine absolute Sicherheit gibt es nicht, weswegen die Verifizierung und ggf. Nachkorrektur über das Monitoring abgesichert wird.

6.2.3 Unsicherheiten in der GEST-Zuordnung

Uneindeutige Wasserstufen oder Vegetationsentwicklung kann auch die GEST-Zuordnung erschweren. In diesen Fällen ist es möglich begründete Annahmen zu treffen und wenn nötig Werte für Mischformen aus mehreren GEST zu bilden. Auch möglich ist die Orientierung an den Trends für einzelne Vegetationstypen über verschiedene Wasserstände (Abb. 11 + 12). Wichtig ist, dass dabei konservativ vorgegangen wird. Ist kein passender GEST verfügbar (z.B. Waldstandorte) können auch andere glaubhafte Emissionsfaktoren (z.B. IPCC 2014, Tiemeyer et al. 2020) oder Literaturwerte (Barthelmes et al. 2021, Närmann et al. 2021,...) genutzt werden.

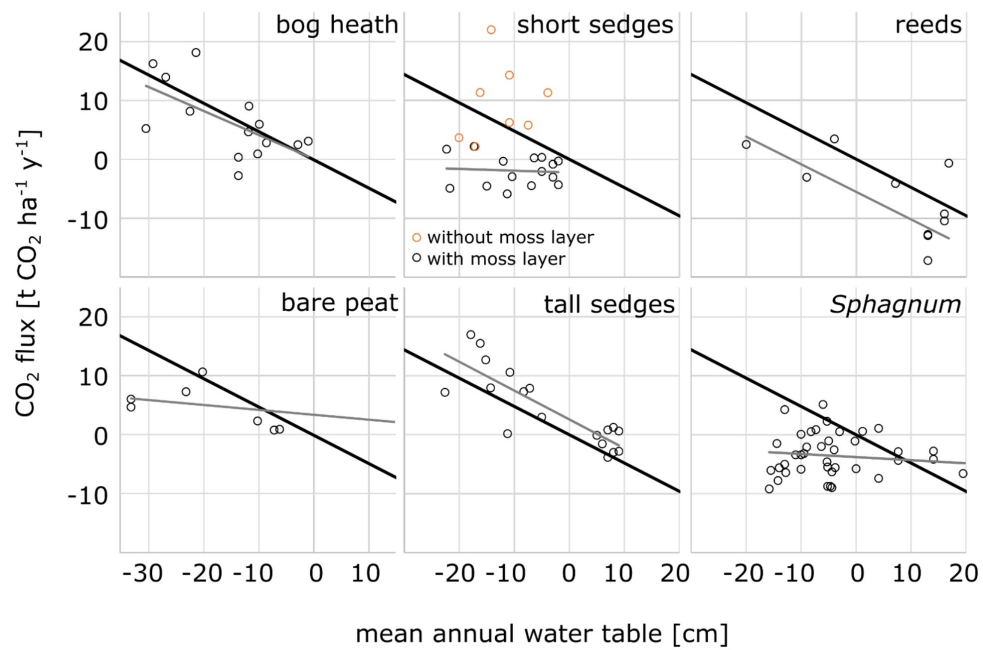


Abb. 11: CO₂-Emissionen im Vergleich zum mittleren jährlichen Wasserstand für unterschiedliche Vegetationstypen (Couwenberg et al. 2025)

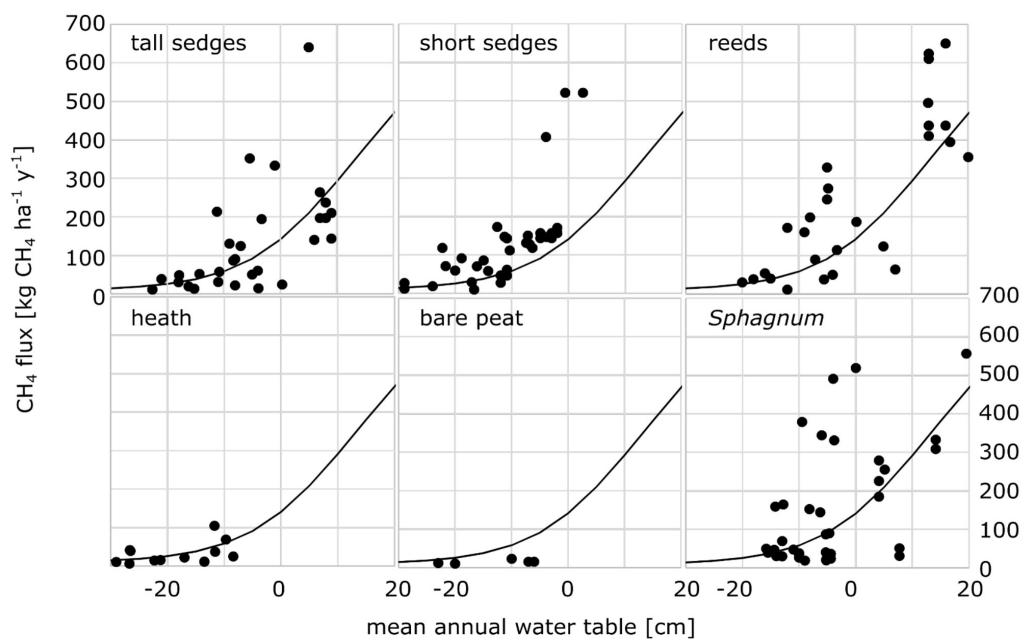


Abb. 12: CH₄-Emissionen im Vergleich zum mittleren jährlichen Wasserstand für unterschiedliche Vegetationstypen (Couwenberg et al. 2025)

7 Ausblick

Aufgrund der begrenzten THG-Messdatengrundlage verteilen sich die vorhandenen GEST-Typen nicht gleichmäßig auf alle in Frage kommenden Moor- und Vegetationstypen. Wenig untersucht sind Moore mit einer starken Dynamik wie Küsten- und Auenüberflutungsmoore. Weiterhin ist die Datenlage für Moorwälder und Moorgebüsche aufgrund der technischen Herausforderungen stark begrenzt (s. Kap. 2.3).

Restaurierte Moore und Paludikulturen mit straffem Wasserstandmanagement können als Senken fungieren (Mrotzek et al. 2020, Bianchi et al. 2021), bisher existieren aber überwiegend nur THG-Messdaten von speziellen Naturschutzflächen, jungen Paludikultur-Pilotflächen oder Nutzungssimulationen (Special-GESTs). Das Review von Bianchi et al. (2021) speziell zu THG-Flüssen aus wiedervernässten Mooren gibt nur für „sphagnum paludiculture“ eine Netto-Senke an. Leider fassen die Autoren aber unter der Kategorie „emergent paludiculture crops“ auch viele suboptimal vernässte Flächen zusammen, wodurch diese mit einem sehr hohen durchschnittlichen Emissionswert auffallen. Bisher fehlt es also noch an Messdaten zu langjährigen nassen Paludikulturen. Dabei ist auch entscheidend, dass die exakte Definition von Paludikultur berücksichtigt wird – denn Paludikultur bedeutet *produktive* und *torferhaltende* Bewirtschaftung nasser Moore (LM M-V 2017).

Das Vegetationsformen- und Wasserstufenkonzept wie in Succow & Joosten (2001) dargestellt, basiert auf den naturräumlichen Verhältnissen im nordostdeutschen Tiefland im Übergangsbereich von subatlantischem zu subkontinentalem Klima. Bei einer Anwendung des Konzeptes in anderen Regionen ist aufgrund des jeweiligen Arteninventars die ökologische Einnischung der Pflanzenarten zu überprüfen und gegebenenfalls in der Bioindikation zu berücksichtigen. Durch fortschreitende Degradierung der Standorte sind mittlerweile stark Wasserstandsschwankungen keine Seltenheit und Wasserstufen wie z.B. 4+/2+, 5+/2+ oder sogar 5+/2- möglich.

Neben fortgesetzten Degradierungsprozessen in nach wie vor entwässerten Mooren kommen auch neuartige akkumulierende Standorte nach Wiedervernässung vor. Und auf alle wirkt ein sich änderndes Klima ein, das seinerseits zu Änderungen in den ökologischen Ansprüchen der Pflanzenarten oder selbst des Artenbestandes führen kann. All diese Prozesse können auch zukünftig in der Entwicklung neuer GESTs ihren Ausdruck finden.

8 Literaturverzeichnis

Aeco (2025): Monitoringbericht Polder Bauernhand, MoorFutures, 48 S.

Antonijević, D., Hoffmann, M., Prochnow, A., Krabbe, K., Weituschat, M., Couwenberg, J., Ehlert, S., Zak, D. & Augustin, J. (2023): The unexpected long period of elevated CH₄ emissions from an inundated fen meadow ended only with the occurrence of cattail (*Typha latifolia*), *Global Change Biology*, 22 S., online unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.16713>

Antonijević, D., Hoffmann, M., Zak, D., Prochnow, A., Dubbert, M., Schmidt, M., & Augustin, J. (2025): Impact of plant succession on greenhouse gas fluxes during the transition of a flooded fen peatland. *Communications Earth & Environment*, 6(1), 611.

Baldocchi, D. D., B. B. Hicks & Meyers, T. P. (1988): Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. *Ecology* 69, S. 1331-1340.

Barthelmes, A., Abel, S., Barthelmes, K. D., Couwenberg, J., Kaiser, M., Reichelt, F., Tanneberger, F. & Joosten, H. (2021): Evaluierung von Moor-Wiedervernässungen in Deutschland–Ergebnisse, Erfahrungen und Empfehlungen. *Naturschutz Und Biologische Vielfalt* 171, S. 121-148.

Bechtold, M., Tiemeyer, B., Laggner, A., Leppelt, T., Frahm, E., Belting, S. (2014): Large-scale regionalization of water table depth in peatlands optimized for greenhouse gas emission upscaling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, S. 3319–3339.

Bianchi, A., Larmola, T., Kekkonen, H., Saarnio, S., & Lång, K. (2021): Review of greenhouse gas emissions from rewetted agricultural soils. *Wetlands* 41, S. 1-7.

Braun-Blanquet, J. (1964): *Pflanzenphysiologie*. 3. Aufl., Springer Verlag: Wien, New York.

Couwenberg, J., & Fritz, C. (2012): Towards developing IPCC methane ‘emission factors’ for peatlands (organic soils). *Mires and Peat*, 10.

Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D., Wichtmann, W. & Joosten, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Unveröffentlichte Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Greifswald, 33 S.

Couwenberg, J., Reichelt, F., Schmülling, H. & Jurasinski, G. (2025): Vegetation as a proxy for GHG emissions from peatlands: an update of the GEST list. Vortrag auf der RRR2025 - Renewable Resources from Wet and Rewetted Peatlands, 4th International Conference, 23.-26.09.2025.

Couwenberg, J., Reichelt, F., Schmülling, H. & Jurasinski, G. (in Vorb.): Vegetation as a proxy for greenhouse gas emissions from peatlands: an update of the GEST list.

Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärtsch, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. (2011): Assessing changes in greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. - *Hydrobiologia* 674, S. 67-89.

Drösler M., Adelman W., Augustin J., Bergman L., Beyer C., Chojnicki B., Förster Ch., Freibauer A., Giebels M., Görlitz S., Höper H., Kantelhardt J., Liebersbach H., Hahn-Schöfl M., Minke M., Petschow U., Pfadenhauer J., Schaller L., Schägner Ph., Sommer M., Thuille A. & Wehrhan M.

- (2013): Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des BMBF-Vorhabens: Klimaschutz - Moornutzungsstrategien 2006–2010.
- Drösler, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, southern Germany. PhD thesis, Technische Universität München, 182 S.
- DWD (2018): Klimareport Mecklenburg-Vorpommern; Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland, 52 S.
- Eickenscheidt, 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 Discuss* 12 (7), S. 5201–5258.
- Elsgaard, L., Görres, C.-M., Hoffmann, C.C., Blicher-Mathiesen, G., Schelde, K. & Petersen, S.O. (2012): Net ecosystem exchange of CO₂ and carbon balance for eight temperate organic soils under agricultural management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 162, S. 52–67.
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F. & Couwenberg, J. (2020): Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications* 11, S. 1-5.
- Hirschelmann, S., Tanneberger, F., Wichmann, S., Reichelt, F., Hohlbein, M., Couwenberg, J., Busse, S., Schröder, C. & Nordt, A. (2020): Moore in Mecklenburg-Vorpommern im Kontext nationaler und internationaler Klimaschutzziele - Zustand und Entwicklungspotenzial – Faktensammlung, 2. Aufl., DUENE e.V., Greifswald.
- IPCC (2014): 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. (Autoren: Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M, Troxler TG). IPCC, Geneva, Switzerland, 354 S.
- IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 562 S.
- IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
- Joosten, H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., ... & Wahren, A. (2013). MoorFutures®: Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate-Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz.
- Joosten, H. & Couwenberg, J. (2009): Are emission reductions from peatlands MRV-able? *Wetlands International*, 14 S.

- Jurasinski, G., Günther, A. B., Huth, V., Couwenberg, J., Glatzel, S., Wichtmann, W., ... & Joosten, H. (2016). Paludiculture—productive use of wet peatlands. Ecosystem services provided by paludiculture—Greenhouse gas emissions, 79-94.
- Jurasinski, G., Byrne, K., Chojnicki, B.H., Christiansen, J.R., Huth, V., Joosten, H., Juszczak, R., Juutinen, S., Kasimir, Å., Klemedtsson, L., Kotowski, W., Kull, A., Lamentowicz, M., Lindgren, A., Linkevičienė, R., Lohilia, A., Mander, Ü., Manton, M., Minkinen, K., Peters, J., Renou-Wilson, F., Sendžikaitė, J., Šimanauskienė, R., Tanneberger, F., van Diggelen, R., Vasander, H., Wilson, D., Zak, D.H. & Couwenberg, J. (2023): Active afforestation of drained peatlands is not a viable option under the EU Nature Restoration Law, Informationspapier des Greifswald Moor Centrum & 21 weiteren Forschungseinrichtung, 14 S., online unter: <https://zenodo.org/record/7831174#.ZD0n1vzP2Mo> (31.05.2026)
- Koepke et al. (1985): Anleitung zur hydrologischen Standortaufnahme. VEB Ingenieurbüro für Melioration, Bad Freienwalde.
- Köhn, D., Welpelo, C., Günther, A., & Jurasinski, G. (2021): Drainage ditches contribute considerably to the CH₄ budget of a drained and a rewetted temperate fen, *Wetlands*, 41(6), S. 1-15.
- Koska, I., Succow, M., Clausnitzer, U., Timmermann, T. & Roth, S. (2001): Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung). In: Succow, M. & Joosten, H. (Hrsg.) *Landschaftsökologische Moorkunde*. Schweizerbart, Stuttgart, S. 112-184.
- Leiber-Sauheitl, K., Fuß, R., Voigt, C. & Freibauer, A. (2014): High CO₂ fluxes from grassland on histic Gleysol along soil carbon and drainage gradients. *Biogeosciences* 11, S. 749–761.
- Lenschow, D. H. 1995: Micrometeorological techniques for measuring trace gas exchange. In: Matson, P. A. & Harriss, R. C. (Hrsg.): *Biogenic Trace Gases: measuring Emissions from Soil and Water*. Blackwell Science Ltd. Oxford. UK, S. 126-163.
- Livingston, G. P. & Hutchinson, G. L. (1995): Enclosure-based measurement of trace gas exchange: applications and sources of error. In: Matson, P. A. & Harriss, R. C. (Hrsg.): *Biogenic Trace Gases: measuring Emissions from Soil and Water*. Blackwell Science Ltd. Oxford. UK, S. 14-51.
- LM M-V (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlichen genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzeskonzeptes. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin, 98 S.
- Londo, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33, S. 61-64.
- LUNG (2013): Anleitung für die Kartierung von Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen in Mecklenburg-Vorpommern, 3. erg., überarb. Aufl. – Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Heft 2/2013
- Maljanen, M., Oskarsson, H., Sigurdsson, B. D., Gudmundsson, J., Huttunen, J. T. & Martikainen, P. J. (2010): Land-use and greenhouse gas balances of peatlands in the Nordic countries – Present knowledge and gaps. *Biogeosciences* 7, S. 2711-2738.
- Martin (2021) : Organic soils in national inventory submissions of EU countries, M.Sc.-Arbeit, Universität Greifswald, 93 S.

- Minke, M., Chuvashova, H., Burlo, A., Yarmashuk, T. & Augustin, J. (2011): Measuring GHG emissions from peatlands. – In: Tanneberger, F. & Wichtmann, W. (Hrsg.): Carbon credits from peatland rewetting, S. 30-36.
- Mrotzek, A., Michaelis, D., Günther, A., Wrage-Mönnig, N., & Couwenberg, J. (2020). Mass balances of a drained and a rewetted peatland: on former losses and recent gains. *Soil Systems*, 4(1), 16.
- Närman, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J., & Tanneberger, F. (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden, BfN-Skripten 616. BfN (Hg.). Bonn-Bad Godesberg.
- Nilsson, M., Sagerfors, J., Buffam, I., Laudon, H., Eriksson, T., Grelle, A., Klemetsson, L., Weslien, P. & Lindroth, A. (2008): Contemporary carbon accumulation in a boreal oligotrophic minerogenic mire – a significant sink after accounting for all C-fluxes. *Glob. Change Biol.* 14, S. 2317-2332.
- Nugent, K.A., Strachan, I.B., Roulet, N.T., Strack, M., Frohling, S. & Helbig, M. (2019): Prompt active restoration of peatlands substantially reduces climate impact. *Environmental Research Letters* 14, 124030, 9 S.
- Pfadenhauer, J., Poschold, P., Buchwald, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. *Ber. d. ANL*, 10, S. 41-60.
- Pohl, M., Hoffmann, M., Hagemann, U., Giebels, M., Albiac Borraz, E., Sommer, M. & Augustin, J. (2015): Dynamic C and N stocks – key factors controlling the C gas exchange of maize in heterogenous peatland. *Biogeosciences*, 12 (9), S. 2737–2752.
- Protze, D., Hilgenfeld, M., Spathelf, P., Dunger, S., Wellbrock, N. & Luthardt, V. (im Druck): Waldmoore: ihr Beitrag für den Biodiversitäts- und Klimaschutz, BfN-Schriften, Bonn.
- Raymond, L. (2010): Beyond additionality in cap-and-trade offset policy. *Issues in Governance Studies* 36, S. 1–9.
- Reichelt, F. (2015): Evaluierung des GEST-Modells zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Mooren, M.Sc.-Arbeit, Universität Greifswald, 47 S.
- Reichelt, F. (2021): Treibhausgas-Emissionen aus organischen Böden in Brandenburg. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 02/2021, 11 S.
- Roßkopf, N., Fell, H. & Zeitz, J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *CATENA* 133, S. 157–170.
- Roulet, N. T., Lafleur, P. M., Richard, P. J. H., Moore, T. R., Humphreys, E. R. & Bubier, J. (2007): Contemporara carbon balance and late Holocene carbon accumulation in a northern peatland. *Glob. Change Biol.* 13, S. 397-411.
- Rühlmann, J. & Körschens, M. (2009): Calculating the Effect of Soil Organic Matter Concentration on Soil Bulk Density. *Soil Science Society of America Journal* 73, S. 876–885.
- Succow, M. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., Stuttgart (Schweizerbart).
- TGL 24300/09 (1986): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte – Wasserverhältnisse, Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen, Verlag für Standardisierung der DDR, 3 S.

- Tiemeyer, B., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., 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. *Global Change Biology* 22, S. 4134-4149.
- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., ... & Drösler, M. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838.
- UBA (2022): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020, Umweltbundesamt–UNFCCC-Submission.
- UBA (2023): Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft – Moore (organische Böden), online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-landnutzung-aenderung#moore-organische-boden> (23.08.2023)
- VERRA/VCS (2024): AFOLU Non-Permanence Risk Tool, v. 4.2, Verified Carbon Standard, online unter: <https://verra.org/wp-content/uploads/2023/10/AFOLU-Non-Permanence-Risk-Tool-v4.2-last-updated-May-3-2024.pdf> (letzter Zugriff: 31.05.2026)
- Wellbrock, N., Schulz, C., Dunger, S., Protze, D., Hilgenfeld, M., Spathelf, P., & Luthardt, V. (2025): Waldmoore: ihr Beitrag für den Biodiversitäts-und Klimaschutz. Project brief 2025/25, Thünen-Institut für Waldökosysteme, 2 S.
- World Commission on Environment and Development (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, „Brundtland-Bericht“, 300 S., online unter: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (31.05.2026)

9 Anhang

- I. TGL 24300/09 - Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte – Wasserverhältnisse
- II. Ergänzung zu TGL 24 300/09 – Wasserstufenamplituden nach Koepke et al. (1985)
 - II.a. Übersicht 6.1. – Wasserstufenamplituden wichtiger Graslandpflanzen auf trockenen Mineralböden
 - II.b. Übersicht 6.2 – Wasserstufenamplituden wichtiger Graslandpflanzen vorwiegend nässegeprägter Standorte von Niederungen
- III. Tab. 4-11 Ökologische Charakterisierung der Artengruppen der offenen ungenutzten Feuchtgebietsvegetation (Succow & Joosten 2001) inkl. alphabetisches Artverzeichnis
- IV. Tab. 4-20: Ökologische Charakterisierung der Artengruppen des Saatgraslandes, Intensivgraslandes und daraus hervorgegangener Wiesen und Weiden (Succow & Joosten 2001) inkl. alphabetisches Artverzeichnis
- V. GEST-Liste 2026 mit Emissionsfaktoren (EF) für Haupt-GESTs und Sonderstandorte (Couwenberg et al. in Vorb.)
- VI. Materialien für die Kartierübung in der Ryckniederung bei Wackerow
 - VI.a. Bestimmungshilfe mit vegetativen Merkmalen für der Ryckwiese bei Wackerow
 - VI.b. Aufnahmebögen für Kartierübung Wasserstufenansprache
 - VI.c. Luftbild für die Kartierübung in der Ryckniederung bei Wackerow



Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte

Wasserverhältnisse

TGL

24 300/09

Gruppe 940 400

Определение признаков и свойств сельскохозяйственных угодий; Водный режим

Survey of Sites Used for Agricultural Production; Hydrous Conditions

Deskriptoren: **Standortkennzeichnung**; Landwirtschaft; **Standortaufnahme**; **Wasser**

Dauinformation

Informationskabinett

Projektierungsgrundlagen

Umfang 3 Seiten

Verantwortlich/bestätigt: 28. 2. 1986, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin

Verbindlich ab 1. 3. 1987

1. ALLGEMEINES

Die Aufnahme der Wasserverhältnisse landwirtschaftlich zu nutzender Standorte dient der Charakterisierung der Bedingungen für die Pflanzenproduktion und der Vorbereitung von Maßnahmen der Bodenwasserregulierung und hat unter Benutzung der Anleitung¹ zu erfolgen. Der Umfang der Aufnahme ist auf die jeweilige Zielstellung auszurichten.

Als Ergebnisse sind auszuweisen:

- Wasserstufen zur Kennzeichnung der Intensität von Vernässung und Trockenheit
- Bodenwassertypen (BWT) zur Charakterisierung der Herkunft und des Bindungszustandes des Bodenwassers
- Kennwerte für Bodenwasserregulierungen entsprechend TGL 42812/03

2. WASSERSTUFEN

2.1. Klassifizierung

Es sind Wasserstufen zu kennzeichnen, die sich aus Vernässungsstufen und Trockenheitsstufe zusammensetzen, Tabelle 1 bis 3.

Tabelle 1 Vernässungsstufen

Vernässungsstufe	vernässungsbedingte Nutzungsbeeinträchtigung	
	Ackerland	Grasland
+1	unbedeutend	keine
+2	erheblich; Bewirtschaftung häufig verzögert, noch in Fruchtfolge nutzbar	gering, nur technologisch
+3	stark; nicht in Fruchtfolge nutzbar	erheblich; noch jährlich nutzbar
+4	nicht als Acker nutzbar	stark; nicht jährlich nutzbar
+5	zur landwirtschaftlichen Nutzung nicht geeignet	

Tabelle 2 Trockenheitsstufen

mittleres jährliches Wasserversorgungsdefizit in mm (WVD)	≤ 20	> 20 bis 60	> 60 bis 100	> 100 bis 140	> 140
Trockenheitsstufe	– 1	– 2	– 3	– 4	– 5

Tabelle 3 Wasserstufen

Vernässungsstufen	Trockenheitsstufen				
	– 1	– 2	– 3	– 4	– 5
+1	1	2–	3–	4–	5–
+2	2+	2±	2+3–	–	–
+3	3+	3+2–	3±	–	–
+4	4+	4+2–	–	–	–
+5	5+	–	–	–	–

2.2. Feststellen der Vernässung und Festlegung von Vernässungsstufen für Ackerland

2.2.1. Vernässung gilt dort als nachgewiesen, wo mindestens eines der nachstehenden Merkmale zutrifft:

- Zustand technologisch wirksamer Nässe
- Wasserspiegel oberhalb der kritischen Tiefe im Boden; einschließlich Wasser auf dem Boden
a und b gelten nur als Vernässungsnachweis, wenn sie im Zeitraum vom Beginn der Bodenbearbeitung im Frühjahr bis Ende Oktober länger als 6 Tage während Perioden mit negativer atmosphärischer Wasserbilanz nachweisbar sind.
- Vernässungsschäden am Kulturpflanzenbestand, einschließlich vernässungsbedingter Fehlstellen
- Hervortreten vernässungsanzeigender Wildpflanzen
- Haftnässedisposition
- Rostüberzüge auf Hohlraumbegrenzungen, wie Klüfte, Wurm- und Wurzelröhren im Ap-Horizont

¹ siehe Abschnitt Hinweise

Vernässung gilt dort als ausgeschlossen, wo keines dieser Merkmale zutrifft.

Für vernässte Flächen ist die Vernässungsstufe auf Grund der vernässungsbedingten Nutzungsbeeinträchtigung nach Tabelle 1 festzulegen.

2.2.2.

- Zur Ausgrenzung vernässter Flächen ist grundsätzlich sowohl die Vernässung nachzuweisen als auch für vernässungsfreie Bereiche die Vernässung auszuschließen.
- Für den Nachweis der Vernässungsstufe + 2 sowie zum sicheren Ausschluß von Vernässung ist auf Ackerland grundsätzlich die Felderkundung der Merkmale a und/oder b im Frühjahr im Zeitraum zwischen dem örtlichen Beginn der Bodenbearbeitung bis zum Abklingen des Dränabflusses vergleichbarer Flächen durchzuführen. Auf drängewasserfreien Standorten kann die Erkundung der Vernässungsstufe + 2 unmittelbar nach den unter 2.2.1. genannten Nässeperioden während der Vegetationsperiode erfolgen.
- Kann die Vernässung von Ackerland nur auf Grund der Merkmale c, d und f erkundet werden oder von a und b nach längerer Abtrocknung während der Vegetationsperiode, so ist dies unter der Bedingung zulässig, daß nur Vernässung mit starker Nutzungsbeeinträchtigung erfaßt werden soll.
- Mit Ausnahme der unter f genannten Rostüberzüge in der Ackerkrume genügen Hydromorphiemerkmale allein nicht zum Nachweis von Vernässung. Jedoch gilt dort, wo im Mineralboden mit Humusgehalten < 5% oberhalb 4 dm unter Flur (u. Fl.) keinerlei Hydromorphiemerkmale erkennbar sind, ökologisch wirksame Vernässung als ausgeschlossen.
Sind in der zu untersuchenden Fläche nachweislich keine entwässernden Anlagen wirksam oder sollen die Bereiche mit potentieller Vernässung nachgewiesen werden, kann die Vernässungskartierung auf Grund der Hydromorphiemerkmale vorgenommen werden. Dabei gelten Böden mit Hydromorphiemarken oberhalb 4 dm u. Fl. als vernässt.
- Für die Vernässungskartierung sind nach Möglichkeit Luftbildaufnahmen zu nutzen. Durch terrestrische Erkundung sind die als Vernässung zu interpretierenden Erscheinungen des Luftbildes auf Merkmale nach a, b, c oder d zurückzuführen. Werden keine Luftbildaufnahmen zur Vernässungskartierung genutzt, ist dies zu begründen.

2.3. Festlegung der Trockenheitsstufen

Trockenheitsstufen sind entsprechend Tabelle 2 auf Grund des mittleren jährlichen Wasserversorgungsdefizites (WVD), abgeleitet aus Bodenwasserdargebot und Klimazugehörigkeit, festzulegen.

Für Flächenbereiche mit Ablauf, siehe Abschnitt 3.2., ist die nächsthöhere, für solche mit Zulauf- oder Drängewasser die nächsttiefere Trockenheitsstufe auszuweisen. Die Trockenheitsstufe heterogener Flächenbereiche ist aus dem gewogenen Mittel der WVD der Teilflächen festzulegen.

2.4. Festlegung der Wasserstufen für Grasland

Für Grasland sind die Wasserstufen durch Aufnahme der Artenzusammensetzung mehrjährig bestehender Pflanzendecken zu ermitteln.

In Zweifelsfällen ist entsprechend den Abschnitten 2.2. und 2.3. zu verfahren.

3. BODENWSSERTYPEN

3.1. Bodenwassertypen (BWT) sind zu bilden aus den Benennungen für

- Herkunft des Bodenwassers
- Bindungszustand des Schadwassers.

3.2. Festlegung der Herkunft des Bodenwassers

Die BWT sind hinsichtlich der Herkunft des Wassers nach Tabelle 4 zu unterscheiden und zu benennen.

Tabelle 4 Herkunft des Bodenwassers

Bildung des Bodenwassers aus	Benennung	Symbol
am Ort gefallenen Niederschlägen, kein erkennbarer Verlust oder Gewinn aus Zufluß oder oberflächigem/hypodermischem Abfluß	Niederschlag	N
am Ort gefallenen Niederschlägen, jedoch erkennbare wesentliche Minderung infolge oberflächigem/hypodermischem Abfluß	Ablauf	A
Niederschlägen unter erkennbarer wesentlicher Beteiligung von oberflächigem/hypodermischem Zufluß	Zulauf	Z
Niederschlägen unter erkennbarer wesentlicher Beteiligung von unterirdischem Zufluß	Drängewasser	D
Niederschlägen unter erkennbarer wesentlicher Beteiligung von Überflutungswasser	Überflutung	Ü

3.3. Feststellung der Bindungszustände des Schadwassers

In Abhängigkeit davon, ob das Schadwasser dem Haftwasser und/oder dem Grundwasser zuzuordnen ist, sind die Bindungszustände nach Tabelle 5 zu unterscheiden und zu benennen.

Tabelle 5 Bindungszustände des Schadwassers

Schadwasser besteht aus	Benennung	Symbol
Haftwasser	Haftnässe	H
Grundwasser, Sohle > 1,2 m u. Fl.	Grundnässe	G
Stauwasser (schwebendes Grundwasser, Sohle < 1,2 m u. Fl.)	Staunässe	S
Oberflächenwasser (Wasser auf der Bodenoberfläche)	–	O

Standorte ohne Vernässung können zur Vervollständigung der BWT-Bezeichnung als Infiltrationsstandorte mit I ausgewiesen werden. Ist auf dem Boden stehendes Wasser (Oberflächenwasser) vernässungswirksam, so ist das Zeichen O dem Symbol des Bindungszustandes anzufügen. Bindungszustände sind grundsätzlich während Nässeperioden, vorzugsweise während der unter Abschnitt 2.2. aufgeführten Zeiten, durch Felduntersuchung festzustellen.

Haft-, Grund- und Staunässe sind weiter zu differenzieren:

- Haftnässe hinsichtlich ihrer Wirkungsrichtung in
 - vorrangig ökologisch vernässungswirksam Hö
 - vorrangig technologisch vernässungswirksam Ht
 - ökologisch und technologisch vernässungswirksam Höt
- Grundnässe hinsichtlich Entstehung und Spannungszustand des Grundwassers im Boden in
 - natürliches Grundwasser, gebildet am Ort seines Vorkommens ohne Beteiligung von Drängewasser, in der Regel in einem hangenden GW-Stauer Gn
 - ungespanntes Grundwasser, in einem oberflächennahen GW-Leiter auftretend und in der Regel unter Beteiligung von Drängewasser gebildet Gu
 - gespanntes Grundwasser (Druckwasser), stets unter Beteiligung von Drängewasser gebildet Gd
- Staunässe hinsichtlich Tiefenlage der Stausohle und Mächtigkeit des Stauers nach
 - Stausohle zwischen 0,8 und 1,2 m u. Fl. Sa
 - Stausohle < 0,8 m u. Fl., Stauer erstreckt sich tiefer als 0,8 m u. Fl. Sb
 - Stausohle < 0,8 m u. Fl., Stauer erstreckt sich maximal bis 0,8 m u. Fl. Sc

3.4. Klassifizierung der Bodenwassertypen

Grundtypen der BWT nach Tabelle 6

Weitere Kombinationstypen sind anzuwenden, wenn entweder

- Zufluß und Drängewasser gemeinsam maßgeblich an der Bildung des Bodenwassers beteiligt sind und/oder
- Schadwasser im Bodenprofil nachweislich mehreren Bindungszuständen zuzuordnen ist.

In der Regel treten Sb und Sc in Kombination mit Hö sowie O in Kombination mit H oder S oder G auf. Häufig sind Kombinationen von Gn oder Gd mit Hö oder mit Sb oder Sc. Bei bindigen Böden tritt neben anderen Vernässungen oft Ht auf.

Tabelle 6

Art des Schadwassers	Herkunft des Bodenwassers ¹			
	Ablauf	Nieder- schlag	Zulauf	Dränge- wasser
	A	N	Z	D
Sickerwasser (Infiltrations- standorte ohne Vernässung)	AI	NI	(ZI)	(DI)
Haftwasser				
Hö	(AHö)	NHö	ZHö	–
Ht	AHt	NHt	ZHt	–
Höt	AHöt	NHöt	ZHöt	–

Fortsetzung

Tabelle 6

Art des Schadwassers	Herkunft des Bodenwassers ¹			
	Ablauf	Nieder- schlag	Zulauf	Dränge- wasser
	A	N	Z	D
Grundwasser				
Gn	–	NGn	ZGn	–
Gu	–	–	ZGu	DGu
Gd	–	–	–	DGd
Stauwasser				
Sa	–	–	ZSa	(DSa)
Sb	–	NSb ⁺	ZSb	–
Sc	–	NSc ⁺	ZSc ⁺	–
Oberflächenwasser	–	–	ZO	DO

() selten vorkommend

– nicht vorkommend

+ in der Regel kombiniert mit Hö

Überflutungswasser erscheint nur in Kombination mit anderen Herkunftsarten und ist durch ein vorangestelltes Ü zu kennzeichnen, zum Beispiel ÜDGu.

4. BEZEICHNUNG DER WASSERVERHÄLTNISSE

Die Wasserverhältnisse sind durch eine Folge von Symbolen zu benennen:

1. Stelle: Wasserstufensymbol nach Tabelle 3
2. Stelle: Symbol für Herkunft des Bodenwassers nach Tabelle 4
3. Stelle: Symbol für Bindungszustand des Schadwassers entsprechend Abschnitt 3.3.

Erforderlichenfalls ist in vernässungsfreien Bereichen und in solchen mit Vernässungsstufe +2 festgestellte oder fehlende potentielle Vernässung durch ein in Klammern gesetztes Symbol an 4. Stelle anzugeben. Diese Bezeichnung besteht entweder aus

- dem Symbol für den vermuteten Bindungszustand des vormals aufgetretenen Schadwassers und/oder aus
- einer Ziffer entsprechend nachfolgender Gruppierung des Bodens:

- 0 anhydromorphe Böden ohne potentielle Vernässung
- 1 halbhypomorphe Böden
- 2 vollhypomorphe Mineralböden
- 3 Moor- und Anmoorböden

zum Beispiel: 2 – NI (Gn)
2 ± D Gu (2)

Hinweis:

Ersatz für TGL 24300/09, Ausg. 11.76

Änderungen: Inhalt weitgehend neu gefaßt; Titel geändert

Unterirdisches Wasser; Terminologie, Formelzeichen und Einheiten siehe TGL 23989

Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte; Termini und Definitionen siehe TGL 24300/02

Bodenwasserregulierungsanlagen (BWR); Forderungen an die Standortuntersuchung und Standortbeurteilung siehe TGL 42812/03

Anleitung zur hydrologischen Standortaufnahme, Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde, 1985

Anhang II: Ergänzung zu TGL 24 300/09 – Wasserstufenamplituden einzelner Art für Mineralstandorte (6.1) und Niederungen (6.2) (verändert nach Koepke et al. 1985)

Feststellung der Wasserstufen des Graslandes mit Hilfe der Vegetation

Die floristische Zusammensetzung der Graslandvegetation spiegelt in ausgezeichneter Weise die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse (Wasserstufen) eines Standortes wider. Dabei gilt: je weiter ein Graslandumbruch zurückliegt, um so besser hat sich das Artengefüge auf die herrschenden Standortbedingungen eingespiegelt und um so sicherer wird damit die Wasserstufenansprache. In der Regel wird aber bereits im 3. Jahr einer Graslanderneuerung ein gesichertes Urteil möglich. Als besonders vorteilhaft erweist sich der Umstand, daß die Vegetation Abbild (Summe) der bodenhydrologischen Bedingungen der vorausgehenden 1 bis 2 Jahre ist, also nicht Augenblickerscheinungen widerspiegelt. Andererseits zeigt die Vegetation aber auch kurzzeitig zurückliegende bodenhydrologische Eingriffe mit einer spezifischen Artenumschichtung an.

Als ein weiterer Grundsatz gilt: Je größer die floristische Artenkenntnis des Kartierers, um so sicherer wird die Ansprache der Wasserstufe. Allerdings ist bereits bei einem Grundwissen von 60 -80 häufiger auftretenden und dabei diagnostisch wichtigen Arten eine ausreichende Ansprache der Wasserstufen gegeben. Ähnlich der Ackerzeigervegetation ist auch bei Grasland mit Hilfe der vorgefundenen Vegetation lediglich die Intensität von Nässe bzw. Trockenheit (also die Wasserstufe) abzuleiten. Nur wenige Arten zeigen auch Herkunft und Bindungsform, also den Bodenwassertyp an. Das gilt insbesondere für Standorte mit Druckwasser, Sammelwasser und Überflutungswasser.

Die Ansprache der Wasserstufe mit Hilfe der Zeigervegetation ist über die Einzelerfassung der diagnostisch wichtigen Arten vorzunehmen. Dazu wird eine Bestandsanalyse auf repräsentativen Teilflächen von 10 bis 20 m² durchgeführt. Die angesprochenen Arten werden untereinander aufgelistet. Hinter dem Artnamen ist die Wasserstufenamplitude der Pflanze entsprechend den nachfolgenden Übersichten durch Einsetzen von Kreuzen einzutragen. Nach Abschluß der Aufnahme werden die Kreuze in den einzelnen Wasserstufenspalten aufaddiert.

Die im Ergebnis festgestellte höchste Zahl markiert die Wasserstufe. (Siehe dazu das Beispiel am Ende dieses Kapitels.)

Die nachstehenden Übersichten enthalten aus Gründen der besseren Handhabung gesonderte Zusammenstellungen für Standorte mit trockenen Mineralböden (Übers. 6.1) und für vorwiegend nässegeprägte Standorte von Niederungen (Auen, Moore, grundwassergeprägte Sande) (Übers. 6.2). Eine weiterführende Darstellung des Zeigerwertes der Graslandpflanzen ist den Arbeiten von HUNDT (1964) sowie KLEINKE, SUCCOW und VOIGTLÄNDER (1974) zu entnehmen. Eine Darstellung und ökologische Kennzeichnung der Vegetationsformen des Graslandes findet sich bei HUNDT und SUCCOW (1984) sowie SUCCOW (1986).

Erläuterung zu den Übersichten

- + Schwerpunkt des Auftretens
- noch gelegentliches Vorhandensein

Regelmäßig auftretende, gut unterscheidbare und dabei diagnostisch wichtige Arten sind unterstrichen

Zusätzliche Standortkennwerte:

- Ü Überflutungsertragende und -geförderte Arten
- Q bevorzugt auf (quelligen) Drängewasserstandorten
- V Anzeiger für dichtgelagerte Böden
- B nährstoffarme, basenreiche Standorte besiedelnde Arten
- S nährstoffarme, saure Standorte besiedelnde Arten

Anhang II a: Übersicht 6.1 – Wasserstufenamplitude wichtiger Graslandpflanzen auf trockenen Mineralböden

	Deutscher Name	Wasserstufen						wiss. Name
		2+	1	2-	3-	4-	5-	
	<u>Schafgarbe</u>			+	+			Achillea millefolium
	Odermennig				+	+		Agrimonia eupatoria
S	<u>Rotes Straußgras</u>			+	+	+		Agrostis tenuis
	<u>Frauenmantel</u>	+	+	+	•			Alchemilla vulgaris
	Ruchgras	+	+	+	+	+		Anthoxanthum odoratum
	<u>Wieselkerbel</u>	+	+	+	•			Anthriscus silvestris
	Wundklee				+	+		Anthyllis vulneraria
S	Quendelblättriges Sandkraut				+	+	+	Arenaria serpyllifolia
	<u>Grasnelke</u>			+	+	+		Armeria vulgaris/Armeria maritima
	<u>Glatthafer</u>	+	+	+	+			Arrhenatherum elatius
	<u>Feldbeifuß</u>					+	+	Artemisia campestris
	Fiederzwenke				+	+	+	Brachypodium pinnatum
B	Zittergras	+	+	+	+	+		Briza media
	Aufrechte Trespe				+	+	+	Bromus erectus
	Unbewehrte Trespe			+	+	+		Bromus inermis
	Weiche Trespe	+	+	+	+			Bromus mollis
	Landreitgras			+	+	+		Calamagrostis epigejos
S	Besenheide			•	+	+		Calluna vulgaris
	Wiesenglockenblume	+	+	+	+			Campanula patula
	Rundblättrige Glockenblume			+	+	+		Campanula rotundifolia
	Behaarte Segge	+	+	+	+	•		Carex hirta
S	Pillensegge			+	+	+		Carex pilulifera
B	Silberdistel					+	+	Carlina acaulis
	<u>Golddistel</u>				+	+		Carlina vulgaris
	Wiesen-Kümmel	+	+	+	+			Carum carvi
B	Wiesen-Flockenblume	+	+	+	•			Centaurea jacea
	Rispenflockenblume					+	+	Centaurea maculosa
	Scabiosenflockenblume				+	+		Centaurea scabiosa
	Ackerhornkraut			•	+	+		Cerastium arvense
	Wiesen-Margerite		+	+	+			Chrysanthemum leucanthemum
	Stengellose Distel				+	+		Cirsium acaule
	Lanzett-Kratzdistel	+	+	+	+			Cirsium vulgare

	Deutscher Name	Wasserstufen						wiss. Name
		2+	1	2-	3-	4-	5-	
S	<u>Silbergras</u>					+	+	Corynephorus canescens
	Wiesenpippau		+	+	+			Crepis biennis
	Weicher Pippau		+	+	+			Crepis mollis
	<u>Knäuelgras</u>	+	+	+	+			Dactylis glomerata
	<u>Wilde Möhre</u>		+	+	+			Daucus carota
	<u>Kartäusernelke</u>				+	+	•	Dianthus carthusianorum
S	<u>Heide-Nelke</u>			•	+	+		Dianthus deltoides
	Ackerschachtelhalm			+	+			Equisetum arvense
	Scharfes Berufskraut				+	+		Erigeron acer
	Hungerblümchen				+	+	+	Erophila verna
	<u>Zypressenwolfsmilch</u>				•	+	+	Euphorbia cyparissias
S	Schafschwingel			•	+	+	+	Festuca ovina (Sammelart)
	Rotschwingel	+	+	+	+	•		Festuca rubra
B	Kleines Mädesüß			•	+	+		Filipendula hexapetala
B	Nordisches Labkraut	+	+	+	•			Galium boreale
	<u>Wiesen-Labkraut</u>	+	+	+	•			Galium mollugo
	<u>Echtes Labkraut</u>				+	+	•	Galium verum
	Wiesenstorchschnabel	+	+	+	+			Geranium pratense
	Waldstorchschnabel	+	+	+	+			Geranium silvaticum
S	Sandstrohlume					+	+	Helichrysum arenarium
	Wiesenhafer					+	+	Helictotrichon pratensis
	<u>Gemeiner Bärenklau</u>	+	+	+	•			Heracleum sphondylium
S	<u>Kleines Habichtskraut</u>				+	+	+	Hieracium pilosella
	Kantenjohanniskraut		+	+	+			Hypericum maculatum
	Tüpfeljohanniskraut			+	+	•		Hypericum perforatum
S	Sandknöpfchen					+	+	Jasione montana
	<u>Ackerwitwenblume</u>		+	+	+			Knautia arvensis
	Zierliches Schillergras					+	+	Koeleria gracilis/Koeleria macrantha
	Bergplatterbse	+	+	+	+			Lathyrus montanus/Lathyrus linifolius
	Herbstlöwenzahn	+	+	+	+			Leontodon autumnalis
	<u>Leinkraut, Wildes -Löwenmaul</u>			+	+			Linaria vulgaris
	<u>Deutsches Weidelgras</u>	+	+	+	•			Lolium perenne
	Hornschotenklee			•	+	+		Lotus corniculatus
S	Feldsimse			•	+	+		Luzula campestris

	Deutscher Name	Wasserstufen						wiss. Name
		2+	1	2-	3-	4-	5-	
	<u>Sichel-Luzerne</u>				+	+	•	Medicago falcata
	Bärwurz	+	+	+	+			Meum athamanticum
S	Borstgras	+	+	+	•			Nardus stricta
	Saat-Esparsette				+	+	•	Onobrychis viciifolia
	Kriechender Hauhechel			•	+	+		Ononis repens
	Dorniger Hauhechel				+	+	•	Ononis spinosa
	<u>Pastinak</u>		+	+	+			Pastinaca sativa
	<u>Glanz-Lieschgras</u>					+	+	Phleum boehmeri/Phleum phleoides
	Bitterkraut			+	+	+		Picris hieracioides
	Kleine Pimpinelle				+	+	•	Pimpinella saxifraga
	Spitzwegerich	+	+	+	+			Plantago lanceolata
	<u>Mittlerer Wegerich</u>			+	+	+		Plantago media
	Einjährige Risppe	+	+	+	+			Poa annua
	Wiesenrispe	+	+	+	+	+		Poa pratensis
S	Gemeine Kreuzblume	+	+	+	+			Polygala vulgaris
S	<u>Silberfingerkraut</u>				+	+	•	Potentilla argentea
	Wiesenschlüsselblume			+	+	+		Primula veris
	Gemeine Braunelle			+	+			Prunella vulgaris
	Scharfer Hahnenfuß	+	+	+	+			Ranunculus acris
S	Knolliger Hahnenfuß				+	+	•	Ranunculus bulbosus
	Sauerampfer	+	+	+	+			Rumex acetosa
S	<u>Kleiner Ampfer</u>				+	+	+	Rumex acetosella
	<u>Wiesensalbei</u>				+	+		Salvia pratensis
B	Kleiner Wiesenknopf				+	+	•	Sanguisorba minor
	Gekörnter Steinbrech			+	+			Saxifraga granulata
S	Mauerpfeffer				+	+	+	Sedum acre
	<u>Jakobskreuzkraut</u>			•	+	+		Senecio jacobaea
B	Kalk-Blaugras					+	+	Sesleria caerulea/Sesleria varia
S	Liegender Dreizahn	+	+	+	+			Sieglingia decumbens/Danthonia decumbens
	Taubenkropf			•	+	+		Silene vulgaris
	Grasmieze	+	+	+	+			Stellaria graminea
	Pfriemengras					•	+	Stipa capillata
	Gewöhnlicher Löwenzahn	+	+	+	+			Taraxacum officinale
S	Sandthymian				+	+	+	Thymus serpyllum

	Deutscher Name	Wasserstufen						wiss. Name
		2+	1	2-	3-	4-	5-	
	<u>Wiesenbocksbart</u>		+	+	+			Tragopogon pratensis
S	<u>Hasenklee</u>				+	+	+	Trifolium arvense
S	Feldklee				+	+	+	Trifolium campestre
	Zickzackklee			+	+			Trifolium medium
	Bergklee				+	+		Trifolium montanum
	Goldhafer	+	+	+	+			Trisetum flavescens
	<u>Gamander-Ehrenpreis</u>		+	+	+			Veronica chamaedrys
	Vogelwicke	+	+	+	+			Vicia cracca
	Zaunwicke	+	+	+	+			Vicia sepium
	Hundsveilchen	+	+	+	+			Viola canina
	Behaartes Veilchen				+	+	•	Viola hirta
	Pechnelke				+	+		Viscaria vulgaris

Beispiele für Wasserstufenbestimmung nach Übersicht 6.1

Bohrpunkt: 1

Datum: 26.06.1985

Standort: Fürstenwalde, AIS

Bodenform: Sand-Braunerde

Vegetationsform: Rotstraußgrasflur

Pflanzenarten	Wasserstufen					
	2+	1	2-	3-	4-	5-
Quecke	+	+	+	+		
Knaulgras	+	+	+	+		
Wiesenrispe	+	+	+	+	+	
Rotschwingel	+	+	+	+	•	
Rotes Straußgras			+	+	+	
Weiche Tresps	+	+	+	+		
Silberfingerkraut				+	+	•
Echtes Labkraut				+	+	•
Spitzwegerich	+	+	+	+		
Schafgarbe			+	+		
Skabiosen-Flockenblume				+	+	
Sichel-Luzerne				+	+	•
Sauerampfer	+	+	+	+		

	Wasserstufen					
Pflanzenarten	2+	1	2-	3-	4-	5-
Mauerpfeffer				+	+	+
Hasenklée				+	+	+
Summe	7	7	9	15	8	2
→ Ergebnis: Wasserstufe: 3–						

Anhang II b: Übersicht 6.2 – Wasserstufenamplitude wichtiger Graslandpflanzen vorwiegend nässegeprägter Standorte von Niederungen

	Deutscher Name	Wasserstufen											wiss. Name
		5+	4+	3+	2+	2±	4+ 2–	3+ 2–	2–	2+ 3–	3±	3–	
	<u>Schafgarbe</u>					•			+	•		+	Achillea millefolium
	Kalmus	+	+	•									Acorus calamus
	<u>Quecke</u>				+	+	+	+	+	+	+	+	Agropyron repens
Ü	<u>Weißes Straußgras</u>		+	+	+	+	+	+	•	•	+		Agrostis alba / Agrostis stolonifera
S	Hundestrauchgras	+	+	+									Agrostis canina
Ü	<u>Knickfuchsschwanz</u>	•	+	+	•	•	+	+					Alopecurus geniculatus
	Wiesenfuchsschwanz			+	+	+	•	+	+	•	•		Alopecurus pratensis
	Zurückgebogener Fuchsschwanz											+	Amaranthus retroflexus
	Engelwurz		+	+									Angelica silvestris
	<u>Wiesenkrebel</u>				+	+			+	•		•	Anthriscus silvestris
	<u>Kleine Klette</u>											+	Arctium minus
	<u>Glatthafer</u>				+	+			+	+		+	Arrhenatherum elatius
	Weiche Trespe				+	+		•	+	•	•	+	Bromus mollis
	<u>Sumpfdotterblume</u>	•	+	+									Caltha palustris
	Hirtentäschel								•	+	+	+	Capsella bursa-pastoris
	Wiesenschaumkraut		+	+	+		•						Cardamine pratensis
	<u>Sandschaumkresse</u>				•	•			•	+	+	+	Cardaminopsis arenosa
	Krause Distel									•		+	Carduus crispus
Q	<u>Sumpfsegge</u>	+	+	+	•	•		•					Carex acutiformis
B	Schwarzschofsegge	+	+	+									Carex appropinquata
Ü	Zweizeilige Segge	+	+	+									Carex disticha
Ü	Steife Segge	+	+										Carex elata
BS	Wiesen-Segge	+	+	+		•							Carex fusca/C. nigra
Ü	<u>Schlanksegge</u>	+	+	+			•	+					Carex gracilis/ C. acuta
Q	<u>Rispensegge</u>	+	+	•									Carex paniculata
BS	Schnabelsegge	+	+										Carex rostrata
Ü	<u>Fuchssegge</u>		+	+		•	•	+					Carex vulpina
	Gemeines Hornkraut			+	+	•	•	+	•				Cerastium holosteoides
	<u>Weißer Gänsefuß</u>								•	+	+	+	Chenopodium album
	<u>Ackerkratzdistel</u>			•	•	+			+	+	+	+	Cirsium arvense
	<u>Kohldistel</u>			+	+	•			•	•	•		Cirsium oleraceum
	<u>Sumpfdistel</u>		+	+									Cirsium palustre
BS	<u>Sumpflutauge</u>	+	+										Comarum palustre
	Sumpfpippau		+	+									Crepis paludosa
V	Kammgras			•	+	+	•	•	+				Cynosurus cristatus
	<u>Knautgras</u>				+	+			+	+	+	+	Dactylis glomerata

	Deutscher Name	Wasserstufen											wiss. Name
		5+	4+	3+	2+	2±	4+ 2–	3+ 2–	2–	2+ 3–	3±	3–	
V	<u>Rasenschmiele</u>			+	+	+	•	+	•				Deschampsia caespitosa
Q	<u>Rauhhaariges Weidenröschen</u>	+	+	•									Epilobium hirsutum
	<u>Teichschachtelhalm</u>	+	+										Equisetum fluviatile
	<u>Sumpfschachtelhalm</u>		+	+									Equisetum palustre
BS	<u>Schmalbl. Wollgras</u>	+	+										Eriophorum angustifolium
	Wasserdost		+	+	•	•							Eupatorium cannabinum
	Acker-Windenknöterich									•	•	+	Fallopia convolvulus
V	Rohrschwengel			•	+	+	•	+	•	•	•		Festuca arundinacea
	Wiesenschwengel			+	+	+		•	+				Festuca pratensis
B	Rotschwengel			+	+	+		+	+	•	•	•	Festuca rubra
	<u>Echtes Mädesüß</u>	+	+	+	•								Filipendula ulmaris
	Kleinblütiges Knopfkraut					•			•	•	•	+	Galinsoga parviflora
	Wiesen-Labkraut			•	+	+		•	+	•			Galium mollugo
	Sumpflabkraut	+	+										Galium palustre
	Moorabkraut		+	+	•								Galium uliginosum
	<u>Bachnelkenwurz</u>		+	+	•								Geum rivale
	<u>Gundermann</u>				•	+		•	+	+	+	+	Glechoma hederacea
Ü	<u>Flutender Schwaden</u>	+	+	+			+	+					Glyceria fluitans
Ü	<u>Wasserschwaden</u>	+	+	•			•						Glyceria maxima
	<u>Bärenklau</u>				+	+		•	+	•	•	•	Heracleum sphondylium
B	Wolliges Honiggras		•	+	+	+		•	+	•	•		Holcus lanatus
	<u>Wasserschwertlilie</u>	+	+										Iris pseudacorus
QB	<u>Spitzblütige Binse</u>	+	+	•									Juncus acutiflorus
	Glanzfrüchtige Binse	+	+	+	•	•	+						Juncus articulatus
V	<u>Flatterbinse</u>	+	+	+	•	•	+	•					Juncus effusus
Q	<u>Blaugrüne Binse</u>		•	+	•	•		+					Juncus inflexus
QB	<u>Stumpfbblütige Binse</u>	+	+	+									Juncus subnodulosus
	<u>Weißes Taubnessel</u>											+	Lamium album
	Purpurrote Taubnessel									+	•	+	Lamium purpureum
	Welsches Weidelgras				+	+	•	•	+	+	•		Lolium multiflorum
	Deutsches Weidelgras				+	+		•	+	•	•	•	Lolium perenne
	Sumpfschotenklee		+	+	•								Lotus uliginosus
	Kuckucks-Lichtnelke		+	+	+	•	•	•	•		•		Lychnis flos-cuculi
	Wolfstrapp	+	+	•									Lycopus europaeus
VÜ	<u>Pfennigkraut</u>		+	+	•	+	•	+	•	•	•		Lysimachia nummularia
	Straußgilbweiderich	+	+										Lysimachia thyrsiflora
	<u>Gem. Gilbweiderich</u>	+	+	+									Lysimachia vulgaris
	<u>Blutweiderich</u>	+	+	+			•						Lythrum salicaria

	Deutscher Name	Wasserstufen											wiss. Name
		5+	4+	3+	2+	2±	4+ 2–	3+ 2–	2–	2+ 3–	3±	3–	
	Wasserrminze	+	+	+									Mentha aquatica
	Ackerminze										+		Mentha arvensis
BS	<u>Fieberklee</u>	+	+										Menyanthes trifoliata
BS	Pfeifengras		+	+	+	+			+				Molinia coerulea
	Acker-Vergißmeinnicht											+	Myosotis arvensis
	Sumpfvergißmeinnicht	+	+	+									Myosotis palustris
	Sumpfhhaarstrang	+	+										Peucedanum palustre
	Rohrglanzgras	+	+	+	+	+	+	+	•	•	•		Phalaris arundinacea
	<u>Wiesenlieschgras</u>			•	+	+	•	•	+	+	•		Phleum pratense
	<u>Schilf</u>	+	+	•									Phragmites australis
BS	Spitzwegerich			•	+	+		•	+	•	•	+	Plantago lanceolata
V	Breitwegerich			•	+	+	+	+	+	+	•		Plantago major
	Einjährige Ripse				+	+	•	•	+	+	+		Poa annua
Ü	Sumpfrispe	+	+	•	•	•	+	+					Poa palustris
	Wiesenrispe			+	+	+	•	+	+	+	+	+	Poa pratensis
	Gemeine Risppe		+	+	+	+	+	+	+	+	+		Poa trivialis
Ü	Wasserknöterich	+	+	+	•	•	+	+		•	•		Polygonum amphibium
	Vogelknöterich				•	•			•	+	+	+	Polygonum aviculare
	<u>Wiesenknöterich</u>		+	+	•								Polygonum bistorta
	Ampferknöterich					+				+	•		Polygonum lapathifolium
	Flohnöterich					+	•		+	+	+	+	Polygonum persicaria
VÜ	<u>Gänsefingerkraut</u>			•	•	+	+	+		•	+		Potentilla anserina
	Kriechendes Fingerkraut			•	+	+		+	+	+	•	•	Potentilla reptans
Ü	Flammender Hahnenfuß	+	+	+									Ranunculus flammula
	Zungenhahnenfuß	+											Ranunculus lingua
VÜ	<u>Kriechender Hahnenfuß</u>		+	+	+	+	+	+		•	+		Ranunculus repens
	<u>Wassersumpfkresse</u>	+	•										Rorippa amphibia
V	<u>Gemeine Sumpfkresse</u>						+	+		+	+		Rorippa palustris
	Sauerampfer			+	+	+		•	+	•	•	+	Rumex acetosa
V	<u>Krauter Ampfer</u>		•	+	+	+	+	+	+	•	+	•	Rumex crispus
	<u>Hoher Ampfer</u>	+	•										Rumex hydrolapathum
V	<u>Stumpfbblättriger Ampfer</u>				•	+		•	+	+	+	+	Rumex obtusifolius
Q	<u>Waldsimse</u>	•	+	+	•								Scirpus sylvaticus
	Kappenhelmkraut	+	+	+									Scutellaria galericulata
	<u>Weißer Nachtnelke</u>									•		+	Silene alba
Q	<u>Aufrechter Merk</u>	+											Sium erectum/Berula erecta
	Breitblättriger Merk	+											Sium latifolium
	Schwarzer Nachtschatten										•	+	Solanum nigrum

(Koska, Succow & Timmermann 2001)

zu den Abkürzungen im Tabellenkopf; auch Abschn. 4.1.2, Tab. 4-2, Abschn. 3.3.1, 3.3.2, 3.5, 4.2.3
Wasserstufe: 6: flach aquatisch; 5+: naß; 4+: halbnäß; 3+: feucht; 2+: mälig feucht;
2-: mälig trocken
Wasserregime typ: O: ombrogenes Wasserregime; T: topogenes WR;
U: Auenüberflutungsregime; P: Perkolationsregime; K: Küstenüberflutungsregime;
G: Grundwasserregime; W: Wechsellagerungsregime; I: Infiltrationsregime
Trophiestufe; oligotroph: sa: sehr arm; a: arm; mesotroph: za: ziemlich arm; m: mittel;
eutroph: k: kräftig; r: reich; polytroph: sr-er: sehr reich bis extrem reich
Säure-Basen-Stufe: sa: sauer; sb: subneutral; k: kalkhaltig
Wasserqualität: at: atmoclin; lt: lithoclin; si: semi-lithalumin; th: thalassoclin
Störungsgrad: sg: sehr gering (naturnah); g: gering (ungenutztes Sukzessionsstadium);
th-h: trüffelt bis hoch (Gäulandnutzung)

■ sicherer Indikationsbereich (beim Wasserregime: Vorkommen in der Reinform oder nur in
Ausbildungen dieses Charakters, vgl. 4.2.1.2, 3.5)

stetiges Vorkommen, aber keine spezifische Indikation, oder unsichere Einschätzung

zerstreut oder nur unter Sonderbedingungen (z.B. auf Bulten)

A nur in Ausbildungen (bei der Wasserstufe nur in wechselfeuchten Ausbildungen; beim Wasserregime in Mischformen von Regimen, vgl. 4.2.1.2, 3.5)

E nur hochwüchsige Arten der Gruppe
M nur mahdverträgliche Arten der Gruppe

Artenliste mit jeweiligen AG-Nr. zu Vegetationsformen offener ungenutzter Feuchtgebietsstandorte (zu Tab. 4-11 in Succow & Joosten 2001)

AG-Nr.	Artname	AG-Nr.	Artname	AG-Nr.	Artname	AG-Nr.	Artname
94	Achillea millefolium	10	Chara fragilis	83	Laserpitium prutenicum	91	Ranunculus repens
82	Achillea ptarmica	5	Chara jubata	53	Lathyrus palustris	66	Ranunculus sceleratus
44	Acorus calamus	8	Chara rudis	95	Lathyrus pratensis	93	Rhinanthus serotinus-Agg.
97	Aegopodium podagraria	8	Chara tomentosa	69	Ledum palustre	16	Rhynchospora alba
98	Agropyron repens	10	Chara vulgaris	14	Lemna gibba	93	Rhytidadelphus squarrosus
54	Agrostis canina	67	Chenopodium rubrum	13	Lemna minor	31	Riccardia pinguis
98	Agrostis gigantea	40	Cicuta virosa	14	Lemna trisulca	12	Ricca fluitans
91	Agrostis stolonifera	33	Cinclidium stygium	103	Leontodon autumnalis	44	Rorippa amphibia
72	Agrostis stolonifera maritima	99	Cirsium arvense	83	Leontodon hispidus hispidus	89	Rorippa palustris
96	Agrostis tenuis	86	Cirsium oleraceum	14	Leptodictyum riparium	102	Rorippa x anceps
44	Alisma plantago-aquatica	63	Cirsium palustre	83	Linum catharticum	94	Rumex acetosa
100	Allium vineale	37	Cladium mariscus	27	Liparis loeselii	80	Rumex aquaticus
67	Alopecurus aequalis	1	Cladopodiella fluitans	103	Lolium perenne	92	Rumex crispus
89	Alopecurus geniculatus	58	Climacium dendroides	96	Lotus corniculatus	44	Rumex hydrolapathum
92	Alopecurus pratensis	101	Convolvulus arvensis	85	Lotus uliginosus	67	Rumex maritimus
64	Amblystegium kochii	101	Conyza canadensis	82	Luzula campestris	103	Rumex obtusifolius
18	Andromeda polifolia	36	Cratoneuron commutatum	70	Luzula multiflora	66	Rumex palustris
85	Angelica sylvestris	36	Cratoneuron filicinum	85	Lychnis flos-cuculi	45	Sagittaria sagittifolia
93	Anthoxanthum odoratum	85	Crepis paludosa	17	Lycopodiella inundata	62	Salicornia europaea
97	Anthriscus sylvestris	30	Ctenidium molluscum	74	Lycopus europaeus	58	Salix repens K
101	Arctium tomentosum	98	Dactylis glomerata	92	Lysimachia nummularia	60	Samolus valerandi
72	Armeria maritima-Agg.	58	Dactylorhiza incarnata	54	Lysimachia thyrsiflora	16	Scheuchzeria palustris
97	Arrhenatherum elatius	58	Dactylorhiza majalis	78	Lysimachia vulgaris	43	Schoenoplectus lacustris
101	Artemisia vulgaris	27	Dactylorhiza majalis brevifolia	78	Lythrum salicaria	59	Schoenoplectus tabernaemontani
60	Aster tripolium	100	Daucus carota	39	Marchantia polymorpha	35	Schoenus ferrugineus
102	Atriplex hastata	86	Deschampsia cespitosa	102	Matricaria recutita	35	Schoenus x intermedius
20	Aulacomnium palustre	83	Dianthus superbus	103	Medicago lupulina	80	Scirpus sylvaticus
93	Avenochloa pubescens	29	Dicranum bonjeanii	33	Meesia triquetra	82	Scleropodium purum
101	Ballota nigra	64	Drepanocladus aduncus	63	Mentha aquatica	7	Scorpidium scorpioides
103	Bellis perennis	1	Drepanocladus fluitans	92	Mentha arvensis	80	Scrophularia scorpioides
46	Berula erecta	31	Drepanocladus lycopodioides	25	Menyanthes trifoliata	78	Scutellaria galericulata
67	Bidens cernua	31	Drepanocladus revolvens	84	Molinia caerulea	83	Senlinum carvifolia
66	Bidens connata	33	Drepanocladus vernicosus	18	Mylia anomala	66	Senecio congestus
67	Bidens tripartita	16	Drosera anglica	102	Myosotis arvensis	71	Senecio paludosus
52	Blasmus rufus	17	Drosera intermedia	63	Myosotis palustris	83	Serratula tinctoria
60	Bolboschoenus maritimus	20	Drosera rotundifolia	88	Myosoton aquaticum	101	Silene pratensis
58	Brachythecium mildeanum	48	Dryopteris cristata	9	Myriophyllum spicatum	40	Sium latifolium
83	Briza media	66	Eleocharis palustris-Agg.	12	Myriophyllum verticillium	75	Solanum dulcamara
101	Bromus inermis	32	Eleocharis quinqueflora	8	Najas intermedia	92	Sonchus arvensis
101	Bromus sterilis	57	Eleocharis uniglumis	46	Nasturtium officinale	44	Sparganium erectum
58	Bryum pseudotriquetrum	81	Empetrum nigrum	11	Nuphar lutea	4	Sparganium minimum
45	Butomus umbellatus	15	Enteromorpha spec.	12	Nymphaea alba	62	Spergularia media
74	Calamagrostis canescens	99	Epilobium adenocaulon	67	Oenanthe aquatica	62	Spergularia salina
99	Calamagrostis epigejos	77	Epilobium hirsutum	71	Oenanthe fistulosa	18	Sphagnum capillifolium
25	Calamagrostis stricta	64	Epilobium palustre	61	Oenanthe lachenalii	50	Sphagnum centrale
23	Calla palustris	63	Epilobium parviflorum	70	Ophioglossum vulgatum	50	Sphagnum contortum
6	Calliergon giganteum	51	Epipactis palustre	35	Ophrys insectifera	1	Sphagnum cuspidatum
21	Calliergon stramineum	98	Equisetum arvense	100	Origanum vulgare	2	Sphagnum denticulatum (obesum)
7	Calliergon trifarium	64	Equisetum fluviatile	28	Paludella squarrosa	48	Sphagnum fimbriatum
63	Calliergonella cuspidata	87	Equisetum palustre	30	Parnassia palustris	50	Sphagnum flexuosum
12	Callitriche palustris	81	Erica tetralix	26	Pedicularis palustris	18	Sphagnum fuscum
81	Calluna vulgaris	24	Eriophorum angustifolium	31	Pellia endiviifolia	18	Sphagnum magellanicum
63	Caltha palustris	27	Eriophorum gracile	90	Petasites hybridus	48	Sphagnum palustre
99	Calystegia sepium	34	Eriophorum latifolium	54	Peucedanum palustre	18	Sphagnum papillosum
51	Campylium stellatum	19	Eriophorum vaginatum	88	Phalaris arundinacea	21	Sphagnum fallax
102	Capsella bursa-pastoris	77	Eupatorium cannabinum	36	Philonotis calcarea	18	Sphagnum rubellum
46	Cardamine amara	99	Eurhynchium swartzii s.l.	98	Phleum pratense	48	Sphagnum squarrosus
38	Cardamine palustris	91	Festuca arundinacea	87	Phragmites australis	50	Sphagnum subsecundum
91	Cardamine pratensis	94	Festuca pratensis	86	Pimpinella major	50	Sphagnum teres
97	Carduus crispus	72	Festuca rubra litoralis	100	Pimpinella saxifraga	50	Sphagnum warnstorffii
87	Carex acutiformis	95	Festuca rubra-Agg.	34	Pinguicula vulgaris	12	Spirodela polyrhiza
58	Carex appropinquata	77	Filipendula ulmaria	68	Plagiomnium elatum	86	Stachys palustris
30	Carex buxbaumii	31	Fissidens adianthoides	68	Plagiomnium ellipticum	93	Stellaria graminea
22	Carex canescens	99	Galeopsis tetrahit et bifida	95	Plagiomnium undulatum	102	Stellaria media
16	Carex chordorrhiza	95	Galium album album	103	Plantago lanceolata	54	Stellaria palustris
26	Carex diandra	99	Galium aparine	103	Plantago major	11	Stratiotes aloides
27	Carex dioica	83	Galium boreale	72	Plantago maritima	82	Succisa pratensis
73	Carex disticha	64	Galium palustre-Agg.	93	Poa angustifolia	86	Symphytum officinale
47	Carex echinata	77	Galium uliginosum	102	Poa annua	103	Taraxacum officinale-Agg.
39	Carex elata	86	Geranium palustre	75	Poa palustris	71	Teucrium scordium
83	Carex flacca	86	Genum rivale	95	Poa pratensis	71	Thallitrum flavum
73	Carex gracilis	72	Glaux maritima	99	Poa trivialis	56	Thelypteris palustris
94	Carex hirta	98	Glechoma hederacea	21	Pohlia nutans	101	Torilis japonica
30	Carex hostiana	76	Glyceria fluitans	87	Polygonum amphibium	96	Tragopogon pratensis-Agg.
25	Carex lasiocarpa	65	Glyceria maxima	102	Polygonum aviculare	103	Trifolium pratense
51	Carex lepidocarpa	34	Gymnadenia conopsea	85	Polygonum bistorta	103	Trifolium repens
16	Carex limosa	16	Hammarbya paludosa	76	Polygonum hydropiper	103	Trifolium maritimum
70	Carex nigra	28	Helodinium blandowii	102	Polygonum lapathifolium	60	Triglochin maritimum
32	Carex oederi	97	Heracleum flav. & sphond.	102	Polygonum mite	57	Triglochin palustre
70	Carex panicea	94	Hoicux lanatus	102	Polygonum persicaria	102	Tripleurospermum perforatum
80	Carex paniculata	29	Homalothecium nitens	22	Polytrichum commune	85	Trollius europaeus
42	Carex pseudocyperus	12	Hottonia palustris	22	Polytrichum longisetum	41	Typha angustifolia
30	Carex pulicaris	11	Hydrocharis morsus-ranae	19	Polytrichum strictum	42	Typha latifolia
88	Carex riparia	54	Hydrocotyle vulgaris	9	Potamogeton gramineus	99	Urtica dioica
55	Carex rostrata	96	Hypericum perforatum	12	Potamogeton natans	4	Utricularia intermedia
96	Carex spicata	63	Hypericum tetrapterum	91	Potentilla anserina	4	Utricularia minor
40	Carex vesicaria	75	Iris pseudacorus	82	Potentilla erecta	9	Utricularia vulgaris
89	Carex vulpina	49	Juncus acutiflorus	25	Potentilla palustris	20	Vaccinium oxycoccus
93	Centaurea jacea	32	Juncus alpino-articulatus	98	Potentilla reptans	69	Vaccinium uliginosum
100	Centaurea scabiosa	70	Juncus articulatus	31	Preissia quadrata	58	Valeriana dioica
52	Centaureum littorale littorale	89	Juncus bufonius	35	Primula farinosa	46	Valeriana officinalis-Agg.
18	Cephalozia connivens	3	Juncus bulbosus	100	Primula veris	85	Veronica anagallis-aquatica
94	Cerastium holosteoides	70	Juncus conglomeratus	103	Prunella vulgaris	102	Veronica arvensis
12	Ceratophyllum demersum	74	Juncus effusus	62	Puccinellia distans	46	Veronica beccabunga
14	Ceratophyllum submersum	53	Juncus filiformis	62	Puccinellia maritima	94	Veronica chamaedrys
8	Chara aspera	72	Juncus gerardii	94	Ranunculus acris	71	Veronica longifolia
8	Chara contraria	89	Juncus inflexus	53	Ranunculus flammula	53	Veronica scutellata
5	Chara delicatula	61	Juncus maritimus	38	Ranunculus lingua	95	Vicia cracca
		79	Juncus subnodulosus			47	Vicia palustris
		100	Knautia arvensis				

Anhang IV: Tab. 4-20 Ökologische Charakterisierung der Artengruppen des Saatgraslandes, Intensivgraslandes u. daraus hervorgegangener Wiesen & Weiden
(Roth & Succow 2001)

AG-Nr.	ökologisch-soziologische AG	weitere Arten der AG	Wasserstufe				Wasserregimetyp bei Wasserstufe:				Trophie-stufe		Nutzung/Störungsgrad		
			4+	3+	2+	2-	4+	3+	2+	2-	e	p	bra	ext	int
			4+	3+	2+	2-	T	G	W	I	r	sr-er	g	m	h
1	Glyceria maxima-Gr.	Eleo pal, Gal pal, Lys vul, Lyc eur, Epil hir, Equ flu													
2	Glyceria fluitans-Gr.	Ran sce, Ran fla, Rum mar, Ver scut, Ver ana-aq, Bid tri, Bid cer, Rum pal													
3	Caltha palustris-Gr.	Stel pal, Cir pal, Myo pal, Hyp tetr													
4	Alopecurus geniculatus				int										
5	Juncus effusus-Gr.	Jun art, Poly amph, Ror, amph, Lyt sal, Jun inf			ext										
6	Ranunculus repens-Gr.	Agro stol, Car hir, Desch cesp, Pot ans, Alop pra, Phal arun, Rum cris, Sym off, Pers amph				ext									
7	Cirsium oleraceum-Gr.	Lych flo-cu	ext		ext				ext						
8	Galium uliginosum-Gr.	Car grac, Car acut, Men aqu, Men arv, Poa pal, Car disti, Epil aden	ext	ext					ext						
9	Equisetum palustre-Gr.	Stel gram, Car nig, Fili ulm	ext	ext					ext						
10	Cardamine pratensis-Gr.	Lot uli, Poly bist, Son arv	ext	ext	ext				ext						
11	Elymus repens-Gr.	Poa triv, Poa prat, Phl prat													
12	Taraxacum officinale-Gr.	Dac glom, Gle hed, Hera sphon, Anth syl, Fes arund, Fes prat, Hol lan, Cer hol, Ach mil, Pot rept											B		
13	Lolium perenne-Gr.	Trif rep, Rum obt, Plan maj, Lol mult, Poa ann													
14	Urtica dioica-Gr.	Cir arv, Cir vul, Galeo bif, Galeo tetr, Gal apa		ext	ext	ext			ext					W	
15	Festuca rubra-Gr.	Rum ace, Vic cra, Lath prat, Arrh ela, Ran acr, Bel per, Trif pra, Leon aut, Cent jac, Prun vul	ext	ext	ext	ext			ext				B		
16	Stellaria media-Gr.	Caps bur-pas, Card are, Poly avi, Brom hord, Ver arv, Poly lap, Card cri													
17	Lamium purpureum-Gr.	Chen alb, Vio tric, Myo arv, Ger mol, Matr disc, Lam alb													
18	Silene pratensis-Gr.	Lin vul, Arct lap, Arct min, Arte vul, Lam ampl, Con cana, Brom iner				ext								W	

Zu den Abkürzungen im Tabellenkopf s. auch Abschn. 4.1.2, Tab. 4-2, Abschn. 3.3.1, 3.3.2, 3.5

Wasserstufe: 4+ : halbnäß; 3+ : feucht; 2+ : mäßig feucht; 2- : mäßig trocken

Wasserregimetyp: T : topogenes Wasserregime; G : Grund/Stauwasserregime; W : Wechsellässeregime;

I : Infiltrationsregime

Trophiestufe: e- : eutroph-reich; p-(sr-er) : polytroph-sehr reich bis extrem reich

Nutzung/Störungsgrad: g : gering (Brache); m : mittel (extensive Grünlandnutzung); h : hoch (intensive Grünlandnutzung)

Ökologische Amplitude und Indikationsspezifität:

 sicherer Indikationsbereich (beim Wasserregime: Vorkommen in der Reinform oder nur in Ausbildungen dieses Charakters, vgl. 4.2.1.2, 3.5)

 stetiges Vorkommen, aber keine spezifische Indikation, oder unsichere Einschätzung

int bzw. ext : Vorkommen der Arten in dieser Stufe nur bei intensiver bzw. extensiver Nutzung

B : nur "verbruchsresistente" Arten der Gruppe (vgl. 4.3.1)

W : nur in Weiden und extensivierten Formen

Artenliste alphabetisch (FB – Faziesbildner, AG – Artengruppe)

Artname	FB	AG	Artname	FB	AG	Artname	FB	AG
Achillea millefolium		12	Galeopsis bifida		14	Polygonum persicaria		6
Agrostis stolonifera	F	6	Galeopsis tetrahit		14	Potentilla anserina		6
Alopecurus geniculatus	F	4	Galium aparine		14	Potentilla reptans		12
Alopecurus pratensis		6	Galium palustre		1	Prunella vulgaris		15
Anthriscus sylvestris		12	Galium uliginosum		8	Ranunculus acris		15
Arctium lappa		18	Geranium molle		17	Ranunculus flammula		2
Arctium minus		18	Glechoma hederacea		12	Ranunculus repens		6
Arrhenatherum elatius		15	Glyceria fluitans	F	2	Ranunculus sceleratus		2
Artemisia vulgaris		18	Glyceria maxima	F	1	Rorippa palustris		5
Bellis perennis		15	Heracleum sphondylium		12	Rumex acetosa		15
Bidens cernua	F	2	Holcus lanatus		12	Rumex crispus		6
Bidens tripartita	F	2	Hypericum tetrapterum		3	Rumex maritimus		2
Bromus hordeaceus		16	Juncus articulatus		5	Rumex obtusifolius		13
Bromus inermis		18	Juncus effusus		5	Rumex palustris		2
Caltha palustris		3	Juncus inflexus		5	Silene pratensis		18
Capsella bursa-pastoris		16	Lamium album		17	Sonchus arvensis		10
Cardamine pratensis		10	Lamium amplexicaule		18	Stellaria graminea		9
Cardaminopsis arenosa		16	Lamium purpureum		17	Stellaria media		16
Carduus crispus		16	Lathyrus pratensis		15	Stellaria palustris		3
Carex acutiformis	F	8	Leontodon autumnalis		15	Symphytum officinale		6
Carex disticha	F	8	Linaria vulgaris		18	Taraxacum officinale-Agg.		12
Carex gracilis	F	8	Lolium multiflorum		13	Trifolium pratense		15
Carex hirta		6	Lolium perenne		13	Trifolium repens		13
Carex nigra		9	Lotus uliginosus		10	Urtica dioica	F	14
Centaurea jacea		15	Lychnis flos-cuculi		7	Veronica anagallis-aquatica		2
Cerastium holosteoides		12	Lycopus europaeus		1	Veronica arvensis		16
Chenopodium album		17	Lysimachia vulgaris		1	Veronica scutellata		2
Cirsium arvense	F	14	Lythrum salicaria		5	Vicia cracca		15
Cirsium oleraceum		7	Matricaria discoidea		17	Viola tricolor		17
Cirsium palustre		3	Mentha aquatica		8			
Cirsium vulgare		14	Mentha arvensis		8			
Conyza canadensis		18	Myosotis arvensis		17			
Dactylis glomerata		12	Myosotis palustris		3			
Deschampsia cespitosa		6	Phalaris arundinacea	F	6			
Eleocharis palustris	F	1	Phleum pratense		11			
Elymus repens	F	11	Plantago major		13			
Epilobium adenocaulon		8	Poa annua		13			
Epilobium hirsutum		1	Poa palustris		8			
Equisetum fluviatile		1	Poa pratensis		11			
Equisetum palustre		9	Poa trivialis		11			
Festuca arundinacea		21	Polygonum amphibium		5			
Festuca pratensis		12	Polygonum aviculare		16			
Festuca rubra		15	Polygonum bistorta		10			
Filipendula ulmaria		9	Polygonum lapathifolium		16			

Anhang V: GEST-Liste 2026

Reichelt
(2015)

Reichelt
&
Lechtape
(2018)

Couwen-
berg et
al. in
prep.

Couwen-
berg et
al. in
prep.

(Haupt-) GESTs

Alle Angaben zu Klimawirksamkeit beziehen sich auf Hektar und Jahr.

GEST 2015	GEST 2018	GEST 2020	GEST 2026	GEST name	Water level class (Wasserstufe)	CH ₄ [kg]	EF CH ₄ [t CO ₂ e]	SD CH ₄ [t CO ₂ e]	n CH ₄	EF CO ₂	SD CO ₂	n CO ₂	EF 2026 (round)
-	-	G1w	G0	Alternating dry grassland	4+/2-, 3+/2-, 2+/2-, 2-/2-	4,0	0,1	0,3	29	43,0	11,3	36	43,0
1	G1	G1	G1	Dry to moderately moist grassland	2+/2+	5,4	0,1	0,7	25	27,4	10,1	14	27,5
2	G2	G2	G2	Moist grassland	3+/3+, 3+/2+	1,9	0,1	0,2	68	21,3	8,4	44	21,5
3	G3	G3	G3	Moist to very moist grassland	4+/3+, 5+/3+	10,2	0,3	0,3	12	15,8	3,9	6	16,0
4	G4	G4	G4	Very moist grassland	5+/4+, 4+/4+	10,9	0,3	0,3	10	5,8	5,1	7	6,0
-	-	G4s	G4s	Very moist grassland with shunt species	5+/4+, 4+/4+	117,0	3,8	2,0	12	5,8	5,1	-	9,5
25	A1	A1	C1	Dry to moderately moist cropland	2+/2+, 2+/2-, 2-/2-	3,0	0,1	0,1	10	40,5	12,8	9	40,5
26	A2	A2	C2	Moist cropland	3+/3+, 3+/2+	4,7	0,1	0,2	17	23,6	13,2	11	23,5
-	-	-	D1	Ditches	-	1.467,8	39,6	48,5	20	27,1	24,0	13	67,0
9b	U1	U1	U1	Moist bare peat	4+/3+	9,2	0,2	0,4	4	7,2	2,6	4	7,5
9a	U10	U7	U2	Wet bare peat	6+/6+, 5+/4+	19,1	0,5	0,5	5	1,8	0,9	5	2,5
8	U2	U2	M1	Moist bog heath	3+/3+	9,6	0,3	0,3	9	12,3	5,5	5	12,5
12a	U6	U3	M2	Very moist bog heath	(5+/4+), 4+/4+	32,8	0,9	1,0	6	2,9	3,4	9	4,0
15	U8	U5	M3	Very moist <i>Sphagnum</i> lawn	5+/4+, 4+/4+	55,5	1,5	1,3	11	-4,4	3,8	10	-3,0
20	U13	U10	M4	Wet bog sites with <i>Sphagnum</i>	5+/5+, (5+/4+)	201,0	5,4	4,0	11	-1,7	3,5	16	3,5
21	U19	U13	M5	Wet to very wet <i>Sphagnum</i> hollows	6+/6+, 6+/5+, (5+/5+)	358,0	9,7	4,4	9	-5,2	3,7	7	4,5
11a	U7	U4	M6	Very moist meadows, forbs and small sedges	(5+/4+), 4+/4+	33,9	0,9	1,0	10	8,1	5,6	3	9,0
18	U12	U9	M7	Wet small sedges with mosses	5+/5+, 5+/4+	134,2	3,6	2,2	15	-1,6	2,5	13	2,0
-	-	-	M8	Moist tall sedges	5+/3+, 4+/3+	24,2	0,7	0,3	7	12,1	4,4	5	12,5
14	U9	U6	M9	Very moist tall sedges	5+/4+, 4+/4+	79,2	2,1	1,4	5	7,0	3,6	4	9,0
16	U15	U12	M10	Wet tall sedges	6+/4+, 5+/5+	127,8	3,5	3,5	9	3,0	-	1*	6,5
23a	U17	U14	M11	Very wet tall sedges and <i>Typha</i>	6+, (6+/5+)	243,3	6,6	4,4	8	-1,1	2,0	8	5,5
-	-	-	M12	Very moist tall reeds	4+/4+	24,7	0,7	0,4	5	2,5	-	1*	3,0
19	U14	U11	M13	Wet tall reeds	6+/5+, 5+/5+, (5+/4+)	122,6	3,3	2,3	8	-1,2	4,1	3	2,0
23b	U18	U15	M14	Very wet <i>Phragmites</i> reeds	6+/6+	441,1	11,9	4,0	13	-9,7	9,9	10	2,0
30	U20	U16	M15	Deep flooded reeds, sedges or floating hydro-phytes (30-60 cm)	6+/6+	525,9	14,2	8,7	34	-5,6	7,9	18	8,5
-	-	-	M16	Open Water with at least submerged hydrophytes	6+/6+	337,8	9,1	8,3	10	1,4	2,8	10	10,5

* but fits to trend of all GHG measurements of this plant functional type

n (Haupt-) GEST: 382

272

Sonderstandorte (Special-GESTs)

Alle Angaben zu Klimawirksamkeit beziehen sich auf Hektar und Jahr.

GEST 2015	GEST 2018	GEST 2020	GEST 2026	GEST name	Water level class (Wasserstufe)	CH ₄ [kg]	EF CH ₄ [t CO ₂ e]	SD CH ₄ [t CO ₂ e]	n CH ₄	EF CO ₂	SD CO ₂	n CO ₂	EF 2026 (round)
32	S1	S1	S1	Dry to moderately moist grassland on peaty soils	4+/2-, 3+/2-, 2+/2+, 2+/2-, 2-/2-	-0,5	0,0	0,2	40	36,9	19,2	46	37,0
32	S1	S2	S2	Moist grassland on peaty soils	5+/3+, 4+/3+, 3+/3+	0,8	0,0	0,1	4	22,3	14,3	10	22,5
-	-	S3	S3	Very moist grassland on peaty soils	5+/4+, 4+/4+	205,0	5,5	1,5	4	17,1	5,7	4	22,5
33	S2	S4	S4	Dry to moderately moist cropland on peaty soils	3+/2-, 2+/2+, 2+/2-, 2-/2-	0,2	0,0	0,1	17	37,4	21,4	23	37,5
27	S3	S7	S5	Cropland flooded in summer	2+/3+, 3+	278,0	7,5	3,4	2	16,1	9,2	2	23,5
28	S4	S6	S6	Grassland flooded in summer	(4+/5+), 5+/4+, (5+/3+)	688,3	18,6	13,7	11	1,7	6,9	9	20,5
-	-	-	S7	Moderate rewetted agricultural soils with phosphorous release	4+/3+, 3+/3+, 3+/2+	33,6	0,9	1,2	12	52,5	11,9	12	53,5
-	-	S8	S8	Recently rewetted grassland (water fluctuations, no flooding)	5+/4+, 5+/3+, 4+/4+, 4+/3+	402,2	10,9	10,4	6	18,2	5,4	6	29,0
-	-	-	S9	Recently flooded (first year)	6+/6+	2.259,7	61,0	42,6	4	NA	NA	NA	NA
-	-	-	S10a	Submerged hydrophytes with lateraler matter transport	6+/6+, 6+/5+	1.846,9	49,9	25,0	7	NA	NA	NA	NA
-	-	(S12)	S10b	Deep flooded (>60cm) emergent helophytes with lateraler matter transport	6+/6+	1.308,9	35,3	10,2	6	-32,7	14,7	6	2,5
-	-	(S12)	S10c	Shallow flooded emergent helophytes with lateraler matter transport	6+/6+, 6+/5+	995,6	26,9	5,6	12	3,8	6,9	12	30,5
-	-	-	S11	<i>Carex</i> paludiculture establishment phase	5+/5+, 5+/4+, 4+/4+ (4+/3+, 3+/3+)	79,1	2,1	2,3	10	-16,4	10,2	9	-14,0
-	-	-	S12	<i>Phalaris</i> paludiculture establishm. phase	5+/5+, 5+/4+, 4+/4+ (4+/3+)	341,8	9,2	9,6	14	-2,9	13,0	14	6,5
-	-	-	S13	<i>Phragmites</i> paludiculture establish. phase	5+/5+, 4+/4+ (4+/3+)	127,3	3,4	3,3	7	-20,4	19,3	7	-17,0
-	-	-	S14	<i>Typha</i> paludiculture establishment phase	5+/5+, 4+/4+ (4+/3+)	185,1	5,0	5,5	11	-6,9	15,3	8	-2,0
-	-	S9	S15	Emergent paludiculture experimental cut	5+/5+, 5+/4+	110,0	3,0	1,9	3	7,3	6,1	5	10,5
-	-	-	S16	Sphagnum paludiculture	5+/5+, 5+/4+	19,7	0,5	0,3	9	-5,0	3,0	9	-4,5
-	-	-	S17	Calcereous small seges (also CO ₂ from lime precipitation)	4+/4+, 4+/3+ (4+/5+)	91,3	2,5	1,2	4	12,6	6,8	4	15,0

Anhang VI: Materialien Kartierübung – Bestimmungshilfe mit vegetativen Merkmalen für Gräser der Ryckwiese bei Wackerow

Artnamen	deutl. Horste bildend	Öhr- chen	Ski- spur	Jüngstes Blatt	Besondere Merkmale	Feuchtigkeits- ansprüche
Deschampsia cespitosa	x			gefaltet	7 sehr tiefe Riefen auf der Blöberseite, Blätter sehr steif und fest	wechselfeucht
Dactylis glomerata	x			gefaltet	Stengel am Grund extrem plattgedrückt, relativ großes Gras, großes, zugespitztes Blhäutchen	frisch-trocken
Festuca ovina agg.	x			gefaltet	borstblättrig	trocken-sehr trocken
Festuca arundinacea	x	x		gerollt	großes Gras, sehr steife, starre Blätter, mit Öhrchen, Blattgrund und Öhrchen bewimpert	wechselfeucht
Arrhenatherum elatius	x			gerollt	glattes Blatthäutchen, durchgehender Kiel am Übergang Blattscheide zu Blattspreite	frisch-trocken
Lolium perenne		x		gefaltet	Riefenblatt mit Öhrchen, Blattunterseite stark glänzend	frisch-trocken
Festuca pratensis		x		gerollt	relativ breites, glattes Blatt mit Öhrchen	feucht-frisch
Elytrigia repens		x		gerollt	Haare auf der Blattoberfläche, Unterseite nicht glänzend	feucht-trocken
Glyceria maxima			x	gefaltet	sehr breite, gefaltete, glatte Bl mit Skispur und Kahnspitze wie Poa, nasse Standorte	nass
Glyceria fluitans			x	gefaltet	Bl oben und unten neben Skispur deutliche Riefen, deutl. schmaler als G. maxima, wuchsform meist niederliegend-flutend, Blhäutchen sehr lang und spitz zulaufend	nass-feucht
Helictotrichon pubescens			x	gefaltet	Blattscheide und-spreite deutlich behaart, kräftiges Gras, Blätter mit Skispur und Kahnspitze wie Poa, langes zugespitztes Blatthäutchen	frisch-trocken
Poa pratensis			x	gefaltet	gefaltetes Blatt mit Skispur & Kahnspitze, kurzes Blatthäutchen, Blattscheide aufwärts glatt	frisch-trocken

Artname	deutl. Horste bildend	Öhr- chen	Ski- spur	Jüngstes Blatt	Besondere Merkmale	Feuchtigkeits- ansprüche
Poa trivialis			x	gefaltet	gefaltetes Bl mit Skispur u Kahnspitze, langes Blhäutchen, Blattscheide aufwärts rauh	feucht-trocken
Poa annua	(x)		x	gefaltet	niedrige Büschel, fast ständig blühend, Blätter meist querrunzelig	frisch-trocken
Aira praecox				gefaltet	extrem kleines, rasig wachsendes Gras (2-10 cm hoch), borstblättrig - bisher nur auf Deichkrone gesehen	trocken-sehr trocken
Festuca rubra				gefaltet	sehr kurzes Blatthäutchen, an den Seiten hochgezogen, Bl ein Zwischending zw. Borstblättrig und normal ausgebreitet, unten oft rot	feucht-trocken
Phalaris arundinacea				gerollt	sehr breite, glatte Bl mit Blatthäutchen - sonst ähnlich groß wie Schilf	nass-feucht
Phragmites australis				gerollt	sehr breite, glatte Bl mit Haarkranz anstelle Blatthäutchen	nass-feucht
Alopecurus pratensis				gerollt	rel. breite Riefenblätter, kurzes Blatthäutchen, blüht früh	feucht-frisch
Phleum pratensis				gerollt	relativ breites, glattes Blatt, blüht später als A. pratensis	feucht-frisch
Anthoxantum odoratum				gerollt	Cumarin-Geruch am Wurzelhals, glattes Blatt, Blattansatz behaart	nass-trocken
Holcus lanatus				gerollt	komplett weich behaart auf Stengel und Blättern, offene Blattscheide	feucht-trocken
Bromus hordeaceus				gerollt	geschlossene, verwachsene Blattscheide, überall behaart wie Holcus lanatus	frisch-trocken
Agrostis capillaris				gerollt	relativ zierliches Gras mit sehr fein gerieften Bl u. kurzem Blatthäutchen	feucht-trocken
Agrostis stolonifera				gerollt	Ausläufergras, Bl fein gerieft, Blhäutchen groß, breit dreieckig zugespitzt	nass-frisch
Calamagrostis epigeios				gerollt	sehr starres großes Ausläufergras, sehr langes spitzes Blhäutchen, steife Bl mit kräftigen Riefen	frisch-trocken

Anhang VI: Aufnahmebogen für Kartierübung zur Wasserstufenansprache

[illegible]

Anhang VI: Aufnahmebogen für Kartierübung zur Wasserstufenansprache

[illegible]

