



## Moortypen und Moorrenaturierung



1. Einführung  
Waldmoore



2. Moortypen und  
Moorhydrologie



3. Entwässerung  
der Moore



4. Moorrenaturierung /  
Revitalisierung



4. Moore im  
Klimawandel

## Moor

- Nasses Ökosystem mit potenziell torfbildender Vegetation (*Botanik / Biotopkartierung*)
- Ablagerung von Torfkörper > 30 cm Mächtigkeit (*Bodenkunde, Geologie*)
- Landschaftsbezeichnung (*Geografie*)

Moore sind Flächen in denen Torf gebildet wird oder Torf oberflächlich ansteht. (*Moorkunde*)



## Torf

Abgestorbene, nicht vollständig verrottete organische Substanz der Feuchtvegetation an ihrer ursprünglichen Stelle.

- Die Torfbildung ist an Wasserüberschuss und Sauerstoffmangel gebunden.
- Torf entsteht durch unvollständige Zersetzung (Humifizierung).



## In der Bodenkunde:

### Torf

30% bis 100% organische Substanz

### Anmoortorf

15% bis < 30% organische Substanz

### Moor

≥ 30 cm Torf

### »Anmoor«

10 bis < 30 cm Torf (Moorgley)

oder

Anmoortorf ≥ 10 cm



Moor



»Anmoor«

# Waldmoore

Alle mit dem Wald verbundenen gehölzbestandenen und gehölzfreien Moore

- ▶ Meist relativ kleinflächig
- ▶ Oft besserer Zustand, als Moore in landwirtschaftlichem Umfeld
- ▶ Meist weniger Nutzerkonflikte

Daher bessere Renaturierungschancen als in Agrarlandschaften.

Ziel »Wachsendes Moor« möglich, anstatt nur Torferhalt.



**Ein Moor soll wieder wachsen**

Willkommen auf dem Moorsteig. Nach Jahrhunderten der Entwässerung wird das Moor hier wieder vernässt. Auf den folgenden Seiten möchten wir Ihnen das Renaturierungsprojekt näher bringen.

Wir danken den Sponsoren, die das Vorhaben ermöglicht haben:

**SINGG** Niedersächsische Landesforsten  
**Naturpark Solling-Heide**  
**DBU**  
 Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt

Veranstalt: Waldschichtel  
 Hermsdorf 31635 Solling  
 Holzkonstruktionen: Jugendwerkstatt Heide  
 Text & Layout: Philipp Kuchler

**Ausnahme Vollumbruch:  
Waldmoor ohne  
Renaturierungschancen**



# Moortypisierung

## ► Klassische Zweiteilung (bzw. Dreiteilung):

- Niedermoor
- (Übergangsmoor)
- Hochmoor

→ Zu undifferenziert  
für Niedermoore

→ Uneinheitlich verwendet



# Moortypisierung

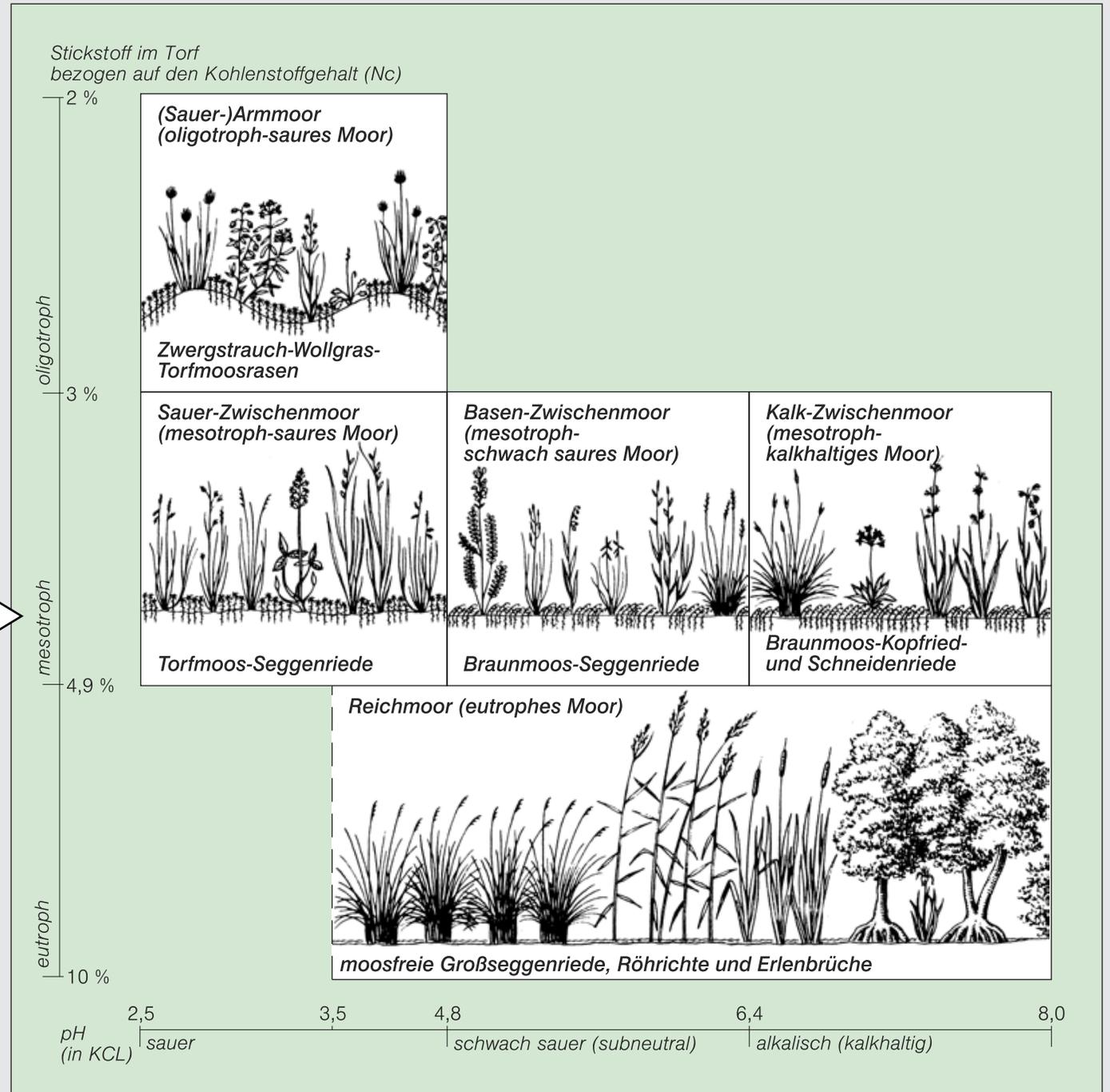
➤ Klassische Zweiteilung (bzw. Dreiteilung):

- Niedermoor
- (Übergangsmoor)
- Hochmoor

→ Zu undifferenziert für Niedermoore  
 → Uneinheitlich verwendet

➤ Ökologisch / Trophisch →  
 → Vegetationsbezogen

## Ökologische (trophische) Moortypen



# Moortypisierung

➤ Klassische Zweiteilung (bzw. Dreiteilung):

- Niedermoor
- (Übergangsmoor)
- Hochmoor

→ Zu undifferenziert für Niedermoore  
 → Uneinheitlich verwendet

➤ Ökologisch / Trophisch

→ Vegetationsbezogen

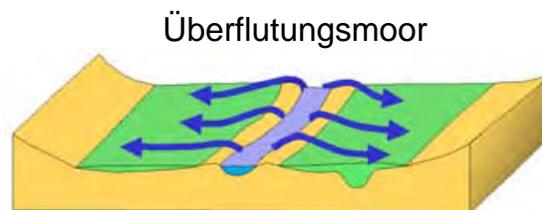
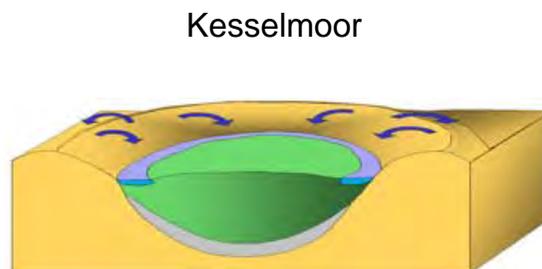
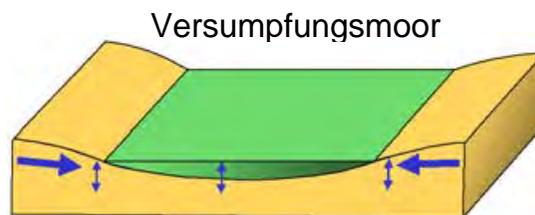
➤ **Hydrogenetisch**  
 (Hydrologisch-Entwicklungsgeschichtliche Moortypen)

→ Aussage über Art der Wasserversorgung, die zu Torfbildung führte.

→ Daher essenzielle Information für Moorrenaturierung!

## Horizontale Moore (topogen)

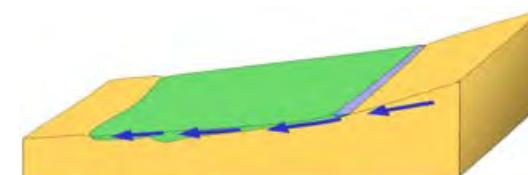
- Grundwasserregime
- oder Stauwasserregime



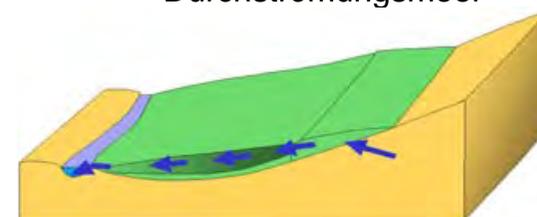
## Geneigte Moore (soligen)

- Rieselwasserregime

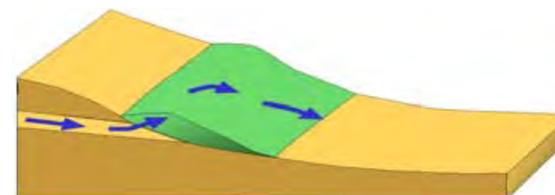
Hangmoor



Durchströmungsmoor

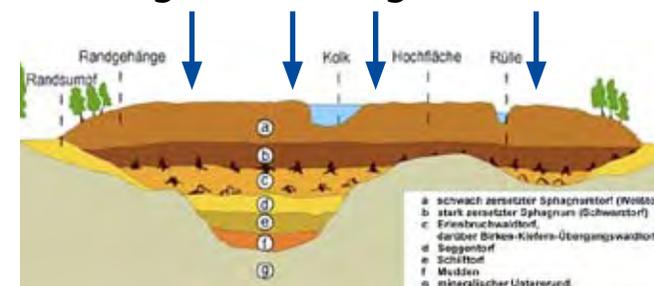


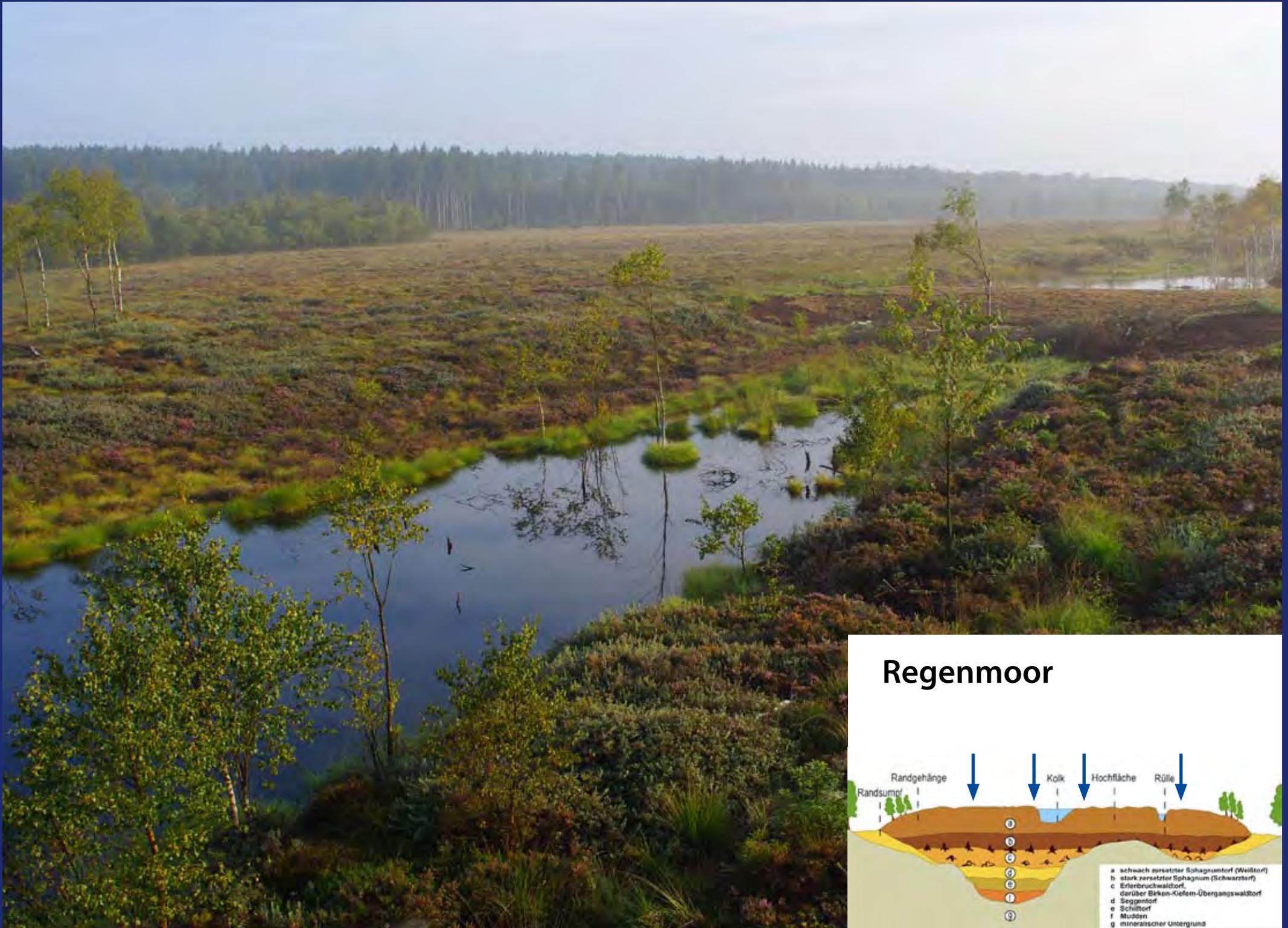
Quellmoor



## Regenmoore (ombrogen)

- Regenwasserregime



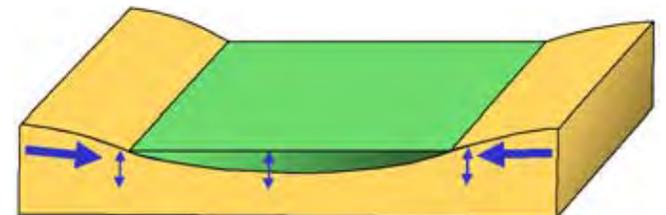




## Versumpfungsmoor

Foto: Stauwasser-Versumpfungsmoor

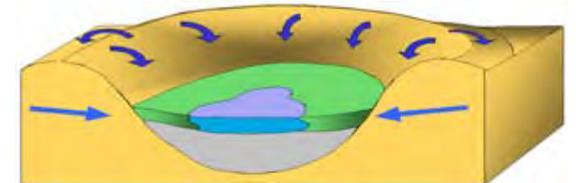
Grafik: Grundwasser-Versumpfungsmoor



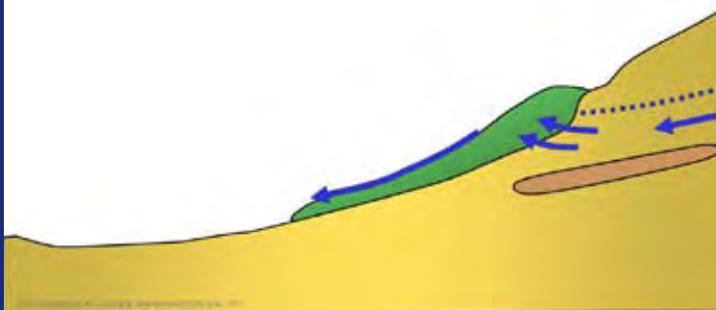


## Verlandungsmoor

großes Bild: abgeschlossene Verlandung,  
kleines Bild: Verlandungszonen



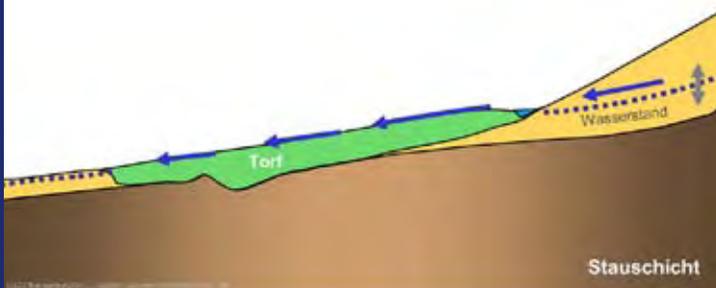
## Quellmoor



- Überrieselung; Durchrieselung tieferer Torfschichten
- muddige Lagen
- nährstoffreicher
- teils bewaldet



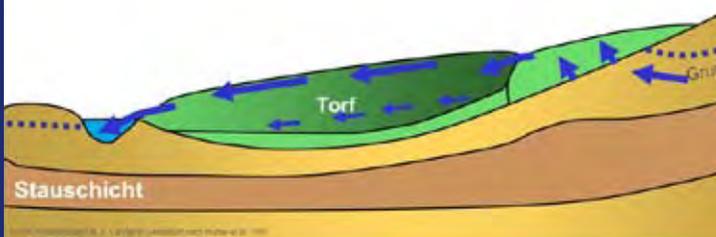
## Hangmoor



- Überrieselung
- Oberfläche fester
- Torf höher zersetzt, oft geringmächtig
- z.T. nährstoffarm
- teils bewaldet



## Durchströmungsmoor



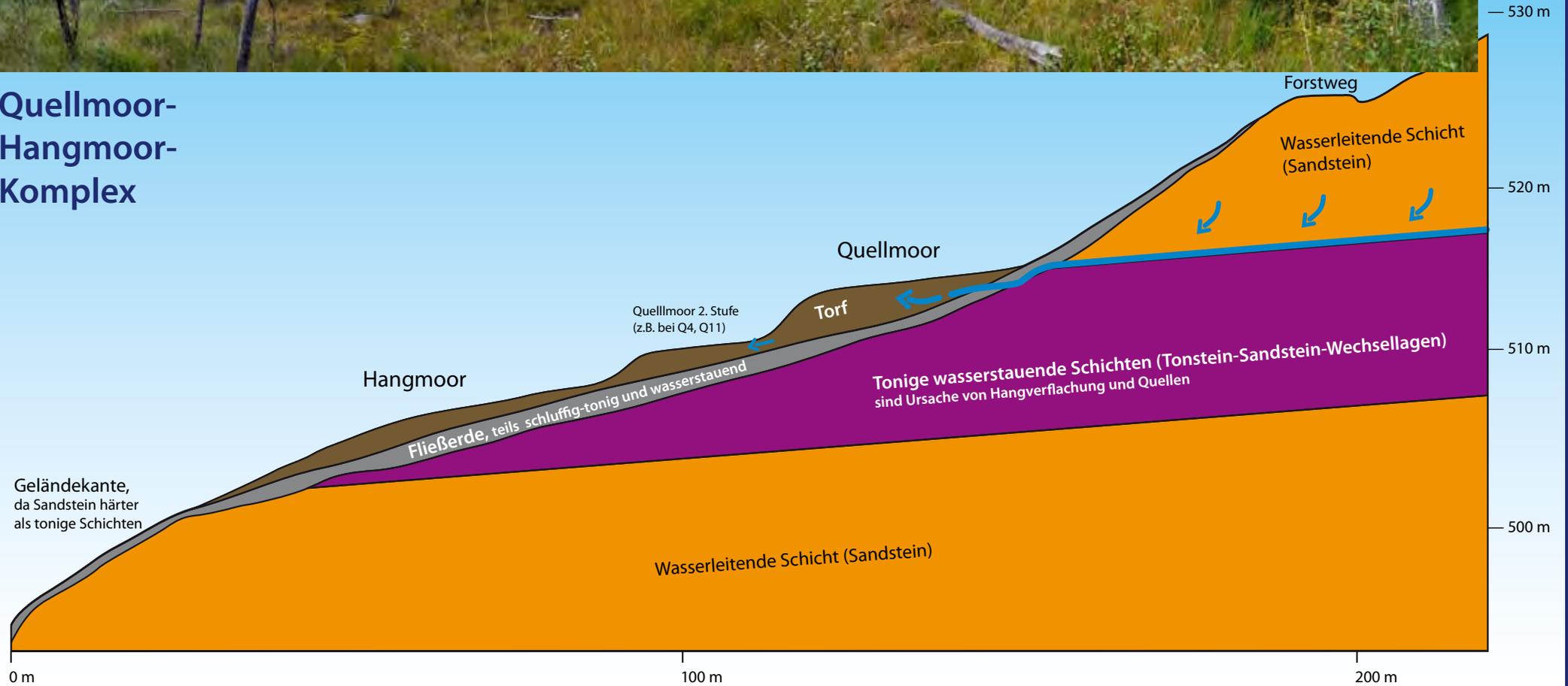
- Durchrieselung der oberen Torfschicht
- Oberfläche oszilliert; schwammig
- Torf gering zersetzt; schnell wachsend

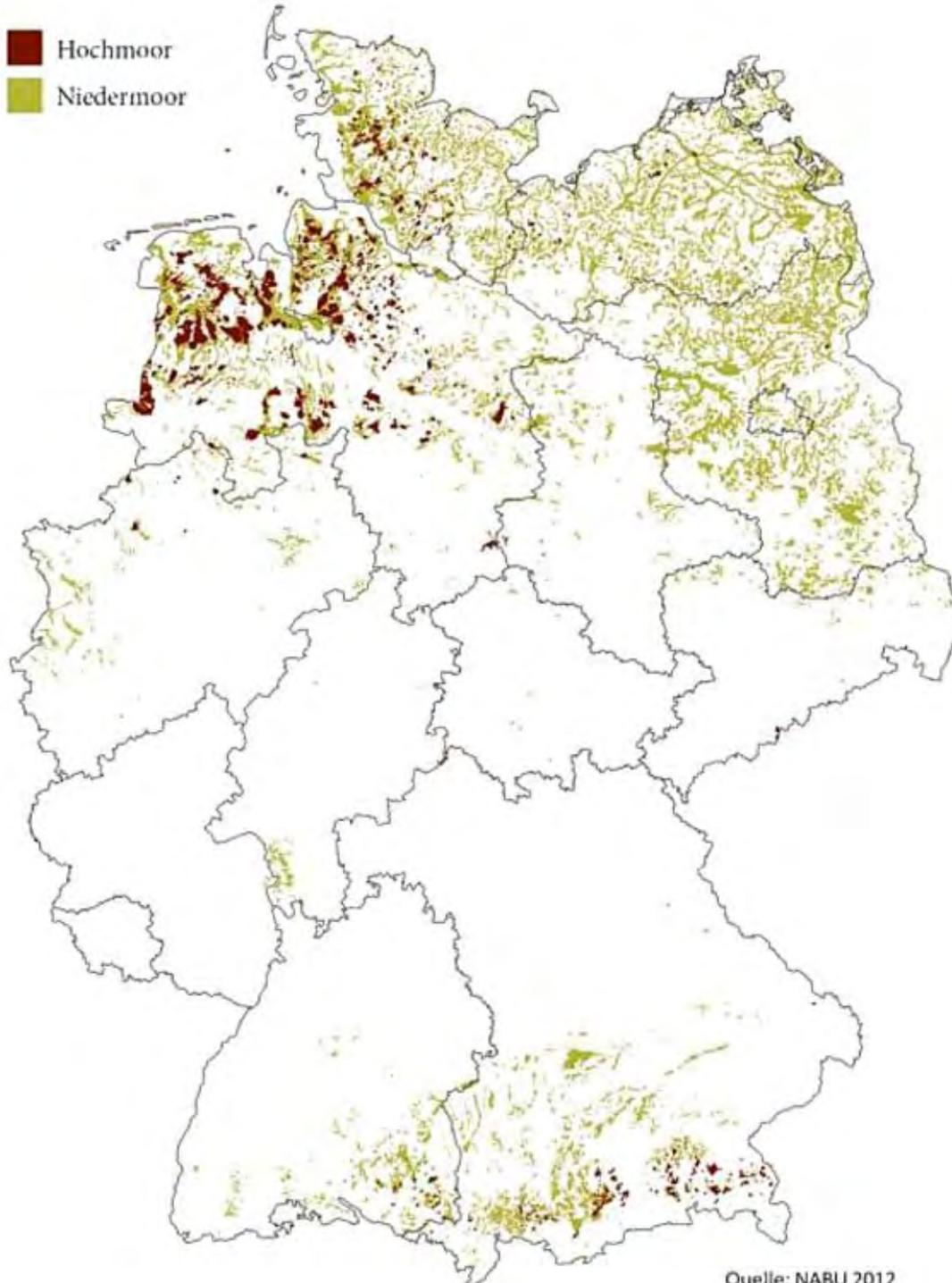


# Räumliche Moor abfolge



## Quellmoor- Hangmoor- Komplex





Quelle: NABU 2012

# Moortypen in Deutschland

Geschätzter heutiger Flächenanteil der hydrologisch-entwicklungsgeschichtlichen Moortypen für Deutschland.  
 Daten zusammengestellt aus SUCCOW (1988) und Tab. 1.

hydrologischer Moortyp	Fläche (ha)	%
Versumpfungsmoore	438.000	30,7
Hangmoore	31.000	2,3
Quellmoore	14.000	1,0
Überflutungsmoore	69.000	5,0
Verlandungsmoore	188.000	13,7
Durchströmungsmoore	238.000	17,4
Kesselmoore	34.000	2,5
Regenmoore	362.000	26,4
Summe	1.374.000	100

**Hessen: natürlich eher moorarm, aber in der Karte unterrepräsentiert!**

## Bundesamt für Naturschutz

### Aktuelle Verbreitung der Moore in Deutschland

**Nord-Westdeutsches Tiefland** (Hoch- und Niedermoore zu ähnlichen Anteilen)

**Nord-Ostdeutsches Tiefland** (vor allem Niedermoore)

**Mittelgebirge** (kleinflächig, vor allem Niedermoore)

**Alpenvorland** (ca. 70 % Nieder- und 30 % Hochmoore)

### Tiefstwasserstände und Feuchte-Zeigerwerte

## Wasserstände im Moor

Tiefstwasserstände sind für Torferhalt entscheidend

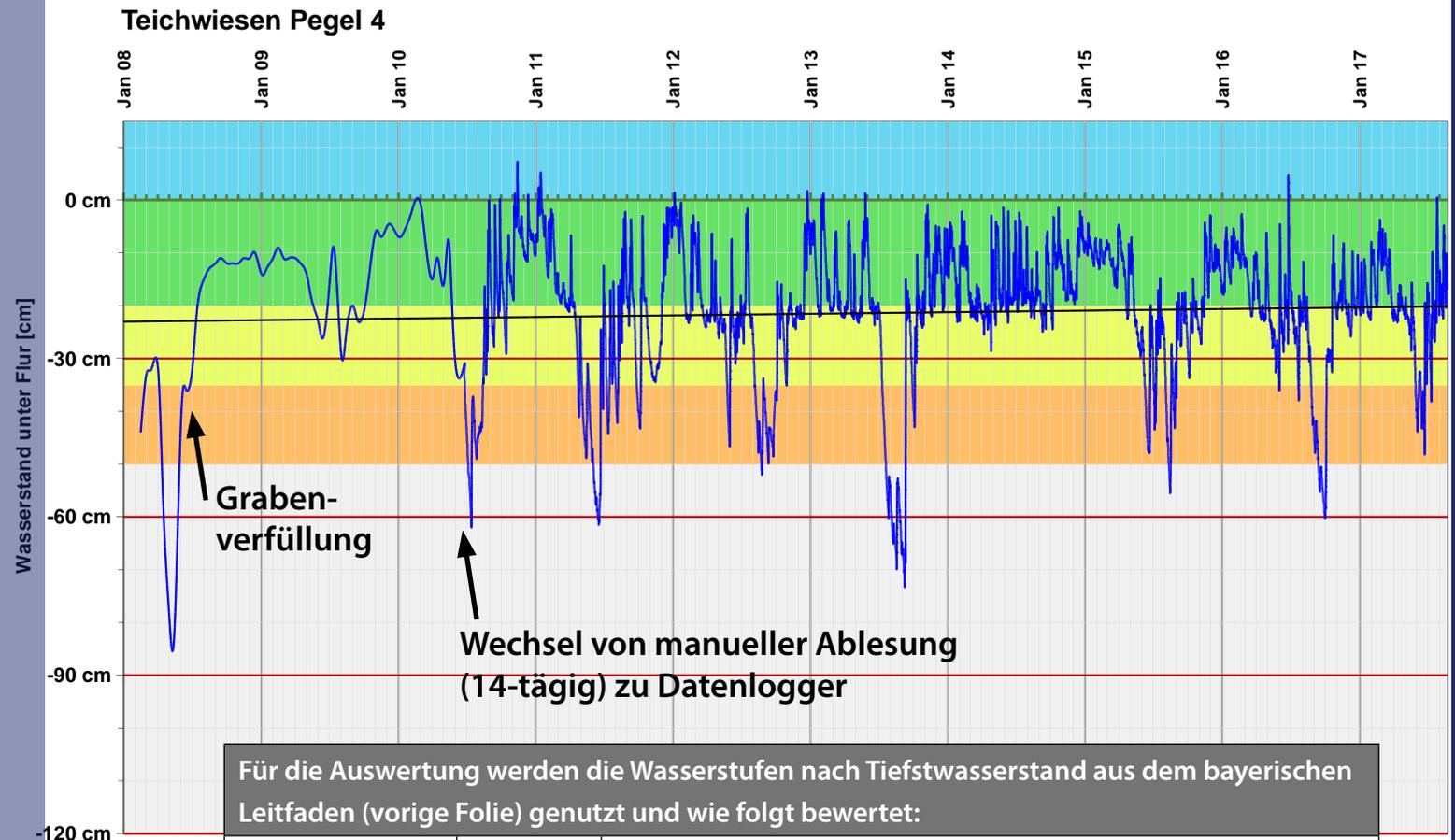
► Für Torfwachstum nicht längere Zeit unter -20 cm

Wasserstufe nach Tiefstwasserstand							Charakteristische Vegetationseinheiten (Auswertung v. ca. 750 Pegeln)	Feuchtezahl (ELLENBERG & AL. 1991)	
Bezeichnung	Tiefstwasserstand [cm]	Höchstwasserstand [cm]	Jahresmittelwerte			Sinkgeschwindigkeit [cm/d]		Mittlere Feuchtezahl [mF]	Bezeichnung
			Mittelwert [cm ü/uF]	Spanne der Mittelwerte [cm]	Schwankungsbereich				
11: flach limnisch ständig offenes Wasser	> 0	42	15	26 bis 4	10	0,6	Großseggenried, Fadenseggenried, Röhrichte, Schlenken-Ges., <b>extrem nasse Bruchwälder</b>		Wasserpflanze
10: sehr nass telmatisch, meist offenes Wasser	-10	16	0	6 bis -7	10	0,7	Magnocaricion, <i>Caricion lasiocarpae</i> , <i>Phragmition</i> , <i>Rhynchosporion</i> , <i>Utricularietea</i> , <i>Carici lasiocarpa-Pinion</i>	3 ± 9	Wechselwasserzeiger
9: nass	-20	30	-5	8 bis -14	15	1,0	Kleinseggenriede, <i>Torfmoos-Rasen</i> , <i>Caricion nigrae</i> , <i>Sphagnion magellanicum</i> , <i>Caricion davallianae</i> , <b>Nasswiesen, Calthion, Moor- und Bruchwälder</b>	± 8	Nässezeiger
8: mäßig nass	-35	30	-12	2 bis -22	25	1,3	Hochstaudenfluren, Pfeifengraswiesen, Torfmoos-Heiden, Beerstrauch-Moorwald, Sumpfwald	± 7	Feuchtezeiger
7: feucht	-50	20	-20	-3 bis -39	40	2	<i>Alno-Ulmion</i> , <i>Filipendulion</i> , <i>Molinion</i> , <i>Oxycocco-Ericion</i>	± 6	
6: mäßig feucht	-70	28	-30	-12 bis -37	60	2,5	Nitrophytische Staudenfluren u. Wälder, Intensivgrünland, Heiden und Borstgrasrasen, trockene Pfeifengraswiesen	± 5	Frischezeiger
5: frisch	-100	13	-45	-30 bis -77	80	4,7	<i>Aegopodion</i> , <i>Alliarion</i> , <i>Arrhenatheretalia</i> , <i>Violion</i> , <i>Brometalia</i> , <i>Seslerietea</i>		
4: mäßig trocken	-150	15	-65	-48 bis -86	100	-			

# Wasserstände im Moor

Tiefstwasserstände sind für Torferhalt entscheidend

➤ Für Torfwachstum nicht längere Zeit unter -20 cm



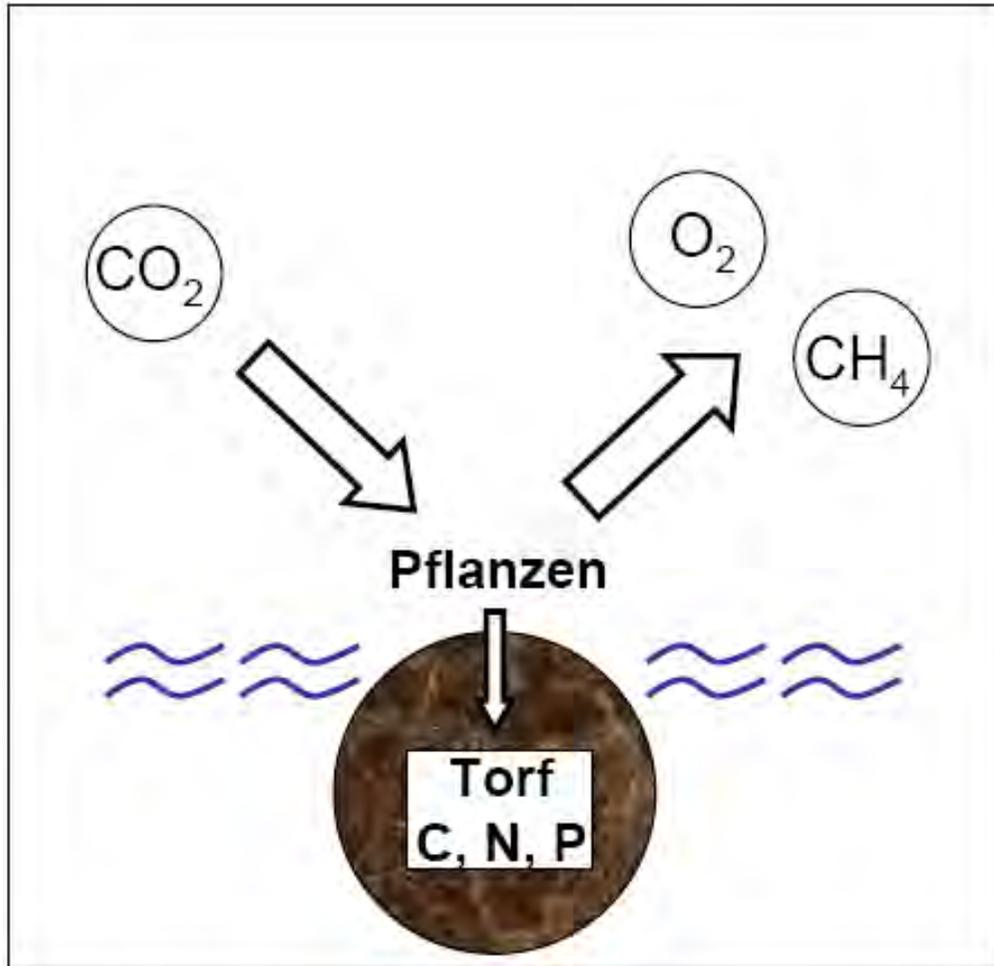
Für die Auswertung werden die Wasserstufen nach Tiefstwasserstand aus dem bayerischen Leitfaden (vorige Folie) genutzt und wie folgt bewertet:

Tiefstwasserstand	Farbe	Bewertung
bis -20 cm	grün	Moor nass, potenziell torfbildend, Renaturierungsziel erreicht.
-21 bis -35 cm	gelb	Moor mäßig nass, Torfwachstum stagnierend, Renaturierungsziel teilweise erreicht. Torferhalt gesichert, aber Pflege bzw. Management nötig, um eine Bewaldung mit Fichten und zu dichten Moorbirkenbeständen zu bremsen. In Hochmooren eher Moorheide.
-36 bis -50 (-70) cm	orange	Moor nur feucht – degeneriertes Moorheide-Stadium, Renaturierungsziel Torfwachstum nicht erreicht. Torferhalt nur gesichert, wenn die Tiefststände nicht zu lange andauern, Pflege bzw. Management nötig.
unter -50 / -70 cm	grau	Entweder Moor stark gestört (Torfschwund) oder nur anmooriger oder mineralischer Nassbereich.
-30 cm	<u>rote Linie</u>	Zusätzlich ist die für Niedrigwasserstände als Toleranzschwelle oft erwähnte -30 cm Grenze in den Diagrammen als rote Linie eingezeichnet.

# Stoffumsetzungen im Moor

Moor-Aufwuchs

Festlegung Kohlenstoff, Nährstoffe



Moor-Entwässerung

Freisetzung Kohlenstoff, Nährstoffe



# Torfschwund

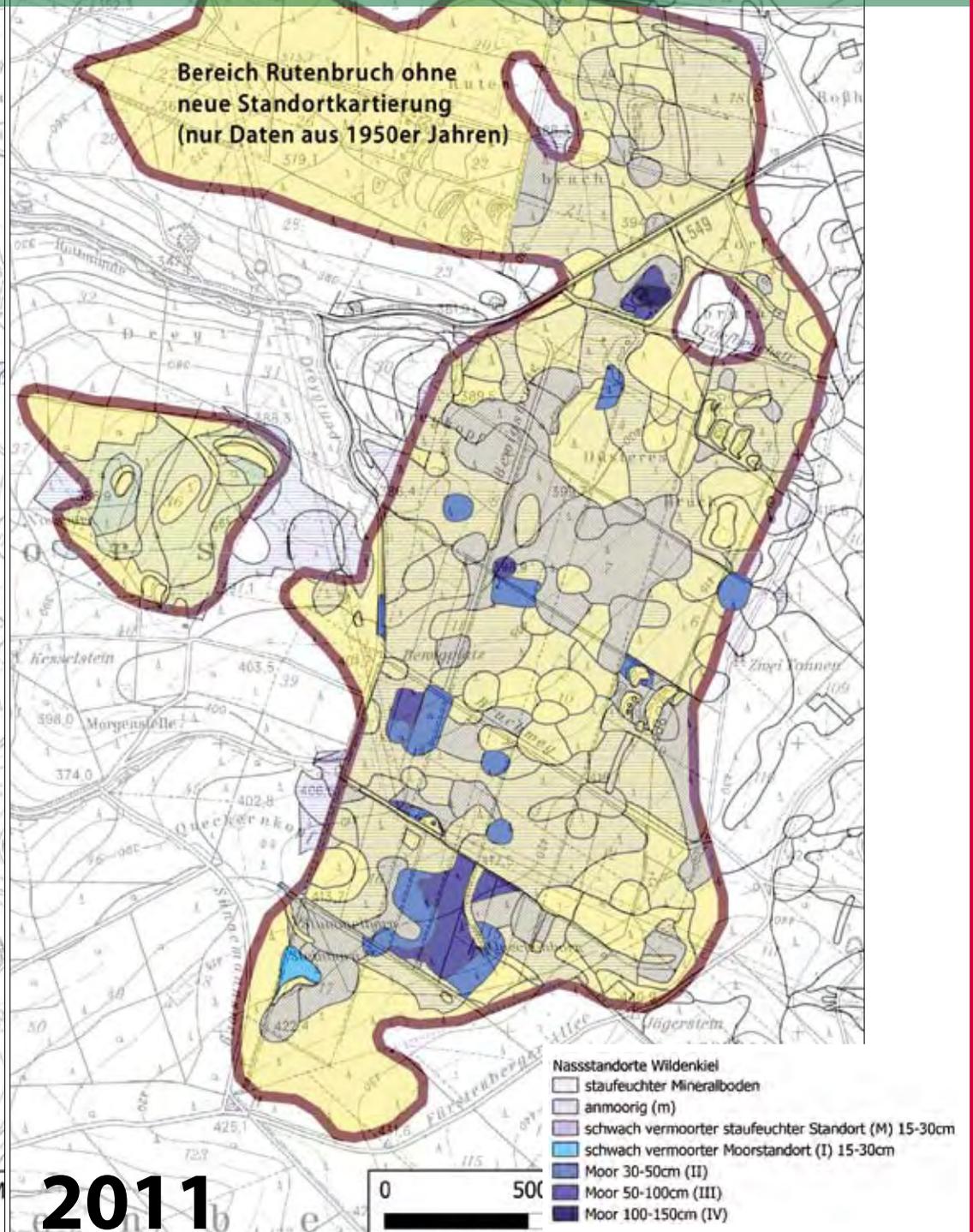
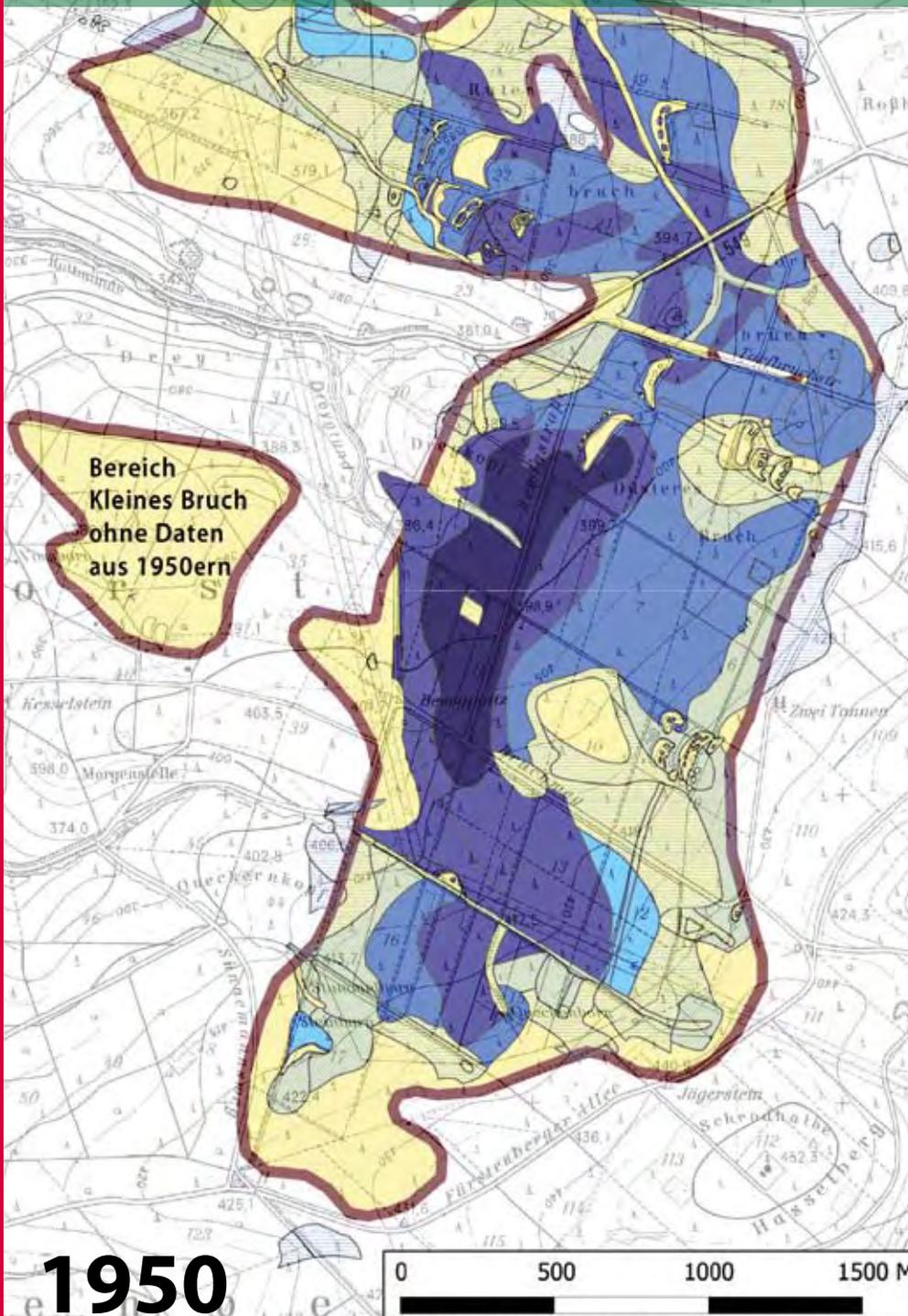
in degradiertem  
Quellmoor-Hang-  
moor-Komplex





**Entwässerungsgräben: Wirkung von Fanggräben, Abzugsgräben, Stichgräben**

Moorschwund durch Forstwirtschaft: Beispiel Wildenkiel im Solling



- Nassstandorte Wildenkiel
- ☐ staufeuchter Mineralboden
  - ☐ anmoorig (m)
  - ☐ schwach vermoort staufeuchter Standort (M) 15-30cm
  - ☐ schwach vermoort Moorstandort (I) 15-30cm
  - ☐ Moor 30-50cm (II)
  - ☐ Moor 50-100cm (III)
  - ☐ Moor 100-150cm (IV)

# Revitalisierung der Moore

EGGELSMANN (in GÖTLICH 1990) gliedert die Renaturierung von Mooren in 3 Phasen:

Phase	Dauer	Erfolg
<b>1. Wiedervernässung</b>	kurz (einige Jahre)	Änderung der Wasserstände
<b>2. Renaturierung</b>	mittel (10-20 Jahre / Jahrzehnte)	Wandel der Artenzusammensetzung: Ausbreitung Moorarten
<b>3. Regeneration</b>	lang (ab 50 Jahre / Jahrhunderte)	Torfbildung

**Gesamtprozess der Moorrenaturierung von Phase 1 bis 3 mit Wiederbelebung des Torfwachstums = »Revitalisierung«**



# Unzureichende Renaturierungs- versuche

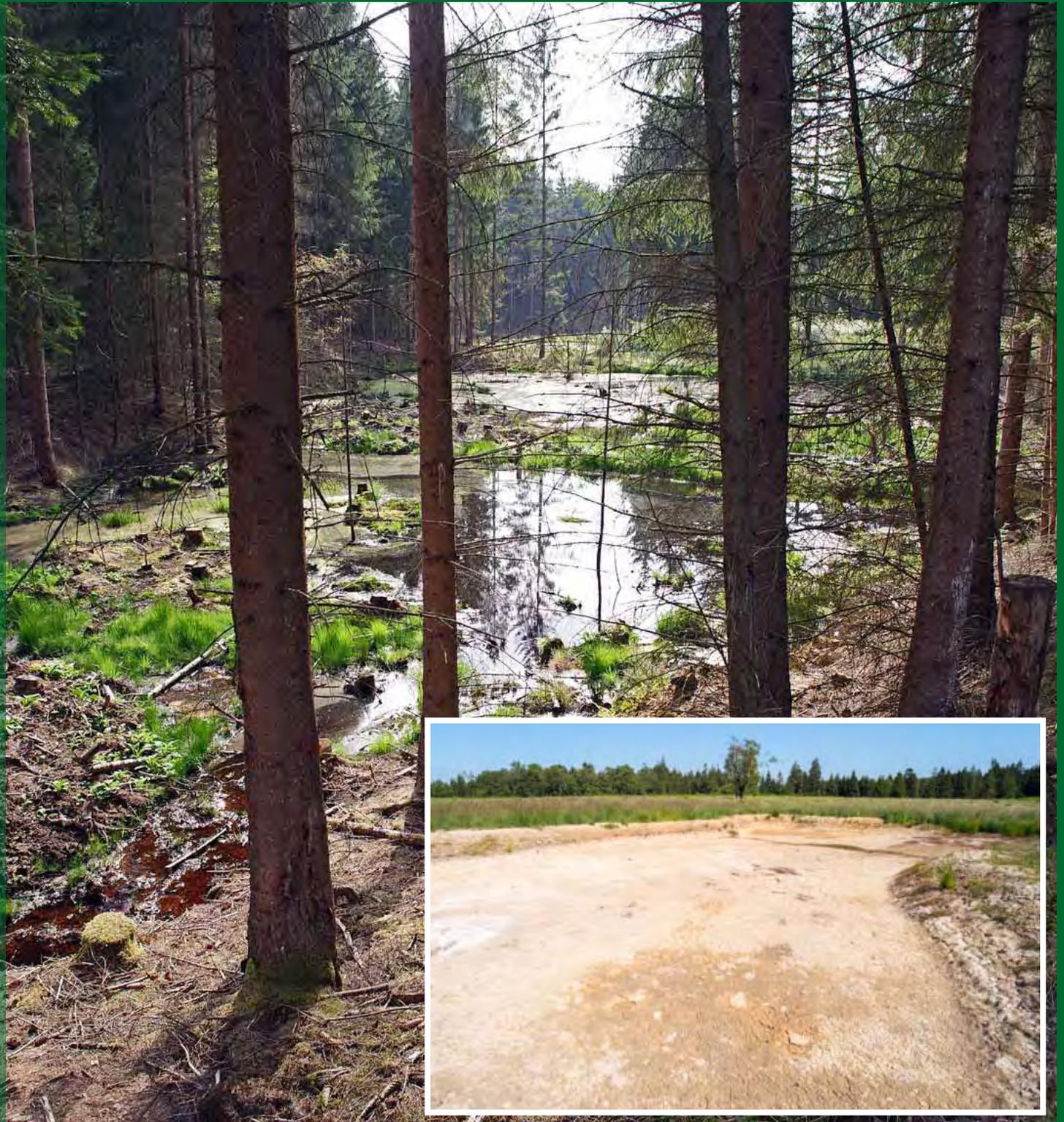


# Teichanlage ist kein Moorschutz

Zwar Schaffung artenreicher künstlicher Biotope

Aber:

- Zerstörung zusammenhängender geneigter Moorabfolgen
- Ersatz von Hang- und Durchströmungsmooren (intakt selten) durch Verlandungsmoore (intakt häufiger)
- Austrocknung der Moorflächen (da 1. höhere Verdunstung im Teich, 2. weniger Wasser die Moorflächen unterhalb erreicht)

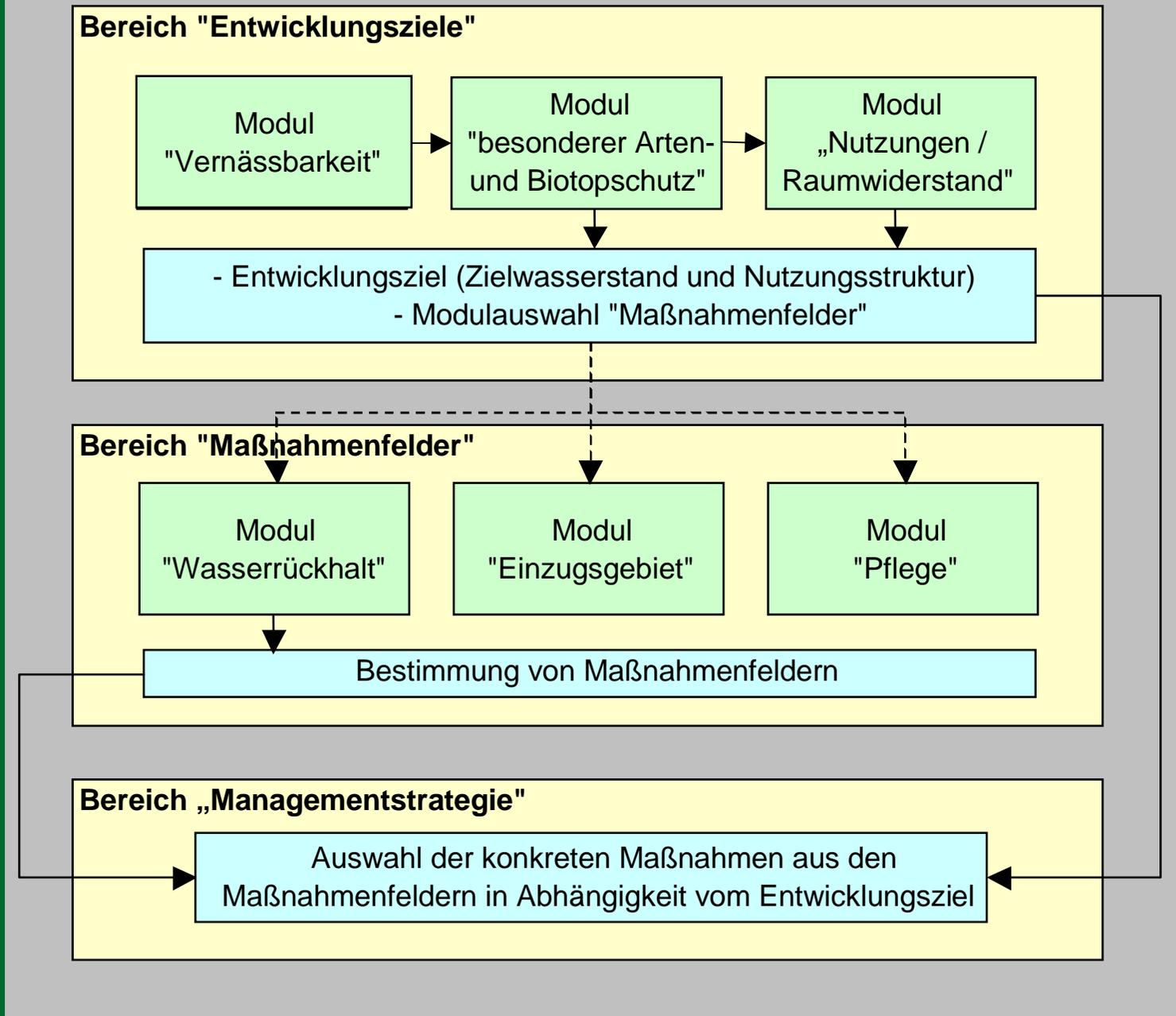


# Systematischer Ansatz nötig

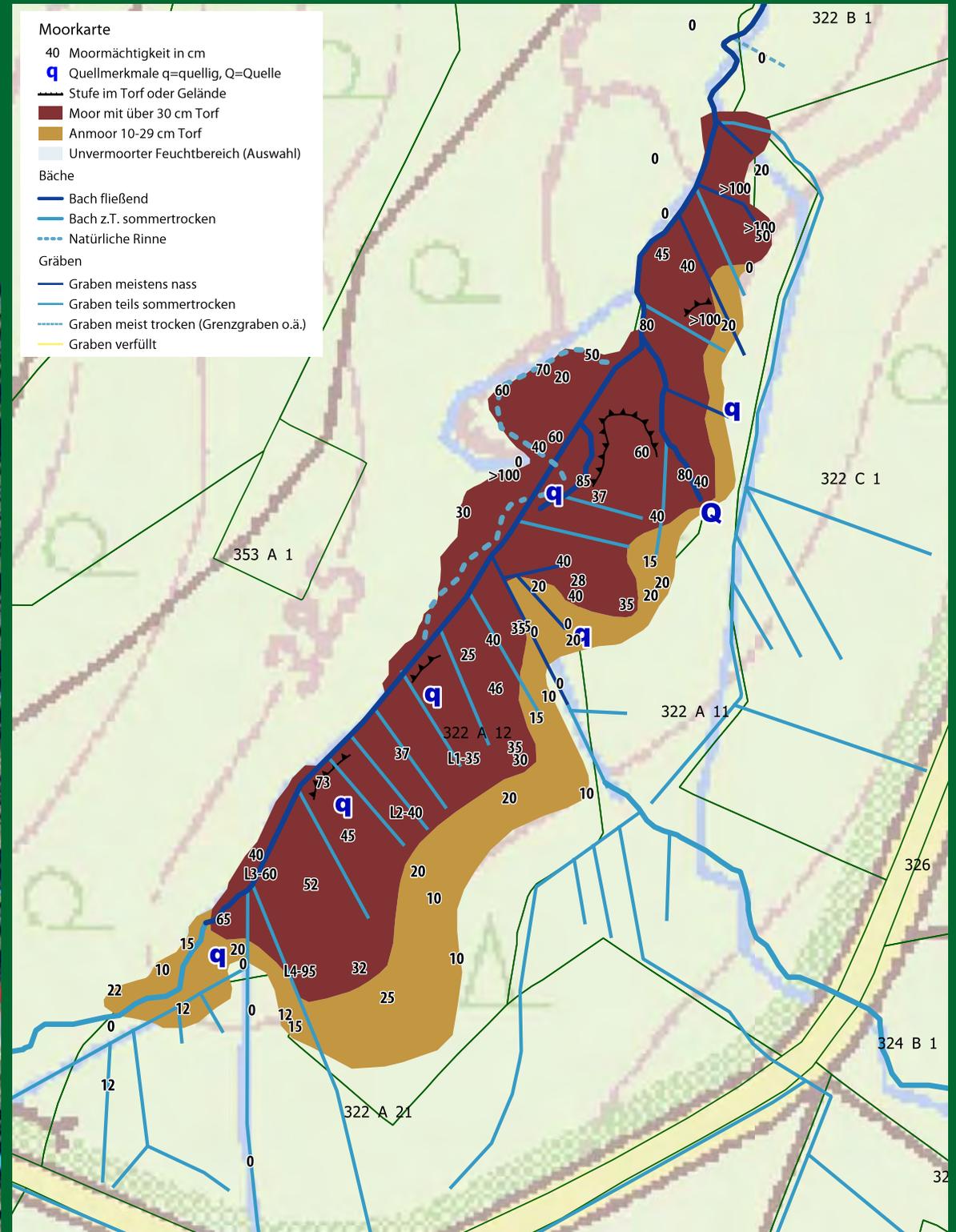
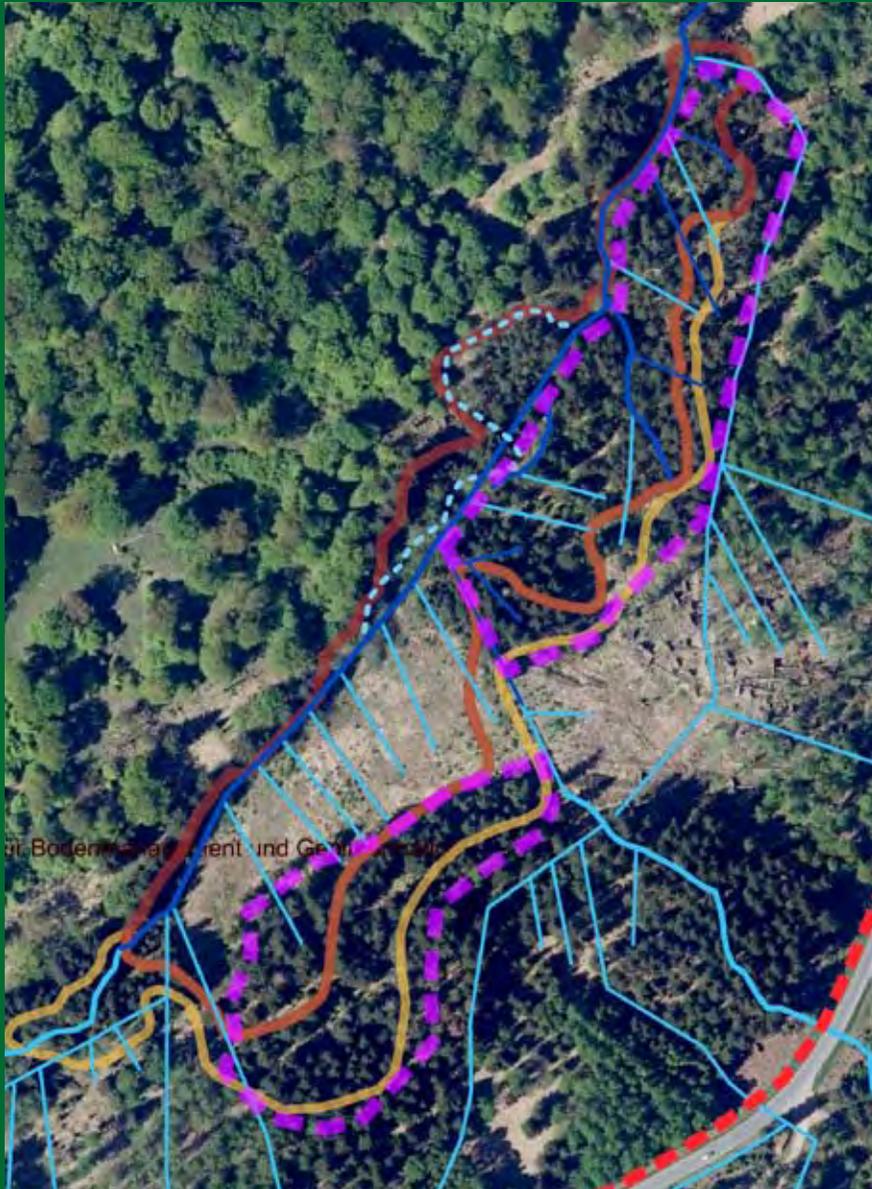
z. B.  
Decision Support  
System Waldmoor-  
schutz

➤ [dss-wamos.de](http://dss-wamos.de)

## Grundstruktur DSS-WAMOS



# Erfassung Moorverbreitung und Zustand



# Methoden um Wiedervernässung zu erreichen



**Selbstvernässung** (Hydrologische Selbstregulation)



**Rodung / Entkusselung**



**Wasserbauliche Maßnahmen**



**Wasserzufluss aus Einzugsgebiet erhöhen**

# Selbstvernässung abhängig vom Grabenentwicklungstyp



Regressionstyp: Zu langsamer Verfall



Durchströmungstyp: Selbstvernässung durch massive Torfbildung



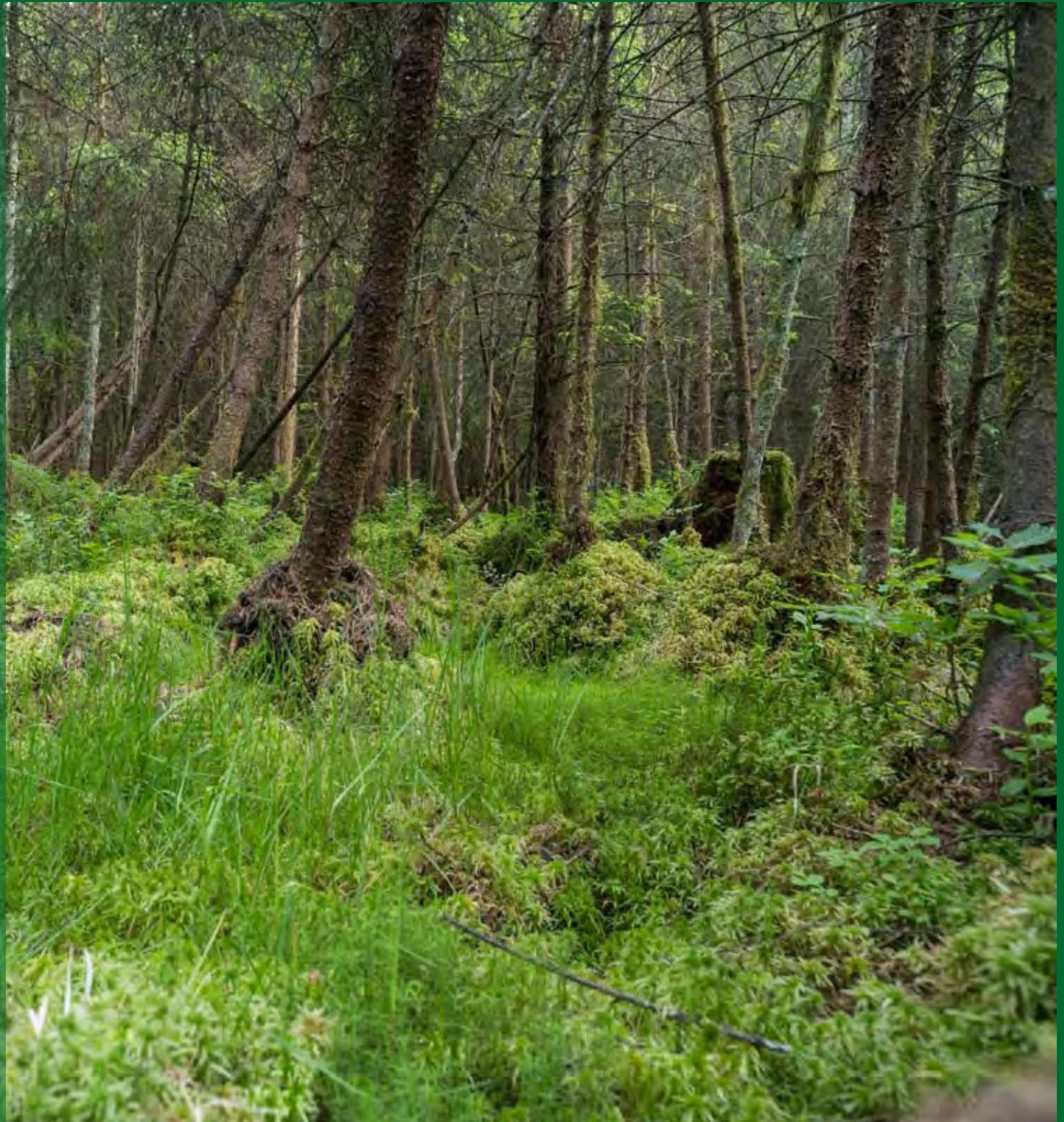
Erosionstyp: Selbsteintiefung – hier mit Versickerung in den Mooruntergrund



Verlandungstyp: Schwingtorfbildung über Wasserkissen – sehr wasserzünftig

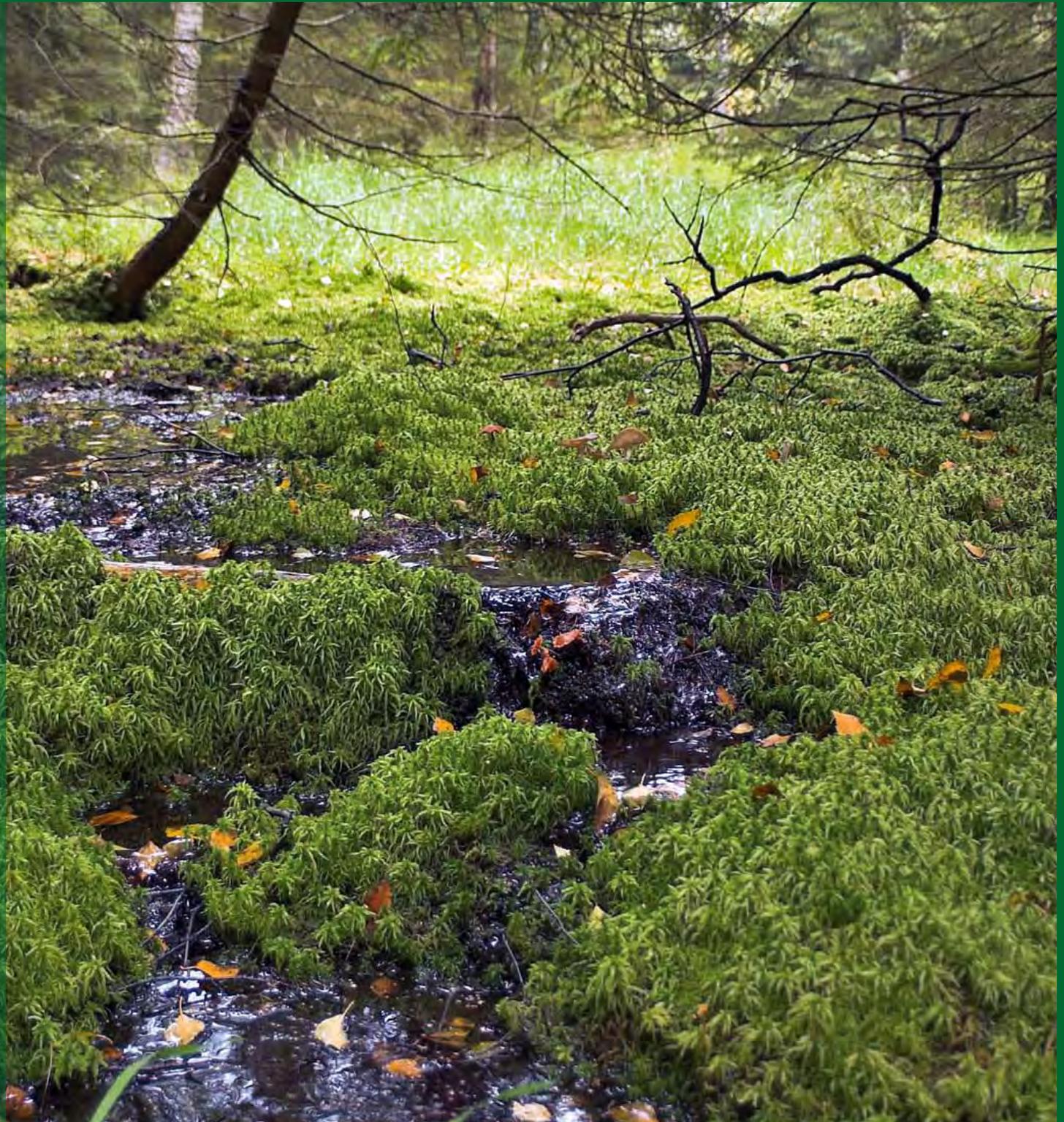
## Rodung / Entkusselung

- Kurzfristiger Vernäs-  
sungsschub + Licht  
im Moor
- *Aber:*  
Moor bleibt meist  
waldfähig, wenn nicht  
zusätzliche Maßnah-  
men ergriffen werden



# Wasserbauliche Maßnahmen in geneigten Mooren

- ▶ Torfwachstum erfolgt in geneigten Mooren durch Über- / Durchrieselung



## Revitalisierung geneigter Moore

»Ein Moor ist  
keine Badewanne«

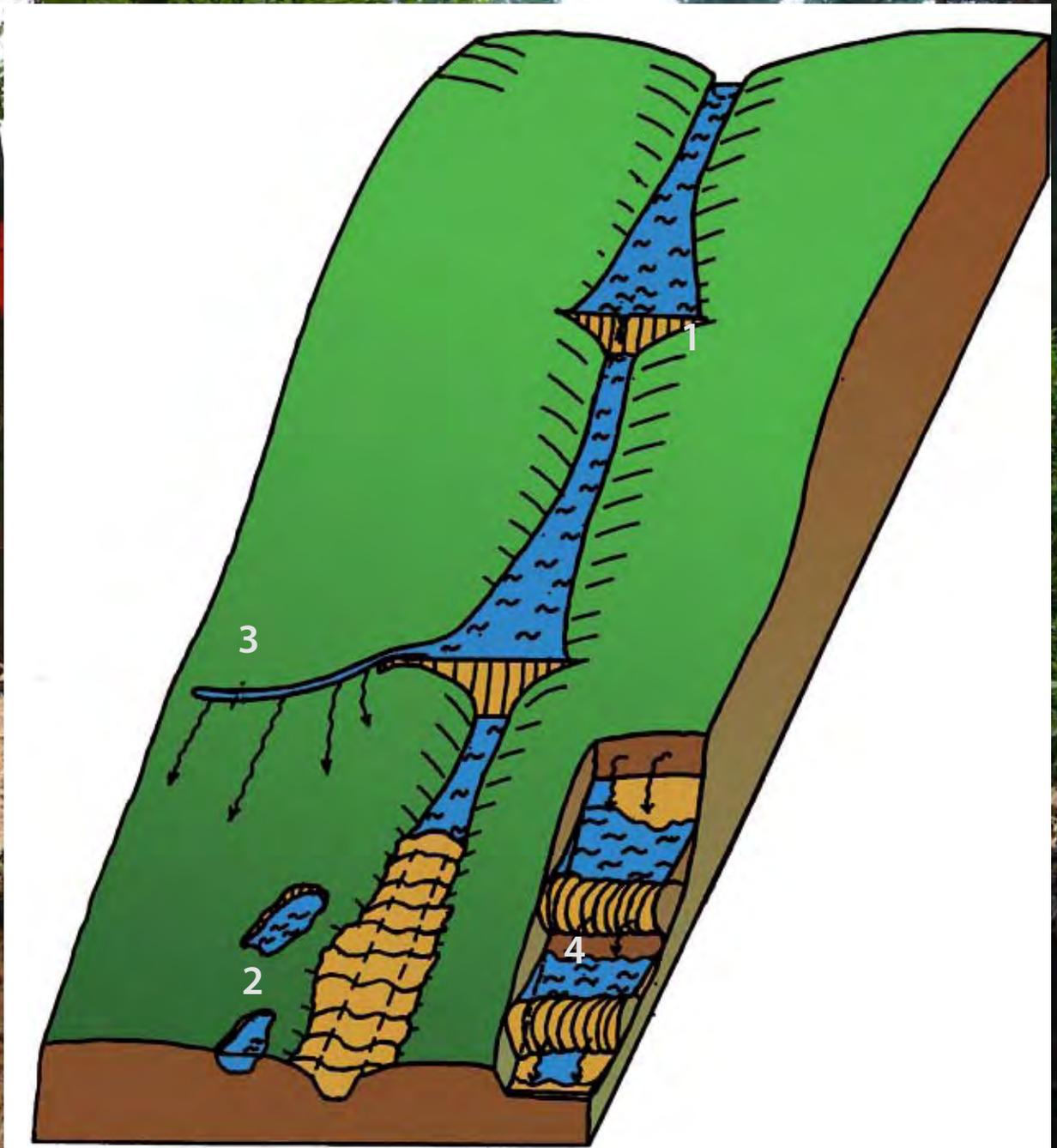
- Torfwachstum durch  
Über- / Durchrieselung
- Anstau daher allenfalls  
Torf konservierend
- Maßnahmen im oberen  
Moorteil oft wichtiger



## Mögliche wasser- bauliche Maßnahmen in geneigten Mooren

**Abb. 9-20:** Schematische Darstellung möglicher Wiedervernässungsmaßnahmen für hängige, grundwasserernährte Moore.

1. **Grabenanstau** (in mehreren Stufen am Hang, mittels abgedichteter Stauwehre oder verdichteter Torfschüttungen).
2. **Grabenverfüllung** (mit Torf, Materialentnahme in Grabennähe in Form kleiner Torfstiche).
3. **Bewässerungs-Quergräben** (höhenlinienparallel, oberhalb von Stauwehren abzweigend).
4. **Querverwallungen aus Torfmaterial** (bei Torfstichen und Sackungsreliefierungen, Materialentnahme von nahegelegenen Torfrücken).



# Graben- vollverfüllung

Prinzip:

Grabenverfüllung  
im Torfkörper mit torf-  
ähnlichem Material

- Torf aus Flachscharf nur  
in tiefgründigen Mooren
- Sägespäne in flach-  
gründigen Mooren  
»Zuger Methode«

Außerhalb des Torfkör-  
pers bindiges minera-  
lisches Material sinnvoll  
(z. B. Lehm)

- Zur Abdichtung gegen  
Versickerung in den  
Mooruntergrund



# »Zuger Methode«

Grabenvollverfüllung mit Sägespänen



STADT HOLZMINDEN  
DONNERSTAG, 31. JULI 2014

## Solling-Waldmoor soll vernässt werden

Hauptarbeiten zur Renaturierung des Küklenbruchs zwischen Sievershausen und Silberborn starten

Silberborn/Sievershausen (ur) Die Renaturierung im Waldmoor Küklenbruch im Solling werden fortgesetzt. Am 14. Juli begannen die letzten Hauptarbeiten zur Renaturierung des Küklenbruchs zwischen Sievershausen und Silberborn. Das soll das Waldmoor wieder in einen Feuchtwald verwandeln. Die Arbeiten werden bis Ende September dauern. Die Küklenbrüche sind ein Naturdenkmal. Sie sind ein Rest aus der Zeit vor der Rodung. Die Küklenbrüche sind ein Naturdenkmal. Sie sind ein Rest aus der Zeit vor der Rodung. Die Küklenbrüche sind ein Naturdenkmal. Sie sind ein Rest aus der Zeit vor der Rodung.



Moorschonender manuell ohne Befahrung (Bergwaldprojekt-Team im Nationalpark Hunsrück-Hochwald)

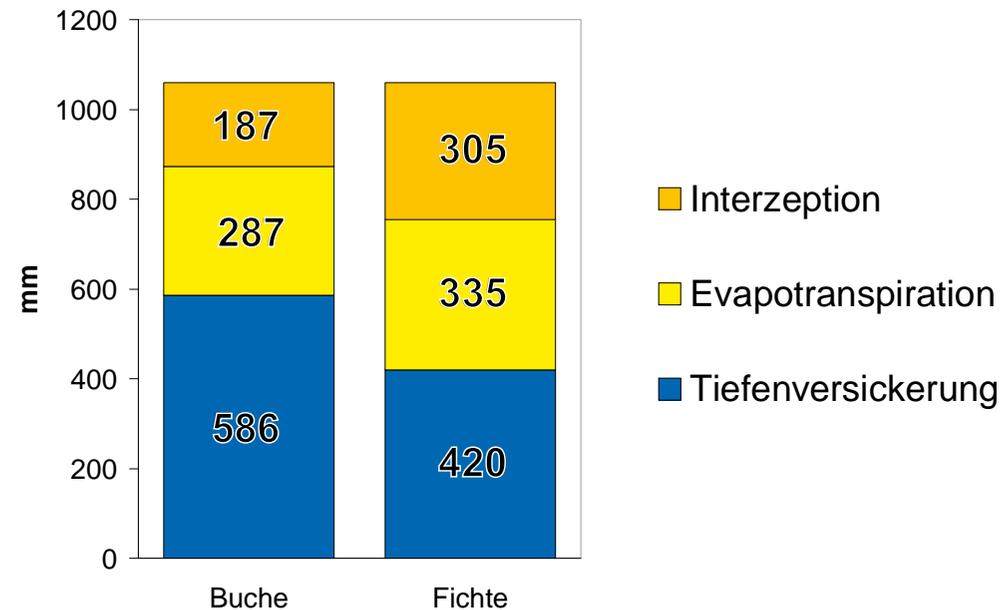
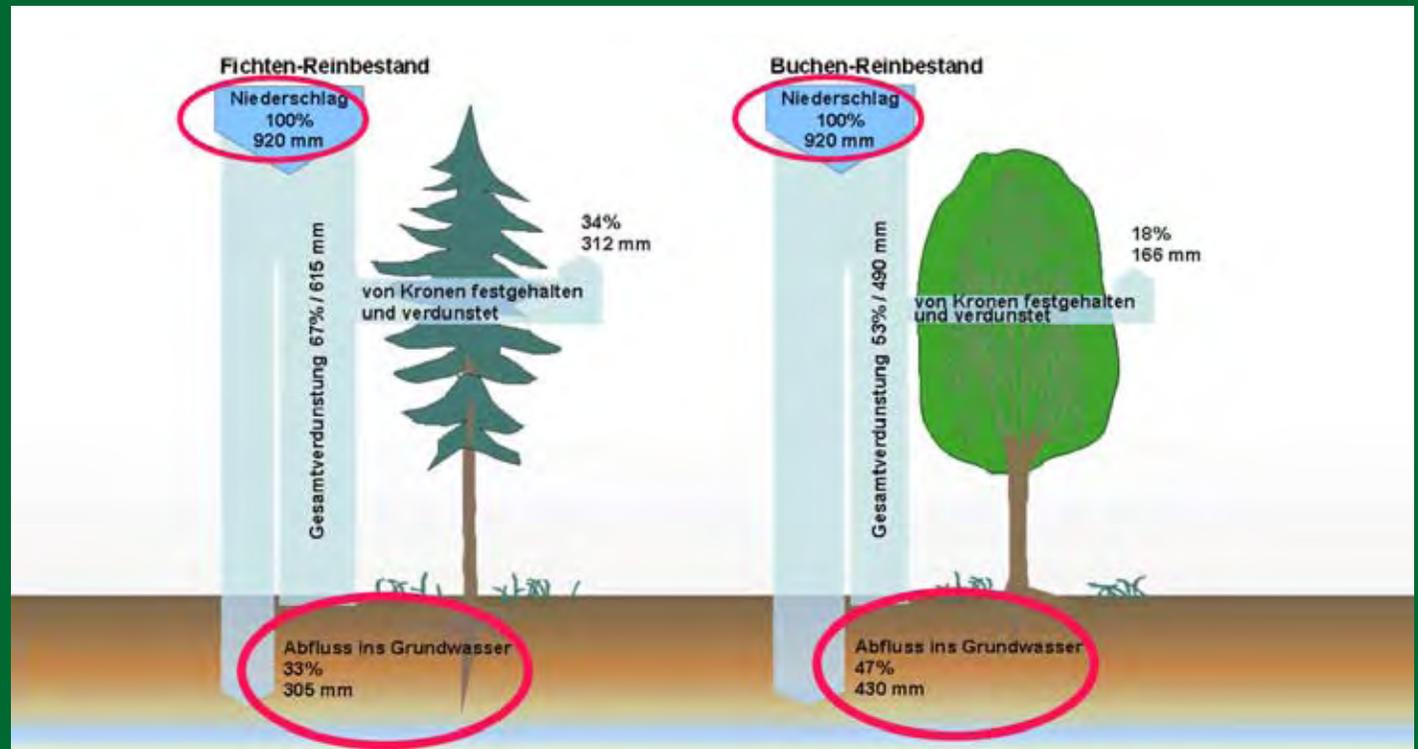


Außerhalb des Torfkörpers ist die Verfüllung mit bindigem mineralischem Material sinnvoll (Lehm)

# Wasser- einzugsgebiete der Moore

Versickerung erhöhen

- Besonders wichtig, wenn Vernässungsmaßnahmen im Moor nicht ausreichen (z. B. Quellmooren)



Wasserhaushaltsbilanz der B1- (Buche) und der F1-Fläche (Fichte) im Solling (Daten von Meesenburg, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt)

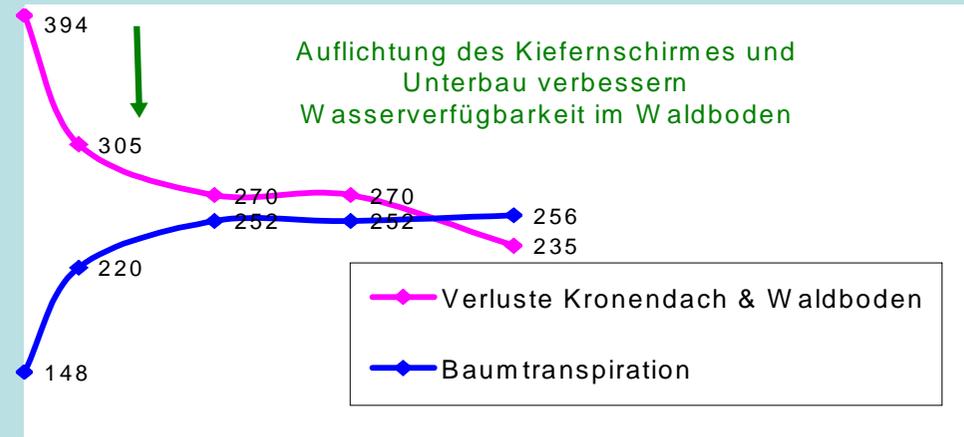
# Wasser- einzugsgebiete der Moore

## Versickerung erhöhen

- Besonders wichtig, wenn Vernässungsmaßnahmen im Moor nicht ausreichen (z. B. Quellmooren)
- **Nadelholzbestände auflichten**
- **Schrittweiser Umbau zu Laubwald**

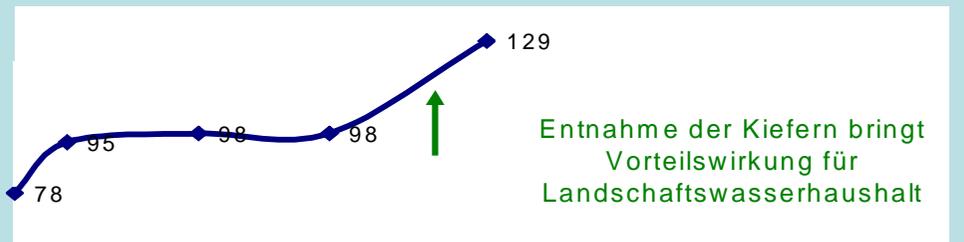
### Wasserhaushalt des Bestandes

mm a<sup>-1</sup>

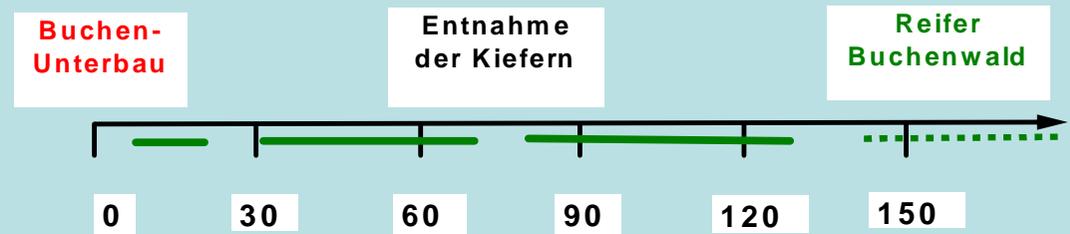


### Tiefenversickerung

mm a<sup>-1</sup>



Müller & Anders  
2004



# Wasser- einzugsgebiete der Moore

## Versickerung erhöhen

- Alle Nadelbäume – auch die sommergrünen Lärchen – reduzieren die Grundwasserspende. Douglasien verbrauchen im Bestand besonders viel Wasser.
- Ein Waldumbau von Nadelholz zu reinem Laubholz bringt eine deutliche Erhöhung der Grundwasserspende um 30 bis 40 %.
- Mischbestände liegen in ihrer Grundwasserspende zwischen Nadel- und Laubwald und sollten daher in wichtigen Wassereinzugsgebieten der Moore nur Zwischenstufe im Waldumbau zu Laubholz sein.
- Besonders effektiv und schnell wirksam ist eine Verringerung der Bestockung.



## Weitere Aspekte zur Moorrenaturierung



# Klimawirksamkeit der Moore

- Torf ist wichtiger Kohlenstoffspeicher.
- Moore bedecken lediglich 3 Prozent der Erdoberfläche, binden in ihren Torfschichten jedoch ein Drittel des terrestrischen Kohlenstoffs (450-500 Gigatonnen C)
  - doppelt so viel wie die Wälder der Erde.
- Moorböden sind mit 1.300 bis 2.400 Millionen Tonnen Kohlenstoff der größte terrestrische Kohlenstoffspeicher Deutschlands.
- Die besondere Bedeutung der Moore für das Klima besteht also nicht in ihrer Bilanz der klimarelevanten Gase, sondern in der Akkumulation von Kohlenstoff (Kohlenstoffspeicher).
  - Aber langfristig wird soviel festgelegt, dass Moore weltweit schon seit 11.000 Jahren das Klima kühlen!



# Kohlenstoff-Freisetzung aus Mooren

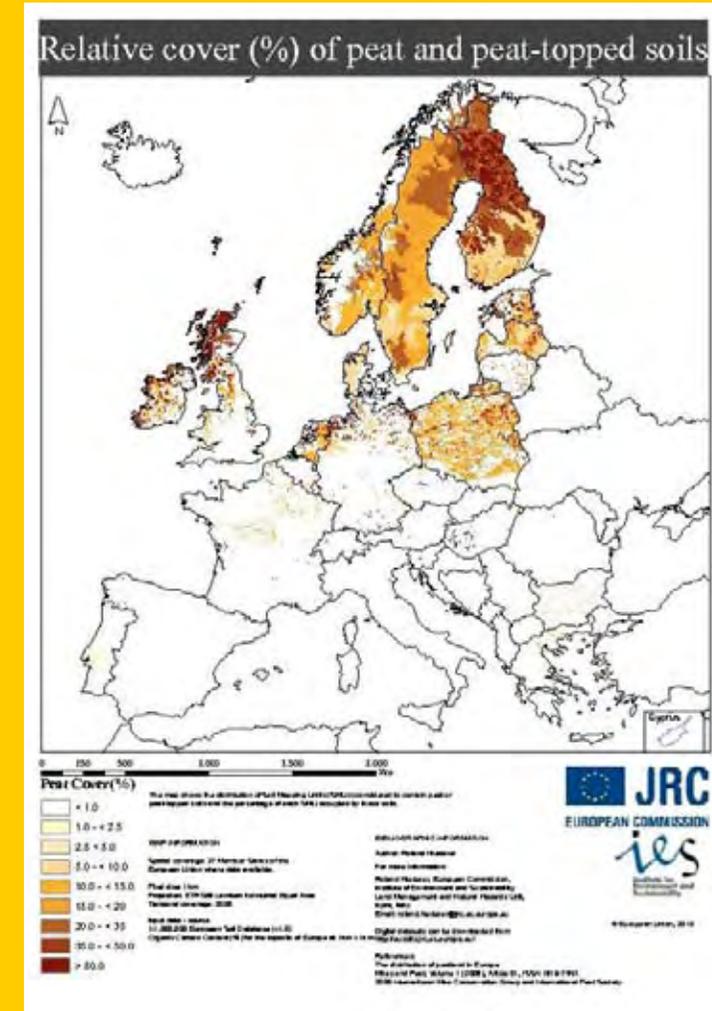
- Festhaltung von Kohlenstoff in Mooren erfordert permanente Wassersättigung. Wenn entwässert, werden Moore zu kräftigen Quellen von Kohlendioxid (und Lachgas).
- Mobilisierung des Speichers durch Land- und Forstwirtschaft und Torfabbau führt zu riesigen CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- In Deutschland sind die Moore trotz ihrer relativ geringen Fläche für eine Gesamtemission von 43 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> verantwortlich.
- Alle austrocknenden Moore auf dieser Welt emittieren jedes Jahr zwei Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> – also dreimal mehr als der internationale Flugverkehr.  
Trotz dieser Zahlen gibt es bislang kein Klimaschutzübereinkommen, das zur Vernässung trockengelegter Moore verpflichtet.



# Deutschland in den weltweiten Top-Ten der CO<sub>2</sub>-Emittenten aus Mooren

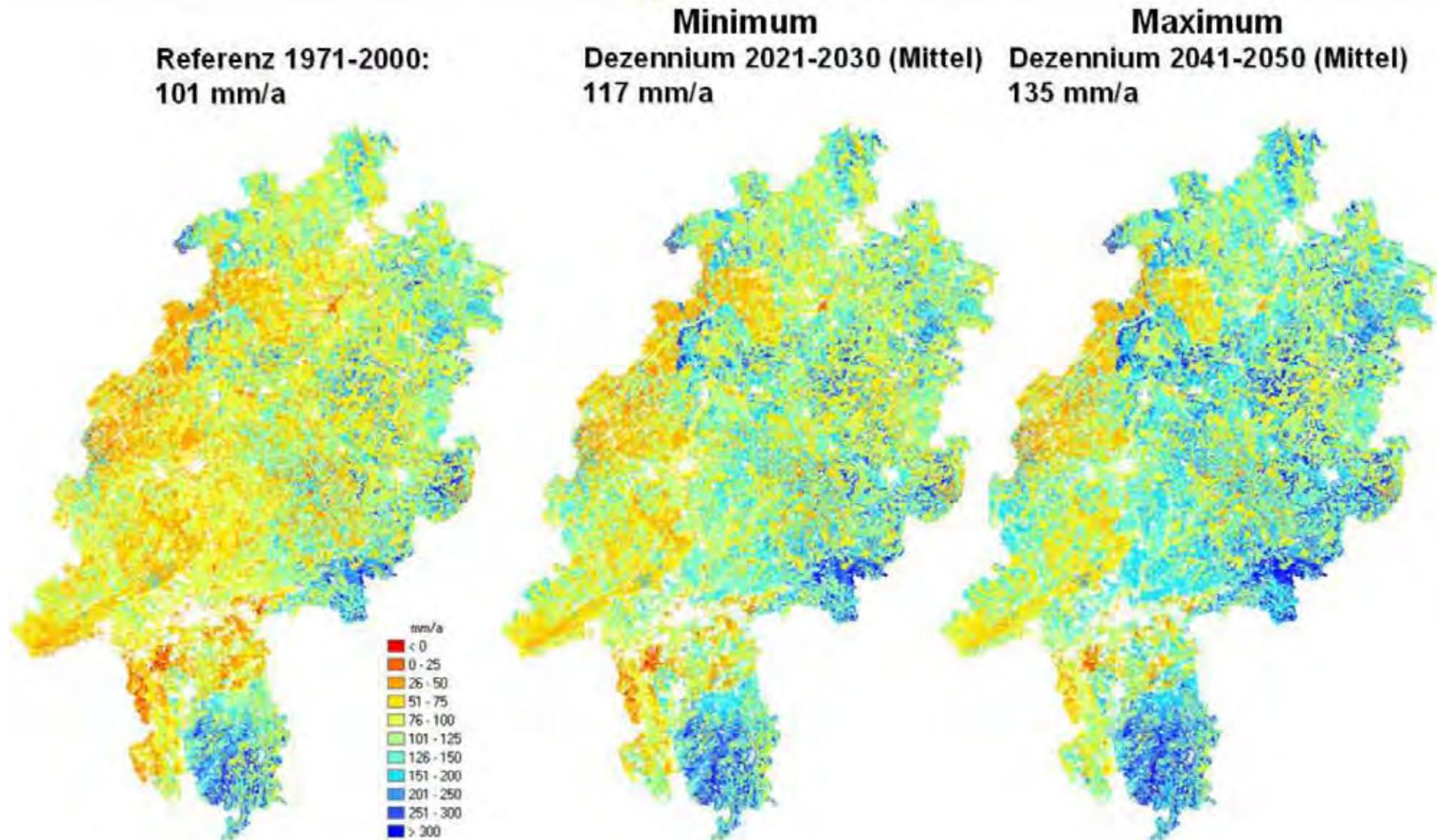
## Torf-CO<sub>2</sub>-Verluste in Mio. Tonnen /Jahr Top Emittoren 2008

1. Indonesia	500	10. Poland	24
2. Russia Eur. part	139	11. Russia Asian part	22
3. China	77	12. Uganda	20
4. USA (lower 48)	67	13. Pap. New Guinea	20
5. Finland	50	14. Iceland	18
6. Malaysia	48	15. Sweden	15
7. Mongolia	45	17. Brazil	12
8. Belarus	41	18. United Kingdom	10
<b>9. Germany</b>	<b>32</b>	19. Estonia	10



# Bedroht der Klimawandel die Moore in Hessen?

- Jahresniederschläge nehmen voraussichtlich nicht ab
- **Sommertrockenheit, Stürme und Wetterextreme nehmen zu**



Modellierung der Grundwasserneubildung in Hessen (Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen: INKLIM 2012)

# Bedroht der Klimawandel die Moore in Hessen?

- Jahresniederschläge nehmen voraussichtlich nicht ab
- **Sommertrockenheit, Stürme und Wetterextreme nehmen zu**
- **FAZIT: Anpassungsstrategien in den Mooren und ihren Wassereinzugsgebieten nötig!**



Sommerliche Austrocknungserscheinungen im Moor (Burgwald: Rotes Wasser, Juni 2017)

# Umgang mit Kahlfleichen in den Wassereinzugsgebieten der Moore

- Kahlfleichen aus Kalamitäten (Windwurf / Borkenkäfer) bewirken einen Vernässungsschub für die Moore – möglicherweise aber auch eine Eutrophierung.
- Damit die Vernässung nachhaltig bleibt, sind zeitnah Maßnahmen notwendig, damit auf der ungewollten Kahlfleiche nur Laubwald aufwächst und sich nicht Fichten-Naturverjüngung durchsetzt.



# Idealziel: Wachsendes Moor

## Links

- Decision Support System Waldmoorschutz:  
[dss-wamos.de](http://dss-wamos.de)
- Infoportal Moorschutz in Deutschland (BFN / Thünen-Institut):  
[www.moorschutz-deutschland.de](http://www.moorschutz-deutschland.de)
- Bayerische Moorleitfäden (u.a. Leitfaden der Niedermoorrenaturierung):  
<https://www.lfu.bayern.de/natur/moore/leitfaeden/index.htm>