



# Moorrenaturierung kompakt

Handlungsschlüssel für die Praxis

A close-up photograph of moss, showing its intricate, textured structure, which serves as a background for the lower portion of the cover.

natur



# Moorrenaturierung kompakt

## Handlungsschlüssel für die Praxis



## Impressum

Moorrenaturierung kompakt – Handlungsschlüssel für die Praxis

### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: (08 21) 90 71-0  
Fax: (08 21) 90 71-55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

### Bearbeitung/Text/Konzept:

Cornelia Siuda, Dipl.-Ing.f. Landschaftsökologie, Fritz-Endreß-Weg 14c, 82140 Olching/Neu-Esting  
Alexander Thiele, Dipl.-Geol., Crystal-Geotechnik GmbH, Schustergasse 14, 83512 Wasserburg

### Redaktion:

LfU, Ref. 54 Stefan Pscherer, Bernd-Ulrich Rudolph, Ulrich M. Sorg  
Dr. Matthias Drösler, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Technische Universität München

### Bildnachweis:

Cornelia Siuda, Dipl.-Ing. f. Landschaftsökologie, Fritz-Endreß-Weg 14c, 82140 Olching/Neu-Esting (alle Fotos außer Innentitel und letzte Seite, sowie S. 24)  
Thomas Müller-Hönscheidt, Seestr. 62, 83370 Seeon (S. 24)  
LfU, Ref. 54, Ulrich M. Sorg (Fotos im Innentitel und S. 41)

### Druck:

Eigendruck der Druckerei Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

### Stand:

Dezember 2010

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b>	<b>5</b>	
<b>1</b>	<b>Verwendung der Broschüre „Moorrenaturierung kompakt – Handlungsschlüssel für die Praxis“</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Moorrenaturierungsvarianten – Handlungsempfehlungen als iterativer Handlungsschlüssel</b>	<b>9</b>
2.1	Übersicht der Tafeln	10
	Tafel 1: Kleine Gräben bis 2 m Breite und 1,5 m Tiefe	11
	Tafel 2: Enges Entwässerungsnetz aus Schlitzgräben bis 1,2 m Tiefe und 0,7 m Breite	12
	Tafel 3: Grabenentwässerung durch große Gräben (> 2 m Breite u. 1,5 m Tiefe) oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche. Torfmächtigkeit > 1,5 m	13
	Tafel 4: Grabenentwässerung durch große Gräben (> 2 m Breite und 1,5 m Tiefe), oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche. Torfmächtigkeit < 1,5 m	14
	Tafel 5: Frästorfabbau und Streutorfgewinnung	15
	Tafel 6: Wasserregime durch ständigen Zulauf von Wasser (zusätzlich zum Niederschlag) gekennzeichnet	16
<b>3</b>	<b>Bautypenübersicht</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Erläuterungen der verwendeten Fachbegriffe</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Leistungsrahmen: Planerische und organisatorische Vorüberlegungen bei der Durchführung von Moorrenaturierungsmaßnahmen</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Quellen</b>	<b>40</b>



## Vorbemerkung

Moore erfüllen bedeutende Funktionen im Naturhaushalt; sie binden in naturnahem oder natürlichem Zustand Kohlenstoff bzw. das klimaschädliche Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), sind Lebensräume seltener Arten und spezialisierter Lebensgemeinschaften und leisten einen Beitrag zur Wasserrückhaltung in der Fläche. Gleichzeitig können sie auch Methan freisetzen. In der Klimabilanz sind naturnahe Moore klimaneutral bzw. Stoffsenken. Entwässerte oder anderweitig gestörte Moore verlieren ihre Stoff-Senkenfunktion und wirken dadurch in beträchtlichem Umfang klimaschädlich; durch entsprechende Renaturierung kann eine Klimaentlastung erreicht werden.

Grundlage für diesen Handlungsschlüssel sind zwei Untersuchungen („**Moorrenaturierung kompakt – Evaluierung ausgewählter Moorobjekte in Bayern**“ in seinen Teilbeiträgen: Naturschutz und Tiefbau-Geotechnik, Siuda & Quinger 2009 und Crystal Geotechnik 2009), die das LfU 2009 mit dem Ziel beauftragt hat, die vorhandenen Leitfäden zur Hochmoor- und Niedermoorrenaturierung (2002 und 2005) durch eine Praxisanleitung zu ergänzen und zu aktualisieren.

Die Bayerische Staatsregierung hat im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020 (KLIP) im Jahr 2008 eigens Sondermittel ausgewiesen, von denen ein Teil in den Schutz und die Wiedervernässung von Mooren fließt.

Dieses **UmweltSpezial** hat zum Ziel, anhand der Erfahrungen von zahlreichen Renaturierungsprojekten und praktischer Beispiele den aktuellen Stand zur Renaturierung von Mooren aufzuzeigen.



Natürlicher Hochmoor-Wachstumskomplex Rothfilz, Grasleitner Moorlandschaft, Landkreis Weilheim-Schongau

## 1 Verwendung der Broschüre „Moorrenaturierung kompakt – Handlungsschlüssel für die Praxis“

Ziel der Renaturierungsmaßnahmen in vielen Moortypen, v. a. aber in Regen- und Übergangsmooren, ist es, den schnellen und direkten Abfluss von Niederschlag über Gräben (und daran angeschlossene Torfstiche) durch Grabenverschluss zu verzögern. Die Moore sollen wieder einen möglichst intakten Wasserhaushalt bekommen. Dies wird erkennbar am dauerhaften Vorkommen bzw. der Zunahme der typischen Vegetationsbedeckung torfbildender Blütenpflanzen und besonders der Moose („Bildung und Optimierung eines funktionstüchtigen Akrotelm“; PFADENHAUER 1997; weitere Erläuterungen von Fachbegriffen s. Kap. 4). Renaturierungstechniken dazu stehen im Vordergrund dieses Leitfadens. Begradigte und nutzungsbedingt eingetiefte Fließgewässer mit ständiger eigener Schüttung, die zu einer unnatürlichen Entwässerung in Mooren führen (als Abfluss von mineralstoffreichem Wasser über hydraulische Fenster in Regen- und Übergangsmooren, Austreten von Quellen oder Quellbächen in Nieder- und Quellmooren), können nur durch überfließbare Dammbauwerke renaturiert werden. Aus den oben genannten Gründen stellt der Handlungsschlüssel neben den bekannten und bewährten Bauvarianten auch neue Methoden dar, die bei künftigen Moorrenaturierungen zur Anwendung kommen können.

Vor jeder Moorrenaturierung sind die abiotischen und biotischen Gegebenheiten umfassend zu untersuchen. Dazu gehört auch die Klärung der Eigentumsverhältnisse und rechtlichen Voraussetzungen (s. kurze Übersicht in Kap. 5 „Leistungsrahmen“), um schließlich über ein ökologisches Leitbild zu sinnvollen Renaturierungszielen, einer funktionalen Renaturierungsplanung und nachhaltigen Umsetzung zu kommen.

Die Überprüfung von 29 Mooregebieten in Bayern (SIUDA & QUINGER 2009), in denen Vernässungsmaßnahmen unterschiedlichen Alters u. a. anhand der Vegetationsentwicklung hinsichtlich ökologischer Effizienz bzw. der Funktionalität der Dämme untersucht wurden, zeigte, dass es für künftige Maßnahmenumsetzungen notwendig ist, besonderen Nachdruck auf die Dauerhaftigkeit der Staueinrichtungen zu legen. Dies ergab sowohl die Evaluierung kleindimensionierter Staumaßnahmen unterschiedlichen Alters als auch die Begutachtung großer Dammbauwerke in ehemaligen maschinell abgebauten Moorflächen.

In diesem Handlungsschlüssel für die Praxis reichen daher die Empfehlungen von den bisher üblichen empirischen Verfahren unter hauptsächlichlicher Verwendung organischer Substrate bis hin zu technischen Bauwerken. Die Vorgaben gelten für neue Renaturierungsobjekte wie auch als „Reparaturanleitung“ für bestehende defekte oder funktionslose Dammbauten. Die Maßnahmenumsetzung sollte dabei, nicht nur aus Kostengründen, in zeitlich konzentrierten Aktionen erfolgen, um die Renaturierungsarbeiten am Standort „Moor“ nicht zu einer quasi gärtnerischen und damit biotopfremden „Dauerpflege“ werden zu lassen. Maßnahmen, die ständiger Überprüfung und Wartung benötigen, fallen im weiteren Sinne in diese Kategorie und werden daher nicht empfohlen. Regelbare Stauniveaus sind damit nicht gemeint; sie lassen sich z.B. mittels Einbau von Dammscharten in mineralischen Dämmen relativ problemlos lösen (s. Kap. 3 Bautypen). In vielen Mooren stellen Torfdämme in verschiedener Bauausführung aus faserreichen kompakten Torfblöcken eine geeignete Maßnahme zum Wasserrückhalt dar. Dämme aus mineralischen Materialien kommen v.a. dann in Betracht, wenn in Siedlungsnähe hohe Sicherheitsanforderungen zu beachten sind.

Aufgrund neuerer Erkenntnisse aus der Klimaforschung sollte ein flächiger Überstau wegen der Gefahr einer hohen Ausgasung von Methan (eines noch stärker klimarelevanten Gases als Kohlendioxid, das beim Abbau von Biomasse unter Luftabschluss entsteht; DRÖSLER et al. 2008, DRÖSLER 2010, FREIBAUER, A. et al. 2009), möglichst vermieden und bei der Planung berücksichtigt werden.

Allerdings gilt es zu bedenken, dass die Wasserrückhaltung in einem biotischen System stattfindet, das nicht nur durch die Klimafaktoren Niederschlag und Temperatur gesteuert wird, sondern auch durch den Aufwuchs der dort auftretenden Pflanzen. Letztlich soll sich die Renaturierung am Moorwasserspiegel natürlicher Moore orientieren, der z.B. bei Regenmooren jahreszeitlich bedingt zwischen Geländeoberfläche und 0,35 m unter Flur schwankt (SUCCOW & JOOSTEN 2001). Allerdings verändern sich die Standortgegebenheiten vegetationsfreier oder stark ausgetrockneter und mineralisierter Torfe erst im Laufe der Vernässung und unter dem erneuten Aufwuchs torfbildender Vegetation. Bei Vorherrschen degradierter Torfe und trockenheitstoleranter Vegetation ist vorübergehend ggf. ein sehr flacher Überstau zu tolerieren, um überhaupt eine erneute Akrotelmbildung durch torfbildende Vegetation etablieren zu können (s. Ergebnisse der Evaluierung von 29 Renaturierungsobjekten in ganz Bayern, 2009). Sofern noch torfbildende Vegetation vorhanden ist, sind die Stauziele am natürlichen Moorwasserspiegel auszurichten.

Letztlich laufen bei der Moor-Renaturierung langsame biotische Prozesse ab, die ggf. auch einige Jahre suboptimale Stadien bedingen (hinsichtlich Klimaschutz – hier Methanausgasung). Dies sollte toleriert werden, sofern „die richtige Richtung eingeschlagen wird“, denn ein ständiges Nachführen von Stauzielen lassen viele Maßnahmen allzu aufwändig werden.

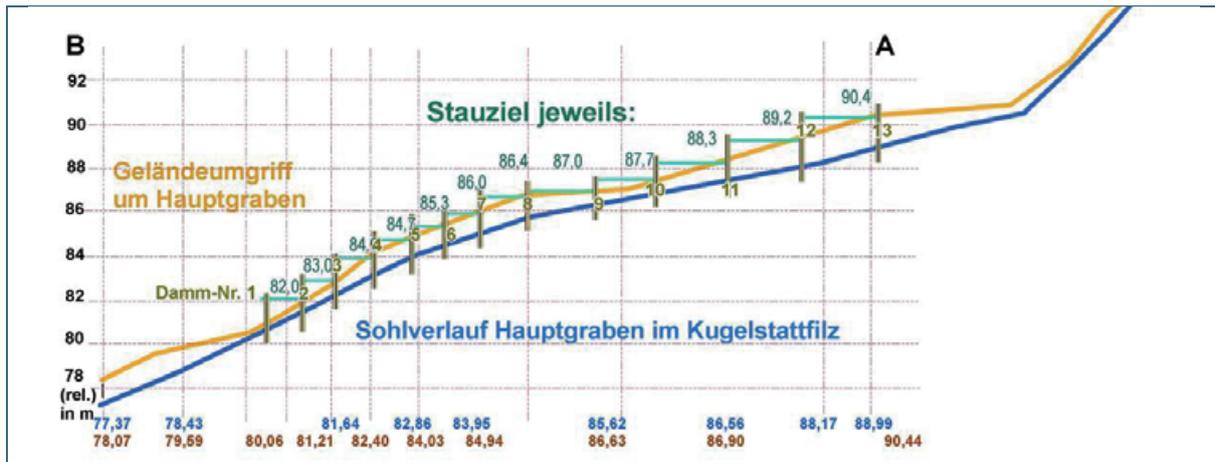
Idealerweise ist eine vollständige Grabenverfüllung die beste Renaturierungsmaßnahme. Die Schwierigkeit hierbei besteht in der Regel in der Verfügbarkeit ausreichender geeigneter Torfmengen – nur Torfe mit mittlerem Zersetzungsgrad und ausreichender Faserstruktur sind als Dichtmasse geeignet – daher sind meistens Dämme in gewissen Abständen notwendig. Bei höhenlinienparallelen Gräben ist allerdings eine komplette Grabenverfüllung die wirksamste Maßnahme.

Die Lage und Anzahl der Dämme richten sich nach dem Geländere Relief. So sollten Verengungen von Gräben und Torfstichen genutzt werden, um die Breite der Dämme zu minimieren; ein flächenhafter Anstau des oberflächennahen Grundwassers wird auch in geneigtem Gelände durch eine engere Abfolge von mehreren Dämmen bzw. einer vollständigen Verfüllung ermöglicht. Bei einer Vielzahl hintereinander geschalteter Dämme kann der Wasserspiegel nahe an die Geländeoberkante herangeführt werden. Eine optimale Moorrenaturierung gelingt meist dort, wo der Wasser-Flurabstand weniger als 20 cm beträgt (s. nachstehende Abb.). Bei ungünstigen Ausgangsbedingungen, wie z.B. sehr großen und tiefen Gräben bzw. starker Geländeneigung sollte nach den bisherigen Erfahrungen die Differenz der Stauziele (Wasserspiegel) jedoch höchstens 1 m betragen um noch eine vertretbare, nicht nur punktuelle Vernässung zu ermöglichen (s. Vorschläge zu den einzelnen Bautypen).

Beim Bau von Torfdämmen wird das Material üblicherweise oberhalb des Dammes entnommen. Bisher wurden Torfdämme (mit oder ohne stabilisierende Armierung aus Stammhölzern) ohne jegliche bautechnische Berechnung errichtet. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der statisch errechneten Regelquerschnitte für verschiedene Bautypen von Torfdämmen ergeben sich deutlich größere Dammaufstandsflächen als bisher üblicherweise realisiert.

Der Bau größerer Torfdämme erfordert daher ausreichend breite Aufstandsflächen; gegebenenfalls sollte auf kombinierte Bauverfahren mit Torf und mineralischen Substraten zurückgegriffen werden. Die Dimensionierung von Torfdämmen sollte sich wesentlich aus der Abwägung von Funktionalität, Anforderungen an Dauerhaftigkeit und Eingriffsgröße ergeben.

Allerdings sind bei kleineren Dammbauten Abweichungen von den errechneten Dimensionen der Böschungsbreiten der Regelquerschnitte empirisch gesehen durchaus vertretbar, wenn ein faserreicher kompakter (mit hohem Anteil des Scheidigen Wollgrases), mittel zersetzter Torf vorliegt.



Beispiel: Planung der Dämme anhand der Höhenunterschiede der Stauziele der Wasserspiegel bei Vollstau (Längsschnitt entlang des Grabenprofils; SIUDA 2008)

Die Empfehlungen zu allen im Handlungsschlüssel dargestellten Dammbaumaßnahmen gelten nur für Gebiete, die durch eine positive Wasserbilanz gekennzeichnet sind und keiner künstlichen Wasserzuleitung bedürfen, um eine ausreichende Wiedervernässung des Moores zu erreichen.

In Einzelfällen ist es möglich (und andernorts – v. a. in der Schweiz - auch bereits durchgeführt worden), Sägemehl anstelle von Torf als Material für die Grabenverfüllung zu verwenden (GROSVERNIER & STAUBLI 2009). Aus Bayern liegen hierzu keine Erfahrungen vor.



Torfdamm im Nordteil vom Breitenmoos bei Buchenberg, Oberallgäu (Aufnahme Sommer 2009)

## 2 Moorrenaturierungsvarianten – Handlungsempfehlungen als iterativer Handlungsschlüssel

Die Problemstellung im Gelände reicht von einfachen Gräben bis zum industriellen Torfabbau. Der Handlungsschlüssel fasst zunächst die wichtigsten Typen der Moorentwässerung in Regenmooren zusammen. Für diese Beeinträchtigungstypen sind gleichartige Renaturierungsmaßnahmen sinnvoll, die in 6 Tafeln abgehandelt werden:

<b>Tafel 1:</b>	<b>Kleine Gräben bis 2 m Breite und 1,5 m Tiefe</b>
<b>Tafel 2:</b>	<b>Enges Entwässerungsnetz aus Schlitzgräben bis 1,2 m Tiefe und 0,7 m Breite</b>
<b>Tafeln 3:</b>	<b>Grabenentwässerung durch große Gräben (&gt; 2 m Breite und 1,5 m Tiefe) oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche. Torfmächtigkeit &gt; 1,5 m</b>
<b>Tafel 4:</b>	<b>Wie Tafel 3, aber geringe Torfmächtigkeit (Torfmächtigkeit &lt; 1,5 m)</b>
<b>Tafel 5:</b>	<b>Frästorfabbau und Streutorfgewinnung</b>
<b>Tafel 6:</b>	<b>Mineralisches Wasser vorhanden (Torfabbau bis zum Untergrund, Quellwasser oder artesisch gespanntes Grundwasser): Sonderfälle mit weiteren Lösungsansätzen</b>

In den Tafeln werden zur Ermittlung geeigneter Renaturierungsverfahren jeweils vier Parameter abgefragt, die entsprechend der Nummerierung, von links nach rechts gelesen, zu den vorgeschlagenen Maßnahmentypen (Spalte 5) bzw. dem Renaturierungsziel (Spalte 6) führen.

**Die im Schlüssel abgefragten Parameter stehen im Wesentlichen für die technischen Optionen bzw. Restriktionen bei der Moorrenaturierung.**

**1 Vorherrschendes Wasserregime** im Moor- und Renaturierungsbereich.

**2 Relief** des Moorgebietes bzw. Renaturierungsbereichs: **eben** (Geländeneigung vor Ort nicht erkennbar) **stärker geneigt**: Geländeneigung vor Ort sofort ersichtlich)

**3 Torfmächtigkeit** und Art des **mineralischen Untergrunds** (tiefgründig, bindig (gering fest) oder flachgründig über kompaktem (tragfähigem) Untergrundgestein).

**4 Grad der Torfzersetzung** erkennbar anhand von Bodenuntersuchungen und aktueller Vegetationsdecke, als wesentliches Kennzeichen für die Möglichkeiten zur Verwendung von Torf als Baumaterial.

Der damit ermittelte

**5 Bautyp/Maßnahmentyp** wird in den „Bautypübersichten“ weiter erläutert (ergänzt durch Regelquerschnitte aus: Geotechnischer Bericht (CRYSTAL GEOTECHNIK 2009)

und führt dann zum

**6 Renaturierungsziel**

## 2.1 Übersicht der Tafeln

- Tafel 1:** Kleine Gräben bis 2 m Breite und 1,5 m Tiefe
- Tafel 2:** Enges Entwässerungsnetz aus Schlitzgräben bis 1,2 m Tiefe und 0,7 m Breite
- Tafel 3:** Grabenentwässerung durch große Gräben (> 2 m Breite und 1,5 m Tiefe) oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche. Torfmächtigkeit > 1,5 m
- Tafel 4:** Grabenentwässerung durch große Gräben (> 2m Breite und 1,5m Tiefe), oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche. Torfmächtigkeit < 1,5 m
- Tafel 5:** Frästorfabbau und Streutorfgewinnung
- Tafel 6:** Wasserregime durch ständigen Zulauf von Wasser (zusätzlich zum Niederschlag) gekennzeichnet



Angestauter Randgraben und erneute Vegetationsbesiedelung nach Einebnen ehemals vegetationsfreier Fräsfelder im Jahr 1986; Breitenmoos bei Buchenberg, Oberallgäu (Aufnahme Sommer 2009)

Tafel 1: Kleine Gräben bis 2 m Breite und 1,5 m Tiefe

1	Wasserregime	2	Relief des Moorgebietes	3	Standortqualität und mineralischer Untergrund	4	Grad der Torfzersetzung	5	Bautyp/ Maßnahmentyp	6. Ziel
						4.12	Oberboden (Akrotelm) nur wenig verändert, durchgängig sehr feucht bis nass; <b>sehr geringe Zersetzungsgrade vorherrschend (H1 bis H4: eher selten)</b>	Bautyp 4	Maschineller Einbau von dichten Spundungskernen in die Dämme erforderlich (zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit einschließlich Einbindung mit autochthonem Torf und Sodenabdeckung); Spundungsmaterial: i.d.R. Nut- und Federbretter aus Nadelholz. Höhendifferenz je Damm max. 0,20 m. <b>Bei Torfmächtigkeit unter 1 m ist hilfsweise die Substutierung durch anstehendes bindiges mineralisches Substrat möglich</b>	Möglichst großflächige Entwicklung und Förderung eines funktions-tüchtigen Akrotelms aus torfbildender Vegetation
					4.2	<b>Oberboden (Akrotelm) stark verändert</b> , sehr stark zersetzt bis krümelig, gering feucht				
				3.2	<b>Torfmächtigkeit &gt; 1,5 m über bindigem (gering festen) Mineralboden; Graben höhenlinienparallel</b>	4.3	<b>Veränderungsgrad im Oberboden weitgehend ohne Belang</b>	Bautyp 1	Vollständige Grabenverfüllung mit anstehendem Substrat, Sodenabdeckung; abschnittsweise Materialgewinnung im näheren und weiteren Umgriff (autochthoner Torf); Einbau 1 m überhöht, Zielüberhöhung nach Sackung 0,50m	
				3.3	<b>Torfmächtigkeit &lt; 1,5 m über direkt anstehendem basenarmen Grundgestein</b>			Bautyp 11 / bzw. RQ13*	Dichtkörper aus lehmigem Mineralboden (z.B. anstehender Verwitterungslehm), Stützkörper aus Wasserbausteinen bzw. gefüllten Gabionen (z.B. mit regionalem, basenarmen Bruchstein), Abdeckung mit geotextilem Trennvlies, Überdeckung mit Vegetations soden; Höhendifferenz je Damm möglichst max. 0,20 m	

\* aus: Geotechnischer Bericht (CRYSTAL GEOTECHNIK 2009)

**Tafel 2: Enges Entwässerungsnetz aus Schlitzgräben bis 1,2 m Tiefe und 0,7 m Breite**

1	Wasserregime	2	Relief des Moorgebietes	3	Standortqualität und mineralischer Untergrund	4	Grad der Torfzersetzung	5	Bautyp/ Maßnahmentyp	6. Ziel
1.1	Ausschließlich Abfluss von Niederschlagswasser,  Im Wesentlichen keine eigene Schüttung aus dem Gebiet austretend. Kein Abfluss von mineralischen Wässern (=Grundwasser) erkennbar – Feststellung anhand Artenzusammensetzung der Vegetation und oder Messung der elektrischen Leitfähigkeit.	2.1	Geländeneigung in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung	3.1	<b>Torfmächtigkeit: &gt; 2 m; Art des mineralischen Untergrunds ohne Belang</b>	4.11	Oberboden (Akrotelm) nur wenig verändert, durchgängig sehr feucht bis nass; <b>mittlere und höhere Zersetzungsgrade vorherrschend (H5 bis H8: häufigster Fall)</b>	Bautyp 2	Maschinelles Einbau einer Vielzahl von Torfdämmen aus dem anstehenden Substrat, einschließlich Sodenabdeckung; Höhendifferenz je Damm max. 0,20 m	Möglichst großflächige Entwicklung und Förderung eines funktionstüchtigen Akrotelm aus torfbildender Vegetation
								Bautyp 3	Maschinelles Einbau von durchgängigen Torfwällen, einschließlich Sodenabdeckung, Überstau max. lokal 0,20 m, erosionsfreier Überlauf über gewachsenes Gelände muss flächig gegeben sein; Höhendifferenz je Damm max. 0,20 m: <b>nur für sehr große Schlitzgrabenfelder, da torfsparender als Bautyp 2</b>	
				4.12	Oberboden (Akrotelm) nur wenig verändert, durchgängig sehr feucht bis nass; <b>sehr geringe Zersetzungsgrade vorherrschend (H1 bis H4: eher selten)</b>	Bautyp 4	Maschinelles Einbau von dichten Spundungskernen in die Dämme erforderlich (Einbindung mit autochthonem Torf und Sodenabdeckung); Spundungsmaterial: i.d.R. Nut- und Federbretter aus Nadelholz. Höhendifferenz je Damm max. 0,20 m.			
				3.2	<b>Torfmächtigkeit ca. 1 bis 1,5 m über bindigem (gering festen) Mineralboden &gt; 1m</b>	4.2	<b>Oberboden (Akrotelm) stark verändert, sehr stark zersetzt bis krümelig, leicht feucht bis feucht</b>	RQ5	<b>Maschinelles Einbau von Metallspundwänden, da Holz im Mineralboden nicht ausreichend gegründet werden kann</b> (randliche Einbindung mit Torf und zusätzliche Sodenabdeckung); Höhendifferenz je Damm möglichst max. 0,20 m	

**Tafel 3: Grabenentwässerung durch große Gräben (> 2 m Breite u. 1,5 m Tiefe) oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche.  
Torfmächtigkeit > 1,5 m**

1	Wasserregime	2	Relief des Moorgebietes/ Infrastruktur	3	Standortqualität und mineralischer Untergrund	4	Grad der Torfzersetzung	5	Bautyp/ Maßnahmentyp	6. Ziel
1.1	Ausschließlich Abfluss von Niederschlagswasser,  Im Wesentlichen keine eigene Schüttung aus dem Gebiet austretend. Kein Abfluss von mineralischen Wässern (=Grundwasser) erkennbar – Feststellung anhand Artenzusammensetzung der Vegetation und oder Messung der elektrischen Leitfähigkeit.	2.2	Gelände weitgehend eben, ausschließlich Sackungszone tiefer	3.1	Torfmächtigkeit: > 1,5 m; mineralischer Untergrund i.d.R. ohne Belang	4.1	Oberboden (Akrotelm) im Renaturierungsbereich i.d.R. großflächig stark verändert, sehr stark zersetzt bis krümelig, leicht feucht bis feucht	Bautyp 6 bzw. RQ 2/ RQ 3	Maschineller Einbau von großen Torfdämmen aus dem anstehenden Substrat mit Stammholzarmierung (Material: Nadelhölzer, i.d.R. Fichte); Höhendifferenz je Damm max. 0,3 m; <b>flächige Niederschlagsableitung ist reliefbedingt über das gewachsene Gelände möglich</b> (keine Überlaufentlastung notwendig)	Großflächige Entwicklung und Förderung eines funktionstüchtigen Akrotelms aus torfbildender Vegetation
		2.3	Deutlich geneigtes Gelände; Materialtransport von außen nicht möglich					Bautyp 8	Maschineller Einbau von großen Torfdämmen aus dem anstehenden Substrat mit Stammholzarmierung; Höhendifferenz je Damm max. 0,3 m; <b>flächige Niederschlagsableitung reliefbedingt nicht möglich, daher zumindest bei Endwehr Überlaufentlastung erforderlich – hier als Bypass-Graben im gewachsenen Torf</b>	Die Optimierung der Niederschlagsrückhaltung im gesamten Moorkörper steht im Vordergrund, ein oberflächennaher Anstau nur im Umgriff der Dämme selbst möglich
		2.4	Deutlich geneigtes Gelände; Materialtransport von außen möglich					Bautyp 6 /s.a. RQ 2 und RQ 3 Endwehr RQ7 m. Dammscharte	Maschineller Einbau von großen Torfdämmen aus dem anstehenden Substrat mit Stammholzarmierung (Material: Nadelhölzer); Höhendifferenz je Stau max. 0,5 m; <b>flächige Niederschlagsableitung reliefbedingt nicht möglich, daher für Endwehr tiefbau-technische Lösung mit Überlaufentlastung erforderlich</b>	Optimierung der Niederschlagsrückhaltung; in ebenen Gebieten zusätzlich oberflächennaher Anstau mit flächiger Akrotelmförderung möglich
		2.5	Geländeneigung von untergeordneter Bedeutung, Sicherheitsaspekte im Vordergrund (nahe gelegene Siedlungen/ Infrastruktur)							

**Tafel 4: Grabenentwässerung durch große Gräben (> 2m Breite und 1,5m Tiefe), oder durch große Handtorf- und Baggertorfstiche. Torfmächtigkeit < 1,5 m**

1	Wasserregime	2	Relief des Moorgebietes	3	Standortqualität und mineralischer Untergrund	4	Grad der Torfzersetzung	5	Bautyp/ Maßnahmentyp	6. Ziel
1.1	Ausschließlich Abfluss von Niederschlagswasser,  Im Wesentlichen keine eigene Schüttung aus dem Gebiet austretend. Kein Abfluss von mineralischen Wässern (=Grundwasser) erkennbar – Feststellung anhand Artenzusammensetzung der Vegetation und oder Messung der elektrischen Leitfähigkeit.	2.1	Geländeneigung in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung	3.1	<b>Geringe Torfmächtigkeit (&lt; 1 m) über bindigem (gering festem) Mineralboden</b>	4.1	Oberboden (Akrotelm) stark verändert, sehr stark zersetzt bis krümelig, leicht feucht bis feucht	RQ 5	<b>Maschinellem Einbau von Metall-Spundwänden</b> quer zum Grabenprofil oder Torfstich, bei großen Längen alternativ auch Spundungen aus Recycling-Kunststoffen möglich (z.Zt. in Erprobung). Randliche Einbindung (Geländeanschluss) mit Torf erforderlich sowie Sodenabdeckung; Höhendifferenz je Stau max. 0,30 m	Optimierung der Niederschlagsrückhaltung im gesamten Moorkörper steht im Vordergrund, oberflächennaher Anstau u. Förderung eines funktionstüchtigen Akrotelms bei ebenen Gebiete auch flächig möglich
				3.2	<b>Geringe Torfmächtigkeit (&lt;1m) über stärkeren Lagen aus bindigem (gering festem) Mineralboden (&gt;1m, möglichst &gt; 2 m)</b>				4.2	
				3.3	<b>Torfmächtigkeit &gt; 1 bis 1,5 m über direkt anstehendem basenarmen Grundgestein (besser tragfähig) oder über flach (&gt; 1m) anstehendem Mineralboden (gering fest)</b>	Bautyp 11 / s.RQ 13* oder RQ 7	<b>Stützkörper aus Wasserbausteinen bzw. gefüllten Gabionen</b> (Füllung z.B. mit regionalem, basenarmen Bruchstein), <b>Dichtkörper aus lehmigem Mineralboden</b> (z.B. anstehender Verwitterungslehm), als Trennschicht geotextiles Trennvlies, Überdeckung mit Vegetationssoden; Höhendifferenz je Stau möglichst max. 0,30 m			

Tafel 5: Frästorfabbau und Streutorfgewinnung

1	Wasserregime	2	Relief des Moorgebietes	3	Standortqualität und mineralischer Untergrund	4	Grad der Torfzersetzung	5	Bautyp/ Maßnahmentyp	6. Ziel
1.1	Abfluss von Niederschlag, vorherrschend, nur in geringem Umfang eigene Schüttung aus dem Gebiet austretend	2.1	leichtes Gefälle zum direkt benachbarten Vorfluter, ggf. Dachprofil, kleinteiliges Relief durch manuelle Streutorfgewinnung	3.1	Torfmächtigkeit: ohne Belang mineralischer Untergrund: bindiger (gering fester) Mineralboden > 1 m (Normalfall)	4.1	Veränderungsgrad im Oberboden ohne Belang	Bautyp 9	Anlegen von ebenen Torfterrassen oder ebenen Teilflächen in Handfräsfeldern durch in etwa höhenlinienparallele Torfwälle	Optimierung der Niederschlagsrückhaltung im gesamten Moorkörper, oberflächennaher Anstau/ Förderung eines funktionstüchtigen Akrotelms; großflächige Etablierung von Torfmoosen und anderen typischen Pflanzen
		Bautyp 10, ggf. zusätzl. RQ 7, ggf. Überlaufregelung mit erosionsfesten Einbauten (Überlaufscharte)	Terrassierung von ebenen Flächen durch Auftrag und Abtrag des Oberbodens, Umfriedung durch herausmodellerte Dämme; ggf. Überlaufregelungen für Niederschlagsmanagement einbauen. Anstau nur bis zur Geländeoberfläche; zusätzliche Impfung mit Seggen und Torfmoosen (bevorzugt Arten mit weiter Standortamplitude) zur schnelleren Etablierung einer geeigneten Pflanzendecke. Zur Absicherung von benachbarten Infrastruktureinrichtungen und Siedlungen ggf. Einbau von zusätzlichen mineralischen Dammbauwerken mit Überlaufregelung notwendig.							
		2.2	leichtes Gefälle zum direkt benachbarten Vorfluter sowie Dachprofil, sehr ausgedehnte Abbaufelder nach industriellem Torfabbau							

**Tafel 6: Wasserregime durch ständigen Zulauf von Wasser (zusätzlich zum Niederschlag) gekennzeichnet**

1	Wasserregime	2	Relief des Mooregebietes	3	Standortqualität und mineralischer Untergrund	4	Grad der Torfzersetzung	5	Bautyp/ Maßnahmentyp	6. Ziel
1.1	Ständiger Zufluss größerer Mengen von artesisch- gespanntem Grundwasser durch Übergangs- /Hochmoorflächen oder Quellaustritt (oft begradigte Gewässerabschnitte)	2.1	nicht von Belang	3.1	Torfe über (gering festem) mineralischen Untergrund	4.1	nicht von Belang	RQ 7 mit fixer Überlaufscharte	Einbau von überfließbaren Dämmen aus mineralischen Baumaterialien mit zentraler erosionssicherer Überlaufscharte und Sicherung mit Wasserbausteinen; <b>Verwendung am Rand, d.h. im natürlichen Abströmbereich von Moorflächen.</b>	Verbesserung des Moorwasserhaushaltes durch Einregelung des Abflusses (einschließlich Anheben) auf ein bestimmtes Geländeniveau
1.2	Stark veränderte Abflussverhältnisse, Anteile mineralischer Wässer in Gräben aus den natürlichen Moorabflusszonen, konzentrierter Niederschlagsabfluss									
1.3	Abfluss von Quellhorizonten / aus Quellmooren durch künstliche Gräben	2.2	deutlich geneigtes Gelände	3.2	gering mächtige bis fehlende Torfe über bindigem und +/- stauendem mineralischem (gering festem) Mineralboden			RQ 5	Maschineller Einbau von mehreren hintereinander gestaffelten überfließbaren Metallspundwänden (randliche Einbindung ins Gelände durch anstehendes Substrat erforderlich, incl. Sodenabdeckung); Höhendifferenz je Stau < 0,30 m. Bei geringer Hangneigung und geringer Grabentiefe: vollständige Grabenverfüllung	Flächige Verrieselung des Quellaustritts anstelle der schnellen Wasserabführung durch einen Graben
1.4	Durchleitung von Fließgewässern mit standortfremden Mineral- oder Nährstoffgehalten durch Hoch- oder Übergangsmoore (Mühlgräben)	2.3	nicht von Belang	3.3	Torfmächtigkeit: > 2 m mineralischer Untergrund: bindiger (gering fester) Mineralboden > 1 m	4.2	nicht von Belang	RQ 5	vollkommene Abschottung durch seitliche Verspundungen erforderlich	Keine weitere seitliche Entwässerung des Moorkörpers, keine weitere Zuführung mineralischer Fremdwasser

### 3 Bautypenübersicht

Die Entscheidung für die Anwendung der nachfolgend beschriebenen Bautypen 1 bis 11 richtet sich nach den Vorgaben der Übersichtstafeln 1 bis 6, die sich an den standörtlichen und funktionalen Gegebenheiten der Renaturierungsbereiche orientieren.

Bei den Bautypen werden zunächst die bisher üblichen Verfahren unter Verwendung autochthoner organischer Baumaterialien (faserreicher, kompakter, nicht gefräster Torf und Holz) vorgestellt. Für die meisten dieser Bautypen werden auch geeignete, bautechnisch berechnete standsichere Alternativen dargestellt. Die vollständige Darstellung von möglichen Regelquerschnitten befinden sich im Geotechnischen Bericht (CRYSTAL GEOTECHNIK, 2009).

Die Dimensionierung der Dammschüttungen aus Torf wird auf Grundlage von statischen Berechnungen (Neigungen zwischen 1:3 und 1:5 im Anlauf mit Bermen, Kronenbreite mindestens 3 m, bei Stauhöhe 2 m, Breite zwischen den Böschungsfüßen 34 m) deutlich größer als bisher üblicherweise empirisch gebaut. Gründe hierfür liegen darin, dass bei statischen Berechnungen die ungünstigsten Rahmenbedingungen bezüglich der Untergrundverhältnisse und Scherparameter angesetzt werden müssen, um den Sicherheitsaspekten von technisch definierten Bauwerken gerecht zu werden. Dies gilt insbesondere für Dammbauwerke, die überwiegend aus organischen Baumaterialien bestehen, die Abbauprozessen unterliegen und deshalb eine zeitlich begrenzte Standsicherheit besitzen. Bei geringen Stauhöhen ist jedoch auf Grundlage von statischen Berechnungen eine Reduzierung der geometrischen Abmaße möglich (CRYSTAL GEOTECHNIK, 2009, s. Regelquerschnitt 1). In Abwägung von Schadensrisiken können grundsätzlich auch empirische Bauverfahren mit modifizierten Geometrien angewandt werden. In jedem Fall ist beim Bau in besonderem Maße auf die Einhaltung von Material- und Einbaukriterien zu achten. Die Praxis zeigt, dass sich größere Torfaggregate im gewachsenen Verband beim Bau von empirischen Dammbauwerken standsicherheitserhöhend auswirken, was auf den rechnerischen Nachweis keinen Einfluss hat. Besondere Vorsicht ist auf jeden Fall bei den sicherheitstechnisch besonders relevanten, untersten Bauwerken einer Reihe von Dämmen geboten.

Um den Moorkörper im Umgriff der Dammstandorte zu schonen, müssen ausreichend mächtige Torflager aus faserreichem Material, in möglichst kompakter Form anstehen. Das Material ist mit dem Bagger zu verdichten. Alternativ kann Torf bei großen Dämmen durch Spundungen oder mineralische Baumaterialien ersetzt werden.

Bei allen Verfahren ist eine maschinelle Umsetzung zwingend anzustreben. Nach den vorliegenden Untersuchungen erwiesen sich diese Verfahren gegenüber manuellen Vorgehensweisen grundsätzlich als effizienter und dauerhafter. Nur der Einsatz angepasster Technologie gewährleistet gute Ergebnisse: Es empfehlen sich moortaugliche Bagger und Ladefahrzeuge („Dumper“) mit Kettenantrieb, die einen geringen Bodendruck besitzen ( $> 150 \text{ g/cm}^2$  geringerer Druck als ein menschlicher Fuß). Spezielle Moorraupen können einen Bodendruck von unter  $60 \text{ g/cm}^2$  aufweisen (NIEDER-SÄCHSISCHE NATURSCHUTZAKADEMIE; 2009). Der Bodendruck ist weitgehend unabhängig vom Gesamtgewicht des Gerätes, sondern errechnet sich durch das Verhältnis des Gesamtgewichts zur Größe der Auflagefläche. Radbetriebene Fahrzeuge jeglicher Art sind daher ungeeignet. Ebenfalls mooruntauglich sind Geräte mit einem hohen Schwerpunkt (z.B. Minibagger).

Zu berücksichtigen ist dabei jeweils, dass der Bodendruck beim Arbeiten wesentlich höher liegen kann als beim alleinigen Befahren. Falls keine moortauglichen Geräte zur Verfügung stehen, ist behelfsweise auf die Verwendung von „Bagger-Matratzen“ (üblicherweise Unterlegeplanken aus Hartholz) zurückzugreifen.

Die Verwendung mineralischer Materialien setzt i. d. R. eine gewisse Zugänglichkeit voraus. Hier müssen geeignetes Gerät oder Baustraßen zur Verfügung stehen, um die eingesetzten Baumaterialien ins Gelände bringen zu können.

Der Einsatz organischer und mineralischer Baumaterialien und die jeweiligen Bauverfahren sollten immer in Abwägung von Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Nachhaltigkeit, Mittelaufwand, Eingriffsintensität und gewünschten Renaturierungszielen erfolgen.

Zur Vermeidung von klimawirksamen Methanemissionen ist das angestaute Wasser (im Jahresmittel) bis knapp unter die Geländeoberkante heranzuführen.

**optische Hinweise in den Zeichnungen und Fotos:**

ehemalige Grabenfließrichtung



Lage des Dammes

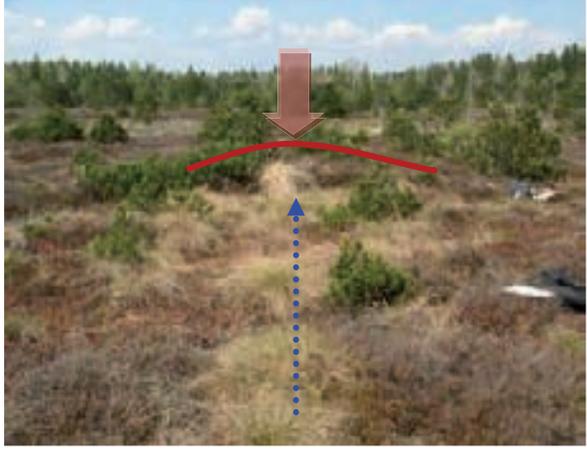


Verlauf der Dammkrone



3.1. Beschreibung der Bautypen Nr.1 bis 11

Nr.1	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
	<p>Vollständige Grabenverfüllung eines höhenparallelen Grabens mit anstehendem Substrat, einschließlich Sodenabdeckung; abschnittsweise Materialgewinnung im näheren und weiteren Umgriff „oberhalb“ des Dammes;  Überprofilierung um 1 m, nach Sackung max. 0,50 m Überhöhung verbleibend bzw. auf angrenzendes Geländeniveau eingepasst.</p>	<p>Vollständige Kompensation der Entwässerungswirkung bzw. vollkommene Umsetzung des Renaturierungsziels (Förderung eines funktionstüchtigen Akrotelms) bereits direkt nach Bau gegeben; Dichtigkeit des Torfes entsprechend der umliegenden Torfe, d.h. die Durchströmung des im Moorkörper befindlichen und abfließenden Niederschlagswassers findet auf ganzer Fläche, ohne Hindernisse statt.  Durch "Einwachsen" bereits nach wenigen Jahren (&lt; 5 Jahre) vollständig ins Gelände eingepasst und dauerhaft.</p>	<p>Kostenansatz Bagger 60 € bis 120 € pro Stunde  Verfüllung von Graben bis max. 2-3 m Breite, max. 1,5 m Tiefe, Arbeitszeit bei 0,75 m³ Schaufelinhalt je lfm: 0,45 h Kosten pro Laufmeter 45 € bis 90 € Zuzüglich Baustelleneinrichtung  Vorteil: vollkommene funktionale Wiederherstellung des Moorwasserhaushalts Nachteil: große Mengen von Torf erforderlich, Verwendung autochtonen Torfs nur in mächtigen Moorkörpern möglich.</p>
1	 <p>Sodenabdeckung bei vollständiger Grabenverfüllung, Schwarzes Moor, Rhön, Sommer 2000</p>	 <p>Fertige Grabengrabenverfüllung, leicht überhöht, ca. 1 Jahr nach Bau</p>	<p>Natürliches Beispiel für die Torfentnahme waren im Schwarzen Moor in der Rhön die dort natürlicherweise vorkommenden hangparallelen Rillen der zentralen Hochmoorweite. Die Torfentnahme erfolgte somit ebenfalls hangparallel, aber – im Gegensatz zu den entwässerungswirksamen Gräben – nur in kürzeren, nicht verbundenen Geländeabschnitten; Torfmächtigkeit im Renaturierungsbereich: ca. 4-5 m Wollgras-Sphagnum-Torf.</p>

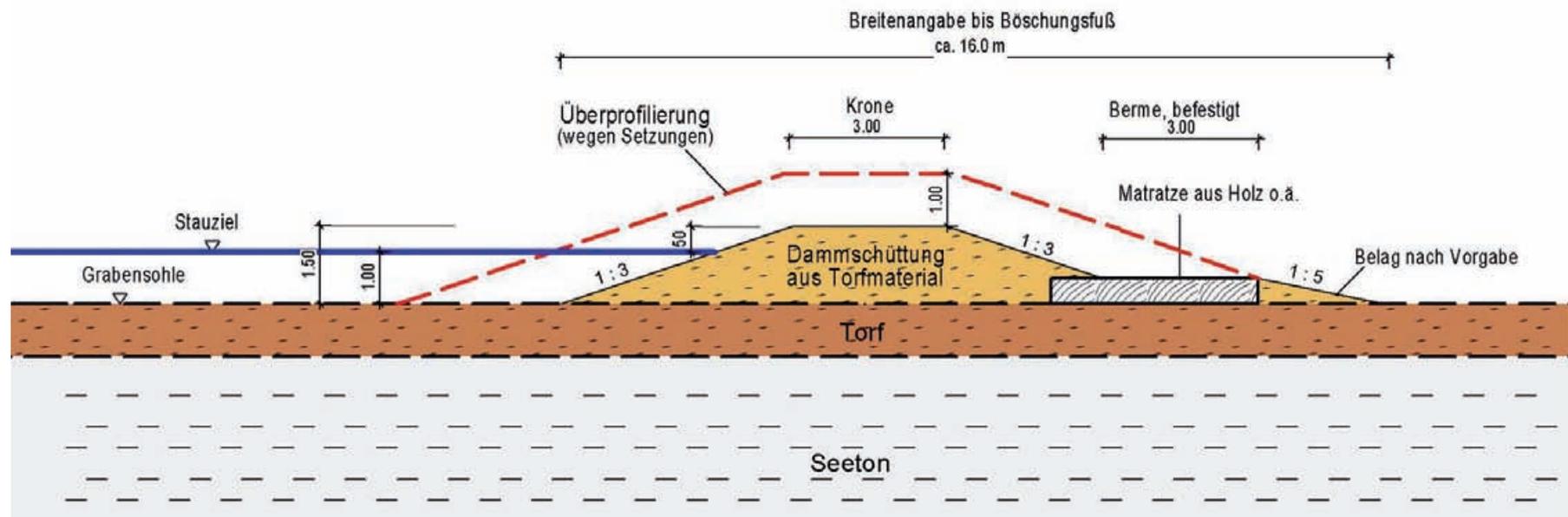
Nr.2	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
	<p><b>Bautyp in 2 Varianten</b>  <b>a) Bauweise zum Schlitzgrabenanstau als ein- oder zweiseitige Torfverwallungen durch Brechen der Grabensohle und Formen einer halbkreisförmigen Verwallung als Torfdamm;</b> dabei Anheben von ca. 1 m starken Torfpaketen mit gewachsener Vegetationsdecke mittels Baggerschaufel senkrecht zur bisherigen Grabenfließrichtung (Verwallung zweiseitig, d.h. jeweils zur Wasser- und Landseite des Schlitzgrabens, Verwallung einseitig: nur zur Wasserseite des Schlitzgrabens).</p> <p><b>b) Bauweise bei V-profilierten kleineren Gräben:</b> Das Material für den Torfdamm wird oberhalb, mit deutlichem Abstand zum Torfdamm entnommen. Der Damm wird mit einer Überhöhung von 1 m mehrere Meter (7-12 m), zur besseren Einbindung, seitlich in das Gelände hinausgezogen</p>	<p>Grabenanstau zu kleinflächigen Stillgewässern ("Terrassierung");                  Aufwuchs torfbildender Vegetation direkt nach Bau beginnend, vollständiges Durchwachsen des Grabenprofils bei sehr kleinen Gräben bereits &lt; 10 Jahre, bei größeren etwa nach 20 Jahren erreicht.</p> <p>Stauwehr durch "Einwachsen" bereits nach wenigen Jahren (&lt; 5 Jahre) vollständig ins Gelände eingepasst und dauerhaft</p>	<p>Kalkulation nach Zeitaufwand/Stundensätzen:  <b>Bauvariante a) Anstau U-förmiger Schlitzgräben:</b> Tiefe 0,80m * Breite 0,50 m: ca. 0,3 h je lfm;  <b>Bauvariante b) kleinere Gräben mit V-Profil:</b> Tiefe 2 m * Breite unten 1 m/ oben 3 m: ca. 1 h je lfm</p> <p>Kostenansatz für Moorbagger: 60-120 € pro Stunde</p> <p><b>Vorteil:</b> technisch einfache und kostengünstige Lösung</p> <p><b>Nachteil:</b> bei stark degradierten Torfen (krümeliger, strukturloser, sehr stark zersetzter Torf) bzw. insgesamt sehr stark degradierten Mooren keine ausreichende Anstauwirkung.</p>
2	 <p>Doppelseitige Torfverwallung im Zentrum ist durch die Baggerarbeiten ein kleines Stillgewässer entstanden; Bauform für kleinere Bagger (&lt; 3 t); Jedlinger Filze (Lkr. MB), 2 Jahre nach Bau</p>	 <p>Einseitiger Torfwall zum Anstau eines Kleingrabens, 1/2 Jahr nach Bau; Bernriederfilz (Lkr. TÖL), Sommer 2009</p>	 <p>Einseitiger Torfwall zum Schlitzgrabenanstau, 9 Jahre nach Bau - nach erfolgter vollständiger Sackung; Schechenfilz (Lkr. WM), Sommer 2009</p>

Zu Nr.2	Regel-Querschnitt 1	Aus: Moorrenaturierung kompakt – Evaluierung ausgewählter Moorobjekte Teilbeitrag Tiefbau	Geotechnischer Bericht CRYSTAL Geotechnik 2009
---------	---------------------	---	--

**Regelquerschnitt RQ 1** (Aus: CRYSTAL GEOTECHNIK (2009) entspricht Bautyp Nr. 2, Variante b): Anwendung als Torfdamm für kleinere bis mittlere Gräben, er gilt jedoch nicht für den Anstau von Schlitzgräben (Variante a).

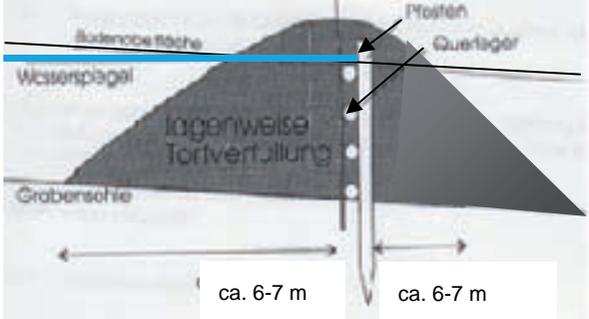
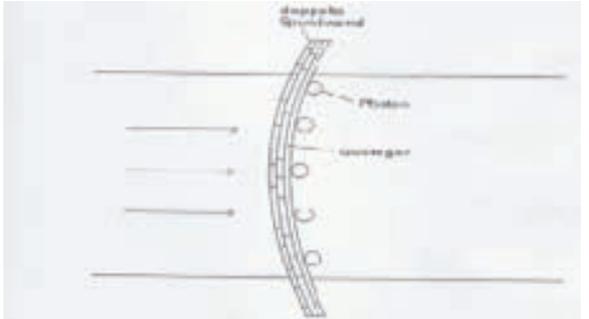
Nach empirischen Erfahrungen ist eine geringere Dimensionierung möglich. Entsprechend bautechnischer Berechnungen sollte diese Art der Dämme jedoch die untenstehende Dimensionierung besitzen. Vorteil: Dauerhaftigkeit, Nachhaltigkeit, Standsicherheit. Nachteil: Hoher Material- und Einbauaufwand.

Regelquerschnitt 1  
Torfdamm ohne Stammholzarmierung  
gering fester Untergrund

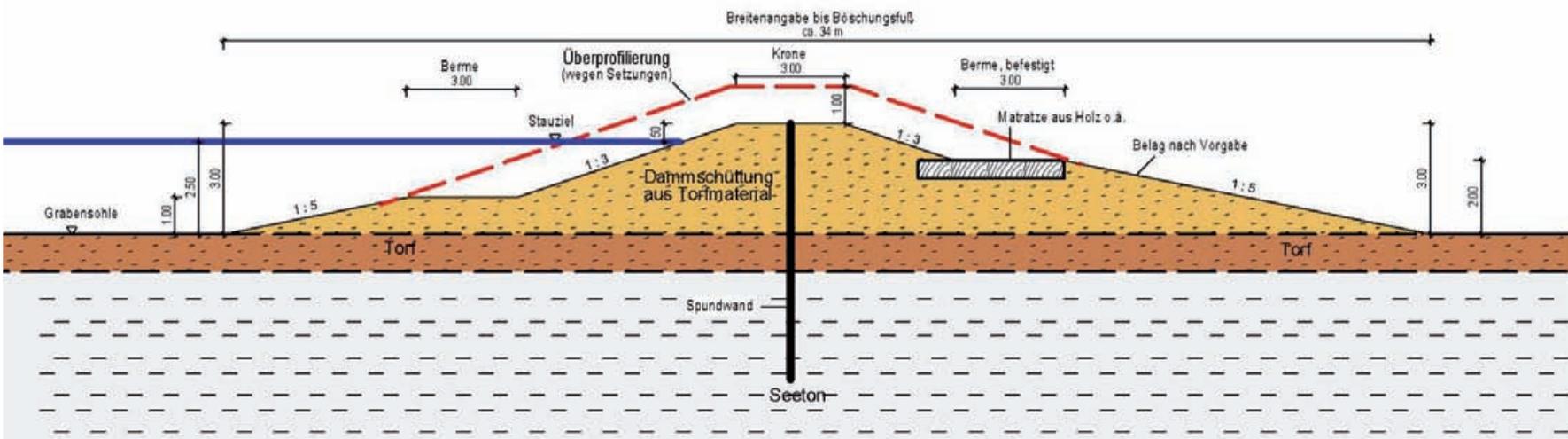


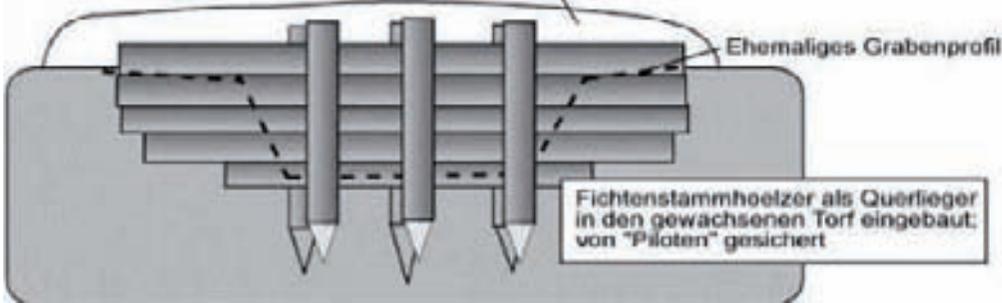
Längsschnitt im Verlauf des Grabens; mit diesem Dammaufbau können Gräben bis zu 3 m Höhe eingestaut werden! Die Aufstandfläche ist je nach Stauhöhe proportional anzupassen.

Nr.3	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
	<p>Maschinelles Einbauen von durchgängigen Torfwällen, einschließlich Sodenabdeckung, Überstau max. lokal 0,20 m, erosionsfreier Überlauf über gewachsenes Gelände muss flächig gegeben bzw. reliefbedingt möglich sein.</p> <p>Angestrebte sinnvolle Höhendifferenz je Wall max. 0,30 m</p> <p>Nur für sehr große monotone Schlitzgrabenfelder empfohlen, da torfsparender als Bautyp 2 – hier zur flächenhaften Vernässung von industriell abgetorften, ebenen Mooren einsetzbar</p>	<p>Flächiger geringer Überstau des Geländes durch Torfwall (bis ca. 50 m Länge), quer über zahlreiche kleine Gräben/Schlitzgräben hinweg; dabei auch Einbau mehrerer Wälle hintereinander als großflächige "Terrassierung" des Geländes möglich; wg. potenzieller Methanabgasung und schnellerem Aufwuchs torfbildender Vegetation im freien Wasser durchschnittlich angestrebte Wassertiefe direkt hinter dem Wall: max. 0,20 m / besser nur 0,10 m.</p> <p>Erforderliche Dauerhaftigkeit aufgrund der Flächengröße mindestens 25 Jahre; bisher vorhandene Wälle in bekannten Renaturierungsgebieten allerdings nur 10-15 Jahre alt</p>	<p>Kalkulation nach Zeitaufwand und Stundensätzen: Zeiteinsatz für mittelgroßen Moorbagger (ca. 0,75 m³ Schaufel): ca. 1 h je 10 m Länge Torfwall. Zuzüglich Baustelleneinrichtung</p> <p><b>Vorteil:</b> hohe Flächenleistung</p> <p><b>Nachteil:</b> schematische Lösung; bei stark degradierten Torfen (krümeliger, strukturloser, sehr stark zersetzter Torf) keine ausreichende Anstauwirkung.</p>
3	 <p>Bauausführung in den Abgebrannten Filzen (Lkr. RO), Sommer 2009</p>	 <p>Mit dem Bagger lassen sich kompakte Torfpakete entnehmen, einbauen und verdichten!</p>	

Nr.4	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
4	<p><b>Torfdamm mit Holzspundungskern:</b>                      Maschineller Einbau von dichten Holzspundungskernen und nachfolgende Einbindung mit Torf aus dem Umgriff sowie Sodenabdeckung.                      Spundungsmaterial: Nadelhölzer als fest verbundene Bretterlagen oder Nut- und Federbretter aus Fichte; sofern verfügbar Harthölzer: Eiche, Robinie;                      Höhendifferenz je Stau möglichst max. 0,20 - 0,30 m</p>	<p>Grabenanstau zu kleinflächigen Stillgewässerabschnitten ("Terrassierung") durch vollständige Abdichtung; eine anschließende Torf- und Sodenabdeckung ist unbedingt erforderlich, um das Holz im Luft-Wasser-Wechselbereich zu konservieren. Bei fachgerechtem Einbau ist so eine Dauerhaftigkeit von ca. 25 Jahren zu erwarten; die Spundung bleibt allerdings ständiger "Fremdkörper" und kann nicht ins Moor einwachsen (aufgrund geringer Dimensionierung jedoch unerheblich).</p>	<p><b>Materialkosten:</b>                      Pfosten, Querleger und Nut- und Federbretter je nach Qualität und Stärke, zzgl. Einbau (Maschinenkosten Moorbagger - nach Zeitaufwand), Zuzüglich Baustelleneinrichtung</p> <p><b>Vorteil:</b> auch bei stark degradierten Mooren einsetzbar</p> <p><b>Nachteil:</b> wg. Materialkosten deutlich teurer als Torfdämme (Bautyp 2) oder Torfdämme mit Stammholzarmierung (Bautyp 6)</p>
4	  <p>Doppel-Holzspundwand – Seitenansicht, unten: Aufsicht, Aus: Bayer.Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2000), leicht verändert</p>	 <p>Eingewachsener Torfwehr mit einfachem Spundungskern aus verbundenen Fichtenbrettern, ca. 10 Jahre alt; Brucker Moos (Lkr. EBE), Sommer 2009 (Überdeckung mit Torf und Vegetationssoden fehlt). Bauweise für kleine Gräben von 1 bis 1,5 m Tiefe und maximal 1,5 m Breite (s. Foto oben). Entscheidend für die Notwendigkeit eines Dichtungskerns ist das Vorherrschen stark degradierter Torfe (stark zersetzte, krümelige „Gartenerde“) in kleinen Moorkörpern und / oder verbleibenden Gräben im Umgriff bzw. sehr geringer zersetzter Torfe (hohe Durchlässigkeit)</p>	 <p>Massive Nut- und Federbretter mit Quersicherungen (oben) – entsprechend aufwändige und teure Variante dieser Bauweise bei Anwendung für größere Gräben (eine Überdeckung mit Torf und Vegetationssoden ist dennoch zusätzlich erforderlich)</p> <p>Seefilz, Nationalpark Bayer. Wald, Sommer 2008</p>

Nr.5	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
5	<p>Maschinelles Einbauen von Metall-Spundwänden (randliche Einbindung in den gewachsenen Torf und zusätzliche Sodenabdeckung); Abfluss des Niederschlagsüberschusses breitflächig über seitlich angrenzendes, gewachsenes Gelände. Der Einbau der Metall-Spundungen soll mittels hydraulischer Ramme durch einen Bagger durchgeführt werden.</p> <p><b>Variante a) nicht überströmbar:</b> vollständige Torfüberdeckung einschließlich Sodenabdeckung. Höhendifferenz je Stau max. 0,3 m.</p> <p><b>Variante b) überströmbar</b> Nur randliche Torfeinbindung, in der Mitte der Spundung Überströmungszone, nach Bedarf hier Aussparung ausschneiden (ausflexen)</p>	<p>Saures Poren- und Niederschlagswasser gilt als metallzersetzend; dies trifft allerdings nur im aeroben Milieu zu. Ausserdem besitzen dystrophe Wässer eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit, so dass Korrosion (durch Ionenaustausch) kaum stattfinden kann. Somit ist auch bei sehr sauren Substraten hohe Dauerhaftigkeit gegeben; bisher im Rahmen der Moorrenaturierung allerdings noch kaum Anwendungen (Verfahren aus dem Wasserbau). Empfohlene Einsatzbereiche: <b>Variante a)</b> vollständiger Grabenanstau zu kleinflächigen Stillgewässerabschnitten bei Mooren mit geringer Moormächtigkeit und gleichzeitig ungeeigneter Torfqualität <b>Variante b)</b> Sohlhebung in durchströmten Kleingewässern (Quellschüttungen/Quellmoore).</p>	<p>leichte <b>Stahl-Spundwände</b> Kostenansatz 70 €/m<sup>2</sup> (aus Länge * Höhe) <b>Kunststoff-Recycling Spundwände:</b> derzeit noch in Erprobungsphase (Naturschutz-Großprojekt "Pfrunger- Burgweiler Ried", Baden-Württemberg)</p> <p>Kosten zuzüglich Baustelleneinrichtung, Transport, Einbau; Maschinenkosten Moorbagger mit hydraulischer Ramme: nach Zeitaufwand</p> <p><b>Vorteil:</b> hohe Standsicherheit, Dauerhaftigkeit, sofortige Wirksamkeit, geringer Kontrollaufwand</p> <p><b>Nachteil:</b> hohe Kosten, Zufahrtsmöglichkeit für Materialtransport muss gegeben sein, bauliche Lösung anspruchsvoll</p>
	 <p><b>Variante b):</b> Einbau von überströmbareren Stahlspundwänden mittels hydraulischer Ramme zur Renaturierung eines Hangquellmoores (Quellmoor bei Wattenham, Landkreis TS, Nov. 2010)</p>		

Nr.5	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
Q5	<p><b>Variante a):</b></p> <p>Bau von nicht überströmbaren Torfdämmen mit zentraler Stahl-Spundung – Darstellung durch Regelquerschnitt 5 (Aus: CRYSTAL GEOTECHNIK (2009) als vollständiger Grabenanstau zu kleinflächigen Stillgewässerabschnitten bei Mooren mit geringer Moormächtigkeit und gleichzeitig ungeeigneter Torfqualität</p>	<p><b>Regelquerschnitt 5</b> Mischdamm aus Torf- Stahlkonstruktion (Spundwandarmierung) gering fester Untergrund</p> 	<p>Hinweis: Dammdimensionierung bei Grabenanstau von 3 m Höhe</p>

Nr.6	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
6	<p>Maschinellem Einbau von großen Torfdämmen aus dem anstehenden Substrat, mit Stammholzarmierung (Material langlebige Nadelhölzer; ggf. sonstige Harthölzer – Eiche, Robinie). Höhendifferenz je Damm max. 0,30 m; eine flächige Niederschlagsableitung muss überall erosionsfrei breitflächig über das gewachsene Gelände gegeben sein, sonst Gefahr des Dammbbruchs.</p> <p><b>Vorgehensweise:</b> Entnahme von Vegetation, Wurzelresten und durchwurzelten Torfen im Grabenprofil. Einbau von quer liegenden Stammhölzern und senkrechten „Piloten“ mit anschließender massiver Torfhinterfüllung und Überdeckung (ca. 1 m) sowie Sodenabdeckung. Materialentnahme jeweils oberhalb des Dammes (z.B. aus dem Grabenschultern), jedoch nicht in unmittelbarer Nähe (Gefahr der Umläufigkeit) sowie nicht unterhalb des Dammstandortes (Destabilisierung mit Dammbbruchgefahr). Kronenbreite oben mindestens 3-5 m, Böschungswinkel 1:3. Die Schüttung (mit Sodenabdeckung) wird seitlich mehrere Meter in die Fläche ausgezogen (zur Geländeeinpassung von Sackungsmulden, sowie zum gezielten Ableiten des flächigen Niederschlagsabflusses).</p>	<p>Grabenanstau zu möglichst kleinflächigen Stillgewässerabschnitten; wg. potenzieller Methanausgasung und schnellerem Aufwuchs torfbildender Vegetation im freien Wasser durchschnittlich angestrebte Wassertiefe (mit Ausnahme des ehemaligen Grabeneinschnitts): max. 0,50 m, besser nur 0,10 m (vor Einsetzen des Aufwuchses standortangepasster Vegetation aus Torfmoosen, Scheidenwollgras, ggf. auch Seggen)</p> <p>Angestrebte Langlebigkeit mindestens 30 Jahre, einhergehend mit vollständigem Durchwachsen des Grabens durch Schwingdecken.</p>	<p>Kostenansatz Moorbagger € 60/h bis € 120/h; Kostenansatz Fichten-Stammholz, Stammdurchmesser Ø 0,25m: je lfm 75 €</p> <p>Zeitansatz Moorbagger für Dammbau (bei Einsatz von 0,75m³ Schaufel): Arbeitszeit einschließlich Holzeinbau (ohne Holztransport vor Ort): 0,45 h je Laufmeter</p> <p>Holzbedarf für Damm (Breite 10 m, Tiefe 2 m): 10 Stämme à 14m Ø 0,25m 4 Stämme à 6, Ø 0,20m als senkrechte "Piloten"</p> <p><b>Vorteil:</b> Verwendung autochtonen Substrats – standortangepasst, keine Transportwege für den Torf, nur für die Stammhölzer. Bei Einsatz geeigneter Technik praktikable und kostengünstige Lösung.</p> <p><b>Nachteil:</b> Torf muss in ausreichender Menge und Qualität in direktem Umgriff an den Dammstandorten vorhanden sein. Bei großen Dimensionen extremer Torfbedarf, sonst keine Nachhaltigkeit gegeben.</p>
6	<p>Torfhinterfüllung beidseits der Stammholzarmierung angepasst an die Dammhöhe, Böschungsschüttung 1:3, Breite der Dammkrone mindestens 3 m; Stammhölzer aus Fichte üblicherweise am günstigsten verfügbar.</p>  <p>Ehemaliges Grabenprofil</p> <p>Fichtenstammhölzer als Querlieger in den gewachsenen Torf eingebaut: von "Piloten" gesichert</p>		<p>Ansicht (Querschnitt von vorne) eines Dammbauwerks;</p> <p>angelehnt an Regelquerschnitt 2 und 3 im Geotechnischen Bericht (CRYSTAL GEOTECHNIK; 2009); Die Dimensionierung erfolgt nach bautechnischer Berechnung</p> <p>Vereinfachte Darstellung aus: LfU (2002)</p>

**Nr.6 Bautyp/Maßnahmentyp 6: Bauausführung im Bild** (Beispiel für Grabenverbau – vormals V-Profil - Breite oben 2 m unten 1m, Tiefe 1,5 m)

6



1. Freilegen des anstehenden Substrats



2. Einbau der Querlieger (Beginn)

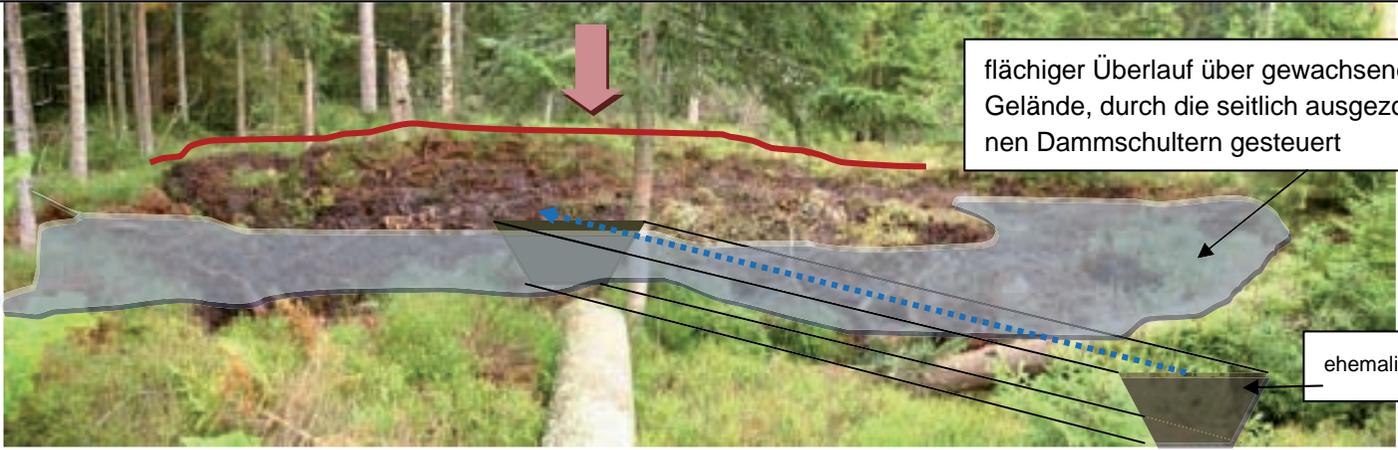


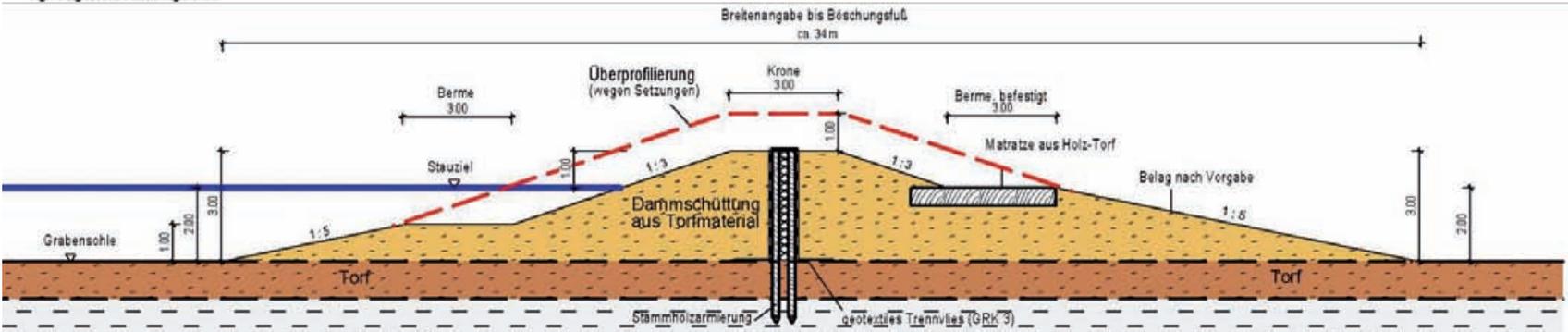
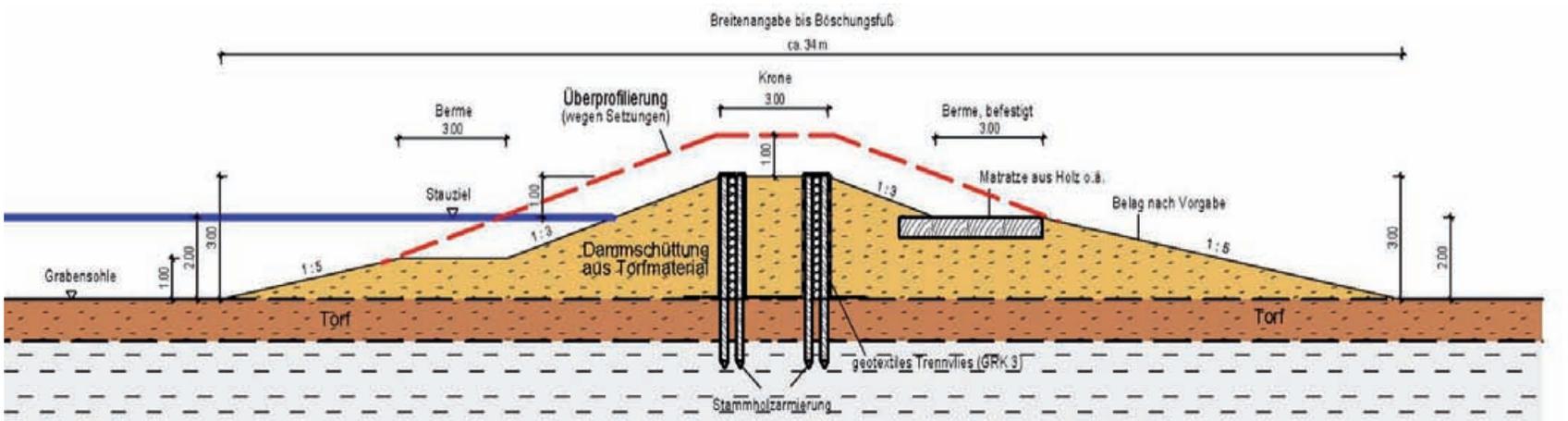
3. Einbau der senkrechten Stämme (Beginn)



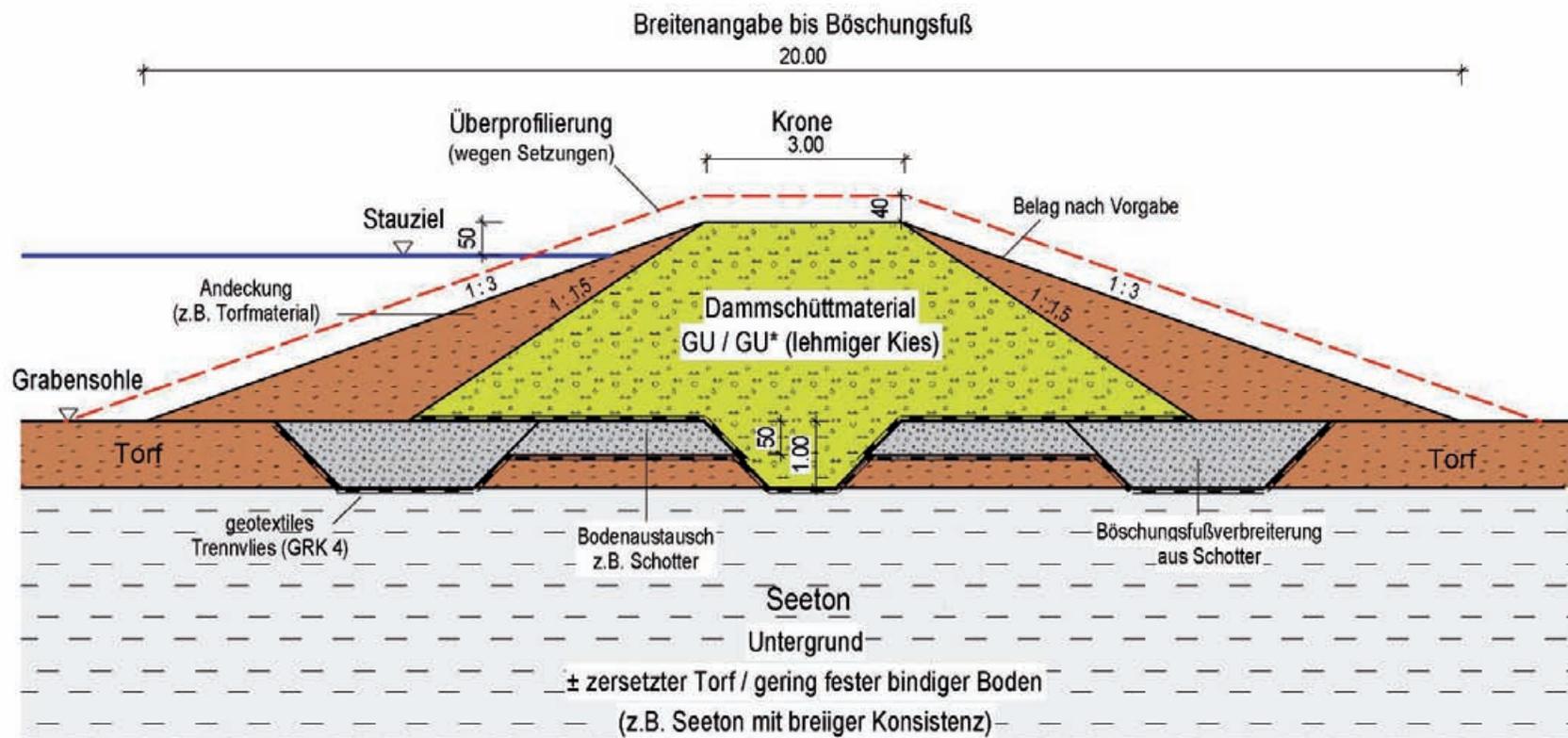
4. Einbau der weiteren Stammhölzer, gleichzeitig abschnittsweise Torfhinterfüllung, -Verdichtung, Sodenabdeckung



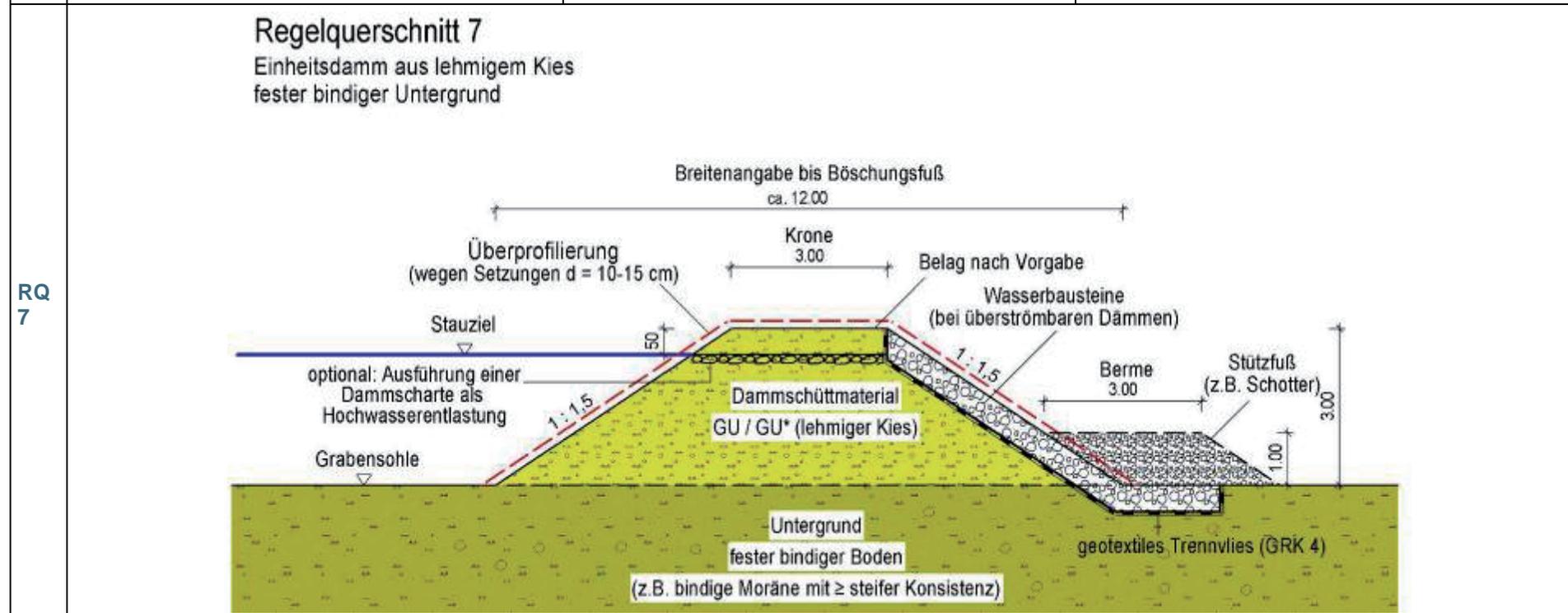
<p>Nr.6</p>			
<p>6</p>	 <p>flächiger Überlauf über gewachsenes Gelände, durch die seitlich ausgezogenen Dammschultern gesteuert</p> <p>ehemaliges Grabenprofil</p> <p>Fertiges stammholzarmiertes Torfwehr / stammholzarmierter Torfdamm direkt nach dem Bau; Kugelstattfilz (Lkr. SR), Oktober 2009</p>		
<p>6</p>	 <p>Weidfilz bei Seeshaupt ( Lkr. WM), 15 Jahre nach dem Bau; flächige Akrotelmbildung auf Damm und Grabenumgriff</p>	 <p>Kronenbreite oben 3 m</p> <p>Böschungswinkel 1:3</p> <p>Damm im Auerfilz, (Lkr. TÖL), wenige Monate nach dem Bau, 2007</p>	 <p>Damm im Saukopfmoor, Thüringen (2009) mit flächenhaftem Überlauf in den Moorumgriff und Akrotelmbildung vor dem Stau; Alter 6 Jahre</p>

<p>Zu Nr.6</p>	<p>Bautechn. Regel-Querschnitte 2 und 3</p>	<p>Aus: Moorrenaturierung kompakt – Evaluierung ausgewählter Moorobjekte Teilbeitrag Tiefbau</p>	<p>Aus: Geotechnischer Bericht CRYSTAL Geotechnik 2009</p>
<p>RQ 2 und RQ 3</p>	<p>RQ 2 und RQ 3 entsprechen dem vereinfachten Bautyp 6 des stammholzarmierten Torfdamms, unter Berücksichtigung der bautechnischen Berechnungen: Die Lage der Stammholzarmierung kann variieren und durch Doppelung eine größere Stabilität ermöglichen. Bei geringeren Stauhöhen können auch die Dammdimensionen entsprechend reduziert werden. Siehe Fotos s. 28.</p> <p><b>Regelquerschnitt 2</b> Torfdamm mit zentraler Stammholzarmierung gering fester Untergrund</p>  <p><b>Regelquerschnitt 3</b> Torfdamm mit Stammholzarmierung (2-fach zentral) gering fester Untergrund</p> 		

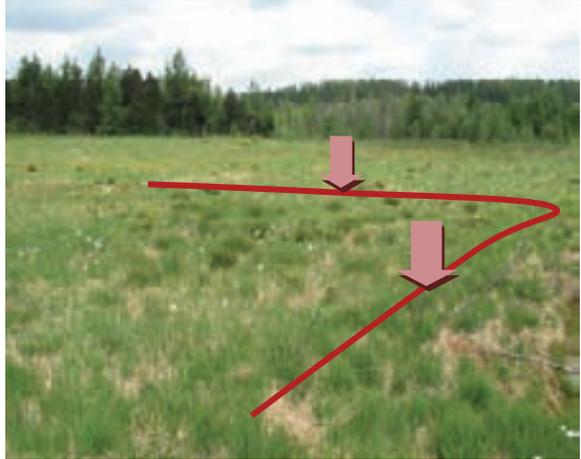
Zu Nr.6	Bautechn. Regel-Querschnitt 12		Aus: Geotechnischer Bericht CRYSTAL Geotechnik 2009
RQ 12	<p><b>RQ 12 entspricht dem vereinfachten Bautyp 6 unter ergänzender Verwendung von mineralischen Substrat im Dammszentrum:</b></p> <p>a) Substituierung des Torfes zur Optimierung der Standsicherheit bei großen Dämmen und Enddämmen</p> <p>b) Substituierung des Torfes aus Mangel an geeignetem autochtonem Torfmaterial</p>	<p>Torfsubstituierung bei geeignetem mineralischen Untergrund und ausreichender Menge direkt durch anstehendes Substrat möglich.</p> <p><b>Regelquerschnitt 12</b> Mischdamm mit Dichtkern aus lehmigem Kies und Andeckung aus Torfmaterial - gering fester Untergrund</p>	<p>Kosten analog zu Bautyp 6, zzgl. Material (lehmiger Kies, geotextiles Trennvlies, ggf. Schotter für Böschungsfuß) und Materialtransport vor Ort.</p> <p><b>Vorteil:</b> hohe Standsicherheit und Langlebigkeit</p> <p><b>Nachteil:</b> höhere Materialkosten, Transportmöglichkeiten müssen ggf. durch vorübergehende Baustrasse geschaffen werden.</p>



Nr. 7	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
7	<p><b>Bautyp 7, dargestellt durch RQ7, ist als massiver Enddamm einer Stauwehrrkette aus Torfdämmen einsetzbar.</b> Sofern erforderlich, ist dieser Bautyp <b>auch als überströmbarer Damm mit einregelbarem Überlaufniveau</b> durch den Einbau einer Dammscharte vorzusehen.</p>	<p>Für Stauwehrrkette: wie Bautyp 6; bei großen Niveauunterschieden zwischen Ober- und Unterwasser ist ein tiefbautechnisch optimiertes, massiv gebautes, sehr langlebiges Endwehr mit konkret dimensioniertem Überlauf erforderlich. Bei Verwendung an zentraleren Hochmoorstandorten ist die Verwendung von basenarmen Schottern zwingend, um Nährstoffanreicherungen zu verhindern.</p>	<p>Material (lehmiger Kies, geotextiles Trennvlies, ggf. Schotter für Stützfuß, Wasserbausteine) und Materialtransport vor Ort.</p> <p><b>Vorteil:</b> hohe Standsicherheit und Langlebigkeit</p> <p><b>Nachteil:</b> höhere Materialkosten, Transportmöglichkeiten müssen ggf. durch vorübergehende Baustrasse geschaffen werden.</p>

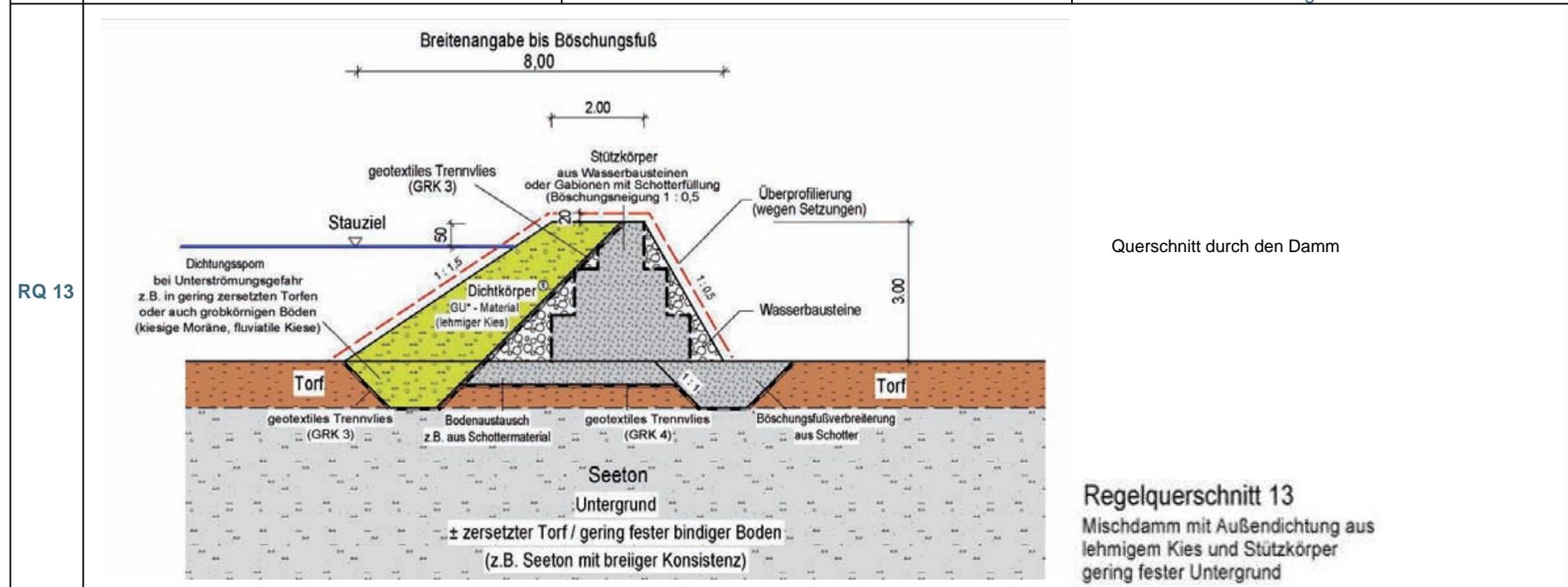


Nr.8	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
8	<p><b>Dieser Bautyp entspricht Typ 6 an Standorten, die eine direkte Überlaufentlastung – ohne weitere technische Mittel – erforderlich machen.</b>                      Der Überlauf wird durch <b>einen Bypass-Graben oder als Überlauf über eine seitliche Torfentnahmestelle</b> geführt.                      Die Entfernung des Bypasses im Oberwasser zum Damm muss so weit sein, dass eine Seitenerosion des Damms unterbleibt (i.d.R. mindestens 10 m).</p>	<p>Grabenanstau zu möglichst kleinflächigen Stillgewässerabschnitten, Überlauf über seitliche Ableitung. Angestrebte Langlebigkeit mindestens 30 Jahre.</p> <p>Auf eine ausreichende Dimensionierung des Bypasses ist zu achten [die potenzielle Ablaufmenge ergibt sich aus dem Produkt aus Fläche und Niederschlagssumme; eine überschlägige Berechnung des Abflusses vor dem Bau ist vorsorglich vorzunehmen].</p>	Entsprechend Bautyp 6
8			
			

Nr.9	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
9	Anlegen von ebenen Torfterrassen oder ebenen Teilflächen in Handfräsfeldern durch Errichtung höhenlinienparalleler Umfriedungen aus Torfwällen. Einsatz von Moorbaggern mit geringem Bodendruck erforderlich, da auf vegetationsfreien Torfen ansonsten kein effizientes Arbeiten möglich ist.	Zielrichtung ist es, die Torferosion der weitgehend vegetationsfreien Abbaufächen zu stoppen und die weitere Entwässerung zu verhindern; dazu soll das Niederschlagswasser schadlos auf den ebenen Geländeterassen gehalten und eine erneute flächenhafte Entwicklung moortypischer Vegetation im Sinne eines Torfmooswachstum ermöglicht werden; Zeithorizont ca. 20 Jahre.	Arbeit nach Regie; Stundensatz 60 -120 € netto, zzgl. Baustelleneinrichtung.
9	 <p>Vollständig eingewachsene Torfverwallung im Breiten Moos; Wierlinger Wald (Lkr. OA), 26 Jahre nach der Terrassierung, 2009</p>	 <p>Ringförmige Torfwälle auf ehemaligen Handfräsfeldern mit ca. 6 bis 10 m Länge Jedlinger Filz (Lkr. MB), 2009; Bau Ende 2006</p>	

Nr.10	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit* *nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
10	<p>Terrassierung / Polderung ehemaliger industriell abgebauter Fräsfelder: Herstellen von ebenen Flächen durch Auftrag und Abtrag des Oberbodens, nach Möglichkeit Modellieren von Verwallungen aus dem gewachsenen Torf, ansonsten Schieben von Torfverwallungen; Die Dimensionen richten sich nach der Neigung der Frästorflächen. Der Einbau von Überlaufregelungen ist größenabhängig und kann erforderlich sein.</p> <p>Möglichst nur Anstau bis zur Geländeoberfläche; zusätzliche Einbringen von Zielarten der Pflanzenbesiedelung durch Impfung mit Seggen und Torfmoosen (bevorzugt Arten mit weiter Standortamplitude) zur schnelleren Etablierung einer geeigneten Pflanzendecke.</p> <p>Zur Absicherung von benachbarten Infrastruktureinrichtungen und Siedlungen ggf. Einbau von zusätzlichen mineralischen Dammbauwerken mit Überlaufregelung notwendig (an Beweissicherungen denken). Der Dammbau orientiert sich an RQ 7.</p>	<p>Zielrichtung ist es die Torferosion auf den weitgehend vegetationsfreien Abbaufächen zu stoppen und die weitere Entwässerung zu verhindern; dazu soll das Niederschlagswasser schadlos auf den ebenen Geländeterrassen gehalten und eine erneute flächenhafte Entwicklung moortypischer Vegetation im Sinne eines Torfmooswachstum ermöglicht werden; Zeithorizont aufgrund der Ausdehnung derartiger Flächen mindestens 20 Jahre, vermutlich noch länger.</p>  <p>Ehemalige Fräsfelder in den Kollerfilzen (Lkr. RO), Anstau ca.2004, Foto 2009</p>	<p>Arbeit nach Regie; Stundensatz 60 -120 € netto, zzgl. Baustelleneinrichtung. Zzgl. Aufwand für Beweissicherung, z.B. durch Pegel-einrichtungen.</p>

Nr.11	Bautyp/Maßnahmentyp	Funktion/Lage/Dauerhaftigkeit* *nach empirischen Ergebnissen der Evaluierung sowie Erkenntnissen aus weiteren Renaturierungsmaßnahmen	Kosten
11	<p><b>Tiefbautechnische Lösung für Dämme auf flachgründigen Mooren direkt über anstehendem Festgestein (somit auch Spundungen nicht möglich).</b> Substituierung des Torfes durch standsicheres mineralisches Substrat, (z.B. regionaler basenarmer Bruchstein in Gabionen), Abdeckung mit Geotextil, Dichtkörper aus basenarmen Lehm / lehmigem Kies, anschließend Überdeckung mit Vegetationssooden</p> <p>Höhendifferenz je Stau möglichst max. 0,30 m.</p>	<p>Laufende Nr. als Bautyp 11, durch Regelquerschnitt 13 dargestellt (s. Geotechnischer Bericht, CRYSTAL GEOTECHNIK; 2009); bisher noch kein Einsatz bei Moorrenaturierungen, Verfahren jedoch im Wasserbau erprobt.</p> <p>Dauerhafte Lösung für geringmächtige Torflager, direkt über Festgestein; diese standörtliche Gegebenheiten kommen nur in den herzynischen Mittelgebirgen vor (daher regionales Dichtkörpermaterial üblicherweise ebenfalls basenarm - Eutrophierung im Hochmoor somit auszuschließen.).</p>	<p>Bisher keine Objekte im Rahmen der Moorrenaturierung vorhanden, jedoch Einsatz im Wasserbau üblich; Kosten-kalkulation s. Kostenübersicht mineralische Dammbauten.</p> <p><b>Vorteil:</b> Vor-Ort-Transport von Bruchsteinen ist einfacher als gesamtes Schüttmaterial aus lehmigen Kies anzufahren; durch die Gabionen ist eine Aggregation direkt vor Ort leicht möglich.</p> <p><b>Nachteil:</b> In jedem Falle bautechnische Lösung mit detaillierter Standorterkundung erforderlich; standortbedingt keine kostengünstigen empirischen Lösungen mit autochtonem Torf möglich.</p>



## 4 Erläuterungen der verwendeten Fachbegriffe

Begriffe zum Torfabbau	Erläuterung
Schlitzgraben	Kleingraben mit Rechteck-Profil (Querprofil als U-Profil), vorwiegend manuell erstellt: Breite ("Spatenbreite"): 0,5 m, Tiefe i.d.R. 0,8 bis 1m; sowohl als Einzelgräben als auch als System paralleler Gräben zur Vorentwässerung erstellt
Grabenprofil	Grabenquerschnitt im Querprofil beschrieben; manuell und maschinell erstellte Gräben besitzen Regelprofile, häufig V-Profile (unten schmal rechteckig, nach oben erweitert)
Torfrücken	Nicht abgetragene Mooroberfläche (innerhalb eines ehemaligen Torfabbaubereichs)
gesackte Schultern	durch Torfmineralisation und Moorsackung eingetretene Abflachung der Mooroberfläche hin zu vorhandenen Gräben oder Torfstichkanten
Vorentwässerung	Zum Zwecke der intensiveren Nutzbarkeit ehemals gezielt durchgeführte Maßnahmen als gezielten und schnellen Niederschlagsabtransport aus einem Mooregebiet durch Einzelgräben oder Grabensysteme bzw. Dränsysteme (in landwirtschaftlich genutzten Flächen)
Bunkerde	Alle Torfstich-Verfahren bedürfen zunächst einer Vorentwässerung durch Grabenziehungen sowie der Entfernung der Vegetationsdecke bis in Tiefe des Wurzelhorizonts, nämlich der Bunkerde
Dachprofil	Das Dachprofil ist ein Element zur Querschnittsgestaltung im Straßen- und Wegebau. Übertragen gilt dies auch für industriellen Torfabbau, v.a. den Frästorfabbau. Dabei erhält der Geländequerschnitt eine so genannte Dachformneigung um die nötige Entwässerung des Abbaufelds zu gewährleisten.
Torfverwallung	Langgetreckter Torfdamm (mindestens 10 m) zum Niederschlagsrückhaltung auf ausgedehnten, ebenen Torfabbauflächen

Torfstichverfahren	Erläuterung
Handtorfstich	manuelles Verfahren zur Gewinnung von Torfziegeln durch Abstich des Torfsubstrates längs eines Torfrückens: führt zu beckenartigen Vertiefungen im Moor; Material wird vor Ort geformt und zum Trocknen "aufgekastelt", später als Brenn- bzw. Heizmaterial genutzt
Baggertorstich	maschinelles Verfahren zur Gewinnung von Torfquadern durch Abbagern längs eines Torfrückens; führt zu beckenartigen Vertiefungen im Moor; Material wird ggf. vor Ort, meist aber in einem Torfwerk am Moorrand in verschiedenen Verfahren, je nach weiterer Nutzungsart (Brenntorf, Bädertorf, Gartentorf/Torfkultursubstrat) weiterverarbeitet

Streutorfgewinnung	flächiger Abtrag des Torfes durch Abraspeln der vegetationsfreien Mooroberfläche mit handbetriebenen Fräsmaschinen (Größe etwa wie Handrasenmäher); führt zu vegetationsfreien Bahnen mit Neigung (Dachgefälle) zu Entwässerungsgräben, die aufgrund extremer Bodentemperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen jahrzehntelang weitgehend vegetationsfrei bleiben. Material wird vor Ort zu Mieten zusammengereicht und getrocknet; getrocknet als Stalleinstreu verwendet (Verfahren kam ca. 1965 durch hygienische Auflagen der Milchwirtschaft zum abrupten Erliegen)
industrielle Frästorfgewinnung	Vorgehens- und Wirkungsweise entspricht der Streutorfgewinnung, aufgrund großtechnischen Einsatzes jedoch entsprechend stärkere Vorentwässerung und größerer Flächenbedarf; Weiterverarbeitung in einem Torfwerk (v.a. zu Torfkultursubstrat)

<b>Bodenkundliche Abkürzungen (s. AG Boden, 1994)</b>	<b>Erläuterung</b>
Akrotelm	Der „Akrotelm“ ist der obere Bereich wachsender (d.h. torfbildender) Mooröko-tope und umfasst den Moorboden und die Vegetationsschicht (v.a. Moose), so-fern in dieser Porenströmung stattfinden kann.
Hh	Hochmoortorf
Hü	Übergangsmoortorf
Hn	Niedermoortorf
H1-H10	Zersetzungsgrad nach von Post (AG Boden 1994): H1 (sehr schwach zersetzt) bis H10 (sehr stark zersetzt)
Großreste	Im Torf erhaltene Überreste der vormaligen Vegetationsdecke, die abhängig von ihrer Struktur und ihrem Nährstoffgehalt überdauert haben; vorzugsweise sind dies Rhizome und Wurzeln von Seggen und Grasartigen, tw. auch deren Früchte, sowie Moose - hier v.a. Torfmoose (Sphagnen); krautige Reste kommen sehr selten vor
Radizellen	Im Torf als "Großreste" erhaltene Rhizome und Wurzeln (v.a. von Seggen div. Arten)

<b>Tiefbautechnische Begriffe/ Abkürzungen</b>	<b>Erläuterung</b>
Regelquerschnitt	Der Regelquerschnitt beschreibt in diesem Zusammenhang den lotrechten Schnitt eines Dammbauwerks im rechten Winkel zur Grabenachse
Gabionen	Drahtschotterkörbe aus verzinktem Stahl, die vor Ort zusammengefügt und mit Steinen aus nächster Nähe gefüllt werden.
Berme	Stufe im Dammbau; zum Aufbau und Unterhalt des Bauwerks

Geotextil, Trennvlies, PEHD GRK	<p>Verschiedene Arten von Geotextilien, die als Baustoff im Bereich des Tief-, Wasser- und Verkehrswegebau und sind für geotechnische Sicherungsarbeiten verwendet werden.</p> <p>Das flächig ausgelegte Vlies aus organischem Material oder Kunststoffen dient als Schutzschicht gegenüber der Durchdringung und Auswaschung unterschiedlicher Substrate; hier: organischer Torf und mineralische Kiese als Schüttungsmaterialien für Dammbauten. GRK: Geotextil-Robustheitsklasse PEHD: Kunststoff-Dichtungsbahn (Teichfolie, Teichvlies zur Abdichtung gegenüber dem Unterboden)</p>
Spundungskerne	Verstärkung des Dammbauwerkes im Inneren mittels dichter Spundwände aus Holz (Nut- und Federbretter unterschiedlicher Holzarten und Dicke), Metall oder Kunststoffe (noch in Erprobung)
<b>Sonstige Begriffe:</b>	<b>Erläuterung</b>
iterativ	sich der Lösung schrittweise nähernd

<b>Kostenübersicht mineralische Dammbauten</b>	<b>Einheit i. d. R. t/m³/m²</b>	<b>Kalk/Dolomit</b>	<b>Granit (Urge- stein)</b>
Dichtkörpermaterial (z.B. lehmiger Kies) <sup>1)</sup>	5 – 10 € / m³	--	--
Wasserbausteine (zum Befüllen der Gabionen, Formen des Stützkörpers; s.RQ13) <sup>1)</sup>	je t	30 – 40 €	30 – 50 €
Schottermaterial, Schroppen (z.B. für Stützfuß; s. RQ7)	je t	15 – 20 €	25 – 40 €
Überkorn (0/600mm) und Schroppen (0/300) zur Untergrundstabilisierung	je t	5 – 10 €	
Gabionenkästen verzinkt (s.RQ13) je nach Größe	St. 40 – 100 €		
Gabionenkästen geschichtet (Kalkschotter)	z. B. 50 x 50 x 50 cm : 75 €	z.B. 200 x 100 x 100 cm : 320 €	
geotextiles Trennvlies GRK3	1,5 - 2,0 € / m²		
geotextiles Trennvlies GRK4	2,0 - 2,5 € / m²		
<sup>1)</sup> Hierbei ist anzumerken, dass bei entsprechender Größe der Lagerstätte von Gruben oder Brüchen auch noch niedrigere Preise möglich sind. Die Transportkosten liegen bei einem Radius von ca. 50 km um den Lieferbetrieb bei ca. 10 - 15 € (weitere Distanzen dürften ohnehin nicht wirtschaftlich sein). Der Einbau schlägt für Kiesmaterial oder Schotter mit 3,5 bis 5 €/t und bei Wasserbausteinen mit 7,5 - 10 €/t zu Buche. Alle Angaben ohne Gewähr. Die können je nach Wirtschaftslage, Spritpreisen und Region nach oben und unten variieren.			

## 5 Leistungsrahmen: Planerische und organisatorische Vorüberlegungen bei der Durchführung von Moorrenaturierungsmaßnahmen

### **Punkte für die Erstellung eines Leistungsrahmens für Planungskonzepte der Moorrenaturierung** (im Einzelfall anzupassen und zu ergänzen)

Die Inhalte des Leitfadens der **Niedermoorrenaturierung in Bayern**: Teil B Niedermoorrenaturierung in der Umsetzungspraxis (2005) und der **Leitfaden der Hochmoorrenaturierung in Bayern** (2002) LfU (Hrsg.), Bearbeitung C. Siuda in Zusammenarbeit bilden dazu geeignete Grundlagen; Diese werden wie folgt geändert bzw. ergänzt. Dort befinden sich weitere Hinweise zur Fachliteratur

#### **1. Zusammenstellung und Auswertung von Sekundärdaten**

Daten zum Standort (Geologische Karte, Konzeptbodenkarte etc.)

Biotische Daten zu Vegetation/Flora und Fauna: Biotopkartierung, ASK, ABSP- Landkreis-Band

Naturschutzfachliche Gutachten zum Mooregebiet (NSG-ZE, FFH- Managementplan etc.)

Diplom/Master/ Bachelor -Arbeiten an den Hochschulen

Besitzverhältnisse: Unterscheidung hinsichtlich Privateigentums (ohne Einzelangaben), Eigentum öffentlicher Eigentümer (einschließlich Staatswaldflächen), Eigentum von Naturschutzorganisationen; Bodenrechte (Fischerei, Wasserverbände, etc. klären.

#### **2. Geländeerhebungen/Kartierungen**

Hydrologisches Einzugsgebiet, Vorfluter, Grabensystem: Lage, Entwässerungsrichtung, Wasserqualität (pH, Elektrische Leitfähigkeit),

Höhen (Nivellement bei größeren Gräben erforderlich) Digitales Geländemodell mit Fachdaten des Landesvermessungsamtes bzw. des Landesamtes für Umwelt;

Bodensondierungen des Moorkörpers, ggf. bis zum mineralischen Untergrund, sofern keine ausreichenden Sekundärdaten vorhanden sind;

Nutzungen (Landwirtschaft, Wald, Jagd, Fischerei und sonstige) Schäden, Vorhandene Torfstiche

Pflanzendecke mit Kennartengruppen und Dominanzverhältnissen (Vegetationsstrukturerfassung)

Fotodokumentation

#### **3. Ausarbeitung der Planung in Text und Karte (möglichst auf Grundlage von Ortholuftbildern mit integrierter Flurkarte)**

Festlegung des Moortyps (nach Hemerobiegrad) und Darstellung des Renaturierungsziels

Beschreibung des Maßnahmenpakets mit Vorgehensweise

Prognose des zukünftigen Abflusssystems, der Klimarelevanz und ökologischen Wirksamkeit; evtl. erforderliche Beweissicherungen

Material-, Maschinen- und Personaleinsatz

Kostenschätzung der Maßnahmen

Vorschlag für das Monitoring

#### **4. Sonstige textliche Hinweise**

Abstimmungsbedarf mit zuständigen Fachbehörden/ Wasserrechtsverfahren

Geeignete Firmen für die Umsetzung

Maßnahmenträger - Kooperationen

Mögliche Förderungen: Landschaftspflege- und Naturparkrichtlinien (LNPR), Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm (VNP/EA) Sponsoren, E+A,, Sondermittel aus LEADER in ELER), KLIP 2020;

## 6 Quellen

- [1] AG BODEN (ARBEITSGRUPPE BODEN) (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl. 392 S. Hannover
- [2] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (LFU)(HRSG.) (2002), Bearbeitung: C. Siuda: Leitfaden der Hochmoorrenaturierung in Bayern für Fachbehörden, Naturschutzorganisationen und Planer. 65 S. Augsburg
- [3] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (2003): Moorentwicklungs-konzept (MEK) Bayern. Handlungsschwerpunkte der Moorrenaturierung. 41. S. Augsburg
- [4] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (LFU)(HRSG.) (2005), Bearbeitung: Wagner, A., & Wagner .I.: Leitfaden der Niedermoorrenaturierung in Bayern. 160 S. Augsburg
- [5] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (2009) (HRSG.); Bearbeitung: PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH & LfU, Referat 54 und 12: Intakte Moore – prima fürs Klima. Moorschutz ist Klimaschutz. Reihe Arten- und Lebensraumschutz. Umwelt Basis. Faltblatt.
- [6] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF), BEARBEITUNG: DR. A. Bauer (2000): Handlungsanweisung für Moorrenaturierungen.
- [7] BAYERISCHE STAATSREGIERUNG UND BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (2008), Klimaprogramm Bayern 2020- Anpassung zum Klimawandel-Naturschutz 48 S.
- [8] CRYSTAL GEOTECHNIK GMBH, BEARBEITER: THIELE, A., POSCH, C. (2009): Moorrenaturierung kompakt. Teilbeitrag Tiefbau. Gutachten im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt. Augsburg. 54 S, TABELLEN und Skizzen.
- [9] DRÖSLER, M. (2008): Klimarelevanz von Moorrenaturierungen in Bayern. 1. Arbeitsgruppentreffen KLIP2020 LfU Augsburg. unveröff. Vortragsmanuskript.
- [10] DRÖSLER M., FREIBAUER A., CHRISTENSEN T., FRIBORG T., (2008) Observation and status of peatland greenhouse gas emission in Europe. In: The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe. DOLMAN, H.; Valentini, R.; Freibauer, A. (Eds.) Series: Ecological Studies, Vol. 203 2008, 305 p. ISBN: 978-0-387-76568-6; pp. 237-255.
- [11] DRÖSLER M. (2010): Was haben Moore mit dem Klima zu tun? In: Laufener Spezialbeiträge 2/09. pp.60-69
- [12] FREIBAUER, A., DRÖSLER, M., GENSIOR, A, SCHULZE, E.-D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. Natur und Landschaft 1: 20-25.
- [13] GROSVERNIER, PH. & STAUBLI, P. (HRSG.)(2009): Regeneration von Hochmooren. Grundlagen und technische MAßNAHMEN. Umwelt-Vollzug Nr. 0918. Bundesamt für Umwelt, Bern. 96 S.
- [14] NIEDERSÄCHSISCHE NATURSCHUTZAKADEMIE (NNA), VORTRAGSTAGUNG 18./19.11.2009, VORTRAG R.-P.MEYER: Die Moorraupe- ein geeignetes Gerät zur Pflege von Moorlebensräumen.
- [15] PFADENHAUER, J. (1997): Vegetationsökologie - Ein Skriptum. 2. verbesserte und erweiterte Aufl. IHW-Verlag. ECHING. 448 S.
- [16] SIUDA, C.(2008): Moorrenaturierungsplanung für das Kugelstattfilz oberhalb von Schwarzach und Grandsberg, LANDKREIS Straubing-Bogen. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Bayerischen Staatsforsten, Forstbetrieb Bodenmais. 23 S, Anhänge, 8 Karten.
- [17] SIUDA, C. & QUINGER, B. (2009): Moorrenaturierung kompakt. Teilbeitrag Naturschutz: Evaluierung von 29 Mooren in Bayern. Gutachten im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt. Augsburg. 287 S.
- [18] SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschaftökologische Moorkunde. 2. völlig neu bearbeitete AUFLAGE. Schweizerbart, Stuttgart. 622 S.

## Daten aus dem Internet

BODENINFORMATIONSSYSTEM BAYERN (BIS-Bayern) des Bayerischen Landesamt für Umwelt; Internetauftritt: [www.bis.bayern.de](http://www.bis.bayern.de); Angaben zu Niederschlag, Jahresmitteltemperatur, Trockenheitsindex, Geologie, Boden

DSS-Wamos (2009): Entscheidungs- und Unterstützungssystem für das Management von Waldmooren. (Tabellen, Powerpoint-Abläufe, Informationen). Bearbeitung: Humboldt-Universität Berlin, Fachgebiet Bodenkunde, Standortlehre & Fachhochschule Eberswalde, Fachgebiet Vegetationskunde und Angewandte Pflanzenökologie.



Die Autoren von „Moorrenaturierung kompakt“,



Eindrücke aus dem Workshop: „Handlungsschlüssel für die Praxis“ im Schechenfilz – Juni 2010

