

## **Abschlussbericht**

# **„Zukunft der Grinden: Erfassung und Bewertung des Wachstumspotenzials von Moorflächen auf den Grinden“**

**Projektnummer: 546 91-0822GL**

**April 2010**

**Dr. Pascal von Sengbusch  
Büro für ökologische Gutachten/Moorkunde  
Fuchsrain 10, 79400 Kandern  
[www.moorkunde.de](http://www.moorkunde.de)**

**Im Auftrag der Universität Freiburg / Inst. f. Biol.II / Geobotanik**

**Mit Unterstützung der Stiftung Naturschutzfonds gefördert aus zweckgebundenen Erträgen der Glücksspirale.**



# Inhalt

Zusammenfassung .....	9
1 Einführung .....	11
2 Hypothesen .....	14
3 Ziele der Arbeit .....	15
4 Untersuchungsgebiet .....	16
5 Konzeption .....	18
6 Methoden .....	19
6.1. Wasserpegelerfassung .....	19
6.2. Wassergehalt/TDR-Messung .....	19
6.3 Luftfeuchtigkeit .....	26
6.4 Messpunkte .....	26
6.5 Vegetation .....	26
6.6 Vergleich Pflegeflächen- Referenzflächen .....	27
6.7 Neigung/Oberflächenprofile, Höhenmodelle .....	27
6.8. Torfansprache .....	27
Ansprache von Torfwachstum u. Moorbachstum .....	28
6.9 Chlorophyll-Fluoreszenz - Photosynthesemessung .....	30
6.10 Statistik .....	30
7 Ergebnisse .....	31
7.1 Code der Messpunkte und Probeflächen .....	31
7.2 Wasserstand .....	31
7.2.1 Aussagekraft der Wasserpegeldaten .....	31
7.2.2 Wechselfeuchte Bedingungen Stillstandskomplexe .....	32
7.2.3 Trockenperiode 2009 .....	33
7.2.4 Wasserstand in den Pflegeflächen .....	36
7.2.5 Statistische Kennwerte aus den Wasserpegeldaten .....	39
7.3 Wassergehalt der ungesättigten Zone .....	40
7.3.1 Stillstandskomplexe .....	40
7.3.2 Pflegeflächen .....	45
Luftfeuchtigkeit .....	45
7.4 Vegetation .....	46
7.4.1 Torfmoose .....	46
7.4.2 Pflegeflächen und Stillstandskomplexe .....	53
7.5 Torfmoose, Wassergehalt und Photosynthese .....	54
7.6 Torfkunde .....	62
7.6.1 Raumgewicht des Torfes .....	62
7.6.2 Brandschicht / Ascheschicht .....	63
7.6.3 Durchwurzelungstiefe & Partitionierung des Wurzelraumes .....	63
7.6.4 Quellung/Schrumpfung und „Mooratmung“ .....	65
7.6.5 Erosion und Rillenbildung .....	68
7.6.6 Torfabbau .....	70
7.7 Klima .....	71
7.8 Multivariate Analyse der Messpunkte .....	74
7.8.1 Cluster-Analyse Messpunkte .....	74
7.8.2 Hauptkomponenten-Analyse der Messpunkte .....	76
7.8.3 Überprüfung der Plausibilität mittels Außenkriterien .....	78
7.9 Multivariate Analyse Wasserpegel-Probeflächen .....	92
7.9.1 Cluster Analyse Probeflächen .....	92
7.9.2 Hauptkomponenten-Analyse der Probeflächen .....	94

Fazit Außenkriterien Probeflächen.....	97
7.10 Ansprache von Torf- und Moorbachstum .....	97
7.11 Ableitung von Standort-Typen.....	99
7.12 Topographie .....	105
7.12.1 Altsteigerskopf.....	105
7.12.2 Hornisgrinde.....	109
7.12.3 Schliffkopf.....	113
7.12.4 Vogelskopf.....	115
8    Diskussion .....	118
8.1 Wasserstand.....	118
8.2 Wassergehalt .....	121
8.3 Vegetation .....	122
8.4 Torfmoose – Photosynthese .....	123
8.5 Torfkunde.....	126
8.6. Multivariate Analyse/Standort-Typen.....	129
8.7 Pflegeflächen und Vergleichsflächen.....	134
8.8 Rotwild.....	136
8.9 Störungshypothese .....	136
9    Moorwachstum / Wachstumspotenzial .....	141
10    Moore und Klima .....	143
11    Sukzessionsdynamik, Landschaftswandel und Moorschutz – mittelfristige Konzepte ..	145
12    Beschreibung der einzelnen Grinden .....	147
12.1 Altsteigerskopf.....	147
12.2 Hochkopf.....	150
12.3 Hornisgrinde.....	152
12.4 Hundsrücken.....	156
12.5 Ochsenkopf.....	157
12.6 Pfälzerkopf .....	157
12.7 Sandkopf.....	158
12.8 Schliffkopf.....	160
12.9 Seekopf.....	163
12.10 Vogelskopf .....	164
12.11 Moor westlich des Sattels zum Wildsee (MPWW01).....	167
12.11 Zuflucht/Kniebis.....	167
12.12 Moorliste - Störung und Maßnahmen .....	169
12.13 Moorliste Wachstum .....	169
13    Literatur.....	170
14    Anhang .....	173
A.1 Koordinaten Messpunkte u. Probeflächen.....	173
A.2 Datentabelle Messpunkte .....	174
A.3 Wasserpegel.....	179
A.4 Anhang multivariate Analyse.....	182
A5.Torfprofile .....	185
A6. Hangprofile.....	207
A7. Statistische Tests .....	209
Tests zur Torfmächtigkeit zwischen Clustern, Messpunkte.....	209
Tests zur Brandschichttiefe in den Gruppen A bis H der Cluster-Analyse / Messpunkte ..	209
Tests zu Neigung der Mooberfläche in den Gruppen A bis H.....	210

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Heidemoorfläche ASTB (2009) als Abbauf orm eines Rasenbinsenhochmoores, Altsteigerskopf, mit Kampf formen der Latsche und einzelnen Rasenbinsenhorsten.	12
Abb. 2: Moor auf der Hornisgrinde, Südgipfel, östlicher Moorteil Blick nach Norden, im Vordergrund ein Kolk, im Hintergrund degeneriertes Rasenbinsenhochmoor, rechts unterhalb des Kolkes 4 m Torfmächtigkeit.	14
Abb. 3: Alter Weg (zum Torfransport?) mitten im Wildseemoor, auf dem ehemaligen Weg rechts Trichophorum, links davon Wollgras und Heidekraut. Auch nach fast 200 Jahren hat sich die Grenze nicht verwischt, das Wollgras konnte den Lebensraum nicht zurückerobern.	15
Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes.	16
Abb. 5: Boxplot zu der Höhenlage der untersuchten Moorflächen mit Quartilabstand 1/3 (= 50 % der Daten) Median, Spannweite und Ausreißern.	17
Abb. 6: Schema zur Konzeption des Projektes.	18
Abb. 7: Eichkurven aus schwach zersetzten Torfen, aus MPHD03 und Schliffk09 mit 1,5 l Torfvolumen.	21
Abb. 8: Eichkurve für überstauten schwach zersetzten Sphagnumtorf (logarithmisch).	22
Abb. 9: Eichkurve aus MPHG04 für stark zersetzten Torf mit diffuser Brandschicht unter Sphagnum tenellum aus Muldenlage. Gestrichelt 95 %-Konfidenzintervall.	23
Abb. 10: Eichkurve aus VKSTA für stark zersetzten Torf mit hohem Ascheanteil aus abgestorbenem Torf. Gestrichelt: 95 %-Konfidenzintervall	24
Abb. 11: Eichkurven aus den Polynomen für HG04 und VKSTA für stark zersetzten Torf mit Mittelkurve zur Umrechnung der Messwerte aus stark zersetztem Torf.	25
Abb. 12: Eichkurve für lockeren Trichophorumtorf (rohhumusartig) mit Trichophorum-Blattscheiden.	26
Abb. 13: Tagessummen der Niederschläge (Wetterstation Ruhenstein) und Wasserpegel daten der Flächen HGST1 und HGST2 / Hornisgrinde mit gleitendem Durchschnitt.	32
Abb. 14: Wasserpegelganglinien von Hornisgrinde und Altsteigerskopf 2009. Werte für den Altsteigerskopf für den 01.07. geschätzt. Braune Linie = Brandschicht Hornisgrinde, grau = Brandschicht Altsteigerskopf.	33
Abb. 15: ausgewählte Wasserpegelganglinien (Flächenmediane) in den Stillstandskomplexen, 2008 u. 2009 (Messwert HGST2 vom 01.07.09 nicht enthalten).	34
Abb. 16: Dauerlinien der Wasserpegel in den Stillstandskomplexen 2008 u. 2009, 16 Messtermine.	34
Abb. 17: Dauerlinien der Wasserpegel auf der Hornisgrinde an allen erfassten Messterminen 2008/2009.	35
Abb. 18: Wasserpegelganglinien in der Pflegefläche APF5 und Vergleichsfläche APF5V, 2008 u. 2009.	36
Abb. 19: Wasserpegelganglinien in Pflegefläche APF4 und Vergleichsfläche APF4V.	37
Abb. 20: Wasserpegelganglinien in Pflegefläche APF3 und Vergleichsfläche APF3V.	37
Abb. 21: Dauerlinien der Wasserpegel in den Pflegeflächen u. Vergleichsflächen, 2008 u. 2009, 16 Messtermine.	38
Abb. 22: Boxplot der Wasserpegel unter Flur in Pflegeflächen und Vergleichsflächen.	39
Abb. 23: Übersicht zum Wassergehalt schwach zersetzter Sphagnumtorfe 2009 über alle erfassten Probeflächen (wechselnd), blaue Linie = Feldkapazität aus 5 Eichkurven.	42
Abb. 24: korrigierte Wassergehalte unter Sphagnum magellanicum, blaue Linie = Feldkapazität aus den beiden zugrundegelegten Eichkurven (61,5%).	42
Abb. 25: korrigierte Wassergehalte unter Sphagnum capillifolium, blau = Feldkapazität aus den zugrundegelegten Eichkurven (61,5 %).	43
Abb. 26: korrigierte Wassergehalte unter Sphagnum tenellum (Muldenlage), blau = Feldkapazität 93%.	43
Abb. 27: Korrigierte Wassergehalte in abgestorbenem Torf, blau = Feldkapazität 77,3 %.	44
Abb. 28: Luftfeuchtigkeit über Bodenoberfläche APF3 u. APF3V	45
Abb. 29: Luftfeuchtigkeit über Bodenoberfläche APF4 u. APF4V	45
Abb. 30: Luftfeuchtigkeit über Bodenoberfläche APF5 u. APF5V	45
Abb. 31: Sphagnum rubellum-Pflänzchen mit einseitswendig gekrümmten Ästen und Astblättchen.	47
Abb. 32: dreieckig verschmälertes Stammblättchen von Sphagnum capillifolium mit überwiegend unseptierten Hyalocyten, Schliffkopf.	48
Abb. 33: typisches Blättchen von Sphagnum rubellum, zungenförmiges Stammblättchen mit parallelen Blatträndern und in 2 Tochterzellen septierten apikalen Hyalocyten, basale schmale Zellen 2/3 des Blattgrundes einnehmend, Hornisgrinde.	48
Abb. 34: Mehrfach septierte apikale Hyalocyten einer Übergangsform zwischen Sph. capillifolium und Sph. rubellum. Die Hyalocyten sprechen für S. rubellum, die dreieckigen Stammblättchen aber leider für S. capillifolium.	50
Abb. 35: Sphagnum tenellum, MPHG04, wächst häufig direkt auf der Brandschicht.	51

Abb. 36: Bestand von <i>Trichophorum germanicum</i> (VKSTA) mit Rotstengelmoos im Profil. Der Torf unter <i>Trichophorum</i> besteht zu 50 bis 70 % aus lebenden und toten Blattscheiden und Wurzeln der Rasenbinse. Der Torf ist locker und grobporenreicher als abgestorbener Sphagnumtorf.	52
Abb. 37: Beispiel für den vertikalen Aufbau eines <i>Sphagnum capillifolium</i> -Rasens.	54
Abb. 38: Vertikaler Aufbau eines Rasens von <i>Sphagnum magellanicum</i> /Fläche APF5, zwischen 6 u. 7 cm bereits <i>Erica</i> -Wurzeln..	55
Abb. 39: Vorversuch, photosynthetische Effizienz einer <i>Sphagnum cap.</i> -Pflanze nach dem Herauszipfen aus dem Sphagnumrasen. Temperatur 23-25 °C.	56
Abb. 40: Chlorophyllfluoreszenz am 01.07.09, 9.30 Uhr – 11.00 Uhr, 24 – 29 °C, in und um Probefläche HGST1, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.	57
Abb. 41: Chlorophyllfluoreszenz am 06.08.09, 12.10 Uhr – 13.20 Uhr, in und um Probefläche HGST1, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm, fe = feucht, tr = trocken.	57
Abb. 42: Chlorophyllfluoreszenz am 06.07.89, in Probefläche ASTB, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.	58
Abb. 43: Chlorophyllfluoreszenz am 06.08.09, in und um Probefläche ASTA, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.	58
Abb. 44: Chlorophyllfluoreszenz am 17.08.09 in und um HGST1, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.	59
Abb. 45: Chl.-Fluoreszenz Hornisgrinde am 19.08.09, tr = trocken, htr = halbtrocken, Zahlen = Wassergehalt in 0 – 10 cm Tiefe, Temp. 26 – 31 °C, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm, tr = trockener Habitus (Hyalocyten belüftet), htr. = halbtrocken, f. = feucht.	59
Abb. 46: Lichtkurven der photochemischen Effizienz am Altsteigerskopf, Zahlen = Wassergehalt in 0 – 10 cm Tiefe, tr = trockener Habitus (Hyalocyten belüftet), htr. = halbtrocken, f. = feucht.	60
Abb. 47: Lichtkurven der Chlorophyllfluoreszenz an 7 Moor-Kiefern (strauchförmig) in ASTB, 24.08.09, Lufttemp. 27°C, einjährige Nadeln.	61
Abb. 48: Torf-Teilprofil unter MPAS04 mit Brandschicht, oberhalb der Brandschicht liegt <i>Leucobryum</i> torf, unter der Brandschicht Sphagnumtorf mit Humositätsgrad H7.	63
Abb. 49: Torfprofil aus VKSTB mit Sphagnumtorf, Brandschicht und stark zersetztem Torf unter der Brandschicht. Oben Feinwurzeln der Moor-Kiefer, Mitte haarige Feinwurzeln von <i>Calluna</i> , unten <i>Trichophorum</i> wurzeln im Torf sowie rechts im Querschnitt mit Aerenchym. Blau Wasserpegel-Jahresmittelwert in VKSTB.	64
Abb. 50: Wurzelquerschnitt von <i>Trichophorum cespitosum</i> . Zellwände des Aerenchym bei Präparation von Wurzelrinde abgerissen.	65
Abb. 51: links Schrumpfrissbildung in Mulde mit offenem Torf, Südgipfel / Hornisgrinde, rechts durch Austrocknung puffig gewordener, abgelöster Torf, Hornisgrinde 2009.	66
Abb. 52: links hydrophober Torf, auch Wochen nach Überflutung schließen sich die Schrumpfrisse nicht vollständig (Hornisgrinde, Okt. 2009), rechts: Schrumpfrisse Hornisgrinde, August 2009.	67
Abb. 53: „Mooratmung“ auf der Hornisgrinde 2009.	68
Abb. 54: bewachsene Rülle unterhalb des Bohlenweges, östlicher Moorbereich Südgipfelvermooring Hornisgrinde 2009.	69
Abb. 55: Alte Torfstichkante mit Erosionserscheinungen, im Hintergrund Erosionsrinne ins Hangmoor, Hangneigung rechts im oberhalb gelegenen Hangmoor 6°, nordwestl. Moorteil Altsteigerskopf.	69
Abb. 56: Enchytraeen am Altsteigerskopf, 2009.	70
Abb. 57: Jahresmittel der Temperatur und des Niederschlags, Station Ruhestein, 1999 – 2009.	71
Abb. 58: Wasserpegelwerte in HGST1 und HGST2 / Hornisgrinde April – Oktober 2009 mit Niederschlags-Tagessummen der Station Ruhestein.	72
Abb. 59: Tagesmitteltemperatur Station Ruhestein und Wasserpegel Hornisgrinde 2009.	73
Abb. 60: Dendrogramm zur Cluster-Analyse aus den Messpunkten mit den Faktoren <i>Calluna</i> , <i>Trichophorum</i> , <i>Eriophorum</i> , <i>Sph. mag.</i> , <i>Sph. cap.</i> und Humosität von 2 – 6 cm, Modus „divisive, Maß „manhattan“, Trennungskoeffizient 0,87.	75
Abb. 61: Biplot der 1. u. 2. Hauptkomponente mit der Overlay der Clusterzugehörigkeit als Namen der Messpunkte. Der Biplot mit den Messpunkt-Codes findet sich im Anhang, grün eingekreiste Punkte in Gruppe A gehören zu Bergkiefernmooren.	77
Abb. 62: Biplot (1,3) aus der Hauptkomponenten-Analyse mit Overlay der Gruppenzugehörigkeit der Messpunkte in der Cluster-Analyse.	78
Abb. 63: Matrixplot zu den Korrelationen zwischen in der Cluster-Analyse eingesetzten Faktoren und Außenkriterien.	80
Abb. 64: Übersichtsschema zur Interpretation der Cluster-Analyse der Messpunkte mit Arbeitstiteln der Cluster. Die H-Werte unter den vier Haupt-Clustern geben den Torfzersetzungsgrad (Humosität nach von Post) in 2 – 6 cm Tiefe an. „Sph.mitt.“ bedeutet „mittlere Sphagnumdeckung“ im Cluster. Die im gestrichelten Kasten angegebenen Werte stellen Mittelwerte für Torf und Neigung innerhalb der Untercluster an.	81

Abb. 65: Boxplot zur Torfmächtigkeit in den beiden Hauptclustern Heidemoore (Median = 0,8 m) und Rasenbinsenmoore (Median = 1,85 m).	85
Abb. 66: Torfmächtigkeit in den Gruppen der Cluster-Analyse, die hier gemäß dem Gradienten aus der Hauptkomponenten-Analyse angeordnet wurden, Mittelwerte mit Standardabw..	86
Abb. 67: Mittelwerte der Brandschichttiefe in den Gruppen A bis H mit Standardabweichung in der Reihenfolge des in der Hauptkomponenten-Analyse aufgezeigten ökologischen Gradienten.	88
Abb. 68: Boxplot zur Neigung der Mooroberfläche in den Clustern „Rasenbinsenmoore (Gruppe B+C) und Sphagnum magell.-reiche Moore (= Gruppe A).	88
Abb. 69: Mediane der Neigung der Mooroberfläche mit Streuungsmaß MAD (Median absolute deviation).	89
Abb. 70: durch Austrocknung und Schrumpfung aufgerissener Bult von <i>Leucobryum glaucum</i> , Hornisgrinde Südgipfel.	90
Abb. 71: Brandschichttiefe unter Geländeoberfläche in Messpunkten mit den Moosen <i>Sphagnum mag.</i> , <i>Sph. cap.</i> , <i>Sphagnum tenellum</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Odontoschisma denudatum</i> und <i>Leucobryum glaucum</i> . Für <i>Sph. mag.</i> und <i>Sph. cap.</i> wurden alle Messpunkte ab 5 % Deckung der Arten aufgenommen, für die anderen Moose alle Messpunkte ab 1 % Deckung der Arten.	92
Gruppe 1      Gruppe 2      Gruppe 3      Gruppe 4	93
Abb. 72: Dendrogramm der Cluster-Analyse aus den 14 Wasserpegelprobeflächen. Faktoren <i>Calluna</i> , <i>Eriophorum</i> , <i>Trichophorum</i> , <i>Sph. mag.</i> , <i>Sph. cap.</i> , Distanzmaß „manhattan“. Trennungskoeff. 0,77.	93
Abb. 73: Biplot (1,2) der Hauptkomponenten-Analyse aus den 14 Probeflächen. Gruppen der Cluster-Analyse farbig eingekreist.	95
Abb. 74: Wachstumsbestimmung am Vogelskopf, nahe MPVK09. Alter der Kiefer 22 Jahre, Tiefe des Wurzelhalses unter Flur = 21 cm.	98
Abb. 75: Digitales Höhenmodell Altsteigerskopf mit simulierten Strompfaden. Die gelbe Linie markiert die Lage des analog aufgenommenen Hangprofils.	106
Abb. 76: Katena Altsteigerskopf mit Torfprofilen und Torfmächtigkeit (Lage= gelbe Linie vorige Abbildung).	107
Abb. 77: Digitales Höhenmodell Altsteigerskopf in Aufsicht, die Pfeile zeigen Grabenstrukturen.	108
Abb. 78: Hornisgrinde Südgipfel, oben Höhenmodell mit Strompfaden (gelbe Linie = Lage des Oberflächenprofils), unten Unterbrechung der Strompfade durch Entwässerungsgräben (rot), gelb = Oberflächenprofil.	109
Abb. 80: Digitales Höhenmodell Hornisgrinde Südgipfel. Die gelbe Linie markiert die Lage des analog aufgenommenen Hangprofils. Südlich des Profils große künstliche (rechteckige) Torfstichmulde sowie Mulde nach Entfernung von Bunker / Gebäude.	111
Abb. 81: Katena Hornisgrinde Südgipfel, Scheitelhöhe ca. 1162 m.	112
Abb. 82: Höhenmodell Schlifffkopf mit Strompfaden. Gelbe Linie = Lage des Oberflächenprofils.	113
Abb. 83: Katena Schlifffkopf mit Torfprofilen und Hangneigung über den Torfprofilen.	114
Abb. 84: Höhenmodell Vogelskopf mit Strompfaden, gelbe Linie = Lage des Oberflächenprofils.	115
Abb. 85: Änderung des Gefälles vom Untergrund zur heutigen Mooroberfläche. Für die Profilpunkte 4 bis 12 wurde für alle Abschnitte zwischen zwei Messpunkten das Teilgefälle berechnet und die Differenz von heutigem Gefälle zum Gefälle des Untergrundes gebildet. Negative Werte = Abnahme des Gefälles. Abstand von Punkt zu Punkt = 10 m, rote Linie = gleitender Durchschnitt..	115
Abb. 86: Katena Vogelskopf mit Mooroberfläche, mineralischem Untergrund, Hangneigung und Torfprofilen.	117
Abb. 87: Oberflächenabfluss auf der Hornisgrinde, 22.10.09.	118
Abb. 88: Wasserpegel 2008/200, Mittelwerte aus den Standort-Typen Bergkiefernmoore ( <i>Pinetum</i> ) und Pflegeflächen (grün) sowie in Stillstandskomplexen (schwarz).	120
Abb. 89: Trockener Rasen von <i>Sphagnum capillifolium</i> , Altsteigerskopf, mit Schrumpfrissbildung, 24.08.09.	121
Abb. 90: trockenes <i>Sphagnum tenellum</i> (belüftete Hyalocyten), 01.10.09 Hornisgrinde, oberhalb HGST1.	122
Abb. 91: Degeneriertes, monotonisiertes Rasenbinsen-Hochmoor auf der Hornisgrinde, in Blickrichtung (Osten) mit 2 bis 3 Metern Torfmächtigkeit, Südgipfel, Sept. 2009.	130
Abb. 92: Wachsende Bergkiefernmoorfläche APF5V mit hoher Wollgrasdeckung, 1 m Torf.	132
Abb. 93: APF3, links jüngst beschädigtes <i>Sphagnum magellanicum</i> , rechts regenerierendes Wollgras.	135
Abb. 94: Schema zum Moorwachstum und Übergang in die statische Phase / Degeneration nach Brand.	139
Abb. 95: Schema zur Koppelung von Torfwachstum und Anstieg des Wasserpegels mit Wechselwirkungen im Ökosystem. Die roten Pfeile unterbrechen die Rückkopplung.	140
Abb. 96: Luftbild Altsteigerskopf mit Darmstädter Hütte.	148
Abb. 97: Kleine Population von <i>Drosera rotundifolia</i> am Hochkopf bei MPHK05, rechts durch Beweidung gestörter <i>Sphagnum papillosum</i> -Rasen mit <i>Trichophorum</i> -Bult.	150

Abb. 98: Torfstichmulde Hornisgrinde Nordgipfel mit sek. Randgehänge (Vordergrund rechts u. Hintergrund).	152
Abb. 99: Entwässerungsgraben auf der Moorhochfläche im östlichen Hangmoor des Südgipfels Abfluss ca. 200 ml / sec am 15.10.09.	153
Abb. 100: Luftbild Hornisgrinde Südgipfel mit Gräben, Hangprofil und Wachstumszonen.	154
Abb. 101: wiedervernässter Bereich (durch Büro für ökol. Gutachten 2005) im Pfälzerkopfmoor. Eine überwachsene Sperre im Vordergrund links, eine im Hintergrund am Ende der Wasserfläche.	158
Abb. 102: Luftbild Sandkopf mit Messpunkt und Gräben im Niedermoor.	159
Abb. 103: Luftbild des Moores am Schliffkopf mit Messpunkten und Hangprofil.	161
Abb. 104: Graben am Weg auf dem Sattel nördlich des Schliffkopfes. Fläche MPSC05 weiter hinten links im Latschenfilz.	162
Abb. 105: Luftbild Vogelskopf mit Hangprofil, Messpunkten, Wachstumszonen und Gräben.	165
Abb. A1: Wasserpegelganglinien Vogelskopf Schliffkopf 2008 / 2009, 18 Messtermine.	179
Abb. A2: Wasserpegelganglinien (Flächenmediane), Altsteigersk. u. Hornisgr. 2008 / 2009, 25 Messtermine. Messwerte für den Altsteigerskopf für den 01.07.09 geschätzt.	179
Abb. A3: Wasserpegelganglinien 2008/2009 Pflegefläche APF3 u. APF3V	180
Abb. A4: Wasserpegelganglinien 2008/2009 Pflegefläche APF4 u. APF4V	180
Abb. A5: Wasserpegelganglinien 2008/2009 Pflegefläche APF5 u. APF5V	181
Abb. A6: Biplot (1,2) aus den Messpunkten und den Faktoren Call, Trichoph, Erioph., Sph.mag., Sph.cap. und Humosität2-6cm.	183
Abb. A7: Biplot (1,3) aus den Messpunkten und den Faktoren Call, Trichoph, Erioph., Sph.mag., Sph.cap. und Humosität2-6cm.	184
Abb.A8: Oberflächenprofil Altsteigerskopf.	207
Abb. A9: Oberflächenprofil Hornisgrinde Südgipfel, Scheitelhöhe	207
Abb. A10: Oberflächenprofil Vogelskopf, Scheitelhöhe ca. 1055 m NN.	208
Abb. A11: Hangprofil des untersuchten Moores am Schliffkopf.	208

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ergebnisse/Irrtumswahrscheinlichkeiten aus dem Wilcoxon-Test für gepaarte Daten (einseitig) zur Annahme, dass die Null-Hypothese falsch ist. ....	37
Tab. 2: statistische Kennwerte der Wasserstandserhebungen aus acht Messterminen 2008 und 8 Messterminen 2009. ....	39
Tab. 3: Mittelwert und Median der Wasserpegel (Flächenmediane) aus allen Messterminen 2008/2009 (n=25) der Hornisgrinde. ....	39
Tab. 4: Mittelwerte und Mediane der Wasserpegel (Flächenmediane) aus 13 Messterminen am Altsteigerskopf 2009. ....	39
Tab. 5: Mittelwerte und Mediane der Wasserpegel (Flächenmediane) aus 10 Messterminen am Vogelskopf/Schliffkopf 2009. ....	40
Tab. 6: Wassergehalte aus TDR-Messung unter Torfmoosen in 0 – 10 cm Tiefe in zwei ausgewählten Probeflächen im August 2009 mit relativer Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur über der Bodenoberfläche (Fühler beschattet). ....	40
Tab. 7: Mittelwerte der Wassergehalte aus TDR-Messung in den Probeflächen im Juni und August 2009 mit Stichprobengröße. ....	41
Tab. 8: Lufttemperatur in °C über Bodenoberfläche/Torfmoosen in den Pflegeflächen u. Vergleichsflächen, Mittelwerte (n=6) u. Standardabweichung. ....	46
Tab. 9: Tabelle mit Vegetationsdaten und standörtlichen Daten aus den 14 Wasserpegelprobeflächen. ....	49
Tab. 10: Raumgewicht von 72 Torfproben aus den Probeflächen der Stillstandskomplexe. Angegeben Mittelwerte pro Fläche und Horizont. ....	62
Tab. 11: Tiefe der Feinwurzeln von Pinus rotundata in einigen Probeflächen mit Wasserpegelmedian 2008/2009. ....	65
Tab. 12: Moorschrumpfung absolut und in % der Mächtigkeit des Akrotelm, n =15 Hornisgr, n =10 bei den übrigen Flächen. Werte in Klammer mit unsicheren Daten wegen Tritt durch Kleinwild). ....	68
Tab. 13: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme Station Ruhestein 1999 – 2009. ....	71
Tab. 14: Monatssummen der Niederschläge in der Vegetationsperiode, Trockenmonate gelb unterlegt. ....	73
Tab. 15: Zur multivariaten Analyse eingesetzte Faktoren und Faktoren zur Plausibilitätskontrolle ..... 82	82
Tab. 16: Zur multivariaten Analyse eingesetzte Faktoren und Faktoren zur Plausibilitätskontrolle ..... 83	83
Tab. 17: Zur multivariaten Analyse eingesetzte Faktoren und Faktoren zur Plausibilitätskontrolle. .... 84	84
Tab. 18: Wilcoxon Rangsummentest, einseitig, zwischen Untergruppen A – H, bez. Torfmächtigkeit. .... 86	86
Tab. 19: Wilcoxon Rangsummentest, einseitig, zwischen Untergruppen A – H, bez. Brandschichttiefe. .... 87	87
Tab. 20: Wilcoxon Rangsummentest, einseitig, zwischen Untergruppen A – H, bez. Neigung der Mooroberfläche. .... 89	89
Tab. 21: Tabelle mit den eingesetzten Faktoren sowie mit Außenkriterien und weiteren Vegetationsfaktoren. o(G) weist auf die frühere Gehölzschicht hin. .... 94	94
Tab. 22: Brutto-Torfbildungsraten in Gruppe A in mm/Jahr. Fett gedruckte Messpunkte = mit Moorwachstum. .... 98	98
Tab. 23: Cluster nach manueller Umordnung zusammengefasst durch Mittelwerte mit Standort-Typ. .... 104	104
Tab. 24: Liste der Moore mit Störung und Vorschlägen für Maßnahmen. .... 169	169
Tab. 25: Liste der Moore mit Moorwachstum. .... 169	169
Anhang: Tabellen mit Koordinaten der Messpunkte/Probeflächen, Datenmatrix der multivariaten Analyse, Datentabelle Messpunkte	

## Zusammenfassung

Von Juni 2008 bis März 2009 wurde eine Untersuchung der Grindenmoore im Nordschwarzwald durchgeführt.

Für die Naturschutzarbeit entstand in den letzten Jahren das Problem, dass offenkundlich nicht nur auf flachgründigen Torfgleyen sondern auch in den Mooren Sukzessionsbewegungen ablaufen und die weitläufigen Landschaften einem Wandel unterworfen sind.

Im Fokus der Untersuchung stand daher die Frage, warum große Teile der Grinden nicht mehr wachsen und wo die letzten wachsenden Flächen liegen. Auffällig sind seit Jahren offene Flächen, die zwar noch gehölzfeindlich sind, aber dennoch kein Moorwachstum mehr zeigen. Mit der großflächigen Stagnation war auch ein Rückgang von Hochmoorarten verbunden.

Die Untersuchung erfolgte auf zwei Ebenen. Zum einen wurden **Grundlagenuntersuchungen** in den sogenannten Stillstandskomplexen, also stagnierenden Moorteilen, durchgeführt. Sie sollten Informationen zur ökologischen Natur der Stillstandskomplexe liefern und erklären helfen, warum die Flächen nicht mehr wachsen. Es wurden in den Stillstandskomplexen Wasserstandsmessungen durchgeführt, Wassergehalte bestimmt, Torfprofile erfasst, Hangprofile und die Vegetation aufgenommen.

Zum anderen wurde ein breit angelegtes **Messnetz** über die Grinden vom Hochkopf und Ochsenkopf im Norden bis Zuflucht im Süden des Gebietes etabliert.

In 72 Messpunkten wurden Standortfaktoren - wie Hangneigung, Torfmächtigkeit, Vegetation, Torfwachstum und Torfzersetzungsgrad - aufgenommen. Das Torfprofil bis 22 cm wurde an allen Messpunkten dokumentiert. Die Daten aus den Messpunkten wurden vergleichend bzw. multivariat ausgewertet.

Die **Cluster-Analyse** zeigte Gruppen auf und ermöglicht die Ableitung von *Standort-Typen*.

Die Standort-Typen wurden auf der Ebene von Assoziationen, Subassoziationen sowie auf der Ebene von Varianten unterschieden.

Dabei wurde deutlich, dass die breit auftretenden degenerierten Rasenbinsen-Hochmoore eigentlich keine Stillstandskomplexe, sondern vielmehr im Abbau befindliche Torflager darstellen. Die Stillstandskomplexe im Sinne stagnierender Moore treten überwiegend in den flachgründigeren Heidemooren auf. Die wenigen wachsenden Moorflächen können dem Rasenbinsen-Hochmoor zugeordnet werden.

Es wurde gezeigt, dass standörtliche Veränderungen auch innerhalb einer Variante bereits über Torfbildung und Wachstum eines Moores entscheiden können.

Die **Hauptkomponenten-Analyse** ermöglichte über die Darstellung/das Sichtbarmachen von Gradienten die Interpretation der räumlichen und funktionalen Zusammenhänge im Ökosystem.

Ergänzende Untersuchungen der photochemischen Aktivität der Torfmoose zeigten, dass die Arten *Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* und *S. tenellum* eine abgestufte Trockenresistenz in der genannten Reihenfolge aufweisen und dementsprechend in Trockenphasen nacheinander in den photosynthetischen Ruhezustand übergehen.

Die Erhebung von Hangprofilen erbrachte das Ergebnis, dass die Moore nicht einfach aufgrund von Aufwachsen, Reifung und Gefälleverstärkung in eine Stagnationsphase übergegangen sind. Stellenweise hat das Gefälle sogar abgenommen.

Die Stagnation hat vielmehr zwei Hauptursachen. Zum einen hat der Brand von 1800 zu einer **Entkopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg** und damit zu einem Ende des Moorwachstums geführt (Zerstörung der Torfmoosnarbe, Erosion). Zum anderen wurden viele Flächen nach dem Brand auch durch Torfstich und Entwässerungsgräben im Wasserhaushalt beeinträchtigt.

Die somit hydrologisch sowie biologisch veränderten Ökosysteme konnten sich auf breiter Fläche bis heute nicht mehr erholen. Viele Flächen stellen gemäß den Ergebnissen heute Kohlenstoffquellen dar („degenerierte Rasenbinsen-Hochmoore“ u. „trockene Heidemoore“).

Eine besondere Rolle in der **biotischen Störungsdynamik** spielt die Rasenbinse, die nach Brand erfolgreich freigewordenen Raum besetzte. Sie wurzelt dank Aerenchym tief und ist auch bei Trockenheit gut wasserversorgt und hemmt vielerorts die Wiederbesiedlung mit Torfmoosen. Es zeigte sich dabei eine **Partitionierung des Wurzelraumes**, wobei die Rasenbinse weit unter dem Wasserpegeljahresmedian wurzelt, die Feinwurzeln von Heidekraut und Latsche wegen Flachwurzeln in Trockenphasen aber deutlich über dem Wasserspiegel liegen. Da die Kiefernwurzeln die Brandschicht nicht durchdringen, können sie auch nicht vom dort oft ausreichend vorhandenen Haftwasser profitieren. In der Partitionierung des Wurzelraumes einerseits und der ausgeprägten Wechselfeuchtigkeit der Flächen andererseits liegt also die Ursache der **Gehölzfeindlichkeit der Stillstandskomplexe** bzw. auch der degenerierten Moorflächen.

Es wurde eine Hypothese präsentiert, die erklärt, warum die Kopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg (**feedback loop**) auf den Grindenmooren nachhaltig unterbrochen wurde.

Die Untersuchungen zeigten, dass ausgeprägte **Trockenheit** auf den Grinden auftritt, wobei nackte Torfe schrumpfen, und auch geschlossene Torfmoosrasen nicht mehr ausreichend wasserversorgt sind und abtrocknen. Die Auswertung der 10-Jahresniederschläge machte deutlich, dass Trockenphasen keine Seltenheit sind, sondern etwa alle zwei Jahre auftreten. Damit wurde sichtbar, dass die abgestorbenen Moorflächen tatsächlich als Kohlenstoffquellen zu betrachten sind. Die Torfe werden während der Trockenphasen wochenlang bis -20 cm belüftet, kurzzeitig auch tiefer. Viele Torfprofile geben Hinweis auf Torfzehrung unter der Brandschicht.

Langjährige Klimadaten (KLIWA) zeigen, dass der am Ruhestein verzeichnete *zunehmende Trend der Jahresmitteltemperatur* in ganz Süddeutschland zu beobachten ist. Ein abnehmender Trend der Sommerniederschläge deutet sich ebenfalls in Bayern und Baden-Württemberg an. Die Aussichten auf Wiedereinsetzen des Moorwachstums auf den Grinden sind sehr unsicher. Zur genauen Beurteilung der Frage, ob ein Niederschlagsüberschuss noch vorhanden ist, muss die Evapotranspiration auf den Grindenmooren geschätzt oder gemessen werden.

Die Untersuchung von, im Jahr 2005 am Altsteigerskopf freigesägten Latschenflächen zeigte, dass der erwünschte Erfolg, nämlich eine Anhebung des Wasserstandes und eine Förderung des Torfwachstums, nicht eintrat. Es kam zu einer vorübergehenden Schädigung der Torfmoose. Genauere Empfehlungen für Pflegemaßnahmen wurden ausgesprochen.

Der zu erwartende Landschaftswandel sowie Konzepte zur Naturschutzarbeit auf den Grinden wurden diskutiert.

Die umfangreichen, in den Messpunkten erhobenen Daten werden als Dokumentation des Status Quo 2008/2009 der Grindenmoore im Anhang präsentiert.

# 1 Einführung

Die Grindenmoore stellen in Baden-Württemberg einzigartige Moorbildungen dar. Dies in mehrfacher Hinsicht. Zum einen beherbergen sie die einzigen Vorkommen der Latsche (*Pinus mugo ssp. rotundata var. pseudopumilio*) im Schwarzwald (Ausnahme: ein abgesprengtes Latschenvorkommen im Alten Weiher bei Alpirsbach), was den Mooren eine ganz eigene Physiognomie verleiht. Zum anderen tauchen die Nordvogesen gegenüber dem Vogesenhauptkamm so stark ab, dass der Nordschwarzwald mit seinen höchsten Erhebungen um die Hornisgrinde die höchsten Niederschläge im Schwarzwald erfährt (im Mittel 2200 mm, Extremjahre bis 2800 mm p.a.). Da außerdem im Grindenschwarzwald die Kuppen- und Sattellagen vom Buntsandstein aufgebaut werden (siehe Kap.4), treten hier mehrere Faktoren zusammen, die synergistisch eine Torfakkumulation und Moorbildung besonderer Art ermöglicht haben.

Die dauerhafte und starke Vernässung und die Hemmung der Zersetzung auf den nährstoffarmen Böden führte zur Bildung von Mooren in topographisch ungewöhnlicher Lage: Es kam zur Vermoorung von Kuppen, anliegenden Oberhängen und Sattellagen, wie man sie eigentlich aus den Deckenmooren, den sog. „*blanket bogs*“ in Irland und Schottland unter hyperatlantischen Bedingungen kennt (in deutschen Mittelgebirgen vermooren meist Senkenlagen und Hangquellen). Das auffälligste Merkmal sind dabei Moorbildungen mit derart hohen Neigungen unter denen üblicherweise in Mittelgebirgsmooren kein Moorwachstum mehr möglich ist. So gibt EGGELSMANN (1987) einen Grenzwert von 1-2 % für die Grenze des Moorwachstums an. Tatsächlich treten heute auf den Grinden aber Neigungen der Mooroberflächen von über 12 % auf (eigene Messungen).

Wegen des sehr armen Buntsandsteins erscheinen auch solche Moorflächen, die gar nicht rein regenwasserernährt (ombrotroph) sind und von Mineralbodenwasser durchsickert werden, im Kleid der Hochmoorvegetation. Mineralbodenwasserzeiger fehlen in vielen Flächen. Aus vegetationskundlicher und ökologischer Sicht liegen also mancherorts Hochmoorbedingungen vor, obwohl aus moorgenetischer Sichtweise keine Hochmoore vorhanden sind, sondern meist soligene, also durch Lateralzug aus dem umgebenden Mineralboden gespeiste Moore vorliegen. Stellenweise liegen auf den Grinden aber auch echte Hochmoore bzw. Hochmoorlinsen vor, die wohl rein regenwasserernährt sind.

Die Moorbildung führte, abgesehen von der Hornisgrinde (Südgipfel bis 4 m), meist nur zu flachgründigen Torflagern von 0,40 bis 2 m Torfmächtigkeit, (mit einem Schwerpunkt auf Torfmächtigkeiten um 1 Meter).

ISE ET. AL. (2008) sowie VAN DER SCHAAF (2002) formulierten für das Wachstum von Hochmooren eine mit einem allmählichen Anstieg des Wasserstandes gekoppelte Ablagerung von Torf. Sie verwenden für diese Kopplung den Begriff „**Feedback Loop**“, womit ausgedrückt wird, dass die durch einen erhöhten Wasserstand geförderte Ablagerung von organischem Material wiederum einen verzögerten Abfluss des Wassers und damit einen erneuten Anstieg des Wasserstandes hervorruft.

Man kann sich vorstellen, dass bei dem hohen Gefälle vieler Moorflächen der Grinden dieser *Feedback Loop* einem sehr *labilen Gleichgewicht* unterworfen ist und dass Störungen, sei es durch menschliche Nutzung oder durch natürliche Veränderung der Standortfaktoren, die Kopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg unterbrechen.

Eine Entkopplung bedeutet das vorläufige Ende des Moorwachstums in einer Fläche.

Die auf den Grinden seit dem Mittelalter praktizierte **Brandrodung/Brandweidewirtschaft** sowie jüngere Brände im 18. und 19. Jahrhundert hinterließen in fast allen Mooren im jüngeren Torf Brand- und Aschehorizonte, so z.B. der 1800 vom Wildsee ausgehende Brand (HÖLZER & HÖLZER 1988 bzw. zur Hornisgrinde HÖLZER & SCHLOSS 1981). Die Brände zerstörten die lebende Torfmoosnarbe und wo die Brände nicht hingelangten, erfolgte immerhin eine Düngung der nährstoffarmen Moorflächen durch den niedergehenden Ascheregen.

Neben der Einwirkung durch Brände wurden die Moorflächen auch durch Beweidung beeinträchtigt, was ebenfalls zu einer Veränderung der Wachstumsbedingungen auf den Mooren führte. Torfmoose der Bulte und des sogenannten „Rasenhorizontes“ (nach unten an die Bulte anschließend) erzeugen wegen der geringeren Vernässung sehr dichte Rasen, die ein perfektes Kapillarsystem bilden. Durch Tritt und Fraß wird dieses Kapillarsystem gestört und die Kopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg lokal unterbrochen.

Durch **Torfabbau und Entwässerung** wurde der Wasserhaushalt mehrerer Grindenmoore nachhaltig verändert. So wurden durch das Militär auf der Hornisgrinde Entwässerungsgräben angelegt und Torf entfernt. STAHR (1973) belegt den vorübergehenden Abbau von Torf auf den Grinden als Brennmaterial und Streu im 19. Jahrhundert.

Bereits in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde ein Stagnieren bzw. eine Degeneration der Grindenmoore von Bodenkundlern erkannt (JAHN 1957 und BLUME 1968 in STAHR 1973).



*Abb. 1: Heidemoorfläche ASTB (2009) als Abbauf orm eines Rasenbinsenhochmoores, Altsteigerskopf, mit Kampfformen der Latsche und einzelnen Rasenbinsenhorsten.*

Seit dem Ausbleiben der Brände erobern nun zunächst Latschen sukzessive die baumfähigen flachgründigen Moorflächen. Fichten wandern schließlich als letztes Glied der Kette in die fichtenfähigen Flächen ein und überwachsen dabei auch ältere Latschen. Dabei ist die Zunahme der Fichte tatsächlich mit einer Zunahme des Latschen-Totholzvorrates korreliert (WOHLFAHRT / RIEDEL 2001). Am Altsteigerskopf zeigt der Vergleich der Luftbilder aus den 50er Jahren und 2001, dass die Latschen mittlerweile große Teile der ehemals weitgehend baumfreien Hangmoorflächen erobert haben.

Nur wenige Moorflächen der Grinden (Ausnahme Hornisgrinde) sind gehölzfeindlich und potentiell baumfrei. Diese baumfreien Moorflächen lassen sich nun in zwei Kategorien unterteilen.

- **wachsende**, dauerhaft nasse, torfmoosreiche Moorflächen wobei die Brandschicht nicht vorhanden ist oder in einer Tiefe unter etwa 20 cm liegt.
- **stagnierende Moorflächen** mit hoher oder geringerer Torfmoosdeckung oder fleckweise oder ganz abgestorbenem Torf mit einer Brandschicht nahe unter der Mooroberfläche und mit stark zersetztem Torf unterhalb der Brandschicht.

Letztere „stagnierende Moorflächen“ liegen im Haupt-Fokus der aktuellen Untersuchung und werden im folgenden Bericht als **Stillstandskomplexe** bezeichnet. Es stellt sich die Frage, warum die Stillstandskomplexe, denen große Teile der noch gehölzfreien Moorflächen angehören, nicht mehr wachsen.

Sie treten wiederum in zwei Hauptformen auf:

- A. Sie sind verheidet, tragen also eine mehr oder wenige dichte Schicht von *Calluna vulgaris* mit Begleitern (dieser Typus ist auch von VAN DER SCHAAF 1999 aus Irland für Degradationsstadien von Hochmooren beschrieben, sowie von HOLDEN 2007) aus England).
- B. Sie werden von *Trichophorum germanicum*, der Rasenbinse beherrscht und tragen häufig in geringer Dichte auch das scheidige Wollgras.

Die stagnierenden Moorflächen/Stillstandskomplexe tragen meist einen lockeren Gehölzbewuchs oder punktuellen Bewuchs von *Pinus rotundata*, wobei die Moor-Kiefer im Gegensatz zu den vitalen Latschen auf flachgründigen Torfen von auffällig kurzschäftigem und gedrungenem Wuchs ist. Dies weist zunächst auf einen hohen Wasserstand bzw. auf sauerstoffarme Bedingungen im Wurzelraum der Kiefern hin (VON SENGBUSCH 2004, 2006).

Die Untersuchungen in einem früheren Projekt (VON SENGBUSCH 2006) gaben mit drei Probeflächen schon Hinweis darauf, dass es sich bei diesen offenen Grindenflächen, die so sehr an offene Hochmoore erinnern, nicht um wachsende Hochmoore handelt, sondern um einen ganz eigenen Typus, der aus anderen Gründen bzw. in einer anderen **Merkmalskombination** gehölzfeindlich ist.

Diese charakteristischen Merkmale sollen im aktuellen Projekt untersucht werden.

Für die **Naturschutzarbeit** ist es nun bedeutsam, die verschiedenen Moorflächen auf den Grinden richtig einordnen zu können, sei es, um ein optimales und sinnvolles Management durchführen zu können, sei es, um die Entscheidung treffen zu können, bestimmte Flächen sich selbst zu überlassen.

Die Stillstandskomplexe zeichnen sich durch eine nahe an der Oberfläche liegende Brandschicht (meist 2-8 cm) sowie einen stark zersetzten Torf unter der Brandschicht aus. Über der Brandschicht liegen stellenweise einige Zentimeter jungen Sphagnumtorfes.

Es stellt sich die Frage, wie sich diese charakteristischen Verhältnisse auf die Durchwurzelung, auf den Wasserhaushalt und letztlich auf das Wachstum der aktuellen Vegetation auswirken. Mit dem Wachstum der Vegetation und dem Wasserhaushalt sind schließlich die **Torfbildung** und die Möglichkeiten zum **Moorwachstum** eng verknüpft.



Abb. 2: Moor auf der Hornisgrinde, Südgipfel, östlicher Moorteil Blick nach Norden, im Vordergrund ein Kolk, im Hintergrund degeneriertes Rasenbinsenhochmoor, rechts unterhalb des Kolkes 4 m Torfmächtigkeit.

## 2 Hypothesen

- Die Stillstandskomplexe könnten wegen ungünstiger Bedingungen im Torf ebenso gehölzfeindlich sein wie wachsende Moorflächen, weisen aber ganz andere Eigenschaften auf: Der stark zersetzte Torf verfügt kaum über Grobporen und Mittelporen und enthält auch Tage nach Niederschlägen für die Feinwurzeln zu wenig Sauerstoff (= Haftnässe). Während Regenperioden staut sich das Wasser auf der Brandschicht/stark zersetztem Torf (MALLIK 1982) und das Akrotelm wird phasenweise anaerob (= gehölzfeindlich). Da aber in Trockenzeiten der Wasserstand wegen des starken Gefälles dagegen deutlich absinkt, erleiden die vorhandenen Torfmoosrasen sehr geringe Wassersättigung und deren Produktion ebenso wie die Torfbildung werden erniedrigt. **Man kann also davon ausgehen, dass in Trockenzeiten der Wasserstand stark absinkt und der oberflächliche Torf so trocken wird, dass die Kiefern Wachstumshemmungen erleiden und die Torfmoose geschädigt werden.** Dies wäre eine Erklärung für die Gehölzfeindlichkeit und das mangelnde Torfmooswachstum. DIERSSEN & DIERSSEN (1984) bezeichnen die Grindenflächen auch als wechselfeucht mit für die Torfmoose suboptimalen Bedingungen.
- Da auf allen Grinden in der jüngeren Vergangenheit intensive Brände stattgefunden haben, müssen die Torfkörper der Grinden für einige Jahre offen gelegen haben. Sie waren dann wahrscheinlich angesichts der hohen Oberflächenneigung und der sehr hohen Niederschläge viel **stärkerer Erosion** ausgesetzt als bei intaktem Bewuchs. Hier könnte die Ursache für die auf mehreren Grinden zu beobachtenden tiefen Rüllen liegen. Das Verständnis der Wiederbesiedlung der nackten Torfe ist von essentieller Bedeutung bei der Beantwortung der Frage, ob sich ein Feedback Loop wieder einstellen konnte.
- Man kann auch davon ausgehen, dass das Moorwachstum auf fast allen Grindenflächen zum Erliegen gekommen ist, weil sich im oben genannten Gefüge einzelne Faktoren verändert haben. So könnten klimatische Veränderungen zu einer Veränderung des Gleichgewichts von Torfakkumulation und Torfabbau geführt haben (HILBERT ET. AL. 2000).
- Es wird vermutet, dass die Wassersättigung im Torfbildungshorizont (Akrotelm) vieler Flächen während niederschlagsarmer und warmer Perioden unter einen kritischen Wert sinkt, so dass eine Anaerobiose nicht mehr gegeben ist: Es kommt zu einer Mineralisierung des jungen Torfes und der Torfbildungshorizont wird zum Torf-

zehrungshorizont bzw. es stellt sich ein Gleichgewicht aus Torfbildung und Torfzehrung ein (= Stillstandskomplex) oder das Moor wird gar zur Kohlenstoffquelle.

- Man kann die Hypothese formulieren, dass es nach Abtötung der Torfmoosnarbe durch die Brände auf den freien Brandflächen zu einem Neustart der Besiedlung kam. Dabei könnte *Trichophorum* (Rasenbinse) große Flächen bedeckt haben. Wegen ihres extremen Beharrungsvermögens könnte die Rasenbinse eine erneute Ansiedlung der Torfmoose erschwert haben. (Dies wird z.B. im Wildseemoor deutlich, Abb. 3)



(Photo: von Sengbusch 2002)

Abb. 3: Alter Weg (zum Torftransport?) mitten im Wildseemoor, auf dem ehemaligen Weg rechts *Trichophorum*, links davon Wollgras und Heidekraut. Auch nach fast 200 Jahren hat sich die Grenze nicht verwischt, das Wollgras konnte den Lebensraum nicht zurückerobern.

### 3 Ziele der Arbeit

Die aktuelle Arbeit soll die Naturschutzarbeit auf den Grinden im Bereich der Moore erleichtern. Obige Hypothesen sollen überprüft werden.

- Es soll herausgearbeitet werden, welche Flächen/Moorteile für die Erhaltung bestimmter Moortypen sowie für die Erhaltung bestimmter Moorarten in Zukunft eine Rolle spielen können.
- Die Wuchsbedingungen der auf den Grinden häufigen *Stillstandskomplexe* sollen untersucht und näher beleuchtet werden. Dabei soll v.a. überprüft werden, ob die Stillstandskomplexe wirklich wechsellass/wechsell trocken sind, d.h. es soll gezeigt werden, dass in Trockenphasen der Torf bis zur Brandschicht oder tiefer kritisch austrocknet.
- Die Untersuchungsergebnisse sollen helfen, ein Erklärungsmodell für die durch Brände und andere Störungen ausgelöste Dynamik zu erarbeiten.
- Aus den Untersuchungsergebnissen sollen Prognosen für die weitere Entwicklung der Moorteile erstellt und gegebenenfalls Empfehlungen für Maßnahmen erstellt werden.

## 4 Untersuchungsgebiet

Die geplanten Untersuchungen sollten auf das Gebiet konzentriert werden, in dem deckenmoorartige Vermoorungen in Kuppen und Sattellagen vorkommen. Die an die Sattel- und Kuppenvermoorungen anschließenden Hangmoore sollten miterfasst werden.

Es wurde ein Bereich ausgewählt, der sich vom Hochkopf über die Hornisgrinde bis zum Schliffkopf, Sandkopf und Zuflucht im Süden erstreckt.

Im Osten wird das Gebiet durch die Moorlinsen auf dem Ochsenkopf begrenzt, im Westen durch Hornisgrinde, Schliffkopf und Vogelkopf.

Innerhalb dieses Gebietes wurden die als Grinden bekannten Kuppen und Sattelvermoorungen ausgewählt. Karmoores, Kesselmoore, Quellmoore wurden nicht erfasst.

Die untersuchten Flächen liegen in einem Höhenbereich von etwa 922 m NN bis 1165 m NN.

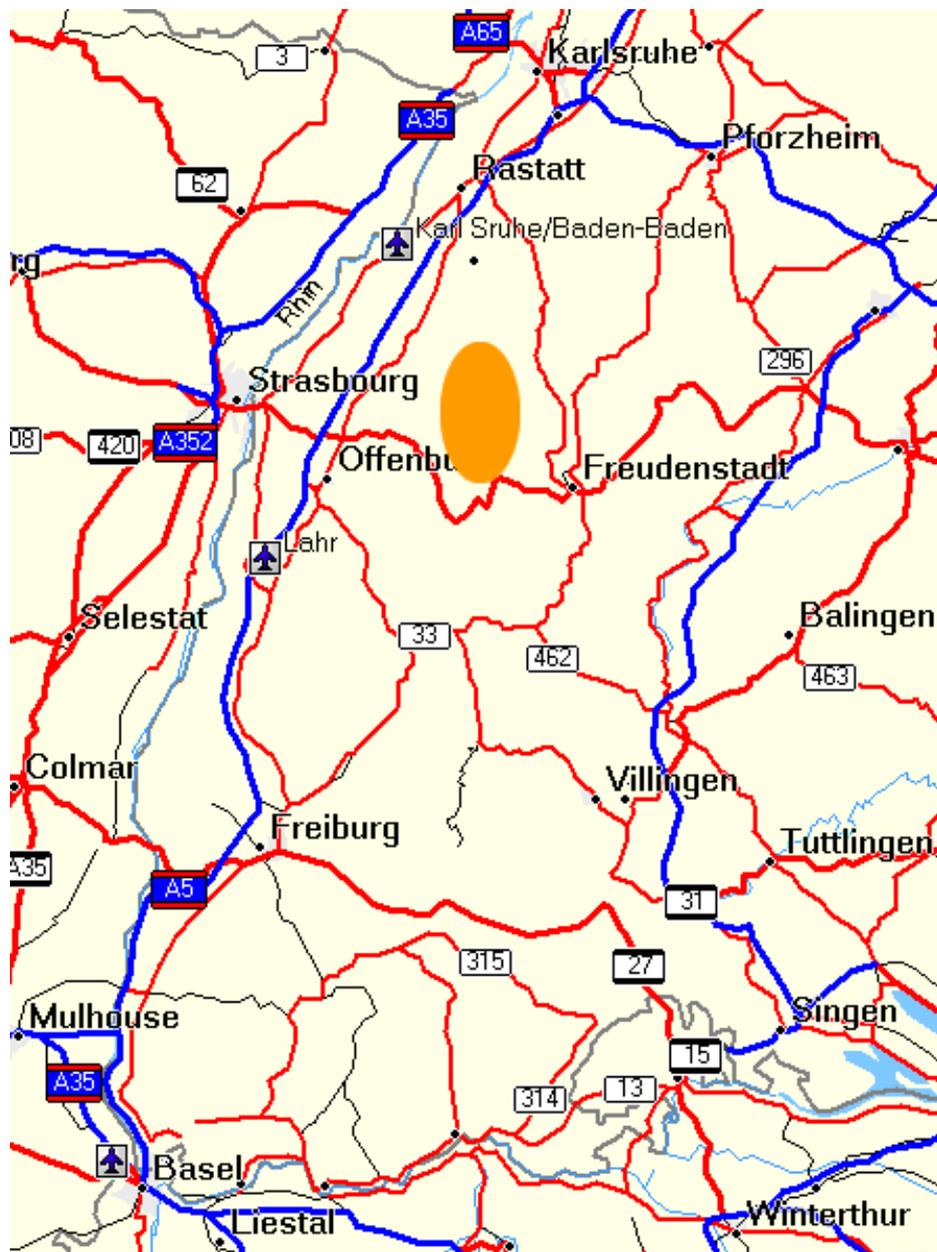


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes.

Die Grinden werden von verschiedenen Fazies des *Buntsandsteins* aufgebaut. Üblicherweise werden die Stufen des unteren ( $s_u$ ), mittleren ( $s_m$ ) und oberen ( $s_o$ ) Buntsandsteins unterschieden. Dabei bildet das Hauptkonglomerat ( $s_{mC2}$ ) die Grindenhochfläche (WOLF 1992, STAHR 1973). Die Karwände der im Grindenkerngebiet befindlichen Kargruppe (Biberkessel, Wildsee, Ostabfall Vogelskopf) werden von älteren Einheiten wie dem Bausandstein ( $s_{mb}$ ) oder darunter, dem Eck'schen Konglomerat ( $s_{mC1}$ ) gebildet.

STAHR (1973) weist daraufhin, dass vielerorts, so am Schliffkopf, das Hauptkonglomerat  $s_{mC2}$  von Schuttdecken (Moränen- oder Frostschutt) überlagert wird, die stellenweise auch blockreich sind. Dies ist etwa für die Interpretation der Moorgenese am Schliffkopf von Bedeutung (getreppter Torfkörper)!

STAHR (1973) weist darauf hin, dass die Bildung der Hochmoore auf den Grinden auch ursächlich an das Vorkommen von *Fe-Bändchen-Stagnogleyen* gebunden sein könnte. Sicher ist, dass manche Grindenmoore zumindest seitlich über die Bb-Stagnogleyflächen übergegriffen haben. Eine Abfolge Bb-Stagnogley - Torf-Bb-Stagnogley - Hochmoor wäre denkbar (STAHR 1973).

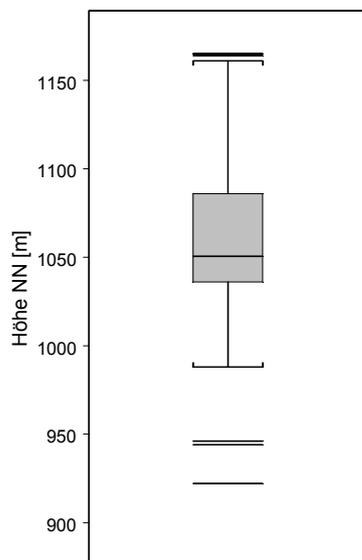


Abb. 5: Boxplot zu der Höhenlage der untersuchten Moorflächen mit Quartilabstand  $1/3$  (= 50 % der Daten) Median, Spannweite und Ausreißern.

## 5 Konzeption

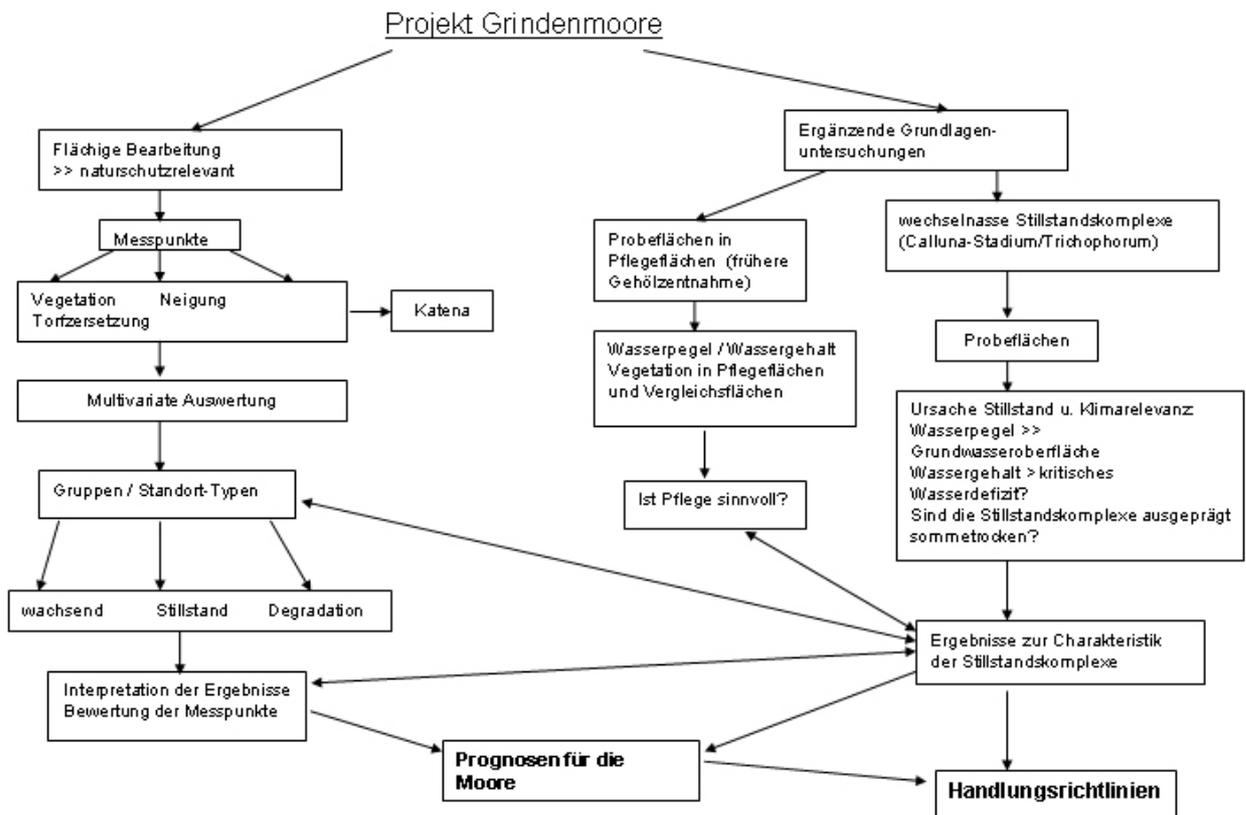


Abb. 6: Schema zur Konzeption des Projektes.

Das Projekt gliedert sich in standörtliche Untersuchungen in Probeflächen sowie in eine Datenerhebung aus einem Netz von Messpunkten.

Die standörtlichen Untersuchungen sollen zunächst die Grundlagen für das Verständnis der Verhältnisse in den Stillstandskomplexen sowie in Pflegeflächen geben, welche von Kiefern freigestellt wurden. Dabei können direkt Fragen an den Standort (z.B. kritische Wassergehalte) beantwortet werden.

Die multivariate Auswertung von Daten aus dem Punktnetz soll zeigen, wie in der Breite die Standorttypen auftreten. Dabei ist eine Extraktion von Standorttypen aus dem Datensatz der erste Schritt. Ein wichtiger weiterer Schritt ist dann die Interpretation der Auswirkung der Gefällebedingungen in den oft stark geneigten Mooren.

Die Interpretation soll durch die Aufnahme von vier Hangprofilen ergänzt werden, die neben der Oberflächenneigung auch die Gefällebedingungen im Untergrund aufzeigen.

Eine Zusammenführung der Ergebnisse aus multivariater Auswertung und Probeflächenuntersuchungen kann dann Antworten auf die zentralen Fragen liefern, ob etwa Moorwachstum überhaupt noch beobachtet wird und welches Entwicklungspotenzial die entsprechenden Flächen noch haben.

Dabei erlaubt der Brandhorizont von 1800 als **Leithorizont** auf Hornisgrinde und Altsteigerkopf eine gute Abschätzung der Bruttotorfbildung.

## 6 Methoden

### 6.1. Wasserpegelerfassung

Der Wasserstand wurde mithilfe von PVC-Rohren gemessen. Die PVC-Rohre wurden auf 1 m Länge gesägt und jeweils mit etwa 100 Bohrlöchern (4 mm Durchmesser) versehen. Die Spitzen der Rohre wurden verschweißt und angespitzt. Die Rohre wurden im Moor von Hand oder mit einem Hammer eingeschlagen. In jeder der 14 Probeflächen wurden sechs PVC-Rohre eingebracht. Die Rohre wurden jeweils **in Muldenlage** zwischen Bulten und Erhebungen lokalisiert.

Die Erfassung der Wasserpegel erfolgte 2008 an acht Messterminen von Juni bis September und 2009 in allen Probeflächen an acht Terminen von Mai bis Oktober, auf Altsteigerskopf und Hornisgrinde außerdem an fünf bzw. acht weiteren Terminen.

Die Ablesung des Wasserstandes wurde mit Metermaß und LED-Leuchte durchgeführt.

Aus den sechs Messwerten je Probefläche und Messtermin wurden Mittelwert, Median und kumulative Amplitude berechnet. Die kumulative Amplitude stellt die Summe aus den Beträgen aller einzelnen vertikalen Bewegungen des Wasserstandes im Messzeitraum dar.

Aus den Medianwerten der Probeflächen werden außerdem Wasserpegelganglinien dargestellt und die relative Dauer des Wasserstandes auf den jeweiligen Niveaus berechnet und graphisch präsentiert.

### 6.2. Wassergehalt/TDR-Messung

Zur Bestimmung des Wassergehaltes wurde eine TDR-Sonde eingesetzt. Es wurde mit einem Trime-Handgerät der Fa. IMKO/Ettlingen sowie einer ETZ-Sonde mit 8 cm langen Elektroden gearbeitet.

Eine TDR-Sonde (**T**ime **D**omain **R**eflectometry) nutzt die starke Dielektrizitätskonstante des Wassers zur Bestimmung des volumetrischen Wassergehaltes von Böden. Dabei wird im Gegensatz zu kapazitiven Systemen ein hochfrequenter Wechselstromimpuls ( $>250$  MHz) im Boden erzeugt und dann die Verzögerung der Ausbreitung des Signals durch die dielektrischen Eigenschaften des Wassers genutzt, um den Wassergehalt zu quantifizieren (GÜNTHER 2005, IMKO mündl.).

Das Gerät ist werkseitig für heterogene Böden kalibriert. GÜNTHER (2005) weist darauf hin, dass die dielektrische Eigenschaft mit zunehmendem Humusanteil ansteigt. Damit ist eine gesonderte Kalibration notwendig, wenn mit der TDR-Sonde in Torfböden/in Histosolen gearbeitet werden soll.

Beim Testeinsatz des Gerätes fiel auf, dass in schwach zersetzten Sphagnumtorfen der Wassergehalt von der TDR-Sonde offenbar stark unterschätzt wird. In stark zersetzten Torfen mit einem Humositätsgrad von H8 bis H10 zeigte die TDR-Sonde dagegen bei Wassersättigung der Torfe immerhin Werte zwischen 98 und 100 %.

Damit war klar, dass Eichkurven für die Untersuchung der im Fokus der Untersuchung stehenden schwach zersetzten Torfe erstellt werden müssen.

Zur Erstellung von Eichkurven ist die Entnahme volumengerechter Torfproben erforderlich. Laut Hersteller sollten die Proben wegen elliptischer Form des Magnetfeldes einen vertikalen und horizontalen Durchmesser von 10 cm haben. Es wären also Proben von einem Liter Volumen zu entnehmen.

Es stellte sich allerdings bald heraus, dass die Entnahme derartiger Proben aus zwei Gründen sehr schwierig ist:

**A.** Stillstandskomplexe sind durch eine hohe Deckung von *Calluna vulgaris* und stellenweise auch von *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*, *V. vitis-idea* und *Andromeda polifolia* geprägt. Damit finden sich im oberflächennahen Torf fast überall zahlreiche Zwergstrauchwurzeln. Da der Torf in der Regel ab einer Tiefe von etwa 10 cm anaerob wird, konzentrieren sich die Wurzeln in eben jenem oberflächennahen Horizont, für den Eichkurven erstellt werden müssen. Daraus ergeben sich große Schwierigkeiten bei der praktischen Torfentnahme: Versucht man die Wurzeln mit einem scharfen Messer zu durchtrennen, so werden diese nach unten gedrückt und führen zu einem horizontalen Aufreißen des geschichteten Torfes, womit Hohlräume entstehen. Benutzt man eine Säge, so lösen sich durch die Vibration ebenfalls die Wurzeln aus dem Torf und bilden Hohlräume, die sich nicht mehr schließen. Wegen der zahlreichen Wurzeln lassen sich auch kaum gerade Schnittflächen an den Seiten der Torfprobe erzeugen, womit die Berechnung des Torfvolumens ungenau wird.

Die Entstehung von Hohlräumen führt schließlich zu Fehlern bei der Arbeit mit der TDR-Sonde, da diese Hohlräume bei der Erfassung der Eichkurve luftgefüllt sind.

Ein Problem liegt auch darin, dass die sehr locker gelagerten jungen Sphagnumtorfe beim Versuch die Feinwurzeln zu durchtrennen, auch komprimiert werden, wodurch der exakte Volumenbezug verloren geht. Wurzelfreie Torfproben sind auch unter scheinbar zwergstrauchfreien Sphagnumrasen praktisch nicht zu finden. Es wurden im Sommer 2008 zahlreiche Probeschnitte auf Sphagnumrasen gemacht, wobei im Torf immer Zwergstrauchwurzeln auftraten.

**B.** Der Torf in den Stillstandskomplexen weist eine starke **Stratifizierung** auf. Unter der lebenden Sphagnumdecke (2-4 cm) liegt meist nur ein geringmächtiger Sphagnumtorf (2-5cm), dann folgt schon die Brandschicht. Damit wird deutlich, dass eine **homogene** 10 cm-mächtige Probe aus einheitlichem Torf für die Kalibrierung meist nicht zur Verfügung steht. Auch schwach zersetzte Sphagnumtorfe weisen in einem Profilausschnitt von 10 cm nach unten eine Zunahme des Raumgewichts und der Zersetzung auf.

### **Erstellung von Eichkurven**

Zur Erstellung einer Eichkurve wurde eine Torfprobe zunächst mit einer kräftigen Schere so zugeschnitten, dass gerade und parallele Seitenflächen vorlagen. Auf der Oberseite wurde die lebende Sphagnumschicht entfernt.

Die Torfprobe wurde mit Wasser aufgesättigt, bis unter der Torfprobe überschüssiges Wasser austrat. Dann wurde die Torfprobe zur Erstellung einer Eichreihe der Lufttrocknung ausgesetzt.

Vor jeder Messung des Wassergehaltes mit der TDR-Sonde wurde die Torfprobe 3 Std. in Folie eingepackt. Damit wurde eine gleichmäßige Durchfeuchtung erreicht. Ohne Folie läge ein Feuchtegradient von außen nach innen vor.

Das Gewicht der Probe bei jeder Messung wurde mit einer Waage von Kern (440-47N, 0,1g-Auflösung) bestimmt.

Da die vom Einstich der Elektrode erzeugten Löcher bei jeder Messung größer werden und schließlich luftgefüllte Hohlräume darstellen, ist es unumgänglich, mehrere Einstiche an der Torfprobe zu machen. Auch die Inhomogenität der Torfprobe bedingt wegen deutlicher Abweichung der Messwerte aus einer Probe mehrfaches Einstechen.

Nach Beendigung einer Messreihe wurde die Torfprobe bei 60-70°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend der Wassergehalt bei allen Messstufen errechnet.

## Schwach zersetzter Torf

Zunächst wurden mehrere Eichkurven mit Torfproben mit einer Vertikalmächtigkeit von etwa 6 cm und einer Kantenlänge von 6 x 10 cm erstellt, da solche kleinen Torfproben leichter ohne Wurzeln entnommen werden konnten. Schließlich wurden 2009 zwei Eichkurven aus *Sphagnum capillifolium*-Torf mit einem Volumen von etwa 1,5 Litern erstellt.

> Die an den kleineren Torfproben gewonnenen Eichkurven weichen deutlich von den beiden Eichkurven aus 1,5 Litern Torf ab und wurden nicht verwendet.

## Sphagnum magellanicum

Es wurde versucht, auch eine eigene Eichkurve für *Sphagnum magellanicum*-Torf zu erstellen. Die entnommenen Torfproben waren aber wegen Riss- und Hohlraumbildung nicht zu verwenden. Für die Umrechnung der Messwerte an *Sphagnum magellanicum* wurden daher auch die beiden potenziellen Funktionen (siehe unten) aus den *Sphagnum cap.*-Proben verwendet, die mit einem Raumgewicht von 40 g/l und 73,5 g/l (Mittelwert 56,97 g/l) im Bereich der jüngsten Torfe wachsender Hochmoore liegen (Vergleichsdaten siehe VON SENGBUSCH 2006).

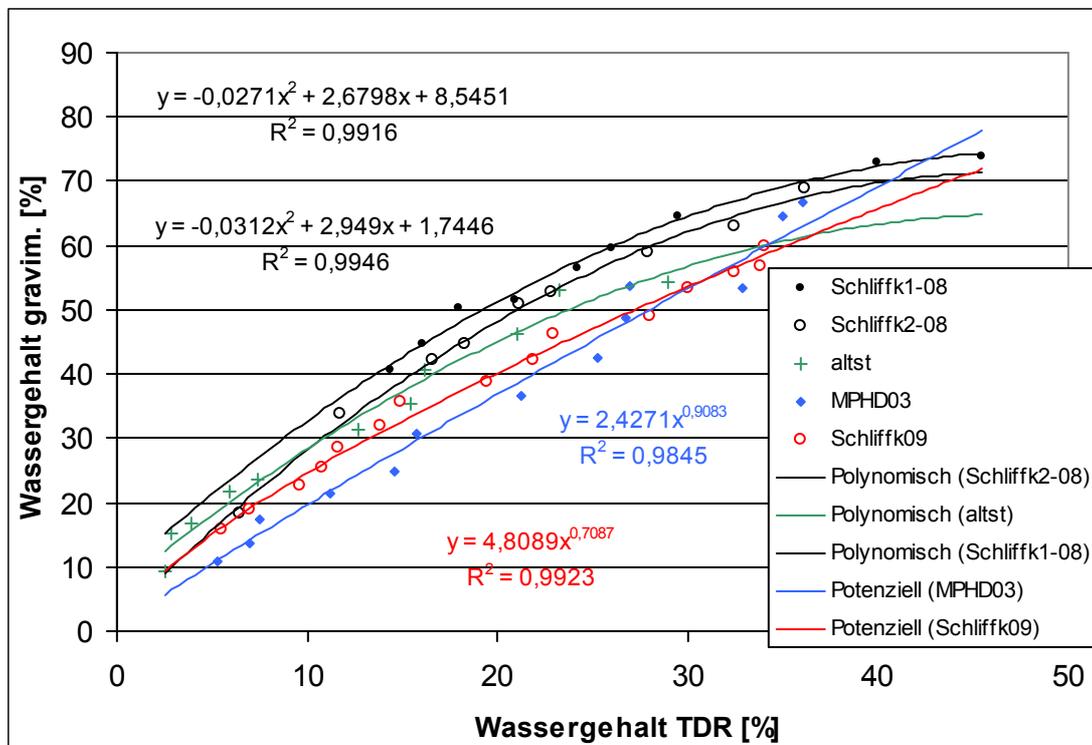


Abb. 7: Eichkurven aus schwach zersetzten Torfen, aus MPHD03 und Schliffk09 mit 1,5 l Torfvolumen.

Für die Umrechnung der TDR-Messwerte von *Sphagnum capillifolium*, *Sphagnum magellanicum* und *S. papillosum* wurden die beiden potenziellen Funktionen

$$\text{Wassergehalt} = 4,8089 \times \text{TDR-Signal}^{0,7087}$$

$$\text{Wassergehalt} = 2,4271 \times \text{TDR-Signal}^{0,9083}$$

verwendet. Für jeden Messwert wurde der Mittelwert aus den Ergebnissen der beiden obigen Funktionen gebildet.

An einem Messtermin (23.06.09) lag der Wassergehalt deutlich höher als an allen übrigen Messterminen. Die Rohmesswerte betragen etwa 77 %. Die beiden potenziellen Eichkurven laufen bei 69 bis 72 % aber über die 100%-Grenze hinaus. Die beiden zugrunde gelegten

Torfproben konnten auch im Labor nicht über 35 % Wassergehalt aufgesättigt werden, da hier die Haftwassergrenze überschritten wird. Möglicherweise sind die hohen Messwerte in situ durch den hohen Wasserstand an diesem Messtermin (siehe Ergebnisse) zu erklären: Durch den Stau effekt auf der Brandschicht/stark zersetztem Torf trat spannungsfreies Wasser in Grobporen auf, welches im Labor nach Aufsättigung nicht vorhanden war.

Für die Umrechnung der TDR-Werte vom 23.06.09 wurde daher eine logarithmische Kurve verwendet, welche die Krümmung der Verteilung vom Schliffkopf gut widerspiegelt ( $r^2 = 0,9721$ ) und auch bei Messwerten von über 80 % nicht aus dem Messbereich bis 100 % ausbricht (siehe Abb. 8).

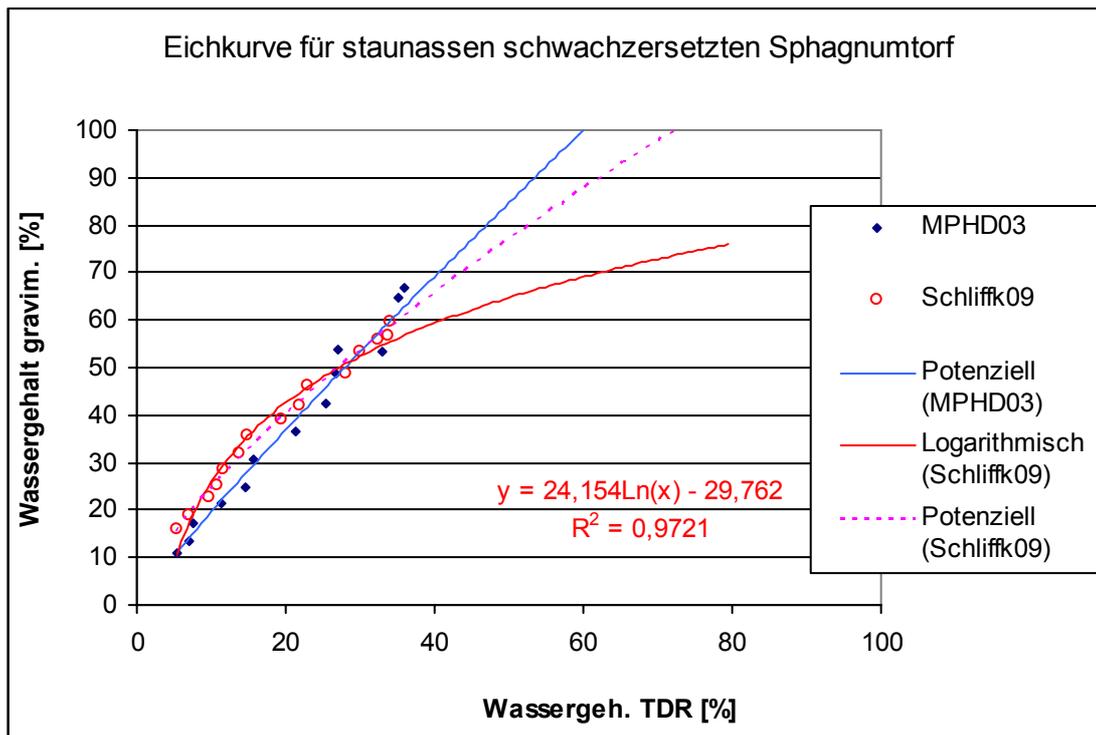


Abb. 8: Eichkurve für überstauten schwach zersetzten Sphagnumtorf (logarithmisch).

### Stark zersetzte Torfe

Für stark zersetzte Torfe mit *Sphagnum tenellum*-Bewuchs wurde eine Eichkurve aus Schwarztorf direkt unter *Sphagnum tenellum* aus Messpunkt MPHG04 verwendet. *Sphagnum tenellum* wächst hier direkt auf einer diffusen Brandschicht. Zur Beschreibung der Daten wurde eine polynomische Funktion verwendet.

$$\text{Wassergehalt} = 0,000004262638 \times \text{TDR-Wert}^4 - 0,0008383563 \times \text{TDR-Wert}^3 + 0,0515128 \times \text{TDR-Wert}^2 - 0,1057454 \times \text{TDR-Wert} + 0,6334556$$

Für dichte, abgestorbene Torfe unter *Trichophorum*- und *Calluna*-Mischbeständen wurde für die Eichkurve eine Torfprobe aus der Probefläche VKSTA entnommen. Es wurde wiederum eine polynomische Funktion zur Beschreibung der Daten der Eichreihe verwendet.

$$\text{Wassergehalt} = 0,0002915225 \times \text{TDR-Wert}^3 + 0,06485072 \times \text{TDR-Wert}^2 - 4,998355 \times \text{TDR-Wert} + 72,02605$$

> Da die Probe einen hohen sichtbaren Ascheanteil in der Brandschicht enthält, wurde für die Umrechnung der Messungen in *Calluna/Trichophorum*-Mischbeständen eine Mittelkurve aus

den beiden Eichkurven MPHG04 und VKSTA verwendet (siehe Abb. 11). Diese Eichreihe eignet sich allerdings nur für Wassergehalte von 20-100 %.

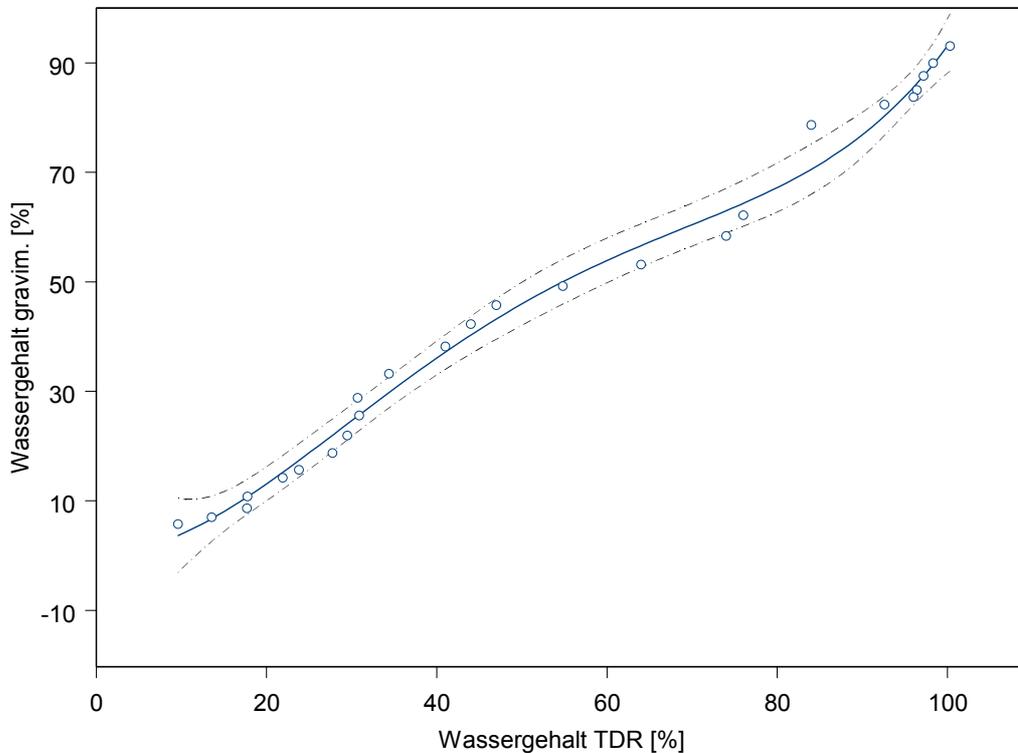


Abb. 9: Eichkurve aus MPHG04 für stark zersetzten Torf mit diffuser Brandschicht unter Sphagnum tenellum aus Muldenlage. Gestrichelt 95 %-Konfidenzintervall.

#### Polynomische-Funktion zur Eichkurve aus MPHG04

Residual sum of squares : 176.1383

parameters:

a b c d e  
4.262638e-006 0.0008383563 0.0515128 0.1057454 0.6334556

formula:  $\text{plot.vec.y} \sim a * \text{plot.vec.x}^4 - b * \text{plot.vec.x}^3 + c * \text{plot.vec.x}^2 - d * \text{plot.vec.x} + e$

25 observations

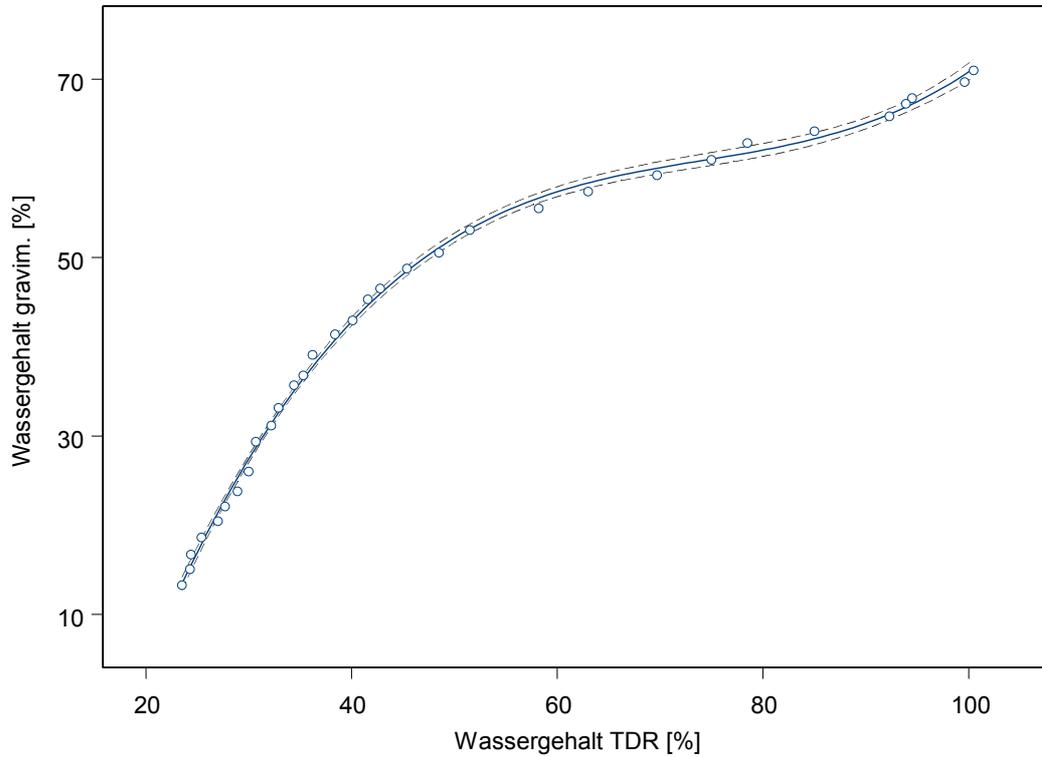


Abb. 10: Eichkurve aus VKSTA für stark zersetzten Torf mit hohem Ascheanteil aus abgestorbenem Torf.  
Gestrichelt: 95 %-Konfidenzintervall

### Polynomische-Funktion zur Eichkurve aus VKSTA

Residual sum of squares : 18.53254

parameters:

	a	b	c	d
	0.0002915225	0.06485072	4.998355	-72.02605

formula:  $\text{plot.vec.y} \sim a * \text{plot.vec.x}^3 - b * \text{plot.vec.x}^2 + c * \text{plot.vec.x} + d$

32 observations

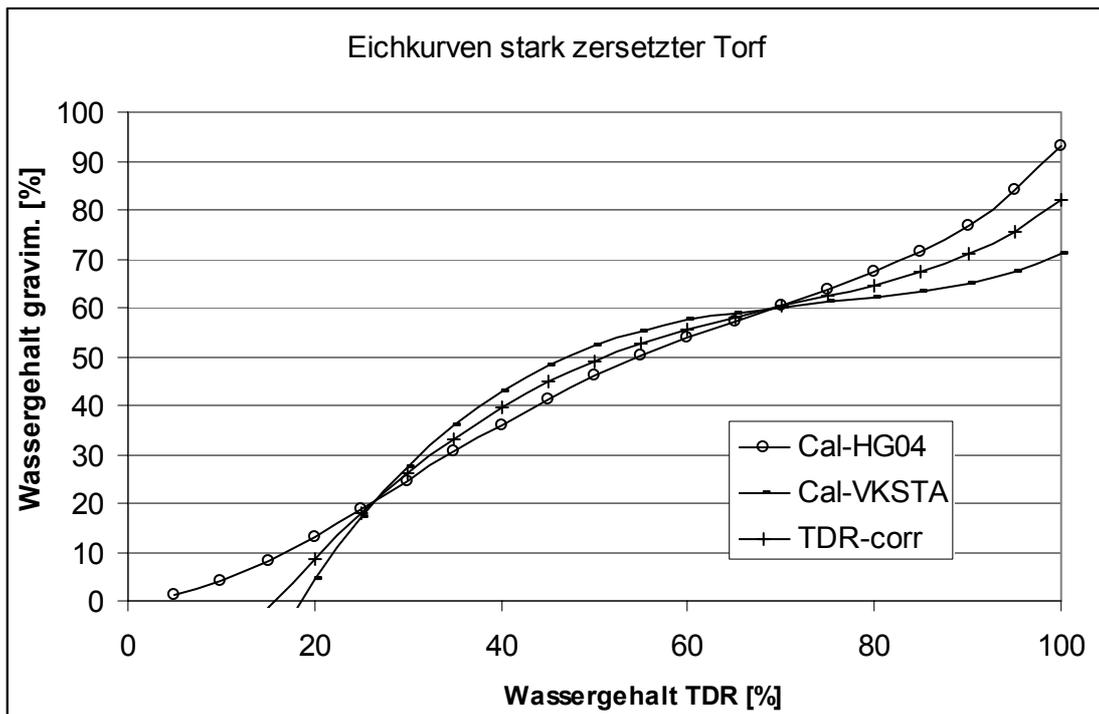


Abb. 11: Eichkurven aus den Polynomen für HG04 und VKSTA für stark zersetzten Torf mit Mittelkurve zur Umrechnung der Messwerte aus stark zersetztem Torf.

### Trichophorumtorf

Unter reinen *Trichophorum*-Beständen wird häufig ein rohhumusartiger, recht lockerer Torf abgelagert, in dem abgestorbene und lebende Blattscheiden nebeneinander liegen. Dieser Torf ist reich an Grobporen und kann nicht mit den Eichkurven für stark zersetzte Torfe beschrieben werden. Es wurde vielmehr eine eigene Eichreihe für Messungen unter *Trichophorum* erstellt. Die Kurve ähnelt im Verlauf eher den Eichkurven für schwach zersetzte Torfe, obwohl kein Sphagnumtorf vorliegt. Diese Eichkurve wurde auch für Blättchen/Nadeltorf unter *Calluna* verwendet.

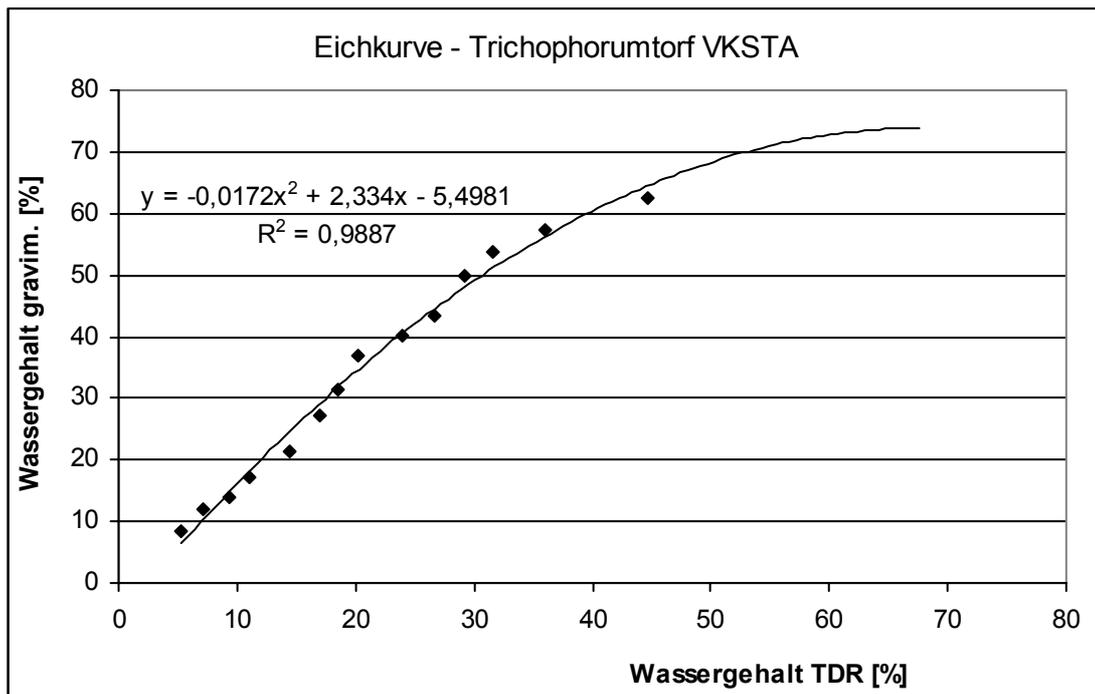


Abb. 12: Eichkurve für lockeren Trichophorumtorf (rohhumusartig) mit Trichophorum-Blattscheiden.

### 6.3 Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit wurde mit einem H560 Dewpoint Pro-Messgerät erfasst. Dabei wurde gleichzeitig mit einem integrierten Thermoelement die Temperatur aufgenommen.

Die Messung der Luftfeuchtigkeit erfolgte direkt über den Sphagnumköpfchen, bzw. bei abgestorbenem Torf ca. 0,5 cm über der Bodenoberfläche. Das Gerät wurde für die Temperaturmessung jeweils beschattet.

### 6.4 Messpunkte

Die Messpunkte wurden im Bereich der Mikroskala angelegt und haben nur eine Größe von einem Quadratmeter. Damit kann die Deckung der Pflanzenarten leicht abgeschätzt werden (1 % = 1 dm<sup>2</sup>).

Alle Messpunkte wurden mit einem Pflöck markiert und mit GPS eingemessen (Koordinaten siehe Anhang A1).

Bei größeren Probeflächen führt das Mikromosaik mit der ihm innewohnenden Varianz leicht zu paradoxen Ergebnissen, da z.B. ein Torfprofil in einer Rinne mit abgestorbenem Torf nicht zu der trotzdem vorhandenen Sphagnumdeckung (Bulte!) zu passen scheint. Bei größeren Probeflächen ist also die Aufnahme von mehreren (mindestens vier) Torfprofilen nötig, um zu einer ausreichenden Korrelation von Torfdaten und Vegetationsdaten zu kommen. Dies würde bei 72 Messpunkten allerdings einen sehr hohen Arbeitsaufwand erfordern.

Die geringe Größe von einem Quadratmeter ermöglicht andererseits die Erfassung aller Moose, auch kleiner Lebermoose.

### 6.5 Vegetation

Die Vegetation wurde in den Messpunkten auf einer Fläche von einem Quadratmeter aufgenommen. Die Deckung wurde nicht in Klassen sondern in Prozentdeckung von 5-100 %

geschätzt. Die Unterscheidung einzelner Prozentwerte ist zwar allgemein mit bloßem Auge nicht möglich. Da auf einem Quadratmeter aber Quadratdezimeterflächen der Deckung einzelner Arten (z.B. auch Moose) gut summiert werden können, wurde versucht, die Deckung so genau wie möglich zu schätzen. Gerade bei dichten Sphagnumpolstern würde hier bei einer Aufnahme in 5 %- oder 10 %-Klassen Information verloren gehen.

x bedeutet < 1 % Deckung, r bedeutet Einzelpflanzen.

Für Werte unter 1 % wurde in der multivariaten Analyse bei Gefäßpflanzen und Torfmoosen pauschal 0,5 % angesetzt. Für die beiden Torfmoosarten wurden kleinste Vorkommen (Einzelpflanzen) mit 0,01 % eingebracht.

## **6.6 Vergleich Pflegeflächen- Referenzflächen**

Im Jahr 2005 wurden im Herbst in mehreren Flächen am Altsteigerskopf in Flächen mit guter Torfmoosdeckung und Versumpfungspotential die Latschen mit Kettensäge entfernt.

Zur Erfolgskontrolle sollte der Wasserstand der Pflegeflächen mit Referenzflächen verglichen werden. Der Verlauf der Entwicklung der Vegetation in den freigesägten Flächen soll beobachtet werden.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden zu drei Pflegeflächen Vergleichsflächen in der direkten Umgebung angelegt. Es war nicht leicht, wirklich vergleichbare Flächen zu finden. Da das Gefälle sehr unruhig ist, besteht die Gefahr, dass eine Vergleichsfläche eine andere Neigung der Mooroberfläche aufweist als die Pflegefläche. Da grundsätzlich am Altsteigerskopf Muster der Vegetation und also auch standörtliche Muster vorliegen, kann nicht sichergestellt werden, dass eine Vergleichsfläche identische Standortbedingungen zur Pflegefläche aufweist. Es kann nur versucht werden, Vergleichsflächen mit möglichst ähnlichen Bedingungen auszuwählen. Insofern sind die Ergebnisse der vergleichenden Wasserstandsmessungen nicht wirklich belastbar und können nur als Anhaltspunkte dienen.

## **6.7 Neigung/Oberflächenprofile, Höhenmodelle**

Die Oberflächenprofile wurden mit einem Nivelliergerät NA 28 von Wild / Heerbrugg mit Hilfe einer Teleskop-Messlatte mit Zentimeterteilung aufgenommen. Dabei wurde an den Punkten des Profils auch jeweils die Mächtigkeit des Torfes bis zum mineralischen Untergrund mit einem verlängerbaren Bohrgestänge erfasst.

Die Hangneigung wurde mit einem Handneigungsmesser erfasst. Dabei wurden jeweils zwei Holzstäbe im Abstand von 5 m in den Torf gesteckt und von Stab zu Stab gemessen.

Digitale Höhenmodelle wurden mit *Surfer 9.0/Golden Software* erstellt. Die Punktwolken wurden mit der Gridding-Methode „Kriging“ in Gitter transformiert. Es wurden nicht die Vegetationsdaten sondern die Grunddaten verwendet.

Die Punktwolken stammen aus Laser-Befliegungsdaten des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg.

## **6.8. Torfansprache**

Für die Bestimmung der Torfarten im oberflächlichen Torf wurden mit einem Torfbohrer (Eigenbau, ST37, 5,5 cm Durchmesser) Torfproben entnommen.

Für die Ermittlung der Torfmächtigkeit wurde ein Bohrgestänge von Eijkelkampp verwendet.

An jedem Messpunkt und in jeder der 14 Probeflächen wurde der Torf im Wurzelraum untersucht und das Torfprofil aufgenommen. Dabei wurde in der Regel der Torf von 0-22 cm, gelegentlich auch bis 35 cm Tiefe erfasst.

Für die multivariate Auswertung wurde an jedem Messpunkt der Torfzersetigungsgrad nach der 10-stufigen Skala von VON POST angesprochen. Dieser Wert konnte bei der multivariaten Analyse als Faktor eingesetzt werden.

Probleme bereiteten dabei Messpunkte mit abgestorbenem, rohhumusartigem Torf. Da hier Nadel- und Blättchentorf vorliegt, kann keine Quetschprobe nach VON POST durchgeführt werden. Beim Quetschen kommt kein Wasser und auch kein Torf durch die Finger, so dass weder Huminsäuregehalt (Färbung des Wassers) noch der Zersetigungsgrad geschätzt werden kann.

Hilfsweise wurde der Zersetigungsgrad nach dem Anteil an sichtbaren Pflanzenstrukturen der Von Post Skala abgeschätzt. Dabei wurde für rohhumusartige Torfe meist der Zersetigungsgrad 6 bis 7 angesprochen.

>> Alle Torfprofile wurden ab Geländeoberfläche gemessen. D.h. bei lebender Torfmoosnarbe muss für die Definition des Wurzelraumes das Niveau 0 unter der lebenden Sphagnumschicht angesetzt werden. Andererseits wurden Pinusfeinwurzeln auch im Übergangsbereich von toten zu lebenden Sphagnumpflänzchen gefunden. Da die genaue Grenze zwischen noch lebenden und abgestorbenen Sphagnumteilen im Gelände nicht bestimmt werden kann, ist eine scharfe Grenze nicht erkennbar.

## **Ansprache von Torfwachstum u. Moorwachstum**

Moorwachstum kann nur erfolgen, wenn der unter der lebenden Sphagnumschicht abgelagerte Torf rasch unter Sauerstoffabschluss gerät. Ein Sphagnumbult allein macht noch kein Moorwachstum aus, auch wenn Bultsphagnen wegen des höheren Gehaltes an Polyuronsäuren besonders abbauresistent sind (LÜTT 1992, DIERSSEN & DIERSSEN 2001).

Liegt etwa zwischen Sphagnum-Bulten in den Mulden abgestorbener Torf vor, so wird deutlich, dass der in den Bulten abgelagerte Sphagnumtorf auch im Verlauf von Jahrzehnten nicht unter Wasser gerät. In wachsenden Mooren ist die Primärproduktion dagegen im Teppichhorizont der Mulden sowie in Schlenken größer als auf den Bulten, allerdings ist auch der Abbau wegen oberflächlich oxidativer Bedingungen (Sauerstoffproduktion von Algen und Moosen) größer als in den Bulten. Unter dem Strich erfolgt in jedem Fall in den Mulden und Schlenken eine den Bulten vergleichbare Nettotorfbildung (HAJEK 2009), so dass das Moor **auf ganzer Fläche** wächst. Dies ist auf den Grinden nirgends auf größerer Fläche der Fall.

Man geht allgemein von einem Alter der Torfe beim Übergang vom Akrotelm in das Katotelm von mindestens 100 bis 150 Jahren aus (MALMER & HOLM 1984 in DIERSSEN 2001). Liegen die seit 200 Jahren gebildeten Sphagnumtorfe immer noch deutlich über dem Wasserstand, so wird die Entkopplung von Torfbildung und Wasserpegelanstieg deutlich.

Moorwachstum wurde nur angesprochen, wenn bei gutem Torfwachstum der Wasserstand über oder in der Brandschicht lag oder eine Brandschicht im wachsenden Sphagnumtorf gar nicht mehr erkennbar war.

Es wurde außerdem beurteilt, ob der unter der Brandschicht befindliche Torf gut erhalten ist, oder durch regelmäßige Belüftung stark mineralisiert ist.

Einen Hinweis auf den Wasserstand geben auch die Feinwurzeln von Kiefer und Heidekraut, die in der Regel über dem mittleren Moorwasserstand liegen.

Die Ansprache des Moorwachstums ist nur eine Schätzung!

Die Möglichkeit der Torfbildung durch Gefäßpflanzen und Laubmoose, wie sie in wachsenden Mooren auch üblich ist, konnte in den trockenen Grindenmooren aktuell nicht oder nur partiell beobachtet werden (z.B. lokale Wollgrasphasen). Blätter von Rasenbinse und Wollgras sowie Kiefernadeln und Zwergstrauchblättchen werden lediglich als Beimengung in den Sphagnumtorfen abgelagert.

## **Bestimmungsschlüssel für Torfwachstum u. Moorwachstum**

Folgender dichotomer Bestimmungsschlüssel zeigt, wie bei der Ansprache von Torf- und Moorwachstum vorgegangen wurde.

Abweichungen vom Schlüssel kommen vor, etwa bei Messpunkt HG07 mit nur 40 % Torfmoosdeckung. Hier legte das Torfprofil in Zusammenhang mit der Tatsache, dass direkt benachbart ein größerer wachsender Moorbereich vorliegt, nahe, von Moorwachstum auszugehen.

In letzter Instanz entscheidet wegen der großen Variabilität in der Pflanzendecke und in den Torfen der Moore immer das Urteil des Bearbeiters, in welches Beobachtungen aus der direkten Umgebung eines Messpunktes mit eingehen.

Die Ergebnisse der Beurteilung von Torf- und Moorwachstum gingen in die Tabelle (Tab.15-17) ein. Dort finden sich folgende aus dem Bestimmungsschlüssel abgeleitete Kürzel:

*s = Stagnation, d = Degeneration, w = Torfwachstum bei Stagnation*

Folgende Zusätze geben Auskunft über dynamische Veränderungen (z.B. sichtbare Wiederansiedlung von Torfmoosen nach Beschädigung):

*r = Regeneration, e = Erosion*

### **Bestimmungsschlüssel**

1. Es sind Torfmoose oder andere torfbildende Vegetation vorhanden
2. Torfmoose sind auf 80 % bis 100 % der Fläche vorhanden
3. Das Torfprofil (Torf über Brandschicht H1-H4), der Wasserstand und andere Indikatoren (Wurzelhäuse der Kiefern, Torfqualität unter der Brandschicht) weisen darauf hin, dass das *Bruttowachstum* (Torf über der Brandschicht) die Torfzehrung übersteigt (= Nettowachstum vorhanden) **> Moorwachstum**
- 3\*. Das Torfprofil (Torf über Brandschicht H5-6) sowie der Wasserstand geben Hinweis darauf, dass die Bruttotorfbildung vom Torfabbau gerade kompensiert wird. Das Moor stagniert (Stillstandskomplex) **> Torfwachstum (w), Stagnation**
  
- 2\*. Torfmoose sind nur auf einem kleineren Teil der Fläche (10 % bis 80 %) vorhanden
4. Torfmoose sind fleckweise vorhanden (bis 50 %, im Anmoorbereich auch bis 95 %!!), die torfmoosfreien Bereiche zeigen eine nahe (<10cm) unter Flur liegende Brandschicht, 2 bis 10 cm unter den Torfmoosen findet sich mittelstark zersetzter Torf, Hinweise auf Torfzehrung unter der Brandschicht vorhanden (Stelzwurzeln) **> abgestorbener Torf (d), degenerierendes Moor**
- 4\*. Torfmoose bedecken über 50 % der Fläche. Die Torfmoose zeigen ein gutes Bruttotorfwachstum, wegen Lücken der Torfmoossschicht und sommerlicher Belüftung (Wasserstand, Anzeichen für Mineralisation im Torfprofil) kein Nettowachstum (Stillstandskomplexe). **> partielles Torfwachstum, Stagnation (s)**
  
- 1\*. es sind keine Torfmoose oder andere torfbildende Vegetation oder nur Kleinstmengen(<10 %) davon vorhanden, es wird rohhumusartiger Torf abgelagert oder es steht älterer, stark mineralisierter Torf an. **> abgestorbener Torf (d), degenerierendes Moor**

## 6.9 Chlorophyll-Fluoreszenz - Photosynthesemessung

An Torfmoosen sowie vereinzelt an Wollgras, Rasenbinse und Moor-Kiefer wurde die **photochemische Effizienz** mittels eines Chlorophyllfluoreszenzmessgerätes erfasst. Es wurde ein Mini-PAM der Firma Waltz benutzt.

Für die Messung wurde jeweils ein Torfmoosköpfchen aus dem Rasen entnommen, in den Messkopf des Gerätes geklemmt, mit der Hand beschattet und sofort gemessen. Die Erstellung einer Lichtkurve dauert 90 Sekunden, so dass der Wasserverlust minimal ist.

Während jeder Messung wird vom Gerät neben der Fluoreszenz die Temperatur, die Uhrzeit sowie die Stärke der applizierten Beleuchtung gemessen und gespeichert.

Die Messung der photochemischen Effizienz erfolgte durch die Erstellung von Lichtkurven. Es wurde also bei steigender Bestrahlung jeweils der Anteil an nicht genutzten Photonen gemessen und ins Verhältnis gesetzt zum Anteil der für die photosynthetische Lichtreaktion genutzten Photonen.

Der sog. „Genty-Parameter“, auch „Yield“ genannt, drückt als Faktor von 0 bis 1 aus, wie hoch der für die Lichtreaktion genutzte Anteil an Photonen im Verhältnis zur Gesamtmenge der absorbierten Photonen ist.

**Yield = [max. Fluoreszenz – steady state Fluoreszenz / max. Fluoreszenz]**

Die Differenz aus  $F_{\max}$  und  $F_{\text{steady state}}$  drückt dabei also die Menge an Photonen aus, die für die Photosynthese genutzt wurden.

Beim Vergleich von Lichtkurven lässt sich dann die Ausnutzung der absorbierten Quanten für die Photosynthese bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke, z.B.  $1000 \mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$ , beurteilen.

Bei Vorversuchen wurde zunächst untersucht, wie sich *Sphagnum capillifolium* beim Austrocknen verhält und ob ein Herausziehen von Einzelpflanzen für die Photosynthesemessung zu einer Beeinträchtigung durch sofortigen Wasserverlust führt.

Es wurde außerdem untersucht, wie tief die photosynthetische Aktivität an einer Sphagnum-pflanze vertikal hinabreicht. Dabei zeigte sich, dass in einem dichten Rasen unterhalb 2 cm bei *Sphagnum capillifolium* keine photosynthetische Aktivität mehr auftrat.

Auf der Hornisgrinde und am Altsteigerskopf wurden während der Trockenphase im Sommer 2009 Lichtkurven der photochemischen Effizienz aufgenommen. Als Untersuchungsobjekt dienten dabei die drei häufigsten Torfmoosarten *Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* und *S. tenellum*.

## 6.10 Statistik

Statistische, nicht-parametrische Tests, wie der Wilcoxon-Test, wurden mit SPLUS durchgeführt. Nichtlineare Regressionen für die Wassergehalts-Eichkurven wurden nach Eingabe eines Modells mit je 100 Iterationen mit SPLUS berechnet. Die Summe der quadrierten Residuen wird jeweils angegeben.

Einzelne potenzielle Funktionen wurden mit Excel kalkuliert. Hier wird neben den Funktionen das Bestimmtheitsmaß  $r^2$  angegeben.

**Cluster-Analysen** wurden mit SPLUS durchgeführt. Es wurden die Messpunkte bzw. Probe-flächen nach Unähnlichkeit geordnet („divisive“). Dabei wurde das robustere Unähnlichkeitsmaß „manhattan“ gewählt. Die numerischen Werte aller Faktoren wurden auf 0 – 1 standardisiert.

Die **Hauptkomponenten-Analyse (PCA)** wurde mit SPLUS durchgeführt. Die verwendete Datenmatrix bzw. die darin enthaltenen Faktoren wurden auf 0 – 1 standardisiert. Die Skalierung war kovarianzbasiert.

## **7 Ergebnisse**

### **7.1 Code der Messpunkte und Probeflächen**

HGST = Hornisgrinde, Untersuchungsfläche in Stillstandskomplex

MPHGxy = Messpunkt auf Hornisgrinde

OC = Ochsenkopf, MPOC.. = Messpunkt auf Ochsenkopf

HD = Hundsrücken,

MPHDxy = Messpunkt auf Hundsrücken

SCST = Schliffkopf, Untersuchungsfläche in Stillstandskomplex

MPSCxy = Messpunkt am Schliffkopf

VKST = Vogelskopf, Untersuchungsfläche in Stillstandskomplex

MPVKxy = Messpunkt am Vogelskopf

PF = Moor am Pfälzerkopf

MPPFxy = Messpunkt am Pfälzerkopf

HK = Hochkopf, MPHK = Messpunkt am Hochkopf

WW = Sattel oberhalb Wildsee,

MPWWxy = Messpunkt am Sattel oberh. Wildsee

SK = Seekopf,

MPSKxy = Messpunkt am Seekopf

SA = Sandkopf

MPSAxy = Messpunkt am Sandkopf

AST = Altsteigerskopf, Untersuchungsfläche in Stillstandskomplex

MPAxy = Messpunkt am Altsteigerskopf

APFxy = Pflegeflächen am Altsteigerskopf (2005 freigesägt)

APFVxy = Vergleichsflächen neben Pflegeflächen, mit Latschenbestand

### **7.2 Wasserstand**

Geplant war zunächst die Messung des Wasserstandes in nur einer Vegetationsperiode an acht Messterminen. Da das Projekt mit deutlicher Verzögerung erst Mitte Juni 2008 beginnen konnte, wurde im Jahr 2008 die einzige trockenere Periode Ende Mai/Anfang Juni verpasst. Aus diesem Grunde wurde eine zweite Messreihe 2009 mit 8 Messterminen aufgenommen. Da die Hornisgrinde und der Altsteigerskopf wegen der Photosynthesemessung und der Aufnahme der Wassergehalte mit TDR häufiger besucht wurden als die übrigen Probeflächen, wurde die Gelegenheit genutzt, um dort auch den Wasserstand häufiger zu messen. So liegen von der Hornisgrinde Wasserpegeldaten von insgesamt 24 Messterminen vor, vom Altsteigerskopf Messwerte von 21 Terminen.

#### **7.2.1 Aussagekraft der Wasserpegeldaten**

Ein Vergleich der Wasserpegeldaten mit den Niederschlagsdaten der Messstation Ruhenstein zeigt, dass die auf der Hornisgrinde aufgenommene Datenmenge ausreicht, um den Verlauf und die Schwankung der Wasseroberfläche zu modellieren. Der gleitende Durchschnitt der Messwerte aus den beiden Probeflächen HGST1 und HGST2 zeichnet den Verlauf der Niederschlagskurve gut nach, wobei auffällt, dass Spitzenwerte bei den Niederschlägen zu keiner entsprechenden Reaktion bei den Wasserpegeln führen (siehe Diskussion).

Für den Altsteigerskopf fehlte nur der Messtermin 01.07.09 um zur gleichen durchgängigen Wasserpegelkurve zu kommen. Die Messwerte für ASTA und ASTB wurden für den 01.07.09 geschätzt (siehe Abb. 14).

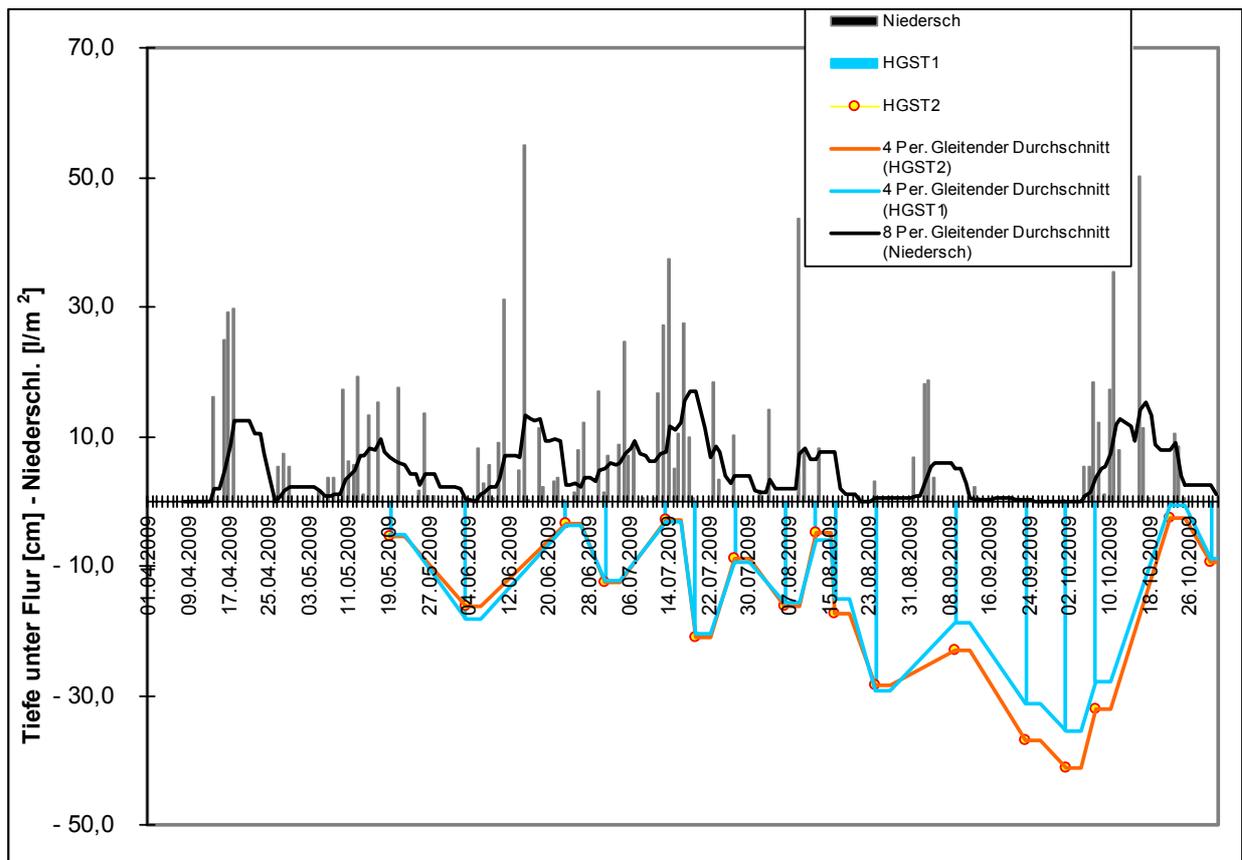


Abb. 13: Tagessummen der Niederschläge (Wetterstation Ruhenstein) und Wasserpegeldata der Flächen HGST1 und HGST2 / Hornisgrinde mit gleitendem Durchschnitt.

## 7.2.2 Wechselfeuchte Bedingungen Stillstandskomplexe

Die Wasserpegelganglinien für Altsteigerskopf und Hornisgrinde zeigen, dass die Reaktion der Wasseroberfläche tatsächlich gemäß Hypothese als ausgesprochen wechselfeucht zu bezeichnen ist.

So fällt der Wasserstand auch kurzfristig zwischen Niederschlagsereignissen rasch auf ein Niveau von -15 bis -20 cm (so am 01.07. und 06.08.09).

2008 lag der Wasserstand im Mittel 2,76 cm höher als 2009, wobei sich der Unterschied in den einzelnen Probeflächen aber sehr unterschiedlich bemerkbar macht (Minimum 0,03 cm Unterschied in SCSTB und Maximum 4,87 cm Unterschied in APF5). Auch 2008 ist eine deutliche Oszillation des Wasserstandes zu erkennen, allerdings sind die Amplituden in den einzelnen Probeflächen deutlich geringer als 2009 (2008 aus 8 Messterminen im Mittel 5 cm geringere Amplitude als 2009 aus 8 Messterminen).

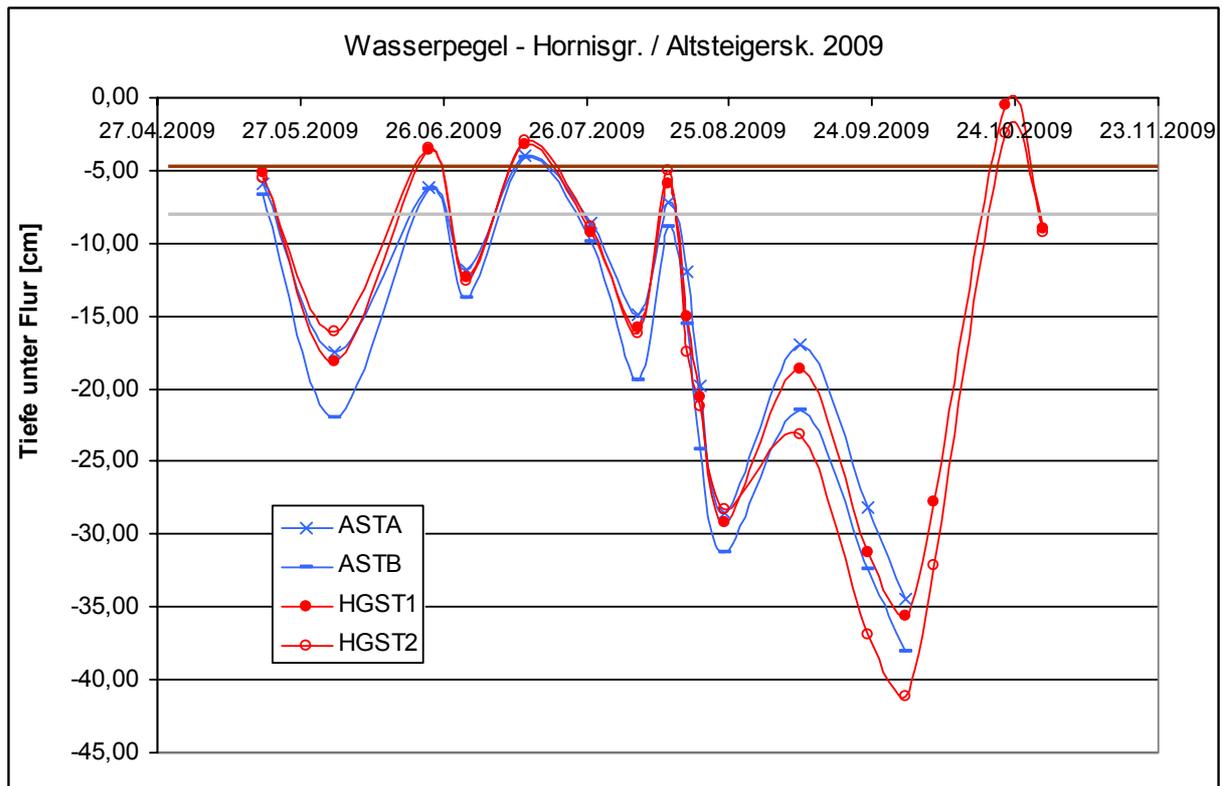


Abb. 14: Wasserpegelganglinien von Hornisgrinde und Altsteigerskopf 2009. Werte für den Altsteigerskopf für den 01.07. geschätzt. Braune Linie = Brandschicht Hornisgrinde, grau = Brandschicht Altsteigerskopf.

2008 lag mit überdurchschnittlichen Niederschlägen im Juli und August auch der Wasserstand im Hochsommer recht hoch. Die meisten Messwerte lagen 2008 im Hochsommer zwischen -5 und -12,5 cm unter Flur.

Die Wasserpegeldata 2009 erlauben eine Zweiteilung der Vegetationsperiode in eine **nasse Phase** und eine **trockene Phase**:

Dabei spiegelt das Niveau der Wasserstände 2009 bis zum 12.08. mit Tiefstwerten um -15 cm und Höchstwerten von -5 cm und höher durchaus Hochmoorverhältnisse wider (siehe VON SENGBUSCH 2004, Ganglinien Ennersbach u. Steerenmoos).

Danach fällt der Wasserstand allerdings so stark ab, dass das Niveau sommerlicher Tiefststände von Bergkiefern-Hochmoor und Moorwäldern erreicht wird (DIERSSEN & DIERSSEN 1984, NEUHÄUSL 1975, VON SENGBUSCH 2004). Dabei ist wieder zu bedenken, dass die Flächen aber nur bedingt oder gar nicht gehölzfähig sind (siehe Hypothese und Diskussion).

### 7.2.3 Trockenperiode 2009

Im Spätsommer 2009 trat eine regelrechte Trockenperiode auf. Nach einem letzten starken Niederschlag Anfang August blieb der Regen weitgehend aus (Monatssumme Station Ruhestein August 79 mm). Der September war mit 51 mm noch niederschlagsärmer. Gleichzeitig traten tagsüber sehr hohe Temperaturen von fast 30°C im Schatten auf. Voll besonnte Torfflächen erwärmten sich auf über 45°C (Messung mit Infrarotthermometer).

Der Wasserstand sank in den Stillstandskomplexen in dieser ersten Trockenphase auf Werte um -30 cm unter Flur.

Nach zwei kräftigen Niederschlägen (Gewitter) Anfang September stieg der Wasserpegel rasch auf Werte um -20 cm. In der Folge blieb der Regen aber bis Anfang Oktober aus.

Der Wasserstand sank in den Stillstandskomplexen in dieser zweiten Trockenphase auf Werte um -37 bis -42 cm unter Flur.

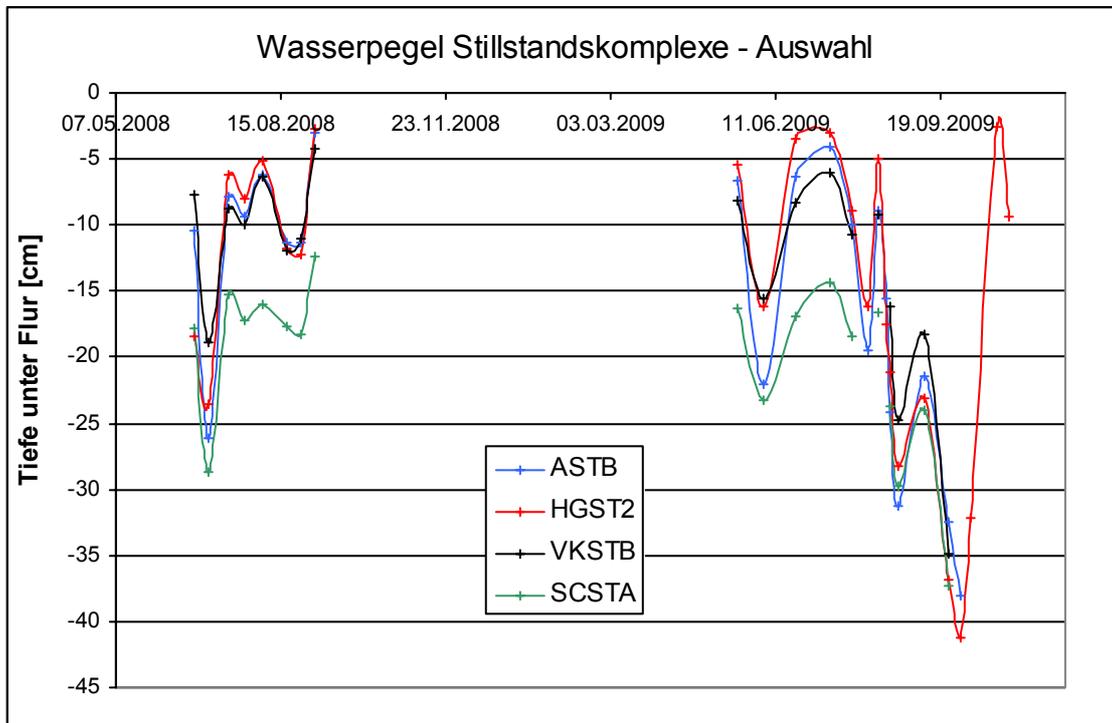


Abb. 15: ausgewählte Wasserpegelganglinien (Flächenmediane) in den Stillstandskomplexen, 2008 u. 2009 (Messwert HGST2 vom 01.07.09 nicht enthalten).

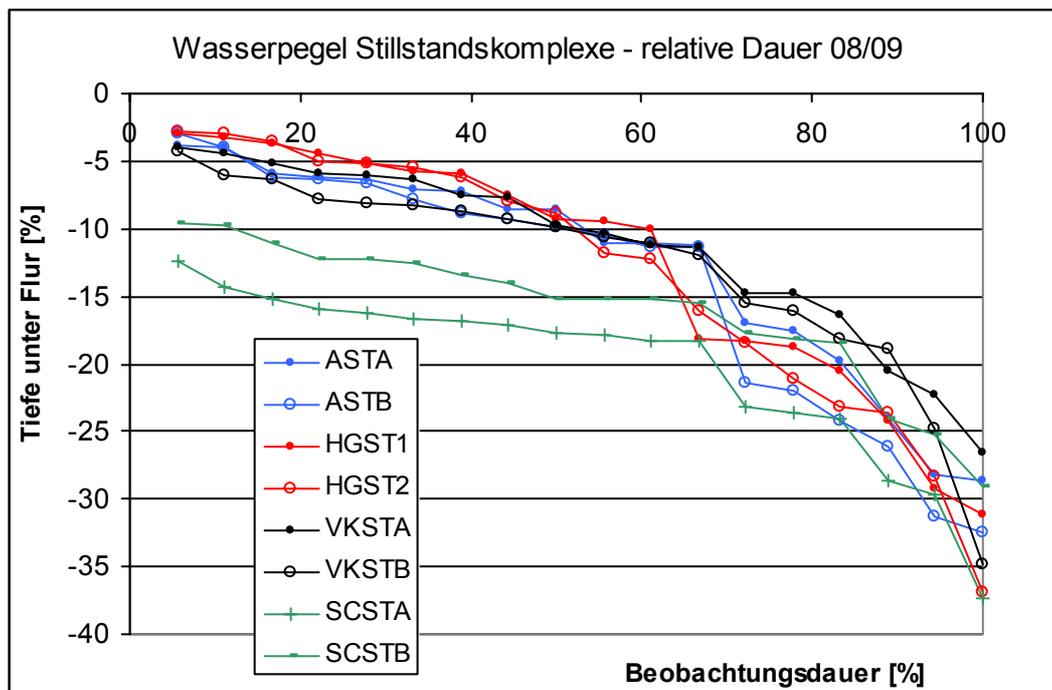


Abb. 16: Dauerlinien der Wasserpegel in den Stillstandskomplexen 2008 u. 2009, 16 Messtermine.

Die Darstellung der Dauerlinien aus den Stillstandskomplexen verdeutlicht, dass auf den drei Grinden Hornisgrinde, Vogelskopf und Altsteigerskopf der Wasserstand in den beiden Messperioden 2008 (8 Messtermine) und 2009 (hier 10 Messtermine) in exakt der Hälfte der Beobachtungsdauer näher als 10 cm unter Flur liegt. In den beiden Probeflächen am Schliffkopf liegt der Wasserstand dagegen mit Ausnahme von zwei Messterminen in SCSTB immer tiefer als 10 cm unter Flur. Das geringe Gefälle v.a. der Dauerlinie von SCSTA verdeutlicht dabei die recht geringe Schwankungsamplitude des Wasserpegels in dieser Fläche.

Auf den drei erstgenannten Grinden liegt der Wasserstand in einem Drittel der Beobachtungsdauer tiefer als 15 cm unter Flur und in der Hälfte der Beobachtungsdauer tiefer als 10 cm. Damit liegt der Wasserpegel in den Probeflächen der Hornisgrinde (Brandschicht 4 und 5 cm tief), auf dem Altsteigerskopf (Brandschicht 7 bis 9 cm tief) und auf dem Vogelskopf (Brandschicht 7 und 7 cm tief) etwa in der **Hälfte der Beobachtungsdauer 2008/2009 unter der Brandschicht!**

Das große Gefälle der Dauerlinien im Bereich der tiefen Wasserstände zeigt, dass der Wasserpegel rasch abfällt, auf den tiefsten Niveaus aber nur jeweils kurz verharrt.

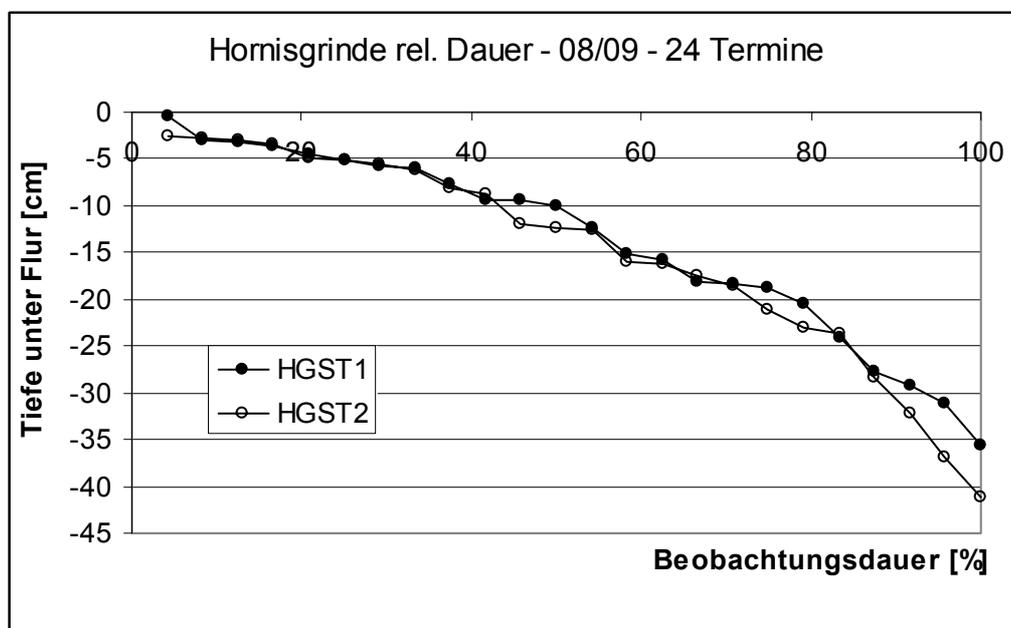


Abb. 17: Dauerlinien der Wasserpegel auf der Hornisgrinde an allen erfassten Messterminen 2008/2009.

## 7.2.4 Wasserstand in den Pflegeflächen

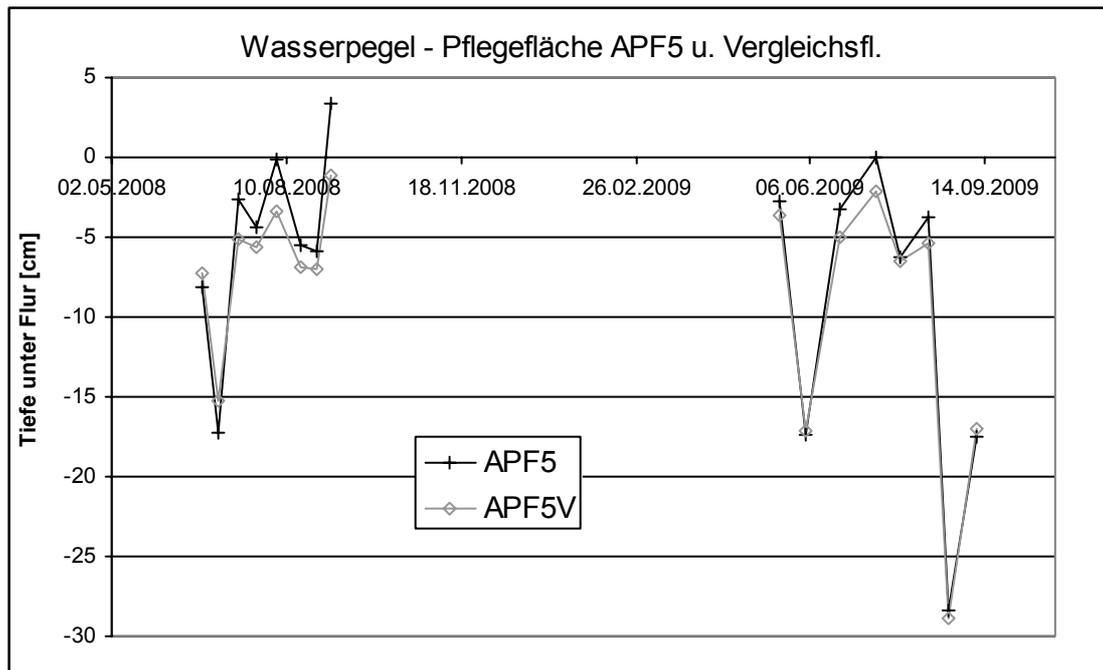


Abb. 18: Wasserpegelganglinien in der Pflegefläche APF5 und Vergleichsfläche APF5V, 2008 u. 2009.

Ein Blick auf die Ergebnisse der Wasserstandserhebungen in den Pflegeflächen und Vergleichsflächen zeigt, dass die freigesägten Pflegeflächen tatsächlich gemäß der Eingangs-Hypothese einen graduell bis signifikant höheren Wasserstand aufweisen.

Beim Vergleich der Wasserpegeldaten aus den Jahren 2008 und 2009 fällt auf, dass die Pflegeflächen vor allen Dingen in niederschlagsreichen Perioden nasser sind (Erklärung siehe Diskussion) als die Vergleichsflächen.

So liegt der p-Wert aus dem Wilcoxonstest bei den Flächenpaaren APF3/APF3V und APF4/APF4V 2008 deutlich niedriger als 2009 (siehe Tab. 1), der Wasserstand unterscheidet sich 2008 also stärker.

In niederschlagsarmen Perioden wie dem Spätsommer/Herbst 2009 oder im Juni 2008 liegt der Wasserstand in den Pflegeflächen dagegen fast genauso tief (APF4) wie in den Vergleichsflächen oder gar tiefer (APF3 und APF5).

Aus Tab. 2 mit den statistischen Kennwerten wird dementsprechend auch deutlich, dass bei allen drei Flächenpaaren immer die Pflegefläche eine höhere Schwankungsamplitude hat als die Vergleichsfläche. Dies resultiert also aus der Tatsache, dass die Pflegeflächen bei hohen Niederschlägen nasser, in Trockenperioden aber gleich trocken oder gar trockener sind als die noch von Latschen bewachsenen Vergleichsflächen.

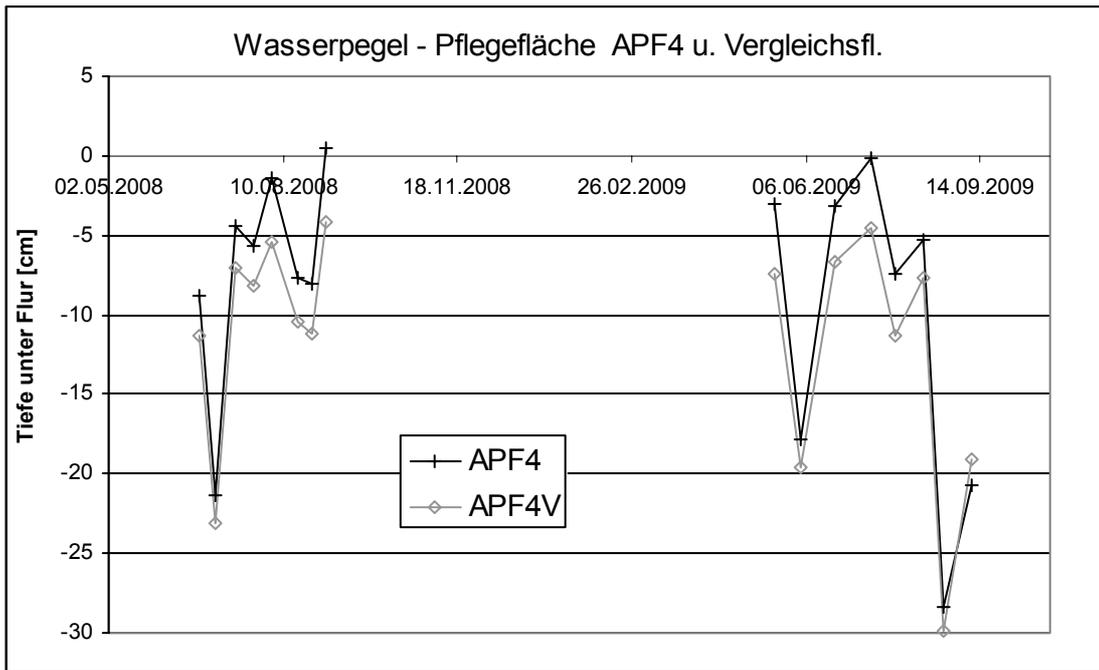


Abb. 19: Wasserpegelganglinien in Pflegefläche APF4 und Vergleichsfläche APF4V.

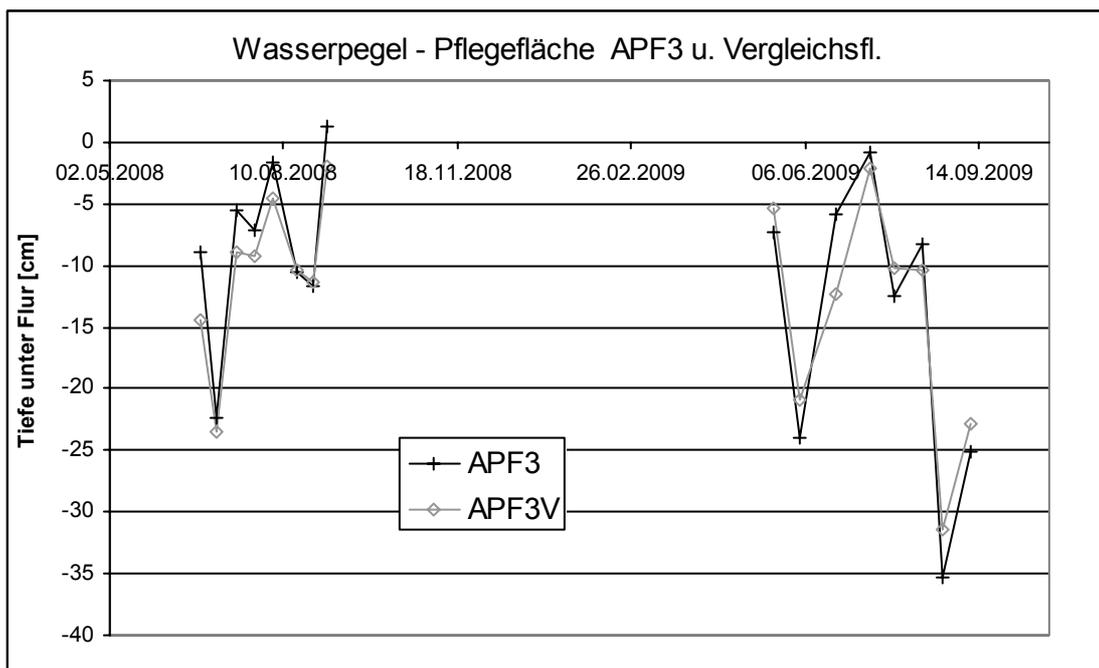


Abb. 20: Wasserpegelganglinien in Pflegefläche APF3 und Vergleichsfläche APF3V.

Alternativhypothese [„>“ heißt höherer Wasserstand]	APF3 > APF3V	APF4 > APF4V	APF5 > APF5V
2008	p = 0,0195	p = 0,0039	p = 0,0547
2009	p = 0,809	p = 0,0117	p = 0,0391
2008/2009	p = 0,1877	p = 0,0004	p = 0,0078

Tab. 1: Ergebnisse/Irrtumswahrscheinlichkeiten aus dem Wilcoxon-Test für gepaarte Daten (einseitig) zur Annahme, dass die Null-Hypothese falsch ist.

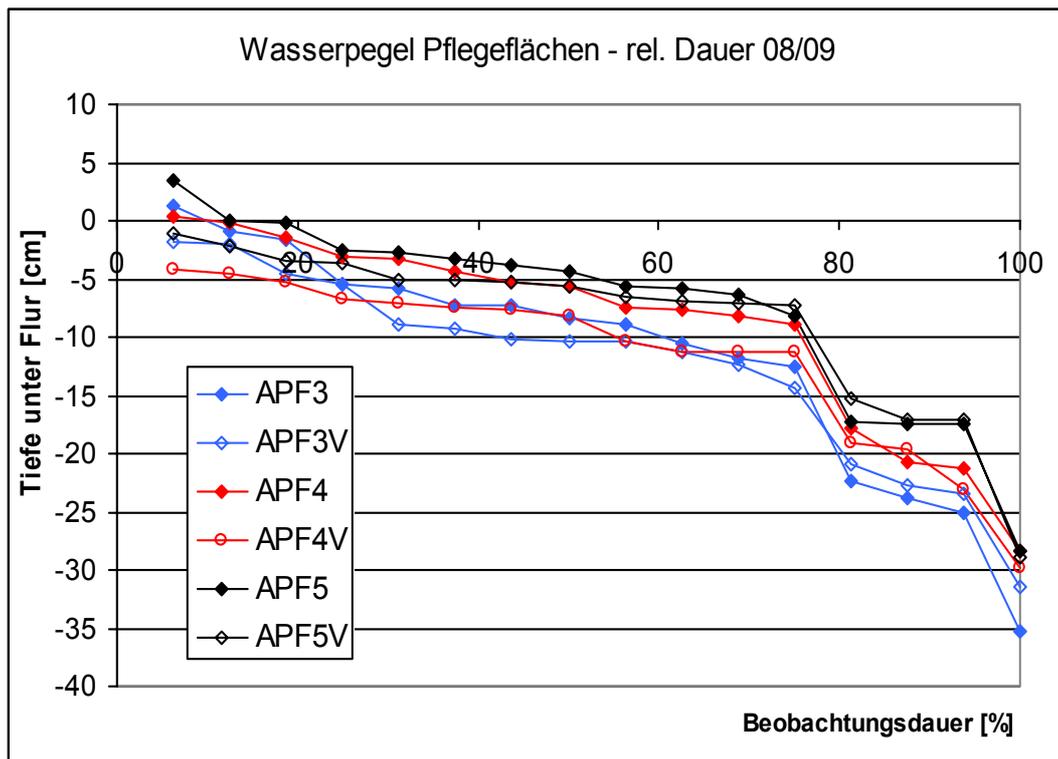


Abb. 21: Dauerlinien der Wasserpegel in den Pflegeflächen u. Vergleichsflächen, 2008 u. 2009, 16 Messtermine.

Die Darstellung der Dauerlinien aus den Pflegeflächen und Vergleichsflächen zeigt, dass dort im Gegensatz zu den Stillstandskomplexen der Wasserstand an 10 von 16 Messterminen (= 62,5 % der Beobachtungsdauer) näher als 10 cm unter Flur oder nur ganz leicht unter -10 cm liegt (APF3, APF3V, APF4V).

In den Flächen APF5, APF5V und APF4 liegt der Wasserstand in 75 % der Beobachtungsdauer näher als 10 cm unter Flur.

In allen sechs Probeflächen wird nur an einem Messtermin in der Beobachtungsdauer der Wasserstand von -25 cm unterschritten, wobei das Abfallen des Wasserstandes sehr schnell vonstatten geht (siehe auch Ganglinien).

Die Bergkiefernmoore zeigen also insgesamt etwas höhere Wasserpegel als die Stillstandskomplexe. Dies wird auch im Boxplot in Abb. 22 deutlich.

Die Dauerlinien zeigen auch, dass bei allen drei Probeflächenpaaren jeweils die Vergleichsfläche bei hohen Wasserständen von näher als 12 bzw. 10 cm unter Flur einen höheren Wasserstand hat als die Pflegefläche. In Trockenphasen kehrt sich das Bild allerdings um bzw. gleichen sich Pflegefläche und Vergleichsfläche an.

Insgesamt wird deutlich, dass in allen drei Pflegeflächen bei geringer Evapotranspiration im Oktober bei hohen Niederschlägen auch ein kurzfristiger Überstau auf der Mooroberfläche stattfindet.

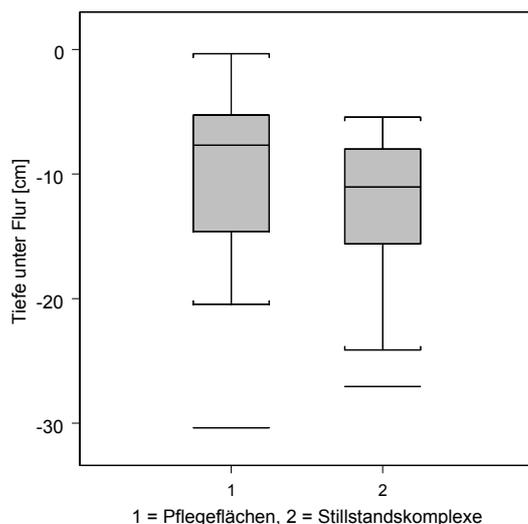


Abb. 22: Boxplot der Wasserpegel unter Flur in Pflegeflächen und Vergleichsflächen.

## 7.2.5 Statistische Kennwerte aus den Wasserpegeldaten

	ASTA	ASTB	APF3	APF3V	APF4	APF4V	APF5	APF5V	HGST1	HGST2	VKSTA	VKSTB	SCSTA	SCSTB
<b>Mittelwert 08</b>	-10,41	-10,69	-8,33	-10,51	-7,14	-10,07	-5,06	-6,48	-10,36	-11,04	-9,78	-9,86	-17,92	-15,06
<b>Median 08</b>	-9,83	-9,88	-8,03	-9,78	-6,7	-9,28	-4,95	-6,25	-8,53	-9,93	-8,7	-9,3	-17,4	-14,575
<b>cumul. Ampl.08</b>	45,5	52,25	60,65	45,05	50	44,85	44,9	30,4	41,7	43,8	50,2	39,5	35,5	36,55
<b>Ampl.08</b>	-20,15	-23,15	-23,5	-21,6	-21,75	-19	-20,65	-14,2	-21,25	-20,85	-17,75	-14,65	-16,25	-15,6
<b>stabw.</b>	6,084	6,87	7,14	6,53	6,59	5,9	6,11	4,14	7,31	7,08	5,68	4,43	4,75	4,54
<b>Mittelwert 09</b>	-11,88	-13,83	-14,89	-14,44	-10,738	-13,28	-9,93	-10,71	-11,67	-11,66	-10,71	-12,61	-19,93	-15,09
<b>Median 09</b>	-7,9	-9,38	-10,425	-11,325	-6,35	-9,5	-5,05	-5,93	-7,63	-7,18	-9	-9,95	-17,625	-13,825
<b>cumul.Ampl.09</b>	64,05	72,45	92,85	72,4	72,5	70,7	76,35	69,45	71,05	62	45,7	44,85	40,2	41,45
<b>Ampl.09</b>	-24,6	-27,25	-34,45	-29,45	-28,2	-25,4	-28,4	-26,75	-25,95	-25,3	-16,45	-18,7	-15,35	-14,35
<b>Stabw. 09</b>	8,45	9,8	11,8703	9,83	10,2	8,78	9,98	9,36	9,37	9,71	5,88	6,38	5,21	4,73
<b>Mittelwert 0809</b>	-11,147	-12,256	-11,606	-12,472	-8,94	-11,672	-7,49	-8,59	-11,013	-11,353	-10,244	-11,238	-18,925	-15,078
<b>Median 0809</b>	-8,6	-9,6	-8,58	-10,325	-6,55	-9,28	-4,95	-6,05	-8,45	-8,43	-8,7	-9,58	-17,4	-14,575
<b>cumul.Ampl.0809</b>	109,55	124,7	153,5	117,45	122,5	115,55	121,25	99,85	112,75	105,8	95,9	84,35	75,7	78
<b>Ampl</b>	-24,75	-28,3	-36,5	-29,6	-28,8	-25,8	-31,8	-27,75	-26,25	-25,55	-16	-20,55	-17,25	-14,45
<b>Stabw. 09</b>	7,15	8,33	10,05	8,31	8,5	7,42	8,38	7,32	8,15	8,21	5,61	5,49	4,93	4,48

Tab. 2: statistische Kennwerte der Wasserstandserhebungen aus acht Messterminen 2008 und 8 Messterminen 2009.

	HGST1	HGST2
mitt	-13,96	-15,069
med	-11,175	-12,425
Ampl.	-32,65	-38,4

Tab. 3: Mittelwert und Median der Wasserpegel (Flächenmediane) aus allen Messterminen 2008/2009 (n=25) der Hornisgrinde.

	ASTA	ASTB
mitt	-15,71	-18,48
med	-14,85	-19,45
Ampl.	-30,45	-34

Tab. 4: Mittelwerte und Mediane der Wasserpegel (Flächenmediane) aus 13 Messterminen am Altsteigerskopf 2009.

10 Termine	VKSTA	VKSTB	SCSTA	SCSTB
Mittelw. 09	-17,74	-21,23	-26,78	-20,83
Median 09	-16,35	-18,20	-24,05	-17,75

Tab. 5: Mittelwerte und Mediane der Wasserpegel (Flächenmediane) aus 10 Messterminen am Vogelskopf/Schliffkopf 2009.

## 7.3 Wassergehalt der ungesättigten Zone

### 7.3.1 Stillstandskomplexe

#### Feldkapazität

Aus den Eichkurven ergeben sich folgende Feldkapazitäten:

#### **Sphagnum tenellum, stark zers. Torf mit diffuser Brandschicht**

Feldkapazität aus Eichkurve (HG04) **93 %**

#### **Schwarztorf mit Brandschicht**

Feldkapazität aus Eichkurve (VKSTA) 71 %, 84 % u. 76,8 (ASTB), Mittelw.= 77,3 %

#### **Rohhumusartiger Trichophorumtorf**

Feldkapazität aus Eichkurve **63 %**

#### **Schwach zersetzter Sphagum-cap.-Torf**

Feldkapazität aus Eichkurve (Hundsrücken HD03) 63 %

Feldkapazität aus Eichkurve (Schliffkopf) 60 %

Feldkapazität aus Eichkurven 2008: Schliffkopf 74 % 69 %, Altsteigerskopf 54,4 %

Der Mittelwert aus allen fünf Eichkurven ergibt **64,8 %**.

06.08.2009				17.08.2009			
ASTB	Wasserg.	rF	Temp	um HGST1	Wasserg.	rF	Temp
	[%]	[%]	°C		[%]	[%]	°C
Sph. cap.	57,72	39	33	Sph. mag.	44,63	75	30
	50,54	36	30,5		38,53	75	30
	54,87	39	35,5		25,59	54	29
	64,7	38	33,5		16,66	42	30
	59,13	60	30,9		49,08	54	27
	38,53	54	29		28,94	55	29
MW	54,25	44,3	32,07	MW	33,91	59,2	29,17
Sph. ten.	53,89	35	32	Sph. ten.	52,45	45	31
	56,09	35	32		51,71	45	30
Sph. mag.	40,08	39	30		70,55	56	29
	57,72	51	28		38,21	48	30
	57,72	69	27	76,88	46	28	
	18,52	44	32	Sph. cap.	14,74	57	30
	38,53	54	29		25,59	57	31
61,93	45	30	12,76		51	28	
MW	45,75			40,08	52	28	
				36,98	53	27,5	
				MW			
				Sph. pap.	36,98	73	28

Tab. 6: Wassergehalte aus TDR-Messung unter Torfmoosen in 0 – 10 cm Tiefe in zwei ausgewählten Probeflächen im August 2009 mit relativer Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur über der Bodenoberfläche (Fühler beschattet).

04.06.2009	Wasserg.	n	24.08.2009	Wasserg.	n	27.08.2009	Wasserg.	n
	[%]			[%]			[%]	
<b>HGST1</b>			<b>HGST1</b>			<b>HGST1</b>		
Sph.ten.	51,66	9	Tricho.-Call.	53,46	9	Sph.cap./rub.	32,74	6
Call.Tricho	39,72	7	Sph.ten.	47,35	7	Leucobr	43,12	4
Sph.mag.	42,77	6	Odonto.	81,96	2	4cm, roh.	55,54	4
<b>HGST2</b>			Sph.cap.	31,13	9	9cm	81,96	3
Sph.ten.	49,48	7	Sph.mag.	18,7	10	Trico./Call	55,44	8
Call/Tricho	34,77	6	<b>HGST2</b>			Sph.ten.	72,06	5
Leucobr	53,43	1	sphten	49,77	8	<b>HGST2</b>		
<b>ASTA</b>			call/odonto	38,48	6	Tricho.	49,25	4
Sph.cap.	74,03	7	<b>ASTA</b>			Call.tricho	49,41	5
Sph.fusc.	49,81	1	Sph.mag.	32,82	8	4cm	52,66	2
Call./Tricho.	51,69	6	Sph.cap.	52,54	8	9 cm	79,89	2
Tricho.	55,09	4	Sph.ten.	58,33	3	<b>ASTA</b>		
Sph.mag.	52,28	3	Leucobr	78,87	2	Sph.cap./rub.	53,43	7
<b>ASTB</b>			Pleuroz	47,86	2	Call-leucobr	43,09	4
Calluna	65,01	8	<b>ASTB</b>			Sph.fusc	43,12	2
Sph.cap.	72,32	7	Sphag. cap.	51,06	7	Tricho-Call	42,57	7
Sph.ten.	60,52	8	Sphag.mag.	38,21	7	Sph.mag	43,12	4
<b>SCSTA</b>			Call./Trich.	65,21	7	4cm, roh.	51,83	8
Pleuro	16	2	Sph.ten	54,59	2	9cm	81,96	2
Sph.cap.	48,93	10	<b>SCSTA</b>			<b>ASTB</b>		
Leucobr.	27,96	3	Sph.cap	37,98	7	4cm, roh.	51,8	7
<b>SCSTB</b>			Leucobr.	40,84	4	9cm	65,67	2
Pleuro	40,01	6	Pleuroz	39,76	6	4cm, roh.	46,94	4
Sph.cap.	57,09	5	<b>VKSTA</b>			9 cm	81,96	2
<b>VKSTA</b>			Sph.cap.	33,82	7	Sph.cap.	75,22	4
Tricho.-Pleuro.	56,97	9	Leucobr	33,82	3	Sph.mag.	50,54	5
Sph.cap.	60,99	6	Tricho-Odonto	46,67	4	Call-odonto	40,34	7
<b>VKSTB</b>			Pleuro.	68,51	3	<b>VKSTB</b>		
Tricho	51,45	1	<b>VKSTB</b>			Sph.cap./rub.	59,13	8
Tricho-Pleuro.	69,61	5	Sph.cap.	35,01	8	Call-pleuroz	42,49	6
Sph.cap.	54,89	9	Leucobr	62,39	3	Tricho.	57,17	4
			Pleuro	49,69	5	<b>VKSTA</b>		
			Sphmag	44,63	2	Sph.cap./rub.	44,45	8
			<b>APF3</b>			Trichoph	55,14	7
			nackter Torf	57,83	7	Call./Pleuro.	30,58	6
			Sphag.mag.	40,08	4	<b>SCSTA</b>		
			<b>APF4</b>			Sph.rub.	53,62	8
			Sph.mag.	45,12	9	Call./Leucobr	20,62	6
			Sph.cap.	56,65	4	Call-Pleuro	19,99	3
			Pleuroz.	52,03	3	<b>SCSTB</b>		
			<b>APF4V</b>			Call-Pleuro	27,68	9
			sph.cap.	45,27	7	Sph.cap.	34,34	6
			<b>APF5V</b>					
			Sph.mag.	41,8	8			
			Sph.cap.	61,93	1			
			<b>APF5</b>					
			Sph.mag.	40,08	8			
			Sph.cap.	40,23	9			

Tab. 7: Mittelwerte der Wassergehalte aus TDR-Messung in den Probeflächen im Juni und August 2009 mit Stichprobengröße.

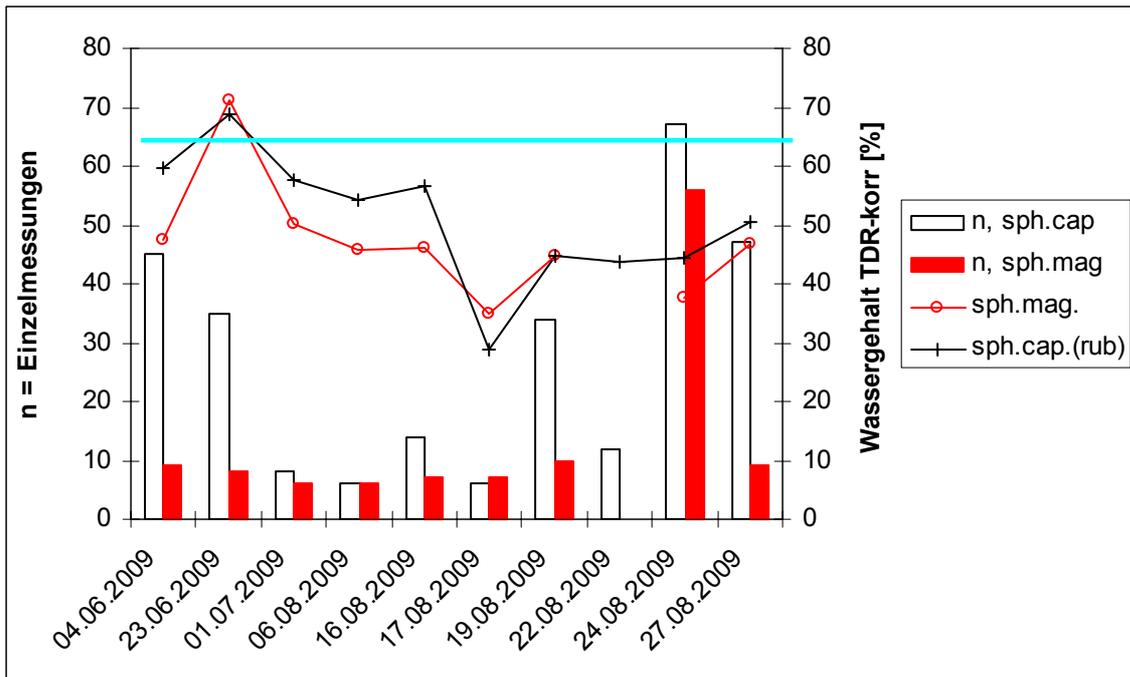


Abb. 23: Übersicht zum Wassergehalt schwach zersetzter Sphagnumtorfe 2009 über alle erfassten Probeflächen (wechselnd), blaue Linie = Feldkapazität aus 5 Eichkurven.

>> Im Bereich der Brandschicht wird auch während der Trockenperiode an vielen Stellen der Wassergehalt auf dem Niveau der Feldkapazität gehalten. In den Bereichen mit rezemem oder früherem Torfwachstum über der Brandschicht (schwach zersetzter Sphagnum-Torf) wird das Niveau der Feldkapazität aber in der Vegetationsperiode und besonders in der Trockenperiode deutlich bis stark unterschritten.

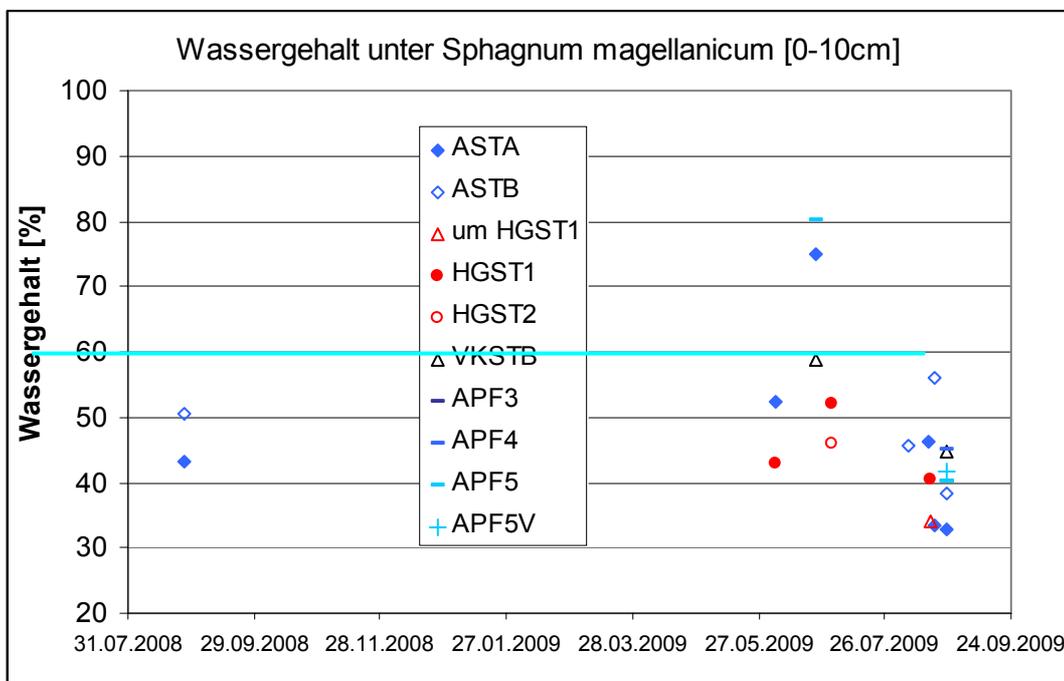


Abb. 24: korrigierte Wassergehalte unter Sphagnum magellanicum, blaue Linie = Feldkapazität aus den beiden zugrundegelegten Eichkurven (61,5%).

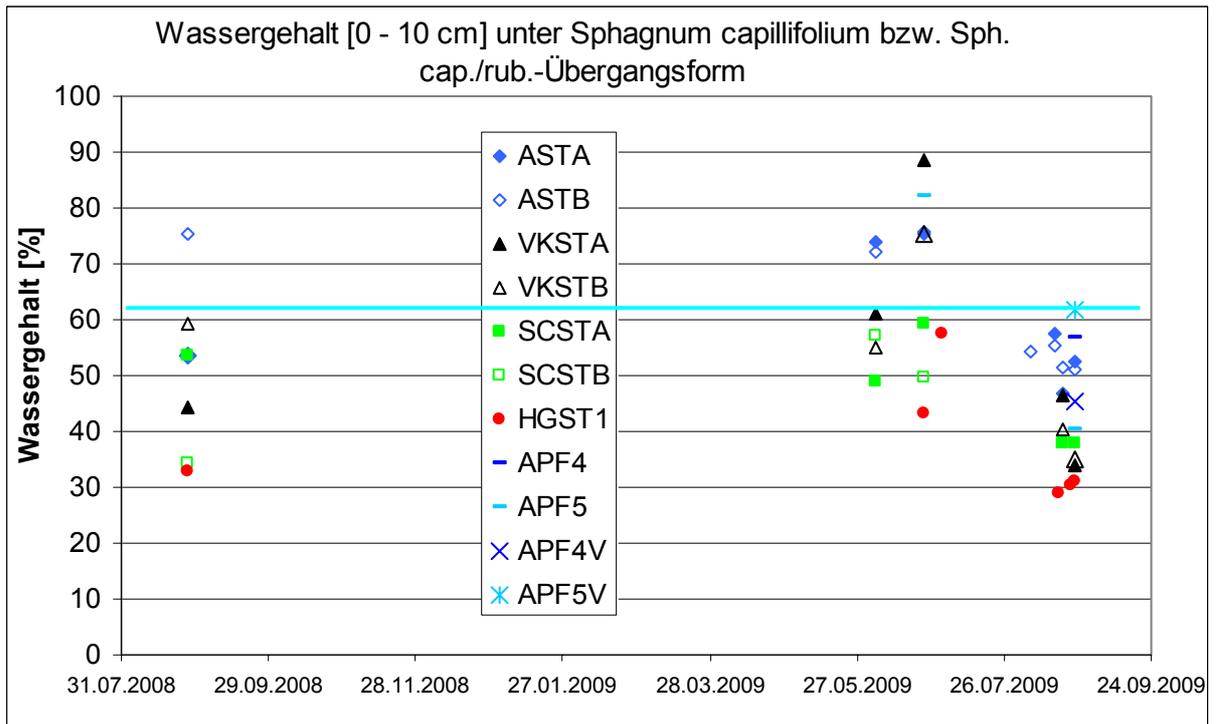


Abb. 25: korrigierte Wassergehalte unter *Sphagnum capillifolium*, blau = Feldkapazität aus den zugrundegelegten Eichkurven (61,5 %).

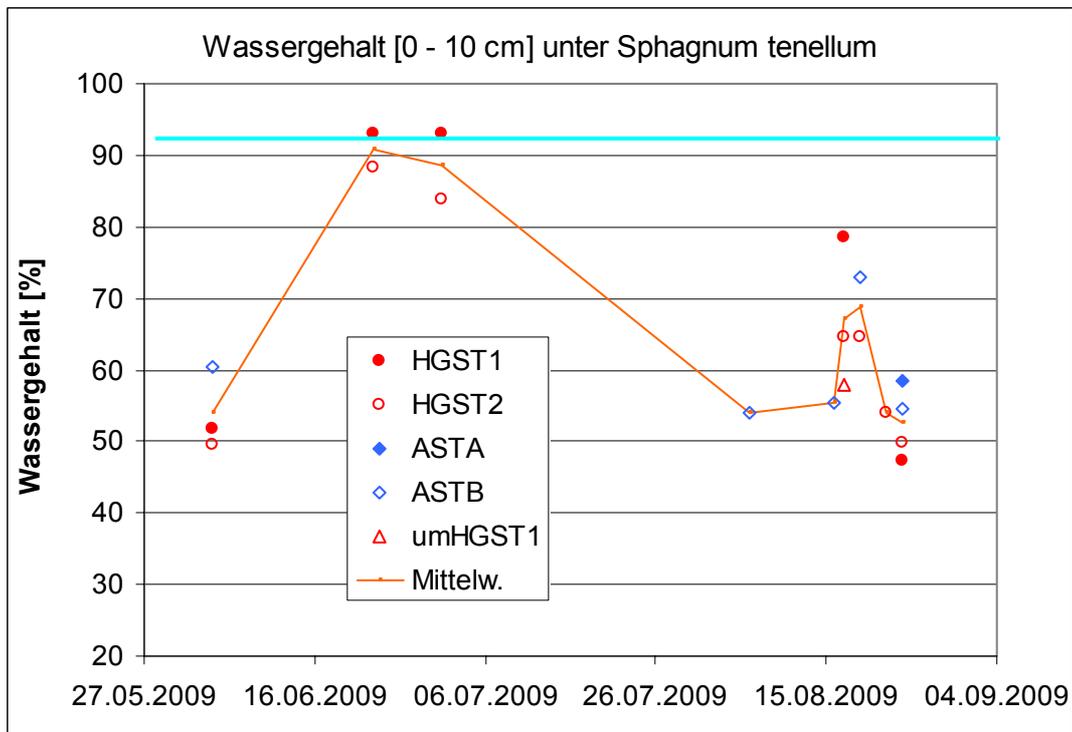


Abb. 26: korrigierte Wassergehalte unter *Sphagnum tenellum* (Muldenlage), blau = Feldkapazität 93%.

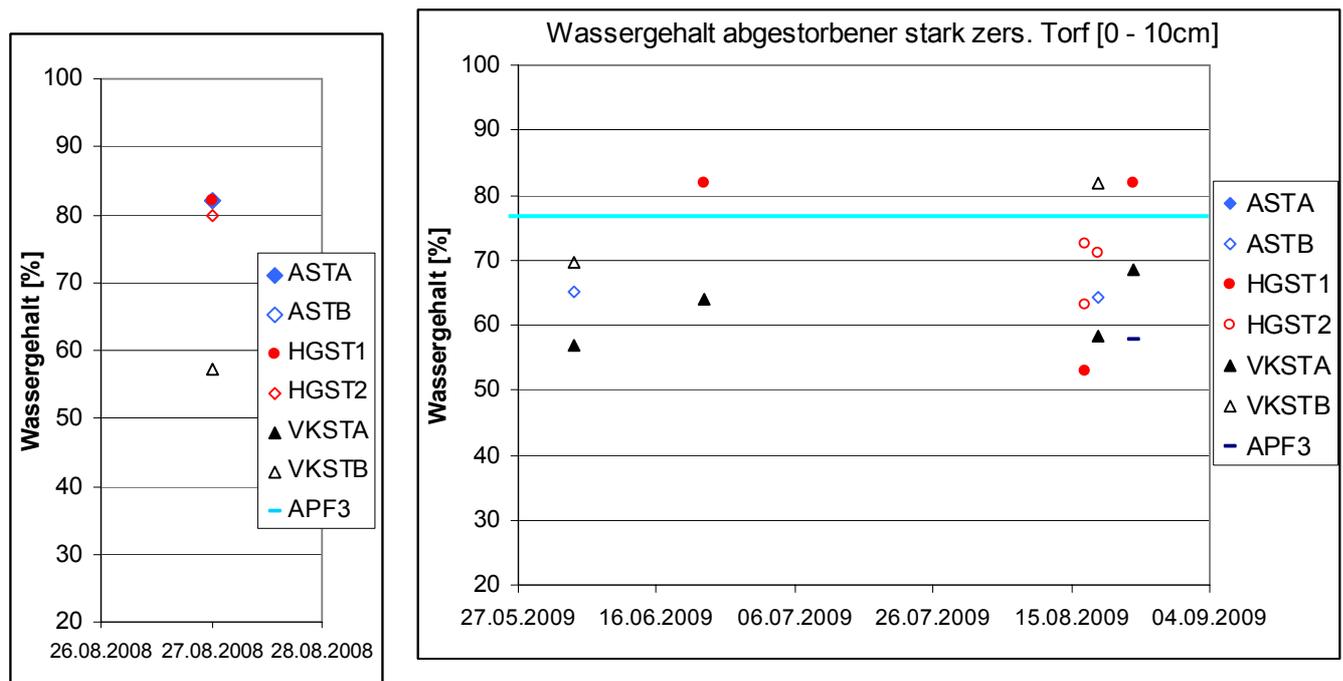


Abb. 27: Korrigierte Wassergehalte in abgestorbenem Torf, blau = Feldkapazität 77,3 %.

So traten unter *Sphagnum magellanicum* im Hochsommer 2009 in 0 – 10 cm Tiefe überwiegend Wassergehalte von 30 % bis 50 % auf. Der Höhepunkt der Trockenperiode war während der Messungen noch gar nicht erreicht. Im Frühjahr lagen die gemessenen Wassergehalte unter *S. magellanicum* zwischen 40 und 60 %, nur in Fläche ASTA und Pflegefläche APF5 lag der Wassergehalt mit 75 bis 80 % höher.

Unter *Sphagnum capillifolium* lag der Wassergehalt im Frühjahr/Frühsummer zwischen 40 und 90 %, wobei die Werte auf Schliffkopf, Vogelskopf und Hornisgrinde überwiegend bei 45 bis 60 % lagen und nur am Altsteigerskopf sowie in Fläche VKSTA Werte von 70 bis 90 % erreicht wurden.

Im Hochsommer lagen die Messwerte des Wassergehaltes unter *S. capillifolium* überwiegend zwischen 30 und 60 % wobei wiederum am Altsteigerskopf die höheren Werte von 45 bis 62 % erreicht wurden und **auf Hornisgrinde, Vogelskopf und Schliffkopf die gemessenen Wassergehalte nur 28 bis 45 % betragen!** Dies vor dem Höhepunkt der Trockenperiode.

Bei *Sphagnum tenellum* zeigt sich 2009 ein interessantes Ergebnis: Bereits bei der schwächeren Trockenperiode Ende Mai/Anfang Juni 2009 lagen die Wassergehalte in HGST1, HGST2 und ASTB auf einem niedrigen Niveau von 50 bis 60 %, also 30 bis 35 % unter Feldkapazität. Während der Regenphase Anfang Juli stiegen die Wassergehalte auf Werte um 90 % und fielen dann im Verlauf der Trockenperiode auf Werte um 47 bis 58 %. Da *S. tenellum* ganz überwiegend am Rande der nackten Mulden wächst, lässt sich hier gut ablesen, dass die Mulden bzw. vermeintlichen Schlenken auch schon in der Frühjahrstrockenperiode abtrockneten.

Die Wassergehalte liegen im *abgestorbenen Torf* für die beiden Probeflächen auf der Hornisgrinde meist recht nahe an der Feldkapazität, also zwischen 70 und 80 %. Lediglich am 19.08. wurden für HGST1 deutlich niedrigere Werte verzeichnet.

Am Vogelskopf sowie in ASTB und APF3 liegen die Werte im abgestorbenen Torf mit 58 bis 70 % Wassergehalt niedriger.

> **Ergänzende Werte zum Wassergehalt unter den Torfmoosrasen finden sich in Kapitel 7.5 „Torfmoose, Wassergehalt und Photosynthese“.**

## 7.3.2 Pflegeflächen

### Luftfeuchtigkeit

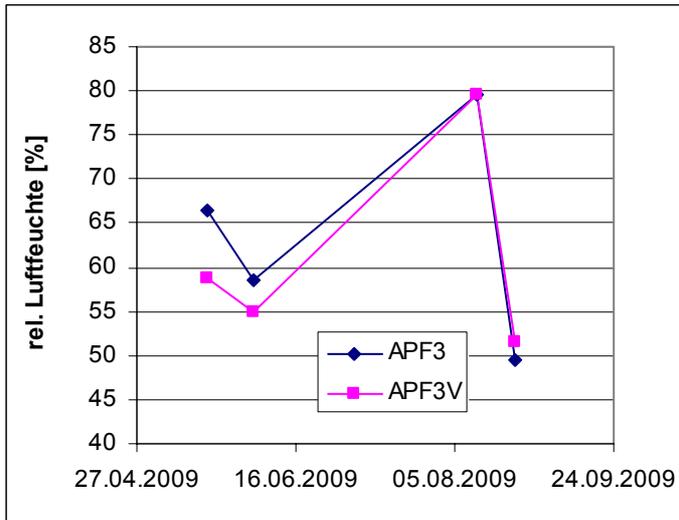


Abb. 28: Luftfeuchtigkeit über Bodenoberfläche APF3 u. APF3V

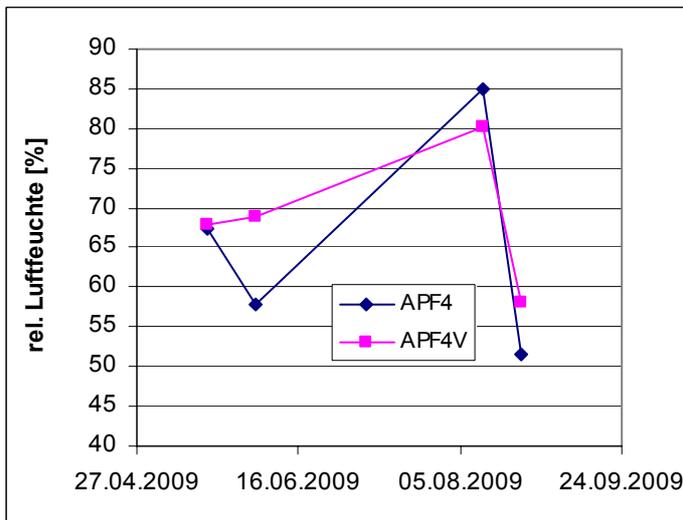


Abb. 29: Luftfeuchtigkeit über Bodenoberfläche APF4 u. APF4V

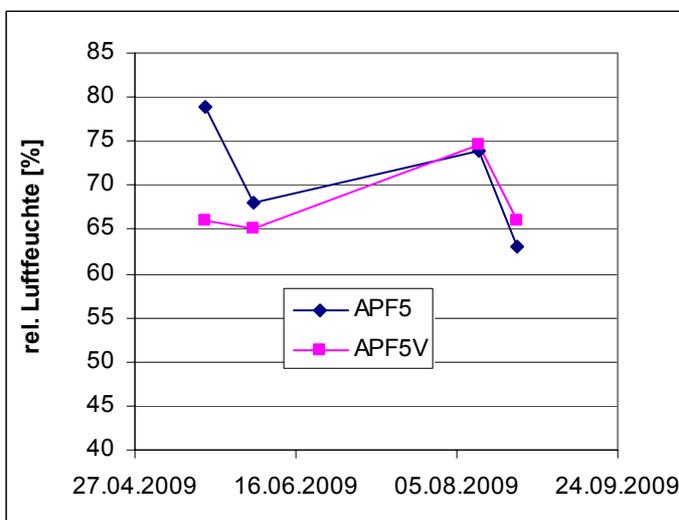


Abb. 30: Luftfeuchtigkeit über Bodenoberfläche APF5 u. APF5V

In den Pflegeflächen und Vergleichsflächen wurde an vier Terminen die Luftfeuchtigkeit an der Torfmoosoberfläche bestimmt. Es wurden zwei trockene Messtermine und zwei Messtermine in einer Regenperiode ausgewählt.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass an den beiden Messterminen im Hochsommer die Luftfeuchtigkeit in den Pflegeflächen und Vergleichsflächen auf fast identischem Niveau (APF5 u. APF3) liegt bzw. sich nur geringfügig unterscheidet, obwohl eine nasse und eine trockene Periode vorliegt.

An den beiden Messterminen im Frühsommer liegt dagegen in Fläche APF3 und APF5 die Luftfeuchtigkeit höher als in den Vergleichsflächen, während es in APF4 umgekehrt ist.

	12.08.2009	24.08.2009
APF3	<b>22,08</b>	<b>29,67</b>
Stabw.	0,8	0,58
APF3V	<b>22,38</b>	<b>29,87</b>
Stabw.	0,96	2,26
APF4	<b>23,15</b>	<b>31,3</b>
Stabw.	1,058	0,94
APF4V	<b>23,58</b>	<b>29,05</b>
Stabw.	0,82	1,4
APF5	<b>24,33</b>	<b>27,57</b>
Stabw.	1,49	0,93
APF5V	<b>23,17</b>	<b>26,9</b>
Stabw.	1,05	0,93

Tab. 8: Lufttemperatur in °C über Bodenoberfläche/Torfmoosen in den Pflegeflächen u. Vergleichsflächen, Mittelwerte (n=6) u. Standarabweichung.

Die Messung der Lufttemperatur im August zeigte am 12.08.09 nur beim Flächenpaar APF5/APF5V in der freigesägten Fläche eine höhere Lufttemperatur über den Torfmoosen. Am 24.08.09 war in den Flächenpaaren APF4/APF4V und APF5/APF5V die Temperatur jeweils in der offenen Fläche um 2 °C bzw. 0,7 °C erhöht.

## 7.4 Vegetation

### 7.4.1 Torfmoose

Insgesamt wurden in den 72 Messpunkten und 14 Probeflächen folgende Torfmoosarten gefunden (Angabe mit abnehmender Häufigkeit):

*Sphagnum capillifolium*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum tenellum*, *Sphagnum rubellum*, *Sphagnum papillosum*, *Sphagnum compactum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum fallax*, *Sphagnum subnitens*, *Sphagnum palustre*.

Wie die Auswertung der Probeflächen und Messpunkte zeigt, spielt *Sphagnum compactum* heute im Gegensatz zur früheren Situation (DIERSSEN & DIERSSEN 1984) auf den Grinden nur noch eine untergeordnete Rolle und trat in den Probeflächen und Messpunkten nur zweimal auf. Dies wurde auch von Herrn Hölzer/Naturkundemuseum Karlsruhe (mündl.) bestätigt. Das typische *Sphagno-compacti-Trochophoretum* kann also für die offenen Grindenmoorbereiche im Gegensatz zur Beschreibung durch DIERSSEN von 1984 wohl nur noch als eine an *Sphagnum compactum* verarmte Variante der Pflanzengesellschaft beschrieben werden.

Weit verbreitet ist dagegen in den verheideten Stadien *Sphagnum capillifolium* sensu strictu. Die Ansprache von *Sphagnum capillifolium* birgt allerdings Schwierigkeiten. Die Art *Sph. capillifolium* steht der Art *Sphagnum rubellum* sehr nahe und wird nicht von allen Autoren als eigene Art bewertet. Sie wurde vielmehr früher schon als *Sphagnum nemoreum* zusammen-

gefasst. Heute fasst SMITH (2004) *Sph. capillifolium* und *S. rubellum* als eine Art *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. zusammen und unterscheidet die beiden Formen als Subspezies *rubellum* und *spp. capillifolium*. Andere Autoren (HÖLZER 2005, DIERSSEN 1996) betrachten die beiden Formen als getrennte Arten. HÖLZER (mündl.) bestätigt allerdings, dass die Merkmale der beiden Arten an vielen Standorten ineinander übergehen, so dass das in der Literatur beschriebene Merkmalsprofil nicht mehr klar erkennbar ist und entsprechende Proben nicht klar einer Art zugeordnet werden können.



Abb. 31: *Sphagnum rubellum*-Pflänzchen mit einseitswendig gekrümmten Ästen und Astblättchen.

SMITH (2004) gibt zwar an, dass die beiden Unterarten sich im Gehalt einzelner Enzyme klar unterscheiden (also genetisch verschieden sind), dabei könnte es sich aber auch um Ökotypen einer Art handeln, die sich an unterschiedliche Standorte angepasst haben.

Grundsätzlich weist *Sph. capillifolium* sich dreieckig-zungenförmig verschmälernde Stammblättchen mit apikal häufig umgerolltem Blattrand auf. Im Apikalbereich der Stammblättchen sind die Hyalocyten (Wasserspeicherzellen) typischerweise nicht septiert (unterteilt) oder nur einfach septiert. Die Köpfchen der Pflanzen sind deutlich abgerundet, die Rasen sehr dicht, die Astblättchen und Ästchen gerade.

*Sphagnum rubellum* zeichnet sich durch parallelrandige zungenförmige Stammblättchen aus, die einen flachen Blattrand aufweisen. Die Hyalocyten der Stammblättchen sind apikal in zwei oder drei (selten vier) Tochterzellen septiert, die Köpfchen der Pflanzen flach. Die Astblättchen und Ästchen sind typischerweise einseitswendig gekrümmt.

Auf den Grinden konzentriert sich *Sphagnum capillifolium* auf die von Latschen bewachsenen heidelbeerreichen Moorteile mit fleckweise abgestorbenem Torf sowie auf die halboffenen und offenen mit *Calluna vulgaris* verheideten Stillstandskomplexe (Heidemoore), also insgesamt auf die Moorbereiche ohne offene Schlenken mit fehlendem Moorbewuchs. Typische Formen von *Sphagnum rubellum* finden sich nur an Schlenkenrändern, also in sehr nassen Mikrohabitaten, sowie im Rasenhorizont wachsender Moorflächen. Da diese beiden Standorte auf den Grinden selten geworden sind, wurde auch *Sphagnum rubellum* in der typischen Form nur sehr selten gefunden.

In den offenen Moorbereichen, die nicht von Heidekraut sondern von *Trichophorum germanicum* beherrscht werden, finden sich auf Hornisgrinde und Altsteigerskopf Formen von *Sphagnum rubellum*, die nicht das ideale Merkmalsprofil, sondern Anklänge an *Sphagnum capillifolium* aufweisen (Hyalocyten, Blattform).

In den Stillstandskomplexen finden sich nun Formen, die völlig intermediäre Merkmale aufweisen und nicht klar einer Art zugeordnet werden können. So treten z.B. an einer Pflanze Stammlättchen mit unseptierten Hyalocyten und mit mehrfach septierten Hyalocyten auf. Ebenso treten innerhalb eines Sphagnumrasens Pflanzen mit dreieckig verschmälerten und mit eher zungenförmigen Stammlättchen auf. Angesichts dieser Problematik und hohen Variabilität können nicht alle Proben im Gelände und auch nicht unter dem Mikroskop sicher einer Art zugeordnet werden. Es ist dabei ein hoher Untersuchungs- und Präparationsaufwand erforderlich. Für die multivariate Analyse wurden aus allen Messpunkten Proben der beiden Arten gesammelt, so diese darin vorkamen, und je nach Überwiegen der Merkmale der einen oder anderen Art zugeordnet.

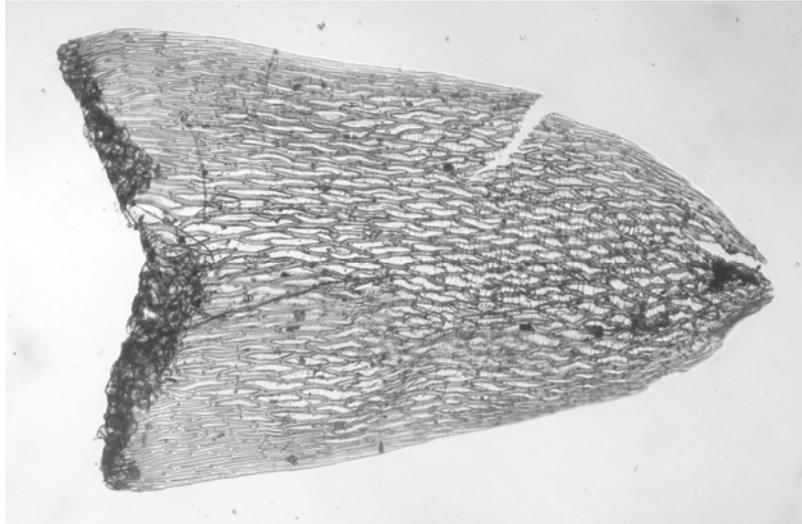


Abb. 32: dreieckig verschmälertes Stammlättchen von *Sphagnum capillifolium* mit überwiegend unseptierten Hyalocyten, Schliffkopf.

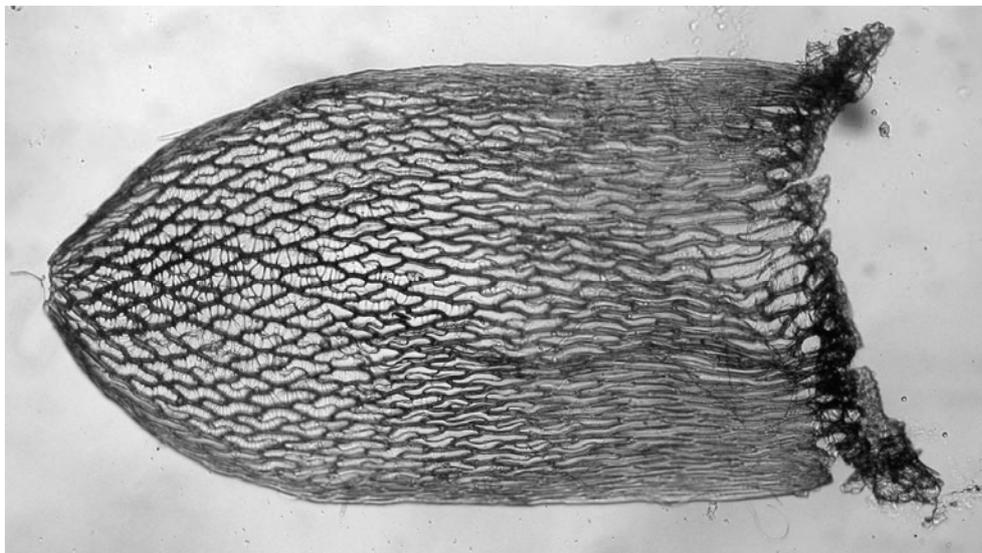


Abb. 33: typisches Blättchen von *Sphagnum rubellum*, zungenförmiges Stammlättchen mit parallelen Blatträndern und in 2 Tochterzellen septierten apikalen Hyalocyten, basale schmale Zellen 2/3 des Blattgrundes einnehmend, Hornisgrinde.

Code	HGST1	HGST2	ASTA	ASTB	SCSTA	SCSTB	APF3	APF3V	APF4	APF4V	APF5	APF5V	VKSTA	VKSTB
Höhe aus GPS [mNN]	1157	1160	1084	1030	1044	1035	1035	1035	1051	1054	1054	1054	1055	1053
Größe Probefläche	55,25	48	37,5	54	21	25	29,25	16,5	33	24	24,5	24,75	50	35
Humosität 2-6	8	8,5	2	4	3	3,75	8,5	2,5	7,5	3	2	2,5	8	4,5
Bestockung	o	o	o	ho	o	o	o	G	o	G	o	G	o	o
Brandschichttiefe (Obergr.)	4	5	8,6	6,6	9,6	6	3	10	4	8	16	17	7	7
Neigung [°]	2,5	2,5	4	5	3,5	2	5	4	4,3	4	1,8	2	1,5	1
Torfmächtigkeit [m]	3,25	2,07	1,96	2,2	1,01	0,7	1,3	1,43	2,06	1,4	0,74	1,01	0,58	1
Moorwachstum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Torfwachstum	d/s	d/s	w	s	s	s	e/r	s	s/r	w	w	w	d?	s
Deckg. Gefässpfl.	90	95	84	57,5	75	70	28	41	40	69	68	52	97	90
Deckg. Sphagnum	1	2	60	15	45	25	0	55	14	70	60	80	20	45
Calluna vulgaris	35	30	40	55	60	60	2	10	10	8	5	10	30	45
Trichophorum gem.	55	55	35	5	10	2	0	0	8	0	0	0	55	25
Vaccinium vitis-idaea	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	x
Vaccinium myrtillus	r	0	0	1,5	x	0	5	5	2	10	10	12	r	x
Vaccinium uliginosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0
Eriophorum vaginatum	5	10	4	x	5	8	20	25	20	50	50	23	5	20
Oxycoccus palustris	x	0	x	0	0	0	x	x	0	1	0	5	0	0
Andromeda polifolia	x	x	x	x	0	0	x	0	0	x	3	2	0	0
Empetrum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	x	0	0
Sphagnum angustifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	x	0	0
Sphagnum capillifolium	0	0	0	15	45	25	0	50	1	70	30	0	20	45
Sphagnum compactum	0	x	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0
Sphagnum girgensohnii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	2	0	5	x	0	0	x	5	13	0	30	80	0	0
Sphagnum papillosum	x	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	1	2	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum rubellum	x	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulacomnium palustre	x	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	x
Calyptogeia sphagnicola	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	x	0	0	0
Campylopus pyriforme	0	0	0	0	0	0	x	x	x	0	0	0	0	0
Campylopus flexuosus	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x cf	x cf	x	0	0
Cephalozia connivens	0	0	0	x	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0
Dicranodontium den.	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	x	0	0	0
Dicranum bergeri	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum polysetum	0	x	0	x	0	0	1	0	1	0	x	0	x	0
Dicranum spurium	0	x	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	x	0
Gymnocolea inflata	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum cupressifome	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	0
Leucobryum glaucum	0	x	x	x	8	8	0	x	0	x	0	0	x	1
Mylia anomala	0	0	0	0	0	0	x	x	0	0	0	0	0	0
Odontschisma denud.	x	x	0	x	0	0	0	0	x	0	x	x	x	0
Pleurozium schreberi	0	0	3	3	0	10	1	5	3	3	3	8	5	15
Polytrichum strictum	x	0	0	0	0	0	5	0	0	0	3	x	0	x
Ptilidium ciliare	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus x pseudopumilio	0	0	5	8	0	0	0	40	0	18	0	50	0	0

Tab. 9: Tabelle mit Vegetationsdaten und standörtlichen Daten aus den 14 Wasserpegelprobeflächen. Deckung in %, x = <1%, r = Einzelpflanze. Torfwachstum: w=Wachstum, d=degenerierend, s=Stagnation, e=Erosion, r=regenerierend. Moorwachstum: 1 = vorhanden, 0 = kein Wachstum. Humositätsgrad in 2 bis 6 cm Tiefe nach VON POST.

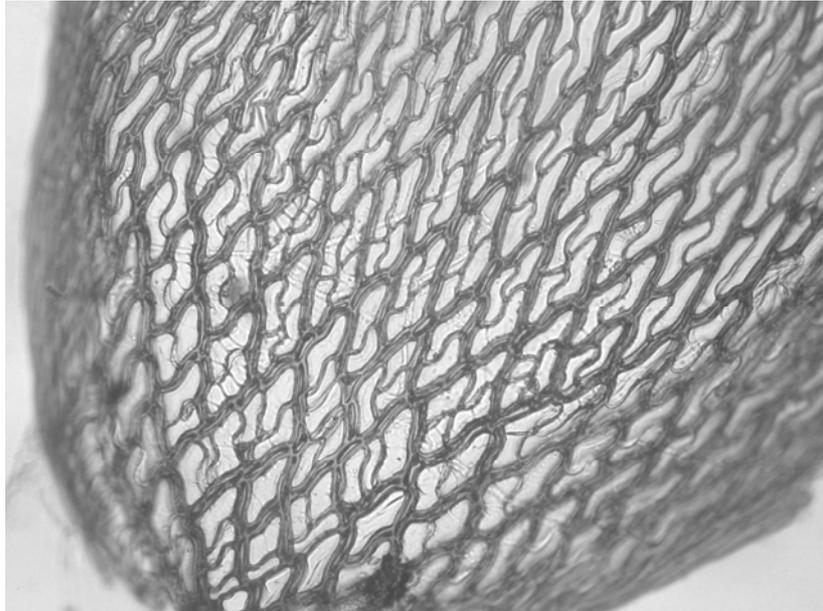


Abb. 34: Mehrfach septierte apikale Hyalocyten einer Übergangsform zwischen *Sph. capillifolium* und *Sph. rubellum*. Die Hyalocyten sprechen für *S. rubellum*, die dreieckigen Stammblättchen aber leider für *S. capillifolium*.

*Sphagnum magellanicum* hat eine breitere ökologische Amplitude als etwa *Sphagnum rubellum* und wächst heute neben wachsenden Hochmoorflächen auch in Bergkiefernmooren mit guter Torfbildung sowie stellenweise auch als Begleiter in flachgründigen Heidemooren. Trotz seiner Anpassungsfähigkeit nimmt *Sphagnum magellanicum* heute wohl deutlich kleinere Flächen ein, als es vor dem Brand von 1800 und vor den Entwässerungen der Fall war. In manchen Torfprofilen findet sich unter der Brandschicht noch Cymbilifolia-Torf, der *Sphagnum magellanicum* zu zurechnen sein dürfte.

*Sphagnum tenellum* ist auf den Grinden in den offenen Stillstandskomplexen recht häufig. Es findet sich vor allen Dingen in Flächen, die dem Rasenbinsen-Anmoor zugeordnet werden können. Es wächst dabei an den Rändern von Mulden mit abgestorbenem Torf oder mitten in kleinen Mulden. Damit wächst *Sphagnum tenellum* im Gegensatz zu den anderen Torfmoosarten sehr nahe, bzw. teilweise direkt auf der Brandschicht.

In den meisten Fällen kann man dabei nicht von Schlenken sprechen, da die Mulden im Sommer häufig austrocknen und auch in Regenperioden oft kein spannungsfreies Wasser tragen. Die Messungen des Wassergehaltes mit TDR-Sonde ergaben aber, dass der Wassergehalt unter *Sphagnum tenellum* meist etwa 10 bis 20 % höher liegt als unter *Sphagnum capillifolium* und *S. rubellum*.



Abb. 35: *Sphagnum tenellum*, MPHG04, wächst häufig direkt auf der Brandschicht.

### Laubmoose

Erwähnenswert ist das Vorkommen von *Dicranum spurium* in vier Flächen. Die Art kann, wenn sie trocken nicht stark kraus ist, leicht mit *Dicranum bergeri* verwechselt werden. Da die gesammelten Belege aber auf der Blättchenunterseite eindeutig Papillen aufwiesen, handelt es sich bei den Funden um *Dicranum spurium*.

Verschiedene Laubmoose treten in den vergleichsweise trockenen Heidemoorflächen als Begleiter auf: *Campylopus flexuosus*, *C. pyriforme*, *Dicranum bergeri*, *Hypnum cupressiforme*, *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranodontium denudatum*.

### Lebermoose

Auf den Grinden finden sich mehrere kleinwüchsige foliose Lebermoose. Gefunden wurden in den Probeflächen und Messpunkten:

*Barbilophozia attenuata*, *Calypogeia sphagnicola* (RLG), *Cephalozia connivens* (RLV), *Cephalozia bicuspidata*, *Gymnocolea inflata* (RLV), *Mylia anomala* (RL3), *Odontoschisma denudatum* (RLV), *Ptilidium ciliare*.

Von den genannten Arten ist nur *Odontoschisma denudatum* häufig anzutreffen (im degradierten Rasenbinsen-Hochmoor). Alle anderen, zum Teil winzigen Lebermoose kommen nur ganz sporadisch oder regelrecht selten vor. So ist das seltene Auftreten von *Mylia anomala* symptomatisch für das Überwiegen stagnierender oder degradierender Moorflächen (drei von 86 Probeflächen/Messpunkten). *Mylia* findet die häufigste Verbreitung auf wachsenden Torfmoosoberflächen direkt zwischen den Sphagnum-Ästchen, oder auch auf nackten aber nassen Torfen.

Auch das für Hochmoorschlenken (*Caricetum limosae*) wie für Rasenbinsen-Anmoor und Rasenbinsen-Hochmoor ebenso typische Lebermoos *Gymnocolea inflata* ist auf den Grinden recht selten geworden und stellenweise nur noch in Entwässerungsgräben zu finden, da die Moorhochfläche vielerorts zu trocken geworden ist.

Unter den Moosen sind für wachsende Moore charakteristische Arten insgesamt selten geworden.

### Heidekraut

Das Heidekraut ist auf den Grinden fast allgegenwärtig und prägt die offenen und halboffenen Heidemoore. Auch in den Rasenbinsenmooren ist das Heidekraut regelmäßig vertreten, dort aber in einer niedrigen Wuchsform mit weniger Biomasse pro Fläche.

Bemerkenswert ist, dass 2009 ein starkes Absterben des Heidekrautes zu beobachten war. In den meisten Flächen fanden sich an den Ästen des Heidekrautes im Sommer und Herbst Bereiche mit abgestorbenen Blättchen. Bis zum Spätherbst waren stellenweise ganze Pflanzen und Bestände

abgestorben. Der Aspekt der Moore war dann rostbraun anstelle des sonst bekannten dunklen Grün.

Es wird zu diskutieren sein, ob das Absterben mit der Trockenphase und der Flachwurzelung der Pflanzen in Zusammenhang steht.

### **Rasenbinse**

Die Rasenbinse wächst meist direkt über der Brandschicht und bildet mit ihren Blättern einen dichten Filz, der nur am Rand von wechsellässen Mulden/Schlenken von Torfmoosen durchdrungen wird. Auf den heidekrautarmen Stillstandskomplexen bildet die Rasenbinse sehr dichte Bestände, wobei die im Herbst absterbenden und vom Schnee zu Boden gepressten Blätter einen Streufilz auf der Mooroberfläche bilden. Die Streu bildet rohhumusartigen Torf. Dank Aerenchym kann die Rasenbinse auch tiefere Torfschichten erschließen, die häufig überstaut werden.



Abb. 36: Bestand von *Trichophorum germanicum* (VKSTA) mit Rotstengelmoos im Profil. Der Torf unter *Trichophorum* besteht zu 50 bis 70 % aus lebenden und toten Blattscheiden und Wurzeln der Rasenbinse. Der Torf ist locker und grobporenreicher als abgestorbener Sphagnumtorf.

Einige hochmoortypische Arten können sich auch in den immer noch gehölzfeindlichen monotonisierten Rasenbinsenmooren und Heidemooren halten. So findet man *Andromeda polifolia* zwar mit geringer Deckung, jedoch noch recht häufig in den Rasenbinsenmooren.

Das scheidige Wollgras teilt dieses Schicksal, kann dank seiner Wuchsform aber noch eine höhere Deckung aufrechterhalten als die Rosmarinheide.

Die Moosbeere (*Oxycoccus palustris*) ist als ausgesprochen konkurrenzschwache Art nur noch zerstreut anzutreffen und profitiert am ehesten von geschlossenen Sphagnumrasen in den Bergkiefernmooren.

Die für das *Eriophoro-Trichophoretum* eigentlich typische *Carex pauciflora* wurde bei den Untersuchungen gar nicht gefunden.

## Sonnentau

Der rundblättrige Sonnentau ist auf den Grinden selten anzutreffen. Im Bereich der Messpunkte und der Probeflächen trat *Drosera rotundifolia* nur zweimal auf. Ein Fund lag nahe Messpunkt HK05 auf dem Hochkopf sowie ein Fund in der Nähe von Messpunkt HD03 auf Anmoor an wechsellässigen Mulden. Die Seltenheit des Sonnentaus ist sicher auf das Vorherrschen wechsellässiger bis wechsellässiger Rasenbinsenmoor-Abbaustadien und Heidemoore zurückzuführen. Habitate mit ausreichend nassen und offenen Strukturen sind selten. Bei genauerer Suche würden sich vielleicht auch auf der Hornisgrinde im Bereich der wachsenden Torfmoosrasen am Rand der Kolke Exemplare des Sonnentaus finden lassen.

## Vegetation der Schlenken

Natürliche -Schlenken aus der Ordnung der *Scheuchzerietalia palustris* (Schlenken- und Fadenseggengesellschaften) fehlen in den Grindenmooren weitgehend. Die häufigen, wechsellässigen Mulden trocknen regelmäßig aus und zeigen keine Vegetation primärer Schlenken.

*Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa* und *Rhynchospora alba* kommen in den untersuchten Mooren nicht vor. Lediglich auf der Hornisgrinde liegen mehrere kolkartige Bildungen sowie schlenkenartige Mulden vor.

Von den Kolken stammen mehrere definitiv aus der militärischen Nutzung. Auch bei den untersten Kolken ist es nicht auszuschließen dass durch Grabung entstanden sind. Kleinere Schlenken wurden zum Teil durch Herrn Schiel/INULA zur Förderung der Eiablage moortypischer Libellen angelegt. In den Kolken findet sich verarmte Schlenkenvegetation. Die Kolke wurden nicht näher untersucht.

Beobachtet wurden *Warnstorfia fluitans* (viel), *Sphagnum cuspidatum* (wenig), *Sphagnum fallax* (wenig), *Carex rostrata*, *Juncus squarrosus*, *Sphagnum rubellum*, *Sphagnum magellanicum*.

## 7.4.2 Pflegeflächen und Stillstandskomplexe

Die Vegetation innerhalb der **Latschenfilze** ist recht artenarm. Häufig wird die Krautschicht von Heidelbeere dominiert. Wo der Lichteinfall zu gering ist, geht die Heidelbeere stark zurück und Moose bewachsen den abgestorbenen Torf oder es liegt nackter Nadel- und Blättchentorf vor.

Bei hoch anstehendem Grundwasser finden sich aber auch recht geschlossene Latschenbestände, deren Krautschicht reich an scheidigem Wollgras und Rosmarinheide ist. In der Mooschicht findet sich hier reichlich *Sphagnum magellanicum* und ein Torfwachstum ist sichtbar.

Die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) ist auf der Hornisgrinde und vor allen Dingen auf dem Altsteigerskopf unter Latschen auf wachsenden Torfmoosrasen (*Pinetum rotundatae*) recht verbreitet. Bemerkenswert ist ein abgesprengtes Vorkommen am Ochsenkopf.

In den halboffenen und offenen **Stillstandskomplexen** finden sich zwei Haupttypen: Flächen die von *Trichophorum* dominiert werden sowie heidekrautreiche Flächen mit *Calluna vulgaris*.

Die heidekrautreichen Flächen wirken von fern betrachtet monoton und tragen Gruppen niedrigwüchsiger Latschen. Tatsächlich ist die Vegetation der Kraut- und Mooschicht aber stark gemustert.

Auf Bereichen mit abgestorbenem Torf wachsen *Leucobryum glaucum*, *Odontoschisma den.*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum bergeri*, Preiselbeere, Heidelbeere und Rasenbinse. An nassen Mulden wachsen *Sphagnum tenellum*, *Sphagnum capillifolium* und scheidiges Wollgras. *Sphagnum capillifolium* bildet auch Bulte, die geringe Mengen von *Sphagnum magellanicum* aufweisen.

Bemerkenswert sind die Vorkommen kleiner bis kleinster **folioser Lebermoose**, die stellenweise zwischen Torfmoosen, meist aber in der Streu auf abgestorbenem Torf wachsen. Einzelne der Arten sind selten (siehe Abschnitt „Lebermoose“).

Die rasenbinsenreichen Flächen weisen fleckweise Reinbestände der **Rasenbinse** auf, die einen abgestorbenen lockeren Torf bilden. Dazwischen finden sich niedrige Bestände des Heidekrautes. Vereinzelt wächst das Heidekraut auch dichter und höher. An offenen Mulden mit abgestorbenem Torf wächst punktuell *Sphagnum tenellum*, in einzelnen Fällen auch größere Bestände bis 0,5 m<sup>2</sup>. Das scheidige Wollgras tritt mit geringer Deckung zwischen der Rasenbinse hinzu. Verstreut finden sich in den Flächen Bulte bzw. kleine Rasen von *Sphagnum capillifolium*. In nassen Mulden findet sich vereinzelt auch *Sphagnum rubellum*. Zwischen den Trieben der Rasenbinse wachsen im degenerierenden Rasenbinsen-Hochmoor häufig *Pleurozium schreberi* sowie *Odontoschisma denudatum*.

## 7.5 Torfmoose, Wassergehalt und Photosynthese

Schon Anfang Juni wurden bei sinkendem Wasserstand trockene Torfmoosköpfchen an *Sphagnum capillifolium* und *Sph. tenellum* beobachtet. In der Fläche VKSTB auf dem Vogelskopf waren schon bei der schwachen Trockenphase Anfang Juni (am 04.06.09) gar alle offenen (nicht übershirmten) Sphagnum cap.-Köpfchen trocken.

Es stellte sich die Frage, ob die Torfmoose bei sichtbarer Austrocknung der Köpfchen auch in eine photosynthetische Ruhe übergehen, also das Wachstum einstellen, oder ob sie noch assimilieren.

Dabei wurde auch beobachtet, dass an den vertikalen Torfmoospflänzchen ein starker Feuchtigkeitsgradient ausgebildet ist. Wenn die Köpfchen bei Trockenheit belüftet sind und weiß werden, sind die Ästchen unter den Köpfchen bzw. teilweise sogar die unteren Ästchen der Köpfchen noch feucht.

Bei der Interpretation der Photosynthese ist dabei zu beachten, dass nach unten hin die Feuchtigkeit der Ästchen zwar stark zunimmt, der Lichteinfall aber rasch abnimmt. Der Lichteinfall bestimmt die vertikale Ausdehnung der euphotischen Zone, also des Bereiches, in dem der Lichteinfall für eine apparente Photosynthese noch ausreicht und die Pflanzen einen Photosyntheseapparat aufrecht erhalten können.

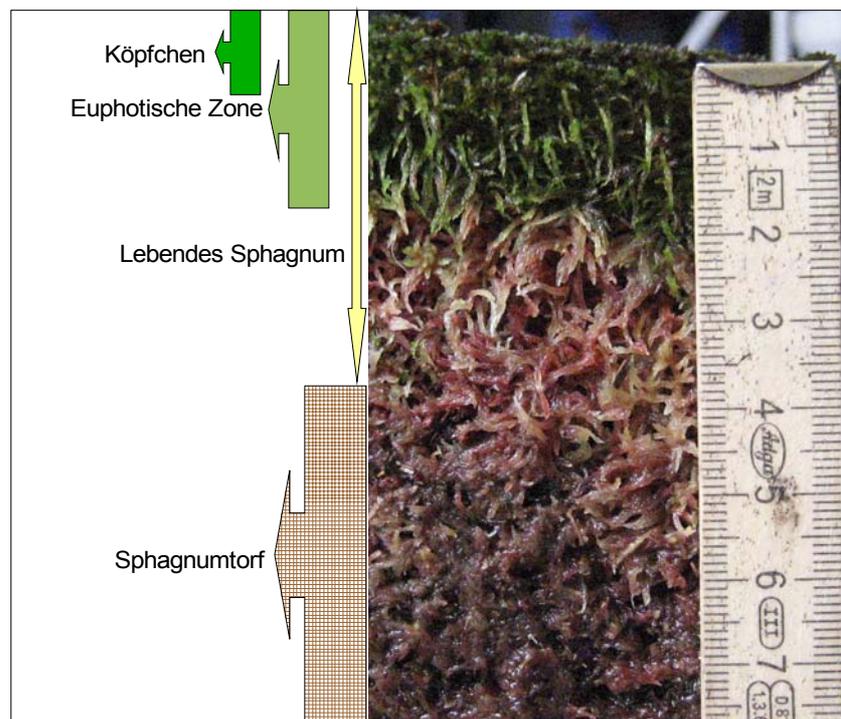


Abb. 37: Beispiel für den vertikalen Aufbau eines *Sphagnum capillifolium*-Rasens.

Bei der Nachzucht von zwei Sphagnumrasen (*Sphagnum capillifolium*, Abb. 37) zeigte sich, dass noch zwei Zentimeter unterhalb der euphotischen Zone lebendes Gewebe vorliegt. Dies wurde deutlich, als etwa zwei Wochen nach Ausstechen des Rasens grüne Triebe in drei bis vier Zentimeter Tiefe aus den gelben und bleichen Stämmchen austraten (siehe Abb. 37 links in 3,5 cm Tiefe).

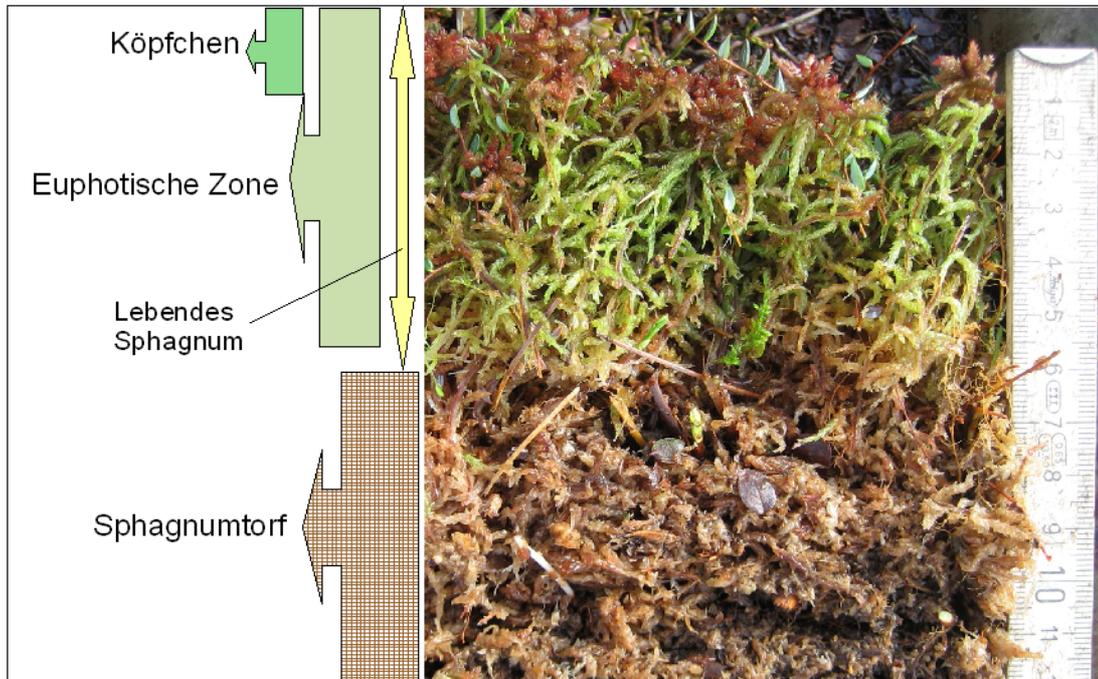


Abb. 38: Vertikaler Aufbau eines Rasens von *Sphagnum magellanicum*/Fläche APF5, zwischen 6 u. 7 cm bereits Ericaenwurzeln..

Die Untersuchung mehrerer Rasen von *Sphagnum magellanicum* zeigte, dass diese bei teilweiser Beschattung locker wachsen und eine tiefere euphotische Zone haben (bis 5 oder 6 cm). Unter den photosynthetisch aktiven Pflanzenteilen folgte fast schlagartig abgestorbener und von Ericaceen durchwurzelter Torf.

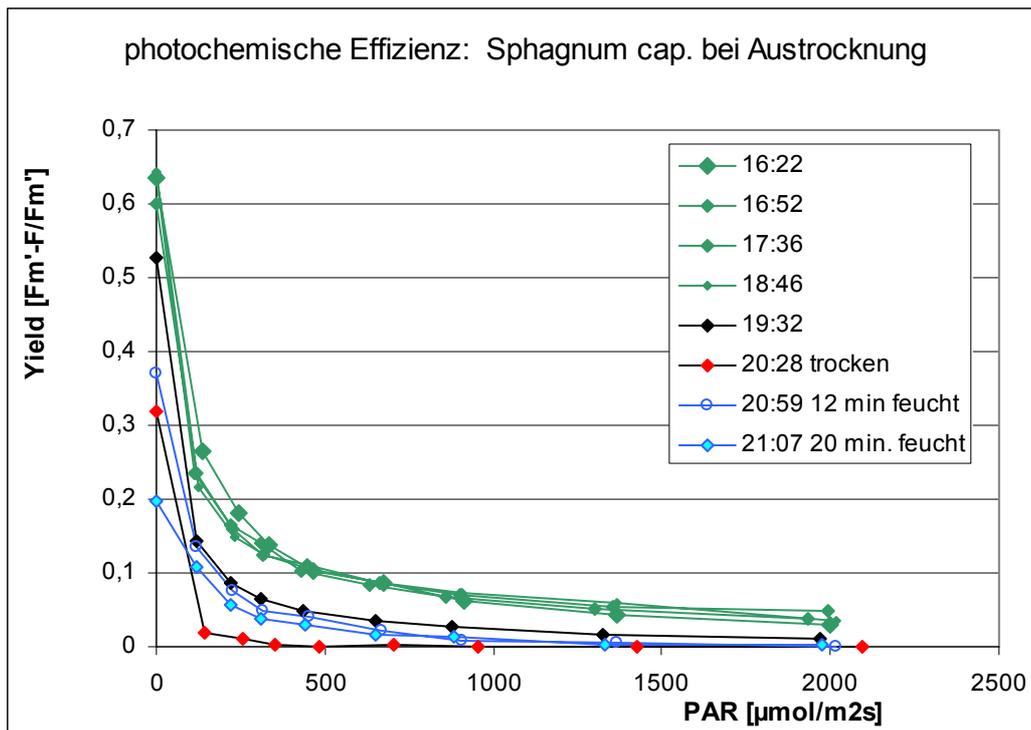


Abb. 39: Vorversuch, photosynthetische Effizienz einer *Sphagnum cap.*-Pflanze nach dem Herausziehen aus dem Sphagnumrasen. Temperatur 23-25 °C.

Auf der Hornisgrinde und am Altsteigerskopf wurden während der Trockenphase im Sommer 2009 Lichtkurven der photochemischen Effizienz aufgenommen. Als Untersuchungsobjekt dienten dabei die drei häufigsten Torfmoosarten *Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* und *S. tenellum*.

Ein Vorversuch mit *Sphagnum capillifolium* im Labor zeigte, dass das Herausziehen einer Einzelpflanze nicht zu einem baldigen Absinken der photosynthetischen Aktivität wegen Wasserverlust führt. Die gemessene Pflanze zeigte vielmehr über einen Zeitraum von zwei Stunden bei 23 °C im Starklichtbereich kein Absinken und nur im Schwachlichtbereich ein leichtes Absinken der photochemischen Effizienz.

Erst nach drei Stunden wurde ein starkes Absinken der Photosynthese gemessen. Nach vier Stunden war die Pflanze im Ruhezustand.

Eine Wiederbefeuchtung mit Spritzwasser zeigte schon nach 12 Min. ein Wiederanspringen der Photosynthese.

Abb. 40 zeigt, dass am 01.07.09 trotz vorheriger geringer Niederschläge bei recht hohen Temperaturen von 24 bis 29 °C schon eine Absenkung der photochemischen Effizienz der drei untersuchten Torfmoosarten gegenüber Torfmoosen am Kolkrand zu beobachten ist. Alle Torfmoose um Fläche HGST1 liegen bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 µmol / m<sup>2</sup>sek unter oder bei einem Yield-Faktor von 0,1. Auch am Kolkrand lag die Temperatur bei 24 - 28 °C.

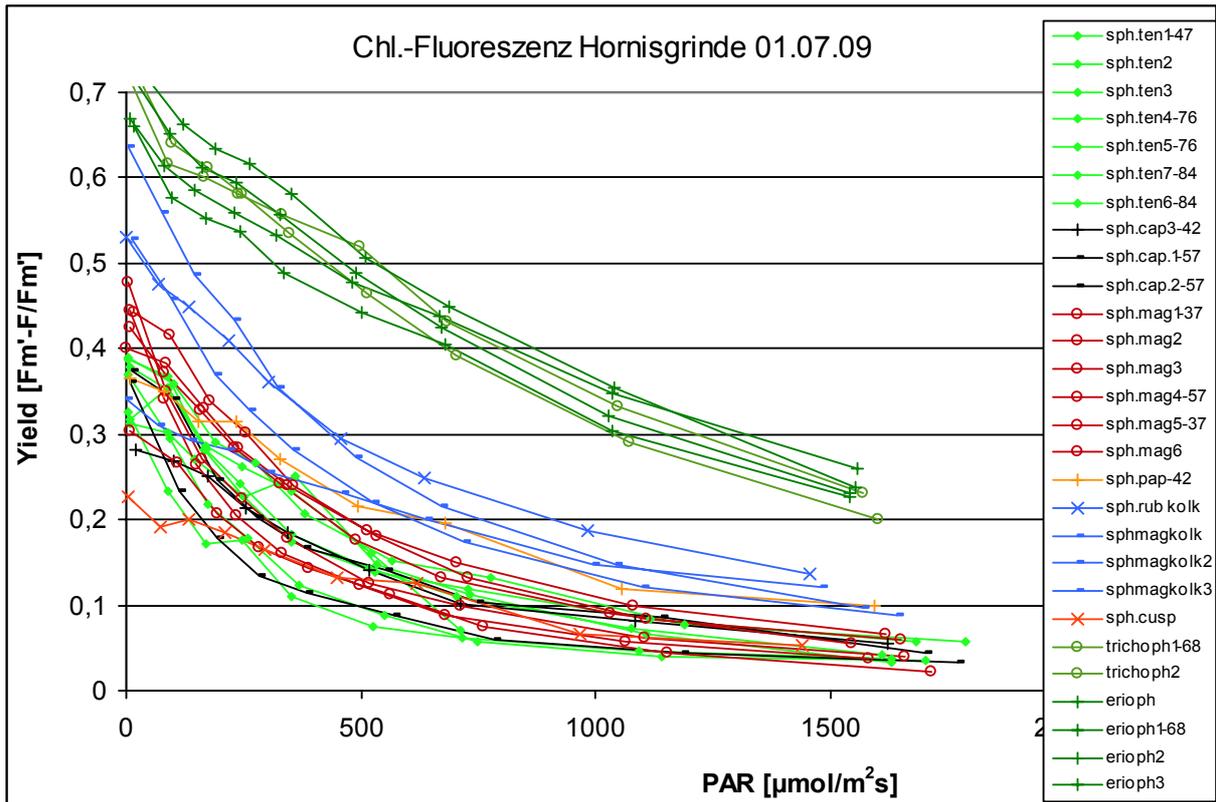


Abb. 40: Chlorophyllfluoreszenz am 01.07.09, 9.30 Uhr – 11.00 Uhr, 24 – 29 °C, in und um Probestfläche HGST1, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.

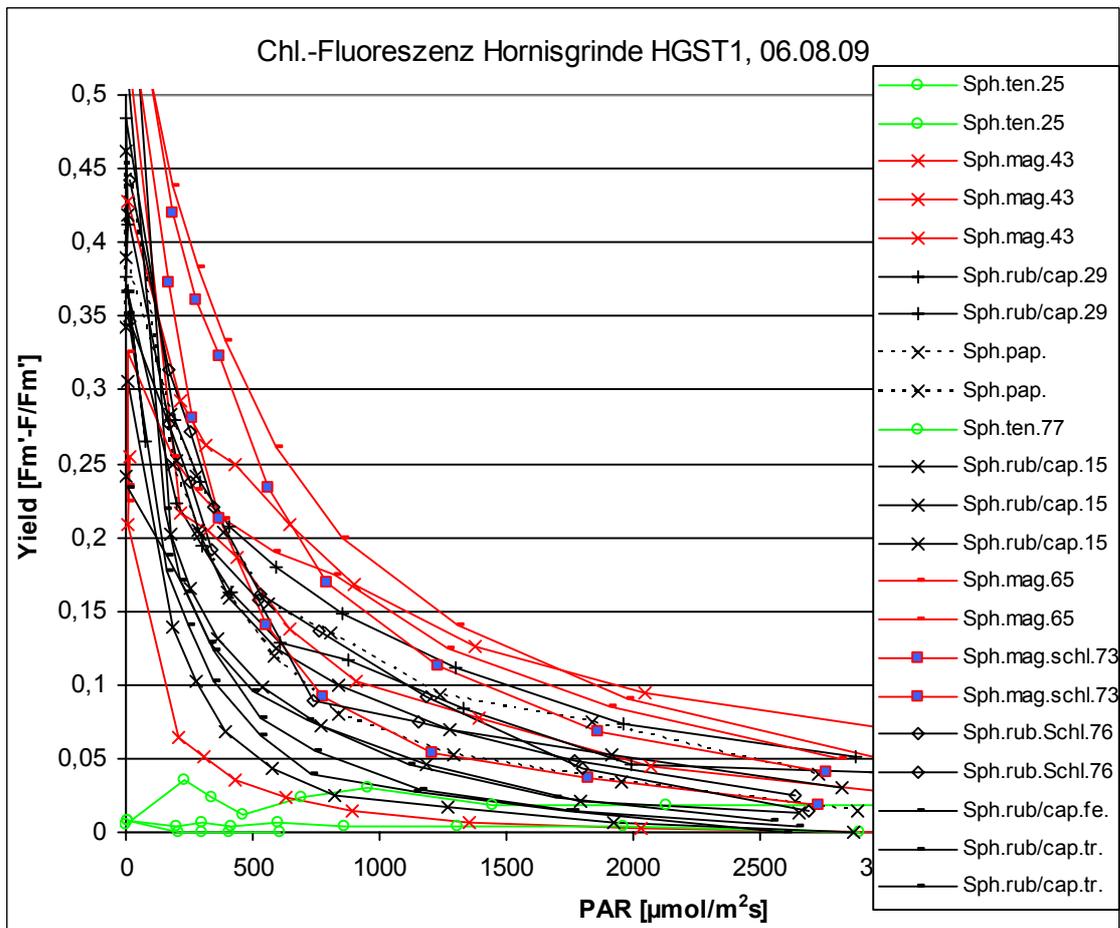


Abb. 41: Chlorophyllfluoreszenz am 06.08.09, 12.10 Uhr – 13.20 Uhr, in und um Probestfläche HGST1, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm, fe = feucht, tr = trocken.

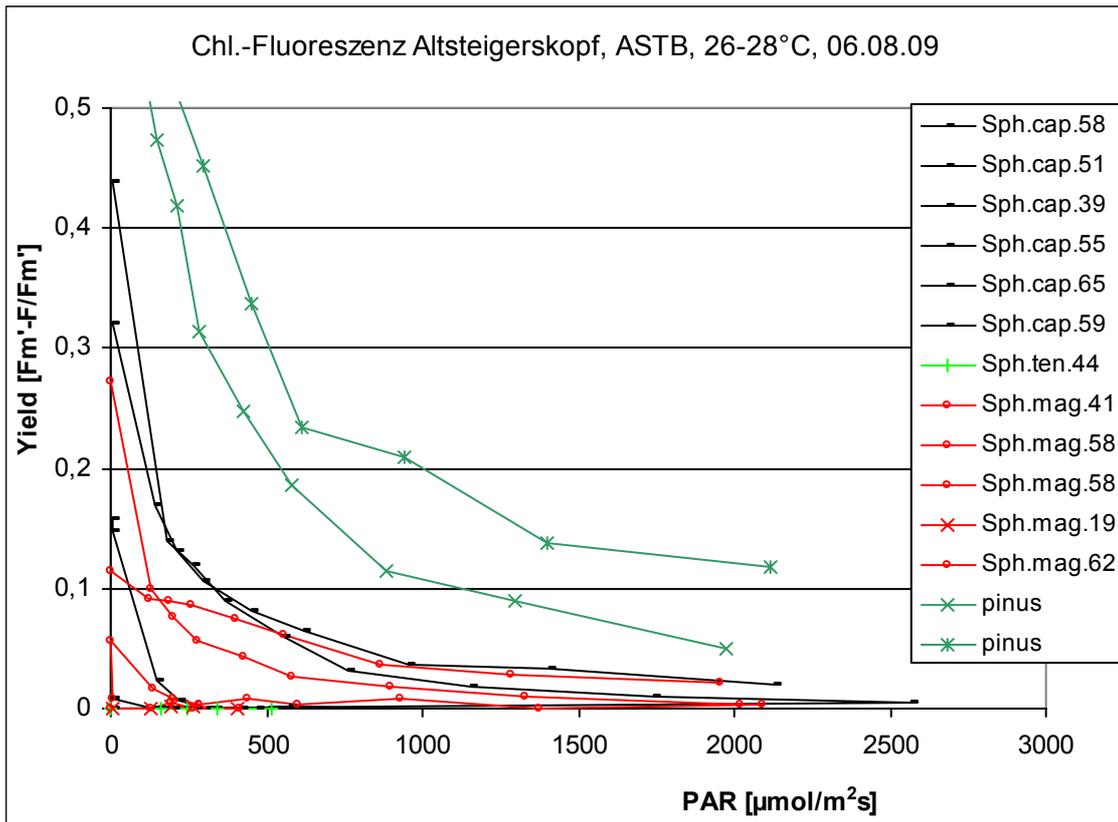


Abb. 42: Chlorophyllfluoreszenz am 06.07.89, in Probestfläche ASTB, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.

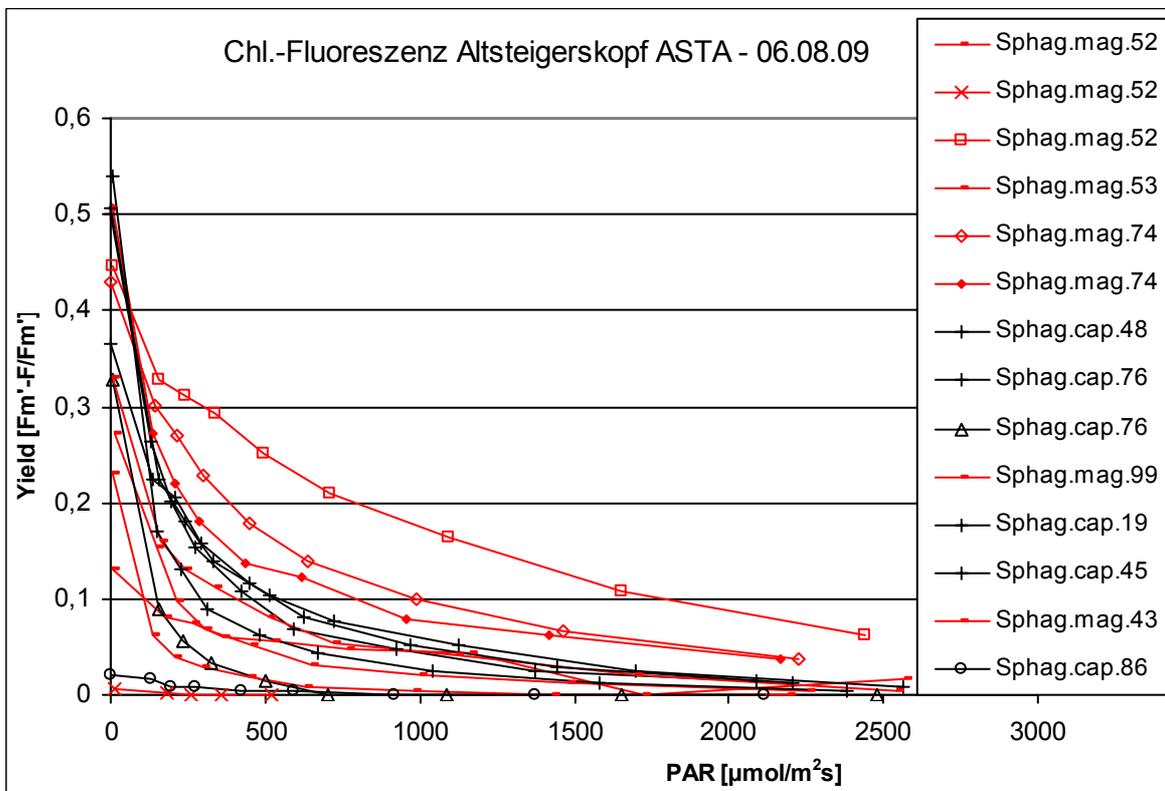


Abb. 43: Chlorophyllfluoreszenz am 06.08.09, in und um Probestfläche ASTA, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.

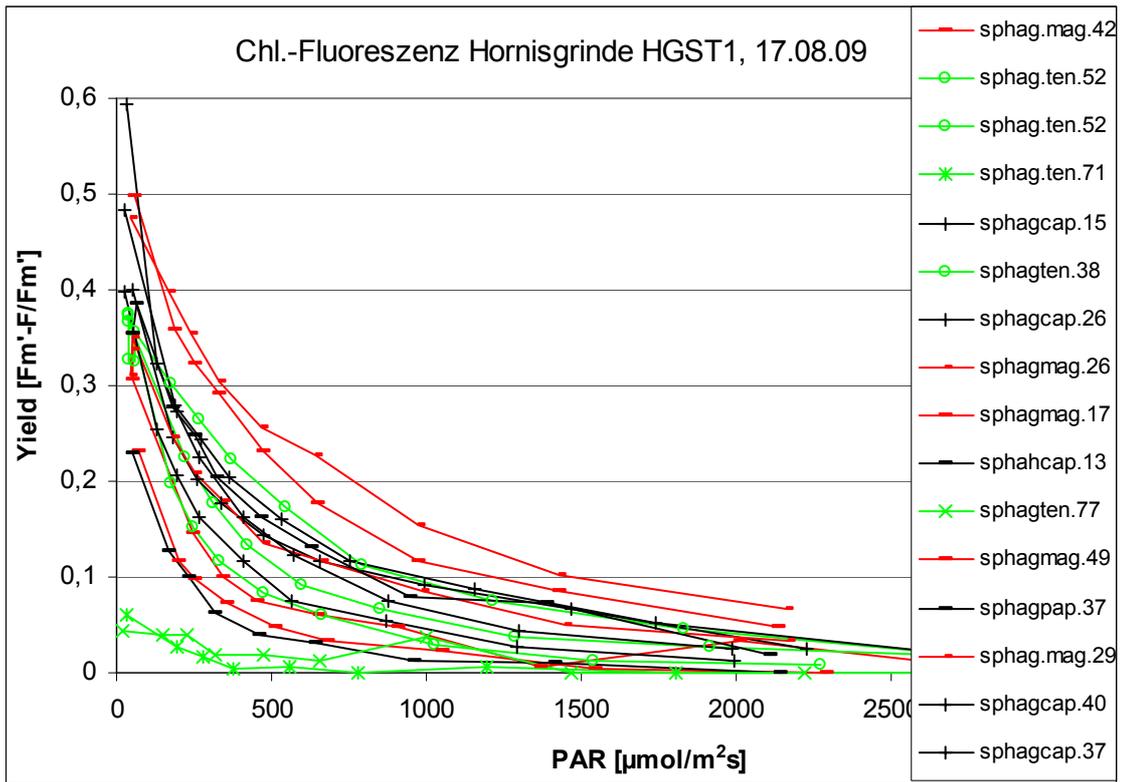


Abb. 44: Chlorophyllfluoreszenz am 17.08.09 in und um HGST1, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm.

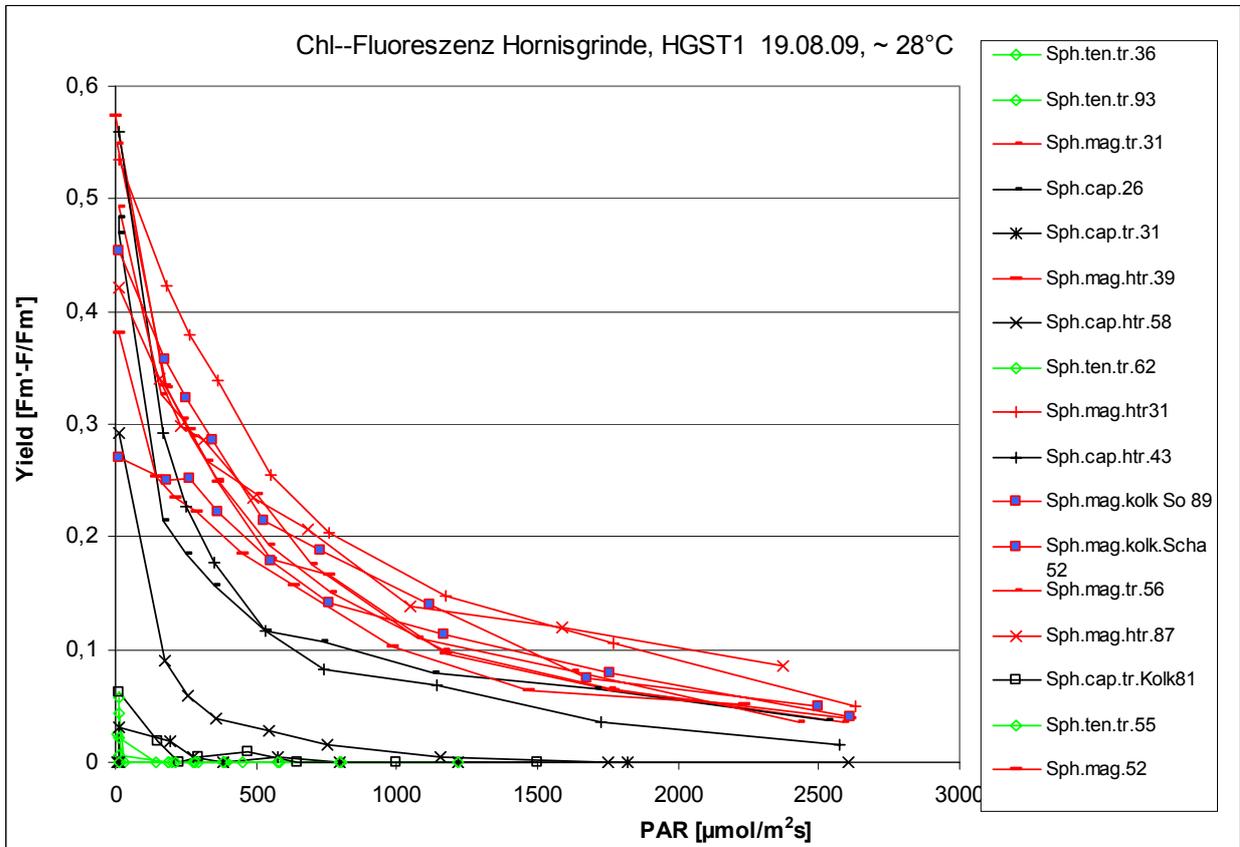


Abb. 45: Chl.-Fluoreszenz Hornisgrinde am 19.08.09, tr = trocken, htr = halbtrocken, Zahlen = Wassergehalt in 0 – 10 cm Tiefe, Temp. 26 – 31 °C, Zahlen = Wassergehalt 0 – 10 cm, tr = trockener Habitus (Hyalocyten belüftet), htr. = halbtrocken, f. = feucht.

Abb. 44 verdeutlicht den starken Abfall bzw. das Ruhen photosynthetischer Aktivität an einem heißen Nachmittag auf der Hornisgrinde um die Probestfläche HGST1. Auch *Sphagnum magellanicum*-Pflanzen sind inaktiv oder nahe der Dormanz.

Abb. 45 zeigt ein interessantes Phänomen, welches während der Trockenperiode mehrfach beobachtet wurde: An der Wetterstation Ruhestein war seit dem 13.08.09 kein Niederschlag gefallen.

In klaren Nächten kam es auf der Hornisgrinde aber zu sichtbarem Taufall an der Mooroberfläche bzw. direkt auf den Torfmoosen.

Dabei konnte sich offenbar nur *Sphagnum magellanicum* bzw. vereinzelt auch *Sphagnum capillifolium* mithilfe der Taubefeuchtung aus der Dormanz wieder in einen photoaktiven Zustand bewegen. Alle Pflanzen von *Sphagnum tenellum*, zwei *Sphagnum mag.*-Pflanzen und fünf *Sphagnum cap.*-Pflanzen blieben trotz Taufall ganz oder weitgehend in der Dormanz. Ein Vergleich mit zwei *Sphagnum mag.*-Pflanzen am Kolkrand zeigt, dass die taubefeuchteten *Sphagnum mag.*-Pflanzen vorübergehend durchaus eine gute photochemische Effizienz von über 0,1 bei einer Bestrahlung von 1000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{sek}$  erreichten.

Interessanterweise wiesen fast alle der photoaktiven *Sphagnum mag.*-Pflanzen belüftete Hyalocyten auf, waren also augenscheinlich trocken, bzw. wurden als „halbtrocken“ bezeichnet, wenn zumindest ein großer Teil der Hyalocyten belüftet war.

Offenbar kann *Sphagnum magellanicum* auch bei belüfteten Hyalocyten den Wassergehalt in den Chlorocyten noch auf einem für die Photosynthese notwendigen Niveau halten.

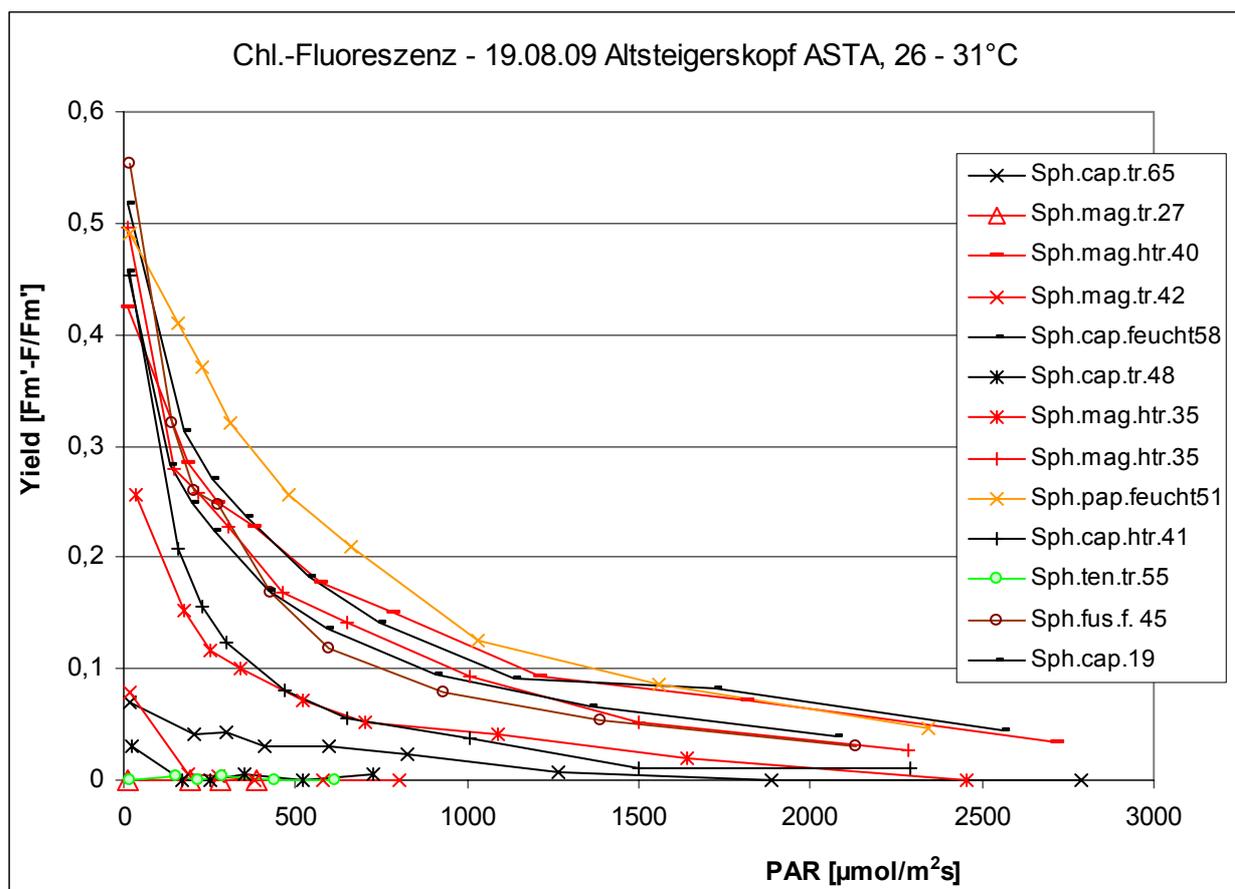


Abb. 46: Lichtkurven der photochemischen Effizienz am Altsteigerskopf, Zahlen = Wassergehalt in 0 – 10 cm Tiefe, tr = trockener Habitus (Hyalocyten belüftet), htr. = halbtrocken, f. = feucht.

## Fazit

Bei Wassergehalten von 30 bis 75 % im Hauptwurzelschicht/horizont/nahen Sphagnum-Torf wird der kapillare Nachstrom unterbrochen. Die Torfmoose gehen in den Ruhezustand.

Es wurde im Sommer 2008 und 2009 beobachtet, dass *Sphagnum tenellum* immer zuerst trockene Köpfchen zeigt, gefolgt von *Sphagnum capillifolium*. *Sphagnum magellanicum* trocknet zuletzt aus und zeigt teilweise auch bei belüfteten Hyalocyten in den Köpfchen noch messbare photochemische Aktivität.

Die neben den untersuchten Sphagnumarten angegebenen Wassergehalte zeigen eine starke Varianz und nur eine schwache oder keine Korrelation zwischen der photochemischen Effizienz einer Probe und dem gemessenen Wassergehalt unter dem Sphagnumrasen.

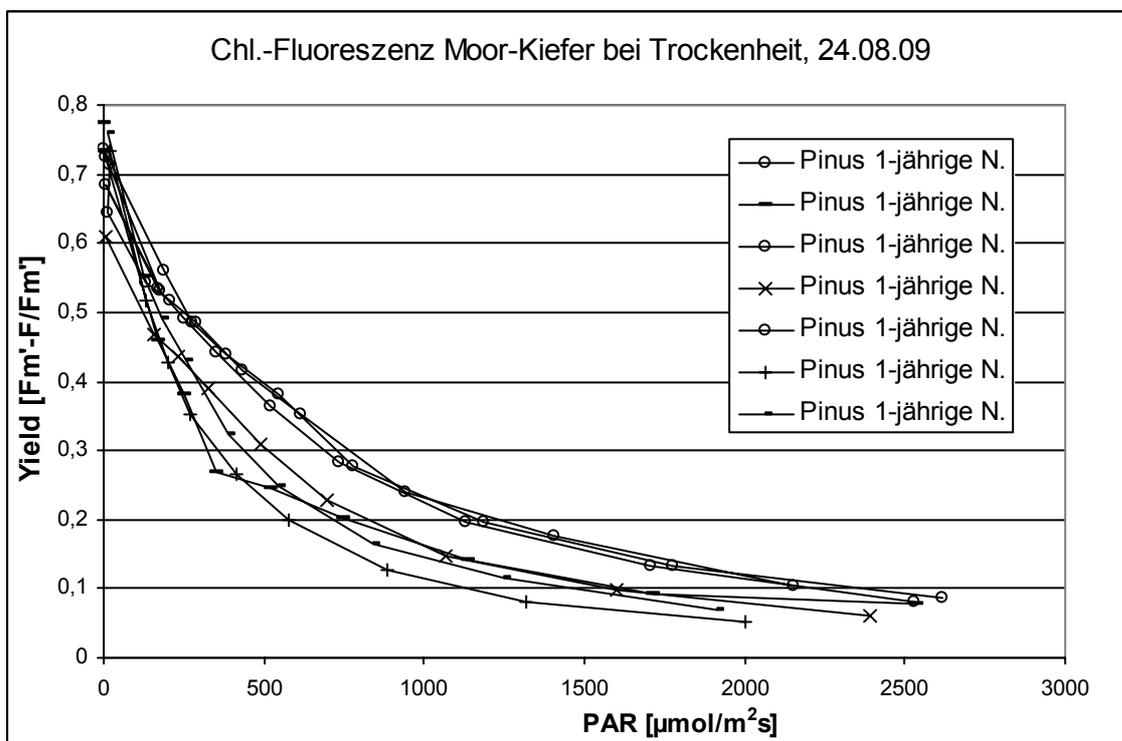


Abb. 47: Lichtkurven der Chlorophyllfluoreszenz an 7 Moor-Kiefern (strauchförmig) in ASTB, 24.08.09, Lufttemp. 27°C, einjährige Nadeln.

Abb. 47 zeigt, dass vier der in Probefläche ASTB am 24.08.09 untersuchten Moor-Kiefern bei einer Beleuchtungsstärke von  $1000 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{sek}$  mit einem Yield-Faktor von 0,15 bereits eine abgesenkte photosynthetische Aktivität aufweisen. Eine vitale Moor-Kiefer zeigt in der Vegetationsperiode eine photochemische Effizienz von 0,25 bis 0,35 (VON SENGBUSCH 2004)

## 7.6 Torfkunde

### 7.6.1 Raumgewicht des Torfes

Von einigen bei der Profilansprache in den Probeflächen entnommenen Proben wurde das Raumgewicht bestimmt.

Probefläche	Horizont [cm]	Raumgewicht [g / l]
ASTA	1-8	60,7782353
ASTA	6-15	126,117647
ASTB	1-5	100,588235
ASTB	6-16	114,116569
HGST1	6-14	122,032086
HGST2	7-15	142,205882
HGST2	10-14	152,94
VKSTA	2-6	142,352941
VKSTA	7-14	155
VKSTB	1-8	89,9127451
VKSTB	7-15	163,529412
SCSTA	2-6	48,8419804
SCSTA	8-14	145,714286
SCSTB	2-6	146,470588
SCSTB	6-14	188,627451
MPHG08	6 - 10	190,59
MPAS14	9 - 13	185,88

Tab. 10: Raumgewicht von 72 Torfproben aus den Probeflächen der Stillstandskomplexe. Angegeben Mittelwerte pro Fläche und Horizont.

Die Messwerte zum Raumgewicht verdeutlichen den starken Sprung der Torfeigenschaften von der obersten schwach zersetzten Torfschicht zum Brandhorizont. Mit Werten von 38 bis 59 g/l liegt das Raumgewicht der Torfe unter den lebenden Sphagnumrasen auf dem Niveau wachsender Hochmoorflächen wie im Rotmeer (51,8 g/l), im Ennersbacher Moor (60,3 g/l) oder im Zentrum des Steerenmoos (61,4 g/l) (siehe Vergleichswerte VON SENGBUSCH 2006).

Direkt unter der Brandschicht liegen bei den meisten Flächen mit einem Raumgewicht von 91 bis 208 g/l **hohe bis sehr hohe Werte** vor. Dies ist das Drei- bis Vierfache des Raumgewichts der Proben oberhalb der Brandschicht und entspricht dem Niveau bzw. übertrifft das Niveau entwässerter, stark vererdeter Hochmoortorfe (siehe Diskussion).

In manchen Flächen mit recht hohem Wasserstand findet sich unter der Brandschicht auch mittelstark zersetzter Sphagnumtorf, wobei Torfmoos-Blättchen noch erkennbar sind.

### 7.6.2 Brandschicht / Ascheschicht

In allen Messpunkten und Probestellen außer dem Ochsenkopf wurde eine Brandschicht oder Ascheschicht gefunden (siehe Abb. 48). Dabei liegt in den meisten Fällen eine schwarzgraue, etwa 4 cm mächtige Schicht von sehr stark zersetztem Torf vor.

Der Torf der Brandschicht ist in manchen Flächen (trockenere Flächen) sehr dicht und kann kaum gequetscht werden. Er hat dort eine lehmartige Konsistenz und Raumgewichte bis 190 g/l (Tab.10).

In nasserer Flächen ist der Torf der Brandschicht sehr stark abgebaut, hat aber eine breiige, weiche Konsistenz und geht bei der Quetschprobe zu 100 % durch die Finger. Das Raumgewicht dieser Torfe in der Brandschicht dürfte deutlich geringer sein als in den trockeneren Flächen.

In den Mulden, die häufig randlich von von *Sphagnum tenellum* bewachsen werden, liegt die Brandschicht direkt unter der Oberfläche und ist durch jahrzehntelange Quell- und Schrumpfdynamik verwischt. Die Mächtigkeit der Ascheschicht beträgt dort oft über 6 cm.



Abb. 48: Torf-Teilprofil unter MPAS04 mit Brandschicht, oberhalb der Brandschicht liegt Leucobryumtorf, unter der Brandschicht Sphagnumtorf mit Humositätsgrad H7.

In der Brandschicht finden sich nur selten Kohlepartikel. Dies ist nicht erstaunlich, da viele Moorflächen, wie etwa Fläche AS04 bis zum Brand noch Torfwachstum zeigten und wohl keine Gehölzschicht trugen.

### 7.6.3 Durchwurzelungstiefe & Partitionierung des Wurzelraumes

Die Untersuchung des Torfes in allen Messpunkten zeigte ein interessantes Ergebnis: Der Wurzelraum wird von den beteiligten Arten unterschiedlich erschlossen. Die Moor-Kiefer, so an einem Messpunkt vorhanden, wurzelte nur in wenigen Ausnahmen in oder unter der allgegenwärtigen Brandschicht. In den meisten Flächen beschränkt die Moor-Kiefer ihre Feinwurzeln auf den Wurzelraum über der Brandschicht. **Damit wird klar, dass der Wurzelraum der Moor-Kiefer auf nicht wachsenden Torfen auf wenige Zentimeter beschränkt ist. Damit sind die Bedingungen für die Kiefer ähnlich ungünstig wie im wachsenden Hochmoor, nur dass dort der Wurzelraum durch den Wasserspiegel begrenzt wird und der Wasserstand sommerlich nicht so stark abfällt wie in den Grindenmooren.**

Das Heidekraut (*Calluna*) wurzelt etwas tiefer als die Moor-Kiefer und endet in vielen Profilen im oberen Bereich der Brandschicht oder auch direkt auf der Brandschicht. In wenigen Fällen wurzelte *Calluna* auch durch die Brandschicht hindurch.

Die Rasenbinse (*Trichophorum cesp.*) wurzelt deutlich tiefer als die beiden erstgenannten Arten. *Trichophorum* dringt mit seinen Feinwurzeln praktisch immer durch die Brandschicht und wurzelt oft bis 20 cm Tiefe. Stellenweise finden sich lebende *Trichophorum* wurzeln auch bis 25 cm Tiefe.

## Wurzelraum, Sperrschicht und Wasserpegel

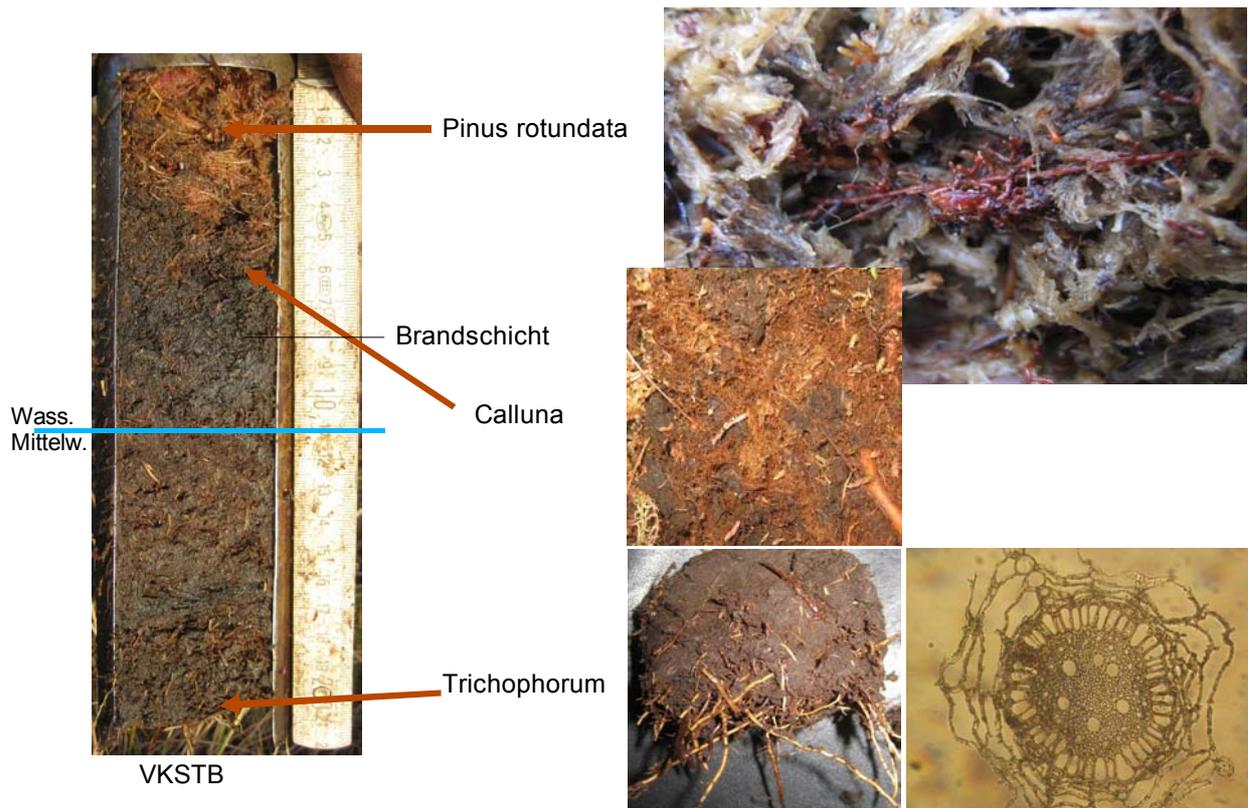


Abb. 49: Torfprofil aus VKSTB mit Sphagnumtorf, Brandschicht und stark zersetztem Torf unter der Brandschicht. Oben Feinwurzeln der Moor-Kiefer, Mitte haarige Feinwurzeln von Calluna, unten Trichophorumwurzeln im Torf sowie rechts im Querschnitt mit Aerenchym. Blau Wasserpegel-Jahresmittelwert in VKSTB.

Das scheidige Wollgras ist ebenfalls befähigt, durch die Brandschicht hindurch in den meist überstauten tieferen Wurzelraum vorzudringen.

Der Unterschied im Wurzelverhalten erklärt sich, wenn man einen Querschnitt durch die Wurzeln von *Trichophorum* anfertigt: Der Zentralzylinder macht nur etwa ein Viertel des Querschnittes aus. Der übrige Raum bis zur Wurzelrinde wird von dünnwandigem **Aerenchym** (abgestorbene weitleumige Zellen) eingenommen, welches den Gastransport in den Wurzeln ermöglicht (s. Abb. 49 u. 50).

Somit verfügt *Trichophorum* über einen wirksamen Mechanismus, um bei hohen Wasserständen bzw. bei hoher Feldkapazität der stark zersetzten Torfe den Stoffwechsel der lebenden Wurzelzellen aufrecht zu erhalten. Das Gleiche gilt für *Eriophorum vaginatum*.

Offenbar liegt also eine **Partitionierung** des Wurzelraumes vor.

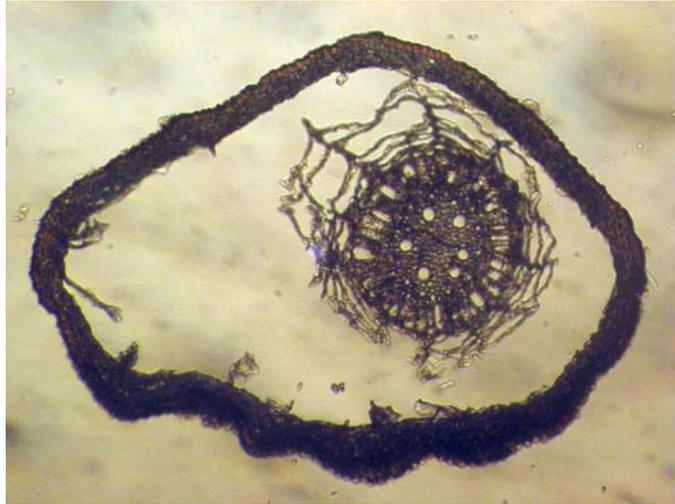


Abb. 50: Wurzelquerschnitt von *Trichophorum cespitosum*. Zellwände des Aerenchym bei Präparation von Wurzelrinde abgerissen.

Abb. 49 verdeutlicht die etagenweise Nutzung des Wurzelraumes durch die drei Arten in den Stillstandskomplexen. Dabei liegt der Median des Wasserstandes 2008/2009 in der Fläche VKSTB etwa auf der Höhe der blauen Linie, also direkt unter der Brandschicht.

	ASTA	ASTB	APF3V	APF4V	APF5	APF5V	SCSTA
Wasserp.Median 08/09 [cm]	-8,6	-9,6	-10,33	-9,28	-4,95	-6,05	-17,4
Tiefe Pinusfeinwurzeln [cm]	-7	-7	-13	-8	-16	-9	-10

Tab. 11: Tiefe der Feinwurzeln von *Pinus rotundata* in einigen Probeflächen mit Wasserpegelman 2008/2009.

Tab. 11 dokumentiert die Tiefe der Feinwurzeln der Latsche in denjenigen Wasserpegelprobeflächen, in denen Kiefernwurzeln zu finden waren.

Dabei enden die Feinwurzeln meist wenige Zentimeter über dem Median des Wasserpegels.

Damit wird deutlich, dass die Feinwurzeln bei einer Amplitude von 15 bis 36 cm dennoch gelegentlich kurzzeitig überstaut werden. In den Flächen APF5 (seit 2005 keine Latschen mehr) und APF5V wurden die Torfprofile in wachsenden etwas erhöhten Sphagnumrasen entnommen. Da die Wasserpegelrohre in den Mulden positioniert waren, ergibt sich in diesen beiden Flächen eine verfälschte Angabe der Tiefe der Kiefernfeinwurzeln. Auf die Mulden bezogen dürften die Feinwurzeln auch hier deutlich über dem Wasserpegelman liegen.

#### 7.6.4 Quellung/Schrumpfung und „Mooratmung“

Mit dem Vorhandensein der Brandschicht liegt (Ausnahme Ochsenkopf) in allen Grindenmooren recht nahe unter der Oberfläche auch eine Schicht mit stark zersetztem feinporenreichem Torf vor. In vielen Mooren findet sich auch unter der Brandschicht nur stark abgebauter, dichter Torf. Stark mineralisierter Torf hat physikalische Eigenschaften, die Tonböden ähnlich sind.

An OH-Gruppen, Carboxyl-Gruppen und anderen funktionellen Gruppen an Zellulose, Polymeren wie Pektin und Lignin sowie an Proteinen bzw. allgemein an Huminstoffen als Abbauprodukten der genannten Gruppen können große Mengen von Wasser gebunden werden. Stark abgebauter Torf neigt damit bei wechselndem Wassergehalt zu einem dem Ton analogen Quell- und Schrumpfungsverhalten.

Teile der stark abgebauten Torfe sind durch den Schutz der Vegetation (*Trichophorum*, Wollgras, Moose) bzw. durch junge, grobporenreiche Torfschichten vor starker Austrocknung ge-

schützt und der Wassergehalt des Torfes in 10 bis 20 cm Tiefe sinkt bei tiefem Wasserstand nicht oder nur wenig unter Feldkapazität.

An allen offenen Mulden (schlenkenartige Rinnen und Depressionen) sowie an Rändern von Rüllen, Gräben und Torfstickkanten liegt der stark zersetzte Torf aber offen. Wegen seiner dunklen Farbe erwärmt sich der Torf im Sommer auf über 45 °C (eigene Messungen mit Infrarotthermometer).

Wegen des sehr hohen Anteils an **Feinporen** entfaltet der Torf bei ausreichendem Sättigungsdefizit der Luft (hohe Windgeschwindigkeiten v.a. auf der Hornisgrinde) eine hohe Kapillarkapillare Wirkung und die Torfe trocknen im Verlauf von Tagen stark aus. Schließlich übersteigt der Wasserverlust die Wassernachlieferung und die Austrocknung auch in Tiefen von mehr als 10 cm ist so stark, dass die Torfe schrumpfen und fast bis zur Grundwasseroberfläche aufreißen. Es entsteht ein polygonales Rissmuster wie es von tonreichen Böden bekannt ist.

Der Torf aggregiert durch elektrostatische Wechselwirkungen zwischen den funktionellen Gruppen der Huminstoffe nachhaltig, d.h. irreversibel und wird schließlich hydrophob.

Da die obersten Torfschichten stärker austrocknen und stärker schrumpfen als die tieferen Schichten, reißen sie schließlich ab, trocknen durch und liegen als „puffige“ Torfplättchen dem Moor obenauf.



*Abb. 51: links Schrumpfrissbildung in Mulde mit offenem Torf, Südgipfel / Hornisgrinde, rechts durch Austrocknung puffig gewordener, abgelöster Torf, Hornisgrinde 2009.*

In der Folge quillt der Torf auch bei Wiederbefeuchtung zunächst nicht mehr. Die Schrumpfrisse schließen sich auch nach Überstauung nicht.

Die Schrumpfung nackter Torfe tritt nicht erst nach wochenlangen Trockenphasen sondern bereits kurzfristig nach mehrtägigem Abtrocknen auf.

Schon am 03.06.09 wurden auf offenem Torf am Altsteigerskopf (APF3) Schrumpfrisse beobachtet



*Abb. 52: links hydrophober Torf, auch Wochen nach Überflutung schließen sich die Schrumpfrisse nicht vollständig (Hornisgrinde, Okt. 2009), rechts: Schrumpfrisse Hornisgrinde, August 2009.*

### **Mooratmung**

In acht Probestellen wurde im Mai 2009 eine Eisenstange bis zum mineralischen Grund eingeschlagen. Mit Hilfe dieser Stange konnte die Schrumpfbewegung- und Quellungsbewegung der Mooroberfläche gemessen werden.

Die Auswertung der Daten zeigte, dass die vertikale Schrumpfbewegung der Mooroberfläche nur etwa 1 bis 2 cm beträgt. Setzt man die Mächtigkeit des Akrotelm mit der Tiefe des Wasserpegels am 24.08.09 an [dieses Niveau wurde auch 2008 während der Frühjahrs-trockenperiode fast erreicht, das Tiefst-Niveau am 1.10.09 wird dabei als Ausreißer betrachtet], so beläuft sich die vertikale Schrumpfbewegung in den Probestellen auf Werte von 3,5 bis 6 % der Akrotelmmächtigkeit (s. Tab. 12).

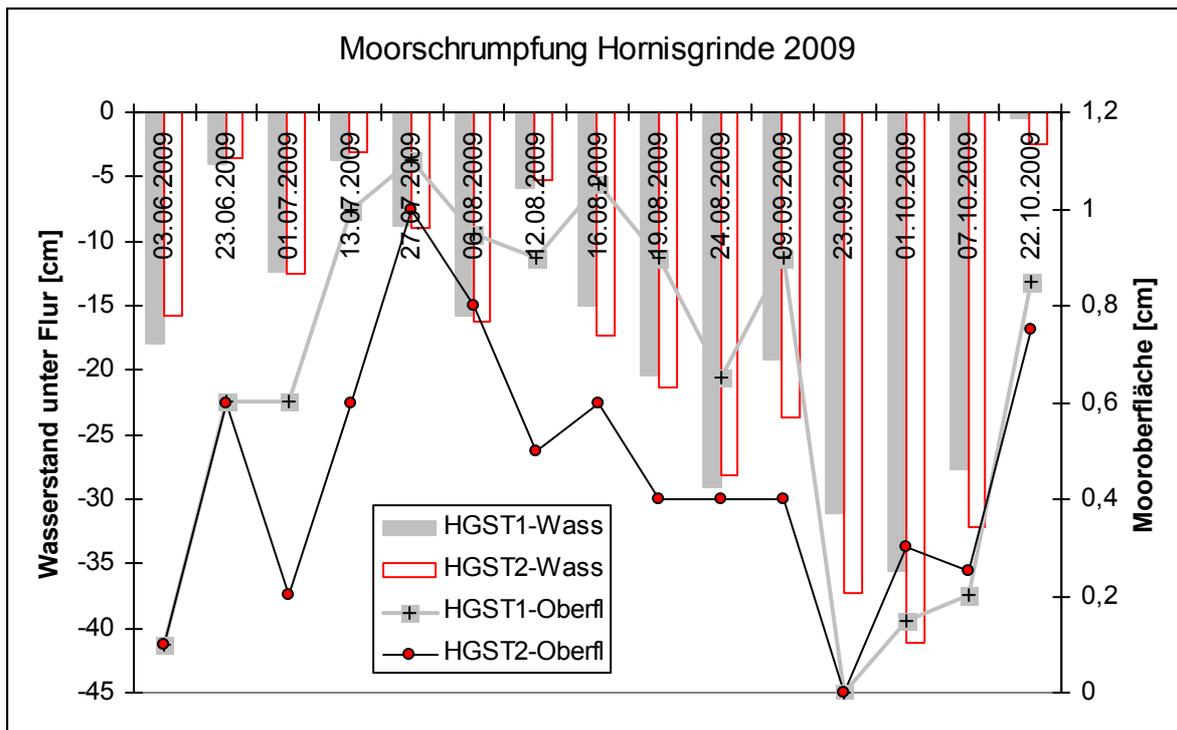


Abb. 53: „Mooratmung“ auf der Hornisgrinde 2009.

	Akrotelm [cm]	Schrumpfung [%]	Schrumpfung abs. [cm]
ASTA	28,6	4,55	1,3
ASTB	31,3	4,95	1,55
APF5	28,4	(9,86)	2,8
APF5V	28,85	6,07	1,75
HGST1	29,2	3,43	1
HGST2	28,3	3,53	1
VKSTB	24,8	5,65	1,4
SCSTA	29,7	(6,9)	2,05

Tab. 12: Moorschrumpfung absolut und in % der Mächtigkeit des Akrotelm, n =15 Hornisgr, n =10 bei den übrigen Flächen. Werte in Klammer mit unsicheren Daten wegen Tritt durch Kleinwild).

### 7.6.5 Erosion und Rillenbildung

Auf der Hornisgrinde und dem Altsteigerskopf finden sich am Hangfuß bzw. stellenweise auch mitten in den Hangmooren rillenartige, tiefe Rinnen.

Es wird allgemein darüber spekuliert, ob diese Rillen rezente Erosion aufgrund von Moorreifung darstellen.

Auf dem Südgipfelmoor der **Hornisgrinde** fallen insbesondere mehrere große Rillen am Hangfuß östlich des Bohlenweges auf. Diese Rillen wurden begangen und untersucht.

Dabei fiel auf, dass heute neben dem Bewuchs durch Latschen auch an den meisten Stellen Torfmoose und Laubmoose sowie Calluna, Trichophorum und Wollgras den früher offenen Torf der Grabenflanken bewachsen. So finden sich Rasen von *Sphagnum magellanicum*, *Dicranodontium denudatum* zwischen den Gefäßpflanzen.

Damit ist es unwahrscheinlich, dass in diesen Rillen noch rezente Erosion stattfindet. Stellenweise kommt es wohl zu Abbrüchen von Torf an den Grabenschultern, dies stellt aber eher einen Nivellierungsprozess im aktuellen Relief dar. Es gibt keine Anzeichen für eine rückschreitende

Erosion an diesen Rüllen. Der Ursprung der Rüllen liegt wohl in Erosionsprozessen unmittelbar nach dem Brand von 1800 (siehe Diskussion).



*Abb. 54: bewachsene Rülle unterhalb des Bohlenweges, östlicher Moorbereich Südgipfelvermoorung Hornisgrinde 2009.*

Am **Altsteigerskopf** ergibt sich ein anderes Bild. Auf dem Sattel im nördlichen Moorbereich wurden früher umfangreiche Torfstiche angelegt. An den alten Torfstichkanten zum westlich anschließenden Hangmoor kommt es bislang zu keiner Verheilung der offenen Torfoberflächen. Dort ist vielmehr rezente Erosion zu beobachten. Wegen des hohen Gefälles scheinen sich zwei größere Rüllen durch rückschreitende Erosion in das Hangmoor hinein zu fressen. Außerdem führt die tägliche Trittbelastung durch Hirsche an den Böschungen zu einem Abbröckeln von Torf und zur Behinderung des Bewuchses durch Moose und Gefäßpflanzen.



*Abb. 55: Alte Torfstichkante mit Erosionserscheinungen, im Hintergrund Erosionsrinne ins Hangmoor, Hangneigung rechts im oberhalb gelegenen Hangmoor 6°, nordwestl. Moorteil Altsteigerskopf.*

Im Hangmoorbereich östlich der Darmstädter Hütte finden sich tiefe Gräben, die den Charakter von Rüllen aufweisen. Ein Blick auf das digitale Höhenmodell (Abb. 77) zeigt, dass die drei Gräben auffällig gerade und auch parallel verlaufen. Außerdem folgen die Gräben nicht direkt dem Gefälle der Mooroberfläche. Da Rüllen durch Abflussbündelung des Oberflächenabflusses bei großer Hanglänge entstehen, Entwässerungsgräben aber willkürlich senkrecht oder schräg am Hang angelegt werden, drängt sich der Verdacht auf, dass zumindest Teile der dortigen Gräben künstlich angelegte Drainagegräben darstellen. Ein definitiv künstlich angelegter Graben oberhalb Probefläche ASTB beweist, dass in diesem Hangmoorbereich von Menschenhand gegraben wurde.

Am **Schliffkopf** finden sich im Hangmoor keine Gräben und auch keine Rüllen. Die heutige Mooroberfläche mit ihrem getreppten Muster scheint auf natürliche Weise entstanden zu sein.

Auf dem **Vogelskopf** findet sich ein großer Entwässerungsgraben, dessen Flanken heute von Latschen und Moosen bewachsen sind. Hier findet keine rezente Erosion statt.

Im westlichen sowie im südlichen Moorbereich ist aber ein recht dichtes Netz von zugewachsenen Rinnen und Gräben zu beobachten. Da die Rinnen oft zickzack-förmigen Verlauf zeigen, ist es wahrscheinlich, dass es sich um Erosionsrinnen handelt. Diese dürften direkt nach dem letzten Brand im offenliegenden Torf entstanden sein. In den Rinnen ist heute keine rezente Erosion zu beobachten. Sie sind fast völlig von Vegetation bedeckt.

### 7.6.6 Torfabbau

Neben der Mineralisierung der belüfteten Torfsubstanz durch Bakterien und Pilze findet stellenweise auch ein Torfabbau durch Anneliden (Ringelwürmer) statt. So wurde auf der Hornisgrinde mitten im Hangmoor des Südgipfels sowie am Schliffkopf im Torf über der Brandschicht *Lumbricus* gefunden.

An mehreren Stellen, so am Altsteigerskopf und Seekopf wurden *Enchytraeen* im abgestorbenen Torf über der Brandschicht vorgefunden.



Abb. 56: *Enchytraeen* am Altsteigerskopf, 2009.

## 7.7 Klima

Die Klimadaten der Wetterstation Ruhstein (916 m NN) für die Jahre 1999-2009 verdeutlichen eine starke Schwankung der Hauptparameter Jahresniederschlagssumme und Jahresdurchschnittstemperatur.

Der Jahresniederschlag erreichte Höchstwerte von 2800 mm (2007) sowie auch sehr niedrige Werte von 1459 mm im Trockenjahr 2003 und einen relativ niedrigen Wert von 1752 im Jahr 2005. Abgesehen von den beiden letztgenannten Jahren lag der Jahresniederschlag aber immer über 2000 mm, der Mittelwert aus den Jahren 1999 – 2009 liegt immerhin bei 2246 mm!

Die beiden Untersuchungsjahre 2008 und 2009 waren bezüglich Temperatur und Niederschlag recht durchschnittliche Jahre. Der Niederschlag lag 2008 leicht über, die Temperatur 0,14 °C unter dem dem 10-Jahresmittel. 2009 lag der Niederschlag 236 mm unter, die Temperatur 0,06 °C über dem 10-Jahresmittel.

In den Jahren 1999 bis 2009 lag der Jahresniederschlag außer 2009 noch viermal unter dem 10-Jahresmittel von 2246 mm: 2003, 2004, 2005 und 2006. Der Mittelwert aus der Jahresmitteltemperatur der vier Jahre liegt mit 7,32 °C leicht unter der Jahresmitteltemperatur von 2009 (7,37 °C).

	Jahresmitt.T.	Jahresniederschl.
1999	7,09	2577
2000	7,56	2529,9
2001	6,67	2651,9
2002	7,58	2412,3
2003	7,94	1459,6
2004	6,78	2027
2005	6,96	1752,5
2006	7,61	2190,2
2007	7,5	2807
2008	7,15	2288,8
2009	7,37	2009,3
<b>MW</b>	<b>7,29</b>	<b>2245,96</b>

Tab. 13: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme Station Ruhstein 1999 – 2009.

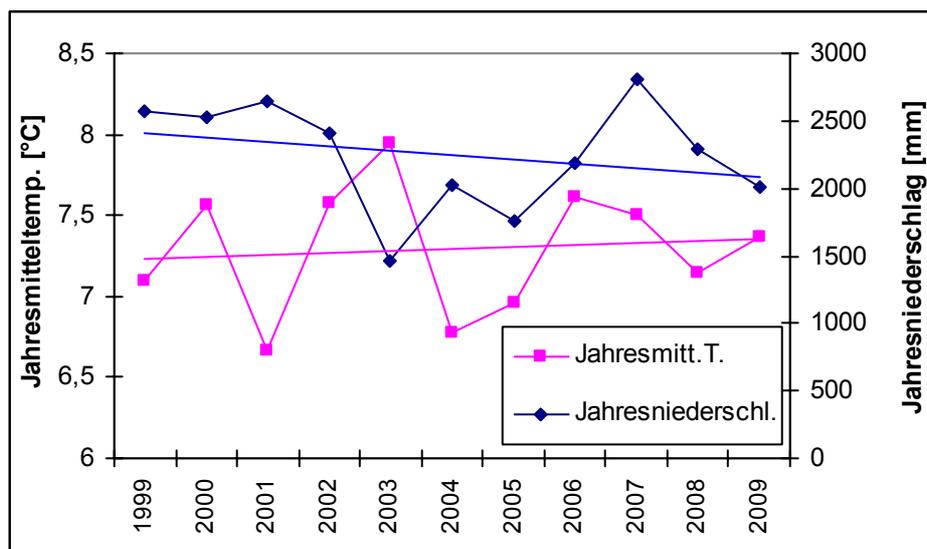


Abb. 57: Jahresmittel der Temperatur und des Niederschlags, Station Ruhstein, 1999 – 2009.

Abb. 57 zeigt, dass Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur offenbar nicht korrelieren (Korrelationskoeffizient = -0,22). So liegt im Trockenjahr 2003 die Jahresmitteltemperatur am höchsten, im niederschlagsarmen Jahr 2005 die Jahresmitteltemperatur mit 6,96 ° C aber deutlich unter dem Mittelwert von 7,29 ° C!

Abb. 57 zeigt auch, dass für die Jahresmitteltemperatur in den Jahren von 1999 bis 2009 bei starker Variation ein positiver Trend besteht. Außerdem äußert sich (bei zwei starken Abweichungen 2003 und 2007) ein abnehmender Trend für die Jahresniederschläge. Dieses Ergebnis muss dem langjährigen Trend gegenübergestellt werden (Diskussion).

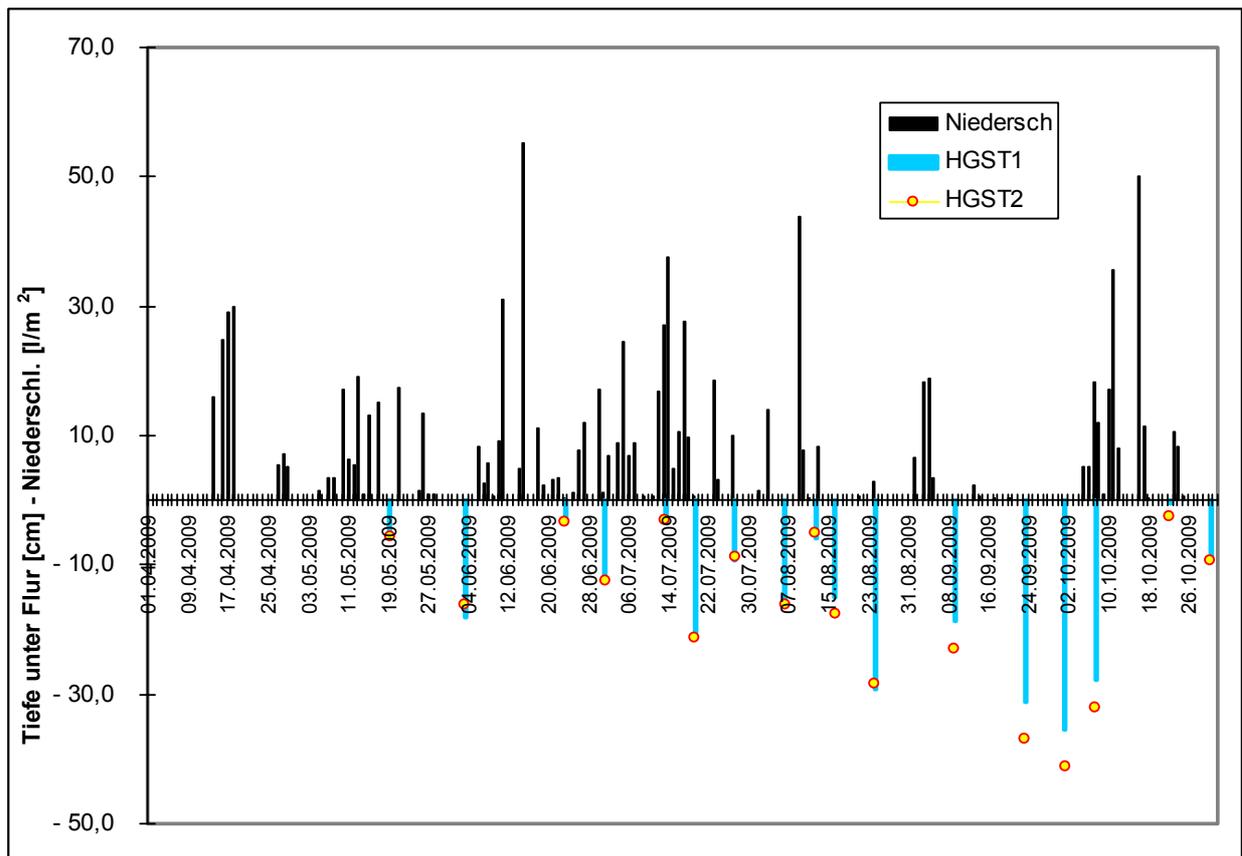


Abb. 58: Wasserpegelwerte in HGST1 und HGST2 / Hornisgrinde April – Oktober 2009 mit Niederschlags-Tagessummen der Station Ruhestein.

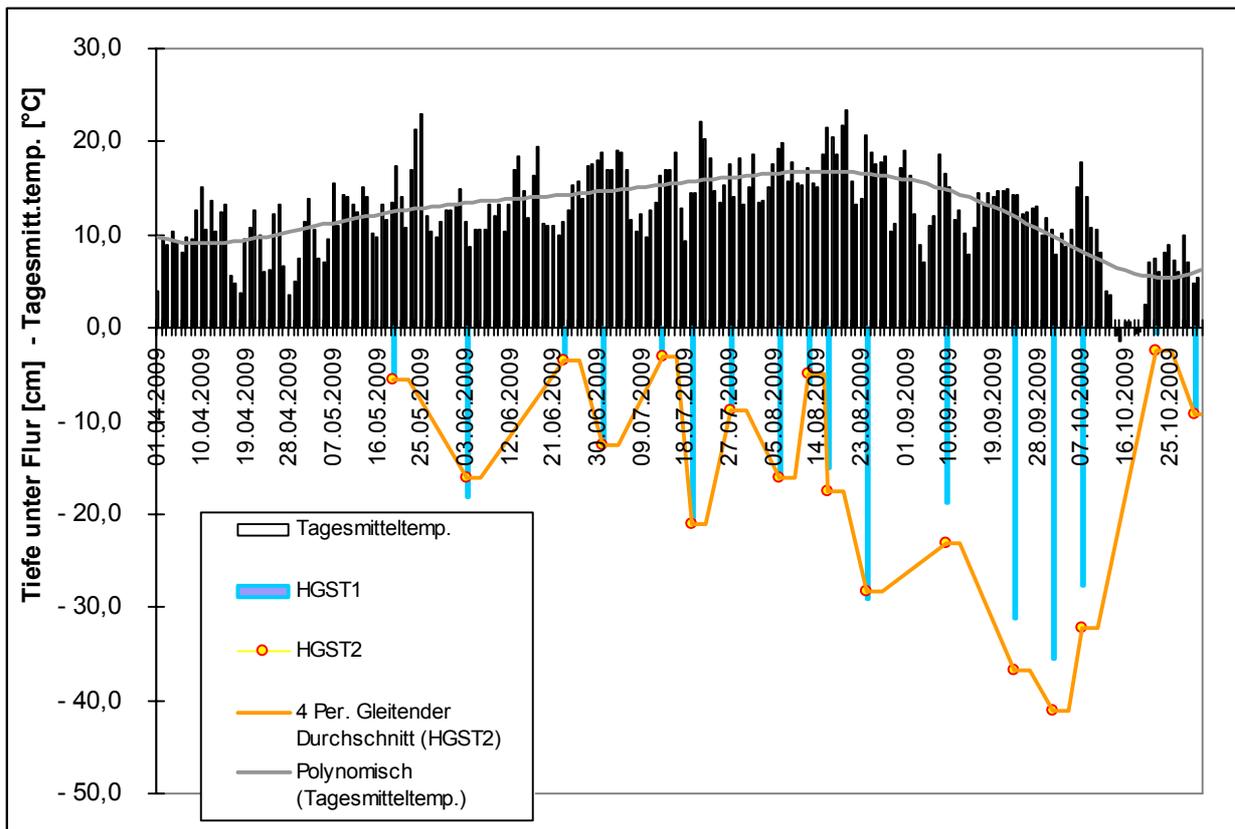


Abb. 59: Tagesmitteltemperatur Station Ruhestein und Wasserpegel Hornisgrinde 2009.

Noch interessanter als die Jahressummen der Niederschläge sind die Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode. Tab. 14 zeigt, dass in vier von zehn Jahren (2003, 2005, 2006 und 2009) eine zweimonatige Periode mit einer Niederschlagssumme von 131 mm oder weniger in der Vegetationsperiode auftrat. Außerdem im Jahr 2001 eine zweimonatige Periode mit 210 mm. Dies ist für die Abschätzung des Torfmooswachstums von Bedeutung. Man kann also aus den Klimadaten der letzten zehn Jahre prognostizieren, dass im Mittel jedes zweite Jahr in der Vegetationsperiode eine achtwöchige Periode mit weniger als 200 mm Niederschlag auftritt. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass in dieser Periode sogar weniger als 150 mm Niederschlag fallen.

	1999	2000	2001	2002	<b>2003</b>	2004	<b>2005</b>	<b>2006</b>	2007	2008	<b>2009</b>
April	198,8	<b>91,5</b>	246,7	<b>94,6</b>	<b>90,4</b>	129,2	175,5	113,8	7,7	198,9	117,6
Mai	170	270,9	<b>73,9</b>	173,6	159,1	161	189,7	278,4	444,9	<b>54,6</b>	120,5
Juni	156,1	<b>95,8</b>	224	100,5	<b>83,8</b>	<b>95,2</b>	<b>68</b>	<b>54,1</b>	241,3	147,3	175,7
Juli	170,5	492,9	<b>100</b>	187,7	196,9	122,1	253,1	<b>69,4</b>	401,3	233,1	225,1
August	182	134,6	<b>109,1</b>	197,2	<b>36,7</b>	321,9	174,7	324,4	118,2	234,5	<b>79</b>
September	138,8	204,9	485,7	<b>81</b>	<b>56,5</b>	191,2	<b>53</b>	205	163,4	121,8	<b>50,6</b>
Oktober	155	143,4	133,6	259,6	207,4	196,1	<b>77,8</b>	230,4	<b>44,7</b>	271,5	208,8
Summe April- Oktober	1171,2	1434	1373	1094,2	830,8	1217	991,8	1275,5	1421,5	1261,7	977,3
Jahresniederschl.	2577	2529,9	2651,9	2412,3	1459,6	2027	1753	2190,2	2807	2288,8	2009

Tab. 14: Monatssummen der Niederschläge in der Vegetationsperiode, Trockenmonate gelb unterlegt.

Abb. 59 zeigt ebenfalls ein interessantes und unerwartetes Ergebnis: Nachdem die Tagesmitteltemperaturen nach einer Kulmination im August im September schon rückläufig waren, sank der Wasserstand in den Probeflächen auf der Hornisgrinde weiter stark ab, bis schließlich Anfang Oktober wieder Niederschläge einsetzten.

## **7.8 Multivariate Analyse der Messpunkte**

### **7.8.1 Cluster-Analyse Messpunkte**

Für die Cluster-Analyse wurden nur Faktoren eingesetzt, die eine große Stetigkeit im Datensatz aufweisen, d.h. in mehr als 50 % der Messpunkte einen Wert von  $>0$  aufweisen. Abgesehen von *Sphagnum magellanicum* zeigen alle eingesetzten Faktoren eine Stetigkeit von  $> 50\%$ .

Für die Cluster-Analyse wurden die Faktoren *Calluna vulgaris*, *Trichophorum cespitosum*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum capillifolium* und Humosität von 2 – 6 cm eingesetzt.

#### **Interpretation der Cluster-Analyse**

Die detaillierten Ergebnisse der Cluster-Analyse können Tab. 15 bis 17 entnommen werden.

Das Dendrogramm der Cluster-Analyse in Abb. 60 zeigt zunächst eine Gruppierung der Messpunkte in zwei übergeordnete Cluster und auf der nächstunteren Ebene eine Unterteilung in vier Hauptgruppen. Diese Hauptgruppen lassen sich in insgesamt acht Untergruppen unterteilen. Eine weitere Untergliederung der Untergruppen/Ansprache von Untereinheiten soll hier aus Platzgründen nicht erfolgen.

Die acht Gruppen werden mit Buchstaben von A bis H benannt.

Die beiden übergeordneten Cluster unterscheiden sich primär in der Deckung von *Sphagnum capillifolium* sowie der Deckung von *Trichophorum* und *Calluna*. So müsste der rechte Cluster eigentlich als „*Sphagnum capillifolium*-Heidekraut-Cluster“ bezeichnet werden, wird wegen der prägenden Physiognomie des Heidekrautes aber als „Heidecluster“ benannt. Da der linke Cluster Flächen enthält, die reich an Rasenbinse sind oder wachsende Hochmoorflächen enthält, die eine hohe Deckung von *Sphagnum magellanicum* aufweisen und dem *Eriophoro-Trichophoretum* (= Rasenbinsen-Hochmoor“) nahestehen, erhält der linke Cluster den Arbeitstitel „Rasenbinsenmoore“.

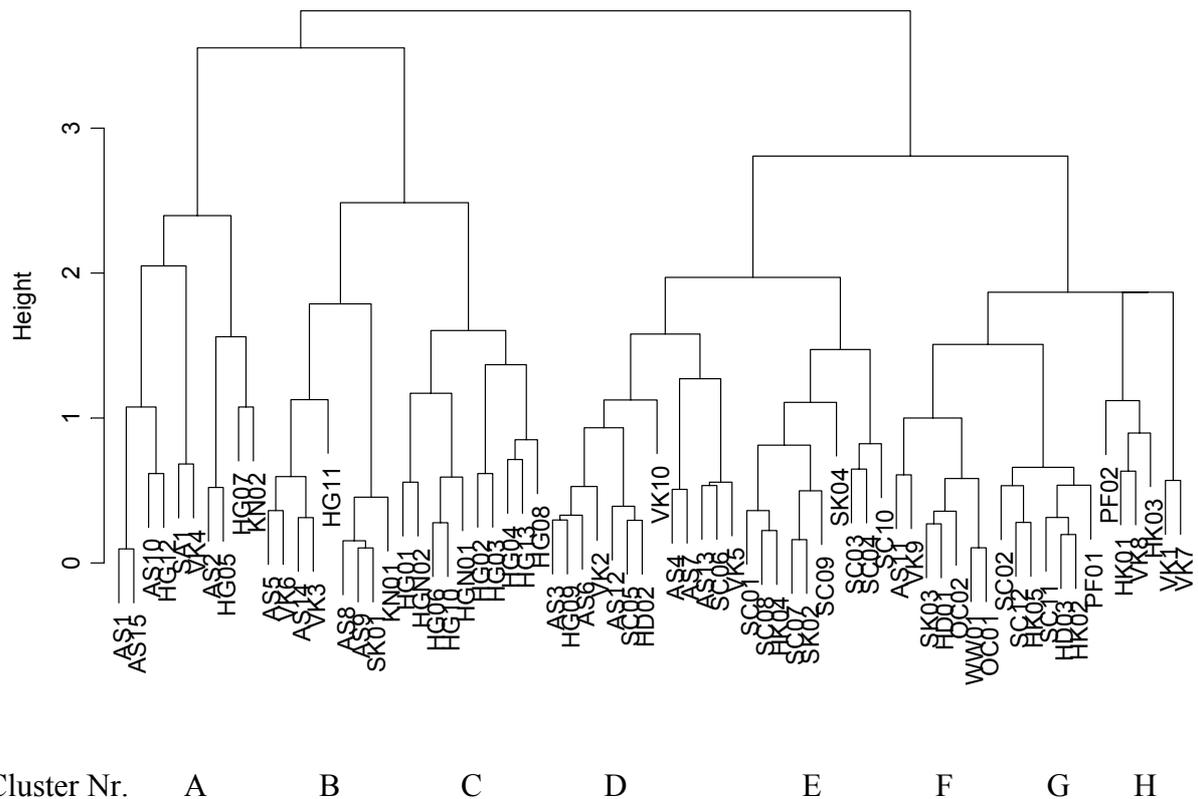


Abb. 60: Dendrogramm zur Cluster-Analyse aus den Messpunkten mit den Faktoren *Calluna*, *Trichophorum*, *Eriophorum*, *Sph.mag.*, *Sph.cap.* und Humosität von 2 – 6 cm, Modus „divisive, Maß „manhattan“, Trennungskoeffizient 0,87.

### Cluster Rasenbinsenmoore

**Gruppe A** umfasst Messpunkte, die reich an *Sphagnum magellanicum* sind und im Wurzelhorizont sehr schwach bis schwach zersetzten Torf aufweisen.

**Gruppe B** enthält Flächen, die reich an Rasenbinse und arm an Torfmoosen sind und mittel bis sehr stark zersetzte Torfe im Wurzelhorizont aufweisen. Die Gruppe enthält außerdem drei von Latschen bewachsene Flächen mit abgestorbenem Torf, die mangels vergleichbarer Flächen und wegen des Fehlens von Torfmoosen vom Programm mit in diese Gruppe gestellt wurden.

**Gruppe C** wird von Flächen gebildet, die von der Rasenbinse geprägt werden, im Gegensatz zu Gruppe B aber eine Deckung von 7-30 % des scheidigen Wollgrases aufweisen. Der Torf ist mittel- bis sehr stark zersetzt, die Deckung von Torfmoosen gering.

### Cluster Heidemoore

**Gruppe D** umfasst Flächen mit mittel- bis stark zersetztem Torf und hoher Deckung des Heidekrautes. Die Torfmoosdeckung liegt meist unter 20 %. Es handelt sich also um recht trockene Flächen.

**Gruppe E** weist heidekrautreiche Flächen mit höherer Deckung von *Sphagnum capillifolium* auf (35-80%). Der Torf ist schwach- bis mittelstark zersetzt (1 Ausnahme).

**Gruppe F** wird überwiegend von Flächen des Bergkiefernmoores geprägt. Sie verfügen über schwach bis mittelstark zersetzten Torf und eine hohe bis sehr hohe Deckung von *Sphagnum capillifolium*.

**Gruppe G** umfasst Messpunkte mit sehr hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium* (90-99 %, 1 Ausnahme) und sehr schwach bis schwach zersetztem Torf im Wurzelhorizont.

In **Gruppe H** finden sich Flächen mit hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium* und sehr schwach bis schwach zersetztem Torf im Wurzelhorizont. Im Gegensatz zu Gruppe G weisen die Flächen aber 20 bis 55% Deckung der Rasenbinse auf.

Ein Blick auf den **Zersetzungsgrad des Torfes** (siehe Tab. 15-17) zeigt, dass sich innerhalb der Rasenbinsenmoore Gruppe A mit H1 bis H4,5 klar von den Gruppen B und C (H5-H10) unterscheidet.

Innerhalb der Heidemoore ist Gruppe D (H5-8,5) deutlich von Gruppe E, F, G und H abgesetzt (H 1,5-5, 2 Ausnahmen).

## 7.8.2 Hauptkomponenten-Analyse der Messpunkte

Eine Hauptkomponenten-Analyse ermöglicht die Darstellung **gradueller Unterschiede** zwischen Probeflächen, was mit einer Cluster-Analyse nicht möglich ist.

Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen und die Darstellung der Cluster in der Hauptkomponenten-Analyse zu erleichtern, wurde ein Overlay der Buchstaben der Clusterzugehörigkeit auf die Namen der einzelnen Messpunkte durchgeführt.

### Interpretation

Die Hauptkomponenten-Analyse mit den in der Cluster-Analyse eingesetzten Faktoren reproduziert die dort erhaltenen acht Gruppen im Biplot (Abb. 61) der 1. und 2. Hauptkomponente recht gut. Zwei Cluster werden ohne Überschneidung dargestellt, die übrigen Cluster mit geringen Überschneidungen von ein oder zwei Messpunkten.

Auffällig ist die Lage der Messpunkte HG07, HG05 und AS2 (die drei A um „Eriophvag“), die recht weit von der Gruppe der Rasenbinsen-Hochmoore abgerückt sind.

Dies ist durch die hohe Deckung des Heidekrauts (*Calluna*) in den drei Probeflächen zu erklären, während in den anderen wachsenden Moorteilen *Sphagnum magellanicum* und *Calluna* negativ korreliert sind.

Insgesamt zeigt der Biplot (1,2) im Gegensatz zur Clusteranalyse auch den räumlichen (= ökologischen) Bezug der Messpunkte zueinander in einem Gradienten. Dass wirklich ein **zusammenhängender Gradient** vorliegt, zeigt die Betrachtung der Faktoren der einzelnen Gruppen:

Der Gradient reicht von torfmoosarmen, wollgrasarmen Rasenbinsenmooren (Gruppe B) mit stark abgebauten, abgestorbenen Torfen über wollgrasreiche Rasenbinsenmoore (Gruppe C) zu torfmoosarmen Heidemooren (Gruppe D) mit reichlich *Calluna vulgaris*.

Von Gruppe D aus reicht der Gradient bei abnehmender Heidekrautdeckung und zunehmender Torfmoosdeckung über feuchte Heidemoore (Gruppe E) zu stagnierenden Moorflächen, die von *Sphagnum capillifolium* beherrscht werden und im Wurzelhorizont schwach zersetzten Torf aufweisen (Gruppe G). Am Ende des Gradienten stehen Bergkiefernmoore mit hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium*. Dass in diesem Gradienten die Torfmächtigkeit abnimmt, zeigt die Auswertung der Außenkriterien (Kapitel 7.8.3).

Gruppe A (wachsende Rasenbinsenhochmoore) stellt funktionell betrachtet den Ausgangspunkt des Gradienten dar und ist auch räumlich eng mit den Rasenbinsenbrandflächen verzahnt.

Gruppe H (Rasenbinsen-Anmoor) fungiert quasi als Nebenweg im Gradienten, wenn nach Brand die Rasenbinse auf flachtorfigen Moorflächen zu höherer Deckung kommt.

Die gesamte Stichprobe lässt sich durch eine Linie (Abb. 61, rosa) klar in eine von *Sphagnum capillifolium* dominierte Hälfte und eine an *Sphagnum capillifolium* verarmte Hälfte trennen. Wie die spätere Interpretation zeigen wird, tritt Moorwachstum ebenso wie Moordegeneration/Torfabbau überwiegend nur in der an *Sphagnum capillifolium* verarmten Hälfte auf, während Stillstandskomplexe in der von *Sphagnum capillifolium* dominierten Hälfte auftreten. Die Plausibilität des Gradienten ist nun mit Außenkriterien bzw. durch Tests zu prüfen.

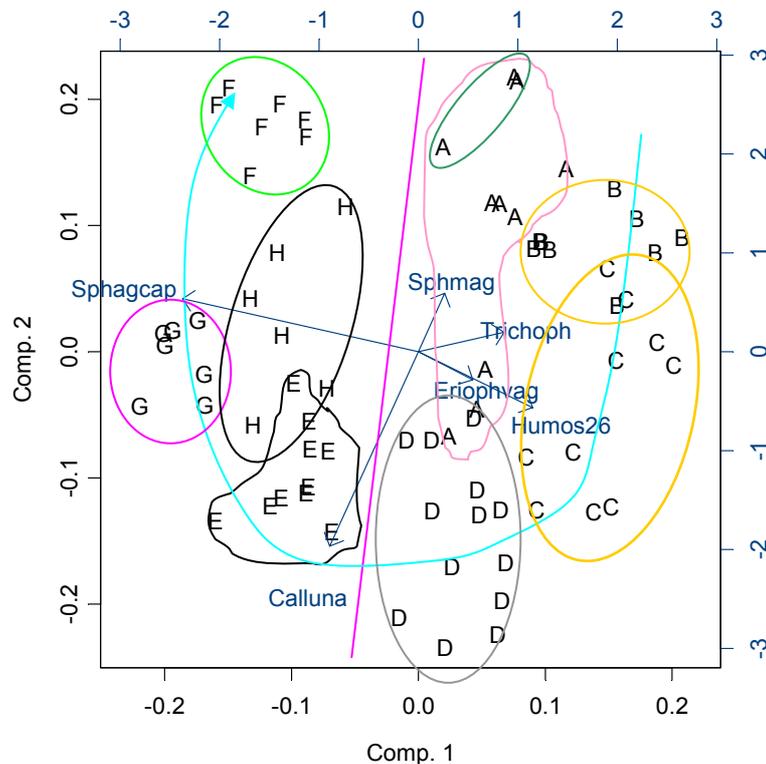


Abb. 61: Biplot der 1. u. 2. Hauptkomponente mit der Overlay der Clusterzugehörigkeit als Namen der Messpunkte. Der Biplot mit den Messpunkt-Codes findet sich im Anhang, grün eingekreiste Punkte in Gruppe A gehören zu Bergkiefernmooren.

```
Calluna + Trichoph + Eriophvag + Sphmag + Sphagcap + Humos26
princomp(x = ~ Calluna + Trichoph + Eriophvag + Sphmag + Sphagcap + Humos26,
  data = nfds.veg.mp.std.plus, scores = T, cor = F, na.action =
  na.exclude)
```

Importance of components:

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
Standard deviation	0.4413067	0.3297586	0.2940396	0.21456885	0.18153724
Proportion of Variance	0.4001544	0.2234286	0.1776471	0.09459755	0.06771393
Cumulative Proportion	0.4001544	0.6235829	0.8012300	0.89582754	0.96354147
	Comp. 6				
Standard deviation	0.13320678				
Proportion of Variance	0.03645853				
Cumulative Proportion	1.00000000				

Loadings:

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6
Calluna	-0.300	-0.884	0.121		0.319	
Trichoph	0.290		-0.540	-0.133	0.772	
Eriophvag	0.183	-0.128	0.269	-0.936		
Sphmag		0.266	0.609	0.138	0.429	0.590
Sphagcap	-0.798	0.242	-0.304	-0.281		0.364
Humos26	0.385	-0.255	-0.398		-0.341	0.716

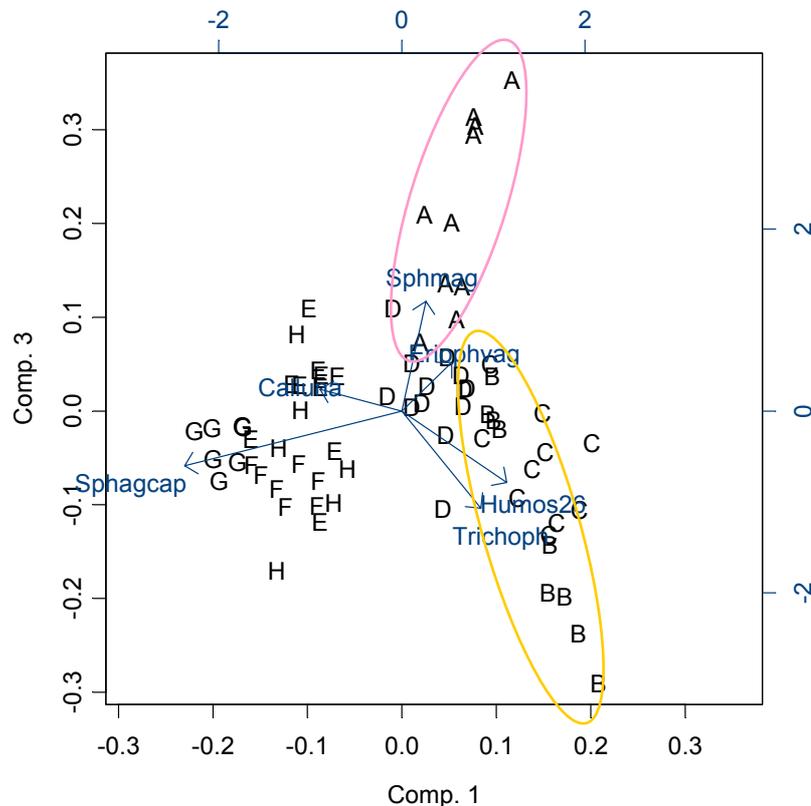


Abb. 62: Biplot (1,3) aus der Hauptkomponenten-Analyse mit Overlay der Gruppenzugehörigkeit der Messpunkte in der Cluster-Analyse.

### Darstellung der 3. Hauptkomponente

Die Faktoren *Sphagnum mag.* und *Trichophorum* laden den Eigenvektor der 3. Hauptkomponente stark auf.

Der Biplot (1,3) zeigt, dass die im Biplot (1,2) recht nahe beieinander liegenden Gruppe A und B mit den Faktoren *Sphagnum magellanicum* und *Trichophorum* weit aufgespannt werden können. *Sphagnum magellanicum* ist dabei im Gegensatz zum Biplot (1,2) negativ mit der Deckung der Rasenbinse (*Trichophorum*) korreliert. Innerhalb der Gruppen A und B liegt also ein Gradient von *sphagnumreichen* Flächen zu *trichophorumreichen* Flächen vor.

### **7.8.3 Überprüfung der Plausibilität mittels Außenkriterien**

Abb. 64 gibt zunächst eine Übersicht über die von der Cluster-Analyse generierten Gruppen und gibt mit einzelnen Informationen zu den eingesetzten Faktoren (Humosität 2-6 cm) bzw. zur mittleren Sphagnumdeckung und mittleren Torfmächtigkeit bereits Informationen zur ökologischen Eigenart der Gruppen.

Vor der Identifikation der ökologischen Natur der erhaltenen Gruppen, also vor der Typisierung von Standort-Typen aus den „anonymen“ Clustern sollte aber eine **Überprüfung der Plausibilität** der vom Statistikprogramm erzeugten Gruppen erfolgen.

Zur Plausibilitätskontrolle eignen sich besonders solche Faktoren, welche nicht in der Analyse eingesetzt wurden und welche mit den in der multivariaten Analyse eingesetzten Faktoren nicht

korrelieren. Wenn solche „**Außenkriterien**“ signifikante Unterschiede zwischen den aus der Cluster-Analyse erhaltenen Gruppen belegen, so ist dies umso aussagekräftiger, da sie, wie gesagt, nicht aus einem Faktorenkomplex stammen, wie etwa verschiedene Moosarten oder Zwergstraucharten, die um einen Teillebensraum konkurrieren und positiv oder negativ korrelieren.

Als Außenkriterien werden hier die *Tiefe der Brandschicht* unter Flur, die *Torfmächtigkeit* sowie die *Hangneigung* der Mooroberfläche eingesetzt.

Die Korrelationsmatrix in Abb. 63 zeigt, dass die drei Außenkriterien mit den Vegetationsfaktoren nur schwach oder gar nicht korrelieren. Lediglich die Tiefe der Brandschicht korreliert in einem Teil des Datensatzes sichtbar mit der Deckung von *Trichophorum*. Dies ist ökologisch durch die Förderung von *Trichophorum* nach der Öffnung der Moosnarbe durch Brand zu erklären (siehe Diskussion).

Außerdem korreliert ein Außenkriterium, die Tiefe der Brandschicht, mit dem Zersetzungsgrad des Torfes (Humosität 2-6 cm): Dies ist damit zu erklären, dass die Brandschicht immer stark zersetzt ist und bei naher Lage zur Bodenoberfläche natürlich in den Horizont von 2-6 cm kommt. Dies mindert die Unabhängigkeit des Außenkriteriums „Brandschichttiefe“. Da die Brandschichttiefe aber ein direktes Maß für die Torfproduktion ist und im Rahmen dieser Untersuchung damit von großer Bedeutung ist, soll sie trotz der Korrelation mit dem Zersetzungsgrad zur Plausibilitätskontrolle eingesetzt werden.

Die Deckung weiterer Moosarten stellt kein Außenkriterium dar, da sie mit den Torfmoosen und Gefäßpflanzen positiv oder negativ korrelieren. Die Deckung von vier Moosarten, die überwiegend auf abgestorbenen Torfen wachsen, gibt dennoch Aufschluss über die ökologische Natur der erhaltenen Cluster. Die Verteilung dieser Arten in den Clustern soll also ebenso wie die Außenkriterien interpretiert werden. Es handelt sich um die Arten *Odontoschisma denuatum*, *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi* und *Sphagnum tenellum*.

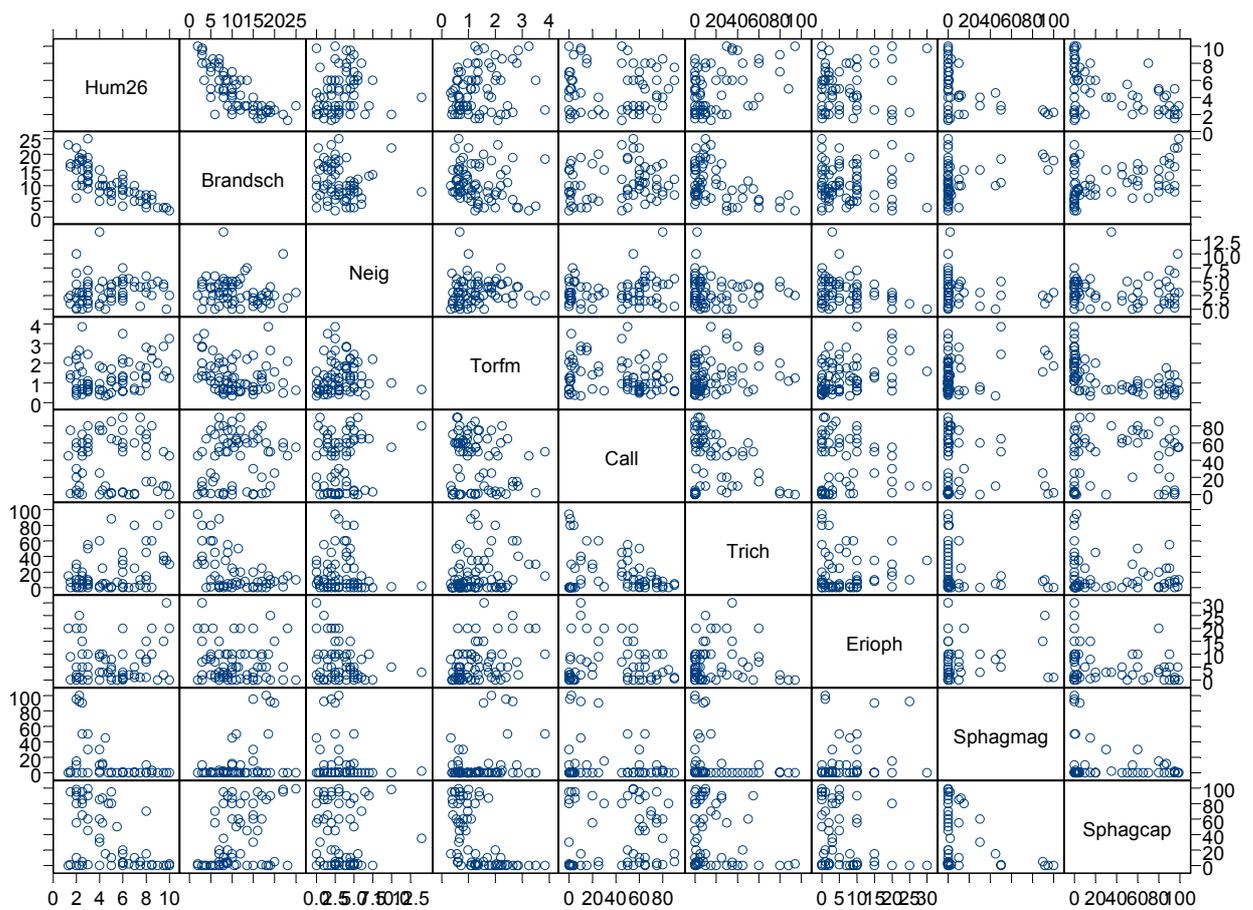


Abb. 63: Matrixplot zu den Korrelationen zwischen in der Cluster-Analyse eingesetzten Faktoren und Außenkriterien.

In Tab.15 bis 17 sind alle Messpunkte nach dem Ergebnis der Cluster-Analyse sortiert. Die Tabellen enthalten alle zur multivariaten Analyse eingesetzten Faktoren sowie die Außenkriterien.

Man kann aus den Tabellen nun die Werte für die Außenkriterien einer Gruppe entnehmen und gemäß einer Null-Hypothese gegen die Werte einer anderen Gruppe testen. Trifft die Alternativ-Hypothese zu, so liegt ein Unterschied vor, was bedeutet, dass die in der Cluster-Analyse gewonnene Gruppierung untermauert wird.

Man kann dabei auf unterschiedlichen Ebenen des Dendrogramms der Cluster-Analyse Gruppen bezüglich eines Außenkriteriums gegeneinander testen.

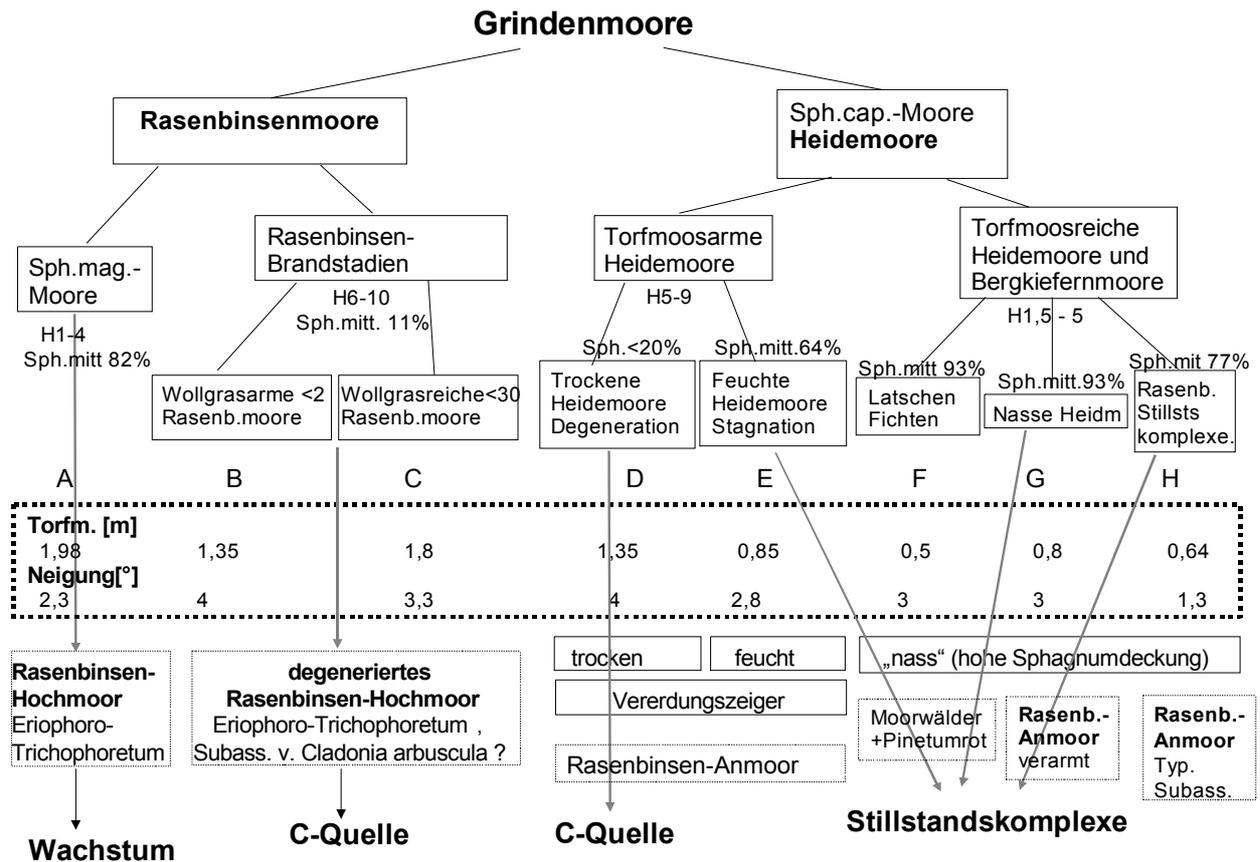


Abb. 64: Übersichtsschema zur Interpretation der Cluster-Analyse der Messpunkte mit Arbeitstiteln der Cluster. Die H-Werte unter den vier Haupt-Clustern geben den Torfzersetzungsgrad (Humosität nach von Post) in 2 – 6 cm Tiefe an. „Sph.mitt.“ bedeutet „mittlere Sphagnumdeckung“ im Cluster. Die im gestrichelten Kästen angegebenen Werte stellen Mittelwerte für Torf und Neigung innerhalb der Untercluster an.

Heidemoore (=Sphagnum capillifolium - Moore)																				
Moorwälder + Torfmooresreiche Heidemoore (Rasenbinsen-Anmoor)																				
Gehölzcluster																				
Pinetum-rotundatae + Moorwälder																				
nasse Sphagnum-Heiden, verarmt																				
Rasenbinsen-Anm. typ. Subas.																				
Stillstandskomplexe																				
Stillstandskomplexe																				
Stillstandskomplexe																				
AS11	VK9	SK03	HD01	OC02	WW01	OC01	SC02	SC12	HK05	SC11	HD03	HK02	PF01	PF02	HK01	VK8	HK03	VK1	VK7	Code
4,25	2	5	4,75	4	2,5	2	3	2	2,5	3	3	2	1,5	2	3	3	2,5	2	2,5	Humosität 2-6
h.o.	0	G	G	h.o.	G	h.o.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bestockung
5	2	2	3	1	3	6,5	7	10	1,5	4	3	0,25	1	0	4,5	1	1,5	3	0	Neigung 5 m [°]
1,75	1,41	0,5	0,42	0,4	0,68	0,38	0,95	1	0,7	0,8	0,63	0,49	1,4	0,69	0,55	0,67	0,42	0,6	0,96	Torfmächtigkeit [m]
10	17	8	8	-	10	-	13	22	18	19	25	22	16	6	11,5	9	15	15	12	Brandschichttiefe
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(1)	0	0	0	0	(1)	0	Moorwachstum
w	w	d	d	s/w	s/w	s/w	w	w	w	w	w	w	w	w/r	s/w	s(w)	s	w	w	Torfwachstum
45	50	35	65	20	35	40	85	60	65	80	65	70	82	52	95	75	90	50	85	Deckg. Gefässpfl.
99	90	95	80	95	95	95	90	98	85	90	99	95	97	70	60	90	65	95	80	Deckg. Sphagnum
5	20	2	0	0	5	5	65	55	60	50	55	60	75	20	60	50	70	30	45	Calluna vulgaris
25	25	0	0	x	0	0	8	1	5	5	10	10	7	30	50	55	20	1	20	Trichophorum cesp.
0	0	30	20	5	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	2	0,1	0,1	Vaccinium myrtillus
3	5	1	3	0	0	0	10	5	5	0	0	0	x	2	5	0	0	20	20	Eriophorum vaginatum
12	0	x	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	15	0	Sphagnum magellanicum
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sphagnum tenellum
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sphagnum rubellum
87ü	90ü	95	80	85	95	95	90	98	85	90	99	95	95	55	60	90	65	80	80	Sphagnum capillifolium
0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	2	2	5	2	Pleurozium schreberi
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Leucobryum glaucum
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	Odontoschisma den.

Tab. 15: Zur multivariaten Analyse eingesetzte Faktoren und Faktoren zur Plausibilitätskontrolle

		Heidemoores (=Sphagnum capillifolium - Moore)																					
		Torfmoosarme Heidemoore - Rasenbinsen-Anm oor								feuchte Sphagnum cap.-Heiden													
		trockene Abbaustadien des Rasenbinsen-Hochmoores								Stillstandskomplexe													
Code	stark u. mittel zersetzte Torfe																						
	AS3	HG09	AS6	VK2	AS12	SC05	HD02	VK10	AS4	AS7	AS13	SC06	VK5	SC01	SC08	HK04	SC07	SK02	SC09	SK04	SC03	SC04	SC10
Humosität 2-6	8,5	7,5	8	6	6	7,5	6	8	[2]	5	6	6	6	3	4	4,25	3	3	4	3	8	5,5	5
Bestockung	0	0	0	0	h.o.	0	0	0	0	0	h.o.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	h.o.	0	h.o.
Neigung 5 m [°]	4,5	4	6	3	5	0,5	5,5	3	4,5	4	2,5	4	2	0,25	1	2	2,5	1,5	14	3	6	5	4,5
Torfmächtigkeit [m]	2,25	1,85	1,35	0,6	1,35	0,6	0,56	1,26	2,2	1,7	2	0,63	0,98	1,1	0,95	0,61	0,9	0,66	0,67	0,8	0,97	0,8	1,24
Brandschichttiefe	7	5	4	9	9	7	12	7	10	8	7	10	9	17	10	12	13,5	16	8	15	6	11	10
Mooswachstum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torfwachstum	s	d/s	d	d	d	d	d	d	d/s	d	d	d	d	w	s	s	w	W	d/r	w	d	s	s
Deckg. Gefässpfl.	90	95	80	95	90	95	95	80	70	85	58	90	98	95	95	90	85	70	85	70	85	70	90
Deckg. Sphagnum	4	0	0	5	3	5	15	15	23	10	20	10	20	60	60	65	45	85	37	90	70	50	80
Calluna vulgaris	80	75	65	60	75	90	90	55	60	65	50	60	50	80	75	75	60	65	80	60	70	63	85
Trichophorum cesp.	x	10	x	1	5	3	5	10	5	0	1	25	45	8	x	5	0	0,1	2	0	15	7	x
Vaccinium myrtillus	0	0	5	5	2	0	0	0	0	5	5	1	0	0	0	0	20	0	0,1	0	0,01	0,1	0
Eriophorum vaginatum	10	10	8	10	2	1	0,5	15	5	5	3	5	1	10	10	10	2	5	3	10	1	0	4
Sphagnum magellanicum	3	0	0	1	0	0	0,1	0,1	10	0	20	0	0	0	0	10	0	0	2	30	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum rubellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium	1	0	0	4	3	5	15	15	10	100	2	10	20	60	60	55	45	450	35	60	70	50	80
Pleurozium schreberi	4	1	30	30	10	75	10	12	0	8	60	55	10	2	0	0	2	0	0	0	0	13	x
Leucobryum glaucum	1	4	5	0	5	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1	0	1	0	5	x	1	2	x
Odontoschisma den.	0	1	0	0	0	0	x	0	2	2	0	0	0	0	x	0	0	0	2	x	x	0	0

Tab. 16: Zur multivariaten Analyse eingesetzte Faktoren und Faktoren zur Plausibilitätskontrolle

Code		Rasenbinsenmoore																											
		Rasenbinsenhochmoor (z.T. verzahnt mit Pinetum rotundatae)								Degradiertes Rasenbinsen-Hochmoor																			
		Rasenbinsenhochmoor (z.T. verzahnt mit Pinetum rotundatae)								degenerierende Rasenbinsen-Hochm. wollgrasarm								degenerierende Rasenbinsen-Hochm. wollgrasreich											
AS1	AS15	AS10	HG12	SA1	VK4	AS2	HG05	HG07	KN02	AS5	VK6	AS14	VK3	HG11	AS8	AS9	SK01	KN01	HG01	HGN2	HG06	HG10	HGN1	HG02	HG03	HG04	HG13	HG08	
Humosität 2-6	2	2,3	2,5	2,25	4,5	4	3	2,5	1	1,5	7	5	9	10	9,5	6	6,5	7	5	9,5	6	8	8	8	6	10	6	8,5	9,75
Bestockung	G	G	0	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	0	G	G	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neigung 5 m [°]	2	3	2,5	1	0	0,5	5	2,5	2	2,5	4	3	5	2,5	4	7,5	5,5	5	1,5	4,5	4,5	4	4	4	1,5	2,5	1,5	2,5	0
Torfmächtigkeit [m]	2,4	1,9	1,56	2,65	0,35	0,6	2,5	3,85	2,1	1,25	1,4	1,1	2	1,2	2,9	2,2	2,1	0,7	1,1	1,4	1,12	1,85	2,8	1,76	1,27	3,25	3,5	2,7	1,58
Brandschichttiefe	15	18	20	19	10	15	11	18,5	23	17	5	7	3	2	3	14	8	8	5	3	8,5	5	3	6	10,5	2	3,5	5,5	3
Moorwachstum	1	0	1	1	0	0	0	1	(1)	(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torfwachstum	w	w	w	w	s/w	s/d	w	w	w	d/s	d	d	d	d	d/s	d	d	d	s/r	d	d/s	d	s	d	d	d	d	d	d
Deckg. Gefässpfl.	40	8	50	45	75	45	74	75	80	20	85	90	85	95	55	90	77	70	36	100	95	95	90	98	95	97	55	95	75
Deckg. Sphagnum	95	100	95	100	60	85	51	95	40	98	21	8	7	2	30	0	2	x	60	0	4	0	18	0	0	15	35	0	4
Calluna vulgaris	0,5	2	25	10	10	0	65	50	45	1	1	4	0	10	3	0	x	1	50	50	50	25	15	45	55	45	2	0	10
Trichophorum cesp.	x	0	8	10	5	0	3	15	15	0	80	88	80	94	40	0	0	1	35	35	35	60	60	45	20	30	30	60	35
Vaccinium myrtillus	30	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	x	0	87	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eriophorum vag.	1	1	15	25	8	3	5	10	20	9	2	0	0	0	2	x	2	1	8	15	10	9	7	7	20	20	20	20	30
Sphagnum magell.	95	100	90	92	45	30	50	50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	20	0	7	0	30	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	15	35	0	0
Sphagnum rubellum	0	0	0	0	0	0	0	0	40ü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4t
Sphagnum capillif.	0	0	5	0	15	30	1	0	0	1	0	0	0	2	0	2	x	0	0	0	4ü	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurozium schreberi	0	0	0	0	0	5	12	0	x	0	0	1	0	0	0	75	5	1	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	8
Leucobryum glaucum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	r	0	0	0	0	0
Odontoschisma den.	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1	x	0	0	x	0	0	0	0	10	2	x	x	2	1	5	3	10	0

Tab. 17: Zur multivariaten Analyse eingesetzte Faktoren und Faktoren zur Plausibilitätskontrolle.

### Außenkriterium Torfmächtigkeit

Bei einem Blick auf Tab. 17 fällt auf, dass Moorflächen mit einer Torfmächtigkeit von mehr als 1,5 m überwiegend nur in der Gruppe der *Rasenbinsenmoore* vorkommen. In der Gruppe der *Heidemoore* finden sich nur sechs Flächen mit über 1,5 m Torfmächtigkeit, bei einer Gruppengröße von 43! Der Boxplot in Abb. 65 unterstreicht den auffälligen Unterschied in der Torfmächtigkeit der beiden Gruppen. Die Mediane liegen mit 0,8 m für die Heidemoore und 1,85 m für die Rasenbinsenmoore weit auseinander. Die Spannweite der Daten überschneidet sich allerdings wegen einzelner abweichender Flächen deutlich. In der Diskussion wird gezeigt, dass es sich bei den Ausreißern unter anderem um Niedermoorflächen handelt, die mangels vergleichbarer Flächen zu den Rasenbinsenmooren gestellt wurden.

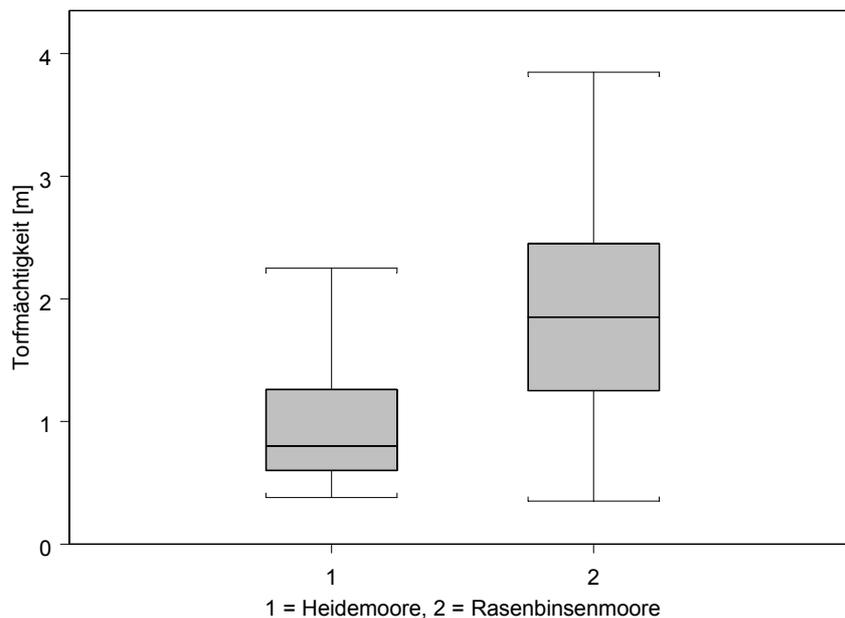


Abb. 65: Boxplot zur Torfmächtigkeit in den beiden Hauptclustern Heidemoore (Median = 0,8 m) und Rasenbinsenmoore (Median = 1,85 m).

Der Kolmogorov-Smirnov-Test zeigt, dass die beiden Stichproben „Rasenbinsenmoore“ und „Heidemoore“ bez. Torfmächtigkeit nicht der gleichen Grundgesamtheit entstammen ( $p=0$ ).

Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

```
data: x: rasenb in torf.rasen.heidm , and y: heidem in torf.rasen.heidm
ks = 0.5942, p-value = 0
alternative hypothesis:
cdf of x: rasenb in torf.rasen.heidm does not equal the
cdf of y: heidem in torf.rasen.heidm for at least one sample point.
```

Der T-Test zeigt ebenfalls einen signifikanten Unterschied in der Torfmächtigkeit bei Mittelwerten von 1,89 m und 0,96 m.

Standard Two-Sample t-Test

```
data: x: rasenb in torf.rasenb.heidem , and y: heidem in torf.rasenb.heidem
t = 5.7445, df = 70, p-value = 0
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.6051739 1.2488838
sample estimates:
mean of x mean of y
1.890517 0.9634884
```

Weitere Tests wurden auf der Ebene der acht Untergruppen durchgeführt. Dabei zeigte innerhalb der Heidemoore Gruppe D eine graduell höhere Torfmächtigkeit als die beiden sphagnum-reicheren Gruppen E und H (s. Tab. 18), bzw. eine signifikant höhere Torfmächtigkeit als die sphagnum- und trichophorumreiche Gruppe H und als die latschengeprägte Gruppe F. Außerdem zeigte Gruppe A (an *Sphagnum magellanicum* reiche Rasenbinsenmoore) eine signifikant höhere Torfmächtigkeit als die an *Sphagnum capillifolium* reichen Gruppen F und H. Die beiden sphagnumarmen Rasenbinsenmoorgruppen B und C weisen eine hochsignifikant höhere Torfmächtigkeit auf als die an *Sphagnum capillifolium* reiche Gruppe H, die auch von Rasenbinse geprägt wird.

Alternativhypothese bez. Torfmächtigkeit	p-Wert
D > H	0,0156
D > F	0,029
D > E	0,072
D > G	0,095
B > H	0,0004
C > H	0,0001
A > G	0,0165
A > H	0,011
A > E	0,011

Tab. 18: Wilcoxon Rangsummentest, einseitig, zwischen Untergruppen A – H, bez. Torfmächtigkeit.

### Torfmächtigkeit im ökologischen Gradienten

Abb. 66. verdeutlicht mit den Mittelwerten der Torfmächtigkeit in den acht Gruppen, dass die Torfmächtigkeit mit dem in der Hauptkomponenten-Analyse aufgezeigten ökologischen Gradienten von den Rasenbinsenmooren über die Heidemoore zu den Bergkiefernmooren hin abnimmt. Gruppe F stellt dabei im Gradienten einen Nebenweg nach Brand mit Besiedlung durch die Rasenbinse dar.

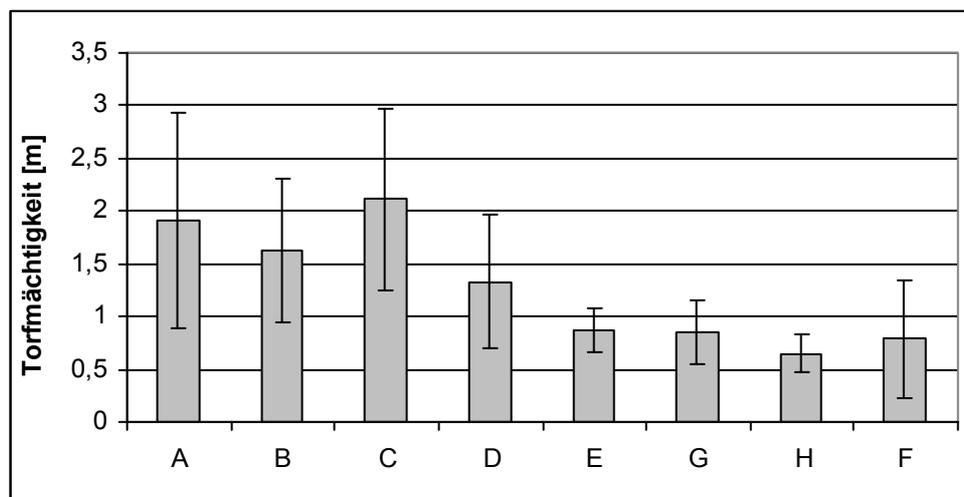


Abb. 66: Torfmächtigkeit in den Gruppen der Cluster-Analyse, die hier gemäß dem Gradienten aus der Hauptkomponenten-Analyse angeordnet wurden, Mittelwerte mit Standardabw..

## Außenkriterium Brandschichttiefe

Die Tiefe der Brandschicht ist ein gutes Maß für die Torfbildung. Es wird hier zugrunde gelegt, dass die Brandschicht in allen Mooren aus dem Jahr 1800 stammt (siehe Diskussion), was bedeuten würde, dass die Brandschichttiefe geteilt durch 200 einen ungefähren Richtwert für die Bruttotorfbildung pro Jahr ergibt.

Da sich in den beiden übergeordneten Clustern „Rasenbinsenmoore“ und „Heidemoore“ jeweils Gruppen mit und ohne Torfwachstum befinden, ist ein Vergleich durch Tests nur auf dem Niveau der Hauptgruppen und der acht Untergruppen sinnvoll.

Innerhalb der Rasenbinsenmoore hebt sich *Gruppe A* hochsignifikant von den beiden *Gruppen B* und *C* ab ( $p = 0,003$ ,  $p = 0,001$ ).

Bei den Heidemooren heben sich alle sphagnumreicheren Gruppen in der Brandschichttiefe von der an Torfmoosen verarmten Gruppe *D* signifikant bis höchstsignifikant ab (siehe Tab. 19).

Die Flächen in der sehr an *Sphagnum capillifolium* reichen Gruppe *G* weisen eine graduell höhere Brandschichttiefe auf, als die an *Sphagnum magellanicum* reiche Gruppe *A*.

Die von *Trichophorum* geprägte Gruppe *H* in den torfmoosreichen Heidemooren zeigt eine hochsignifikant größere Brandschichttiefe als die Gruppe *C* in den Rasenbinsenmooren sowie eine signifikant tiefere Brandschicht als Gruppe *B*.

Insgesamt zeigt sich, dass die beiden Gruppen mit der höchsten Sphagnumdeckung (Gruppe *A* und Gruppe *G*) eine mit Abstand höhere Brandschichttiefe aufweisen als alle übrigen Gruppen (Abb. 67).

Die beiden torfmoosarmen Gruppen *B* und *C* weisen mit 6 und 5 cm eine sehr niedrige Brandschichttiefe auf.

Alternativhypothese bez. Brandschichttiefe	p-Wert
A > B	0,003
A > C	0,001
E > D	0,0048
G > A	0,13
G > C	0,0004
G > D	0,0002
G > E	0,023
G > H	0,004
E > C	0,0006
H > C	0,0023
H > B	0,0105
H > D	0,028

Tab. 19: Wilcoxon Rangsummentest, einseitig, zwischen Untergruppen A – H, bez. Brandschichttiefe.

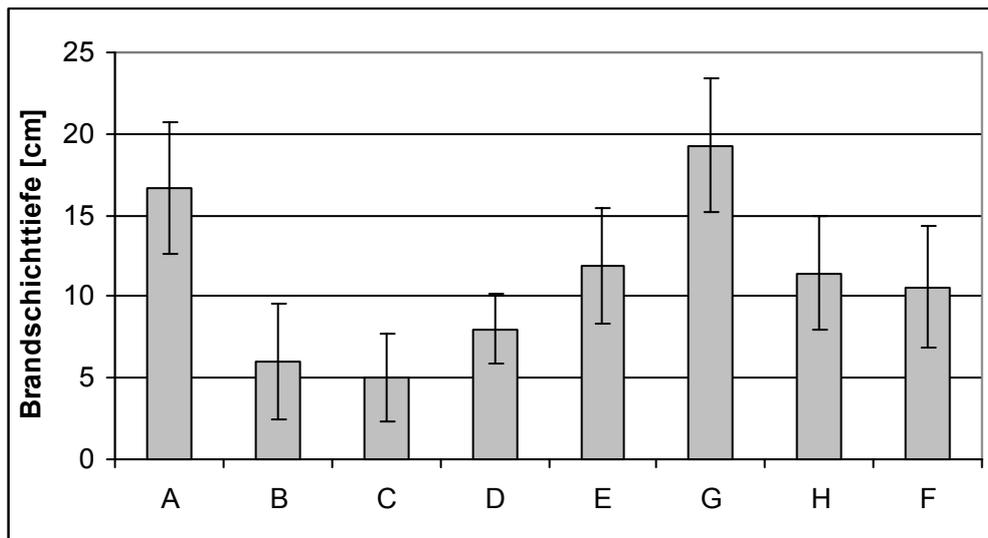


Abb. 67: Mittelwerte der Brandschichttiefe in den Gruppen A bis H mit Standardabweichung in der Reihenfolge des in der Hauptkomponenten-Analyse aufgezeigten ökologischen Gradienten.

### Außenkriterium Neigung der Mooroberfläche

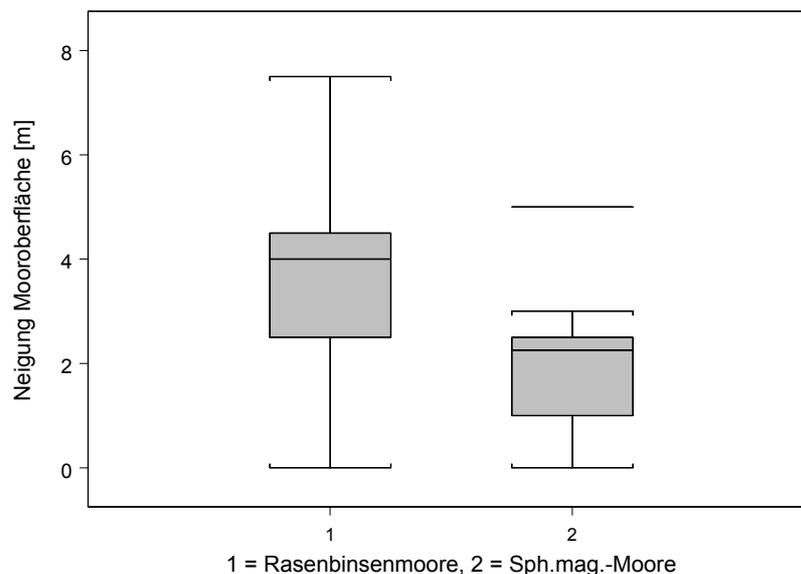


Abb. 68: Boxplot zur Neigung der Mooroberfläche in den Clustern „Rasenbinsenmoore (Gruppe B+C) und Sphagnum magell.-reiche Moore (= Gruppe A).

Die Neigung der Mooroberfläche bestimmt neben Niederschlagsüberschuss und Hangzuschusswasser die Möglichkeiten des Torfwachstums, indem sie den hydraulischen Gradienten steuert. Je steiler eine Moorfläche ist, desto rascher fließt das auftreffende Niederschlagswasser aus der Fläche wieder ab. In schwach geneigten Flächen ist daher bei gleichem Niederschlag eine höhere Torfbildung zu erwarten. Da Hochmoore überwiegend bei Neigungen von weniger als 2 % Gefälle (= 0,9°) wachsen, ist es erstaunlich, welche hohen Hangneigungen auf den Grindenmooren auftreten.

Die Neigung der Mooroberfläche zeigt dabei sehr hohe Werte von im Mittel 1° bis 4°. Nicht geneigte Flächen treten in Sattellagen wie etwa auf dem Vogelskopf, auf der Hornisgrinde und stellenweise auf dem Altsteigerskopf auf. Im getreppten Schliffkopfmoor treten punktuell bis zu 14° Neigung auf. In den Hangmooren von Altsteigerskopf und Hornisgrinde sind Neigungen von 4 bis 5° sehr häufig.

Unter den acht Gruppen der Cluster-Analyse überwiegen Neigungen von 2,8 bis 4° (Medianwerte, Abb. 69). Die Spannweite der Daten reicht bis 8 bzw. 10°, Ausreißer reichen bis 14°.

Bei Gruppe A und Gruppe H findet sich allerdings eine deutlich geringere Hangneigung von 2,25° (Median Gruppe A) und 1,25° (Median Gruppe H), wobei die Neigung in Gruppe H eine erhebliche Streuung aufweist.

Interessant ist, dass Gruppe G mit hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium* einen recht hohen Median der Hangneigung von 3° zeigt und außerdem eine sehr hohe Medianabweichung aufweist. Gruppe G ist also durch eine hohe Diversität der Neigung ausgezeichnet, was wiederum andeutet, dass die hohe Deckung von *Sphagnum capillifolium* in dieser Gruppe von der Neigung unabhängig zu sein scheint (siehe Diskussion).

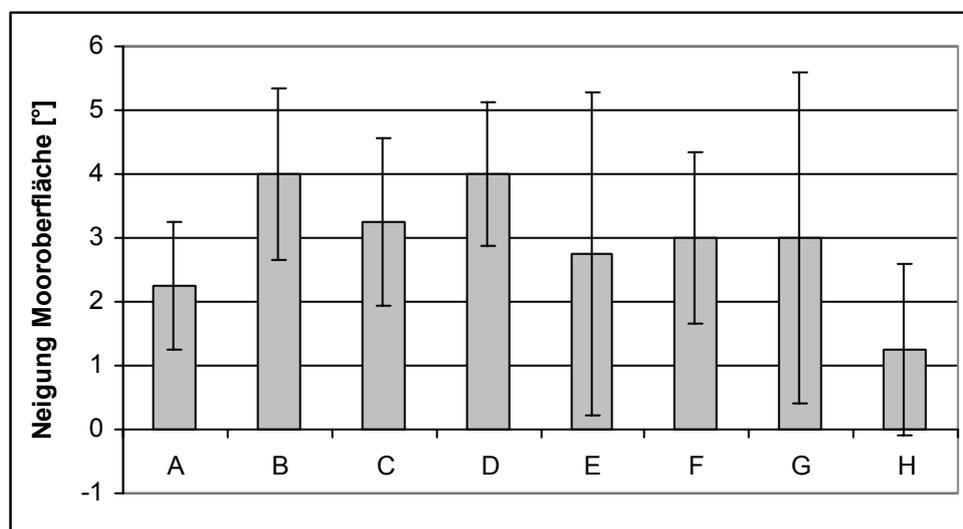


Abb. 69: Mediane der Neigung der Mooroberfläche mit Streuungsmaß MAD (Median absolute deviation).

Alternativhypothese bez. Neigung	p-Werte
A < B	0,0076
A < C	0,1424
A < D	0,0089
H < C	0,103
H < B	0,014
H < D	0,019
H < F	0,075
H < G	0,125

Tab. 20: Wilcoxon Rangsummentest, einseitig, zwischen Untergruppen A – H, bez. Neigung der Mooroberfläche.

### Tests zur Neigung

Die an *Sphagnum magellanicum* reiche Gruppe A weist eine hochsignifikant niedrigere Hangneigung auf als Gruppe B und Gruppe D sowie eine graduell niedrigere Neigung der Mooroberfläche als Gruppe C.

Die an *Sphagnum capillifolium* reiche Gruppe H zeigt eine signifikant niedrigere Neigung der Mooroberfläche als Gruppe B und Gruppe D, sowie eine graduell niedrigere Neigung als Gruppe C, Gruppe F und Gruppe G.

### **Außenkriterium Vererdungszeiger**

Als Vererdungszeiger gelten hier Moosarten, die ausschließlich oder überwiegend auf abgestorbenen Torfen wachsen, über rohhumusartigen Torfen kaum Kapillaranschluss haben und konkurrenzschwach sind.

Als solche treten im Datensatz auf:

*Odontoschisma denudatum*, ein rundblättriges folioses Lebermoos welches auf den Grinden recht häufig ist. Es wächst auf abgestorbenen, rohhumusartigen Torfen, meist in Gesellschaft von *Trichophorum*.

*Leucobryum glaucum*: Weist eine den Torfmoosen ähnliche Zellstruktur mit Arbeitsteilung auf, wächst aber auf deutlich trockeneren Torfen als die meisten Torfmoose.

*Pleurozium schreberi*: In Mooren häufig auf trockeneren, gereiften Bulten sowie fast allgegenwärtig in entwässerten Mooren und Moorwäldern auf stark abgebauten Torfen.

Da die drei genannten Moose im gesamten Datensatz nur mit geringer Stetigkeit auftreten, werden sie hier nicht in Form von statistischen Tests zur Anwendung gebracht, sondern ihr Vorkommen über die Tabelle (Tab. 15-17) erläutert und interpretiert.



Abb. 70: durch Austrocknung und Schrumpfung aufgerissener Bult von *Leucobryum glaucum*, Hornisgrinde Südgipfel.

*Leucobryum glaucum* kommt ausschließlich in den Heidemooren vor und hat dort seinen Schwerpunkt in den torfmoosarmen Gruppen D und E. In den anderen drei Gruppen der Heidemoore finden sich lediglich zwei Vorkommen von *Leucobryum*.

Das *Rotstengelmoos* (*Pleurozium schreberi*) hat seinen Schwerpunkt ebenfalls in den torfmoosarmen Heidemooren und dort seine höchste Deckung eindeutig in Gruppe D. Das

Rotstengelmoos kommt außerdem vereinzelt in den Rasenbinsenmooren vor [in Gruppe B hat *Pleurozium* mit 75 % Deckung in MPAS8 seine höchste Deckung im Datensatz, hier liegt aber eine Latschen-Moorwaldfläche vor, die mangels vergleichbarer Flächen vom Programm zu den Rasenbinsenmooren gestellt wurde].

*Odontoschisma denudatum* hat seinen Schwerpunkt in Gruppe C der Rasenbinsenmoore und kommt abgesehen von vier Vorkommen in den torfmoosarmen Heidemooren (dort Gruppe D) in den übrigen Gruppen nur vereinzelt vor.

*Odontoschisma* hat mit seiner Wuchsform sowie als Lebermoos andere Standortansprüche als *Pleurozium* und *Leucobryum*, die in den Heidemooren miteinander vergesellschaftet sind. Während *Leucobryum* dichte Polster bildet („Ordenskissen“, Reduktion der Oberflächenrauigkeit) und durch luftgefüllte Wasserspeicherzellen die Albedo erhöht und die Aufwärmung abbremst, verfügt *Pleurozium* lediglich über eine hohe plasmatische Trockenresistenz. Beide Arten wachsen mitunter voll besonnt, während *Odontoschisma denudatum* immer den Schutz von Rasenbinse oder Wollgras, bisweilen auch die Überschildung von Heidekraut sucht. *Odontoschisma denudatum* muss dennoch über eine für foliose Lebermoose ungewöhnliche plasmatische Trockenresistenz verfügen. [An Herbarbelegen wurden noch 6 Wochen nach dem Einsammeln intakte Ölkörper und lebende Protoplasten beobachtet!].

Man kann festhalten, dass die Vorkommen von *Odontoschisma* in Gruppe C der Rasenbinsenmoore sowie die Vorkommen von *Pleurozium* und *Leucobryum* in Gruppe D der Heidemoore jeweils den dortigen trockenen Charakter (Abwesenheit von Torfmoosen, Vorherrschen rohhumusartiger und stark abgebauter Torfe) der Moorflächen unterstreichen.

Betrachtet man den Torfzersetzungsgrad im Wurzelraum (2-6 cm Tiefe), so wird deutlich, dass das Vorhandensein von *Odontoschisma* im Schwerpunkt an Torfe mit H6 bis H10 gebunden ist. Die Vorkommen von *Pleurozium* und *Leucobryum* sind in Gruppe D an Torfe von H5 bis H8,5 gebunden, kommen in Gruppe E aber mit geringerer Deckung auch auf Torfen von H3 bis H8 vor.

### **Sphagnum tenellum**

*Sphagnum tenellum* wächst in den Grindenmooren ganz überwiegend am Rand offener Mulden direkt auf stark zersetztem Torf. Es handelt sich dabei nicht um Schlenken, da die Mulden in jeder niederschlagsarmen Phase austrocknen und auch rasch Schrumpfrisse bilden. Die Mulden liegen in stagnierenden oder degenerierenden Moorflächen mit hoher Deckung der Rasenbinse. *Sphagnum tenellum* wächst teilweise direkt auf der Brandschicht von 1800 und bildet keinen Torf.

In den Gruppen der Cluster-Analyse kommt *Sphagnum tenellum* fast ausschließlich in Gruppe B und C in den Rasenbinsenmooren vor. Dass es sich dabei meist um flachgründige Sphagnumrasen handelt, die (noch) keinen Sphagnumtorf nach unten abgelagert haben, zeigt sich bei Betrachtung der Brandschichttiefe unter Geländeoberfläche (Abb. 71). Der Median der Brandschichttiefe unter *Sphagnum tenellum* liegt bei 3,75 cm (!), die Spannweite endet bei 5 cm unter Flur, lediglich bei zwei Ausreißern liegt die Brandschicht tiefer unter Flur (*Sphagnum tenellum* wuchs dort kleinflächig neben *Sphagnum magellanicum* und *Sph. capillifolium*).

Damit bringt die gehäufte Anwesenheit von *Sphagnum tenellum* in einem Cluster den Hinweis, dass dort kein oder nur ein geringes Torfwachstum stattfindet.

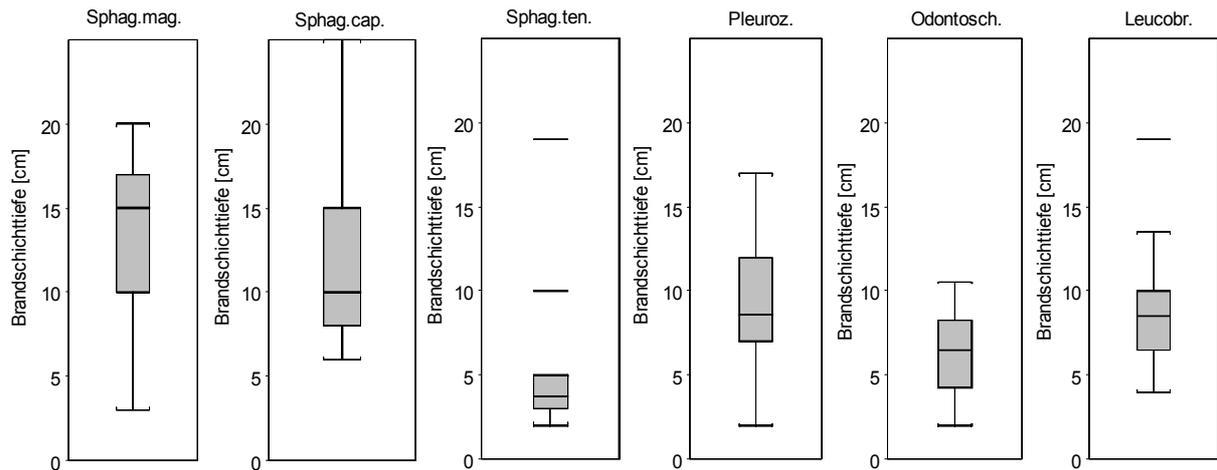


Abb. 71: Brandschichttiefe unter Geländeoberfläche in Messpunkten mit den Moosen *Sphagnum mag.*, *Sph. cap.*, *Sphagnum tenellum*, *Pleurozium schreberi*, *Odontoschisma denudatum* und *Leucobryum glaucum*. Für *Sph. mag.* und *Sph. cap.* wurden alle Messpunkte ab 5 % Deckung der Arten aufgenommen, für die anderen Moose alle Messpunkte ab 1 % Deckung der Arten.

## 7.9 Multivariate Analyse Wasserpegel-Probeflächen

Da für die 14 Wasserpegelprobeflächen neben den Vegetationsdaten und torfkundlichen Daten auch die statistischen Kennwerte der Wasserpegelmessungen zur Verfügung stehen, wurde aus den Daten eine Cluster-Analyse sowie eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Die Analyse sollte ermöglichen, den aus der Cluster-Analyse der Messpunkte abgeleiteten Gruppen auch hydrologische Kriterien gegenüber zu stellen.

Dies ist vor allen Dingen für die Interpretation der Stillstandskomplexe und das Verständnis für die Differenzierung der Gruppen/Standort-Typen von Bedeutung.

### 7.9.1 Cluster Analyse Probeflächen

Trotz der geringen Stichprobengröße wurden für die Cluster-Analyse dieselben sechs Faktoren eingesetzt wie für die Analyse der 72 Messpunkte. Damit war eine gute Vergleichbarkeit der erhaltenen Gruppen gegeben. [KENT & COKER 1994 empfehlen das Verhältnis von 3 : 1 für Stichprobengröße und Anzahl der Faktoren].

Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppen aus der Messpunkte-Analyse reproduziert werden, wobei einzelne Typen wegen der geringen Stichprobengröße nur mit einer Probefläche vertreten sind bzw. wegen der Beschränkung bei der Probeflächenauswahl auf Stillstandskomplexe und Bergkiefernmoore ganz fehlen.

Die Cluster-Analyse ordnet die Probeflächen in zwei übergeordnete Gruppen. Die linke Gruppe umfasst Flächen aus Rasenbinsenmooren und Heidemooren und zwei freigesägte Bergkiefernflächen, die wegen Erosion und Tritt fast frei von Torfmoosen sind.

Die rechte Gruppe umfasst sphagnumreiche Bergkiefernmoorflächen bzw. eine sphagnumreiche freigesägte Fläche.

Die nähere Betrachtung der Faktoren in **Gruppe 1** (Tab. 21) zeigt, dass der Cluster mit HGST1, HGST2 und VKSTA gut der Gruppe B, also den wollgrasreichen Rasenbinsenmooren aus der Analyse der Messpunkte entspricht. Die Deckung von *Calluna* ist recht hoch, die Torfmoos-

deckung niedrig bis fehlend. Der Torfzersetungsgrad ist hoch. Die Wollgrasdeckung ist mit 5-10 % am unteren Ende des Spektrums aus den Messpunkten.

Die Probefläche ASTA ist aus gutem Grund von den anderen drei Flächen abgerückt: Der Torfzersetungsgrad ist viel niedriger als bei den Rasenbinsenmooren der Gruppe B und C. Ein Blick auf die Tabelle xy zeigt, dass in Fläche ASTA *Sphagnum rubellum* eine Deckung von 55 % aufweist. Die Probefläche vermittelt von den Heidemooren zu Gruppe A in den Rasenbinsenmooren und der Messpunktanalyse.

**Gruppe 2** weist ähnliche bzw. identische Eigenschaften auf wie Gruppe E / feuchte Heidemoore in der Messpunkt-Analyse. Die Deckung des Heidekrautes ist hoch, die Deckung von *Sphagnum capillifolium* mäßig (15-45%), der Torf in 2-6 cm Tiefe ist schwach zersetzt (H3-4,5).

Fläche VKSTB ist abgesetzt, weil die Deckung von *Eriophorum*, *Trichophorum* und *Sphagnum capillifolium* recht hoch ist. Fläche VKSTB entspricht in der Analyse der Messpunkte Gruppe H in den Heidemooren.

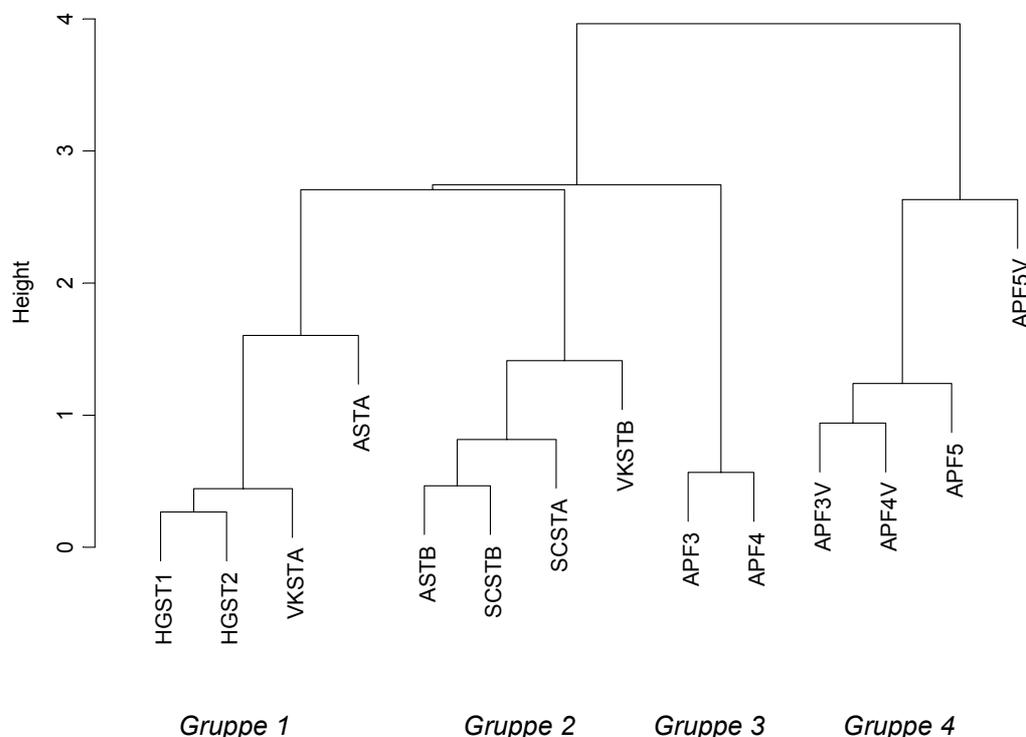


Abb. 72: Dendrogramm der Cluster-Analyse aus den 14 Wasserpegelprobeflächen. Faktoren *Calluna*, *Eriophorum*, *Trichophorum*, *Sph. mag.*, *Sph. cap.*, Distanzmaß „manhattan“. Trennungskoeff. 0,77.

**Gruppe 3** enthält zwei 2005 freigesägte Flächen, die kaum Torfmoosdeckung aufweisen und auch nur ganz schwach von Rasenbinse und Heidekraut bewachsen werden. Diese Flächen entsprechen wegen der hohen Torfzersetzung im Wurzelraum am besten Gruppe D in den Heidemooren. Allerdings ist bekannt, dass die Torfmoose durch Erosion und Tritt (Hirsche) beschädigt wurden und die Flächen wegen der früheren Überschirmung durch Latschen kaum Heidekraut aufweisen. Derzeit regeneriert das scheidige Wollgras sehr gut in den beiden Flächen.

Damit ist es wahrscheinlich, dass auch die Sphagnumdeckung im Schutz des Wollgrases mittelfristig wieder an Deckung gewinnen wird (PFADENHAUER ET.AL 2000, S.100 u. 105; FERLAND & ROCHFORT 1997). Die beiden Flächen weisen auch im Median 2008/2009 und im Mittelwert 2008/2009 einen höheren Wasserstand auf als die feuchten Heidemoore/Gruppe2,

womit deutlich wird, dass sie eigentlich in den Übergangsbereich zwischen Gruppe G/nasse Heidemoore und Gruppe F/Bergkiefernmoore gehören.

**Gruppe 4** wird von den latschenbewachsenen Vergleichsflächen APF3V, APF4V, APF5V sowie der 2005 freigesägten Fläche APF5 gebildet. Die Flächen weisen eine mittlere bis recht hohe Sphagnumdeckung und im Wurzelraum schwach zersetzten Torf auf. Die Wollgrasdeckung ist mit 23 bis 50 % vergleichsweise hoch. Fläche APF5V ist mit einer hohen Deckung von *Sphagnum magellanicum* und dem Fehlen von *Sphagnum capillifolium* von den anderen Flächen der Gruppe abgesetzt.

Gruppe 4 stimmt wegen der hohen Deckung des Wollgrases und der Anwesenheit von *Sphagnum magellanicum* nicht gut mit Gruppe F aus der Messpunktanalyse überein. Offenbar liegt hier ein Subtyp der Bergkiefernmoore mit stärkerer Torfbildung vor! Ein Vergleich mit Gruppe A aus der Messpunkt-Analyse zeigt, dass Gruppe 4 sehr gut mit den Flächen AS1, VK04 und AS15 übereinstimmt.

	Stillstandskomplexe								Gehölzcluster					
	wollgrasreiche Rasenb.hochm.				feuchte Heidemoore				Pflege/Erosion		Pinetum rotundatae			
Code	HGST1	HGST2	VKSTA	ASTA	ASTB	SCSTB	SCSTA	VKSTB	APF3	APF4	APF3V	APF4V	APF5	APF5V
Höhe [m NN]	1159	1164	1055	1084	1030	1035	1044	1053	1035	1051	1035	1054	1054	1054
Mittelwert 09	-11,67	-11,66	-10,71	-11,88	-13,8	-15,09	-19,93	-12,61	-14,9	-10,7	-14,44	-13,3	-9,93	-10,71
Median 09	-7,63	-7,18	-9	-7,9	-9,38	-13,83	-17,63	-9,95	-10,4	-6,35	-11,33	-9,5	-5,05	-5,93
Mittelwert 0809	-11,01	-11,35	-10,24	-11,15	-12,3	-15,08	-18,93	-11,24	-11,6	-8,94	-12,47	-11,7	-7,49	-8,59
Median 0809	-8,45	-8,43	-8,7	-8,6	-9,6	-14,58	-17,4	-9,58	-8,58	-6,55	-10,33	-9,28	-4,95	-6,05
cumul.Amp.0809	112,8	105,8	95,9	109,6	125	78	75,7	84,35	153,5	122,5	117,5	115,6	121,3	99,85
Ampl	-26,25	-25,55	-16	-24,75	-28,3	-14,45	-17,25	-20,55	-36,5	-28,8	-29,6	-25,8	-31,8	-27,75
Bestockung	o	o	o	o	ho	o	o	o	o	o	G	G	o(G)	G
Brandschichttiefe	4	5	7	8,6	6,6	6	9,6	7	3	4	10	8	16	17
Neigung [°]	2,5	2,5	1,5	4	5	2	3,5	1	5	4,3	4	4	1,8	2
Humosität 2-6	8	8,5	8	2	4	3,75	3	4,5	8,5	7,5	2,5	3	2	2,5
Torf [m]	3,25	2,07	0,58	1,96	2,2	0,7	1,01	1	1,3	2,06	1,43	1,4	0,74	1,01
Moorwachstum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Torfwachstum	d/s	d/s	d?	w	s	s	s	s	e/r	s/r	s	w	w	w
Deckg. Gefässpfl.	90	95	97	84	57,5	70	75	90	28	40	41	69	68	52
Deckg. Sphagnum	1	2	20	60	15	25	45	45	0	14	55	70	60	80
<i>Calluna vulgaris</i>	35	30	30	40	55	60	60	45	2	10	10	8	5	10
<i>Trichophorum</i>	55	55	55	35	5	2	10	25	0	8	0	0	0	0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	r	0	r	0	1,5	0	x	x	5	2	5	10	10	12
<i>Eriophorum vaginatum</i>	5	10	5	4	x	8	5	20	20	20	25	50	50	23
<i>Sphagnum magell.</i>	2	0	0	5	x	0	0	0	x	13	5	0	30	80
<i>Sphagnum tenellum</i>	1	2	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphagnum compactum</i>	0	x	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphagnum rubellum</i>	x	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphagnum capillifolium</i>	0	0	20	0	15	25	45	45	0	1	50	70	30	0
<i>Pleurozium schreberi</i>	0	0	5	3	3	10	0	15	1	3	5	3	3	8
<i>Leucobryum glaucum</i>	0	x	x	x	x	8	8	1	0	0	x	x	0	0
<i>Odontoschisma den.</i>	x	x	x	0	x	0	0	0	0	x	0	0	x	x

Tab. 21: Tabelle mit den eingesetzten Faktoren sowie mit Außenkriterien und weiteren Vegetationsfaktoren. o(G) weist auf die frühere Gehölzschicht hin, Zeile 3–6 = Mittelw./Mediane der Wasserpegel.

## 7.9.2 Hauptkomponenten-Analyse der Probeflächen

Die in der Cluster-Analyse erhaltenen Gruppen werden ohne Überschneidung von der Hauptkomponenten-Analyse reproduziert.

Die Hauptkomponenten-Analyse ordnet die beiden freigesägten Flächen APF3 und APF4 interessanterweise näher zu den Bergkiefernmooren. Dies ist wohl der hohen Deckung des Wollgrases und der geringen Deckung des Heidekrautes geschuldet.

Gruppe 3 (APF3, APF4) steht dabei den Rasenbinsenmoorflächen aus Gruppe 1 etwas näher als den Heidemoorflächen aus Gruppe 2.

Der Biplot (1,2) zeigt gut, dass die Fläche ASTA in Gruppe 1 wegen der niedrigen Torfzersetzung eine Übergangsstellung zu den Heidemooren hat.

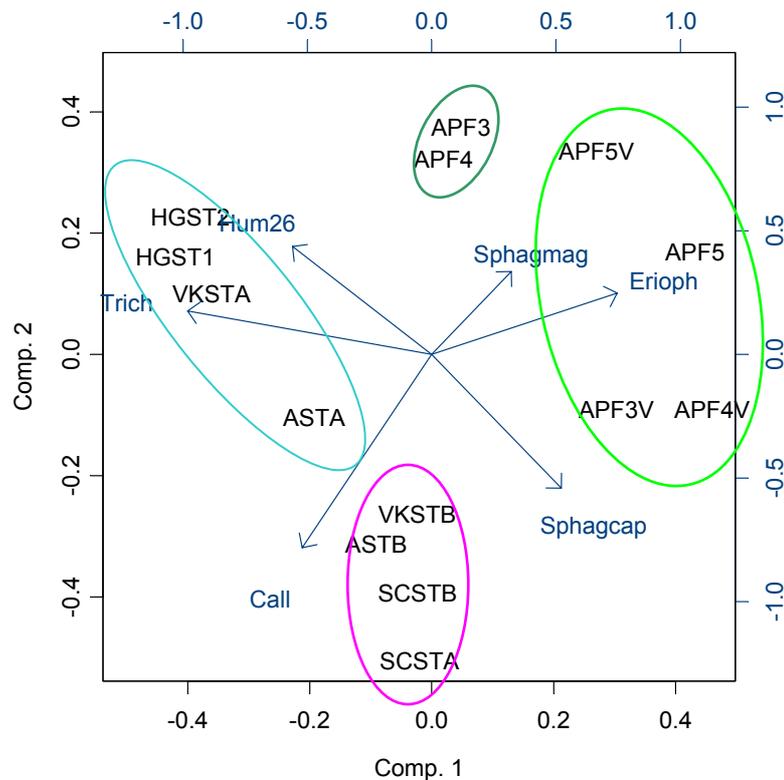


Abb. 73: Biplot (1,2) der Hauptkomponenten-Analyse aus den 14 Probeflächen. Gruppen der Cluster-Analyse farblich eingekreist.

Importance of components:

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
Standard deviation	0.5461308	0.3953965	0.3126632	0.23157845	0.11834643
Proportion of Variance	0.4740188	0.2484665	0.1553659	0.08523118	0.02225935
Cumulative Proportion	0.4740188	0.7224853	0.8778512	0.96308238	0.98534173
	Comp. 6				
Standard deviation	0.09603738				
Proportion of Variance	0.01465827				
Cumulative Proportion	1.00000000				

Loadings:

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6
Hum26	-0.356	0.383	-0.293	-0.520	0.595	-0.130
Call	-0.331	-0.686	0.248		0.268	-0.535
Trich	-0.624	0.154	-0.372	0.666		
Erioph	0.474	0.217	-0.364	0.194		-0.747
Sphagmag	0.203	0.294	0.515	0.475	0.614	
Sphagcap	0.331	-0.475	-0.563	0.149	0.437	0.368

### 7.9.3 Außenkriterien Probeflächen

Auf eine systematische Anwendung der Außenkriterien Wasserstand, Torfmächtigkeit, Brandschichttiefe und Neigung mit statistischen Tests sei hier wegen der geringen Stichprobengröße weitgehend verzichtet (n meist kleiner 6).

Die Ausprägung der Außenkriterien wird im folgenden Text nach auffälligen Unterschieden erläutert.

### **Amplitude der Wasserpegel**

Tab. 21 zeigt, dass die Pflegeflächen und Pflege-Vergleichsflächen verglichen mit den Rasenbinsenmooren und Heidemooren eine hochsignifikant höhere Schwankungsamplitude des Wasserstandes aufweisen. (Der Wilcoxon-Test ergibt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,0023$ ).

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data:  x: ampl.bergk in ampl.prob.plus , and y: ampl.still in ampl.prob.plus
rank-sum statistic W = 66, n = 6, m = 8, p-value = 0.0023
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

### **Wasserpegelmittelwert und Wasserpegelmedianwert**

Tab. 21 zeigt, dass Gruppe 2 / Heidemoore einen auffällig tieferen Mittelwert 2008/2009 aufweist und auch einen tieferen Median 2008/2009 zeigt als Gruppe 1/Rasenbinsenmoore. Der Unterschied ist, allerdings bei  $n = 4$ , signifikant (Wilcoxon-Test).

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data:  x: rasenb in wassmed0809.ras.heid , and y: heidem in wassmed0809.ras.heid
rank-sum statistic W = 26, n = 4, m = 4, p-value = 0.0143
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

Ein Blick auf die Mittelwerte des Wasserstandes im Trockenjahr 2009 weist ebenfalls auf einen signifikanten Unterschied zwischen Rasenbinsen- und Heidemooren unter den Probeflächen.

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data:  x: rasenb in wassmitt09.prob.ras.heid , and y: heidem in
wassmitt09.prob.ras.heid
rank-sum statistic W = 26, n = 4, m = 4, p-value = 0.0143
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

Wie schon in Kapitel 7.2.4 dargestellt, liegt in den Pflegeflächen und deren Vergleichsflächen der Wasserstand graduell höher als in den Probeflächen der Rasenbinsenmoore und Heidemoore. Der Wilcoxon-Test von Gruppe 1 und 2 gegen Gruppe 3 und 4 zeigt für die Alternativhypothese, dass der Median des Wasserstand 2008/2009 in den Pflegeflächen/Vergleichsflächen höher ist, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 7 %.

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data:  x: stillstd in wassmed0809still.bergk , and y: bergk in wassmed0809still.bergk
rank-sum statistic W = 48, n = 8, m = 6, p-value = 0.0709
alternative hypothesis: true mu is less than 0
```

### **Brandschichttiefe und Neigung**

Die Brandschichttiefe ist in Gruppe 4 mit Ausnahme von Fläche APF4V höher als in allen anderen Probeflächen, wobei Probefläche APF5V mit 17 cm den höchsten Wert erreicht.

In den Gruppen 1, 2 und 3 weist die geringe Brandschichttiefe auf ein geringes Torfwachstum bzw. auch auf Stagnation oder Torfabbau hin.

Die einzigen beiden Flächen mit nennenswertem Torfwachstum, Fläche APF5 und APF5V weisen mit  $1,8^\circ$  bzw.  $2^\circ$  auch eine vergleichsweise geringe Neigung der Mooroberfläche auf. Dieser Tatbestand unterstreicht die bei der Cluster-Analyse beschriebene Nähe der Bergkiefernflächen aus Gruppe 4 zu den Moorflächen in Gruppe A der Messpunktanalyse.

### **Torfmächtigkeit**

Wie auch bei der Analyse der Messpunkte fällt auf, dass die Rasenbinsenmoore/Gruppe 1 im Mittel eine höhere Torfmächtigkeit zeigen (Ausnahme VKSTA) als die Heidemoore.

Die Bergkiefernmoorflächen bzw. die freigesägten Pflegeflächen weisen mit Ausnahme von APF4 (schon vor der Maßnahme nasse und lichte Stelle) nur Torfmächtigkeiten von 70 bis 140 cm auf.

## Fazit Außenkriterien Probeflächen

Die Betrachtung der Außenkriterien der Probeflächenanalyse machte deutlich, dass die anhand von Torfzersetzung und Vegetation vorgenommene Gruppierung der Probeflächen auch ihre Entsprechung in Standortfaktoren wie dem Wasserstand findet.

So zeigen die Heidemoore im zweijährigen Mittel einen signifikant tieferen Wasserstand als die Rasenbinsenmoore.

Die Pflegeflächen und Vergleichsflächen (Bergkiefernmoore) weisen einen graduell höheren Wasserstand sowie eine hochsignifikant höhere Schwankungsamplitude auf als die Probeflächen in den Stillstandskomplexen (Rasenbinsenmoore und Heidemoore).

Torf- und Moorwachstum sind nur bei geringer Hangneigung zu beobachten. Die Heidemoore zeigen überdies eine signifikant niedrigere Schwankungsamplitude als die Bergkiefernmoore.

## 7.10 Ansprache von Torf- und Moorwachstum

Wie im Methodenteil geschildert, wurde nach Erhebung aller Torfprofile in den Messpunkten die dortige Torfbildung und das Moorwachstum bewertet.

Es handelt sich dabei um eine Schätzung und nicht um eine Messung.

Das exakte Netto-Moorwachstum kann **direkt** nur durch den absoluten Höhenzuwachs eines Torfkörpers über den mineralischen Untergrund bestimmt werden. Dabei muss die Moorschrumpfung bei Niedrigwasserständen herausgerechnet werden. Die Moorschrumpfung betrug 2009 zwischen 1 und 2 cm [Kapitel 7.6.4]. Bei mittleren Wachstumsraten von 1 mm/a im Süden der Hochmoorregion sind dabei über zehn Jahre erforderlich, um zu sicheren Messwerten zu kommen.

Alle anderen Verfahren, wie die Radiocarbonatierung, Messung der Wurzelhalstiefe von Moor- kiefern oder die Messung der Tiefe von historisch belegten Leithorizonten (wie Brandhorizonte), enthalten unbekannte Größen, wie Torfverlust durch Brände, Torfverlust durch Entwässerung sowie die natürliche Torfmineralisation auch im unteren Torfbildungshorizont (also z.B. unter dem Wurzelhals von Moor-Kiefern oder unter der Brandschicht) während Trockenperioden.

### Moorwachstum

Auf den untersuchten Grinden trat nirgends auf einer größeren zusammenhängenden Moorfläche Moorwachstum auf.

Alle Flächen, auf denen Moorwachstum angesprochen wurde, waren klein (ca. 10 m<sup>2</sup> bis 150 m<sup>2</sup>).

Bei der Ansprache der Torfprofile wurde jeweils der **Wasserstand** im Bohrloch beachtet. Kein Torfprofil wurde während der Niedrigwasserperiode erhoben, sondern alle Torfbohrungen wurden im Oktober 2008 und Oktober 2009 durchgeführt.

**Messpunkte mit Moorwachstum** fanden sich nur in Gruppe A. So wurde Moorwachstum etwa auf der *Hornisgrinde* unterhalb der großen Kolke sowie in der Gipfelmulde des Südgipfels beobachtet.

Moorwachstum ist außerdem an einzelnen Stellen im obersten Moorbereich des Hangmoores am *Altsteigerskopf* nahe der Regierungsbezirksgrenze zu beobachten. Der schwach geneigte Moorbereich auf dem Sattel ist leider durch Torfstich und rückschreitende Erosion stark beeinträchtigt. Auch im Hangmoor östlich der Darmstädter Hütte wurde lokal Moorwachstum vorgefunden (um MPAS01).

Auf dem *Vogelskopf* findet sich Moorwachstum an einer kleinen Fläche im südwestlichen Hangmoor sowie an zwei Stellen auf dem nordwestlichen Sattelmoor. Auf allen anderen Grinden wurde kein Moorwachstum detektiert.

In Gruppe 7 und Gruppe 8 findet sich jeweils ein Messpunkt mit starker Torfbildung, wobei anhand des Profils und Wasserstandes nicht entschieden werden konnte, ob Moorwachstum vorliegt.

In Probefläche APF5V ist auf einer Fläche von etwa 20 m<sup>2</sup> aktuell ein so starkes Torfwachstum zu beobachten, dass auch die Wurzelhalse der Kiefern überwachsen werden. Hier liegt lokales Moorwachstum vor.

Am *Vogelskopf* fand sich neben Punkt MPVK09 ein seitlich ausgewachsenes Bultsystem von mehreren Quadratmetern Größe, dessen *Bruttotorfbildung* durch die Wurzelhalstiefe einer kleinen Kiefer bestimmt werden konnte. Die Kiefer war 22 Jahre alt, der Wurzelhals lag in 21 cm Tiefe. Damit liegt die Bruttotorfbildung seit 1800 bei fast einem Zentimeter pro Jahr. Dies ist in borealen Mooren kein seltener Wert für Bult- und Strangsysteme, auf den Grinden aber die Ausnahme!

AS1	AS15	AS10	HG12	SA1	VK4	AS2	HG05	HG07	KN02
<b>0,75</b>	0,9	<b>1</b>	<b>0,95</b>	0,5	0,75	0,55	<b>0,925</b>	<b>1,15</b>	<b>(0,85)</b>

Tab. 22: Brutto-Torfbildungsraten in Gruppe A in mm/Jahr. Fett gedruckte Messpunkte = mit Moorwachstum.

Tab. 22 zeigt die Brutto-Torfbildungsrate in Gruppe A. Von der Brutto-Torfbildung ist theoretisch der Stoffverlust abzuziehen, der durch sommerliche Belüftung des Torfes unter der Brandschicht erfolgt. Dieser Stoffverlust ist unbekannt. Im einfachsten Fall kann er bei dauerhaft sehr hohen Wasserständen einfach vernachlässigt werden. Dies dürfte etwa in Fläche HG05 unterhalb der Kolke der Fall sein, da dort bei sehr geringem Gefälle sehr abzugsschwache Bedingungen vorliegen.



Abb. 74: Wachstumsbestimmung am *Vogelskopf*, nahe MPVK09. Alter der Kiefer 22 Jahre, Tiefe des Wurzelhalses unter Flur = 21 cm.

## 7.11 Ableitung von Standort-Typen

Die Untersuchungsergebnisse machen deutlich, dass in den Grindenmooren im Spektrum der pflanzensoziologischen Einheiten des *Eriophoro-Trichophoretum cespitosi* („Rasenbinsen-hochmoor“) und des *Sphagno compacti-Trichophoretum germanici* („Haarsimsen-Feuchtheide“ oder „Rasenbinsen-Anmoor“) acht Einheiten nach ökologischen Faktoren signifikant unterschieden werden können.

Bereits die Betrachtung der zur multivariaten Analyse eingesetzten Faktoren (*Calluna*, *Trichophorum*, *Eriophorum*, *Sph. mag.*, *Sph. cap.* und *Humosität 2-6 cm*) liefert eine plausible Erklärung für die Gruppierung der Messpunkte.

Die Anwendung der drei **Außenkriterien** Torfmächtigkeit, Brandschichttiefe und Neigung untermauert mit zahlreichen signifikanten bis hochsignifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen der Cluster-Analyse, dass deren Abgrenzung plausibel ist. Die Verteilung der Moose *Leucobryum*, *Pleurozium*, *Odontoschisma* und *Sphagnum tenellum* in den Clustern ergänzt und bestätigt die bisher gewonnenen Erkenntnisse.

Die Auswertung der Ergebnisse der multivariaten Analyse der Probeflächen belegt, dass auch **Unterschiede im Wasserstand** bzw. in der Schwankungsamplitude zwischen den extrahierten Gruppen bestehen.

Die Unterscheidung der Gruppen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten *Rasenbinsen-hochmoor* und *Rasenbinsen-Anmoor* bewegt sich nur auf dem untersten Niveau (Subassoziationen, Varianten) des hierarchischen Systems. Dennoch sind die Unterschiede signifikant und so gravierend, dass sie eine **Differenzierung in Wachstum, Stagnation und Degeneration** innerhalb einer Pflanzengesellschaft bedeuten!

### Standort-Typen

**1.A. GRUPPE A:** Bei Gruppe A handelt es sich um Flächen mit einer hohen Deckung von *Sphagnum magellanicum* und / oder *Sphagnum rubellum*. In sechs Flächen liegt die Deckung der Gefäßpflanzen unter oder bei 50 %. Die Flächen weisen das niedrigste Gefälle unter den Moorflächen mit größerer Torfmächtigkeit auf und neben Gruppe C mit Werten bis 2,4 und 2,7 m die mächtigsten Torflager auf den Grinden. Es handelt sich also um Flächen, die einmal ein vergleichsweise hohes Torfwachstum aufwiesen, welches durch den Brand bzw. Entwässerung unterbrochen wurde (siehe Diskussion), nun aber stellenweise wieder in Gang gekommen ist. Der jüngste Torf ist sehr schwach bis schwach zersetzt.

Die gehölzfreien Flächen aus Gruppe A lassen sich dem *Eriophoro-Trichophoretum cespitosi* (**Rasenbinsen-Hochmoor**) zuordnen (Vergleich mit den Aufnahmen von DIERSSEN 1984) und zwar der typischen Subassoziation. Dabei fehlen allerdings charakteristische Arten wie *Carex pauciflora* und *Drosera rotundifolia* (beide auf den Grindenmooren sehr selten).

Abgesehen von zwei Niedermoorflächen (SA1 und KN02) liegen die Messpunkte zwischen 1131 und 1156 m NN. [Die Flächen SA01 und KN02 wurden mangels vergleichbarer Niedermoorflächen und wegen hoher Torfmoosdeckung vom Programm in Gruppe A gestellt, gehören aber nicht zum Rasenbinsen-Hochmoor sondern zum Rasenbinsen-Anmoor bzw. zu den oligotrophen, sauren Niedermooeren.]

**1.B. GRUPPE A** umfasst aber auch drei latschenbewachsene Messpunkte mit hoher Torfmoosdeckung. Diese konnten vom Programm nicht abgeschieden werden, da weder die diagnostisch wichtige Heidelbeerdeckung, noch die Gehölzschicht in die Analyse gingen. Die auffällig niedrige Callunadeckung war bei der Zuordnung schließlich ein schwächeres Signal als die Deckung von *Sphagnum magellanicum*. Abb. A6 im Anhang belegt, dass die drei Bergkiefernmoorflächen AS01, AS15 und VK04 in der Hauptkomponenten-Analyse tatsächlich näher bei den Bergkiefernmooren aus Gruppe F stehen.

Folglich müssen hier die drei Messpunkte AS01, AS15 und VK04 manuell zu einer Gruppe gefasst werden. Die drei Flächen gehören dabei aufgrund von hohem Torfwachstum (große Brandschichttiefe) und der Deckung von *Sphagnum magellanicum* nicht in Gruppe F sondern müssten vielmehr mit dieser zu einer Gruppe der „Bergkiefernmoore und Moorwälder“ zusammengefasst werden. Dabei erhalten sie die Bezeichnung „F1“, die bisherige Gruppe F den Namen „F2“.

Die drei Flächen AS1, AS15 und VK4 entsprechen dabei mit hoher Deckung von *Sphagnum magellanicum*, deutlichem Torfwachstum und lichtem Bewuchs der Latsche dem ***Pino mugos-Sphagnetum magellanici*** KÄSTNER & FLÖSSNER 33 em. NEUHÄUSL.69 koll. DIERSSEN ap. OBERD.77 (Vergleichsdaten siehe VON SENGBUSCH 2006, DIERSSEN & DIERSSEN 1984). Nach neuesten Forschungsergebnissen von SIBIK et. al. (2008) ist für diese pflanzensoziologische Einheit aber der Name „***Pinetum rotundatae***“ [KÄSTNER & FLÖSSNER 1933 corr. MUCINA in STEINER 1993] zu verwenden.

### 2./3. GRUPPE B / C

Gruppe B und C umfassen Flächen mit sehr niedriger Sphagnumdeckung, die kein Torfwachstum aufweisen oder eine Deckung von *Sphagnum tenellum* von 7-35 % zeigen und bei sommerlich niedrigen Wasserständen sicher durch hohe Mineralisationsraten gekennzeichnet sind (Verhalten von *Sphagnum tenellum* siehe Kap.7.5 Chl.-Fluoreszenz und Kap.7.6 Torf). So zeigen sich im Torfprofil unter der Brandschicht überwiegend mittelstark, stark und sehr stark zersetzte Torfe.

**GRUPPE B** (n = 9) wird neben drei von Latschen bewachsenen Flächen von der Rasenbinse dominiert.

Die Vorkommen von *Sphagnum tenellum* weisen auf das Vorhandensein von offenen/nackten Torfmulden hin. Es liegt überwiegend degenerierender Torf vor (auch der Torf unter der Brandschicht ist stark abgebaut).

Die große Höhe von 1045 bis 1165 m NN (eine Ausnahme) sowie das Vorkommen von *Trichophorum cespitosum* ssp. *germanicum* lassen zunächst erwarten, dass auf den abgestorbenen Torfen in Gruppe B und C das „*Sphagno compacti-Trichophoretum*“ („Rasenbinsen-Anmoor“) wächst.

DIERSSEN & DIERSSEN (1984) weisen zum einen auf die Verzahnung des *Sphagno compacti-Trichophoretum germanici* mit *Nardetalia* –Gesellschaften hin. Zum anderen schildern sie die früher von *Sphagnum compactum* geprägten Flächen als für die Entwicklung der Torfmoose suboptimale Habitate.

Da in den vorliegenden Gruppen B und C aber Flächen mit größerer Torfmächtigkeit liegen, und unter der Brandschicht teilweise auch noch angegriffene Sphagnumtorfe erhalten sind, waren die Flächen bis zum Einsetzen der Brandbeweidung offenbar von größerem Torfwachstum geprägt.

Da außerdem für das Rasenbinsen-Anmoor bezeichnende Arten wie *Sphagnum compactum*, *Molinia caerulea*, *Sphagnum capillifolium* und *Leucobryum glaucum* fehlen, handelt es sich hier nicht um das *Sphagno-compacti-Trichophoretum*, sondern viel wahrscheinlicher um Abbau- bzw. Degradationsstadien des *Eriophoro-Trichophoretum* nach Brand, Entwässerung und Förderung der Rasenbinse durch Partitionierung des Wurzelraumes.

Obwohl Flechten in den erfassten Messpunkten weitgehend fehlen, besteht eine gewisse Ähnlichkeit zur von DIERSSEN & DIERSSEN (1984) belegten Subassoziation des Rasenbinsen-hochmoors von *Cladonia arbuscula*.

Wegen der Wollgrasarmut erhält der Standort-Typ Gruppe B die Bezeichnung „wollgrasarme degradierte Rasenbinsenhochmoore“.

**GRUPPE C** (n = 10) unterscheidet sich von Gruppe B durch eine höhere Deckung des Wollgrases, durch eine höhere Deckung des Heidekrautes und die stetige Anwesenheit von *Odontoschisma denudatum*.

Gruppe C erhält bei einer Eriophorumdeckung von 7-30 % die Bezeichnung „wollgrasreiche degradierte Rasenbinsenhochn Moore“.

**Aufgrund von fehlendem Torfwachstum und sommerlich tiefen Wasserständen (siehe Abb. 88) stellen Gruppe B und Gruppe C Moore mit Torfzehrung dar und sind folglich nicht mehr als C-Senken sondern als Kohlenstoffquellen zu betrachten!**

Die drei von Latschen bewachsenen Flächen in Gruppe B (AS08, AS09, SK01) konnten vom Programm nicht Gruppe F zugeordnet werden, da diagnostisch wichtige Faktoren wie die Heidelbeerdeckung oder die Gehölzdeckung nicht in die Analyse eingingen. Die drei Flächen müssen also manuell zugeordnet werden. Wegen der hohen Torfzersetzung im Wurzelraum und der Abwesenheit von Torfmoosen passen die drei Flächen nicht zu Gruppe F (dort mittlere Sphagnumdeckung 93 %). Wie auch die drei Bergkiefernmoorflächen aus Gruppe A müssen die Messpunkte AS8, AS9 und SK01 als eigene Gruppe der gehölzgeprägten Gruppe F beigeordnet werden. Sie erhalten dabei die Bezeichnung „**F3**“.

**Gruppe F3** stellt nach einem Vergleich mit den Daten aus VON SENGBUSCH (2006, S.79/83, dort auch Flächen vom Altsteigerskopf und Seekopf) Abbauformen des *Vaccinio uliginosi-Pinetum rotundatae* dar. Nach neuester Nomenklatur wäre dabei von Abbauformen des *Pinetum rotundatae* Kästner et. Flössner 1933 zu sprechen.

Nach VON SENGBUSCH (2006) stellt dieser Standort-Typ den Bereich der Fichtengrenze dar, wobei junge Fichten auf den abgestorbenen Torfen gute Wuchsbedingungen finden, größere Fichten wegen des flachgründigen und staunassen Wurzelraumes aber wenig vital und gelbnadelig sind.

**4. In Gruppe D** (n = 13) finden sich heidekrautreiche bzw. von Heidekraut beherrschte Moorflächen mit geringer (< 20 %, eine Ausnahme) oder fehlender Torfmoosdeckung. Der Torf in 2-6 cm ist mittel- bis stark zersetzt. Die Rasenbinse ist in den meisten Flächen nur mit geringer Deckung vorhanden.

Das Torfwachstum wurde als negativ angesprochen, die Torfprofile weisen die Flächen als degenerierend aus. Damit stellen die Flächen keine C-Senken mehr dar, sondern sind als **Kohlenstoffquellen** zu betrachten.

Vererdungszeiger wie *Pleurozium*, *Leucobryum* und *Odontoschisma* sind in der Gruppe häufig vertreten (*Pleurozium* fast durchgängig). *Sphagnum capillifolium* ist etwa in der Hälfte der Messpunkte mit geringer Deckung vertreten. Damit liegt eine Artenkombination vor, die den Aufnahmen von DIERSSEN & DIERSSEN (1984) für das *Sphagno compacti-Trichophoretum* (Rasenbinsen-Anmoor) gut entspricht.

In Gruppe D liegen nun allerdings mehrere Messpunkte mit einer hohen Torfmächtigkeit von 1,7 bis 2,3 m vor. Diese Flächen müssen bei einer Neigung von 2,5° bis 6° einmal hohe Torfbildungsraten aufgewiesen haben, um zur vorhandenen Torfmächtigkeit gelangt zu sein.

Die Analyse der Daten aus den Wasserpegel-Probeflächen zeigte nun, dass schon die Gruppe der „*feuchten Heidemoore*“ einen signifikant niedrigeren mittleren Wasserstand aufweist als die wollgrasreichen Rasenbinsenmoore (Gruppe C). Man kann aus der geringen Torfmoosdeckung und dem hohen Torfzersetzungsgrad im Wurzelraum schließen, dass der mittlere Wasserstand in Gruppe D noch deutlich tiefer liegt als in den feuchten Heidemooren, die ja immerhin eine mittlere Sphagnumdeckung von 64 % aufweisen (siehe Tab. 17).

Angesichts dieser Umstände ist es wahrscheinlich, dass die Flächen in Gruppe D früher (also vor Jahrhunderten) nicht vom Rasenbinsen-Anmoor bewachsen wurden, sondern vielmehr durch wachsende Hochmoorvegetation geprägt waren. Gruppe D stellt also ein aktuelles Rasenbinsen-Anmoor als **Abbauf orm eines Rasenbinsen-Hochmoores** nach Störung (Brand und/oder Entwässerung) dar.

Gruppe D lässt sich dabei gut in einen Subtyp mit mittelstark und stark zersetzten Torfen (D1) und einen Subtyp mit mittlerer Torfzersetzung und höherer Sphagnumdeckung (D2) unterteilen.

**5. GRUPPE E** umfasst Flächen mit mittlerer bis hoher Torfmoosdeckung wobei *Sphagnum capillifolium* die Flächen prägt. Die Flächen werden in der Feldschicht vom Heidekraut dominiert, Wollgras und Rasenbinse treten mit geringer Deckung nur als Begleiter auf.

Mit einer mittleren Torfmächtigkeit von 0,85 m (Maximum 1,2 m) handelt es sich um eher flachgründige Moorflächen. Das Torfwachstum wurde überwiegend als partiell/stagnierend (s) angesprochen, es liegen aber vier Flächen mit sichtbarem Torfwachstum(w)/Stagnation vor.

Mit sehr ähnlicher Artenausstattung wie Gruppe D, lediglich höherer Deckung von *Sphagnum capillifolium*, liegt hier ebenfalls ein *Sphagno compacti-Trichophoretum germanici* (**Rasenbinsen-Anmoor**) vor. Die geringe Torfmächtigkeit macht plausibel, dass hier auch vor Eingreifen des Menschen nur suboptimale Bedingungen für das Wachstum von Torfmoosen vorlagen.

Gruppe E kann aufgrund des Fehlens von *Molinia caerulea* nur der typischen Variante der typischen Subassoziation zugeordnet werden.

**6. GRUPPE F** ist, wie in Absatz 1/Gruppe A bereits erläutert, durch manuelle Umordnung nun aus drei Untereinheiten zusammengesetzt (F1 und F3 bereits oben besprochen). Aus Gruppe F2 wurde Messpunkt VK09 (kein Latschenbewuchs) entfernt.

Gruppe F2 umfasst halboffene oder weitgehend geschlossene Latschenfilze mit einer Deckung der Heidelbeere von 15-30 % (zwei Ausnahmen). Die Untersuchungen in VON SENGBUSCH 2004 und 2006 haben gezeigt, dass bei einer Heidelbeerdeckung von etwa 25 % (oder Etablierung von Preiselbeere wie in HD01, WW01) in der Regel Fichtenfähigkeit erreicht wird. Tatsächlich sind Fläche OC02 und WW01 bereits von Fichte bewachsen (Moor-Kiefer in jüngerer Vergangenheit abgestorben) und Fläche OC01 von Wald-Kiefer umstanden. Der Torf im Wurzelraum (2-6 cm) ist schwach bis mittelstark zersetzt, die Brandschichttiefe kleiner oder gleich 10 cm.

Bei einem Median der Torfmächtigkeit von 0,45 m (1 Ausreißer mit 1,8 m) wird deutlich, dass die Flächen immer schon am Rande der Möglichkeiten des Torfwachstums standen. Bei den beiden Flächen HD01 und SK03, die heute noch Latschenbewuchs tragen, ist anzunehmen, dass die Latschen nur im Zuge der durch Brandrodung ausgelösten Sukzessionsprozesse Fuß fassen konnten und mittelfristig wieder von der Fichte verdrängt werden (bei Fläche HD01 haben wohl auch Entwässerungsgräben zur Verschlechterung der Lebensbedingungen der Latsche geführt).

Da generative Verjüngung der Latsche in den Flächen HD01 und SK03 fehlt, ist dort tatsächlich mit einer Ablösung der Latsche nach Zusammenbruch der Baumschicht zu rechnen.

Mit einer recht hohen Deckung von *Sphagnum capillifolium* sind die Torfe aber nicht abgestorben sondern zeigen die für viele Moorwälder typische Kombination aus hoher Gehölzdeckung und bei guter Beschattung stagnierender Torfmoosnarbe.

Mit Ausnahme der tiefgründigeren Fläche AS11 sind die Flächen der Gruppe F2 **potenziellen** bzw. auch **primären Fichtenmoorwäldern** zuzuordnen.

Fläche AS11 stellt stagnierendes *Vaccinio-Pinetum rotundatae* bzw. nach neuem Sprachgebrauch *Pinetum rotundatae* Kästner & Flössner 1933 dar.

**7. GRUPPE G** enthält bei einer mittleren Torfmächtigkeit von 0,8 m flachgründige Flächen, die bei sehr hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium* eine hohe Bruttotorfbildung = große Brandschichttiefe aufweisen. Die jüngsten Torfe (2-6 cm) sind schwach zersetzt.

Die Flächen werden von Heidekraut mittlerer Deckung (bis 60 %) geprägt, die Rasenbinse tritt nur begleitend mit geringer Deckung auf. Mit Ausnahme von Messpunkt PF01 (punktueller Moorwachstum) zeigen alle Flächen gutes Torfwachstum (w) bei Stagnation der Moorfläche.

Offenbar wird das abgelagerte Pflanzenmaterial bei sommerlich tiefen Wasserständen in den Horizonten unter 6 cm recht effizient abgebaut.

Lediglich in Fläche HD03 liegt theoretisch Moorwachstum in einem großen, seitlich ausgewachsenen Bult vor (Brandschichttiefe 25 cm!), der allerdings nicht von Moor sondern von Anmoor umgeben ist.

Die monotonen, artenarmen Bestände können nach einem Vergleich mit den Tabellen von DIERSSEN & DIERSSEN (1984) nur dem *Sphagno compacti-Trichophoretum* (**Rasenbinsen-Anmoor**) zugeordnet werden. Dabei liegt eine an Arten, v.a. aber an *Trichophorum* verarmte Form der *typischen Subassoziaton* in der *typischen Variante* vor. Es ist unklar, warum die Rasenbinse in Gruppe G nur eine derart geringe Deckung erreicht.

**8. GRUPPE H** umfasst bei einer mittleren Torfmächtigkeit von 0,6 m unter den offenen Flächen die flachgründigsten Moore. Die Flächen werden in der Mooschicht bei mittlerer bis hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium* geprägt. In der Krautschicht kodominieren *Calluna* und *Trichophorum*, vereinzelt tritt an Stelle von Rasenbinse auch scheidiges Wollgras hinzu.

Gegenüber Gruppe G liegt ein schwächeres Torfwachstum vor (geringere Brandschichttiefe) und das häufige Auftreten von *Pleurozium schreberi* weist ebenfalls auf etwas trockenere Verhältnisse hin. Das gehemmte Torfmooswachstum bzw. die geringere flächige Ausdehnung von *Sphagnum capillifolium* dürfte nach aller bisherigen Erfahrung auf das große Beharrungsvermögen der Rasenbinse zurückzuführen sein (siehe Gruppe B und C), wenn diese nach Brand einmal hohe Deckung erreicht hat (siehe Diskussion).

Gruppe H kann dem *Sphagno compacti-Trichophoretum* (**Rasenbinsen-Anmoor**) in der *typischen Subassoziaton* zugeordnet werden.

	A	B	C	D1	D2	E	G	H	F1	F2	F3
	Rasenbinsen-Hochmoor, wachsend/stagnierend	wollgrasarmes, degeneriertes Rasenebinsenhochm.	wollgrasreiches, degeneriertes Rasenebinsenhochm.	Rasenb.-Anmoor, stark u. mittel zersetzte Torfe	Rasenb.-Anmoor, mittel zers. Torfe m. Sphagn.	Rasenb.-Anmoor- feuchte Heidemoore	nasses Rasenb.-Anmoor - verarmt	Rasenbinsen-Anmoor, typ. Subass.	wachsendes Pinetum rot. (AS01, AS15, VK04)	Moorwälder + stagnierendes Pinetum rotundatae	Abbauf orm d. Pinetum rotund. (AS08, AS09, SK01)
Stichprobe [n]	7	6	10	8	5	10	7	7	3	6	3
Humosität 2-6	2,46	7,58	7,98	7,19	5,7	4,28	2,43	2,43	2,75	3,75	6,5
Bestockung	0	0	0	0	0	0	0	0	G	G	G
Neigung 5 m [°]	2,21	3,33	2,9	3,94	3,4	3,98	3,82	1,71	1,83	3,42	6
Torfmächtigkeit [m]	2,03	1,61	2,11	1,23	1,5	0,87	0,85	0,76	1,63	0,69	1,66
Brandschichttiefe	16,93	4,17	5	7,5	8,8	11,85	19,29	12,2	16	9	9,83
Moorwachstum	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0
Torfwachstum	w	d	d	d	d	s(w)	w	w	w	s	d
Deckg. Gefässpfl.	59,86	74,33	89,5	90	80,2	83,5	72,43	71	31	40	79
Deckg. Sphagnum	77	21,33	7,6	5,88	16,6	64,2	93,43	78,6	93,33	93,17	0,83
Calluna vulgaris	29,43	2,83	29,7	73,75	57	71,3	60	42,1	0,83	2	1,17
Trichophorum cesp.	8	63,83	41	4,38	15,2	3,81	6,57	28,7	0,17	4,25	0
Vaccinium myrtillus	0	0,08	0	1,5	2,2	2,02	0	0,33	16	15,83	49
Eriophorum vaginatum	13,14	2	15,8	7,06	3,8	5,5	2,93	7,43	1,67	1,4	1,17
Sphagnum magell.	46,71	0,17	1	0,53	6	4,2	0,29	2,14	75	3,75	0
Sphagnum tenellum	1,14	9,5	5,8	0	0,6	0	0	0	0	0	0
Sphagnum rubellum	12,14	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillif.	3,14	0,33	0,44	5,38	10,4	56	93,14	74,3	10	89,5	0,83
Pleurozium schreberi	1,79	0,17	1,8	21,5	26,6	1,75	0,07	1,57	1,67	0	27
Leucobryum glaucum	0	0	0,06	1,88	0,8	1,1	1	0	0	0,17	0
Odontoschisma den.	0,07	0,33	3,4	0,19	0,8	0,35	0	0,07	0	0	0

Tab. 23: Cluster nach manueller Umordnung zusammengefasst durch Mittelwerte mit Standort-Typ.

## 7.12 Topographie

Ein interessantes Ergebnis der Aufnahme des Oberflächen- und Untergrundprofils auf Hornisgrinde, Altsteigerskopf und Vogelskopf ist, dass die Mooroberfläche offenbar nicht, wie häufig vermutet, durch Aufwölbung und Zunahme des Oberflächengefälles zu einer natürlichen Abnahme des Moorwachstums geführt hat.

Auf den ersten hundert Metern des Profils am **Altsteigerskopf** (von oben betrachtet) hat das Gefälle gegenüber dem mineralischen Untergrund vielmehr von etwa 7,2 % auf 6,4 % abgenommen. Danach kam es partiell zu einer Zunahme und partiell zu einer Abnahme. Das Hangprofil läuft im unteren Bereich durch eine Rinne/Depression, deren Natur unklar ist. Möglicherweise handelt es sich um eine Erosionsrinne, die unmittelbar nach dem Brand entstanden ist. Oder es wurde hier Torf gestochen.

Auf der **Hornisgrinde** kam es auf den ersten 100 m des Hangprofils ab der Kuppe zunächst zu einer Abnahme des Gefälles gegenüber dem mineralischen Untergrund. Dann folgt auf etwa 40 m Länge eine Zunahme des Gefälles und auf den letzten 140 Metern bleibt das Gefälle dem Untergrund gleich bzw. oszilliert um das Gefälle des Untergrundes. Nahe der Karwand ist ein Randgehänge mit Gefälleverstärkung ausgebildet.

Am **Vogelskopf** ist von der Kuppe des nordwestlichen Gipfelmoores aus hangabwärts eine leichte Zunahme des Gefälles gegenüber dem mineralischen Untergrund bei deutlicher Variation zu verzeichnen.

### 7.12.1 Altsteigerskopf

Die Vermoorungen auf dem Altsteigerskopf befinden sich ganz überwiegend in Hanglage. Dabei findet sich ein ausgedehntes aber häufig unterbrochenes Hangmoor am südexponierten Hang östlich der Darmstädter Hütte.

Außerdem liegen Hangmoore mit den größten Torfmächtigkeiten in Ost-Nordostexposition auf der Ostabdachung des Gipfels des Altsteigerskopf (nordwestlicher Teil des Höhenmodells Abb. 77). Ein Sattelmoor (3443200/5382800) östlich dieses Hangmoores ist durch Abtorfung weitgehend zerstört (siehe Abb. 99), die ursprüngliche Torfmächtigkeit unbekannt. Wahrscheinlich lagen die Torfmächtigkeiten aber auch hier um 2 m.

Im Hangmoor östlich der Darmstädter Hütte zeigt das digitale Höhenmodell (Abb. 77) drei über den von West nach Ost verlaufenden Wanderweg reichende tiefe rüllenartige Gräben. Da zwei der Gräben exakt parallel verlaufen und fast linear sind, liegt die Vermutung nahe, dass es sich nicht um Rüllen aus der Erosions-Phase direkt nach dem Brand handelt sondern um von Menschenhand ausgehobene Entwässerungsgräben. Ein Vergleich mit den in Abb. 75 angedeuteten Strompfaden zeigt auch, dass die beiden Gräben schräg zur allgemeinen Entwässerungsrichtung verlaufen. Da weiter hangabwärts auch ein höhenlinienparalleler Graben gefunden wurde (dieser ist im Höhenmodell nicht sichtbar) ist zumindest sicher, dass in diesem Hangbereich gegraben wurde. Möglicherweise wurden die Gräben auch direkt in Zusammenhang mit dem Wegbau ausgehoben, um den Wasserzug in die aktuell noch vorhandene Verrohrung zu kanalisieren.

Durch die Gräben wird Hangzugwasser und Oberflächenabfluss gebündelt und den Gräben unterhalb des Weges zugeführt.

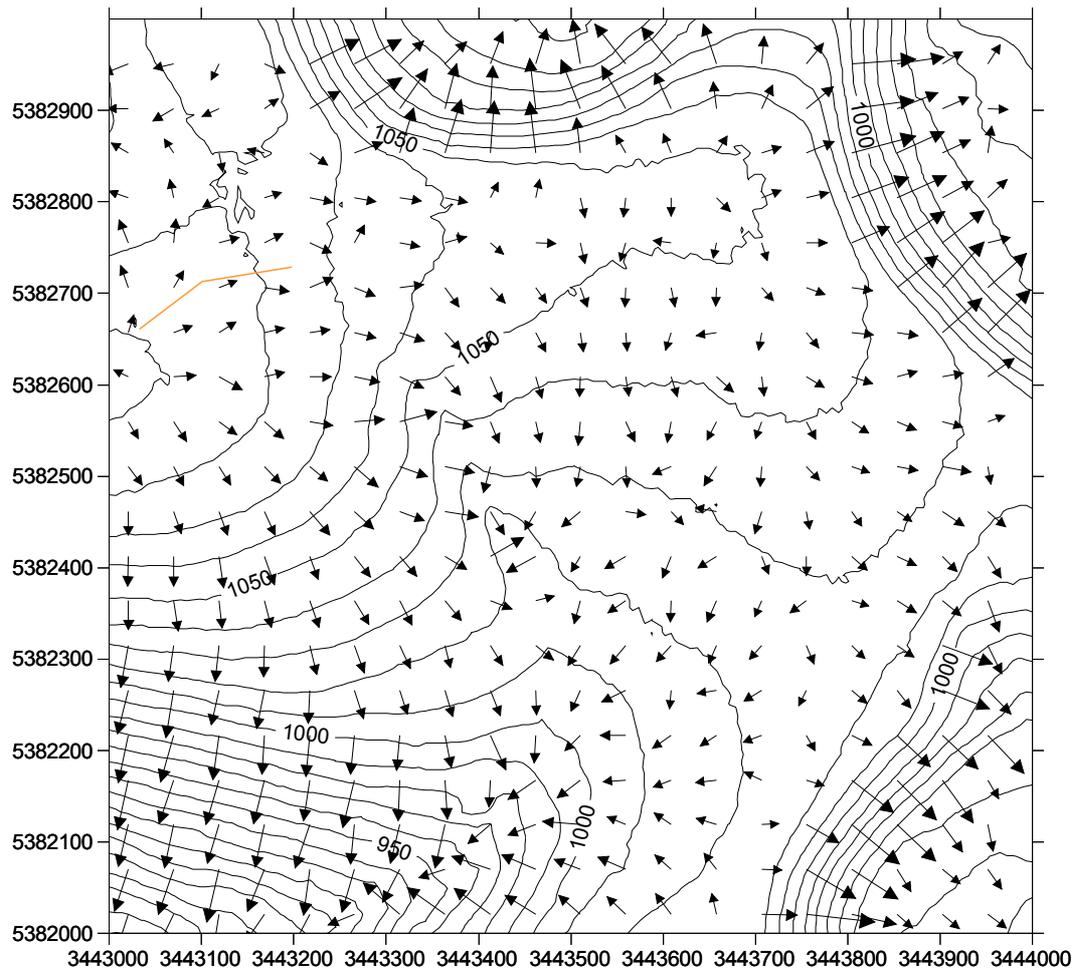


Abb. 75: Digitales Höhenmodell Altsteigerskopf mit simulierten Strompfaden. Die gelbe Linie markiert die Lage des analog aufgenommenen Hangprofils.

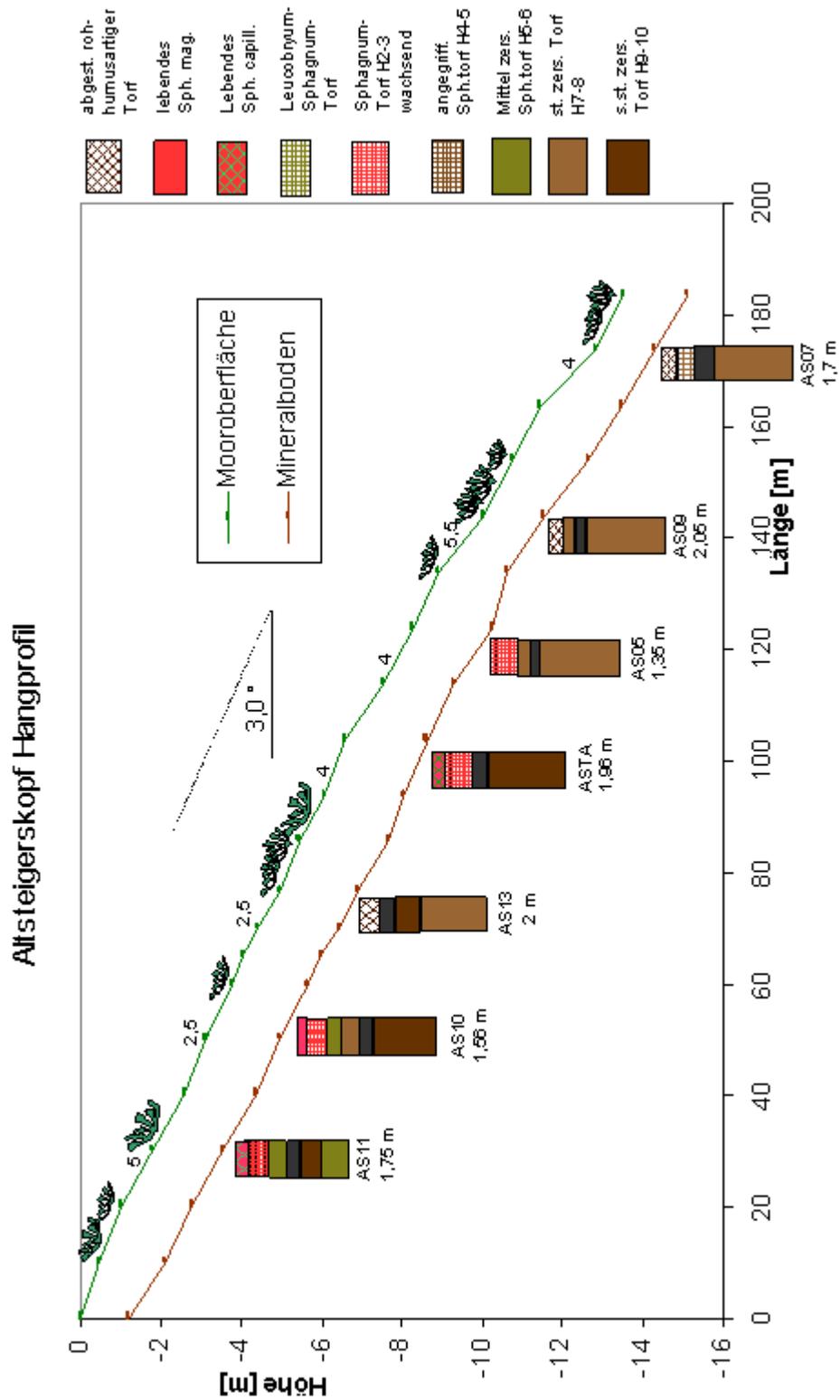


Abb. 76: Katena Altsteigerskopf mit Torfprofilen und Torfmächtigkeit (Lage= gelbe Linie vorige Abbildung). Die Zahlen geben die Neigung der Mooroberfläche an. Unter den Torfprofilen ist die Torfmächtigkeit angegeben.



## 7.12.2 Hornisgrinde

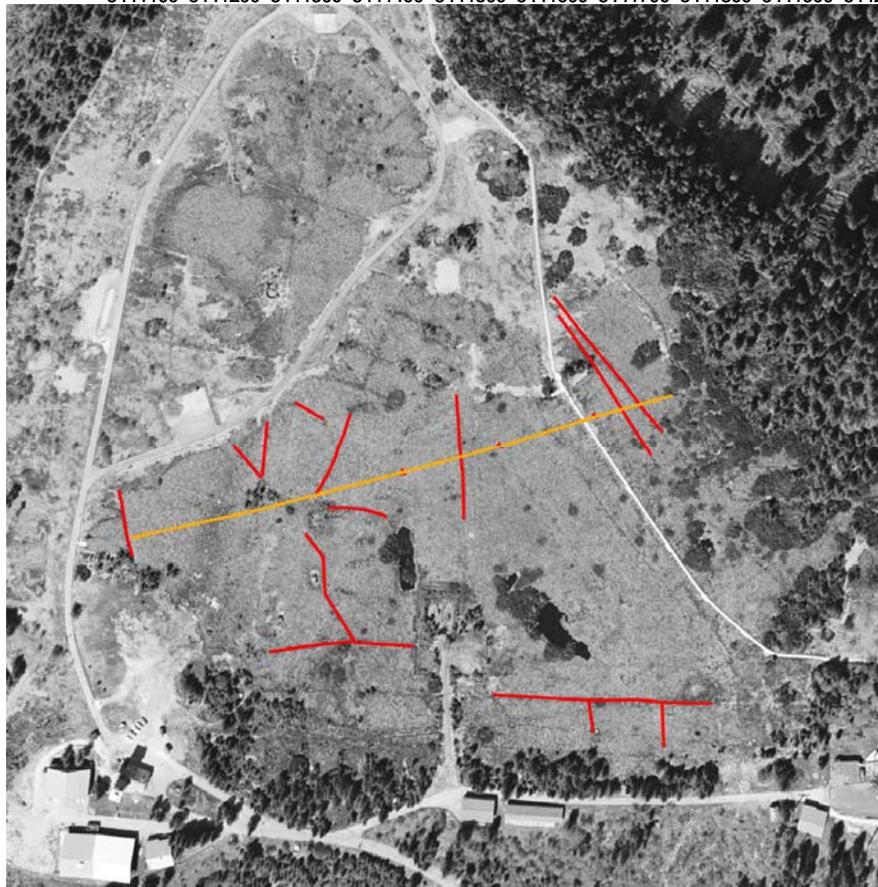
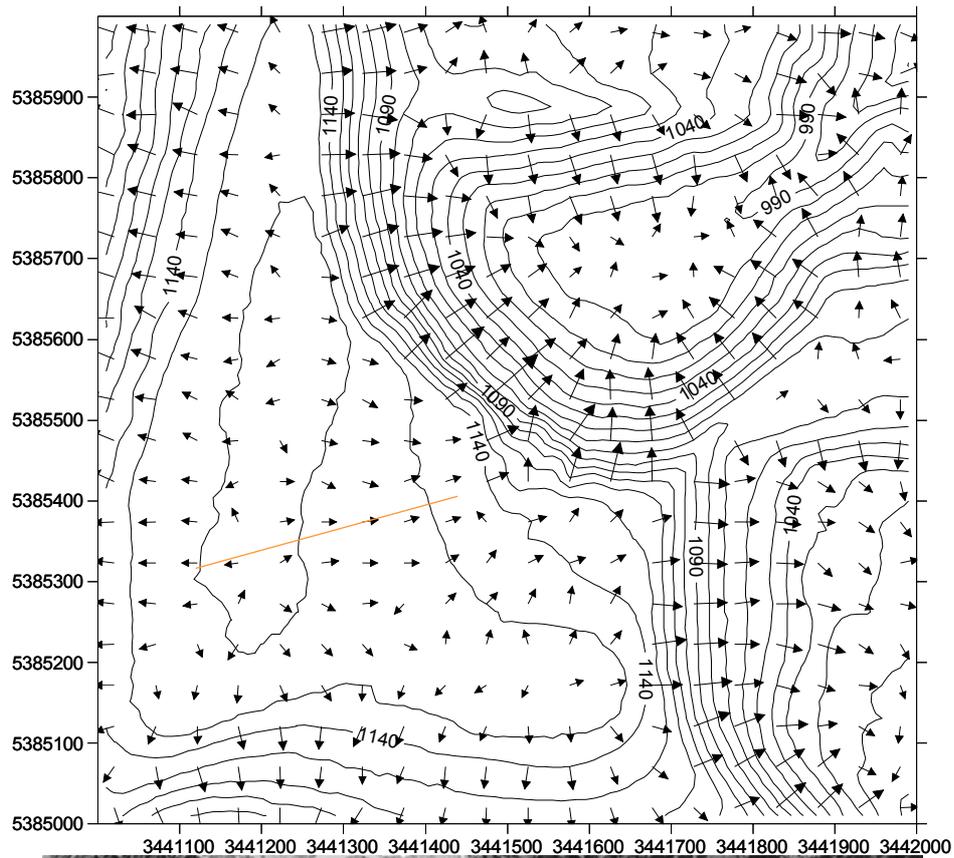


Abb. 78: Hornisgrinde Süd Gipfel, oben Höhenmodell mit Strompfaden (gelbe Linie = Lage des Oberflächenprofils), unten Unterbrechung der Strompfade durch Entwässerungsgräben (rot), gelb = Oberflächenprofil.

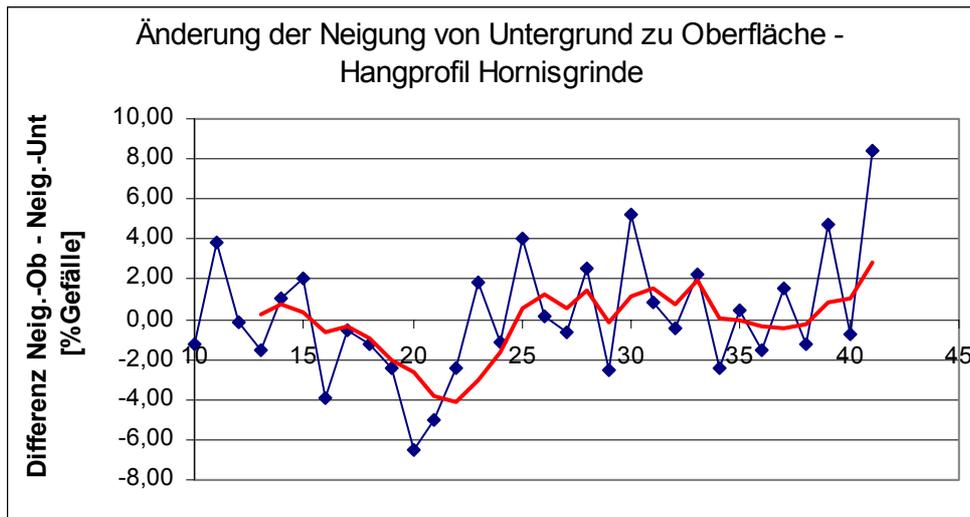


Abb. 79: Änderung des Gefälles vom Untergrund zur heutigen Mooroberfläche. Für die Profilpunkte 10 bis 41 wurde für alle Abschnitte jeweils zwischen zwei Messpunkten das Teilgefälle berechnet und die Differenz von heutigem Gefälle zum Gefälle des Untergrundes gebildet. Negative Werte = Abnahme des Gefälles. Abstand von Punkt zu Punkt = 10 m, rote Linie = gleitender Durchschnitt.

Die Vermoorung auf dem Südgipfel der Hornisgrinde hat sich früher wohl über die ganze Fläche der Kuppe erstreckt. Heute reicht sie im südlichen Bereich immer noch knapp bis über den Gipfel, ist insgesamt aber im westlichen Teil durch Wegebau und Torfabbau zerstört. Im gesamten nördlichen Bereich des Südgipfels liegen heute nur noch flachgründige Torflager (Anmoor) vor, durchschnitten von Wegen.

Als zusammenhängendes Moor liegt noch der Moorteil auf der Ostabdachung des Südgipfels vor. Dieser Torfkörper erstreckt sich von der Gipfelkuppe und einer Gipfelmulde bis an den nordöstlich gelegenen Rand des Biberkesselkars.

Das digitale Höhenmodell (Abb. 92) zeigt, dass die dem Gefälle folgenden Strompfade des Wassers im Akrotelm (Zwischenabfluss) heute durch mehrere höhenlinienparallele Entwässerungsgräben unterbrochen werden.

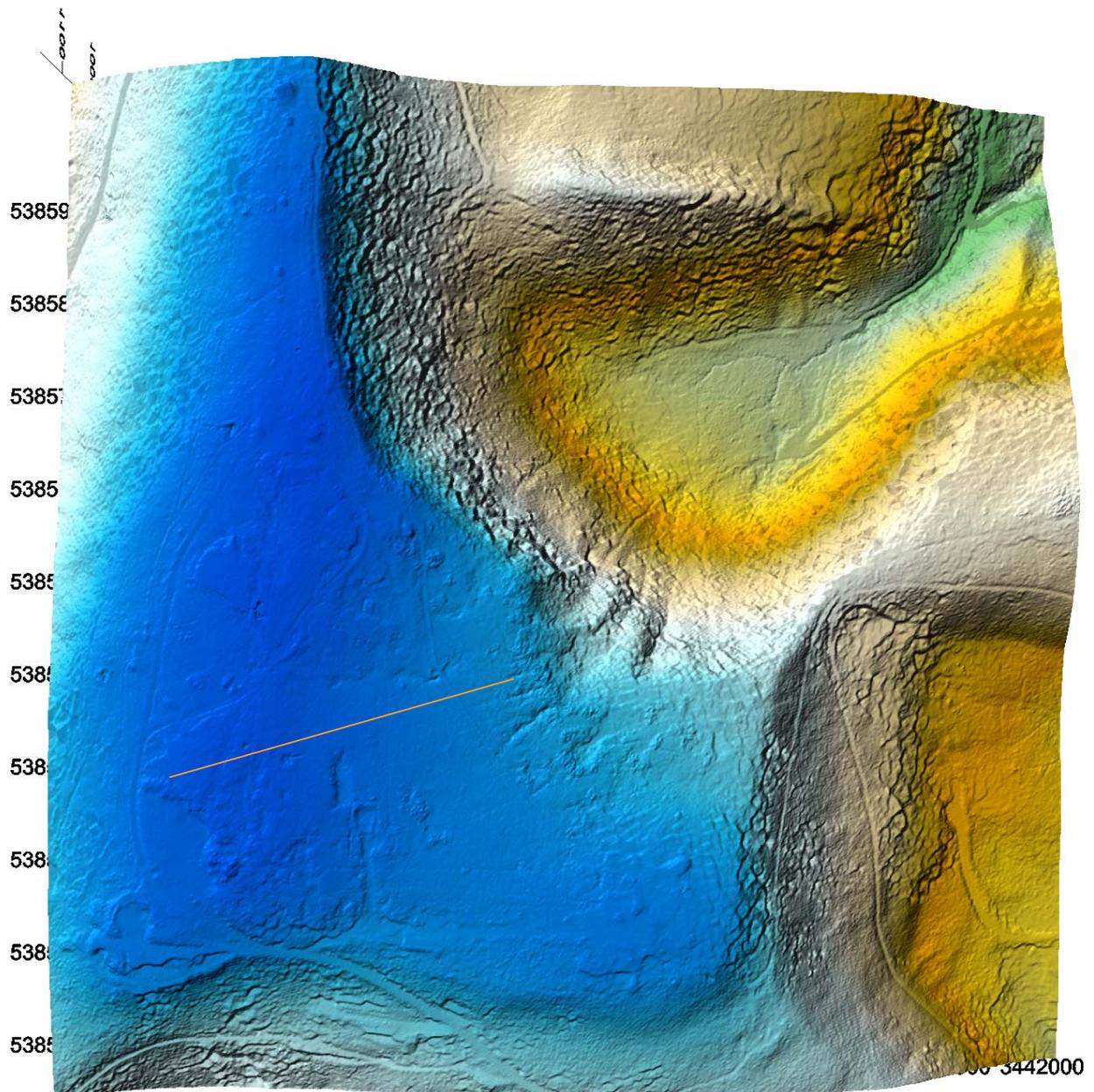


Abb. 80: Digitales Höhenmodell Hornisgrinde Süd Gipfel. Die gelbe Linie markiert die Lage des analog aufgenommenen Hangprofils. Südlich des Profils große künstliche (rechteckige) Torfstichmulde sowie Mulde nach Entfernung von Bunker / Gebäude.

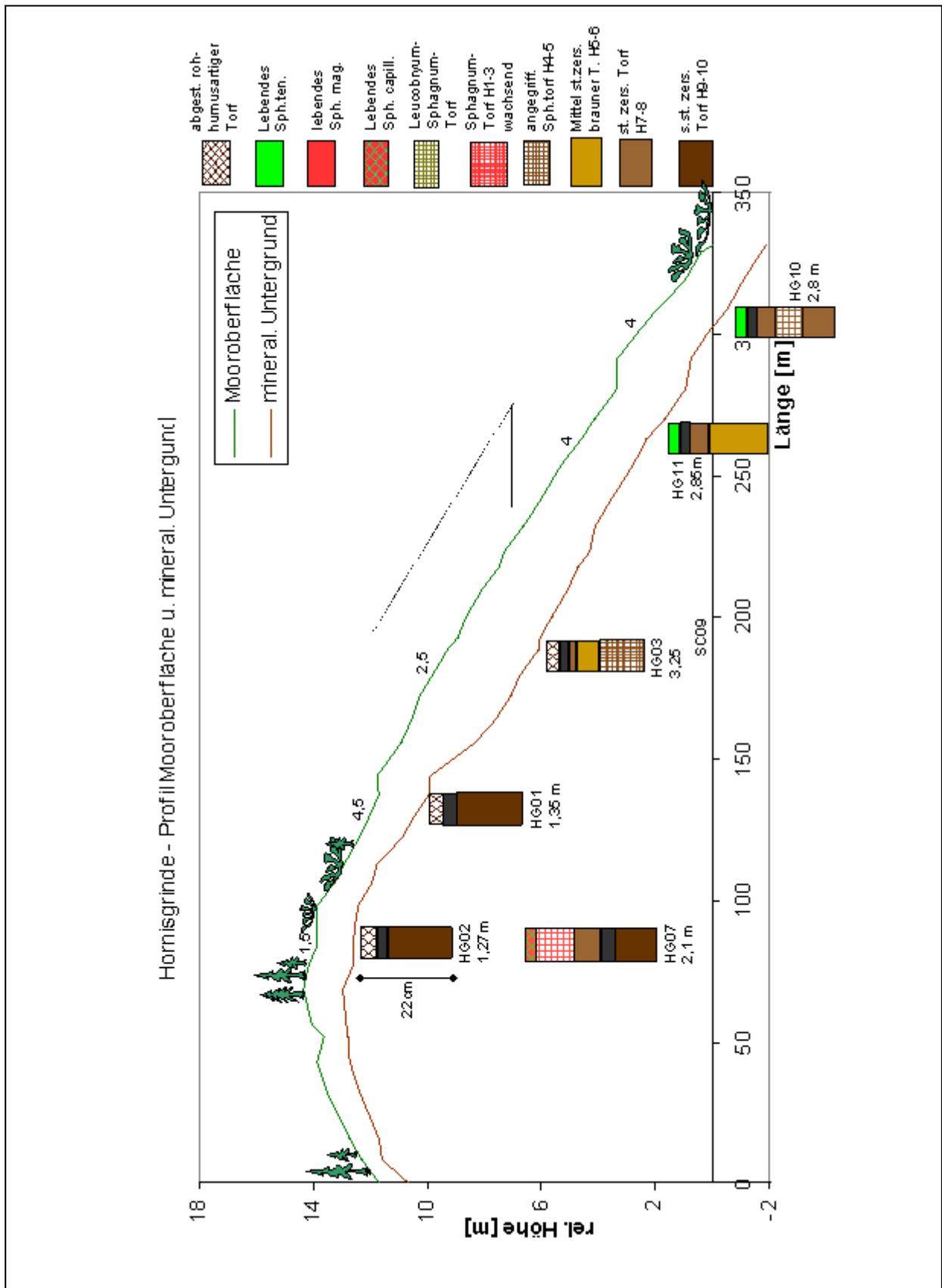


Abb. 81: Katena Hornisgrinde Südgipfel, Scheitelhöhe ca. 1162 m. Die Zahlen geben die Neigung der Mooroberfläche an. Unter den Torfprofilen ist die Torfmächtigkeit angegeben.

### 7.12.3 Schliffkopf

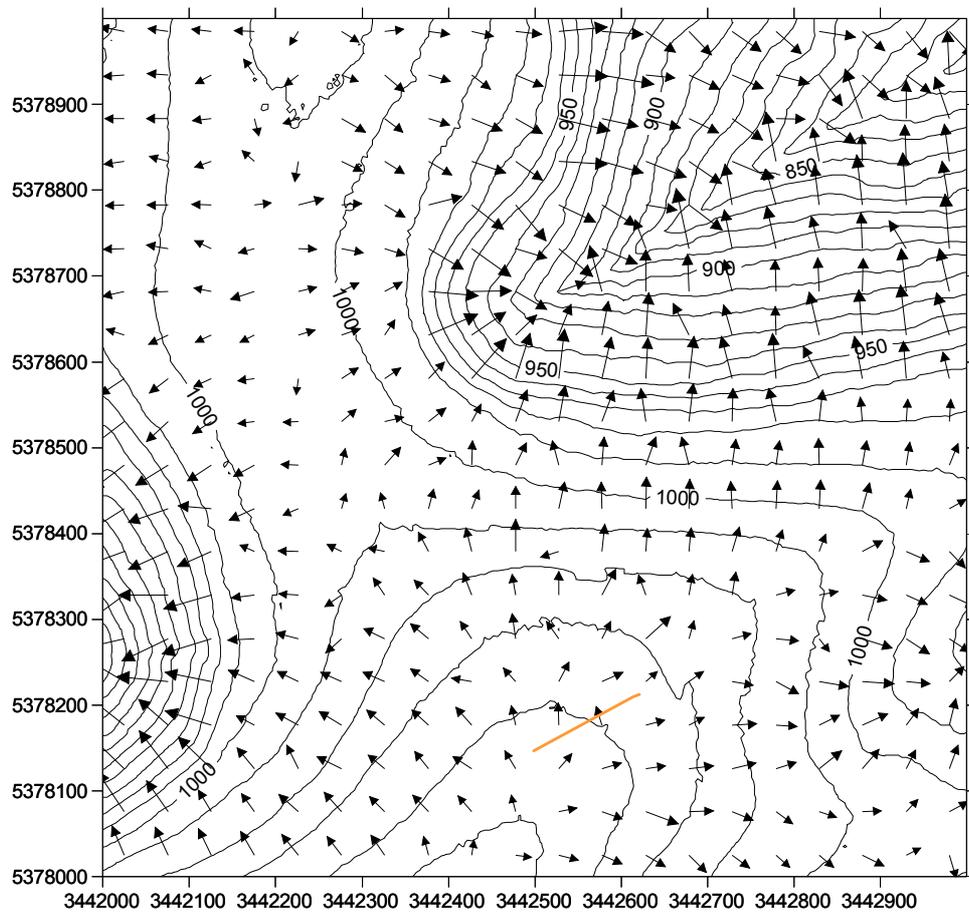


Abb. 82: Höhenmodell Schliffkopf mit Strompfaden. Gelbe Linie = Lage des Oberflächenprofils.

Das Moor am Schliffkopf stellt ein Hangmoor dar, welches durch stark getreppte Oberflächenstrukturen mit wechselnder Torfmächtigkeit gekennzeichnet ist. Die schlangelinienartig verlaufenden Höhenlinien verdeutlichen die unruhige Oberfläche des Moores.

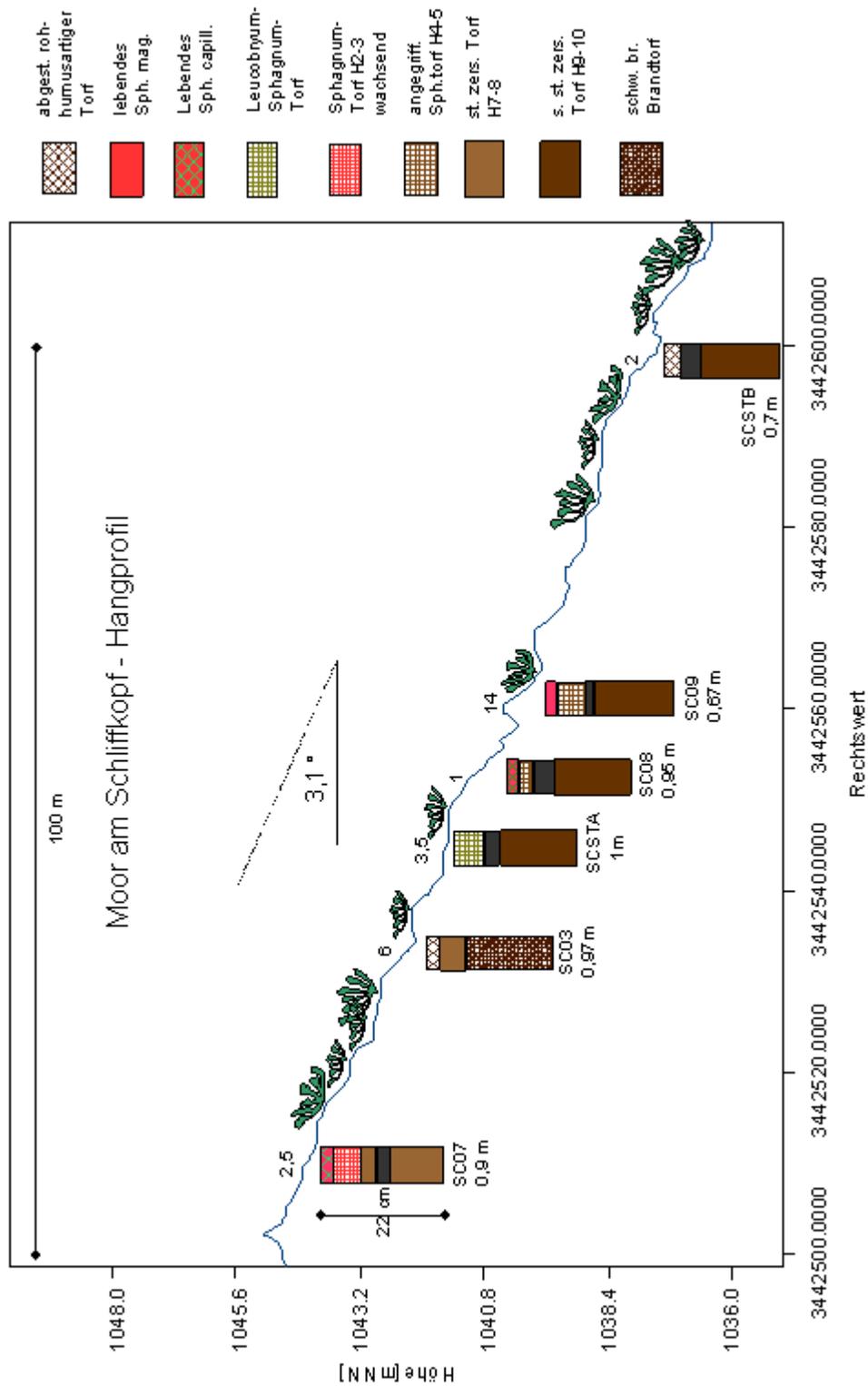


Abb. 83: Katena Schliffkopf mit Torfprofilen und Hangneigung über den Torfprofilen. Die Zahlen geben die Neigung der Mooroberfläche an. Unter den Torfprofilen ist die Torfmächtigkeit angegeben.

## 7.12.4 Vogelskopf

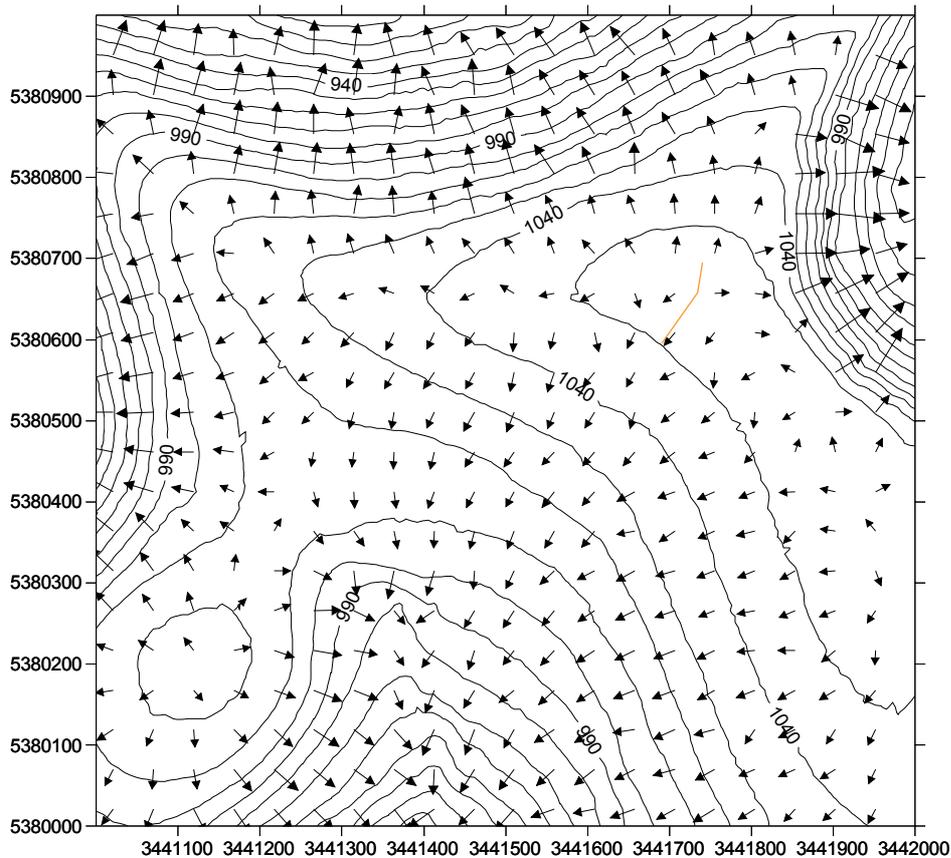


Abb. 84: Höhenmodell Vogelskopf mit Strompfaden, gelbe Linie = Lage des Oberflächenprofils.

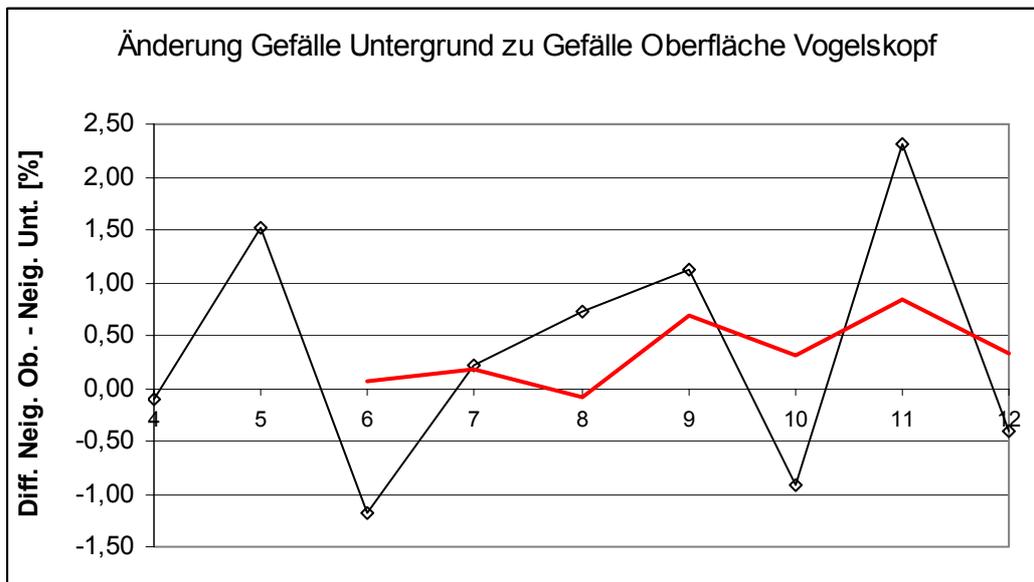


Abb. 85: Änderung des Gefälles vom Untergrund zur heutigen Mooroberfläche. Für die Profilpunkte 4 bis 12 wurde für alle Abschnitte zwischen zwei Messpunkten das Teilgefälle berechnet und die Differenz von heutigem Gefälle zum Gefälle des Untergrundes gebildet. Negative Werte = Abnahme des Gefälles. Abstand von Punkt zu Punkt = 10 m, rote Linie = gleitender Durchschnitt..

Die Vermoorung auf dem Vogelskopf stellt ein Sattelmoor dar, welches bogenförmig verläuft und sowohl den nördlichen Sattel als auch den östlichen Sattel umfasst. Im südöstlichen Moorbereich liegt ein großer Teil der Moorfläche in Hanglage (Hang nach Südwesten).

Im nördlichen Moorteil liegt der größere Teil des Moores in Sattellage, wobei die Torfmächtigkeit hangabwärts rasch 40 cm unterschreitet.

Abb. 86 zeigt, dass auf dem nördlichen Gipfelmoor (Oberflächenprofil) durch Moorwachstum nur eine geringe und partielle Zunahme des Oberflächengefälles erfolgt ist.

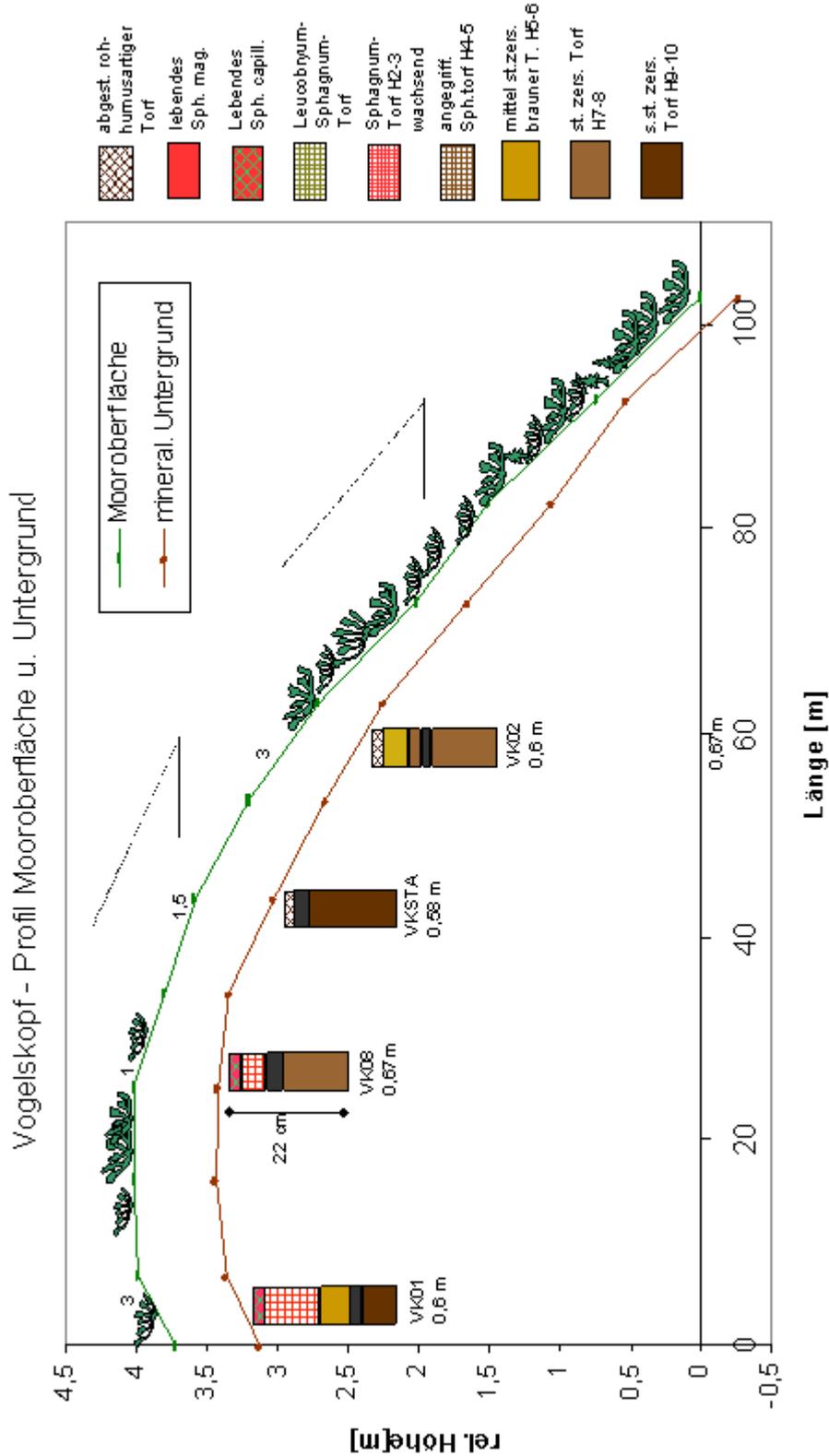


Abb. 86: Katena Vogelskopf mit Mooroberfläche, mineralischem Untergrund, Hangneigung und Torfprofilen. Die Zahlen geben die Neigung der Mooroberfläche an. Unter den Torfprofilen ist die Torfmächtigkeit angegeben.

## 8 Diskussion

### 8.1 Wasserstand

Ein Vergleich der Wasserpegeldaten der Hornisgrinde (16 Messtermine in der Vegetationsperiode) 2009 mit den Niederschlagsdaten der Station Ruhstein zeigte, dass die Datenmenge ausreicht, um die Schwankungen des Wasserpegels darzustellen. Dabei zeichnete die Wasserpegelganglinie den gleitenden Durchschnitt der Tages-Niederschlagswerte gut nach. Es ist allerdings unbekannt, ob der Wasserstand kurzfristig auf Spitzenniederschlagsereignisse reagierte. Da das Gefälle in den meisten Moorflächen hoch ist, kann man vermuten, dass bei sehr starken Niederschlägen auch im Sommer durch einen Stau auf der Brandschicht (geringe hydraulische Leitfähigkeit) ein großer Teil des Niederschlags sofort durch Oberflächenabfluss aus den Flächen abgeleitet wird. Im Oktober wurde entsprechender Oberflächenabfluss durch die Mulden beobachtet (s. Abb. 87).



Abb. 87: Oberflächenabfluss auf der Hornisgrinde, 22.10.09.

Aus den Probeflächen der anderen Grinden lagen Daten von weniger Messterminen vor. Die Daten der Hornisgrinde können damit als Referenz für die Beurteilung der Schwankungshäufigkeit (Frequenz) dienen. Dies ist vor allen Dingen bei der Beurteilung der Standortverhältnisse in den Stillstandskomplexen von Bedeutung.

#### **Wechselfeuchtigkeit**

Zwischen der Frühjahrs- und Herbststagnationsphase können auf Hornisgrinde und Altsteigerskopf vier Peaks des Wasserstandes unterschieden werden, davon drei mit einem Anstieg bis nahe oder über 5 cm unter Flur. Auch nach recht tiefen Wasserständen werden bei ausreichendem Niederschlag innerhalb kurzer Zeit wieder hohe Wasserstände verzeichnet.

Das schnelle Abfallen der Wasserpegel dürfte dem hohen Gefälle geschuldet sein, aber auch dem Wasserverbrauch der tief wurzelnden Rasenbinse sowie der übrigen Vegetation.

Außerdem wird bei Niederschlägen nach Trockenperioden der Speicherraum wegen der niedrigen vertikalen hydraulischen Leitfähigkeit nur verzögert aufgefüllt (FRANKL 1996).

Der rasche Anstieg kann zum einen durch sehr hohe Niederschlagsmengen (Juli u. August 2008 je >230 mm, Juli 2009 225 mm) erklärt werden. Zum anderen hängt die Wasseraufnahmefähigkeit stark zersetzter Torfe von ihrem Quellungsstatus ab (SCHWEIKLE 2002). Ist der akrotelmische Torf gut von Vegetation geschützt und im Frühsommer oder auch Hochsommer noch

bis in den Bereich der Feldkapazität mit Wasser gesättigt, so kann er bei starkem Niederschlag nur wenig Wasser aufnehmen. Bei theoretischen Werten der Feldkapazität von 75 % in stark zersetzten Torfen und 65 % in schwach zersetzten Torfen und einem tatsächlichen Wassergehalt der nahe an der Feldkapazität liegt, bedeutet dies, dass nur 25 bis 35 % Wasser in einem heterogenen Profil mit Brandschicht aufgenommen werden können. Es kommt bei Niederschlag also rasch zum Wasserpegelanstieg.

Die nackten Torfmulden sowie Grabenflanken schrumpfen im Sommer allerdings stark und können bei Niederschlag weit mehr Wasser aufnehmen als die noch gequollenen Torfe (SCHWEIKLE 2002). Bei Vorherrschen geschrumpfter Torfe werden Niederschläge also stärker abgepuffert und der Wasserstand müsste langsamer steigen. Dass die nackten und geschrumpften Torfe, etwa auf der Hornisgrinde, mosaikartig zwischen vegetationsbedeckten und feuchteren Torfen liegen, macht plausibel, dass die Wasserstände insgesamt auch im Hochsommer nach Niederschlägen rasch anstiegen. Außerdem nehmen extrem geschrumpfte/dehydrierte Torfe, die puffig geworden sind, zunächst kein Wasser mehr auf (SCHWEIKLE 2002). Dies wurde auf der Hornisgrinde und am Altsteigerskopf im September 2009 beobachtet.

Die multivariate Analyse zeigte, dass die *Schwankungsamplitude* dabei in den Bergkiefernmooren (Pflegeflächen und Vergleichsflächen) hochsignifikant höher war als in den Heidemoores und Rasenbinsenmooren.

Zwischen den Rasenbinsenmooren und Heidemooren ergibt sich bez. der Schwankungsamplitude kein klarer Unterschied.

Abb. 88 verdeutlicht die höhere Schwankungsamplitude der Bergkiefernmoore (auch die freigesägten Pflegeflächen APF3, 4 und 5 liegen als kleine Inseln inmitten der Latschenfilze), wobei sie in Regenphasen einen höheren und in Trockenphasen aber einen niedrigeren Wasserstand aufweisen als die offenen/halboffenen Stillstandskomplexe. Es ist außerdem zu erwarten, dass punktuelle Sommerniederschläge (Gewitter) in den Bergkiefernmooren wegen des Interzeptionsverlustes dem Torfkörper weniger zugute kommen als in den offenen Stillstandskomplexen.

Der niedrigere Wasserstand in Trockenphasen kann gut mit der Transpiration der Gehölze erklärt werden, wobei allerdings die Photosynthesemessungen an Moor-Kiefern Hinweis darauf geben, dass die photosynthetische Aktivität der Latschen in starken Trockenphasen zurückgeht, was bedeutet, dass die Stomata geschlossen werden und der Wasserverbrauch der Latschen gedrosselt wird.

Abbildung 88 veranschaulicht, dass die Flächen in den Bergkiefernmooren in Trockenphasen tendenziell einen niedrigeren, in Regenphasen einen höheren Wasserstand aufweisen als die Stillstandskomplexe.

Unklar ist, wie der höhere Wasserstand der Bergkiefernmoorflächen in niederschlagsreichen Perioden zu erklären ist. Die Gehölzschicht führt über den Interzeptionsverlust immer zu einem gewissen Wasserverlust.

Es ist denkbar, dass der Bewuchs mit Latschen im Verlauf der Sukzession auf dem Altsteigerskopf zu einer gewissen Verstärkung der Mineralisation des Torfes geführt hat, indem der Torf in Trockenphasen stärker belüftet wird. Da die Jahresmittelwerte in den Bergkiefernmooren aber höher liegen, kann diese Hypothese mit den vorliegenden Daten nicht verifiziert werden.

In jedem Fall müssen die untersuchten Bergkiefernmoorflächen bei der Beantwortung dieser Frage den in der multivariaten Analyse getrennten Subtypen zugeordnet werden. So zeigen die Flächen APF5 und APF5V ein recht starkes Torfwachstum, während die Flächen APF4, APF3 und APF3V abgestorbene bzw. stagnierende Torfe aufweisen.

Damit wird deutlich, dass die Latschenfelder auf den Grinden nicht gänzlich monotonisierte Abbaustadien darstellen, sondern die Latschen ein Muster an Kleinstandorten überdecken, wobei

neben abgestorbenen oder degenerierenden Torfen auch unter Latschen wachsende Torfe vorkommen.

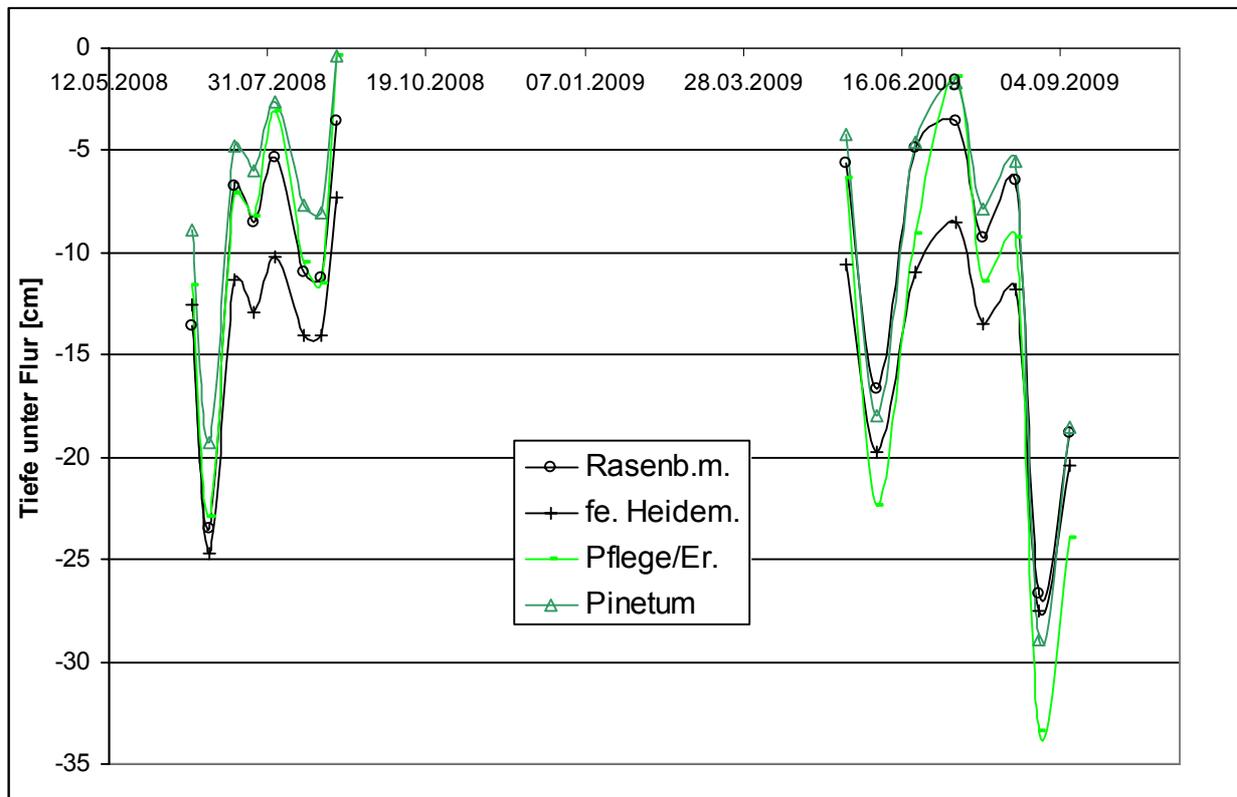


Abb. 88: Wasserpegel 2008/2009, Mittelwerte aus den Standort-Typen Bergkiefernmoore (Pinetum) und Pflegeflächen (grün) sowie in Stillstandskomplexen (schwarz).

### Wasserstand

Die multivariate Auswertung sowie die Anwendung des Außenkriteriums „mittlerer Wasserstand“ zeigte, dass dieser in den *Heidemooren* 2008/2009 sowie 2009 allein betrachtet signifikant tiefer lag als in den *Rasenbinsenmooren*, allerdings bei  $n = 4$  in beiden Gruppen.

Die Analyse zeigte aber auch, dass die *Rasenbinsenmoore* tiefgründigere Moorflächen besiedeln als die *Heidemoore*. Dass *Heidemoore* sich auf eher flachgründige Moorflächen konzentrieren, harmoniert also mit der Tatsache, dass der Wasserstand dort tiefer ist als in den *Rasenbinsenmooren*: Die Torflager sind auch nach Jahrtausenden flachgründig, weil die Bedingungen für Moorwachstum offenbar nur ansatzweise gegeben sind. Für ein dauerhaftes und nachhaltiges Moorwachstum ist der Niederschlagsüberschuss in den Flächen nicht ausreichend, der Wasserstand im Sommer im Mittel zu tief.

### Trockenperioden

Im Juni/Juli 2008 sowie im Juni und September 2009 wurden Trockenphasen verzeichnet. Der Wasserstand sank dabei in den Stillstandskomplexen im Mittel auf -20 cm unter Flur, Extremwerte traten auf der Hornisgrinde mit -36 cm bzw. -42 cm auf.

In der Trockenphase von Anfang August bis Mitte Oktober 2009 war der Torf von 0-10 cm überwiegend belüftet (je nach Feldkapazität).

Von Mitte August bis Mitte Oktober war der Torf von 0 bis -20 cm belüftet. Der Torf bis -25 cm Tiefe war für etwa 5 Wochen belüftet (Anfang September bis Mitte Oktober).

## 8.2 Wassergehalt

Die mit TDR-Sonde bestimmten Wassergehalte wurden letztendlich nur aus der obersten Schicht (0-10 cm) aufgenommen, wobei die Sonde vertikal eingestochen wurde.

Der ursprüngliche Versuch, den Wassergehalt in kleinen Gruben horizontal zu messen (Ausstich eines Quaders von 20 x 20 cm), wurde nach dem ersten Messtermin aufgegeben, da die Ausstiche auch nach Wiedereinsetzen des Quaders mit Wasser voll laufen. Die Torfstratifizierung wird beim Ausstechen unterbrochen und das Wasser ist in den vertikalen Schlitz frei beweglich. Damit werden die Wassergehalte der benachbarten Torfe verfälscht und eine regelmäßige Messung an den Stichwänden der kleinen Gruben erscheint nicht sinnvoll.

Die Messungen sind grundsätzlich mit einem gewissen Fehler behaftet, da nicht für jede in den Probeflächen erfasste Stelle eine Eichkurve erstellt werden kann und da die Torfe auch von außen nicht erkennbare Störungen aufweisen, wie Hohlräume, Holz etc.

Die Ergebnisse spiegeln trotz der systembedingten Ungenauigkeit die Veränderung des Wassergehaltes in der ungesättigten Zone mit den Witterungsbedingungen gut wider.



Abb. 89: Trockener Rasen von *Sphagnum capillifolium*, Altsteigerskopf, mit Schrumpfrissbildung, 24.08.09.

So konnte gezeigt werden, dass der Wassergehalt in der Trockenphase 2009 unter *Sphagnum magellanicum* und *Sphagnum capillifolium* auf Werte um 30-50 % abfiel, vereinzelt auch tiefer. Parallel wurde beobachtet, dass die Hyalocyten der Torfmoose belüftet wurden und die Photosyntheserate sank oder die Photosynthese ganz eingestellt wurde. Man kann also davon ausgehen, dass bei Wassergehalten von 30-50 % Prozent unter den Torfmoosen die Fraktion des extrazellulären Wassers erschöpft wird und der Wassertransport zu den Köpfchen abreißt. Das Wasser in Kapillarräumen zwischen Pflanzenteilen ist dann wahrscheinlich schon aufgebraucht, während die Subfraktion des Wassers in den Hyalocyten gerade in Auflösung begriffen ist. Der Verbrauch des Wassers in den Hyalocyten lässt sich gut am Weißwerden/Blasswerden der Blättchen beobachten.

So wie der Wasserspeicher in den Hylocyten abnimmt, wird zwangsläufig auch der Wassergehalt bzw. Turgor der benachbarten Chlorocyten beeinträchtigt und die zelluläre Dormanz eingeleitet.

Unter *Sphagnum tenellum* sank der Wassergehalt in der Trockenphase 2009 auf Werte von 50-60 %.

Wie die Beobachtungen zeigten, fällt aber *S. tenellum* jeweils als erste Torfmoosart trocken, so dass man schließen muss, dass hier bauplanbedingt wegen des weniger dichten Wuchses der extrazelluläre Wasserspeicher früher aufgebraucht wird.

Die Ergebnisse deuten an, dass der Wassergehalt in den Mulden unter *Sphagnum tenellum* in der Trockenphase weit unter Feldkapazität sank. Diese Annahme wird durch die Schrumpfrissbildung in vielen Mulden/sekundären Schlenken bekräftigt.

Im abgestorbenen Torf zwischen Rasenbinse und Heidekraut sank der Wassergehalt laut TDR-Messung mit 58 bis 82 % nicht so weit unter Feldkapazität wie im Falle von *Sphagnum tenellum*. Dies mag der besseren Abschirmung der Torfe durch Vegetation (geringere Aufwärmung) ebenso geschuldet sein wie der geringeren Kapillarität der obenauf liegenden rohhumusartigen Torfe, verglichen mit der hohen Kapillarität der in den Mulden anstehenden Brandschicht.

Dass die Rasenbinse auch bei großer Trockenheit dank ihrer tiefreichenden Wurzeln transpiriert, wirkt sich möglicherweise zusätzlich negativ auf den Wasserhaushalt der Flächen aus.



Abb. 90: trockenes *Sphagnum tenellum* (belüftete Hyalocyten), 01.10.09 Hornisgrinde, oberhalb HGST1.

### Fazit

In der Trockenperiode 2009 wurden in den 2,5° bis 6° geneigten Flächen auf Hornisgrinde und Altsteigerskopf niedrige Wassergehalte im Wurzelraum der Ericaceen (0-10 cm) gemessen. Die niedrigen Wassergehalte stehen in Zusammenhang mit dem Abtrocknen der Torfmoosköpfchen und dem Ruhen oder der Einschränkung der Photosynthese.

Es bleibt zu diskutieren, ob (abgesehen von den weniger als 2,5° geneigten Flächen) bei im Mittel alle zwei Jahre auftretenden Trockenperioden ein Wachstum auf den mehr als 2,5° geneigten Flächen möglich ist. Wahrscheinlich ist der Niederschlagsüberschuss in solchen Jahren in diesen Flächen nicht mehr gegeben.

### 8.3 Vegetation

Die Aufnahme der Vegetation in den 72 Messpunkten und 14 Wasserpegelprobeflächen machte deutlich, dass manche für die dominierenden Pflanzengesellschaften (*Eriophoro-Trichophoretum* und *Sphagno compacti-Trichophoretum*) charakteristische und bezeichnende Arten heute nur noch punktuell vorkommen.

Man kann also festhalten, dass durch die Degradierung großer Flächen in den Grindenmooren sowohl die für wachsende Moore typischen Arten im Rückgang befindlich sind als auch Arten der eher als Abbaustadien zu betrachtenden Rasenbinsen-Anmoore seltener geworden sind.

So bezeichnen DIERSSEN (1984) und MURMANN-KRISTEN (1984) etwa *Sphagnum compactum* noch als häufige und bezeichnende Art auf den flachtorfigen Anmooren und Heidemoorflächen, während heute *Sphagnum compactum* nur noch ganz zerstreut vorkommt (nur zwei Funde im Datensatz).

Der im wachsenden und stagnierenden Rasenbinsen-Hochmoor (*Eriophoro-Trichophoretum*) häufige rundblättrige Sonnentau ist heute auf den Grinden mangels geeigneter nasser Flächen bei hohem Konkurrenzdruck nur noch selten anzutreffen. Bei genauerer Suche würden sich vielleicht auch auf der Hornisgrinde im Bereich der wachsenden Torfmoosrasen am Rand der Kolke noch Exemplare des Sonnentaus finden lassen.

*Sphagnum rubellum* als lichtbedürftige Art wachsender Hochmoorflächen kommt nur auf sehr kleinen Flächen vor und spielt insgesamt nur eine untergeordnete Rolle.

*Sphagnum magellanicum* ist mit seiner breiteren standörtlichen Amplitude häufiger anzutreffen. Da die Art schattenfester ist als etwa *S. rubellum*, kommt sie auch in wachsenden Bergkiefernmooren vor. Wegen des Vorherrschens stagnierender und degenerierender Moorflächen auf den Grinden behauptet sich *Sphagnum magellanicum* aber ebenfalls nur auf recht kleiner Fläche.

*Sphagnum capillifolium* zeigt sich im Übergangsbereich von flachgründigen zu tiefgründigeren Mooren als „Gewinner“ im Prozess der Umwandlungen und wächst auch auf ehemaligen Rasenbinsen-Hochmooren (Abbaustadien). In flachgründigen Heidemooren und trockeneren Latschenstadien und Moorwäldern hat es seit je einen angestammten Platz. *S. capillifolium* ist heute die häufigste Torfmoosart der Grinden.

Die Häufigkeit des Lebermooses *Odontoschisma denudatum* einerseits und die Seltenheit hochmoorgebundener Lebermoose wie *Mylia anomala* andererseits lassen den umfassenden Wandel der standörtlichen Bedingungen der Grindenmoore in der Mooschicht sichtbar werden. Während *Odontoschisma denudatum* als konkurrenzschwache aber schattenfeste Art von der Abwesenheit der Torfmoose profitiert, wächst *Mylia anomala* in wachsenden Hochmooren mitten in den Sphagnumrasen und hält mit deren Wachstum Schritt.

Austrocknungstolerante Moose wie *Leucobryum*, *Pleurozium* und andere sind regelmäßige Begleiter der auf den abgestorbenen oder stagnierenden Moorflächen vorherrschenden Rasenbinse und des Heidekrautes und unterstreichen die vergleichsweise trockenen Verhältnisse im Torf.

Auf den immer noch gehölzfeindlichen, wechselfeuchten Moorflächen konnten sich Hochmoorarten wie Rosmarinheide und scheidiges Wollgras zwischen Heidekraut und Rasenbinse halten.

### **Fazit Vegetation**

Insgesamt konnte eine Verschiebung von torfmoosreicher Vegetation mit hochmoortypischen Sphagnen zu Heidemooren und Rasenbinsenmoor-Abbaustadien festgestellt werden.

## **8.4 Torfmoose – Photosynthese**

Die Untersuchung der photosynthetischen Aktivität der Torfmoose zeigte, dass in der Trockenphase die drei wichtigsten Arten *S. tenellum*, *S. capillifolium*, und *S. magellanicum* in der genannten Reihenfolge austrocknen, was an der Belüftung und Farbe der Hyalocyten sichtbar wird. Die Torfmoose drosseln dabei die photosynthetische Aktivität bzw. fahren sie ganz herunter.

Dabei wurde deutlich, dass auch schon bei der ersten, schwächeren Trockenphase Ende Juni/Anfang Juli die Torfmoose eine graduell erniedrigte Photosynthese zeigten. Dabei lag *Sphagnum tenellum* Anfang Juli noch auf ähnlichem Niveau wie die beiden anderen Arten.

Bei stärkerer Austrocknung im August fiel die photochemische Effizienz von *S. tenellum* dann deutlich unter diejenige von *S. magellanicum* und *S. capillifolium*.

Die Messung der Wassergehalte unter den für die Chlorophyllfluoreszenz-Messung genutzten Pflanzen zeigt nur eine schwache oder keine Korrelation mit der photochemischen Effizienz derselben. Dieser Umstand bedeutet nicht etwa, dass die photosynthetische Aktivität nicht mit dem Wassergehalt der Pflanzen korreliert wäre. Es ist vielmehr so, dass für die Messung nur ein Köpfchen aus einem Sphagnumrasen entnommen wird. Innerhalb jedes Sphagnumrasens liegt aber eine Varianz des Kapillarsystems vor, wobei Köpfchen, die weniger dicht an die Nachbarpflanzen angeschlossen sind, oder etwas höher aus dem Verband herausragen einen geringeren Wassergehalt aufweisen, als es die TDR-Messung in einer Tiefe bis 10 cm andeutet.

In jedem Fall liegt der Wassergehalt der photosynthetisch aktiven Köpfchen wegen der direkten Einwirkung des Sättigungsdefizites der Luft beträchtlich unter dem im Torf gemessenen Wassergehalt.

Der mit der TDR-Sonde gemessene Wert aus 0-10 cm Tiefe gibt also an, welcher Wassergehalt **unter** den lebenden Sphagnumrasen vorliegt. Damit kann man z.B. ablesen, bei welchen Wassergehalten im Torf der kapillare Nachstrom zu den Köpfchen abreißt. Dieser Zustand war etwa am 06.08. auf dem Altsteigerskopf in Fläche ASTB erreicht.

Bei *Sphagnum tenellum* ist dies etwa bei 50 % Wassergehalt der Fall, wobei auch Pflanzen über 70 % Wassergehalt teilweise schon in den Ruhezustand übergehen. Andererseits liegen auch Messungen von *S. tenellum*-Pflanzen mit guter photochemischer Effizienz bei einem Wassergehalt von nur 50 % im unterliegenden Torf vor.

Man könnte aus den Daten in Anlehnung an die Ergebnisse von HAJEK (2009) schließen, dass Rasen von *S. tenellum* über Torf mit niedriger Feldkapazität wegen der häufigen Austrocknung dichter wachsen und daher bei vergleichsweise niedrigen Wassergehalten noch assimilieren.

HAJEK & BECKETT (2008) zeigten, dass die Arten der Mulden und Schlenken *S. cuspidatum*, *S. tenellum* und *S. girgensohnii* wegen schwächerer Zellwände plastischer auf Wasserverlust reagieren als die dickwandigen Bultarten. Damit können sie bei schwachem Wasserverlust die Turgorschwankungen besser ausgleichen als etwa *Sphagnum magellanicum*, das wegen starrer Zellwände vergleichsweise früh kritischen Turgorabfall erfährt. Allerdings können die Bultarten wegen ihres besser ausgeprägten Kapillarsystems den Wasserverlust viel stärker begrenzen als die Arten der Mulden und Schlenken.

Damit ließe sich zumindest erklären, dass *S. tenellum* Anfang Juli bei schwacher Trockenheit noch ähnlich hohe photochemische Effizienz aufweist wie die Bultarten.

Grundsätzlich entscheiden aber auch die zelluläre Konstitution und die *plasmatische Trockenresistenz* darüber, wie erfolgreich Torfmoose auf den Bulten wachsen können. ANDRUS (1986) gab einen Überblick über die unterschiedliche Austrocknungstoleranz von Torfmoosen, u.a. auch von *Sphagnum capillifolium* und *S. fallax*.

HAJEK / BECKETT (2008) konnten zeigen, dass *Sphagnum magellanicum* und *Sphagnum fuscum* gegenüber *Sphagnum tenellum*, *Sphagnum girgensohnii* und *Sphagnum cuspidatum* nach der trockenheitsbedingten Dormanz schneller wieder in den photoaktiven Zustand übergehen.

Der eigene Versuch mit *Sphagnum capillifolium* belegte ebenfalls eine sehr schnelle Erholung der Photosynthese nach austrocknungsbedingter Dormanz.

Man muss also unterscheiden zwischen der reinen Fähigkeit, Wasser kapillar zu halten und der Fähigkeit, bei niedrigen Wassergehalten den Turgor aufrecht zu erhalten und schließlich auch Trockenphasen in der Dormanz zu überleben (= plasmatische Trockenresistenz).

HAJEK&BECKETT (2008) berichten, dass Bultsphagnen generell einen höheren Anteil an externem Wasser aufweisen (Wasser in kapillaren Zwischenräumen und Hyalocyten) als Arten der Schlenken und Mulden. Damit können sie der Austrocknung länger standhalten.

Die Beobachtungen zeigten tatsächlich, dass *Sphagnum tenellum* sowohl wegen seines lockeren Wuchses schneller austrocknet als auch physiologisch schneller auf niedrige Wassergehalte reagiert. So waren Pflanzen von *Sphagnum tenellum* schon inaktiv, wenn die Rasen gerade belüftete Hyalocyten zeigten, während *Sphagnum magellanicum* wiederholt auch bei belüfteten Hyalocyten noch photosynthetische Aktivität aufwies.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Photosynthese in Sphagnumrasen in niederschlagsarmen Phasen in den beiden gegenläufigen Gradienten Licht und Wasser nur in einem sehr engen Überschneidungsbereich möglich ist.

Dringt die Trockenheit zu weit in die *euphotische Zone* ein, so sind keine mit Chloroplasten ausgestatteten Blättchen mehr vorhanden und das Wachstum der Pflanzen wird unterbrochen. Dabei wies *Sphagnum magellanicum* stellenweise eine deutlich tiefere euphotische Zone auf als *Sphagnum capillifolium*.

Da der Wasserhaushalt im Rasenhorizont und Bultniveau also darüber bestimmt, wie dicht die Sphagnumpflanzen aneinander gedrängt wachsen (Kapillarsystem), steuert der Wasserhaushalt auch den vertikalen Lichteinfall in den Sphagnumrasen. Je häufiger ein Rasen Trockenheit ausgesetzt ist, desto dichter wird er im Laufe der Zeit. Der Mechanismus wird ganz einfach damit umgesetzt, dass bei Trockenheit die Köpfchen belüftet und photosynthetisch inaktiv sind und nur die Ästchen unter den Köpfchen feucht und photosynthetisch aktiv sind. Die Pflanzen können auch seitlich neue Triebe mit Köpfchen hervorbringen.

Damit ist also in Trockenphasen nur seitliches Wachstum und kein apikales Wachstum möglich! Sphagnumrasen, die an gut wasserversorgten Standorten wachsen (z.B. beschattete Flächen an Kolkrändern oder beschattete Flächen im Bergkiefernmoor) wachsen weniger dicht und haben dementsprechend einen höheren Lichteinfall und eine mächtigere euphotische Zone.

HÁJEK (2009) konnte jedoch zeigen, dass aber die Nettoprimärproduktion in Bultsystemen und in Flächen in den Mulden fast identisch ist, da die Bultsphagnen zwar ein geringeres apikales Wachstum zeigen, allein mit der größeren Dichte der Rasen (= höhere Stämmchenanzahl/Köpfchenzahl pro Fläche) aber diesen Mangel wieder ausgleichen.

Man kann dabei nicht folgern, dass lockere Rasen wegen des tieferen Lichteinfalles auch länger photosynthetisch aktiv sein können, da sie angesichts des schlechteren Kapillarsystemes und der größeren Lufträume zwischen den Pflanzen (Austausch von Wasserdampf) ja auch schneller austrocknen.

Dicht gewachsene Bultsphagnen bilden vielmehr sowohl ein optimales Kapillarsystem als auch eine glatte Oberfläche, die dem Wind unterhalb der Köpfchen keine Angriffsfläche bietet und damit den Austausch von Wasserdampf minimiert.

Solange durch die Sphagnumrasen hindurch Wasser kapillar nachgesaugt wird, bleibt also die volle Funktionsfähigkeit der Pflanzen erhalten. Lässt aber die Wasserversorgung wegen anhaltender Trockenheit bei sinkendem Wasserpegel allmählich nach, so wird schließlich ein Punkt erreicht, an dem der kapillare Nachstrom dem Sättigungsdefizit der Luft nicht genügen kann. Der Nachstrom von Wasser reißt ab und die kapillaren Zwischenräume zwischen den Blättchen und Stämmchen ebenso wie die Hyalocyten werden belüftet. Die Fraktion des *externen Wassers* geht verloren.

Nun können angepasste Arten in einer Übergangsphase noch assimilieren, werden aber bei fortgesetztem Wasserverlust schließlich auch in den Ruhezustand übergehen. Die Untersuchungen erbrachten den Hinweis, dass dieser Übergangszustand aufrecht erhalten werden kann, wenn über Nacht bei klarem Wetter *Taufall* den Wasserverlust während der Mittagsstunden ausgleicht. Unter solchen Bedingungen oszilliert also der Wassergehalt der Chlorocyten

um den für die Photosynthese bzw. die zellulären Funktionen erforderlichen Mindestwert. Die Pflanzen assimilieren offenbar auch ohne das Vorhandensein externen Wassers.

### **Fazit Torfmoose**

Es wurde für die drei wichtigsten Torfmoosarten eine abgestufte Vermeidung der Austrocknung sowie eine abgestufte Fähigkeit zur Photosynthese bei trockener Witterung belegt. Bei anhaltender Trockenheit waren alle drei Torfmoosarten von Austrocknung betroffen, wobei *S. magellanicum* stellenweise vom Taufall profitieren und weiterhin assimilieren kann.

## **8.5 Torfkunde**

### **Raumgewicht**

Die Bestimmung des Raumgewichtes von Torfproben über und in der Brandschicht verdeutlichte den Charakter des gebrannten und stellenweise belüfteten Torfes. Mit Messwerten von 140 g/l bis über 200 g/l stellen sich die Torfe als sehr dicht dar und übertreffen teilweise das Raumgewicht lediglich entwässerter Hochmoor-Torfe (siehe VON SENGBUSCH 2006). Die jungen Sphagnumtorfe über der Brandschicht, so vorhanden, entsprechen in ihrem Raumgewicht den Eigenschaften wachsender Hochmoortorfe.

### **Brandschicht**

Außer am Ochsenkopf lag in allen Messpunkten und Probeflächen eine Brandschicht in einer Tiefe von wenigen Zentimetern bis 20 cm unter Flur vor. Dass die Brandschicht meist nur als Ascheschicht ausgebildet ist und selten Kohlepartikel gefunden wurden, bedeutet nicht, dass die Flächen gar nicht gebrannt hätten und nur ein Ascheregen niederging. Viele Flächen auf der Hornisgrinde und dem Altsteigerskopf waren vor dem Brand gehölzfrei, während die Eroberung der Flächen durch die Latsche erst schrittweise im Laufe der letzten 200 Jahre vonstatten ging (siehe Altersverteilungen VON SENGBUSCH 2006). Dieser Umstand wird aus der Tatsache deutlich, dass bei den Torfbohrungen UND bei den Sondierungen der Torfmächtigkeit in den Hochmoorflächen kaum Totholz gefunden wurde. Es kann also in den Hochmoorbereichen keine Holzkohle in der Brandschicht vorliegen, wenn auch keine Gehölze auf den entsprechenden Moorbereichen vorhanden waren.

Abgetötete Gehölzbestände hinterlassen in der Regel einen Holzhorizont im Torf, da das Holz zum Zeitpunkt des Brandes nass ist. Nur wenn zum Zeitpunkt des Brandes abgestorbene „Dürrständer“ auf dem Moor stehen oder der Anteil an liegendem Totholz groß ist, entstehen größere Mengen an Holzkohle, bzw. Holzkohlestücke mit großem Durchmesser (eigene Beobachtungen beim Waldbrand im Muddus-Nationalpark/Nordschweden 2006, sowie in einer Brandfläche in einem Moor bei Inari/Ostkarelien 1999).

Da außerdem von der Hornisgrinde aus historischen Unterlagen belegt ist, dass die Moorfläche gebrannt hat, und dennoch in den meisten Messpunkten nur Asche vorliegt, kann man schließen, dass in anderen Mooren mit vier Zentimeter mächtiger Ascheschicht/Brandschicht (Schliffkopf, Vogelskopf) diese auch durch einen Brand und nicht durch Ascheregen erzeugt wurde.

Es ist also wahrscheinlich, dass die Asche im Torfprofil von Hornisgrinde und Altsteigerskopf durch das Verbrennen von Heidekraut, Moosen, Rosmarinheide, Wollgras und anderen Pflanzen der Krautschicht entstanden ist.

Da auch das *Weidbrennen* historisch belegt ist (siehe Angaben der Stadt Bühl auf den Informationstafeln am Hochkopf sowie Zitate in DIERSSEN & DIERSSEN 1984) sind im Jahr 1800 in den offenen Moorbereichen von Hornisgrinde, Altsteigerskopf und Vogelskopf wohl vor allen Dingen Heidemoorflächen, Moose, Rasenbinsen- und Pfeiffengrasbestände abgebrannt.

In den Anmoorflächen am Schliffkopf und Seekopf mögen auch größere Latschenfilze gebrannt haben. Dort findet sich zum Teil auch mehr Kohle sowie eine mächtigere Brandschicht (siehe Anrisse an Wegen). Da diese Frage aber nicht Gegenstand der aktuellen Untersuchung war, wurden in den Anmoorbereichen auch keine Torfprofile erhoben.

### **Partitionierung des Wurzelraumes**

Die Untersuchung der Torfprofile zeigte, dass der Wurzelraum unter der Mooroberfläche von den beteiligten Gefäßpflanzen sehr unterschiedlich genutzt wird. Man kann dabei den Wurzelraum zunächst in „aeroben“ und „anaeroben Wurzelraum“ unterteilen. Die beiden Arten *Pinus rotundata* und *Calluna vulgaris* beschränken ihre Feinwurzeln auf den aeroben Wurzelraum, der häufig auch den Bereich der Torfsäule über der Brandschicht darstellt.

Die beiden Arten *Trichophorum cespitosum* und *Eriophorum vaginatum* dringen mit ihren Feinwurzeln dank Aerenchym auch in den überwiegend anaeroben Bereich bis 20 cm unter Flur, selten bis 30 cm unter Flur vor.

Die Wasserstandsmessungen machten deutlich, dass der Bereich bis -20 cm 2009 etwa 8 Wochen lang „belüftet“ war, d.h. die Wasseroberfläche lag 8 Wochen lang 20 cm oder tiefer unter Flur. Wegen der hohen Feldkapazität der Torfe zwischen 10 und 20 cm Tiefe dürfte der Torf aber angesichts der Haftnässe auch in Trockenphasen nicht als „belüftet“ gelten. D.h. Wollgras und Rasenbinse sind möglicherweise auch während der Trockenperioden voll auf das Aerenchym angewiesen.

Da in vielen Probeflächen und Messpunkten die Brandschicht mit dem mittleren Wasserstand zusammenfällt, ist zunächst nicht klar, ob die Kiefer und das Heidekraut das Wasser oder das mittel- und grobporenarme Substrat in der Brandschicht scheuen. Hier ließe sich der Begriff der „Sperrschicht“ für Feinwurzeln formulieren.

Ein Blick auf die Leichtigkeit, mit der die aerenchymbewerten Pflanzen die Brandschicht durchdringen, sowie die Tatsache, dass die Kiefernwurzeln in einzelnen Flächen die Brandschicht auch durchdringen, legt aber den Schluss nahe, dass der Mangel an Sauerstoff, sei es infolge von Haftnässe oder angesichts von spannungsfreiem Wasser, der ausschlaggebende Faktor ist.

Man kann damit festhalten, dass die Moor-Kiefer nicht an Standorte mit hohem Wasserstand angepasst ist, sondern vielmehr eine Vermeidungsstrategie aufweist und lediglich aufgrund ihrer extremen Anspruchslosigkeit und dem Mangel an Konkurrenz den Bedingungen gewachsen ist. Die Moor-Kiefer tritt hier als *s-Strategie* auf (stress tolerator, nach dem C-R-S-System von GRIME 1979 in WILLMANN 1998).

Man kann dabei aber erkennen, dass ein wachsender, grobporener Sphagnumtorf oft genügend Wurzelraum bietet, um das Wachstum gedrungener Kiefern zu ermöglichen, während stagnierende Moore wegen der charakteristischen Staunässe einen geringmächtigeren Wurzelraum über der mittleren Wasseroberfläche bieten. Insofern ist die Moor-Kiefer tatsächlich an „nassere“ Moorteile angepasst, profitiert dabei aber von belüfteten Torfstrukturen, wie Bulten und Torfsträngen, die definitiv weiter über der Wasseroberfläche liegen, als es die Wasserpegelraten aus den Flächen zunächst vermuten lassen.

Eine solche vertikale Unterteilung des Wurzelraumes aufgrund der An- oder Abwesenheit von Aerenchym wurde in Mooren des Schweizer Alpenvorlandes bereits 1970 von MICHEL YERLI beschrieben, wobei *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa* und *Eriophorum angustifolium* weit (bis 1,5 m) unter der mittleren Wasseroberfläche wurzelten, während die Ericaceen (*Calluna vulg.*, *Vaccinium uliginosum*) auf den ungesättigten Wurzelraum über der Wasseroberfläche beschränkt waren.

DIERSSEN & DIERSSEN (2001) geben für *Andromeda polifolia* und *Empetrum nigrum* an, dass 80-90 % der unterirdischen Biomasse in einer Tiefe von 0 bis 10 cm liegen. Dies harmoniert mit den Ergebnissen zur Vermeidungsstrategie der Moorpflanzen ohne Aerenchym.

> Da die Feinwurzeln der Moor-Kiefer und des Heidekrautes in Trockenphasen bis zu 20 oder gar 30 cm über der Wasseroberfläche liegen und der von ihnen besiedelte Torf über der Brandschicht andererseits grobporenreich ist, ist es wahrscheinlich, dass bei hohem Sättigungsdefizit der Luft der kapillare Nachstrom von Wasser abreißt und die Latsche auch Wasserstress erleidet (Wasserpotenzial des Bodens plus Reibungsverlust im Xylem = Wasserpotenzial der Nadeln!). Die Austrocknung der Torfmoose sowie die Wassergehalte im Sphagnumtorf unterstreichen diese Hypothese ebenso wie die Messungen der Chlorophyllfluoreszenz an einzelnen Latschen in der Trockenperiode.

### „Mooratmung“

Die gemessene Mooratmung zwischen Mai und September 2009 betrug nur 1 bis 2 cm oder gemessen an der Akrotelmächtigkeit 3 bis 5 %, obwohl es sich um ein ausgesprochen trockenes Jahr mit phasenweise tiefen Wasserpegeln handelte.

Die parallel erhobenen Wasserpegelwerte zeigen, dass in dieser Periode aber auch Höchstpegelstände des Wassers mit hoher Wassersättigung des akrotelmischen Torfes erreicht wurden (z.B. 13.07.09), so dass die Werte für Quellung und Schrumpfung aussagekräftig sind.

Für die Bemessung des Akrotelm wurde nicht der Minimalwasserstand im Untersuchungszeitraum herangezogen, sondern der Wasserstand am 24.08.09, einem Niveau, welches auch im feuchten Jahr 2008 Anfang Juli erreicht wurde.

Andere Autoren (FRANKL 1996, EGGELSMANN 1990 in GÖTTLICH 1990) geben mehrere Zentimeter bis 10,5 cm (FRANKL 1996) für die jahreszeitliche Oszillation der Mooroberfläche an.

Aus den Wasserpegeldata wurde deutlich, dass in Jahren wie 2008 mit recht gleichmäßig fallenden Niederschlägen und keiner längeren Trockenperiode auch die Moorschrumpfung gering ausfallen dürfte.

### Schrumpfung / Quellung

Anders als bei den Messungen der „Mooratmung“ in den Wasserpegelprobenflächen war in degradierten Moorteilen mit offenem Torf auf Hornisgrinde, Altsteigerskopf und Vogelskopf eine starke Schrumpfung des oberflächlichen Torfes zu beobachten. Die Schrumpfung ging im August, vor allen Dingen aber im September so weit, dass 2 cm breite Risse auftraten. Dieses Phänomen war auch Ende Juni/Anfang Juli 2008 bei weniger stark ausgeprägter Trockenheit zu beobachten. Man kann davon ausgehen, dass bei jeglicher Schrumpfung der stark zersetzten Torfe auch Mineralisationsprozesse im Torf ablaufen. Außerdem hemmen die schnelle Abtrocknung und die Aufwärmung die Wiederansiedlung von Torfmoosen. *Sphagnum tenellum*, welches häufig am Rande der Torfmulden wächst, trocknet unter den Torfmoosen immer zuerst ab und geht, wie die Untersuchungen zeigten, auch zuerst in photosynthetische Ruhe über.

Damit stellen die offenen Torfe, wie etwa in den nackten Mulden, Kohlenstoffquellen dar, die im Kontrast zu stagnierenden oder gar wachsenden Moorbereichen stehen. Da bei nachhaltigen Niederschlägen die Mulden aber überstaut werden und oberflächlicher Abfluss auftritt wird der nackte Torfe auch erodiert, wie an zusammengespültem Torf sowie an Spülsäumen in den Mulden zu erkennen ist.

### Torfarten

Bezüglich der Störungsdynamik durch Brand und der nachfolgenden Stagnation könnte man die Hypothese formulieren, dass ja vielleicht schon vor dem Brand von 1800 *Trichophorum* die Hochmoore beherrscht hatte und die Stagnation also kein neues Phänomen sei. Dementsprechend müssten sich in den Torfprofilen auch unter der Brandschicht *Trichophorum*torfe befinden.

Dieser Hypothese widersprechen allerdings mehrere Faktoren.

1. Auch wenn in vielen Profilen (v.a. in den Heidemooren) der Torf unter der Brandschicht so stark abgebaut ist, dass keine Großreste mehr angesprochen werden können, so finden

sich doch in einer genügenden Anzahl von Flächen aus den Hochmooren Hinweise darauf, dass der Brand von 1800 eine lebende Sphagnum-Moosnarbe abgetötet hat. So finden sich in etwa in den Flächen HGST1, HGST2, HG04, AS04, AS03, ASTB und ASTA gut erhaltene Sphagnumtorfe unter der Brandschicht, während der Torf heute abgestorben ist und rohhumusartiger Torf vorliegt.

2. Das Einbringen hydrologischer Störungen nach dem Brand v.a. auf der Hornisgrinde, aber auch am Altsteigerskopf und Vogelskopf macht plausibel, dass das Wachstum der Torfmoose auch ohne den Brand beeinträchtigt worden wäre.
3. Die Hangprofile zeigten, dass im größeren Bereich des Hornisgrindehangmoores das Gefälle durch Moorwachstum nicht zugenommen hat. Die Bedingungen für Moorwachstum haben sich diesbezüglich also nicht verschlechtert.
4. Es könnte aber sein, dass sich bei dem hohen Gefälle schon geringfügige Klimaverschlechterungen kritisch auf das Torfwachstum auswirken (Siehe Kap. „Störungshypothese“).

### **Fazit Torfkunde**

In allen Messpunkten (Ausnahme Ochsenkopf) wurde eine Brandschicht vorgefunden.

Die Torfprofile zeigen, dass in vielen Moorbereichen beim Brand eine Sphagnummoosnarbe zerstört wurde und *Trichophorum* erst nach dem Brand zur Dominanz kam.

In Trockenphasen unterliegen die nackten Torfmulden starker Schrumpfung.

Der Wurzelraum im Torf wird unterschiedlich erschlossen. Moorkiefer und Heidekraut sind auf den aeroben Wurzelraum über der Brandschicht beschränkt, während aerenchymbewehrte Pflanzen wie die Rasenbinse tiefer wurzeln und daraus auf den stärker staunassen Rasenbinsenmooren wohl Konkurrenzvorteile ziehen.

## **8.6. Multivariate Analyse/Standort-Typen**

In der multivariaten Analyse wurden zunächst mit sechs Faktoren aus den 72 Messpunkten acht Gruppen gebildet. Die Plausibilität der Gruppen wurde mit einer Hauptkomponenten-Analyse sowie mit Außenkriterien überprüft. Die Hauptkomponenten-Analyse ordnete die 72 Messpunkte in einem ökologischen Gradienten von wachsenden Moorflächen mit großer Torfmächtigkeit über stagnierende und degenerierende Moore zu flachgründigen Heidemoorflächen mit hoher Deckung von *Sphagnum capillifolium*. Am Ende des Gradienten stehen latschenbewachsene Flächen.

Die Plausibilität konnte neben der Dokumentation der Ausprägung der einzelnen Faktoren in den Gruppen schließlich auch mit Tests überprüft und bekräftigt werden.

Mit einer multivariaten Analyse der 14 Wasserpegel-Probeflächen konnten zwei der Hauptgruppen der Messpunktanalyse reproduziert werden, nun aber mit der Möglichkeit, hydrologische Kennwerte den Gruppen gegenüberzustellen.

Mit den Wasserpegeldata konnte die ökologische Eigenart einzelner Gruppen näher definiert werden.

Aus den Gruppen wurden schließlich unter Berücksichtigung pflanzensoziologisch definierter Einheiten sowie angesichts aller erhobenen Faktoren acht „**Standort-Typen**“ abgeleitet.

Die Ansprache der Standort-Typen auf den einzelnen Grinden ermöglicht dabei, eine Erklärung für die jeweils ablaufenden Prozesse, wie Bewaldung, Erosion, Stagnation zu finden.

Die Beschreibung des Standort-Typ „**Rasenbinsen-Hochmoor**“ stützt sich nur auf eine recht kleine Gruppe von Messpunkten, da wachsende Moore auf den Grinden überaus selten sind. Auch wenn das Rasenbinsen-Hochmoor per Definition wegen seiner Lage in größeren Höhen (> 950 m, DIERSSEN 1984) durch eine abgeschwächte Torfbildung gekennzeichnet ist, machen

doch die großen Torflager auf der Hornisgrinde (bis 4 m auf der Südgipfelvermooring deutlich, dass hier einmal auf großer Fläche höhere Torfbildungsraten vorgelegen haben müssen. Auch die aktuell hohe Torfbildung unterhalb der Kolke auf dem Südgipfel zeigt, dass die kürzere Vegetationsperiode auf 1165 m NN noch keine allgemein hemmende Wirkung auf das Torfwachstum hat. Die Ursache der geringen Verbreitung des Rasenbinsen-Hochmoores liegt vielmehr in der umfassenden Störung auf den Grinden begründet.

Der Standort-Typ „**degenerierte Rasenbinsen-Hochmoore**“ belegt mit zahlreichen Messpunkten eindrücklich, dass auf den Grinden gerade die ins Auge fallenden rasenbinsenreichen offenen Flächen nicht den wachsenden Hochmooren und nicht einmal den Stillstandskomplexen angehören, sondern vielmehr Abbaustadien der mächtigeren Torflager nach Brand, Torfstich und Entwässerung darstellen. Mit geringen Torfmoosvorkommen, überwiegend abgestorbenen Torfen und sommerlich tiefen Wasserständen liegen hier Moorflächen vor, die eine minimale Torfbildung, andererseits aber deutliche Anzeichen von Torfmineralisation zeigen. Der Standort-Typ „degenerierende Rasenbinse-Hochmoore“ stellt also zur Kohlenstoffquelle gewordene Hochmoorflächen dar.

Mit Photosynthesemessungen wurde belegt, dass die Hemmung der Wiederbesiedlung mit Torfmoosen auch durch das häufige sommerliche Abtrocknen der Torfmoose bedingt ist. Da ein großer Teil der Messpunkte aus den degenerierten Rasenbinsen-Hochmooren auf der Hornisgrinde liegt, spielte die Entwässerung neben der Branddynamik eine große Rolle in der Differenzierung der Flächen.



*Abb. 91: Degeneriertes, monotonisiertes Rasenbinsen-Hochmoor auf der Hornisgrinde, in Blickrichtung (Osten) mit 2 bis 3 Metern Torfmächtigkeit, Südgipfel, Sept. 2009.*

Der Standort-Typ „**Rasenbinsen-Anmoor als Abbauf orm** des Rasenbinsen-Hochmoores“ wurde ebenfalls mit einer größeren Anzahl von Messpunkten belegt (Gruppe D). Die verheideten Flächen mit recht tiefem Wasserstand stellen bei minimaler Torfproduktion und sichtbarer Torfzehrung ebenfalls Kohlenstoffquellen dar. Die Messpunkte mit größerer Torfmächtigkeit in dieser Gruppe müssen früher einmal eine relativ hohe Torfbildungsrate aufgewiesen haben, um

angesichts von hohem Gefälle (2,5 bis 6°) mehr als 1,5 oder 2 m Torf zu akkumulieren. In dieser Gruppe unterliegen nur einzelne Messpunkte der Entwässerung, in den meisten Fällen spielte der Brand als Störung die Hauptrolle bei der Umwandlung des Ökosystems.

[Der Name „Rasenbinsen-Anmoor“ bedeutet hier nicht, dass moorkundlich Anmoor vorliegt. Er stellt den deutschen Namen des „*Sphagno compacti-Trichophoretum germanic*“i dar (WILMANN 1998), welches von anderen Autoren (Dierssen&Dierssen 1984) auch als „Haarsimsen-Feuchtheide“ bezeichnet wird. Üblicherweise findet sich die Gesellschaft auf flachgründigen Torfen, im Falle der Grindenmoore ist sie aber auch bezeichnend für tiefgründigere Abbaustadien].

Das **Rasenbinsen-Anmoor** wird außerdem von drei Gruppen in der typischen Subassoziation in der typischen Variante vertreten (Gruppe E, G und H). Hier kann man die Frage stellen, ob es sinnvoll ist, Varianten in noch kleinere Einheiten zu unterteilen.

Die Auswertung der Tabellendaten zeigte allerdings, dass sich Gruppe E und G bei einer mittleren Torfmächtigkeit von 0,85 bzw. 0,8 m signifikant in der Torfmoosdeckung und auch in der gemessenen Torfbildungsrate unterscheiden.

Gruppe E mit schwächerem Torfwachstum wird erwartungsgemäß auch von Vererdungszeigern/Trockenheitszeigern besiedelt, während diese in Gruppe G fast ganz fehlen.

Während Gruppe E also nur partielles Torfwachstum zeigt und bei Trockenheit jederzeit von einem Übergang in die Degenerationsphase bedroht ist, zeigt Gruppe G bei einer praktisch geschlossenen Torfmoosdecke einen guten Verdunstungsschutz (Grobporen, Erhöhung der Albedo durch Belüftung der Wasserspeicherzellen beim Austrocknen) und bei günstigen Bedingungen die Möglichkeit, in eine Wachstumsphase überzugehen (so z.B. in Punkt HD03, HK02 und PF01).

Dieser Unterschied ist bei der Beurteilung des Wachstumspotenzials von Moorflächen für die Naturschutzverwaltung von großer Bedeutung!

Gruppe H unterscheidet sich wiederum klar von den beiden anderen Gruppen. Hier liegen mit nur 0,64 m mittlerer Torfmächtigkeit flachgründige Flächen mit hoher Deckung der Rasenbinse und geringerer Torfmoosdeckung vor. Die stagnierenden Flächen zeigen eine mäßige Torfbildung und entsprechen vielleicht am besten dem typischen Rasenbinsen-Anmoor in seiner ursprünglichen, d.h. nicht durch anthropogene Eingriffe (Torfstich, Entwässerung) erzeugten Form.

Das Wachstumspotenzial der meisten Flächen ist gering und es ist denkbar, dass einige der Flächen gehölzfähig sind und mittelfristig von Latschen oder Fichten überwachsen werden.

#### Bergkiefernmoore u. Moorwälder

Die von Gehölzen bewachsenen Moorflächen konnten nach multivariater Analyse und nach Literaturvergleich und manueller Umordnung in drei Gruppen mit abgestufter Gehölzfähigkeit und Fichtenfähigkeit geordnet werden.

Gruppe F1 stellt **Bergkiefernmoorflächen** mit gutem Torfwachstum dar, die dem *Pinetum rotundatae* (entspricht dem früheren *Pino mugo-Sphagnetum magellanic*) zugeordnet werden können. Die Flächen sind definitiv nicht fichtenfähig.

Gruppe F 2 umfasst flachgründige Anmoor- und Moorflächen mit hoher Sphagnumdeckung, deren Umfeld bereits von Fichte und Waldkiefer bewachsen wird oder deren aktueller Latschenbewuchs nur vorübergehendes Sukzessionsstadium ist. Eine Fläche stellt stagnierendes *Pinetum rotundatae* dar.



Abb. 92: Wachsende Bergkiefernmoorfläche APF5V mit hoher Wollgrasdeckung, 1 m Torf.

Dieser Standort-Typ kann als „**Fichtenmoorwälder**“ bezeichnet werden und dürfte im Randbereich vieler Grindenmoore, die nicht beweidet werden sowie in den gemusterten Vermoorungen wie am Altsteigerskopf und Vogelskopf in den Mineralbodenfenstern und Anmoorfenstern viele Flächen einnehmen. Pflanzensoziologisch wären die Flächen nach Wiederbewaldung wohl dem *Bazzanio-Piceetum* inklusive der von LUDEMANN (2006) erwähnten Fichten-Niedermoor-Wälder zuzuordnen.

Gruppe F3 stellt **Abbauformen des *Pinetum rotundatae*** dar (entspricht dem früheren *Vaccinio-Pinetum rotundatae*). Die Torfe sind abgestorben und werden mineralisiert. Andererseits sind die Flächen wegen großer Haftnässe und/oder Staunässe immer noch recht fichtenfeindlich, so dass ankommende Fichten kaum oder nur mit geringer Vitalität in die Bauschicht durchwachsen können. Wegen mangelnder generativer Verjüngung dürfte die Latsche sich dennoch mittelfristig nur schwer halten können.

Es stellt sich die Frage, warum im ökologischen Gradienten (Hauptkomponenten-Analyse) die Bergkiefernmoore auf die sphagnumreichen Heidemoore folgen und nicht auf die trockenen Heidemoore. Das Latschenstadium könnte ja als Ende einer Sukzessionsreihe verstanden werden. Tatsächlich kommen im Datensatz einzelne latschenbestandene Flächen vor, die trocken sind und abgestorbenen Torf zeigen. Diese sind im Datensatz nur unterrepräsentiert, weil im Fokus der Untersuchung die offenen Stillstandskomplexe standen. Dass der ökologische Gradient im Datensatz/Hauptkomponenten-A. bei sphagnumreichen Bergkiefernmooren endet, macht deutlich, dass es auf den Grinden auch Bergkiefernmoore mit sichtbarem Torfwachstum, evtl. sogar mit Moorwachstum gibt (Gruppe F1).

Die wenigen im Datensatz enthaltenen trockenen Latschenflächen wurden in der Cluster-Analyse in die Gruppe der *wollgrasarmen Rasenbinsen-Hochmoore* gestellt (und schließlich manuell der Gruppe der Bergkiefernmoore zugeordnet). Sie stellen einen Weg im ökologischen Gradienten bzw. im Sukzessionsverlauf dar, der wegen mangelnder Stichprobengröße hier vom Rasenbinsenmoor nur unzureichend abgeschieden werden kann. Dieser Typ wurde aber in einer früheren Untersuchung („bewaldete heidelberreiche Grindenflächen“, VON SENGBUSCH 2006) schon beschrieben.

Die Torfmächtigkeiten zeigen, dass der ökologische Gradient innerhalb der *Rasenbinsen-Anmoore* keine Sukzessionsreihe darstellt, sondern räumlich unterschiedliche Standort-Typen (siehe Grafik Torfmächtigkeiten).

Gruppe D/Rasenbinsen-Anmoor gehört eigentlich zu den Rasenbinsenhochmooren, wobei die übrigen Gruppen/Standort-Typen des Rasenbinsen-Anmoors dann tatsächlich auch als Zeitreihe nach Störung interpretiert werden könnten.

Die Zunahme der Vitalität des Heidekrautes ist als direkte Antwort einer im Wurzelraum beschränkten Spezies auf einen abgesenkten Wasserstand zu verstehen. (räumlich wie zeitlich).

Andererseits wird die Regeneration des Heidekrautes (GIMINGHAM 1972 in HÖLZER & HÖLZER 1995, HOLDEN 2007) durch Brand gefördert (bei nicht zu intensiven Bränden).

Da alle Flächen, also auch die heute vom degenerierten Rasenbinsenmoor bewachsenen, gebrannt haben, kann die unterschiedliche Differenzierung in Heidemoore, Rasenbinsenmoore und Bergkiefernmoore nicht durch die selektierende Wirkung von Brand an sich bewirkt worden sein.

Folgende Hypothesen können daraus abgeleitet werden:

- Es ist denkbar, dass die heute von Heidemooren bewachsenen Flächen in idealer Weise für die Regeneration von *Calluna* gebrannt haben, die von Rasenbinse bewachsenen Flächen in zu intensiver Weise (Zerstörung der unterirdischen Sprossachsen und Wurzeln des Heidekrautes.)
  - Es könnte sein, dass rein standörtliche Unterschiede (Neigung Wasserstand) nach Brand zur Differenzierung in Rasenbinsenmoore und Heidemoore geführt haben.
  - Es wäre denkbar, dass spezifische Wechselwirkungen nach dem letzten Brand auf bestimmten Flächen die Regeneration von *Sphagnum magellanicum* und *S. rubellum* behindert haben.
  - Es könnte sein, dass der Zufall nach dem Brand auf den vegetationsfreien Torfen zu unterschiedlichen Mustern der Erstbesiedlung geführt hat, die sich dann wegen des großen Beharrungsvermögens der Rasenbinse gefestigt haben.
- In der multivariaten Analyse wurde gezeigt, dass die **Rasenbinsenmoore** sowie deren Abbauformen (Gruppe B u. C) **signifikant höhere Torfmächtigkeiten** aufweisen als die Heidemoore. Damit liegt der Schluss nahe, dass die Differenzierung der beiden Standort-Typen in wesentlichen Teilen nicht durch Brand ausgelöst und gesteuert wurde.
  - Die Frage ist also vielmehr, warum auf den *Rasenbinsen-Hochmooren* das Torfwachstum nach dem Brand nicht wieder einsetzte. Die Entwässerungsgräben und Torfstiche geben mindestens teilweise Antwort auf diese Frage.
  - Andererseits muss man sich fragen, ob in den *Heidemooren* vor dem Brand von 1800 ebenfalls von *Sphagnum capillifolium* geprägte Vegetationstypen vorlagen. In den Torfprofilen bis 22 cm (bzw. 30 cm) lagen unter der Brandschicht in den Heidemooren immer so stark zersetzte Torfe vor, dass keine Makroreste von *Sphagnum* mehr angesprochen werden konnten.

### Stillstandskomplexe

Die multivariate Auswertung hat unter Einbeziehung der standörtlichen Untersuchungen gezeigt, dass als Stillstandskomplexe wie in der Eingangshypothese formuliert wohl nur die, dem *Sphagno compacti-Trichophoretum germanici* zuzuordnenden *Heidemoore*, bezeichnet werden können. Nur dort kann man eine Torfbildung beobachten, welche die in Trockenphasen auftretenden Mineralisationsverluste ausgleichen kann.

In den *degenerierten Rasenbinsen-Hochmooren* liegen bei überwiegend abgestorbenen Torfen streng genommen keine Stillstandskomplexe (also in einem Fließgleichgewicht stagnierende Moore), sondern Abbaustadien und Kohlenstoffquellen vor. Bei genauem Hinsehen finden sich allerdings auch in den weitläufigen degenerierten Rasenbinsenhochmooren auf der Hornisgrinde inselhaft Bereiche mit stärker geschlossener Torfmoosdecke, die wohl als Stillstandskomplexe zu betrachten sind. Es liegen also Muster der verschiedenen Standort-Typen vor.

Die Frage der *Gehölzfeindlichkeit* konnte geklärt werden: Mit einer Partitionierung des Wurzelraumes bleibt die Latsche auf den flachgründigen Bereich oberhalb der Brandschicht beschränkt und ist in der Aktivität der Feinwurzeln in zweierlei Hinsicht eingeschränkt. In Trockenphasen können die Feinwurzeln kein Wasser aufnehmen und die Moorkiefer erleidet möglicherweise Wasserstress. In Regenphasen steigt der Wasserstand so stark, dass die Feinwurzeln auch überstaut werden und Sauerstoffmangel erleiden.

### **Fazit Multivariate Auswertung**

Die multivariate Auswertung der Daten aus den Messpunkten erlaubte eine plausible Anordnung der Flächen in Gruppen. Diese Gruppen konnten nach Prüfung verschiedener Standortfaktoren bekannten pflanzensoziologischen Einheiten oder aber deren Abbaustadien zugeordnet werden. Ihre charakteristischen Eigenschaften erlauben die Definition von „Standort-Typen“. Die Identifikation von Standort-Typen als Abbauformen bekannter Pflanzengesellschaften gibt Hinweise auf die Vergangenheit der Flächen und deren frühere ökologische Konstitution. Die in der Eingangshypothese erwähnten Stillstandskomplexe konnten dem Standort-Typ „Heidemoore/Rasenbinsen-Anmoor“ zugeordnet werden. Die *degenerierten Rasenbinsen-Hochmoore* stellen überwiegend Kohlenstoff-Quellen dar.

## **8.7 Pflegeflächen und Vergleichsflächen**

Die Auswertung der Daten aus den Pflegeflächen und deren Vergleichsflächen zeigte keine klaren Unterschiede.

Die Flächen APF3 und APF4 wurden zwar bei der multivariaten Analyse deutlich von den Bergkiefernmooren abgerückt. Der größte Unterschied zu den noch von Bergkiefern bewachsenen Flächen lag allerdings in der niedrigen Torfmoosdeckung sowie der geringen Brandschichttiefe. So war schon bei der ersten Begehung sichtbar geworden, dass die Torfmoosnarbe in den Jahren nach dem Entfernen der Latschen offenbar beschädigt wurde. Es war dabei nicht mehr erkennbar, ob dies durch Trittbelastung der Hirsche, Erosion durch Oberflächenabfluss, durch Erwärmung/Austrocknung und Photoinhibition oder durch eine Kombination aus all diesen Faktoren erfolgte.

Einen wichtigen Hinweis geben HAJEK et. al (2009): Sie fanden, dass Torfmoose im vollen Sonnenlicht in offenen Moorteilen eine niedrigere Kapazität der Photosynthese aufwiesen als Torfmoose, die von Gehölzen beschattet wurden. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Chlorophyll-Fluoreszenz legten dabei nahe, dass Schäden in Photosystem II (also Photoinhibition) für die schlechte photochemische Verwertung der absorbierten Quanten verantwortlich waren.



Abb. 93: APF3, links jüngst beschädigtes *Sphagnum magellanicum*, rechts regenerierendes Wollgras.

Es besteht also die Möglichkeit, dass in den im Oktober 2005 freigesägten Flächen die Torfmoose durch plötzliche Freistellung und nachfolgende Photoinhibition geschädigt wurden. Da die Torfmoose im Herbst 2005 über ihre Pigmente zwar in vollem Maße Photonen absorbierten, diese aber wegen der niedrigen Temperaturen nicht oder nur eingeschränkt verwerten konnten, dürfte der Stress im Photosyntheseapparat umso höher gewesen sein. Die Pflanzen konnten sich den veränderten Bedingungen vor Wintereinbruch nicht mehr anpassen.

Die freigesägten Flächen lagen auch in dem von Hirschen gerne betretenen Moorbereich und zeigten deutliche Trittspure.

Spülsäume auf der teilweise nackten Mooroberfläche zeugen auch von gewissen Erosionserscheinungen auf der Mooroberfläche in den freigesägten Flächen. Wegen des geringeren Interzeptionsverlustes tritt wahrscheinlich bei starkem Regen kurzfristig höherer Oberflächenabfluss auf, als dies vor Entfernung der Latschen der Fall war.

Andererseits zeigte sich 2008 und 2009 bereits eine gute **Regeneration** des scheidigen Wollgrases, die nach allgemeiner Erfahrung (PFADENHAUER et. al. 2000, FERLAND/ROCHEFORT 1997) schließlich auch die Wiederansiedlung der Torfmoose fördert.

Bei den **Wasserpegeluntersuchungen** zeigte sich, dass die Pflegeflächen einen graduell bis signifikant höheren Wasserstand aufweisen als die Vergleichsflächen.

Dabei ist der Unterschied in niederschlagsreichen Perioden stärker als in trockeneren Phasen. Dies dürfte durch den Interzeptionsverlust an den Latschen bedingt sein. Allerdings zeigten die Pflegeflächen auch eine höhere Schwankungsamplitude und in Trockenphasen einen ähnlich niedrigen oder gar niedrigeren Wasserstand als die Vergleichsflächen. Ob dies durch die erhöhte Einstrahlung in den offenen Flächen bedingt ist, kann nicht beurteilt werden.

Die Lufttemperatur war an der Bodenoberfläche der Pflegeflächen nur in zwei der drei Flächen leicht erhöht [dabei wäre die Temperatur des Torfes wohl aussagekräftiger]. Die Luftfeuchtigkeit

war über den Torfmoosen in der Trockenperiode bei etwa 27-30 °C Lufttemperatur nur um 3-5 % niedriger als im Bergkiefernmoor.

Dieser geringe Unterschied dürfte das vergleichsweise starke Abfallen des Wasserstandes in den Pflegeflächen in Trockenphasen nicht alleine erklären.

Bei allen erhobenen Daten zum Vergleich von Pflegeflächen und benachbarten, bestockten Flächen darf nicht vergessen werden, dass die Vergleichsflächen willkürlich ausgewählt wurden und dass die Unterschiede auch in, von der Bestockung unabhängigen, Eigenschaften des Torfkörpers und der hydrotopographischen Bedingungen begründet sein können.

### **Fazit Pflegeflächen**

Die Untersuchungen können nicht belegen, dass ein Freisägen von latschenbestockten Moorflächen innerhalb von wenigen Jahren zu einer Ankurbelung und Förderung des Torfmooswachstums führt. Es kam im Gegenteil eher zu einer Schädigung der Torfmoosnarbe durch kombinierte Einwirkung von intensiver Einstrahlung, Wildtritt und oberflächlichem Abfluss. Eine Regeneration von scheidigem Wollgras setzte allerdings rasch ein.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse erscheint eine Entfernung von Latschen nur dann sinnvoll

- wenn sie nicht als einzige Maßnahme erfolgt
- wenn starke Betretung durch Wild ausgeschlossen werden kann
- wenn die Entfernung der Gehölze im Frühjahr und im Idealfalle schrittweise erfolgt
- wenn die Gehölzentnahme als Unterstützung einer Wiedervernässungsmaßnahme in früher baumfreien Mooreteilen erfolgt

## **8.8 Rotwild**

Die Moore am Altsteigerskopf und Vogelskopf stellen Rückzugsräume für das Rotwild dar.

Da die Latschenbestände am Altsteigerskopf sich nun weitgehend geschlossen haben, sind die Bestände nur noch dort lückig, wo in Mulden und Verebnungen eine größere Vernässung vorliegt. Daraus ergibt sich das Problem, dass eben jene Bereiche, die noch über eine nennenswerte Torfmoosdeckung verfügen (z.B. *Sphagnum magellanicum*) auch vom Rotwild für die Fortbewegung in den Mooren genutzt werden. Dabei ergeben sich z.T. beträchtliche Trittschäden an der Moosnarbe. Außerdem werden die „Wildbäder“ oder „Hirschbäder“ vom Wild gerne an offenen Stellen angelegt, wobei ebenfalls Bereiche mit Torfwachstum zertreten und zerwühlt werden.

Hier stellt sich die Frage, ob ein Freisägen einzelner trockener Latschen-Flächen am Altsteigerskopf nicht den Druck auf die nassen und wachsenden Moorflächen zwischen den Latschen verringern könnte.

Da in den Pflegeflächen von 2005 im Hangmoor des Altsteigerskopfes zunächst eine Erosion oder auch Trittschäden an der Moosnarbe beobachtet wurden, scheint das Öffnen von Latschenbeständen zur Förderung des Torfwachstums kein probates Mittel zu sein.

Als „Wildgassen“ könnten aber trockene Latschenbestände mit ohnehin abgestorbener Moosnarbe geöffnet werden.

Auf dem Sattel östlich des Gipfels des Altsteigerskopfes führt der tägliche Tritt der Hirsche an den Torfstichböschungen und Erosionsrinnen zu einem Abbröckeln von Torf.

## **8.9 Störungshypothese**

HÖLZER & HÖLZER (1995) vermuten acht Brände in den letzten 5000 Jahren im Bereich der Hornisgrinde.

Angaben von HÖLZER & HÖLZER (1995) zu Brandzyklen etwa aus dem Biberkesselmoor sind auf die Hochfläche der Hornisgrinde nicht übertragbar.

Die Abfolge >*Sphagnum mag.* >> Brand >> *Sphagnum fallax/recurvum* trifft im Biberkessel zu, nicht aber auf die jüngste Entwicklung der Hornisgrindemoore, wo störungsbedingt kaum Habitate für *Sph. recurvum* (und *Sphagnum cuspidatum*) vorliegen. Im Hangmoor finden sich kaum natürliche Schlenken, auf der Moorweite fehlt *Sphagnum recurvum*. Der nasse Flügel des kleinstandörtlichen Spektrums der Brandzyklen ist also abgeschnitten.

GERDOL et. al. (1996) fanden bei Untersuchung des Photosyntheseapparates von *Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* und *S. fallax*, dass *S. fallax* nach elftägiger, allmählicher Austrocknung bei 22 °C und 50 % rel. Luftfeuchtigkeit wegen plasmatischer Schäden kein Wiedererwachen photosynthetischer Aktivität zeigte. *Sphagnum magellanicum* und *S. capillifolium* kehrten dagegen zu normaler Aktivität zurück.

Die meisten schlenkenartigen Mulden auf den Grinden fielen 2009 aber länger als vier Wochen trocken (Schrumpfrisse) und zeigten tagsüber teilweise Temperaturen bis 45 °C! GERDOL ET. AL. (1996) weisen auf Verschiebungen im interspezifischen Gleichgewicht der Torfmoosarten bei längeren Trockenperioden hin.

Auf den Grinden fand zudem eine für *Sphagnum tenellum* tragische Veränderung der Bedingungen statt: Während DIERSSEN & DIERSSEN (1984) für das *Eriophoro-Trichophoretum Subass.* von *Sphagnum tenellum* schildern, dass *Sphagnum tenellum* hier an den nassesten Bereichen nahe der Schlenken in der Nähe von *Sphagnum cuspidatum*, *Carex limosa* und *Drepanocladus fluitans* wächst, haben sich die Bedingungen mittlerweile dramatisch verändert. *Sphagnum tenellum* wächst heute überwiegend an nackten Torfmulden, die schon im Mai/Juni während regenarmer Perioden austrocknen und Schrumpfrisse zeigen. Die Photosynthesemessung zeigte, dass *Sphagnum tenellum* dementsprechend bei ausbleibenden Niederschlägen unter den Torfmoosen jeweils zuerst in den Ruhezustand übergeht.

HAJEK (2009) sowie HAJEK ET. AL. (2009) bezeichnen Sphagnum-Moose als „autogenic ecosystem engineers“, indem sie eine differenzierte Torfproduktion im Bult-Schlenk-Relief aufrecht erhalten, Die Bultmoose haben eine ähnlich hohe Netto-Primär-Produktion wie die Schlenkenmoose (größere Dichte), zeigen andererseits aber eine geringere Zersetzungsrate.

Damit wird das Bult-Schlenk-Muster im Mikrorelief über lange Zeit aufrecht erhalten.

Im Moorsystem der Grindenhochmoore ist dieses System unterbrochen. Die Mulden haben gar keine Produktion mehr und wachsen mit den Bulten nicht mit. Damit erhöht sich das Relief zwischen Bulten und Mulden, solange die Bultsphagnen noch wachsen können. Ab einem bestimmten Reliefunterschied reicht die Vernässung in den Bulten für eine Netto-Torfproduktion nicht mehr aus. Der gebildete Torf wird bei häufiger Belüftung mineralisiert. Das Moor stagniert, bzw. je nach Torfmoosdeckung wird es auch zur Kohlenstoffquelle.

- Auf den Grinden ist der untere Teil des Hummock-Hollow Systems verloren gegangen. Möglichwerweise wurden seit der Öffnung der Moosnarbe durch den Brand die Mulden/Hollows nicht mehr geschlossen, weil sie permanent bei Hochwasser durch „surface runoff“/Oberflächenabfluss erodiert wurden und weil die Schlenkensphagnen, v.a. *Sphagnum tenellum* keine ausreichende Trockenresistenz bzw. Anpassung des Photosyntheseapparates und der Wuchsform an Trockenheit haben. Dies würde bedeuten, dass die Besiedlung der Schlenken nur extrem langsam in feuchten Jahren vor sich ginge (entspricht den Beobachtungen) oder dass die Besiedlung der Mulden durch Bultsphagnen erfolgen müsste. Diese ertragen wiederum die phasenweise Überstauung nicht gut.

- Durch Unterbrechung der Strompfade des Wassers in einigen Flächen (z.B. Hornisgrinde) mittels höhenlinienparalleler Entwässerungsgräben wurde der Wasserhaushalt beeinträchtigt.
- Die einfachste Förderung der Wiederbesiedlung der Mulden auf der Hornisgrinde mit Torfmoosen besteht im Verschließen der Gräben, so dass die Austrocknung der Mulden durch besseren Lateralzug des akrotelmischen Wassers abgeschwächt wird.

Nackte Torfmulden treten auch in wachsenden Hochmooren auf. Dort ist allerdings der Wasserstand so hoch (er wächst mit), dass das Bult-Schlenksystem funktional erhalten bleibt. In wachsenden Hochmooren zeigt sich dies auch am Vorhandensein von „Mooraugen“, also Kolken, deren Wasserspiegel so hoch liegt, dass der basale Torf der benachbarten Bult- und Strangsysteme wassergesättigt ist. Hier ist der von ISE et. al. (2008) und VAN DER SCHAAF (2002) formulierte „**Feedback Loop**“ von Torfbildung und Wasserpegelanstieg durch die Mulden nicht unterbrochen.

Auf den Grinden ist vielleicht wegen des für Hochmoore ungewöhnlich hohen Gefälles der *Feedback Loop* umso leichter entkoppelt worden. ISE et. al. (2008) weisen auf die Sensitivität des *Feedback Loop* für Temperaturveränderungen hin, wobei „labiler Kohlenstoff“ bei trocken-warmen Bedingungen rasch verloren geht.

Auf den Grinden ist die Produktion von *labilem Kohlenstoff* bei dem Brand bzw. danach unterbunden worden, indem das Torfwachstum unterbrochen wurde. Die zunächst wegen Stauererscheinungen erhöhte Vernässung konnte *keine Rückkopplung beim Torfwachstum* erzeugen, da sich in den Mulden bei nacktem Torf ein *Erosionssystem* etablierte und da die Rasenbinse rasch den freien Raum auf den Bulten und im Rasenhorizont eroberte.

Man kann die Hypothese formulieren, dass die labile Kopplung von Torfproduktion und Wasserpegelanstieg auf den Grindenmooren grundsätzlich leicht aus dem Gleichgewicht zu bringen ist. Dabei müssten schon frühere Brände (HÖLZER 1995 vermutet 8 Brände im Biberkessel in den letzten 5000 Jahren) zu einer Unterbrechung des Moorwachstums geführt haben.

Was könnte beim Brand von 1800 anders verlaufen sein als bei früheren Bränden?

- Der Brand war ungewöhnlich stark (WOHLFAHRT / RIEDEL 2001).
- Zusätzlich zum Brand wurden in den folgenden Jahrzehnten/Jahrhunderten Torfstiche und Entwässerungsgräben angelegt.
- Im Gegensatz zu den älteren Bränden wurden die Moore nach dem Brand von 1800 auch beweidet, dies nach WOLF 1999 und DIERSSEN 1984 noch mindestens bis 1864!

Außerdem ist in den meisten Grindenmoorflächen auch **durch Torfstich** und Entwässerungsgräben der **Wasserhaushalt beeinträchtigt** worden. Die Absenkung des Wasserstandes dürfte neben der Branddynamik (mit Initiierung von Erosionsvorgängen) auch ein Wiedereinsetzen von Torfwachstum behindert haben. Die Auswirkung von Torfstichen mit Bildung sekundärer Randgehänge sowie von Entwässerungsgräben ist nämlich nicht als lokal zu betrachten.

VAN DER SCHAAF (1999, s. 214) konnte in Irland beobachten, dass Moorsackungen auch weit entfernt von Stichtanten auftraten. Dies erscheint zunächst erstaunlich, da die Durchlässigkeit des entwässerten Torfes sehr gering zu sein schien. Die Auswertung der Oberflächendaten und der hydrologischen Daten führte aber zu dem Ergebnis, dass über einen Kaskadeneffekt der Moorsackung sich die Oberflächenneigung von der Störung immer weiter ins Moor hinein ausbreitet. VAN DER SCHAAF weist auch darauf hin, dass Entwässerung einen weitaus größeren Effekt auf die Moorsackung hat als Brand.

Die Entkopplung von Torfwachstum und Wasserstandsanhhebung hat neben abiotischen Faktoren wohl auch mit **biotischen Faktoren**, nämlich der ökologischen Konstitution der Rasenbinse, zu tun.

In vielen Moorflächen zeigt sich im jüngsten Torfprofil der Übergang von Sphagnumtorfen zu rohhumusartigem Trichophorum-Torf. Dies bedeutet, dass die aktuelle hohe Deckung der Rasenbinse ein neues Phänomen ist, und von dem Brand 1800 ausgelöst wurde. Dass es sich um ein nachhaltiges Phänomen handelt, zeigt sich angesichts der Tatsache, dass in 200 Jahren in einem wachsenden Hochmoor eine Brutto-Torfproduktion über der Brandschicht von etwa 20 bis 30 cm zu erwarten wäre, tatsächlich in der Breite betrachtet aber nur 5 bis 15 cm an organischem Material abgelagert wurden. Außerdem steht in vielen Mulden die Brandschicht immer noch direkt unter Flur an und ist nur durch Quellungs- und Schrumpfungsprozesse verwischt worden. Die Rasenbinse hat also anstelle von Brandzyklen zusammen mit abiotischen Faktoren eine **statische Phase** ausgelöst, die sich in Ermangelung neuer Nettotorfbildung stellenweise zu einer Degenerationsphase, andernorts zu einer Stagnationsphase (Stillstandskomplex) entwickelt hat. Die Rasenbinse ist zum einen sehr konkurrenzkräftig. Sie verfügt über aerenchymbewerte Wurzeln, eine hohe Produktion von Biomasse und erschwert mit einer hohen Ablagerung von Streu zum anderen das Wiedereinwandern der Torfmoose.

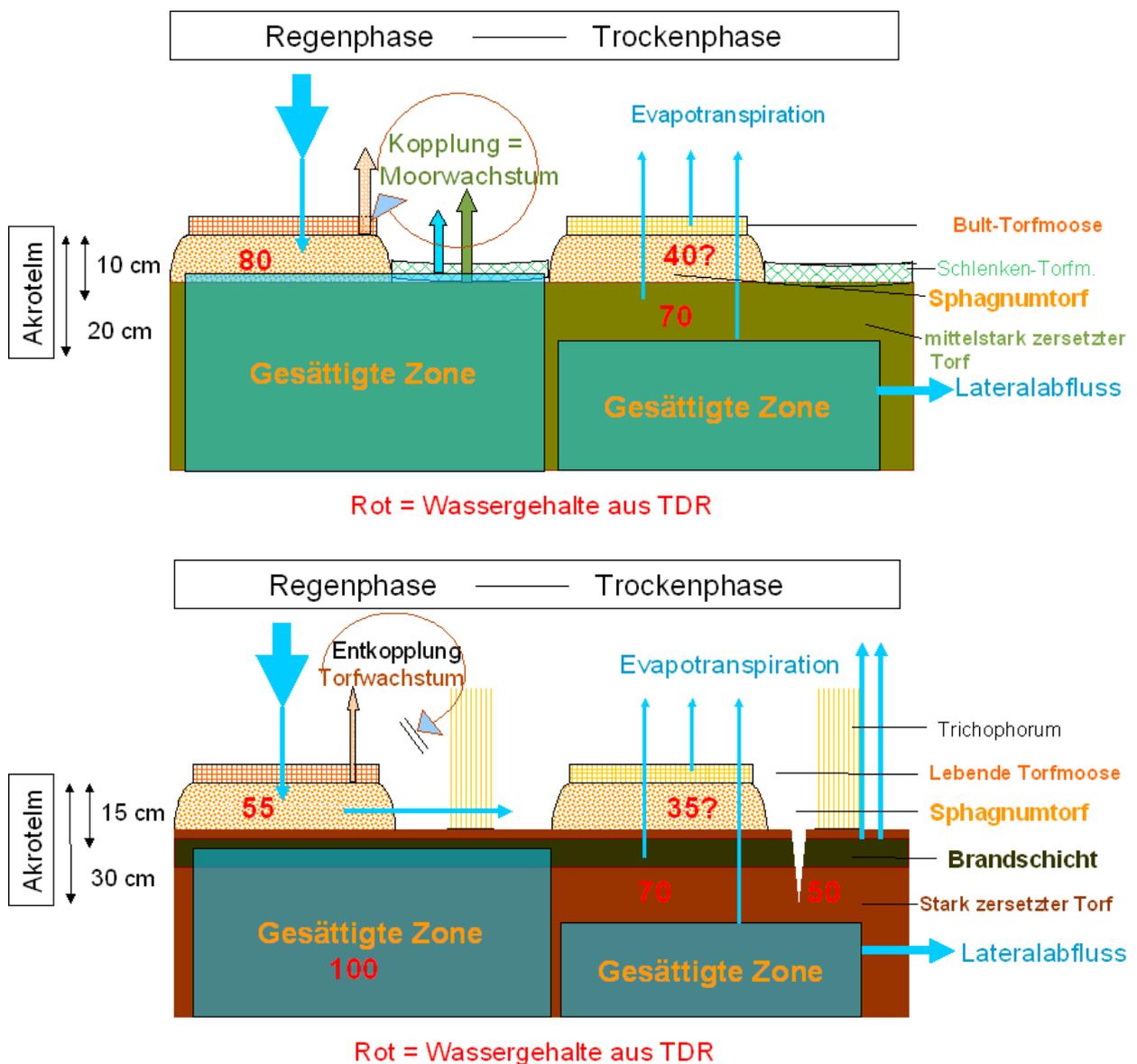


Abb. 94: Schema zum Moorwachstum und Übergang in die statische Phase / Degeneration nach Brand.

Es stellt sich die wichtige Frage, ob die *statische Phase* in Flächen, die nicht entwässert wurden, spontan wieder in eine *Wachstumsphase* übergehen kann. Dabei müssten etwa die am Altsteigerskopf und am Vogelskopf liegenden Wachstumszellen seitlich auswachsen und zusammenwachsen, wo dies bei günstigen hydrotopographischen Bedingungen möglich ist.

Dass die einzigen Flächen mit Moorwachstum im Datensatz alle nur eine Neigung von 1° bis 2,5° aufweisen, könnte ein Hinweis darauf sein, dass die gegenwärtigen klimatischen Bedingungen (Niederschlagsüberschuss?) einen spontanen Übergang in eine Wachstumsphase auf den stärker geneigten Flächen wie der Gipfelvermoorung am Altsteigerskopf nicht zulassen!

Um diese Frage endgültig zu klären, müssten Niederschlag und Evapotranspiration direkt in den Flächen gemessen werden. Abflussmessungen sind gerade am Altsteigerskopf, aber auch auf den anderen Grinden wegen häufig divergierenden Reliefs und musterartig angeordneten Torfkörpern kaum möglich (Ausnahme Hornisgrinde?).

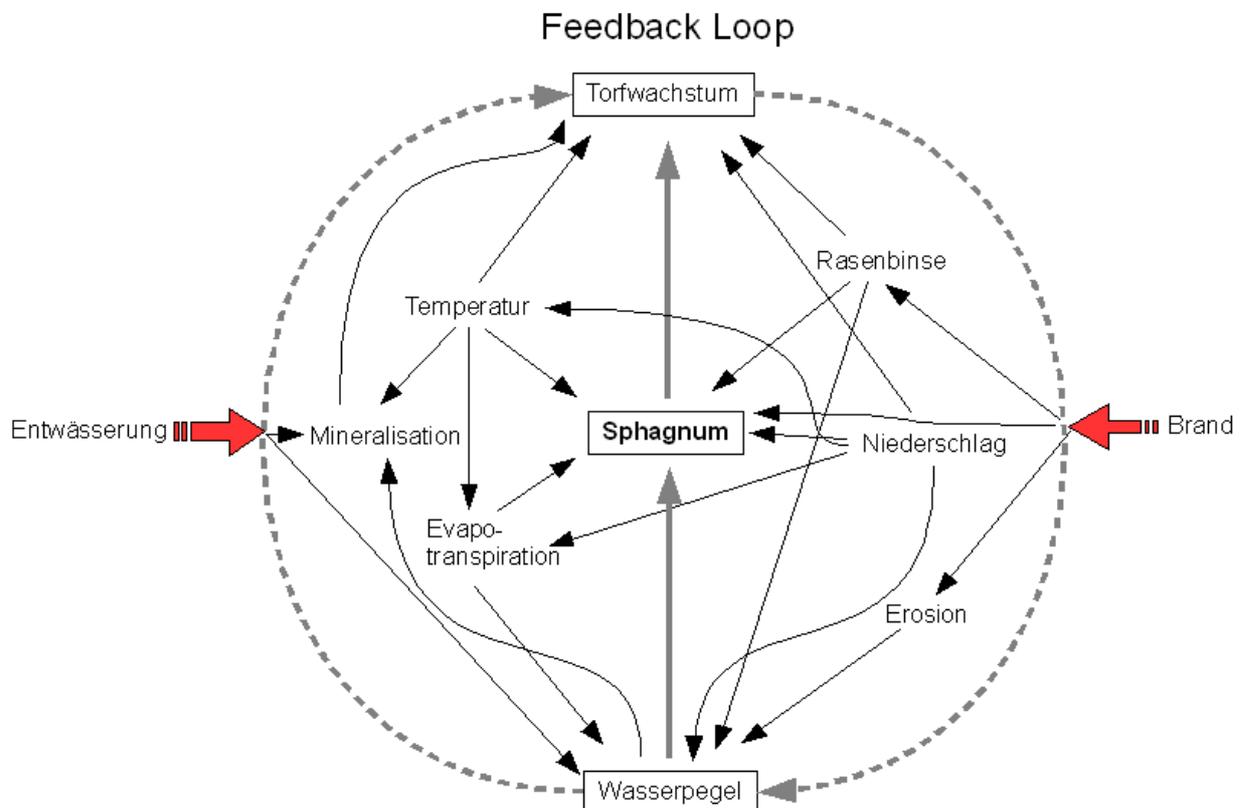


Abb. 95: Schema zur Koppelung von Torfwachstum und Anstieg des Wasserpegels mit Wechselwirkungen im Ökosystem. Die roten Pfeile unterbrechen die Rückkopplung.

### Fazit Störungshypothese

- Ein Brand löste einen dynamischen Störungsvorgang im wachsenden Moorsystem aus.
- Unmittelbar nach dem Brand einsetzende **Stauässe** und hohes Gefälle bewirkten **Erosionsprozesse** durch sich bündelnden Oberflächenabfluss (v.a. in konvergentem Relief, siehe EDOM ET. AL. 2007).
- Die Rasenbinse besetzte rasch die erhöhten Bereiche im Muster der Mooroberfläche und hat ein extremes Beharrungsvermögen. Sie profitiert von den Umwälzungsprozessen.

- Eine geringe Absenkung des Wasserpegeljahresmedians in den Stillstandskomplexen auf heute -8,5 bis -9 cm (Niveau der Mulden) auf Hornisgrinde und Altsteigerskopf reichte aus, um die Mulden regelmäßiger Austrocknung auszusetzen. Die durch den Brand zerstörte Kopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg (**Feedback Loop**) konnte nicht wieder einsetzen
- Die austrocknungsempfindlichen Torfmoose der Mulden und Schlenken (*Sphagnum tenellum*, *S. recurvum*) waren den Bedingungen in den Mulden bis heute nicht gewachsen
- Etwa alle zwei Jahre auftretende sommerliche Trockenperioden mit unter 150 mm Niederschlag/8 Wochen hemmen das Wachstum der Torfmoose auf Bulten und in den Senken
- Nur bei erfolgreicher Besiedlung der Mulden durch Torfmoose kann die Kopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg wieder einsetzen.
- Ein Anstieg des Wasserpegels über die Brandschicht ist in den allermeisten Flächen bis heute nicht gelungen.
- Da die Moorsysteme angesichts von hohem Gefälle bis 6° *labiler gegen Störung* waren als etwa Verlandungsmoore, reichten die Steuerungskräfte nicht aus, um das Ökosystem nach dem Brand wieder zu stabilisieren. Vielfältige menschliche Eingriffe in die Torfkörper erschwerten oder verhinderten die Möglichkeiten zur Selbstregulation.
- Die von HAJEK (2009) als „*autogenic ecosystem engineers*“ beschriebenen Torfmoose steuern heute nicht den Stoffhaushalt der Grindenmoore. Ihr Wachstum wird vielmehr seit 200 Jahren von der durch den Brand ausgelösten Störungsdynamik sowie einem veränderten Klima gesteuert und begrenzt.
- Vorerst stellen viele Hochmoor-Torfkörper bezüglich der Wachstumsdynamik *statische Systeme* dar und geben Kohlenstoff an die Umgebung ab oder sie sind im *Fließgleichgewicht* (Stillstandskomplexe), wobei der gebildete Torf gerade aufgezehrt wird.

## 9 Moorwachstum / Wachstumspotenzial

Innerhalb des angelegten Netzes von Messpunkten und Probeflächen konnte nur in sehr wenigen Flächen (acht von 72, bzw. neun von 86 Flächen) ein Moorwachstum angesprochen werden. Dabei lag in fast allen Fällen ein vergleichsweise geringes Wachstum vor, wobei auch die wachsenden Flächen ein Gefälle von 1° bis 2,5° oder 2,2 % bis 5,6 % aufweisen.

Nennenswerte wachsende Moorflächen treten eigentlich nur auf der Hornisgrinde sowie am Altsteigerskopf auf.

Bei der Ansprache von Moorwachstum liegen oft Mißverständnisse vor. Folgende Zusammenhänge seien hier erwähnt:

- Der über der Brandschicht abgelagerte Torf kann grundsätzlich nicht als *Nettomoorwachstum* gewertet werden, weil der Wasserstand in den meisten Mooren in der Vegetationsperiode und auch im Winter unter der Brandschicht liegt. Die Brandschicht ist 200 Jahre alt.
- Beim Bohren im Winterhalbjahr zeigt der Wasserstand definitiv, ob der jüngste, über der Brandschicht abgelagerte Torf unter Wasser ist oder nicht. Ein ganzjährig belüfteter Torf kann nicht konserviert werden. Ein Bult macht noch kein Moorwachstum aus.
- Eine hohe Feldkapazität reicht also nicht aus, um Moorwachstum zu ermöglichen. Das Vorhandensein von Anneliden über der Brandschicht ebenso wie der sichtbare Abbau der Pflanzenstrukturen zeigen, dass die Torfsubstanz umgesetzt wird.
- Wenn auch unter der Brandschicht Anzeichen für eine fortgesetzte Mineralisation der Torfsubstanz vorliegen (unterstützt durch sommerliche Wasserstände von -20 bis -35 cm) so wird umso deutlicher, dass von der Bruttotorfbildung über der Brandschicht ein beträchtlicher Teil wieder verloren geht.

- Nur wenn auch in den Mulden zwischen den Bulten ein sichtbares Torfwachstum stattfindet, kann auch der Wasserstand schließlich über die Brandschicht wachsen und ein Nettotorfwachstum (=Moorwachstum) erfolgen.
- Ein verlässliches Kontrollkriterium für Moorwachstum ist die Beobachtung, dass auch die Wurzelhalse der Moor-Kiefern von der Torfmoosoberfläche überwachsen werden.

Die Auswertung aller vorhandenen Daten führte zu der Erkenntnis, dass auf manchen Flächen wie dem Osthang der Hornisgrinde/Südgipfel und dem Osthang des Altsteigerskopf-Gipfels von den Gefällebedingungen und dem Jahresniederschlag auf nach wie vor günstige Bedingungen für Moorwachstum geschlossen werden kann. Es liegt also stellenweise Potenzial für Moorwachstum vor.

Der Befund, dass aber **aktuelles Moorwachstum** nur auf den schwächer geneigten Flächen beobachtet werden kann sowie das Ergebnis, dass eine durchschnittliche Trockenphase zu wochenlanger Hemmung des Torfmooswachstums führt, legt aber den Schluss nahe, dass das Wachstumspotenzial an feuchtere Sommer gebunden ist.

Die Niederschlagssummen zeigen ein hohes Niveau, andererseits aber auch eine starke Varianz und das regelmäßige Auftreten von Trockenperioden in der Vegetationsperiode.

In trockeneren Sommern zehrt also möglicherweise die Evapotranspiration einen so großen Teil des Niederschlages auf, dass ein Niederschlagsüberschuss auf den steilen Hangmooren nicht mehr gegeben ist.

Ein tatsächlicher Niederschlagsüberschuss ist in Jahren wie 2009 wohl nur noch in Akkumulationslagen bzw. abzugsschwachen Lagen wie Hangschultern, Sattelmulden etc. gegeben.

Da die Evapotranspiration in den Mooren nicht gemessen werden konnte, muss diese Frage in späteren Untersuchungen beantwortet werden.

Da man bei den in der Trockenphase belegten Wasserständen und Wassergehalten zudem von einer regelmäßigen *Mineralisation auch des unteren akrotelmischen Torfes* ausgehen muss, stellt sich die Frage, ob der in den nassen Jahren unter wachsenden Torfmoosrasen abgelagerte „labile“ Torf in Trockenjahren nicht wieder veratmet wird (der *labile Torf* ist der „Mehrwert“, also der Betrag der Bruttotorfbildung der in einem durchschnittlichen Jahr nicht durch Mineralisation aufgebraucht wird).

Dass verschiedene Standort-Typen C-Quellen darstellen, wird neben den Befunden aus der Torfzersetzung und Ansprache von Torfwachstum auch durch die Tatsache unterstützt, dass in den trockenen Heidemooren *Enchyträen* und auch *Lumbricus* (beides Oligochaeten) gefunden wurden.

Die Moore auf der Hornisgrinde und am Altsteigerskopf scheinen insgesamt gerade an der Schwelle der Möglichkeit von Moorwachstum zu stehen. Eine Ausnahme bilden hier nur Moorbereiche wie die Sattelmulde auf dem Südgipfel der Hornisgrinde oder das talseitige Ufer der Kolke, die ganzjährig wasserdurchtränkt sind und folglich eine permanente Produktion der Torfmoose aufweisen (siehe Photosynthese-Werte der Torfmoose vom Kolkrand in der Trockenperiode).

Solche Muldenlagen bzw. Kolkränder kommen auf den anderen Grinden gar nicht vor.

## 10 Moore und Klima

Bei der Auswertung der Wasserpegeldaten und der Klimadaten der Messstation Ruhenstein, zeigte sich, dass Jahre mit Trockenphasen wie 2009 keine Ausnahme sind. Ähnliche achtwöchige, niederschlagsarme Perioden traten in den Jahren 1999 bis 2009 häufiger auf (2003, 2005, 2006, 2009), außerdem auch häufig vierwöchige Trockenperioden.

Die Auswertung der Klimadaten 1999 bis 2009 machte außerdem deutlich, dass sich in diesem Zeitraum beim Jahresniederschlag (bei starker Varianz) ein abnehmender Trend zeigt, bei der Jahrestemperatur ebenfalls bei deutlicher Varianz ein zunehmender Trend.

Hier stellt sich die Frage, ob diese Trends auch eine Entsprechung in der langjährigen Entwicklung von Niederschlag und Temperatur finden.

Während STAHR (1973) aus dem Klimaatlas Baden-Württemberg von 1953 noch Werte für den Ruhenstein von 7,2 bis 7,5 °C angibt (Jahresdurchschnittstemperatur), zeigten die Daten von 1999 bis 2009, dass dieses Niveau schon mehrfach überschritten wurde.

In der Untersuchung „*Klimawandel in Süddeutschland – Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA*“ wurden Klimadaten aus den Jahren 1931 bis 2005 aus verschiedenen Messstationen in Baden-Württemberg und Bayern ausgewertet.

Dabei zeigt sich das Ergebnis, dass die in der Messstation Ruhenstein ablesbaren Trends von Niederschlag und Temperatur auch in langjährigen Messreihen sichtbar sind. Folgende Ergebnisse wurden dort präsentiert:

- > Der von 1931 bis 2000 sichtbare Trend der *Zunahme der Jahresmitteltemperatur* hat in den Jahren 2001 bis 2005 an Signifikanz zugenommen, wobei bis 2000 die Zunahme eher im Winterhalbjahr lag, während seit 2001 die Temperaturzunahme stärker auf das Sommerhalbjahr fällt.
- > Der mittlere *Niederschlag im Winterhalbjahr* zeigt für alle erfassten Gebiete einen *stark positiven Trend* mit hoher Signifikanz.
- > Im *Sommerhalbjahr* sind die Trends des mittleren Gebietsniederschlags *schwach negativ*, wegen hoher Varianz aber noch nicht signifikant.

Auch wenn die Abnahme der Sommerniederschläge nur schwach und nicht signifikant ist, gibt dieser Trend Anlass zur Sorge, wenn man auf die aufgezeigten Probleme in den Grindenmooren blickt.

Dort wurde deutlich, dass bereits heute niederschlagsarme Perioden wie 2009 das Torfmooswachstum hemmen und eine Wiederbesiedlung der Mulden im Moorrelief behindert wird oder unterbleibt.

Die bei steilem Relief sehr *labile Kopplung von Torfwachstum und Wasserstandsanhhebung* konnte auf der Moorweite von Hornisgrinde und Altsteigerkopf seit dem Brand von 1800 nicht wieder einsetzen.

Sollte sich der Trend abnehmender Sommerniederschläge bei steigenden Sommertemperaturen in den nächsten Jahren bestätigen und fortsetzen, so bedeutet dies eine **Verschärfung der bereits festgestellten ungünstigen Verhältnisse für eine Restituierung des Moorwachstums** auf den Grinden.

Die Untersuchung der Wasserpegel 2009 zeigte außerdem, dass starke Niederschlagsereignisse im Sommer (Gewitterregen) keine nachhaltige Auffüllung des Speichers erbringen und der Wasserstand nach kurzzeitigem Anstieg sehr rasch wieder absinkt. Man kann während eines Trockenjahres wie 2009 von einem mehrwöchigen *defizitären Wasserhaushalt* der Hangmoore ausgehen (steter Zwischenabfluss und hohe Verdunstung bei sehr geringen Niederschlägen).

GIGNAC (1992) betonte, dass das Klima bei der Habitatpartitionierung in ökologische Nischen der Torfmoosarten in ungestörten Mooren ein ebenso wichtiger Faktor ist wie die lokalen Faktoren *Wasserchemismus* und *relative Höhe zum Wasserstand*.

Eine klimatische Veränderung mit häufigeren sommerlichen Trockenperioden würde die Existenz der ökologischen Nische „Rasen- und Teppichhorizont mit *Sphagnum tenellum*“ in Frage stellen. Während Sphagnumarten des Rasenhorizontes und Teppichhorizontes (*Sphagnum angustifolium*, *S. tenellum*, *S. rubellum*, *S. papillosum*) im ungestörten Hochmoorhabitat wegen ihrer hohen Produktion als konkurrenzkräftiger gelten als die Bultsphagnen (GIGNAC 1992), ist in den Grindenmooren ihr Habitat weitgehend weggebrochen.

Um die Frage nach der Möglichkeit des Moorbewuchses auf den aktuell stagnierenden bzw. degenerierenden Flächen von Hornisgrinde, Altsteigerskopf und Vogelskopf genauer beurteilen zu können, ist die Erstellung einer *Wasserbilanz* nötig. Damit könnte überprüft werden, ob der bisherige Temperaturanstieg sowie die Abnahme der Sommerniederschläge bereits im Mittel über eine Zunahme der Evapotranspiration zu einer kritischen Verringerung des Niederschlagsüberschusses geführt haben.

Ein Anstieg der Evapotranspiration wird üblicherweise aus einem Rückgang des Abflusses aus einem Moor bei gleichbleibenden Niederschlägen abgeleitet (DIERSSEN & DIERSSEN 2001, FRANKL 1996). Abflussmessungen sind bei den musterartig vorliegenden Grindenmooren allerdings schwer möglich, da die rüllenartigen Gräben häufig trockenfallen. Auf dem Vogelskopf und Schliffkopf liegen beispielsweise gar keine Vorfluter/Fließgewässer vor.

Lediglich auf der Hornisgrinde könnte bei konvergentem Relief am östlichen Moorand in den dortigen Rüllen der Abfluss gemessen werden. Allerdings fallen die Rüllen bei längerem Ausbleiben von Niederschlägen auch trocken.

Folglich wären direkte Messungen der Verdunstung hilfreich, um die Wasserbilanz und den Niederschlagsüberschuss abschätzen zu können. Dabei könnten anstelle von Messungen im Feld auch die Daten einer Klimastation (Hornisgrinde oder Ruhestein) genutzt werden, um die Verdunstung in den Grindenmooren zu schätzen.

Mit entsprechenden Formeln ließe sich dann unter Berücksichtigung von Windstärke, Temperatur und Luftfeuchtigkeit beurteilen, ob bei den hohen Neigungen der Mooroberfläche aktuell ein Moorbewuchs möglich ist.

Auch wenn die *potenzielle Evapotranspiration* mit z.B. 800 mm/a (fiktiver Wert, Vergleich Nationalpark Heinrich Thüringerwald: potenzielle Evaporation 2000 – 2005 ~ 600 – 900 mm/a) einen Niederschlagsüberschuss theoretisch noch zulassen würde, ist zu bedenken, dass die hohe Neigung der Grindenmoore in Zusammenarbeit mit dauerndem Windeinfluss und hydrologischen Störungen (Gräben) doch den Niederschlagsüberschuss aufzehren könnte. Steigende Niederschläge im Winterhalbjahr kommen dem Niederschlagsüberschuss im Sommerhalbjahr nicht zugute, da wegen des hohen Gefälles kein entsprechender Speicher aufgefüllt werden kann und der Wasserstand im Sommer beim Ausbleiben von Niederschlag sehr rasch abfällt.

Unabhängig von der Frage des klimatisch bedingten Niederschlagsüberschusses kann die Wasserbilanz derjenigen Moorflächen, die mit Gräben entwässert wurden, durch Renaturierungsmaßnahmen kurzfristig verbessert werden.

## **Fazit Klima**

Die Ergebnisse machen deutlich, dass hohe mittlere Jahresniederschläge von 2200 mm allein noch kein Moorbewuchs ermöglichen. Entscheidend ist letztendlich das Vorhandensein eines Niederschlagsüberschusses. Der Niederschlagsüberschuss muss im langjährigen Mittel so stark ausgeprägt sein, dass auch C-Verluste in Trockenperioden kompensiert werden können.

Die Gesamtschau der Ergebnisse lässt vermuten, dass ein solcher Niederschlagsüberschuss im Mittel der letzten Jahre in den Hangmooren nicht vorhanden war. Anders lässt sich nicht erklären, dass Moorbewuchs heute auf Flächen mit einer Neigung bis 2,5° begrenzt ist und

auch nicht entwässerte Moorflächen mit einem Gefälle wie zu Beginn der Moorgenese (z.B. im Moor am Osthang des Altsteigerskopfgipfels) seit 200 Jahren nicht wieder in eine Wachstumsphase übergangen.

Dass die Entkopplung von Torfwachstum und Wasserpegelanstieg allein durch biotische Dynamik (Beharren von *Trichophorum*) aufrechterhalten wird, ist unwahrscheinlich.

Die vorgestellte *Störungshypothese* könnte allerdings erklären, in welcher Weise durch die nach dem Brand ausgelöste Dynamik ein nur schwacher Niederschlagsüberschuss kompensiert wird.

## 11 Sukzessionsdynamik, Landschaftswandel und Moorschutz – mittelfristige Konzepte

Bei der Interpretation von Sukzessionsprozessen, wie dem Einwandern der Fichte in eine Moorfläche, muss man grundsätzlich versuchen, zu unterscheiden zwischen

- a. Sukzession, die durch Veränderung der hydrologischen Bedingungen ausgelöst wurde und
- b. Sukzession, die nach Zerstörung früherer Waldbestände und sekundärer Versumpfung eine Regeneration des Waldes darstellt.

Viele der aktuell ablaufenden Sukzessionsprozesse spiegeln eine Rückkehr zum Waldbild dar, wie es vor Beginn der Brandrodung im Mittelalter einmal verwirklicht gewesen sein mag. Dabei ist auf schwach geneigten Böden v.a. auf den östlichen Grinden von einem höheren Anteil der Fichte auszugehen.

Die Fichte tritt in den Pollenprofilen erst sehr spät auf (HÖLZER 1995) und wurde seit dem Mittelalter durch die Forstwirtschaft gefördert (STAHR 1973).

WOLF (1992) weist daraufhin, dass der übermäßige Wildbesatz in den Jahrzehnten vor 1990 eine Entwicklung fichtenbeherrschter Waldbestände hin zur potenziell natürlichen Vegetation im Bereich des Bannwaldes „Wilder See-Hornisgrinde“ verhindert hat. Als potenziell natürliche Waldgesellschaften wären dabei auf verebneten Bergrücken im Randbereich der Moore z.B. der Beerstrauch-Tannenwald (*Vaccinio-Abietetum*) neben dem *Bazzanio-Piceetum* (auf Anmoor) zu erwarten (WOLF 1992).

Ein Blick auf die Gesamtfläche der Grindenmoore inklusive der Latschenflächen auf Anmoor macht deutlich, dass die Landschaft sich wandeln wird, indem Teile der überalternden Latschenbestände in den nächsten Jahrzehnten von der Fichte (und Tanne) abgelöst werden.

Man muss sich dabei fragen, ob es machbar und auch wünschenswert ist, den Status Quo zu erhalten. Wenn auch die Latschenfelder der Landschaft einen subalpinen Anstrich verleihen und dem Fremdenverkehr zusätzliche Identifikationsmöglichkeiten geben, so ist es dennoch unstrittig, dass das fächige Ausgreifen der Latschen auf sekundär versumpfte Flächen durch eine Brandwirtschaft ermöglicht wurde, deren Wirkungsweise durch Beweidung und Pflege nicht imitiert werden kann.

Es bleibt zu überlegen, ob die Rückkehr vieler Anmoor-Flächen in eine naturnahe Bewaldung nicht auch für die Biodiversität/Srukturvielfalt und damit auch für den Naturschutz ein Gewinn wäre.

### Moorschutz

Das *Bundesministerium für Energie, Naturschutz und Rohstoffe* äußerte 2008 in der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt auch vor dem Hintergrund der Klimarelevanz der Moore unter anderem folgende Vorgaben als Richtlinien im Moorschutz:

- „Die Regeneration gering geschädigter Hochmoore ist bis 2010 eingeleitet mit dem Ziel, intakte hydrologische Verhältnisse und eine moortypische (...) Nährstoffsituation zu erreichen.“
- „Schutz des Wasserhaushaltes intakter Moore und dauerhafte Wiederherstellung regenerierbarer Moore bis 2020.“

HÖPER (2007) präsentierte gut abgesicherte Daten zur Klimawirksamkeit von Mooren. Da Moore heute weltweit etwa 1/3 des terrestrischen Kohlenstoffes speichern, wird deutlich, welche wichtige Rolle sie im globalen Gleichgewicht der Freisetzung und Bindung von klimarelevanten Gasen (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) spielen.

Seit 1795 wurden schätzungsweise 590-700 Mt Kohlenstoff durch Verbrennung von Torfen als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben, durch Melioration und agrarische Nutzung etwa das Siebenfache: Zwischen 4140 und 5600 Mt (ARMENTANO & MENGES 1986 in DIERSSEN & DIERSSEN 2001).

Die CO<sub>2</sub>-Bindung in Mooren verläuft allerdings ungleich viel langsamer als die Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus entwässerten und genutzten Mooren.

So bindet ein wachsendes Hochmoor im Mittel 1,2 t CO<sub>2</sub> pro Jahr und hat während entwässerte Moore je nach Nutzung 5 bis 45 t CO<sub>2</sub> pro Jahr abgeben (HÖPER 2007).

Auch wenn viele Torflager in Mittelgebirgen keine große Torfmächtigkeit aufweisen, so machen die Moore doch in der Summe der Flächen einen beträchtlichen Teil der aktuellen Kohlenstofflager aus.

Bleiben degradierende Moore wie die „degradierten Rasenbinsenmoore“ sich selbst überlassen, so wird der akkumulierte Kohlenstoff nach und nach über eine Mineralisation der Torfsubstanz an die Atmosphäre abgegeben.

Im Falle von Resttorfhügeln in Torfstichgelände ist dies schwer vermeidbar. Im Falle von Mooren, die durch Entwässerungsgräben in eine Stagnationsphase oder Degenerationsphase überführt wurden, können die Kohlenstofflager aber zumindest teilweise vor einer Veratmung geschützt werden. Ein sachgerechter Verschluss von Entwässerungsgräben kann den akkumulierten Torf vor Mineralisierung schützen und im günstigsten Falle auch wieder *Moorwachstum* und damit die *Senkenfunktion* von Moorflächen einleiten.

Auch wenn keine Flächendaten vorliegen, kann man festhalten, dass weite Bereiche auf den Grinden von sekundär nach Brand versumpften Anmooren oder flachgründigen Mooren eingenommen werden (Seekopf, Hochkopf, Vogelskopf, Schliffkopf, Sandkopf, Zuflucht, Altsteigerskopf u.a.). Diese flachgründigen Torflager können in der heute vorliegenden Form nicht erhalten werden und sind der Sukzession anheim gegeben. Teile des dort abgelagerten Kohlenstoffes werden weiter mineralisiert werden.

Die mächtigeren Torflager auf Hornisgrinde, Altsteigerskopf und Vogelskopf sind nach Torfstich und Entwässerung in unterschiedlicher Störungslage. Teile der gestörten Torflager können durch Renaturierungsmaßnahmen im Wasserhaushalt stabilisiert werden. Darauf wird in den Moorbeschreibungen im folgenden Kapitel explizit hingewiesen.

Für die Grindenmoore lassen sich als mittelfristige Konzepte nennen:

- Erhöhung der *Biodiversität* durch Wiedervernässung entwässerter Moorbereiche
- Schutz der vorhandenen *Torflager/Kohlenstofflager* durch Wiedervernässung entwässerter Moorbereiche
- Schutz wachsender Torfmoosrasen durch Verhinderung von Erosion, Verhinderung unnötiger Abflussbündelung, Verhinderung von Beweidungsschäden
- Erhöhung der *Strukturdiversität* durch Zulassung naturnaher Randwälder um die Moore.
- Erarbeitung eines räumlichen Konzeptes für die im Umbruch befindlichen Latschenflächen und Moorrandbereiche

## 12 Beschreibung der einzelnen Grinden

### 12.1 Altsteigerskopf,

Auf dem Altsteigerskopf findet sich eine große Bandbreite von Mooreinheiten unterschiedlicher Torfmächtigkeit und Vegetation. Dabei fehlen primäre, dauerhaft nasse Schlenken mit der entsprechenden Vegetation.

Die größten Flächen am Altsteigerskopf werden von Latschen eingenommen. Dabei handelt es sich bei einem großen Teil nicht um Bergkiefernmoore, die dem *Pinetum rotundatae* zu zuordnen sind, sondern um flachgründige Torfgleye, die potenziellen Fichtenmoorwald darstellen und heute von vitalen, aber überalternden Latschen bewachsen werden. Solche Latschenbestände wurden bereits in VON SENGBUSCH (2006) identifiziert und dendroökologisch beschrieben.

Ein Teil der angekommenen Fichtenverjüngung wurde vom Naturschutz entfernt, stellenweise überwächst die Fichte auch die Latschen bzw. dringt mit neuer Verjüngung unter die Latschen ein.

Neben trockenen, dichten Latschenflächen finden sich auf mächtigeren Torflagern auch stagnierende, fichtenfeindliche Bergkiefernmoore bzw. Moorflächen im standörtlichen Bereich der Fichtengrenze. Dort ist die Latsche wegen Staunässe/Haftnässe wenig vital und erreicht eine geringere Endhöhe. Die Bestände sind licht (halboffen) und gehen oft fließend in die Heide-moore über. Sie gehören zum trockenen Flügel des *Pinetum rotundatae*.

Bei lokal geringerem Gefälle treten auch Bergkiefernmoorflächen auf, die ein gutes Torfwachstum zeigen und neben hoher Torfmoos-Deckung Arten wie Krähenbeere, Moosbeere und scheidiges Wollgras beherbergen.

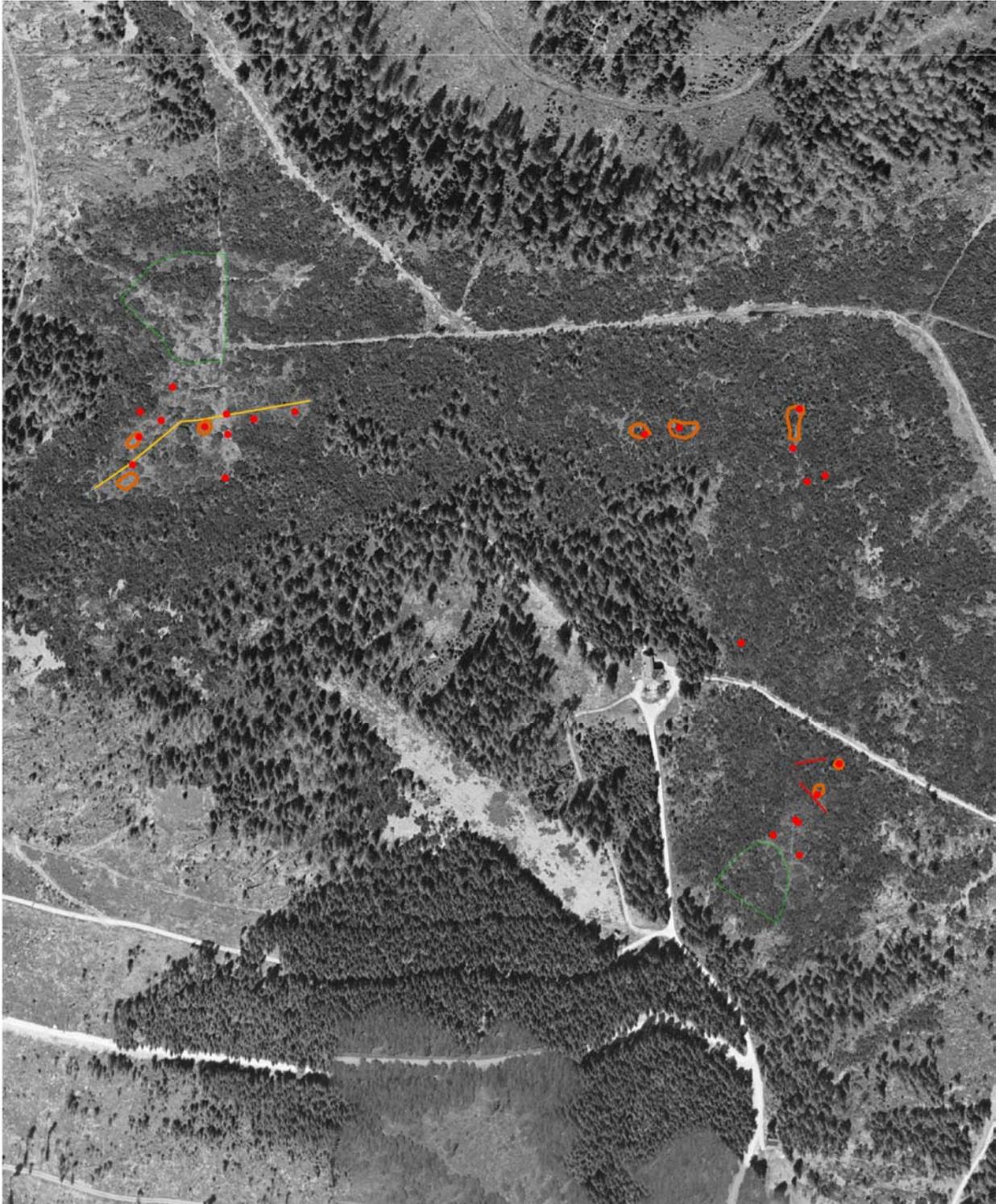
Östlich und nordöstlich der Darmstädter Hütte liegt vom Sattel ausgehend ein ausgedehntes Hangmoor, welches heute kaum offene Moorbereiche umfasst, aber einige halboffene Bergkiefernmoore mit Torfwachstum aufweist. Dort liegen ausgedehnte trockene, aber auch torfmoosreiche Latschenbestände.

Ein Vergleich der Luftbilder von 1952 und 2000 zeigt, dass sowohl der Sattel nördlich der Darmstädter Hütte als auch das östliche Hangmoor vor 50 Jahren noch große offene und halboffene Moorbereiche aufwiesen. Heute zeigt eine Begehung sowie das aktuelle Luftbild, dass die Latschenbestände alle ehemals offenen Flächen in diesem Moorbereich zumindest mit einem lockeren Filz überzogen haben. Die Ursache des Vordringens der Latsche liegt in dem Vorherrschen flachgründiger, gehölzfähiger Moor- und Anmoorflächen, die nun 200 Jahre nach dem Brand wieder von Gehölzen erobert wurden. Die Fichte wird die flachgründigsten Flächen im Laufe der nächsten Jahrzehnte noch besiedeln.

Ganz anders im Hangmoor am Gipfel bzw. östlich des Gipfels des Altsteigerskopfes. Dort liegen die tiefgründigeren Moorbereiche mit bis zu 2,5 m Torfmächtigkeit und dort blieben die 1952 noch offenen Moorbereiche zumindest auf der Hälfte bis schätzungsweise 60 % der Fläche erhalten.

Hier liegen innerhalb eines Latschengürtels die einzigen offenen, noch wachsenden Flächen des Altsteigerskopfes. Dem Wachstum sind angesichts hoher Neigung von 2,5° bis zu 6° (z.T. 7,5°) aber Grenzen gesetzt. Schlenken finden sich auch in den Bereichen mit Moorbewuchs nicht. Die vorhandenen wechsellässigen Mulden trocknen in jeder niederschlagsarmen Phase aus und werden bestenfalls von *Sphagnum tenellum* bewachsen.

Obwohl die Heidemoore in diesem halboffenen bis offenen Hangmoor dominieren, finden sich stellenweise auch Flächen, die dem degradierten Rasenbinsenhochmoor angehören.



- Altsteigerskopf - Torfstich
- Messpunkte und Probeflächen
- ∨ Entwässerungsgräben
- Moorwachstum
- ∨ Profil Oberfläche und Untergrund



Abb. 96: Luftbild Altsteigerskopf mit Darmstädter Hütte.

Am ganzen Altsteigerskopf finden sich Spuren von Störungen und Eingriffen. So wurden auf dem Sattel unterhalb/östlich des Gipfelhangmoores früher Torfstiche angelegt. Der größte Teil der Torfstiche liegt dabei nördlich des Sattels. Von den alten Torfstickanten und Rinnen geht heute eine rückschreitende Erosion aus, wobei Torf abbröckelt bzw. auf den Grund der Torfstichmulden gespült wird.

Die Ursache rüllenartiger Rinnen kann heute nicht mehr identifiziert werden. Bei hoher Hangneigung kam es unmittelbar nach dem Brand auf den nackten Torfen sicher zu beträchtlicher Erosion der Torfsubstanz. Wahrscheinlich wurde ein Teil der Rinnen aber auch im Umfeld von Torfstichen angelegt oder erweitert. Auch der Weg von diesem Sattel entlang der Regierungsbezirksgrenze nach Osten unterbricht den Torfkörper. Er wurde früher sicherlich zur Torfabfuhr benutzt.

Im Hangmoor östlich der Darmstädter Hütte liegen lineare und teilweise parallele Gräben/Rüllen, die schräg am Hang verlaufen und wohl anthropogener Natur sind. Der Weg von der Darmstädter Hütte nach Osten stellt selbst eine Entwässerungsrinne dar und unterbricht das lateral im Hangmoor ziehende Wasser.

Unterhalb des Weges liegen mindestens zwei alte Entwässerungsgräben im Moor und führen das Hangzugwasser den größeren Gräben zu.

Im untersten Teil des Hangmoores (unterhalb ASTB) findet sich eine größere Torfstichmulde, deren Randgehänge von trockenen Latschenfilzen bewachsen wird.

### **Potenzial / Prognose**

In den eher flachgründigen Bergkiefernmooren liegt in abzugschwachen Mulden an mehreren Stellen ein gutes Potenzial für dauerhaft hohe Torfbildung und stellenweise auch für Moorwachstum vor (z.B. in den Flächen MPAS01 und APF5V). Die hohe Schwankungsamplitude in den Bergkiefernmooren führt allerdings zu tiefen Wasserständen in Trockenperioden und damit zu einer Dämpfung der Torfbildung. In Relation zur Gesamtfläche nehmen die torfmoosreichen Bergkiefernmoore geringen Raum ein.

Im Moorbereich östlich/unterhalb des Gipfels liegen ebenfalls einzelne wachsende Moorflächen, die als Verheilungsstadien nach dem Brand zu betrachten sind. Die Wasserpegelmessungen in Fläche ASTA zeigten, dass der Wasserstand dort im Median mit -8,6 cm signifikant höher liegt als in den Heidemoorflächen. Die Gefällebedingungen sind heute im Hangmoor bei ausreichendem Abstand zu den Torfstichen auf mindestens 100 m Hanglänge nicht ungünstiger als zu Beginn der Moorbildung. Während der Trockenperioden leidet die torfbildende Vegetation aber unter Wassermangel!

Weiter hangabwärts treten bei wechselndem Gefälle und schließlich im Einflussbereich von Torfstichmulden aber auch degradierende Moorflächen auf.

Das Wachstumspotenzial im „noch offenen Hochmoorfenster“ bezieht sich etwa auf die noch offenen Moorflächen oberhalb ASTA. Insgesamt handelt es sich also um eine kleine Fläche.

Teile der Latschenpopulation auf dem Gipfel des Altsteigerskopfes sowie im Moorrandbereich nördlich der Darmstädter Hütte wurden schon von der Fichte überwachsen.

Beim Ausbleiben von Pflegemaßnahmen ist damit zu rechnen, dass auch mitten im Hangmoor östlich der Darmstädter Hütte in Mineralbodeninseln sowie auf Anmoor die Fichte in die Baumschicht gelangen wird. Auch in den Latschenfeldern am Ostrand des Altsteigerskopfes dringen Fichten ins Anmoor vor.

Die Wiedereinwanderung der Fichte und der Tanne (mit Vorwaldstadien mit Moorbirke und Vogelbeere) ist als Entwicklung zur potenziell natürlichen Vegetation zu betrachten.

Die Latsche ist wegen der Ausdehnung staunasser Stillstandskomplexe nirgends am Altsteigerskopf von einem Aussterben bedroht, wird aber deutlich an Lebensraum verlieren. Es ist

im Zuge der Wiederbewaldung von Teilflächen mit einer Zunahme an Strukturvielfalt und mit einem Landschaftswandel in den monotonen Latschenfeldern zu rechnen.

### Empfehlungen

- > Es wird empfohlen, den höhenlinienparallelen Graben im Hangmoor östlich der Darmstädter Hütte mit zwei oder drei Sperren einzustauen. Damit könnten die aktuell oberhalb von Fläche ASTB unterbrochenen Strompfade wiederhergestellt werden. Das Torfwachstum im Moorbereich oberhalb ASTB würde damit unterstützt.
- > Ein Rückbau des mineralischen Weges von der Darmstädter Hütte nach Osten wäre aufwändig, könnte aber zu einer Verheilung der im Hangmoor erzeugten Rinne beitragen.
- > Auch ohne Rückbau des Weges wäre es sinnvoll, darüber nachzudenken, wie der aktuell in Röhren gebündelte und den Rüllen zugeleitete Hangabfluss dem unterhalb des Weges gelegenen Moorteil zugute kommen könnte (dort liegt stellenweise gutes Torfwachstum vor!).
- > Möglicherweise könnte das vom Hang anströmende Wasser durch neu einzubringende Kunststoffröhren durch den Weg geleitet werden und unterhalb im Hangmoor verrieseln, anstatt den großen Rüllen zugeführt zu werden.

## 12.2 Hochkopf

Auf dem Hochkopf finden sich in Gipfellation, an Hängen sowie auf schwach geneigten Sattellagen im Norden und Osten des Gipfels kleine Moorlinsen. Insgesamt ist das Gebiet von flachtorfigen Torfgleyen geprägt, die aktuell von Latschenfeldern oder von Rasenbinsen-Anmoor oder Pfeiffengrasbeständen bewachsen werden. In Gipfellation findet sich ein flachtorfiges Heidemoor.



Abb. 97: Kleine Population von *Drosera rotundifolia* am Hochkopf bei MPHK05, rechts durch Beweidung gestörter *Sphagnum papillosum*-Rasen mit *Trichophorum*-Bult.

Die fünf Messpunkte wurden nur dort angelegt wo die Torfmächtigkeit mindestens 30 cm betrug. Damit wurden die, das Erscheinungsbild des Hochkopfes prägenden flachgründigen Rasenbinsen-Anmoorfächen, nicht erfasst.

Moorwachstum wurde auf dem Hochmoorkopf nirgends beobachtet. Ein gewisses Torfwachstum findet sich auf kleinen Torfrücken/Bultsystemen, wobei sich Torfbildung und Torfabbau während der häufigen Belüftung (tiefer Wasserstand!!) wohl die Waage halten.

Die Latsche wächst überall nur auf Anmoor und kann sich dort wegen der dichten Zwergstrauchschicht (*Vaccinium uliginosum* und *Vaccinium myrtillus*) nicht ausreichend verjüngen (Erstbesiedlung der offeneren Torfe nach Brand).

### **Potenzial / Prognose**

Auf dem Hochkopf findet sich praktisch kein Potenzial für Moorwachstum. Da sich seit der postglazialen Wärmezeit nirgends tiefgründigere Torflager gebildet haben (Maximum 60 cm) und auch aktuell kein Moorwachstum zu erkennen ist, kann man davon ausgehen, dass auf dem Hochkopf die charakteristischen Bedingungen für Moorwachstum nicht gegeben sind. Die aktuelle Stagnation ist überwiegend nicht durch Entwässerungsmaßnahmen bedingt sondern als typische Stagnation nach Brandweidewirtschaft und vorübergehender sekundärer Versumpfungsphase zu betrachten. Lediglich auf dem nördlichen Sattel um MPH04 sind Entwässerungsgräben finden.

Teile der noch offenen Heideflächen am Hochkopf sind gehölzfähig und werden bei Ausbleiben von Pflege von der Fichte erobert werden. Die Verjüngung der Latsche ist schwach. Die Latsche wird auf vielen Flächen (wahrscheinlich auf dem größten Teil der Fläche des aktuellen Bestandes) von der Fichte abgelöst werden, sofern diese nicht durch Pflegemaßnahmen entfernt wird. So ist auf dem Hochkopf mittelfristig mit einem **Landschaftswandel** zu rechnen (siehe auch Bewertung in VON SENGBUSCH 2006).

Da fast überall Brandhorizonte vorliegen, kommt der Störungseffekt hier auch zum Tragen. So werden manche der flachgründigen Rasenbinsen-Anmoor-Flächen mittelfristig gehölzfrei bleiben.

Die Fläche um Punkt MPH05 wird vom Programm den „torfmoosreichen Heidemooren“ zugeordnet und stellt eine stagnierende Moorfläche dar. Die flachgründige Sattelveemoorung wird beiderseits (westlich und östlich) durch Gräben flankiert, die aber heute tiefer als die Moorfläche liegen. Die ursprüngliche Torfmächtigkeit sowie die ursprüngliche Oberflächenform des degenerierten Moores sind heute nicht mehr erkennbar. Ein Grabeneinstau in den beiden flankierenden Gräben würde wegen der relativ höheren Lage der zentralen Moorfläche dieser wohl nicht zugute kommen. Ein Grabeneinstau wäre wegen des rein mineralischen Untergrundes auch nicht leicht zu bewerkstelligen.

Die Messpunkte HK02, HK03 und HK04 liegen in den offenen, verheideten Stadien und werden vom Programm den Typen „torfmoosreiche Heidemoore“ zugeordnet (HK02 und HK03) bzw. den „torfmoosarmen/feuchten Heidemooren“ (HK04). Bei letzteren handelt es sich um Flächen, die reich an Vererdungszeigern sind und wohl degenerierende Moorflächen darstellen.

Bei den Flächen um MPH02 und MPH03 handelt es sich um stagnierende Moorflächen mit hoher Torfmoosdeckung, die wohl überdauern werden. Hier besteht theoretisch die Möglichkeit des seitlichen Auswachsens der Bultsysteme. Die Torfe werden aber offenbar bei sommerlich tiefen Wasserständen angegriffen und nicht konserviert.

### **Empfehlungen**

1. Es wird empfohlen, die kolkartige Mulde am Rand der Vermoorung auf dem nördlich des Hochkopfes gelegenen Sattel von der Schafbeweidung auszunehmen.
2. Es wird empfohlen unterhalb des Kolkes mit *Drosera rotundifolia* die beiden kleinen Gräben mit Kleinstsperrn einzustauen.
3. Es wird empfohlen den Gipfelbereich des Heidemoores um MPH01 aus der Beweidung herauszunehmen, um das dortige lokale Torfwachstum nicht zu beeinträchtigen.

### 12.3 Hornisgrinde

Auf der Hornisgrinde finden sich sowohl auf dem Nordgipfel unterhalb 1135 m als auch auf dem Südgipfel unterhalb 1162 m NN Vermoorungen. Auf beiden Gipfeln wurden die Moore durch Torfstich und Wegebau schwer beeinträchtigt. Die ursprüngliche Ausdehnung der Vermoorungen kann heute nur noch bei Verbindung der Resttorfflächen erahnt werden. Die genauen früheren Torfmächtigkeiten sind unbekannt, da gerade die auf der Kuppe gelegenen Resttorfhügel starker Torfsackung ausgesetzt sind.

Auf dem Nordgipfel findet sich heute auf der Nordabdachung der Kuppe noch ein größeres Moor, welches im oberen und östlichen Teil von Latschen bewachsen wird. Im westlichen Teil finden sich offene von Rasenbinse beherrschte Flächen sowie auf sekundären Randgehängen von Torfstichen lockere Latschengruppen. Das Moor wurde durch die umfangreichen und bis auf den Mineralboden reichenden Torfstiche schwer beeinträchtigt und ist heute überwiegend als Kohlenstoffquelle zu betrachten. Die beiden Probeflächen HGN1 und HGN2 weisen die umgebenden Flächen als Standort-Typ „degenerierte Rasenbinsen-Hochmoore“ aus.

Die Zertalung des Moores führte zu einer solch starken Absenkung des Wasserstandes und zu solchen Reliefunterschieden, dass das dem Moor früher innewohnende Wasserkissen zerstört ist. Ein Moorwachstum kann hier nicht mehr einsetzen solange das Relief nicht nivelliert ist. Wiedervernässungsmaßnahmen sind kaum möglich. Lediglich an einzelnen Durchbrüchen aus geschlossenen Torfstichmulden könnte lokal eine Vernässung und eine Erzeugung nasser Habitate bewirkt werden.



Abb. 98: Torfstichmulde Hornisgrinde Nordgipfel mit sek. Randgehänge (Vordergrund rechts u. Hintergrund).

#### Potenzial / Prognose

Ein beträchtlicher Teil des Torfes auf dem Nordgipfel der Hornisgrinde, nämlich die durch Zertalung entstandenen Resttorfhügel, wird mineralisiert werden. Da dem Autor die Oberfläche des mineralischen Untergrundes unbekannt ist, kann der Anteil des Torfes, der von Torfabbau bedroht ist, nicht eingeschätzt werden. Sollte eine Mulde (etwa von einem früheren Nischengletscher oder Firnfeld) unter dem Moor vorhanden sein, so könnte ein Teil des Torfes auch vor Mineralisierung geschützt sein, wenn die Resthügel einmal eingeebnet sind und neues Torfwachstum einsetzen sollte.

Wachstumspotenzial besteht nur lokal in den Torfstichmulden, wo auch junge Torfmoosrasen von *Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum* und *S. tenellum* zu beobachten sind. Es bleibt offen wie die Torfbildung in den derzeit auch als Senken fungierenden Mulden verlaufen wird. Es ist

denkbar, dass die durch Abflussbündelung einwirkende Erosionskraft eine flächige Torfbildung in den Mulden vereitelt.

### **Empfehlungen**

Es wird empfohlen, an ein oder zwei der engen Durchlässe aus den Torfstichmulden mit einem einfachen Spundwanddamm mit Querträger versuchsweise den Wasserstand anzuheben. Damit könnten, auf dem Nordgipfel fehlende, Moorgewässer wiederhergestellt werden (Libellen, Schlenken-Torfmoose).

### **Hornisgrinde Südgipfel**

Die Vermoorung auf dem Südgipfel der Hornisgrinde ist entsprechend der größeren Fläche der Kuppe ausgedehnter als die Vermoorung des Nordgipfels.

Der westliche Teil des dortigen Moores ist durch Wegebau zerstört, auch die Moorteile auf dem fast ebenen, nach Norden ausgezogenen Sattel sind durch Torfstich, Wegebau und Anlegen von militärischen Bunkerelementen stark gestört, bzw. zerstört. Diese Moorteile werden von wechselfeuchten Heidemoorgesellschaften (Rasenbinsen-Anmoor) bewachsen und degenerieren. Der zum Biberkesselkar sanft abfallende Osthang des Gipfelplateaus ist aber als Torfkörper recht gut erhalten. Hier finden sich zwar mehrere rechteckige Torfstiche, die heute als Kolke erscheinen, es bleibt aber ein vergleichsweise großer zusammenhängender Torfkörper. Dieser Moorteil ist leider von mehreren hangparallelen **Entwässerungsgräben** durchzogen, einzelne davon bis 80 cm tief. Andere undeutliche Gräben, die auf dem Luftbild aber gut zu erkennen sind, stellen möglicherweise auch Fahrinnen von militärischen Fahrzeugen dar. Sie fungieren ebenfalls als Unterbrechung der hangabwärts führenden Strompfade des Wassers, wenn auch mit schwächerer Auswirkung als die 80 cm tief ausgehobenen Gräben.

Der größte Teil dieses Hangmoores ist gehölzfrei, lediglich auf den sekundären Randgehängen der Torfstich-Kolke wachsen Latschengebüsche. Auf der offenen Moorfläche finden sich außerdem einzelne Kampfformen der Latsche. Auf den Randgehängen von ausgehobenen Trichtern sowie an einzelnen Gräben wuchsen außerdem schlechtwüchsige Fichten. Diese wurden 2008 vom Naturschutz entfernt.

Die Torfmächtigkeit im nach Osten abfallenden Hangmoor reicht von 1 Meter im westlichen Randbereich bis zu 3 Metern am Osthang. Nahe den Kolken werden auch 4 Meter Torfmächtigkeit erreicht. Auf der Kuppe des Moores lag früher wohl auch bei minimalem Gefälle eine hohe Torfmächtigkeit vor. Heute findet sich dort eine große Torfstichmulde, die derzeit wieder verlandet.



*Abb. 99: Entwässerungsgraben auf der Moorhochfläche im östlichen Hangmoor des Südgipfels, Abfluss ca. 200 ml / sec am 15.10.09.*



- Hornisgrinde - Messpunkte u. Probeflächen
- ▭ Moorwachstum
- ∨ Profil - Oberfläche u. Untergrund
- ∨ Entwässerungsgräben



Abb. 100: Luftbild Hornisgrinde Südripfel mit Gräben, Hangprofil und Wachstumszonen.

## Potenzial / Prognose

Der größte Teil des Hangmoores wird vom Standort-Typ „**degenerierendes Rasenbinsen-Hochmoor**“ eingenommen. Dabei findet sich noch erfreulich viel Rosmarinheide in den Flächen. Unter den Latschen an den Kolken wächst außerdem mit hoher Dichte die Krähenbeere. Ein Blick auf die Tabelle (Tab. 17) zeigt, dass der Subtyp „wollgrasreiche degenerierende Rasenbinsen-Hochmoore“ ausschließlich von Messpunkten auf der Hornisgrinde gebildet wird. Damit wird deutlich, dass ein großer Teil der Moorfläche keine Stillstandskomplexe darstellt, sondern zu den abgestorbenen Mooren zählt und als C-Quelle/Kohlenstoffquelle zu betrachten ist.

Wachsende Moorflächen treten nur ganz lokal unterhalb der Kolke sowie in der Gipfelmulde auf. Wegen der räumlich begrenzten Zertalung liegt das Wachstumspotenzial auf dem Osthang aber höher als in anderen Grindenmooren. So können auf dem oberen Teil des Hangmoores bei den Ausgangsbedingungen ähnlichem Gefälle theoretisch auf mehreren Flächen wieder Wachstumsprozesse einsetzen, wenn es gelingt, mit einer Wiedervernässung an einen Anstieg des Wasserpegels auch ein erhöhtes Wachstum der Torfmoose und vor allen Dingen eine Besiedlung der nackten Mulden durch Torfmoose zu koppeln.

Wiedervernässungsmaßnahmen an den unterhalb des Bohlenweges gelegenen Rüllen machen keinen Sinn, da diese hangabwärts laufen, ein hohes Gefälle haben und unterhalb des Hangmoores liegen. Sie haben auf das Hangmoor also keine Auswirkung und entwässern lediglich ihre unmittelbare Umgebung.

## Empfehlungen

- Das Ziel aller Maßnahmen zur Förderung des Torfwachstums und Moorwachstums auf der Hornisgrinde muss sein, eine möglichst dauerhafte Durchfeuchtung der vorhandenen Torfmoosrasen zu gewährleisten und ein häufiges Abtrocknen der Mulden (*Sphagnum tenellum*) zu vermeiden! Nur mit einer Zunahme der Deckung von *Sphagnum magellanicum* und *S. rubellum* sowie einem Bewuchs der Mulden durch Torfmoose kann es wieder gelingen, Torfwachstum und Wasserpegelanstieg aneinander zu koppeln.
- Es wird empfohlen, prioritär die hangparallelen Entwässerungsgräben (siehe Abb.100) im östlichen Moorbereich zu verschließen. Damit wird der Wasserübertritt über die Gräben wieder gewährleistet und die alten Strompfade des Lateralzugwassers wieder hergestellt. Die Sperren sind entsprechend dem Gefälle zu staffeln und können gut mit Rasenbinse/Wollgras bepflanzt und „versteckt“ werden.
- Der Ablauf des 2005 im alten Bunkerfundament modellierten Teiches im Osthang erfolgt aktuell nach Osten, wobei das vom Hang dem Teich zuströmende Wasser dem östlich anschließenden Entwässerungsgraben zugeleitet wird. Nach Prüfung der Wasserqualität (Elektrolytgehalt, pH-Wert) wäre es bei nährstoffarmem Wasser sinnvoll, den Überlauf des Teiches ins Hangmoor sickern zu lassen, da der Teich einen beträchtlichen Teil des Hangzugwassers aus dem oberen Moorteil durch einen Entwässerungsgraben bzw. durch lateralen Zustrom und Oberflächenabfluss aufnimmt.
- Es könnte versuchsweise Sisalnetz oder Jutenetz in mehreren nackten Mulden ausgelegt werden. Mit einer Hemmung der Aufwärmung und einer Abbremsung des Oberflächenabflusses könnte die Wiederbesiedlung der Mulden durch *Sphagnum tenellum* unterstützt werden.

## 12.4 Hundsrücken

Am Hundsrücken liegt in einer Höhenlage von 1040 bis etwa 1072 m NN ein Latschenfeld, welches im Hangbereich von verheideten und im Gipfelbereich auch von rasenbinsenbeherrschten, offenen Bereichen unterbrochen wird.

Die Vermoorung ist überwiegend flachtorfig und nur punktuell wird eine Torfmächtigkeit von 50 oder 60 cm erreicht.

Die Torfe sind fast überall stark degradiert. Wachsende Torfe sind dabei kaum zu beobachten.

Auf dem Gipfelplateau findet sich ein offener Niedermoorbereich, der stark von der Rasenbinse beherrscht wird. An kleinen kolkartigen Vertiefungen (es handelt sich nicht um Moorkolke, da die Senken direkt auf Mineralboden liegen) finden sich stellenweise zusammenhängende Torfmoosrasen. Außerdem wächst hier der auf den Grinden seltene rundblättrige Sonnentau.

Im Hangmoor verläuft ein breiter hangabwärts gerichteter Graben. Im Latschenfeld oberhalb der Ochsenstallskihütte finden sich diverse undeutliche Grabenspuren. Wegen des sehr dichten Latschenbestandes konnten aber keine Gräben mit GPS kartiert werden und auch durch Umgehen der Latschengestrüppe kein Bild vom Verlauf der Gräben gewonnen werden.

Schutzwürdiges Vorkommen des rundblättrigen Sonnentaus (*Drosera rotundifolia*).

### Potenzial / Prognose

1. Teile des Hangniedermooses sind von Natur aus bzw. auch durch Entwässerung und Torfdegradierung fichtenfähig, so dass die Fichte (die aktuell schon anfliegt) die flachgründigsten Bereiche der Fläche erobern wird. Da auch die Torflinsen am Hang mit 50 cm Torfmächtigkeit möglicherweise erst durch Brandrodung zu einem stärkeren Torfwachstum gekommen sind, ist das Eindringen der Fichte hier wohl als natürliche Regeneration zu betrachten. Die Ausgangslage (Torfmächtigkeit) vor Entwässerung und Torfsackung ist dem Autor allerdings unbekannt. Im Hangbereich liegt kein Potenzial für Moorwachstum vor.

2. Der Gipfelbereich ist, obwohl kein zusammenhängendes Moor vorliegt, dennoch fichtenfeindlich und damit auch potenziell ein offenes Niedermoor. Auch die Latsche bildet im Kern der Fläche nur Kampfformen. Wahrscheinlich ist der Buntsandstein oder seine Verwitterungsprodukte im Untergrund so undurchlässig, dass auch bei mangelnder/sehr dünner Torfauflage phasenweise ein für Gehölzwurzeln schädlicher Wasserstau auftritt. Dass andererseits kein Moorwachstum in der Fläche zu beobachten ist, liegt wohl in den wechsellässigen Bedingungen mit ausgeprägten Trockenphasen begründet. Außerdem dürfte auch hier die sehr hohe Deckung der Rasenbinse die Ausbreitung der Torfmoose behindern.

Einzelne Linsen mit Torfwachstum wie etwa um Punkt MPHD03 können theoretisch seitlich auswachsen. Da dies aber in den letzten 200 Jahren nur sehr spärlich der Fall war, geht der Autor davon aus, dass mit einem Moorwachstum mittelfristig nicht zu rechnen ist.

### Empfehlungen

Wegen der geringen Torfmächtigkeit, des sehr dichten Latschenbestandes und der schon fortgeschrittenen Torfzehrung, erscheinen Wiedervernässungsmaßnahmen am Hundsrücken nicht sinnvoll.

Auf dem Gipfelplateau sind, abgesehen von der Brandschicht und dem Wanderweg, keine Störungen erkennbar.

## 12.5 Ochsenkopf

Am Ochsenkopf hat sich im Gegensatz zu anderen Grinden wegen mangelnder Nutzung bzw. wegen Nutzungsaufgabe die Umwandlung/Rückführung vorübergehend offener Moorkerne und Latschenfelder in Hochwald bereits vollzogen. So finden sich unter Fichten- und Tannenbestockung die Reste einer abgestorbenen oder in Überalterung befindlichen Latschenpopulation. Dabei sind die Vermoorungen im Gegensatz zu anderen Grinden nicht so ausgedehnt. Sie liegen reliefbedingt v. a. am Südhang. Hier finden sich mehrere kleine Moorlinsen mit geringer Torfmächtigkeit von 20 bis 40 cm.

**Bemerkenswert ist eine Restpopulation der Krähenbeere (*Empetrum nigrum*)**, die lokal auf gut entwickelten Rasen von *Sphagnum magellanicum* an Messpunkt MPOC02 (1039 m NN) bzw. auf *Sphagnum capillifolium* an Messpunkt MPOC01 wächst. Außerdem finden sich in einer Schlenke/nassen Mulde neben MPOC02 Restpopulationen von *Warnstorfia fluitans* (Laubmoos) sowie *Gymnocolea inflata* (Lebermoos, Vorwarnliste RLV), beides Bewohner eher offener Moorbereiche.

Auf einem Sattel südlich des Ochsenkopfes liegt am Hangfuß eine weitere kleine Moorlinse unter Waldkiefernbestockung. Direkt über der kleinen Moorlinse fehlen die Kiefern, so dass der Lichteinfall etwas größer als im benachbarten Bestand ist. Hier finden sich um Messpunkt MPOC01 auf 989 m NN. ausgedehnte Rasen von *Sphagnum capillifolium* auf flachgründigem Torf mit einer kleinen Population der Krähenbeere. Das Torfwachstum wird wohl wegen tiefer sommerlicher Wasserstände durch Mineralisation kompensiert.

### Potenzial / Prognose

Bei beiden Flächen am Ochsenkopf liegt bereits Hochwald vor. Während MPOC01 als typische Waldbodenvermooring wohl eine gleichförmige Nutzungsgeschichte hinter sich hat, wurde über Fläche MPOC02 erst im Verlauf der letzten 100 Jahre weitgehender Kronenschluss erreicht, indem der lückige Latschenbestand allmählich von Fichte und Tanne überwachsen wurde. Die Latsche ist in der Fläche um Messpunkt MPOC02 gerade ausgestorben (Latschen-Totholz noch vorhanden). Es besteht kein Potenzial für Moorwachstum. Die beiden Flächen sind als missenartige Waldbodenvermooringen offenbar im Gleichgewicht, Brandhorizonte liegen nicht vor, bzw. sind im Profil nicht erkennbar.

### Empfehlung

Obwohl die Wiederbewaldung der Fläche um MPOC02 natürlich ist, sollte wegen des allgemeinen Rückgangs vieler Moorarten auf die Moorzelle geachtet werden. So könnte waldbaulich Rücksicht auf die Fläche genommen werden (keine Befahrung, kein Schleifen von Starkholz durch die Moorlinse). Ein etwas stärkeres Durchforsten, (aber keine Freistellung), würde der Entwicklung der Fläche zugute kommen. *Sphagnum magellanicum* kommt mit dem derzeitigen Lichteinfall offenbar gut klar.

## 12.6 Pfälzerkopf

Westlich des Pfälzerkopfes hat sich auf einem Sattel auf etwa 990 m NN ein Moor mit bis zu 1,6 m Torfmächtigkeit entwickelt. Die Vermooring reicht vom Sattel bis über den südlich anliegenden Oberhang. Wegen des nährstoffarmen Buntsandsteins dringen trotz der Überrieselung von der direkt oberhalb angrenzenden NATO-Pipelinetrasse über den hangseitigen Randsumpf kaum Mineralbodenwasserzeiger ins Moor.

Das Moor wurde früher mit mehreren Gräben entwässert. Im mittleren Bereich war der zentrale Graben torfstichartig aufgeweitet.

Hier wurde im Herbst 2005 im Rahmen des Grinden-Life-Projektes vom Autor eine Wiedervernässungsmaßnahme durchgeführt. Im Bereich der Wiedervernässung regeneriert das Wollgras

auffällig stark und auch das Torfmooswachstum nimmt in den Mulden sichtbar zu. Hier regeneriert fleckweise *Sphagnum papillosum* stark. Der trockenere, weil erhöhte, Rücken zwischen den Gräben ist von den Torfmoosen noch nicht wieder erobert worden, der Wasserstand war beim letzten Besuch aber recht hoch.



Abb. 101: wiedervernässter Bereich (durch Büro für ökol. Gutachten 2005) im Pfälzerkopfmoor. Eine überwachsene Sperre im Vordergrund links, eine im Hintergrund am Ende der Wasserfläche.

### **Potenzial / Prognose**

Die Fläche um Messpunkt MPPF02 wird vom Programm dem Rasenbinsen-Anmoor (*typ. Subass.*) zugeordnet. In dieser Gruppe finden sich stagnierende Moorflächen mit recht gutem Torfwachstum.

Der Messpunkt liegt in einer durch die Wiedervernässung stabilisierten Mulde. Es ist damit zu rechnen, dass mittelfristig die Torfmoose die Mulde ganz erobern und es hier auch wieder zu einem Moorwachstum kommt. Aktuell ist hier bereits eine gute Regeneration von *Sphagnum papillosum* zu beobachten.

Um Messpunkt MPPF01 zeigt sich ein punktuell Moorwachstum. MPPF01 wird vom Programm den nassen Heidemooren zugeordnet.

Sofern die Sperrwerke nicht frühzeitig zerfallen, ist damit zu rechnen, dass die durch die Gräben isolierten Moorteile wieder zusammenwachsen. Aktuell ist zu beobachten, dass die Sperrwerke bereits voll von Wollgras überwachsen werden.

### **Empfehlungen**

- > Jährliche Kontrolle der Sperrwerke, gegebenenfalls Ausbesserung/Wartung der Sperren.
- > Wegen begrenzter Mittel wurden 2005 nur fünf Sperrwerke gebaut. Im zweiten (vom Sattel aus betrachtet) nach Westen ausstreichenden Graben ist das Gefälle so hoch, dass der Wasserstand im oberen Grabenteil nicht ausreichend angehoben wurde. Hier wäre der Bau von ein oder zwei weiteren Sperren sinnvoll, um das Torfmooswachstum auf ganzer Fläche zu fördern.

## **12.7 Sandkopf**

Am Sandkopf finden sich auf einer Meereshöhe von 922 NN nur Anmoorflächen, bzw. ganz punktuell einzelne Stellen mit 30 bis 35 cm Torfmächtigkeit. Die Fläche ist durch Nutzung stark beeinträchtigt und verändert. Auf dem Sattel finden sich in ebener bis schwach geneigter Lage verheidete, stellenweise rauschbeerreiche Flächen mit mäßiger Torfmoosdeckung. Hier liegt auch Messpunkt MPSA1. Der Messpunkt befindet sich an einem möglicherweise künstlich

erzeugten Kolk. Dieser Bereich hebt sich von den übrigen Flächen durch eine höhere Artenvielfalt und durch ein gewisses Torfwachstum ab.

Der zur Schwarzwaldhochstraße geneigte östliche Niedermoor-Bereich der Fläche ist durch Entwässerungsgräben drainiert. Der Torf ist hier überall stark abgebaut, ein aktuelles Torfwachstum findet kaum statt. Die Torfmächtigkeit war früher wahrscheinlich deutlich höher (50 – 60 cm?). Die Fläche wird heute von Pfeiffengras, stellenweise aber auch von scheidigem Wollgras und Rauschbeere dominiert und ist insofern bemerkenswert.

Da die Torfmächtigkeit hier nur zwischen 20 und 30 cm (einzelne Ausnahmen mit etwas über 30 cm) liegt, wären Sperrwerke in den Gräben im Falle einer Wiedervernässungsmaßnahme auf mineralischem Untergrund zu errichten.



- Sandkopf - Messpunkt
- ∧ Entwässerungsgräben



Abb. 102: Luftbild Sandkopf mit Messpunkt und Gräben im Niedermoor.

In der nach Südosten angrenzenden Hangfläche finden sich auch flachgründige Bestände des Rasenbinsen-Anmoors mit reichlich *Sphagnum tenellum*. Punktuell tritt hier aber bis zu 50 cm Torfmächtigkeit auf. Im Bereich der Loipe wächst aufgrund der Störung überwiegend *Trichophorum*, bzw. es liegen auch nackte Torfoberflächen vor. Oberhalb der Loipe wechseln verheidete, auch rauschbeerreiche Stadien mit Wollgras ab mit Flächen, die mehr Rasenbinse aufweisen.

### Prognosen

Teile der Fläche am Sandkopf sind fichtenfähig. Bei Weiterführung der Schafbeweidung kann v.a. die Hangniedermoorfläche offen gehalten werden. Mit einem Moorwachstum ist auf der Fläche nicht zu rechnen. Bei günstigem Management kann aber einem weiteren Torfabbau vorgebeugt werden. Bei Aufrechterhaltung der Schafbeweidung kann das offene Rasenbinsen-Anmoor erhalten werden.

## **Empfehlungen**

1. Der Bereich um den Kolk sollte von der Schafbeweidung ausgenommen werden, um das aktuelle Torfwachstum nicht durch Beschädigung der Torfmoose zu stören. Die einzelnen Fichten am Kolk sollten entfernt werden, um das Wachstum der Torfmoose, der Moosbeere und des Wollgrases optimal zu fördern.

2. Mit einem Verschluss der Gräben im Hangniedermoor könnte dort die Torfbildung wieder angeregt werden. Mit der hohen Deckung des Wollgrases liegen gute Voraussetzungen für eine Regeneration vor. Es wäre dabei zu prüfen, ob vor Ort sauberer Schwarztorf gestochen werden kann, um mit reinen Torfdämmen den Graben an den durch das Gefälle vorgegeben Stellen zu verschließen. Andernfalls wären kleine Spundwände einzubringen, die aber auch in eine künstlich eingebrachte Torfmatratze eingesenkt werden müssten. Ein Verschluss mit unsortiertem Material würde keine ausreichende Dichtigkeit bringen. Wegen des geringen Einzugsgebietes wäre eine maximale Dichtigkeit aber geboten, da sonst in den Sommermonaten kein ausreichender Anstau zur Förderung der Versumpfung erfolgen würde.

## **12.8 Schliffkopf**

Der Schliffkopf umfasst, wie der Altsteigerskopf und der Vogelskopf auch, recht große Flächen von flachgründigen Torflagern zwischen 20 und 40 cm. Die Flächen sind aber im Gegensatz zum Vogelskopf und der Hornisgrinde überwiegend von Latschen-Übergangsstadien oder kleinflächig von Bergkiefernmoor oder von Heidemooren bewachsen. Rasenbinsenmoore kommen am Schliffkopf nur kleinflächig vor. Größere Flächen mit ganz flachgründiger Torfauflage werden außerdem von Pfeiffengras dominiert.

Östlich der Schwarzwaldhochstraße liegt ein zum Teil dichter, stellenweise lückiger Latschenfilz, der beweidet wird. Hier finden sich stellenweise größere Herden des scheidigen Wollgrases und punktuell auch *Andromeda polifolia*. Der Latschenfilz konnte nicht flächig sondiert werden. Es wurden keine Flächen mit einer Torfmächtigkeit von mehr als 30 cm gefunden, es ist aber nicht auszuschließen, dass in der Fläche auch kleine Torflinsen mit größerer Torfmächtigkeit zu finden sind.



- Schliffkopf - Messpunkte und Probeflächen
- ∨ Oberflächenprofil



Abb. 103: Luftbild des Moores am Schliffkopf mit Messpunkten und Hangprofil.

Auf dem Sattel nördlich des Schliffkopfes findet sich in schwach geneigter Lage ( $0,5^\circ$ ) eine Torfauflage von lokal bis zu 60 cm (MPSC05, 3442165/5378775). Die Vermoorung ist sehr kleinflächig, vereinzelt treten im Umfeld noch mehrere Stellen mit etwas über 30 cm

Torfmächtigkeit auf. Der Moorbereich wurde durch den Bau des Wanderweges und einen den Weg flankierenden Graben gestört.

Als Moor im bodenkundlichen Sinne kann nur eine Fläche auf der Nordostabdachung des Schliffkopfes gelten (siehe Abb. 103). Es handelt sich hier um einen ganz eigenen und im Grindengebiet einmaligen Moortyp. Das Moor hat eine hohe Oberflächenneigung von 3-7 Grad und eine **getrepte Oberflächenstruktur**. Es konnte im Rahmen des Projektes nicht näher untersucht werden, ob die treppenförmige Struktur vom mineralischen Untergrund vorgezeichnet wird. Da aber keine der größeren Torfstufen im Moor eine der Stufenhöhe entsprechende Torfmächtigkeit aufweist, ist es wahrscheinlich, dass den Stufen Blöcke oder Felsnasen unterliegen. STAHR (1973) belegt eine Bedeckung des Hauptkonglomerates ( $s_{mc2}$ ) am Schliffkopf mit blockreichem Frostscht. Damit lässt sich die treppenförmige Oberflächenstruktur des Moores gut erklären, wobei, wie in der blockreichen Subassoziation des *Bazzanio-Piceetum*, vielleicht zunächst Torfmoose direkt auf den Blöcken wuchsen und schließlich mit den hangseitig anschließenden Torfmoosrasen auf den Stagnogleyböden zusammenwuchsen.

Es ist denkbar dass das ganze Moor sich vor der Brandbeweidung aus einem *Bazzanio-Piceetum* entwickelt hat und nach dem Brand noch einmal sekundär versumpft ist.

Die Torfmächtigkeit schwankt zwischen 60 und 125 cm. An mehreren Stellen liegt der mineralische Untergrund offen.

Das Moor wird aktuell von einem lückigen Latschenfilz bedeckt, wobei viele Lichtungen von 5 bis 15 m Durchmesser zu finden sind. Das Moor wird in den Lichtungen von Heidemooren geprägt und die Rasenbinse tritt nur als Begleiter auf. So werden auch die 12 Messpunkte am Schliffkopf vom Programm ganz zu den Heidemooren gestellt.



### Prognose / Potenzial

Am Schliffkopf tritt nirgends Moorwachstum auf. Die Wasserstände sind dauerhaft so niedrig, dass auch der stellenweise produzierte Sphagnumtorf nicht ausreichend konserviert wird. An einzelnen Stellen ist der Torf abgestorben, so werden auch zwei Messpunkte den trockenen und degenerierenden Heidemooren zugerechnet. Die meisten Messpunkte finden sich aber in den „feuchten *Sphagnum capillifolium*-Heiden“ und in den „nassen *Sphagnum capillifolium*-Heiden“. Dementsprechend liegt meist ein sichtbares Torfwachstum vor, so dass die Flächen stagnieren.

Ein Potenzial für Moorwachstum ist nirgends erkennbar. Die Fläche ist stark geneigt und im Rahmen der Treppenstruktur wurden wohl die Grenzen für Torfbildung und Torfablagerung erreicht. So treten an den Böschungen der Treppenstufen Neigungen bis zu 10° auf (Messpunkt MPSC12).

Abb. 104: Graben am Weg auf dem Sattel nördlich des Schliffkopfes. Fläche MPSC05 weiter hinten links im Latschenfilz.

Große Teile der flachgründigen Latschenfilze und der Pfeiffengrasbestände am Schliffkopf sind fichtenfähig und würden mittelfristig vom Wald zurückerobert werden. Die Beweidung der Pfeiffengraswiesen führt zu einer Offenhaltung der entsprechenden Flächen. Die unter den Latschen ankommende Fichtenverjüngung ist nur mit hohem Aufwand dauerhaft zu beseitigen und die Latschenbestände verjüngen sich generativ kaum, kommen aber mit einem durchschnittlichen Altersmedian von über 90 Jahren (VON SENGBUSCH 2006) in die Altersphase.

Man muss sich hier fragen, ob eine durch Brandwirtschaft ausgelöste Latschenphase durch Pflege verlängert werden soll. Da die Zwergstrauchschicht die Verjüngung der Latsche behindert, kann auch bei Entfernen der Fichtenverjüngung die derzeit dichte und flächige Latschenpopulation nicht aufrechterhalten werden.

### **Empfehlungen**

Am nördlich des Schliffkopfes gelegenen Sattel (Messpunkt MPSC05) könnte mit einem Querprofil die Auswirkung des Entwässerungsgrabens auf die westlich des Weges gelegene Anmoor- und Moorfläche abgeschätzt werden. Bei einer Wiedervernässungsmaßnahme würde der mineralisch unterbaute Weg in Mitleidenschaft gezogen werden. Andererseits liegt hier wegen des geringen Gefälles (direkt auf dem Sattel/Weg 0° Neigung!) die einzige Stelle am Schliffkopf mit Potenzial für ein höheres Torfwachstum. Der Weg könnte im Falle einer Maßnahme auf Holzbohlen geführt werden.

## **12.9 Seekopf**

Der Seekopf wird von weithin sichtbaren Latschenfeldern und Pfeiffengras-Beständen beherrscht. Bei näherem Hinsehen zeigt sich, dass kaum Moore vorliegen. Der größte Teil der Flächen weist nur flachgründige Torfe auf. So stellen auch die Latschenfelder nur Übergangsstadien dar, die mittelfristig wieder von der Fichte überwachsen werden.

Nur ganz lokal um die Messpunkte MPSK01 bis MPSK04 findet sich eine Moorfläche mit bis zu 80 cm Torfmächtigkeit.

Die Fläche wurde vom Naturschutz (NAZ Ruhestein) 2005 von Latschen freigesägt, so dass sich heute ein gehölzfreier Moorkern im Latschenfeld befindet.

Mitten durch die Fläche zieht ein kleiner verwachsener Graben. Südlich der Fläche im Latschenfilz finden sich Reste alter Gräben, deren Verlauf wegen sehr dichtem Latschenbewuchs nicht klar beurteilt werden kann.

Die Niedermoorfläche oberhalb des Lifthäuschens wurde mit Entwässerungsgräben drainiert.

### **Prognose / Potenzial**

Die Punkte MPSK01 und SK03 liegen unter Latschen und werden vom Programm den Rasenbinsen-Brandstadien (MPSK01) bzw. den Bergkiefernmooren (MPSK03) zugeordnet. Beide Flächen stellen degenerierende Flächen dar.

Die Messpunkte MPSK02 und SK04 liegen im offenen Moorbereich und werden den torfmoosarmen Heidemooren zugeordnet. Punkt SK02 verfügt aktuell aber über ein hohes Torfwachstum und MPSK04 über ein sichtbares Torfwachstum.

Das Wachstumspotenzial der Fläche am Seekopf ist als gering einzuschätzen. Um Punkt SK02 liegt zwar ein hohes Torfwachstum vor, in unmittelbarer Nähe liegen aber fichtenfähige Latschenfilze (VON SENGBUSCH 2006, Fläche SKA, Tab.9, S.71). Man muss davon ausgehen, dass der Wasserstand im Sommer häufig tief liegt. Bestenfalls liegt ein punktuelles Potenzial für Wachstum vor.

## **Empfehlungen**

Im kleinen Graben im Ostteil der offenen Fläche könnte mit zwei Kleinstsperrern (Spundwandsperrern) das Torfwachstum lokal erhöht werden.

### **12.10 Vogelskopf**

Die Vermoorung auf dem Vogelskopf liegt auf einem Sattel, der zwischen einer ost-nordost-exponierten Karmulde und dem nach Südwesten anschließenden Tal von Allerheiligen liegt. Der Sattel knickt im nördlichen Bereich nach Westen ab. Die Vermoorungen reichen von diesem nordwestlichen Knie des Sattels bis zum südöstlichen Abfall des Sattels, der etwa mit der Regierungsbezirksgrenze zusammenfällt. Die Moore liegen auf einer Höhe von etwa 1000 bis 1055 m.

Auf dem Nordwest- und Südostende des Sattels ist jeweils schwach eine Gipfelkuppe ausgebildet.

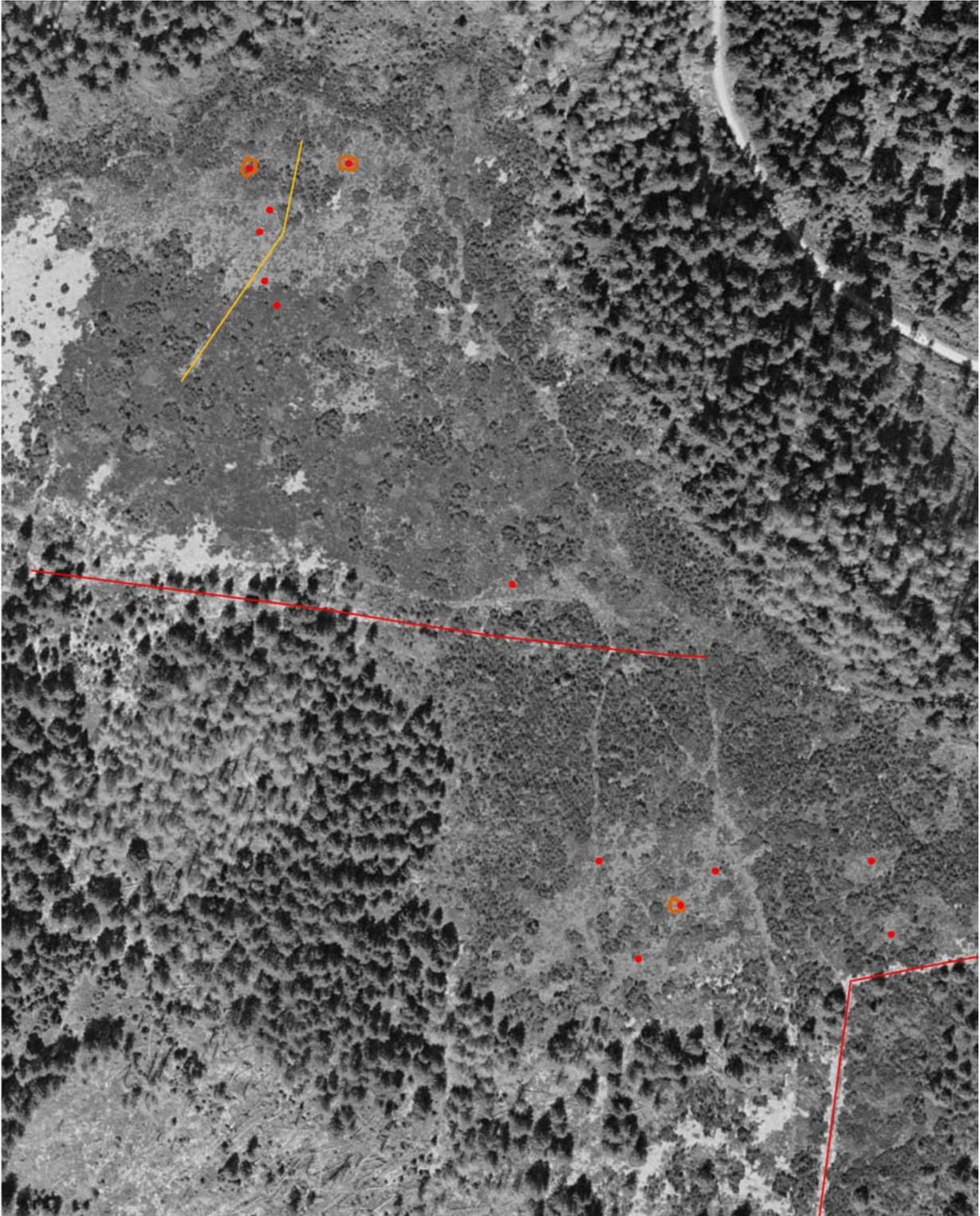
Nach Norden und Osten sind die Moore jeweils recht scharf begrenzt, nach Südwesten zieht die Vermoorung in konvergentem Relief weiter hangabwärts. Hier liegt die maximale erfasste Torfmächtigkeit mit 1,4 m.

Die Moore auf dem Vogelskopf stellen sich heute als Muster mit wechselnden Torfmächtigkeiten und vielen mineralischen „Fenstern“ dar.

Die nordwestliche Kuppenvermooring zeigt dabei ein flachgründiges aber weitgehend zusammenhängendes Torflager, während zwischen beiden Kuppen ein großer Entwässerungsgraben verläuft und im Bereich der südöstlichen Kuppe ein Entwässerungsgraben und viele Spuren von Torfstich zu beobachten sind. Der südöstliche Moorbereich ist also stärker gestört und zertalt und umfasst mehrere Resttorfinseln. Das ursprünglich dem Moor innewohnende Wasserkissen ist zerstört.

Auf der nordwestlichen Kuppe liegt ein degeneriertes Rasenbinsen-Hochmoor, welches sehr flachgründig ist. Direkt auf der Kuppe (nordöstlich des Rasenbinsenmoores) findet sich ein Bergkiefernmoor, innerhalb dessen lokal ein gutes Torfwachstum zu beobachten ist. Auch nördlich und nordöstlich des Bergkiefernmoores finden sich kleine Flächen mit deutlichem Torfwachstum. An Messpunkt VK01 liegt die Torfbildung wohl an der Grenze des Moorwachstums.

Weiter nördlich und östlich der Kuppe finden sich trockene Latschenflächen, die zunächst trockenes, stagnierendes *Pinetum rotundatae* darstellen (siehe auch Fläche VKA in VON SENGBUSCH 2006) und schließlich in Abbauformen des *Pinetum rotundatae*/potenzielle Fichtenmoorwälder übergehen.



-  Vogelskopf - Profil Oberfläche und Untergrund
-  Messpunkte und Probeflächen
-  Entwässerungsgräben
-  Moorwachstum



Abb. 105: Luftbild Vogelskopf mit Hangprofil, Messpunkten, Wachstumszonen und Gräben.

Das nach Westen/Südwesten abfallende **Hangmoor** kann man in zwei Bereiche unterteilen, nämlich einen Bereich nördlich des großen Entwässerungsgrabens und einen Bereich südlich des Grabens.

Der nördliche Bereich ist recht flachgründig (meist < 0,5 m Torf) und wird von vielen Gräben durchzogen, die teils gerade, teils zickzackförmig hangabwärts laufen. Die Torfrücken zwischen den Gräben sind deutlich gewölbt und abgetrocknet. Hier wachsen trockene Moorheiden (*Sphagno compacti-Trichophoretum/Rasenbinsen-Anmoor*) mit einer starken Dominanz des Heidekrautes. Erst auf der westlichen Abdachung des Sattels kommt das Pfeiffengras auf Anmoor zur Dominanz. Die Latsche bewächst diesen nördlichen Hangmoorbereich nur in lockeren Gruppen.

Es ist heute nicht mehr zu erkennen, ob die zahlreichen Gräben auch gegrabene Entwässerungsgräben darstellen oder als natürliche Erosionsgräben zu betrachten sind. Da viele der Gräben zickzackförmig verlaufen, könnte es sich um Erosionsrinnen handeln, die direkt nach dem Brand auf der nackten Torfoberfläche vom sich bündelnden Oberflächenabfluss geschaffen wurden.

Der südliche Hangmoorbereich wird ab dem Entwässerungsgraben zunächst von trockenen Latschenfilzen beherrscht, die flachgründig und stellenweise fichtenfähig sind (Heidelbeerdeckung > 30%).

Weiter südlich folgt ein offener bis halboffener Moorbereich mit Torfmächtigkeiten von 0,6 bis 1,4 m (Messpunkte VK03, VK05, VK06, VK09). Die offenen Bereiche sind dem *degenerierenden Rasenbinsen-Hochmoor* zuzuordnen, umfassen aber auch einen kleinen Bereich westlich VK09 mit starker Torfbildung bzw. lokalem Moorwachstum, sofern auf derart kleiner Fläche von Moorwachstum gesprochen werden kann (siehe auch Abb. 74).

Auf der südöstlichen Kuppe liegen auf zwei Resttorfinseln (MPVK07 u. MPVK10) kleine offene Moorheiden (*Sphagno compacti-Trichophoretum*), ansonsten finden sich flachtorfige Latschenfilze, die im Anmoorbereich fichtenfähig sind, ansonsten stagnierendes *Pinetum rotundatae* (Standort-Typ „Abbauform des *Pinetum rot.*“) darstellen.

Die anwesende Population von Rotwild hat im Moor mehrere Gassen sowie Wildbäder angelegt.

### **Potenzial/Prognose**

Die Bedingungen für Moorwachstum waren auf dem Vogelskopf offenbar weniger günstig als auf der Hornisgrinde oder dem Altsteigerskopf, obwohl die topographischen Bedingungen mit fast ebenen Kuppen und schwach geneigten Sattellagen eigentlich eine günstige Ausgangslage für die Bildung von Mooren aufweisen. Möglicherweise ist der Untergrund durchlässiger als auf den anderen genannten Mooren (sandig-lehmiger Frostschutt?). Es ist auch denkbar, dass das *Schichtfallen* nach Osten ein geringes Auftreten von Quellen auf der Westseite des Sattels zulässt, so dass die initiale Moorgenese am Hang gegenüber den Osthängen erschwert oder verzögert war (siehe STAHR 1973).

In jedem Fall zeigt sich ein deutlicher Unterschied in der Exposition der Moore. Während auf Hornisgrinde und Altsteigerskopf die mächtigeren Torflager ausnahmslos nord und ostexponiert sind, zeigt sich am Vogelskopf neben den Kuppenvermoorungen ein ausgedehntes Hangmoor mit ungünstiger Südwestexposition. Eine höhere Evapotranspiration könnte hier seit jeher den Niederschlagsüberschuss gedämpft haben.

Angesichts der Zertalung der heutigen Torflager mit Gräben und Mulden und der Abwesenheit von aktuellem, flächigem Moorwachstum muss man auf dem Vogelskopf von sehr geringem Wachstumspotenzial ausgehen. Auf dem Nordgipfel zeigte das Höhenprofil zwar ein am Oberhang nur wenig ungünstigeres Gefälle als zu Beginn der Moorgenese, die Torflager sind dort andererseits so flachgründig, dass grundsätzlich eher ein Niedermoor denn ein Hochmoor vor-

liegt. Die Umsetzung der Torfsubstanz war hier wohl immer höher als auf den Hochmooren der Hornisgrinde oder des Altsteigerskopfes. Die Torfprofile auf dem Vogelskopf zeigen unter der Brandschicht fast durchgängig stark bis sehr stark zersetzten Torf. Nur in einem Profil (VK02) waren geringe Sphagnumreste in 20 cm Tiefe erkennbar!

Vielleicht müssen die durch Torfstich und Gabenaushub entstandenen Resthügel erst in einem bestimmten Ausmaß sacken und abgebaut werden, um wieder an den abzugsschwächsten Stellen ein höheres Torfwachstum zu ermöglichen. Es handelt sich dabei um Zeiträume von Jahrhunderten.

### **Empfehlungen**

- Da der große Entwässerungsgraben bis auf den mineralischen Untergrund reicht und die Grabenschultern abgesackt sind, wäre es in jedem Fall schwierig, hier eine Wiedervernässungsmaßnahme durchzuführen (Abdichtung auf Gestein schwierig). Da dauerhaft nasse Schlenken mit *Sphagnum recurvum* oder *Sphagnum cuspidatum* auf dem Vogelskopf praktisch fehlen, wäre es sinnvoll im obersten Grabenbereich versuchsweise wenigstens über einen niedrigen Torfwall mit Holzgerüst ein dauerhaft nasses und wachsenden Habitat zu erzeugen. Im Erfolgsfalle könnten zwei oder drei weitere Sperrwerke errichtet werden.
- Der Graben am Südrand des Moores auf der Regierungsbezirksgrenze reicht ebenfalls bis auf mineralischen Grund und weist sehr ungünstige Bedingungen für eine Wiedervernässung auf (relativ tiefere Lage zu den Resttorfinseln). Versuchsweise könnte auch hier ein Torfpfropf aus sauberem, handverlesenem Schwarztorf errichtet werden.

### **12.11 Moor westlich des Sattels zum Wildsee (MPWW01)**

Etwa 500 m südlich der Darmstädter Hütte liegt direkt unterhalb des Weges auf dem Sattel oberhalb des Wildseemoores ein Hangmoor. Das Moor liegt im Übergangsbereich der vom Seekopf ausgehenden flachgründigen Latschenfelder zum Fichtenwald, der den Südrand des Altsteigerskopfes säumt.

Das Hangmoor ist durch Torfstich und Entwässerungsgräben stark gestört worden. Der Torfkörper ist stellenweise ganz abgegraben und insgesamt zerstört. Früher lag die Torfmächtigkeit wohl bei mehr als einem Meter.

Oberhalb der Hütte liegen noch zwei unterhaltene Gräben, die das Hangzugwasser vom Fundament der Hütte ableiten sollen.

Die Reste des Moores werden von einem Muster aus Heidemooren/Rasenbinsen-Anmoor und Latschengruppen bewachsen. Der obere Randbereich ist bereits seit Jahrzehnten von vitalen Fichten erobert.

### **Potenzial / Prognose**

Wegen des hohen Gefälles und weitgehender Zerstörung des früher zusammenhängenden Torfkörpers wird das Moor weiter degenerieren bis sich die Oberflächenformen nivelliert haben. Dann kann, falls ein Niederschlagsüberschuss noch vorhanden ist, wieder eine Torfbildung einsetzen. Die Westexposition des Moores dämpft dabei die Aussichten auf Torfwachstum.

### **12.11 Zuflucht/Kniebis**

Zwischen Kniebis und Zuflucht liegen beiderseits der Schwarzwaldhochstraße mehrere Anmoorflächen, die nur von eingestreuten Birken oder Kiefern (*Pinus x digenea*) bewachsen werden. Die Flächen gehören meist zu den torfmoosarmen Heidemooren und tragen vereinzelt Herden von scheidigem Wollgras.

An den beiden Messpunkten MPKN01 und MPKN02 liegen direkt westlich/unterhalb der Schwarzwaldhochstraße bei einer Hangneigung von 1,5 bis 2,5 ° zwei Niedermoorflächen mit bis zu 1,25 m Torfmächtigkeit!

Die Fläche um MPKN01 liegt mitten in einem von Pfeiffengras beherrschten Bereich, der um den Messpunkt aber nur schütterten Bewuchs trägt. Hier regeneriert aktuell *Sphagnum papillosum* und bei günstigem Management könnte sich wieder ein Moorwachstum einstellen.

Fläche KN02 liegt in einem mesotrophen Niedermoor. Die Mineralbodenwasserzeiger dünnen von der Straße her zu Messpunkt KN02 hin aus, nehmen aber unterhalb der Fläche bei zunehmendem Gefälle wieder zu bzw. wandelt sich die Vegetation zu Pfeiffengraswiesen. Um Messpunkt KN02 liegen weitgehend geschlossene Torfmoosrasen vor, die aktuell ein gutes Torfwachstum bewirken. Die Brandschicht liegt mit 17 cm vergleichsweise tief.

### **Prognose KN01**

Die Fläche um MPKN01 wird vom Programm wegen Mangel an vergleichbaren Niedermoorflächen zu den wollgrasarmen Rasenbinsen-Anmooren gestellt. Dies auch, weil die Brandschicht sehr nahe unter der Mooroberfläche liegt. Da derzeit aber *Sphagnum papillosum* in der Fläche regeneriert, könnte bei günstigen Bedingungen sich mittelfristig ein geschlossener Sphagnumrasen einstellen. Dann würde die Fläche wahrscheinlich wieder ein gewisses Moorwachstum zeigen. Die Wasserversorgung scheint durch die Hanglage gut und ausgeglichen zu sein.

### **Empfehlung**

Die Fläche sollte beobachtet werden. Sobald sich stärker geschlossene Torfmoosrasen einstellen, sollte die Fläche um Messpunkt KN01 nicht mehr beweidet werden.

### **Prognose MPKN02**

Die Fläche um MPKN02 wird vom Programm mangels vergleichbarer Niedermoorflächen zum Rasenbinsen-Hochmoor gestellt. Ausschlaggebend ist dabei der geringe Torfzersetzungsgrad sowie die geringe Deckung/Abwesenheit von Rasenbinse und Heidekraut. Die Gesamtdeckung der Torfmoose beträgt 98 % (*Sphagnum angustifolium* 85 %).

Da die Fläche aber von Mineralbodenwasserzeigern (*Juncus effusus*, *Eriophorum angustifolium* u.a.) umgeben ist und aktuell in Zusammenhang mit gutem Torfwachstum eine Oligotrophisierung im Gange ist, liegt mitten im Niedermoor ein Übergangsmoor und kein Rasenbinsen-Hochmoor vor.

Bei günstigen Bedingungen kann das Übergangsmoor seine Stellung festigen und weiter aufwachsen.

### **Empfehlung**

Die wachsenden Sphagnumrasen sollten unbedingt von der Schafbeweidung ausgeschlossen bzw. ausgezäunt werden, da Tritt das Kapillarsystem der Torfmoosrasen beeinträchtigt.

> Die Fläche sollte möglichst nicht betreten und nicht befahren werden.

## 12.12 Moorliste - Störung und Maßnahmen

Moorname	Störung	Mögliche Maßnahmen
Altsteigerskopf	Brand, Entwässerung, Torfstich	Wegrückbau?, stellenweise Sperrenbau
Hochkopf	Brand, Entwässerung	punktuell Sperrenbau, stellenweise Auszäunen
Hornisgrinde	Brand, Torfstich, Entwässerungsgräben	Sperrenbau/Wiedervernässung
Hundsrücken	Brand, Entwässerung	-
Ochsenkopf	Frühere Beweidung?	-
Sandkopf	Brand, Entwässerung	Sperrenbau nach Prüfung
Schliffkopf	Brand, 1 Entwässerungsgraben	Evtl. Sperrenbau
Seekopf	Brand, Entwässerung?	Sperrenbau nach Prüfung
Vogelskopf	Brand, Entwässerung	-
Westl Sattel Wildsee	Brand, Entwässerung, Torfstich	-
Zuflucht	Brand	Bei Beweidung Auszäunen

Tab. 24: Liste der Moore mit Störung und Vorschlägen für Maßnahmen.

## 12.13 Moorliste Wachstum

<b>Altsteigerskopf</b>		3443059/5382667
		3443064/5382698
		4334118/5382709
		3443455/5382706
		3443487/5382708
		3443575/5382715
	MPAS01	3443611/5382445
	oberhalb MPAS02	3443595/5382425
<b>Hornisgrinde</b>	unterhalb Kolk	3441392/5385263
	Gipfelmulde	3441195/5385302
		3441408/5385403
<b>Vogelskopf</b>		3441720/5380683
		3441759/5380685
	neben MPVK09	3441893/5380383

Tab. 25: Liste der Moore mit Moorwachstum.

## 13 Literatur

- 1 AG BODEN. Bodenkundliche Kartieranleitung, 4.Aufl. 1994. Hannover, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geologische Landesämter in der BRD.
- 2 ANDRUS, R. E. Some aspects of Sphagnum ecology. *Can.J.Bot.* 64, 416-26. 1986. *Can. J. Bot.*
- 3 DIERSSEN, B. U. DIERSSEN K. Vegetation und Flora der Schwarzwaldmoore. *Beih. Veröff. Naturschutz u. Landschaftspflege Bad.-Württ.* 39, 1-512. 1984.
- 4 DIERSSEN, B. U. DIERSSEN K. Moore. *Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht* . 2001. Stuttgart, Ulmer.
- 5 DIERSSEN, K. Bestimmungsschlüssel der Torfmoose in Norddeutschland. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* Heft 50. 1996. Kiel.
- 6 EDOM, F. DITTRICH I. KESSLER K. GOLDACKER S. WAGNER M. GOLUBCOV A. A. Ökohydrologische Modellbildung auf der Grundlage von IVANOVs hydromorphologischer Theorie und Anwendungen im praktischen Naturschutz. *Dresdener Schriften zur Hydrologie* Bd. 5, 90-98. 2007.
- 7 EGGELSMANN, R. Ökotechnische Aspekte der Hochmoor-Regeneration. *Telma* 17, 59-94. 1987. Hannover.
- 8 FERLAND, C. ROCHEFORT L. Restoration techniques for Sphagnum- dominated peatlands. *Can.J.Bot.* 75, 1110-18. 1997.
- 9 FRANKL, R. Zur Vegetationsentwicklung in den Rottauer Filzen (südliche Chiemseemoore) im Zeitraum von 1957-1992. *Bayreuter Forum Ökologie, bfö* 37. 1996.
- 10 GERDOL, R. ET AL. CO<sub>2</sub> exchange, photosynthetic pigment composition and cell ultrastructure of Sphagnum mosses during dehydration and subsequent rehydration. *Can.J.Bot.* 74, 726-34. 1996.
- 11 GIGNAC, DENNIS. Niche Structure, Resource Partitioning and Species Interactions of Mire Bryophytes Relative to Climate and Ecological Gradients in Western Canada. *The Bryologist* 95 (4), 406-18. 1992.
- 12 GÖTTLICH, K. Hrsg. *Moor- und Torfkunde* - 3. Aufl. 1990. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- 13 GÜNTHER, K. Untersuchung der Bodenwassergehalte zweier grünlandgenutzter Niedermoorstandorte an der Havel zur Charakterisierung stauender Horizonte. Diplomarbeit . 2005. Potsdam, Institut für Geoökologie, Universität Potsdam.
- 14 HAJEK, T. and BECKETT, R. P. Effect of Water Content Components on Dessication and recovery in Sphagnum Mosses. *Annals of Botany* 101, 165-73. 2008. Oxford University Press.
- 15 HAJEK, T. Habitat and species controls on Sphagnum production and decomposition in a mountain raised bog. *Boreal Environment Research* 14, 947-58. 2009.
- 16 HAJEK, T., TUUTTILA, EEVA-STIINA, ILOMETS, M., AND LAIHO, R. Light responses of mire mosses - a key to survival after water-level drawdown? *Oikos* 118, 240-50. 2009.
- 17 HAYWARD, P. M. CLYMO R. S. The growth of Sphagnum: experiments on, and simulation of, some effects of light flux and water-table depth, *Journal of Ecology*, 71, 845-863. *Journal of Ecology* 71, 845-63. 1983.
- 18 HOLDEN, J. ET. AL. "Environmental change in moorland landscapes." *Earth-Science Reviews* 82 (2007): 75-100.
- 19 HÖLZER, A. Sphagnaceae - Torfmoose, in: Nebel/Philippi, "Die Moose baden-Württembergs - Band 3". *Die Moose Baden-Württembergs* Band 3. 2005. Ulmer.
- 20 HÖLZER, A. SCHLOSS S. Paläoökologische Studien an der Hornisgrinde (Nordschwarzwald) auf der Grundlage von chemischer Analyse, Pollen- und Großrestuntersuchung. *Telma* 11, 17-30. 1981. Hannover.

- 21 HÖLZER, ADAM HÖLZER AMAL. Untersuchungen zur jüngeren Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Blindensee-Moor (Mittlerer Schwarzwald). *Carolinea* 46, 23-30. 1988.
- 22 HÖPER, H. Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. *Telma* 37, 85-116. 2009. Hannover.
- 23 ISE, TAKESHI, DUNN, ALLISON L., WOFYSY, STEVEN C., & MOORCROFT, PAUL R. High sensitivity of peat decomposition to climate change through watertable feedback. *Nature Geoscience* 1, 763-66. 2008.
- 24 KENT, M. & COKER, P. *Vegetation description and analysis – A practical approach.* Wiley & Sons, Cichester, England. 1994.
- 25 LUDEMANN, TH. Großmaßstäbliche Vegetationskartierung im Südschwarzwald - mit einer Neubewertung des natürlichen Vorkommens der Fichte. *Mitt.Verein forstl.Standortskunde u.Forstpflanzenzüchtung* 44, 47-61. 2006.
- 26 LÜTT, SILKE. Produktionsbiologische Untersuchungen zur Sukzession der Torfstichvegetation in Schleswig-Holstein. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* Heft 43. 1992. Kiel.
- 27 MALLIK, A. U., GIMINGHAM, C. H., AND RAHMAN, A. A. Ecological effects of heather burning. I. Water infiltration, moisture retention and porosity of surface soil. *J.of Ecology* 72, 767-76. 1982.
- 28 NEBEL, M. AND PHILIPPI, G. *Die Moose Baden-Württembergs - Band 3. Die Moose Baden-Württembergs .* 2005. Ulmer.
- 29 NEUHÄUSL, ROBERT. Hochmoore am Teich. *Vegetace CSSR A* 9, 1-267. 1975. Prag, Academia Praha - Verlag der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften.
- 30 PFADENHAUER, JÖRG, SLIVA, JAN, AND MARZELLI, MONIKA. Renaturierung von landschaftlich genutzten Niedermooren und abgetorften Hochmooren. *Schriftenreihe* Heft 148. 2000. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.
- 31 SCHWEIKLE, V. Moore in Baden-Württemberg - Eigenschaften, Inventur und Funktionen. *Bodenschutz* 11. 2002. Karlsruhe, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- 32 SIBIK, J., DITE, D., SIBIKOVA, I., AND PUKAJOVA, D. Plant communities dominated by *Pinus mugo* agg. in Central Europe - comparison of the oligotrophic communities rich in Sphagnum. *Phytocoenologia* 38 (3), 221-38. 2008. Berlin - Stuttgart.
- 33 STAHR, K. Die Stellung der Böden mit Fe-Bändchen-Horizont (thin-iron-pan) in der Bodengesellschaft der nördlichen Schwarzwaldberge. *Arb.Inst.Geol.Paläont.Univ.Stuttgart N.F.* 69, 85-183. 1973.
- 34 VAN DER SCHAAF, S. Analysis of the hydrology of raised bogs in the Irish Midlands - A case study of Raheenmore Bog and Clara Bog. *Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University*, 375 p. 1999. Molenaarsgraaf.
- 35 VAN DER SCHAAF, S. Acrotelm transmissivity as a parameter to assess ecological conditions and ecological potential in Irish Midland raised bogs. *Ann.Warsaw Agricult.Univ.- SGGW Land Reclamation* 33, 49-56. 2002.
- 36 VAN DER SCHAAF, S. Wie schnell fließt Wasser aus einem Hochmoor? eijne alte Diskussion neu betrachtet. *Telma* 35, 61-70. 2005.
- 37 VON SENGBUSCH, P. Untersuchungen zur Ökologie von *Pinus rotundata* LINK im Südschwarzwald. *Diss.Bot.* 388. 2004. Berlin, Stuttgart, J. Cramer.
- 38 VON SENGBUSCH, P. Ein multivariates Monitoringverfahren zur Bewertung der Gefährdung von Bergkiefern-Mooren im Schwarzwald. *Diss.Bot.* 400. 2006. Berlin, Stuttgart, J. Cramer.
- 39 WILLMANN, O. *Ökologische Pflanzensoziologie.* 6. Auflage. 1998. Quelle & Meyer.
- 40 WOHLFAHRT, D. AND RIEDEL, PH. Bannwald "Wilder See - Hornisgrinde". *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 30. 2001.
- 41 WOLF, TH. Die Vegetation des Bannwaldes " Wilder See - Hornisgrinde" am Ruhenstein, Nordschwarzwald. *Mitt.des Vereins für forstl.Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung* 36,

27-46. 1992.

- 42 YERLY, MICHEL. Ecologie comparee des prairies marecageuses dans les prealpes de la Suisse occidentale, These °4393 presentee a l'ecole polytechnique federale a Zürich. Zürich, Buchdruckerei Berichthaus, 1970.

# 14 Anhang

## A.1 Koordinaten Messpunkte u. Probeflächen

CODE	X_KOORDINA	Y_KOORDINA	CODE	X_KOORDINA	Y_KOORDINA
APF3	3443586	5382666	MP-KN02	3445916	5372981
APF3V	3443600	5382671	MP-OC01	3446016	5388918
APF4	3443575	5382692	MP-OC02	3445853	5389562
APF4V	3443580	5382723	MP-PF01	3444444	5380980
APF5	3443460	5382703	MP-PF02	3444419	5380984
APF5V	3443487	5382708	MP-SA1	3443449	5373617
ASTA	3443119	5382709	MP-SC01	3442568	5378167
ASTB	3443578	5382400	MP-SC02	3442553	5378156
HGST1	3441336	5385352	MP-SC03	3442531	5378168
HGST2	3441247	5385314	MP-SC04	3442554	5378193
SCSTA	3442546	5378171	MP-SC05	3442165	5378775
SCSTB	3442598	5378195	MP-SC06	3442535	5378150
VKSTA	3441724	5380658	MP-SC07	3442508	5378142
VKSTB	3441826	5380514	MP-SC08	3442554	5378173
MP-AS01	3443611	5382445	MP-SC09	3442561	5378180
MP-AS02	3443594	5382421	MP-SC10	3442536	5378173
MP-AS03	3443580	5382374	MP-SC11	3442551	5378185
MP-AS04	3443560	5382389	MP-SC12	3442555	5378162
MP-AS05	3443136	5382719	MP-SK01	3443251	5381466
MP-AS06	3443094	5382740	MP-SK02	3443233	5381457
MP-AS07	3443189	5382721	MP-SK03	3443258	5381436
MP-AS08	3443135	5382669	MP-SK04	3443260	5381452
MP-AS09	3443157	5382715	MP-VK01	3441760	5380686
MP-AS10	3443068	5382701	MP-VK02	3441731	5380628
MP-AS11	3443063	5382679	MP-VK02	3441726	5380638
MP-AS12	3443069	5382721	MP-VK03	3441877	5380361
MP-AS13	3443085	5382714	MP-VK04	3441720	5380684
MP-AS14	3443137	5382703	MP-VK05	3441908	5380397
MP-AS15	3443535	5382540	MP-VK06	3441861	5380401
MP-HD01	3442001	5386886	MP-VK07	3441979	5380371
MP-HD01	3442001	5386881	MP-VK08	3441728	5380667
MP-HD02	3442097	5386905	MP-VK09	3441894	5380383
MP-HD03	3442442	5386980	MP-VK10	3441971	5380401
MP-HG01	3441248	5385368	MP-WW01	3443666	5382079
MP-HG02	3441207	5385361			
MP-HG03	3441305	5385362			
MP-HG04	3441370	5385310			
MP-HG05	3441388	5385275			
MP-HG06	3441233	5385274			
MP-HG07	3441211	5385314			
MP-HG08	3441193	5385500			
MP-HG09	3441394	5385447			
MP-HG10	3441416	5385394			
MP-HG11	3441374	5385374			
MP-HG12	3441406	5385239			
MP-HG13	3441307	5385324			
MP-HGN01	3441355	5386669			
MP-HGN02	3441360	5386790			
MP-HK01	3441720	5388826			
MP-HK02	3442206	5388622			
MP-HK03	3442056	5388670			
MP-HK04	3441718	5388922			
MP-HK05	3441892	5389339			
MP-KN01	3445862	5372983			

Tab. A1: Koordinaten der Messpunkte und Probeflächen.

## A.2 Datentabelle Messpunkte

Code	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	AS7	AS8	AS9	AS10	AS11	AS12	AS13	AS14
Lokalität	Altst													
Meereshöhe nach GPS	1031	1027	1023	1024	1086	1087	1082	1078	1085	1086	1086	1084	1091	1088
Humosität 2-6	2	3	8,5	[2]	7	8	5	6	6,5	2,5	4,25	6	6	9
Bestockung	G	o	o	o	o	o	o	G	G	o	o	ho	ho	o
Brandschichttiefe/Oberg.)	15	11	7	10	5	4	8	13,5	8	20	10	9	7	3
Neigung 5 m [°]	2	5	4,5	4,5	4	6	4	7,5		2,5	5	5	2,5	5
Torf [m]	2,4	2,45	2,25	2,2	1,35	1,35	1,7	2,2	2,05	1,56	1,75	1,35	2	2
Moorwachstum	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Torfwachstum	w	w	s	d/s	d/s	d	d	d	d	w	w	d	d	d
Deckg. Gefässpfl.	40	74	90	70	85	80	85	90	77	50	45	90	58	85
Deckg. Sphagnum	95	51	4	23	21	0	10	0	2	95	99	3	20	7
Calluna vulgaris	0,5	65	80	60	1	65	65	3	0	25	5	75	50	4
Trichophorum cesp.	x	3	x	5	80	x	0	0	0	8	25	5	1	80
Vacinium vitis-idaea	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vaccinium myrtillus	30	0	0	0	0	5	5	87	60	0	0	2	5	0
Vaccinium uliginosum	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eriophorum vaginatum	1	5	10	5	2	8	5	x	2	15	3	2	3	0
Oxycoccus palustris	1	x	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Andromeda polifolia	x	x	0	0	0	x	0	0	0	0	12	0	0	0
Empetrum nigrum	1	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
Molinia caerulea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum angustifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium	0	1	1	10	0	0	0	0	2	5	0	3	20	0
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magellanicum	95	50	3	10	1	0	0	0	0	90	12	0	x	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	3	20	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Sphagnum rubellum	0	0	0	0	0	0	10ü	0	0	0	87	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum subnitens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurozium schreberi	0	12	4	0	0	30	8	75	5	0	0	10	60	0
Leucobryum glaucum	0	0	1	3	0	5	r	0	0	0	0	5	x	0
Gymnocola inflata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoschisma sphagni	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	x
Cephalozia connivens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calypogeia sphagnicola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0
Campylopus pyriformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mylia anomala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulacomnium palustre	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum bergeri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum polysetum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum spurium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum cupressiforme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Polytrichum strictum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ptilidium ciliare	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	x	0
Pinus Baumsch.	50	0	0	0	0	0	20	0	80	0	0	0	0	0
Pinus rot. Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picea Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A2: Datentabelle zu den Messpunkten, o=offen, ho=halboffen, G=Gehölz, ü=Übergangsform, x=<1%, r=Einzelpflanze, Torfwachstum: s=stagnierend, d=Degeneration, w=wachsend, e=Erosion, r=Regeneration, Moorwachstum: 1=wachsend, 0=kein Wachstum. Humositätsgrad 2-6cm nach Von Post.

Code	AS15	HG01	HG02	HG03	HG04	HG05	HG06	HG07	HG08	HG09	HG10	HG11	HG12	HG13
Lokalität	Altst	Homisc	Hornisc	Hornisc	Homisc	Homisc	Homisc	Hornisc	Hornisc	Homisc	Homisc	Homisc	Hornisc	Hornisc
Meereshöhe nach GPS	1036	1161	1165	1157	1157	1156	1161	1165	1165	1153	1153	1157	1156	1159
Humosität 2-6	2,25	9,5	6	10	6	2,5	4	1,3	9,75	7,5	8	9,5	2,25	8,5
Bestockung	G	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Brandschichttiefe/Oberg.)	18	3	10,5	2	3,5	18,5	5	23	3	5	3	3	19	5,5
Neigung 5 m [°]	3	4,5	1,5	2,5	1,5	2,5	4	2	0	4	4	4	1	2,5
Torf [m]	1,855	1,35	1,27	3,25	3,5	3,85	1,85	2,1	1,58	1,85	2,8	2,85	2,65	2,65
Moorwachstum	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Torfwachstum	w	d	d	s	s	w	d	w	d	d/s	s	s	w	d
Deckg. Gefäßspfl	8	100	95	97	55	75	95	80	75	95	90	55	45	95
Deckg. Sphagnum	100	0	0	15	35	95	0	40	4	0	18	30	100	0
Calluna vulgaris	2	50	55	45	2	50	25	45	10	75	15	10	10	15
Trichophorum cesp.	0	35	20	30	30	15	60	15	35	10	60	40	10	60
Vaccinium vitis-idaea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vaccinium myrtillus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vaccinium uliginosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eriophorum vaginatum	1	15	20	20	20	10	9	20	30	10	7	2	25	20
Oxycoccus palustris	2	0	0	x	0	x	0	0	0	0	x	x	0	0
Andromeda polifolia	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	1	0	0
Empetrum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Molinia caerulea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum angustifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magelanicum	100	0	0	0	0	50	0	0	0	0	10	0	92	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	15	35	0	0	0	0	0	8	30	8	0
Sphagnum rubellum	0	0	0	0	0	45	0	40ü	4	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum subnitens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurozium schreberi	0	0	10	0	0	0	0	x	8	1	0	0	0	0
Leucobryum glaucum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Gymnocola inflata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoschisma sphagni	0	10	1	5	3	0	x	x	0	1	x	x	0	10
Cephalozia connivers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calypogeia sphagnicola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus pyriformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mylia anomala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulacomnium palustre	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum bergeri	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0
Dicranum polysetum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum spurium	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0
Hypnum cupressiforme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum strictum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ptilidium ciliare	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
Pinus Baumsch.	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus rot. Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picea Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0

Tab. A3: Datentabelle zu den Messpunkten, o=offen, ho=halboffen, G=Gehölz, ü=Übergangsform, x=<1%, r=Einzelpflanze, Torfwachstum: s=stagnierend, d=Degeneration, w=wachsend, e=Erosion, r=Regeneration, Moorwachstum: 1=wachsend, 0=kein Wachstum. Humositätsgrad 2-6cm nach Von Post.

Code	HGN1	HGN2	KN01	KN02	SC01	SC02	SC03	SC04	SC05	SC06	SC07	SC08	SC09	SC10
Lokalität	Homis	Homis	Zufluch	Zufluch	Schliffk									
Meereshöhe nach GPS	1129	1113	944	946	1045	1048	1042	1039	1008	1044	1044	1045	1042	1033
Humosität 2-6	8	6	5	1,5	3	3	8	5,5	7,5	6	3	4	4	5
Bestockung	o	o	o	o	o	o	ho	o	o	o	o	o	o	o
Brandschichttiefe/Oberg.)	6	8,5	5	17	17	13	6	11	7	10	13,5	10	8	10
Neigung 5 m [°]	4	4,5	1,5	2,5	0,25	7	6	5		4	2,5	1	14	4,5
Torf [m]	1,76	1,12	1,1	1,25	1,1	0,95	0,97	0,8	0,6	0,63	0,9	0,95	0,67	1,24
Moorwachstum	0	0	0	(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torfwachstum	d	d/s	s/r	w	w	w	d	s	d	d	w	s	d/r	s
Deckg. Gefäßpfl.	98	95	36	20	95	85	85	70	95	90	85	95	85	90
Deckg. Sphagnum	0	4	60	98	60	90	70	50	5	10	45	60	37	80
Calluna vulgaris	45	50	1	1	80	65	70	63	90	60	60	75	80	85
Trichophorum cesp.	45	35	1	0	8	8	15	7	3	25	0	x	2	x
Vaccinium vitis-idaea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0
Vaccinium myrtillus	0	0	0	0	0	0	r	x	0	1	20	0	x	0
Vaccinium uliginosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eriophorum vaginatum	7	10	8	9	10	10	1	0	1	5	2	10	3	4
Oxycoccus palustris	0	0	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andromeda polifolia	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1	0	0	0	0
Empetrum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Molinia caerulea	0	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum angustifolium	0	0	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium	0	0	0	1	60	90	70	50	5	10	45	60	35	80
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magelanicum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Sphagnum papillosum	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum rubellum	0	4ü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum subnitens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurozium schreberi	0	0	0	0	2	0	0	13	75	55	2	0	0	x
Leucobryum glaucum	r	x	0	0	0	0	1	2	0	0	1	1	5	x
Gymnocolea inflata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoschisma sphagni	2	2	0	0	0	0	x	0	0	0	0	x	2	0
Cephalozia connivens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calypogeia sphagnicola	0	0	0	0	0	0	r	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus pyriformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mylia anomala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulacomnium palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum bergeri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum polysetum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0
Dicranum spurium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum cupressiforme	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	5
Polytrichum strictum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ptilidium ciliare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus Baumsch.	0	0	0	0	1 keiml	0	0	0	0	0	8	0	1 jungpf	0
Pinus rot. Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picea Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A4: Datentabelle zu den Messpunkten, o=offen, ho=halboffen, G=Gehölz, ü=Übergangsform, x=<1%, r=Einzelpflanze, Torfwachstum: s=stagnierend, d=Degeneration, w=wachsend, e=Erosion, r=Regeneration, Moorwachstum: 1=wachsend, 0=kein Wachstum. Humositätsgrad 2-6cm nach Von Post.

Code	SC11	SC12	SK01	SK02	SK03	SK04	PF01	PF02	WW01	HD01	HD02	HD03	HK01	HK02
Lokalität	Schliffk	Schliffk	Seek.	Seek.	Seek.	Seek.	Pfälz.k	Pfälz.k	westl.W	Hundsr.	Hundsr.	Hundsr.	Hochk.	Hochk.
Meereshöhe nach GPS	1041	1042	1047	1043	1038	1044	988	990	1019	1043	1052	1072	1033	1006
Humosität 2-6	3	2	7	3	5	3	1,5	2	2,5	4,75	6	3	3	2
Bestockung	o	o	G	o	G	o	o	o	G	G	o	o	o	
Brandschichttiefe/Oberg.)	19	22	8	16	8	15	16	6	10	8	12	25	11,5	22
Neigung 5 m [°]	4	10	5	1,5	2	3	1	0	3	3	5,5	3	4,5	0,25
Torf [m]	0,8	1	0,72	0,66	0,5	0,8	1,4	0,69	0,68	0,42	0,56	0,63	0,55	0,49
Moorwachstum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Torfwachstum	w	w	d	W	d	w	w	w/r	s/w	d	d	w	s/w	w
Deckg. Gefäßspfl.	80	60	70	70	35	70	82	52	35	65	95	65	95	70
Deckg. Sphagnum	90	98	x	85	95	90	97	70	95	80	15	99	60	95
Calluna vulgaris	50	55	x	65	2	60	75	20	0	0	90	55	60	60
Trichophorum cesp.	5	1	0	x	0	0	7	30	0	0	5	10	50	10
Vacinium vitis-idaea	0	0	45	0	0	0	0	0	8	40	0	0	8	0
Vaccinium myrtillus	0	0	0	0	30	0	0	0	25	20	0	0	x	0
Vaccinium uliginosum	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Eriophorum vaginatum	0	5	1	5	1	10	x	2	0	3	0,5	0	5	0
Oxycoccus palustris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andromeda polifolia	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Empetrum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Molinia caerulea	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	x	0	0	0
Sphagnum angustifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium	90	98	x	45ü	95	60	95	55	95	80	15	99	60	95
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magelanicum	0	0	0	0	x	30	2	0	0	0	x	0	0	0
Sphagnum papillosum	0	0	0	40	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum rubellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum subnitens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurozium schreberi	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Leucobryum glaucum	7	0	0	0	0	x	0	0	0	1	0	0	0	0
Gymnocolea inflata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoschisma sphagni	0	0	0	0	0	x	0	x	0	0	x	0	0	0
Cephalozia connivers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calypogeia sphagnicola	0	0	0	0	0	r	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus pyriformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mylia anomala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	r	0	0	0
Aulacomnium palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum bergeri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum polysetum	0	0	0	0	0	x	0	0	0	1	0	0	0	0
Dicranum spurium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum cupressiforme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum strictum	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ptilidium ciliare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus Baumsch.	0	0	70	0	70	0	0	0	0	65	0	0	0	0
Pinus rot. Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picea Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0

Tab. A5: Datentabelle zu den Messpunkten, o=offen, ho=halboffen, G=Gehölz, ü=Übergangsform, x=<1%, r=Einzelpflanze, Torfwachstum: s=stagnierend, d=Degeneration, w=wachsend, e=Erosion, r=Regeneration, Moorwachstum: 1=wachsend, 0=kein Wachstum. Humositätsgrad 2-6cm nach Von Post.

Code	HK03	HK04	HK05	OC01	OC02	VK1	VK2	VK3	VK4	VK5	VK6	VK7	VK8	VK9	VK10
Lokalität	Hochk.	Hochk.	Hochk.	Ochs.k	Ochs.k	Vogel.									
Meereshöhe nach GPS	1010	1041	1029	989	1039	1058	1049	1050	1058	1054	1045	1059	1058	1054	1059
Humosität 2-6	2,5	4,25	2,5	2	4	2	6	10	4	6	5	2,5	3	2	8
Bestockung	o	o		o	ho	o	o	o	G	o	o	o	o	o	o
Brandschichttiefe/Oberg.)	15	12	18	-	-	15	9	2	15	9	7	12	9	17	7
Neigung 5 m [°]	1,5	2	1,5	6,5	1	3	3	2,5	0,5	2	3	0	1	2	3
Torf [m]	0,42	0,61	0,7	0,38	0,4	0,6	0,6	1,24	0,64	0,98	1,09	0,96	0,67	1,41	1,26
Moorwachstum	0	0	0	0	0	(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torfwachstum	s	s	w	s/w	s/w	w	d	d	s/d	d	d	w	s(w)	w	d
Deckg. Gefässpfl.	90	90	65	40	20	50	95	95	45	98	90	85	75	50	80
Deckg. Sphagnum	65	65	85	95	95	95	5	2	85		8	80	90	90	15
Calluna vulgaris	70	75	60	5	0	30	60	0	0	50	1	45	50	20	55
Trichophorum cesp.	20	5	5	0	x	1	1	94	0	45	88	20	55	25	10
Vaccinium vitis-idaea	0	0	0	10	3	2	4	x	10	0	0	0	0	0	0
Vaccinium myrtillus	2	0	0	15	5	x	5	x	18	0	0	x	0	0	0
Vaccinium uliginosum	0	0	0	0	10	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0
Eriophorum vaginatum	0	10	5	0	0	20	10	0	3	1	0	20	0	5	15
Oxycoccus palustris	0	0	0	0	0	2	x	0	5	0	0	0	0	0	0
Andromeda polifolia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Empetrum nigrum	0	0	0	10	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Molinia caerulea	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum angustifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium	65	55	85	95	85	80	4	2	30	20	0	80	90	90ü	15
Sphagnum compactum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum fallax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum magelanicum	0	10	0	0	10	15	1	0	30	0	0	0	0	0	x
Sphagnum papillosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum tenellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum rubellum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum subnitens	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
Pleurozium schreberi	2	0	x	0	0	5	30	0	5	10	1	2	2	0	12
Leucobryum glaucum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gymnocolea inflata	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odontoschisma sphagni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cephalozia connivens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calypogeia sphagnicola	0	0	(x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus pyriformis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mylia anomala	0	0	(x)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulacomnium palustre	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum bergeri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0
Dicranum polysetum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum spurium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum cupressiforme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum strictum	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
Ptilidium ciliare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus Baumsch.	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
Pinus rot. Verjüngung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picea Verjüngung	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A6: Datentabelle zu den Messpunkten, o=offen, ho=halboffen, G=Gehölz, ü=Überggs.form, x=<1%, r=Einzelpfl., Torfwachstum: d=Degeneration, w=Wachstum, s=Stagnation, e=Erosion, r=regenerierend.

Außerdem traten auf (sofern nicht anders angegeben mit <1%):

*Bazzania trilobata* (HD01), *Campylopus flexuosus* (SK04), *Deschampsia flexuosa* (10% WW01), *Dicranodontium denudatum* (WW01, HD01), *Dicranum scoparium* (AS7, HG08), *Hylocomium splendens* (AS3), *Barbilophozia attenuata* (AS7), *Galium hercynicum* (KN01), *Anthoxanthum odoratum* (KN02), *Eriophorum angustifolium* (KN02), *Juncus effusus* (KN02), *Rhytidadelphus loreus* (VK04).

### A.3 Wasserpegel

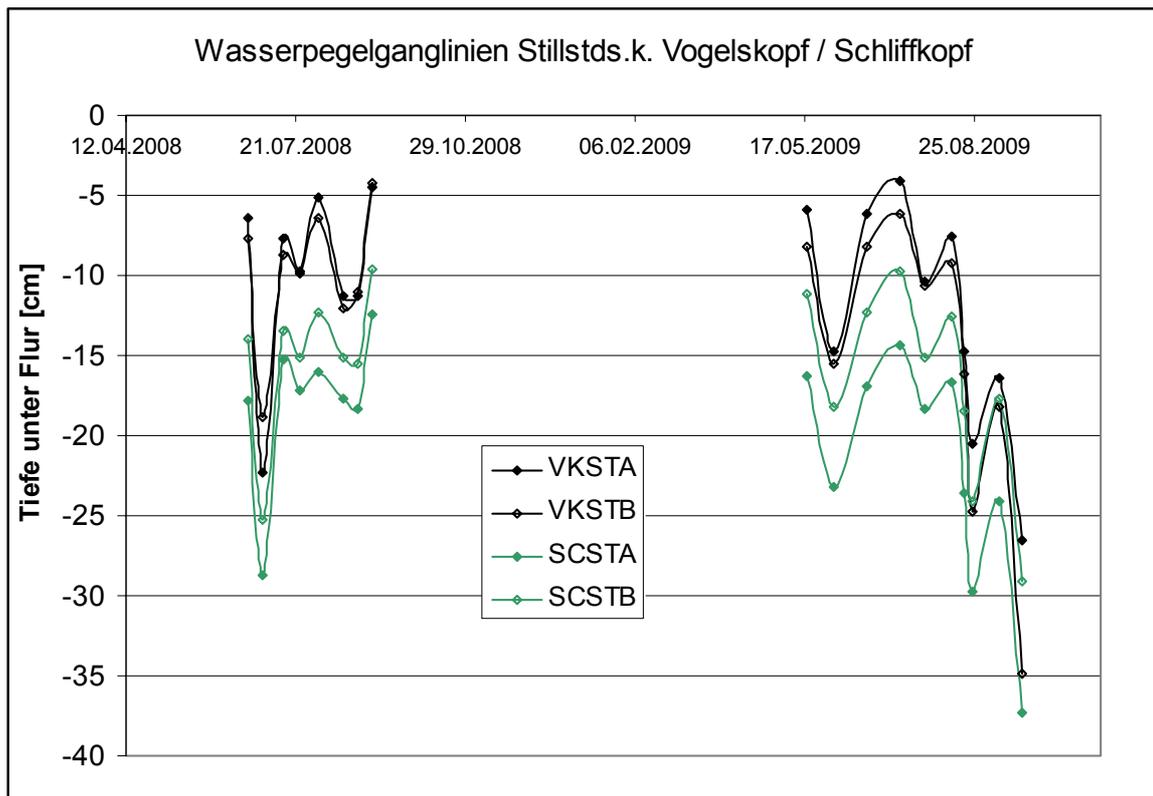


Abb. A1: Wasserpegelganglinien Vogelskopf Schliffkopf 2008 / 2009, 18 Messtermine.

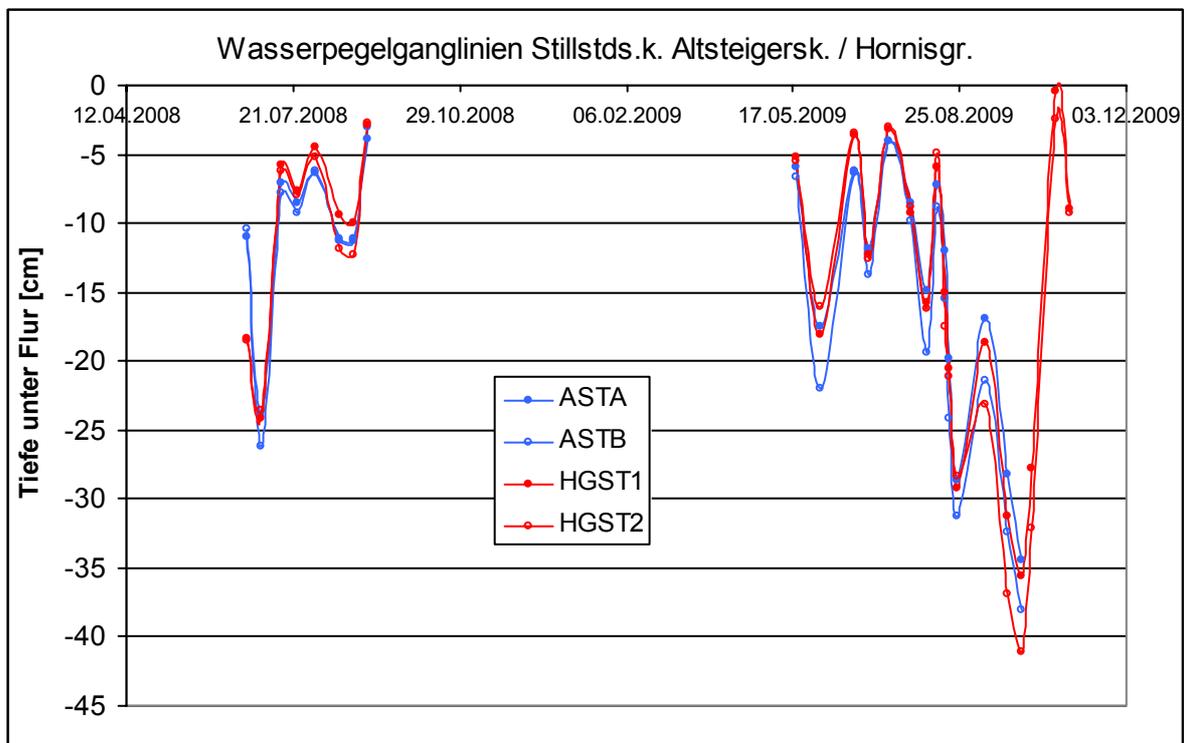


Abb. A2: Wasserpegelganglinien (Flächenmediane), Altsteigersk. u. Hornisgr. 2008 / 2009, 25 Messtermine. Messwerte für den Altsteigerskopf für den 01.07.09 geschätzt.

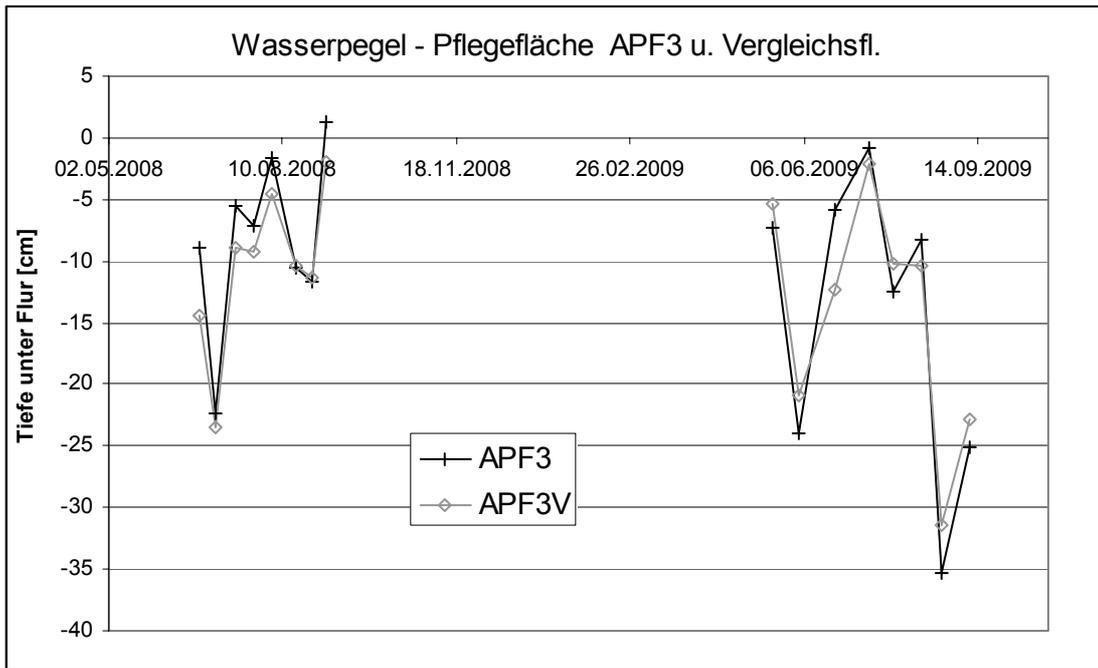


Abb. A3: Wasserpegelganglinien 2008/2009 Pflegefläche APF3 u. APF3V

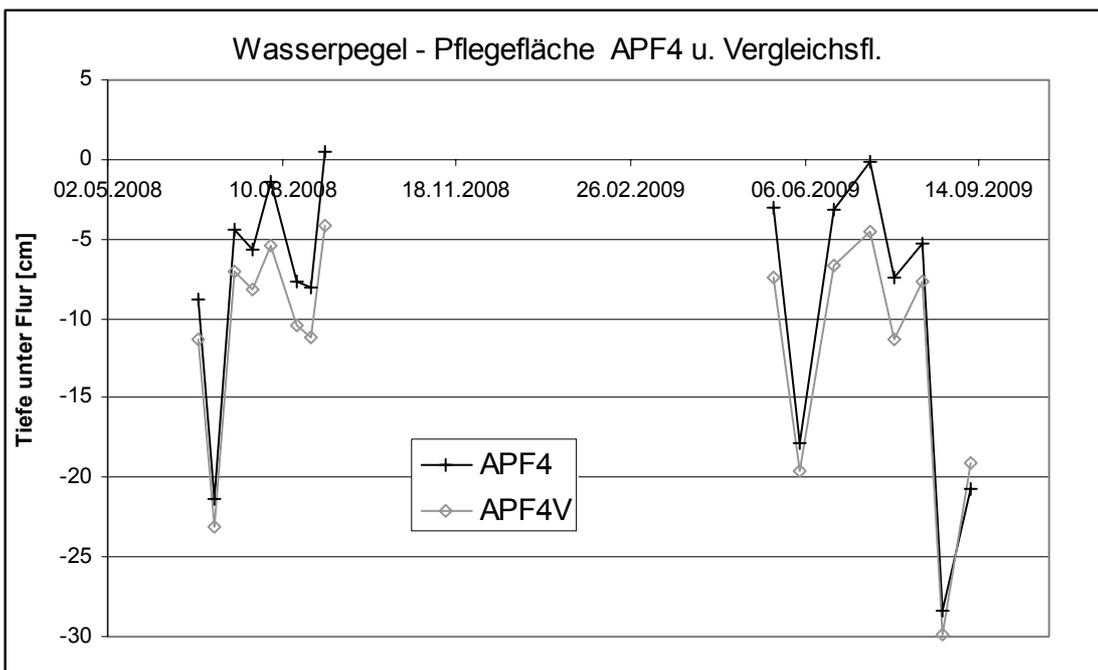


Abb. A4: Wasserpegelganglinien 2008/2009 Pflegefläche APF4 u. APF4V

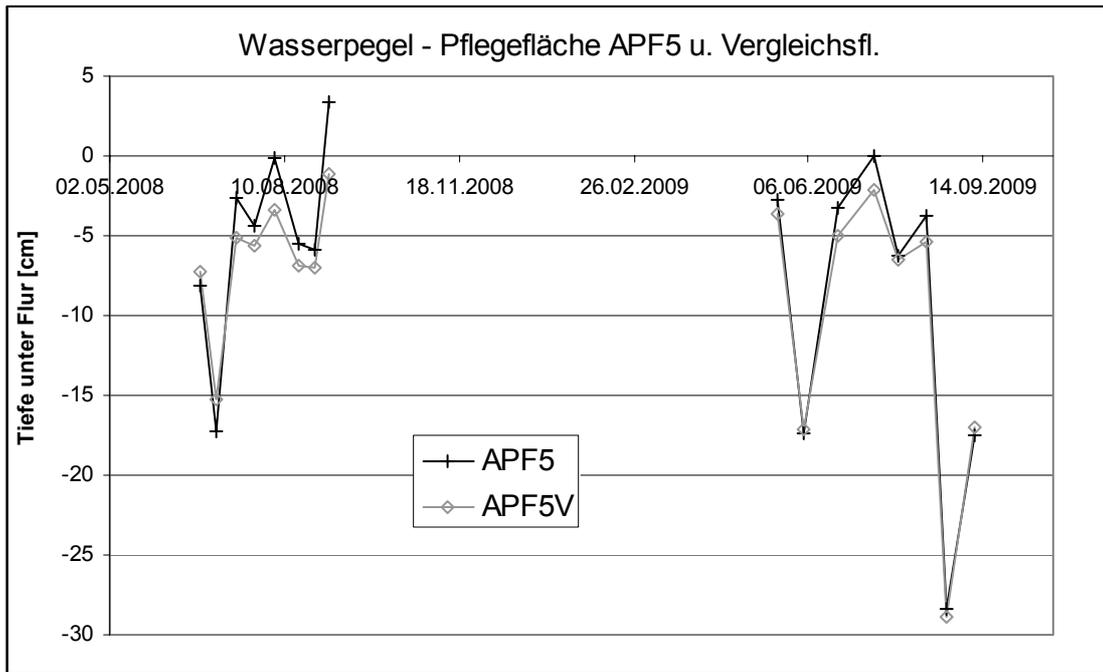


Abb. A5: Wasserpegelganglinien 2008/2009 Pflegefläche APF5 u. APF5V

## A.4 Anhang multivariate Analyse

Code	Calluna	Trichoph	Eriophvag	Sphmag	Sphagcap	Humos26
MPAS1	0,005555556	0,005319149	0,033333333	0,95	0	0,2
MPAS2	0,722222222	0,031914894	0,166666667	0,5	0,01010101	0,3
MPAS3	0,888888889	0,005319149	0,333333333	0,03	0,01010101	0,85
MPAS4	0,666666667	0,053191489	0,166666667	0,1	0,101010101	0,2
MPAS5	0,011111111	0,85106383	0,066666667	0,01	0	0,7
MPAS6	0,722222222	0,005319149	0,266666667	0	0	0,8
MPAS7	0,722222222	0	0,166666667	0	0,101010101	0,5
MPAS8	0,033333333	0	0,016666667	0	0	0,6
MPAS9	0	0	0,066666667	0	0,02020202	0,65
MPAS10	0,277777778	0,085106383	0,5	0,9	0,050505051	0,25
MPAS11	0,055555556	0,265957447	0,1	0,12	0,878787879	0,425
MPAS12	0,833333333	0,053191489	0,066666667	0	0,03030303	0,6
MPAS13	0,555555556	0,010638298	0,1	0,0001	0,202020202	0,6
MPAS14	0,044444444	0,85106383	0	0	0	0,9
MPAS15	0,022222222	0	0,033333333	1	0	0,225
MPHG01	0,555555556	0,372340426	0,5	0	0	0,95
MPHG02	0,611111111	0,212765957	0,666666667	0	0	0,6
MPHG03	0,5	0,319148936	0,666666667	0	0	1
MPHG04	0,022222222	0,319148936	0,666666667	0	0	0,6
MPHG05	0,555555556	0,159574468	0,333333333	0,5	0	0,25
MPHG06	0,277777778	0,638297872	0,3	0	0	0,8
MPHG07	0,5	0,159574468	0,666666667	0	0	0,1
MPHG08	0,111111111	0,372340426	1	0	0	0,975
MPHG09	0,833333333	0,106382979	0,333333333	0	0	0,75
MPHG10	0,166666667	0,638297872	0,233333333	0,1	0	0,8
MPHG11	0,111111111	0,425531915	0,066666667	0	0	0,95
MPHG12	0,111111111	0,106382979	0,833333333	0,92	0	0,225
MPHG13	0,166666667	0,638297872	0,666666667	0	0	0,85
MPHGN01	0,5	0,478723404	0,233333333	0	0	0,8
MPHGN02	0,555555556	0,372340426	0,333333333	0	0,04040404	0,6
MPKN01	0,011111111	0,010638298	0,266666667	0	0	0,5
MPKN02	0,011111111	0	0,3	0	0,01010101	0,15
MPSA1	0,111111111	0,053191489	0,266666667	0,45	0,151515152	0,45
MPSC01	0,888888889	0,085106383	0,333333333	0	0,606060606	0,3
MPSC02	0,722222222	0,085106383	0,333333333	0	0,909090909	0,3
MPSC03	0,777777778	0,159574468	0,033333333	0	0,707070707	0,8
MPSC04	0,7	0,074468085	0	0	0,505050505	0,55
MPSC05	1	0,031914894	0,033333333	0	0,050505051	0,75
MPSC06	0,666666667	0,265957447	0,166666667	0	0,101010101	0,6
MPSC07	0,666666667	0	0,066666667	0	0,454545455	0,3
MPSC08	0,833333333	0,005319149	0,333333333	0	0,606060606	0,4
MPSC09	0,888888889	0,021276596	0,1	0,02	0,353535354	0,4
MPSC10	0,944444444	0,005319149	0,133333333	0	0,808080808	0,5
MPSC11	0,555555556	0,053191489	0	0	0,909090909	0,3
MPSC12	0,611111111	0,010638298	0,166666667	0	0,98989899	0,2
MPSK01	0,005555556	0	0,033333333	0	0,005050505	0,7
MPSK02	0,722222222	0,005319149	0,166666667	0	0,454545455	0,3
MPSK03	0,022222222	0	0,033333333	0,005	0,95959596	0,5
MPSK04	0,666666667	0	0,333333333	0,3	0,606060606	0,3
MPPF01	0,833333333	0,074468085	0,016666667	0,02	0,95959596	0,15
MPPF02	0,222222222	0,319148936	0,066666667	0	0,555555556	0,2
MPWW01	0	0	0	0	0,95959596	0,25

Tab. A7a: Für die multivariate Analyse der Messpunkte eingesetzte standardisierte Datenmatrix.

Code	Calluna	Trichoph	Eriophvag	Sphmag	Sphagcap	Humos26
MPHD01	0	0	0,1	0	0,808080808	0,475
MPHD02	1	0,053191489	0,016666667	0,005	0,151515152	0,6
MPHD03	0,611111111	0,106382979	0	0	1	0,3
MPHK01	0,666666667	0,531914894	0,166666667	0	0,606060606	0,3
MPHK02	0,666666667	0,106382979	0	0	0,95959596	0,2
MPHK03	0,777777778	0,212765957	0	0	0,656565657	0,25
MPHK04	0,833333333	0,053191489	0,333333333	0,1	0,555555556	0,425
MPHK05	0,666666667	0,053191489	0,166666667	0	0,858585859	0,25
MPOC01	0,055555556	0	0	0	0,95959596	0,2
MPOC02	0	0,005319149	0	0,1	0,858585859	0,4
MPVK1	0,333333333	0,010638298	0,666666667	0,15	0,808080808	0,2
MPVK2	0,666666667	0,010638298	0,333333333	0,01	0,04040404	0,6
MPVK3	0	1	0	0	0,02020202	1
MPVK4	0	0	0,1	0,3	0,303030303	0,4
MPVK5	0,555555556	0,478723404	0,033333333	0	0,202020202	0,6
MPVK6	0,011111111	0,936170213	0	0	0	0,5
MPVK7	0,5	0,212765957	0,666666667	0	0,808080808	0,25
MPVK8	0,555555556	0,585106383	0	0	0,909090909	0,3
MPVK9	0,222222222	0,265957447	0,166666667	0	0,909090909	0,2
MPVK10	0,611111111	0,106382979	0,5	0,005	0,151515152	0,8

Tab. A7b: Für die multivariate Analyse der Messpunkte eingesetzte standardisierte Datenmatrix.

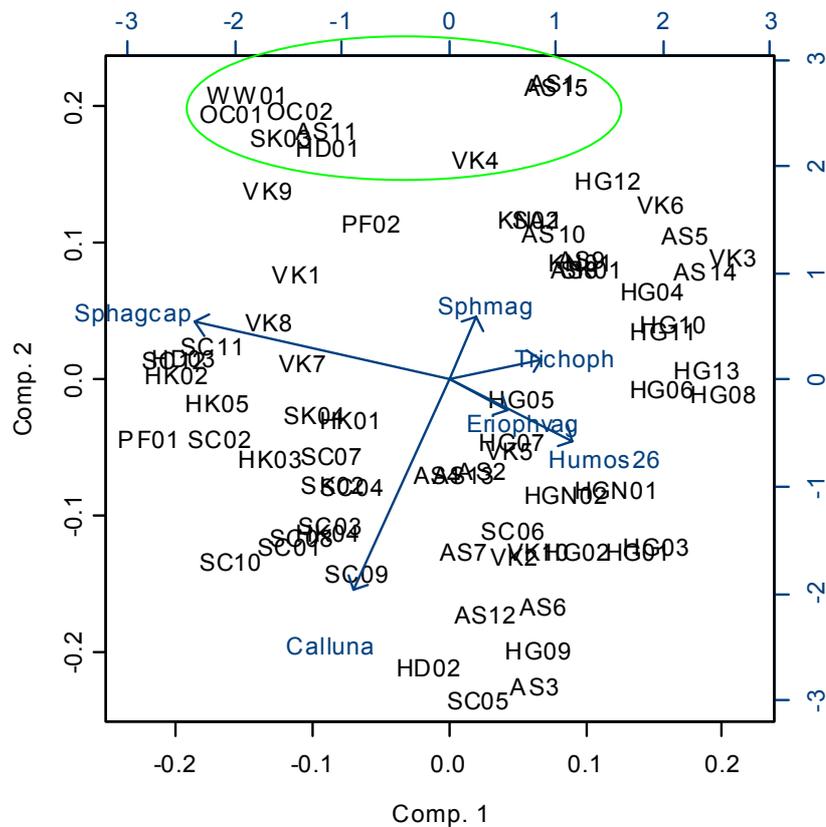


Abb. A6: Biplot (1,2) aus den Messpunkten und den Faktoren Call, Trichoph, Erioph., Sph.mag., Sph.cap. und Humosität2-6cm.

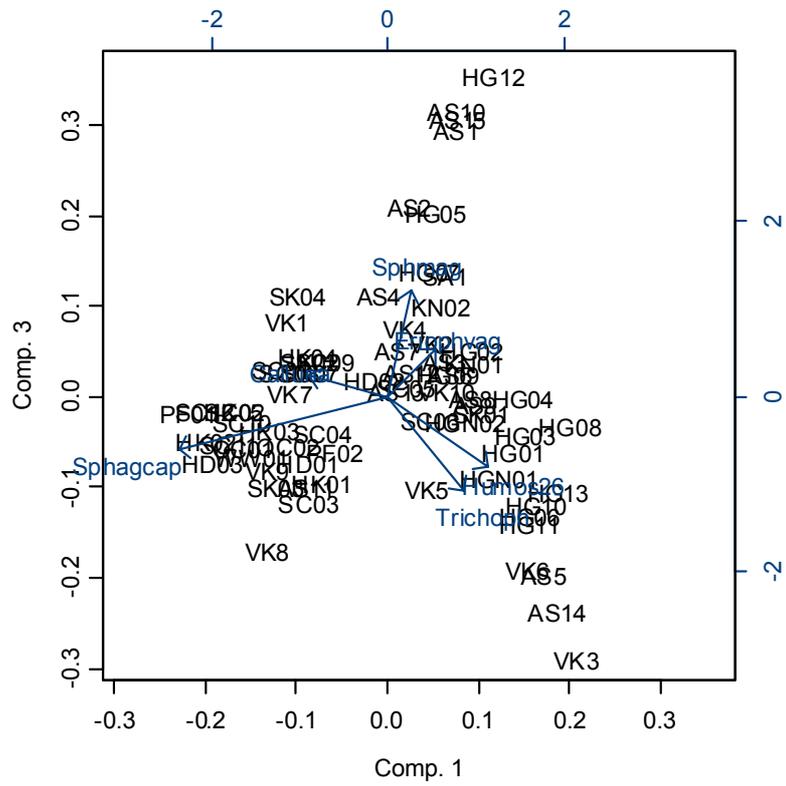


Abb. A7: Biplot (1,3) aus den Messpunkten und den Faktoren Call, Trichoph, Erioph., Sph.mag., Sph.cap. und Humosität2-6cm.

## A5. Torfprofile

Abkürzungen: br = braun, w = Wurzel, H = Humositätsgrad nach Von Post

<b>SCSTA6</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0-5 cm	Erioph. Wurzelscheiden, lebend + abgest.
5-10 cm	<b>Brandschicht</b>
10-17 cm	d.br. H8-Torf
17-21 cm	mehr Faserreste und Wurzeln von Eriophorum
alle drei Horizonte durchwurzelt	
<b>SCSTA5</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0-8cm	hellbr. Sph-Torf
8-12cm	Asche/ <b>Brandschicht</b>
12-16cm	Asche-d.br. Torf – Übergang
<b>SCSTA5</b>	<b>ganz lokales Torfwachstum</b>
0-8 cm	rötlicher junger Sphagnumtorf
8-12 cm	lockerer beiger Sph.-Torf mit Pinuswurzeln und Ericaceenwurzeln
12-14 cm	Übergangshorizont
14-18 cm	<b>Brandschicht</b> , bei 14-15 cm Asche
18-22 cm	dunkelbrauner, sehr stark zersetzter kompakter H9-Torf,
<b>SCSTA3</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0-10 cm	beiger Leucobryumtorf, gut erhalten, viele Pinus-Feinwurzeln
10-16 cm	schwarzbrauner <b>Brandtorf</b> , sehr dicht, sehr stark zersetzt, H9 scharfer Übergang von 10 nach 11 cm
<b>SCSTA2</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0-9 cm	hellbeiger Leucobryumtorf, stark durchwurzelt
9-11 cm	Übergang, dichter Leucobryumtorf
11-12 cm	scharfer <b>Brandhorizont</b>
12-20 cm	dunkelbrauner, sehr dichter, sehr stark zersetzter Torf, H9
<b>SCSTB1</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 - 5 cm	rohhumusartiger Torf, stark durchwurzelt
5 - 6 cm	Übergangshorizont
6 - 8 cm	<b>Brandschicht</b> , sehr dichter Torf
8 - 20 cm	dunkelbrauner, sehr dichter sehr stark zers. Torf mit Eriophorumwurzeln, H9
<b>SCSTB6</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 - 5 cm	rohhumusartiger Torf, viele coralloide Kiefern-Feinwurzeln
5 - 7 cm	dunkelbraun-grauer Übergangshorizont
7 - 10 cm	<b>Asche-Brandschicht</b>
10 - 12 cm	Übergangshorizont
12 - 15 cm	hellbraun-beiger Sphagnumtorf
15 - 22 cm	dunkelbrauner, sehr dichter, sehr stark zers. Torf H9

**SCSTB4 2008 kein Moorwachstum**

- 0 - 7 cm rohhumusartiger Torf
- 7 - 10 cm **Brandschicht**
- 10 - 18 cm dunkelbraun-schwärzlicher Torf, sehr dicht sehr stark zersetzt, H10

**SCSTB5 2008 kein Moorwachstum**

- 0 - 5 cm rohhumusartiger Torf
- 5 - 7 cm **Brandschicht**, sehr dichter Torf
- 7 - 22 cm dunkelbrauner, dichter Torf, H7-8

**HGST2 2008 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

- 0 - 3 cm Streu und Wurzeln
- 3 - 7 cm schwarzbrauner, aber lockerer und stark durchwurzelter Torf
- 7 - 11 cm dichter schwarzbrauner **Brandhorizont**
- 11 - 16 cm rehbrauner Wollgrastorf
- 16 - 21 cm rehbrauner bis fuchsbrauner Sphagnumtorf, mittelstark zersetzt

**HGST2 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

- 0 - 1 cm Streu, Moose (Odontoschisma)
- 1 - 3,5 cm rohhumusartiger Torf, viele Callunawurzeln
- 3,5 - 4,5 cm Übergang
- 4,5 - 7,5 cm **Brandschicht**, schwarzgrau, sehr dicht, viele Trichophorumwurzeln, etw. Callunawurzeln, H10
- 7,5 - 14,5cm dunkelbrauner, sehr dichter Torf, cremig, kaum Pflanzenreste, Trichophorumwurzeln, H9
- 14,5 - 22,5cm dunkelbr. Wollgrastorf, viele Trichophorumwurzeln, dicht, etw. breiig, H8

**HGST1 abgestorbener Torf**

- 0 - 1 cm Odontoschisma u. Streu
- 1 - 3 cm rotbrauner rohhumusartiger Torf, viele Callunawurzeln, nicht quetschbar
- 3 - 7 cm etw. amorphe Matrix, dunkelbr. Torf, sehr stark durchwurzelt, Callunawurzeln, Trichophorum-/Wollgraswurzeln, Matrix H8-9
- 7 - 11 cm Brandschicht, grau, breiig, H10, Callunawurzeln enden in der Mitte der Brandschicht, viele Trichophorumwurzeln
- 11 - 13 cm Übergang, graubraun, mit Sphagnumtorf, voll breiig, H8
- 13 - 22 cm fuchsbrauner bis dunkelbr. Sphagnumtorf, nicht breiig, etw. Wollgrasreste, Trichophorum-/Wollgraswurzeln

**HGST1 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

- 0 - 3,5 cm rohhumusartiger, lockerer stark durchwurzelter Torf
- 3,5 - 9,5 cm dichter **Brandhorizont**, schwarz-ashgrau
- 9,5 - 13 cm Übergang von Sphagnum zu Wollgrastorf,
- 13 - 18 cm gelbbrauner, mittelstark zersetzter Sphagnumtorf (H5-6)

**VKSTA6 kein Moorwachstum**

- 0 - 9 cm heller Sphagnumtorf (*Sphagnum capillifolium*)
- 9- 10 cm Übergangshorizont
- 10 - 12 cm **Brandschicht**
- 12 - 16 cm dichter brauner bis dunkelbrauner Torf
- 16 - 22 cm dunkelbrauner, stark zersetzter dichter Torf

<b>VKSTA5</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 – 7 cm	Leucobryumtorf
7 – 8,5 cm	Übergangshorizont
8,5 – 11 cm	<b>Brandschicht</b>
11 – 22 cm	dunkelbrauner Torf mit Trichophorum- u. Eriophorumwurzeln
<b>VKSTA4</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum</b>
0 – 2 cm	rohhumusartiger Torf
2 – 4 cm	dunkelbrauner, schwärzlicher dichter Torf
4 – 6 cm	<b>Brandschicht</b>
6 – 22 cm	vererdeter dunkelbrauner dichter Torf, mit Trichophorum-Eriophorumwurzeln
<b>VKSTA3</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum</b>
0 – 3 cm	dunkelbrauner rohhumusartiger Torf, rel. dicht
3 – 5 cm	Übergangshorizont
5 – 8 cm	<b>Brandschicht</b>
8 – 9 cm	Übergangshorizont
9 – 13 cm	etwas heller brauner dichter Torf
13 – 22 cm	dunkelbrauner dichter Torf
<b>VKSTB1</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 - 5 cm	rötlicher gut erhaltener Sphagnumtorf
5 - 6 cm	Übergangshorizont
6 – 9 cm	schwarzbraune <b>Brandschicht</b> , sehr dicht
9- 22 cm	dunkelbrauner sehr stark zers. Torf mit Eriophorumwurzeln
<b>VKSTB6</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0-3 cm	heller, rötlicher gut erhaltener Sphagnumtorf
3 -6 cm	hellbeiger, dichter stärker angegriffener Sphagnumtorf
6 – 8 cm	<b>Brandschicht</b>
8 -22 cm	dichter, stark von Eriophorum durchwurzelter Torf
<b>VKSTB4</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0-5 cm	beiger, rötlicher Sphagnumtorf mit vielen Callunawurzeln
5 – 8 cm	Übergangshorizont, Sphagnumtorf stärker angegriffen, dichter, mit brauner Matrix
8 – 11 cm	<b>Brandschicht</b>
11 – 22 cm	dichter dunkelbrauner Torf
<b>VKSTB3</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
1 – 6,5 cm	rötlicher heller Sphagnumtorf mit Eriophorumwurzeln
6,5 – 7,5 cm	Übergangshorizont
7,5 – 10 cm	<b>Brandschicht</b>
10 -20 cm	dunkelbrauner Torf, dicht, mit Eriophorumwurzeln
<b>ASTA</b>	<b>lokales Moorwachstum</b>
0 – 2	lebendes Sphagnum capillifolium
2 – 5	rosa Sphagnumtorf, locker, Callunawurzeln, H2
5 – 11	rosa-beiger Sphagnumtorf, kompakt, Callunawurzeln, H2
11 – 13	Übergang, Sphagnum-magell.-Torf, mit dunkelbr. Matrix, H7
13 – 16,5	<b>Brandschicht</b> , schwarzbraun, Callunawurzeln enden hier, halb breiig, dicht, H10

16,5 – 22 dunkelbrauner amorpher Torf, voll breiig, einzelne Callunawurzeln, Wollgrasreste, H9  
> teilweise ab 7 cm stärker angegriffener H4-Torf

**ASTA2 lokales Torfwachstum**  
0 – 5 cm gelber Sphagnum magell.-Torf  
5 – 7 cm Übergangshorizont  
7 – 10 cm dunkelbrauner Torf, evtl. mit Asche  
10 – 16 cm **Brandschicht**  
17 – 22 cm fuchsbrauner Sphagnumtorf  
von 0 bis 7 cm Kiefernfeinwurzeln

**ASTA4 kein Moorwachstum**  
0 – 3 cm rohhumusartiger Torf  
3 – 4 cm Übergangshorizont  
4 – 8 cm schwarzgraue **Brandschicht**  
8 – 12 cm dunkelbrauner stark zers. kompakter Torf, H8  
12 – 22 cm dunkelbrauner Sphagnumtorf, H6  
Wollgraswurzeln von 0 bis 20 cm

**ASTA1**  
0 – 7 cm heller, gut erhaltener Sphagnumtorf  
7 – 8 cm Übergangshorizont  
8 – 16 cm **Brandschicht**  
16 – 22 cm dunkelbrauner sehr stark zers. Torf, H9

**ASTA6 kein Moorwachstum**  
0 – 14 cm schwarzbrauner stark zersetzter Torf  
14 – 22 cm dunkelbrauner Wollgrastorf

**ASTB kein Torfwachstum, kein Moorwachstum**  
0 – 1,5 lebendes Sphagnum tenellum  
1,5 – 2 dünner heller Sphagnum ten., etw. Streu  
2 – 5 dunkelbrauner Torf, sehr stark zers., durchwurzelt von Calluna, Matrix dunkelbraun, H8-9,  
5 – 9,5 **Brandschicht**, grau-schwarzbraun, voll breiig, Callunawurzeln enden auf Brandschicht, H10  
9,5 – 13,5 fuchsbrauner-dunkelbrauner Sphagnumtorf, Wollgras-/ Trichophorumwurzeln, H4  
13,5 – 20 dunkelbrauner kompakter Sphagnumtorf, stärker angegriffen, nicht breiig, H4

**ASTB lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**  
0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium  
2 – 6 Sphagnum cap.-Torf, hell, H3  
6 – 8 Übergang mit amorpher Matrix, H5  
8 – 13 **Brandschicht**, Callunawurzeln enden bei 13 cm, H10  
13 – 17 dunkelbrauner Torf, breiig, H8  
17 – 22 dunkelbrauner etw. breiiger Sphagnumtorf, H7

**ASTB lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**  
0 – 2 Sphagnum magell., lebend  
2 – 3 Übergang

3 - 7	beigebrauner Sphagnum magell.-Torf, locker, Mischhoizont, Pinuswurzeln, Callunawurzeln, H3-4
7 - 13	stärker abgebauter grau-dunkelbrauner Sphagnumtorf, etw. Pinuswurzeln, viele Callunawurzeln, H6
13 - 17	<b>Brandschicht</b> , nass, voll breiig, etw. Callunawurzeln, H10
17 - 22	dunkelbrauner rötlicher breiiger Sphagnum-Wollgrastorf, Wollgraswurzeln, H7-8
<b>ASTB2</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 - 3 cm	beige-brauner Torf
3 - 7 cm	Übergang zu dunkelbraunem Torf
7 - 11 cm	<b>Brandschicht</b>
11 - 22 cm	fuchsbrauner Sphagnumtorf
<b>ASTB3</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum</b>
0 - 4 cm	rohhumusartiger Torf
4 - 7 cm	graue Brand-/Ascheschicht
7 - 11 cm	brauner Sphagnumtorf
11 - 22 cm	fuchsbrauner Sphagnumtorf, H5-6
<b>ASTB6</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum</b>
0 - 4 cm	rohhumusartiger Torf
4 - 7 cm	graue <b>Brandschicht</b>
7 - 8 cm	Übergangshorizont
8 - 12 cm	dichter dunkelbrauner Torf
12 - 22 cm	dunkelbraun-fuchsbrauner Sphagnum-Torf
<b>ASTB5</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum</b>
0 - 4 cm	rohhumusartiger Torf
4 - 5 cm	Übergangshorizont
5 - 10 cm	<b>Ascheschicht</b>
10 - 18 cm	rehbrauner mittelstark zersetzter Sphagnumtorf
18 - 22 cm	dunkelbrauner stark zersetzter Torf
<b>APF3V</b>	<b>1,43 m, lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum</b>
0 - 2	lebendes Sphagnum capillifolium
2 - 3,5	rosa Sphagnumtorf, H2
3,5 - 7	beiger kompakter Sphagnumtorf, Callunawurzeln u. Pinusw., H3
7 - 9	Sphagnumtorf m. amorpher Matrix, braun bis dunkelbr., H5
9 - 10	Übergang, schwarzbrauner amorpher Torf, H8
10 - 13	<b>Brandschicht</b> , schwarz-grau, voll breiig, recht dicht, coralloide Pinuswurzeln, H10
13 - 20	dunkelbrauner schwärzlicher recht dichter Torf, amorph, voll breiig, einzelne Pinuswurzeln!, H10
20 - 22	dunkelbrauner Torf, voll breiig, weich, etw. tote Callunaw., H9
<b>APF3</b>	<b>1,3 m wächst nicht, Sphagnumregeneration unter Wollgas, unterhalb APF3 in Verebnung Wachstumspotenzial</b>
0 - 1	Streu, Polytrichum strictum, Pleurozium schreberi, Campylopus pyriforme
1 - 2	beiger Sphagnumtorf, H4-5
2 - 3	Übergang, durchwurzelt, amorpher Anteil hoch, viele Callunaw., H7
3 - 6,5	<b>Brandschicht</b> , blauschwarz-grau, weich, viele Callunawurzeln obenauf,

6,5 – 20 brauner Sphagnumtorf, Wollgras- oder Trichoph.wurzeln + Blattscheiden, halb breiiger Torf, (6,5 bis 10 cm auch helle Sphagnumreste), H7-8

**APF4 2,06 m, kein Moorwachstum aber Sphagnumregenerationszellen**

0 – 1 Sphagnum magellanicum, lebend  
1 – 2,5 dünner Sphagnumtorf mit Streu, H3-4  
2,5 – 4 dunkelbr. Rohhumusartiger Torf mit amorpher Matrix, H7  
4 – 7 **Ascheschicht?**, fast amorpher Torf, dunkelgrau, oben viele Callunawurzeln, Wollgrasreste, H8-9  
7 – 9 Übergang, graubr. Torf, aber etw. helle Sphagnumreste, Callunawurzeln, H5-6  
9 -10 2. Brandschicht, dünn, schwarz, Wollgrasreste, H8  
10 – 12 olivbrauner Übergang, breiig, H7-8  
12 – 19 gelbbrauner/brauner Sphagnumtorf, etw. breiig, tote Wurzeln, H6  
19 – 22 gelbbr. Sphagnumtorf, etw. heterogen, z.T. mit amorphem Anteil, alte Wollgraswurzeln, H4-5

**APF4V 1,4 m, lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum, Wurzelhalse von Pinus frei!**

0 – 1,5 cm lebendes Sphagnum capillifolium  
1,5 – 3 lockerer rosa Sphagnumtorf, H2  
3 – 6 beiger, kompakter Sphagnumtorf, H3  
6 – 8 stark durchwurzelter Übergangshorizont m. lebenden Wollgrasblattscheiden und Pinus-Feinwurzeln, H8  
8 – 15 schwarzbr. Torf mit **Brandschicht** (12 – 15 cm), dichter, cremiger Torf m. Wollgraswurzeln, Callunawurzeln 8 – 12 cm, H8  
15 – 24 dunkelbr. Schwärzlicher Torf, dicht, cremig, Wollgraswurzeln, H8  
24 – 27 dunkelbr. Sphagnumtorf, weich breiig, H7  
27 – 31 fuchsbrauner Sphagnum-/Wollgrastorf, H4-5  
ab 31 gelber Sphagnumtorf

**APF5 0,74 m, lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**

0 – 5 lebendes Sphagnum magell.  
6 -12 beiger, etw. kompakter Sphagnumtorf, H2, m. Zwergstrauchwurzeln  
12 – 16 Übergang, dunkelbr. Schwarzer Torf, Zwergstrauchwurzeln (Andromeda), etw. Pinuswurzeln, breiig, H6  
16 – 22 nach unten unklar begrenzte **Brandschicht**, grau, viele tote Callunawurzeln, breiig, H9  
22 – 33 dunelbrauner, amorpher Torf, vollbreiig, cremig, Holzreste, Zapfen, etw. Wollgrasswurzeln, H9  
33 -37 fuchsbrauner Sphagnumtorf, H 6 -7

**APF5V 1,01 m, lokales Moorwachstum, benachbart Stagnation**

0 – 2,5 lebendes Sphagnum magell.  
2,5 – 4 junger lockerer Sphagnumtorf, H2  
4 – 9 beiger sphagnumtorf, Pinuswurzeln, Callunawurzeln, H3  
9 – 12 Übergang, beige-brauner Sphagnumtorf m. amorphem Anteil, Callunaw., Wollgrasw., H4-5  
12 – 17 dunkelbr., sehr stark zersetzter Torf, weich, viele Wollgraswurzeln, H9  
17 – 22 **Brandschicht**, schwarzgrauer amorpher breiiger Torf, auf Brandschicht viele Wollgrasw., H10  
22 – 25 Übergang, dunkelbr., dichter rehbraunervoll breiiger bis cremiger Torf, H9

25 – 33 fuchsbrauner Sphagnumtorf, halbbreilig, noch nicht amorph, Wollgraswurzeln, H6-7

**VKSTA abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 Odontoschisma den., Trichophorumstreu  
1 – 4 schwarzbraune Matrix, viele Trichophorumwurzeln, Callunaw., H9  
4 – 8 Brandschicht, dicht, cremig, etwas breilig, nicht so dicht wie weiter unten, viele Trichophorumw., H10  
8 – 12 dunkelbrauner, dichter cremiger stark angegriffener Sphagnumtorf, viele Trichophorumw., H9  
12 – 20 schwarzbrauner, dichter (!) Torf, Brand??, viele Trichophorumw., H10

**VKSTA unter Sphagnum cap.**

0 – 1 lebendes Sphagnum cap.  
1 – 4 lockerer rosa Sphagnumtorf, Callunawurzeln, H2-3  
4 – 11 beigebrauner Sphagnumtorf, mit Callunaw., H3

**VKSTB lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**

0 – 1 lebendes Sphagnum cap.,  
1 – 4 gelbrosa Torf, locker, Callunaw., H2  
4 – 10 beigebrauner Sphagnumtorf, lebende Enchyträen, Callunaw., Trichophorumw., etwas amorpher Anteil, H(3) – 4  
10 – 13 Brandschicht, schwarzbr. (engere Brandschicht nur 1,5 cm stark), dicht, viele Trichophorumw., etw.breilig, H9-10  
13 – 18 brauner – dunkelbr. dichter Torf, stark zersetzt, sehr fest, Trichophorumw., Wollgrasreste, etw. breilig, H7  
18 – 22 schwarzbr. Torf, zweite Brandschicht, Kohlepartikel, etw. breilig, Trichophorumw., Wollgrasreste, H8

**VKSTB kein Moorwachstum**

0 – 5 beiger Sphagnumtorf  
5 – 7 Übergang  
7 – 11 Brandschicht, schwarzbr., etw. breilig, H9-10  
16 – 17 zweite Brandschicht

**VKSTB abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 Pleurozium schreberi – Streu  
1 – 6 brauner Torf, viele Callunawurzeln, ziemlich angegriffener Torf, amorpher Anteil, H6-7  
6 – 9 Brandschicht, schwarzbr., H9-10  
9 – 22 dichter Wollgrastorf, H8-9

**SCSTA ganz lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium  
2 – 6 beiger - rosa Sphagnumtorf, kompakt, Callunaw., H3  
6 – 10 dunkelbrauner Sphagnumtorf, coralloide Pinuswurzeln, Callunawurzeln, etw. amorphe Substanz, H4  
10 – 14 Brandschicht, schwarz breilig, obenauf viele Callunawurzeln, klingen bei 12 cm aus, Wollgraswurzeln, H10

14 – 22 schwarzbrauner Torf dicht amorph, fest, kaum breiig, Callunawurzeln enden obenauf, einzelne Wollgraswurzeln, H9

**SCSTB kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Sphagnum cap.

2 – 4 gelbbeiger Sphagnumtorf, etw. Callunawurzeln, H3

4 – 11 dunkelbrauner, stark durchwurzelter Torf, etw. amorphe Substanz, viele Wollgrasblattscheiden, Pinuswurzeln (auch coralloide), Callunaw., H4-5

11 – 12 Übergang, dunkelbr. Torf, amorpher Anteil hoch

12 – 16 Brandschicht, dunkelbraun-schwarz, dichter cremiger Torf, voll breiig, viele Wollgraswurzeln, H10

**MPAS01 Torfwachstum, Moorwachstum**

0 – 4 lebendes Sphagnum magellanicum

4 – 8 lockerer gelb-beiger Sphagnumtorf, H2

8 – 13 etw. dichter kompakter angegriffener aber heller Sphagnumtorf, H2

13 – 15 Übergang, Sphagnumblättchen mit amorphen Anteilen

15 – 25 **Brandschicht**, schwarzbraun, amorph, H10

25 – 28 dunkelbrauner dichter Torf, amorph, etw. breiig, weich, geht zu b100% durch die Finger, H9

28 – 33 rehbrauner Sphagnum- und Wollgras-Torf, voll breiig, H7-8

**MPAS02 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Sphagnum magellanicum

2 – 7 kompakter beiger Sphagnumtorf, Callunawurzeln, H3

7 – 11 lockerer schwarzbrauner amorpher Torf, (Brandtorf?), viele Callunawurzeln!, Matrix H9

11 – 14 kompakte Brandschicht, amorph, breiig, Callunawurzeln enden in der **Brandschicht**, H10

14 – 22 goldbrauner/rehbrauner Sphagnum magell.-Torf, H6

22 – 28 brauner-rehbrauner Sphagnumtorf m. Wollgrasresten, H7

**MPAS03 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 Streu

1 – 4 rohhumusartiger Torf, locker, mit amorpher Matrix, Enchytraeen! Sehr viele Callunawurzeln, H8

4 – 7 mehr amorphe Matrix, Enchytraeen, dicht, viele Callunawurzeln, H9

7 – 9 **Ascheschicht**, schwarzgrau, dicht, etw. Callunawurzeln, H10

9 – 12,5 dunkelbrauner dichter Torf, amorph, weich, etw. Trichophorumwurzeln, H8

12,5 – 13,5 helle Sphagnumphase, gelbbraun, H5

13,5 – 20 Sphagnum-Wollgrastorf, dunkelbraun, viele Sphagnumreste, Wollgrasreste, etwas breiig, kaum Wurzeln, H7 (6)

**MPAS04 Torf z.T. abgest., kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Leucobryum, Odontoschisma den.

2 – 6 beiger Leucobryumtorf, kompakt, H2(??), viele Callunawurzeln

6 – 10 brauner Leucobryumtorf, unten mit amorphem Übergang, ansonsten geringer amorpher Anteil, viele Callunawurzeln, H4

10 – 13 **Brandschicht**, schwarzgrau, voll breiig, Callunawurzel enden in Brandschicht, wenige Trichophorumwurzeln, H10

13 – 15 amorpher Übergang, dunkelbraun-schwarz, voll breiig, H9

15 – 22 dunkelbrauner-fuchsbrauner Sphagnumtorf, etw. breiig, rel. dicht, wenige Trichophorumwurzeln, etw. Wollgraswurzeln, H7

**MPAS05 kein Moorwachstum**

0 – 2 beiger Sphagnumtorf, angegriffen, H3

2 – 5 dunkelbrauner Torf, Wollgrasreste und Wollgraswurzeln, H7

5 – 8 **Brandschicht**, schwarzbraun, dicht, etw. breiig, Wollgrasreste, Trichophorumwurzeln, nass, H8

8 – 13 Wollgrasphase, dunkelbraun, dicht, etw. breiig, Trichophorumwurzeln, H8

13 – 22 dunkelbraun-schwarz gescheckter Torf, dicht, kompakt, Matrix fast amorph, Trichophorumwurzeln, H8-9

**MPAS06 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum, Calluna abgest.**

0 – 2 Streu, rohhumusartiger Torf

2 – 4 dunkelbrauner Torf mit amorpher Matrix, sehr stark durchwurzelt, Callunawurzeln, Pinuswurzeln, H7

4 – 7 **Brandschicht**, dicht, amorph, weich, etw. Callunawurzeln, H9

7 – 11 dichter dunkelbr. Torf, H9

11 – 20 dunkelbrauner, dichter stark zers. Sphagnumtorf, weich, etw. breiig, Wollgrasreste, etw. Trichophorumwurzeln, H8

> bei 14 cm Kohlepartikel

**MPAS07 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 Pleurozium, Streu

1 – 4 rohhumusartiger Torf, Pinuswurzeln, etw. amorpher Anteil, H6

4 – 8 gelbbrauner Sphagnumtorf, etw. amorpher Anteil, stark durchwurzelt, Callunawurzeln, H4

8 – 13 deutliche **Brandschicht** (!), dicht, amorph, obenauf viele Callunawurzeln, H9-10

13 – 17 dunkelbr. dichter Torf, etw. Callunawurzeln?, H8

17 – 22 dunkelbrauner dichter Torf, weich, kaum Wurzeln, etw. Wollgrasreste, etw. Sphagnumreste, H8

**MPAS08 unter Pinus, abgestorbener Torf**

0 – 3 Pleurozium

3 – 9 trockener rohhumusartiger Torf, kaffeesatzartig/krümelig, dunkelbraun, locker, Pinuswurzeln, Vacciniumwurzeln, H6

9 – 13,5 feuchter, stark durchwurzelter, rohhumusartiger Torf, mit amorphen Krümeln, viele Vacc.wurzeln, coralloide Pinuswurzeln, H6-7

13,5 – 15,5 **Brandschicht**, deutlich, dicht, Vacciniumwurzeln, H9

15,5 – 19,5 sehr dichter dunkelbrauner Torf, nicht breiig, aber amorph, keine Wurzeln, H8-9

19,5 – 25 dunkelbrauner Torf, Sphagnumreste, Wollgrasreste, weich, H8

**MPAS09 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 Streu

1 – 3 lockerer rohhumusartiger Torf, extrem durchwurzelt, viele Vacciniumwurzeln, einzelne Pinuswurzeln, H6

3 – 8 dunkelbr. rohhumusartiger Torf mit amorpher Matrix, dunkelbr., H7

8 – 12,5 schwarzgrau **Ascheschicht**, voll breiig, etw. Callunawurzeln, H9

12,5 – 22 dunkelbrauner stark zers. Torf, unten helle Sphagnumanteile, rel. dicht, cremig, kaum Wurzeln, etw. Wollgras, H8, bis 17 cm stärker breiig

<b>MPAS10</b>	<b>lokales Wachstum</b>
0 – 3	lebendes grünes Sphagnum magellanicum
3 – 6,5	lockerer gelber/beiger-weißer Sphagnumtorf, H2-3
6,5 – 14	brauner, angegriffener Sphagnumtorf, etw. amorphe Substanz, Trichophorumwurzeln, H5 (6)
14 – 20	höherer amorpher Anteil, dunkler, weich, Trichophorumwurzeln / Eriophorumwurzeln, = Übergang, H8
20 – 24	<b>Ascheschicht</b> , breiig, schwarzbraun, Trichophorumwurzeln, H9
24 – 30	dunkelbrauner dichter Torf m. Wollgras, breiig, etw. Trichophorumwurzeln, H8
30 – 38	dunkelbrauner Torf, etwas weicher, mit Wollgras, geht zu 100% durch die Finger, etw. Trichophorumwurzeln, H8-9
<b>MPAS11</b>	<b>Torfwachstum, gew. Moorwachstum</b>
0 -2	lebendes Sphagnum capillifolium
2 – 7	Sphagnumtorf, rosa, etw. angegriffen, Trichophorumwurzeln, H2-3
7 – 10	stark angegriffener Sphagnumtorf m. amorpher Matrix, Trichophorumwurzeln, Wollgraswurzeln, H6
10 – 13	<b>Brandschicht</b> , dicht aber weich, schwarzbraun, viele Trichophorumwurzeln, H9
13 – 23	dunkelbrauner, sehr stark zers. Torf, dicht, Trichophorumwurzeln, H9
23 – 31	Sphagnumphase, etw. breiig, gelbbraun, amorphe Anteile, Trichophorumwurzeln, H5-6
<b>MPAS12</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum, Calluna abgestorben</b>
0 – 5	Pleuroziumstreu, rohhumusartiger Torf, sehr stark durchw., etw. amorphe Substanz, viele Enchytraeen! (Photo), coralloide Pinuswurzeln, amorphe Matrix, H6-7
5 – 8	Sphagnumphase (Acutifolia-Torf), gelbbraun, nicht breiig, Callunawurzeln, H5
8 – 9	Übergang, dunkelbr., zersetzt
9 – 13	<b>Ascheschicht, / Brandschicht</b> , schwarzbraun, dicht, Callunawurzeln enden obenauf, etw. breiig, H9
13 – 22	dunkelbrauner, sehr dichter Torf, amorph, breiig, Trichophorumwurzeln, H8 (9)
<b>MPAS13</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 – 3	lebendes Pleurozium
3 – 7	rohhumusartiger Torf, viele Callunawurzeln, H6
7 – 11	<b>Brandschicht</b> , schwarzbraun, breiig, Callunawurzeln, Trichophorumwurzeln, H10
11 – 15	schwarzbrauner Übergang, vollbreiig, viel amorphe Substanz, etw. Trichophorumwurzeln, einzelne Callunawurzeln, H8
15 – 22	dunkelbr. Torf, mit helleren Sphagnumanteilen (17-19cm) , voll breiig, H7
<b>MPAS14</b>	<b>abgestorbener Torf, kein Moorwachstum</b>
0 – 1	Streu, Odontoschisma den., Trichophorumblättchen
1 – 3	dunkelbrauner amorpher Torf, mit Wurzeln
3 – 7	undeutliche <b>Brandschicht</b> , Trichophorumwurzeln, etw. Callunawurzeln, dicht, H9
7 – 9	Übergang, schwarzbraun, sehr dicht, amorph, H9
9 – 13	dunkelbraun – rehbraun, dicht, etwas Trichophorumwurzeln, H7
13 – 19	brauner-rehbrauner Sphagnumtorf, etw. breiig, H7-8
19 – 22	dunkelbrauner Torf, H7

- MPAS15**      **lokales starkes Torfwachstum, kein Moorwachstum, unter Latschen**  
0 – 4            lebendes Sphagnum magellanicum  
4 – 7            lockerer gelb-beiger Sphagnumtorf, H2 (3)  
7 – 12          kompakter Sphagnumtorf, etw. bröselig, H4  
12 – 18        brauner-dunkelbr. Sphagnumtorf, mit hellen Sphagnumresten/blättchen, H7  
18 – 24        dunkelbr. Wollgrastorf, **Brandschicht**, breiig, mit amorpher Matrix, H7  
24 – 26        Ascheschicht, amorph, breiig, etw. Wollgraswurzeln, H10  
26 – 32        goldbrauner Sphagnum-magell.-Torf, breiig, H7
- MPHD01**      **fleckweise Torfmoose, kein Moorwachstum**  
0 – 2            lebendes Sphagnum capillifolium  
2 – 4            heller-beiger Sphagnumtorf, wenig Wurzeln, H2-3  
4 – 8            dunkelbrauner stark zers. Torf, mit Zwergstrauchwurzeln, locker, krümelig, keine Pinuswurzeln, H7  
8 – 11          **Brandschicht**, schwarzbr., amorph, kaum Wurzeln, H9  
11 – 22        schwarzbrauner Torf mit Sand, fast keine Wurzeln, dicht, H9-10  
>> bei 13, 14 und 15 cm Sand
- MPHD02**      **kein Moorwachstum**  
0 – 2            Streu  
2 – 6            rohhumusartiger Torf mit Teilen amorpher Matrix, krümelig, stark durchwurzelt, Callunawurzeln  
6 – 11          Sphagnumtorf, dunkelbr.-braun, angegriffen mit etw. amorphem Anteil, mit Wollgrasblattscheiden, Callunawurzeln, H6  
11 – 12        Übergang, dunkelbraun, m. Blattscheiden, H7  
12 – 14        **Brandschicht**, (von 12 – 20 cm geschwärtzter Torf), mit Wollgras-/Trichoph.-Resten, bei 16/17cm Sandanteil, H8  
14 – 17,5      dunkelbraun-schwarzer amorpher dichter Torf, breiig, Trichophorumwurzeln H9  
17,5 – 19      Brandschicht mit Kohlepartikeln, dicht, amorph, Trichophorumwurzeln, H9  
19 – 23        dunkelbraun-schwarzer dichter amorpher Torf, mit etw. Trichophorumwurzeln, H9
- MPHD03**      **0,63 m lokales Torfwachstum (Bult), kein Moorwachstum**  
0 – 2            lebendes Sphagnum cap.  
2 – 3            lockeres schräggelagertes Sphagnum, lebend?  
3 – 7            rosa Sphagnumtorf, kompakt, viele Callunaw., H3  
7 – 18          beiger Sphagnumtorf, viele Callunaw., H3  
18 - 25        olivbrauner bis grauer Sphagnumtorf, Callunaw., Wollgrasreste, H6  
25 – 29        **Brandschicht**, schwarz-grauer cremiger Torf, Trichophorumw., H10  
29 – 32,5      Cyperaceenschicht (Wollgras?), H6-7  
32,5 - 38      olivbrauner – grauer Sphagnumtorf, breiig, Trichophorumwurzeln, H8
- MPHGN01**     **abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**  
0 – 2            Streu  
2 – 5            rohhumusartiger Torf, dunkelbraun, mit amorpher Matrix, viele Callunawurzeln, H8  
5 – 6            Übergang, dicht, wenige sichtbare Pflanzenreste, viele Trichophorumwurzeln, wenige Callunawurzeln, H9  
6 – 9,5        **Brandschicht**, dicht, etwas breiig, viele Trichophorumwurzeln, H10  
9,5 – 11,5     Übergang, dunkelbr., dicht, etw. breiig, amorph, H9  
11,5 – 15      dunkelbrauner Torf, dicht, fest, H7-8

15 – 22 dunkelbrauner Torf, z.T. schwärzlich, dicht, fest, Trichophorumwurzeln, H9

**MPHGN02 kein Moorwachstum**

0 – 3 lebendes Sphagnum capillifolium

3 – 7 gelb-rötlicher Sphagnumtorf, H2-3

7 – 8,5 Übergang zu amorphem Torf, **extrem viele Wurzeln**, wenig Torfmatrix, H7

8,5 – 13 schwarze **Brandschicht**, weich, breiig, amorphe Matrix, etw.

Wollgrasblattscheiden, Callunawurzeln enden in Brandschicht, H9

13 – 15,5 Übergang zu rehbraunem Sphagnumtorf, breiig, amorph, H8

15,5 – 21 rehbrauner Sphagnumtorf, dicht, fest, Sphagnumreste angegriffen,  
Trichophorumwurzeln, H7

21 – 23 dunkelbrauner Torf, dicht, H8

> größerer Teil der Fläche ohne Sphagnum, daher Wertung für Humosität 2 – 6 cm = H6

**MPHG01 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 Streu, Calluna/ Trichophorum

1 – 3 rohhumusartiger Torf, sehr viele Callunawurzeln, etw. dunkelbraune Matrix, H5

3 – 6 **Ascheschicht**, sehr dicht, schwarzgrau-braun, Trichophorumwurzeln, Matrix H10

6 – 7 Übergang, schwarzbraun, Matrix H10

7 – 13 dunkelbrauner Torf, dicht, mit schwärzlichen Anteilen, breiig, sehr viele  
Trichophorumwurzeln, Matrix H9

13 – 22 noch dunkler brauner Torf, breiig, nicht so dicht wie in MPHG2, Matrix amorph,  
einige Trichophorumwurzeln; kaum erkennbare Pflanzenreste, H9

**MPHG02 kein Moorwachstum, [23.09.09 Torf trocken, keine Callunawurzeln]**

0 – 2 Streu (Calluna, Pleurozium)

2 – 6 rohhumusartiger Torf, sehr viele Callunawurzeln, wenig amorphe Matrix

6 – 7 Übergang, dunkler

7 – 10,5 **Brandschicht**, Ascheschicht, breiig, Matrix amorph, H10

10,5 – 17 dunkelbrauner sehr stark zersetzter Torf, mit Trichophorumwurzeln, stark  
durchwurzelt, dicht, Matrix H9

17 – 23 noch dichterer sehr stark zers. Torf, noch dunkler, kaum quetschbar, einzelne  
Trichophorumwurzeln, H9

**MPHG03 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 1 rohhumusartiger Torf

1 – 2 Übergang mit amorphem Anteil, Callunawurzeln!

2 – 5,5 **Brandschicht**/Ascheschicht, graubr.-schwarz, breiig, H10

5,5 – 7 Übergang zu Sphagnumtorf, breiig, Trichophorumwurzeln, H8

7 – 13 brauner, stark angegriffener Sphagnumtorf, etw. breiig, H5-6

13 – 21 goldbrauner Sphagnumtorf (cymbilifolia-Torf), etw. Wollgrasreste,  
Trichophorumwurzeln, H4

**MPHG04 kein Moorwachstum**

0 – 1,5 lebendes Sphagnum tenellum, H1

1,5 – 3,5 Sphagnum ten.-Torf, hell, angegriffen, H2

3,5 – 7,5 **Brandschicht**, dicht, etw. breiig, H9

7,5 – 11,5 dunkelbrauner Torf, breiig, weich, Trichophorumwurzeln, Sphagnumreste, H7

11,5 – 22 braun-goldbrauner Sphagnumtorf, nicht breiig, etw. amorphe Substanz,  
Trichophorumwurzeln, H4 (5)

- MPHG05 Wachstum**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum magellanicum  
2 – 6 heller Sphagnum magell.-Torf, H2-3  
6 – 11,5 etwas angegriffener hellbrauner Sphagnumtorf, H3-4  
11,5 – 16,5 brauner Sphagnumtorf, mit gut erhaltenem Sphagnum magell., aber auch mit etw. amorphen Anteilen, Callunawurzeln bis 14 cm, H4  
16,5 – 18,5 dunkelbrauner stärker abgebauter Torf, H7  
18,5 – 21 **Brandschicht**, schwarz, weich, breiig, H9  
21 – 29 dichter dunkelbrauner Torf, amorph, etw. Pflanzenreste, H7  
29 – 36 lockerer, rehbrauner Sphagnum acutifolia- und cymbilifolia-Torf, etw. Wollgrasreste, H5
- MPHG06 kein Moorwachstum**
- 0 – 1 Streu u. Odontoschisma den.  
1 – 3 rohhumusartiger Torf, sehr stark durchwurzelt,  
3 – 5 rohhumusartiger Torf, mit amorphem, krümeligem Anteil, H8  
5 – 8 **Brandschicht**, schwarzgrau, breiig, weich, oben viele Wurzeln von Calluna, unten auch Trichophorumwurzeln, H10  
8 – 14 dunkelbrauner Torf, dicht, mit Wollgrasfasern, amorphe Matrix, Trichophorumwurzeln, H9  
14 – 15,5 Übergang, dicht, dunkelbraun, etw. breiig, schwarze Anteile, H9  
15,5 – 18,5 dunkelbr. sehr stark zers. Torf, mit Kohlepartikeln, schwarzbraun, Trichophorumwurzeln, H9  
18,5 – 23 dunkelbrauner, dichter Torf, Trichophorumwurzeln, H9
- MPHG07 Wachstum**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium  
2 – 5 rosa junger Sphagnumtorf, locker, H1  
5 – 10 beige, kompakter Sphagnumtorf, etw. angegriffen, H1-2  
10 – 15 beige Sphagnumtorf, mit etw. dunkleren Anteilen / braunen Torfpartikeln, viele Callunawurzeln, H2  
15 – 21 extrem von Calluna durchwurzelter Horizont m. 20% amorpher Matrix, H8  
21 – 23 Übergang, amorphe Matrix, dunkelbraun, Callunawurzeln filzig, enden hier, H8  
23 – 27 **Brandschicht**, schwarzbraun, etw. breiig, weich, Matrix amorph, H9  
27 – 33 dunkelbrauner Torf, sehr stark zersetzt, sehr dicht, Wollgrasfasern, Matrix amorph, Trichophorumwurzeln, H9
- MPHG08 kein Moorwachstum**
- 0 – 1 rohhumusartiger Torf Pleurozium  
1 – 3 dunkelbrauner, dichter Torf mit Callunawurzeln, Streureste, amorphe Matrix, H9  
3 – 6 **Brandschicht**, schwarzbraun, Trichophorumwurzeln, wenige Callunawurzeln, H10  
6 – 10 brauner-rehbrauner, dichter Torf, Wollgrasreste, Trichophorumwurzeln, H7  
10 – 16 dunkelbrauner dichter Torf, Trichophorumwurzeln, H8  
16 – 22 schwarzbrauner Torf, sehr stark zers., dicht, Trichophorumwurzeln, H8
- MPHG09 kein Moorwachstum**
- 0 – 2 Streu, Calluna / Trichophorum  
2 – 5 stark durchwurzelter dunkelbrauner Torf, krümelig, locker, rohhumusartig, mit amorphem Anteil, H7

- 5 – 8 **Brandschicht**, schwarzbraun, etw. breiig, mitteldicht, oben viele Callunawurzeln, unten wenige Trichophorumwurzeln, H10
- 8 – 9,5 Übergang, weich, breiig, Trichophorumwurzeln, H9
- 9,5 – 17 brauner-dunkelbrauner Sphagnum-/Wollgrastorf, mit goldbraunem Anteil, dicht, etw. amorphe Matrix, H7
- 17 – 19 hellbr.-goldbrauner Sphagnumtorf, weich, H6
- 19 – 23 dunkelbrauner Torf, amorphe Matrix, dicht, Trichophorumwurzeln, H7-8
- MPHG10 kein Moorwachstum**
- 0 – 3 lockerer Sphagnum tenell.-Torf, H2
- 3 – 6 **Brandschicht**, H9
- 6 – 11 dunkelbrauner Torf, stark zersetzt, Wollgras- u. Sphagnumtorf, H7
- 11 – 17 rehbrauner Sphagnumtorf, H4
- 17 – 26 dunkelbrauner breiiger Torf, H7-8, wohl Sphagnumtorf, recht dicht,
- 26 – 44 etwas rötlicher brauner breiiger Torf, Sphagnumtorf u. Laubmoostorf m. Wollgras H6-7
- 44 – 50 sehr stark zersetzter breiiger nasser Torf, wenig dicht, H8
- MPHG11 kein Moorwachstum**
- 0 – 1 Sphagnum tenellum-Torf, steiler Übergang in stark zers. Torf, 0 – 4 cm stark durchwurzelt aber Callunawurzeln nur bis 2 cm
- 1 – 3 stark durchwurzelt, amorphe Matrix, Übergang zu Brandschicht
- 3 – 6 **Brandschicht**, schwarzgrau, dicht, sehr stark zersetzt, viele Trichophorumwurzeln, H9-10
- 6 – 12 dunkelbrauner Torf, sehr dicht, viele Trichophorumwurzeln, H8
- 12 – 17 rehbrauner Sphagnumtorf, etw. breiig, H5
- 17 – 22 dunkel-rehbrauner Torf, mehr Wollgras, aber auch Sphagnumreste, einzelne Callunawurzeln, H5-6
- 22 – 30 rehbrauner Sphagnumtorf, H6
- 30 – 50 dunkelbrauner, breiiger Torf, H7
- MPHG12 Wachstum**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum magellanicum
- 2 – 4 bunter Sphagnum mag.-Torf (rötl.) locker, H1-2
- 4 – 7 goldgelber/hellbrauner Sphagnumtorf, kompakter, H3
- 7 – 11 Übergang, Sphagnumtorf, mit amorphen Anteilen, stärker abgebaut, H4
- 11 – 13 Ascheschicht ??, dunkelbrauner/etw. schwärzl. Torf, breiig, weich, H7
- 13 – 19 dunkelbr. Wollgrastorf mit Blattscheiden, weich, voll breiig, H8
- 19 – 23 **Ascheschicht**, aschgrau, / braun-dunkelbraun, mit Wollgraswurzeln, voll breiig, H9
- 23 – 31 dunkelbrauner Torf, sehr stark zersetzt, rel. dicht, etw. breiig, Matrix amorph, viele Wollgrasw., H9
- MPHG13 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**
- 0 – 3 Trichophorumblattscheiden, Streu, rohhumusartiger Torf, Callunawurzeln!
- 3 – 5,5 rohhumusartiger Torf mit amorphem dunkelbraun-schwärzlichem Anteil, H8-9
- 5,5 – 9,5 **Brandschicht**, dicht, schwarzgrau, Callunawurzeln u. Trichophorumwurzeln im oberen Teil, H10
- 9,5 – 14 dunkelbrauner Torf, sehr stark zers., schwarzbraun, überwiegend amorph, Trichophorumwurzeln, H9

- 14 – 18 rehbrauner – dunkelbrauner Sphagnumtorf, dicht, etw. breiig, Trichophorumwurzeln, H7
- 18 – 22 dunkelbrauner Sphagnum- Wollgrastorf, dicht, etw. breiig, Trichophorumwurzeln, H7
- MPHK01 Torf stellenweise abgestorben, dazw. Sph.-Bulte**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium
- 2 – 3 heller Sphagnumtorf, H2
- 2 – 7 hellbeiger Sphagnumtorf, recht kompakt, durchwurzelt, Callunawurzeln, Trichophorumwurzeln , H3
- 7 – 11,5 dichter Sphagnumtorf, mit zwei Rekurrenzflächen (7 u. 9cm), stärker angegriffen, etwas Callunawurzeln, viele Trichophorumwurzeln, H4-5
- 11,5 – 14 **Brandschicht**, amorph, sehr dicht, viele Wollgraswurzeln, H10
- 14 – 22 dunkelbrauner, dichter Torf, Trichophorumwurzeln, etw. breiig, amorph, H9
- MPHK02 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium
- 2 – 5 junger Sphagnumtorf, H2
- 5 – 11 beige-hellbrauner kompakter Sphagnumtorf, z.T. mit amorphen Flecken, H3
- 11 – 17 wieder mehr rötlicher Sphagnumtorf, H4
- 17 – 22 brauner, zur Hälfte abgebauter Sphagnumtorf, H5
- 22 – 27 **Brandschicht**, nach unten unscharf begrenzt, schwarzbr., weich, breiig, H9
- 27 – 33 dunkelbrauner, dichter Torf, sehr stark zers., weich, breiig, Trichophorumwurzeln, H9
- MPHK03 Bulte, kein Moorwachstum**
- 0 – 1,5 lebendes Sphagnum capillifolium
- 1,5 – 8 kompakter etw. angegriffener Sphagnumtorf, beige-braun, H2-3
- 8 – 15 dunkelbrauner, lockerer Torf, stark von Calluna durchwurzelt, Sphagnum-Wollgrastorf, mit amorpher Matrix, H7, Callunawurzeln enden hier
- 15 – 19 **Brandschicht**, Grenze nach unten undeutlich, amorph, sehr stark zers., H10, Trichophorumwurzeln
- 19 – 24 dunkelbrauner sehr stark zers. Torf, weich, recht dicht, H9, Trichophorumwurzeln
- MPHK04 Torf abgestorben, fleckweise Sphagnumbulte**
- 0 – 1 rohhumusartiger Torf, Streu
- 1 – 4 brauner Sphagnumtorf m. Sphagnum-mag.-Blättchen, viele Callunawurzeln, H4-5
- 4 – 10 beige-brauner Sphagnumtorf, viele Callunawurzeln, H4
- 10 – 12 Übergang, stärker zersetzter Sphagnumtorf (cymbilifolia), mit amorphem Anteil, H5
- 12 – 16 undeutl. **Brandschicht**, mit Wollgrasresten, breiig, m.Cyperaceenwurzeln, etw. Callunawurzeln, H8
- 16 – 21 dunkelbrauner, stark zersetzter Wollgrastorf, etw. breiig, weich, H8
- MPHK05 Sph.cap.-Bult, lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum, Wasserstand <22 cm am 08.10.09**
- 0 – 3 lebendes Sphagnum capillifolium
- 3 – 16 beiger Sphagnumtorf, kompakt, aber ohne amorphe Substanz, H2-3, Callunawurzeln
- 16 – 18 Übergang, dunkelbraun, amorphe Matrix, H8

- 18 – 21 **Brandschicht**, nach unten unklar begrenzt, schwarzbraun, Trichophorumwurzeln, H9
- 21 – 25 schwarzbrauner Torf, amorph, dicht aber weich, Trichophorumwurzeln, H9
- MPKN01 anspringendes Torfwachstum, kein Moorwachstum, oberh. der Fläche Mineralbodenwasserzeiger (Angelika sylv., Phragmites, Juncus eff.)**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum papillosum
- 2 – 3 dünner Sphagnumtorf H2-3
- 3 – 5 Wollgras-Gräserntorf, (Molinia, Trichophorum), H5
- 5 – 10 **Brandschicht**, schwarzbraun, breiig, Trichophorumwurzeln, H8
- 10 – 18 dunkelbrauner Torf, dicht, amorphe Matrix, viele Trichophorumwurzeln, fest, H9
- 18 – 20 Übergang, amorphe Matrix m. Pflanzenresten, H8
- 20 – 22 hellgraue Schicht, amorph, dicht, fest, Trichophorumwurzeln, H10
- MPKN02 lokales Torfwachstum, punktuelleres Moorwachstum**
- 0 – 3 lebendes Sphagnum papillosum
- 3 – 7 junger, lockerer Torf, gelb-beigebraun, H1-2
- 7 – 12,5 brauner Sphagnumtorf, kompakter, angegriffen, Carex- und Moliniawurzeln, H4
- 12,5 – 17 dunkelbrauner Sphagnumtorf mit Grasresten, breiig, mehr Fasern als unten, H6
- 17 – 21 etw. schwarz-braune Tönung, überwiegend dunkelbraun (**Brand?**), dicht aber breiig, weich, H9
- 21 – 27,5 sehr dichter tonartiger Torf, dunkelbraun, einzelne Wollgraswurzeln, H9
- 27,5 – 31,5 zwei **aschgrau**/helle Schichten, sehr kompakter Wollgrastorf, kaum Pflanzenreste, Wollgraswurzeln, H9
- 31,5 – 33 dunkelbrauner dichter Torf, sehr stark zers., sehr dicht, H9
- MPPF01 Wachstum, recht lokal, kleines Moor**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium
- 2 – 5 heller Sphagnumtorf, schon etwas gepresst, dicht gelagert, H1-2
- 5 – 11 beiger Sphagnumtorf, stark durchwurzelt, H2 (3)
- 11 – 16 beige-hellbrauner Sphagnumtorf, kompakt, durchwurzelt von Calluna u. Trichophorum, H3
- 16 – 22 **Brandschicht**, schwarzgrau, etwas Sand, breiig, Trichophorumwurzeln, etw. Callunawurzeln, H7
- MPPF02 partiell Wachstum, > regenerierend nach Wiedervernässung 2005!**
- 0 – 4 lebendes Sphagnum papillosum, (Wasserstand 10 cm unter Oberfläche am 14.10.09)
- 4 – 8 lockerer Sphagnumtorf, rosa-gelb, H2 (1)
- 8 – 18 matschiger Sphagnumtorf, angegriffen, hellbraun-braun, viele Callunawurzeln, viele Trichophorumwurzeln, etwas amorphe Anteile, aber auch viele helle Sphagnumreste, H5
- MPPF02 abgestorbener Torf, zwischen regenerierenden Flächen**
- 0 – 1 Streu,
- 1 – 3 stark durchwurzelter, rohhumusartiger Torf,
- 3 – 4 Übergang, ab 4 cm dunkelbrauner-grauer dichter Torf,
- > bei 3 – 6 cm klingen Wurzeln aus, überwiegend amorph, H8
- 6 – 10 sehr dicht, viele Trichophorumwurzeln, =**Asche?**, H9
- 10 – 23 mehrere Sandschichten (Einschwemmung vom nahen Sattel/Weg), **Kohle** bei 11/12cm, Trichophorumwurzeln bis 23 cm, hier H9

- 10 - 11 sehr dicht amorph, H9
- MPOC01 Moorlinse, lokales Torfwachstum**  
0 – 4 lebendes Sphagnum capillifolium  
4 – 12 rosa Sphagnum cap.-Torf, komprimiert aber gut erhalten, H2  
12 – 16 Übergang, Sphagnumtorf mit amorphen Anteilen, aber noch viele helle Sphagnumanteile, H3  
16 – 36 dunkelbrauner stark zersetzter Torf mit Pflanzenresten, H7-9  
36 – 38 Torf-Sandgemisch, H10
- MPOC02 kein Moorwachstum**  
0 – 5 lebendes Sphagnum mag.  
5 – 10 helle Sphagnumblättchen mit braunen Anteilen, H4  
10 – 16 Übergang, mehr amorphe Substanz, H5  
16 – 20 nasser, breiiger brauner Torf, H7  
20 – 40 dunkelbrauner Torf, H8-9
- MPSA01 Anmoor, lokales mäßiges Torfwachstum, kein Moorwachstum**  
0 – 2 heller Sphagnumtorf, H2-3  
2 – 6 hellbraun-beiger Sphagnum magell.-Torf, mit 20% dunkler Matrix, stark durchwurzelt, H5-6  
6 – 10 dunkelbrauner Torf, 15 % stark zers.Matrix, Sphagnum magell.-Reste, Trichophorumwurzeln, H5  
10 – 16 dunkelbrauner-ashgrauer Torf (**Brand?**), mit Sphagnumresten, breiig, H7  
16 – 22 Torf-Sand-Gemisch, dunkelbraun-grau, einzelne Cyperaceenwurzeln, dicht, etw. breiig, H9
- MPSK01 abgest. Torf, unter Pinus**  
0 – 2 lockere Streuschicht, Pleurozium-Streu  
2 – 8 lockerer rohhumusartiger Torf, mit amorphem Anteil, viele Callunaw., viele Pinuswurzeln, H7  
8 – 12 **Brandschicht**, schwarz-grau, unten unscharf begrenzt, Pinus- und Callunawurzeln obenauf, H10  
12 – 22 breiiger, nasser sehr stark zersetzter Torf, geht zu 100% durch die Finger, weich, nicht sehr dicht, Sphagnumreste, Wollgrasreste, einzelne Wurzeln, H9
- MPSK02 lokales Torfwachstum, wohl kein Moorwachstum**  
0 – 3 lebendes Sphagnum capillifolium  
3 – 6 hellbeiger – rosa Sphagnumtorf, locker, Callunawurzeln, H3  
[benachbart 3 – 12 cm Sphagnum papillosum-Torf]  
6 – 10 hellbrauner, Sphagnumtorf, viele Callunaw., Pinuswurzeln, H3-4  
10 – 14 lockerer stark durchwurzelter Torf, angegriffen, Callunaw., Pinusw., Wollgrasw., H4  
14 – 16 Übergang, breiiger cymbilifolia-Torf, H6  
16 – 22 breiiger Torf, dunkelbraun, mit **Ascheschicht?** (undeutlich), H8-9
- MPSK03 unter Pinus, kein Wachstum**  
0 – 2 Sphagnum capillifolium, Nadelstreu  
2 – 8 beigebrauner Leucobryumtorf mit etw. Sphagnum, Vaccinium- + Callunawurzeln, Pinuswurzeln, H5  
8 – 11 unklare **Brandschicht**, dünn, H10

- 11 – 17 dunkelbrauner – rötlichbrauner, amorpher Torf, etw. Pflanzenreste, etw. Calluna- und Vacciniumwurzeln, H8
- 17 – 23 schwarzbrauner Torf (Ascheschicht?), dicht, cremig, keine Wurzeln, H9
- MPSK04 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**
- 0 – 3 lebendes Sphagnum capillifolium
- 3 – 10 rosa-gelber Sphaganumtorf, etw. gepresst, wenige Zwergstrauchwurzeln, H3
- 10 – 15 brauner Sphagnumtorf, angegriffen, kompakt, wenige Zwergstrauchwurzeln, H5
- 15 -20 **Brandschicht**, breiig, unklar abgegrenzt, H10, Callunaw./Vacciniumw. enden hier
- 20 – 24 Übergang, schwarzbraun, cremig, Wollgraswurzeln, H9
- 24 – 37 dunkelbrauner, dichter Torf, sehr stark zersetzt, dicht cremig, Wollgraswurzeln, H9
- MPSC01 lokales Torfwachstum, Moor wächst nicht**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium
- 2 – 3 junger Torf, weiss / gelblich, lebend??
- 3 – 14 mittelbrauner / hellbrauner Sphaganumtorf, mit coralloiden Pinuswurzeln, viele Callunawurzeln, H3
- 14 – 17 Übergang, mit amorphem Anteil, dunkelbr. Sphaganumtorf, H5
- 17 – 21 **Brandschicht**, schwarzbr., dicht, nicht breiig, Callunaw. enden hier, H10
- 21 – 35 dunkelbrauner sehr dichter Torf, oben geschwärzt, Trichophorum- oder Wollgraswurzeln, H8-9
- MPSC02 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**
- 0 – 3 lebendes Sphagnum cap.
- 3 – 6 heller, rosa Torf, locker bis kompakt, Callunawurzeln, H3
- 6 – 13 braun/beiger Sphaganumtorf, etw. angegriffen, kompakt, etw. coralloide Pinuswurzeln, Callunawurzeln, H3-4
- 13 -18 **Brandschicht**, schwarz, dicht, etw. breiig, H10, Callunawurzeln
- 18 – 25 dunkelbrauner, dichter Torf, etw. breiig, etw. Trichophorumwurzeln, H9
- MPSC03 überwiegend abgestorbener Torf, lokal etw. Torfwachstum**
- 0 – 3 Streu, Wurzeln
- 3 – 6 dunkelbrauner Torf, locker, amorphe Matrix, Callunawurzeln (enden bei 7cm), H8
- 6 – 23 schwarzbrauner Torf, dicht, enthält **Brandschicht**, diese ist nach unten unklar begrenzt, reicht wohl bis 23 cm, H10
- MPSC04 insges. kein Moorwachstum, Calluna hochwüchsig**
- 0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium
- 2 – 7 gelber – beiger Sphaganumtorf, oben H4 unten H6, insges. H5-6
- 7 – 11 dunkelbrauner, krümeliger stark durchwurzelter Torf, Matrix H8, Pinuswurzeln, Callunawurzeln
- 11 – 14 engere **Brandschicht**, dicht, fest, oben viel Callunawurzeln, H10
- 14 – 22 grau-dunkelbrauner Torf, dicht, fest, evtl. auch Asche, mit Callunawurzeln, H10
- MPSC05 abgestorbener Torf**
- 0 – 2 Pleurozium, lebend + Streu
- 2 – 3 dünner Sphaganumtorf
- 3 – 7 rohhumusartiger Torf, dunkelbraun, 40% amorphe Substanz, viele Callunawurzeln, Pinuswurzeln, H7-8

7 – 10	<b>Brandschicht</b> mit ausklingenden Callunawurzeln, Haarwurzeln, etw. breiig, dicht, Lumbricus-Vorkommen!, H10
10 – 14	aschgrauer Torf, Haarwurzeln, Wollgraswurzeln, breiig, H10
14 – 23	dunkelbrauner, dichter Torf, fest, nicht breiig, Wollgraswurzeln, H10
<b>MPSC06</b>	<b>abgestorbener Torf</b>
0 – 2	Pleurozium-Streu
2 – 5	lockerer rohhumusartiger Torf, dunkelbraun, viele Pinuswurzeln u. Callunawurzeln, H7
5 – 10	dichterer Torf mit amorphem Anteil (50%), stark durchwurzelt, (Pinus, Calluna, Trichophorum, Wollgras), wenig Torfsubstanz H7
10 – 14,5	<b>Brandschicht</b> , schwarzbraun, dicht, fest, Callunawurzeln enden auf der Brandschicht, Wollgraswurzeln und etw. Haarwurzeln, H10
14,5 – 23	dunkelbrauner Torf, dicht, nicht breiig, fest, Wollgraswurzeln, etw. Haarwurzeln, H9
<b>MPSC07</b>	<b>lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum</b>
0 – 3	lebendes Sphagnum capillifolium
3 – 11	beige-rosa Sphagnumtorf, kompakt, Pinuswurzeln, Callunawurzeln, H3
11 – 13,5	Übergang, braun, stark durchwurzelt, coralloide Pinuswurzeln, H8
13,5 – 17	<b>Brandschicht</b> , nach unten schwach begrenzt, breiig, Callunawurzeln enden hier, H10
17 – 23	schwarzbrauner Torf, amorph, dicht, weich, tote Cyperaceenwurzeln, H9
<b>MPSC08</b>	<b>kein Wachstum</b>
0 – 2	lebendes Sphagnum capillifolium
2 – 9	brauner angegriffener Sphagnumtorf, sehr stark von Calluna durchwurzelt, H4
9 – 10	Übergang
10 – 13	<b>Brandschicht</b> , schwarz, dicht, etw. breiig, holzige Callunawurzeln enden hier, H10
13 – 23	dunkelbrauner, dichter amorpher Torf, cremig, etw. breiig, Haarwurzeln (Calluna?), H9
<b>MPSC09</b>	<b>kein Wachstum</b>
0 – 1	Sphagnum magellanicum, Odontoschisma, lebend
1 – 7	brauner angegriffener Sphagnum magell.-Torf, weich, etw. amorpher Anteil, viele Callunawurzeln, H4
7 – 8	Übergang
8 – 12,5	<b>Brandschicht</b> , dicht, et. breiig, Callunawurzeln grob und fein, H10
12,5 – 15	dichter schwarzbrauner Torf, cremig, breiig, H10
15 – 23	weicher, amorpher dunkelbrauner Torf, geht zu 100% durch die Finger, voll breiig, etw. Trichophorumw., Haarwurzeln (Calluna?), H10
<b>MPSC10</b>	<b>kein Moorwachstum</b>
0 – 2	lebendes Sphagnum capillifolium
2 – 3	junger Sphagnumtorf, H2
3 – 9	brauner-dunkelbrauner Sphagnumtorf, kompakt, etw. amorphe Substanz, nicht breiig, wenige Pinuswurzeln, viele Callunawurzeln, H5
9 – 10	Übergang, größerer amorpher Anteil
10 – 14	<b>Brandschicht</b> , schwarzbrauner, dichter etw. breiiger Torf, Callunawurzeln enden hier, Sphagnumreste, H8-9

14 – 21 dunkelbrauner dichter Torf, fest, nicht breiig, Wollgraswurzeln, einige Haarwurzeln (Calluna?), H9

**MPSC11 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium

2 – 3 rosa Torf, lebend?

3 – 10 beige-brauner Sphagnumtorf, etw. angegriffen, aber ohne amorphe Matrix, kompakt, Callunaw., H3

10 – 16 brauner-dunkelbr. Leucobryumtorf, mit etw. amorphem Anteil, Calluna- und Pinuswurzeln, H4

16 – 19 Übergang, stark angegriffener Leucobryumtorf, mit viel amorpher Matrix, H5-6

19 – 24 **Brandschicht**, schwarz, breiig, cremig, H10, sehr stark zersetzt, Calluna Holz- und Haarwurzeln

24 – 30 tonartiger schwarzbrauner amorpher Torf, dicht, cremig, H10, Haarwurzeln (Calluna?)

30 – 36 dunkelbrauner/rehbrauner Torf, dicht, cremig, breiig, keine Wurzeln, H9

**MPSC12 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium

2 – 3 jüngster Torf, unterer Teil der Torfmoosstämmchen

3 – 6 hellbeiger Sphagnumtorf, kompakt, H2

6 – 14 hellbrauner Sphagnumtorf m. gewissem amorphem Anteil, stark durchwurzelt von Calluna, wenige Pinuswurzeln, H3

14 -17 Übergang, Sphagnumtorf mit mehr amorpher Matrix, coralloide Pinuswurzeln, H5-6

[17 – 22 dichter Torf, hier enden holzige Callunawurzeln]

22 – 30 sehr stark zersetzter Torf, mit unklar abgegrenzter **Brandschicht**, amorph weich, etw. breiig, dicht, H9, Haarwurzeln (Calluna?), einzelne Wollgraswurzeln

**MPVK01 lokales Torfwachstum, Moorwachstum??**

0 – 2,5 lebendes Sphagnum capillifolium

2,5 – 6,5 rötlicher Sphagnumtorf, frisch, locker, H2

6,5 – 10 gelbbrauner, Sphagnumtorf, etw. dichter keine amorphe Matrix, viele Callunawurzeln, H3

10 – 14 brauner – dunkelbr. angegriffener Sphagnumtorf, 20% braune Matrix, H6

Übergang

15 – 19 **Brandschicht**, schwarzbraun, dicht, etw. breiiger Torf, geht zu 100% durch die Finger, Zwergstrauchwurzeln, Trichophorumwurzeln, H10

Übergang

20 – 25 dunkelbrauner dichter Torf, breiig, geht zu 100% durch die Finger, H9, Cyperaceen - wurzeln

**MPVK02 kein Moorwachstum**

0 – 1 Pleurozium, Blättchenstreu

1 – 3 Blättchen-Nadeltorf, locker, viele Callunawurzeln

3 – 7 dunkelbrauner Torf, stark durchwurzelt, locker, amorphe Matrix, viele Callunawurzeln, H6

7 – 9 Übergang, dunkelbraun-schwarz, Wollgrasreste, Callunawurzeln enden hier, Trichophorumwurzeln, H8

9 – 11,5 **Brandschicht**, Trichophorumwurzeln, dichter Torf, schwarzbraun, H10

11,5 – 17 dunkelbr.-rehbrauner Torf, dicht, Trichophorumwurzeln, Wollgrasreste, H7

17 – 22 dunkler/dunkelbrauner dichter Torf, kaum quetschbar, etw. Sphagnumreste, H8

**MPVK03 abgestorbener Torf, kein Moorwachstum**

0 – 2 dunkelbrauner Trichophorumtorf mit amorpher Matrix, kaum Streu

2 – 5 **Brandschicht**, dicht, etw. breiig, weicher als unten, viele Trichophorumwurzeln, H10

5 – 22 dunkelbraun-schwärzlicher Torf, dicht, amorph, viele Trichophorumwurzeln, H10, kaum quetschbar

> bei 16 und 21 cm Kohlepartikel

**MPVK04 kein Moorwachstum**

0 -2 Polytrichum strictum

2 – 7 brauner-rehbrauner Sphagnumtorf, pilzig, viele Zwergstrauchwurzeln, Pinuswurzeln, H4

7 – 12 Übergang, oliv-grauer Sphagnum magell.-Torf, mit amorpher Matrix, H6

15 – 19 **Brandschicht**, schwarzbraun, amorph, Matrix H10, breiig, nass, Zwergstrauchwurzeln

19 – 21 dunkelbrauner breiiger Torf, H9

**MPVK05 kein Moorwachstum**

0 – 2 Sphagnum cap. + Pleurozium

2 – 6 angegriffener Sphagnumtorf, viele Callunawurzeln, wenige Pinuswurzeln, amorphe Anteile, H6

6 – 9 lebende Trichophorumblattscheiden/wurzelstark zersetzter Torf, H8

9 – 12 **Brandschicht**, stark zers. Torf, amorphe Matrix, Callunawurzeln nur im oberen Teil, Trichophorumwurzeln überall, H10

12 – 17,5 schwarzbrauner dichter Torf, amorph, weicher als unten, Trichophorum-wurzeln, H9

17,5 – 23 dunkelbrauner dichter Torf, Trichophorumwurzeln, Torf rel. trocken, krümelig, amorph, H9

**MPVK06 kein Moorwachstum**

0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium

2 – 4 hellbrauner Sphagnumtorf, H5

4 – 7 angegriffener brauner Sphagnumtorf, dicht, amorph, H8

7 – 9,5 **Brandschicht**, dicht, aber etw. weicher als unten, viele Trichophorumwurzeln, H10

9,5 – 14,5 dunkelbrauner-schwarzer Torf, dicht, amorph, Trichophorumwurzeln, H9

14,5 – 22 brauner-dunkelbrauner Torf mit helleren Bereichen, amorphe Matrix, sehr dicht, kaum quetschbar, z.T. schwarze Partikel, Trichophorumwurzeln, H8

**MPVK07 lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum, zertaltes Relief**

0 – 2 lebendes Sphagnum capillifolium

2 – 7 Sphagnumtorf, gelb/braun, dicht gelagert, Callunawurzeln, H2-3

7 – 12 Wollgras- Trichophorumtorf, dunkelbraun, lebendes Wollgrasrhizom, H7

12 – 14,5 **Brandschicht**, schwarzbraun, dicht, weich, Trichophorumwurzeln, wenige Callunawurzeln, H10

14,5 – 22 dunkelbrauner Torf dicht, überwiegend amorph, weich, Trichophorumwurzeln, H9

- MPVK08**     **kein Moorwachstum**  
0 – 3         lebendes Sphagnum capillifolium  
3 – 5         gelbbrauner Sphagnumtorf, nur strukturierte Pflanzenreste, viele Callunawurzeln, H3  
5 – 9         mehr rezente Trichophorumblattscheiden  
8 – 9         Übergang  
9 – 15        schwarzgraue **Brandschicht**, dicht, weich, geht voll durch die Finger, Trichophorumwurzeln, H10  
15 – 20      dunkelbrauner Torf, breiig, weich, nicht sehr dicht, mit Sphagnumresten, Trichophorumwurzeln, geht zu 100% durch die Finger, H8

- MPVK09**     **lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**  
0 – 2         lebendes Sphagnum capillifolium,  
2 – 6         junger dichter Sphagnumtorf, hellrosa/gelb, Callunawurzeln, H2  
6 – 13        hellbrauner Sphagnumtorf, dicht gelagert, Callunawurzeln, H2  
13 – 17      hellbrauner Sphagnumtorf, nasser weicher, H3  
17 – 21      **Brandschicht**, schwarzbraun, etw. breiig, wenige Callunawurzeln, einige Trichophorumwurzeln, H9  
21 – 26      hellbrauner/ockerfarbener Torf, dicht, etwas weicher als unten, lebende Trichophorumwurzeln, H8  
26 – 34      dunklerer Torf, dicht, einzelne lebende Trichophorumwurzeln, viele tote Trichophorumwurzeln, amorphe Matrix, rel. trockener Torf, H8,  
bei 26/28cm Kohlepartikel  
> Wasserstand am 15.10.09 tiefer als 34 cm!

- MPVK10**     **abgestorbener Torf**  
0 – 2         Moose (Pleurozium) und Streu  
2 – 7         Trichophorumwurzeln u. Blattscheiden, mit etw. amorpher Matrix, Callunawurzeln, H8  
7 – 10        **Brandschicht**, dicht, schwarz, weicher, oben viele Trichophorumwurzeln, H10  
10 – 14      dunkelbrauner dichter Torf, etw. weicher als an anderen Stellen, H9  
14 – 16,5     zweite Brandschicht, dicht, recht weich, Trichophorumwurzeln, H9-10  
16,5 – 21    dunkelbrauner-schwarzer Torf, sehr dicht, amorph, kaum quetschbar, Trichophorumwurzeln, H9

- MPWW01**     **lokales Torfwachstum, kein Moorwachstum**  
0 – 3         lebendes Sphagnum capillifolium  
3 – 9         angegriffener beigebrauner Sphagnumtorf, H2-3  
9 – 10        Übergang, stark durchwurzelter Torf, H6-7  
10 – 14      **Brandschicht**, nach unten schwach begrenzt, amorph, einzelne Piceawurzeln, Vacciniumwurzeln, H9  
14 – 22      schwarzbrauner-dunkelbrauner Torf, sehr dicht, rel. trocken, fast krümelig, keine Wurzeln, bei 21 cm Sand, H9

>tiefer Wasserstand unter 30cm!

## A6. Hangprofile

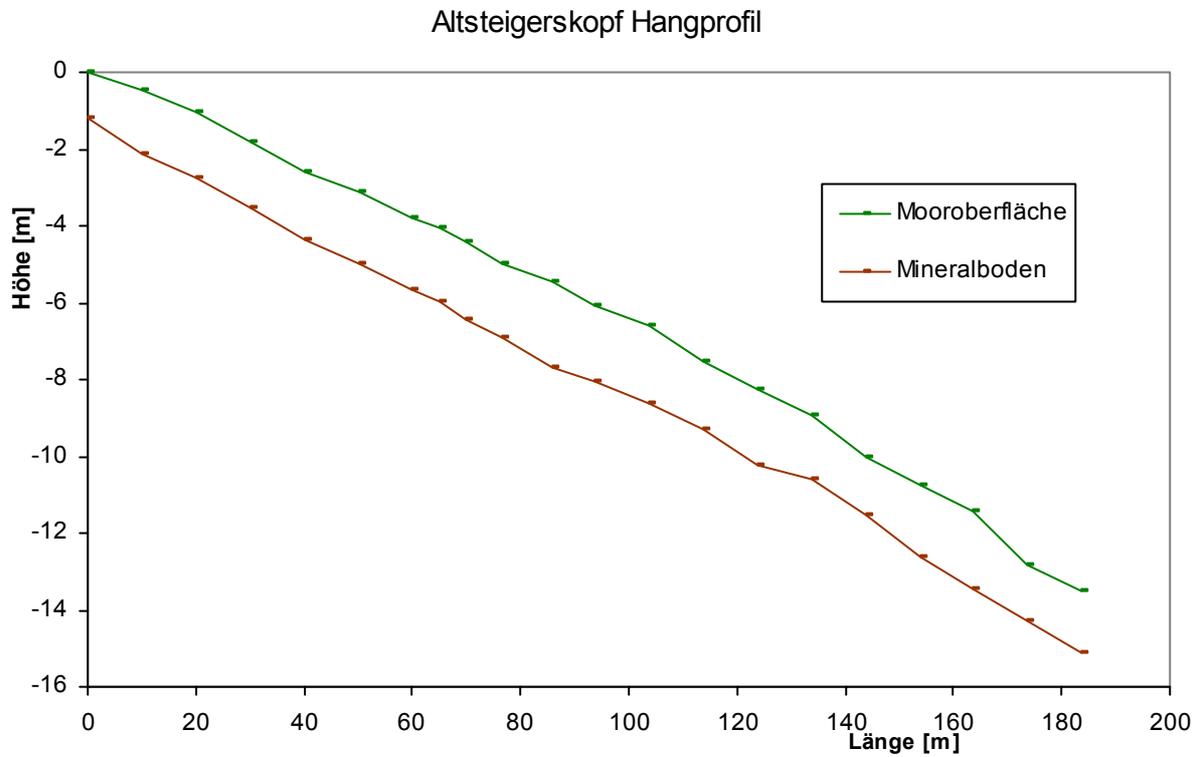


Abb.A8: Oberflächenprofil Altsteigerskopf.

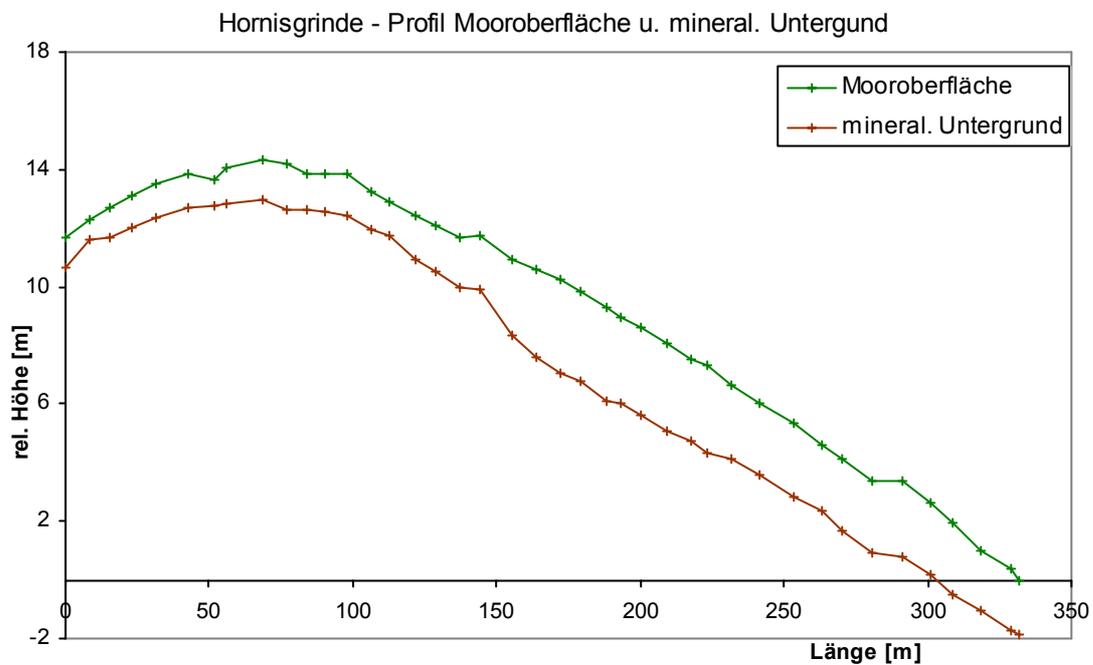


Abb. A9: Oberflächenprofil Hornisgrinde Südgipfel, Scheitelhöhe ca. 1162 m NN.

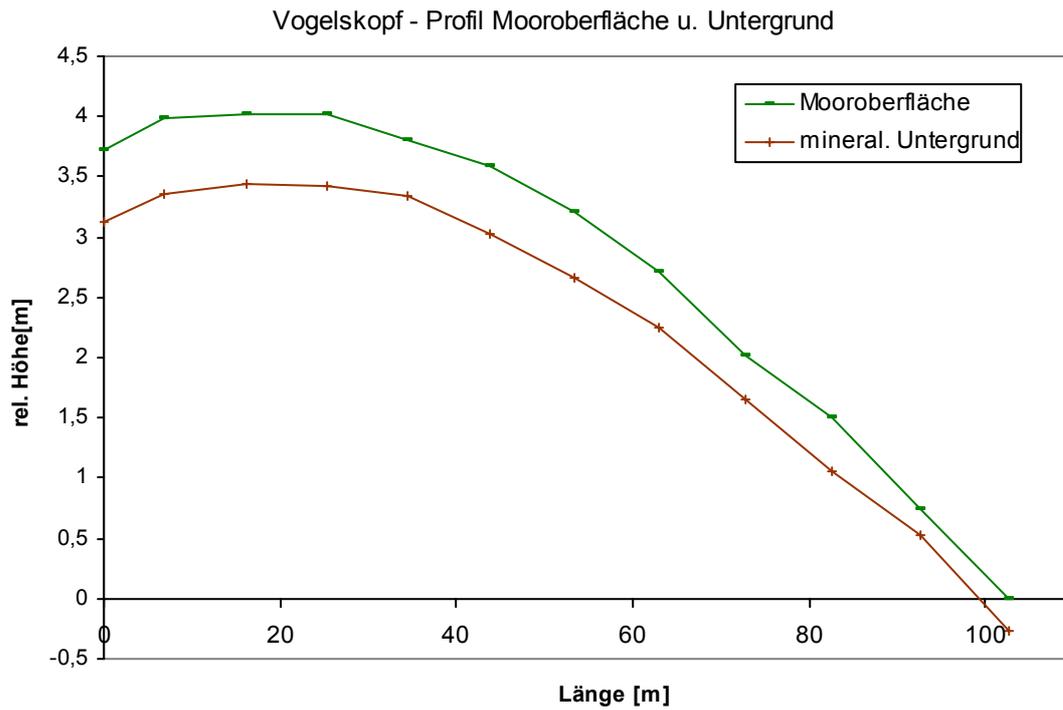


Abb. A10: Oberflächenprofil Vogelskopf, Scheitelhöhe ca. 1055 m NN.

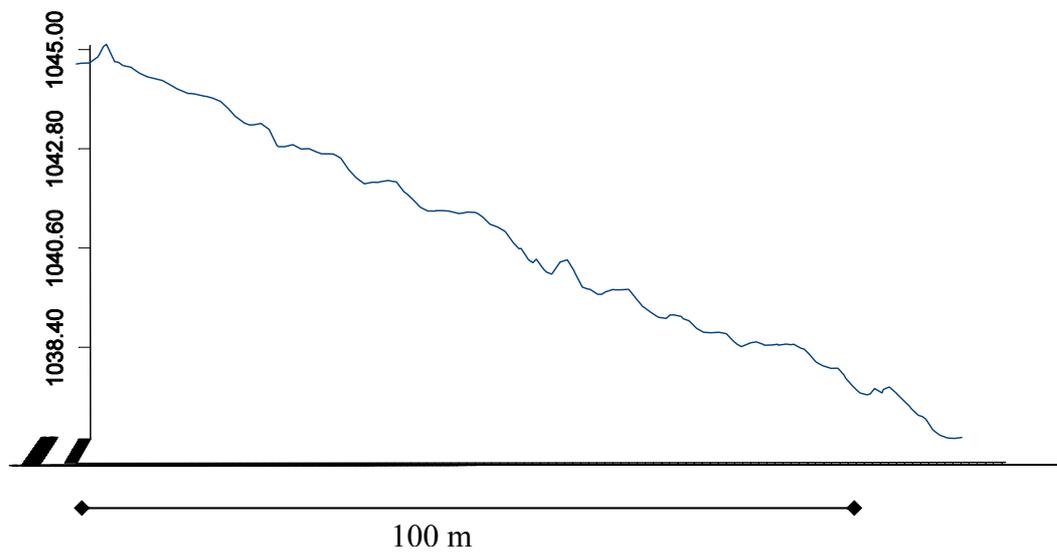


Abb. A11: Hangprofil des untersuchten Moores am Schliffkopf.

## A7. Statistische Tests

### Tests zur Torfmächtigkeit zwischen Clustern, Messpunkte

```
Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Test
data: x: rasenb in torf.rasen.heidm , and y: heidem in torf.rasen.heidm
ks = 0.5942, p-value = 0
alternative hypothesis:
  cdf of x: rasenb in torf.rasen.heidm does not equal the
  cdf of y: heidem in torf.rasen.heidm for at least one sample point.
```

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: D in auss.torfm.alph , and y: E in auss.torfm.alph
rank-sum normal statistic with correction Z = 1.4585, p-value = 0.0724
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: D in auss.torfm.alph , and y: G in auss.torfm.alph
rank-sum normal statistic with correction Z = 1.309, p-value = 0.0953
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: D in auss.torfm.alph , and y: H in auss.torfm.alph
rank-sum normal statistic with correction Z = 2.1535, p-value = 0.0156
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data: x: C in auss.torfm.alph , and y: H in auss.torfm.alph
rank-sum statistic W = 115, n = 10, m = 6, p-value = 0.0001
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data: x: A in auss.torfm.alph , and y: G in auss.torfm.alph
rank-sum statistic W = 112, n = 10, m = 7, p-value = 0.0165
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data: x: B in auss.torfm.alph , and y: H in auss.torfm.alph
rank-sum statistic W = 98, n = 9, m = 6, p-value = 0.0004
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: D in auss.torfm.alph , and y: F in auss.torfm.alph
rank-sum normal statistic with correction Z = 1.9033, p-value = 0.0285
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Exact Wilcoxon rank-sum test
data: x: A in auss.torfm.alph , and y: H in auss.torfm.alph
rank-sum statistic W = 106, n = 10, m = 6, p-value = 0.0112
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: A in auss.torfm.alph , and y: E in auss.torfm.alph
rank-sum normal statistic with correction Z = 2.3065, p-value = 0.0105
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

### Tests zur Brandschichttiefe in den Gruppen A bis H der Cluster-Analyse / Messpunkte

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: A in brandtiefe.mp.alph , and y: B in brandtiefe.mp.alph
rank-sum normal statistic with correction Z = 3.4762, p-value = 0.0003
alternative hypothesis: true mu is greater than 0
```

```
Wilcoxon rank-sum test
data: x: A in brandtiefe.mp.alph , and y: C in brandtiefe.mp.alph
```

rank-sum normal statistic with correction  $Z = 3.6732$ , p-value = 0.0001  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: E in brandtiefe.mp.alph , and y: D in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 2.5904$ , p-value = 0.0048  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: G in brandtiefe.mp.alph , and y: H in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 2.6501$ , p-value = 0.004  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: G in brandtiefe.mp.alph , and y: E in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 2.8353$ , p-value = 0.0023  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: G in brandtiefe.mp.alph , and y: D in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 3.5876$ , p-value = 0.0002  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: E in brandtiefe.mp.alph , and y: C in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 3.2579$ , p-value = 0.0006  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: G in brandtiefe.mp.alph , and y: C in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 3.3772$ , p-value = 0.0004  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in brandtiefe.mp.alph , and y: D in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 1.905$ , p-value = 0.0284  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: G in brandtiefe.mp.alph , and y: A in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 1.125$ , p-value = 0.1303  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in brandtiefe.mp.alph , and y: C in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 2.8326$ , p-value = 0.0023  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in brandtiefe.mp.alph , and y: B in brandtiefe.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = 2.3063$ , p-value = 0.0105  
alternative hypothesis: true mu is greater than 0

## Tests zu Neigung der Mooroberfläche in den Gruppen A bis H

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: A in neig.mp.alph , and y: B in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = -2.4268$ , p-value = 0.0076  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: A in neig.mp.alph , and y: C in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = -1.0696$ , p-value = 0.1424  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: A in neig.mp.alph , and y: D in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction  $Z = -2.3714$ , p-value = 0.0089  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in neig.mp.alph , and y: E in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction Z = -1.4697, p-value = 0.0708  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in neig.mp.alph , and y: G in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction Z = -1.1492, p-value = 0.1252  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in neig.mp.alph , and y: D in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction Z = -2.0729, p-value = 0.0191  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in neig.mp.alph , and y: C in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction Z = -1.2632, p-value = 0.1033  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in neig.mp.alph , and y: F in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction Z = -1.4425, p-value = 0.0746  
alternative hypothesis: true mu is less than 0

Wilcoxon rank-sum test  
data: x: H in neig.mp.alph , and y: B in neig.mp.alph  
rank-sum normal statistic with correction Z = -2.19, p-value = 0.0143  
alternative hypothesis: true mu is less than 0