

**Diplomarbeit zum Thema:**  
**„Geoökologische Erfolgskontrolle der Renaturierung von Mooren des  
Thüringer Waldes“**

1. Gutachter: Prof. Dr. R. Mäusbacher (Universität Jena)
2. Gutachter: Dr. A. Freibauer (Max- Planck- Institut für Biogeochemie Jena)

vorgelegt von:

Sascha Beetz  
Matr.- Nr.: 63657  
Sascha.Beez@uni-jena.de

Abgabedatum: 31.03.2008

## Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	3
Tabellenverzeichnis.....	5
1 Einleitung .....	6
2 Bedeutung der Moore für die Umwelt.....	8
3 Grundlagen .....	9
3.1 Aufbau .....	10
3.2 Entstehung .....	12
3.3 Chemische/ Physikalische Eigenschaften von Mooren.....	13
3.3.1 pH – Wert .....	13
3.3.2 Leitfähigkeit .....	15
3.3.3 C/N – Verhältnis.....	16
3.3.4 Hydrologie des Moores .....	18
4 Standortbeschreibung .....	20
4.1 Saukopfmoor .....	20
4.1.1 Topographische Lage .....	21
4.1.2 Geologie des Untersuchungsgebietes .....	22
4.1.3 Bodenkundliche / hydrologische Aspekte des Standortes.....	23
4.1.4 Geschichte des Moores.....	25
4.2 Schützenbergmoor.....	27
4.2.1 Topographie.....	27
4.2.2 Geologische Verhältnisse .....	27
4.2.3 Bodenkundlicher / Hydrologische Aspekte.....	27
4.2.4 Geschichte/ Zustand des Moores.....	28
5 Material und Methoden .....	28
5.1 Monitoring.....	28
5.1.1 pH- Wert- Messung .....	29
5.1.2 Leitfähigkeitsmessung.....	30
5.1.3 Wasserstandsmessung an den Meßpegeln.....	30
5.1.4 Messung der Wasserstände der Kolke.....	30
5.2 Vermessung .....	31
5.2.1 Saukopfmoor .....	31
5.2.2 Schützenbergmoor.....	31
5.3 Fehlerbetrachtung .....	32

5.4	Kartenerstellung mittels ArcView 3.1 .....	33
5.5	Bodenprobenentnahme .....	33
5.6	Statistische Auswertung .....	34
6	Ergebnisse / Auswertung .....	34
6.1	Saukopfmoor .....	34
6.1.1	Topographie.....	34
6.1.2	Wasserstand in Abhängigkeit zu den klimatischen Bedingungen.....	36
6.1.3	Wasserstände der offenen Wasserflächen .....	44
6.1.4	Ergebnisse der Bodenprobenentnahme am Saukopfmoor.....	48
6.1.5	Endgültige Darstellung des Saukopfmoores anhand der gewonnenen Daten.....	52
6.2	Schützenbergmoor .....	53
6.2.1	Topographie.....	53
6.2.2	Wasserstand.....	55
7	Zusammenfassung / Diskussion .....	58
	Literatur.....	60
	Anhang .....	65

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verbreitung der Moor-, bzw. Feuchtgebiete auf der Erde. Nach LAPPALAINEN 1996:363f.....	6
Abb. 2: Hochmoorarten Mitteleuropas (Auszug, verändert nach: BURMEISTER ET AL. 1990:2). .....	11
Abb. 3: Schematischer Aufbau eines Hochmoores. Verändert nach: BURMEISTER ET AL. 1990:2.....	11
Abb. 4: Beispielhafte Darstellung einer Huminsäure im Boden. Verändert nach: Horwarth, W. (2007:334). .....	14
Abb. 5: Lage der Untersuchungsgebiete mit topographischer Übersichtskarte. Verändert nach MfNV (1988). .....	21
Abb. 6: Geologie des Thüringer Waldes mit den Untersuchungsstandorten. Verändert nach: SEIDEL 2003 <sup>2</sup> :216. ....	22
Abb. 7: Bodenkarte des mittleren Thüringer Waldes mit Untersuchungsgebieten. Verändert nach: SCHRAMM & LENK (1997):.....	24
Abb. 8: Messgeräte des Moor- Monitorings. ....	29
Abb. 9: Endstück des Moorbohrers.....	33
Abb. 10: Darstellung des Saukopfmoores.....	35
Abb. 11 und 12: Klimadiagramme für die Station Schmücke vom 01.07.07 bis zum 30.11.07 (oben) bzw. für die gleichen Monate im Zeitraum 1986-2006 (unten). Datenquelle: DWD.....	36
Abb. 13: Box- Whisker- Plot der Temperaturverläufe. Datenquelle: DWD.....	37
Abb. 14: Boxplot- darstellung der Niederschlagswerte. Datenquelle: DWD. ....	38
Abb. 15: Korrelationsanalyse zwischen der Niederschlagssumme und dem gemittelten Wasserstand im Saukopfmoor.....	39
Abb. 16: Niederschlag/ Wasserspiegel- Diagramm über die Zeit.....	40
Abb. 17: Saukopfmoor mit verschiedenen Wasserstandsgruppen. ....	42
Abb. 18: Boxplotdarstellung der Wasserstandswerte. ....	43
Abb. 19: Lage der beobachteten offenen Wasserflächen im Moor.....	45
Abb. 20: Boxplotdarstellung der Werte der offenen Wasserflächen. ....	46
Abb. 21: Wasserstandsverlauf der offenen Wasserflächen über die Zeit. ....	47
Abb. 22: Dambruch am Kolk OW3. ....	48

Abb. 23: Querschnitt entlang des Längstransektes mit Kernbeschreibung nach Humifizierungsgraden.....	51
Abb. 24: Degradationsklassen im Saukopfmoor.....	53
Abb. 25: Übersichtskarte anhand der Vermessungs-daten. ....	54
Abb. 26: Boxplotdarstellung der Wasserstände im Schützenbergmoor.....	56
Abb. 27: Boxplotdarstellung der gemessenen Leitfähigkeitswerte im Schützenbergmoor.....	57
Abb. 28: Darstellung der Degradationsklassen im Schützenbergmoor. ....	57

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Elementzusammensetzung von verschiedenen Böden. Nach: IMMIRZI ET AL 1992:15 .....	18
Tab. 2: Erklärung zur Bodenkarte Thüringen. SCHRAMM & LENK (1997).....	24
Tab. 3: Wichtige statistische Kenngrößen des Temperatur- bzw. Niederschlagsverlaufes. Datenquelle: DWD. ....	39
Tab. 4: ANOVA für die abiotischen Datenreihen im Saukopfmoor.....	40
Tab. 5: Klassifikation der Messpunkte ausgehend von den Wasserstandsberechnungen.....	41
Tab. 6: Klassifikation der Messpunkte ausgehend von den Leitfähigkeiten. ....	44
Tab. 7: Schichtenverzeichnis des Bohrpunktes J1. ....	49
Tab. 8: Schichtenverzeichnis des Bohrpunktes P3. ....	50
Tab. 9: Schichtenverzeichnis des Bohrpunktes P29. ....	50
Tab. 10: Endgültige Klassifikation der Meßpegel. ....	52
Tab. 11: Klassifikation der Meßpegel nach dem Wasserstand. ....	55
Tab. 12: Endgültige Klassifikation der Meßpunkte im Schützenbergmoor.....	57

## 1 Einleitung

Moore zählen zu den ursprünglichsten Landschaftstypen der Erde. Sie entwickelten sich, seit die ersten Landpflanzen entstanden, in feuchten Niederungen und Sümpfen. Die ersten Datierungen reichen zurück bis in das untere Devon (vor 400- 320 Mio. Jahren) (AVERDIECK ET AL 1990:114). Aus den vor Jahrmillionen existierenden Moorkörpern sind im Laufe der Zeit Kohlemoore entstanden, die unter anderem die heutigen Braun- und Steinkohlevorkommen bilden. Rezente Moore entwickelten sich allerdings erst im Holozän nach der letzten Eiszeit und weisen daher vor allem im mitteleuropäischen Raum Maximalalter von ca. 6000 - 11.000 Jahren auf. In Deutschland lassen sich die ältesten Hochmoore bis auf 7000 BP datieren (STEFFENS 1996:75). Im Laufe der Kulturgeschichte des Menschen wurden diese zumeist in ihrem Wachstum gestört, um zum Beispiel den Torf als Brennmaterial zu verwenden oder um die trockengelegte ehemalige Moorfläche land-, bzw. forstwirtschaftlich zu nutzen. Daher sind im dicht besiedelten mitteleuropäischen Raum nur noch sehr geringe Anteile der ursprünglich vorhandenen Moorflächen bis heute vorhanden. Abb. 1 gibt einen Überblick über die heute vorhandenen Feuchtgebiete, mit Angabe des prozentualen Flächenanteils der Moore.

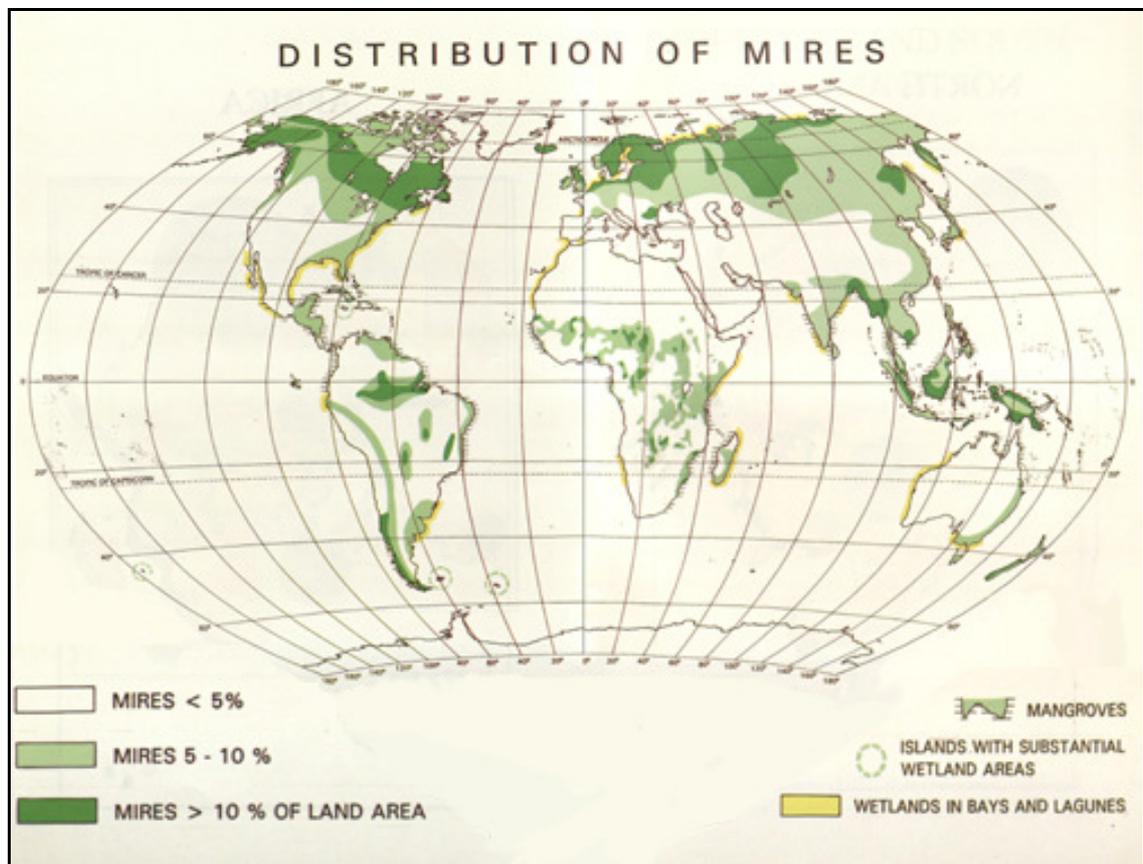


Abb. 1: Verbreitung der Moor-, bzw. Feuchtgebiete auf der Erde. Nach LAPPALAINEN 1996:363f.

Aus der Abbildung wird ersichtlich, daß die größten Moorregionen in der nördlichen, borealen Zone liegen, aber auch in den tropischen Bereichen Moore zum Landschaftsbild zählen. Insgesamt existieren ca. 4 Mio. km<sup>2</sup> Moorfläche weltweit, was etwa 3% der Landoberfläche entspricht (MALTBY & PROCTOR 1996:11). Diese Angaben erweisen sich jedoch nach verschiedenen Quellen sehr unterschiedlich.

Hochmoore können sich nur in Regionen entwickeln, die eine höhere Niederschlags- als Verdunstungsrate aufweisen. Deshalb sind sie innerhalb der o. g. Flächen vor allem in den humiden, kühl- temperierten Klimaten zwischen 50° und 70° N verbreitet. Begrenzt wird deren Ausbreitung nördlich durch die abnehmende Temperatur, östlich und südlich durch sinkende Niederschlagsraten (MALTBY & PROCTOR 1996:12f.).

In Mitteleuropa bzw. Deutschland sind die Haupthochmoorgebiete vor allem in den bayrischen Alpen und den Hochlagen der Mittelgebirge zu finden. Hier befinden sich auch die für diese Arbeit als Untersuchungsgebiete dienenden Regenmoore Saukopfmoor und Schützenbergmoor (Thüringer Wald).

Ziel dieser Arbeit ist eine Auswertung der bisher vorgenommenen Renaturierungsmaßnahmen im Saukopf- bzw. Schützenbergmoor hinsichtlich ihres Erfolges. Dazu dienen vor allem die Datenreihen der aufgenommenen abiotischen Parameter Leitfähigkeit, Wasserstand und pH- Wert.

Ein weiteres Ziel ist die Erstellung von digitalen Karten der Moore, um so einen Überblick über die Veränderungen bekommen zu können. Die dritte Aufgabenstellung sieht eine bodenchemische Analyse (Humusgehalt, C/N) von verschiedenen Bodenproben aus dem Saukopfmoor vor.

## 2 Bedeutung der Moore für die Umwelt

Im ausgehenden 19. bzw. im 20. Jhd. wurde vielfach versucht die Hochmoorflächen in Mitteleuropa für den Menschen nutzbar zu machen. Man begann mit Torfabbau zur Gewinnung von Brennmaterial, und senkte durch künstlich angelegte Gräben den Wasserspiegel der Moorkörper, um anschließend Bäume darauf pflanzen zu können, und das Gebiet damit forstwirtschaftlich zu nutzen. Derartige Eingriffe ziehen schwerwiegende ökologische Veränderungen nach sich. Durch die neuen chemischen und physikalischen Voraussetzungen kommt es zum einen zu einer Verschiebung des floristischen und faunistischen Artenspektrums, zum anderen auch zur Beeinflussung der ökologischen Verhältnisse in der Umgebung des Moores (ANDERSON 2001:2).

Diese ökologischen Auswirkungen können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Durch die Veränderung der Grundvoraussetzungen (Wasser-, Nährstoffverfügbarkeit, u. a.) kommt es zur vermehrten Entstehung von Streumoorfremder Pflanzenarten, was zur Verdrängung der hochmoortypischen Sphagnum- Arten führt.
- Die Drainierung führt zur Absenkung des Grundwasserspiegels relativ zur Geländeoberfläche (GOF), wodurch die durchlüftete Schicht im Moor vergrößert wird, und sich der aerobe mikrobielle Abbau wesentlich verstärkt (DRÖSLER 2005:2).
- Mit dem Wachsen der Bäume steigt graduell die Beschattung der Moorfläche, bis die Beschirmung bei nahezu 100% einen konstanten Wert erreicht.
- Die Konzentrationen der pflanzenverfügbaren Nährstoffelemente steigen im Bereich der oberen 50cm im Laufe der Zeit an.
- Verluste hinsichtlich der Interzeption und durch die Transpiration der Bäume führen zu einem weitaus größeren Absenken des Wasserspiegels, als die bloße Drainage. Weiterhin senkt sich der Boden stärker ab, was zum einen auf die Verdichtung der Oberflächenschicht, zum anderen auf die weitere Komprimierung der darunter liegende Torfschicht zurückzuführen ist. Bei diesem Vorgang steigt die Wasserdurchlässigkeit des trockenen Oberbodens, während sie im komprimierten Torf sinkt.
- Im Laufe des Austrocknungsprozesses kann es im Torf zu einer Rissbildung kommen, welche sich netzförmig ausbreitet, und eine mögliche Restauration zusätzlich erschweren würde.
- Eine Abholzung der ehemaligen Moorfläche verursacht zwar wieder einen

Anstieg des Wasserlevels, allerdings sind damit auch größere saisonale Fluktuationen verbunden, was die Ansiedlung der ursprünglichen Pflanzen- und Tierarten ebenfalls erschwert (ANDERSON 2001:2f.).

Neben den genannten physikalischen und chemischen Einflüssen wirken sich diese Eingriffe auch in biologischer Hinsicht aus. Neben den bereits erwähnten Vegetationsänderungen – die oberflächennahe Vegetation wechselt von typischen sonnenliebenden Moorarten zu schattenliebenden Unterholzarten - kommt es im Laufe der Aufforstung auch zu einem Wandel hinsichtlich der Artenzusammensetzung der Invertebraten, Vögel, und Säugetiere. Weiterhin wird auch die Fauna in der Umgebung des ehemaligen Moorkörpers beeinflusst. Nach PYATT ET AL (1992) in ANDERSON(2001:6) betrifft dies während des Prozesses der ersten Aufforstung zunächst einen schmalen Streifen um das Moor. Dieser wächst gleichermaßen mit dem sich entwickelnden Wald, und erreicht seine größte Ausdehnung am Zeitpunkt der ersten Abholzung. Bei erneuter Aufforstung wächst dieser Streifen ausgehend von diesem Stand kumulativ weiter, da der Wasserspiegel nach der Baumentnahme nicht entsprechend schnell wieder ansteigen kann. Dieser Vorgang wurde an einem Küstenhochmoor in Nordostschottland beobachtet (ANDERSON 2001:6).

Die Auswirkungen einer Aufforstung von Hochmooren spiegeln sich jedoch auch in seiner Kohlenstoffbilanz wider. Während ungestörte Moore über die Zeit große Mengen Kohlenstoff und andere Stoffe wie z.B. Nitrate und Phosphate binden (MALTBY & PROCTOR 1996:29), kann diese Funktion im degenerierten Moor nicht mehr durchgeführt werden. Das Moor verliert seine Speicherfunktion und kann so von einer Stoffsenke zur -quelle mutieren (DIERSSEN&NELLE 2006:251).

Die Bedeutung der Restoration der Moore liegt somit nicht nur auf dem Gebiet der Landschaftsökologie und des Naturschutzes, sondern auch im Bereich des Klimaschutzes.

### 3 Grundlagen

Moore werden nach verschiedenen Quellen unterschiedlich definiert. Im deutschsprachigen Raum bezeichnet man ein Feuchtgebiet als Moor, wenn eine mindestens 30cm starke Torfschicht vorherrscht (BURMEISTER ET AL 1990<sup>3</sup>:1).

Die große Besonderheit von Mooren liegt in der Torfakkumulation und damit einer Kohlenstofffixierung. Während dieses Prozesses entsteht jedoch gleichzeitig Methan,

welches aus dem Moorkörper entweichen kann. Somit sind Moore global sowohl als Kohlenstoffsenken als auch als –quellen zu sehen (MALTBY & PROCTOR 1996:29 ff.)

Die Torfe entstehen beim Absterben der im Moor vorkommenden Pflanzenreste sedimentär. Im Gegensatz zu sedimentären Ablagerungen wird das Torfmaterial hierbei während seiner Entstehung und auch nach dem Absterben nicht durch Wind, Wasser oder andere exogene Einflüsse transportiert, sondern bildet vor Ort das Sedentat (SUCCOW & JOOSTEN 2001:2).

Aufgrund der Heterogenität der Landschaftsform Moor existieren in der Literatur eine Vielzahl von Unterscheidungsmöglichkeiten. Kriterien hierfür sind z. B.

- die verschiedenen Arten der Moorentstehung,
- Chemismus bzw. Nährstoffhaushalt,
- Vegetation,
- Torf (botanische Zusammensetzung bzw. Zersetzungsgrad),
- Topographie bzw. Morphologie.

Davon ausgehend entwickelten JOOSTEN & CLARKE (2002) folgende Systematik. Durch die Einbindung der Hydrologie in das Gliederungsprinzip konnte nun eine Einteilung in 3 verschiedene Moorarten vorgenommen werden.

- Ombrogene Moore (auch Hoch-, bzw. Regenmoore genannt): beziehen ihren Wasserbedarf hauptsächlich durch Niederschlag.
- Soligene Moore (Niedermoore): beziehen den Wasserbedarf zusätzlich zum Niederschlag auch durch Oberflächenabfluss
- Lithogene Moore (Grundwassermoore): beziehen den Wasserbedarf zusätzlich zu den beiden oben genannten Möglichkeiten noch aus tiefem Grundwasser (JOOSTEN & CLARKE 2002:37).

Da sich die Arbeit mit den Regenmooren im Thüringer Wald beschäftigt, sollen im Folgenden Aufbau, Entstehung, Chemismus und Vorkommen dieser Moore näher erläutert werden.

### 3.1 Aufbau

Ein komplettes Moorprofil kann zum einen sowohl aus Nieder-, Übergangs-, und Hochmoor bestehen, zum anderen direkt auf den Rohhumusaufgaben von nährstoffarmen Podsolen bzw. Stagnogleyen wachsen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002<sup>15</sup>:516). Die für diese Arbeit relevanten Moore entwickelten sich vermutlich auf den Stagnogleyen in den Höhenlagen des Thüringer Waldes, deshalb soll diese Form

der Hochmoore näher beleuchtet werden.

Im Gegensatz zu den Niedermooren, die zumeist durch die Verlandung von Seen entstehen und daher fast eben oder nur schwach konkav geformt sind, besitzen Hochmoore aufgrund ihrer Entwicklungsgeschichte eine bis zu mehrere Meter aufgewölbte, „Uhrglasform“ (s. Abb. 2).

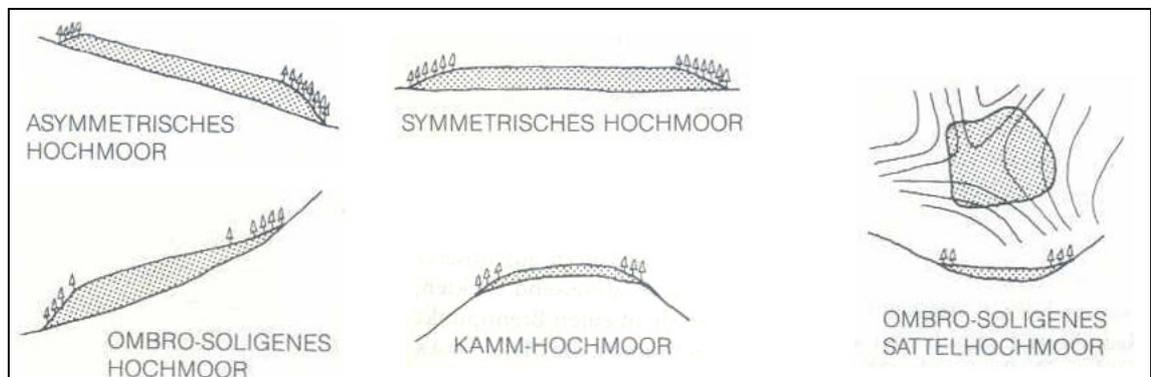
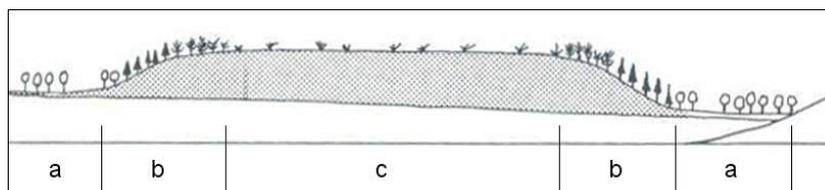


Abb. 2: Hochmoorarten Mitteleuropas (Auszug, verändert nach: BURMEISTER ET AL. 1990:2).

Das Hochmoor selbst wird in folgende Abschnitte unterteilt: Als „Lagg“ bezeichnet wird der Bereich am Rand des Moores, in dem sich das herabströmende Regenwasser



mit dem Wasser im Mineralboden vermischt (s. Abb. 3 a).

Abb. 3: Schematischer Aufbau eines Hochmoores. Verändert nach: BURMEISTER ET AL. 1990:2

Das „Randgehänge“ beschreibt die aufsteigende Zone (s. Abb. 3 b) bis hin zur Hochfläche (s. Abb. 3 c). Auf ihr können sich weiterhin Seen („Kolke“) und offene oder von Torf bedeckte Wasserrinnen („Rüllen“) bilden, in denen der Moorwasserstand (= Grundwasserstand des Moores) erkennbar wird. Sie stellen das Entwässerungssystem des Moores dar (BURMEISTER ET AL 1990:8f). Es können hier ebenso noch einige Bäume existieren, die aber aufgrund der schlechten Konditionen einen relativ geringen Wuchs aufweisen.

Der Aufbau des Moores hängt eng mit dessen Entstehung zusammen. Horizontal gesehen besteht das Hochmoor aus zwei Schichten: dem Akrotelm („akros“ - oben) und Katotelm („kato“ – unten) (TRAXLER 1997:347). Diese werden im Folgenden Kapitel näher beleuchtet.

## 3.2 Entstehung

Hochmoore sind ombrogene, Moore, d.h. sie entstehen in einem hauptsächlich von Regenwasser genährtem System.

Grundsätzlich finden in Mooren die gleichen biochemischen Reaktionen statt wie in Mineralböden. Dies geschieht durch das Edaphon, zu dem sowohl die im Boden lebenden Makro-, als auch Mikroorganismen zählen. Es erfolgt zum einen die Zerkleinerung durch Bodentiere, zum anderen die Mineralisation des toten Pflanzenmaterials bis hin zu niedermolekularen Verbindungen durch Mikroorganismen. Im Unterschied zu den Mineralböden weist dieser Zerkleinerungsprozess jedoch bei der Torfentstehung einen wesentlich geringeren Anteil sowie eine geringere Geschwindigkeit auf, da sich im wachsenden Hochmoorboden weniger Bodenorganismen befinden (SUCCOW & JOOSTEN 2001:12).

Durch schlecht wasserleitende Schichten unterhalb des Moorbodens kommt es zum Anstauen des Regenwassers, wodurch im unteren Teil des Moores (Katotelm) anaerobe Bedingungen herrschen. In diesem Bereich werden die kaum zerkleinerten Pflanzenreste humifiziert und bleiben damit über lange Zeiträume fast vollständig als Torf erhalten.

Im oberen Teil (Akrotelm) des Moores herrschen zumindest noch teilweise aerobe Konditionen, was dort zur Zerkleinerung und auch zum weiteren Abbau des Pflanzenmaterials führt. Die Grenze zwischen beiden Zonen ist jedoch aufgrund von Wasserspiegelschwankungen nicht genau festzulegen und wird deshalb in der Theorie in den Bereich des mittleren Wasserstandes des Moores gelegt (MALTBY, E. & M. C. F. PROCTOR 1996:11f.).

Aufgrund der Nährstoffarmut des Regenwassers, entwickelt sich im Hochmoor im Laufe der Zeit eine sehr spezielle Flora und Fauna. Die häufigste floristische Artengruppe bilden hierbei die Torfmoose (*Sphagnum*), welche sich von höheren Pflanzen vor allem in der Tatsache unterscheiden, daß sie im unteren Teil absterben, während sie gleichermaßen nach oben weiter wachsen. Auf diese Weise entstehen die im mitteleuropäischen Raum bis zu 4 m mächtigen Hochmoortorfe (BURMEISTER ET AL 1990:7).

Diese unterscheidet man unter anderem durch die Zersetzungsstufe, Farbe, Struktur oder anhand ihres Humifizierungsgrades. Dabei spricht man von Weißtorf bei einem Humifizierungsgrad von bis 5 (schwach zersetzt), von Schwarztorf ab einem Humifizierungsgrad von 6 – 10 (stärker zersetzt bis keine Strukturen mehr erkennbar)

(s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) (nach VON POST in: SPONAGEL, H. 2005<sup>5</sup>:127f.).

Nach der letzten Eiszeit kam es zunächst zur Entstehung des Schwarztorfes, später zur Bildung des schwach zersetzten Weißtorfes. Die beiden Schichten unterscheiden sich deutlich voneinander, und weisen eine mehr oder weniger scharfe Grenzlinie auf. Die Datierung dieses Wechsels in der Torfbildung gestaltet sich jedoch als schwierig, da es im Laufe der Zeit zur Bildung mehrerer solcher Zersetzungsflächen (Rekurrenzflächen) kommen kann.

### 3.3 Chemische/ Physikalische Eigenschaften von Mooren

#### 3.3.1 pH – Wert

Während in Niedermooren meist ein neutrales bis leicht basisches Milieu vorherrscht, gelten Regenmoore mit typischen pH- Werten von 3 – 4 als saure Lebensstandorte (STEINMANN & SHOTYK 1997:1144).

Dies liegt zum einen begründet in der CO<sub>2</sub> – Produktion des Bodens selbst. In kühl- bis gemäßigt- humiden Bereichen führen dabei mikrobielle Abbauprozesse (biologische Oxidation) sowie Wurzelatmung zu einem erhöhten CO<sub>2</sub>-Partialdruck im Boden. Dieser liegt, je nach Bodenbeschaffenheit, zwischen 0,2 und 0,7 kPa. Mit diesem Partialdruck steigt die Konzentration des gelösten CO<sub>2</sub> an (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002<sup>15</sup>:124).

Oberhalb von pH 5 wird das CO<sub>2</sub> nun in Kohlensäure umgewandelt, womit ein Protonendonator gegeben wäre (ZIECHMANN 1990:204).

Eine weitere Ursache für die Azidität des Bodens liegt in der Entstehung des Moores, bei der das postmortale Pflanzenmaterial wie oben bereits erwähnt nicht vollständig mineralisiert und danach abgeführt werden kann, sondern größtenteils im System verbleibt. Bei der Zersetzung des Materials entsteht eine Vielzahl von Huminstoffen bzw. -säuren. Diese Stoffgruppe ist hochmolekular, und ändert durch organische und anorganische Wechselwirkungen ständig seine Struktur. In Abb. 4 ist eine idealisierte Struktur einer Huminsäure dargestellt.

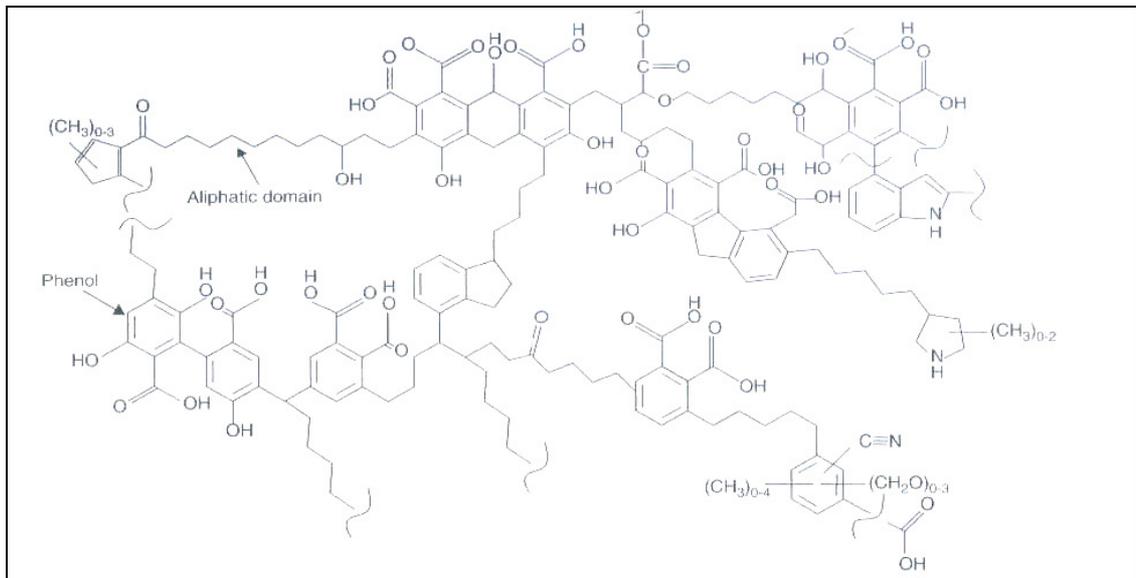


Abb. 4: Beispielhafte Darstellung einer Huminsäure im Boden. Verändert nach: Horwarth, W. (2007:334).

Zu erkennen ist die große Anzahl funktioneller Gruppen, durch die die mannigfaltigen Reaktionen erfolgen können. Die für die Bodenaziditätsreaktion wichtige Carboxylgruppe ist zur Übersicht noch einmal in Gleichung 1, die phenolischen Hydroxygruppe in Gleichung 2 dargestellt (Ar = Aromatrest).



Diese funktionellen Gruppen wirken sich als unterschiedlich starke Säuren auf den Boden aus. Während die Fulvosäuren mit einem pKs- Wert von 9-10 als schwache Säuren gelten, kann die Huminsäure mit einem pKs- Wert von ca. 5 als mittelstarker Protonendonator angesehen werden (ZIECHMANN 1990:206).

Die bereits oben erwähnte Mineralisation als zweiter wichtiger Zersetzungsprozeß liefert ebenfalls  $\text{H}^+$ - Ionen. So sind in den organischen Substanzen einige Nichtmetallionen enthalten, wie z. B. Stickstoff, Schwefel oder Phosphor, welche während der Aufspaltung zu starken mineralischen Säuren oxidiert werden ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Dabei spielt der Stickstoff quantitativ die größte Rolle (s. Kapitel 3.3.3) (ZIECHMANN 1990:206f.).

Ein vierter die Versauerung des Moorbodens fördernder Prozeß ist in der Nährstoffaufnahme der Pflanzen zu sehen. Die in Hochmooren verbreiteten *Sphagnum*- Arten besitzen hierbei eine besonders große Kationenaustauschkapazität, wodurch sie

ihre Umgebung zusätzlich mit  $H^+$ - Ionen anreichern (VAN BREEMEN 1995:272).

Die vier oben genannten Prozesse führen neben weiteren (z.B. Redoxreaktionen von Metallsulfiden, diese spielen jedoch im Moorboden lediglich eine untergeordnete Rolle) nacheinander zu einer schrittweise ablaufenden Versauerung des Bodens bis hin zu den im Moor vorherrschenden Bedingungen. Bei diesem pH- Wert wirkt das Puffersystem der Huminsäuren, sodass eine weitere Absenkung verhindert werden kann (ZIECHMANN 1990:212ff.).

### 3.3.2 Leitfähigkeit

Einen weiteren Indikator für den anthropogenen Einfluss bzw. die Ungestörtheit eines wachsenden Moores stellt der Parameter der elektrischen Leitfähigkeit dar. Sie ist definiert als die Fähigkeit eines Mediums (wässrige Lösung), elektrische Ladungen zu transportieren (RHOADES ET AL. 1999:6).

Sie hängt stark von der Menge der frei in der Bodenwasserlösung vorliegenden Ionen der dissoziierten Salze ab, und kann deshalb als Maß für die Nährstoffverfügbarkeit gesehen werden. In humiden Regionen ist diese Menge üblicherweise sehr gering, sodass das Pflanzenwachstum davon nicht beeinträchtigt werden kann (CONKLIN, A.R. 2005:106).

Trotzdem lassen sich für die verschiedenen Boden-, und Moorarten unterschiedliche Leitfähigkeiten feststellen: Charakteristische Werte für ein Niedermoor sind z.B. eine Leitfähigkeit von  $\sigma = 200-500\mu\text{S}/\text{cm}$ . Demgegenüber werden in einem wachsenden Hochmoor lediglich Werte um ca.  $\sigma = 10-30\mu\text{S}/\text{cm}$  erreicht (EGGELSMANN, R. 1990:318).

Die Gründe hierfür liegen zum einen in der Nährstoffarmut des eingetragenen Regenwassers, wodurch nur wenige Mineralsalze dem Boden zugeführt werden können. Des Weiteren besitzen die organischen Säuren eine sehr geringe Leitfähigkeit. So liegen z. B. die zwar in großer Zahl vorhandenen, jedoch schlecht löslichen Huminstoffe und – säuren mit Werten von  $\sigma = 10^{-7} \mu\text{S}/\text{cm}$  für Huminsäurevorstufen (Fulvosäuren) bis  $10^{-11} \mu\text{S}/\text{cm}$  in einem Bereich zwischen Halbleitern und Isolatoren (ZIECHMANN 1990:59).

Deshalb spielen sie für die elektrische Leitfähigkeit nur eine untergeordnete Rolle, sie wird vor allem durch die gelösten Mineralsalze bestimmt.

### 3.3.3 C/N – Verhältnis

Um das C/N- Verhältnis näher zu erläutern, müssen zunächst die Reaktionswege beider Elemente im Boden geklärt werden.

#### Kohlenstoff im Boden

Die wichtigsten anorganischen C- Verbindungen sind Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>). Kohlenstoff gelangt vor allem als CO<sub>2</sub> während des Prozesses der Photosynthese aus der Atmosphäre zunächst in die Pflanzenzelle und nach deren Absterben in den Moorboden (Akrotelm). Hier wird ein Teil des Kohlenstoffs zum Aufbau von Biomasse verwendet, ein anderer vollständig zu CO<sub>2</sub> reduziert. Der dritte Teil wird humifiziert (KÜSEL 1996:1).

Durch diesen fehlenden Abbau kann so ein großer Teil des atmosphärischen Kohlenstoffs gebunden werden (= Humifizierung) (MALTBY & PROCTOR 1996:29). Moore gelten in dieser Hinsicht somit als Kohlenstoffsinken. Die jährliche Akkumulationsrate liegt hier bei ca. 29g/(m<sup>2</sup>\*y), während die Nettoprimärproduktion NPP etwa den zehnfachen Wert (307/(m<sup>2</sup>\*y)) erreicht. Die Gründe für diese relativ geringe „Effizienz“ liegen in den gleichzeitig stattfindenden, CO<sub>2</sub>- emittierenden Prozessen der Mineralisation, Atmung bzw. Abgabe durch Stomata (MALTBY & PROCTOR 1996:31).

Demgegenüber werden während des mikrobiellen Abbaus durch methanogene Bakterien im anaeroben Katotelm die vorliegenden makromolekularen Stoffe (z.B. Zellulose) zu CH<sub>4</sub> reduziert (Methangärung) (NAUCKE 1990:247, KÜSTER 1990:265). Deshalb werden Moore in diesem Bezug als Kohlenstoffquellen bezeichnet. Die Werte der Methanemission variieren hier sehr stark. Nach BUBIER et al 1993 in MALTBY & PROCTOR 1996:31f. schwanken die täglichen Flüsse zwischen <1 bis 3200mg/(m<sup>2</sup>\*d).

#### Stickstoff im Boden

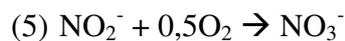
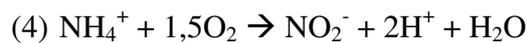
Der größte Teil des im Boden vorhandenen Stickstoffs (99%) liegt in organischer Form vor. Daher spielt der biologische Stoffkreislauf die größte Rolle innerhalb des globalen Stickstoffkreislaufes. Die Mineralisierung des Stickstoffes erfolgt hierbei in 3 Schritten: Bei der *Ammonifikation* kommt es zunächst zur Proteolyse, d.h. zum Abbau der

makromolekularen Substanzen wie z.B. Eiweiße, Nukleinsäuren oder Aminopolysaccharide (Gleichung 3) (GISI 1997:195). Die dabei entstandene Energie E kann für die Folgereaktionen genutzt werden.

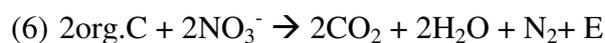
Anschließend kommt es zur Desaminierung, d.h. die Aminogruppe der entstandenen niedermolekularen organischen Verbindung (z. B. Glycin  $C_2H_5NO_2$ , Alanin  $C_3H_7NO_2$ ) wird abgespaltet (Gleichung 4) (BRUCE 2007:1402).



Der zweite Schritt während des Stickstoffabbaus ist die *Nitrifikation*. Hierbei wird in 2 Stufen unter aeroben Bedingungen das entstandene Ammonium zu Nitrat oxidiert. Die Reaktionen werden vorwiegend von den chemoautotrophen, obligat aeroben Bakterien *Nitrosomonas* (Gleichung 4) und *Nitrobacter* (Gleichung 5) durchgeführt (KENNEDY 1992:47).



Die *Denitrifikation* (Nitratatmung) bildet den dritten Teil des Kreislaufes. Unter anaeroben Verhältnissen wird das Nitrat hierbei z.B. von *Pseudomonas*, *Paracoccus*, *Protheus* oder *Thiobacillus* als Elektronenakzeptor genutzt (Gleichung 6) (KENNEDY 1992:48f.). Diese Reaktion ist wiederum exotherm.



Durch unvollständige Umsetzung entsteht während Nitrifikation und Denitrifikation auch Lachgas ( $N_2O$ ), das als treibhausrelevantes Gas aus dem Boden entweicht (GISI 1997:196). Bei vollständiger Umsetzung entsteht dagegen molekularer Stickstoff, der ebenfalls ausgast (KENNEDY 1992:49).

Die Emissionen von  $N_2O$  sind in unberührten Mooren jedoch sehr gering. Nach MARTIKAINEN ET AL in MALTBY & PROCTOR 1996:32 betragen die Werte im Hudson-Bay Tiefland zwischen -0,004 bis 0,008g  $N_2O/(m^2*y)$ . Allerdings kann sich die  $N_2O$ -Produktion durch Senkung des Wasserspiegels und die damit verbundene höhere mikrobielle Aktivität auf bis zu 0,22 g  $N_2O/(m^2*y)$  steigern (MALTBY & PROCTOR 1996:32).

Die Mengen der oben erörterten Stoffflüsse in Moor-, bzw. Torfböden werden, um sie besser quantifizieren zu können, ins Verhältnis gesetzt:

Das Kohlenstoff- Stickstoff- Verhältnis im Boden gilt dabei als Maß für die Stärke der mikrobiellen Veratmung (Mineralisierung) der organischen Substanz in Böden. Damit gibt dieses Verhältnis auch die Zersetzbarkeit des organischen Materials und letztendlich die Nährstoffverfügbarkeit an. Je enger dieses Verhältnis ist, umso mehr Stickstoff ist im Vergleich zum Kohlenstoff vorhanden, und umso größer ist die Abbaurate (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002<sup>15</sup>:54f.).

Der durchschnittliche Elementanteil der wichtigsten Nährelemente in eutrophen Niedermoor- und oligotrophen Hochmoorböden ist in Tab. 1 ersichtlich.

Tab. 1: Elementzusammensetzung von verschiedenen Böden. Nach: IMMIRZI ET AL 1992:15

Element	Eutropher Torfboden	Oligotropher Moorboden	Spannweite
	Durchschnitt		
Kohlenstoff C	48,0	52,0	12,0-60,0
Wasserstoff H	5,0	5,2	2,0-6,0
Sauerstoff O	32,0	35,0	30,0-40,0
Stickstoff N	2,5	1,0	0,3-0,4
Schwefel S	0,5	0,1	0,004-4,0
Phosphor P	0,07	0,04	0,01-0,5

Aufgrund der hohen Spannweiten der Werte in der Tabelle ergeben sich für Moorböden sehr beträchtliche Unterschiede hinsichtlich des durchschnittlichen C/N- Verhältnisses. So liegen die Werte für Niedermoortorfe bei C/N= 15 bis 35, für schwach zersetzte Hochmoortorfe bei C/N= 20 bis 70, und für stark zersetzte Hochmoortorfe bei C/N= 50 bis 100. Die hohen Spannen sind zu erklären mit den unterschiedlichen Zersetzungsgraden, die in die Berechnung mit eingehen (GROSSE- BRAUCKMANN 1990:216).

### 3.3.4 Hydrologie des Moores

Die hydrologischen Verhältnisse bilden den wichtigsten Faktor zur Bildung sowohl von Nieder-, als auch von Hochmoortorfen. Sie beeinflussen verschiedene abiotische

Faktoren, wie z.B. Nährstoffverfügbarkeit oder aeroben bzw. anaeroben Stoffwechsel, und damit sekundär auch die biotischen Faktoren (MITSCH & GOSSELINK 2000:107).

Während Hochmoore vor allem von der Humidität des Regionalklimas abhängen, bedingt hauptsächlich der Grundwasserstand im Einzugsgebiet die Hydrologie und damit den Wasserstand des Niedermoors. Insgesamt sind dabei drei Komponenten zu unterscheiden: Die Wasserzufuhr, Wasserabgabe und –speicherung (DIERSSEN & NELLE 2001:14ff.).

Die sich aus diesen Komponenten ergebenden Moorwasserstände bilden „...einen oberflächennahen, konvexen „Hügel“, der für jeden Geländepunkt durch ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Zufluss, Niederschlägen, Wasserstand und lateralem Abfluss charakterisiert ist (DIERSSEN & NELLE 2001:21)“.

Da im Hochmoortorf eine Wassersättigung von bis zu 97 Vol.-% vorherrschen kann, wirken sich die unterschiedlichen Wasserstände direkt auf die Höhe der gesamten Mooroberfläche aus. Es kommt zu einer Oszillation, der so genannten Mooratmung. Dabei senkt sich im Sommer, wenn die Evapotranspiration höher als der Niederschlag ist, die gesamte Mooroberfläche, und steigt im Herbst bei umgekehrten Verhältnissen wieder an. Die Amplitude kann hierbei je nach Moorstadium bis 50mm erreichen (EGGELSMANN 1990:296f.).

Als wichtige Einflussgröße ist hierbei auch die hydraulische Durchlässigkeit zu nennen. Sie kann im Hochmoor innerhalb weniger Dezimeter um den Faktor 1000 bis 10000 abnehmen, d.h. das Porenvolumen sinkt in einem sehr starken Gradienten nach unten hin ab. Daraus folgt zum einen ein relativ starker Wasserspiegelanstieg bei einem Niederschlagsereignis nach Niedrigwasser. Herrscht im Moor jedoch bereits ein relativ hoher Wasserstand, so ist eine erheblich höhere Niederschlagsmenge erforderlich, um den Wasserspiegel weiter anzuheben, weil ein größeres Porenvolumen gefüllt werden muss, und das Wasser leichter seitlich abfließen kann. Das Hochmoor reguliert sich damit in einem sehr engen Bereich aufgrund des Porenvolumengradienten im Akrotelm selbst (TRAXLER 1997:349).

Eine Wasserbilanz lässt sich nach INGRAM (1983) in FRANKL (1996:40f.) mit folgender Gleichung beschreiben:

$$(7) N - A = ET + \eta$$

Mit

N – Niederschlag

A – Abfluß

ET – Evapotranspiration

$\eta$  – Fehlerglied (Speicheränderung)

Das Fehlerglied  $\eta$  spielt hierbei eine hervorgehobene Rolle, da verschiedene Faktoren, wie z. B. Verdunstung und Wasservorrat (im Grundwasser, Bodenfeuchte und Schnee), hier mit einfließen, welche sich nur sehr schwer erfassen lassen. Des Weiteren hängen diese Elemente ihrerseits wieder von verschiedensten Größen ab (Witterung, Exposition, Vegetation u. a.) (EGGELSMANN 1990:304).

Insgesamt läßt sich festhalten, daß die Hydrologie des Moores hier lediglich als Übersicht angeschnitten wurde. Sie stellt sich sehr komplex dar, da wichtige Eingangsgrößen nur sehr schwer erfaßbar sind. Die Wasserstandmessung stellt jedoch bei relativ einfacher Datenaufnahme (z. B. durch Messung in PVC- Röhren, s. Kapitel 5.1.3) eine vergleichsweise gute Meßmethode zur Einschätzung von Moorökosystemen dar (EGGELSMANN 1990:296).

Diese Methode wird in Kapitel 7 noch einmal ausführlicher diskutiert.

#### 4 Standortbeschreibung

Die Untersuchungsgebiete befinden sich in der Kammlage des Thüringer Waldes, ca. 3 km nordwestlich (Saukopfmoor) bzw. ca. 2 km südwestlich von Oberhof (Schützenbergmoor) entfernt. Sie sind als Naturschutzgebiet eingestuft. Die Untersuchung beider Moore fand im Zeitraum vom 14.07. bis 30.11.2007 statt, und umfaßte die Erfassung des pH- Wertes, der Leitfähigkeit, und der Wasserstände in zuvor festgelegten und gebohrten Punkten. Zusätzlich wurden an den Rändern verschiedene Kolke des Saukopfmoores Markierungen in Form von Holzpfosten angebracht, welche die Messung der Wasserstände der offen Flächen mithilfe eines Rotationslasers ermöglichten (s. Kapitel 5.1.4). Mithilfe dieser Daten soll der Renaturierungserfolg des Saukopfmoores bzw. der –bedarf des Schützenbergmoores bewertet werden.

##### 4.1 Saukopfmoor

Der Torfkörper des Saukopfmoores erstreckt sich insgesamt über eine Fläche von ca. 14 ha, wovon derzeit ca. 12 ha als baumfrei anzusehen ist. Damit gilt es als das größte

Hochmoor im Thüringer Wald. Sein Einzugsgebiet liegt in einer Höhe von ca. 815-876 m ü. NN. Die größte Mächtigkeit erreicht der Torfkörper im mittleren Hangbereich (s. Abb. 23) mit 4,70 m (JESCHKE & PAULSON 2001:46).

#### 4.1.1 Topographische Lage

Das Moor erstreckt sich in ostnordöstlicher Richtung von 50°43'18'' bis 50°43'33'' nördlicher Breite und 10°40'34'' bis 10°40'53'' östlicher Länge. Begrenzt wird die Fläche des Moores zum einen von den Gipfeln des Greifenberges (900,4 m NN), des Alten Berges (852,3 m NN), und des Saukopfes (869 m NN), zum anderen von den Kerbtälern Silbergraben, Breiter Seegraben, Pechhüttendelle und Kerngrund (GÖRNER 1984:93) (s. Abb. 5).

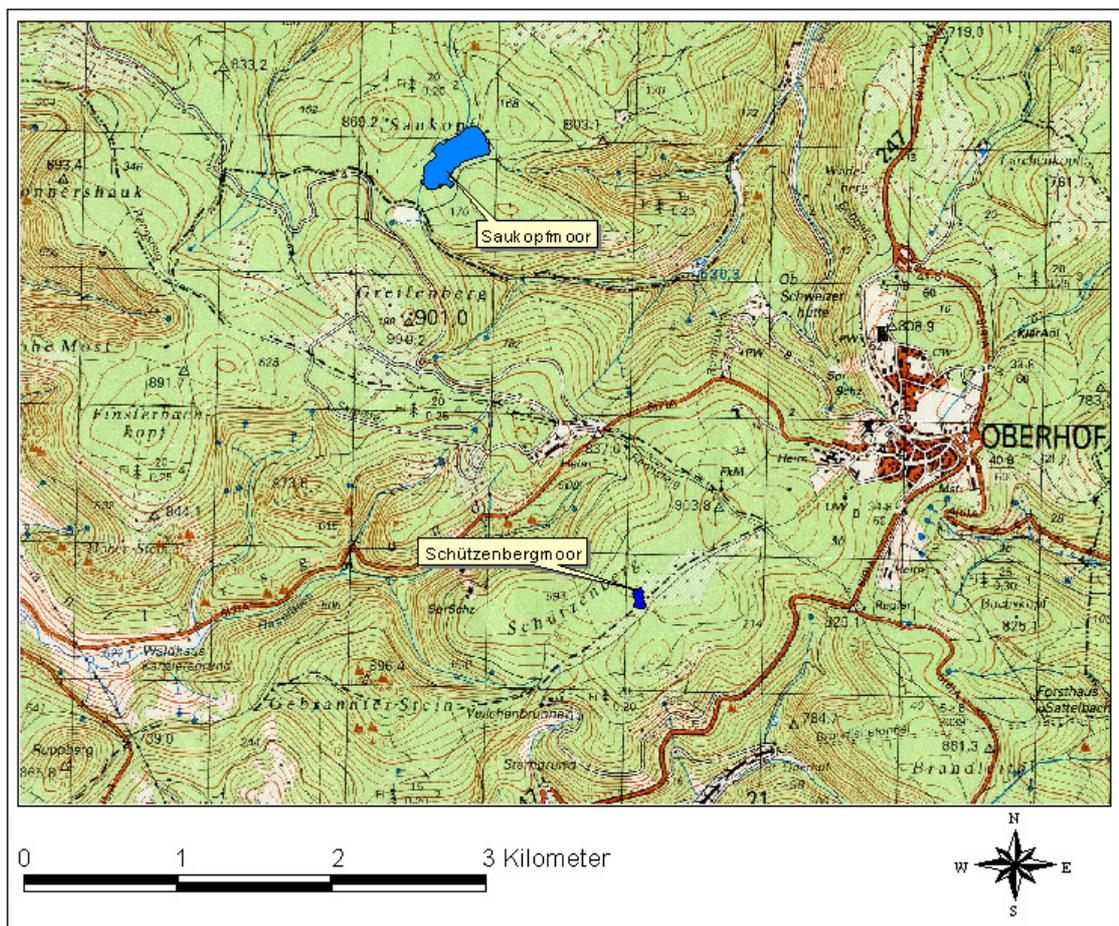


Abb. 5: Lage der Untersuchungsgebiete mit topographischer Übersichtskarte. Verändert nach MfNV (1988).

Trotz des relativ steilen Einschnittes der Täler und der nahe liegenden Bergkuppen besitzt die Fläche ein plateauhaftes Profil mit maximalen Hangneigungen von 10°

(GÖRNER 1984:93).

Dies ist unter anderem auf den geologischen Aufbau des Untergrundes zurückzuführen.

#### 4.1.2 Geologie des Untersuchungsgebietes

Im Untergrund der Untersuchungsfläche erstrecken sich die Rhyolithe (veraltet: Quarzporphyre) und zugehörige Pyroklastite (z. B. Tuffe) der *Oberhofer Formation* (SEIDEL 2003<sup>2</sup>:238).

Sie gehören zur Gruppe des unteren Rotliegenden im System des Perm (vor ca. 300 bis 258 Mio. a. BP) (SCHNEIDER 2001:19).

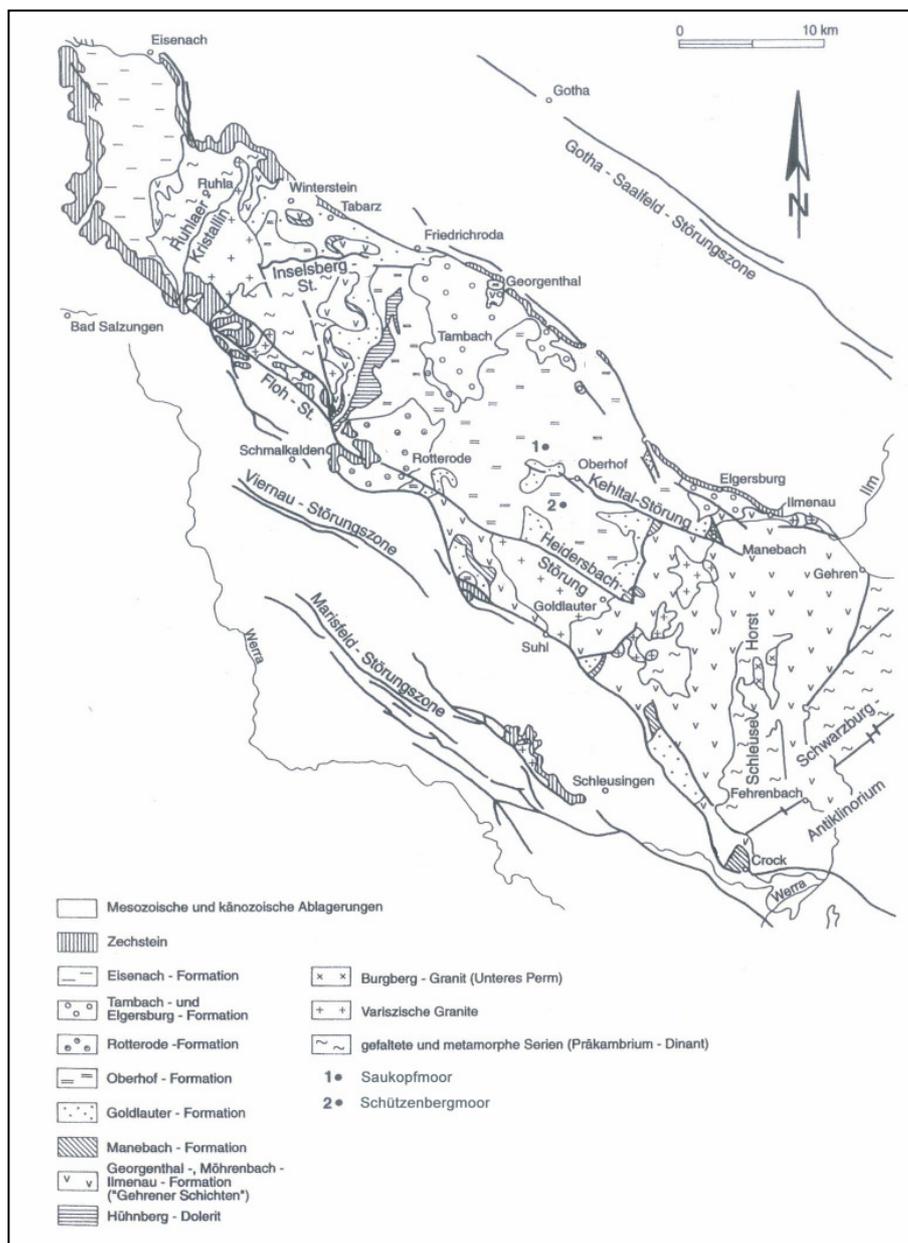


Abb. 6: Geologie des Thüringer Waldes mit den Untersuchungsstandorten. Verändert nach: SEIDEL 2003<sup>2</sup>:216.

Die Gesteine werden unterschieden in ältere (mit mittelgroßen Einsprenglingen von Quarz und Feldspat) und jüngere (mit kleinen Einsprenglingen) Porphyre. Zusätzlich sind auch Rhyolithe mit großen Einsprenglingen vorhanden, die „...in unterschiedlichen Niveaus intrusiv vorkommen (SEIDEL 2003<sup>2</sup>:238)“.

Die Rhyolithe sind sehr verwitterungsbeständig. Zum einen ergibt sich durch die vulkanische Entstehung ein „...feinkristallines, dichtes Grundgefüge... (SCHWERDTFEGER 1994:35)“, welches die Verwitterung einschränkt, zum anderen ist der zu großen Anteilen enthaltene Quarz sehr resistent gegen exogene Einflüsse.

Abb. 6 gibt einen Überblick über die geologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes. Das Untersuchungsgebiet zählt danach zur *Oberhofer Formation*. Die hier vorkommenden Rhyolithe zählen zu den sauren Gesteinen. Dieser Umstand und die klimatischen Voraussetzungen führten neben der Reliefform am Kamm des Thüringer Waldes, und der Nährstoffarmut zur Bildung der sauren Gebirgsböden (Podsole) bzw., bei entsprechenden klimatischen Voraussetzungen, Hochmoore.

#### 4.1.3 Bodenkundliche / hydrologische Aspekte des Standortes

Im Thüringer Wald herrscht ein zwar schwach ausgeprägter, aber dennoch erkennbarer klimatischer und hypsometrischer Formenwandel vor. Dies spiegelt sich in der Ausprägung der Gebirgsböden wider. In den Kammlagen mit einem durchschnittlichen Niederschlag von mehr als 1000 mm/a und der montanen Waldstufe (bis 700 m NN) kommen vorwiegend Podsole und Braun- Podsole vor (SEIDEL 2003<sup>2</sup>:500) (s. Abb. 7).

Die im Untersuchungsgebiet dominierenden Böden beschränken sich um den eigentlichen Moorkörper auf:

- lehmige Gesteinsschutte mit Bodentypen von Saure Braunerde über Ranker-Braunerde bis hin zu Podsol (im Bereich des Porphyruntergrundes).
- Lehmböden mit Braunerden bzw. Podsol- Braunerden (in Gebieten mit Sedimentanfüllungen)
- Staugleye an Vernässungsstellen in der Quellmulde (GÖRNER 1984:93).

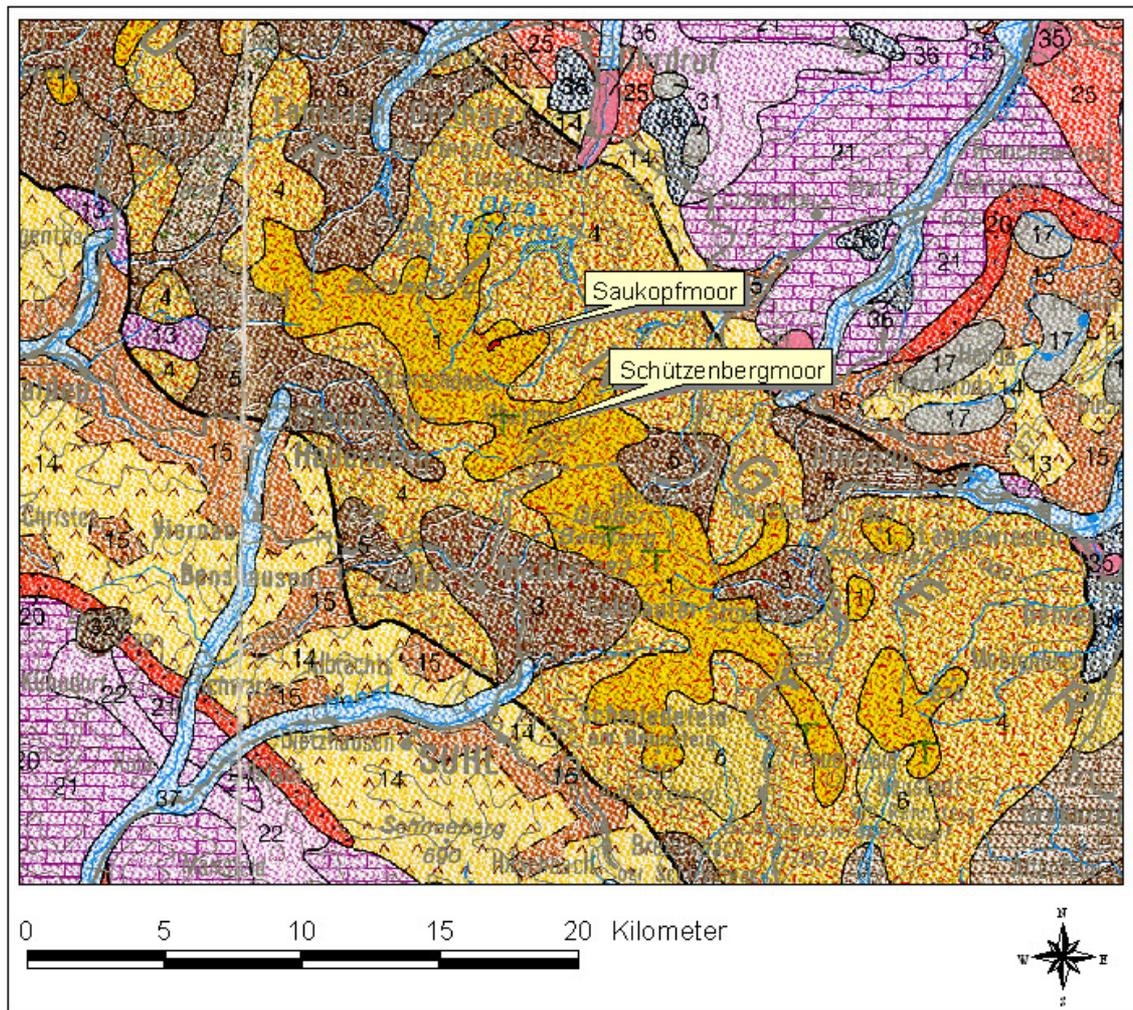
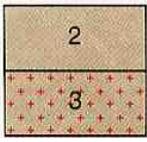
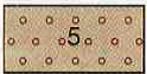


Abb. 7: Bodenkarte des mittleren Thüringer Waldes mit Untersuchungsgebieten. Verändert nach:  
SCHRAMM & LENK (1997):

Die Erklärung der wichtigsten Bodenarten im Untersuchungsgebiet gibt Tab. 2.

Tab. 2: Erklärung zur Bodenkarte Thüringen. SCHRAMM & LENK (1997).

Laufende Nr.	Leitbodentyp	Bodenart
Bodenlandschaften paläozoischer und vorpaläozoischer Grundgebirge		
Kammbereiche und obere Berglagen im Thüringer Wald (>750m NN)		
	Braunerde, Podsol- Braunerde, Podsol	Skeletthaltige bis skelettreiche sandig-lehmige Böden aus lößhaltigen Hangbildungen und Fließerden aus sowie Schuttsubstraten über basenarmen Silikatgesteinen (Porphyry, u. a.)

Mittlere und untere Berglagen im Thüringer Wald (>750m bis 400m NN)		
	Braunerde, Podsol- Braunerde	Skeletthaltige grusige Lehmböden (2) und grusreiche sandig- lehmige, teils lehmig- sandige Böden (3) aus lößhaltigen Fließerden und Schuttsubstraten über bzw. aus metamorphen Schiefen (2), Gneis und Granit (3)
	Podsol- Braunerde, Braunerde	Skeletthaltige bis skelettreiche, sandige Lehmböden aus lößhaltigen Fließerden und Schuttsubstraten über bzw. aus Porphy, Porphyrit und Tuffen, örtlich aus Porphyrkonglomeraten
	Braunerde	Skelettärmere Lehmböden und sandige Lehmböden, örtlich tonige Sande und tonige Lehme aus lößhaltigen Fließerden und Hangbildungen über bzw. aus Sandstein und Sandstein-, Schluff-, Tonsteinwechselfolgen des Permosiles; stellenweise skelettreiche (kiesige) sandig- lehmige Böden aus Konglomeraten

Aus hydrologischer Sicht charakterisieren Niederschlagswerte von 1250-1280 mm, ein geringer Wasserrückhalt und hohe Abflußschwankungen das Gebiet in der Kammlage des Thüringer Waldes. Von ihm ausgehend entwässern insgesamt 4 Vorfluter zur Ohra, von wo das Wasser über die Gera und Unstrut bis zur Saale weitertransportiert wird (GÖRNER 1984:93).

#### 4.1.4 Geschichte des Moores

Der Aufbau des Moores spiegelt dessen Geschichte wider. So sind nach Bohrungen und pollenanalytischen Untersuchungen (HUECK 1928, JAHN 1930 in GÖRNER 1984:94) folgende Ergebnisse festzuhalten: An der Grenze zum Quarzporphyr findet sich zunächst eine Waldtorfschicht, welche darauf schließen läßt, daß sich in der ersten Entstehungsphase des Moores anfänglich ein Waldboden entwickelte, der aber später von den verschiedenen Sphagnum- Arten erstickt wurde. Darüber schließt sich ein stark humifizierter Sphagnum- Torf an. Dies läßt den Schluß eines wachsenden Moores zu. Ab einer Tiefe von ca. 180 cm aufwärts ist eine mehr oder weniger stetige Abnahme des Humifizierungsgrades des Torfes festzustellen (GÖRNER 1984:96).

Daraus ergibt sich folgende zeitliche Einordnung:

Verglichen mit anderen Hochmooren Mitteleuropas beginnt die Moorbildung relativ spät, das Bruchwaldstadium wurde erst zu Beginn des Atlantikums (vor ca. 8900 BP) überwunden. Im weiteren Verlauf konnte sowohl das Subboreal (vor ca. 5700-2600 BP), als auch das Subatlantikum (2600-0 BP) nachgewiesen werden. Damit zeichnet sich die gesamte Waldgeschichte des Thüringer Waldes beginnend ab dem Atlantikum im Moor ab (GÖRNER 1984:96).

Im weiteren zeitlichen Ablauf wuchs der Torfkörper kontinuierlich, bis Mitte des 18. Jahrhunderts anthropogene Einflüsse das Moornwachstum unterbrachen. Erste Entwässerungsmaßnahmen gehen zurück bis auf das Jahr 1753. Die Gründe hierfür lagen in der zunehmenden Holzknappheit, verursacht durch Bergbau bzw. Eisen- und Glashütten (ZIMMERMANN 2002:223).

Auch die zweite große Entwässerungsmaßnahme in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde aus diesem Grund durchgeführt. Die dritte Entwässerungsphase fand an der Grenze vom 19. zum 20. Jahrhundert statt und zielte auf die Gewinnung von Torf als Streugut ab. Alle drei Aktionen scheiterten an mangelnder Rentabilität (ZIMMERMANN 2002:222).

Zwar fanden relativ kurze Zeit später, 1899, wieder erste Renaturierungsmaßnahmen in Form von Dämmen statt, jedoch wurden diese bereits 1924 fast vollständig zerstört, so daß es zu einem erneuten Absinken des Grundwasserspiegels innerhalb des Moorkörpers kam. Deshalb veränderte sich die Flora und Fauna des Moores in der Folgezeit drastisch. Erst ab 1977 wurden zielgerichtete Aktionen unternommen, um die hydrologischen Verhältnisse im Moor zu verbessern (GÖRNER 1984:98).

Seit 1999 existiert ein Moorschutzprojekt der Thüringer Forst-, und Naturschutzverwaltung. Sie hatte das Ziel, die Fichten auf der Regenmoorkalotte vollständig zu entnehmen, und die vorhandenen Entwässerungsgräben zu blockieren, um so eine Stabilisierung des Wasserhaushaltes und Erhöhung des Grundwasserstandes zu erreichen. Diese Maßnahmen wurden 2003 abgeschlossen (HENKEL ET AL 2004:87), und bilden die Voraussetzung für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Erfolgskontrolle.

## 4.2 Schützenbergmoor

Mit ca. 4 ha Fläche zählt das Schützenbergmoor zu den kleineren Mooren im Thüringer Wald. Es wurde wie das Saukopfmoor als Naturschutzgebiet eingestuft, ist aber im Gegensatz dazu mit einem Besuchersteg für Touristen ausgestattet, weshalb die Erhaltung bzw. mögliche Renaturierung hier einen besonderen Status erfährt.

### 4.2.1 Topographie

Das Moor liegt etwa 2 km südwestlich von Oberhof etwas südlich des Kammes östlich des Schützenberges (877,7m ü NN). Es erstreckt sich auf einem riedelartigen Rücken in einer Höhe von 884-893m ü. NN (JESCHKE & PAULSON 2001:42).

Geographisch dehnt sich das Moor in nordnordwestlicher Richtung von 50°41'40'' N und 10°41'56'' O im Südsüdosten bis 50°41'45'' N und 10°41'53'' O im Nordnordwesten aus (s. Abb. 5). Es verläuft dabei sehr flach, die maximale Hangneigung beträgt 2° im nördlichen Teil bzw. bis 4° im südlichen Abschnitt (GÖRNER 1984:173).

### 4.2.2 Geologische Verhältnisse

Das Moor erstreckt sich auf einem Riedel, der sich in südwestlicher Richtung zwischen Kanzlersgrund und Lubental ausbreitet. Die Geologie wird im Wesentlichen von Tuffen der *Oberhofer Formation* (unteres Rotliegend) geprägt. Zusätzlich passiert ein schmaler Streifen Ryolith das Gebiet in südost-nordwestlicher Richtung (GÖRNER 1984:173).

### 4.2.3 Bodenkundlicher / Hydrologische Aspekte

Aufgrund der räumlichen Nähe des Untersuchungsgebietes zum Saukopfmoor und der ähnlichen geologischen Bedingungen entwickelten sich hier zunächst aus lehmigen Gesteinsschutten auch die gleichen Bodenarten (Saure Braunerden, Ranker und Podsole) (GÖRNER 1984:174) (s. Abb. 7 und Tab. 2).

Klimatisch ist das Moor mit einer Jahresmitteltemperatur von ~5 °C und einer mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von ~1230 mm ebenfalls zur kühlgemäßigten Zone

zuzuordnen (JESCHKE & PAULSON 2001:42).

Die Entwässerung des Moores erfolgt ursprünglich in Richtung Norden. Der angelegte künstliche Graben sorgt jedoch für einen südwestlichen Abfluß über Radelsgraben, Kanzlersgrund, Hasel, Schönau, Schwarza bis hin zur Werra. Das Gebiet wird charakterisiert durch durchschnittlich 800-850 mm jährlichen Gebietsabfluß (BAUER 1974:154).

#### 4.2.4 Geschichte/ Zustand des Moores

Ähnlich der anderen Moore im Thüringer Wald wurde auch das Schützenbergmoor im 19. Jhd. zwecks Torf- und forstlicher Nutzung entwässert. Allerdings stellten sich die Auswirkungen der Degradation als nicht so stark heraus wie z.B. beim Saukopfmoor. Weiterhin kam es bereits in den 1980er Jahren zu ersten Renaturierungsmaßnahmen (Fichtenentnahme, Dammbau am südlichen Abfluß), so daß das Moor heute zu den besser erhaltenen Mooren des Thüringer Waldes zählt (JESCHKE & PAULSON 2001:43). Die Oberfläche des Torfkörpers ist aufgrund seiner verhältnismäßig geringen Größe nur schwach konvex geformt.

## 5 Material und Methoden

### 5.1 Monitoring

Um die erforderlichen Messungen in den Mooren durchführen zu können, wurde zunächst im Vorfeld (Mai 2007) ein Netz mit insgesamt 45 Dauermepegeln (s. Anhang) angelegt. Davon befinden sich 35 im Saukopfmoor, die restlichen 10 im Schützenbergmoor. Die Meßpegel bestanden aus PVC- Rohren mit ca. 5 cm Durchmesser und einer Länge von 1-2m, je nach Degradationsgrad und Torfdicke des Standortes. Sie wurden anschließend mit Deckeln versehen, um zum einen eventuellen Fremdeinflüssen durch Insekten oder andere Kleintiere, zum anderen auch hydrochemischen Änderungen durch Niederschlag vorzubeugen. Die Anordnung der Pegel richtete sich überwiegend nach dem Pflege- und Entwicklungsplan von JESCHKE

### 5.1.1 pH- Wert- Messung

Die Messung der pH- Werte fand zunächst mit dem tragbaren pH- / Leitfähigkeitsmeßgerät HI 991301 der Firma HANNAinstruments (s. Abb. 8, links) statt.



Abb. 8: Messgeräte des Moor- Monitorings.

Das Gerät bot sich aufgrund seiner Vielseitigkeit (Messung sowohl des pH- Wertes als auch der Leitfähigkeit) an. Allerdings kam es dabei trotz regelmäßig durchgeführter Kalibrierung zu offensichtlichen Funktionsstörungen. Deshalb wurde schließlich auf das zwar ältere, jedoch auch für extrem saure Bedingungen ausgerüstete Modell HI 9024C (Abb. 8, rechts) zurückgegriffen, mit dem das weitere pH- Wert- Monitoring problemlos durchgeführt werden konnte.

Wichtig bei den Messungen war die vorher durchzuführende Kalibrierung des Gerätes. Diese wurde durchgeführt mit zwei Pufferlösungen (pH 7,01 und pH 4,01), und gegebenenfalls (z. B. beim Auftreten von extremen Meßwertschwankungen) wiederholt (N. N. 1999:6f.).

### 5.1.2 Leitfähigkeitsmessung

Die Konduktivität des Wassers in den Messstellen konnte mithilfe des Leitfähigkeits-Taschenmeßgerätes „Cond 330i“ der Firma WTW (s. Abb. 8, Mitte) ermittelt werden. Die damit verwendete Standard- Leitfähigkeitsmesszelle „TetraCon 325/C“ eignete sich besonders für die im Moor vorkommenden sauren Umweltbedingungen. Vor dem Messzyklus musste auch hier eine Kalibrierung durchgeführt werden, um die Zellenkonstante zu bestimmen. Sie erfolgte mit der Kontrollstandardlösung 0,01 mol/l KCL- Lösung (N. N. 2004:21f.).

### 5.1.3 Wasserstandsmessung an den Meßpegeln

Diese wurde mittels eines Gliedermaßstabes durchgeführt. Dazu wurde zunächst außen am PE- Rohr die Rohrhöhe (H1) gemessen. Darauf folgte die Ermittlung des Wasserstandes innerhalb des Rohres bezogen auf diese Rohrhöhe (H2). Ausgehend von diesen beiden Werten konnte anschließend der Moorwasserstand unter Geländeoberkante (GOK) über die Differenz aus H2 und H1 berechnet werden.

### 5.1.4 Messung der Wasserstände der Kolke

Es erfolgte die Messung der relativen Wasserstände an 6 Kolken des Saukopfmoores. Um hierfür einen Ausgangswert für die Messungen zu bekommen, wurde am Rand des Kolkes zunächst ein Holzpflöck eingeschlagen. Anschließend wurde ein Rotationslaser (Bosch BL100 VHRZ) in Position gebracht, auf eine Markierung an einem im Wasser befindlichen Schwimmer ausgerichtet und dann die entsprechende Höhe auf dem Holzpflöck gekennzeichnet. Nach dieser Methode konnte bei späteren Messungen durch den auf den Schwimmer ausgerichteten Laser immer die jeweilige Wasserhöhendifferenz am Holzpflöck abgelesen werden.

## 5.2 Vermessung

Die Vermessung der freien Moorflächen bzw. der Messpunkte fand im November/Dezember 2007 mittels des elektronischen Tachymeters ELTA 4 der Firma Zeiss mit freundlicher Unterstützung der Firma JenaGEOS statt. Das Gerät zählt mit einer Genauigkeit von 1mmgon Standardabweichung nach DIN 18723 (n. N. 1988:114) zu den Tachymetern mittlerer Genauigkeit (KAHMEN 2006:97f.).

### 5.2.1 Saukopfmoor

Im näheren Umfeld des Moores befanden sich keine trigonometrischen Referenzpunkte. Deshalb mussten insgesamt 4 neue Referenzpunkte angelegt werden. Dies geschah ausgehend von einem Wanderweg südwestlich des Moores mit Unterstützung des Vermessungsbüros ÖbVI Pense Arnstadt mittels eines DGPS- Gerätes. Ausgehend von diesen Punkten konnte später ein *angeschlossener Polygonzug* über die gesamte Moorfläche gelegt werden. Das bedeutet, dass der Zug in einem festgelegten Festpunkt beginnt und in einem zweiten endet (KAHMEN 2006:286).

Auf diese Weise konnten sowohl die Moorfläche, die Meßpegel, und die meisten Kolke des Moores vermessen werden. Aufgrund der ungünstigen Wetterbedingungen (Nebel, Schnee) konnten jedoch nicht alle offenen Wasserflächen vermessen werden. Des Weiteren war der südöstliche Teil des Moores sehr degradiert, so daß mögliche Dämme bzw. Ränder der Wasserflächen kaum mehr zu erkennen waren.

### 5.2.2 Schützenbergmoor

In unmittelbarer Umgebung des Moores befand sich ähnlich wie beim Saukopfmoor kein Referenzpunkt. Allerdings konnte ausgehend von den nächsten Trigonometrischen Vermessungspunkten in etwa 0,7 km Entfernung per *Rückwärtseinschnitt* nach KAHMEN 2006:259 quer durch das Gelände ein *toter Polygonzug* (von nur einem Festpunkt referenziert) zum Moor gelegt und ein neuer Referenzpunkt direkt nebenan gesetzt werden. Dieser besitzt zwar eine ungünstige Fehlerfortpflanzung, konnte jedoch aufgrund der geringen Distanz trotzdem durchgeführt werden und befriedigende

Ergebnisse liefern. Darauf aufbauend erfolgte die Vermessung der Moorfläche bzw. die Einmessung der Meßpegel.

### 5.3 Fehlerbetrachtung

Die beim Monitoring verwendeten Geräte weisen innerhalb ihrer Toleranz einen sehr geringen Fehlerwert auf. Dieser wurde jedoch vor allem wegen der Extremverhältnisse angehoben. Weitere Probleme, die sich im Zuge der pH-, und Leitfähigkeitsmessung ergaben, waren

- Kalibrierungsfehler
- Störungen des Wassers in den Messrohren durch Tiere oder pflanzliche Reste
- Funktionsstörungen der Geräte.

Bei der Messung der Wasserstände war es vor allem wichtig, die Oberfläche des Wassers innerhalb der Rohre möglichst genau zu erkennen. Da dies bei starker Sonneneinstrahlung kaum mehr möglich war, liegt ein weiteres Problem bei der Datenbeschaffung. Um den Fehlerwert bei der Meßmethode möglichst gering zu halten, wurde der Gliedermaßstab entsprechend langsam der Wasseroberfläche genähert, bis die Reflektion der Wasserbewegung zu erkennen war. Des Weiteren traten Probleme bei der Messung außen am Rohr auf. Hier kam es durch subjektiv unterschiedliche Meßmethoden und einen verschieden hohen Pflanzenbewuchs (s. 3.3.4 Mooratmung) zu differenten Ergebnissen. Darum wurde bei der Ausführung der ersten 5 Monitoring-Reihen jedesmal die Außenhöhe mit gemessen, und danach der Mittelwert gebildet. Dieser wurde bei den folgenden Reihen als Rechengrundlage genutzt.

Die Verwendung des Rotationslasers zur Messung der Wasserstände der offenen Moorflächen gestaltete sich als relativ fehlerfrei, da der Laser sich selbst ausnivellierte. Wichtig hierbei war lediglich der sichere Stand des Lasers, was wegen der relativ geringen Dichte des Torfkörpers leichte anfängliche Schwierigkeiten verursachen konnte, und das Erkennen des Laserstrahles auf dem Schwimmer. Eine zu starke Sonneneinstrahlung konnte hierbei ebenfalls die Messung behindern.

#### 5.4 Kartenerstellung mittels ArcView 3.1

Um eine Übersicht über die Untersuchungsgebiete zu erhalten, und die bisher durchgeführten Maßnahmen gut sichtbar darstellen zu können, wurde mit Hilfe des ESRI Programms ArcView 3.1 eine digitale Karte erstellt. Diese ist in Abb. 10 (Saukopfmoor) bzw. Abb. 25 (Schützenbergmoor) dargestellt.

#### 5.5 Bodenprobenentnahme



Die Aufnahme von Bodenproben aus dem Saukopfmoor erfolgte am 03.11.2007. Es wurden insgesamt 20 Proben entnommen. Die Durchführung erfolgte mithilfe des Moorbohrers der Firma Eijkelkamp Agrisearch Equipment BV (s. Abb. 9). Dieser eignete sich besonders für die Anwendung in sumpfigen oder torfigen Gebieten, da er über ein Verschlusssystem verfügt. Im Gelände wird der Stechbohrer zunächst von Hand in den Boden gedrückt. Ist die gewünschte Tiefe erreicht, dreht man den Bohrer im Uhrzeigersinn um 180°. Dabei bleibt die Verschlussplatte in ihrer Position, nur der Sampler- Zylinder dreht sich.

Abb. 9: Endstück des Moorbohrers.

Quelle: [www.eijkelkamp.com](http://www.eijkelkamp.com).

Auf diese Weise wird die Probe in den Zylinder befördert und gleichzeitig von der anderen Seite der Platte verschlossen. Dadurch kann eine nur halbgestörte Bodenprobe gewonnen werden.

Im Anschluß an die Entnahme wurde der Kern zunächst auf Farbe, Schichtung und Besonderheiten (Pflanzenreste) hin untersucht, und entsprechend der Schichtung Proben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. Probleme bei der Entnahme ergaben sich aufgrund der geringen Dichte des Torfbodens kaum. Allerdings konnten

durchschlagene Wurzelreste eine Wiederholung einzelner Probenentnahmen erfordern. Eine weitere Fehlerquelle war in der Datenaufnahme zu finden. Die nicht immer günstigen Lichtverhältnisse konnten dabei die farbliche Unterscheidung einzelner Torfhorizonte negativ beeinflussen (Kernfotos s. Anhang).

## 5.6 Statistische Auswertung

Um die gewonnenen Meßwerte der Abiotik (Wasserstand, pH- Wert, Leitfähigkeit) statistisch erfassen zu können, wurde mit Hilfe des Programms SPSS eine univariate Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Mit dem danach angewandten ad-hoc Test *Student-Newman-Keuls-Prozedur* wurden für die Meßwerte verschiedene Gruppenzugehörigkeiten erkannt und danach gebildet. Weiterhin wurden Korrelationsanalysen zwischen den Werten durchgeführt, welche Aufschluß über die klimatische Abhängigkeit der Werte geben sollten.

## 6 Ergebnisse / Auswertung

### 6.1 Saukopfmoor

#### 6.1.1 Topographie

Die Topographie des Moores wurde wie in Kapitel 5.2.1 beschrieben vermessen. Abb. 10 zeigt das Ergebnis der Verarbeitung mit ArcView auf. Zu erkennen sind die durch den Anstau des Hauptentwässerungsgrabens entstandenen eingemessenen Kolke im südwestlichen Teil des Moores (blau eingefärbt). Des Weiteren sind in brauner Farbe die Dammerrichtungen zu sehen. Diese wurden im Zuge der Renaturierungsmaßnahmen errichtet, und bestehen zum einen aus Holzpflocken, um den unteren Teil des Dammes zu sichern, zum anderen aus Torfmooschichten, um eine erneute Anwurzlung der Bereiche zu gewährleisten. Die relativ hohe Anzahl an Dämmen im nordöstlichen Teil ist auf die hohe Degradation dieser Fläche aufgrund der Baggerarbeiten zurückzuführen. Weiterhin sind die einzelnen Monitoring- Meßpegel dargestellt.



## 6.1.2 Wasserstand in Abhängigkeit zu den klimatischen Bedingungen

Als Grundlage für die statistische Auswertung dienten unter anderem die klimatischen Werte der Wetterstation Schmücke. Diese sind verarbeitet zu einem Klimadiagramm für Juli bis November 2007 in Abb. 11 bzw. gemittelt über 20 Jahre von 1986-2006 in Abb. 13.

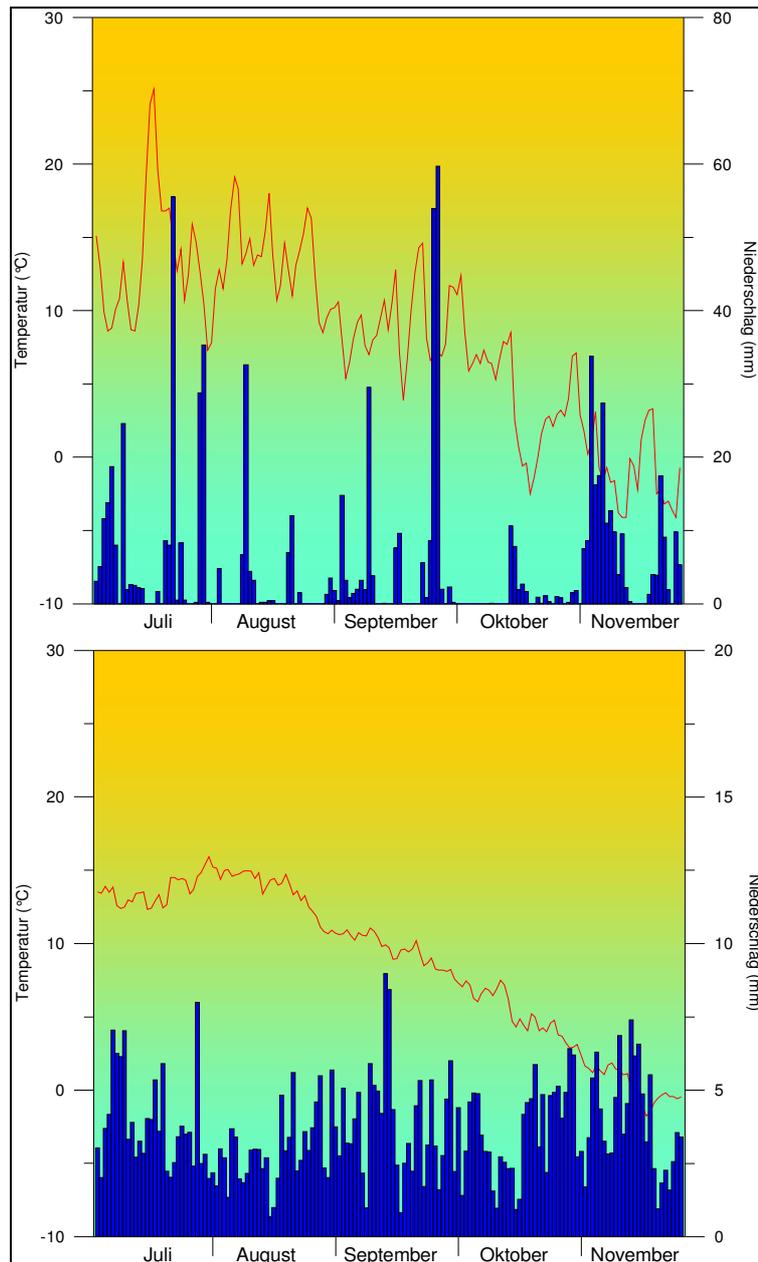


Abb. 11 und 12: Klimadiagramme für die Station Schmücke vom 01.07.07 bis zum 30.11.07 (oben) bzw. für die gleichen Monate im Zeitraum 1986-2006 (unten). Datenquelle: DWD.

Es wird daraus ersichtlich, daß das Jahr 2007 sowohl in der Temperatur als auch im Niederschlag im Bereich der Werte der letzten 20 Jahre gelegen zu haben scheint.

Weiterhin fallen die beiden extremen Niederschlagsereignisse Mitte Juli bzw. Ende September auf. Um diese als mögliche Ausreißerwerte identifizieren zu können, und weitere Aussagen zu treffen, sind in den folgenden Diagrammen der Temperatur- bzw. Niederschlagsverlauf im Jahr 2007 den Werten von 1986-2006 in Box-Whisker-Plots gegenübergestellt. Als Ausreißer ist der Wert hierbei dann definiert, wenn er die 1,5-fache Interquartilsdistanz (Abstand zwischen 3. und 1. Quartil) nach oben oder unten überschreitet (TUKEY 1977:44).

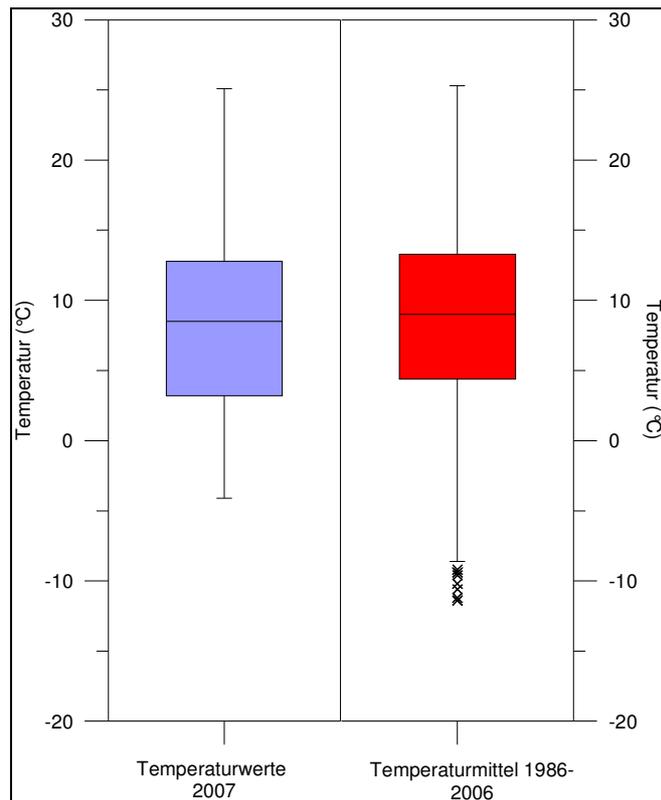


Abb. 13: Box- Whisker- Plot der Temperaturverläufe. Datenquelle: DWD.

Daraus geht hervor, daß es sich im Jahr 2007 um ein leicht kühleres Jahr als den Durchschnitt der letzten 20 Jahre gehandelt hat, da sowohl die oberen bzw. unteren Quartile als auch der Median etwas unter dem 20- jährigen Schnitt liegen. Daraus kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß der Temperaturverlauf im Jahr 2007 in etwa dem Durchschnitt der vorigen 20 Jahre entspricht.

Ein etwas anderes Ergebnis liefert die Gegenüberstellung des Niederschlags in den beiden Zeiträumen in Abb. 14.

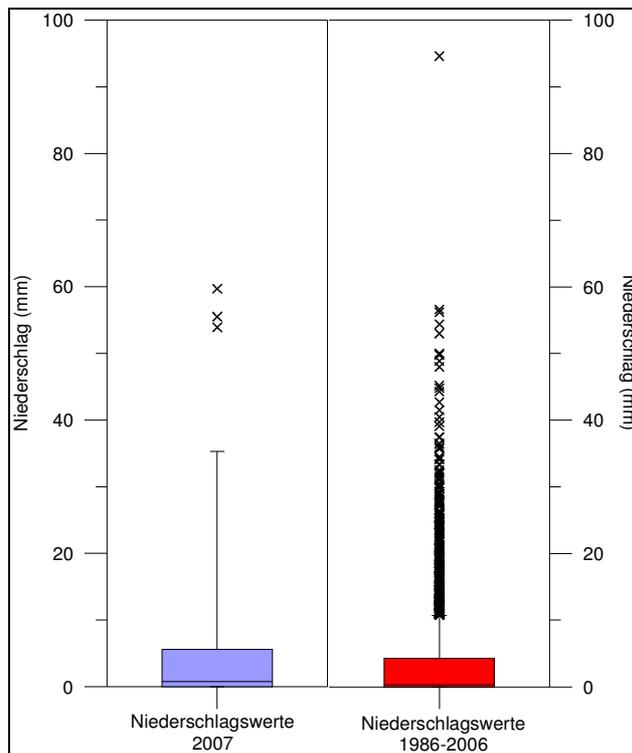


Abb. 14: Boxplot- darstellung der Niederschlagswerte. Datenquelle: DWD.

Hier ist zu erkennen, daß sowohl im Jahr 2007 als auch in den vergangenen Jahren immer wieder Extremniederschlagsereignisse zu verzeichnen waren. Auffällig ist die relativ große Anzahl der Ausreißerwerte im 20- Jahres- Zeitraum. Diese sind über den langjährigen Zeitraum immer an ähnlichen Zeitpunkten anzutreffen, weshalb davon auszugehen ist, daß sie Extremniederschlagsereignisse darstellen, welche jedoch nicht als Ausreißerwerte von der weiteren Berechnung ausgeschlossen werden dürfen. Sowohl das obere Quartil 2007, als auch der Median liegen etwas höher als in den vergangenen 20 Jahren.

Ausgehend von diesen Ergebnissen kann man das Jahr 2007 als etwas kühler und feuchter charakterisieren als den Durchschnitt der vergangenen 20 Jahre. Da sich in beiden Darstellungen jedoch die Quartile großflächig überschneiden, kann von einem eher durchschnittlichen Jahresverlauf sowohl der Temperatur als auch des Niederschlages ausgegangen werden. Die beiden Extremniederschlagsereignisse in Abb. 11 stellen somit Ausreißerwerte dar.

Einen Überblick über die wichtigsten Kenngrößen in den Diagrammen Abb. 13 und Abb. 14 gibt die nachfolgende Tab. 3. Zusätzlich zu den in den Diagrammen dargestellten Werten ist hier noch der Mittelwert der Temperatur- und Niederschlagsverläufe beider Zeiträume dargestellt.

Tab. 3: Wichtige statistische Kenngrößen des Temperatur- bzw. Niederschlagsverlaufes. Datenquelle: DWD.

Jahr	Temperatur (°C)		Niederschlag (mm)	
	2007	1986-2006	1986-2006	2007
Minimum	-4,1	-1,8	0,0	0,0
Maximum	25,1	15,9	59,7	94,6
Spannweite	29,2	17,7	59,7	94,6
Mittelwert	8,2	8,7	5,1	3,6
Median	8,5	9,8	0,8	0,3
1. Quartil	3,2	4,4	0,0	0,0
3. Quartil	12,8	13,3	5,4	4,3
Standardabweichung	6,2	5,1	10,2	7,0

Die Niederschlagsdaten wurden anschließend mit den Wasserspiegeländerungen innerhalb des Saukopfmoores in Korrelation gebracht (s. Abb. 15). Dabei wurden auch die Extremniederschlagsereignisse Mitte Juli und Ende September berücksichtigt, da der Wasserspiegel auf eine mögliche Reaktion darauf untersucht werden sollte.

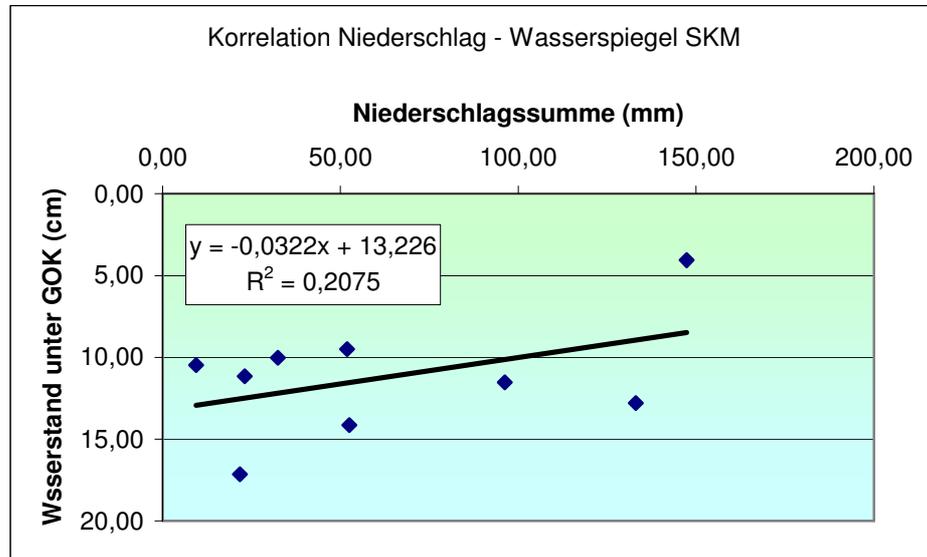


Abb. 15: Korrelationsanalyse zwischen der Niederschlagssumme und dem gemittelten Wasserstand im Saukopfmoor.

Daraus geht hervor, dass mit einem  $R^2$ - Wert von 0,2075 von einer relativ geringen Korrelation zwischen beiden Eingangsgrößen auszugehen ist. Dies spricht für den Erfolg der Renaturierungsmaßnahmen, da das Moor hinsichtlich dieser Betrachtung eine Pufferwirkung durchaus aufzeigen kann.

Das Niederschlags- Wasserspiegeldiagramm in Abhängigkeit zur Zeit in Abb. 16 spiegelt diese Ergebnisse noch einmal auf andere Weise wieder. Es kommt zwar zu einer Reaktion des Wasserspiegels auf das erste Extremregenereignis, jedoch fällt diese recht gering aus (Mittel Juli). Die nachfolgende trockenere Periode verursacht eine deutliche Reaktion, während das zweite Regenereignis Ende September schon nicht mehr im Wasserspiegelverlauf nach zu verfolgen ist.

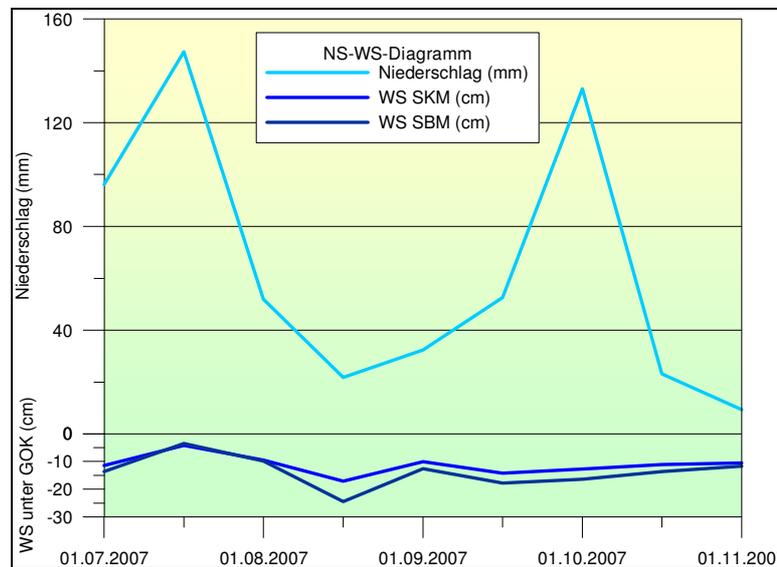


Abb. 16: Niederschlag/ Wasserspiegel- Diagramm über die Zeit.

Im nächsten Schritt wurde eine univariate Variationsanalyse (ANOVA) durchgeführt, mit deren Hilfe die verschiedenen Datenreihen (Wasserstand, pH- Wert, Leitfähigkeit) im Saukopf- und Schützenbergmoor in Abhängigkeit zu ihren Meßstandorten gebracht wurden. Das Ergebnis ist in Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4: ANOVA für die abiotischen Datenreihen im Saukopfmoor.

ANOVA		Quadrat- summe	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
WS	Zwischen den Gruppen	21476,41	34,00	631,66	32,60	0,00
	Innerhalb der Gruppen	6665,21	344,00	19,38		
	Gesamt	28141,63	378,00			
PH	Zwischen den Gruppen	14,82	34,00	0,44	1,01	0,45
	Innerhalb der Gruppen	146,90	341,00	0,43		
	Gesamt	161,73	375,00			

LFKT	Zwischen den Gruppen	109703,44	34,00	3226,57	5,23	0,00
	Innerhalb der Gruppen	190163,04	308,00	617,41		
	Gesamt	299866,48	342,00			

Wichtigstes Ergebnis der Tabelle ist die sehr geringe Signifikanz der Gruppen Leitfähigkeit (LFKT) und Wasserstand (WS). Es besagt, dass hier eine offensichtliche Abhängigkeit der Meßdatenmittelwerte von den Standorten existiert. Die Signifikanz von 0,45 für den pH- Wert scheint jedoch eine weitaus geringere Abhängigkeit von den Standorten aufzuweisen, was auf die relativ große Homogenität (saure Verhältnisse im gesamten Moor) zurückzuführen ist.

Im Anschluß wurde ein Ad-Hoc-Test durchgeführt, der Aufschluß darüber geben sollte, welche Standorte zu einer homogenen Gruppe zusammengefaßt werden können. Die dafür verwendete *Student-Newman-Keuls-Prozedur* diente als Grundlage für die Klassifizierung der Wasserstände in drei Gruppen:

Tab. 5: Klassifikation der Messpunkte ausgehend von den Wasserstandsberechnungen.

Meßpunkt	Gruppe	Wasserstand
P3, PT, J1, P61, P16a, O8, O6, P21, O2, P69	1 (hoher Wasserstand)	0-12,5 cm unter GOK
J2, P23, P18, P60, P25, P47, P14, P44, P7, J3	2 (mittlerer Wasserstand)	13-17,5 cm unter GOK
P27, P29, P16b, P60,5, P31-32, O5, O7, J5, J4, O4, O3, P11, O1, P67-68, P5	3 (niedriger Wasserstand)	18-25 cm unter GOK

Die folgende Abb. 17 gibt einen Überblick über die Lage dieser Punktgruppen im Moor. Daraus wird ersichtlich, dass sich ein Teil der höchsten Wasserstände im südwestlichen Teil des Moores nördlich (P18, P21, P23, J1), und südwestlich (P25) der ehemaligen Entwässerungsgräben befindet. Diese Fläche war auch während der forstlichen Nutzung waldfrei und zählt damit zu dem Bereich des Moores, der als naturnah einzustufen ist. Ein weiter Teil im Nordostteil (PT, P3) ist damit zu erklären, dass sich die Pegel hier im direkten Abfluss des Moores in Richtung Silbergraben befinden (s. Abb. 17). Der dritte Teil der Gruppe im südlichen Teil des Moores (P69, P61, O6) befindet sich entweder im angrenzenden Hangversumpfungsmoor (P69), oder am südöstlichen Abfluss (P61, O6).

Die hohen Wasserstände der übrigen Punkte P44 und O2 gehen auf die Standorte direkt an offenen Wasserflächen zurück.

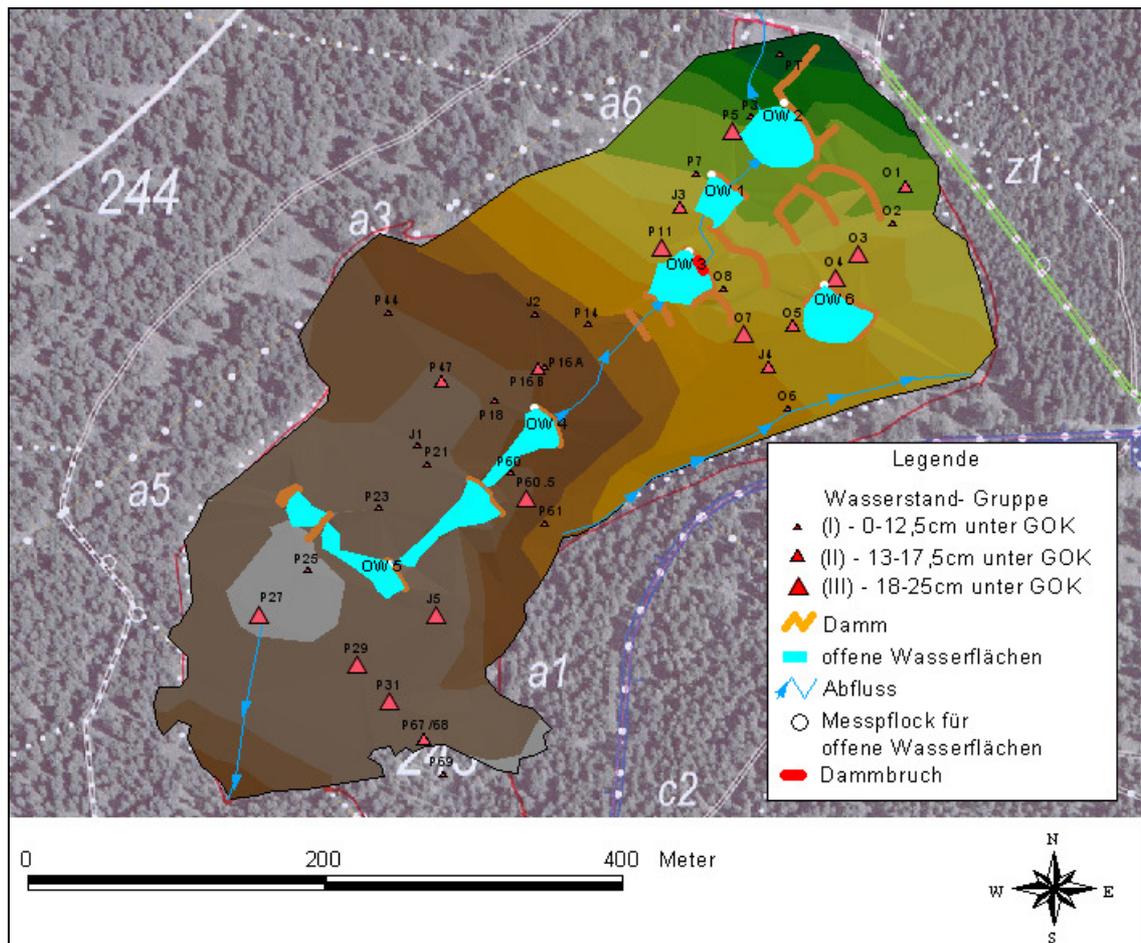


Abb. 17: Saukopfmoor mit verschiedenen Wasserstandsgruppen.

Die zweite Wasserstandsgruppe (13-17,5 cm unter GOK) stellt die Übergangsphase hin zu den degenerierten Standorten (dritte Wasserstandsgruppe 18-25 cm unter GOK) dar. Vor allem die Punkte im Nordostteil des Moores geben hierfür entsprechend niedrige Wasserstände an. Dies ist auf den hohen Degradationsgrad zurückzuführen, der aus den Baggerarbeiten heraus entstanden ist. Die niedrigen Wasserstände im Südwestteil des Moores (P27, P29, P31, P67/68) gehen hingegen wahrscheinlich noch immer auf die ehemalige Bewaldung der Fläche zurück, so daß man davon ausgehen kann, daß hier die Renaturierung noch nicht sehr weit vorangeschritten ist.

Deutlicher wird die Verteilung noch einmal durch Abb. 18 ausgedrückt. Hier wurden bereits die Extremwerte (>70 cm unter GOK bzw. >5 cm über GOK) entfernt. Ausreißerwerte nach TUKEY 1977:40 wurden jedoch nicht aus der Datenreihe entnommen, da insgesamt noch zu wenig Daten vorhanden waren, und deshalb nicht gewährleistet werden konnte, ob es sich bei den Ausreißern wirklich um Fehlerquellen

handelte. In der Abbildung wird nicht nur der Wasserstand der einzelnen Gruppen deutlich, sondern vor allem auch die steigende Schwankung der Werte um den Median von Gruppe 1 bis 3. Dies kann als weiterer Indikator für die höhere Degeneration der Gruppen 2 und 3 gewertet werden (SLIVA 1997:30f.).

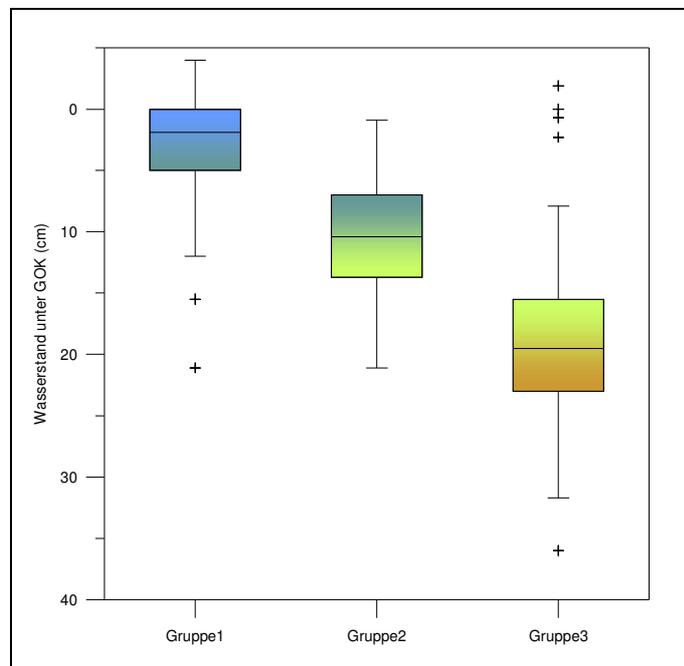


Abb. 18: Boxplotdarstellung der Wasserstandswerte.

Als zweites Gruppierungskriterium bot sich die Leitfähigkeit an, da diese in ihren Mittelwerten ebenfalls signifikante Unterschiede aufwies (s. Tab. 4). Allerdings ergab der Ad- Hoc- Test hier zwar eine Einteilung in 3 Gruppen, jedoch waren die meisten Werte in der mittleren Gruppe angesiedelt. In Tab. 6 sind die Werte gruppiert nach der Leitfähigkeit dargestellt. Daraus geht hervor, daß der sehr geringe Wert in Punkt J1 für den relativ naturnahen Zustand dieses Abschnittes spricht, während der hohe Wert in Punkt J4 den degenerativen Zustand dieses Teiles des Moores widerspiegelt (s. Abb. 17).

Im Vergleich zu den Gruppen, die sich aus den gemessenen Wasserständen bilden lassen konnten, finden sich hier nur die „Extrempunkte“ J1 (fast natur belassen) und J4 (sehr degradiert) in den entsprechenden Gruppen wieder. Bei J4 könnten weiterreichende Untersuchungen, wie z.B. Phosphor-, Alkali- und Erdalkaligehaltbestimmung des Bodenwassers weiteren Aufschluß über Ursachen der hohen Werte bringen.

Bei den restlichen Werten liegen die gemessenen Leitfähigkeitswerte zu weit zusammen,

um nur durch sie allein eine Klassifizierung der Moorfläche vorzunehmen. Sie bewegen sich zwischen 40 und 80 $\mu$ S, und zählen damit nach DRÖSLER 2005:48 zu renaturierten bis degenerierten Standorten.

Tab. 6: Klassifikation der Messpunkte ausgehend von den Leitfähigkeiten.

Punkt	Kriterium	Leitfähigkeit $\sigma$ ( $\mu$ S)
J1	niedrige Leitfähigkeit	< 40
P16b, P47, P67-68, J3, O1, O5, PT, P3, P7, P14, P16a, P18, P21, P23, P25, P44, P60, P61, P69, J1, J2, O2, O6, O8, P5, P11, P27, P29, P31-32, P60.5, J5, O3, O4, O7	mittlere Leitfähigkeit	40 - 110
J4	hohe Leitfähigkeit	> 110

Ähnlich verhielt sich die Auswertung der pH- Werte: Hier gab es zwischen den Mittelwerten keine signifikanten Unterscheidungen, deshalb konnten diese als Einteilungskriterium nicht heran gezogen werden.

Die pH- Werte bewegten sich zwischen 3,2 und 4,0 bei einer Standardabweichung von 0,54. Diese Werte liegen im durchaus üblichen Bereich für ein Regenmoor. Einige Ausreißerwerte über pH 6 sind wahrscheinlich zurückzuführen auf Probleme mit dem Meßgerät (s. Kapitel 5.1.1).

Aus diesen Gründen dienen sowohl pH- Werte, als auch die Leitfähigkeitswerte vor allem der Kontrolle der Klassifizierung. So kann z. B. Punkt PT neu zugeordnet werden, da er eine mittlere Leitfähigkeit von 95 $\mu$ S mit einer Standardabweichung von 37 $\mu$ S aufweist und damit nach DRÖSLER 2005:48 den mittelmäßig bis stark degradierten Standorten zugeordnet werden kann. Hierbei konnte eine Erhöhung der Leitfähigkeitswerte über den Sommer nicht beobachtet werden.

### 6.1.3 Wasserstände der offenen Wasserflächen

Wie bereits in Kapitel 5.1.4 beschrieben, wurden zusätzlich zu den Datenaufnahmen der

Messpunkte verschiedene Wasserflächen hinsichtlich der relativen Wasserstandsänderung untersucht. Dies geschah im Zeitraum vom 15.07. bis 03.11.2007. Den Bezugswert bildet der Wasserstand zum Zeitpunkt der Messpflockerrichtung (Mai 2007). Dieser wird als Nullwert angesehen.

Abb. 19 gibt einen Überblick über die Standorte der untersuchten Wasserflächen im Moor.

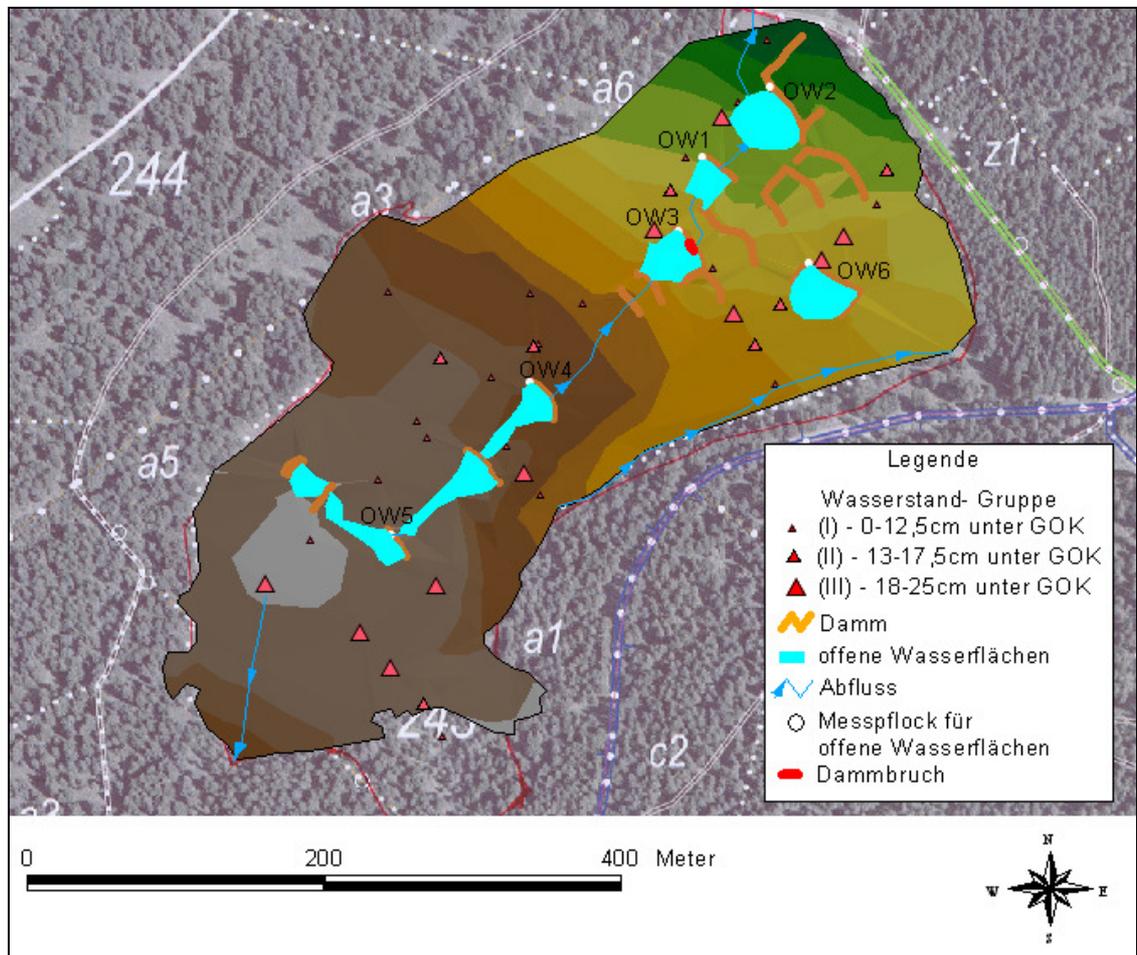


Abb. 19: Lage der beobachteten offenen Wasserflächen im Moor.

Die beobachteten Flächen befinden sich sowohl im degenerierten Bereich (OW1, OW2, OW3, OW6) als auch auf der relativ naturnahen Fläche des Moores (OW4 und OW5). Weiterhin stellen OW5 und OW4 einen Teil des ehemaligen südlichen Entwässerungsgrabens dar, während OW3 und OW1 im natürlichen Nordost- Abfluss in Richtung Silbergraben liegen. OW6 im Südostteil des Moores ist erst durch die Baggerarbeiten entstanden (SIUDA 2003:5f.).

Ein Überblick über die Verteilung der Werte in Abb. 20 zeigt eine erhebliche Abweichung innerhalb der Spannweiten und erlaubt so die Gruppierung in 2 Klassen:

- OW1, OW2, OW3 (geringe Spannweiten)
- OW4, OW5, OW6 (hohe Spannweiten)

Diese sehr deutliche Unterscheidung ist vor allem zurückzuführen auf den Moorbruch Ende September 2007, der in den Verläufen von OW1 und OW3 (s. Abb. 22) deutlich wird. Zwischen dem 20. und 29.09.07 brach hier ein Teil des Dammes von OW3 (Abb. 22), was hier zu einer Wasserspiegelsenkung von mehr als 100cm führte. Die darauf folgenden Messungen am 06.10.07 ergaben folglich eine Erhöhung der Wasserspiegel der im Abfluß von OW3 liegende Fläche OW1. OW2 hingegen lag zwar nicht in der direkten Abflußlinie, muß jedoch latent ebenfalls deutlich beeinflusst worden sein, da sie mit  $R=0,82$  signifikant positiv korreliert ist mit OW1.

Weiterhin läßt sich sagen, daß der oberste Kolk OW5 im Wasserstand relativ stabil geblieben ist, während OW4 einen stetigen Anstieg aufweist. OW6 liegt ebenfalls im positiven Bereich, besitzt aber eine höhere Streuung, was wahrscheinlich auf seine Lage im degenerierten Bereich des Moores zurückzuführen ist (s. Abb. 19).

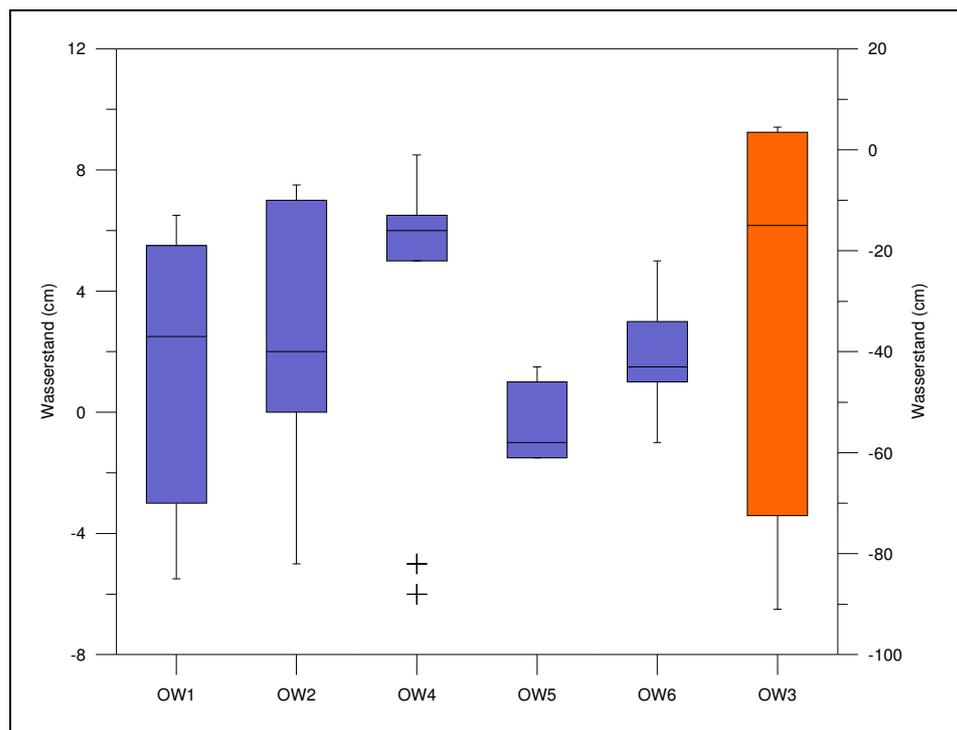


Abb. 20: Boxplotdarstellung der Werte der offenen Wasserflächen. Die Skala für OW1, OW2, OW4, OW5 und OW6 befindet sich am linken, für OW3 am rechten Diagrammrand.

Diese Aussagen werden in Abb. 21 anhand der dargestellten Wasserstände über die Zeit noch einmal deutlicher. Zu beachten ist vor allem die unterschiedliche Skalierung der Datenreihen. Die Ausreißerwerte von OW4 wurden entfernt, und die fehlenden Werte

linear interpoliert. Gut sichtbar ist die oben erwähnte Abhängigkeit zwischen OW1 und OW2. Weitere statistisch gesicherte Zusammenhänge ergaben sich jedoch nicht. Dies spricht für eine hohe Heterogenität hinsichtlich der einzelnen Meßstandorte. Wird jedoch das gesamte Moor betrachtet, so liegt, abgesehen von dem Moorbruch und dessen Folgen, eine durchweg stabile bis leicht positive Wasserbilanz vor.

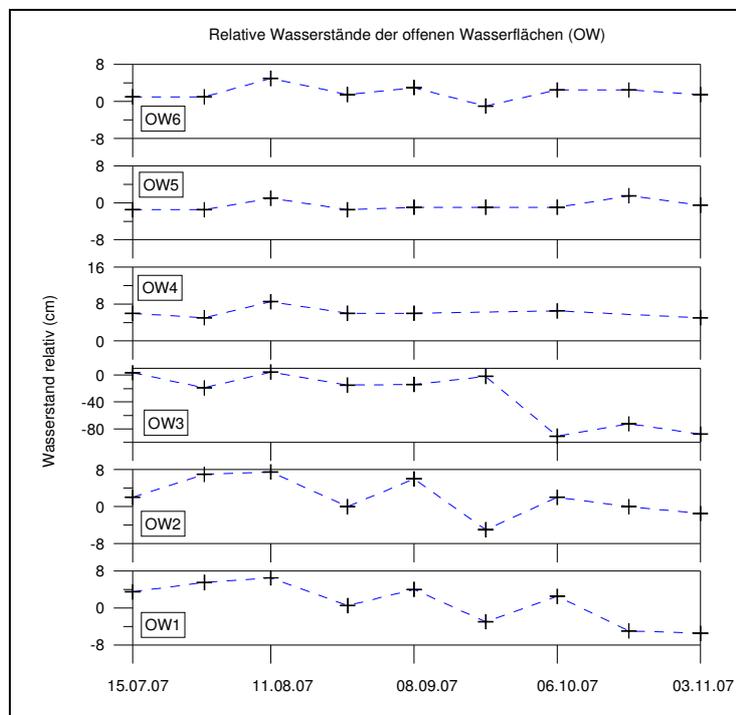


Abb. 21: Wasserstandsverlauf der offenen Wasserflächen über die Zeit.

Abb. 22 zeigt den nach dem Moorbruch übrigen unteren Teil des Dammes, der nun freiliegt. Das Foto wurde von Punkt P11 aus in Richtung Südosten fotografiert.

Aus den gewonnenen Daten können nun folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Die fehlende Korrelation mit dem Niederschlag läßt eine hohe Pufferwirkung des Moores vermuten.
- Da auch innerhalb der Moore große Unterschiede hinsichtlich des Wasserstandes festgestellt wurden, kann man von der Ausbildung vieler Mikroklimata innerhalb des Moores ausgehen.
- Der Dambruch an OW3 ist höchstwahrscheinlich auf das Niederschlagsereignis am 27./28.09.07 (Niederschlagssumme 113,6 mm) zurückzuführen, welches das zweitgrößte der letzten 20 Jahre darstellte.
- Trotz der großen Regenmenge kam es nur zum Brechen von einem Damm, alle anderen Dämme blieben intakt. Dies spricht für die Stabilität der Torfdämme.



Abb. 22: Dammbbruch am Kolk OW3.

#### 6.1.4 Ergebnisse der Bodenprobenentnahme am Saukopfmoor

Es wurden insgesamt 20 Bodenproben nahe den Meßpunkten im Saukopfmoor entnommen (Kernfotos s. Anhang 1 und 2). Der Entnahme folgte eine Kernaufnahme hinsichtlich Farbe, Humifizierungsgrad (nach v. POST), Wurzeldichte und Struktur. Da im Rahmen der Arbeit nicht alle Bohrkerne beschrieben werden können, werden im Folgenden 3 charakteristische Standorte (naturnahe Entwicklung – J1, mäßig degradiert – P3, stark degradiert – P29) näher erläutert.

##### Punkt J1

Hierbei handelt es sich um einen Standort, der auch während der Kultivierungszeit baumlos geblieben ist, und daher entsprechende Merkmale für ein relativ ungestörtes Moorwachstum aufweisen sollte.

Dies drückt sich in Tab. 7 aus. Die geringe Anzahl der unterscheidbaren Horizonte gibt

erste Hinweise auf eine wenig anthropogen oder klimatisch negativ beeinflusste Entwicklung. Die beiden oberen Horizonte setzen sich deutlich vom unteren Horizont ab. Die dunklere Farbe läßt zunächst auf eine fortgeschrittenere Humifizierung schließen. Ebenso ist eine Durchwurzelung nur in den oberen Horizonten zu erkennen. Dies weist darauf hin, daß der untere Horizont sich relativ störungsfrei entwickeln konnte. Dies ist auch an der sich nach unten verdichtenden Struktur erkennbar. Die Humifizierungsgrade nach v. POST befinden sich trotz der dunklen Farbe in allen drei Horizonten im gering bis mäßig zersetzten Bereich. Insgesamt ist der Standort also als relativ naturnah einzuschätzen. Bekräftigt wird diese These auch durch die Torfzusammensetzung. Es herrscht hier vor allem Sphagnumtorf vor.

Tab. 7: Schichtenverzeichnis des Bohrpunktes J1.

Horizonttiefe (cm)	Farbe bei Probenahme	Durchwurzelung	Struktur	Humifizierungsgrad nach v. POST
0-11	braun	mäßig	locker	H4
11-19	schwarz	mäßig	locker	H5
19-100	mittelbraun	keine	mäßig locker	H3

#### Punkt P3 (mäßig degradiert)

Der Punkt liegt im nördlichen Teil des Moores direkt neben OW1. Hier kam es zu anthropogenen Einflüssen durch Entwässerungsgräben, deshalb sollte eine Degradation in der Schichtfolge erkennbar sein. Diese kann man aus der Schichtfolge in Tab. 8 erkennen. Trotz einer geringen Gesamttiefe von nur 0,5m waren drei Schichten zu unterscheiden. Der hohe Humifizierungsgrad in den oberen beiden Schichten läßt auf einen relativ niedrigen Wasserstand und somit eine hohe Zersetzungsrate in diesem Bereich schließen. Die untere Schicht weist jedoch eine relativ geringe Zersetzung auf. Die Durchwurzelung und Struktur lassen sich nicht merklich unterscheiden. Insgesamt kann man also sagen, daß hier keine ungestörte Entwicklung des Torfkörpers stattfand, die Störungen sich aber in Grenzen hielt.

Tab. 8: Schichtenverzeichnis des Bohrpunktes P3.

Horizonttiefe (cm)	Farbe bei Probenahme	Durchwurzelung	Struktur	Humifizierungsgrad nach v. POST
0-5	schwarzbraun	schwach	locker	H7
5-22	braun	schwach	locker	H5-6
22-50	dunkelbraun	schwach	locker	H3

Punkt P29 (degradierte Entwicklung):

Der Punkt liegt im Südwesten des Moores. Hier ist der Torfkörper des Moores am mächtigsten, deshalb sollten daher auch die Auswirkungen der Wasserspiegelsenkung am höchsten sein. Dies ist anhand der Schichtenfolge zu erkennen (s. Tab. 9). Vor allem der oberste Horizont ist hier völlig humifiziert. Die darunter liegenden Schichten weisen einen erheblich geringeren Humifizierungsgrad auf. Dies bedeutet, daß der ehemalige Wasserstand für längere Zeit in etwa eine Maximalhöhe von ca. 32 cm unter GOK erreicht haben muß. Die Vegetationsreste (Heidelbeere) im obersten Horizont stützen diese These, da die Heidelbeere als Trockenanzeiger gilt.

Tab. 9: Schichtenverzeichnis des Bohrpunktes P29.

Horizonttiefe (cm)	Farbe bei Probenahme	Durchwurzelung	Struktur	Humifizierungsgrad nach v. POST
0-32	schwarz	keine	mäßig	H10
32-67	dunkelbraun	keine	mäßig	H3
67-84	braun	keine	locker	H4
84-100	dunkelbraun	keine	fest	H4-5

Einen guten Überblick über den wahrscheinlichen ehemaligen Wasserstand im Vergleich zum jetzigen im Längstransect gibt die folgende Abb. 23. Hier ist zunächst oben ein Querschnitt durch den Torfkörper von Nordnordost in Richtung Südsüdwest zu sehen, der die Torfmächtigkeiten des Moores beinhaltet. Darunter ist das Schema der einzelnen Bodenproben mit jetzigem Wasserstand aufgetragen. Davon ausgehend, daß eine Wasserstandsabsenkung immer eine Erhöhung der Abbaurrate und damit der Humifizierung zur Folge hat, läßt sich erkennen, daß sich vor allem in den ersten drei

Punkten PT, P3 und P5 eine erhebliche Wasserstandserhöhung eingestellt hat. Bei Punkt P7 scheint sich der Wasserstand kaum verändert zu haben, während bei J1 eine leichte Erhöhung festzustellen ist. Ein gegenteiliger Effekt scheint bei Punkt P14 eingetreten zu sein, da hier eine Wasserstandsabnahme zu beobachten ist.

Insgesamt muß diese Interpretation jedoch als sehr relativ angesehen werden, da zum einen nicht nur der Wasserstand (wenn auch als wichtigster Faktor) eine Rolle spielt während des Moorwachstums, zum anderen die gemittelten Wasserstände lediglich über den Meßzeitraum von Juni- November 2007 reichen. Damit können Anhaltspunkte gegeben werden, jedoch keine unwiderlegbaren Aussagen.

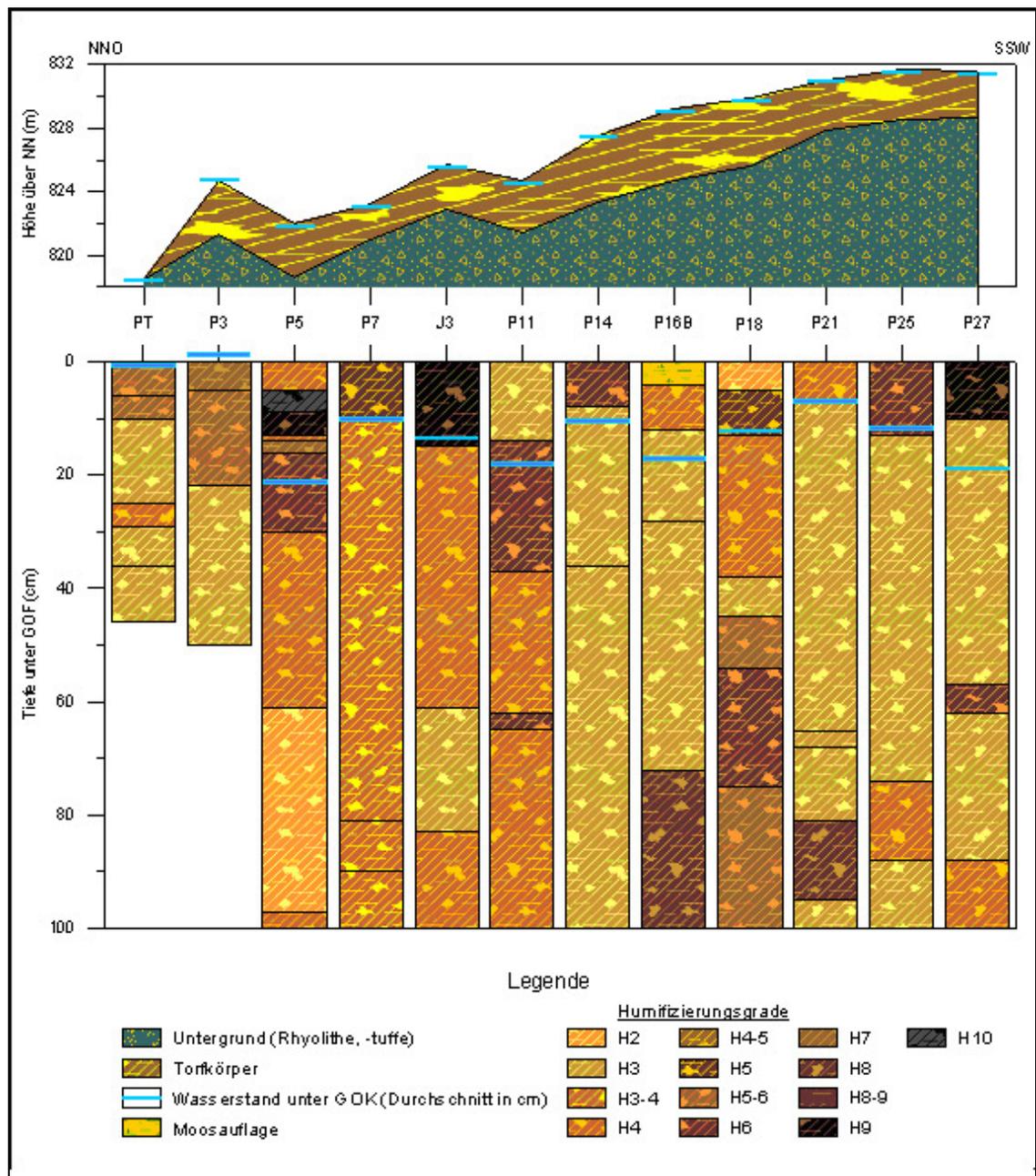


Abb. 23: Querschnitt entlang des Längstransektes mit Kernbeschreibung nach Humifizierungsgraden.

### 6.1.5 Endgültige Darstellung des Saukopfmoores anhand der gewonnenen Daten

Ausgehend von den Meßdaten (v. a. Wasserstand und Leitfähigkeit), den daraus erhobenen statistischen Analysen (Mittelwert, Streuung, u. a.), den Bodenproben und weiterer Faktoren (z. B. Vegetationsanalysen an den Bohrpunkten) konnten die Meßpunkte nun in 3 Gruppen klassifiziert werden (s. Tab. 10). Nach den erhobenen Daten befinden sich dabei von der ca. 109.861m<sup>2</sup> großen Moorfläche ca. 19% in naturnahem, 42% in leicht degradiertem und 39% in mäßig bis stark degradiertem Zustand.

Tab. 10: Endgültige Klassifikation der Meßpegel.

Punkt	Degradationsstatus	Fläche (m <sup>2</sup> )	Fläche (%)
J1, P61, P16a, O8, O6, P21, O2, P69	niedrig	20.602	19
P3, PT, J2, P23, P18, P60, P25, P47, P14, P44, P7, J3	mäßig	46.549	42
P27, P29, P16b, P60,5, P31-32, O5, O7, J5, J4, O4, O3, P11, O1, P67-68, P5	hoch	42.710	39
Gesamtfläche (m <sup>2</sup> )		109.861	100

Die Daten wurden anschließend in die vorhandene Karte vom Saukopfmoor eingearbeitet und miteinander interpoliert, um eine Übersicht über den Zustand im gesamten Moor zu bekommen. Das Ergebnis ist in Abb. 24 dargestellt. Bei der Darstellung ist allerdings darauf zu achten, daß die Interpolation zwischen den Meßpegeln und dem Waldrand subjektiv vorgenommen wurde, weil hier weitere Datensätze (noch) nicht vorhanden waren. Daher bedürfen vor allem die Randflächen mit dem größten Abstand zwischen den Meßstellen und dem Waldrand im Südwesten und Nordwesten, weiterer Untersuchungen bedarf, bevor hier genauere Aussagen getroffen werden können.

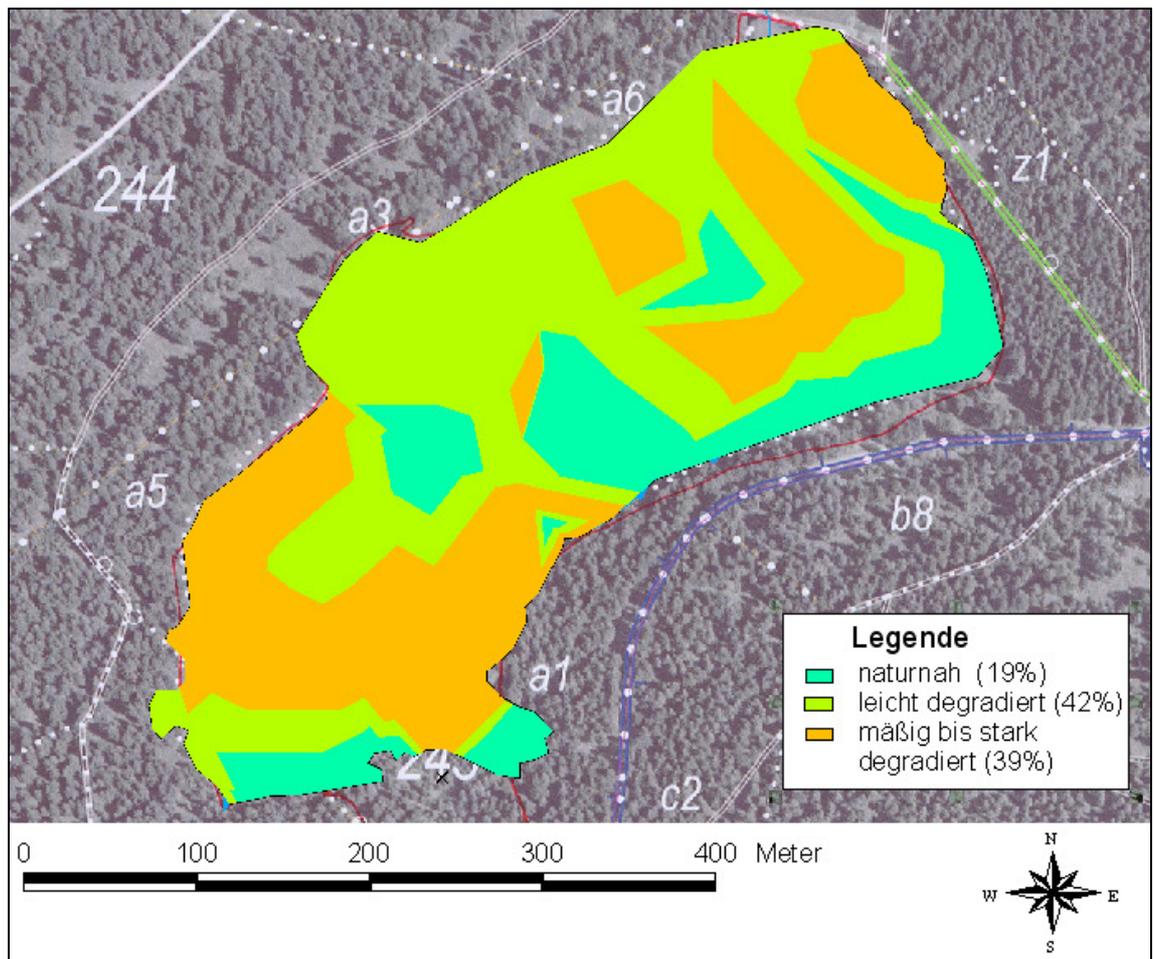


Abb. 24: Degradationsklassen im Saukopfmoor.

## 6.2 Schützenbergmoor

### 6.2.1 Topographie

Ausgehend von den erhobenen Vermessungsdaten wurde auch hier eine Übersichtskarte erstellt (s. Abb. 25). Die rote Linie auf dem Luftbild deutet die Größe des Torfkörpers an, während die vermessene Fläche lediglich die baumfreie Zone umfaßt.

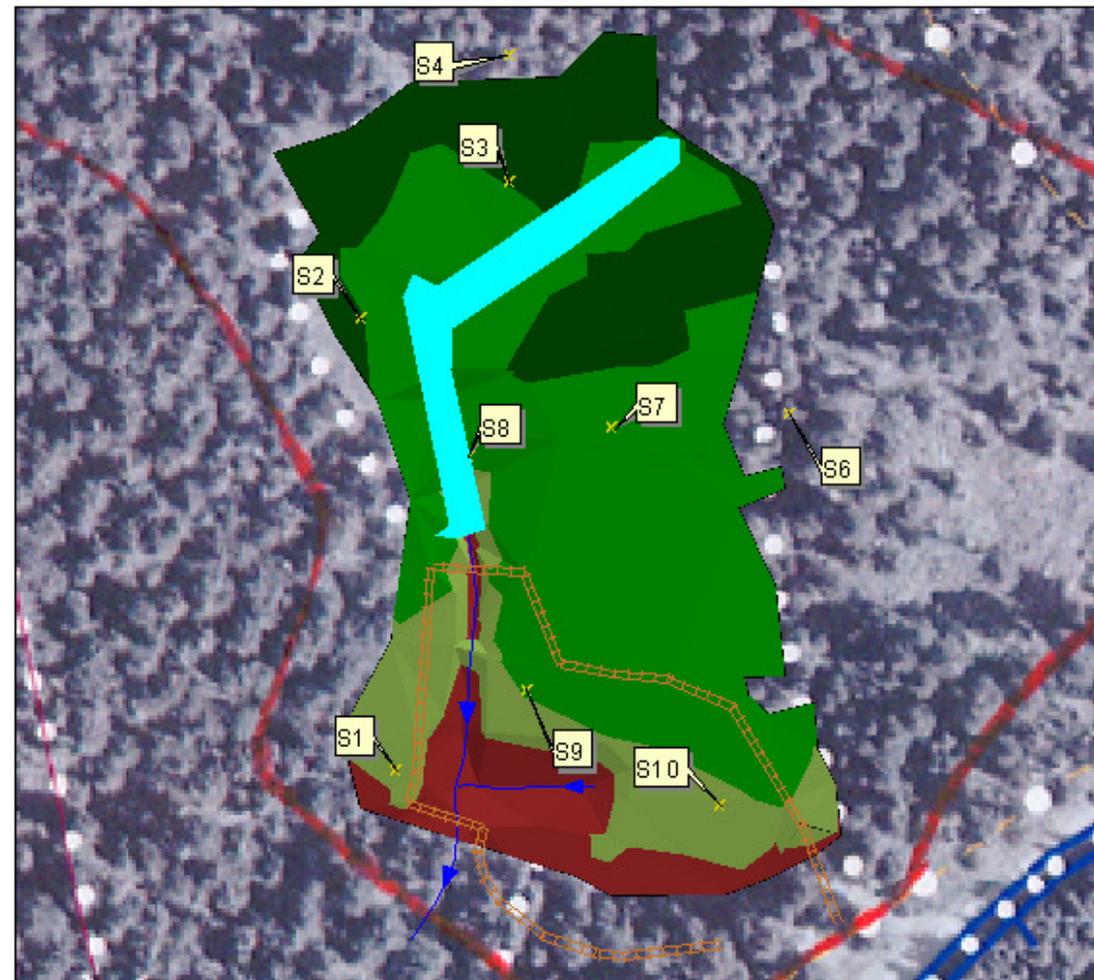
# Schützenbergmoor

## Legende

- ✕ Meßpegel
- Kolk
- ⌘ Steg
- ∩ Waldgrenze
- ↘ Abfluss

## Höhe (ca. m. ü. NN)

- 888 - 890
- 890 - 891
- 891 - 892
- 892 - 893



0 20 40 60 80 100 Meter



Abb. 25:  
Übersichtskarte  
anhand der  
Vermessungs-  
daten.

## 6.2.2 Wasserstand

Die Wasserstände im Schützenbergmoor wiesen ähnlich denen aus dem Saukopfmoor keine signifikante Korrelation mit den Niederschlagswerten auf (s. Abb. 16).

Aufgrund der geringen Anzahl der Meßdaten brachte eine statistische Auswertung hier keine verwertbaren Ergebnisse. Deshalb wurden die gemessenen Daten nach den statistisch ermittelten Wasserhöhengrenzen aus dem Saukopfmoor aufgeteilt (s. Tab. 11).

Tab. 11: Klassifikation der Meßpegel nach dem Wasserstand.

Meßpunkt	Gruppe	Wasserstand
S10, S1	1 (hoher Wasserstand)	0-12,5 cm unter GOK
S7, S5, S2, S3, S8, S6	2 (mittlerer Wasserstand)	13-17,5 cm unter GOK
S9, S4	3 (niedriger Wasserstand)	18-25 cm unter GOK

Die Darstellung als Boxplots gibt einen Überblick über die Absolutwerte der Wasserstände (s. Abb. 26). Dabei sind die Werte zunächst farblich in die Wasserstandsgruppen eingeteilt, innerhalb der Gruppe zusätzlich nach ansteigender Standardabweichung. Ausreißerwerte mit mehr als 3 cm über GOK sind entfernt worden, alle anderen mit Kreuzen markiert. Man kann erkennen, daß sowohl S10 als auch S1 den höchsten Wasserstand besitzen. Dies ist auf die Lage der Punkte zurückzuführen. Sie liegen in Hangrichtung des Moores auf einer Höhe von 890-891m über NN. Daher ist ihre Wasserversorgung im Moor am besten gewährleistet. Im Gegensatz dazu befinden sich die beiden Punkte der dritten Wasserstandsgruppe S4 und S9 zum einen am oberen Hangende des Moores (S4), zum anderen direkt an der Grenze zu einem niedrigeren Höhenniveau (S9), was die relativ niedrigen Wasserstände hier erklärt. Die übrigen Punkte weisen mittlere Wasserstände auf. Auffällig ist die hohe Standardabweichung und damit Streuung der Punkte S4, S6 und S8. Bei den ersten beiden ist dies wahrscheinlich auf die Lage innerhalb der Waldfläche zurückzuführen. S8 hingegen liegt direkt am Hang in Richtung des Kolkes, was hier wahrscheinlich die Ursache für die hohe Schwankung darstellt.

Insgesamt ist jedoch zu sagen, daß sich der Wasserstand im Schützenbergmoor auf durchweg hohem Niveau befindet. Auch die Schwankungen halten sich abgesehen von S4 und S6 in Grenzen, so daß man hier von relativ guten Bedingungen für das Moor

sprechen kann.

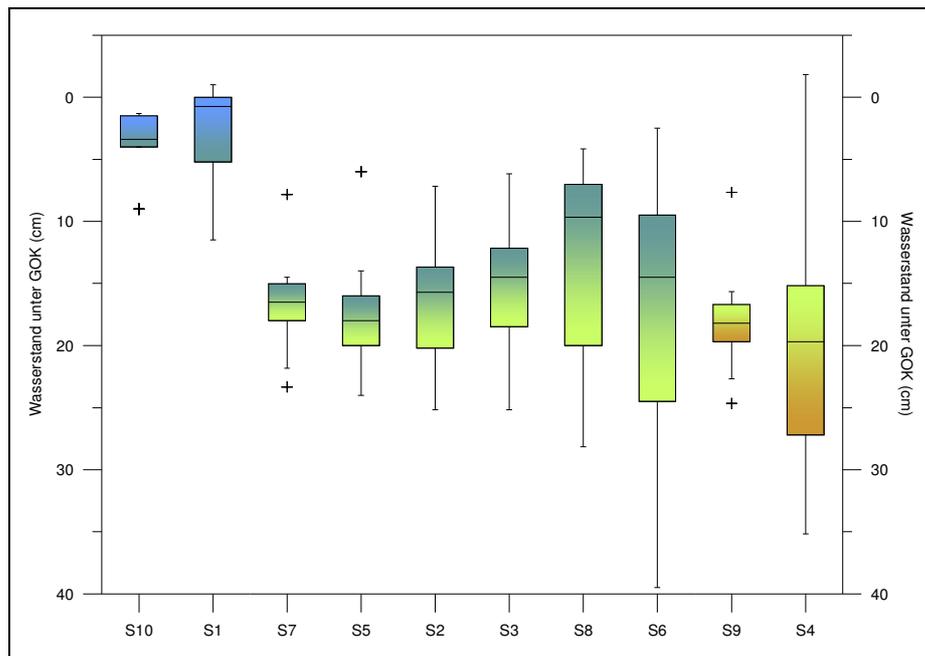


Abb. 26: Boxplotdarstellung der Wasserstände im Schützenbergmoor.

Ähnliche Ergebnisse lieferten auch die Werte der Leitfähigkeit in Abb. 27. Hier wurde die Grenze von  $100\mu\text{s}$  selten überschritten. Ausreißerwerte unter  $40\mu\text{s}$  wurden entfernt, da diese mit dem HI 991301- Gerät gemessen wurden, welches eine zu grobe Auflösung für das extrem nährstoffarme Gebiet besaß. Die übrigen Ausreißerwerte wurden mit einem Kreuz markiert. Die ungünstigsten Werte werden hier ebenfalls von S6 und S4 erreicht. Die übrigen Werte bewegen sich zwischen  $40$  und  $80\mu\text{s}$ .

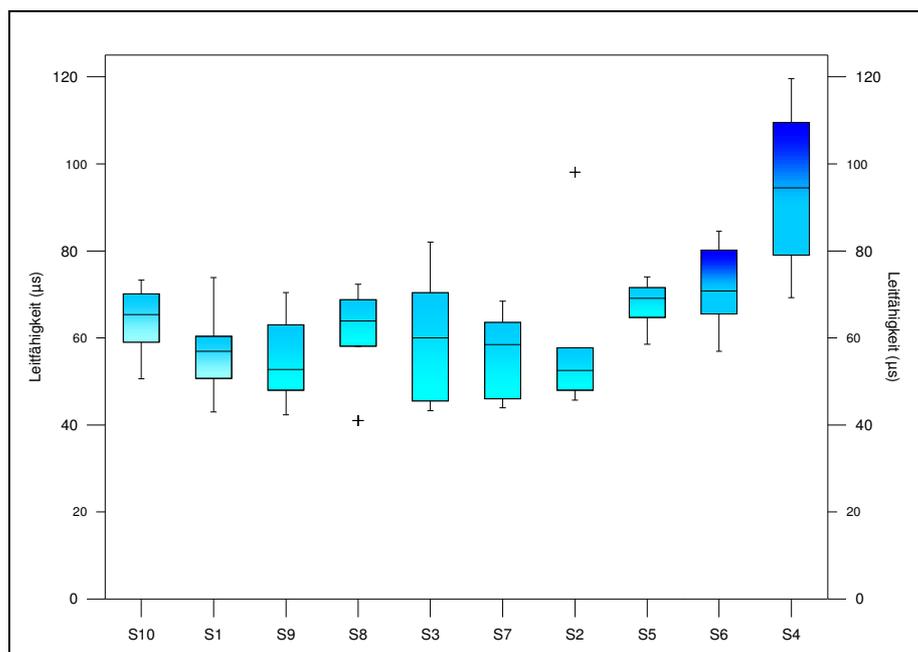


Abb. 27: Boxplotdarstellung der gemessenen Leitfähigkeitswerte im Schützenbergmoor.

Die pH- Werte bewegten sich ähnlich dem Saukopfmoor zwischen 3,5 und 4,1 mit einer Standardabweichung von 1,1. Sie konnten aufgrund der hohen Standardabweichung keine näheren Aussagen über den Zustand des Moores geben.

Wegen der unterschiedlichen Angaben in der Literatur wurden zur Erstellung der Degradationsklassen auch hier alle verfügbaren Eingangsdaten (Wasserstand, pH- Wert, Leitfähigkeit, topographische Besonderheiten, u. a.) genutzt. Das Ergebnis ist in Tab. 12 mit der Flächenverteilung dargestellt.

Tab. 12: Endgültige Klassifikation der Meßpunkte im Schützenbergmoor.

Punkt	Degradationsstatus	Fläche (m <sup>2</sup> )	Fläche (%)
S1, S10	Niedrig	936	9,5
S2, S3, S5, S7, S8, S9	Mäßig	8222	83,4
S4, S6	Hoch	700	7,1
Gesamtfläche (m <sup>2</sup> )		9858	100

Durch die anschließende Bearbeitung der Karte vom Schützenbergmoor anhand dieser Werte konnte eine Übersichtskarte der degradierten Flächen erstellt werden (s. Abb. 28).

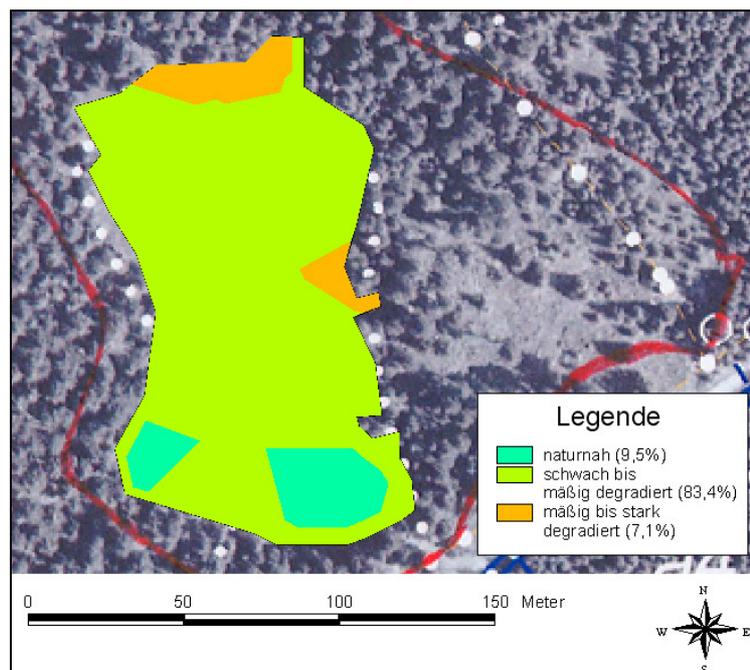


Abb. 28: Darstellung der Degradationsklassen im Schützenbergmoor.

## 7 Zusammenfassung / Diskussion

Der Gegenstand dieser Arbeit war die Aufnahme und Auswertung der Daten aus dem Saukopf- und Schützenbergmoor. Des weiteren wurden Karten aus den Vermessungsdaten der Moore erstellt, um so letztendlich Übersichten des Renaturierungserfolges zu erhalten. Da die Daten Wasserstand, Leitfähigkeit und pH-Wert umfaßten, wurde vor allem auf die abiotische Seite der Moorentwicklung eingegangen. Es wurde festgestellt, daß sich sowohl im Saukopf-, als auch im Schützenbergmoor ein Großteil der Fläche noch immer in einem degradierten Zustand befindet.

### Wasserstand

Diese Aussage ist allerdings mit Vorsicht zu betrachten, da sie eher eine pessimistische Sichtweise vertritt: Die gemessenen Wasserstände befinden sich mit einem Mittelwert von 12 cm unter GOK bei einer Standardabweichung von 9,4 cm im Saukopfmoor und einem MW = 14 cm mit  $s = 8$  cm im Schützenbergmoor nach DRÖSLER 2005:46 im Rahmen für intakte Regenmoore. Die maximalen Spannweiten zwischen Hoch- und Niedrigwasser von ca. 45 cm im Saukopfmoor und ca. 40 cm im Schützenbergmoor weisen nach BÖHLMANN 2004:55 und DRÖSLER 2005:46 jedoch bereits auf degradierte Flächen hin. Allerdings sind die erhobenen Datenreihen von Juni – November 2007 lediglich als Ausgangsdatensatz zu verwenden, für eine ökologische Gesamteinschätzung der Situation in den Mooren bedarf es längerfristigen Untersuchungen.

Die verwendete Methode der Wasserstandsmessung mit Hilfe des Gliedermaßstabes birgt nach TRAXLER 1997:350 auch ein hohes Ungenauigkeitspotential aufgrund ihrer zeitlich begrenzten Auflösung. Die nur alle 2 Wochen stattfindenden Pegelmessungen können die tatsächlichen Wasserspiegelschwankungen nur zu 42% bis maximal 80% (nach BRAGG 1994 in TRAXLER 1997:350) erfassen. Deshalb sollten für die Evaluierung der Funktionalität des Akrotelms unbedingt Dauermesspegel installiert werden, wie z. B. Minimum- Maximum- Rekorder oder Drucksensoren mit Dataloggern.

### Leitfähigkeit

Nach DRÖSLER 2005:48 entsprechen die gemessenen Leitfähigkeitswerte einem degradierten Moor. Dagegen sieht zum einen FRANKL 1996:63 Werte zwischen 40-80

$\mu\text{S}$ , zum anderen BROOKS & STONEMANN 1997:72 Werte  $<100 \mu\text{S}$  als normalen Zustand eines intakten Regenmoores. Hier müssen ebenfalls weitere Untersuchungen folgen, um die Aussagen für die Hochmoore zu präzisieren.

#### pH- Wert

Die gemessenen pH- Werte sind in beiden Mooren nach DRÖSLER 2005:48 als standorttypisch einzuschätzen. Eine exakte Auswertung konnte aber aufgrund der niedrigen Stichprobenzahl und der daraus folgenden hohen Standardabweichung nicht erfolgen. Daher muss der pH- Wert unbedingt weiter untersucht werden, um hier mögliche Extremwerte zu erkennen und auszuwerten.

#### Offene Wasserflächen (Kolke)

Der Dambruch Ende September stellte in einer Hinsicht ein günstiges Ereignis dar. Er machte darauf aufmerksam, daß die Dämme nach jedem Starkregenereignis auf ihre Funktionalität hin untersucht werden sollten. Dies postulieren WHEELER & SHAW 1995:166.

Des Weiteren sollten die Dämme mit Überläufen versehen werden, um den Wasserdruck bei Starkregenereignissen nicht zu stark werden zu lassen (SCHUMANN & JOOSTEN 2006:37).

Insgesamt kann gesagt werden, daß sich das Saukopfmoor dank der Renaturierungsmaßnahmen „auf dem Weg der Besserung“ befindet. Allerdings zeigen die abiotischen Meßwerte, daß es noch weitere Zeit in Anspruch nehmen wird, bis das Moor wieder zu einem intakten Regenmoor gezählt werden kann. Ähnliches gilt für das Schützenbergmoor.

Die Untersuchungen sollten unbedingt fortgesetzt und intensiviert werden, um genauere Aussagen treffen zu können. Wichtig wäre hier z. B. eine Analyse des C/N/P-Verhältnisses, da die im Rahmen dieser Arbeit angewandte Methode nach v. POST lediglich den groben Humifizierungsgrad wiedergibt, und eine C/N/P- Analyse aus Zeitgründen leider nicht vorgenommen werden konnte. Weiterhin könnte die Erfassung der einzelnen Nährstoffkonzentrationen ausgewählter Standorte weiteren Aufschluß über die Ursachen des Zustandes geben.

## Literatur

- ANDERSON, R. (2001): Deforesting and Restoring Peat Bogs. A Review. In: Forestry Commission technical paper. Edinburgh.
- AVERDIECK, F.-R., HAYEN, H. & H. WILLKOMM (1990<sup>3</sup>): Der Entwicklungsgang im zeitlichen Ablauf. Die Kohlenmoore. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. Stuttgart, S. 114-175.
- BAUER, L. (1974): Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. Band 4: Bezirke Erfurt, Gera, Suhl. Leipzig.
- BÖHLMANN, N. (2004): Wasser- und Stickstoffhaushalt eines soligenen Hangmoores im Hochharz am Beispiel des Ilsemoores. Dissertation. Halle.
- BROOKS, S. & R. STONEMAN (1997): Conserving bogs – The Management handbook. Edinburgh.
- BROOKS, S. & R. STONEMANN (1997): Conserving bogs – The management handbook. The Stationery Office Limited. Edinburgh.
- BRUCE, P. Y. (2007<sup>5</sup>): Organische Chemie. München.
- BURMEISTER, E. G., GÖTTLICH, K., GROSPIETSCH, T. & G. KAULE (1990<sup>3</sup>): Begriffsbestimmung anhand der Moortypen Europas. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. Stuttgart, S.1 – 59.
- CONKLIN, A.R. (2005): Introduction to soil chemistry. Hoboken, New Jersey.
- DIERSSEN K. & O. NELLE (2006): Zustand, Wandel und Entwicklung europäischer Moorlandschaften. In: Nova Acta Leopoldina (2006): NF94, Nr. 346, S. 241-257.

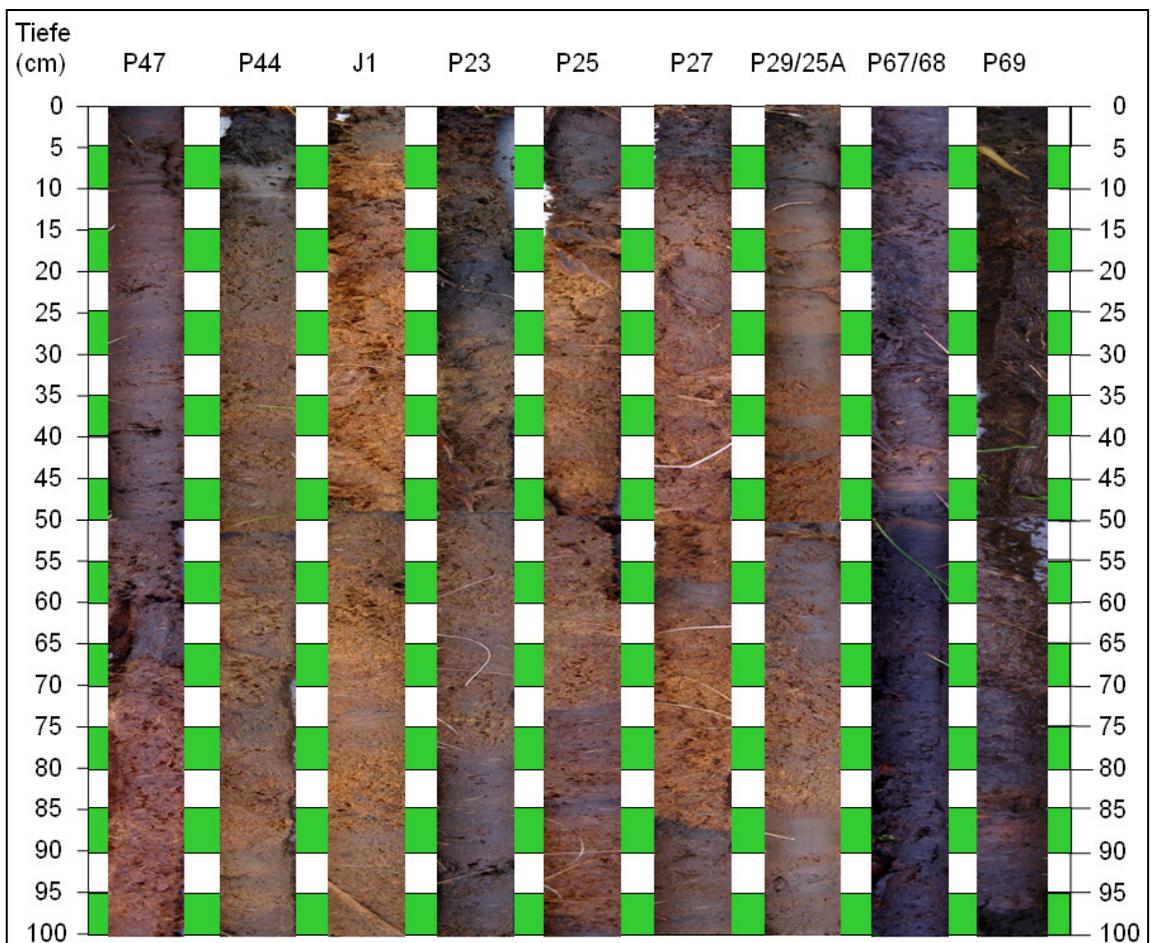
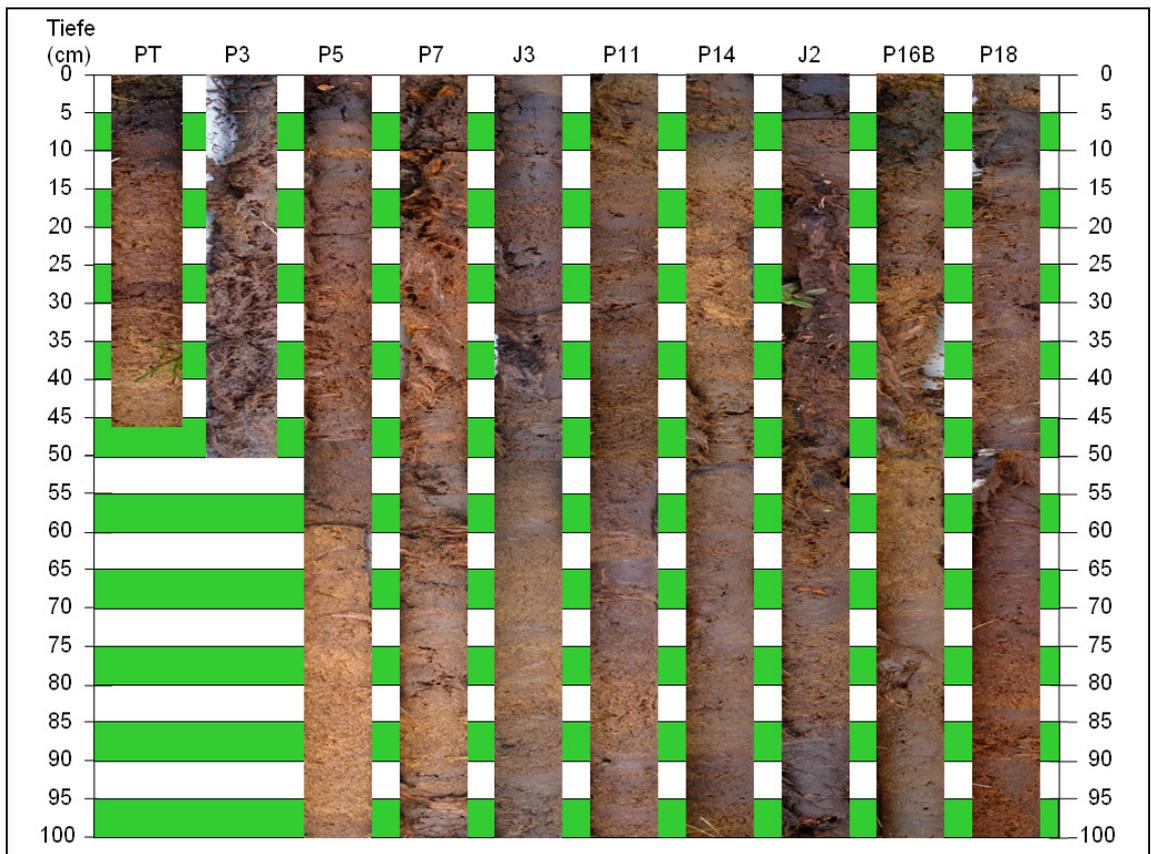
- DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and Climatic Relevance of bog ecosystems, Southern Germany. Dissertation. München.
- EGGELSMANN, R.(1990): Moor und Wasser. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. Stuttgart, S. 318 – 342.
- FRANKL, R. (1996): Zur Vegetationsentwicklung in den Rottauer Filzen (südliche Chiemseemoore) im Zeitraum von 1957 bis 1992. In: Bayreuther Forum Ökologie. 37.
- GISI, U. (1997<sup>2</sup>): Bodenökologie. Stuttgart.
- GÖRNER, M. (1984<sup>2</sup>): Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. Band 4: Bezirke Erfurt, Gera, Suhl. Leipzig.
- GROSSE- BRAUCKMANN, G. (1990<sup>3</sup>): Ablagerung der Moore. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. Stuttgart, S. 175-237.
- HENKEL, A., KATZENBERGER, U. KETTNAKER, U. & H. SPERLING (2004): Revitalisierungsmaßnahmen im Naturschutzgebiet „Saukopfmoor“ beendet. In: Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen. 3/2004, S.
- HORWARTH, W. (2007): Carbon Cycling and Formation of Soil Organic Matter. In: PAUL, E. A.: Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry.
- IMMIRZI, C.P., MALTBY, E. & R.S. CLYMO (1992): The Global Status of Peatlands and their Role in Carbon Cycling. A Report for Friends of the Earth by the Wetland Ecosystem Research Group, Department of Geography, University of Exeter. London.
- JESCHKE, L. & C. PAULSON (2000): Pflege- und Entwicklungsplan für die Hochmoore des Thüringer Waldes. Auftraggeber: TMfLNU.

- JOOSTEN, H. & D. CLARKE (2002): Wise Use of Mires and Peatlands.  
<http://www.mirewiseuse.com/>. Zugriff am 21.12.07.
- KAHMEN, H. (2006<sup>20</sup>): Angewandte Geodäsie. Vermessungskunde. Berlin.
- KENNEDY, I. R. (1992<sup>2</sup>): Acid Soil and Acid Rain. New York.
- KÜSEL, K. (1996): Anaerober Abbau von organischem Kohlenstoff in Waldböden – Acetat als Bindeglied anaerober und aerober Prozesse. In: Bayreuther Forum Ökologie. Bd. 32. Bayreuth.
- KÜSTER, E. (1990): Mikrobiologie von Moor und Torf. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. Stuttgart, S. 262 – 272.
- LAPPALAINEN, E. (1996): Global peat resources. International Peat Society. Jyskä.
- MALTBY, E. & M. C. F. PROCTOR (1996): Peatlands: Their nature and role in the Biosphere. In: LAPPALAINEN, E.: Global peat resources. International Peat Society. Jyskä, S.11 – 21.
- MfNV (Ministerium für Nationale Verteidigung) (Hrsg.) (1988): TK50. Blatt M-32-46-C, Tambach-Dietharz. Maßstab 1:50.000. Strausberg.
- Mitsch, J. W. & J. G. Gosselink (2000<sup>3</sup>): Wetlands. New York.
- N. N. (1999): Bedienungsanleitung HI 9024 Wasserdichtes Mikroprozessor pH/ °C-Messgerät. Kehl am Rhein.
- N. N. (2004): Bedienungsanleitung Cond 330i Leitfähigkeitstaschenmessgerät. Weilheim.
- N. N. (o. J.): P1.43-1 Semi- gestörte Sedimentprobenentnahme: Moorbohrer.  
<http://www.eijkelkamp.com/Products/tabid/76/CategoryID/16/List/1/Level/a/ProductID/53/Default.aspx?language=de-DE>. Zugriff am 03.01.2008.

- NAUCKE, W. (1990): Chemie von Moor und Torf. In: GÖTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. Stuttgart, S 237 – 262.
- RHOADES, J. D., CHANDUVI, F. & S. LESCH (1999): Soil salinity Assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. In: FAO irrigation and drainage paper. 57. Riverside.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (2002<sup>15</sup>): Lehrbuch der Bodenkunde. Heidelberg.
- SCHNEIDER, J. W. (2001): Rotliegendestratigraphie – Prinzipien und Probleme. In: Beiträge zur Geologie von Thüringen. Neue Folge. Heft 8: Permokarbon in Thüringen, 3 – 27.
- SCHRAMM, H. & J. LENK (1997): Bodenübersichtskarte von Thüringen 1:400000. BÜK 400. Thüringer Landesanstalt für Geologie (Hrsg.). Weimar.
- SCHUMANN, M. & H. JOOSTEN (2006): A global peatland restoration manual. [www.imcg.net/docum/prm/peat\\_rm\\_draft\\_01.pdf](http://www.imcg.net/docum/prm/peat_rm_draft_01.pdf). Zugriff am 20.03.2008.
- SEIDEL, G.: (2003<sup>2</sup>): Geologie von Thüringen. Stuttgart.
- SIUDA, C. (2003): Renaturierung des Saukopfmoores – Abschlussbericht nach der Umsetzung von Ansturmaßnahmen mittels Baggereinsatz. Unveröff.
- SLIVA, J. (1997): Renaturierung von industriell abgetorften Hochmooren am Beispiel der Kendlmühlfilzen. München.
- SPONAGEL, H. (2005<sup>5</sup>): Bodenkundliche Kartieranleitung : Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover.
- STEFFENS, P. (1996): Mires and Peat Resources in Germany. In: LAPPALAINEN, E.: Global peat resources. International Peat Society. Jyskä, S.75 – 79.

- STEINMANN, P. & W. SHOTYK (1997): Chemical composition, pH, and redox state of sulphur and iron in complete vertical porewater profiles from two sphagnum peat bogs, Jura Mountains, Switzerland. In: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61/6, S. 1143-1163.
- SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (2001<sup>2</sup>): *Landschaftsökologische Moorkunde*. Stuttgart.
- TRAXLER, A. (1997): *Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Teil A: Methoden*. Wien.
- TUKEY, J. W. (1977): *Exploratory Data Analysis*. London.
- VAN BREEMEN, N. (1995): How Sphagnum bogs down other plants. In: *TREE* 10/7, S. 270-275.
- WHEELER, B. D. & S. C. SHAW (1995): *Restoration of damaged Peatlands – with particular reference to lowland raised bogs affected by peat extraction*. London.
- ZIECHMANN, W. (1990): *Bodenchemie*. Mannheim.
- ZIMMERMANN, W. (2002): Moor und Mensch im Thüringer Wald gothaischen Anteils – eine archivalische Recherche. In: *Naturschutzreport 19/2002: Moore in den Kammlagen des Thüringer Waldes*. Meiningen, S. 222-237.

# Anhang



Daten Saukopfmoor:

Wasserstand unter GOK (cm)																						
Datum	PT	P3	P5	P7	P11	P14	P16a	P16b	P18	P21	P23	P25	P27	P29	P31-32	P44	P47	P60	P60,5	P61	P67-68	P69
15.6	5	3,5	36	16,5	27	18,5	5,5	23	17	12	12	17	23	27,5	26,5	17	18,5	16,5	30	6	25	6,5
29.6	1	0	22	4,5	18	9,5	0	16,5	12	5	6	13,5	18	23,5	23	12,5	15	8	24	4,5	15	3
15.7	1	0,5	20,5	12,5	14	8	0	17	11,5	3	7	10,5	18,5	25	21,5	9,5	9	8,5	22,5	0,5	16,5	0
11.8	-6,4	-1,9	0,7	0,9	9	4,4	-4	11,9	5,7	-0,4	1	4,9	15	18,5	12,9	1,1	7,9	4,9	18,2	-1,8	-1,9	-2,2
29.7	0	0	11	6	16	6,5	0	16	10	3	4	9	18	24,5	19,5	6,5	15,5	6	22	1,5	15,5	-0,5
26.8	3,6	0,1	31,7	18,9	24,5	15,9	6	20,9	16,7	10,1	11	16,4	22	28,5	23,9	6,9	21,1	14,9	28,2	4,2	25,6	5,8
8.9	-2,5	-8	22	10	17	7	-4	15	12	2,5	6	9	14,5	23	21,5	8,5	11	6	20,5	-1	15	1
22.9	-0,4	-0,9	25,7	13,9	21	13,9	2,5	19,4	13,7	7,1	8	13,9	20	28,5	22,4	9,1	14,9	11,9	25,2	3,2	23,6	4,8
6.10	2,1	-6,9	25,7	12,4	19	13,4	0	18,4	12,7	5,1	8,5	12,4	19,5	25	20,9	2,6	14,4	9,9	23,7	3,2	2,3	21,1
20.10	1,6	0	16,7	8,4	15,5	8,4	0	15,4	12,2	4,1	7,5	12,6	20	24	21,4	3,6	14,9	9,4	22,7	2,2	16,1	5,3
3.11	1,1	0	21,2	7,4	18	8,9	0,5	15,4	10,7	1,6	6,5	10,4	18	24	20,9	5,1	12,9	4,9	20,7	1,7	16,1	0,8
Datum	J1	J2	J3	J4	J5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8									
15.6	4,5	13,5	21	24,5	27,5	80	15,5	27	31	24	8	23,5	0									
29.6	0	7	11	17	21	15	5	17,5	24	19	1,5	19,5	7									
15.7	0	6,5	13,5	17	21	22	5	18,5	23,5	15,5	0	17,5	6									
11.8	-4,8	-10	2,1	8,1	11,6	0	-0,8	9,1	13,6	9,6	-2,5	7,9	0,2									
29.7	0	4	10,5	11,5	15	12,5	0	15	19,5	15	0,5	16	2,5									
26.8	5,2	14	19,6	24,6	27,1	27	11,2	25,6	27,6	21,6	7,5	21,9	10,2									
8.9	-2,5	6	13,5	14,5	18	18	4,5	14	21,5	15,5	0,5	16,5	4,5									
22.9	2,7	10,5	17,1	20,6	20,6	21	6,2	21,6	24,1	19,1	3,5	19,4	7,2									
6.10	2,2	8	16,1	19,1	21,1	20,5	5,7	22,6	24,1	17,6	0	18,4	6,7									
20.10	0	7,5	13,1	15,1	13,6	17	5,2	18,1	20,6	14,6	0	16,5	6,7									
3.11	0	6	11,1	16,1	15,1	16,5	3,2	15,1	20,1	14,6	1	15,4	5,2									

pH- Wert																							
Datum	PT	P3	P5	P7	P11	P14	P16a	P16b	P18	P21	P23	P25	P27	P29	P31-32	P44	P47	P60	P60,5	P61	P67-68	P69	J1
15.6	3,5	4,04	3,77	3,92	3,8	3,96	4,03	3,94	3,85	3,95	3,92	3,62	3,83	3,7	3,74	4	3,99	3,9	3,69	3,71	3,95	3,91	4,01
29.6	3,66	3,93	3,72	3,79	3,6	3,74	3,9	3,72	3,7	3,78	3,79	3,62	3,56	3,44	3,49	3,73	3,77	3,76	2,98	2,99	3,76	3,67	3,83
15.7	3,57	3,82	3,71	3,76	3,61	3,7	3,82	3,67	3,69	3,84	3,79	3,66	3,55	3,37	3,53	3,82	3,81	3,73	3,43	3,54	3,62		3,72
29.7	3,63	3,49	3,44	3,65	3,55	3,64	3,55	3,5	3,64	3,56	3,47	3,46	3,2	3,61	3,61	3,61	3,56	3,56	3,73	3,76	3,66	3,33	3,42
11.8	3,5	3,8	3,58	3,51	3,61	3,51	3,72	3,66	4,42	3,67	3,66	3,69	3,51	3,32	3,41	3,79	3,72	3,57	3,42	3,32	3,49	3,52	3,9
26.8	3,37	3,65	3,6	3,58	3,55	3,62	3,79	3,76	4,33	3,38	3,53	3,5	3,45	3,4	3,5	3,79	3,73	3,47	3,43	3,47	3,61	3,7	3,76
8.9	3,35	3,82	3,54	3,56	3,48	3,53	3,56	3,56	3,59	3,75	3,5	3,5	3,4	3,36	3,5	3,69	3,59	3,54	3,39	3,42	3,54	3,72	3,81
22.9	3,4	3,5	3,67	3,61	3,52	3,64	3,64	3,62	3,59	3,76	3,63	3,6	3,47	3,32	3,37	3,7	3,71	3,57	3,39	3,43	3,75	3,61	3,8
6.10	3,38	3,49	3,44	4,57	3,63	3,56	3,36	3,56	3,62	2,97	2,8	2,65	2,4	1,75	2	3,4	3,42	3,77	2,45	1,96	2,35	3,6	3,61
20.10	3,31	3,25	3,28	5,07	3,22	3,23	3,34	3,3	3,4	3,23	3,22	3,22	3,11	3,08	3,09	3,36	3,23	3,32	3,12	3,12	3,14	3,21	3,27
3.11	3,63	3,68	3,63	5,13	3,38	3,54	3,48	3,44	3,54	3,22	3,22	3,25	3,39	3,13	3,08	3,54	3,42	3,2	3,02	2,96	3,5	3,23	3,45
Datum	J2	J3	J4	J5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8											
15.6	3,94	3,82	3,57	7,52	3,97	3,38	3,64	7,57	3,56	3,67	3,7												
29.6	3,67	3,58	6,92	3,56	6,92	3,3	3,47	6,92	6,92	6,92	6,92	6,92											
15.7	3,8	3,56	3,28	2,89	3,77	3,72	3,61	3,61	3,51		3,33	3,66											
29.7	3,72	3,75	3,66	3,6	3,75	3,66	3,6	3,6	3,53	3,64	3,67	3,84											
11.8	3,61	3,35	3,3	3,56	3,59	3,52	3,44	3,55	3,43	3,49	3,35	3,62											
26.8	3,6	3,4	3,22	3,68	3,75	3,54	3,41	3,5	3,51	3,42	3,32	3,62											
8.9	3,48	3,36	3,28	3,49	3,99	3,64	3,55	3,58	3,47	3,59	3,39	3,74											
22.9	2,11	3,47	3,19	3,43	3,45	3,63	3,48	3,63	3,51	3,49	3,35	3,66											
6.10	3,44	2,37	2,35	2,7	2,7	2,38	2,33	2,48	2,38	2,59	3,24	2,6											
20.10	3,53	3,31	3,18	3,28	3,14	3,14	3,09	3,2	3,12	3,33	3,29	3,32											
3.11	3,41	3,43	3	3,08	3,26	3,19	3,21	3,34	3,61	3,06	3,05	3,12											

Leitfähigkeit (µS)																				
Datum	PT	P3	P5	P7	P11	P14	P16a	P16b	P18	P21	P23	P25	P27	P29	P31-32	P44	P47	P60	P60,5	P61
15.6																				
29.6	100	40	50	60	70	40	30	50	40	25	40	50	70	90	70	40	20	40	80	60
15.7	87	50	64	79	78	63	48	62	64	45	47	62	81	106	82	62	46	58	96	73
29.7	84	47	73	86	50	64	48	58	68	42	56	66	84	125	100	58	54	53	106	98
11.8	86,1	51	82,8	94,8	80,3	75,6	53,8	67	52,1	54	62,9	63,8	88,2	125,1	99,1	67,6	52	64,9	106,2	97,6
26.8	94,9	56,7	72	73,2	82	74,3	57,2	57,3	71,9	55,9	65,8	70	90,6	118,3	95,4	65,6	53,8	67,1	101,5	88,3
8.9	11,6	11,5	11,9	11,5	11,5	11,2	11,4	11,4	11,4	11,1	11,5	11,7	11,8	11,9	11,2	11,3	11,6	11,3	11,5	11,4
22.9	107,1	64,3	70,7	79,2	84,7	69,2	56,3	58,3	65,6	54,8	63,1	67,9	90,5	132,6	99,5	67,8	55,2	68,2	107,7	92,8
6.10	150,1	54,4	52,8	112,8	68,9	46	49,9	49,4	46,8	40,4	36,8	41,1	68,4	104,3	54,6	54,4	40,5	45,4	91,7	77,8
20.10	114	55	66,9	170,6	83,3	59,3	55,5	51,7	46	62,8	50,4	60,7	85	118,3	73	55,2	44,6	61	99,7	98,1
3.11	104,8	57,1	65	135,6	86,3	62	53	52,9	52,5	62	60,9	64,2	86,3	124,6	86,7	53	46,9	60,6	101,7	90,1
Datum	P67-68	P69	J1	J2	J3	J4	J5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8					
15.6																				
29.6	40	50	10	40	70	90	70	70	70	60	60	70	70	90	30					
15.7	62		37	62	103	118	79	53	53	76	69	92		104	52					
29.7	82	71	38		96	133	80	59	72	91	81	99	90	85	49					
11.8	90,7	81,1	43,8	69,3	117	137	95,7	70,2	72,5	94,2	76,6	106	84	110,2	53,3					
26.8	74,1	54,8	48,1	72,3	109	140	76,2	53,7	76,3	88,1	78,1	89,8	83,8	3,5	55,4					
8.9	10,8	10,3	11,8	11,4	11,7	11,4	11,7	12,1	11,6	11,4	11,5	11,4	11,2	11,2	11,6					
22.9	68,8	74,4	49,4	69,8	97	139	90,2	134	68,6	84,8	72,5	116	86,4	110,9	54,3					
6.10	55,1	45,5	40,2	55,6	56,6	87	58,1	51,2	37,1	61,3	50,9	69	73,7	72,5	45,2					
20.10	83,5	64,1	45,7	64,5	79,9	132	72,9	67,5	57	75,2	61,6	78,9	75,6	91,9	46,9					
3.11	75,1	79,8	42,7	62,9	99,1	124	85,1	72,6	68	82,2	66,5	56,7	69,2	95,2	45,2					

Daten Schützenbergmoor:

Wasserstand unter GOK (cm)										
Datum	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
15.6	11,0	24,7	22,7	29,2	22,5	20,0	21,8	24,7	22,7	9,0
29.6	0,5	13,7	12,2	15,2	16,0	12,5	15,3	9,7	18,2	2,0
15.7	1,0	17,7	15,7	18,7	17,5	14,5	16,8	11,2	19,2	3,5
29.7	-1,0	7,2	6,2	-1,8	6,0	2,5	7,8	4,2	7,7	-4,0
11.8	0,0	12,5	10,5	13,5	14,0	8,5	14,5	6,0	17,5	1,5
26.8	11,5	25,2	25,2	35,2	24,0	39,5	23,3	28,2	24,7	9,0
8.9		14,7	12,2	17,7	17,0	11,0	15,8	7,7	15,7	1,5
22.9	5,2	20,2	18,5	27,2	20,0	25,0	18,0	20,0	19,7	3,8
6.10	5,0	18,2	16,2	23,2	18,5	24,5	16,8	18,7	19,7	4,0
20.10	0,0	15,7	14,5	20,2	19,0	19,0	16,5	9,5	18,2	3,3
3.11	0,0	15,7	13,0	19,7	18,0	9,5	15,0	7,0	16,7	1,3
Leitfähigkeit (µS)										
Datum	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
15.6										
29.6	20,00	30,00	40,00	70,00	45,00	0,06	40,00	30,00	40,00	30,00
15.7	46,00	40,00	44,00	77,00	63,00	69,00	41,00	52,00	44,00	49,00
29.7	43,00	48,00	55,00	79,00	74,00	74,00	46,00	41,00	48,00	59,00
11.8	54,80	51,00	61,80	102,70	71,60	56,90	57,80	62,10	55,30	65,00
26.8	56,90	54,60	60,40	94,50	64,70	65,50	60,30	58,70	51,80	65,90
8.9		57,70	70,40	119,60	71,50	84,50	63,60	72,30	70,40	70,10
22.9	73,90	98,10	82,00	109,50	70,30	76,00	68,40	65,70	63,00	73,30
6.10	50,70	45,70	43,30	85,70	58,50	67,00	43,90	58,10	42,30	50,60
20.10	59,40	54,00	45,50	69,30	65,50	67,60	58,20	68,80	51,00	65,70
3.11	60,40	48,30	59,70	94,50	67,90	80,20	58,70	67,60	53,70	63,80

pH- Wert										
Datum	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
15.6	7,54	7,55	7,55	7,55	7,55		7,54	7,54		7,54
29.6	4,28	3,84	3,81	6,90	6,90	3,12	3,28	3,62	3,30	3,27
15.7	3,74	3,88	3,84	3,58	3,72	3,66	3,88	3,82	3,84	3,77
29.7	3,47	3,60	3,54	2,42	3,61	3,61	3,80	3,84	3,72	3,65
11.8	3,81	3,81	3,65	3,37	3,67	3,55	3,66	3,64	3,67	3,64
26.8	3,64	3,69	3,65	3,52	3,61	3,74	3,67	3,71	3,70	3,60
8.9		3,58	3,53	3,37	3,42	3,43	3,47	3,63	3,50	3,59
22.9	3,64	3,65	3,64	3,42	3,40	3,14	3,53	3,20	3,59	3,26
6.10	3,67	3,86	3,83	3,32	3,73	3,55	3,79	3,66	3,69	3,66
20.10	3,27	3,22	3,33	3,14	3,05	3,20	3,28	3,20	3,29	3,18
3.11	3,74	3,71	4,56	3,45	3,48	3,49	3,40	3,38	3,44	3,40

## Selbständigkeitserklärung

Hiermit wird bestätigt, daß die vorliegende Arbeit von dem Studierenden selbständig verfaßt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate und gedankliche Übernahmen kenntlich gemacht wurden.

-----

Datum, Unterschrift

## Danksagung

Ich möchte mich bei allen, die mich unterstützt haben bei meinem Mammutprojekt, von Herzen bedanken. Insbesondere bei meiner Familie, denen ich das Osterfest 2008 vermasselt habe. Des Weiteren danke ich meinem Professor Mäusbacher für den nötigen Freiraum für die Arbeit, meinem 2. Gutachter Annette Freibauer für die Unterstützung – ich hoffe, es hat was gebracht.

Zu besonderem Dank verpflichtet bin ich Herrn Rainer Kern der Firma JenaGEOS, ohne den die Vermessung im Moor nicht hätte stattfinden können. Weiterhin danke ich Herrn Kevin Hartung, der mir bei der Kartenerstellung unter die Arme gegriffen hat. Zu guter letzt danke ich Frau Antje Brückner und Herrn Daniel Korpat für zum einen tatkräftige Unterstützung bei der Datenaufnahme, zum anderen für anregende Dispute hinsichtlich des Themas.

-- Antje brückner