

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Margot Böse, Peter-Jürgen Ergenzinger, Dieter Jäkel, Hans-Joachim Pachur
und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 60

Volkmar Rowinsky

Hydrologische und stratigraphische Studien zur Entwicklungsgeschichte von Brandenburger Kesselmooren

155 Seiten, 38 Abbildungen, 28 Tabellen, 2 Photos, 7 Anlagen

1995

Im Selbstverlag des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-061-0

Volkmar Rowinsky

Hydrologische und stratigraphische Studien zur Entwicklungsgeschichte von Brandenburger Kesselmooren

Berliner Geogr. Abh., Heft 60: 1 - 155, Berlin 1995

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Margot Böse, Peter-Jürgen Ergenzinger, Dieter Jäkel, Hans-Joachim Pachur
und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 60

Volkmar Rowinsky

Hydrologische und stratigraphische Studien zur Entwicklungsgeschichte von Brandenburger Kesselmooren

155 Seiten, 38 Abbildungen, 28 Tabellen, 2 Photos, 7 Anlagen

1995

Im Selbstverlag des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-061-0

Vorwort

Die vorliegende Arbeit nahm ihren Beginn im Rahmen eines Projektes der Berlin-Forschung in Zusammenarbeit mit meinem Kollegen und Freund Martin Deutschbein. Das zweijährige Forschungsprojekt (1988 - 90) mit dem Titel "Untersuchungen zur Erhaltung und Regenerierung der Gewässer- und Moorschutzgebiete Bars- und Pechsee im westlichen Grunewald" wurde angeregt und betreut von Prof. Dr. H. Sukopp an der Technischen Universität Berlin. Ziel des Projektes war eine gründliche naturwissenschaftliche Bestandsaufnahme zweier Naturschutzgebiete im Berliner Grunewald, die schon lange Gegenstand speziell botanischer Forschungsarbeiten waren. Weiterhin wurden durchgeführte Wiedervernässungsmaßnahmen am Barssee dokumentiert sowie Erhaltungs- und Pflegemaßnahmen vorgeschlagen.

Seit dem Herbst 1990 bestand die Möglichkeit, die Arbeit mit erweiterter Fragestellung als Teil eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsvorhabens "Eisfließrichtung" fortzuführen. Unter der Projektleitung von Prof. Dr. M. Böse standen entwicklungsgeschichtliche Fragen der Landschaft im Mittelpunkt des Projektes an der Freien Universität Berlin. Die Moore bei Ferch südlich von Potsdam waren infolge der großen politischen Veränderungen für mich zugänglich, während die Arbeiten in den Grunewaldmooren weitergeführt werden konnten. Nach meiner Tätigkeit in dem Forschungsprojekt konnte ich die Arbeit seit Juni 1993 während meiner neuen Tätigkeit in einem privaten Ingenieurbüro in Mecklenburg-Vorpommern zu Ende führen.

Ich danke meinen Lehrern und Betreuern, Herrn Prof. Dr. H. Sukopp und Frau Prof. Dr. M. Böse, für die Möglichkeit sowie stets wohlwollende Ermutigung und Unterstützung, ein umfangreiches und vielseitiges Thema bearbeiten zu können. Weiterhin danke ich vor allem Herrn Dr. A. Brande, der mir nicht nur seine umfangreichen paläoökologischen Kenntnisse vermittelt hat, sondern auch während des gesamten Zeitraumes Unterstützung bei Geländearbeiten und Auswertung geleistet hat.

Für die Bestimmung der Vielzahl von Fossilien, ohne deren Kenntnis viele Aussagen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wären, danke ich folgenden Bearbeitern:

- Herrn Dr. A. Brande und Frau G. Hinz vom Institut für Ökologie der TU Berlin für die pollenanalytischen Untersuchungen aller hier bearbeiteten Kesselmoore und die Anfertigung einiger Abbildungen.
- Frau Dr. B. Streitz vom Institut für Botanik der TH Darmstadt für die Bestimmung der pflanzlichen Makroreste sowie deren quantitative Erfassung.

- Frau Dipl.-Geogr. U. Werner, Berlin, für die Bestimmung der Mollusken.

- Frau Dr. J. Günther, Schleswig, für die Bestimmung der Ostracoden.

- Frau Dr. I. Soulie-Märche vom Institut des Sciences de l'Évolution der Université Montpellier II für die Bestimmung der Characeen-Oogonien.

- Frau Dipl.-Biol. D. Kucan aus dem Niedersächsischen Landesinstitut für historische Küstenforschung in Wilhelmshaven für die Bestimmung der Holzreste von *Hippophae rhamnoides*.

- Herrn Prof. Dr. M. A. Geyh vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung für die ¹⁴C-Datierungen.

Die umfangreichen geochemischen und -physikalischen Untersuchungen konnte ich nur dank der tatkräftigen Unterstützung vieler Mitarbeiter der Labore an Freier und Technischer Universität durchführen. Der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Renger danke ich für die Unterstützung während der Arbeiten im Bodenkundlichen Labor des Institutes für Ökologie der TU Berlin, namentlich Frau A. Bredow und Frau C. Ehrlicher. Der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. H.-J. Pachur danke ich für die Unterstützung im Labor des Geographischen Institutes der FU Berlin, namentlich Herrn Dr. H.-P. Röper, Herrn Dr. M. Ahrens und Frau B. Witmann sowie Herrn Dipl.-Geogr. D. Zellmer für die technischen Hilfen und praktische Unterstützung bei der Probenentnahme mittels Livingstone- und Linde-Verfahren.

Herrn Bogumil vom Institut für Meteorologie der FU Berlin danke ich für die Überlassung von Klimadaten, Herrn Dr. Trostel von den Berliner Wasserbetrieben für Daten über Wasserwerks-Fördermengen. Der Landesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg danke ich für die Einsichtnahme in Archiv-Unterlagen. Den Potsdamer Wasserversorgungs- und Abwasserbehandlungsunternehmen GmbH verdanke ich die Überlassung von Fördermengen-Daten der Fercher Wasserwerke sowie mehrerer Hydrogeologischer Gutachten.

Weiterer Dank für die Überlassung von Daten gilt: Herrn Dipl.-Ing. W. Linder zu Flora und Vegetation, Frau Dipl.-Geol. P. Kelm zu bodenkundlichen Untersuchungen am Barssee, Frau Dipl.-Biol. S. Brase und Herrn Dr. R. Platen zur Laufkäfer- und Spinnen-Fauna, letzterem auch für Wasserstandsdaten vom Barssee sowie Herrn Dipl.-Ing. H. Mollien für Wasserhaushaltsdaten vom Pechsee.

Berlin, im Juli 1994

Volkmar Rowinsky

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	9
2. Forschungsgeschichte	11
2.1 Bars- und Pechsee	11
2.2 Fercher Gebiet	16
3. Geologisch-geomorphologische Situation	19
3.1 Westlicher Grunewald	20
3.2 Fercher Gebiet	22
4. Wasserhaushaltsuntersuchungen	24
4.1 Methode	24
4.1.1 Mesoklima	24
4.1.2 Klimatische Wasserbilanz	25
4.1.3 Grundwasser- und Seespiegel	26
4.2 Klimatische Untersuchungen	26
4.2.1 Mesoklima	25
4.2.2 Klimatische Wasserbilanz	30
4.3 Wasserhaushaltsuntersuchungen am Pechsee (MOLLIEN 1975 - 80)	34
4.4 Grund- und Moorwasserhaushaltsuntersuchungen	35
4.4.1 Anthropogene Grundwasserabsenkungen im Grunewald	36
4.4.2 Anthropogene Grundwasserabsenkungen an den Fercher Mooren	38
4.4.3 Moorwasserspiegel Bars- und Pechsee	39
4.4.4 Moorwasserspiegel Fercher Moore	42
5. Moorwasseruntersuchungen	43
5.1 Methode	44
5.2 Ergebnisse	45
5.2.1 Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert	45
5.2.2 Kationen	48
5.2.3 Anionen	48
5.3 Bewertung und Vergleich	49
6. Stratigraphisch-paläoökologische Untersuchungen	50
6.1 Moorstratigraphie	50
6.1.1 Methode	50
6.1.2 Ergebnisse	51
6.1.2.1 Bars- und Pechsee	51
6.1.2.2 Fercher Moore	53
6.2 Probennahme zur Paläoökologie	55
6.3 Geochemische und -physikalische Analysen	56
6.3.1 Parameter und Methoden	57
6.3.2 Ergebnisse	59
6.3.2.1 Bars- und Pechsee	59
6.3.2.2 Fercher Moore	61
6.3.3 Bewertung und Vergleich	67
6.3.3.1 Seesande und Mudden	67

6.3.3.2	Infraaquatisch gebildete Braunmoostorfe	68
6.3.3.3	Bildungen im Kesselmoor-Stadium	68
6.4	Pollenanalysen	74
6.4.1	Bars- und Pechsee	76
6.4.2	Ferch	76
6.5	Sonstige Fossilanalysen (Ferch)	78
6.5.1	Pflanzliche Makrofossilien	78
6.5.2	Characeen-Oogonien	86
6.5.3	Mollusken	88
6.5.4	Ostracoden	90
6.6	Radiocarbonatierungen	91
7.	Rekonstruktion der See- und Moorentwicklung	92
7.1	Spätglazial	92
7.1.1	Bölling	92
7.1.2	Alleröd	93
7.1.3	Jüngere Dryas	94
7.2	Postglazial	95
7.2.1	Präboreal und Boreal	95
7.2.2	Atlantikum	95
7.2.3	Subboreal	97
7.2.4	Älteres Subatlantikum	97
7.2.5	Jüngeres Subatlantikum	97
7.3	Entwicklungszyklus Brandenburger Kesselmoore	99
8.	Untersuchungen von Flora und Vegetation	100
8.1	Floristische Untersuchungen	100
8.1.1	Bars- und Pechsee	100
8.1.2	Fercher Kesselmoore	101
8.2	Vegetationskundliche Untersuchungen an Bars- und Pechsee	102
8.2.1	Methode	102
8.2.1.1	Anlage der Dauerbeobachtungsflächen	103
8.2.1.2	Aufnahmemethode	104
8.2.2	Ergebnisse	104
8.2.2.1	Schwingrasenstandorte	104
8.2.2.2	Wald-Dauerbeobachtungsflächen	106
8.2.2.3	Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG	106
8.2.2.4	Frequenzuntersuchungen	110
9.	Erhaltung und Wiedervernässung der untersuchten Moore	112
9.1	Wiedervernässungsversuche in Berliner Mooren	112
9.2	Bars- und Pechsee	112
9.3	Fercher Moore	115
9.4	Ausblick	115
10.	Zusammenfassung/Summary	116
11.	Literatur	121
12.	Anlagen	127
Anlage 1:	Moor- und Seepegel Bars- und Pechsee (Barssee: P1, P2 und See, Pechsee: See, eingeleitetes Trinkwasser am Barssee; Abflußjahre 1989 - 92)	127
Anlage 2:	Hydrochemische Parameter	128

Anlage 3: Geochemische und geophysikalische Parameter	130
Anlage 4: Pflanzliche Makrofossilien Ferch	133
Anlage 5: Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen	135
Anlage 6: Vegetationstabellen Bars- und Pechsee	147
Anlage 7: Frequenzuntersuchungen Bars- und Pechsee (Moose, 1990 und 1992)	Beilage

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abb. 1: Lage und morphologische Situation der Untersuchungsgebiete Ferch und Bars- und Pechsee .	10
Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes am Barssee mit Lage des stratigraphischen Schnittes E-F, der Moorwasserpegel, der Probeentnahmepunkte, der Vegetations-Dauerflächen und des Graben.	14
Abb. 3: Lage des Untersuchungsgebietes am Pechsee mit Lage des stratigraphischen Schnittes A-B, der Moorwasserpegel, der Probeentnahmepunkte und der Vegetations-Dauerflächen	15
Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes bei Ferch mit Lage der geologischen Schnitte und des stratigraphischen Schnittes A-B.	17
Abb. 5: Geomorphologische Skizze des westlichen Grunewaldes	19
Abb. 6: Geologischer Profilschnitt	20
Abb. 7: Geomorphologische Skizze des Fercher Untersuchungsgebietes	21
Abb. 8: Geologisches Längs- und Querprofil	23
Abb. 9: Mittlere Niederschlagsmenge in Berlin 1891 bis 1969 mit Lage des Berliner Untersuchungsgebietes	31
Abb. 10: Zeitreihen der Wasserförderung, der Grundwasserganglinie und des Seespiegels am Pechsee .	36
Abb. 11: Grundwasserganglinie im Untersuchungsgebiet Ferch und Fördermengen Wasserwerk Ferch II	38
Abb. 12: Moorwasserspiegel und Niederschlag am Barssee in mm	39
Abb. 13: Moorwasserspiegel und klimatische Wasserbilanz an Bars- und Pechsee in mm	40
Abb. 14: Moorwasserspiegel Fercher Kesselmoore	42
Abb. 15: Elektrische Leitfähigkeit am Moorwasserpegel B2c	46
Abb. 16: Sulfat- und Chlorid-Gehalte am Pegel B2c	46
Abb. 17: pH-Wert am Pegel B2c	47
Abb. 18: Kationen-Konzentrationen am Pegel B2c	47
Abb. 19: Kationen-Konzentrationen in mg/l	49
Abb. 20: Stratigraphische Schnitte Bars- und Pechsee	52
Abb. 21: Stratigraphischer Schnitt Ferch	54
Abb. 22: Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch	63
Abb. 23: Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch (0 - 1150 cm Tiefe)	64
Abb. 24: Parallelkerne im Fercher Kesselmoor	67
Abb. 25: Pflanzenverfügbare Nährstoffe in kg/ha auf 2 dm Torf-Trockensubstanz	70
Abb. 26: Austauschbare Nährstoffe in kg/ha auf 2 dm Torf-Trockensubstanz	70
Abb. 27: Pollendiagramm Bars- und Pechsee (BRANDE, Original)	75
Abb. 28: Pollendiagramm Ferch (BRANDE, Original)	77
Abb. 29: Zahl der Characeen-Reste in Kern 1991	87
Abb. 30: Zahl der Characeen-Reste in Kern A	87
Abb. 31: Zahl der Characeen-Reste in Kern B	87
Abb. 32: Radiocarbonatierungen	91
Abb. 33: Schema der Kesselmoorentwicklung in Brandenburg, Beispiel Fercher Kesselmoor	100
Abb. 34: ELLENBERG-Zahlen in den nördl. Transektflächen am Barssee Mittel 1989-92	108
Abb. 35: ELLENBERG-Zahlen in den südl. Transektflächen am Barssee Mittel 1989-92	108
Abb. 36: ELLENBERG-Zahlen in den nordwestl. Transektflächen am Pechsee Mittel 1989-92	109

Abb. 37:	ELLENBERG-Zahlen in den südöstl. Transektflächen am Pechsee Mittel 1989-92	109
Abb. 38:	Moorbildungen im mittleren Teil der Grunewaldrinne (Original: A. BRANDE)	106

Tab. 1:	Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage 1989 - 92	27
Tab. 2:	Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage im Mittel 1989/92	27
Tab. 3:	24 h-Mittel Barssee, Jagen 91 und Berlin Dahlem in °C (1989 - 92)	28
Tab. 4:	Mittlere Minima Barssee, Jagen 91 und Berlin Dahlem in °C (1989 - 92)	29
Tab. 5:	Mittlere Maxima Barssee, Jagen 91 und Berlin Dahlem in °C (1989 - 92)	29
Tab. 6:	Niederschlag Barssee und Dahlem (mm) 1989 - 92 (Potsdam 1989/92)	31
Tab. 7:	Potentielle Verdunstung (HAUDE) und klimatische Wasserbilanz ($N - V_{pot}$) am Barssee in mm (1989 - 92)	33
Tab. 8:	Niederschlag und potentielle Verdunstung am Pechsee in mm nach MOLLIN (unveröff.)	34
Tab. 9:	Niederschlag, potentielle Verdunstung (HAUDE) und klimatische Wasserbilanz ($N - V_{pot}$) am Pechsee in mm 1975 - 80 nach MOLLIN (unveröff.)	35
Tab. 10:	Zeitleiste der Grundwasserförderung im Grunewald	37
Tab. 11:	Hydrochemische Kennwerte	45
Tab. 12:	Untersuchte Parameter in den Kesselmooren	57
Tab. 13:	Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch (952 - 1700 cm Tiefe)	62
Tab. 14:	Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch, Bars- und Pechsee (0 - 60 cm).	69
Tab. 15:	Häufigkeitsklassen nach GROSSE-BRAUCKMANN (1974)	78
Tab. 16:	Pflanzliche Großreste in Kern A (Großrestbestimmung: B. STREITZ)	79
Tab. 17:	Pflanzliche Großreste in Kern B (Großrestbestimmung: B. STREITZ)	79
Tab. 18:	Pflanzliche Großreste in Kern 1991, minerogener Abschnitt von 1251-1510 cm Tiefe (Großrestbestimmung: B. STREITZ)	80
Tab. 19:	Pflanzliche Großreste in Kern 1991, organogener Abschnitt (Großrestbestimmung: B. STREITZ)	82
Tab. 20:	Entwicklungsgeschichtliche Abschnitte nach der Großrestanalyse (Fercher Kesselmoor)	85
Tab. 21:	Mollusken- und Ostracoden-Fauna in Kern A (1285 - 1700 cm Tiefe, Bestimmungen durch U. WERNER und J. GÜNTHER)	89
Tab. 22:	Mollusken- und Ostracoden-Fauna in Kern 1991 (1320 - 1510 cm Tiefe, Bestimmungen durch U. WERNER und J. GÜNTHER)	89
Tab. 23:	Mollusken- und Ostracoden-Fauna in Kern B (1320 - 1597 cm Tiefe, Bestimmungen durch U. WERNER und J. GÜNTHER)	90
Tab. 24:	Sedimentationsraten in den walddeschichtlichen Abschnitten (Pollenanalysen: A. BRANDE u. G. HINZ, Institut für Ökologie, TU Berlin)	96
Tab. 25:	Artenzahl und Anteil der gefährdeten Arten am Barssee	101
Tab. 26:	Artenzahl und Anteil der gefährdeten Arten am Pechsee	101
Tab. 27:	Artenzahl und Anteil der gefährdeten Arten in den Fercher Kesselmooren	102
Tab. 28:	Artmächtigkeitsskala nach BARKMAN, DOING & SEGAL (1964)	103
Bild 1:	Pechsee im Jahr 1906	12
Bild 2:	Pisidium hibernicum	91

1. Einleitung und Problemstellung

In § 1 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) wird als oberstes Ziel für Naturschutz und Landschaftspflege herausgestellt: "Naturschutz und Landschaft sind ... so zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln, daß ... die Pflanzen- und Tierwelt sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft ... nachhaltig gesichert sind." Darüberhinaus wird für die Naturschutzgebiete in § 13 des Bundesnaturschutzgesetzes und § 19 des Berliner Naturschutzgesetzes besonderer Schutz vorgeschrieben.

Die Übersicht des Gefährdungsgrades der Pflanzenformationen der Bundesrepublik Deutschland (KORNECK & SUKOPP 1988) zeigt, daß die Formationen oligotrophe Moore und Moorwälder sowie oligotrophe Gewässer zusammen den höchsten Anteil der Arten der Roten Liste, bezogen auf den Gesamtartenbestand der Formationen, aufweisen (56.5 % und 81.3 %) und damit besonders schutzwürdig sind.

Ein weiterer schutzwürdiger Aspekt besteht in der Eigenschaft der Moore als Archive für die Landschafts- und Vegetationsgeschichte sowie für die vor- und frühgeschichtliche Forschung, denn sie enthalten oftmals archäologische Fundstücke. Eine zunehmende Bedeutung kommt ihnen als Bioindikatoren für Umweltbelastungen (Einträge von Schadstoffen) zu.

Die Gewässer- und Moorschutzgebiete stellen unter den Berliner Naturschutzgebieten einen hohen Anteil, sind aber als Folge der anthropogenen Grundwasserabsenkungen stark geschädigt (SUKOPP 1981). Im besonderen Maße waren die an das Grundwasser gebundenen Kesselmoore und Moorlöcher in der Kameslandschaft des Grunewaldes durch die seit der Jahrhundertwende sinkenden Grundwasserstände betroffen.

Die Absenktrichter der Förderbrunnen der Wasserbetriebe an der Havel, im Einzugsgebiet der Wasserwerke Beelitzhof und Tiefwerder, beeinflussen unmittelbar die Hydrologie der Naturschutzgebiete Teufelssee, Postfenn und Bars- und Pechsee (GEWÄSSERKUNDLICHER JAHRESBERICHT 1987). Dies führte in den letzten 40 Jahren an den untersuchten Mooren Bars- und Pechsee (Abb. 1) zu

einer Grundwasserabsenkung von ca. 5 m (Pegel 1615) und einem Absinken der Seespiegel.

Aufgrund der naturräumlichen Ausstattung des Landes Brandenburg nehmen Seen und Feuchtgebiete eine bedeutende Fläche ein, z. B. die Niederungen des Havellandes, der Spreewald und das Oderbruch. Entsprechend hoch ist auch der Anteil der Seen und Moore an den Brandenburger Naturschutzgebieten. Das älteste Naturschutzgebiet, das Plagefenn bei Chorin, wurde 1907 sichergestellt. Die mit hohem Aufwand in den vergangenen Jahrzehnten betriebene Intensivierung der Landwirtschaft hat, durch Veränderungen des Wasserhaushaltes und durch Grünland-Umbruch, besonders die großen Niedermoore stark geschädigt. Die kleinflächigen Kesselmoore wurden dagegen durch den großräumigen Eintrag von Luftschadstoffen beeinträchtigt, besonders die nährstoffarmen Kesselmoore durch den Eintrag von Stickstoffverbindungen.

Die Kesselmoore bei Ferch (Abb. 1) sind von der seit etwa 10 Jahren betriebenen Grundwassergewinnung in der nahe gelegenen Fercher Rinne betroffen, wenn auch in geringerem Ausmaß als die bereits stark geschädigten Berliner Moore. Durch die Förderbrunnen in der Fercher Rinne kam es seitdem in der Umgebung der untersuchten Kesselmoore zu einer Grundwasserabsenkung von etwa 1 m.

Die mit der Sackung und Mineralisierung des Torfkörpers verbundenen Standortveränderungen führten zu einer starken Verarmung der oligotraphenten Flora, Vegetation und Fauna und gefährden damit die Funktion der Naturschutzgebiete als Biotop seltener Pflanzen und Tiere. Mit dem Wandel der Pflanzengesellschaften erfolgte ein Aussterben der oligotraphenten Arten und eine Zunahme von "Störzeigern". Damit besteht generell akuter Handlungsbedarf und besonders bei den sehr stark geschädigten Berliner Mooren für die Einleitung von Erhaltungsmaßnahmen und deren wissenschaftliche Begleitung.

Für die Aufstellung einer optimalen Wiedervernäsungsstrategie ist es notwendige Voraussetzung, naturwissenschaftliche Basisdaten zu ermitteln, die die veränderten Standortbedingungen berücksichtigen (Eutrophierung und Degradierung). Für die

Überprüfung und naturwissenschaftliche Begleitung der Maßnahmen muß ein Monitoringsystem eingerichtet werden, das gleichzeitig der Erfolgskontrolle dienen soll.

Der von SUCCOW & JESCHKE (1986) ausgeschiedene hydrologische Moortyp Kesselmoor gehört zu den von Mineralbodenwasser beeinflussten Typen, bei denen nach Abschluß der Gewässerverlandung ein meist sehr mächtiger Torfkörper entsteht. Die untersuchten Grunewaldmoore weisen noch einen Restsee auf, während die Fercher Kesselmoore auch in ihrem zentralen Teil bereits verlandet sind.

Kesselmoore eignen sich sehr gut für stratigraphische Untersuchungen, da das schnelle Torfwachstum gute Erhaltungsbedingungen für die am Standort abgelagerten Pflanzen- und Tierreste bietet. Die Entstehung in abflußlosen Hohlformen bedingt eine Wasserbewegung vorwiegend innerhalb des Moorkörpers, die Wasserspeisung erfolgt durch zulaufendes Mineralbodenwasser in kleinen Einzugsgebieten. In den Grunewaldmooren und auch in den Fercher Mooren erfolgt diese weitgehend durch den Niederschlag, so daß auch hydrologische Untersuchungen ohne größeren meßtechnischen Aufwand relativ einfach durchführbar sind.

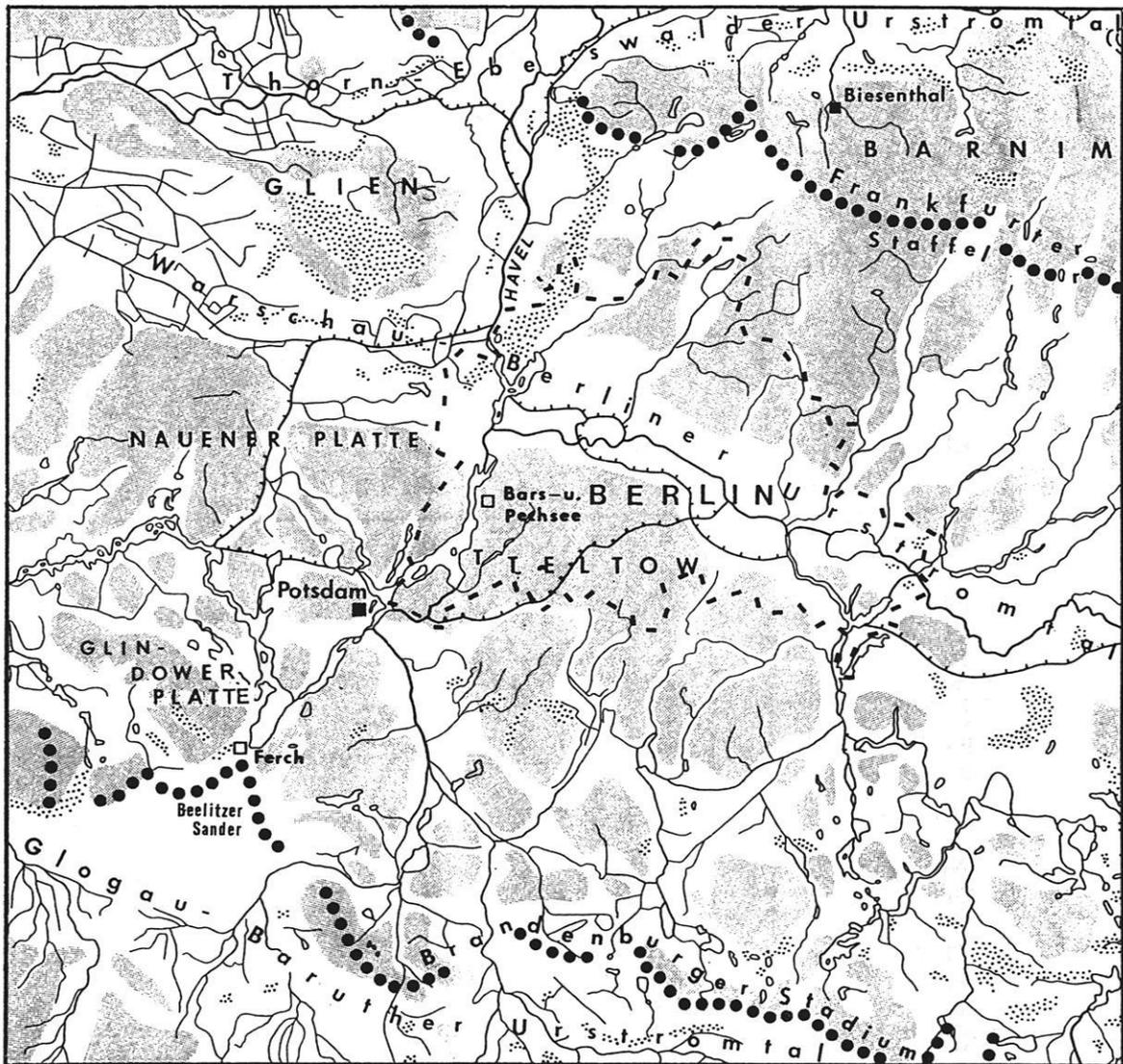


Abb. 1: Lage und morphologische Situation der Untersuchungsgebiete Ferch und Bars- und Pechsee (vereinfacht n. SCHOLZ 1972, große Punkte: Eisrandlagen, kleine Punkte: Dünen).

An den so charakterisierten Kesselmooren sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Welche Formungsprozesse führten zur Entstehung der Becken, die als abflußlose Hohlformen Ausgangspunkte der See- und Moorentwicklung waren?

2. Welche Entwicklungsstadien wurden in den untersuchten Mooren in welchem Zeitraum durchlaufen?

3. Können den einzelnen Entwicklungsstadien über geochemische und -physikalische Untersuchungen abiotische Standortfaktoren zugeordnet werden?

4. Mit welchen Methoden lassen sich die aktuellen Standortveränderungen am besten erfassen, und eignen sich diese zur Dokumentation von Erhaltungs- und Wiedervernässungsmaßnahmen?

Die zur Klärung dieser Fragen vorgenommene hydrologischen und stratigraphischen Untersu-

chungen lassen sich in drei Methodenkomplexe gliedern. Die Methoden zur Erfassung der biotischen (Makrorest-, Mikrorest- und Pollenanalyse sowie floristische und vegetationskundliche Untersuchungen) und abiotischen (hydrologische, geochemische und -physikalische und sedimentologische Untersuchungen) Standortfaktoren wurden zur zeitlichen Einordnung der entwicklungsgeschichtlichen Prozesse durch Radiocarbonatierungen und pollenanalytische Untersuchungen ergänzt.

Für die Fercher Moore sollen mögliche Entwicklungen aufgezeigt werden, die sich aus dem Vergleich mit den Berliner Mooren ergeben. Die noch nicht so weit fortgeschrittene Degeneration in dem großen Fercher Kesselmoor kann, bei Kenntnis der Ursachen der Biotopveränderungen, unter Umständen aufgehalten werden. Falls nicht, können zukünftige Entwicklungen am Beispiel der Grunewaldmoore vorausgesagt werden.

2. Forschungsgeschichte

2.1 Bars- und Pechsee

Die Gewässer- und Moorschutzgebiete Bars- und Pechsee, 1986 zu einem Naturschutzgebiet vereinigt, sind in besonderem Maße von anthropogenen Grundwasserabsenkungen betroffen. Die Auswirkungen auf Flora und Vegetation wurden bereits in zahlreichen Arbeiten dokumentiert, z. B. von GRAEBNER 1907, 1910, POTONIÉ 1908/1911/1912, HUECK 1925, 1938, SUKOPP 1959/60, 1961, SUKOPP et al. 1970, SUKOPP & BÖCKER 1971, SUKOPP & SUKOPP 1978, SEIDEL 1985 und SCHOPPE 1985.

Schon GRAEBNER (1910) hat auf die Gefährdung der Flora der Grunewaldmoore hingewiesen, z. B. durch die Anlage des Bahnhofs Grunewald mit seinen Folgen für die Umgebung des Hundeklehsees. Er deutet das Zurücktreten der Hochmoorflora auch als eine Auswirkung der allmählichen Anreicherung von Nährstoffen aus Abwässern von Restaurants und Straßen.

POTONIÉ (1912: 76) hat für das Nordufer des Pechsees folgende Vegetationszonierung beschrie-

ben: 1. Am Rand des Wassers *Carex canescens*, *Carex limosa*, *Carex rostrata* und *Scirpus palustris*, 2. eine schmale Zone mit *Sphagnum* und *Juncus effusus*, 3. *Sphagnum*, "etwas" *Polytrichum strictum*, Anflug von *Pinus sylvestris*, *Juncus effusus*, *Eriophorum vaginatum*, *Scheuchzeria palustris*, *Ledum palustre*, *Vaccinium oxycoccus*, *Drosera rotundifolia* und 4. besonders nach Norden "Kontinentales Hochmoor" mit *Sphagnum*, *Polytrichum strictum*, *Aspidium spinulosum*, dichter Bestand von *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*, *Vaccinium oxycoccus*, *Drosera rotundifolia* und *Rubus idaeus*. Das Bild 1 dokumentiert den Zustand des Pechsees zu diesem Zeitpunkt.

Eine ausführliche Beschreibung der nährstoffarmen Moore von Brandenburg erfolgte durch HUECK (1925) mit einer Darstellung der Pflanzengesellschaften und der unterschiedlichen Stadien der Moorentwicklung. Er beschreibt den Pechsee als ein Beispiel für die Verlandung nährstoffarmer Gewässer. Das Fehlen einer nassen Randzone der Moore in der Umgebung von Berlin, wie sie von GRAEBNER noch in den neunziger Jahren des 19.

Jhdts. an den "Hochmooren" des Grunewalds angetroffen wurde, wird von HUECK der Tätigkeit der Berliner Wasserwerke zugeschrieben.

Im Jahr 1938 kommt HUECK (1938: 27) zu der Aussage, daß durch die Wasserstandssenkungen im gesamten Grunewald "von diesen Mooren keines mehr seinen ursprünglichen Charakter bewahrt hat" und an Bars- und Pechsee nur noch "dürftige Reste der einstigen Moorherrlichkeit erhalten" sind.

Die Beobachtungen am Pechsee führen HUECK (1938: 33) zu einem Schema der "Hochmoorbildung" in Brandenburg:

Offenes Wasser > Schwimmende Decke von *Sphagnum cuspidatum f. plumosum* > *Carex limosa* - *Rhynchospora alba* - *Sphagnum cuspidatum f. falcatum* - Gesellsch. > *Eriophorum vaginatum* - *Sphagnum recurvum* - Gesellsch. > Wollgrasreicher Kiefernwald.

Der Barssee hatte zu diesem Zeitpunkt bereits durch verschiedene Nutzungen (Wildgehege, Fischerei) - die nördliche Moorsenke diente 1915 - 1945 als Wiese (SUKOPP 1959/60) - sehr viel "von seiner Ursprünglichkeit eingebüßt" (HUECK 1938). Durch Rodung des Holzbestandes und Beweidung hatten die Moorsenken stark an Wert verloren, die Nutzung als Fischgewässer bedingte eine Eindämmung des Schwinggrasens. Deren Reste waren auf einen schmalen Streifen an Ost- und Südufer beschränkt.

Der Pechsee war bis 1956 durch Badebetrieb beeinträchtigt (SUKOPP 1959/60). Die ursprünglich von HUECK beschriebenen Schwinggras-Gesellschaften sind bis 1960 weitgehend durch ein *Carici-Agrostietum* (SUKOPP 1961) ersetzt worden, schwimmende *Sphagnum*-Decken unmittelbar am Seerand waren verschwunden. An stark betretenen Stellen enthielten sie *Juncus effusus*-Bestände. Am Barssee konnte noch die typische Ausbildung der Kiefernphase eines Wollgrasmoores (*Ledo-*

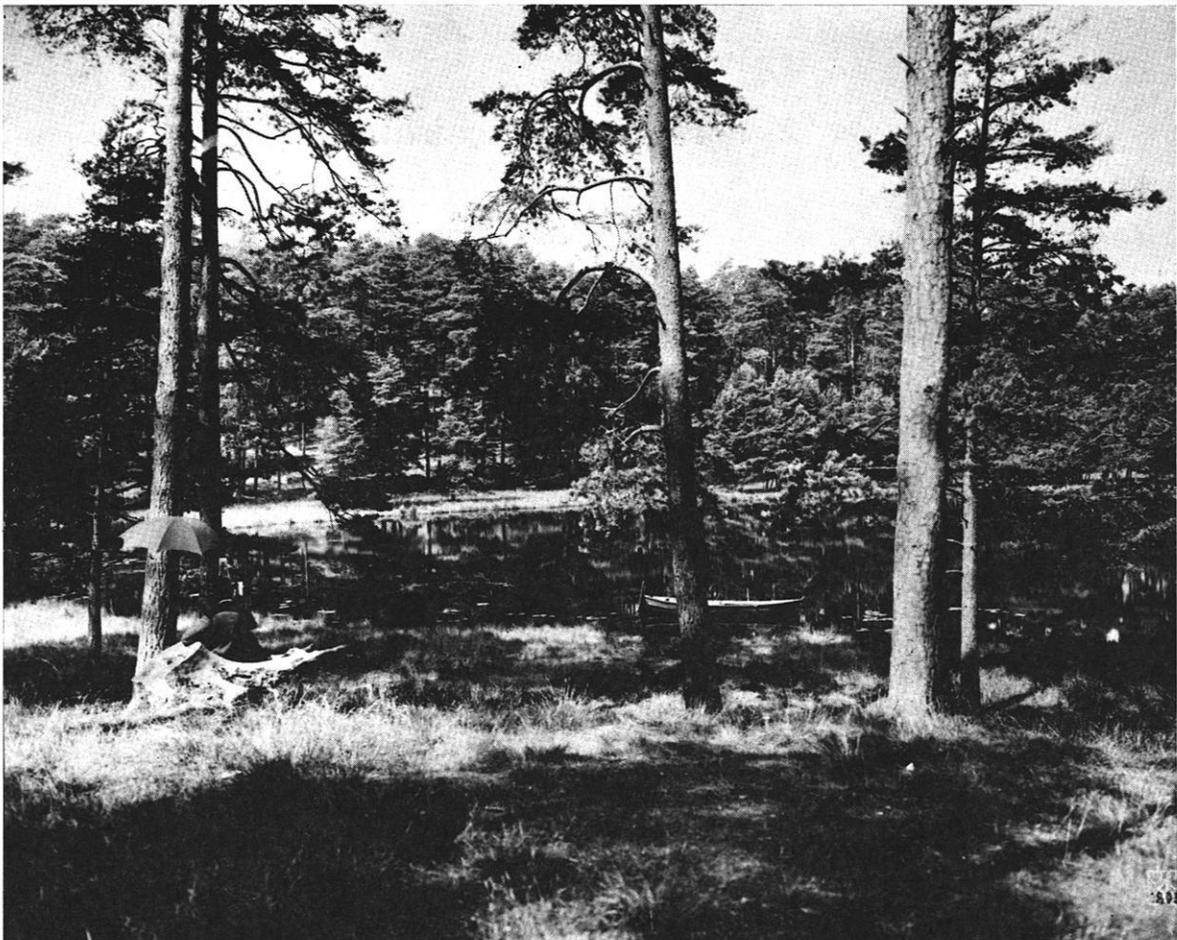


Bild 1: Pechsee im Jahr 1906 (Photo von MAX MISSMANN, Quelle: Märkisches Museum).

Sphagnetum magellanicum) mit *Ledum palustre* angetroffen werden.

Seit dem 21.03.1960 stehen im Grunewald Bars- und Pechsee, aber auch Teufelssee, Hundekehlenfenn und Langes Luch unter Naturschutz. Die bis zu diesem Zeitpunkt eingetretenen Veränderungen von Flora und Vegetation in den genannten Gebieten sind bei SUKOPP (1959/60) aufgeführt, sie können im wesentlichen als Folge der großflächig wirkenden anthropogenen Grundwasserabsenkungen gesehen werden.

Die weitere Umwandlung und Degradierung der grundwasserabhängigen Pflanzengesellschaften an Bars- und Pechsee werden durch die genannten Gutachten (SUKOPP et al. 1970, SUKOPP & BÖCKER 1971) und Diplom-Arbeiten (SEIDEL 1985, SCHOPPE 1985) beschrieben.

Von den oligotraphenten Moorpflanzenarten, von denen 1957 am Barssee noch zehn (SUKOPP 1959/60) vorkamen, wurden von SEIDEL (1985) nur noch vier angetroffen. Es stellen sich zunehmend Arten ein, die nährstoffreichere Standortbedingungen anzeigen (z. B. *Typha latifolia*). Der Verlandungsprozeß war am Barssee 1973 so weit fortgeschritten, daß die gesamte ehemalige Wasseroberfläche von *Typha*-Beständen bedeckt war.

Auf den oberflächlich ausgetrockneten Torfen und den umgebenden Mineralböden konnte sich die Späte Traubenkirsche (*Prunus serotina*) massenhaft ausbreiten. Sie unterdrückt durch ihre Konkurrenzkraft alle anderen Arten und dominiert daher in Kraut- und Strauchschicht.

Auch bei den oligotraphenten Moosen kam es zu einer Verarmung, z. B. verschwanden *Sphagnum cuspidatum* sowie *Sphagnum magellanicum* als typisch oligotraphente Torfmoose.

In einer Kartierung der epiphytischen Flechten im Grunewald, in der unter anderem eine Zuordnung der einzelnen Jagen zu Luftreinheitsstufen vorgenommen wird, kommen RUX & LEUCKERT (1989) zu der Aussage, daß die "besseren" Flächen vor allem im Inneren des Grunewaldes liegen. In der Nähe von Havel und AVUS sind keine selteneren Sippen verbreitet. Eine Häufung der empfindlicheren Arten tritt in der Nähe der Feuchtgebiete (Teufelssee, Barssee, Pechsee) auf; hier hat wahrscheinlich die höhere Luftfeuchtigkeit positiven Einfluß auf die Flechtenvegetation.

In die höchste Flechtenstufe V ist z. B. der Jagen 119 (südwestlich des NSG Barssee) eingestuft worden; es kommen alle nach RUX & LEUCKERT (1989) in diese Stufe gestellten Arten vor (= *Platismatica glauca*, *Cetraria chlorophylla*, *Evernia prunastri*).

Mehrere Arbeiten beschäftigen sich mit der Algenflora der Seen. WILKAITIS (1925) nennt für den Pechsee 63 *Desmidiaceen*-Arten. Eine Bestandsaufnahme für den Barssee gab BETHGE (1960), einzelne Gruppen behandelten im Rahmen von Staatsexamensarbeiten KUNDENREICH-WOLF (1980: *Diatomeen* Pechsee), SCHOLZ (1980: *Diatomeen* Barssee) und WEDDIGEN (1977: vor allem *Conjugatophyceae* in Bars- und Pechsee). WEDDIGEN & GEISSLER (1980) erfaßten mit den *Desmidiaceen* in Bars- und Pechsee eine Gruppe charakteristischer Bewohner oligotropher Seen und Moore. Sie stellten vor allem am Barssee eine starke Verarmung fest.

Mit der oligotraphenten Moorvegetation veränderte sich auch die moortypische Fauna. So ist z. B. nach SCHMIDT (1975) die Libellenfauna stark verarmt. Es kommen nur noch die nicht spezialisierten Arten vor. Die eigentlichen Moorarten sind verschwunden.

Seit dem Jahr 1980 erfolgt am Barssee jährlich eine Amphibienzählung im Auftrag des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz. Der Barssee wird danach als das bedeutendste Amphibienlaichgewässer des Grunewaldes bezeichnet. HILDMANN & HASCH (1991) kommen jedoch zu der Aussage, daß der für das Schutzgebiet besonders wertvolle, da als Indikatorart zu wertende Moorfrosch (*Rana arvalis*) in seinem Bestand, trotz der vorgenommenen Wiedervernässungsmaßnahmen, abnimmt. Der Anteil der 1991 gezählten Populationen weniger spezialisierter Arten wie Teichmolch, Erdkröte und Grünfrosch (*Triturus vulgaris*, *Bufo bufo* und *Rana esculenta*-Komplex) verdoppelte sich hingegen gegenüber 1990.

PLATEN (1989) bewertet den aktuellen Zustand der Berliner Moor- und Feuchtgebiete anhand der Spinnen und Laufkäfer. Mit Hilfe des Anteils der moor-, feuchtigkeits- und bruchwaldtypischen Arten an der Gesamtartenzahl, kombiniert mit den Gefährdungskategorien, kann eine Rangfolge der Gebiete aufgestellt werden. Für Spinnen und Laufkäfer ergibt sich die folgende Reihenfolge: 1. Tegeler Fluß 2. Hundekehlenfenn 3. Teufelsbruch (1982)

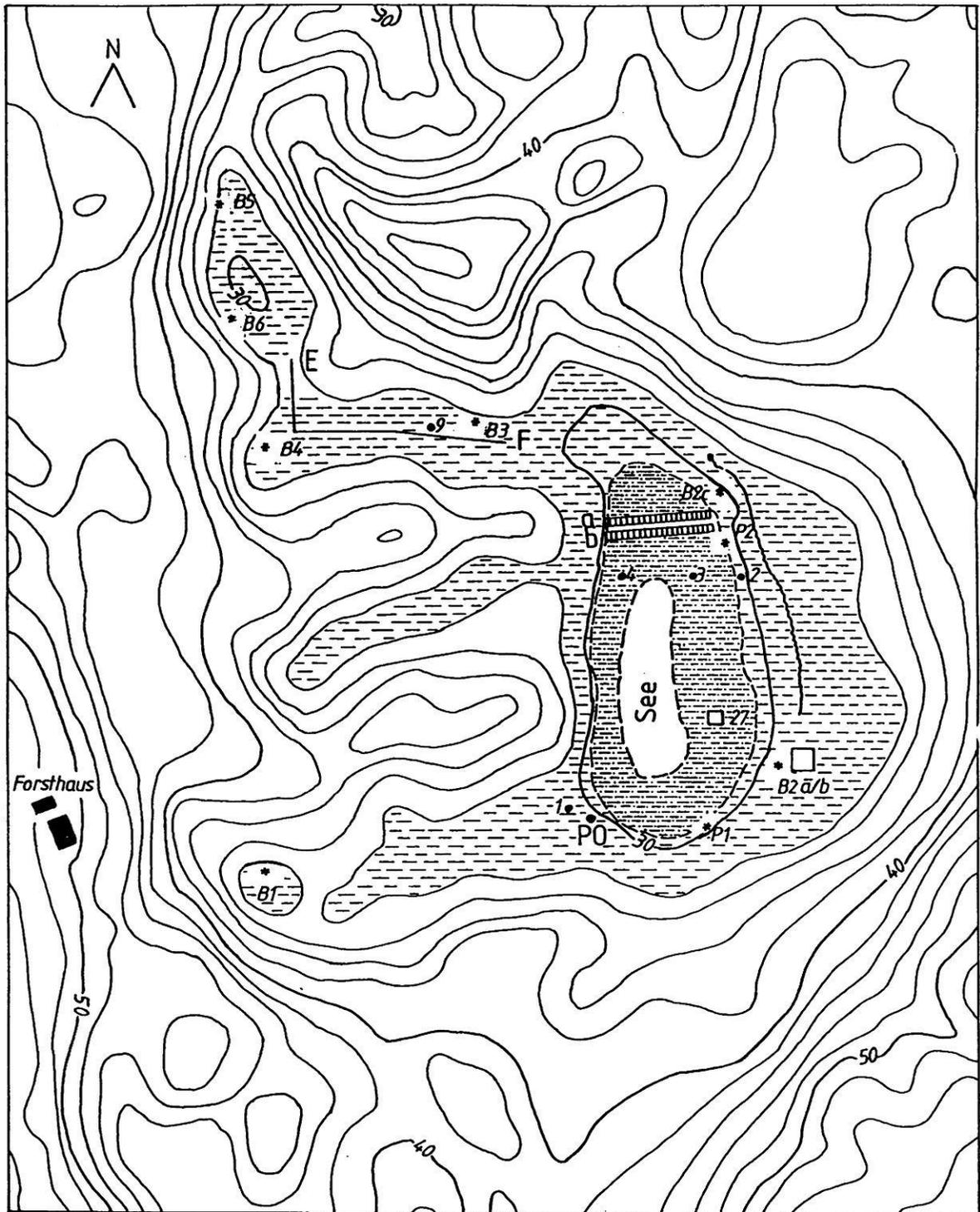


Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes am Barssee mit Lage des stratigraphischen Schnittes E-F, der Moorwasserpegel (B1-B6, P1 u. P2), der Probenentnahmepunkte (1-4 u. 9, PO: Pollenanalytische Untersuchungspunkte), der Vegetations-Dauerflächen (a: nördl. Transektflächen, b: südl. Transektflächen) und des Grabens (nach der TK 1:10.000).

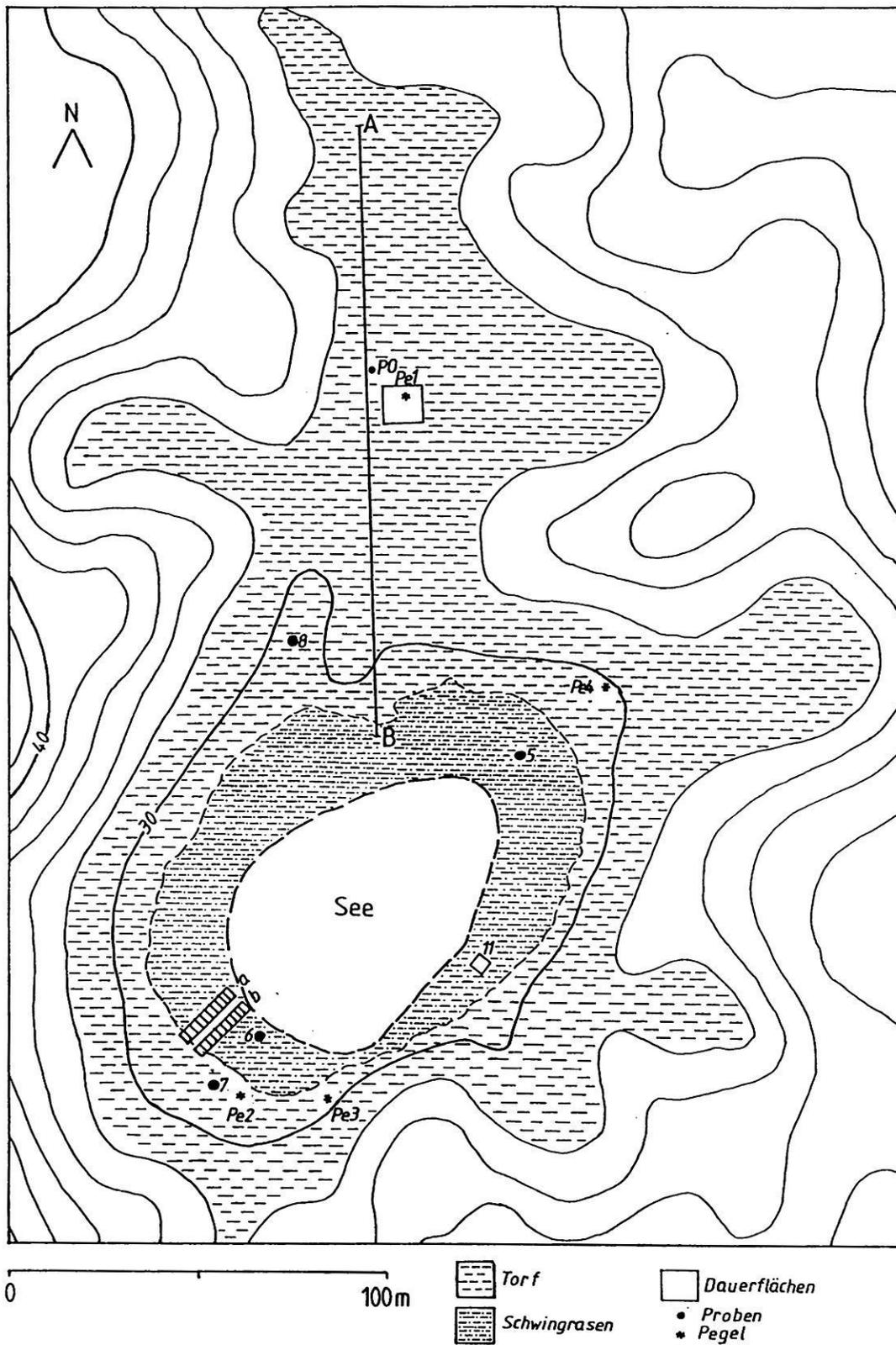


Abb. 3: Lage des Untersuchungsgebietes am Pechsee mit Lage des stratigraphischen Schnittes A - B, der Moorwasserpegel (Pe1 - Pe4), der Probenentnahmepunkte (5 - 8, PO: Pollenanalytischer Untersuchungspunkt) und der Vegetations-Dauerflächen (a: nordwestl. Transektflächen, b: südöstl. Transektflächen) (nach der TK 1: 10.000).

4. Großes Fenn 5. Langes Luch 6. Postfenn 7. Barssee, 8. Pechsee und 9. Großer Rohrpfuhl (PLATEN 1989: 329).

Im Rahmen einer Untersuchung der Laufkäfer-Fauna (BRASE 1990) wurde für den Barssee ein Vergleich des Untersuchungsjahres 1989 mit dem Jahr 1982 (PLATEN 1989) vorgenommen. Dabei ergab sich "eine Tendenz zum Nassen hin", vor allem auf dem untersuchten Schwingrasen-Standort (BRASE 1990: 67). Hingegen nahm der Anteil der standortgemäßen Laufkäfer-Arten ab. Die Grabenbewässerung 1986/87 förderte demnach die Arten der offenen Feuchtgebiete, jedoch nicht die Arten oligo- bis mesotropher Standorte; zu ähnlichen Ergebnissen kommt PLATEN (1989) für das Teufelsbruch in Spandau.

Am Pechsee konnte im Jahr 1989 ein deutlich höherer Anteil von moortypischen Laufkäferarten auf den Schwingrasen-Flächen als am Barssee festgestellt werden. Im Vergleich mit den Jahren 1975 und 1978 wurden 1989 alle Feuchtgebietsarten wiedergefunden. Eine direkte Bewässerung ist also nach diesen Ergebnissen am Pechsee nicht akut notwendig.

Eine ökologische Bewertung von Mooren und eine Erfolgskontrolle von Wiedervernässungsmaßnahmen muß auch mit Hilfe von verschiedenen Tiergruppen vorgenommen werden. Im Rahmen des Monitoring von Naturschutzgebieten von Berlin (BÖCKER et al. 1989) sollen folgende Tiergruppen erfaßt werden: Brutvögel, Amphibien, Spinnen, Laufkäfer, Wasserkäfer, holzbewohnende Käfer, Rüsselkäfer, Libellen und Heuschrecken.

Mehrere Untersuchungen haben sich bereits mit der hydrogeologischen Situation im Grunewald beschäftigt (NÖTHLICH 1936, KOEHNE 1954 und SIEBERT 1958). NÖTHLICH (1936) beschrieb das Untersuchungsgebiet als am Rande des Absenkungstrichters des WW Grunewald liegend.

In seiner Dissertation belegt SOMMER-VON JARMERSTED (1992) den Einfluß der Grundwasserentnahmen der Berliner Wasserbetriebe mit ihren ufernahen Brunnengalerien auf die hydraulischen Verhältnisse im Grunewald. Die vor allem im elsterglazialen Grundwasserleiter verfilterten Förderbrunnen beeinflussen den oberflächennächsten Grundwasserleiter. Die numerische Modellierung ergibt eine Quantifizierung des Uferinfiltratanteils an dem geförderten Trinkwasser, diese schwanken

am Ostufer der Havel zwischen 20 und 40 %. Aus dem Modell ergibt sich ein bedeutender Anteil (ca. 50 %) des unter der Havel hindurch aus Westen zufließendem Grundwassers, hierin enthalten sind wiederum Uferfiltratanteile vom Westufer der Unterhavel.

Die in den Jahren 1975 bis 1982 vom Institut f. Landschaftsbau der TU Berlin unter der Leitung von Prof. Wolkewitz vorgenommenen Messungen einzelner Wasserhaushaltsgrößen (MOLLIEN unveröff.) belegen die drastische Absenkung von See- und Grundwasserspiegel am Pechsee. Der Seespiegel ist von 1931/35 bis 1976/82 um ca. 3 m abgesunken.

Die Geomorphologie (Abb. 5) und Geologie (Abb. 6) und des Grunewaldgebietes und seiner Genese wurden von verschiedenen Autoren (z. B. ASSMANN et al. 1957, BÖSE 1979 und PACHUR & SCHULZ 1983) beschrieben. Auf sie wird im folgenden Kapitel eingegangen. Eine bodenkundliche Untersuchung erfolgte am Barssee im Rahmen einer Diplom-Kartierung durch KELM (1988).

Die Seen und die angrenzenden Schwingrasen wurden hydrochemisch unter anderem von NÖTHLICH (1936) untersucht. Gegenwärtig werden aus dem Pechsee durch das Institut f. Ökologie, FG Limnologie (Prof. Rippl) in regelmäßigem Turnus Wasserproben entnommen und auf verschiedene Parameter analysiert. Ein Vergleich mit früheren Untersuchungen ist somit möglich (s. Kap. 5).

Anzeichen für eine anthropogene Gewässereutrophierung werden von PACHUR & RÖPER (1987: 86) für den Pechsee festgestellt. In der obersten Zone der limnischen Sedimente zeigen sich die höchsten Phosphor-Konzentrationen (oberste Sedimentzone: 0.09 - 0.13 %, tiefer liegende Mudden: 0.07 %). Auch für die Schwermetalle (Zn, Cu, Pb und Cd) ist ein anthropogener Konzentrationsanstieg in der obersten Sedimentzone (PACHUR & RÖPER 1987: 114) nachweisbar, vor allem eine starke bis extreme Anreicherung von Pb. Vermutet wird "neben dem atmosphärischen Eintrag an Schwermetallen eine noch unbekannte Kontaminationsquelle".

2.2 Fercher Gebiet

Eine Bearbeitung der an das Grundwasser gebundenen Standorte liegt aus den fünfziger Jahren vor

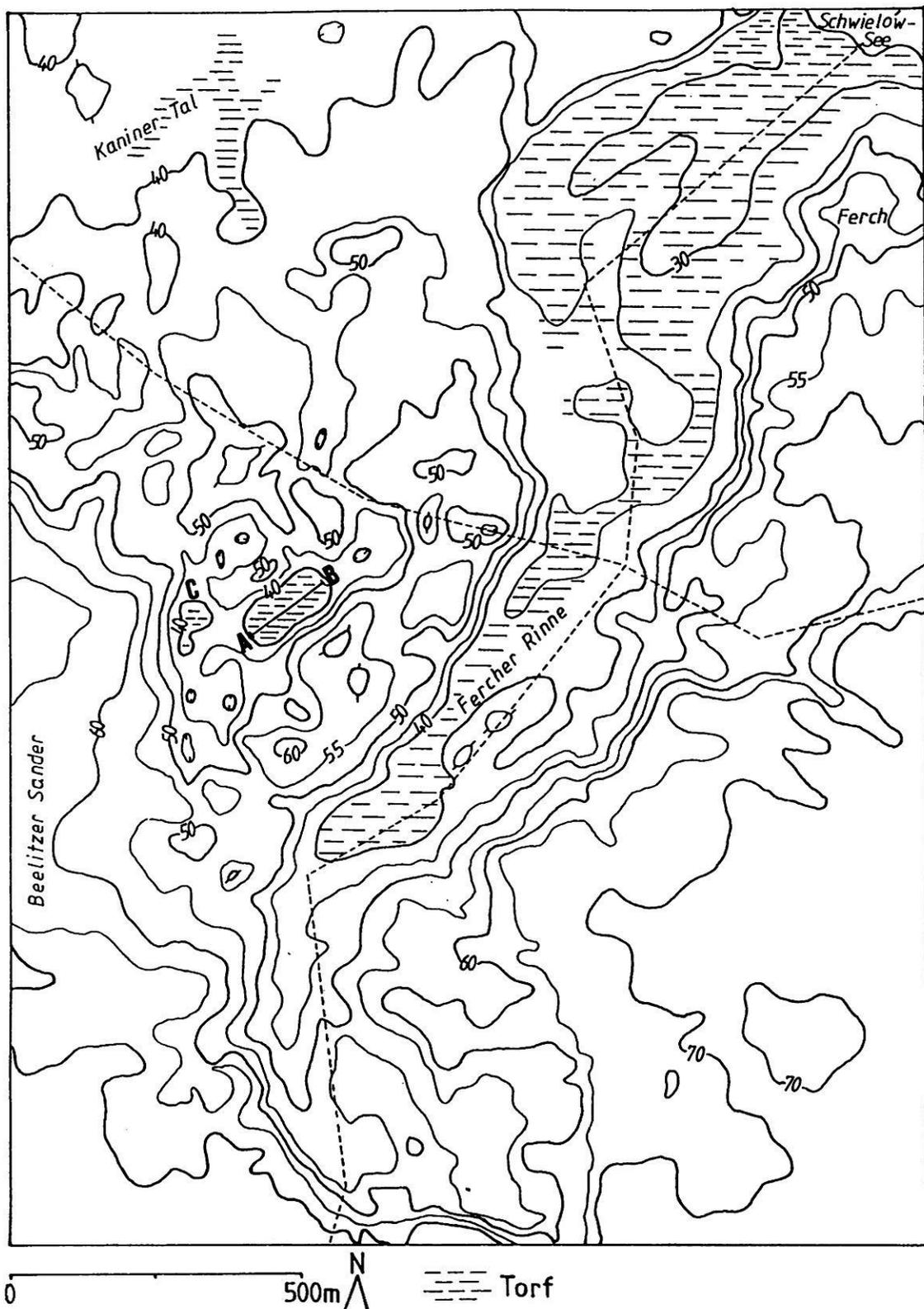


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes bei Ferch mit Lage der geologischen Schnitte und des stratigraphischen Schnittes A - B (Großes Moor Alte Dorfstelle, C: Kleines Moor Alte Dorfstelle) (nach der Top. Karte 1 : 10.000).

(MÜLLER-STOLL & NEUBAUER 1965, MÜLLER-STOLL & NEUBAUER 1987/1988). Die erstgenannte Arbeit ist **vegetationskundlich** systematisch gegliedert, die letztere beschreibt die einzelnen Gebiete als Landschaftseinheit, wesentlicher Bestandteil sind die Vegetationskarten.

Das "Große Moor bei Alte Dorfstelle" wird als typisches Verlandungs-´Hochmoor´ gekennzeichnet, fast die ganze Fläche wird von einem *Eriophoro-Sphagnetum recurvi* eingenommen. Kleinflächig ist ein Schwingmoor-Bestand verbreitet, in denen *Scheuchzeria palustris* und *Carex limosa* charakteristisch sind. Die nasse Randzone des Moores wird von einem *Caricetum rostratae* eingenommen. Als Besonderheit werden zwei Bulten von *Sphagnum magellanicum* angegeben, eine Fundortangabe, die von BENKERT (1974) bestätigt wird.

Das "Kleine Moor bei Alte Dorfstelle" wird von verschiedenen Pflanzengesellschaften eingenommen: östlicher Teil mit *Eriophoro-Sphagnetum recurvi*; Randzone mit *Caricetum rostratae*. Der durch eine Schwelle getrennte SW-Teil des Moores wird von einem *Carici canescentis-Agrostietum caninae* bedeckt.

Die abflußlosen Hohlformen nördlich und südlich des Großen Moores weisen Tümpel auf, die unter anderem von *Glyceria fluitans* und *Juncus effusus* bestanden sind. MÜLLER-STOLL & NEUBAUER (1987/88) stellen die Pflanzenbestände überwiegend zum *Carici canescentis-Agrostietum caninae*.

Von BENKERT (1974) werden in seiner Moosflora der Potsdamer Umgebung einige Angaben zum Vorkommen von Moosen für die Fercher Moore gegeben.

BERENDT, DULK & LAUFER (1882) bieten mit den Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte für das Blatt Werder 1 : 25.000 eine erste genaue Bearbeitung der Geologie des Untersuchungsgebietes. HELLWIG et al. (1975) beschreiben Rinnenstrukturen im Randbereich des Brandenburger Stadiums der letzten Kaltzeit und gehen unter anderem auf die Bildung der Fercher Rinne ein.

FRANZ (1961, 1962) beschreibt die **Morphogenese** der Glaziallandschaft südlich von Potsdam, einschließlich des engeren Untersuchungsgebietes (Abb. 7). Anhand von topographischen Karten und Geländestudien werden die verschiedenen Eisrandlagen des Brandenburger Stadiums und die durch sie hinterlassenen Formen dargestellt. WEISSE (1977a, 1977b, 1982a, 1982b, 1985, 1987a, 1987b) beschäftigt sich vor allem mit dem inneren Aufbau und der Gliederung der glazialgenetischen Einheiten im Potsdamer Raum und deutet viele von FRANZ als Satzendoränen bezeichnete Formen als Kames.

Die im Rahmen von **hydrogeologischen** Berichten (KNISPEL & KALATZ 1973, KNISPEL 1978, KNISPEL 1985, KNISPEL & NILLERT 1986) vorgenommenen zahlreichen Aufschlußbohrungen geben zusammen mit den Pumpversuchen ein gutes Bild über die hydrogeologischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet (Abb. 8). Die Bohrungen wurden bis auf den oligozänen Septarienton abgeteuft. Die in diesem Zusammenhang durchgeführten Kies- und Pollen-Analysen (ERD 1973, KÖHLER 1979, 1980, SEIFERT 1979, ZIERMANN 1972, 1973) bieten eine zusätzliche Information zur Genese des Untersuchungsgebietes.

Die vegetationskundlichen Arbeiten von MÜLLER-STOLL & NEUBAUER enthalten einige Angaben zur Wasserchemie der untersuchten Moore.

3. Geologisch-geomorphologische Situation

Die untersuchten Moore im Berliner Grunewald und bei Ferch liegen in ähnlicher geomorphologischer Position entlang von subglazial entstandenen Rin-
nen. Sie bildeten sich in mutmaßlich durch austau-
endes Toteis entstandenen abflußlosen Hohlformen
am Ende der letzten Eiszeit. Die Grunewaldmoore
liegen allerdings weit im Rückland des Maximalsta-
diums der letzten Vereisung, während die Fercher
Moore direkt im Randbereich des Beelitzer Sand-
ers, also der morphologisch sichtbaren äußeren Begren-
zung des Brandenburger Eisvorstoßes, entstanden
sind (Abb. 1).

Die Geologie und Geomorphologie des westlichen
Grunewaldes wird in den genannten Arbeiten von
ASSMANN et al. (1957), BÖSE (1979) und
PACHUR & SCHULZ (1983) beschrieben. Im
Bohrarchiv des Senators für Stadtentwicklung und
Umweltschutz existieren geologische Aufschlußboh-
rungen, vom Institut für Angewandte Geologie
wurden im Rahmen des Hydrogeologischen Bohr-
programms Berlin "Süd" Tiefbohrungen bis in den
tertiären Untergrund untersucht (KLOOS 1986).

Für das Fercher Gebiet konnte bei der Auswertung
von Geologie und Geomorphologie auf die genannte

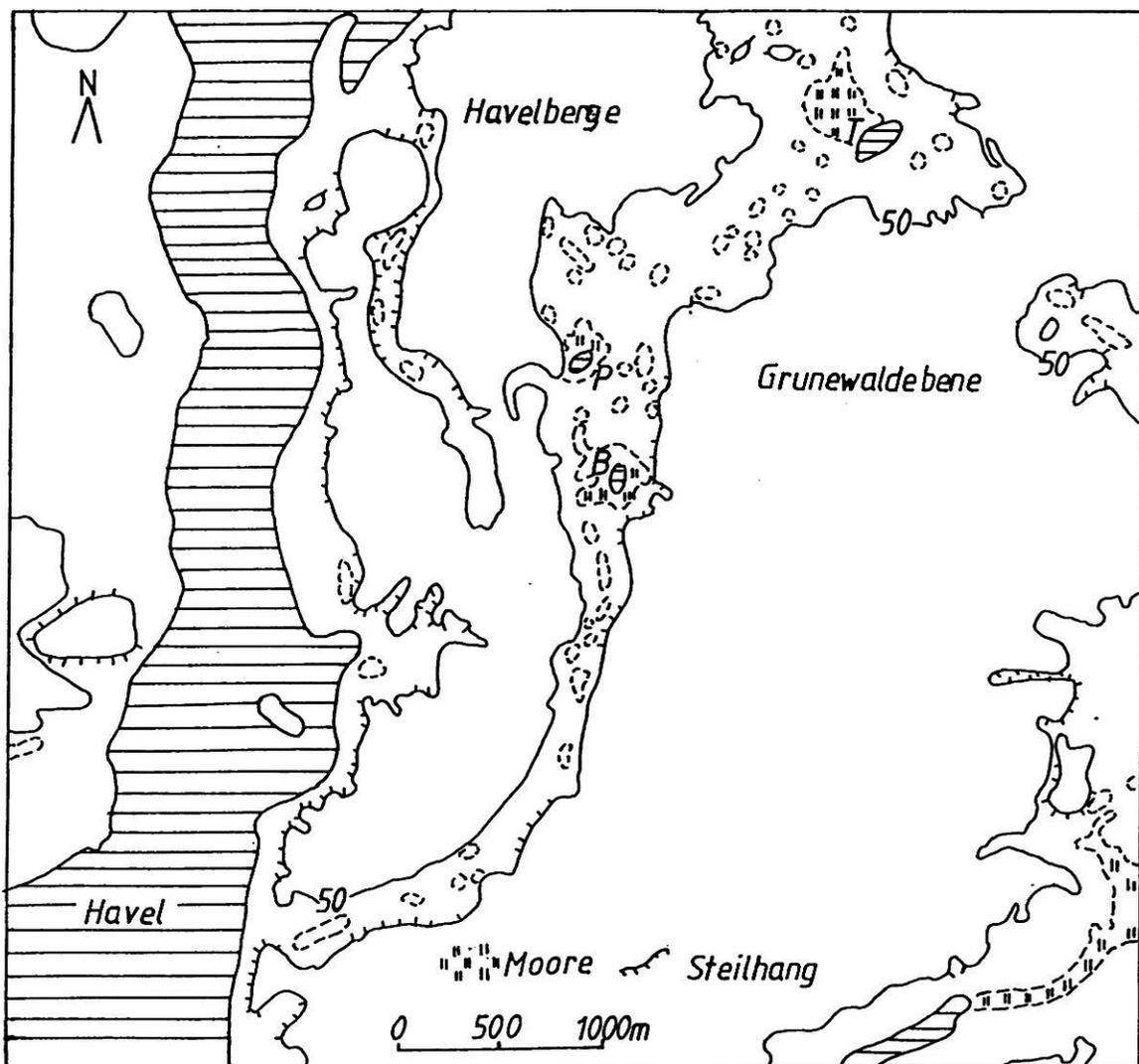


Abb. 5: Geomorphologische Skizze des westlichen Grunewaldes (vereinfacht nach PACHUR & SCHULZ 1983, B: Barssee, P: Pechsee, T: Teufelssee).

Literatur von BERENDT, DULK & LAUFER (1882), FRANZ (1961, 1962), HELLWIG et al. (1973) und WEISSE (1977a, 1977b, 1982a, 1982b, 1985, 1987a, 1987b) zurückgegriffen werden. Besonders wertvoll waren neben der Sichtung des Hydrogeologischen Kartenwerkes die im Rahmen von hydrogeologischen Berichten vorgenommenen zahlreichen Aufschlußbohrungen. Dies ergab im Vergleich zu den Grunewaldmooren eine wesentlich bessere Kenntnis der geologischen Lagerungsverhältnisse und damit der hydrogeologischen Situation im Untersuchungsgebiet.

3.1 Westlicher Grunewald

Haveltal, Grunewaldhöhen und Grunewaldseenrinne wurden bereits präweichselzeitlich angelegt, hingegen ist die Teufelssee-Pechsee-Barssee-Talung mit über 50 abflußlosen Hohlformen weichselzeitlich entstanden (PACHUR & SCHULZ 1983, Abb. 5). Sie ist als subglaziale Schmelzwasserbahn mit nachfolgender Überformung durch austauendes Toteis und periglaziale Prozesse anzusprechen.

Die Grunewaldhöhen zwischen Havel und Grunewaldrinne werden als Kames (ASSMANN 1957),

Bildung an der Nahtstelle zweier abschmelzender Eisloben, oder Stauchendmoränen (HAGEDORN & HÖVERMANN 1962) gedeutet. WEISSE (1977b) interpretiert viele Höhenzüge entlang der Havelseenkette bei Potsdam als Kames.

Die südöstliche Abdachung zwischen Grunewaldrinne und Grunewaldseenrinne wird als Sanderakkumulation bezeichnet (BÖSE 1979). Im anstehenden Hochglazial schmolz der Brandenburger Gletscher westlich der Havelberge später aus als der östlich gelegene Berliner Lobus (nach 20 000 Jahren BP = Maximum des Brandenburger Stadiums, vor 17 000 Jahren BP = Frankfurter Staffel), so daß die aus nordwestlicher Richtung kommenden Schmelzwässer in Richtung Südost über die mit Toteismassen und dazwischenliegenden Sanden verfüllte Grunewaldrinne abfließen konnten (BEHRMANN 1949/50).

Die Gesamtmächtigkeit der pleistozänen Sedimente beträgt im Bereich der Havelberge fast 250 m (KLOOS 1986). Die unmittelbar südlich des NSG Pechsee erbohrten, über 190 m mächtigen pleistozänen Sedimente (Bohrung N 9 aus dem Bohrprogramm "Süd") werden von tertiären Schichten unterlagert. In diesen bildet der oligozäne Septarienton

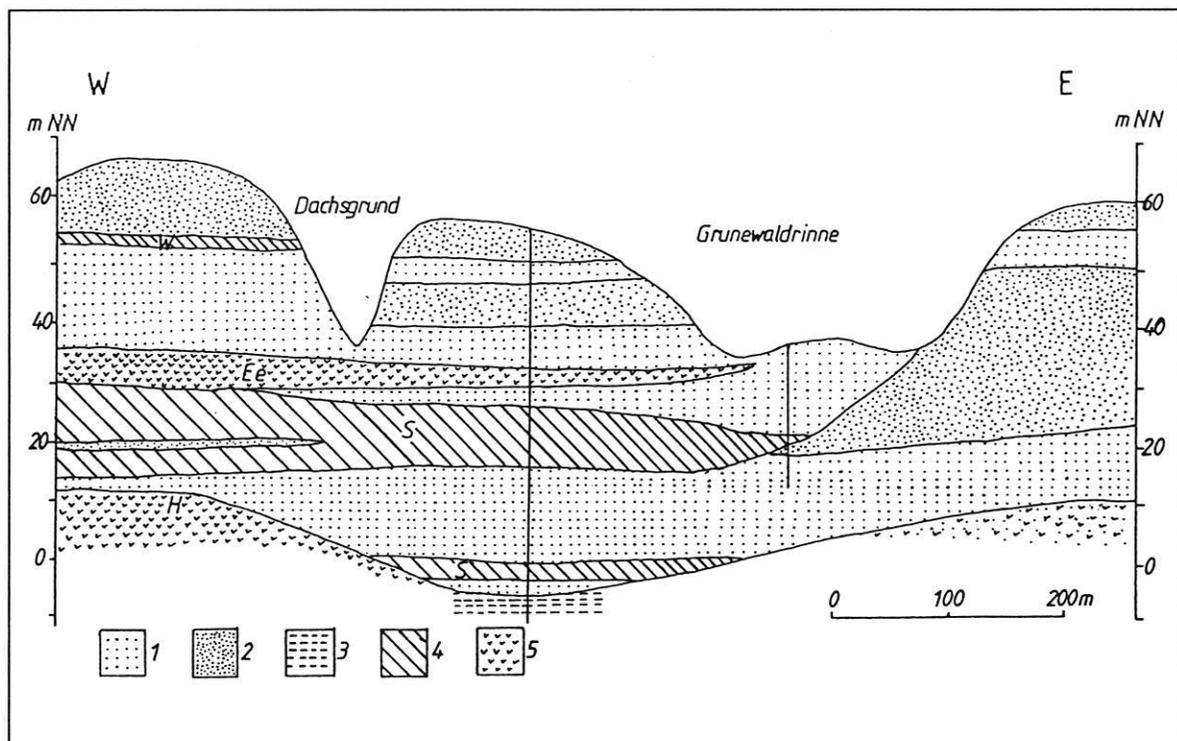


Abb. 6: Geologischer Profilschnitt (vereinfacht nach KLOOS 1986, Bohrprofil Pegel 1615, Legende siehe Abb. 8, außer Ee: Eem).

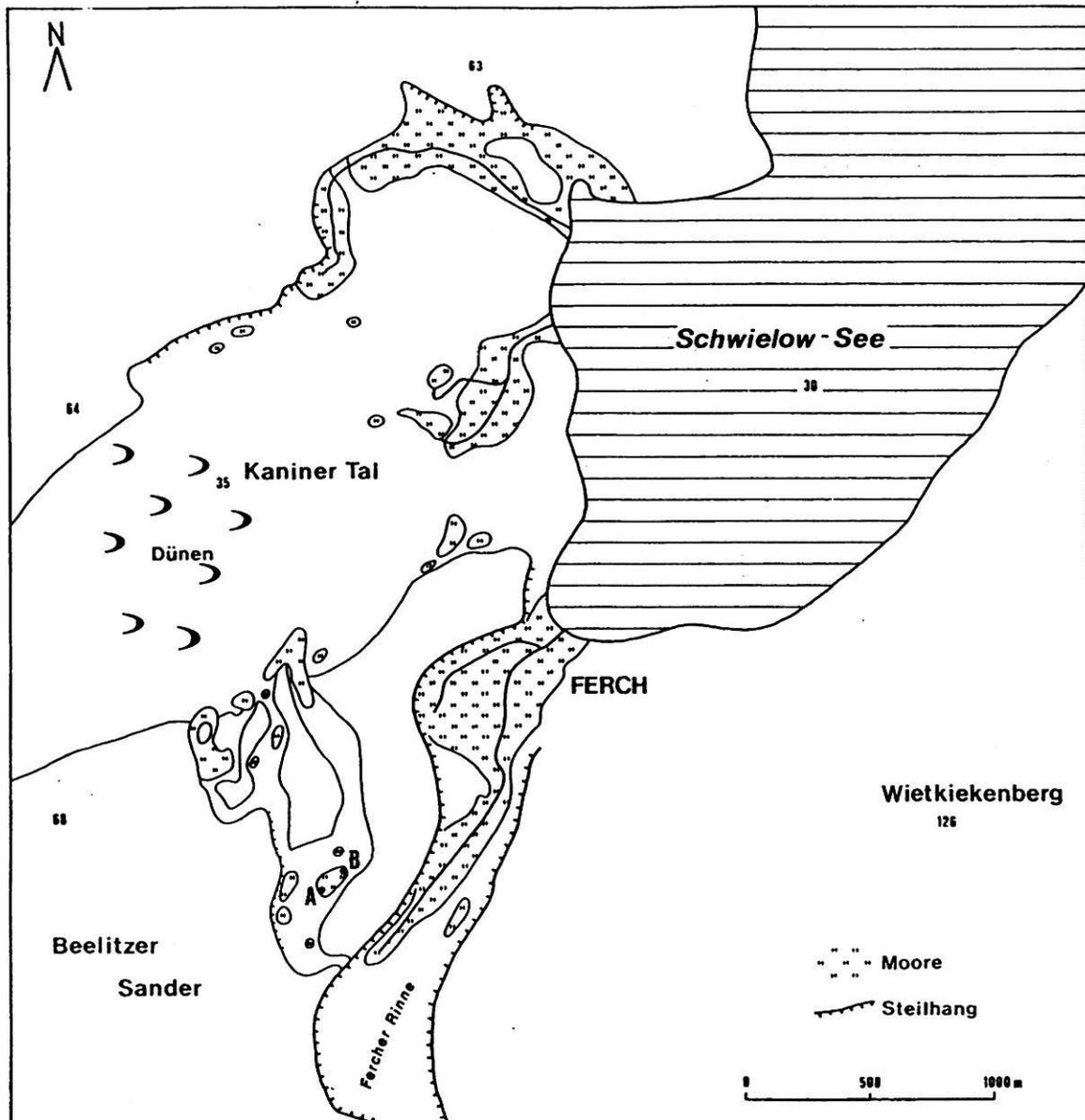


Abb. 7: Geomorphologische Skizze des Fercher Untersuchungsgebietes (vereinfacht nach FRANZ 1961, A - B siehe Abb. 4).

die Trennschicht zwischen dem im Liegenden vorhandenen Salzwasser und dem für die Trinkwassergewinnung nutzbaren Süßwasser im Hangenden.

Die Abgrenzung zwischen weichsel- und saalezeitlichen Sedimenten ist nicht immer eindeutig möglich, da eeminterglaziale Ablagerungen nur kleinräumig verbreitet sind. So wurden im Rahmen des Bohrprogramms "Süd" an der Bohrung N 9 in 22.8 bis 24.6 m unter Flur organische Sedimente erbohrt, die als eemzeitlich interpretiert wurden (Abb. 6). Weitere Hilfe bei der Trennung unterschiedlich alter glazialer Sedimente bieten Kiesanalysen (BÖSE 1979).

Die weichselzeitlichen Ablagerungen weisen im Sanderbereich zwischen Grunewaldrinne und Grunewaldseenrinne eine Mächtigkeit von etwa 22 m auf, können aber in den Havelbergen als eisrandnahe Bildungen 50 - 60 m Mächtigkeit erreichen (KLOOS 1986).

In der Bohrung Nr. 6 (Bohrarchiv SenStadtUm) unmittelbar südlich des Barssees wurden in 30 m Tiefe (ca. 10 m NN) Schneckenreste von *Paludina diluviana* (= *Viviparus diluvianus*) gefunden, die als Leitfossil für das Holstein-Interglazial (zwischen Elster- und Saale-Glazial) gilt. Damit ergibt sich für

die saale- und weichselzeitliche Bildungen im Untersuchungsgebiet eine Mächtigkeit von etwa 30 m.

Die Braunkohlestücke in den anstehenden saalezeitlichen Sedimenten entstammen dem Miozän; sie wurden im Pleistozän erodiert und dann mit den eiszeitlichen Sedimenten abgelagert.

Die Bohrungen (Bohrungen 2 und 6 SenStadtUm, Bohrprofil Rohr 1615) im Einzugsgebiet des Untersuchungsgebietes zeigen oberflächennah die Einlagerung einer geringmächtigen Geschiebemergelschicht (bis 120 cm), die bei flächenhafter Verbreitung grundwasserstauend wirken kann. Bei der Entstehung der Hohlformen durch austauendes Toteis kommt es aber zu Verwerfungen und Brüchen. Eine Verstellung und Kippung der abgelagerten Geschiebemergel ist durch Eisstauchung entstanden. Die Versickerungsbedingungen im Randbereich der untersuchten Mooren sind nach den auswertbaren Bohrungen bei Sanden mittlerer Körnung gut.

3.2 Fercher Gebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt südwestlich des Schwielow-Sees, 15 km von Potsdam entfernt, im Bereich der äußeren morphologisch deutlich sichtbaren Randlage des Brandenburger Stadiums der Weichsel-Eiszeit. Es wird begrenzt von folgenden geomorphologischen Einheiten: Kaniner Tal im Nordwesten, Beelitzer Sander im Südwesten und Fercher Rinne im Osten (Abb. 7).

Das untersuchte Gebiet wird durch zahlreiche Rinnen und Rücken gegliedert. Diese Rinnen werden durch eine Folge von Becken mit einer Breite von 10 - 60 m aufgebaut, die durch mehrere Meter hohe Schwellen voneinander getrennt sind. Die untersuchten Moore liegen im südwestlichen Teil des nach Süden konvergierenden Rinnensystems. Die Rinnen bilden die Überreste eines subglazialen Entwässerungssystems, das am Aufbau des Beelitzer Sanders beteiligt war.

Der als klassische Kegelsander ausgebildete 'Beelitzer Sander' beträgt in seiner Längserstreckung von Nordost bis Südwest ca. 14 km. An seinem Südrand grenzt er an das 'Baruther Urstromtal' und nimmt dort eine Breite von 13 km ein. Von der Sanderwurzel in etwa 70 m NN dacht er bis zum 'Baruther Urstromtal' auf 45 m NN ab.

Im Osten wird das Gebiet durch eine rinnenartige und gegenüber der Umgebung ca. 10 - 25 m tiefe Einsenkung begrenzt. Die 'Fercher Rinne' wurde von FRANZ (1961) als Gletscherzungenbecken gedeutet.

Im Nordwesten werden Rinnensystem und 'Beelitzer Sander' durch das 'Kaniner Tal' begrenzt. Dieses 1 bis 1.5 km breite Tal, dessen nördliche Begrenzung die Glindower Grundmoränenplatte bildet, trat als Schmelzwassertal in Funktion, nachdem das Schmelzwasser die Sanderwurzel nicht mehr erreichen konnte.

Die im Oligozän entstandenen Rupeltonschichten bilden als Ton- und Schluffkomplex ebenso wie im Berliner Stadtgebiet die Trennschicht zwischen hochmineralisierten Tiefenwässern und hängendem Süßwasser. Die Rupeltonoberfläche liegt im Bereich der Fercher Rinne bei -140 m NN (KNISPEL 1985, KNISPEL & NILLERT 1986).

Die Tertiäroberkante bzw. Pleistozänbasis ist durch Gletscherexaration und Schmelzwassererosion stark beeinflusst, im Bereich der Fercher Rinne ist das Tertiär teilweise ausgeräumt. Eine schmale, tiefgreifende altpleistozäne Erosionsrinne ist parallel der morphologischen Depression mit Schwielow-See und Fercher Rinne ausgebildet.

Im östlichen Teil des Kaniner Tals, im Bereich der regionalen Tertiärhochlage, liegt die Basis der Quartärablagerungen bei 15 m NN, in der Fercher Rinne bei -61 m NN (KNISPEL & KALATZ 1973). Die Basis der Quartärsedimente bilden elsterzeitliche Schluffe bzw. Geschiebemergel, die gleichzeitig die Basis des Hauptgrundwasserleiters im Gebiet bilden.

Paludinenführende (*Paludina diluviana*) holsteinzeitliche Sedimente wurden bisher nicht erbohrt, dafür Fein- und Mittelsande, die im oberen Abschnitt dm bis m starke Muddelagen aufweisen. ZIERMANN (1973) sieht in ihnen das Äquivalent der frühsaalezeitlichen Elbschotter, wie sie von BÖSE (1989) auch für den Berliner Raum nachgewiesen wurden.

Die östlich der Fercher Rinne verbreiteten saalezeitlichen Geschiebemergel sind im Bereich der Fercher Rinne und westlich davon bis zum Kaniner Tal durch erosive Vorgänge weitgehend zerstört.

In der Fercher Rinne kam es im Weichsel-Hochglazial zu einer tiefreichenden Ausräumung der älteren Schichten bis tief in die Grundmoränen des Elster-Komplexes. Die nach HELLWIG et al. (1973) subglazial angelegte Rinne wurde mit bis zu 65 m mächtigen weichselkaltzeitlichen Sedimenten aufgefüllt, im unteren Teil bestehend aus Kiessanden und Sanden sowie sandig-kiesigen Ablagerungen und Beckenschluffen mit Driftlagen im oberen Teil, die als Hinterlassenschaft eines Eisstausees gedeutet werden können. Die geringmächtige Weichsel-

Grundmoräne, die beiderseits der Rinne ältere und jüngere Sanderschüttungen trennt, ist im Rinnenbereich ausgeräumt worden (Abb. 8).

Im Kaniner Tal wurden die saalekaltzeitlichen Sedimente vollständig ausgeräumt, später wurden 20 - 30 m mächtige Fein- und Mittelsande mit Gerölllagen sedimentiert.

In der Umgebung der untersuchten Moore stehen an der Oberfläche gut durchlässige Sedimente an,

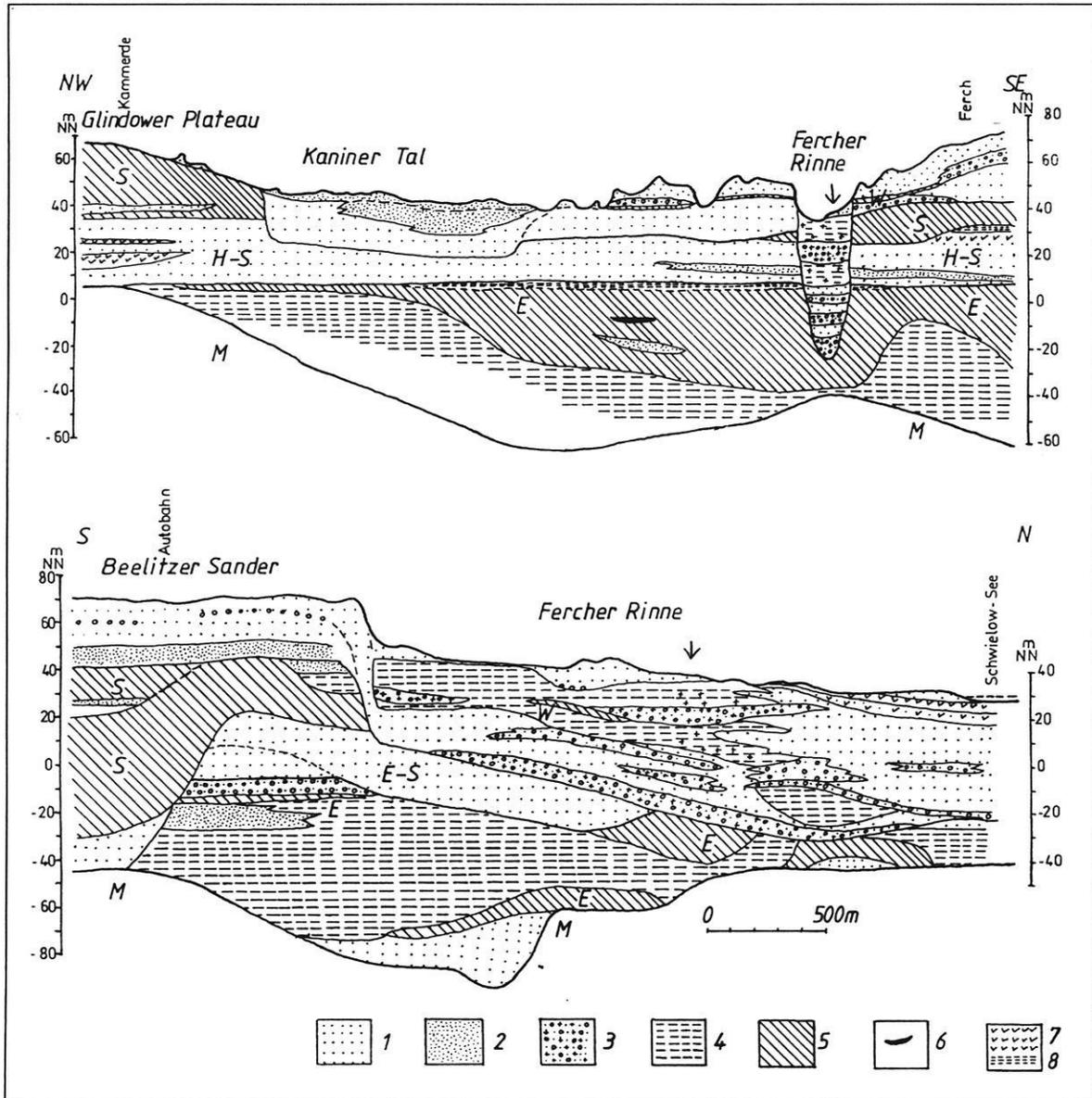


Abb. 8: Geologisches Längs- und Querprofil (nach HELLWIG et al. 1973, KNISPEL & NILLERT 1986, Lage der Schnitte in Abb. 4), 1: Grob- und Mittelsand, 2: Mittel- und Feinsand, 3: Kiesiger Sand, Kiese und Steine, 4: Glazilimnischer Ton und Schluff, 5: Geschiebemergel, 6: Tertiäre Einlagerungen, 7: Organisches Material, 8: Auelehm; M: Miozän, E: Elster, H: Holstein, S: Saale, W: Weichsel.

jungpleistozäne Sande in den Rinnen, Hochflächensande sowie Sanderschüttungen (KNISPEL & NILBERT 1986). Vereinzelt sind ca. 1 m mächtige Moränenablagerungen des Brandenburger Stadiums erhalten.

Äolische Ablagerungen bedecken als jüngste Bildungen Teile des Kaniner Tales. Tieferliegende Senken und Niederungen sind mit holozänen organischen Sedimenten verfüllt. Die Fercher Rinne

enthält über 5 m mächtige biogene Sedimente, am Ufer des Schwielow-Sees ist das Holozän ca. 16 m mächtig.

Der eisdynamisch beanspruchte und erosiv zerschnittene Untergrund führt dazu, daß zwischen den einzelnen Grundwasserleitern besonders in der Fercher Rinne hydraulische Verbindungen bis in tertiäre Schichten (Quarzsande) bestehen.

4. Wasserhaushaltsuntersuchungen

Für das Verständnis des Ökosystems Moor ist die Erfassung der einzelnen Komponenten des Wasserhaushalts wesentliche Voraussetzung. Der Wasserhaushalt bestimmt indirekt auch alle anderen biotischen und abiotischen Komponenten bzw. Standortfaktoren wie Flora und Fauna, Trophie, Torfbildung und Stratigraphie. Deshalb sollte den Teilkomplexen des Wasserhaushalts bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen im Moor besondere Beachtung zukommen, vor allem bei der Erarbeitung von Konzepten zur Wiedervernässung von Mooren.

Ausgehend von der hydrologischen Grundgleichung ($N = A + V$; N: Niederschlag, V: Verdunstung, A: Abfluß) werden für das Moorschutzgebiet Barsund Pechsee die einzelnen Wasserhaushaltskomponenten behandelt. Für die Fercher Moore konnte lediglich auf die Daten der Klimastation Potsdam zurückgegriffen werden.

Der Wasserhaushalt der Moore wird überwiegend durch das Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung bestimmt. In den eiszeitlich gebildeten abflußlosen Hohlformen entfällt ein oberirdischer Abfluß. Der unterirdische Abfluß wird durch z. T. sehr mächtige wasserstauende Schichten stark eingeschränkt.

Der Anteil des aus der Umgebung zufließenden Grundwassers, bei den im Berliner Raum vorherrschenden Niederschlagshöhen Hauptursache der Moorbildung, entfällt heute weitgehend wegen des durch künstliche Grundwasserabsenkung gegenüber

dem Moorwasserspiegel niedriger liegenden Grundwasserspiegels. Der oberirdische Zufluß ist wegen der geringen Größe des Einzugsgebietes und der Bewaldung der die Moore umgebenden Hänge als gering einzuschätzen. Bestätigt wird dies durch frühere Messungen am Pechsee nach Starkregenereignissen (MOLLIEN unveröff.). Einen nennenswerten Beitrag zur Wasserbilanz der Moore leistet der sogenannte Zwischen-Abfluß (interflow), wie auch der nach Kahlschlag (Winter 1959/60) auf den umgebenden Hängen hervorgerufene Anstieg der Wasserstände im Fercher 'Kleinen Moor bei Alte Dorfstelle' zeigt.

4.1 Methode

4.1.1 Mesoklima

Die in der nach Angaben des FG Bioklimatologie im Institut f. Ökologie der TU Berlin gefertigten Wetterhütte gewonnenen Werte der relativen Luftfeuchte und der Temperatur dienen neben der Berechnung der Verdunstung der Kennzeichnung des Mesoklimas der Moorsenken im Grunewald und dem Vergleich mit der amtlichen Klimameßstation Berlin-Dahlem. Zum Vergleich konnten weiterhin die im Rahmen des Projektes "Ballungsraumnahe Waldökosysteme" (BALLWÖS) eingerichteten Klimastationen in den Jagen 63 und 91 herangezogen werden (LINSE & HORBERT 1992).

Als geeigneter Standort der Wetterhütte erwies sich eine Wiesen-Lichtung in unmittelbarer Nähe der

Seefläche des Barssees niveaugleich auf Torf, die durch starken Wildschwein-Besatz von Baumaufwuchs freigehalten wird.

Die über ein Bimetall-Thermometer registrierten **Temperaturen** werden durch ein Minimum- und ein Maximum-Thermometer kontrolliert. Zur Darstellung kommen Klimamittel, berechnet aus den Temperaturen um 7 h, 14 h und 21 h, und das 24 h - Mittel, das sich aus den Ablesungen zu jeder vollen Stunde ergibt. Aus den Tagesmitteln werden Monatsmittel berechnet, außerdem werden absolutes und mittleres Minimum und absolutes und mittleres Maximum angegeben.

Die **relative Luftfeuchte** wird über ein Haarhygrometer registriert, wobei der 14 h-Wert für die Berechnung der potentiellen Verdunstung nach HAUDE benötigt wird. Sie gibt an, wieviel in Prozent des maximal möglichen Wasserdampfs in der Luft enthalten ist, wobei deren Gehalt von der Temperatur abhängig ist.

4.1.2 Klimatische Wasserbilanz

Aus der Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung ergibt sich die **klimatische Wasserbilanz**. Sie gibt über die aus dem mooreigenen Grundwasser versickernden Wassermengen Aufschluß.

Die **Niederschlagshöhe** in mm ($= l/m^2$) als einzige Einnahmegröße der Wasserbilanz wird durch Auffanggefäße (HELLMANN) gemessen, die in 1 Meter über der Erdoberfläche unbeeinflusst von Hindernissen (Bäumen) aufgestellt werden.

Die zwei vom Institut für Meteorologie der FU Berlin zur Verfügung gestellten Regenmesser mit einer Auffangfläche von 200 cm² wurden zur gegenseitigen Kontrolle nördlich und südöstlich der Seefläche des Barssees auf dem Schwingrasen installiert. Die in der Senke herrschenden geringeren Windgeschwindigkeiten durch den in der Umgebung stockenden Wald (Interzeption) verkleinern den Meßfehler.

Der größte Teil des Niederschlags geht durch die **Verdunstung** verloren. Oberirdischer und unterirdischer Abfluß spielen wegen der stratigraphischen Verhältnisse nur eine sehr geringe Rolle.

Die quantitative Erfassung dieser Größe ist sehr schwierig, da in der Gebietsverdunstung die Ver-

dunstung unbewachsener Bodenflächen, freier Wasserflächen, von Vegetationsoberflächen (Interzeption) und die Transpiration der Pflanzen enthalten ist.

Es wird zwischen der **potentiellen Verdunstung**, gleich der über einer Oberfläche maximal möglichen Verdunstung, und der effektiven oder aktuellen Verdunstung unterschieden. Die **effektive Verdunstung** ist die tatsächliche Verdunstungshöhe unter gegebenen meteorologischen Bedingungen. Sie soll bei maximalem Wasserangebot wie bei freien Wasserflächen der potentiellen Verdunstung entsprechen.

Die instrumentelle Messung von Evaporation (z. B. PICHÉ-Evaporation, CZERATZKI-Scheibe) und Evapotranspiration (POPOFF-Zylinder, Lysimeter) ist mit großen Unsicherheiten behaftet (LÜTTIG 1989). So ergaben Messungen mit verschiedenen Verfahren (POPOFF, 0,2 m²-Lysimeter, 1 m²-Lysimeter und $V = N - A$) auf kultiviertem Hochmoor im Alpenvorland (SCHMEIDL 1975) sehr unterschiedliche Ergebnisse. Zudem wurde der Einsatz von größeren Lysimetern (1 m² Oberfläche) mit Beton- und Stahleinfassungen in den untersuchten Naturschutzgebieten abgelehnt.

Für die Berechnung der Verdunstung gibt es zahlreiche Formeln, die verschiedene empirisch abgeleitete Konstanten und Umrechnungsfaktoren benutzen und daher nur Näherungsversuche darstellen, die auf Klimadaten zurückgreifen. LÜTTIG (1989: 31) kommt sogar zu der Aussage: "Jede Methode der Berechnung der Evapotranspiration erbringt andere Werte". Von den zahlreichen Formeln zur Berechnung der potentiellen Verdunstung sollen deshalb nur die gebräuchlichsten genannt werden.

Die Formel von THORNTHWAITE geht von der Lufttemperatur aus und führt Korrekturen für die sich mit der geographischen Breite ändernden Tageslängen ein ($ET_{pot} = 1,6 * (10 * t/I)^a$; t: Monatsmittel der Temperatur, I: Jährlicher Wärmeindex, a: Konstante (HÖLTING 1989)).

Die wohl umfassendste Formel zur Berechnung der potentiellen Verdunstung ist die von PENMAN. Sie berechnet die mittlere tägliche Evaporation einer freien Wasserfläche und berücksichtigt besonders Strahlung und Windbewegung (HÖLTING 1989). Da sie viele meteorologische Daten benutzt, ist sie in ihrer Anwendbarkeit durch den hierdurch hervorgerufenen größeren meßtechnischen Aufwand beschränkt. Auf ihre Darstellung wird hier verzichtet.

Die von mir benutzte Formel nach HAUDE (1954, 1955) berücksichtigt die relative Luftfeuchte um 14 h und die dazugehörige Lufttemperatur. Andere Faktoren sollen zum Teil durch monatlich verschiedene Konstanten ausgeglichen werden:

$$ET_{\text{Pot.}} = x * P_{14} (1 - F_{14}/100) \text{ (mm/d)}$$

x : Monatskoeffizient

P₁₄ : Sättigungsdampfdruck der Luft um 14 h

F₁₄ : Relative Luftfeuchte um 14 h

Es wurden folgende Monatskoeffizienten verwandt (EGGELSMANN 1981): Oktober-März: 0.29, April - Mai: 0.39, Juni: 0.37, Juli: 0.35, August: 0.33 und September: 0.31.

Nach UHLIG (1954) kommen die aus der Formel von HAUDE errechneten Werte den tatsächlichen sehr nahe. Das Ergebnis ist hinreichend genau und die einzelnen Parameter relativ einfach zu messen (EGGELSMANN 1981). Die Verdunstungsformel nach HAUDE wird deshalb für die Wasserhaushaltsbetrachtung an Bars- und Pechsee herangezogen.

4.1.3 Grundwasser- und Seespiegel

In den Kesselmooren hat sich ein mooreigener Grundwasser- bzw. Stauwasserhorizont ausgebildet, dessen Oberfläche nach den anthropogenen Grundwasserabsenkungen deutlich über dem Grundwasserspiegel der Umgebung liegt. Er ist ein guter Indikator für den Wasserhaushalt (EGGELSMANN 1990) und läßt sich zudem relativ einfach erfassen.

Mit dem Beginn des Abflußjahres 1989 (01.11.88) wurden elf 1.5 und 2.0 m lange Moorwasserpegel in den torfführenden Teilen von Bars- und Pechsee installiert. Begleitend wurden im Gelände die Bodenprofile aufgenommen. In den Fercher Mooren wurden Ende 1990 drei Moorwasserpegel installiert.

Der Dokumentation der seit Dezember 1989 laufenden Grabenbewässerung dient am Barssee ein weiteres Meßrohr zwischen Bewässerungsgraben und Schwingrasen. Aus diesem werden auch Wasserproben zur chemischen Analyse entnommen.

Für die Anfertigung der Moorpegel wurden 30 mm weite PVC-Rohre verwendet, die am unteren Ende mit Filmdosen verschlossen und im Abstand von 10

cm mit ca. 30 Löchern von je 1 mm Durchmesser versehen wurden.

Für die Messung der Seespiegelhöhen in Bars- und Pechsee wurden mit Zentimeterteilung versehene drei Meter lange Holzlatten in der Uferzone in den Seeuntergrund eingebracht.

Die Ablesung der Moor- und Seepegel und zweier seit 1985 am Barssee vorhandenen Grundwasserpegel des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz erfolgte, ebenso wie die Erhebung der meteorologischen Daten, wöchentlich. Die Moorpegel in den Fercher Mooren wurden in zwei- bis vierwöchigem Turnus abgelesen.

Im Winter 1988/89 und März 1990 wurden die Moor- und Seepegel (Bars- und Pechsee) nivelliert, um die gemessenen Werte auf m NN zu beziehen. Das Nivellement der Seepegel ist besonders wichtig, da es durch den hohen Wassergehalt der Seesedimente zu intensiven Bewegungsvorgängen kommt und damit zu einer Verschiebung der Pegel. Die Pegel in den Fercher Mooren wurden im Winter 1990/91 nivelliert.

Eine Oszillation der Mooroberfläche im Jahresverlauf ist im Gegensatz zu noch weitgehend intakten Mooren in den entwässerten Moorsenken an Bars- und Pechsee bei niedrigen Grundwasserständen nicht zu erwarten oder liegt noch innerhalb der Meßgenauigkeit des Nivellements.

4.2 Klimatische Untersuchungen

In diesem Kapitel sollen neben den für die Wasserhaushaltsbetrachtung wichtigen Teilgrößen auch andere das Meso- bzw. Mikroklima der Moore betreffenden Klimafaktoren herausgestellt werden.

4.2.1 Mesoklima

Ein Vergleich mit der Klimastation Berlin-Dahlem zeigt, daß am Barssee deutlich niedrigere Temperaturen auftreten, insbesondere niedrigere Minima. Die für die Jahre 1989 bis 1992 im Mittel um 1.0 bis 1.5 Kelvin niedriger liegenden Temperaturen liegen bei den Minima sogar um 2.0 K und bei den Maxima um 1.0 K niedriger (s. Tab. 3 - 5) als in Dahlem.

Die Zahl der Frosttage, Tage mit Minima unter 0.0° C, lag am Barssee 1989 bei 92 gegenüber 54 in Dahlem. Hingegen war die Zahl der Sommertage (Maximum über oder gleich 25.0° C) am Barssee mit 36 deutlich niedriger als in Dahlem (46 Tage), ebenso die Zahl der Heißen Tage (Maximum über oder gleich 30.0° C) von 3 gegenüber 10 Tagen in Dahlem (Tab. 1).

1990 wurden am Barssee 86 Frosttage und 24 Sommertage registriert, gegenüber 47 Frost- und 34 Sommertagen in Dahlem. Die Temperatur stieg am Barssee nur einmal über 30°, während in Dahlem sechs Heiße Tage verzeichnet wurden.

Das insgesamt deutlich kühlere Abflußjahr 1991 wies mehr Frost- und Eistage auf als das vorangegangene, 123 (Dahlem: 83) und 25 (Dahlem: 17). Die Zahl von Sommer- und Heißen Tage war nur unwesentlich höher, 25 (Dahlem: 83) und 6 (Dahlem: 7).

Das Jahr 1992 wies im gesamten Untersuchungszeitraum die höchste Zahl von Sommer- und Heißen Tage auf: 63 (Dahlem: 64) und 14 (Dahlem: 15). Frost- und Eistage lagen im Mittel der Vierjahresperiode: 104 (Dahlem: 63) und 14 (Dahlem: 7).

Auf der in der Nähe des Barssee in einem Eichen-Kiefern-Mischwald gelegenen Untersuchungsfläche (Jagen 91) des BALLWÖSS-Projektes wurden von 1989 bis 1992 mehr Heiße Tage und Sommertage (9 und 46), aber deutlich weniger Frost- und Eistage (84 und 13) registriert als auf den nur wenige 100 m entfernt liegenden Moorflächen.

In dem genannten Zeitraum wurden im Jagen 91 in den Monaten Mai bis September keine Frosttage registriert, während am Barssee an 2 Tagen im Mai Frosttemperaturen auftraten. Am Barssee trat zusätzlich im September 1991 1 Frosttag auf. Frostgefahr besteht jedoch auch in den Sommermonaten (Juni - August), da die Temperaturen am Erdboden tiefer liegen als die in 2 m-Höhe gemessenen. Langjährige Untersuchungen über das bodennahe Klima in Mooren (EGGELSMANN 1990) ergeben Frosttemperaturen in Bodennähe selbst in den Monaten Juli und August.

Der Untersuchungszeitraum wies im Vergleich mit dem langjährigen Mittel (Dahlem: 1909 - 1969) eine höhere Zahl von Heißen Tagen und Sommertagen auf, aber eine niedrigere Zahl von Frost- und Eistagen (s. Tab. 1).

Jahr	Standorte	HeißeTg Max > 30	Sommert Max > 25	Frosttg. Min < 0°	Eistage Max < 0°
1989	Barssee	3	36	92	9
	Jag. 91	9	49	73	9
	Dahlem	10	46	54	7
1990	Barssee	1	24	86	16
	Jag. 91	4	32	71	16
	Dahlem	6	34	47	12
1991	Barssee	6	25	123	25
	Jag. 91	9	36	103	19
	Dahlem	7	38	83	17
1992	Barssee	14	63	104	14
	Jag. 91	14	65	87	9
	Dahlem	15	64	63	7
89/92	Barssee	6	37	101	16
	Jag. 91	9	46	84	13
	Dahlem	10	46	62	11
09/69	Dahlem	6	34	88	26

Tab. 1: Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage 1989 - 1992 (Barssee, Jg. 91 und Dahlem).

	HeißeTage			Sommertage			Frosttage			Eistage		
	Bar	J91	Da	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dah	Bars	Jg91	Dah
89/92	Bar	J91	Da	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dah	Bars	Jg91	Dah
Nov.	-	-	-	-	-	-	14.8	13.8	10.5	2.0	1.8	1.3
Dez.	-	-	-	-	-	-	19.5	18.3	16.0	6.0	4.8	3.8
Jan.	-	-	-	-	-	-	17.8	15.3	13.5	3.5	3.3	2.3
Febr.	-	-	-	-	-	-	18.0	15.5	10.8	4.3	3.5	3.5
März	-	-	-	-	-	-	11.3	7.0	3.8	0.3	-	-
April	-	-	-	0.3	0.5	0.3	9.3	6.8	3.3	-	-	-
Mai	-	-	-	5.0	5.5	5.0	1.8	-	-	-	-	-
Juni	1.3	1.3	1.3	9.0	9.5	9.5	-	-	-	-	-	-
Juli	2.5	3.8	3.8	12.5	13.8	14.0	-	-	-	-	-	-
Aug.	2.3	3.8	4.5	9.0	12.8	13.8	-	-	-	-	-	-
Sept.	-	0.3	-	1.3	3.5	4.0	0.3	-	-	-	-	-
Okt.	-	-	-	-	-	-	9.0	7.0	4.0	-	-	-
Win.	-	-	-	0.3	0.5	0.3	90.7	76.7	57.9	16.1	13.4	10.9
Som.	6.1	9.2	9.6	36.8	45.1	46.3	11.1	7.0	4.0	-	-	-
Jahr	6.1	9.2	9.6	37.1	45.6	46.6	101.8	83.7	61.9	16.1	13.4	10.9

Tab. 2: Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage im Mittel 1989/92 (Barssee, Jagen 91 und Dahlem).

Für die unterschiedlichen Temperaturmittel der beiden Standorte (Barssee und Dahlem) kann nur zum Teil ein Temperaturgradient von der Innenstadt ins Umland als Folge einer für Ballungsgebiete charakteristischen Überwärmung verantwortlich gemacht werden. Die Klimastation Berlin-Dahlem

Jahr	1989			1990			1991			1992			1989/92			51/80
Standort	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Dahl
November	2.3 ¹	2.4 ²	3.0	1.8	2.2	3.0	4.3	4.6 ²	5.2	3.9	4.2	4.7	3.1	3.4	4.0	4.6
Dezember	2.8	3.0	3.4	1.9	1.9 ²	2.7	0.0	0.5	1.0	0.7	1.2	1.6	1.4	1.7	2.2	1.3
Januar	2.2	2.8	3.2	2.9	3.0 ²	3.7	1.2 ⁴	1.7	2.2	0.4	1.0	1.4	1.7	2.1	2.6	-0.5
Februar	3.3	3.6	4.1	5.1	5.7	6.3	-3.6 ⁶	-3.1	-2.4	2.4	3.0	3.7	1.8	2.3	2.9	0.3
März	6.1	6.5	7.3	7.2	7.3	7.9	5.8 ⁶	6.2	6.8	4.1	4.8	5.3	5.8	6.2	6.8	3.6
April	7.5	8.1	8.8	8.2	8.4 ³	9.1	7.0 ⁶	7.5	8.1	7.8	8.3	9.0	7.6	8.1	8.8	8.3
Mai	13.0	14.0	14.9	12.7	13.7 ³	14.9	9.7 ²	10.0	10.4	14.2	14.8	15.3	12.4	13.1	13.9	13.2
Juni	15.2	16.0 ²³	16.9	14.9	15.7	16.5	13.4	14.0	14.6	19.1	19.3	20.0	15.7	16.3	17.0	16.9
Juli	17.0	18.1 ²	18.7	15.9	16.8 ²	17.3	18.6	19.7 ³	20.5	18.7	18.8 ⁵	19.8	17.6	18.4	19.1	17.8
August	15.8	17.1	17.5	16.8	18.1	18.8	16.4	17.6	18.2	18.7	18.9	19.8	16.9	17.9	18.6	17.1
September	14.2	15.4	16.0	11.3	11.9	12.4	13.3	14.8	15.1	12.5	12.9	13.7	12.8	13.8	14.3	13.4
Oktober	9.5	10.4 ²	11.0	8.8	9.7 ²	10.6	7.5	8.3	9.0	4.7	5.2 ⁵	6.0	7.6	8.4	9.2	9.1
Winter	4.0	4.4	5.0	4.5	4.8	5.5	2.5	2.9	3.5	3.2	3.8	4.3	3.6	4.0	4.6	2.9
Sommer	14.1	15.2	15.8	13.4	14.3	15.1	13.2	14.1	14.6	14.7	15.0	15.8	13.8	14.7	15.4	14.6
Jahr	9.1	9.8	10.4	9.0	9.5	10.3	7.8	8.5	9.1	9.0	9.4	10.0	8.7	9.3	10.0	8.8

Tab. 3: 24 h-Mittel Barssee, Jagen 91 und Berlin Dahlem in °C (1982 - 92), 1 - 6: siehe Tab. 4.

liegt in einem Gebiet mit aufgelockerter Bebauung weit außerhalb der Innenstadt. Eine große Bedeutung spielt hier sicher der Grunewald als größeres Waldgebiet, da sich Waldflächen durch eine höhere Transpiration und damit verbundene Energieverluste auszeichnen. Im Wald existiert ein eigenes Bestandsklima, so auch in den heute von Wald bedeckten Moorsenken des Barssees.

Im Moor und besonders auf den den See umgebenden Schwingrasen-Flächen hat sich ein eigenes Standortklima (=Mesoklima) ausgebildet, das sich durch niedrige Mitteltemperaturen infolge tieferer Minima und große Tagesschwankungen der Temperatur auszeichnet. Bei bestimmten Wetterlagen können sich in den Moorsenken aus zufließenden kälteren Luftmassen Kaltluftseen ausbilden, was auch im Sommer zu Frosttemperaturen führen kann. Nach EGGELSMANN (1990) wird durch eine tiefgründige Entwässerung, wie sie am Barssee stattgefunden hat, örtlich das Mikroklima extremer gestaltet, z. B. durch eine Zunahme der Nachtfrostgefahr.

Dies wird deutlich, wenn die in einem nahe gelegenen Waldgebiet (Jagen 63 und 91) ermittelten Temperaturen mit denen vom Barssee verglichen werden. Die Mitteltemperaturen und mittleren Minima und Maxima liegen zwar deutlich unter den in Dahlem gemessenen Temperaturen, aber auch über den Temperaturen in der Moorsenke am Barssee (siehe Tab. 3 - 5). Die mittleren Minima sind am Barssee

1989 bis 1990 um 0.7 K niedriger als die in den Jagen 63 und 91 gemessenen, das 24 h-Mittel um 0.6 K und die mittleren Maxima um 0.8 K.

Im Jahr 1989 folgte auf einen gegenüber dem langjährigen Mittel zu heißen Sommer ein Winter mit weit über dem Durchschnitt liegenden Temperaturen. Für die Monate Dezember, Januar und Februar ergab sich in Berlin-Dahlem ein Mittel von 4.2° C und damit 4.0 K über dem langjährigen Durchschnitt. Das absolute Maximum von 18.6° C am 21.02.90 in Dahlem (17.5° C am Barssee) liegt weit über dem seit Beginn der Messungen bis dahin registrierten Maximum von 16.7° C für diesen Monat im Jahr 1912.

Auch Sommer und Herbst 1990 weisen, verglichen mit dem langjährigen Mittel, höhere Mitteltemperaturen auf (+ 0.2 und + 0.3 K gegenüber 1955 bis 84), wobei die Abweichungen jedoch deutlich geringer ausfielen als 1989 (+ 0.4 und + 0.9 K).

Das Jahr 1991 war im Vergleich dazu deutlich kühler mit gegenüber dem langjährigen Durchschnitt nur unwesentlich höheren Temperaturen. Dies betraf vor allem das Sommerhalbjahr, während im Winterhalbjahr die Temperaturen wiederum deutlich höher lagen. Im Winter war das 24 h-Mittel um 0.6 K, das mittlere Minimum um 1.0 K und das mittlere Maximum um 0.7 K höher als die im Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1969 bzw. 1951 bis 1980 (24

Jahr	1989			1990			1991			1992			1989/92			09/69
	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Dahl
November	-1.2 ¹	-1.2 ²	-0.1	-1.4	-0.6	0.5	1.6	1.8 ²	3.2	0.6	1.4	2.2	-0.1	0.4	1.5	1.7
Dezember	0.1	0.5	1.1	-1.8	-1.0 ²	-0.1	-2.1	-1.5	-1.1	-1.9	-1.6	-1.0	-1.4	-0.9	-0.3	-1.5
Januar	-0.9	-0.1	0.7	0.1	0.6 ²	1.6	-1.5 ⁴	-0.9	0.1	-2.2	-1.5	-0.8	-1.1	-0.5	0.4	-3.1
Februar	-0.4	0.2	1.4	0.9	1.6	2.8	-7.1 ⁶	-6.4	-5.3	-0.8	0.2	0.9	-1.9	-1.1	-0.1	-2.9
März	0.5	1.5	3.0	2.6	2.8	4.2	1.3 ⁶	2.1	3.3	0.0	1.0	2.0	1.1	1.9	3.1	-0.2
April	2.0	3.0	4.5	2.5	2.7 ³	4.5	0.8 ⁶	1.7	3.3	1.1	2.4	4.1	1.6	2.5	4.1	3.8
Mai	5.1	6.1	8.4	5.5	6.7 ³	8.9	4.4 ²	4.3	5.9	6.7	7.8	9.3	5.4	6.2	8.1	8.0
Juni	8.3	9.3 ²³	11.0	10.3	10.9	12.3	7.7	7.9	9.9	11.5	12.2	13.9	9.5	10.1	11.8	11.0
Juli	11.3	12.4 ²	13.7	10.8	11.6 ²	12.4	12.5	12.8 ³	14.8	11.9	12.2 ⁵	14.0	11.6	12.3	13.7	13.2
August	10.0	11.3	12.5	11.1	12.4	13.6	11.4	12.0	13.4	12.9	13.3	14.6	11.4	12.3	13.5	12.5
September	9.0	10.3	11.6	8.2	8.8	9.3	7.7	9.2	10.0	7.6	8.4	9.3	8.4	9.2	10.1	9.4
Oktober	5.4	6.4 ²	7.2	4.4	5.5 ²	6.7	3.1	4.1	5.0	0.2	1.0 ⁵	2.0	3.3	4.3	5.2	5.4
Winter	0.0	0.7	1.8	0.5	1.0	2.3	-1.2	-0.5	0.6	-0.5	0.3	1.2	-0.3	0.4	1.5	1.5
Sommer	8.2	9.3	10.7	8.4	9.3	10.5	7.8	8.4	9.8	8.5	9.2	10.5	8.2	9.1	10.4	10.4
Jahr	4.1	5.0	6.3	4.4	5.2	6.4	3.3	3.9	5.2	4.0	4.8	5.9	4.0	4.7	6.0	4.8

¹: Bis 14.11.89 Dahlem-Werte, ²: Einzelne Werte Jg.63, ³: Einzelne Werte Dahlem, ⁴: Einzelne Werte Jg. 91, ⁵: Einzelne Werte Barssee, ⁶: Interpoliert aus Jg.91- und Dahlem-Werten

Tab. 4: Mittlere Minima Barssee, Jagen 91 und Dahlem in °C (1989 - 92).

Jahr	1989			1990			1991			1992			1989/92			09/69
	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Bars	Jg91	Dahl	Dahl
November	5.3 ¹	5.4 ²	5.9	5.1	5.4	5.8	6.6	7.0 ²	7.4	6.3	6.6	7.1	5.8	6.1	6.6	6.7
Dezember	4.8	5.3	5.5	4.0	4.5 ²	4.9	1.8	2.5	2.8	2.9	3.6	4.1	3.4	4.0	4.3	3.0
Januar	4.9	5.6	5.8	5.2	5.5 ²	5.8	3.8 ⁴	4.0	4.6	2.9	3.3	3.9	4.2	4.6	5.0	1.9
Februar	7.0	7.7	7.8	9.5	10.5	10.6	-0.4 ⁶	0.2	0.8	5.9	6.4	6.9	5.5	6.2	6.5	3.1
März	11.5	12.0	12.0	11.3	12.1	12.0	10.7 ⁶	11.6	11.3	8.7	9.7	9.5	10.6	11.4	11.2	7.8
April	12.6	13.4	13.3	13.5	14.7 ³	14.4	13.2 ⁶	14.4	13.3	13.9	14.4	14.2	13.3	14.2	13.8	13.4
Mai	20.4	21.0	20.8	19.6	21.0 ³	21.0	14.8 ²	15.0	14.9	20.9	21.3	20.9	18.9	19.6	19.4	18.7
Juni	22.1	22.5 ²	22.3	19.8	20.8	21.0	18.7	20.0	19.8	26.0	25.9	26.0	21.7	22.3	22.3	21.8
Juli	22.4	23.8 ²	23.9	21.2	22.7 ²	22.7	25.0	26.1 ³	25.9	25.5	25.6 ⁵	26.0	23.5	24.6	24.6	23.5
August	21.3	23.3	23.2	22.4	24.4	24.8	21.5	23.6	23.6	24.5	25.4	25.9	22.4	24.2	24.4	22.7
September	19.7	21.2	21.2	14.6	15.9	16.6	19.0	21.7	21.2	17.4	18.0	19.0	17.7	19.2	19.5	19.3
Oktober	13.7	14.9 ²	15.4	13.9	14.6 ²	15.3	12.2	13.1	13.8	9.0	9.2 ⁵	10.4	12.2	13.0	13.7	13.1
Winter	7.7	8.2	8.4	8.1	8.8	8.9	6.0	6.8	6.7	6.8	7.3	7.6	7.1	7.8	7.9	6.0
Sommer	19.9	21.1	21.1	18.6	19.9	20.2	18.5	20.6	19.9	20.6	20.9	21.4	19.4	20.5	20.7	19.9
Jahr	13.8	14.7	14.8	13.3	14.3	14.6	12.3	13.7	13.3	13.7	14.1	14.5	13.3	14.1	14.3	12.9

Tab. 5: Mittlere Maxima Barssee, Jagen 91 und Berlin Dahlem in °C (1989 - 92), 1 - 6 siehe Tab. 4.

h-Mittel) registrierten Mittelwerte. Im Sommerhalbjahr waren die Monate Mai und Juni zu kühl (2.8 und 2.3 K gegenüber 1951 bis 1980), so daß sich die Vegetationsentwicklung deutlich verzögerte.

Das extrem warme Abflußjahr 1992 wies wie 1989 und 1990 über dem Durchschnitt liegende Temperaturen auf. Das Jahresmittel lag um 1.2 K, das mittlere Minimum um 1.1 K und das mittlere Minimum um 1.6 K über dem langjährigen Mittel.

Die Untersuchungsjahre 1989 bis 1992 waren verglichen mit dem langjährigen Temperaturmittel deutlich wärmer. In Dahlem lagen die Jahresmittel um 1.6, 1.5, 0.3 und 1.2 K über dem Durchschnitt der Jahre 1951 - 80. Dies betraf in den vier Jahren vor allem die Monate Januar bis März mit einer positiven Abweichung von ca. 3 Kelvin.

Die mittleren Minima und Maxima waren besonders in den Wintermonaten deutlich höher als im Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1969. Im Jahresdurchschnitt 1989 bis 1992 um 1.2 (Minimum) und 1.4 Kelvin.

Für die Fercher Moore konnte zum Vergleich nur die Klimastation auf dem Telegrafenberg in Potsdam herangezogen werden. Diese liegt in etwa 12 km Entfernung von den untersuchten Kesselmooren. Sie weisen zumindest ein anderes Standort- bzw. Geländeklima als die Klimastation auf, was durch die Untersuchungen für die Moorsenken im Berliner Grunewald bestätigt werden konnte. Daher sind die Daten aus dem Potsdamer Stadtgebiet eher mit denen aus Berlin-Dahlem zu vergleichen (beide Meßorte liegen in einem Gebiet aufgelockerter Bebauung).

Das 24 h - Mittel weist für die Meßperiode 1989/92 in Potsdam um 0.3 Kelvin niedrigere Temperaturen auf als Berlin-Dahlem, aber um 1 K höhere als die am Barssee gemessenen. Dabei weichen besonders die Sommertemperaturen im Mittel um 1.4 K ab. Die Zahl der Frost- und Eistage liegt in Potsdam ebenfalls deutlich niedriger, die der Sommer- und Heißen Tage deutlich höher als am Barssee (s. Tab. 1).

Aus dem Blühbeginn verschiedener Pflanzenarten (u. a. *Eriophorum vaginatum*) kann aber geschlossen werden, daß das Mesoklima in den Fercher Kesselmooren nicht wesentlich von dem der Grunewaldmoore abweicht. Der Blühbeginn des Scheidigen Wollgrases tritt in den Fercher Mooren etwa zum selben Zeitpunkt ein, wie am Barssee.

Die von PELZ (1987) für die Jahresmitteltemperaturen der Jahre 1952 bis 1984 ermittelte steigende Tendenz setzt sich in der Meßperiode 1989/92 weiter fort. Das Jahresmittel war von 1989 bis 1992 um 1.2 K höher als der Durchschnitt der Jahre 1951 bis 1980. Dies könnte langfristig durch erhöhte Verdunstungsmengen auch für die Mooregebiete in den relativ niederschlagsarmen Untersuchungsgebieten negative Folgen haben.

4.2.2 Klimatische Wasserbilanz

Die am Barssee gemessenen Niederschlagshöhen können mit den Werten von anderen im Stadtgebiet liegenden Niederschlags-Meßstellen verglichen werden.

An Hand der von SCHLAAK (1972) herausgegebenen Karte der langjährigen mittleren Niederschlagsverteilung (Abb. 9) in Berlin zeigt sich, daß das Naturschutzgebiet Bars- und Pechsee innerhalb des Stadtgebietes in einer Zone mit den höchsten Niederschlagswerten liegt. Sie liegen im langjährigen Mittel (ca. 620 mm) über denen der amtlichen Klimastation in Berlin-Dahlem. Der arithmetische Mittelwert beträgt in Dahlem für die Jahre 1908 bis 1983 595.5 mm (PELZ 1987).

Für einen kürzeren Untersuchungszeitraum können jedoch die Werte der Station Dahlem als repräsentativ gelten. Dies wird belegt durch Messungen von MOLLIER (unveröff.) am Pechsee. Hier ergab sich für die Jahre 1975 bis 1982 ein Jahresniederschlag von 576.0 mm gegenüber 580.4 mm in Berlin-Dahlem.

Im Abflußjahr 1989 wurden am Barssee 461.9 mm Niederschlag gemessen, gegenüber nur 424.9 mm in Berlin-Dahlem. Die höheren Werte am Barssee resultieren aus den im Vergleich höheren Sommerniederschlägen, 233.2 mm gegenüber 188.3 mm. Dies ist eine der trockensten Vegetationsperioden seit Beginn der Messungen, für Berlin-Dahlem im Zeitraum Mai bis September die trockenste seit dem Jahr 1911. Von RÖDER (1989) wird für diesen Zeitraum ein Niederschlagsdefizit von 150 l/m² (= mm) angegeben. Das entspricht nur etwa 50 % der im Mittel gefallenen Menge.

Der Jahresniederschlag am Barssee von 461.9 mm ist nach der Klassifizierung von PELZ (1987) als trocken zu bezeichnen (trocken: 434 bis 529 mm),

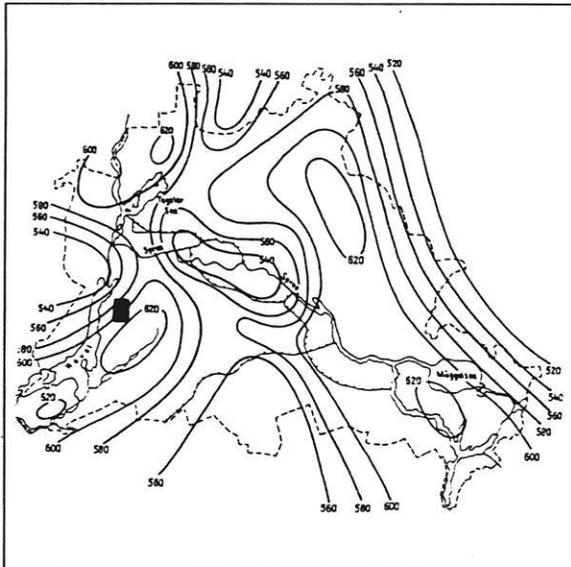


Abb. 9: Mittlere Niederschlagsmenge in Berlin 1891 bis 1969 mit Lage des Berliner Untersuchungsgebietes (aus SCHLAAK 1972).

Jahr	1989		1990		1991		1992		1989/92			51/80
	Bar	Da	Bar	Da	Bar	Da	Bar	Da	Bar	Da	Pot	Dahl.
Nov.	40	42	71	74	59	57	54	55	56	57	54	46
Dez.	66	60	55	52	77	73	42	41	60	56	57	49
Jan.	13	13	35	34	30	28	40	39	30	29	32	41
Feb.	40	41	73	66	27	27	43	44	46	44	42	35
Mär.	22	26	27	29	50	41	86	85	46	45	47	32
Apr.	48	56	24	23	37	40	33	35	36	39	42	42
Mai	16	10	35	35	34	39	23	25	27	27	27	53
Juni	57	37	171	157	89	82	11	10	82	72	84	73
Juli	40	34	27	21	41	48	68	80	44	46	43	62
Aug.	70	61	86	75	30	24	88	83	69	61	79	70
Sept.	8	10	50	52	21	20	23	23	26	26	28	49
Okt.	43	38	9	10	23	24	40	39	29	28	27	41
Win.	229	236	286	278	281	266	297	299	273	270	273	246
Som.	233	188	378	351	238	237	252	260	276	259	288	349
Jahr	462	425	664	629	519	503	550	559	549	529	560	594

Tab. 6: Niederschlag Barssee und Dahlem (mm) 1989 - 92 (Potsdam 89/92).

die 424.9 mm in Berlin-Dahlem sogar als sehr trocken (sehr trocken: 371 bis 433 mm).

Das Abflußjahr 1990 war mit 663.5 mm Niederschlag (Dahlem: 628.6 mm) deutlich feuchter als

das vorangegangene, vor allem aufgrund der gegenüber 1989 um 145 mm höheren Niederschlagsmenge im Sommerhalbjahr.

Im Juni 1990 wurde im Vergleich zum langjährigen Mittel mehr als das Doppelte der Niederschlagsmenge gemessen; in Berlin-Dahlem konnte vom 08.06. bis 10.06.90 mit 95 Litern pro Quadratmeter (= mm) das drittgrößte Niederschlagsereignis seit dem Jahr 1909 registriert werden. Dies führte auf den Schwingrasenflächen am Barssee zu einem längeren Überstau, verstärkt durch die Auswirkungen einer Grabenbewässerung im Winterhalbjahr 1989/90.

Der besonders niederschlagsarme Oktober - die am Barssee gemessenen 8.6 mm entsprechen nur etwa einem Viertel der erwarteten Niederschlagsmenge - führte zu den gegenüber dem langjährigen Mittel etwas zu geringen Herbstniederschlägen (September bis November um -16.5 mm in Dahlem).

Das Abflußjahr 1991 wies im Winterhalbjahr ähnlich hohe Niederschlagswerte auf wie das vorangegangene. Durch die unterdurchschnittlichen Sommerniederschläge wurde das Jahresmittel mit 519.0 mm jedoch nicht erreicht.

Gegenüber dem langjährigen Mittel waren die gemessenen Niederschlagsmengen in Sommer und Herbst deutlich niedriger, in Dahlem gegenüber 1951 - 80 um 52.3 mm (Juni - August) und 35.2 mm (September - November). Das Niederschlagsdefizit ergab sich in den Monaten Juli bis Oktober.

Das im Abflußjahr 1992 folgende Winterhalbjahr konnte das Niederschlagsdefizit nur teilweise ausgleichen. Besonders der Monat März trug hierzu mit einer überdurchschnittlichen Niederschlagsmenge (85.5 mm) bei. Darauf folgte jedoch wiederum eine niederschlagsarme Witterungsperiode (April - Juni) mit einem extrem regenarmen Juni, in Dahlem lag dieser um 63.4 mm unter dem Mittel von 1951 - 80. Infolgedessen war auch das Jahr 1992 mit einer Niederschlagsmenge von 549.7 mm zu trocken.

Die im Untersuchungszeitraum gemessenen Niederschlagssummen lagen besonders in den Sommermonaten deutlich unter den langjährigen Durchschnittswerten. Von 1989 bis 1992 fielen im Mittel ca. 89 % der erwarteten Niederschlagsmenge gegenüber dem langjährigen Mittel (1951 - 80) von Dahlem (594.4 mm) und Barssee (ca. 620 mm).

Auf den Vergleich der monatlichen Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum mit dem langjährigen Mittel wurde verzichtet, da bei den Niederschlägen deren Häufigkeitsverteilung von der Normalverteilung abweicht. Dies führt dazu, daß der Mittelwert oft höher liegt als der häufigste Wert. Das arithmetische Mittel ist also kein Maß für den Normalzustand (PELZ 1987).

Die in Potsdam gemessenen Niederschläge übersteigen in allen Untersuchungsjahren (außer 1992) die am Barssee gefallenen, im Mittel aber nur um 11.2 mm. Diese Differenz entstand in dem für die Wasserbilanz weniger bedeutsamen Sommerhalbjahr, so daß in beiden Untersuchungsgebieten hinsichtlich der dem Grundwasser- bzw. Moorwasserspiegel zugute kommenden Niederschlagsmengen etwa gleiche Verhältnisse angenommen werden können.

Grundsätzlich ist für die Wasserhaushaltsbetrachtung zu beachten, daß die tatsächlich auf 1 m² Boden gefallene Niederschlagsmenge größer ist als die mit Regenmessern in 1 m Höhe gemessene Menge. SCHMEIDL (1973) gibt für eine unkultivierte Hochmoorfläche im Sommerhalbjahr eine real 10 % höhere Niederschlagsmenge an.

Eine genaue Erfassung der Verdunstung ist schwer möglich, da die Verdunstung von unbewachsenen Oberflächen, von Vegetationsoberflächen und von freien Wasserflächen sowie die Transpiration der Pflanzen in die Verdunstung eines Gebietes eingehen. Dies gilt besonders für die Transpiration, da diese sowohl von den Pflanzen selbst als auch von den Böden abhängt, auf denen diese wurzeln.

So kommt SCHMEIDL (1973) zu der Aussage, daß die Verdunstung von Torfmoosen bei ausreichender Wasserversorgung größer ist als jene von freien Wasserflächen, vor allem in den Monaten Mai, Oktober und November. Er führt dies auf eine schnellere Erwärmung der *Sphagnum*-Polster nach Frostperioden zurück, die dann auch bei niedrigen Lufttemperaturen hohe Verdunstungswerte erreichen können.

Höhere Verdunstungsraten erreichen während der Vegetationsperiode auch die Verlandungsgesellschaften der Seen. Dies gilt besonders für Pflanzen wie *Phragmites australis* und *Typha latifolia* (LÜTTIG 1989).

Ein Vergleich verschiedener Moor-Ökosysteme zeigt (EGGELSMANN 1990), daß sich die

höchsten Verdunstungsverluste bei von Wald bedeckten Flächen ergeben, da hier die Interzeption eine wesentliche Rolle spielt. Eine geringere Evapotranspiration weisen dann Standorte mit *Sphagnum* und *Vaccinien* auf. Bei Niedermooren verdunsteten Großseggen-Riede nur unwesentlich weniger als die Wälder.

Die für den Barssee nach der Formel von HAUDE (1955) berechneten Verdunstungshöhen (s. Tab. 7) in mm weisen im Abflußjahr 1989 bereits für die Monate März und April auf Grund der gestiegenen Temperaturen erhöhte Werte auf. Sie liegen in den Monaten Mai bis August am höchsten und summieren sich im Sommerhalbjahr auf über 560 mm (Winterhalbjahr 169.1 mm).

Für das Winterhalbjahr 1989/90 wird wegen der extrem milden Witterung noch ein etwas höherer Verdunstungsbetrag erreicht (188.0 mm). Das gegenüber dem Vorjahr etwas kühlere Sommerhalbjahr 1990 wies eine potentielle Verdunstung von 506.4 mm auf, wobei vor allem der Juni kühler und feuchter als der Vorjahresmonat waren (potentielle Verdunstung: 82 gegenüber 122 mm).

Für das gesamte Jahr 1989 ergibt sich eine potentielle Verdunstung von 730.4 mm. Dieser Betrag erscheint angesichts einer im selben Zeitraum gefallenen Niederschlagsmenge von 461.9 mm als sehr hoch. Es muß angenommen werden, daß in diesem Jahr die potentielle Verdunstung die reelle Verdunstung deutlich übersteigt. Es ergibt sich ein potentielles Wasserdefizit, ausgedrückt in niedrigen Moorwasserständen, das in die nachfolgenden Dekaden eingeht.

Auch das Jahr 1990 war durch deutlich über dem Durchschnitt liegende Temperaturen gekennzeichnet. Dies ergab einen Betrag der potentiellen Verdunstung von 694.4 mm.

Das etwas kühlere Jahr 1991 war im Winter-, vor allem aber im Sommerhalbjahr durch deutlich niedrigere Verdunstungssummen gekennzeichnet. Der Jahresbetrag der Verdunstung erreichte eine Höhe von 582.6 mm. Damit war dies der niedrigste Wert im vierjährigen Untersuchungszeitraum.

Die Verdunstungssumme im Jahr 1992 war wiederum mit 785.4 mm die höchste berechnete. Dabei verdunsteten im Sommerhalbjahr mit 639.8 mm über 100 mm mehr als im Vierjahresmittel.

Jahr	1989		1990		1991		1992		1989/92	
	Pot. Verd.	Klim. Bil.	Pot. Verd.	Klim. Bil.	Pot. Verd.	Klim. Bil.	Pot. Verd.	Klim. Bil.	Pot. Verd.	Klim. Bil.
November	14.6	25.6	14.9	55.7	14.7	44.7	13.7	40.2	14.5	41.6
Dezember	11.9	53.9	12.1	42.6	11.9	65.4	9.8	32.2	11.4	48.5
Januar	11.5	1.4	16.6	18.7	17.4	12.9	8.5	31.7	13.5	16.2
Februar	20.1	19.9	28.6	44.7	5.9 ¹	20.7	14.5	28.5	17.3	28.5
März	44.0	-22.4	41.7	-14.4	29.3 ¹	29.3	26.6	58.9	35.4	10.6
April	67.0	-18.8	74.1	-49.8	52.3 ¹	-14.9	72.5	-39.7	66.5	-30.8
Mai	126.7	-111.2	119.7	-84.9	63.7	-29.3	123.7	-100.8	108.5	-81.6
Juni	121.9	-64.7	82.0	89.5	71.6	17.5	164.8	-153.7	110.1	-27.9
Juli	109.3	-69.6	102.7	-76.0	125.4	-84.5	140.7	-73.0	119.5	-75.8
August	94.8	-24.9	107.7	-21.6	80.5	-50.6	125.1	-65.1	102.0	-40.6
September	71.0	-63.1	43.8	6.5	72.8	-51.7	59.8	-8.7	61.9	-29.3
Oktober	37.6	5.4	50.5	-41.9	37.1	-14.1	25.7	13.8	37.7	-9.2
Winter	169.1	59.6	188.0	97.5	131.5	149.1	145.6	151.8	158.6	114.5
Sommer	561.3	-328.1	506.4	-128.4	451.1	-212.7	639.8	-387.5	539.7	-264.2
Jahr	730.4	-268.5	694.4	-30.9	582.6	-63.6	785.4	-235.7	698.3	-149.7

Tab. 7: Potentielle Verdunstung (HAUDE) und Klimatische Wasserbilanz ($N - V_{\text{Pot.}}$) am Barssee in mm (1989 - 92), ¹: Interpoliert aus Jg. 91- und Dahlem-Werten.

Um einen überschlägigen Wert der aktuellen Verdunstung, für ein Jahr gemittelt, zu erhalten, kann die Formel nach TURC (HÖLTING 1989) verwendet werden, die als Basis die Niederschlagssumme annimmt.

$$ET_{\text{akt.}} = N / (0.9 + (N/J_t)^2)^{0.5}$$

N = Niederschlagshöhe in mm

J_t = $300 + 25 * t + 0.05 * t^3$

t = Jahresmittel der Temperatur in °C

Für den Barssee ergibt sich nach dieser Formel für das Jahr **1989** ($N = 461.9$ mm, $t = 9.1^\circ\text{C}$) eine aktuelle Verdunstung von 368.9 mm. Die höhere Niederschlagsmenge im Jahr **1990** ($N = 663.5$ mm, $t = 9.0^\circ\text{C}$) führt damit auch zu einem höheren Wert für die aktuelle Verdunstung von 437.9 mm.

Deutlich geringere Niederschlagssummen ergaben in den Jahren **1991** ($N = 519.0$ mm, $t = 8.5^\circ\text{C}$) und **1992** ($N = 549.7$ mm, $t = 9.4^\circ\text{C}$); niedrigere Verdunstungssummen: 385.5 mm und 408.7 mm.

Im Durchschnitt der Jahre 1989 bis 1992 verdunsteten hiernach 73.6 % des Jahresniederschlags ($N = 548.9$ mm, $V_{\text{Akt.}} = 400.3$ mm). Die nach TURC

errechnete aktuelle Verdunstung entspricht damit 57.3 % der potentiellen Verdunstung nach HAUDE.

Von BÜTOW (1976) wird aus Lysimetermessungen bei vergleichbaren Versickerungsbedingungen (lehmgiger Sandboden, Grasbewuchs und kein Oberflächenabfluß) für die Jahre 1954 bis 1973 eine durchschnittliche Verdunstungssumme von 460 mm (HAUDE: 560 mm) angegeben. Das entspricht 82 % der potentiellen Verdunstung. Dies bedeutet, daß die für den Barssee berechnete aktuelle Verdunstung zu niedrig ist und mit 573 mm (HAUDE: 698 mm), übertragen aus den Lysimetermessungen, über den im Untersuchungszeitraum gefallenen Niederschlägen liegen muß.

Aufgrund der in Kap. 4.2.1 gemachten Aussagen liegen die Verdunstungsraten (nach HAUDE) in den Fercher Mooren größenordnungsmäßig in der Höhe der für die Grunewaldmoore ermittelten.

Von der gesamten im Moor gespeicherten Wassermenge nimmt nur ein kleiner Teil am jahreszeitlichen Wasserumsatz teil. Bei einer Entwässerung wird nur das frei bewegliche Bodenwasser (Grund- und Stauwasser) abgeführt, 3 bis 12 Vol.-% Wasser

(EGGELSMANN 1984). Der größte Teil des Bodenwassers steht als Haftwasser der Evapotranspiration zur Verfügung.

Für den Barsee zeigt der Jahresgang der klimatischen Wasserbilanz aus den Monatssummen von Niederschlag und potentieller Verdunstung (HAUDE) für das Winterhalbjahr 1988/89 in den Monaten November bis Februar einen Wasserüberschuß (Tab. 7). Ab März 1989 ist dann ein Wasserbilanzdefizit zu verzeichnen, mit einem Maximum im Mai durch sehr geringe Niederschläge.

Für das Abflußjahr 1989 ergibt sich ein deutliches Wasserbilanzdefizit von 268.5 mm. Dieses konnte im Winterhalbjahr 1989/90 nicht ausgeglichen werden (+ 97.5 mm). Der Überschuß liegt damit aber deutlich über dem für den vorangegangenen Winter (+ 59.6 mm). Schon ab März überwiegt jedoch die potentielle Verdunstung den Niederschlag.

Durch die sehr hohe Niederschlagsmenge im Juni ist die Bilanz im Abflußjahr 1990 insgesamt fast ausgeglichen. Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz betrug nur 30.9 mm, vor allem aufgrund des geringen Defizits im Sommerhalbjahr (- 128.4 mm).

Das etwas kühlere Jahr 1991 wies zwar einen geringeren Verdunstungsbetrag auf, konnte jedoch wegen der unter dem Durchschnitt liegenden Niederschlagsmenge mit 63.6 mm nur eine negative klimatische Wasserbilanz aufweisen.

Das Abflußjahr 1992 war niederschlagsarm und warm, so daß aufgrund der sehr hohen Verdunstungssumme die klimatische Wasserbilanz negativ war (-235.7 mm). Besonders ungünstig für die Vegetationsentwicklung waren dabei die hohen Fehlbeträge in den Monaten Mai (-100.8 mm) und Juni (- 153.7 mm).

Die Änderungen der klimatischen Wasserbilanz wirken sich unmittelbar auf den mooreigenen Grundwasserspiegel aus. Bei einem Wasserüberschuß steigen die Pegel, während sie bei einem Defizit absinken.

4.3 Wasserhaushaltsuntersuchungen am Pechsee

Im diesem Kapitel werden die Teilergebnisse der Wasserhaushaltsbetrachtung am Pechsee von

MOLLIEN (unveröff.) am Institut für Landschaftsbau TU Berlin von 1975 - 82 ausgewertet (Teilauswertung bei WOLKEWITZ 1991), die wesentliche Aussagen der Untersuchungen vom Barsee stützen, dabei insbesondere die Verwendung der HAUDE-Formel für die Bilanzierung.

Die Tabelle 8 beinhaltet die mit unterschiedlichen Methoden ermittelte potentielle Verdunstung. Dabei handelt es sich um die Verdunstungsformeln nach SCHENDEL ($V = T/H * 480$ [mm/Monat]; T: Monatsmittel der Lufttemperatur (°C); H: Monatsmittel der relativen Luftfeuchte (%); 480: Proportionalitätszahl), PENMAN und HAUDE, Meßgeräte wie PICHÉ (Glasrohr), CLASS-A (Verdunstungskessel) und CZERATZKI (poröse Tonscheibe) und die Seeverdunstung, abgeleitet aus Wasserstandsänderungen.

Zeitraum	N	V-Formeln			Seeverd.	V-Meßgeräte			V-Mittel
		Schen	Pen.	Haud		Piché	Cl-A	Czer.	
6.75 -9.75	229	511	437	367	387	314	308	285	373
5.76-10.76	223	673	-	516	548	496	450	424	518
5.77-10.77	426	545 ²	-	396	449	340	364	337	377
5.78-9.78 ¹	354	444	-	378	347	317	305	299	348
4.78-10.78	448	616	-	511	511	-	-	-	546
5.79- 9.79	278	-	-	490	464	343	338	377	402

1: Summe v. 1.5-20.6 u. 10.7-30.9.78, 2: Summe v. 11.5-21.11.77.

Tab. 8: Niederschlag und Potentielle Verdunstung am Pechsee in mm nach MOLLIEN (unveröff.).

Die Übersicht zeigt, daß die sich aus der HAUDE-Formel ergebenden Verdunstungssummen den aus Seespiegeldaten abgeleiteten Werten am nächsten kommen. Während die mit Meßgeräten ermittelten Summen deutlich unter den Werten der Seeverdunstung bleiben, liegen die nach den Formeln von SCHENDEL und PENMAN berechneten Verdunstungssummen deutlich über denen der Seeverdunstung. Da die Seeverdunstung etwa der potentiellen Verdunstung entspricht, kann für die Wasserhaushaltsbetrachtung als hinreichend genaue Methode die Formel von HAUDE zur Berechnung der potentiellen Verdunstung verwendet werden (siehe Kap. 4.2.2).

Die für die Wasserwirtschaftsjahre 1975 bis 1980 aufgestellte Wasserbilanz (Tab. 9) fällt für diesen

Jahr	1975			1976			1977			1978			1979			1980		
	N	V	N-V	N	V	N-V	N	V	N-V	N	V	N-V	N	V	N-V	N	V	N-V
Nov.	65.5	14.9 ¹	50.6	36.4 ¹	10.7 ¹	25.7	28.9	13.5 ¹	15.4	67.6	18.5	49.1	11.1	15.8	-4.7	69.4	12.5 ¹	56.9
Dez.	116.7	9.6 ¹	107.1	29.8 ¹	9.9 ¹	19.9	31.1	7.0 ¹	24.1	41.5	9.1	32.4	72.5	5.5	67.0	17.3	11.5 ¹	5.8
Jan.	55.2	13.2 ¹	42.0	102.7 ¹	8.7 ¹	94.0	24.2	6.9	17.3	23.7	10.7	13.0	45.7	6.8	38.9	11.3	9.0	2.3
Feb.	7.2	13.7 ¹	-6.5	11.4 ¹	13.6 ¹	-2.2	43.8	14.2	29.6	14.9	14.3	0.6	46.5	12.2	34.3	41.4	12.0	29.4
Mär.	27.6	26.8 ¹	0.8	13.1 ¹	20.6 ¹	-7.5	30.4	30.7	-0.3	48.0	32.2	15.8	69.7	23.5	46.2	24.3	26.0	-1.7
Apr.	46.2	54.0 ¹	-7.8	5.6	64.8 ¹	-59.2	60.4	43.8	16.6	9.3	62.9	-53.6	42.4	59.5	-17.1	88.2	47.0	41.2
Mai	24.5	85.3 ¹	-60.8	37.8	81.1	-43.3	71.9	101.8	-29.9	53.8	104.4	-50.6	47.8	118.7	-70.9	8.0	79.0	-71.0
Juni	44.5	97.2 ¹	-52.7	59.3	128.6	-69.3	100.0	93.2	6.8	25.4	97.3	-71.9	82.9	116.4	-33.5	149.7	92.1	57.6
Juli	83.8	112.2	-28.4	23.3	132.0	-108.7	84.8	67.0	17.8	52.5	101.3	-48.8	83.2	75.6	7.6	96.6	64.7	31.9
Aug.	67.8	99.9	-32.1	42.7	97.8	-55.1	71.7	60.0	11.7	141.1	85.4	55.7	36.0	109.1	-73.1	97.1	57.6	39.5
Sept.	33.1	58.0	-24.9	40.4	54.7	-14.3	64.7	45.9	18.8	109.8	34.5	75.3	27.9	70.6	-42.7	35.6	55.2	-19.6
Okt.	31.0	18.3	12.7	22.1	21.5	0.6	33.1	28.4	4.7	56.2	24.8	31.4	6.0	55.2	-49.2	47.5	25.4	22.1
Wint.	318.4	132.2	186.2	199.0	128.3	70.7	218.8	116.1	102.7	205.0	147.7	57.3	287.9	123.3	164.6	251.9	118.0	133.9
Som.	284.7	470.9	-186.2	222.6	515.7	-290.1	426.2	396.3	29.9	438.8	447.7	-8.9	283.8	545.6	-261.8	434.5	374.0	60.5
Jahr	603.1	603.1	0.0	424.6	644.0	-219.4	645.0	512.4	132.6	643.8	595.4	48.4	571.7	668.9	-97.2	686.4	492.0	194.4

¹: Dahlem-Werte

Tab. 9: Niederschlag, potentielle Verdunstung (HAUDE) und klimatische Wasserbilanz (N-V_{pot.}) am Pechsee in mm 1975 - 80 nach MOLLIEN (unveröff.).

Zeitraum leicht positiv aus. Eine negative Wasserbilanz weisen lediglich die Wasserwirtschaftsjahre 1976 und 1979 auf, wobei besonders das extrem trockene (N: 424.6 mm) Jahr 1976 zu einem deutlichen Wasserbilanzdefizit von 219.4 mm führt, das aber durch die nachfolgenden niederschlagsreichen Jahre ausgeglichen wird.

4.4 Grund- und Moorwasserhaushaltsuntersuchungen

Für den Erhalt bzw. die Wiedervernässung von Mooren bei für die Moorbildung klimatisch ungünstigen Bedingungen im küstenfernen norddeutschen Tiefland sind intakte Staukörper und ein Grundwasseranschluß der Moorbasis erforderlich.

Als Staukörper sind hier Torf- und Muddeschichten mit sehr geringer Wasserdurchlässigkeit anzusprechen, die einen entsprechend niedrigen kf-Wert (= Wasserdurchlässigkeitsbeiwert) aufweisen. Die Durchlässigkeit der Torfe wird mit zunehmendem Humositäts- bzw. Zersetzungsgrad geringer. Sie kann außerdem durch Entwässerung und die damit verbundene Moorsackung verringert werden.

Bei schichtig gelagerten organischen Sedimenten ergeben sich große Unterschiede zwischen horizontaler und vertikaler Wasserdurchlässigkeit. Sickerverluste werden allerdings durch die vertikale Wasserdurchlässigkeit bestimmt (BLANKENBURG & KUNTZE 1987).

In Niedermooren besteht eine enge Verknüpfung des mooreigenen Wasserhaushalts mit dem der umgebenden mineralischen Bodengesellschaften. Ein höherer Grundwasserspiegel in der Umgebung verringert nach DARCY (zit. in HÖLTING 1989) infolge geringerer Druckunterschiede die Versickerungsverluste ($Q/F = k * dh/l$; Q/F: Abfluß je Flächeneinheit (m/s), k: gesättigte Wasserleitfähigkeit (m/s), dh: Druckhöhenunterschied (m), l: Filterlänge (m)). Eine Anhebung des Grundwasserspiegels in der Umgebung der untersuchten Kesselmoores würde daher zu einem verminderten Abfluß aus dem mooreigenen Grundwasserkörper führen.

Die Sickerwasserraten können durch wechselnde Druckunterschiede infolge Grundwasserstandsschwankungen von den berechneten Werten stark abweichen. Das laminare Fließen als Voraussetzung für die Anwendung des Filter-Gesetzes nach DARCY ist in den entwässerten Torfen meist nicht

gegeben. Im Torfkörper können nach einer Entwässerung leicht Schwundrisse entstehen und damit, wie am Barssee beobachtet, höhere Fließgeschwindigkeiten.

4.4.1 Anthropogene Grundwasserabsenkungen im Grunewald

Die durch die geologischen Aufschlußbohrungen ausgewiesenen, mächtigen eiszeitlichen Sande im Untersuchungsgebiet zeichnen sich durch gute Versickerungsbedingungen aus. BÜTOW (1976) gibt an, daß ca. 23 % des Jahresniederschlags versickern können. Eine Grundwasserneubildung erfolgt allerdings nach Lysimetermessungen in Berlin-Dahlem (WESCHE 1970) überwiegend im Winterhalbjahr. Diese war die Voraussetzung für die Moorbildungen in den tiefen, bis weit unter den Grundwasserspiegel reichenden abflußlosen Hohlformen im Grunewald.

Da die Entwicklung der zwei untersuchten ursprünglich oligotroph-sauren Kesselmoore bei Jahresniederschlagsmengen von ca. 620 mm (SCHLAAK 1972) nur unter dem Einfluß des Grundwassers möglich war, verursachten die in den

letzten 100 Jahren vorgenommenen Eingriffe in den Grundwasserhaushalt eine Unterbrechung des Moorbuchstums und massive Veränderungen im Biotop.

Bereits seit Beginn des Jahrhunderts sind Eingriffe in den Grundwasserhaushalt des Berliner Grunewaldes belegt. So empfiehlt KEILHACK (1912) für die Grunewaldseenkette nach starken Seespiegelsenkungen am Schlachtensee die Einspeisung von Havelwasser, durchgeführt seit 1913, zum Ausgleich der Grundwasserentnahmen der Charlottenburger Wasserwerke. Das Wasserwerk Grunewald am Teufelssee, etwa 2 km vom Pechsee entfernt, wurde bereits in den Jahren 1871/72 errichtet.

Die Abbildung 10 zeigt zur Dokumentation der Eingriffe die Grundwasser-Ganglinie des unmittelbar südlich des Pechsees gelegenen Pegels 1615 und die Rohwasserfördermengen der Berliner Wasserbetriebe seit Beginn der Messungen im Jahr 1916. Eingetragen sind hier die Werte für das Wasserwerk Grunewald und zusammengefaßt für die Galerien Schildhorn (WW Tiefwerder), Lindwerder und Lieper Bucht (WW Beelitzhof), ergänzt durch die vorhandenen Seespiegeldaten.

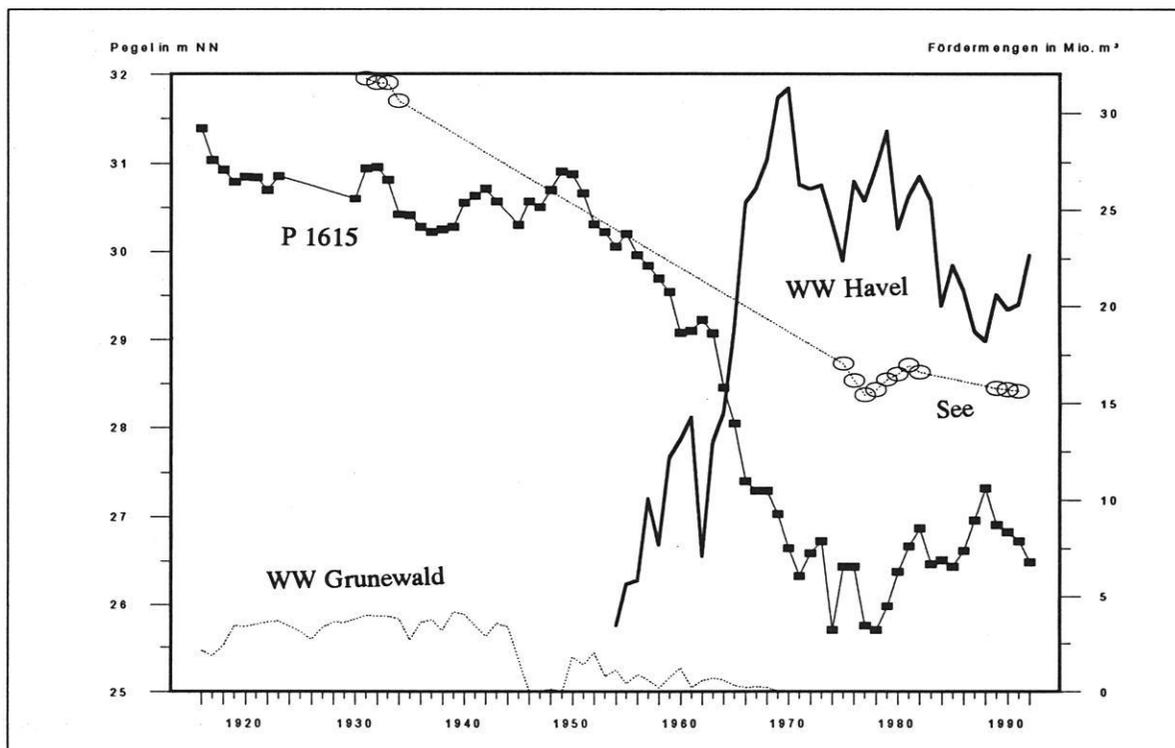


Abb. 10: Zeitreihen der Wasserförderung (WW: Wasserwerke), der Grundwasserganglinie (Pegel 1615) und des Seespiegels am Pechsee.

Die Grundwasserstandsdaten zeigen bis zum Anfang der 50er Jahre nur geringfügige Schwankungen (31.50 m NN bis 30.00 m NN), die im wesentlichen auf Witterungseinflüsse zurückgehen (KÖHNE 1954). Der Einfluß des WW Grunewald ist nur gering, da der Pechsee am äußersten Rand des Absenkungstrichters des Wasserwerkes lag. Eine Unterbrechung der Förderung im Jahr 1936 führte am Pechsee lediglich zu einem Anstieg von 11 cm (NÖTHLICH 1936).

Die als Kriegsfolge geringe Förderung und das zerstörte Leitungsnetz führten im gesamten Stadtgebiet zu einer Erholung der Grundwasserstände. Auch am Pechsee kam es zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels von 1939 bis 1949 um 0.75 m.

Durch die Spaltung Berlins im Jahr 1949 wurden auch die Berliner Wasserwerke in zwei Versorgungsbetriebe aufgeteilt. Da zu diesem Zeitpunkt die größeren Kapazitäten im Ostteil der Stadt konzentriert waren mit etwa 1/3 der Bevölkerung aber 2/3 der Trinkwasserförderung (z. B. WW Friedrichshagen am Müggelsee), mußten in West-Berlin sämtliche Wasserwerke systematisch erweitert und erneuert werden (KLOOS 1986).

Mit dem Beginn der Förderung von Grundwasser bzw. Uferfiltrat an der Havel (Tab. 10), verstärkt von der Grundwasserförderung durch Eigenwasserversorgung der Industrie und Grundwasserhaltungsanlagen z. B. im U-Bahnbau, fiel der Grundwasserspiegel stark ab. Dies führte zu einem gegenüber der natürlichen Abflusssituation stark erhöhten hydraulischen Gefälle zur Havel (z. B. GEWÄSSERKUNDLICHER JAHRESBERICHT 1987). In den Jahren 1951 bis 1978 sank der Grundwasserspiegel am Pechsee um ca. 5 m, von 30.50 m NN auf 25.50 m NN. BÜTOW (1975) berechnete für den Grunewald in den Jahren 1954 bis 1973 eine mittlere jährliche Grundwasserabsenkung von 18.5 cm.

Der konjunkturelle Aufschwung und die damit verbundene starke Ausweitung der Rohwasserförderung beschleunigte Mitte der 60er Jahre die Grundwasserabsenkung: 2 m in 7 Jahren. Bei weiterhin hohem Niveau der Förderung sind die Tiefststände in den Jahren 1974, 1977 und 1978 allerdings eher auf Witterungseinflüsse zurückzuführen. So sind die Jahre 1971 bis 1973, nach der Klassifikation der Jahresniederschläge von PELZ (1987), als "trocken" (439, 517 und 439 mm) und das Jahr 1976 (422 mm) als "sehr trocken" einzustufen.

1878	Inbetriebnahme des WW Grunewald
1938	Höchste Förderleistung des WW Grunewald (4.17 Mio. m ³)
1954	Inbetriebnahme Galerie Lindwerder (WW Beelitzhof)
1955	Inbetriebnahme Galerie Schildhorn (WW Tiefwerder)
1957	Inbetriebnahme Galerie Lieper Bucht (WW Beelitzhof)
1965	Starke Ausweitung der Förderung der Galerie Lieper Bucht (6.98 Mio. m ³)
1966	Starke Ausweitung der Förderung der Galerien Lindwerder und Schildhorn (10.48 und 8.28 Mio. m ³)
1970	Stilllegung des WW Grunewald, Maximum der Förderung der Havelgalerien (= 31.27 Mio. m ³)
1984	Rückgang der Förderung der Havelgalerien (= 20.02 Mio. m ³)
1988	Weiterer Rückgang der Förderung (1988: 18.18 Mio. m ³)
1992	Leichter witterungsbedingter Anstieg der Förderung (= 22.66 Mio. m ³)

Tab. 10: Zeitleiste der Grundwasserförderung im Grunewald (WW Grunewald, WW Tiefwerder und WW Beelitzhof).

Mit der rückläufigen Förderung der Wasserwerks-Galerien an der Havel steigt der Grundwasserspiegel bis zum Jahr 1988 auf über 27.00 m NN an, wie zuvor im Jahr 1969. Begünstigt wird dieser Trend durch die niederschlagsreichen Jahre 1986 und 1987.

Durch die in den letzten vier Wasserwirtschaftsjahren (1989 bis 1992) infolge trockener Witterung leicht zunehmende Grundwasserförderung in den drei Brunnengalerien an der Havel ist der Grundwasserspiegel wiederum um einen halben Meter (26.50 m NN) gesunken.

Parallel zu dem starken Abfall des Grundwasserspiegels am Pechsee sank auch der Seespiegel um über 3 m (1931: 31.9 m NN, 1989: 28.5 m NN). Das relativ geringere Absinken von See- und Moorwasserspiegel erhöhte allerdings das hydraulische Gefälle (= Spiegeldifferenz je Fließstrecke des Grundwassers) zwischen Moorwasser- und Grundwasserspiegel. Die Differenz zwischen Grundwasser- und Seespiegel betrug 1907/08 0.50 m (KEILHACK 1910), 1931 dann 1.00 m (NÖTHLICH 1936) und 1989 sogar über 1.50 m.

4.4.2 Anthropogene Grundwasserabsenkungen an den Fercher Mooren

Im Folgenden soll auf die durch Grundwasserstandsmessungen am Rand des Beelitzer Sanders nicht so gut dokumentierten anthropogenen Grundwasserabsenkungen eingegangen werden. Seit Anfang der 80er Jahre erfolgte hier eine nennenswerte Ausweitung der Förderung über den Eigenbedarf der Gemeinde Ferch hinaus, hauptsächlich im Bereich der Fercher Rinne.

Durch die in verschiedenen hydrogeologischen Berichten dargestellten zahlreichen Aufschlußbohrungen und Pumpversuche sind die hydraulischen Verbindungen zwischen den einzelnen Grundwasserleitern, besonders in der Fercher Rinne, gut dokumentiert. Daher ist der Zusammenhang zwischen der Entnahme von Grundwasser zur Trinkwassergewinnung in der Fercher Rinne und weiträumigen Grundwasserabsenkungen bis in den Bereich des Beelitzer Sanders eindeutig.

Eine Dokumentation durch Grundwasserstandsmessungen liegt für das Untersuchungsgebiet zwischen 1978 und 1984 nicht vor. Die in den 70er Jahren erfolgte Grundwasserabsenkung um ca. 0.5 m ist

auf die sehr trockene Witterung in diesem Zeitraum (s. 4.4.1) zurückzuführen.

Bis 1984 ist parallel zum Ansteigen der Trinkwassergewinnung in der Fercher Rinne ein weiteres Absinken der Grundwasserstände zu verzeichnen (Abb. 11). Der Pegel im Randbereich des Beelitzer Sanders (15/71) sinkt hierbei weniger stark ab (0.50 m) als die in größerer Nähe zur Fercher Rinne gelegenen Pegel (13/71 und 90/72: ca. 0.75 m). In den Jahren 1982 bis 1989 ist in der Fercher Rinne jährlich eine Grundwassermenge zwischen 1.0 und 1.8 Mio m³ gefördert worden. Im Jahr 1990 ging sie bis auf 0.8 Mio m³ zurück.

Erst seit dem April 1991 konnte durch eigene Messungen die Grundwasserdynamik im Untersuchungsgebiet belegt werden. Die im Randbereich des Beelitzer Sanders ermittelte Jahresschwankung von ca. 40 cm ist, angesichts des großen Flurabstandes (> 26 m) und der geologischen Situation (relativ einheitlicher Aufbau des Grundwasserleiters), vor allem durch Ausweitung der Grundwasserentnahmen im Sommerhalbjahr hervorgerufen.

Überwiegend durch die Entnahme von Grundwasser innerhalb der Fercher Rinne ist es demnach zu einer

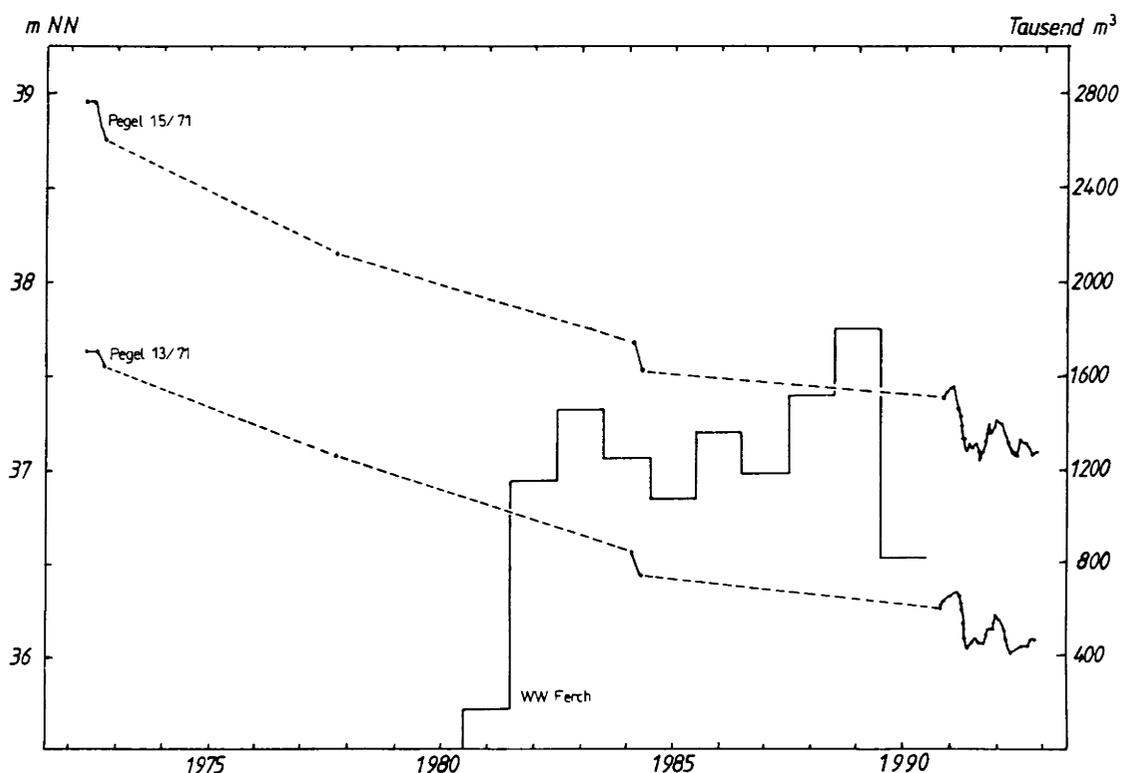


Abb. 11: Grundwasserganglinie im Untersuchungsgebiet Ferch und Fördermengen Wasserwerk Ferch II.

Grundwasserabsenkung von ca. 1 m im Randbereich der Kesselmoore gekommen. Mehrere mit Wasser erfüllte Hohlformen unmittelbar in der Nähe (MÜLLER-STOLL & NEUBAUER 1987/88) sowie weitere Moorniederungen der Umgebung trockneten aus. In den Kesselmooren führte dies zu unterschiedlich starken, besonders im 'Kleinen Moor bei Alte Dorfstelle' deutlichen Standort- und Biotopveränderungen.

4.4.3 Moorwasserspiegel Bars- und Pechsee

Eine Folge der großräumigen Grundwasserabsenkungen im Grunewald war die Ausbildung eines eigenen Moorwasserspiegels in den beiden Mooren, der heute z. T. mehr als 2 m über dem Grundwasserspiegel der Umgebung liegen kann. Es kam in den 60er Jahren mit der starken Ausweitung der Trinkwasserförderung an der Havel zu einer weitgehenden Entkoppelung der beiden Grundwasserhorizonte.

Für den Wasserhaushalt der beiden Mooregebiete ist damit heute das Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung bestimmend. Die mächtigen Torf- und Mude-Ablagerungen (siehe Kap. 6.1.2.1) lassen

nur geringe Versickerungsraten zu. Die Erholung des Grundwasserspiegels um ca. 1 m in den letzten Jahren konnte daher nicht zu gestiegenen Moorwasser- und Seespiegeln führen. Defizite in der Wasserbilanz (z. B. im Abflußjahr 1989: -269 mm) können nicht aus dem Grundwasserspeicher ausgeglichen werden. Es herrschen influente Abflußverhältnisse.

Als Folge der anthropogenen Grundwasserabsenkungen kam es an Bars- und Pechsee zu einer Sakkung (2 bis 3 m), Entwässerung und oberflächlicher Mineralisierung des Torfkörpers. Der mooreigene Grundwasserspiegel liegt heute mehr als 1 m unter der Geländeoberfläche.

Die Grundwasser-Ganglinien der zur Dokumentation im Moorkörper installierten Pegel am Barssee zeigen den nach erfolgter Entschlammung (1985/86) und Anlegung eines Versickerungsgrabens vorgenommenen ersten Wiedervernässungsversuch Ende 1986 (Abb. 12).

Dabei wurden etwa 11 000 m³ Trinkwasser eingeleitet, was zu einem Anstieg der Pegel um 40 bzw. 50 cm bis Ende Januar 1987 gegenüber Januar 1986 führte. Dieser Anstieg kann nur z. T. durch die

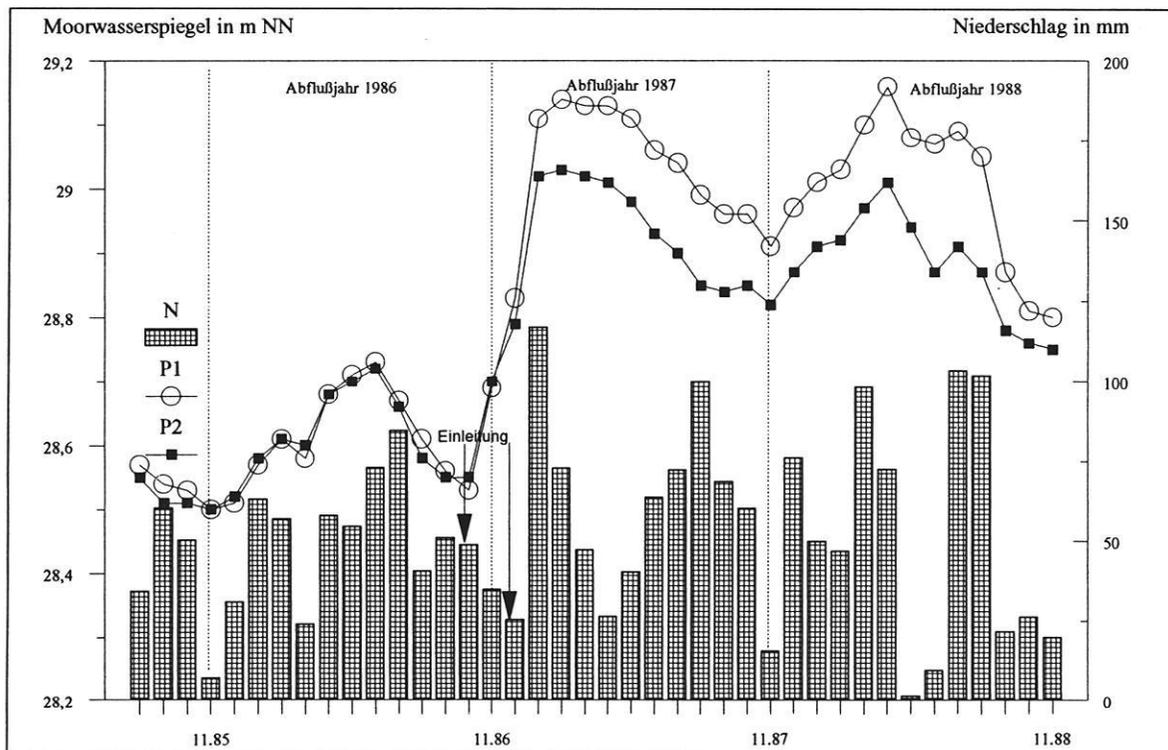


Abb. 12: Moorwasserspiegel und Niederschlag am Barssee in mm (1985 - 1988), Lage der Pegel Abb. 2.

gegenüber dem Vorjahr höheren Niederschläge (Dezember und Januar) erklärt werden.

Im Jahresverlauf sank dann der Moorwasserspiegel allmählich ab, durch die Einleitung aber nur geringfügig vom Witterungsverlauf beeinflusst. Der sehr feuchte Winter 1987/88 (nur geringe Verdunstungsverluste!) bewirkte dann ein erneutes Ansteigen auf die Höchststände des Vorjahres. In Berlin Dahlem fielen von Dezember bis Februar 74.7 mm mehr Niederschlag als im Durchschnitt der Jahre 1951 bis 1980.

Der weitere Kurvenverlauf gibt dann den Witterungsverlauf im Jahr 1988 wieder: trockenes Frühjahr (-44.2 mm gegenüber 1951 bis 1980), trockener Herbst (- 50.3 mm) und feuchter Sommer (+ 20.3 mm).

Die durch den trockenen Winter 1988/89 verursachten niedrigeren Grundwasserstände zeigen, daß eine dauerhafte Anhebung des Grundwasserspiegels von Bars- und Pechsee nur durch eine kontinuierliche Bewässerung oder eine Einschränkung der Grundwasserförderung an der Havel gewährleistet ist.

Seit November 1988 liegen für die Kesselmoore an Bars- und Pechsee, durch eigene Messungen, detailliertere Angaben zum Moorwasserhaushalt vor (Abb. 13).

Eine Korrelationsanalyse ergibt für die Moorwasserspiegel eine gute Korrelation zwischen Grundwasserstandsänderungen und klimatischer Wasserbilanz ($r = 0.80$ für P1 und $r = 0.81$ für P2) als der Bilanz von Niederschlag und potentieller Verdunstung.

Das sehr warme, durch einen hohen Verdunstungsbetrag gekennzeichnete Winterhalbjahr 1988/89 konnte die Grundwasservorräte im Moor nicht ausreichend ergänzen, so daß das darauffolgende extrem regenarme Sommerhalbjahr mit nur ca. 54 % der zu erwarteten Niederschläge zu einem starken Absinken der Grundwasserstände an Bars- und Pechsee führte.

Durch das in der Jahresbilanz sehr trockene Jahr 1989 mit einer negativen klimatischen Wasserbilanz von 269 mm kam es bis zum Herbst 1989 zu einem Absinken der Moorwasserstände von November 1988 bis November 1989 um bis zu 35 cm (P1 am

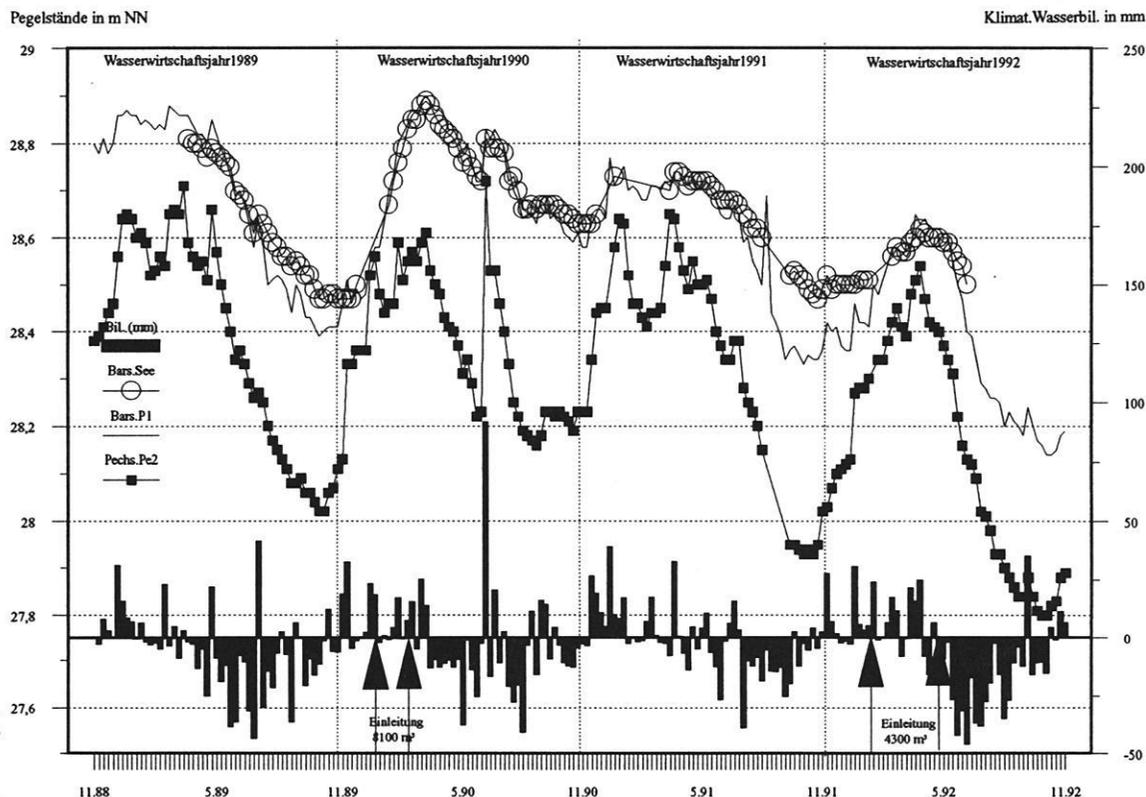


Abb. 13: Moorwasserspiegel und Klimatische Wasserbilanz an Bars- und Pechsee in mm (1989 - 1992), Lage der Pegel in Abb. 2 und 3.

Barssee). Die in etwa gleicher Position am See befindlichen Pegel P2 (Barssee) und Pe2 (Pechsee) zeigen einen Absenkungsbetrag von 20 cm.

In den oberflächlich vererdeten und stark ausgetrockneten Moorsenken zeigt sich eine ausgeprägtere Dynamik der Grundwasserstände. Am Barssee schwanken die Wasserstände von 62 cm (B6) am Weidentümpel in der nördlichen Moorsenke bis 95 cm am Pegel B3 in der Nähe der Wetterhütte. Am Pechsee reichen die Schwankungen von über 72 cm in der nördlichen Moorsenke (Pe1) bis zu 48 und 57 cm (Pe4 und Pe3) in den in Seenähe gelegenen Meßrohren. Die Pegel B1 am Barssee und Pe1 am Pechsee fielen aufgrund der anhaltenden Trockenheit ab August bzw. September trocken, der Moorwasserspiegel lag hier also mehr als 190 cm unter der Geländeoberfläche (Lage der Pegel in Abb. 2 und 3).

Die Seefläche des Barssees trocknete, nach der langanhaltenden sommerlichen Trockenperiode bis Oktober 1989, für kurze Zeit aus. Dies entspricht einem Absenkungsbetrag von über 30 cm seit Beginn der Messungen im März 1989.

Am Pechsee wurden hingegen geringere Absenkungsbeträge gemessen. Die randlich auftretenden Schlammflächen waren bereits im Januar 1990 wieder von Wasser bedeckt. Auch die Moorwasserpegel zeigten im Vergleich mit dem Barssee ein deutlich geringeres Absinken der Grundwasserstände. Dies spricht für eine bessere (Selbst-) Abdichtung durch die aufgetretenen Sackungen und damit geringere Versickerungsverluste in der schon morphologisch deutlicher ausgeprägten Hohlform.

Der nach dem extrem regenarmen Abflußjahr 1989 am Barssee nach Instandsetzung des Bewässerungsgrabens durchgeführte zweite Wiedervernässungsversuch verursachte in der auf die Einleitung folgenden niederschlagsarmen Periode einen Anstieg der Wasserstände in Seenähe.

Bei den in größerer Entfernung liegenden Moorpegeln konnte jedoch kein meßbarer Einfluß als Folge der Einleitung von über 8100 m³ Trinkwasser festgestellt werden. Hier wurden die Grundwasserstände in diesem Zeitraum durch die Witterung beeinflusst, also durch das Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung.

Das gegenüber dem Vorjahr etwas feuchtere Winterhalbjahr 1989/90 konnte den Grundwasser-

speicher in den Mooren nicht ausreichend regenerieren, so daß alle außer den unmittelbar durch die Grabenbewässerung beeinflussten Bereichen im Frühjahr 1990 gegenüber 1989 deutlich niedrigere Grundwasserstände aufwiesen. Der Seepiegel und die Grundwasserrohre am Barssee erreichten dagegen durch die Einleitung von Trinkwasser das Vorjahresniveau.

Ein extremes Niederschlagsereignis im Juni 1990, vom 08.06. bis 10.06. fielen 95 mm, führte kurzfristig zu einem deutlichen Anstieg von See- und Grundwasserständen, nämlich bei den Seepiegeln um 9 und 11 cm und den Moorwasserpegeln um 11 bis 50 cm.

Am Ende des Abflußjahres 1990 hatten sich die Grundwasserstände leicht erholt, besonders am durch die Grabenbewässerung betroffenen Barssee. Der im Vorjahr ausgetrocknete See wies Anfang November eine Wassertiefe von ca. 16 cm auf. In den stark entwässerten Moorsenken dagegen lag der mooreigene Grundwasserspiegel im Durchschnitt um mehr als 100 cm unter der Geländeoberfläche.

In beiden Wasserwirtschaftsjahren herrschten extreme Witterungsbedingungen mit weit über dem Durchschnitt liegenden Temperaturen und entsprechend hoher Verdunstung; war 1989 zusätzlich ein sehr trockenes Jahr, ist 1990 die klimatische Wasserbilanz durch höhere Niederschläge fast ausgeglichen. Dies bedeutete für den in beiden Mooren ausgebildeten Grundwasserhorizont eine besondere Beanspruchung, da eine Ergänzung durch zufließendes Grundwasser wegen influenter Abflußverhältnisse nicht möglich war.

Das im Abflußjahr 1991 relativ regenarme Sommerhalbjahr, mit nur leicht über dem Durchschnitt liegenden Temperaturen, führte dazu, daß die durch die Grabenbewässerung 1990 hervorgerufene Anhebung des Moorwasserspiegels wieder kompensiert wurde.

Eine erneute Bewässerung von Januar bis April 1992 (ca. 4300 m³) brachte nur einen kurzfristigen Effekt. Die im Winterhalbjahr überdurchschnittlichen Niederschläge (297.4 mm) wurden durch das extrem trockene Sommerhalbjahr aufgezehrt. Die nach HAUDE berechnete Verdunstungssumme von 639.8 mm führte zu einer negativen Wasserbilanz von 387.5 mm und damit nach 1989 zu dem größten Wasserbilanzdefizit im Untersuchungszeitraum. Daher wurden im Oktober 1992 die niedrigsten

Grundwasserstände seit Beginn der Messungen notiert. Die Seefläche am Barssee trocknete aus, Rohrkolben (*Typha latifolia*) konnte sich auf den so entstandenen Schlammflächen ausbreiten. Am Pechsee bedeckten die Schlammflächen randlich bis zur Hälfte der winterlichen Seefläche.

An den Pegeln Pe1 am Pechsee und B1 am Barssee waren bereits im August keine Messungen mehr möglich, am Pegel B4 seit Oktober. Der Moorwasserspiegel fiel auf mehr als 190 cm unter Flur.

Die in der nördlichen Moorsenke am Barssee gelegenen Pegel schwankten im Jahresverlauf zwischen 45 bis über 90 cm (B4). Auch die in Seenähe gelegenen Pegel zeigten eine ausgeprägte Dynamik der Grundwasserstände (45 bis 54 cm), z. T. durch die Bewässerungsmaßnahme geprägt.

Die Pegel am Pechsee zeigten 1991 und 1992 ähnlich große Schwankungen des Moorwasserspiegels, am Pegel Pe1 in der stärker ausgetrockneten nördlichen Moorsenke (Wald-Dauerfläche) lagen diese 1991 bei 67 und 1992 mindestens bei 73 cm.

Ein für die Erhaltung bzw. Regenerierung der ursprünglichen Moorvegetation notwendiges ausgegli-

chenes Grundwasserregime mit Frühjahrs-Wasserständen bis zur Geländeoberfläche ist auch nach mehreren niederschlagsreichen Jahren nicht zu erwarten. Aus hydrologischer Sicht ist eine Regenerierung nur durch die Wiederherstellung effluenter Abflußverhältnisse möglich, da die Grabenbewässerung lediglich eine punktuelle und kurzfristige Verbesserung des Moorwasserhaushalts bewirkt hat.

4.4.4 Moorwasserspiegel Fercher Moore

Von den drei in den beiden Kesselmooren bei Ferch installierten Moorpegeln zeigen das im Zentrum des 'Kleinen Moores bei Alte Dorfstelle' (P1) sowie das im Randbereich des 'Großen Moores bei Alte Dorfstelle' (P3) in beiden Untersuchungsjahren (1991 und 1992) sehr große Schwankungen (Abb. 14).

Das unmittelbar im Randbereich des Beelitzer Sanders gelegene Kesselmoor weist schon durch seine aktuelle Vegetationszusammensetzung, u. a. mit *Calamagrostis canescens*, *Molinia caerulea*, starkem Birken- und Kiefernaufwuchs sowie geringe Torfmoosbedeckung, auf den gestörten Wasserhaushalt. Dies kann durch die 1991 und 1992 ermittelten

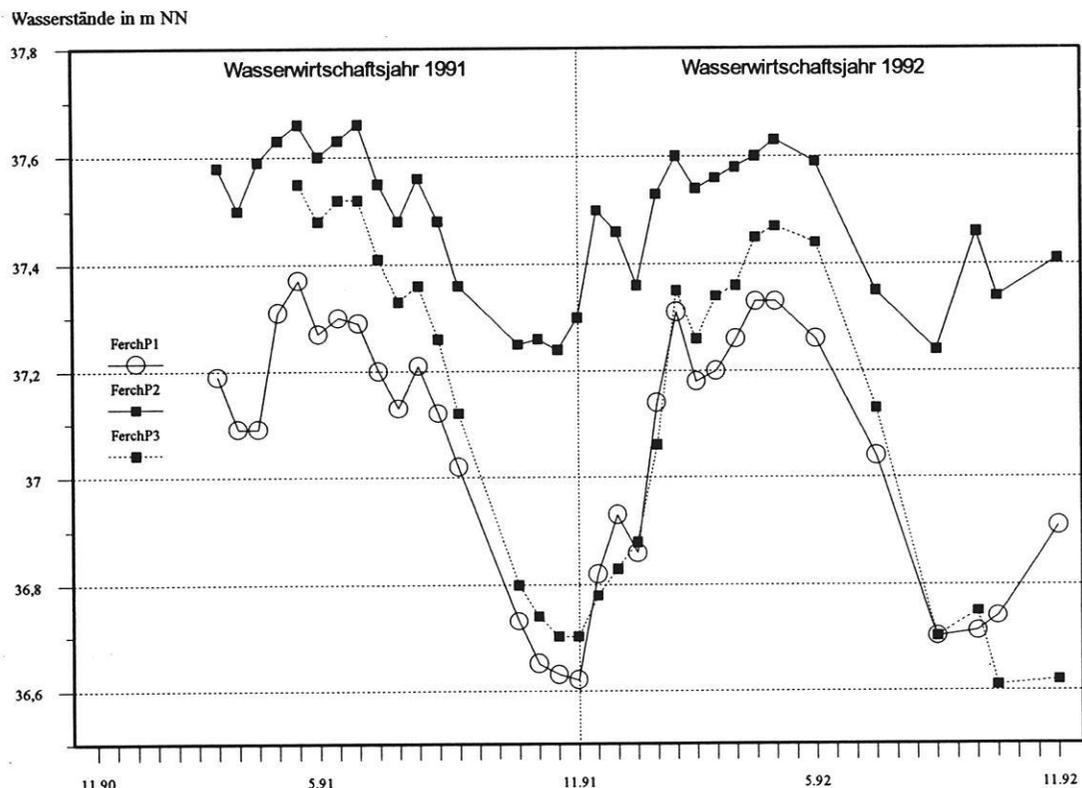


Abb. 14: Moorwasserspiegel Fercher Kesselmoore (1991 - 92), P1: Kleines Moor Alte Dorfstelle, P2 und P3: Großes Moor Alte Dorfstelle.

Moorwasserstandsschwankungen von 75 und 70 cm bestätigt werden. Der Moorwasserspiegel fiel dabei mehr als 100 cm unter Flur.

Die im Zentrum des größeren Kesselmoores gemessenen Grundwasserstandsschwankungen von 40 cm in beiden Wasserwirtschaftsjahren zeigte die hier noch vorhandene Pufferfunktion des mächtigen Torf- und Muddekörpers (s. 6.1.2.2). Der Pegel reagierte schneller und deutlicher auf Witterungseinflüsse als die übrigen Moorpegel, mitverursacht durch den geringen Flurabstand.

Für die Torfbildung sind allerdings die gemessenen Moorwasserstandsschwankungen in dieser Größenordnung, bis über 50 cm unter Flur, zu viel. Das Moor befand sich auch in seinem zentralen Teil in einer anthropogenen Stagnationsphase. Die seit einem Jahrzehnt anhaltenden Grundwasserentnahmen haben hier noch keine irreversible

Schädigung hervorgerufen. Durch die Torfsackung von etwa 50 cm (an der Oberfläche werden die wassererfüllten Großporen entleert) nimmt das Substanzvolumen zu und damit die Durchlässigkeit ab. Dies führt bis zu einem gewissen Grad zu einer Selbstabdichtung des Moores.

Auch der aktuell sehr dichte Bewuchs mit Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*) sowie das Aufkommen von Birken- und Kiefernjungwuchs sind ein Anzeichen für den gestörten Wasserhaushalt des Kesselmoores. Dieser kommt besonders in den deutlichen Grundwasserstandsschwankungen im Randbereich des Moores (Pegel P3: 85 cm) zum Ausdruck. Der Moorwasserspiegel sank im Herbst 1992 bis auf 1 m unter Flur. MÜLLER-STOLL & NEUBAUER geben für die 50er Jahre hingegen eine besonders intensive Torfbildung mit hohen Wasserständen im Randbereich des Moores (Randsumpf) an.

5. Moorwasseruntersuchungen

Für die Artenmannigfaltigkeit und die Sukzessionen in Moorbiotopen spielen die chemischen Eigenschaften des Moorwassers, neben dem hydrologischen Regime, eine wichtige Rolle. Aus vielen natürlichen und anthropogen veränderten Moorgewässern existieren chemische Untersuchungen, z. B. von MÜLLER (1973), PIETSCH (1976) und PRECKER & KNAPP (1990).

Die Bestimmung von Nährstoffen in Wasserproben stößt allerdings teilweise auf Schwierigkeiten, da spektrometrische Verfahren durch die oft starke Färbung der Proben (Huminstoffe) erschwert werden. Durch Umsetzungs- und Abbauvorgänge treten vor allem bei Phosphat und Ammonium schnelle Veränderungen in den Proben auf.

Von WARNKE-GRÜTTNER (1990: 115) wird darauf hingewiesen, daß sich bei Bodenanalysen oft bessere und eindeutige Differenzierungen als bei Wasserproben ergeben. Jedoch ist der labortechnische Aufwand bei Bodenproben größer.

Bei der Auswertung von chemischen Wasseranalysen sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

Die Analyseergebnisse sind nur punktuell zu bewerten, da der vorhandene Grundwasserleiter sehr inhomogen ist. Der unterschiedliche Zersetzungsgrad der Torfe sowie die durch die torfbildende Vegetation bedingte stark variierende Zusammensetzung des Grundwasserleiters verursachen differenzierte Wechselwirkungen zwischen den Torfen und dem fließendem bzw. stagnierendem Wasser. Die gemessenen Ionengehalte geben das Ergebnis von chemisch-physikalischen Prozessen wieder (HÖLTING 1989). Die Interpretation der Untersuchungsergebnisse darf also nicht statisch, sondern muß dynamisch erfolgen. Daher geben nur längerfristige Messungen an ausgewählten Standorten Aufschlüsse über die hydrochemischen Auswirkungen von Wiedervernässungsmaßnahmen auf die Moorwasserqualität.

Für die Grunewaldmoore liegen bereits seit den 20er Jahren Wasseranalysen vor (HÖLL 1928, NÖTHLICH 1936, SUKOPP 1959/60, SCHMIDT 1972, BLUME et al. 1974, WEDDIGEN 1977). Die Seen an Bars- und Pechsee zeigten nach den vorliegenden Daten bis in die 70er Jahre ebenso wie

die Schwingrasenstandorte eine geringe Nährstoffversorgung. Die stark schwankenden pH-Werte wiesen am Pechsee zuletzt eine Tendenz zu sauer-subneutralen Milieubedingungen, aufgrund des zunehmenden Niederschlagsanteils an der Wasserbilanz.

Für den Pechsee vorliegende Daten (Sommer 1989) aus dem Fachgebiet Limnologie des Instituts f. Ökologie der Technischen Universität Berlin wiesen den Pechsee immer noch als einen der im Berliner Raum selten gewordenen meso- bis dystrophen Seen aus.

Für die Fercher Moore sind einige wasserchemische Daten begleitend zu der vegetationskundlichen Bearbeitung von MÜLLER-STOLL & NEUBAUER (1965) veröffentlicht worden.

Eine erste Probeentnahme an Bars- und Pechsee im Winter 1989/90 diente daher, ebenso wie die in den Fercher Mooren (seit Sommer 1991), einer aktuellen Bestandsaufnahme der Moorwasserqualität.

Zusätzlich sollte die Entnahme von Wasserproben am Barssee der Kontrolle und Dokumentation der Einleitung von elektrolytreichem Trinkwasser dienen. In welchem Umfang wirken die oberflächlich entwässerten und vererdeten Torfe als Ionentauscher und damit als Filter für das eingeleitete Wasser?

5.1 Methode

Im Sommer 1989 wurden für eine aktuelle Bestandsaufnahme am Pechsee zwei Schwingrasen- und eine Moorwasserprobe (Pegel Pe2) und am Barssee zwei Schwingrasen- und drei Moorwasserproben (Pegel B3, B4 und B5) entnommen und 28 Parameter durch das Labor des FG Limnologie im Institut für Ökologie der TU Berlin analysiert. Die Schwingrasenproben sind aus Oberflächenwasser entnommen worden.

In dem Moorschutzgebiet Barssee wurde, parallel zu einer Bewässerungsmaßnahme im Winter 1989/90, eine erste Probenserie unmittelbar nach Beginn der Trinkwasser-Einleitung durch das Labor des FG Limnologie analysiert. Weitere See- und Moorwasserproben wurden durch das Labor des WW Jungfernheide bearbeitet.

Es sind an acht verschiedenen Punkten am Barssee im monatlichen Turnus Wasserproben entnommen

worden, davon eine in dem zu diesem Zweck installierten Moorwasserpegel (B2c), die übrigen aus Oberflächenwasser im Schwingrasen. Dazu gehören die zur Beobachtung der Vegetationsentwicklung eingerichteten Transektflächen 8a, 15a, 24a und 27 (s. Kap. 8.2). Zusätzlich wurden das Einlauf- und Grabenwasser, ein Erlenbestand am Schwingrasenrand und das Seewasser beprobt. Eine Bewertung der Ergebnisse dieser Untersuchungen liegt bereits vor (DEUTSCHBEIN & ROWINSKY 1991).

Seit März 1991 wurden aus dem oben genannten Moorwasserpegel (B2c) monatlich im Rahmen des Monitoring der Naturschutzgebiete von Berlin (West) Wasserproben gezogen. Für das Monitoring wurden zwei PVC-Pegel zur Verfügung gestellt, welche seit März 1992 auf den Schwingrasen von Bars- (Transektfläche 21b) und Pechsee (*Rynchospora alba*-Bestand) ebenso wie das Seewasser (so weit möglich) beprobt wurden.

Im Auftrag des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz sind, begleitend zu der im Winter 1991/92 vorgenommenen Wiedervernässungsmaßnahme, an verschiedenen Punkten zusätzlich Wasserproben entnommen worden. Hierbei sind vom Graben ausgehend entlang des zu Vegetationsbeobachtungen angelegten Transekts weitere Oberflächenwasserproben gezogen worden. Aufgrund der großen Trockenheit im Sommer 1992 konnte dies allerdings nicht immer an denselben Standorten (Transektflächen) erfolgen. Die Probenentnahme im September 1992 erfolgte daher außerhalb des Transekts in Seenähe. Diese Daten sind, wegen der unterschiedlichen Entnahmeorte, nur mit Einschränkungen verwertbar, da die standörtlichen Unterschiede auf dem Schwingrasen sehr groß sind. Eine Dokumentation der Ergebnisse erfolgte bei ROWINSKY (1992).

Während des Einleitungszeitraumes (15.01 bis 28.04.92) wurde mit einer Einstichsonde, bzw. einem tragfähigen Leitfähigkeits-Meßgerät, an verschiedenen Punkten horizontweise die Elektrische Leitfähigkeit gemessen.

In den Fercher Kesselmooren sind seit Juli 1991 in zweimonatlichem Turnus Proben entnommen worden. Von diesen wurden, wie in den Grunewaldmooren (im WW Jungfernheide wurde zusätzlich Natrium bestimmt), folgende Parameter gemessen: pH-Wert, Elektrische Leitfähigkeit, Calcium, Magnesium, Kalium, Ammonium, Nitrat, Phosphat, Sulfat und Chlorid.

Es wurden drei Moorpegel und eine, nur während des Winterhalbjahres bestehende, offene Wasserfläche im Zentrum des großen Kesselmoores beprobt. Davon liegt ein Pegel (F1) im Zentrum eines bereits stärker degradierten Kesselmoores, zwei Pegel wurden in dem großen Kesselmoor installiert, davon einer im zentralen Bereich (F2) und der zweite im unmittelbaren Randbereich des Moores (F3).

Die Bestimmung der seit März 1991 untersuchten Wasserproben wurde nach dem Deutschen Einheitsverfahren durchgeführt. Die einzelnen Parameter sind photometrisch unter Benutzung der Dr. Lange Analysen-Küvetten-Tests an dem Gerät CADAS 100 untersucht worden. Die Probeentnahme erfolgte soweit möglich Mitte des Monats, die Analyse am Tag der Probeentnahme.

5.2 Ergebnisse

Die in Tab. 11 dargestellten hydrochemischen Werte stellen Mittelwerte dar, die eine unterschiedliche Anzahl von Analysen beinhalten. Für die drei Fercher Pegel konnten 11 Werte, aus den Schwingrasen von Bars- und Pechsee 11 und 13, dem Moorkörper am Barssee 31 und dem am Pechsee lediglich 4 Werte berücksichtigt werden.

Bei der Vorstellung der Ergebnisse werden zuerst die Einzelanalysen für den Pegel B2c am Barssee vorgestellt und dann die Mittelwerte für Moorpegel und Schwingrasenflächen in den Kesselmooren erläutert. Aus den Einzelanalysen für den Pegel B2c wird die aus den Mittelwerten nicht hervorgehende Dynamik bei einzelnen chemischen Parametern deutlich (Abb. 15 - 18).

5.2.1 Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert

Aus der Leitfähigkeit kann größenordnungsmäßig auf den gelösten Feststoffinhalt geschlossen werden. Aus der Multiplikation der Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) mit dem Faktor 0.7 ergibt sich angenähert der Abdampfdruckstand in mg/l (HÖLTING 1989). Sie dient somit als relativ einfach zu bestimmende Größe einer ersten Bewertung der Wasserproben.

Der pH-Wert, definiert als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration, beeinflusst die Löslichkeit vieler Stoffe und deren Ionenkonzentration im Wasser.

Parameter	F1	F2	F3	Pe S	Pe M	Ba S	Ba M
pH-Wert	5.0	4.6	4.9	6.5	5.3	6.6	5.9
Leitf. $\mu\text{S}/\text{cm}$	218	101	186	79	411	124	332
Ca mg/l	16.2	4.70	11.2	5.06	39.9	9.68	24.3
Mg mg/l	5.29	1.08 ²	4.59	1.66 ²	14.2	2.89	8.56
K mg/l	<8.0	<8.0	<8.0	<8.0	<8.0	<8.0	12.2 ²
NH ₄ -N mg/l	4.45	1.19	6.75	0.36	2.51	0.20	4.91
NO ₃ -N mg/l	4.11	0.83	1.31	0.28	7.93	0.35	0.60
PO ₄ -P mg/l	0.085	0.039	0.063	0.08 ²	0.203	0.03 ²	0.110
SO ₄ mg/l	<40	<40	<40	<40	119	<40	81 ²
Cl mg/l	11.7	9.7	10.2	9.2	19.2	14.6	31.1

² = Werte z.T. unter der Nachweisgrenze

Tab. 11: Hydrochemische Kennwerte (F = Fercher, Pe = Pechsee, Ba = Barssee, S = Schwingrasen, M = Moor).

An dem Moorwasserpegel am Barssee (B2c) sank die Leitfähigkeit nach dem Ende der Bewässerungsmaßnahme im Winter 1989/90 bis Ende Mai 1990 deutlich ab (Abb. 15). Die Messungen in den Frühjahren 1991, 1992 (erneute Einleitung) und 1993 zeigten wiederum deutlich höhere Werte, die eventuell auf eine Umkehrung der Fließrichtung des Moorwassers zurückzuführen sind. Im Herbst 1991 und 1992 sanken die Leitfähigkeitswerte jeweils auf das Niveau vor der Einleitung (unter $200 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Der pH-Wert zeigte Höchststände in Herbst 1991 und Spätsommer 1992, aber auch in einzelnen Monaten (Abb. 17), demnach besteht keine Parallele zu den Veränderungen der Leitfähigkeit. Bemerkenswert ist die Schwankung des pH-Wertes um mehr als zwei Stufen, also Abweichungen beim Säuregrad um den Faktor 100.

Die im Jahr 1992 zur Begleitung der Wiedervernäsungsmaßnahmen auf dem Schwingrasen (Barssee) entnommenen Wasserproben zeigten während des ganzen Jahres wesentlich höhere Leitfähigkeiten auf der Ostseite (Transektflächen). Ein Standort unmittelbar am Schwingrasenrand wies die, nach den aus dem Bewässerungsgraben stammenden Proben, höchsten Werte auf. Die pH-Werte erreichten ihre Maxima ($\text{pH} > 7.0$) im August, unabhängig vom Standort. Die niedrigeren Frühjahrswerte (pH bei 5.5) sind im Zusammenhang mit den witterungsbedingt höheren Wasserständen zu sehen, da das Niederschlagswasser stark sauer ist.

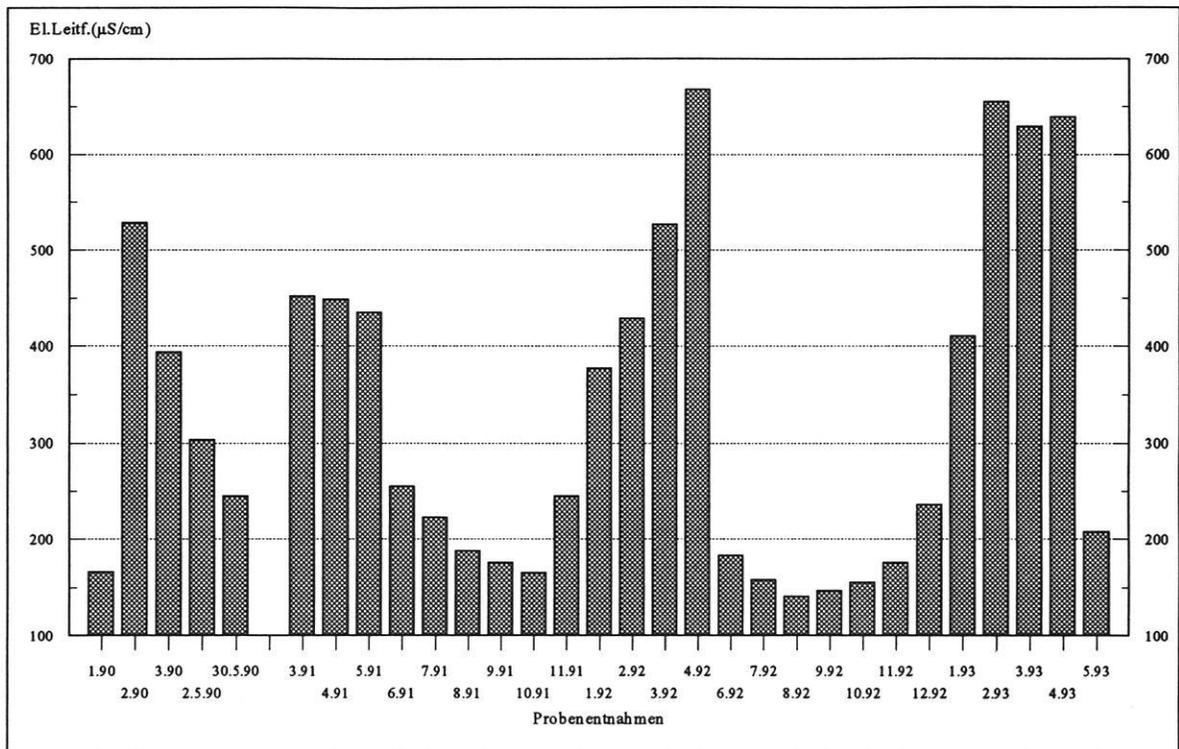


Abb. 15: Elektrische Leitfähigkeit am Moorwasserpegel B2c (Barssee, in $\mu\text{S}/\text{cm}$).

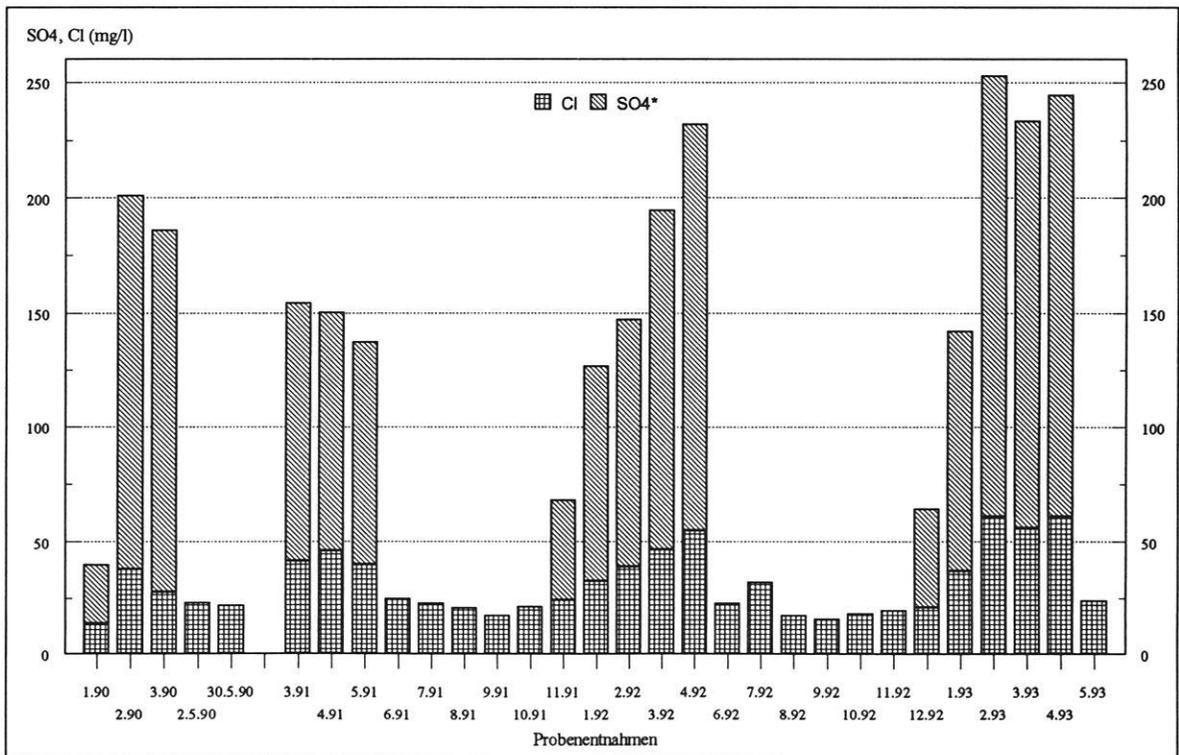


Abb. 16: Sulfat- und Chlorid-Gehalte am Pegel B2c (Barssee, SO_4^* : Konzentration von Sulfat z. T. unter der Nachweisgrenze von 40 mg/l).

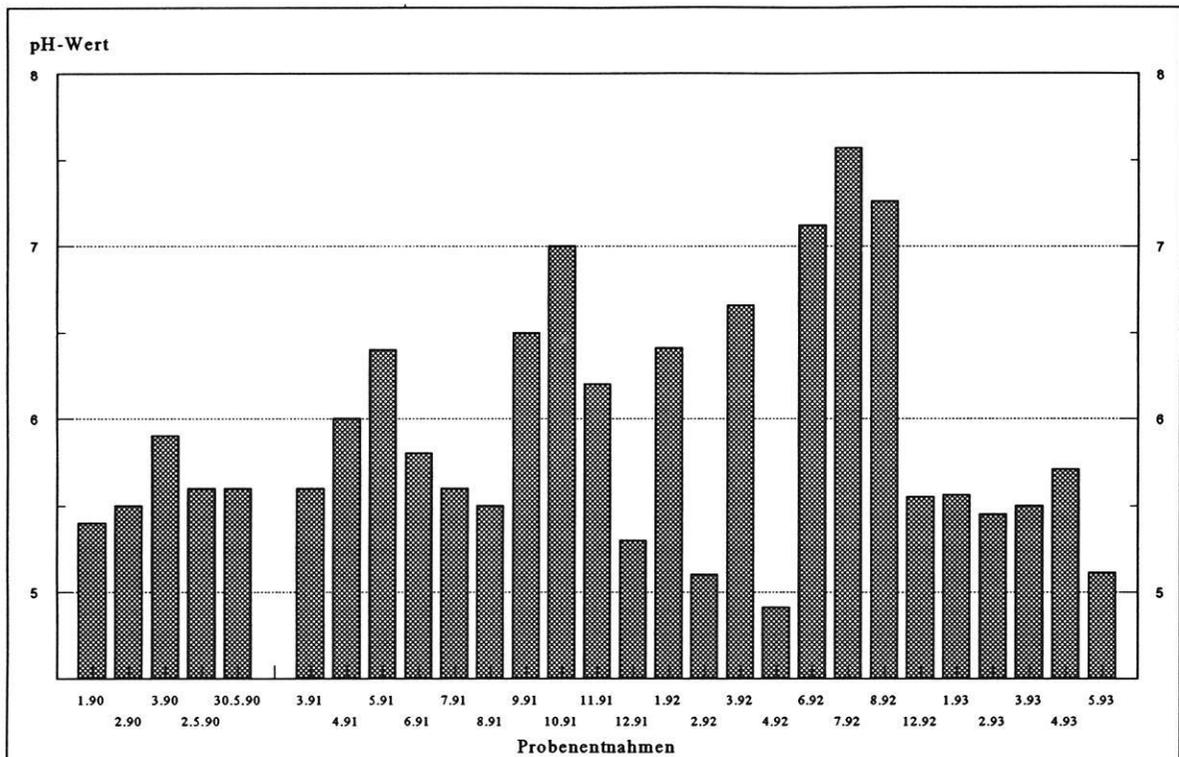


Abb. 17: pH-Wert am Pegel B2c.

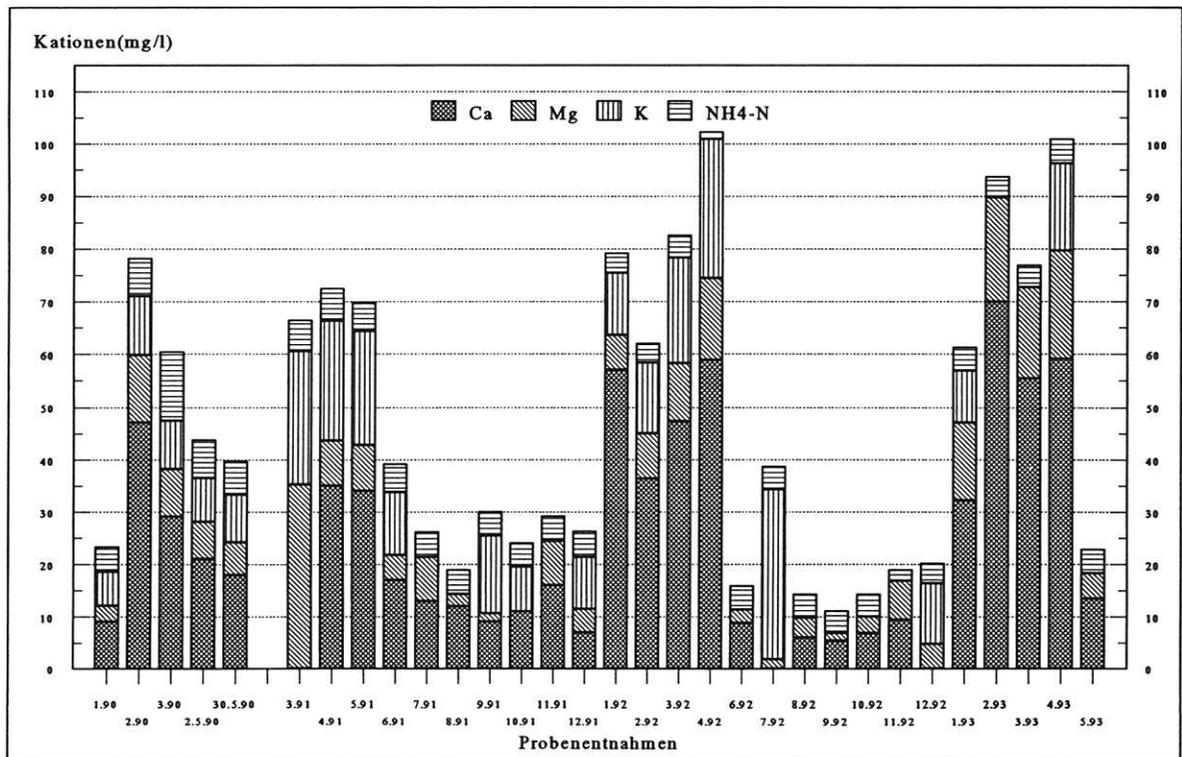


Abb. 18: Kationen-Konzentrationen am Pegel B2c (Ca, Mg, K und NH₄-N in mg/l, Elemente z. T. unter der Nachweisgrenze).

Die **Mittel** der Werte der Elektrischen Leitfähigkeit wiesen für die untersuchten Moorstandorte im Zentrum des großen Fercher Kesselmoores (F2) den niedrigsten Wert auf. Einen höheren Mineralstoffgehalt wies der Pegel im Randbereich des Moores sowie der des stärker degradierten Fercher Kesselmoores auf. Die höchsten Mittelwerte (332 und 411 $\mu\text{S}/\text{cm}$) zeigten die ausgetrockneten Moorsenken an Bars- und Pechsee.

Ebenfalls relativ niedrige Leitfähigkeiten aber höhere pH-Werte (6.6 und 6.5) zeigten die untersuchten Schwingrasenstandorte an Bars- und Pechsee, die von Torfmoos-Rasen bedeckt sind und eine mesotraphente Vegetation aufweisen. Die Moorstandorte wiesen dagegen tiefer liegende pH-Werte auf, besonders die Fercher Kesselmoore (4.6 bis 5.0). Allerdings zeigten die Pegel im Jahresverlauf sehr große Schwankungen von pH-Wert und Leitfähigkeit, z. B. im Zentrum des großen Kesselmoores: pH 3.7 bis 5.9 und Leitfähigkeit 64 bis 161 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.2.2 Kationen

Die am Pegel B2c entnommenen Proben wiesen unmittelbar nach der Einleitung im Februar 1990 und in den Frühjahren 1991 und 1992 höhere Kationen-Konzentrationen auf (Abb. 18). Im Dezember 1991 waren diese höher als auf den Schwingrasenflächen (6b, 13b, 19b, 25b), jedoch deutlich niedriger als im Grabenwasser.

Das Grabenwasser und ein Standort am östlichen Schwingrasenrand wiesen mehr als das Doppelte der Nährelemente Calcium, Magnesium, Kalium und Ammonium auf wie die Schwingrasenstandorte. Diese waren deutlich schlechter mit Ammonium und Kalium versorgt, Kalium lag auf den meisten Flächen unter der Nachweisgrenze ($< 8.0 \text{ mg/l}$). Die Calcium-Gehalte überstiegen die von Magnesium im Mittel um das Doppelte (Ca: Mg ca. 2 : 1).

Im Moor und auf den Schwingrasen überstiegen die **mittleren** Calcium-Gehalte die von Magnesium etwa um das Dreifache, nur im Zentrum des großen Fercher Kesselmoores lag das Ca:Mg-Verhältnis bei 4:1. Von ZIMMERLI (1988) wurde für die Schweizer Schwingrasen ein Ca : Mg -Verhältnis von 10 : 1 angegeben. Die absoluten Calcium-Werte lagen auf den durch hohe Wasserstände gekennzeichneten Flächen (Pegel F2 und Schwingrasen) unter 10 mg/l , die Magnesium-Werte unter 3 mg/l , wobei der Schwingrasen am Barssee am besten mit diesen

Nährelementen versorgt war. Die übrigen Pegel in den Fercher Kesselmooren zeigten Konzentrationen von 11 bis 16 mg/l Calcium und 5 mg/l Magnesium, die Moorpegel an Bars- und Pechsee wiesen dagegen deutlich höhere Werte (Ca 24 und 40, Mg 9 und 14 mg/l) auf.

Die Kalium-Konzentrationen lagen, außer bei Pegel B2c, am Barssee (12 mg/l) unter der Nachweisgrenze (8 mg/l). Die Ammonium-Konzentrationen waren auf den Schwingrasen am niedrigsten (unter 0.4 mg/l). Von den Moorstandorten zeigte wiederum der zentrale Bereich im großen Fercher Kesselmoor den niedrigsten Wert (1.2 mg/l), die übrigen Moorpegel wiesen Ammoniumgehalte von 2.5 bis 6.8 mg/l auf.

5.2.3 Anionen

Bei den Bewässerungsmaßnahmen gelangten mit dem eingeleiteten Trinkwasser auch größere Mengen an Sulfat und Chlorid in das Moor, entsprechend hohe Konzentrationen wurden im Winter 1989/90 und den Frühjahren 1991, 1992 und 1993 im Moorpegel am Barssee (B2c) nachgewiesen (Abb. 16), wobei im Jahr 1991 keine Einleitung stattfand. Die Konzentrationen der beiden Elemente schwankten gleichsinnig mit den Leitfähigkeitswerten.

Die Gehalte des in Feuchtbiotopen sehr wichtigen Nährelements Phosphat zeigten dagegen keine deutlichen Beziehungen zu den Bewässerungsmaßnahmen bzw. zum Witterungsgang. Phosphat war allerdings im eingeleiteten Trinkwasser nur in geringen Mengen vorhanden.

Am Barssee zeigten die im Winter 1991/92 auf den östlichen Schwingrasenflächen entnommenen Wasserproben deutlich höhere Chlorid-, Sulfat- und Nitrat-Werte; Sulfat sank im Jahresverlauf unter die Nachweisgrenze ($< 40 \text{ mg/l}$).

Die **mittleren** Chlorid-Gehalte waren auf den Moorstandorten von Bars- und Pechsee sowie dem Schwingrasen am Barssee deutlich höher als auf den übrigen Probestellen. Die Sulfat-Gehalte lagen lediglich in den Moorpegeln von Bars- und Pechsee über der Nachweisgrenze. Die Moorstandorte an Bars- und Pechsee waren mit mehr als 0.1 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$ deutlich besser mit Phosphat versorgt wie die übrigen Standorte.

Die schlechteste Nitrat-Versorgung zeigten die Schwingrasenstandorte sowie der Pegel F2 mit Werten unter 1 mg/l NO₃-N. Die absolut höchste Nitratkonzentration ist am Pechsee (Pegel) ermittelt worden. Der Nitrat-Anteil überstieg hier deutlich den von Ammonium, was bei sehr niedrigem Wasserstand (unter 150 cm) auf Mineralisierungsvorgänge hindeutet.

5.3 Bewertung und Vergleich

Eine Dokumentation des ersten Einleitungsversuches (Winter 1986/87) am Barssee durch hydrochemische Untersuchungen ist nicht erfolgt. Bereits zu diesem Zeitpunkt war mit der Einleitung von 11.000 m³ Trinkwasser eine größere Nährstoffmenge in den Moorkessel eingetragen worden.

Eine deutliche Beeinflussung der Moorwasserqualität am Barssee ergab sich durch die Bewässerungsmaßnahmen in den Wintern 1989/90 und 1991/92. Dies ist durch Probenentnahmen im Jahr 1992 gut dokumentiert auf den dem Bewässerungsgraben zugewandten Moor- und in geringerem Maße auf den östlichen Schwingrasenstandorten, nicht jedoch in den übrigen beprobten Flächen.

Der zwischen Bewässerungsgraben und Schwingrasen gelegene Moorpegel B2c und eine unmittelbar am östlichen Schwingrasenrand gelegene Fläche zeigten nach Einleitungsbeginn deutlich höhere Nährstoffkonzentrationen. Das über den Graben eingeleitete Trinkwasser trat wegen der guten Wasserdurchlässigkeit der schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfe (Wasserleitfähigkeit etwa 150 bis 200 cm/Tag, abgeleitet aus Grundwasserstandsdaten) sehr schnell am Schwingrasenrand über den schlecht durchlässigen limnischen Sedimenten (Detritusmudden) aus. Das Trinkwasser zeigte gegenüber dem Moorwasser einen neutralen pH-Wert und hohe Elektrische Leitfähigkeiten (> 800 µS/cm).

Bei der Passage durch den Torfkörper wurde das eingeleitete Wasser durch Austauschvorgänge verändert. Es erfolgte eine selektive Bindung der einzelnen Ionen, z. B. wurde Calcium stärker gebunden als Magnesium, Magnesium wiederum stärker als Kalium. Die Sorption von monovalenten Kationen (Kalium und Natrium) war ebenso schwach wie die der Anionen. Bei diesen wurden Sulfat, Chlorid und Nitrat in geringerem Maße adsorbiert als Phosphat.

Von den im Trinkwasser in deutlich höheren Mengen als im Moorwasser enthaltenen wichtigen Pflanzennährstoffen konnten demnach die zweiwertigen Kationen durch den Torf gut gebunden werden. Kalium, Phosphat und Ammonium waren in dem eingeleiteten Trinkwasser nur in geringen Mengen vorhanden. So waren besonders die durch die Bewässerungsmaßnahmen eingebrachten größeren Chlorid- und Sulfatmengen bedenklich.

Bei der mikrobiellen Reduktion von Sulfaten (Sulfat-Atmung von Mikroorganismen) wurden Sulfide und Schwefelwasserstoff gebildet, was kurz nach Einleitungsbeginn durch die sehr starke Geruchsentwicklung auffiel. Der Sulfatsauerstoff wurde von Bakterien (*Desulfovibrio desulfuricans*) für die anaerobe Oxidation organischer Kohlenstoffverbindungen verwendet (SCHWOERBEL 1984: 143 ff.), dies führte zum Torfabbau. Außerdem ist Schwefelwasserstoff in größeren Konzentrationen ein starkes Stoffwechselgift.

Die weniger durch die Einleitungen beeinflussten Schwingrasenstandorte waren stärker durch den Witterungsgang beeinflusst. Hierbei zeigten die nicht von Torfmoosen dominierten Standorte nach Wasserstandssenkungen eine größere Konzentration von Nährstoffen.

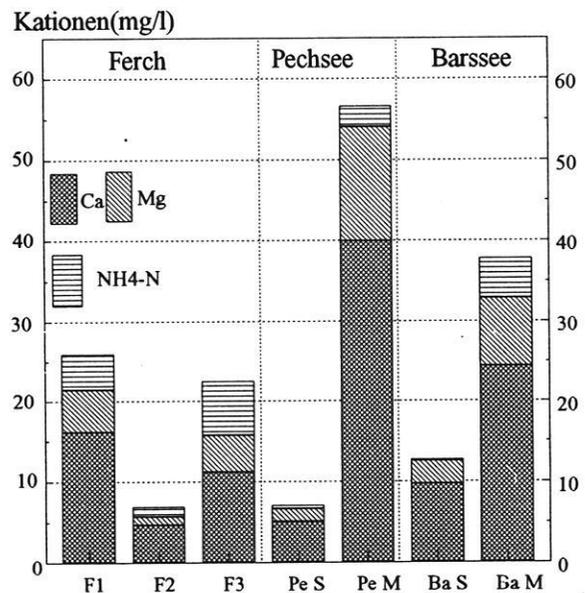


Abb. 19: Kationen-Konzentrationen in mg/l (F= Ferch, Pe=Pechsee, Ba=Barssee, S= Schwingrasen, M=Moor)

Die Analysen ergaben für die Transektflächen eine Abstufung nach der vorherrschenden Vegetation. Die überwiegend von Schlammflächen und *Polytrichum commune*-Bulten eingenommenen Standorte, die ursprünglich durch Wildschweine stark beansprucht waren, wiesen die höchsten Nährelement-Gehalte auf. Die von *Sphagnum squarrosum* und *Sphagnum fimbriatum* dominierten Flächen (beprobte Transektflächen 13b und 15a, s. Kap. 9.2.2) zeigten deutlich niedrigere Werte. Die schlechteste Versorgung mit Nährstoffen zeigten die Flächen 6b, 8a und 9a. Dort war das mesotraphente Moos *Sphagnum fallax* das vorherrschende Torfmoos.

Von den untersuchten Kesselmooren wies das große Fercher Kesselmoor noch sauer-nährstoffarme Standortbedingungen auf, besonders im zentralen Bereich (F2). Das stärker degradierte kleinere Fercher Kesselmoor (F1) sowie die ausgetrockneten Moorsenken von Bars- und Pechsee zeigten durch ihren Wasserchemismus dagegen eine Eutrophierung der Standorte an, ausgedrückt in relativ hohen Calcium-, Magnesium- und Ammoniumgehalten (Tab. 11 und Abb. 19) sowie in den Grunewaldmooren durch hohe Chlorid- und Sulfatgehalte.

Von den zwei länger untersuchten Schwingrasenstandorten zeichnete sich der *Rhynchospora alba*-Bestand am Pechsee gegenüber der Schwingrasenfläche am Barssee (21b) durch deutlich niedrigere Nährelement-Konzentrationen aus, z. B. durch etwa halb so hohe Calcium- und Magnesium-Gehalte.

Ein Vergleich der Transektflächen am Barssee mit den von PIETSCH (1976) ermittelten Werten für Zwischenmoore, Röhricht- und Schwingrasenbestände zeigte bei den Kationen Calcium, Magnesium und Kalium vergleichbare Konzentrationen. Eine Fläche am östlichen Schwingrasenrand wies allerdings nach Einleitungsbeginn sehr hohe Konzentrationen der genannten Nährstoffe auf. Dies galt ebenso für Chlorid und Sulfat. Lediglich in zwei von PIETSCH untersuchten Heidemooren Gr. Jeseritzen und Bröthener Moor sind in Schwingrasen ähnlich hohe Sulfatgehalte wie am Barssee (> 80 mg/l) ermittelt worden.

Von ZIMMERLI (1988) wurde als geeignetes Maß für den Basengehalt von Moorwasser die Ca-Konzentration benannt, wenn Calcium das dominierende Kation im Einzugsgebiet ist. Die Leitfähigkeit ist bei einem pH-Wert unter 5, wie in dem großen Fercher Kesselmoor, dagegen ungeeignet, da in sehr sauren Wasserproben mit der elektrischen Leitfähigkeit vor allem die Konzentration der H⁺-Ionen bestimmt wird.

Die von PIETSCH (1976) untersuchten Hochmoore der Kammlagen der Mittelgebirge wiesen Calcium-Werte zwischen 1 und 5 mg/l (z. B. Harz, Erzgebirge) auf. Die im Zentrum des großen Fercher Kesselmoores und im Pechsee-Schwingrasen gemessenen Calciumgehalte lagen damit an der Obergrenze der von PIETSCH ermittelten Werte, die entsprechenden Standorte waren damit noch als oligotroph zu charakterisieren.

6. Stratigraphisch-paläoökologische Untersuchungen

Die Vorstellungen von Aufbau und Entwicklungsgeschichte von Mooren beruhen zum großen Teil auf stratigraphischen, pollenanalytischen und Großrestuntersuchungen. Von einigen Autoren (u.a. MENKE 1987, SUCCOW 1988) wurde mit Hilfe verschiedener chemischer Parameter die trophische Kennzeichnung von Torfen vorgenommen.

Für die untersuchten Brandenburger Kesselmoore ist angestrebt, die durch geochemische und -physikalische Untersuchungen ermittelten abiotischen Standortfaktoren den über Makro- und Mikrorest-

analysen erfaßten Lebensgemeinschaften zuzuordnen. Pollenanalytische Untersuchungen und Radiocarbonbestimmungen dienen der relativen und absoluten zeitlichen Einordnung der einzelnen Moorentwicklungsstadien.

6.1 Moorstratigraphie

6.1.1 Methode

Die Stratigraphie der Moore bzw. entwässerten Moorniederungen wurde mittels Pürckhauer- und

Rammkern-Sondierungen an mehreren Quer- und Längsprofilen erschlossen. Für die Auswertung konnte an Bars- und Pechsee außerdem auf bereits vorhandene Bohrprofile von BRANDE (unveröff.) und KELM (1988) zurückgegriffen werden.

Der oberflächennahe Untergrund wurde an Bars- und Pechsee in über 30 Sondierungen bis in eine Tiefe von sechs Metern erbohrt. In den Fercher Mooren ('Großes und Kleines Moor bei Alte Dorfstele') wurden ebenfalls über 30 Sondierungen bis in den mineralischen Untergrund (maximal 20 m Tiefe) der Moore vorgenommen, in den Sanden im Randbereich der Becken bis in eine Tiefe von 4 m. Die chronostratigraphische Einordnung war mit Hilfe der pollenanalytischen Untersuchungen möglich (s. Kap. 6.4).

Zusätzlich konnten für die Auswertung die Bohrprofile der bodenkundlichen Untersuchungspunkte und der Moorwasserpegel herangezogen werden. Die makroskopische Ansprache der Torfe und Mudden mit der Angabe von Zersetzungsgrad und Torf- bzw. Mudde-Art wurde im Gelände vorgenommen.

Der Wahl der einzelnen Bohrpunkte lagen folgende Gesichtspunkte zugrunde:

1. Es sollten Aufbau und Struktur der organischen Sedimente (Torfe und Mudden) sowie der mineralischen Seesande erfaßt werden und damit Aussagen über die Landschafts-, Vegetations- und Moorentwicklung getroffen werden.
2. An Bars- und Pechsee werden darüber hinaus die Erfolgchancen von Wiedervernässungsmaßnahmen nach Klärung der hydrogeologischen Situation beurteilt, insbesondere im Hinblick auf eine Einleitung in das zwischen Bars- und Pechsee gelegene Moorloch. Zu diesem Zweck wurde besonders die nördlich des Barssees gelegene entwässerte Moorsenke bis zum vorgesehenen Einleitungsort erkundet, ebenso die östlich des Pechsees gelegenen Moorflächen.
3. Die Entstehung und Entwicklung der Kesselmoore sollte untersucht werden. Hierbei dienten die zahlreichen Sondierungen in den Fercher Mooren der Festlegung eines geeigneten Profils für weiterführende geochemische, röntgenographische, granulometrische, sedimentologische und pollenanalytische Untersuchungen, sowie der Bestimmung von Makro- und Mikrofossilien.

6.1.2 Ergebnisse

6.1.2.1 Bars- und Pechsee

Die Entstehung der Moore an Bars- und Pechsee geht auf die Verlandung mehrerer in abflußlosen Hohlformen (Toteislöchern) gelegener kleiner Seen zurück, die als Kesselmoore im Verlauf der Moorentwicklung zusammengewachsen sind (Abb. 20).

Die Mächtigkeit der organischen Sedimente beträgt in den heute entwässerten Moorsenken im Mittel 3.5 bis 4.5 Meter, davon ca. 1 Meter Mudde; an einzelnen Punkten werden aber Mächtigkeiten von über 6 Metern erreicht, trotz der Sackung der Sedimente nach Entwässerung und Mineralisierung. Von PACHUR & RÖPER (1987) wurden am Pechsee im Senkentiefsten fast 11 Meter mächtige limnische Sedimente erbohrt.

Der mineralische Untergrund in den vermoorten Senken weist eiszeitliche Sande unterschiedlicher Körnung auf. In diese ist stellenweise oberflächennah eine etwa 1 Meter mächtige Schicht kalkhaltiger, sandiger Lehme eingelagert (genetisch: Geschiebemergel), die ebenso niedrige Wasserleitfähigkeiten aufweisen wie die darüber lagernden Mudden. Bei einer Wiedervernässungsmaßnahme sollte also ein Anstau über dieses Niveau erfolgen.

Aus den Bohrungen kann von unten nach oben folgende typische Profilfolge der organischen Sedimente abgeleitet werden:

Algenmudde, Detritusmudde, schwach zersetzter Torf, mäßig bis stark zersetzter Torf, schwach zersetzter Torf und vererdeter Torf. Vereinzelt kann als Basis unter der Algenmudde noch eine Tonmudde erbohrt werden. Der von SUCCOW (1988) aus vielen Kesselmooren Brandenburgs beschriebene basale Braunmoostorf als Versumpfungsmoorbildung wurde an Bars- und Pechsee nicht angetroffen.

Der sogenannte Laacher Tuff wurde in vielen Bohrprofilen als 10 bis 15 mm mächtige Schicht angetroffen. Es handelt sich bei diesem um einen Bimstuff aus der Eifel, der in den Sedimenten von Seen und Mooren in Berlin und Brandenburg eine gute Zeitmarke von etwa 11 300 Jahren vor heute bietet. Er ist am Pechsee näher untersucht worden (BRANDE 1980).

Der Laacher Tuff befand sich in den untersuchten Profilen innerhalb der Mudde-Ablagerungen. Zum Zeitpunkt der Ablagerung der Tuffe (Alleröd) waren große Teile der heutigen Moorsenken noch von Gewässern eingenommen.

Der Verlandungsprozeß erfolgte z. T. über flutende Braunmoose (vor allem *Drepanocladus*-Arten); in einzelnen Profilen sind Braunmoos-Torfe direkt über der Detritusmudde als sehr schwach zersetzte Torfschicht kenntlich. In Torfstichen können rezente *Drepanocladus fluitans*-Rasen eine Verlandungsgesellschaft bilden, bis diese von *Sphagnum* überwachsen werden (BERTRAM 1988).

Die unterschiedlichen Moorentwicklungsphasen werden durch die Ausbildung verschiedener Torfschichten wiedergegeben. Sie sind Ausdruck der

zum Zeitpunkt der Torfbildung herrschenden Entstehungsbedingungen.

Auf Grund des Zersetzungsgrades der im Kesselmoor-Stadium abgelagerten Torfe können zwei Phasen intensiver Torfbildung unterschieden werden: eine unmittelbar nach der Verlandung der Seen und eine zweite, die bis zu den anthropogenen Grundwasserabsenkungen der Gegenwart reichte.

Dazwischen muß über einen längeren Zeitraum eine Phase schwächerer Torfbildung bestanden haben, die sich in stärker zersetzten Torfen dokumentiert. Nach SUCCOW (1988) ist das Atlantikum (ca. 8.000 bis 5.000 Jahre vor heute) die Phase, in der die Bildung von Torfen weitgehend aufhörte. BRANDE (1986) schreibt, daß die Moorentwicklung vom Präboreal bis zum Subboreal bzw. älteren

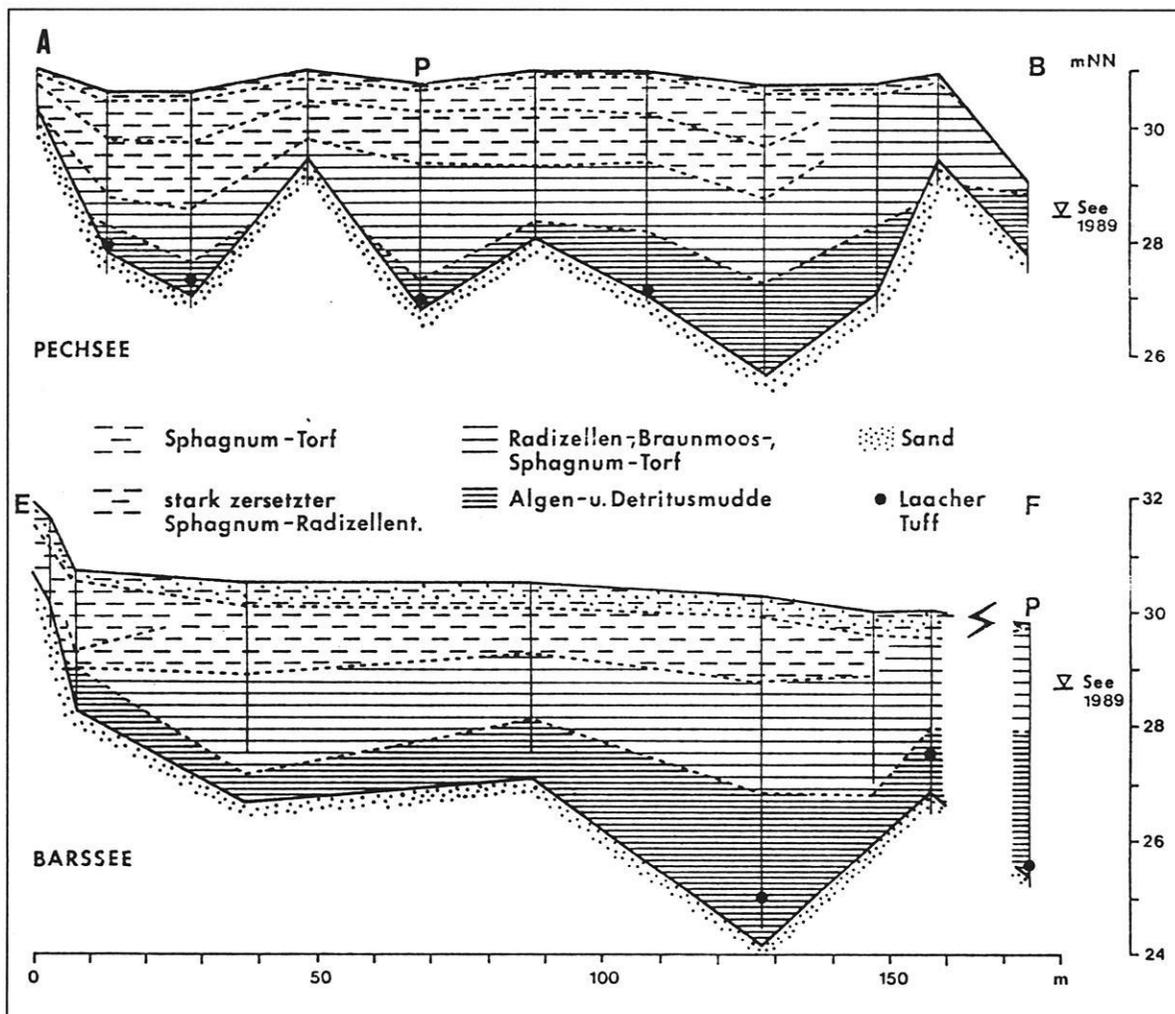


Abb. 20: Stratigraphische Schnitte Bars- und Pechsee (P: Pollenanalytische Untersuchungspunkte, Lage der Schnitte in Abb. 2 und 3).

Subatlantikum stark reduziert oder völlig gehemmt war. Die im Folgenden wieder intensivere Torfbildung wurde im Hochmittelalter durch größere Waldrodungen und Mühlenstau begünstigt.

Die im Einzelfall sehr komplizierte Entstehungsgeschichte der Kesselmoore kann hier nur exemplarisch an einzelnen Profilschnitten gezeigt werden. Diese belegen die stark topographieabhängige See- und Moorentwicklung. Die örtlich sehr unterschiedliche zeitliche Einordnung der beschriebenen einzelnen Entwicklungsphasen ergibt sich unter anderem aus den pollenanalytischen Untersuchungen (s. 6.4.1).

Die in mehreren Senken entstandenen kleinen Seen bildeten erst nach Abschluß der Verlandung ein größeres zusammenhängendes Moor. Die vor der Entwässerung mehr oder weniger ebene Mooroberfläche sackte am stärksten in den Bereichen mit den mächtigsten organischen Ablagerungen.

Ein Beispiel hierfür bietet der in der nördlichen Moorsenke am Barssee gelegene Weidentümpel. Die dort in Transektform vorgenommenen Bohrungen zeigten, daß im Senkentieftsten die größten Mächtigkeiten von Mudde- und Torfablagerungen erreicht werden.

Unmittelbar an der Basis der organogenen Ablagerungen sind hier die oben beschriebenen Geschiebemergel-Bänke von bis zu 1 Meter erbohrt worden. Der aufgrund der Verbreitung der limnischen Sedimente mindestens 3 Meter tiefe See, abgelagert wurden Algen- und Detritusmudden, verlandete schließlich durch Braunmoostorfe (*Drepanocladus*, *Calliargon*). In diesen wurden vereinzelt Fieberklee-Samen (*Menyanthes trifoliata*) gefunden, auffallend durch ihre z. T. korallenrote Färbung. Diese in Nieder- und Übergangsmooren recht häufige Art ist heute im Randbereich der Schwingrasen von Bars- und Pechsee verbreitet.

In dem nun entstandenen Kesselmoor wurden zunächst Radzellentorfe unterschiedlichen Zersetzungsgrades abgelagert, später aber schwach zersetzte *Sphagnum*-Torfe mit Resten von *Vaccinium oxycoccus*. Dies zeigt die zunehmende Versauerung und Nährstoffarmut des Standortes. Die darüber liegenden vererdeten Torfe belegen den durch anthropogene Grundwasserabsenkungen verursachten Stillstand des Moorbewachstums sowie die folgende Degradierung.

Die makroskopische Ansprache der Torfe im Gelände zeigte, daß die in den Senken an Bars- und Pechsee vor der Entwässerung und Vererdung der obersten Torfschicht ausgebildete Moorvegetation vor allem von Torfmoosen und Seggen gebildet wurde. In den oberflächennah nur schwach zersetzten Torfen fanden sich Reste von *Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium oxycoccus*. Daraus kann in Verbindung mit den chemischen Untersuchungen auf saure und nährstoffarme Standortbedingungen geschlossen werden.

Die auf den Schwingrasen vorgenommenen Bohrungen zeigten nur sehr geringmächtige *Sphagnum*-Torfbildungen. Dies dokumentiert den durch Grundwasserabsenkungen induzierten, rasanten Verlandungsprozeß im Randbereich der Seen in diesem Jahrhundert.

Die säkulare Entwicklungsgeschichte der untersuchten Kesselmoore hat in den einzelnen Teilbereichen sehr unterschiedliche Stadien erreicht. Dies betrifft den Zeitpunkt der Verlandung, die in den zentralen Bereichen erst im Zuge der anthropogenen Grundwasserabsenkungen erfolgte. Der jetzige Endzustand als Waldmoor wurde auch in den früher verlandeten randlichen Senken erst in diesem Jahrhundert durch die beschriebenen Eingriffe in den Wasserhaushalt erreicht.

Über den weiteren Verlauf der Klima-, Vegetations- und Moorgeschichte an Bars- und Pechsee geben die pollenanalytischen Untersuchungen Aufschluß. Von BRANDE (1980) ist am Pechsee ein pollenanalytisch untersuchter spätglazialer Profilabschnitt beschrieben worden (oberer Teil in BRANDE 1988).

6.1.2.2 Fercher Moore

Die in den Fercher Mooren vorgenommenen Sondierungen erreichten am tiefsten Punkt des 'Großen Moores bei Alte Dorfstelle' bei 19.5 Meter (18.50 m NN) noch nicht die liegenden pleistozänen Sande. An dieser Stelle deuten die ab einer Tiefe von 12.20 m auftretenden Wechsellagerungen von muddehaltigen Sanden, Sandmudden, Sanden mit pflanzlichen Resten und kieshaltige Sande bis Kiese auf durch Erosion und Akkumulation bestimmte dynamische Prozesse. Diese sogenannten Seesande weisen einen großen Fossilienreichtum auf.

In einigen Bohrprofilen des Großen Moores treten kieshaltige Sande an der Basis der Mudden auf;

vereinzelt kommen Steinlagen mit gut zugerundeten Holzkohlestücken vor. Diese entstammen wohl teilweise dem Miozän und wurden im Pleistozän erodiert und dann nach Umlagerungen zusammen mit den Seesanden abgelagert. An einigen Stellen wurde als geringmächtige Schicht ein Basistorf erbohrt (Versumpfungsmoor).

Zu einem späteren Zeitpunkt setzte die kontinuierliche Muddebildung ein. In dem im Alleröd (Laacher Tuff) existierenden flachen Gewässer, durch geringmächtige Seeablagerungen (bis zu 3 m) kenntlich, wird zuerst Algen- und später Detritusmudde abgelagert (Abb. 21).

Durch im Wasser flutende Braunmoose (*Drepanocladus*, *Calliergon*), diese fast unzersetzen Torfe enthalten einen Muddeanteil, kam es dann relativ rasch zur Verlandung des Kleingewässers. SUCCOW (1988) verwendet den Begriff der "infraaquatischen Torfbildung". Die Folge dieser Bildungen erreicht eine Mächtigkeit von bis zu 3 Metern.

Das so entstandene Kesselmoor entwickelte sich dann über ein Seggenmoor mit stärker zersetzten Torfen zu einem sauer-oligotrophen Torfmoos-

Moor mit schwach zersetzten Torfen und Resten von *Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium oxycoccus*.

Das aus den moorstratigraphischen Untersuchungen des größeren Kesselmoores abgeleitete, oben beschriebene Schema der See- und Moorentwicklung kann auch in dem Kesselmoor ('Kleines Moor Alte Dorfstelle') im direkten Randbereich des Beelitzer Sanders nachvollzogen werden.

Die Mächtigkeit der organogenen Ablagerungen ist dort zwar bedeutend geringer, doch ist die Folge Algenmudde mit Laacher Tuff, Detritusmudde, Braunmoos-, Radizellen- und Sphagnum-Torf vorhanden. Am tiefsten Punkt, im Randbereich des nicht symmetrischen Beckens, sind etwa 6 Meter Mudde- und Torfablagerungen erbohrt worden.

Auch in einem Nebenmoor, daß durch eine von Fein- bis Grobsanden aufgebaute Schwelle von dem eben beschriebenen abgetrennt ist, ist die Sedimentfolge Detritusmudde, stark zersetzter Radizellentorf und schwach zersetzter *Sphagnum*-Torf erhalten. Hier ist an der Basis der 2.4 m mächtigen organogenen Ablagerungen ein schwach zersetzter Braunmoostorf ausgebildet, der am Beginn der See- und

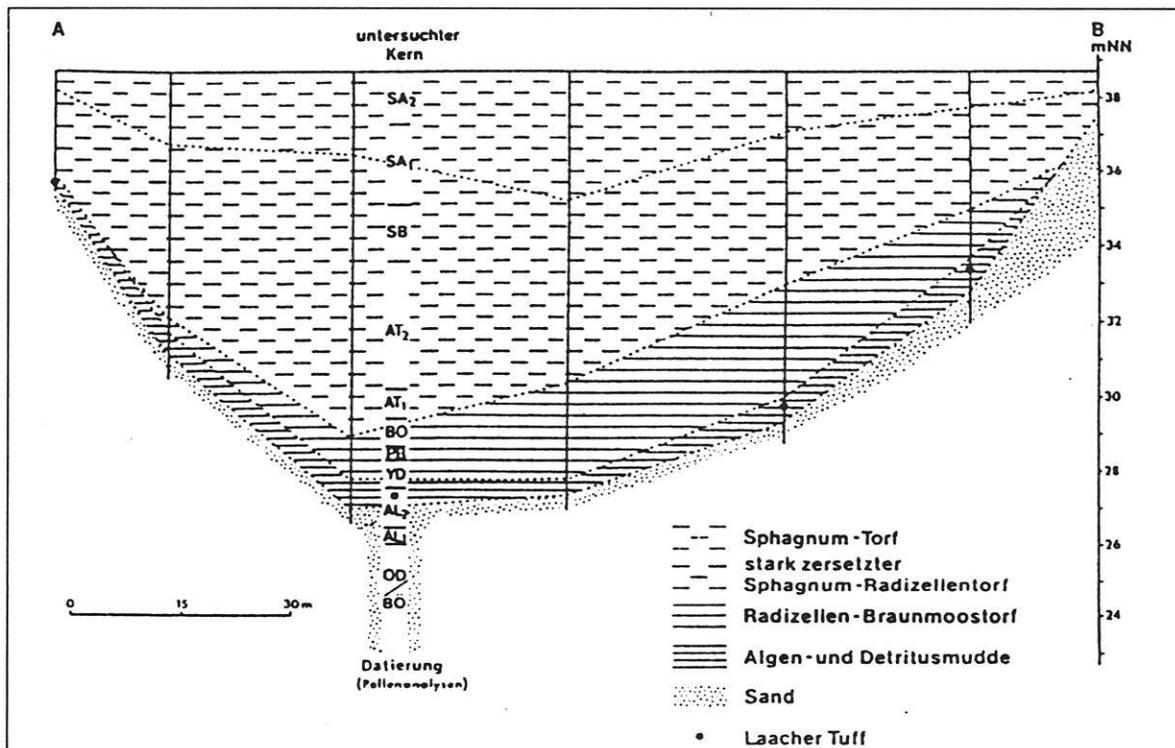


Abb. 21: Stratigraphischer Schnitt Ferch (Lage des Schnittes A - B siehe Abb. 4).

Moorentwicklung eine Versumpfungsmoorbildung dokumentiert.

Unterhalb der schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfe weisen die stärker zersetzten Radizellentorfe höhere Sandanteile auf. In dieser Phase stagnierender Moorentwicklung kam es (Bewaldung?) im Randbereich des Beelitzer Sanders, der mit einer sehr steilen Kante (Sanderinnenkante) zu dem untersuchten kleineren Kesselmoor abfällt, zu stärkeren Sandeinträgen. Entsprechend hohe Sandanteile konnten in dem größeren Kesselmoor nicht erfaßt werden.

Die in den Randbereichen der Moore auf Mineralboden (Mittel- bis Feinsande) als **Versumpfungsmoor** aufgewachsenen, geringmächtigen schwach zersetzten Torfmoos-Torfe belegen die bis in dieses Jahrhundert günstigen Moorbildungsbedingungen.

Die seit Beginn der 80er Jahre ausgeweitete Förderung von Grundwasser in der Fercher Rinne führte im Bereich der Moore zu einer Grundwasserabsenkung von bis zu 1.5 Metern. Dies bedeutete für die Moore eine oberflächliche Entwässerung und Mineralisierung und damit Vererdung der obersten Torfschicht.

Zu den gut sichtbaren Veränderungen gehört die Moorsackung, die hier allerdings nicht das Ausmaß wie in den Grunewaldmooren erreichte. Sie beträgt in dem kleineren Kesselmoor maximal 1 Meter, in dem größeren bis zu 50 cm. Eine im Untergrund des Großen Kesselmoores vorhandene Schwelle war so an der Oberfläche sichtbar. Die hier nur 6 Meter mächtigen organogenen Ablagerungen (in der Nähe dagegen etwa 12 Meter) sind weniger stark gesackt. Kiefern- und Birkenjungwuchs konnte sich auf den nun trockeneren Standorten leichter ansiedeln.

Zu den Ergebnissen der moorstratigraphischen Untersuchungen gehört die Erkenntnis, daß Austrocknung und Wiedervernässung schon unter natürlichen Bedingungen stattgefunden haben (Stagnationsphase im Atlantikum). Diese führten jedoch nicht zu einer länger anhaltenden Bewaldung der Moorflächen.

Im Vergleich zu den Kesselmooren im Berliner Grunewald, zeigen die Moore im unmittelbaren Randbereich des Beelitzer Sanders deutlich mächtigere limnische und telmatische Bildungen. In einem zum Kaniner Tal entwässernden Rinnenmoor (bei Kemnitzerheide) wurden ebenfalls organogene

Ablagerungen (vor allem Braunmoostorfe) von mehr als 12 Meter Mächtigkeit erbohrt.

Die in der Fercher Niedertaulandschaft nach dem Ausschmelzen des Toteises hinterlassenen abflußlosen Hohlformen sind sehr viel deutlicher ausgeprägt als die innerhalb der Grunewaldrinne gelegenen.

6.2 Probennahme zur Paläoökologie

Grunewaldmoore

Zur Probenentnahme wurde ein Kammerbohrer des Systems JEWSEY der Firma Eijkelkamp (Niederlande) benutzt. Dieses Gerät ermöglicht die Entnahme im Profil ungestörter Bohrkerne, die zunächst für die Profilbeschreibung herangezogen wurden. Die Entnahme des Materials für die Analysen konnte so aus definierten Tiefen erfolgen.

In den beiden Moorgebieten wurden neun Probeentnahmeorte ausgewählt. Um jahresperiodische Veränderungen feststellen zu können, wurden je eine Probenserie im Frühjahr und Winter 1989 durchgeführt. Die Probennahme für die erste und vollständige Analysenserie erfolgte im April 1989. Die zweite Serie wurde im Dezember 1989 an den gleichen Stellen entnommen. Dabei wurden durchschnittlich vier Tiefen im Frühjahr bzw. drei Tiefen im Winter beprobt. Die genaue Lage der Bohrungen sind den Abbildungen 2 und 3 zu entnehmen.

Im einzelnen wurden jeweils zwei Punkte in den Schwingrasenflächen von Bars- und Pechsee ausgewählt, die in zwei Tiefen (0 - 10 und 40 - 50 cm) beprobt wurden, sowie jeweils zwei Stellen der trockenen, die Seeflächen umgebenden Moorgebiete in Tiefen von 0 - 10, 40 - 50, 90 - 100 und 135 - 145 cm. Im Herbst wurde auf die Beprobung des untersten Horizontes verzichtet, da keine jahresperiodischen Veränderungen zu erwarten waren. Aus dem gleichen Grund wurden nur noch pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit sowie die Kationen der wasserlöslichen und der pflanzenverfügbaren Fraktionen bestimmt.

Um auch einen Eindruck von den Nährstoffverhältnissen in den stärker vom Menschen überformten und schon länger ausgetrockneten Moorsenken zu erhalten, wurde der Bohrpunkt 9 gewählt. Dieser befindet sich zwischen Barssee und seinem nördlichen Nebenmoor, nahe dem Standort der Wetterhütte. Wegen des hier stark differenzierten Profils

wurden Proben aus den Tiefen von 0 - 10, 20 - 30, 40 - 50, 90 - 100 und 135 - 145 cm entnommen.

Fercher Kesselmoor

Die in den Mooren vorgenommenen zahlreichen Sondierungen dienten unter anderem der Festlegung eines geeigneten Profils für die sedimentkundlichen Untersuchungen. In dem 'Großen Moor bei Alte Dorfstelle' wurde im Senkentiefsten (Abb. 21) eine über 17 m mächtige Folge von limnischen und telmatischen Ablagerungen in drei am gleichen Standort vorgenommenen Bohrungen erschlossen.

Für die Pollen- und Makrorestanalyse sowie die chemischen Analysen war eine genaue feinstratigraphische Aufnahme erforderlich. Diese ist in der Regel bei Wassergehalten der Sedimente von über 95 % durch konventionelle Bohrverfahren nicht gewährleistet. Daher kam für die Probennahme in den obersten drei Metern ein besonderes Tiefgefrierbohrgerät zum Einsatz.

Dieses ursprünglich von der LINDE AG zur Vereisung von Bauschachtwänden entwickelte Verfahren hat sich bei der Probenentnahme in limnischen Sedimenten bewährt (AHRENS 1991). Hierbei wird eine 3 m lange Stahlrohrlanze mit 7 cm Durchmesser in das Sediment abgesenkt. Durch eine Kupferrohrleitung wird dann als Kältemittel flüssiger Stickstoff bis zur festgelegten Austrittstiefe zugeführt. Nach etwa 1 Stunde wird dann die Stahlrohrlanze mit dem gefrorenen Torfkörper über einen Flaschenzug, der an einem Dreibeinstativ befestigt ist, geborgen. Die als Blockproben von bis zu 20 cm Breite gewonnenen Kernstücke werden dann in Aluminiumfolie verpackt und tiefgefroren in das Labor transportiert.

Die bei Absenkung und Bergung der Stahlrohrlanze auftretenden Fehler durch Vermischungen, Verschleppungen und Stauchungen sind als gering einzustufen, da die Absenkung des Bohrgeräts in die schwach zersetzten hoch wassergesättigten Torfe leicht möglich war. Potentielle Fehlerquellen sind darüberhinaus bei AHRENS (1991) beschrieben. Nach dem oben beschriebenen Verfahren war eine Beprobung bis in eine Tiefe von 270 cm möglich.

Die übrigen Proben wurden durch Stechrohrbohrungen nach LIVINGSTONE gewonnen. Dabei wird in dem von MERKT & STREIF (1970) modifizierten Verfahren ein Stahlrohr in das Sediment gedrückt. Dann wird bei der vorgegebenen Beprobungstiefe

ein Verschlußklemmkolben ausgelöst und das offene Stahlrohr bis zur Endtiefe gebracht. Durch Reibung und Vakuum wird das Sediment bei der Bergung im Rohr gehalten. Durch einen Auspreßkolben wird das Sediment dann aus dem Rohr gedrückt und verpackt.

Für die Abteufung und Beprobung der unter den organischen Sedimenten liegenden limnischen Sande wurde ein Motorhammer benutzt.

Insgesamt wurden auf einer Fläche von etwa 4 m² drei Stechrohrbohrungen am Standort des mittels Gefrierkernverfahren gewonnenen Profils vorgenommen. Dabei erreichte die tiefste eine Teufe von 17 m (20.75 m NN). Damit war hier die maximale Tiefe für eine teufengerechte Beprobung nach dem LIVINGSTONE-Verfahren erreicht.

Die Beprobung erfolgte nach der makroskopischen Ansprache im Labor in den nach Zersetzungsgrad und Torfart und nach Art der limnischen Ablagerungen unterschiedenen Schichten. In dem rein organischen, oberen Profilabschnitt wurden im April 1991 bis in eine Tiefe von 12 m insgesamt 14 Proben entnommen. Aus den beiden parallel im April 1992 vorgenommenen Stechrohrbohrungen wurden zusätzlich 25 Proben aus dem weniger einheitlichen sandigen Sedimentkörper von 12.12 bis 17.00 m entnommen.

6.3 Geochemische und -physikalische Analysen

Ein sehr geringes Nährstoffangebot, welches zum Entstehen stark spezialisierter Pflanzengesellschaften führt, ist das Kennzeichen oligotropher Moore. Die Sättigung des Torfkörpers mit Wasser erschwert Mineralisierungs- und Humifizierungsvorgänge und damit die Verfügbarkeit der vorhandenen Nährstoffe. Durch Austrocknung der Torfschichten ergibt sich ein stark veränderter Bodenchemismus. Humifizierung und Mineralisierung werden verstärkt, so daß es zu einem Abbau des Torfkörpers und damit zu einer Nährstoffanreicherung in den obersten Schichten kommt.

Aus den Ergebnissen vegetationskundlicher Arbeiten (SUKOPP et al. 1970, SUKOPP & BÖCKER 1971, SEIDEL 1985, SCHOPPE 1985) läßt sich ableiten, daß die Kesselmoore an Bars- und Pechsee heute als mesotroph einzustufen sind. Die vegetationskundliche Bearbeitung der Fercher Moore von

MÜLLER-STOLL & NEUBAUER (1965 und 1987/88) und der heutige Zustand lassen für das 'Große Moor bei Alte Dorfstelle' noch einen oligotrophen Status erkennen, während das 'Kleine Moor bei Alte Dorfstelle' eher meso- bis eutrophe Standortbedingungen anzeigt.

Die Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen sollen zum einen Grundlage der Einschätzung sein, auf welcher Trophiestufe die Moorschutzgebiete zu erhalten bzw. zu regenerieren sind; zum anderen sind sie als standortkundliche Aufnahmen des Status quo anzusehen, die nach erfolgten Maßnahmen zum Vergleich herangezogen werden und Einschätzungen über Erfolg oder Mißerfolg der Wiedervernässungsmaßnahmen ermöglichen sollen. Die durch die geochemischen und -physikalischen Untersuchungen ermittelten abiotischen Standortfaktoren können den in den einzelnen Entwicklungsabschnitten erfaßten Paläo-Biozönosen zugeordnet werden.

6.3.1 Parameter und Methoden

Für die geochemischen und -physikalischen Untersuchungen wurden die folgenden Parameter ausgewählt (Tab. 12):

Parameter	Ferch	Bars- und Pechsee
pH-Wert	+	+
Elektr. Leitfähigkeit	+	+
Wassergehalt	+	+
Glühverlust	+	+
Eff. Lagerungsdichte	+	+
NH ₄ - u NO ₃ -Gehalt	-	+
C- u. N-Gehalt	+	+
S-Gehalt (Gesamt)	+	-
Wasserlösliche Nährstoffe	-	K, Mg, Ca, Na, NH ₄ , NO ₃ , PO ₄ , SO ₄ , Cl
Pflanzenverfügbare Nährstoffe	K, Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Al, P	K, Mg, Ca, Na, Fe, P
Austauschbare Nährstoffe	K, Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Al, P	K, Mg, Ca, Na, Fe
Gesamtgehalt Nährstoffe	Mg, Ca, Fe, Mn, Al, P, Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, B, Zn	-
Potentielle KAK	+	+

Tab. 12: Untersuchte Parameter in den Kesselmooren.

Die Untersuchung der **elektrischen Leitfähigkeit** an den feldfrischen Proben in der Wasser-Suspension gestattet Rückschlüsse auf den Gesamt-Mineralstoffgehalt (Elektrolytgehalt) der Probe. Die Leitfähigkeit eines Stoffes ist der reziproke Wert seines Widerstandes. Je höher der Elektrolytgehalt einer Lösung ist, desto geringer ist also ihr Widerstand bzw. desto größer ihre Leitfähigkeit. Die Leitfähigkeit wird in Siemens angegeben.

Der **pH-Wert** der Torfproben wurde elektrometrisch mit einer Glaselektrode in Suspension gemessen. Als Aufschlammungsmittel diente eine 0.01 m CaCl₂-Lösung, um den sogenannten Suspensionseffekt weitestgehend auszuschalten. Dieser beruht darauf, daß der pH-Wert beim Eintauchen der Glaselektrode in die Bodensuspension durch Diffusionspotentiale an der Vergleichselektrode tiefer liegt als in der darüberstehenden, klaren Lösung. Zu Vergleichszwecken mit in H₂O gemessenen Literaturwerten wurde zusätzlich mit Wasser-Suspension gemessen. Die gemessene Probe und das Aufschlammungsmittel stehen dabei im Verhältnis 1 : 2.5. Der pH-Wert beeinflusst die Löslichkeit vieler Stoffe und deren Konzentration im Porenwasser und damit auch die Nährstoffverfügbarkeit.

Die Feststellung des **Wassergehaltes** bzw. der Trockenmasse erfolgte durch Trocknung feldfrischer Proben bei 105°C im Trockenschrank. Diese erfolgte unmittelbar nach der Probeentnahme, da sich hier bei längerer Lagerzeit höhere Abweichungen ergeben können. Durch die Verbrennung der so getrockneten Proben bei ca. 550°C wurde nach 12 Stunden der **Glührückstand** bestimmt. Bei Berücksichtigung des Karbonatgehaltes der Proben ergibt sich näherungsweise der Anteil der **organischen Substanz**. Durch verschiedene Prozesse können während des Glühens chemische Umwandlungen erfolgen, z. B. von Sulfiden und Eisenkarbonaten.

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung des Wasser- und Nährstoffhaushaltes sowie der Wasserdurchlässigkeit ist die **Lagerungsdichte**. Unter Lagerungsdichte wird die Rohdichte trocken als Quotient von Masse und Bodenvolumen verstanden. Die Messung der Lagerungsdichte erfolgt durch die Entnahme von Torfen mittels Stechzylinder im Gelände und deren Trocknung bei 105° C.

An den feldfrischen Proben wurden an Bars- und Pechsee verfügbares Nitrat und Ammonium bestimmt.

Die Bestimmung des verfügbaren mineralisierten Stickstoffs erfolgte photometrisch. Als verfügbar sind NH_4 - und NO_3 -N der Bodenlösung sowie austauschbar gebundenes NH_4 -N anzusehen, da eine NO_3 -Sorptions im Boden praktisch nicht stattfindet. Der Einsatz einer Kalium-Aluminiumlösung als Extraktionsmittel der feldfrischen Proben erleichtert, durch die flockende Wirkung des Aluminium, die Trennung von Probe und Extraktionslösung. Für die Bestimmung des Nitrat (NO_3^-) wurde eine Natriumsalicylat-Lösung, die mit konzentrierter Schwefelsäure eine gelbliche Färbung bildet, und für die Bestimmung von Ammonium (NH_4^+) Neßlers Reagenz verwendet, das in der Lösung eine gelblich-braune Farbe aufweist. Beide Lösungen wurden mit einer Eichreihe bei 410 nm (NO_3^-) und 436 nm (NH_4^+) am Spektralphotometer CADAS 100 gegen einen Blindwert gemessen. Bei dieser Analyse wurde je Probe eine Dreifachmessung vorgenommen.

Alle weiteren Analysen erfolgten an den bei 105° C getrockneten und in einer Scheibenschwingmühle gemahlene Proben.

Die Bestimmung von C- und N-Gehalt sowie die Errechnung des C/N-Verhältnisses dient der Feststellung des Mineralisierungsgrades des Torfkörpers sowie der trophischen Kennzeichnung der Torfe. Zur Errechnung des C/N-Verhältnisses wurden die C- und N-Gehalte der Proben bestimmt. Die Methode beruht auf der trockenen Verbrennung in reiner O_2 -Atmosphäre und gaschromatischer Bestimmung des entweichenden CO_2 und N_2 . Als Apparatur diente das Gerät "Nitrogen Analyse 1500".

Die folgenden Nährelemente wurden zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes ausgewählt:

- Kationen: K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , NH_4^+
- Anionen: NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^-

An den Fercher Profilen wurden das Kation Ammonium und die Anionen Nitrat, Sulfat und Chlorid nicht bestimmt. Die oben genannten Kationen wurden an Bars- und Pechsee in ihren wasserlöslichen, pflanzenverfügbaren (= verfügbaren) und austauschbaren Fraktionen bestimmt, die Anionen nur in ihrer wasserlöslichen Fraktion.

Zur Extraktion der wasserlöslichen Kationen wurde Wasser, zur Extraktion der pflanzenverfügbaren Fraktion Ammoniumlaktatessigsäure und zur Ex-

traktion der austauschbaren Fraktion Ammoniumazetat verwendet (Verhältnis Probe zu Extraktionslösung: 1 : 5 und 1 : 10).

Die Proben aus dem Fercher Moor wurden zusätzlich mit Salpeter- und Perchlorsäure aufgeschlossen, um die Gesamtgehalte zu ermitteln (s. PACHUR & RÖPER 1987). Hierbei gehen außer den Silikaten alle Komponenten in Lösung. Für die Kaliumbestimmung wurde zusätzlich der Königswasseraufschluß verwendet. Die Bestimmung der einzelnen Elemente ist am AAS (Atom-Absorptions-Spektral-Photometer) sowie an dem ICP-AES (Atom-Emissions-Spektral-Photometer) vorgenommen worden. An dem ICP-AES wurden folgende Elemente gemessen: Ca, Mg, Fe, Mn, Al, P sowie die Schwermetalle Pb, Cd, Cr, Ni, B, Cu und Zn.

Über die meßtechnischen Fehlergrenzen bei diesem Verfahren berichtet AHRENS (1991). Danach zeigen die Meßergebnisse von AAS- und ICP-AES-Analytik eine gute Übereinstimmung. Die Ergebnisse der ICP-AES-Messungen liegen um bis zu 10 % unter denen der AAS-Messungen. Bei einem Vergleich zwischen Phosphat-Bestimmungen an dem ICP-AES und dem photometrischen Nachweis der Phosphor-Blau-Methode zeigen sich nach AHRENS (1991) noch geringere Abweichungen (ICP-AES-Daten etwa 3 % unter denen der Photometer-Daten). Daher können die Messungen aus den Grunewaldmooren, die an dem AAS vorgenommen wurden, unter Berücksichtigung der eben genannten Abweichungen mit den an dem ICP-AES gemessenen Fercher Proben verglichen werden.

Die untersuchten Anionen wurden mit Wasser extrahiert. Zur Messung der Gehalte an Chlorid, Nitrat, Phosphat und Sulfat diente ein Anionen-Analyser.

Für die erwarteten geringen pflanzenverfügbaren Phosphormengen wurde die kolorimetrische Bestimmung als reduzierter Phosphat-Molybdat-Komplex ("Phosphor-Blau-Methode") nach JACKSON (s. PACHUR & RÖPER 1987) verwendet. Die Messung erfolgte am Photometer bei 578 nm (665 nm an den Fercher Proben) gegen eine Eichreihe.

Zusätzlich wurde in allen organogenen Proben die potentielle Kationenaustauschkapazität mit der Natrium-Azetat-Methode bestimmt. Bei dieser Methode werden zunächst alle austauschbaren Kationen durch Na^+ verdrängt und anschließend die Na-Ionen mit einer NH_4 -Lösung extrahiert. Der Na-Gehalt

wurde dann mit dem AAS (Ferch) bzw. Flammenphotometer (Bars- und Pechsee) gegen Eichlösungen in Ammonium-Azetat gemessen.

Die **Basensättigung** (V-Wert) ergibt sich aus dem prozentualen Anteil der Summe von austauschbarem Ca, Mg, K und Na an der KAK, die Menge dieser Ionen in mval/100 g ergeben den S-Wert.

In den Fercher Proben wurden folgende zusätzliche Bestimmungen durchgeführt:

Die **Schwefel**-Bestimmung wurde am S-mat 500 der Firma Ströhlein Instruments vorgenommen. Die Ermittlung des Schwefelanteils erfolgte bei etwa 1400° C über die IR-Absorption des so entstandenen Schwefeldioxids. Zur Eichung des Gerätes dient getrocknetes Silbersulfat.

Mit der **Röntgendiffraktometrie** wurde qualitativ der Mineralbestand der Sedimente erfaßt, hierbei waren Quarz, Calcit und Pyrit nachweisbar. Problematisch sind die Proben mit sehr hohen Gehalten an organischer Substanz, da diese durch ein höheres Grundrauschen die Identifizierung anderer Peaks erschwert.

Eine **Korngrößenanalyse** wurde nur an den sandigen Proben aus dem unteren Profilabschnitt des Fercher Moores vorgenommen (1251 - 1510 cm, Kern A: 1212 - 1605 cm und Kern B: 1220 - 1700 cm). Hierbei wurden lediglich die Fraktionen > 63 µ mittels Naß- und Trockensiebung ermittelt.

6.3.2 Ergebnisse

Im Folgenden wird zunächst eine Beschreibung der einzelnen Analyseergebnisse (s. Anlage 3) vorgenommen, die dann in eine vergleichende Bewertung der untersuchten Kesselmoore mündet.

6.3.2.1 Bars- und Pechsee

Die *Sphagnum*-Torfe am Barssee zeigten in den Bohrungen 1 und 2 bis 50 cm Tiefe sehr niedrige pH-Werte unter 3.0 (CaCl₂). Sie steigen zur Basis hin um eine Zehnerpotenz an und erreichten in den Radizellen-Torfen mäßig saure Werte (> 4.0). Die Bohrung 9, in der schon länger entwässerten und als Wiese genutzten nördlichen Moorsenke gelegen, zeigte hingegen höhere pH-Werte. Sie erreichten in der zur Bewirtschaftung der Wiesen aufgebrachten

Sandauflage den höchsten Wert (pH= 5.6). Die darunter liegenden, nicht vererdeten Torfe zeigten wiederum einen pH von ca. 4.0.

Die am Pechsee beprobten *Sphagnum*-Torfe (Bohrungen 7 und 8) zeigten bis zu einer Tiefe von 100 cm sehr niedrige pH-Werte. Ein im Vergleich zum Barssee geringerer Anstieg ist erst in dem Horizont von 135 - 145 cm zu verzeichnen (bis 3.5).

Die in den Schwingrasen entnommenen Proben (Nr. 3 - 6) zeigten ebenfalls im oberen Horizont der sehr wässrigen Radizellen-Torfen leicht niedrigere pH-Werte (4.3 - 5.0) als in den darunter liegenden Detritus-Mudden: 4.4 - 5.5. Das untersuchte *Sphagnum*-Polster zeigte im Vergleich die niedrigsten Werte (< 4.0). Auf den Schwingrasenflächen am Barssee war, im Gegensatz zu den Moorstandorten, eine deutliche Abnahme des pH-Wertes im Sommerhalbjahr zu verzeichnen (Witterungseinfluß). Während die übrigen Proben nur geringe Veränderungen zeigten, ist hier eine pH-Abnahme um ca. 0.5 ermittelt worden.

Die **elektrische Leitfähigkeit** als Ausdruck des Gesamt-Mineralstoffgehaltes nahm in beiden Kesselmooren zur Basis der beprobten Profile ab. Eine deutliche Abnahme erfolgte zu den ganzjährig wassergesättigten Horizonten auf 1/2 bis 1/3 der in den vererdeten Torfen gemessenen Leitfähigkeiten. Eine Ausnahme bildete wiederum die Bohrung 9. Hier wiesen sowohl Sand- und Humusaufgabe, als auch die unteren Horizonte niedrige Leitfähigkeiten auf, während die Torfe in 30 bis 40 cm Tiefe einen höheren Mineralstoffgehalt zeigten.

Die Schwingrasenstandorte sind durchgängig sehr schlecht mit Mineralstoffen versorgt. Die (mit 2.5 Teilen destilliertem Wasser versetzten) Proben wiesen am Barssee Werte bis 82 µS/cm und am Pechsee bis 33 µS/cm auf. Im obersten Torfhorizont (außer bei Bohrung 8) war im Dezember 1989 im Vergleich zum Frühjahr, eine deutliche Zunahme der Leitfähigkeiten zu verzeichnen. Hier erfolgte bei sinkenden Wasserständen eine Konzentration der im Wasser gelösten Mineralstoffe.

Der **Glühverlust** der Proben, der in den sehr sauren Proben mit geringem Karbonatanteil etwa dem Anteil der organischen Substanz entspricht, erreichte in den unveränderten Torfen an Bars- und Pechsee Werte über 90 % (90.0 - 98.6 %). Der vererdete oberste Horizont zeigte hingegen organische Gehalte von ca. 85 %, die anthropogene Sandaufgabe in

der nördlichen Moorsenke am Barssee hatte nur einen geringen organogenen Anteil (1.2 %). Die Proben von den Schwingrasenstandorten wiesen eine Varianz von 72.1 - 95.1 % auf, mit geringeren Gehalten im oberen Horizont, mit Ausnahme des *Sphagnum*-Polsters (92.7 %).

Die Wassergehalte der Proben waren in beiden Mooren in den oberen 10 cm am geringsten (74.1 - 82.4 %), lagen in allen übrigen Proben aber über 85 % (85.6 - 95.1 %). Die Schwingrasenstandorte wiesen durchgängig Wassergehalte von etwa 95 % auf (91.6 - 96.3 %).

Die Lagerungsdichte der vererdeten Torfe war deutlich höher (Barssee: 0.15 g/cm³, Pechsee: 0.18 g/cm³) als in den schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfen (0.13 - 0.05 g/cm³). Daraus läßt sich ein Substanzvolumen von < 5 bis 7.5 % schätzen.

Die Bestimmung des verfügbaren Stickstoffs, Ammonium und Nitrat der Bodenlösung sowie austauschbar gebundenes Ammonium, ergab einen deutlich höheren Anteil von Ammonium gegenüber Nitrat. Die Gehalte an Ammonium und Nitrat lagen in den feldfrisch analysierten Proben, bezogen auf die Trockensubstanz, sowohl in den vererdeten Torfen (1, 2, 7 und 8) als auch in dem oberen Horizont der Schwingrasenflächen am Barssee (3 und 4) deutlich über dem der darunter liegenden Horizonte. Am Pechsee waren in den Schwingrasenflächen (5 und 6) die Ammoniumgehalte niedriger als am Barssee, Nitrat war hier nicht mehr nachweisbar (< 1.0 mg/kg NO₃).

In der Bohrung 9 am Barssee überwog bis in 50 cm Tiefe der Anteil des Nitrats und belegt damit die Aktivität nitrifizierender Bakterien.

Die Konzentrationen der wasserlöslichen Anionen Nitrat, Phosphat und Sulfat, die am Anionen-Analyser gemessen wurden, waren in der wassergesättigten Zone (< 60 cm in den Bohrungen 1, 2 und 7) niedriger als in der oberen, nur zeitweise wassergesättigten Zone. Chlorid verhält sich dagegen indifferent und war diffus über das gesamte Profil verteilt. Die Schwingrasenflächen (3 bis 6) zeichneten sich durch sehr geringe NO₃- und PO₄-Gehalte aus. Auffällig war der sehr hohe SO₄-Gehalt (4421 mg/kg) auf der Ostseite des Barssees (Bohrung 3) mit etwa 6 mal höheren Konzentrationen als in den übrigen Schwingrasenproben.

Die im wesentlichen im Boden auftretenden wasserlöslichen Salze wie NaCl, Na₂SO₄, CaCO₃, Na₂CO₃,

MgSO₄, MgCO₃ und CaSO₄ ändern im Unterschied zu anderen Mineralien ihren Gehalt in Abhängigkeit von der Witterung oft stark, so daß sie im Jahresverlauf öfter bestimmt werden sollten. Dies war im Untersuchungszeitraum jedoch, mangels finanzieller Möglichkeiten und Laborkapazitäten, nicht möglich.

Für die Extraktion wurde eine relativ hohe Verdünnung gewählt (1 : 20), da durch die hygroskopische Fähigkeit des Torfes nur so ausreichend Analysematerial gewonnen werden konnte.

Phosphor wurde in seiner pflanzenverfügbaren Fraktion mit Ammoniumlaktatessigsäure als Extraktionsmittel bestimmt. Hierbei wurden sehr geringe Phosphor-Gehalte ermittelt, die lediglich in den vererdeten Torfen Konzentrationen über 5 mg/kg erreichen. Bei diesen zeigte sich von April zu Dezember eine deutliche Abnahme der Phosphat-Gehalte. Die übrigen Proben wiesen Werte an oder unter der Nachweisgrenze (= 1 mg/kg) auf. Ebenso niedrige Phosphor-Gehalte wurden auf den Schwingrasenflächen ermittelt. Das untersuchte *Sphagnum*-Polster wies, im Gegensatz zu allen übrigen Proben, im Dezember gegenüber April einen deutlich höheren Phosphor-Wert auf. Dies belegt die Funktion der Torfmoose als Ionentauscher, da diese die im Wasser gelösten Nährstoffe, vor allem auch Kalium, gegen H⁺-Ionen austauschen. Infolgedessen sank im gleichen Zeitraum der pH-Wert.

Die beprobten Torfe wiesen in 40 bis 145 cm Tiefe sehr hohe C/N-Werte (niedrige N_c-Werte) auf. Sie sind als oligotroph zu bezeichnen. Die höchsten Werte, die nach SUCCOW (1988) als mesotroph einzustufen sind, traten im obersten vererdeten Horizont auf. Die Menge des Gesamtstickstoffs war hier bezogen auf das Sedimentvolumen in kg/ha auf 2 dm (bei Berücksichtigung der effektiven Lagerungsdichte) um das drei- (2, 7 und 8) bis zehnfache (1) höher als in den darunter liegendem Horizont (40 - 50 cm). Am Pechsee nahm der Stickstoffgehalt nach unten (90 - 100 cm) weiter ab.

Die Schwingrasenflächen zeigten relativ niedrige C/N-Werte, bis auf das in Bohrung 4 beprobte *Sphagnum*-Polster.

Die Kohlenstoffgehalte lagen in den Torfproben bei über 45 %. Lediglich der oberste vererdete Horizont zeigte etwas niedrigere Gehalte.

Die Nährelemente wurden in ihren wasserlöslichen, pflanzenverfügbaren und austauschbaren Fraktionen

bestimmt. Dabei zeigten die einzelnen Elemente die niedrigsten Werte in ihrer wasserlöslichen Fraktion. Von den gemessenen Kationen wies das leicht wasserlösliche Element **Natrium** die niedrigsten Konzentrationen auf. Die pflanzenverfügbaren Gehalte waren nur unwesentlich höher, der mit Ammoniumazetat lösliche Natrium-Anteil lag z. T. darunter. Es war relativ gleichmäßig über die beprobten Horizonte verteilt.

Bei den übrigen Kationen wiesen im oberen vererdeten Horizont die volumenbezogenen Werte ein Maximum auf, mit Ausnahme des Magnesiums. Dies war besonders deutlich bei **Kalium**, das hier die vier- bis zehnfache pflanzenverfügbare Menge (65 bis 134 kg/ha auf 2 dm) gegenüber den darunter liegenden Horizonten aufwies. Dabei zeigte sich auf allen Moorstandorten (1, 2, 7 und 8) eine Abnahme der Kalium-Gehalte im Jahresverlauf. Die Gehalte an austauschbar gebundenem Kalium waren nur unwesentlich höher als die der pflanzenverfügbaren.

Bei **Calcium** lag der größte Anteil in austauschbar gebundener Form vor, wobei wiederum der oberste Horizont am besten versorgt war. Auch bei diesem Element zeigte sich nach dem Sommerhalbjahr 1989 eine Abnahme der Konzentration.

Magnesium zeigte gegenüber den anderen Elementen vom obersten vererdeten Horizont zu den unteren schwächer zersetzten Torfen eher eine Zunahme der Konzentration. Für die gemessenen wasserlöslichen und pflanzenverfügbaren Gehalte ließen sich keine deutlichen Änderungen im Jahresverlauf feststellen. Bei diesem Element war der austauschbare Anteil am größten, die wasserlösliche Menge war ebenso wie bei Calcium sehr gering.

Bei **Eisen** war der pflanzenverfügbare Anteil am höchsten, wobei die größten Gehalte im obersten Horizont vorlagen.

Die gemessenen Kationengehalte lagen auf den Schwingrasenflächen nur bei Eisen deutlich höher als in den Torfproben. Bei allen Elementen lagen die Konzentrationen an der Oberfläche deutlich über den in 40 - 50 cm gemessenen. Dies zeigten sowohl die gewichtsbezogenen als auch die volumenbezogenen Angaben. Die Versorgung der Schwingrasenstandorte mit Calcium war deutlich besser als mit Magnesium, Kalium und Natrium. Der austauschbare Anteil lag bei Calcium und weniger deutlich bei Magnesium höher als der pflanzenverfügbare und wasserlösliche Anteil, bei Kalium überwog der pflanzenverfügbare Anteil.

Die zwei untersuchten Standorte am Pechsee waren deutlich schlechter mit Nährstoffen versorgt als die am Barssee gelegenen. Dies galt besonders für den oberen Horizont am Barssee, wo für alle Fraktionen mindestens die doppelte Menge an Nährstoffen ermittelt wurde.

Die Summe der austauschbaren Kationen bilden die **Kationenaustauschkapazität (KAK)**. Da diese mit dem pH-Wert der Austauschlösung ansteigt, muß die KAK mit dem pH der Austauschlösung definiert werden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). So wird die KAK bei pH 7 - 7.5 als potentielle KAK und die KAK beim jeweiligen pH des Sediments als effektive KAK bezeichnet.

Die potentielle KAK lag in den Torfen zwischen 67 und 138 mval/100 g (= mmol/100 g) mit höheren Werten in den oberen Horizonten, in den Schwingrasenproben dagegen zwischen 43 und 61 mval/100 g.

Der Menge der austauschbaren Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen (= **S-Wert**), die ein Maß für die Basizität der Sedimente darstellen, war in den sehr sauren Torfen gering. Den größten Anteil an der potentiellen KAK nahm hier dissoziierbarer Wasserstoff ein (s. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989: 105). Der Anteil der Summe an austauschbarem Ca, Mg, K und Na an der KAK, **Basensättigung** oder **V-Wert** genannt, lag in den oberen Horizonten bei oder unter 10 %. Mit dem höheren pH-Wert in den darunter liegenden Sedimenten stieg dieser bis auf 26 %, in den Schwingrasenproben am Barssee bis 49 %. Die Werte von den Schwingrasenflächen am Pechsee lagen deutlich darunter (7 bis 23 %).

Die Zusammensetzung des Kationenbelages der telmatischen und limnischen Sedimente zeigt, daß, abgesehen von den H-Ionen aus den Huminstoffen, Calcium vorherrscht, gefolgt von Magnesium. Kalium und Natrium, es wird nur sehr schwach gebunden. Letztere waren dagegen nur mit weniger als 1 % an der potentiellen KAK beteiligt.

6.3.2.2 Fercher Moore

Die in limnischem Milieu abgelagerten Sande bis Kiese zeigten bis auf eine Ausnahme (Kern A: 1445 - 53) relativ hohe **pH-Werte** (in $\text{CaCl}_2 > 7.0$). Sie belegen unterhalb einer Tiefe von 1305 cm (Kern A) bzw. 1272 cm (Kern B) die Existenz eines Gewässers mit basischen Bedingungen. Die mindestens

9 m mächtigen minerogenen Sedimente zeigten auch durch die z. T. sehr zahlreichen Reste von Mollusken, Ostracoden und Characeen-Oogonien das oben benannte basische Milieu. Die darüber liegenden muddehaltigen Sande mit groben pflanzlichen Resten wiesen dagegen sehr niedrige pH-Werte auf (3.4 - 3.7). Dies bedeutet ein stark saures Milieu (Tab. 13, Abb. 22).

Die seit dem Alleröd abgelagerte Algen- und Detritusmudde zeigte niedrige pH-Werte (in CaCl₂ bei 6.0) und damit ein sehr schwach saures Milieu. Der pH-Wert blieb auch bei den im Wasser abgelagerten Braunmoostorfen relativ niedrig. Der unmittelbar

vor der Verlandung des Gewässers abgelagerte Braunmoostorf zeigte dagegen einen relativ hohen pH (7.3 in CaCl₂), basisch- subneutralen Milieubedingungen entsprechend.

Das durch die Verlandung entstandene Kesselmoor wiesen zunächst pH-Werte um 4.5 auf, also mäßig saure Standortbedingungen. Später trat eine fortschreitende Versauerung ein, der pH-Wert (CaCl₂) sank von 4.0 auf 3.3 ab, dies entspricht stark sauren Standortbedingungen.

Bei der Elektrischen Leitfähigkeit zeigten die mit 2.5 Teilen destilliertem Wasser versetzten Proben in

Tiefe (cm)	Sediment	Chronozonen	Glühv. %	pH	CaCO ₃ %	S %	Ca %	Mg %	K mg/l	Fe %	Mn %	Fe/Mn	C %	N %
952 - 970	Detritusmudde	V	90.8	5.9	1.8	1.12	0.70	0.03	-	0.72	0.01	65.5	53.2	3.77
1052-1070	Detritusmudde	III	42.6	5.9	1.7	0.90	0.68	0.28	109	1.43	0.02	89.4	22.4	1.76
1112-1127	Algenmudde	II	52.2	6.0	2.0	1.78	0.78	0.11	374	1.67	0.02	69.6	28.3	2.12
1127-1128	Laacher Tuff	II	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1132-1150	Algenmudde	II	68.8	5.9	2.1	3.31	0.85	0.14	91	2.34	0.02	138	36.7	2.68
Kern B														
1212-1216	SandigeMudde	II	10.3	3.6	0.6	3.20	0.25	0.23	205	2.47	0.04	63.3	4.6	0.34
1216-1223	Sand/Mudde	II	1.13	3.4	0.3	0.38	0.12	0.05	511	0.57	0.01	51.8	0.3	0.02
1272-1278	Sand/Mudde	II	2.81	7.5	7.2	0.44	2.89	0.51	202	1.44	0.05	32	1.8	0.05
1315-1320	Feinsand	II	1.60	7.7	12.1	0.17	4.82	0.28	118	0.90	0.05	16.7	2.2	0.03
1340-1348	Feinsand	Ibc	1.43	7.6	12.3	0.15	4.92	0.20	113	0.60	0.05	12	2.0	0.03
1370-1378	Mittelsand	Ibc	0.75	7.7	5.7	<0.1	2.28	0.13	89	0.39	0.02	17.7	1.0	0.01
1415-1420	Feinsand	Ibc	1.61	7.7	6.3	0.15	2.51	0.20	112	0.61	0.02	26.4	1.5	0.03
1455-1460	Mittelsand	Ibc	2.90	7.6	4.8	0.42	1.90	0.08	694	0.69	0.01	52.9	1.5	0.06
1475-1478	Mittelsand	Ibc	1.06	7.4	0.4	<0.1	0.15	0.04	440	0.25	<0.01	-	0.4	0.03
1502-1507	Mittelsand	Ibc	1.49	7.7	4.8	<0.1	1.91	0.10	715	0.37	0.02	23.3	1.0	0.03
1525-1530	Mittelsand	Ibc	0.62	7.8	1.4	<0.1	0.55	0.06	504	0.28	<0.01	-	0.3	0.01
1570-1575	Mittelsand	Ibc	0.25	7.7	1.4	<0.1	0.56	0.05	405	0.21	<0.01	-	0.2	0.01
1595-1605	Mittelsand	Ibc	0.72	7.5	0.4	<0.1	0.17	0.04	654	0.23	<0.01	-	0.3	0.01
Kern A														
1220-1225	Mittelsand	II	0.30	3.7	<0.2	<0.1	<0.1	0.03	413	0.16	<0.01	-	0.1	0.01
1272-1280	Feinsand	II	2.82	3.4	0.4	0.69	0.14	0.07	679	0.94	0.01	94	1.0	0.06
1305-1315	Feinsand	II	0.76	7.6	6.9	0.16	2.74	0.07	345	0.38	0.01	27	1.1	0.02
1380-1387	Feinsand	II	2.80	7.4	16.6	0.83	6.63	0.19	104	1.16	0.04	29.7	3.2	0.08
1445-1453	Mittels., Pfl.	Ibc	1.88	3.0	0.2	0.56	0.10	0.06	574	0.58	<0.01	-	0.6	0.04
1480-1486	Feinsand	Ibc	1.93	7.6	12.4	0.20	4.96	0.38	179	1.12	0.05	21.5	2.3	0.03
1515-1520	Feinsand	Ibc	0.80	7.5	33.0	0.29	13.2	0.36	144	1.62	0.59	2.7	5.4	0.06
1532-1540	Kalk	Ibc	7.34	7.3	57.0	<0.1	22.8	0.21	516	3.63	2.22	1.6	9.2	0.08
1580-1585	Kalk	Ibc	3.16	7.3	45.5	0.16	18.2	0.36	135	1.86	0.70	2.6	6.9	0.07
1600-1660	Mittelsand	Ibc	1.17	7.7	4.5	0.11	1.79	0.06	307	0.48	0.01	34.1	0.8	0.02
1660-1680	Mittelsand	Ibc	0.85	7.6	9.7	0.20	3.86	0.38	122	1.01	0.04	28.9	1.9	0.03
1680-1700	Mittelsand	Ibc	0.91	7.7	7.8	0.10	3.10	0.17	764	0.54	0.02	5.8	1.3	0.02

Tab. 13: Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch (952 - 1700 cm Tiefe).

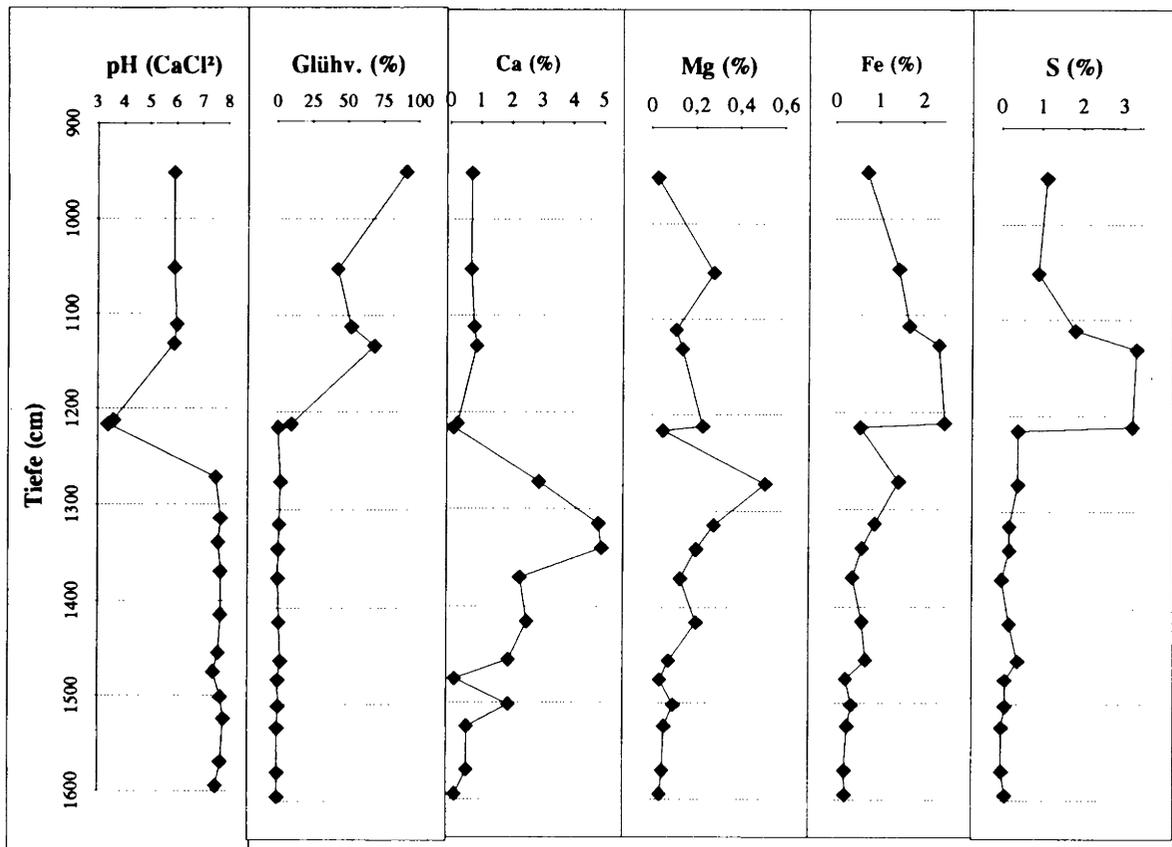


Abb. 22: Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch (Kern 1991: 952 - 1150 cm Tiefe, Kern B: 1212 - 1605 cm Tiefe).

der sandigen Fazies in Abhängigkeit von dem organogenen Anteil eine relativ große Spanne (126 - 1305 $\mu\text{S}/\text{cm}$), wobei der höchste Wert in der sandigen Mude am Top von Kern B erreicht wurde.

Die darüber liegenden rein organogenen Sedimente zeigten dagegen mit geringer Spannweite niedrige Leitfähigkeiten (39 - 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mit Ausnahme des kurz vor der Verlandung abgelagerten Braunmoostorfes (256 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Die gemessenen Leitfähigkeiten boten für die unter meso- bis oligotrophen Bedingungen abgelagerten Mudden und Torfe daher keine gute trophische Kennzeichnung der Ablagerungsbedingungen.

Der Anteil des **Glühverlustes** wies, entsprechend dem komplizierten Aufbau der minerogenen Sedimente, Unterschiede auf. Die an der Basis unter 1 % liegenden Anteile stiegen bei stark variierenden Gehalten zum Top des Kern B bis auf 10.3 % an, lagen aber im Mittel zwischen 2 und 3 %. Die in Kern A (1532 - 40 und 1580 - 85) mit 7.3 und 3.2 % ermittelten höheren Glühverluste waren bei

gleichzeitig hohen Kalkgehalten und hohem Fossilienanteil (Mollusken und *Characeen*-Oogonien) durch biogene Kalkfällung erklärbar.

Die organogenen Sedimente in den höheren Kernabschnitten wiesen deutlich über 40 % liegende Glühverluste auf (s. Abb. 23). Dabei zeigte die unmittelbar nach dem Laacher Bimstuf abgelagerte Algenmude deutlich niedrigere Werte (52 %) als die davor abgelagerte (69 %). Der Anteil der organischen Substanz, der in den leicht bis stark sauren Sedimenten etwa dem Glühverlust entspricht, stieg in den Detritusmudden von 43 % auf 91 % (Grob-detritusmude).

Die darüber gebildeten Torfe wiesen Werte über 94 % auf. Einzige Ausnahme bildete wiederum der oben beschriebene Braunmoostorf, wobei der niedrigere Glühverlustanteil (77 %) mit einem höheren Kalkgehalt korrespondierte. Der Anteil der organischen Substanz stieg in den während des Kesselmoor-Stadiums gebildeten Radizellen- und *Sphagnum*-Torfen bis 99 % (94.6 - 98.5%), nach

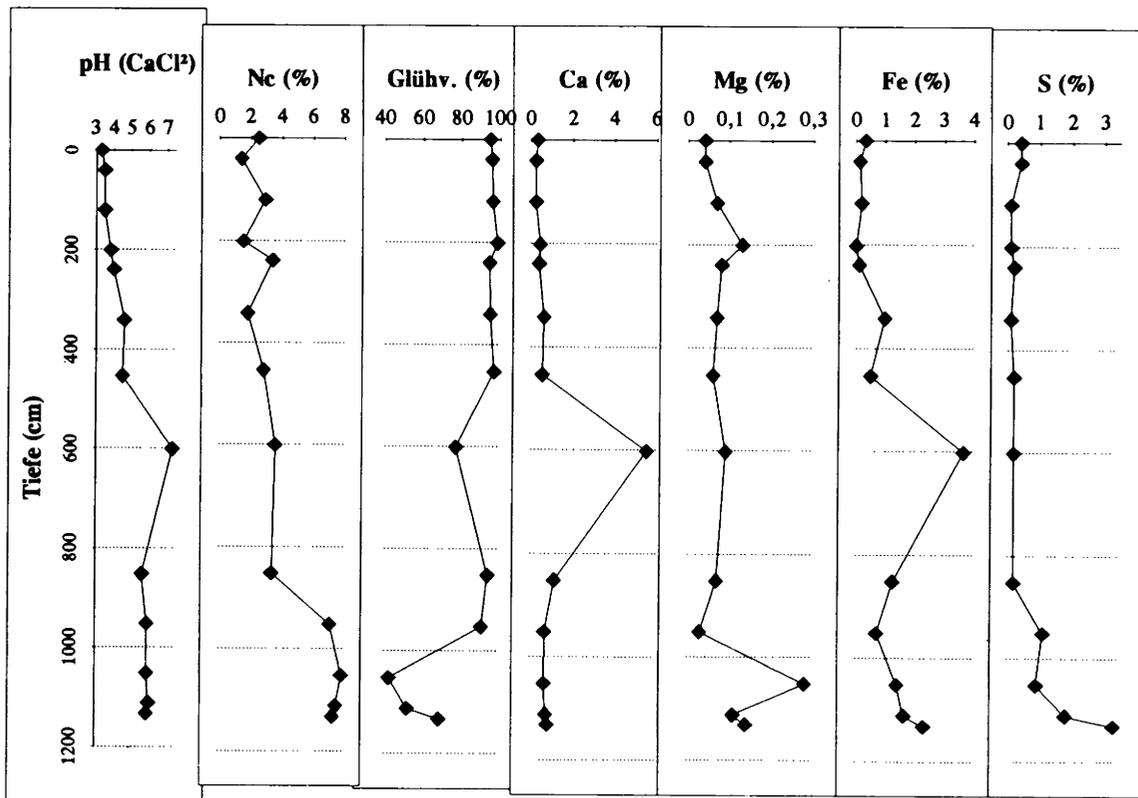


Abb. 23: Geochemische und -physikalische Kennwerte Ferch (0 - 1150 cm Tiefe).

SUCCOW (1988) zählen sie damit zu den 'Reintorfen'.

Die nur in den organogenen Sedimenten bestimmten Wassergehalte lagen in den Mudden über 88 % (87.9 - 94.7 %). Die Torfe wiesen Wassergehalte über 90 % auf, mit Ausnahme des *Sphagnum*-Torfes in 120 - 40 cm (83.1 %). Die zuletzt abgelagerten lockeren *Sphagnum*-Torfe (0 - 15 und 40 - 60 cm) besaßen Wassergehalte über 95 %.

Die wässrigen, locker gelagerten *Sphagnum*-Torfe wiesen eine sehr geringe Lagerungsdichte auf. Dabei zeigte der obere nur leicht zersetzte Torf mit 0.048 g/cm³ eine unwesentlich höhere Lagerungsdichte als der darunter vorkommende nahezu unzersetzte Torf (0.039 g/cm³). Damit lag das Substanzvolumen der oberflächennahen Torfe unter 5 %.

Der Calcit-Anteil, der aus den Calcium-Gehalten (Aufschluß mit Salpeter- und Perchlorsäure) berechnet wurde, variierte in der mächtigen minerogenen Folge von Seesanden und Kiesen sehr stark. Die innerhalb von 4 m² abgeteufte drei Kernbohrungen zeigten, parallel zu der für den Kern A

abweichenden Stratigraphie, auch hinsichtlich des Calcit-Anteils abweichende Werte.

Dieser zeichnete sich abschnittsweise durch einen sehr hohen Kalkgehalt (46 und 57 %) aus, parallel zu dem großen Fossilienreichtum mit u. a. besonders vielen *Characeen*-Oogonien. In Kern A zeigte der untere Profilabschnitt (16.0 - 17.0 m) einen deutlich höheren Calcit-Anteil (5 - 10 %) als die Basis (15.25 - 16.05 m) von Kern B (0.4 - 1.4 %).

Der Übergang zu den organogenen Sedimenten zeichnete sich dagegen durch sehr niedrige Kalkgehalte (< 1 %) aus.

Die bis 202 cm unter Flur abgelagerten Mudden und Torfe zeigten Kalkgehalte zwischen 1 und 3 % (Mudden: 1.7 - 2.1 %, Torfe: 1.0 - 1.5 %), der Braunmoostorf in 602 - 625 cm aber 14 %. Die schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfe (ab 140 cm) wiesen Kalkgehalte unter 1 % auf.

Da in Gewässern Phosphor limitierender Faktor der Primärproduktion ist, läßt sich für diese eine Trophiegliederung auf der Basis des C/N-Verhältnisses

nicht durchführen, so auch nicht für die hier untersuchten Seesande und Mudden.

Die Algenmudden zeigten Kohlenstoffwerte von 37 und 28 %, wobei der niedrigere Wert in Übereinstimmung mit den niedrigeren Gehalten an organischer Substanz nach der Ablagerung des Laacher Tuffs auftrat. Der Kohlenstoffgehalt, der in den organogenen Sedimenten als organischer Kohlenstoff vorliegt, außer bei dem CaCO₃-haltigem Braunmoostorf in 602 - 625 cm, stieg dann innerhalb der Detritusmudden von 22 auf 53 %. Der Stickstoffgehalt unterlag Schwankungen und variierte zwischen 1.8 und 3.8 %.

Legt man für die im Wasser abgelagerten Braunmoostorfe die Trophiegliederung von SUCCOW (1988) an, so sind diese als mesotroph zu bezeichnen. Kohlenstoff- (50 und 38 %) und Stickstoffgehalt (1.7 und 1.4 %) nahmen zum jüngeren ab, da hier auch der Anteil der organischen Substanz abnahm.

Die im Kesselmoor-Stadium abgelagerten Radizellen- und *Sphagnum*-Torfe waren, bis auf eine Ausnahme (*Sphagnum- Eriophorum*- Torf in 240 - 260 cm), unter oligotrophen Standortbedingungen abgelagert worden. Die Kohlenstoffgehalte sanken mit abnehmendem Zersetzungsgrad von 58 auf 47 %. Die Stickstoffgehalte variierten zwischen 0.7 und 1.8 %.

Der zuletzt gebildete *Sphagnum*-Torf zeigte, im Gegensatz zu den stärker vererdeten Torfen an Bars- und Pechsee, zumindest im Zentrum des größeren Kesselmoores nur ein unwesentlich höheres N_c - Verhältnis, ist aber noch als oligotroph zu bewerten. Die Menge des Gesamtstickstoffs war hier, bezogen auf das Volumen in 2 dm Torf, doppelt so hoch wie in dem darunter liegenden Horizont (1151 gegenüber 523 kg/ha).

Bei den organogenen Sedimenten wurden die einzelnen Elemente (Ca, Mg, K, Na, P, Fe, Al, Mn) in ihrer pflanzenverfügbaren und austauschbaren Fraktion bestimmt, nach Aufschluß mit Salpeter- und Perchlorsäure auch deren Gesamtgehalt. Auf die Bestimmung der wasserlöslichen Fraktion wurde wegen der nur geringen Aussagekraft der Ergebnisse (s. 6.3.2.1) verzichtet; auch die Analyse der leicht wasserlöslichen Anionen wurde nicht vorgenommen. Die minerogenen Sedimente wurden lediglich auf den Gesamtgehalt der oben genannten Elemente hin untersucht.

Bei Calcium lag der geringste Anteil in pflanzenverfügbarer Form vor. Der Gesamtcalciumgehalt überstieg diesen z. T. um mehr als das Doppelte, den austauschbaren Anteil deutlich.

Die beste Ca-Versorgung wiesen bei den organogenen Sedimenten die Braunmoostorfe (5.5 und 1.2 %) auf, die Mudden waren mit 0.9 bis 0.7 % deutlich schlechter versorgt. Die niedrigsten Werte (Gesamt-Ca) zeigten die Radizellen- und *Sphagnum*-Torfe mit 0.2 bis 0.3 %.

Die minerogenen Sedimente besaßen entsprechend den Kalkgehalten eine sehr große Varianz der Calcium-Werte. Dabei lagen sie z. T. deutlich höher als in den organogenen Sedimenten. Der Kern A wies die bis zur Basis sehr viel höheren Werte auf (bis 23 %), während in Kern B lediglich Calcium-Gehalte bis 5 % auftraten und an der Basis auf unter 0.6 % absanken. In den Kernen A und B trat am Top ein deutlicher Abfall der Calcium-Werte ein (< 0.3 %).

Magnesium war in deutlich geringeren Mengen als Calcium nachweisbar. Das Verhältnis Ca : Mg betrug in den telmatischen Sedimenten bis zu 10 : 1. Der Gesamtgehalt lag wiederum in den organogenen Sedimenten deutlich höher als der pflanzenverfügbare Anteil, in den telmatischen Ablagerungen letzterer nur unwesentlich über dem austauschbarem Anteil. In den limnischen Sedimenten, vor allem in den Algenmudden, lag der Gesamtmagnesiumgehalt dagegen um mehr als das Zehnfache über den pflanzenverfügbaren und austauschbaren Anteilen.

In den minerogenen Sedimenten schwankten die Gesamtmagnesiumgehalte zwischen 420 und 5090 mg/kg und zeigten dabei keine Parallelität zu den Calcium-Gehalten.

Kalium war unter den basisch wirkenden Kationen das mit der geringsten Konzentration vertretene Element. Der größte Anteil lag hier, im Unterschied zu Calcium und Magnesium, in pflanzenverfügbarer Form vor. Der austauschbare Anteil war in den Torfen, außer im obersten leicht vererdeten Horizont, deutlich niedriger. Pflanzen haben die Fähigkeit, auch nichtaustauschbares Kalium aufzunehmen. Dieser Anteil steigt mit abnehmender Kalium-Sättigung (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989) und war daher in den mit Kalium schlecht versorgten Moorböden relativ hoch.

Die höchsten pflanzenverfügbaren Kaliumgehalte waren in dem unmittelbar vor der Verlandung abgelagerten Braunmoostorf (361 mg/kg) sowie in den an der Oberfläche leicht vererdeten *Sphagnum*-Torfen (325 mg/kg) anzutreffen. Sie wiesen die bis zu zehnfache pflanzenverfügbare Kaliummenge auf, wie die übrigen Torfproben (33 bis 70 mg/kg).

In den Mudden waren die austauschbaren Kaliumgehalte z. T. höher als die pflanzenverfügbaren. Beide Fraktionen wiesen hier höhere Konzentrationen auf als die im Kesselmoor-Stadium gebildeten Torfe.

Die durch den Königswasser-Aufschluß erfaßten Kalium-Gehalte lagen in den minerogenen Seeablagerungen teilweise deutlich höher als in den Mudden. Sie zeigten dabei im Unterschied zu diesen eine sehr große Varianz (89 bis 764 mg/kg).

Das leicht wasserlösliche Natrium war gleichmäßig über das gesamte Profil verteilt. Es wurde nur die Konzentration in den organogenen Sedimenten bestimmt, hier überstieg der austauschbare den pflanzenverfügbaren Anteil nur unwesentlich.

Die Gesamtphosphorgehalte lagen in den minerogenen Sedimenten an oder unter der Nachweisgrenze (= 0.1 %) des ICP-AES. In den organogenen limnischen Ablagerungen wurden Werte bis 1.1 % erreicht, letzterer in der Algenmudde oberhalb des Laacher Tuffs. In den telmatischen Ablagerungen wurde lediglich im obersten Horizont ein Wert von 0.2 % (= 2000 mg/kg) erreicht. Der pflanzenverfügbare Anteil lag für diesen Horizont deutlich darunter, mit Phosphor-Blau am Flammen-Photometer gemessen bei 25 mg/kg.

Eisen war in der austauschbaren Fraktion nicht mehr nachweisbar (< 10 mg/kg). Der mit Ammoniumlaktatessigsäure lösliche pflanzenverfügbare Eisenanteil lag deutlich unter den Gesamteisengehalten. Die in limnischem Milieu abgelagerten organogenen Sedimente (Mudden und Braunmoostorfe) zeigten mit 0.7 bis 3.7 % deutlich höhere Konzentrationen als die analysierten Radizellen- und *Sphagnum*-Torfe (0.1 - 1.0 %).

Bei den minerogenen Sedimenten lagen an der Basis von Kern B sehr niedrige Werte (< 0.3 %) vor, gegenüber den höheren aber sehr stark variierenden Werten (0.2 - 3.6 %) der übrigen Proben. Die höchsten Gesamteisengehalte wurden in dem mit Calcium sehr gut versorgtem Profilabschnitt des Kernes B erreicht.

Die Gesamtaluminiumkonzentrationen überstiegen den pflanzenverfügbaren Aluminiumanteil um mehr als das Zehnfache. Dabei lagen die Konzentrationen wie bei Eisen in den organogenen limnischen Ablagerungen (bis 3.4 %) deutlich höher als in den telmatischen Ablagerungen (bis 0.4 %). Sie waren damit auch höher als die in den minerogenen Sedimenten gemessenen Gehalte (bis 1.7 %).

Die Aluminiumkonzentrationen erreichten nicht die gemessenen von Eisen, mit Ausnahme der Algenmudden, wo sie die Eisenkonzentrationen um das Doppelte überstiegen.

Mangan war in den organogenen Sedimenten nur in sehr geringen Konzentrationen vorhanden (< 0.1 %). In den minerogenen Sedimenten stiegen sie in einer Probe (Kern A: 1532 - 40) bis auf 2.2 %, in den übrigen aber nicht über 0.7 %.

Die Schwefelgehalte der telmatischen sowie der minerogenen Ablagerungen lagen nicht über 0.9 %, an der Basis von Kern A und B unter 0.2 %. Dagegen stiegen sie in den muddehaltigen Sedimenten bis auf 3.3 %. Oberhalb der Tufflage sank der Schwefelgehalt deutlich ab (auf 1.8 %).

Die potentielle Kationenaustauschkapazität stieg mit zunehmender organischer Substanz zu den telmatischen Ablagerungen an. Sie betrug an der Basis der organogenen Sedimente 35 bis 46 mval/100 g (= mmol/100 g). Die im Wasser (Braunmoostorfe) oder während des Kesselmoor-Stadiums gebildeten Torfe wiesen potentielle KAK von 59 bis 94 mval/100 g auf.

Der Anteil der basisch wirkenden Kationen (Basensättigung oder V-Wert) an der pot. KAK sank mit dem pH-Wert von 72 % (Algenmudde) bis auf 18 % (*Sphagnum*-Torfe) an der heutigen Mooroberfläche.

Von den austauschbaren "Basen" wies Calcium, gefolgt von Magnesium, den größten Anteil am Kationenbelag auf. Die relativ hohe Basensättigung von 46 % in einer *Sphagnum*-Torfprobe (202 - 222 cm) wurde hier vor allem durch eine hohe Magnesium-Sättigung (= prozentualer Anteil des Kations an der KAK, hier 16.5 %) verursacht, die sonst 10 % nicht überstieg. Kalium- und Natrium-Sättigung lagen unter 2 bzw. 3 %.

Da Aluminium in der austauschbaren Fraktion nicht nachweisbar war (< 30 mg/kg), wird der größte

Anteil des Kationenbelages an der potentiellen KAK in den sauren Torfen von dissoziierbarem Wasserstoff gebildet.

Die mit Salpeter- und Perchlorsäure aufgeschlossenen Schwermetalle wiesen im obersten Abschnitt des untersuchten Profils einen deutlichen anthropogenen Konzentrationsanstieg auf. Für Blei war ein Anstieg bereits bei 40 - 60 cm Horizonttiefe nachweisbar, für Zink und Kupfer erst in den obersten

untersuchten *Sphagnum*-Torfen (0 - 15 cm). Für Cadmium konnte, da hier unter der Nachweisgrenze (< 1.0 mg/kg) liegend, in dieser Beziehung keine Aussage getroffen werden.

Bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Lagerungsdichte der Torfe, kommt man bei Kupfer und Zink gegenüber den darunter liegenden Torfen zu Anreicherungsfaktoren von 5 und 94. Bei Blei trat zum obersten Horizont hin noch eine Anreicherung um das 1.6 fache auf. Bei Verwendung der von PACHUR & RÖPER (1987) allerdings bei Mudden verwendeten geochemischen Grundbelastung von Blei ist insgesamt eine Anreicherung um etwa das 30fache anzunehmen.

In den übrigen Horizonten schwankten die Konzentrationen der gemessenen Schwermetalle in Abhängigkeit von der Sedimentart, soweit sie über der Nachweisgrenze lagen, erreichten aber nicht die Maximalwerte der oberflächennahen Proben. Die Elemente Chrom, Nickel und Bor zeigten keine deutliche Anreicherung, die absoluten Werte lagen an oder unter der Nachweisgrenze (30 bzw. 10 mg/kg).

6.3.3 Bewertung und Vergleich

Bei einer Bewertung der untersuchten Torf- und Muddenablagerungen muß vorausgesetzt werden, daß diese keiner wesentlichen Änderung chemischer Eigenschaften mit ihrer Alterung unterliegen. Zum einen unterscheiden sich fossile nicht von rezenten Torfablagerungen (SUCCOW 1988); zum anderen weist GROSSE-BRAUCKMANN (1990) darauf hin, daß durch fehlende Umsetzung von aeroben Bodenorganismen sowie Festlegung des Stickstoffs in Huminstoffen tiefere Torfschichten in Mooren stabile Ablagerungen sind.

6.3.3.1 Seesande und Mudden

Die in dem Fercher Kesselmoor untersuchten limnischen Ablagerungen werden unter anderem von einem sehr mächtigen Abschnitt überwiegend sandiger Ablagerungen repräsentiert (s. Abb. 24). Diese auch als Seesande bezeichneten Sedimente bildeten eine mindestens 9 Meter mächtige Folge von Sanden und Kiesen, die teilweise einen sehr großen Fossilienreichtum aufweisen (Braunmoose, Mollusken, *Ostracoden*, *Characeen*).

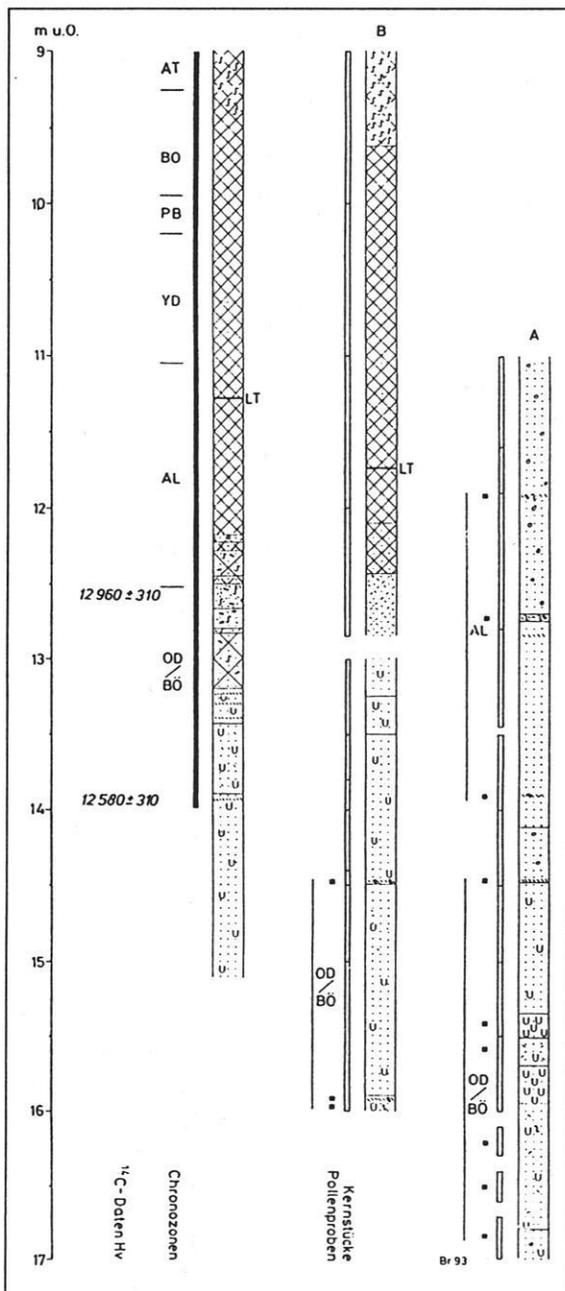


Abb. 24: Parallelkerne im Fercher Kesselmoor (Lage s. Abb. 21, Signaturen zur Lithostratigraphie Abb. 28).

Die komplizierte Entstehungsgeschichte dieser Sedimente ist durch drei innerhalb von 4 m² abgeteufte Kernbohrungen erfaßt worden. Die abweichende Stratigraphie von Kern A wird auch durch die geochemischen Untersuchungen dokumentiert, z. B. durch die zum Teil sehr hohen Kalkgehalte (CaCO₃, bis über 50 %).

In den durchgehend mineralischen Bildungen von Kern A waren die sehr hohen Calzit- und Calcium-Werte in dem Profilabschnitt 1515 bis 1585 cm mit höheren Eisen- (> 1.6 %) und Aluminiumkonzentrationen (0.5 bis 1.1 %) gekoppelt. In den Proben mit höheren (bis 7.3 %) Glühverlustanteilen wurde auch der höchste Mangan-Wert (2.2 %) ermittelt, das Eisen-Mangan-Verhältnis war sehr eng (< 3).

Der Kern B zeigte keine Parallele zu dem vorstehend beschriebenen Profilabschnitt des Kern A, obwohl dieser nur in geringer Entfernung abgeteufte wurde. Calcium-, Eisen- und Mangankonzentrationen erreichten nicht die oben genannten Werte.

Gemeinsam ist den untersuchten Kernen A und B ein sich im oberen Abschnitt vollziehender Wandel verschiedener chemischer und physikalischer Parameter (Tab. 13). Dazu gehörten das Absinken des pH von basischen zu stark sauren Werten und höheren Gehalten an organischer Substanz sowie niedrigeren Calcium-, aber höheren Eisen- und Schwefelgehalten (vor allem Kern B).

Die am Top von Kern B ermittelten Eisen- und Schwefelgehalte (2.5 und 3.2 %) stimmten gut überein mit den an der Basis des im Vorjahr entnommen Kerns in Algenmudde gemessenen Werten (2.3 und 3.3 %).

Die niedrigeren Schwefel- und Eisengehalte in den über dem Laacher Tuff abgelagerten Mudden deuten auf eine Einschränkung des lateral zufließenden Grundwasseranteils, zumindest im zentralen Teil des Beckens. Die zu diesem Zeitpunkt bereits abgelagerten Mudden verminderten die Durchlässigkeit zu den glazifluvialen Sedimenten im Randbereich.

In vergleichbarer Position sind am Pechsee (Algenmudde direkt unterhalb der Tufflage, PACHUR & RÖPER, 1987) ein deutlich höherer Schwefel- (7.7 %) und geringfügig höherer Eisengehalt (2.7 %) ermittelt worden.

6.3.3.2 Infraaquatisch gebildete Braunmoostorfe

Die über den Mudden abgelagerten Braunmoostorfe, welche im Wasser abgelagert schießlich zur Verlandung des Gewässers führten (infraaquatische Torfbildung), erreichten im hier untersuchten Zentrum des Moores eine Mächtigkeit von 3 Metern. Sie sind durch pH-Wert und N_C-Verhältnis als schwach sauer-mesotroph charakterisiert. Allerdings ist bei den im Gewässer aufgewachsenen Braunmoostorfen das Verhältnis Kohlenstoff zu Stickstoff keine geeignete Möglichkeit für die Trophieeinstufung, da in Seen Phosphor der die Primärproduktion limitierende Faktor ist.

Der unmittelbar vor der Verlandung im flacheren Wasser abgelagerte Braunmoostorf zeigte hohe Calcium- und Eisengehalte (5.5 und 3.7), die in den organogenen Bildungen höchste gemessene Mangankonzentration (1240 mg/kg) sowie ein basisches Milieu (hoher pH-Wert). Röntgenographisch wurde Calzit nachgewiesen. Der relativ niedrige Glühverlust korrespondierte mit dem hohen CaCO₃-Anteil (13.8 %). Aus den chemischen und physikalischen Daten ist damit ein deutlicher Milieuwechsel abzulesen.

Die relativ niedrigen Schwefelgehalte deuten den zumindest im Zentrum des Kesselmoores weitgehend fehlenden Grundwassereinfluß an. Die Wasserversorgung erfolgte überwiegend durch Niederschläge sowie lateral durch gefiltert zufließendes Wasser.

Die an Bars- und Pechsee ausgebildeten Braunmoostorfe, die dort teilweise in den heute ausgetrockneten Moorsenken die Verlandung verursachten, wurden nicht untersucht.

6.3.3.3 Bildungen im Kesselmoorstadium

Die im Kesselmoorstadium gebildeten Radizellen- und *Sphagnum*-Torfe zeichneten sich durch hohe Wassergehalte (bis 96 %) und einen hohen Anteil organischer Substanz (bis 99 %) aus. Lediglich die in den Grunewaldmooren durch Austrocknung und Sackung veränderten *Sphagnum*-Torfe wiesen im obersten vererdeten Horizont relativ niedrige Wasser- (bis 74 %) und geringere Glühverluste (bis 85 %) auf (s. Tab. 14).

Allein durch Regen und Staub mit anorganischem Material versorgte Moorbildungen zeigten nur

Aschegehalte von 1 - 3 % (GROSSE-BRAUCKMANN 1990). Durch den im Transpirationsstrom aufwärts gerichteten Transport von Ca, Mg, K, Na und Cd, eventuell auch Mn, nicht jedoch von Fe, Zn, Pb und Cu (BREHM 1968 zit. in MENKE 1987) erfolgte eine Anreicherung im obersten Horizont. Zusätzlich ist in den untersuchten relativ kleinen Einzugsgebieten mit einem Transport im gelösten Zustand durch bewegtes Grundwasser zu rechnen. Dies wurde begünstigt durch die guten Absorptionsmöglichkeiten bei hohen Kationenaustauschkapazitäten (s. u.).

Im Vergleich ist in den Grunewaldmooren in Verbindung mit Entwässerung und Moorsackung eine deutlich höhere Lagerungsdichte, vor allem in den oberflächennahen Torfen, ermittelt worden, 0.18 und 0.15 g/cm³ (= > 7.5 % Substanzvolumen) gegenüber nur 0.05 g/cm³ (= < 5 % Substanzvolumen) in dem Fercher Kesselmoor.

Standort		Barssee		Pechsee		Ferch							
Tiefe	dm	0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
Glühverlust	%	86	97	85	91	95	96						
Wassergehalt	%	78	92	77	87	95	96						
Eff.Lagerung	g/cm ³	0.15	0.09	0.18	0.13	0.05	0.04						
pH-Wert	CaCl ₂	2.8	2.9	2.9	2.9	3.3	3.5						
El.Leitfähigk.	μS/cm	427	208	190	198	158	160						
Pot.KAK	mval/100g	117	116	110	120	83	77						
S-Wert	mval/100g	10.5	11.7	9.3	6.5	15.0	16.9						
	val/m ²	3.2	-	3.4	-	1.4	1.3						
V-Wert	%	8.9	10.2	8.5	5.3	18.1	21.9						
C	%	42.5	45.9	43.0	46.7	47.3	48.5						
N	%	1.5	0.5	1.7	0.9	1.2	0.7						
N _c	%	3.6	1.2	4.1	2.0	2.5	1.4						
N	kg/ha	4.605	858	6.140	2.384	1.151	523						
Pflanzenverfügbare Nährstoffe in kg/ha	Ca	258	163	252	143	115	92						
	Mg	43	39	49	29	23	20						
	K	92	18	106	9	31	5						
	Na	53	39	27	37	19	16						
Torf-Trockensubstanz	Na	3.0	<.5	3.9	<0.5	2.5	<.8						
	P												
Austauschbare Nährstoffe in kg/ha Torf-Trockensubstanz	Ca	443	296	443	240	204	187						
	Mg	67	53	80	41	32	37						
	K	111	17	127	9	41	2						
	Na	32	23	17	26	14	18						

Tab. 14: Geochemische und -geophysikalische Kennwerte Ferch, Bars- und Pechsee (0 - 60 cm).

Ein typisches Kennzeichen der untersuchten Torfe sind die geringen Kalkgehalte, im unteren Abschnitt des Fercher Profils (überwiegend Radizellen-Torfe) erreichten sie Werte von 1.0 bis 1.5 % sowie in den darüber gebildeten schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfen 0.6 bis 0.8 %. Mit der Abnahme des Kalkgehaltes sanken auch die pH-Werte stark ab (Ferch: 3.3, Barssee: 2.7 und Pechsee: 2.8 in CaCl₂), dies entspricht stark sauren Standortbedingungen. In den Grunewaldmooren kam es in den ausgetrockneten Torfen durch saure Niederschläge zu einer zusätzlichen oberflächlichen Versauerung.

Der Schwefelgehalt wurde nur in den Fercher Proben ermittelt. Die gemessenen geringen Schwefelgehalte (bis 0.4 %) entsprechen den hier bei überwiegender Versorgung mit Niederschlägen erwarteten. Die nach oben (ab 60 cm) von 0.1 auf 0.4 % leicht ansteigenden Schwefelwerte können auf die mit der Industrialisierung zunehmende Deposition von Schwefelverbindungen zurückgeführt werden.

Die in den Fercher Kesselmoorbildungen und in den nicht vererdeten Torfen der Grunewaldmoore gemessenen niedrigen Werte der Elektrischen Leitfähigkeit korrespondierten gut mit den von THERBURG & RUTHSATZ (1989) im Wurzelraumwasser von *Carex rostrata*-Gesellschaften ermittelten geringen Leitfähigkeiten (bei 100 μS/cm) und belegen die Nährstoffarmut der untersuchten Moorbildungen. Dagegen unterstreichen die relativ hohen Leitfähigkeiten in den vererdeten Torfen der Grunewaldmoore das hier mit einer Nährstoffanreicherung verbundene, fortgeschrittene Degradationsstadium.

Die in den Kesselmooren untersuchten Torfe lassen sich als sauer (s. o.) und nährstoffarm charakterisieren. Die vererdeten Torfe an Bars- und Pechsee sind aufgrund des N_c-Gehaltes nach SUCCOW (1988) als mesotroph (ziemlich arm) einzustufen. Die darunter liegenden schwach bis mäßig zersetzten *Sphagnum*- und Radizellen-*Sphagnum*-Torfe können, ebenso wie die Torfe des Fercher Moores, als oligotroph (sehr arm) bezeichnet werden. Die hier an der Oberfläche anstehenden, nur schwach vererdeten Torfe sind ebenso in die oligotrophe Stufe einzuordnen.

Bei dieser Einstufung ist aber zu berücksichtigen, daß in das C/N-Verhältnis der Zersetzungsgrad mit eingeht. Bei stärkerer Humifizierung wird das C/N-Verhältnis enger (GROSSE-BRAUCKMANN 1990). Die untersuchten Torfe waren jedoch in

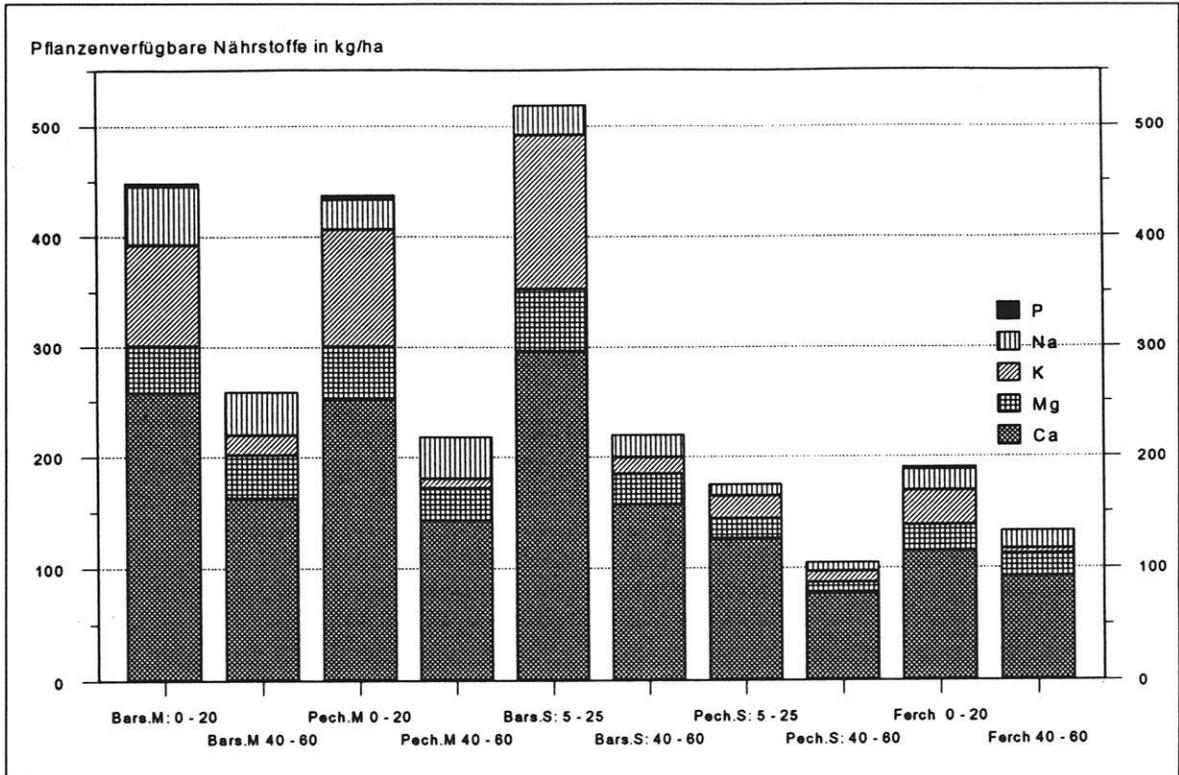


Abb. 25: Pflanzenverfügbare Nährstoffe in kg/ha auf 2 dm Torf-Trockensubstanz (M: Moor, S: Schwingrasen).

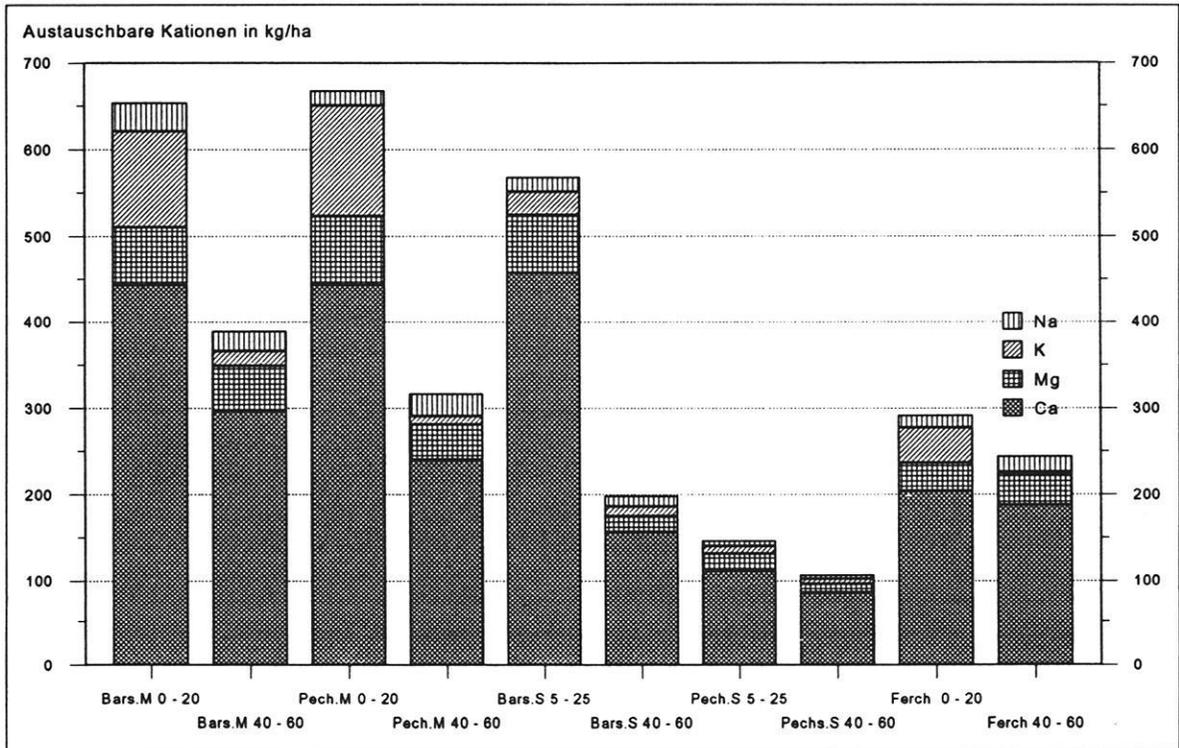


Abb. 26: Austauschbare Nährstoffe in kg/ha auf 2 dm Torf-Trockensubstanz (M: Moor, S: Schwingrasen).

dieser Hinsicht vergleichbar, da sie insgesamt schwache bis mäßige Zersetzungsgrade aufwiesen. Die oben beschriebenen schwach zersetzten Torfe waren zusätzlich durch die Reste oligotropher Arten gekennzeichnet, z. B. von *Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium oxycoccus*.

Da sich das größere der untersuchten Fercher Kesselmoore in einem weniger fortgeschrittenen Degenerationsstadium befindet wie die Grunewaldmoore, war hier auch die Vererdung der obersten Torfschicht nicht so weit fortgeschritten.

Die ermittelten Stickstoff-Werte zeigten eine geringe Versorgung der Torfe. Sie lagen an Bars- und Pechsee (4605 kg und 6140 kg/ha bezogen auf 2 dm Torf-Trockensubstanz) zwischen den Werten für Übergangs- und Hochmoortorfe, die ELLENBERG angibt (1982: 7000 und 3000 - 2500 kg/ha). Im Vergleich zu den von SCHEFFER (1977: Niedermoortorf mit 16 000 - 8000 kg/ha und Hochmoortorf mit 3000 kg/ha) angegebenen Stickstoffmengen waren sie deutlich niedriger als die der Niedermoortorfe. Die Fercher Moore wiesen in den sehr locker gelagerten Torfe mit 1151 kg/ha auf 2 dm Torf sogar noch weit darunter liegende Werte auf.

Die Gesamtstickstoff-Gehalte waren in den untersuchten Mooren ebenfalls relativ niedrig (Barssee: 1.5 %, Pechsee 1.7 % und Ferch: 1.2 %). SCHEFFER (1977) gibt für Hochmoortorf 1.2 % und für Niedermoortorf 2.5 - 4.0 % Stickstoff an.

Das Denitrifikationspotential saurer Torfe ist bei stagnierendem und hoch anstehendem Grundwasser sehr hoch. Die Aktivität nitrifizierender Bakterien kann aus dem Nitrat- und Ammoniumverhältnis geschlossen werden. Der in den feldfrischen Proben von Bars- und Pechsee ermittelte Stickstoff lag überwiegend als Ammonium vor (Nitrat : Ammonium = 0.2). Die Nitratbildung ist also deutlich gehemmt.

Eine trophische Einstufung von Torfen ist nach SUCCOW (1988) mittels des P- und K-Gehaltes im Gegensatz zu der nach den N-Gehalten vorgenommenen nicht möglich. SUCCOW bezieht dies allerdings ausdrücklich auf gewichtsbezogene Angaben, die hier durch volumenbezogene ergänzt wurden. Diese Nährelemente zeigen in naturnahen Mooren nur niedrige Werte. Auf den untersuchten Moorstandorten besteht daher bei den Elementen Phosphor und Kalium eine Mangelsituation.

Moorpflanzen nährstoffarmer Standorte können die geringen verfügbaren Nährstoffmengen über ihren Wurzelraum effektiv aufnehmen. So besitzen Seggen ein sehr effektives Aufnahmesystem für Phosphat (ATWELL et al. 1980).

Ein Beispiel für die Ionenselektivität des Aufnahmesystems von *Cyperaceen* geben PFADENHAUER & ESKA (1986). Danach nimmt *Cladium mariscus* Kalium gegenüber Calcium bevorzugt auf. Oligo- bis mesotrophente Seggenarten wie *Carex rostrata* und *Carex limosa* zeigen gegenüber eutraphenten Arten wie *Carex acutiformis* eine höhere Kalium-Aufnahme bei geringen Konzentrationen im Nährmedium sowie höhere Kalium- und Phosphor-Aufnahmeraten bei niedrigen pH-Werten (ATWELL et al. 1980, VEERKAMP & KUIPER 1982 a und b). Bei besserer Nährstoffversorgung bleibt hingegen die relative Wachstumsrate vergleichsweise gering. *Carex*-Arten erlangen also Konkurrenzvorteile, indem sie, auch unter oligotrophen Bedingungen, z. B. zu einer intensiven Phosphor-Absorption fähig sind, während unter anderem bei *Molinia caerulea* Phosphor Mangelfaktor ist (PFADENHAUER & TWENHÖVEN 1986).

Demnach können Pflanzen oligotropher Moorstandorte auch bei geringen Zuwachsraten durch hohe Aufnahmefähigkeiten für Nährstoffe bei geringen Nährstoffkonzentrationen, trotz schwacher Reaktion auf plötzliche Nährstofffreisetzungen, Reserven anlegen. Sie überdauern damit Zeiten geringer Nährstoffverfügbarkeit (THERBURG & RUTHSATZ 1989).

Ein wichtiger Faktor für die Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff, Phosphor und Kalium ist die Witterung. Die Stickstoff-Mineralisierung ist bei kühl-feuchten Bedingungen gehemmt, in trockenen Perioden dagegen die Diffusion von Kalium und Phosphor.

Für die Versorgung der Moorpflanzen ist besonders die Mobilität der Nährstoffe entscheidend. Die Mobilität von Phosphat ist in organischen Sedimenten hoch (FEIGE 1977), da besonders in den sauren Torfen die zur Fällung und Festlegung der Phosphate notwendigen freien, nicht als Chelate gebundenen Eisen-, Aluminium- und Calcium-Ionen in der Bodenlösung fehlen (SCHEFFER 1977). Die Bindung ist ebenso wie bei Kalium, Natrium und Ammonium gering, im Unterschied zu den zweiwertigen Ionen Calcium und Magnesium. Für die monovalenten Kationen (Na, K) ist daher die in den

Torfen relativ hohe potentielle KAK nur zu einem geringen Teil ausnutzbar.

Die **Verfügbarkeit** von Nährstoffen wird, neben dem Feuchte-Gehalt und dem Anteil der organischen Substanz, vor allem durch den pH-Wert bestimmt. Calcium wird bei pH-Werten von 4 bis 7 in Abhängigkeit vom Ionenverhältnis am Austauschervier bis acht mal stärker gebunden als Magnesium, Magnesium wiederum um den gleichen Betrag stärker als Kalium (FEIGE 1977). Je saurer das Milieu bzw. je höher die Konzentration, um so geringer sind allerdings die Unterschiede in der selektiven Bindung.

Die gemessenen volumenbezogenen Werte für **pflanzenverfügbares Calcium, Kalium und Phosphor** waren im obersten vererdeten Torfhorizont der Kesselmoore im Vergleich zu den unveränderten schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfen deutlich höher (Tab. 14 und Abb. 25). Für pflanzenverfügbares Magnesium und Natrium waren die Unterschiede nicht so deutlich, angegeben sind hier für die Grunewaldmoore die Mittel von je zwei Untersuchungspunkten aus Proben vom Frühjahr und Winter (Bohrungen 1 und 2 am Barssee sowie 7 und 8 am Pechsee, s. Anlage 3).

Die an der Oberfläche wesentlich stärker zersetzten Torfe an Bars- und Pechsee wiesen allerdings mehr als doppelt so hohe Nährstoffmengen auf wie die schwach vererdeten Torfe des großen Fercher Kesselmoores (siehe Tab. 14). Dies belegt den heute eher mesotrophen Trophiestatus der Grunewaldmoore.

In 40 bis 60 cm wurden die in Tab. 14 aufgeführten Nährstoffmengen ermittelt. Danach waren die Grunewaldmoore auch vor den anthropogenen Grundwasserabsenkungen, die zu einer Vererdung der obersten Torfschicht führten, besser mit Nährstoffen versorgt als das untersuchte Fercher Kesselmoor.

Es sei hier allerdings darauf hingewiesen, daß die Analyse der pflanzenverfügbaren Nährstoffe in den wassergesättigten Sedimenten mit nur geringen Aschegehalten schwierig ist. Darauf weisen die Vielzahl der Extraktionsmethoden hin, z. B. bei Phosphor, aber auch bei Kalium (s. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989: 238 ff. und 253 ff.). Die dort für Kalium angegebenen höheren Werte bei der Extraktion mit Salzsäure und Ammoniumlaktatessigsäure können mit dem niedrigen pH der Extraktionslösungen erklärt werden.

Die volumenbezogenen Werte für die **austauschbaren Nährstoffmengen** waren für die Grunewaldmoore in den oberen 20 cm für Calcium und Magnesium um mehr als das Doppelte und für Kalium um etwa das Dreifache höher als in dem entsprechenden Horizont des Fercher Kesselmoores (Tab. 14, Abb. 26).

In den darunter liegenden, schwach zersetzten Torfen in 40 bis 60 cm waren die Unterschiede in der Nährstoffversorgung zwischen beiden Untersuchungsgebieten wesentlich geringer. Der ursprüngliche Nährstoffstatus war also für die austauschbare Fraktion ähnlich, mit etwas geringeren, bei Kalium deutlich geringeren Werten für das Fercher Kesselmoor.

Die vorhandenen Unterschiede bei pflanzenverfügbaren und austauschbaren Nährstoffmengen zwischen beiden Untersuchungsgebieten sind auf die in den Einzugsgebieten verschiedenen Nährstoffangebote zurückzuführen. So wurden an verschiedenen Punkten in den mineralischen Sedimenten wie am Barssee in den Randbereichen der Grunewaldmoore Geschiebemergelbänke erbohrt (s. auch KELM 1988), die als Nährstofflieferanten in Frage kommen. Dagegen sind in der Fercher Niedertaulandschaft lediglich nährstoffarme, glazifluviale Sande und Kiese verbreitet, einzelne aus hydrogeologischen Aufschlußbohrungen bekannte, geringmächtige Weichsel-Geschiebemergel wurden in den Randbereichen der Moore nicht angetroffen. Ein unterschiedliches Nährstoffangebot über die Niederschläge ist, zumindest für das vorindustrielle, Zeitalter auszuschließen.

Das unterschiedliche Nährstoffangebot, das aus den verschieden beschaffenen Einzugsgebieten erklärt werden kann, wurde nach den anthropogenen Eingriffen in das Wasserregime der Moore deutlich größer. Die sich in einem fortgeschrittenen Degradationsstadium befindlichen Grunewaldmoore zeigten eine Vergrößerung der ursprünglich vorhandenen, schichtweise verschiedenen Nährstoffversorgung von Moor- und Schwingrasenstandorten.

Die nur in dem Fercher Kesselmoor analysierten **Gesamtgehalte** (Aufschluß mit Salpeter- und Perchlorsäure) verschiedener Metalle und Schwermetalle betragen volumenbezogen im obersten Horizont in kg/ha in 2 dm Torf: Ca 299, Mg 40, Fe 303, Al 196, Pb 6.4, Cr 3.7, Cu 1.4, Zn 18.8 und in 40 bis 60 cm Horizonttiefe: Ca 187, Mg 30, Fe 91, Pb 3.9, Cr 2.5, Cu 0.3 und Zn 0.2.

MENKE (1987) gibt für *Sphagnum recurvum*-Torfe (Lokalität Heidmühlen in Schleswig-Holstein: ein Hochmoor in verkehrsferner Lage) folgende vergleichbare (Extraktion mit HNO_3 und H_2O_2) Angaben in kg/ha in 0 bis 20 cm: Ca 100, K 320, P 20 und in 45 bis 65 cm Ca 480, K 10, P < 1. Damit liegen sie, zumindest für Calcium, größenordnungsmäßig im Bereich der für Ferch ermittelten Werte.

Von MENKE wurden ebenso wie in den Fercher Mooren gewichts- und volumenbezogen deutlich ansteigende **Schwermetallgehalte** in den oberen Torfschichten gemessen. Dies gilt für Chrom, Blei, Zink und für das in den Fercher Proben unter der Nachweisgrenze liegende Cadmium. Dieser vor allem seit der Industrialisierung erfolgte anthropogene Konzentrationsanstieg wurde ebenso von PACHUR & RÖPER (1987) für Detritusmudden am Pechsee ermittelt, bei Zn, Cd, Cu und vor allem bei Pb.

Von WANDTNER (zit. in NAUKE 1990: 246) wird angegeben, daß Hochmoorstandorte gute Voraussetzungen für die Bestimmung von Schwermetall-Immisionen bieten, unter anderem werden *Sphagnum magellanicum* und *Vaccinium oxycoccus* als gute Schwermetall-Akkumulatoren bezeichnet. Diese Arten kommen in den Fercher Mooren als Torfbildner vor.

Die ermittelten Werte für die **Potentielle Kationenaustauschkapazität** stiegen in den heute ausgetrockneten Torfen an Bars- und Pechsee über 100 mmol/100 g (bis 138 mmol/100 g), waren aber in den ständig wassergesättigten Torfen deutlich niedriger (67 bis 95 mmol/100 g). Sie entsprachen hier den in dem Fercher Kesselmoor gemessenen potentiellen KAK (70 bis 94 mmol/100 g).

Die potentielle KAK ist allgemein in Torfen relativ hoch, wichtig für den Kationenaustausch ist jedoch die Art der vorhandenen funktionellen Gruppen (-OH, -COOH, -NH₂, -SH, usw.), die mit Kationen chemische Bindungen eingehen (SCHWEIKLE 1990: 280). Die den Kationenaustausch bestimmenden Größen sind nach MENKE (1987:32) die H⁺-Ionenkonzentration, Metallionenkonzentration, Kationenkonkurrenz um Austauschplätze sowie spezifische Bindungen (metallorganische Bindungen, Adsorption). Die potentielle KAK wird in den Torfen durch die organische Substanz bestimmt; diese liegt bei Fulvosäuren deutlich höher als bei Huminsäuren (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989: 94).

Die potentiell guten Filtereigenschaften der untersuchten Torfe sind jedoch kationenspezifisch. Hierzu geben SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1989: 100) folgende Reihenfolge der Adsorbierbarkeit für die wichtigsten Kationen an: Na < K < Mg < Ca < Al. Demnach werden einwertige Kationen (Na, K) schlechter adsorbiert als zweiwertige (Mg, Ca) und dreiwertige (Al), auch Eisen wird im Torf gut gebunden und ist schlecht auswaschbar. Schwermetalle werden ebenfalls gut adsorbiert, die spezifische Adsorption nimmt in der Reihenfolge der folgenden untersuchten Elemente zu: Cd < Ni < Zn < Cu < Pb. Cadmium, Nickel und Zink werden erst bei hohen pH-Werten spezifisch adsorbiert, Kupfer und Blei dagegen bei deutlich niedrigeren Werten.

Die **Basensättigung** (V-Wert) zeigt eine sehr enge Korrelation zur H⁺-Ionenkonzentration (sehr hohes Bestimmtheitsmaß) und stieg daher mit zunehmender Tiefe und steigenden pH-Werten in den untersuchten Kesselmooren an, bis 26 % am Barssee, bis 16 % am Pechsee und bis 46 % in Ferch. Von den basisch wirkenden Kationen (Ca, Mg, K und Na) nahm Calcium den größten Anteil ein, Magnesium erreichte Anteile bis 10 %, nur in einem *Sphagnum*-Torf in Ferch lag dieser höher. Kalium und Natrium nahmen nur einen geringen Prozentsatz der Basensättigung ein.

Die Summe der austauschbar gebundenen, basisch wirkenden Kationen (**S-Wert**) in val/m² Wurzelraum entspricht in humiden Klimaten etwa den verfügbaren Nährstoffmengen. Der Nährstoffvorrat ist demnach in den untersuchten Mooren (Barssee 3.4, Pechsee 3.2 und Ferch 1.4 val/m²) als sehr gering (< 5.0 val/m² in 2 dm Torf) einzustufen.

Die in der nördlichen Senke am Barssee gelegenen stark veränderten Moorstandorte (Bohrung 9) sind unter der etwa 20 cm mächtigen Sandauflage in Nährstoffgehalt bzw. Trophiestufe und pH-Wert mit den in Seenähe gelegenen Moorflächen vergleichbar. Es trifft also die Aussage zu, daß primär oligo- und mesotroph-saure Moore auch nach einer länger andauernden Entwässerung ihren ursprünglich nährstoffarmen Trophiestatus behalten. Dagegen entwickeln sich subneutrale und kalkhaltige Moorstandorte zu eutrophen Standorten, der Torfkörper unterliegt sehr schnell ablaufenden Abbauprozessen.

Da geochemische und -geophysikalische Untersuchungen von **Schwingrasenstandorten**, im Gegensatz zu Wasseranalysen, nur in geringer Zahl

vorgenommen wurden, ist die vergleichende trophische Einordnung der im Grunewald untersuchten Schwingrasen hier nur eingeschränkt möglich.

Die analysierten Oberflächenproben der Schwingrasenstandorte (Nr. 3 bis 6) zeigten, im Vergleich zu den vererdeten Torfproben der Moorstandorte, deutlich niedrigere Werte. Dies ist nur zum Teil auf die überwiegende Versorgung der Standorte mit Niederschlagswasser zurückzuführen. Entscheidend ist vor allem die Übersättigung der Schwingrasen mit stagnierendem Wasser, was Mineralisierungsvorgänge erschwert. Damit wird die Verfügbarkeit der vorhandenen Nährstoffe stark eingeschränkt.

Die oben aus einem Gemisch von Radizellen-Torf und Mudde und darunter aus Detritus-Mudden bestehenden Sedimente zeigten relativ hohe N_C -Werte, mit Ausnahme des *Sphagnum*-Polsters der Bohrung 4 (Horizont 5 bis 20 cm). Sie liegen mit über 6 % in der Größenordnung der von SUCCOW (1988) für Grobdetritusmudden angegebenen Zahlen.

Der Schwingrasen des Pechsee zeigt nach den vegetationskundlichen Untersuchungen (s. Kap. 8) eine geringere Zahl von 'Stör'- bzw. Stickstoffzeigern als die Flächen auf dem Schwingrasen des Barssee. Dies kann nun unter anderem mit den vorgenommenen Nährstoffanalysen erklärt werden.

Die untersuchten Schwingrasenstandorte zeigten für den Barssee eine deutlich bessere Nährstoffversorgung in der pflanzenverfügbaren Fraktion bei Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium gegenüber dem Pechsee (Ca 296 und 126, Mg 57 und 18, K 139 und 21 und Na 27 und 10 kg/ha in 2 dm Torf-Trockensubstanz, Abb. 23). Dies gilt auch für den ständig wassergesättigten Horizont in 40 - 60 cm, der von aktuellen Veränderungen des Wasserregimes nur indirekt betroffen war (Ca 157 und 78, Mg 28 und 9, K 15 und 10, Na 20 und 8 kg/ha).

Die Werte für pflanzenverfügbaren Phosphor lagen nur in jeweils einer Probe über der Nachweisgrenze. Mit 0.8 und 0.2 kg/ha Phosphor in 5 - 25 cm an Bars- und Pechsee ist die Phosphor-Versorgung der Schwingrasen deutlich schlechter als in den Moor-senken.

Die Unterschiede in der Nährstoffversorgung der Schwingrasen von Bars- und Pechsee, die für die pflanzenverfügbare Fraktion ermittelt wurde, gelten auch für die austauschbare Fraktion. Hier wurden im Horizont 5 - 25 cm für den Barssee mehr als

dreimal so hohe Nährstoffmengen gemessen (Ca 457 und 112, Mg 67 und 19, K 27 und 9 und Na 16 und 6 kg/ha in 2 dm Torf-Trockensubstanz). In dem darunter liegenden Horizont wurden dagegen für den Barssee lediglich doppelt so hohe Nährstoffmengen ermittelt (Ca 156 und 86, Mg 19 und 10, K 11 und 6 und Na 12 und 5).

Die am Ostufer des Barssee vorgenommene Bohrung 3 zeigte im Vergleich zum Pechsee deutlich höhere Werte, vor allem bei den chemischen Parametern elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Ammonium und Sulfat. Hier wurde im Sommer 1989 ein Sulfat-Gehalt von 4421 mg/kg ermittelt, bezogen auf die Trockensubstanz, auf der Westseite des Schwingrasens dagegen lediglich 764 mg/kg. Die Sulfatkonzentrationen der untersuchten zwei Schwingrasenstandorte am Pechsee lagen noch darunter.

Die im Oberflächenwasser gemessenen Sulfat-Werte zeigten Parallelen zu diesem Ergebnis, 106 gegenüber 41 mg/l SO_4 auf der Westseite. Auffällig ist die gute Übereinstimmung der relativ hohen Sulfatkonzentrationen mit den ähnlich hohen Konzentrationen des während der Bewässerungsmaßnahmen eingeleiteten Trinkwassers. Im Grabeneinlauf wurde im Januar ein Sulfat-Gehalt von 130 mg/l gemessen (s. Kap. 5).

Der Torfkörper, der in den schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfen hohe potentielle Austauschkapazitäten aufweist, besaß gegenüber dem eingeleiteten Trinkwasser nur ungenügende Filtereigenschaften. Die Sorption von Anionen ist nur sehr schwach ausgeprägt. Damit konnte das nach wie vor sulfathaltige Grabenwasser die gut wasserdurchlässigen Torfe (hoher kf-Wert) schnell passieren. Es trat am Schwingrasenrand über den relativ wasserundurchlässigen Mudden aus und führte dort auf der dem Graben zugewandten Ostseite des Barssee zu erhöhten Sulfatkonzentrationen, verbunden mit der Bildung von Schwefelwasserstoff.

Eine fortdauernde Grabenbewässerung würde demnach auch nach den geochemischen Analysen zu einer Anreicherung der Schwingrasenstandorte mit Nährstoffen führen und damit die Entwicklung zu eutraphenten Pflanzengesellschaften beschleunigen.

6.4 Pollenanalysen

Die Methode der Pollenanalyse beruht darauf, daß die Außenhülle (Exine) der Pollenkörner spezifische

Merkmale besitzt, demnach bestimmbar ist, und der jährliche Pollenniederschlag schichtbeständig in chronologisch richtiger Abfolge in Moor- und Seeablagerungen, z. T. auch in Böden, konserviert wird.

Die vertikal entnommenen Pollenproben beinhalten in zeitlicher Reihenfolge die jeweiligen ursprünglichen Pollenspektren. Bei Berücksichtigung von artspezifischer unterschiedlicher Pollenproduktion, -verbreitung und -erhaltung können aus den so erar-

beiteten Diagrammen wichtige Schlüsse auf die Vegetations-, Klima- und Landschaftsentwicklung gezogen werden.

Die Pollenanalysen wurden im Labor der AG Historische Ökologie des Instituts f. Ökologie an der TU Berlin durchgeführt. Eine Vorstellung der Ergebnisse erfolgte bereits in verschiedenen Publikationen für Bars- und Pechsee (BRANDE 1978/79, BRANDE 1980, BRANDE 1988, BRANDE,

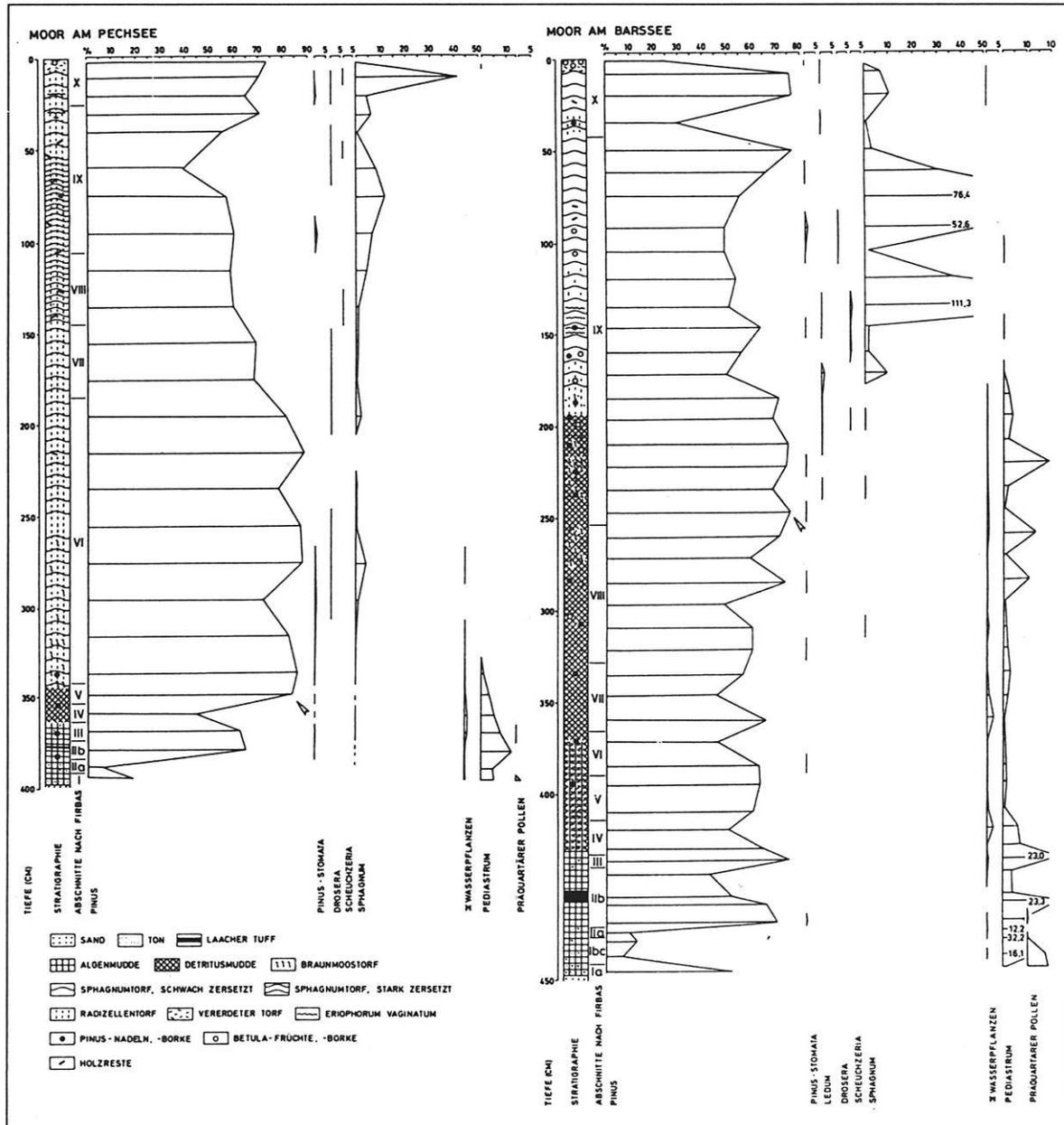


Abb. 27: Pollendiagramm Bars- und Pechsee (Pollenanalysen und Zeichnung: A. Brande und G. Hinz, Inst. f. Ökologie, TU Berlin. Dargestellt werden nur die für die Moorentwicklung wichtigen Sippen. Pfeil: Übertritt von *Pinus* auf das Moor).

DEUTSCHBEIN & ROWINSKY 1991) und das große Fercher Kesselmoor (BRANDE 1992).

Für die vorliegende Arbeit werden besonders die Befunde hinsichtlich von See- und Moorentwicklung der untersuchten Kesselmoore herausgestellt. Die Lage der Bohrpunkte für die Pollenanalyse geht aus den stratigraphischen Schnitten in Kap. 6.1 hervor.

6.4.1 Bars- und Pechsee

Aus den zahlreichen Bohrungen ergibt sich die stark topographieabhängige See- und Moorentwicklung (s. Kap. 6.1.2.1) und damit die jeweils unterschiedliche Zeitstellung der einzelnen See- und Moorentwicklungsphasen an den pollenanalytischen Untersuchungspunkten.

Die Verlandung (Übergang Mudde/Torf), also der Beginn des Kesselmoorstadiums, fand, schon aufgrund der unterschiedlichen Lage der pollenanalytisch untersuchten Profile, zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten statt. Am Barssee erfolgte diese in der Älteren Nachwärmezeit (IX), am Pechsee aber etwa 6000 Jahre früher an der Wende Frühe/Mittlere Wärmezeit (V/VI), und in einem Kleinstmoor am Pechsee bereits im Alleröd (II), also vor über 11 000 Jahren (BRANDE, DEUTSCHBEIN & ROWINSKY 1991).

Am Barssee ist an der Basis mit dem Anstieg von Sanddorn (*Hippophae*) die Pollenzone Ia erfaßt, am Pechsee die Pollenzone Ibc (Abb. 27). In den Mudden wurden Pollen von Wasserpflanzen sowie Algen (*Pediastrum*) nachgewiesen.

Bereits in der limnischen Phase sind neben reichlich *Pinus*-Pollen auch *Pinus*-Stomata nachgewiesen. Dies bedeutet, daß die Kiefer sehr schnell zumindest randlich die entstehenden Verlandungsmoore besiedelte, ein Vorgang, der auch im 2.5 km nördlich gelegenen Postfenn (BÖCKER et al. 1986) nachweisbar ist.

Nach Abschluß der Verlandung nehmen im Pollendiagramm *Drosera*, *Scheuchzeria* und besonders *Sphagnum*-Sporen zu, Wasserpflanzen und Algen gehen dagegen zurück. Der im Pechsee-Profil nicht nachgewiesene *Ledum*-Pollen tritt am Barssee wie am Postfenn während der Nachwärmezeit (IX bis X) mit größerer Häufung auf und leitet damit bereits zu den Vorkommen in diesem Jahrhundert über (*Ledo-*

Pinetum als Sukzessionsendstadium der Kesselmoorentwicklung).

6.4.2 Ferch

In dem großen Fercher Kesselmoor wurde im Zentrum eine über 9 m mächtige Folge minerogener Sedimente erbohrt (vgl. Abb. 24), die nach den Pollenanalysen bölling- und allerödzeitlich ist. Präbölling/Älteste Tundrenzeit (Ia) wurde nicht mehr erfaßt (Abb. 28).

Nachfolgend werden auch Merkmale der Vegetationsentwicklung beschrieben, die in Abb. 28 nicht dargestellt sind.

Die überwiegend sandige Folge weist einen sehr großen Fossilienreichtum auf (s. Kap. 6.5). Dies und ein geringer Anteil an Wasserpflanzen (*Ceratophyllum*, *Nymphaea*, *Lemnaceae*, *Utricularia*, *Potamogeton*) und Algen (*Botryococcus*, *Pediastrum*) deuten auf die Existenz eines flachen Gewässers in diesem Entwicklungsabschnitt. Auffällig ist der besonders hohe Anteil **präquartären Pollens**, der auf Eintrag bzw. Umlagerungen älteren Materials hinweist.

Auf den umgebenden Hängen hatte sich eine **Strauchvegetation** ausgebildet (*Hippophae*, *Salix*, *Betula*), bei einem Krautpollenanteil von unter 50 %. Ein Vergleich mit einem etwa 10 km entfernten gelegenen Rinnenmoor (BRANDE 1992) zeigt eine ähnlich ausgebildete Strauchvegetation. Dort begann die kontinuierliche Muddebildung jedoch wesentlich früher (Ia), auch der minerogene Anteil ist an der Basis bedeutend geringer als in dem nahe des Beelitzer Sanders gelegenen Fercher Kesselmoor.

Der Eintrag von **sandigem Material** setzt sich bis in das frühe Alleröd fort (IIa). Nach dem Aufkommen von Baumbirke und einem größeren Wacholder-Anteil (*Betula*, *Juniperus*) kommt dieser schließlich zum Erliegen (außer Kern A, Abb. 24). Mit dem Birkenpollenanstieg geht auch der Anteil präquartären Pollens stark zurück. Anschließend beginnt im Beckenzentrum die kontinuierliche Muddebildung.

Der Anteil von **Algen und Wasserpflanzen** nimmt im jüngeren Alleröd (Laacher Tuff) stark zu. In der Jüngeren Tundrenzeit (III) ist dann eine vorübergehende Waldauflichtung (*Juniperus*, *Artemisia*,

Rumex, Chenopodiaceen, Gramineen) zu verzeichnen.

Mit dem Frühholozän (Vorwärmezeit, IV, jüngere Kiefern-Birkenzeit mit *Populus tremula*) kommt es

zum endgültigen Dichtscluß der Wälder. Während der Frühen Wärmezeit (V, Kiefern-Haselzeit) ist eine Verschiebung des Algenspektrums feststellbar, in Relation zu *Pediastrum* nimmt der Anteil von *Botryococcus* zu.

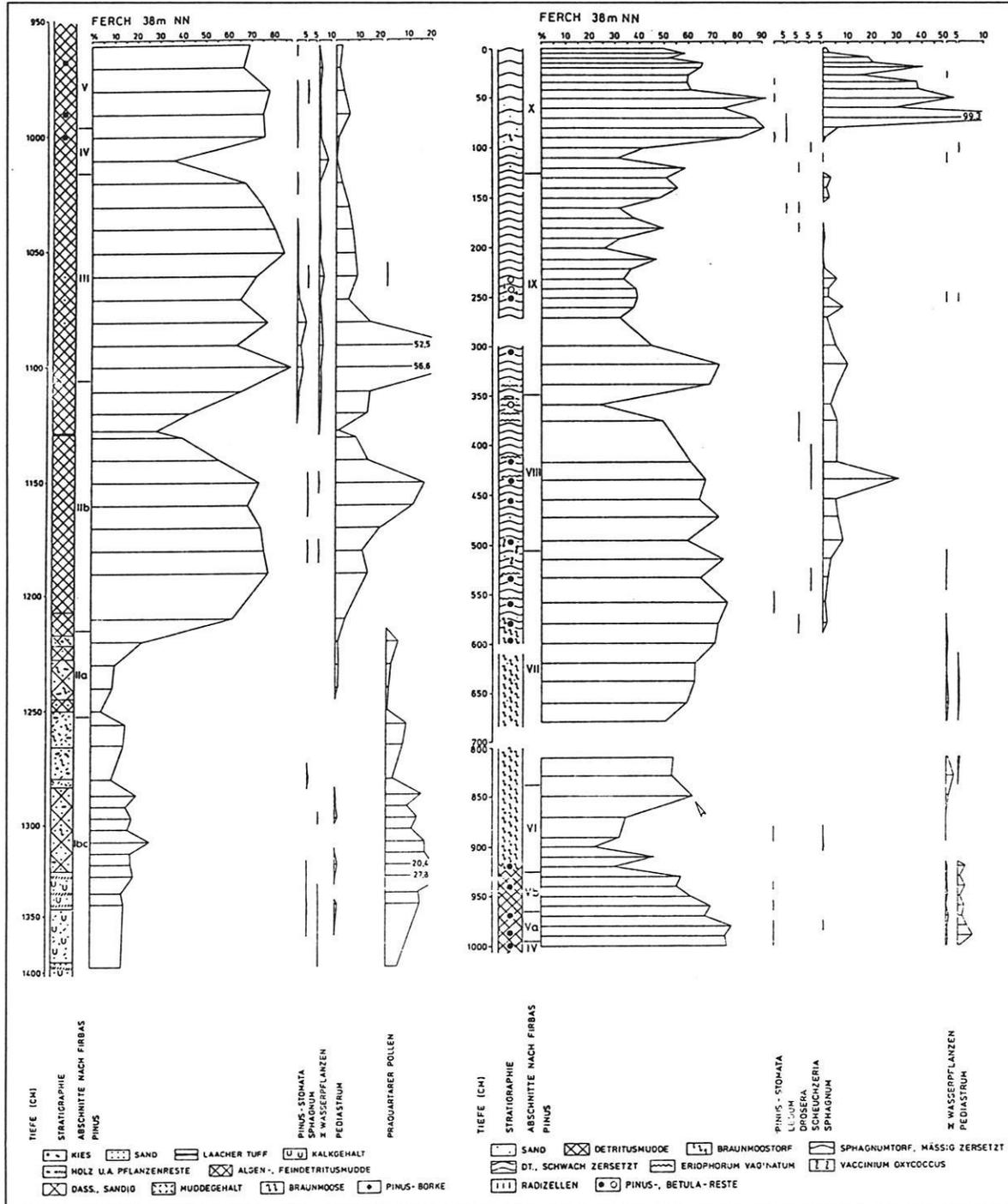


Abb. 28: Pollendiagramm Ferch (Pollenanalysen und Zeichnung: A. Brande und G. Hinz, Institut für Ökologie, TU Berlin, Darstellung wie in Abb. 27).

Am Beginn der Mittleren Wärmezeit (VI, Auftreten von *Alnus*-Pollen) geht der Anteil der Algen in dem nun von Braunmoosen besiedelten Gewässer stark zurück. Die Verlandung über im Gewässer flutende Braunmoose erfolgt dann schließlich im jüngeren Teil der Mittleren Wärmezeit (VII).

Nach dem Erreichen des Kesselmoor-Stadiums treten u. a. die Moorelemente *Drosera rotundifolia*, *Scheuchzeria* und *Sphagnum* hinzu sowie die bevorzugt *Sphagnum*-Polster besiedelnden Rhizopoden, eine Gruppe von Einzellern (beschaltete Amöben), die v. a. zwischen den Blättern der Torfmoose (art-spezifisch) vorkommen.

Der Anteil von *Sphagnum* steigt besonders im letzten Stadium der Kesselmoorentwicklung in der Jüngeren Nachwärmezeit (X) stark an.

6.5 Sonstige Fossilanalysen (Ferch)

Für das große Fercher Kesselmoor wurde eine möglichst vollständige Erfassung der Lebensgemeinschaften in den pollenanalytisch erfaßten Chronozonen seit Beginn der Beckenentwicklung angestrebt.

Hierzu wurden aus den Bohrkernen Proben für Fossilanalysen entnommen und an verschiedene Bearbeiter versandt.

Die Gesamtheit der bestimmten Mikro- und Makroreste in den jeweiligen Proben stellt ein Relikt der zum Entstehungszeitpunkt bestehenden Biozönose dar.

Im Folgenden wird zunächst auf die einzelnen pflanzlichen und tierischen Fossilien eingegangen, um dann im Zusammenhang mit den geochemischen und -physikalischen Analysen und Radiocarbondatierungen zu einer Synthese zu kommen.

6.5.1 Pflanzliche Makrofossilien

Die Bestimmung der pflanzlichen Makrofossilien oder Großreste wurde von Frau Dr. B. STREITZ (Institut für Botanik, TH Darmstadt) vorgenommen. Für die Auswertung nach einer quantitativen Methode in Anlehnung an BRAUN-BLANQUET (GROSSE-BRAUCKMANN 1974) sind insgesamt 77 Proben von 0 bis 1240 cm Tiefe analysiert worden. Aus dem unteren sandigen Profilschnitt wurden in drei Parallelkernen insgesamt 49 Proben

entnommen und nach Abtrennung der mineralischen Bestandteile die Großreste bestimmt.

Nach Möglichkeit wurden Proben von mindestens 50 cm³ Volumen entnommen (ca. 4 cm Schichtmächtigkeit entsprechend). Die Huminstoffe wurden durch 5 bis 10-minütiges Kochen in 10 % KOH-Lösung von den strukturierten Geweberesten getrennt.

An pflanzlichen Großresten können Früchte und Samen, Gewebereste (Holz, Rinde, Wurzeln und unterirdische Sproßorgane) und Moose bestimmt werden. Die Untersuchungsergebnisse sind in tabellarischer Form dargestellt (Tab. 16 - 19). Die Mengenangaben werden getrennt nach Geweberesten sowie Früchten und Samen in Häufigkeitsklassen dargestellt (Tab. 15).

Die Zahl der Farn- und Blütenpflanzen, die mittels vegetativer Reste in organischen Sedimenten sicher bestimmt werden können, beträgt lediglich etwa zwei Dutzend (GROSSE-BRAUCKMANN & STREITZ 1992). Dazu kommen etwa fünf Dutzend Moos-Arten. Sehr viel größer ist jedoch die Zahl der durch Früchte und Samen identifizierbaren Arten, nach den oben genannten Autoren bis zu 200. Im großen Fercher Kesselmoor wurden 60 Gefäßpflanzen- und 31 Moos-Arten identifiziert (Anlage 4).

Früchte und Samen:

- 1 - 2 Stück = s ("selten")
- 3 - 5 Stück = m ("mittelhäufig")
- 6 - 14 Stück = h ("häufig")
- 15 Stück u. mehr = H ("sehr häufig")

Gewebereste:

- + = Gewebereste in geringer Anzahl, zugleich weit unter 1 % des Schlämmrückstandes ausmachend, Früchte und Samen derselben Art dabei fehlend oder zugleich höchstens mit der Häufigkeit "m" in der gesamten Probe.
- 1 = wie vor, Früchte und Samen häufiger als "m" oder Gewebereste in größerer Anzahl, wenn auch weniger als 1 % oder Gewebereste in beliebiger Anzahl und 1 - 3 %
- 2 = Gewebereste 4 - 9 %
- 3 = Gewebereste 10 - 24 %
- 4 = Gewebereste 25 - 49 %
- 5 = Gewebereste 50 oder mehr Prozent
- 1 - 5 als Prozent des Schlämmrückstandes, Früchte und Samen vorhanden oder fehlend.

Tab. 15: Häufigkeitsklassen nach GROSSE-BRAUCKMANN (1974).

Chronozonen (FIRBAS)	II	II	II	II	II	II	II	II	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc
Tiefe (cm)	1120	1186	1200	1252	1272	1285	1345	1420	1446	1465	1520	1540	1555	1568	1600	1660	1680	1680
Artenzahl	7	4	8	10	1	15	6	5	5	11	7	1	5	2	4	3	4	0
Betula spec.	.	+	+	+	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris	.	.	+	+	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Hippophae rhamnoides	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+	+	+	+	.	.
Carex buxbaumii	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lychnis flos-cuculi	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Potamogeton alpinus	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Eriophorum spec.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cyperaceen	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.
Calliergon trifarium	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scorpidium scorpioides	+	.	.	+	+	+	+	.	+	+	.	.	.	.	+	+	+	.
Drepanocladus revolvens	+	+	+	+	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Drepanocladus aduncus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Calliergon cordifolium	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Meesia triquetra	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+
Carex rostrata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.
Drepanocladus fluitans	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnum magellanicum	+	.	+	+	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Sphagnum fallax	.	.	+	+	.	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.
Sphagnum Sect. Cuspid.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Characeen	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+	.	.	+	+	+	+

Außerdem in 1120-45: Sphagnum cuspidatum; 1252-72: Betula nana*; 1285-05: Carex flava-Gruppe, Nuphar luteum, Eleocharis palustris/uniglumis, Carex paniculata/appropinquata, Valeriana officinale, Carex nigra, Salix spec.; 1345-65: Catascopium nigrum*, Bryum pseudotriquetrum*; 1420-40: Sphagnum tenellum; 1465-80: Glyceria fluitans, Mnium spec.; 1520-32: Meesia spec.; 1540-42: indet. Laubmoos; 1555-67: Equisetum spec., Eleocharis spec.; 1660-80: Drepanocladus spec.*; 1680-00: Potentilla erecta.

Tab. 16: Pflanzliche Großreste in Kern A (Großrestbestimmung: B. Streitz, Institut für Botanik, TH Darmstadt).

Chronozonen (Furbas)	II	II	II	II	II/Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc	Ibc
Tiefe (cm)	1223	1241	1258	1300	1320	1350	1380	1400	1420	1440	1450	1460	1478	1507	1530	1550	1575	1587
Artenzahl	17	14	13	10	15	8	6	7	6	11	5	5	7	8	8	7	6	15
Betula spec.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris	+	+	.	.	+	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Hippophae rhamnoides	+	.	+	.	+	.	.	.	.	+	.	+	+	+	+	+	+	+
Salix spec.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex spec.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.
Carex rostrata	.	+	+	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Lychnis flos-cuculi	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Drepanocladus fluitans	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fissidens taxifolius	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potamogeton alpinus	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eriophorum spec.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eriophorum vaginatum	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juncus effusus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sparganium emersum	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Calliergon cordifolium	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
Drepanocladus revolvens	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
Drepanocladus aduncus	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Meesia triquetra	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scorpidium scorpioides	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bryum spec.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Calliergon giganteum	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnum Sect. Cuspid.	.	+	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnum magellanicum	.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sphagnum fallax	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tortella inclinata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arctostaphylos uva-ursi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
Sphagnum papillosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
Trichophorum cespitos.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
Cyperaceen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Calliergon trifarium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Betula nana	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Sphagnum palustre	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	+	+	.	.
Characeen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Außerdem in 1223-41: Valeriana officinalis, Cicuta virosa, Nymphaea alba, Potentilla erecta; 1241-58: Juncus effusus/conglomeratus, Sphagnum Sect. Subsecundum, Mnium spec., Meesia uliginosa; 1258-70: Betula tortuosa*, Tortula muralis*; 1300-15: Drepanocladus spec.; 1320-40: Eleocharis spec., Potentilla spec.*; Fissidens dubius; 1350-70: Rubus spec., Fissidens spec.; 1380-00: Bryum pseudotriquetrum; 1400-15: Nuphar luteum; 1420-40: Tortella spec.; 1440-50: Juncus spec.; 1478-00: Carex nigra; 1587-97: Equisetum spec., Juncus squarrosus, Eurhynchium swartzii*.

*Nicht völlig gesicherte Bestimmung

Tab. 17: Pflanzliche Großreste in Kern B (Großrestbestimmung: B. Streitz, Institut für Botanik, TH Darmstadt).

Einige Pflanzenarten hinterlassen allerdings keine bestimmbar Reste, oder sind aufgrund des hohen Zersetzungsgrades der Torfe nicht mehr erkennbar. Die Proben umfassen außerdem etwas unterschiedliche Zeitspannen, 4 cm mächtige Probenstücke repräsentieren nach den Pollenanalysen bei Torfbildungsraten von 1 bis 2 mm/a Zeitspannen von 20 bis 40 Jahren. Für die Interpretation der Makroreste muß weit weniger als bei der Pollenanalyse (Mikroreste) ein unterschiedlich hoher allochthoner Anteil berücksichtigt werden.

Für die Proben aus dem unteren minerogenen Sedimentabschnitt, aus denen die pflanzlichen Makrofossilien ausgeschlämmt und ausgelesen wurden, lassen sich lediglich qualitative Angaben machen. Dieser sandige Profilabschnitt, der mit drei Parallelkernen erschlossen wurde (s. Abb. 24), soll im Folgenden dokumentiert werden.

In dem durchgehend minerogenen Kern A (Tab. 16) lassen sich keine nach dem floristischen Artenbestand deutlich abgrenzbaren Sedimentabschnitte ausscheiden. Bölling und Alleröd lassen sich hier nach nicht gut voneinander trennen. *Pinus sylvestris* und *Scorpidium scorpioides* sind die Arten mit der höchsten Stetigkeit (10 von 17 Proben).

Auf den böllingzeitlichen Sedimentabschnitt (1448 - 1420 cm) ist das saure Standortbedingungen bevorzugende Moos *Drepanocladus fluitans* beschränkt. Die Kalkzeiger *Meesia triquetra* und *Calliergon*

trifarium fehlen. Dieser Abschnitt läßt sich auch nach den chemischen Analysen im Unterschied zu den übrigen Proben der Chronozone Ibc als sauer-oligotroph kennzeichnen. Ebenso tritt nur in Ibc *Hippophae rhamnoides* auf. Diese Art ist in einer Tiefe von 1680 - 1446 cm in 6 Proben nachgewiesen.

Der Wechsel von *Chara tomentosa* sowie *Chara aspera* zu *C. vulgaris* erfolgt wie in Kern B im untersten Abschnitt von Chronozone II. In dem von *Chara vulgaris* besiedeltem Abschnitt (1305 - 1120 cm), zeigen die Proben mit einer hohen Zahl von Characeen-Oogonien auch eine höhere Zahl von Moosen und Gefäßpflanzen.

Der Kern B (Tab. 17) läßt sich stratigraphisch weitgehend mit dem 1991 entnommenen Kern parallelisieren. In Kern B wurden in dem unteren minerogenen Sedimentabschnitt die Chronozone Ibc und der untere Teil von II (Alleröd) erfaßt. Im Gegensatz zu dem eben genannten Kern lassen sich jedoch nach den pflanzlichen Makrofossilien hier keine deutlich abgrenzbaren Abschnitte ausscheiden.

In der Chronozone Ibc wurden die Arten *Calliergon trifarium*, *Tortella inclinata*, *Sphagnum palustre*, *Betula nana* und *Eriophorum vaginatum* bestimmt. *Trichophorum cespitosum* und *Sphagnum papillosum* beschränken sich auf die Basis in 1597 - 1550 cm, die chemischen Analysen zeigen hier geringere Kalkgehalte und sehr geringe Glühverlustanteile.

Chronozonen (FIRBAS)	Ibc														
Tiefe (cm)	1251	1258	1266	1280	1284	1296	1308	1320	1335	1384	1400	1430	1450	1470	1495
Artenzahl	-58	-66	-80	-84	-96	-8	-20	-35	-84	-97	-30	-50	-70	-95	-10
Betula spec.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	.	+	.	.	.	.
Salix spec.	+	*	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+
Rubus idaeus	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sparganium emersum	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Potamogeton alpinus	.	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Eleocharis palustr./unigl.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.
Carex spec.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.
Scorpidium scorpioides	+	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+	+
Cyperaceen	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.
Sphagnum magellanicum	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+
Sphagnum fallax	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Calliergon trifarium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Bryum spec.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.
Drepanocladus spec.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Meesia triquetra	.	.	.	.	+	.	.	+	+	+	.	.	+	+	+
Characeen	+	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+

1320-35: *Bryum pseudo-triquetrum*; 1335-84: *Drepanocladus revolvens**, *Taraxacum spec.* u. *Equisetum fluviatile*;

1450-70: *Drepanocladus fluitans*; 1495-1510: *Vaccinium oxycoccus*.

*: Nicht völlig gesicherte Bestimmung

Tab. 18: Pflanzliche Großreste in Kern 1991, minerogener Abschnitt von 1251 - 1510 cm Tiefe (Großrestbestimmung: B. Streitz, Institut für Botanik, TH Darmstadt).

Die unterste Probe weist die größte Artenzahl auf. *Sphagnum fallax*, *Juncus effusus* und *Sparganium simplex* sind, außer den eben genannten Arten, auf den Sedimentabschnitt beschränkt, der von *Chara tomentosa* und *C. aspera* sowie Mollusken und Ostracoden besiedelt ist.

Im unteren allerödzeitlichen Abschnitt (Chronozone II) vollzieht sich nach den chemischen Analysen der Wechsel von alkalischen zu sauren Standortbedingungen (Bewuchs von *Chara vulgaris*). Die Artenzahl steigt deutlich an. Auf diesen Teufenabschnitt (1272 - 1223 cm) sind *Drepanocladus fluitans*, *Lychnis flos-cuculi* und *Fissidens taxifolius* beschränkt. *Hippophae rhamnoides* ist im Gegensatz zum Kern B sowohl in Ibc als auch in II vertreten, von der Basis in 1597 bis zum Top in 1223 cm.

Pinus sylvestris tritt in den Kernen A und B erst im oberen Abschnitt von Ibc auf.

Der minerogene Abschnitt umfaßt in dem 1991 entnommenen Kern in 1251 - 1510 cm Tiefe nach den pollenanalytischen Untersuchungen das Bölling und die ältere Tundrenzeit (Chronozone Ibc). Der nur wenige 100 Jahre (12500 - 11800 BP, BRANDE 1980) umfassende Abschnitt läßt sich mit Hilfe der pflanzlichen Makrofossilien weiter unterteilen (s. Tab. 18).

Ein erster Abschnitt reicht von 1510 - 1400 cm Tiefe. In diesem kommen nebeneinander Pflanzen saurer und alkalischer Standorte vor, angezeigt werden oligotrophe Milieubedingungen (ELLENBERG et al. 1991). Der Artenbestand wird von Moosen dominiert. Auf diesen Abschnitt beschränkt sind neben *Chara tomentosa* und *C. aspera* (Kap. 6.5.2) *Sphagnum fallax*, *Calliergon trifarium* und *Bryum* spec. Je einmal treten *Drepanocladus fluitans* und *Vaccinium oxycoccus* auf.

Darüber folgt ein Charophyten-freier bzw. -armer Abschnitt von 1397 - 1284 cm, in dem neben Kalkzeigern auch Gefäßpflanzen-Arten vorkommen, die höhere Nährstoffansprüche stellen: *Potamogeton alpinus*, *Eleocharis palustris/uniglumis* und *Sparganium emersum*. Die Artenzahl ist hier höher als in den übrigen Abschnitten, Arten nährstoffarmer, sehr saurer Standorte treten nicht auf.

Der letzte wiederum Characeen-enthaltende Abschnitt von 1280 - 1251 cm Teufe schließt mit dem Beginn der Chronozone IIa ab. Er zeigt eine geringe Artenzahl, Kalkzeiger und die Arten der unteren

Abschnitte fehlen weitgehend. Mit etwas höherer Stetigkeit, in zwei der vier Proben, sind neben *Chara vulgaris* lediglich *Scorpidium scorpioides*, *Betula* spec. und *Rubus idaeus* vorhanden. Letztere Art tritt hier zum ersten Mal auf.

Die Art mit der größten Stetigkeit in allen drei Abschnitten dieses Kernes (in 12 von 15 Proben) ist *Scorpidium scorpioides*. Auf die unteren beiden Abschnitte sind *Meesia triquetra* und *Drepanocladus* spec. beschränkt.

Im Alleröd nahm die organische Produktion in dem flachem Gewässer stark zu. An diesen organogenen Proben konnten mit der Methode von GROSSE-BRAUCKMANN (1974) die pflanzlichen Makrofossilien quantitativ erfaßt werden (Tab. 19, Übersicht in Tab. 20).

Der Sedimentabschnitt von 1240 - 1230 cm Teufe umfaßt die Chronozone IIa und enthält noch einen großen minerogenen Anteil. Dieser Abschnitt wird von *Salix* spec. und *Betula* spec. dominiert, die hier noch vorherrschende Strauchvegetation zeigen *Hippophae rhamnoides* (Holzbestimmung am Institut für historische Küstenforschung in Wilhelmshaven) und *Betula nana*. Die untere Probe hat noch einen starken Anteil von Braunmoosen (*Calliergon cordifolium*, *C. trifarium*, *Scorpidium scorpioides* und *Drepanocladus aduncus*) und Cyperaceen.

In beiden artenreichen Proben treten auch die Moose *Sphagnum magellanicum*, *S. fallax* und *Aulacomnium palustre* auf, die eher saure Standortbedingungen benötigen.

Der folgende Sedimentabschnitt (1195 - 946 cm Teufe) umfaßt die Chronozonen IIb, III, Va und den unteren Teil von Vb. Die Vorwärmezeit (Chronozone IV) wurde durch die Makrofossilanalyse nicht erfaßt, sie ist lediglich 20 cm mächtig. In dem gesamten Abschnitt herrscht *Pinus sylvestris* vor, in der Probe 1165 - 1160 cm hat *Salix* spec. einen größeren Anteil. In der Teufe 950 - 946 cm weist *Carex panicea* eine Artmächtigkeit von über 50 % auf.

Die in diesem Zeitraum ausgebildeten Algen- und Detritusmudden werden vor allem von Algen aufgebaut (*Botryococcus* und *Pediastrum*). Der Prozentsatz der bestimmaren Großreste liegt z. T. weit unter 20 % bei Glühverlusten von 43 bis 91 %. Der Anteil von *Pinus*-Holz an diesen bestimmaren Resten steigt bis 90 %. Eine größere Stetigkeit (4

von 12 Proben) weist hier noch *Drepanocladus exannulatus* auf.

Die folgenden beiden Proben (944 - 918 cm) stellen Übergangsbildungen von den Mudden zu den limnisch-telmatischen Braunmoostorfen dar. Hier kommt neben *Pinus sylvestris* in größerer Artmächtigkeit das Braunmoos *Drepanocladus aduncus* vor. Die untere Probe wurde noch in der frühen Wärmezeit als Detritusmudde mit überwiegendem *Pinus*-Anteil abgelagert. In der oberen Braunmoostorfprobe (Beginn Mittlere Wärmezeit, VI) überwiegt bereits *Drepanocladus aduncus*. Zum ersten Mal im Verlauf der Seeentwicklung tritt *Drepanocladus sendtneri* auf.

Seit der Chronozone Va ist mit größerer Stetigkeit *Nymphaea alba* verbreitet, die Samen sind in fast allen Braunmoostorf-Proben nachgewiesen.

Die folgende Probe von 918 - 915 cm Teufe wird zu über 90 % (bestimmbarer Anteil 40 %) von *Drepanocladus sendtneri* und *Drepanocladus spec.* bestimmt. *Pinus sylvestris* geht sehr stark zurück.

Die darüber liegende Probe (911 - 908 cm) wird zu fast 100 % (80 % bestimmbarer Anteil) von *Drepanocladus sendtneri* gebildet.

Der folgende Abschnitt von 905 - 685 cm Tiefe (oberer Teil VI, unterer Teil VII) wird durch die Dominanz von *Drepanocladus sendtneri* und *Calliergon trifarium* bestimmt. In diesen und den folgenden Braunmoostorfproben ist neben *Nymphaea* auch *Carex elata* mit größerer Stetigkeit vorhanden.

Von 679 - 625 cm Tiefe ist *Calliergon trifarium* zu über 90 % in den Proben vertreten, begleitet von *Nymphaea alba* und *Carex elata*.

Den Abschluß der Braunmoostorfbildung in 604 - 600 cm wird von einer Probe gebildet, die als bestimmende Arten *Drepanocladus sendtneri*, *Calliergon spec.* und *Drepanocladus spec.* enthält sowie mit geringerem Anteil *Drepanocladus aduncus*. Zeiger für einen höheren Nährstoffbedarf sind *Lycopus europaeus* und *Carex elata*. Die Artenzahl steigt deutlich an, während der Anteil der bestimmbaren Reste in Abhängigkeit vom höheren Zersetzungsgrad der Torfe absinkt.

Die Kesselmoorentwicklung beginnt mit stärker zersetzten Cyperaceen-Torfen (594 - 580 cm Tiefe). Diesen weisen neben den nicht näher bestimmbar

Cyperaceen-Geweberesten eine Vielzahl von Samen von *Carex elata* auf, seltener von *Carex lasiocarpa*. Moose nehmen einen nur geringen Anteil ein, in beiden Proben kommen *Sphagnum sect. subsecundum* und *Calliergon spec.* vor, in 584 - 580 cm außerdem *Drepanocladus vernicosus* und zum ersten Mal *Drosera rotundifolia*.

Darüber folgt ein *Eriophorum vaginatum*-Torf (574 - 570 cm), in dem geringe Anteile von *Sphagnum magellanicum* die beginnende Oligotrophierung anzeigen. Die Begleiter sind *Sphagnum fallax*, *Drosera rotundifolia* und *Carex lasiocarpa*.

Der folgende Abschnitt (564 - 517 cm) wird durch eine Schlenkenvegetation bestimmt, dominante Arten sind *Scheuchzeria palustris* und *Sphagnum magellanicum*. Bis in eine Teufe von 547 cm treten mit größerer Artmächtigkeit *Vaccinium oxycoccus*, *Eriophorum vaginatum* und *Rhynchospora fusca* auf, in 564 - 560 cm außerdem mit geringen Anteilen *Sphagnum angustifolium*. Oberhalb 547 cm verschwindet *Rhynchospora alba*, *Eriophorum vaginatum* geht zurück.

Die noch in die Chronozone VII datierte Probe 511 bis 507 cm wird durch *Pinus sylvestris* und *Vaccinium oxycoccus* (v. a. Holzreste) dominiert. Während der Anteil von *Sphagnum magellanicum* stark zurückgeht, steigt der Anteil von Cyperaceen, Begleiter sind *Rhynchospora fusca* und *Juncus spec.*

Die folgenden beiden Proben (499 - 465 cm Tiefe) sind bereits in der Chronozone VIII abgelagert worden. In ihnen dominieren *Betula spec.*, *Eriophorum vaginatum* und *Eriophorum spec.* sowie Cyperaceen. Die obere Probe weist zusätzlich größere Anteile von *Pinus sylvestris* und *Sphagnum fallax* auf.

Von 459 - 405 cm ist wiederum eine Vegetation dominant, die überwiegend in z. T. länger überstauten Schlenken verbreitet ist. In allen Proben kommen in größerer Zahl die Samen von *Rhynchospora fusca* vor, von 435 - 405 cm zunehmende Gewebeteile von *Scheuchzeria palustris*, ebenso *Betula spec.* Der Abschnitt von 459 - 425 cm Tiefe wird von Cyperaceen-Geweberesten dominiert.

Der Anteil von *Sphagnum magellanicum* und *Sphagnum fallax* ist in diesem Abschnitt weiterhin niedrig, 5 - 17 % der Gewebereste. Ab 429 cm treten *Carex elata* und *Lycopus europaeus* auf. In 439 - 435 cm ist *Eriophorum spec.* und in 429 - 425

cm *Sphagnum* Sect. *subsecundum* mit größerer Artmächtigkeit vertreten.

spec. (Blätter und Holz) in den beiden Proben, die den Abschluß der Chronozone VIII bilden. Hier ist die Anzahl von *Lycopus*-Samen recht hoch. In der oberen Probe tritt *Eriophorum vaginatum* stark hinzu. *Sphagnum* nimmt nur Anteile von jeweils 2 % der Gewebereste ein.

Von 374 - 360 cm Tiefe dominieren Cyperaceen-Gewebereste und ein bedeutender Anteil von *Betula*

Chronozone FIRBAS	Tiefe cm	Dominante und charakteristische Arten
X	0-72	<i>Sphagnum fallax</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> (v.a. in 10-12 u. 58-72), 0-2: <i>Betula pendula</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , 0-5: <i>Vaccinium oxycoccus</i>
X	80-92	<i>Sphagnum papillosum</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Drepanocladus fluitans</i> , 80-82: <i>Sphagnum fallax</i> , <i>Vaccinium oxycoccus</i>
X	100-112	Cyperaceen, <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Betula</i> spec., 100-02: <i>Rhynchospora fusca</i> , <i>Potentilla palustris</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Drepanocladus fluitans</i> , 110-112: <i>Carex echinata</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Juncus acutiflorus</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Lycopus europaeus</i>
IX, X	118-304	<i>Sphagnum magellanicum</i> , (<i>Sphagnum fallax</i>)118-20 (X): Cyperaceen, <i>Agrostis canina</i> , <i>Carex canescens</i> , <i>Carex rostrata</i> , <i>Potentilla palustris</i> , <i>Silene alba</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Bryum</i> spec., 160-74, 238-56: <i>Eriophorum vaginatum</i> , (162-64: und <i>Pinus sylvestris</i>), 248-50: Cyperaceen, <i>Carex elata</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Juncus acutiflorus</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Juncus</i> spec., <i>Lycopus europaeus</i> ,
IX	312-316	<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum fallax</i>
VIII	360-374	Cyperaceen, <i>Betula</i> spec., <i>Lycopus europaeus</i> , 360-64: <i>Eriophorum vaginatum</i>
VIII	405-459	Cyperaceen, <i>Rhynchospora fusca</i> , <i>Betula</i> spec., <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>S. fallax</i> , 405-35: <i>Scheuchzeria palustris</i> , 405-29: <i>Carex elata</i> , <i>Lycopus europaeus</i>
VIII	465-499	<i>Betula</i> spec., <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Eriophorum</i> spec.
VII	507-511	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Vaccinium oxycoccus</i>
VII	517-564	<i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i> , 547-64: <i>Vaccinium oxycoccus</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Rhynchospora fusca</i> , 560-64: <i>Sphagnum angustifolium</i>
VII	570-574	<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>Sphagnum fallax</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Carex lasiocarpa</i>
VII	580-594	Cyperaceen, <i>Carex elata</i> , <i>Carex lasiocarpa</i> , <i>Sphagnum</i> Sect. <i>subsecundum</i> , <i>Calliergon</i> spec.
VII	600-604	<i>Drepanocladus sendtneri</i> , <i>Calliergon</i> spec., <i>Drepanocladus</i> spec., <i>Drepanocladus aduncus</i> , <i>Carex elata</i> , <i>Lycopus europaeus</i>
VII	625-679	<i>Calliergon trifarium</i> , <i>Carex elata</i> , <i>Nymphaea alba</i>
VI, VII	685-905	<i>Drepanocladus sendtneri</i> , <i>Calliergon trifarium</i> , <i>Carex elata</i> , <i>Nymphaea alba</i>
VI	908-911	<i>Drepanocladus sendtneri</i>
VI	915-918	<i>Drepanocladus sendtneri</i> , <i>Drepanocladus</i> spec.
Vb, VI	918-944	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i>
IIb, III, IV, Va, Vb	946-1195	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> spec., 946-50: <i>Carex panicea</i> , 972-1085 (III, Va): <i>Drepanocladus aduncus</i> in 4 Proben, ab 980 (Va): <i>Nymphaea alba</i> , 1160-65: <i>Salix</i> spec.,
IIa	1230-1240	<i>Betula</i> spec., <i>Salix</i> spec., <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Calliergon cordifolium</i> , <i>Sphagnum fallax</i>
Ibc	1251-1280	<i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Rubus idaeus</i>
Ibc	1284-1397	<i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Meesia triquetra</i> , <i>Eleocharis palustris/uniglumis</i> , <i>Potamogeton alpinus</i> , <i>Sparganium emersum</i>
Ibc	1400-1510	<i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Meesia triquetra</i> , <i>Sphagnum fallax</i> , <i>Bryum</i> spec., <i>Calliergon trifarium</i>

Tab. 20: Entwicklungsgeschichte Abschnitte nach der Großrestanalyse (Fercher Kesselmoor).

Die Probe 316 - 312 cm Tiefe ist am Anfang der Älteren Nachwärmezeit (Chronozone IX) gebildet worden und leitet über zu dem von oligotraphenten Sphagnen bestimmten Abschnitt. Hier dominiert noch *Eriophorum vaginatum* und mit geringen Anteilen *Sphagnum fallax*.

Der Abschnitt von 304 - 118 cm wird von dem oligotraphenten Torfmoos *Sphagnum magellanicum* dominiert. Mit wechselnden Anteilen tritt wieder *Sphagnum fallax* auf.

In 250 - 238 cm und 164 - 162 cm dominiert allerdings *Eriophorum vaginatum*, in letzterer Probe zusammen mit *Pinus sylvestris*. In 248 - 250 cm ist ein größerer Anteil von Cyperaceen vertreten, hier tritt auch eine größere Artenzahl (13 Arten) auf. Zeiger eines höheren Nährstoffbedarfs sind *Carex elata*, *Molinia caerulea*, *Juncus acutiflorus*, *Juncus effusus*, *Juncus spec.* und *Lycopus europaeus*. Zum ersten Mal im Verlauf der Moorentwicklung tritt *Carex canescens* auf.

Die obere bereits in der Jüngerer Nachwärmezeit (Chronozone X) gebildete Probe zeigt neben einem höheren Torf-Zersetzungsgrad und einem größerem Anteil von Cyperaceen auch eine größere Artenzahl (13 Arten). *Agrostis canina*, *Carex canescens*, *Carex rostrata* und *Potentilla palustris* treten ebenso auf wie Arten mit höheren Nährstoffansprüchen (*Silene alba*, *Papaver rhoeas* und *Bryum spec.*).

Der Abschnitt von 112 - 100 cm wird von Cyperaceen, *Eriophorum vaginatum* und *Betula spec.* bestimmt, Torfmoose fehlen fast ganz. Der Zersetzungsgrad der Torfe ist ebenfalls recht groß. Während in der unteren Probe Arten mit höheren Nährstoffansprüchen wie *Carex echinata*, *Carex nigra*, *Juncus acutiflorus*, *Juncus effusus* und *Lycopus europaeus* vertreten sind, sind dies in der oberen Probe *Rhynchospora fusca*, *Potentilla palustris*, *Menyanthes trifoliata* und *Drepanoclauda fluitans*, die höhere Wasserstände benötigen.

Von 92 - 80 cm tritt mit größerer Artmächtigkeit das oligotraphente *Sphagnum papillosum* auf. Der Anteil von *Eriophorum vaginatum* und *Drepanoclauda fluitans* ist hoch, in 82 - 80 cm auch von *Sphagnum fallax* und *Vaccinium oxycoccus*. Begleiter in letzterer Probe sind *Juncus acutiflorus*, *Sphagnum magellanicum*, *Calliergon stramineum* und *Aulacomnium palustre*. Der Zersetzungsgrad der Torfe ist ebenso wie im folgenden Abschnitt gering.

Der relativ einheitliche Abschnitt von 72 bis 0 cm repräsentiert mit seinem Artenbestand die aktuelle Vegetation. Torfbildendes Moos ist *Sphagnum fallax*, das zusammen mit *Eriophorum vaginatum* die größte Artmächtigkeit aufweist. In 60 - 58 und 12 - 10 cm überwiegt *Eriophorum* gegenüber *Sphagnum fallax*.

Von 5 - 0 cm zeigt der große Anteil von *Vaccinium oxycoccus* (Anteil von 42 und 25 %), das oberhalb 174 cm Teufe mit größter Stetigkeit vorkommt, die unter anthropogenem Einfluß zunehmende Austrocknung des Kesselmoores.

In der obersten Probe steigt die Artenzahl an, als Begleiter kommen *Calliergon stramineum*, *Carex canescens* und *Lycopus europaeus* vor; gefunden wurde eine größere Anzahl von Früchten und Samen von *Betula pendula*.

Ein Übersicht der dominanten und charakteristischen Arten in den einzelnen Entwicklungsabschnitten, die aus der Makrorestanalyse resultieren, gibt die Tab. 20. In Anlage 4 sind die Makrofossilien mit Tiefenangaben aufgelistet. Die Auswertung und Interpretation von Einzelergebnissen und deren Aussagen für die See- und Moorentwicklung folgt in Kapitel 7.

6.5.2 Characeen-Oogonien

Bei der Gruppe der Armeleuchteralgen (Charophyten) handelt es sich um submerse, wurzelnde Chlorophyten, die in schwach bewegtem Wasser sehr dichte Rasen bilden können.

In dem unteren sandigen Sedimentabschnitt des Fercher Kesselmoores von 1251 bis 1510 cm (Abb. 29), 1120 bis 1700 cm (Kern A, Abb. 30) und 1223 bis 1525 cm (Kern B, Abb. 31) wurden in 38 Proben fossile Reste von Characeen ausgelesen und von Frau Dr. I. SOULIE-MÄRCHE am Laboratoire de Paléobotanique et Evolution des Végétaux an der Université de Montpellier II bestimmt.

Diese fossilen Reste liegen in verschiedenen Erhaltungszuständen vor:

- als Stengelbruchstücke (extrazelluläre Kalkausscheidungen), die keine Artbestimmung zulassen;
- als Gyrogonite, intrazellulär verkalkte Oogonien, die eine typische Spiralstruktur aus fünf links gewundenen Zellen aufweisen und

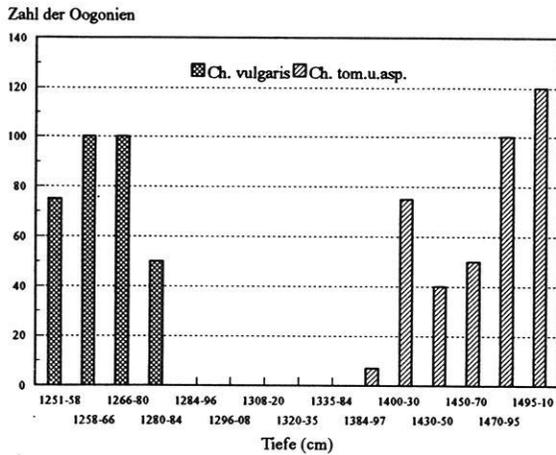


Abb. 29: Zahl der Characeen-Reste in Kern 1991 (Bestimmung durch I. Soulie-Märche).

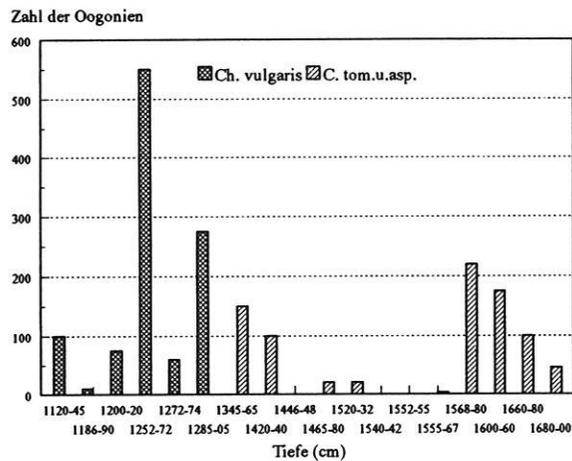


Abb. 30: Zahl der Characeen-Reste in Kern A. (Bestimmung durch I. Soulie-Märche).

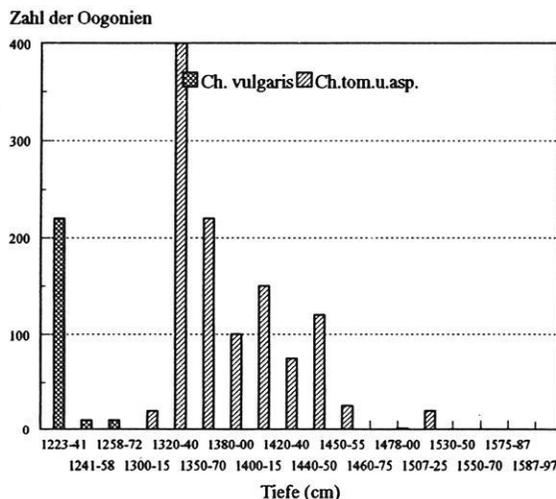


Abb. 31: Zahl der Characeen-Reste in Kern B. (Bestimmung durch I. Soulie-Märche).

- als Oosporen (Oogonien), den nur von einer organischen Zellwand umgebenden befruchteten Eizellen der Charophyten. In einer Probe (1258 bis 1266 cm Tiefe) sind sie noch in ursprünglichem Zustand, mit Stärkekörnern gefüllt, erhalten und somit keiner diagenetischen Umwandlung unterlegen.

Die determinierten fossilen Reste der Fercher Proben gehören drei Arten der Gattung *Chara* L. an:

- Chara tomentosa* L.
- Chara aspera* Deth. ex Willd.
- Chara* gr. *vulgaris* sensu Wood und Imahori

Chara tomentosa ist durch relativ große, gut verkalkte Gyrogonite mit zahlreichen Spiralwindungen belegt und entspricht dem Referenzmaterial (SOULIE-MÄRCHE 1989). Die vorliegenden kleinen Gyrogonite von *Chara aspera* mit betont länglicher Gestalt entsprechen der früher beschriebenen Süßwasserform. *Chara* gr. *vulgaris* ist hier ausschließlich mit Oosporen vertreten und durch ihre Morphologie sowie die Homogenität des Materials kenntlich.

Bei letzterer Art ist ein graue Färbung auf der äußeren Oberfläche der Sporenwand sichtbar, bedingt durch eine Lage von Kalzitkristallen (s. SOULIE-MÄRCHE 1989, Abb. 1-2). Es kann sich um ursprünglich verkalkte Gyrogonite gehandelt haben, die dann durch saure Wässer aus den späteren sauren Bildungen sekundär gelöst wurden, oder um primäre Bildungen, hervorgerufen durch den geringen Kalkgehalt des Wassers zur Bildungszeit.

Die ökologischen Ansprüche der in Ferch vorkommenden Arten kann aus rezenten Vorkommen abgeleitet werden (STROEDE 1931).

Chara tomentosa (= *C. ceratophylla* Wallr.) bildet in vielen Seen Brandenburgs Massenbestände, ist ansonsten in Nordeuropa beheimatet. Sie kommt in oligotrophen bis schwach mesotrophen Gewässern auf Sand- und Gytija-Boden in einer Tiefe zwischen 1.5 und 4 m vor. Unter günstigen Bedingungen ist sie allerdings bis in eine Wassertiefe von 30 m verbreitet.

Chara aspera, oft Begleiter von *C. tomentosa*, bevorzugt oligotrophe, kalkreiche Gewässer; rezente Standorte weisen pH-Werte von 7.4 bis 8.1 auf. Sie kann sowohl in Uferzonen und Wasserlöchern als auch in Seen von 0.5 bis maximal 14 m Wassertiefe vorkommen, ihr Optimum liegt jedoch bei 2 - 3 m.

Chara vulgaris (= *C. foetida* A. Braun) ist eine kosmopolitische Art mit großer ökologischer Amplitude. Sie kommt in meso- bis eutrophen Gräben, Teichen und Ufern größerer Seen vor, in einem Tiefenbereich von 0.1 bis 2 m. Nach STROEDE (1931) verlangt sie eine Mindestkonzentration von 55 mg/l CaO.

Die kalkhaltigen, mineralischen Sedimente enthalten von der Basis bis zu einer Tiefe von ca. 13 m *Chara tomentosa* und *C. aspera*. Der darauffolgende Sedimentabschnitt (1284 - 1397, Kern A: 1465 - 1567 und Kern B: 1241 - 1315 cm) ist weitgehend frei bzw. arm an Charophyten. Dieser Abschnitt umfaßt demnach in den Parallelkernen unterschiedliche Mächtigkeiten und Positionen. Darüber ist bis zu dem überwiegend organischen Sedimentabschnitt nur noch *Chara vulgaris* verbreitet, die hier mit Oosporen enthalten ist. Sie wurde bis zu einer Tiefe von 1251 und 1223 cm (Kern B) sowie in dem stärker minerogen geprägten Kern A bis 1120 cm nachgewiesen. Nur in wenigen Proben oberhalb des allerödzeitlichen Laacher Tuffs (815 - 19, 972 - 76, 1070 - 75 und 1080 - 85 cm) sind im Fercher Kesselmoor noch Charophyten nachgewiesen.

Für die Charophyten enthaltenen Sedimentabschnitte lassen sich demnach zwei Phasen der Seenentwicklung ausscheiden: In einer ersten Phase wird nach der Ausbildung der Seefläche - bereits die unteren Proben enthalten zahlreiche Gyrogonite (außer Kern B) - unter oligotrophen, alkalischen Bedingungen der Sanduntergrund von *Chara tomentosa* und *C. aspera* besiedelt. Aus der rezenten Verbreitung dieser Arten in Brandenburg kann auf eine Wassertiefe von maximal 4 - 5 m geschlossen werden. Gyrogonite von *Nitellopsis obtusa* fehlen, diese kommt in einer Wassertiefe von mehr als 4 m vor.

Nach einer Phase, die keine oder wenig optimale Wuchsbedingungen für Charophyten aufweist, haben sich die Standortbedingungen des Gewässers sehr stark geändert.

Die vorher genannten Arten werden durch *Chara vulgaris* ersetzt. Damit verbunden ist eine Verringerung der Wassertiefe auf weniger als 2 m. In dem Gewässer herrschen mesotrophe bis eutrophe Standortbedingungen, der pH-Wert des Gewässers sinkt stark ab.

6.5.3 Mollusken

Aus dem unteren überwiegend sandigen Sedimentabschnitt zwischen 12.85 und 15.80 m Tiefe wurden in drei Parallelkernen aus insgesamt 29 Proben Molluskenschalen aussortiert. Diese wurden von Frau Dipl.-Geogr. U. WERNER (Institut für Paläontologie, FU Berlin) bestimmt, eindeutig identifizierbar waren folgende Molluskenarten (vgl. Tab. 21 - 23):

Gastropoda (Schnecken)

Basommatophora (Süßwasserlungenschnecken):
Galba truncatula *Gyraulus cristata* f. *nautilius*
Radix ovata *Planorbis planorbis*

Stylommatophora (Landlungenschnecken):
u. a. *Succinea oblonga*

Bivalvia (Muscheln)

Pisidium hibernicum *Pisidium nitidum*
Pisidium obtusale *Pisidium casertanum*
Pisidium milium

Die Wassermolluskenfauna deutet für den böllingzeitlichen Sedimentabschnitt auf ein zu diesem Zeitpunkt bestehendes Kleingewässer. Bei den Schnecken sind *Gyraulus cristata* f. *nautilus* und im oberen Profilbereich *Planorbis planorbis* für diesen Biotoptyp charakteristisch. Von den bestimmten Muscheln kommt *Pisidium obtusale* vor allem in kleineren Gewässern vor, in dem untersuchten Material sind die für Moore typischen Sonder- und Kümmerformen gefunden worden. *Pisidium milium* lebt ebenfalls in Kleingewässern und ist in den untersuchten Kernabschnitten mit geringer Frequenz fast durchgängig auftreten.

Im gesamten Profilabschnitt kommt *Pisidium hibernicum* vor, fast immer als häufigste Art. Sie ist in Seen und Moorgewässern verbreitet, in der Mark Brandenburg vom Präboreal bis zum Atlantikum nachgewiesen und heute im nordisch-alpinen Bereich verbreitet (Bild 2).

Die anderen Arten sind weniger auf bestimmte Standorte spezialisiert. Die in Kümmerformen vorkommenden *Pisidium casertanum* und *Pisidium nitidum* sind nur in Kern B etwas häufiger. Nach ökologischen Kriterien konnte von WERNER *Radix ovata* identifiziert werden. Sie ist eine der anpassungsfähigsten mitteleuropäischen Wasser-

Tiefe (cm)	1285-05	1345-65	1465-80	1520-32	1540-42	1552-55	1555-67	1568-80	1600-60	1680-00
Gastropoda										
Basommatophora										
Galba truncatula	+	+	+	+	+	.
Radix spec.	+	+	.	.	+
Gyraulis cristata f. nautilus	+	+	.	.	.	+	.	.	+	.
Radix ovata	.	+	+	+	+	.
Planorbis planorbis	.	+
Lymnaeidae spec.	+	.
Stylommatophora										
Stylommatophora spec.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.
Pupilla muscorum	+
Abida secale	+
Succinaeidae spec.	+	+	.	.	.
Succinea oblonga	+	.	.	.
Vertiginidae spec./Pupillidae	+	.	.
Bivalvia										
Pisidium hibernicum	+	+	+	+	+	.	+	+	.	+
Pisidium obtusale	+	+	+	+	.	.
Pisidium milium	+
Pisidium nitidum	.	+
Pisidium casertanum	.	+	+	.	.
Ostracoda										
Herpetocypris reptans	.	+	+	+	.	+	+	+	+	.
Candona spec.	.	+	+	+	.	+	+	.	.	.
Cypridopsis vidua	.	+	+	+	+	+	+	+	.	.
Candona Compressa-Gruppe	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.
Candona candida	.	.	+	+	.	.
Ilyocypris bradyi	.	.	+
Eucypris spec.	.	.	+
Potamocypris spec.	.	.	+
Dolerocypris fasciata	+	.	.	.

Tab. 21: Mollusken- und Ostracoden-Fauna in Kern A (1285 - 1700 cm Tiefe, Bestimmungen durch U. Werner und J. Günther).

Tiefe (cm)	1320-35	1335-84	1384-97	1400-30	1430-50	1450-70	1470-95	1495-10
Gastropoda								
Basommatophora								
Radix ovata	+	+	+	+	.	.	+	+
Gyraulis cristata f. nautilus	.	+	+	.	.	+	.	.
Galba truncatula	.	+	+
Stylommatophora								
Succinaeidae spec.	+	.	.	+
Stylommatophora spec.	.	+	.	+
Succinea oblonga	+	+	.
Columella aspersa	+
Bivalvia								
Pisidium hibernicum	+	+	+	+	+	+	+	+
Pisidium obtusale	.	+	+	.	.	+	+	+
Pisidium spec.	.	+	+	.	+	+	.	.
Pisidium milium	+	+
Pisidium nitidum	+	+
Ostracoda								
Herpetocypris reptans	.	+	.	+	.	.	+	+
Candona candida	+

*: Nicht völlig gesicherte Bestimmung

Tab. 22: Mollusken- und Ostracoden-Fauna in Kern 1991 (1320 - 1510 cm Tiefe, Bestimmungen durch U. Werner und J. Günther).

Tiefe (cm)	1320-40	1350-70	1380-00	1400-15	1420-40	1440-50	1450-55	1587-97
Gastropoda								
Basommatophora								
<i>Gyraulis cristata</i> f. <i>nautilus</i>	+	+	+	+	+	.	+	+
<i>Radix ovata</i>	+	+	.	+	.	+	.	+
<i>Planorbis planorbis</i>	+	+
<i>Radix</i> spec.	+	.
Stylommatophora								
Succineaidae spec.	+	+
<i>Stylommatophora</i> spec.	+	+
<i>Sphyradium doliolus</i>	.	+
<i>Pupilla muscorum</i>	+*
Bivalvia								
<i>Pisidium hibernicum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pisidium nitidum</i>	+	.	+	+	+	.	+	.
<i>Pisidium casertanum</i>	+	+	.	.	+	.	.	.
<i>Pisidium obtusale</i>	+	.	.	.	+	+	.	.
<i>Pisidium milium</i>	+	+	+
<i>Pisidium</i> spec.	+	+	+
Ostracoda								
<i>Herpetocypris reptans</i>	+	+	.	+	+	+	.	.
<i>Cypridopsis vidua</i>	+	+	.	.	+	.	.	+
<i>Ilyocypris bradyi</i>	.	+	.	.	+*	+	.	.
<i>Candona candida</i>	+	.	.
<i>Potamocypris</i> spec.	+	.	.

*: Nicht völlig gesicherte Bestimmung

Tab. 23: Mollusken- und Ostracoden-Fauna in Kern B (1320 - 1597 cm Tiefe, Bestimmung durch U. Werner und J. Günther).

lungenschnecken. Gefunden wurden nicht ausdifferenzierte schmale Formen, die ebenfalls auf Kleingewässer hindeuten. Die auch bevorzugt in diesen lebende *Galba truncatula* kommt in einigen Proben vor.

Eine Interpretation kann nach den Untersuchungsergebnissen von WERNER für alle Kerne zusammen erfolgen. Dabei zeigt der unterste Profilabschnitt (Kern A: 15.52 - 17.00 m) ein Nebeneinander von Landschnecken, reinen Wasserbewohnern (*Gyraulis cristata*, *Pisidium* spec.) und der in Ufernähe lebenden Wasserschnecke *Galba truncatula*. Hier ist offensichtlich der Uferbereich eines moorigen Kleingewässers erfaßt worden.

Im mittleren Profilabschnitt kommen zu den typischen Moorbewohnern weitere euryöke Arten hinzu: *Radix ovata*, *Pisidium milium*, *Pisidium nitidum* (oberhalb 15.10 m Tiefe). Darüber finden sich, besonders in Kern B, artenreichere Gemeinschaften in der für das Gesamtprofil charakteristischen Vergesellschaftung, v. a. mit der häufigsten Art *Pisidium hibernicum*. Landlungenschnecken treten hingegen fast völlig zurück, auch *Galba truncatula* fehlt. Der Artenbestand deutet demnach auf eine größere Wassertiefe des Gewässers.

Bis in den oberen Profilabschnitt ist die *Pisidium*-Fauna homogen, lediglich in den einzelnen Kernen unterschiedlich erfaßt. Oberhalb 13.70 m (Kern B) kommen vereinzelt Schalenreste von Landlungenschnecken vor, in den Parallelkernen auch vereinzelt Reste von *Galba truncatula*. Wassermollusken haben hier allerdings ein deutlich stärkeres Gewicht: sehr zahlreich sind *Radix ovata* und *Gyraulis cristata*, die euryöke Art *Planorbis planorbis* tritt hinzu. In diesem Profilabschnitt hat sich eine reichhaltigere Molluskenfauna ausgebildet, durch günstigere Klimabedingungen oder eine Vergrößerung des Gewässers (zunehmende Diversität).

In dem zu Beginn der Seentwicklung kleinen, mit einer Kaltwasserfauna ausgestatteten Moorgewässer fanden im späteren Bölling Süßwassermollusken günstigere Milieubedingungen vor. Dies hatte eine Zunahme der Artenzahl zur Folge.

6.5.4 Ostracoden

In dem unteren sandigen Profilabschnitt (1285-1587 cm Tiefe) wurden von Frau Dr. J. GÜNTHER (Schleswig) in 19 Proben folgende Ostracoden-Arten bestimmt (Tab. 21 - 23):

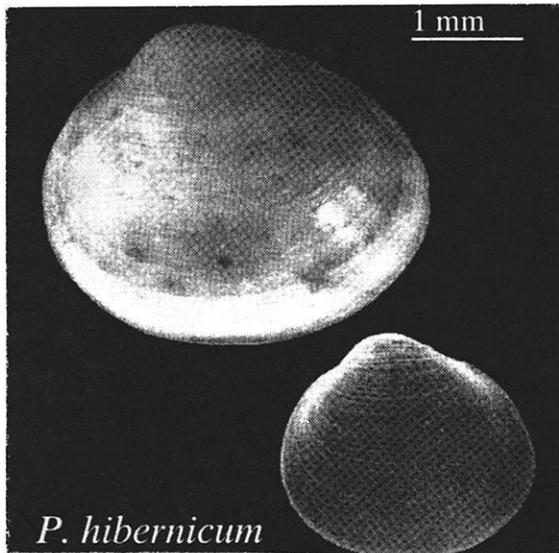


Bild 2: *Pisidium hibernicum* (aus: GLOER et al. 1992).

Candona candida *Cypridopsis vidua*
Dolerocypris fasciata *Eucypris cf. pigra*
Herpetocypris reptans *Ilyocypris bradyi*
Potamocypris cf. pallida

Die determinierten Ostracoden-Arten bevorzugen als Lebensraum flache Gewässer bzw. deren Uferbereich. Lediglich *Eucypris cf. pigra*, *Ilyocypris bradyi* und *Potamocypris cf. pallida* werden häufig auch in Quellbereichen gefunden.

Zur Ablagerungszeit existierte demnach ein flaches Gewässer, erfaßt wurde möglicherweise der Uferbereich. Die Tiefen Kern A 1465 - 1480 cm und Kern B 1440 - 1450 cm Tiefe repräsentieren Sedimentschnitte, in denen der Artenbestand die Interpretation von quellig zufließendem Wasser erlaubt.

Der Kern A weist durchgehend den größten Reichtum an Ostracoden auf, während die Basis des 1991 entnommenen Kerns (1320 - 1510 cm) nur wenige Ostracoden-Schalen enthält.

6.6 Radiocarbonatierungen

Aus einer Tiefe von 1251 bis 1397 cm wurden insgesamt 8 Proben für die Radiocarbonatierungen

entnommen und an Prof.Dr. M. A. Geyh (¹⁴C-Laboratorium des Niedersächsischen Landesamtes f. Bodenforschung) gesandt.

Für die ¹⁴C-Proben wurden nur die pflanzlichen Reste ausgelesen, die aufgrund ihrer para-autochthonen Lagerung geeignet sind. Abgetrennt ist sowohl die mehr oder weniger amorphe organische Muddefraktion als auch pflanzliche Reste, vor allem Holz, aus umgelagerten quartären und tertiären Sedimenten.

Die pollenanalytische Datierung ergab für die entnommenen Sedimentproben ein Alter von 11800 bis 12500 BP. Nach den Ergebnissen der Radiocarbonatierungen sind sie ebenfalls als vor-allerödzeitlich einzustufen (s. Abb. 22). Jedoch weisen die Proben von 1284 bis 1384 cm Tiefe (Hv 17978 - 17982) ein z. T. wesentlich höheres Alter auf (Abb. 30). Da umgelagertes Material weitgehend abgetrennt wurde, müssen für diese zu hohen Altersangaben andere Erklärungsmöglichkeiten herangezogen werden.

In der spät- und postglazialen Entwicklung gibt es mehrere Phasen, die mit Hilfe der Radiocarbonatierungen zeitlich nicht auflösbar sind. Diese "Plateaus" (wiggles), also Phasen gleichen ¹⁴C-Alters, können durch verschiedene Vorgänge hervorgerufen werden, die den Kohlenstoffhaushalt der Erdatmosphäre verändern, u. a. Sonnenfleckenzyklen, Änderungen des Erdmagnetfeldes, Veränderungen der Meeresströmungen (upwelling) usw. Ein solches Plateau könnte mit Hv 17978 - 17982 erfaßt sein.

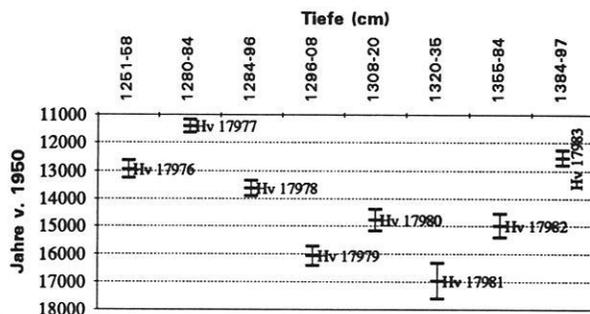


Abb. 32: Radiocarbonatierungen (Kern 1991, Bestimmung im ¹⁴C-Laboratorium des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung).

7. Rekonstruktion der See- und Moorentwicklung

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der einzelnen Analysen zusammengefaßt werden. Ausgehend von der stratigraphischen Aufnahme der Kesselmoore und den pollenanalytischen Befunden können verschiedene Phasen der See- und Moorentwicklung ausgedeutet werden.

Die Ergebnisse der Fossilanalysen sowie die chemischen und physikalischen Daten ergänzen und vertiefen das Bild über die Lebensgemeinschaften und deren abiotische Standortbedingungen.

7.1 Spätglazial

Die Anlage der Rinnen bei Ferch, zwischen Kaniner Tal und Beelitzer Sander, erfolgte während des Weichsel-Hochglazials (siehe Kap. 3.2). Sie bildeten einen Teil des subglazial angelegten Schmelzwasserrinnensystems, das am Aufbau des großen Beelitzer Kegelsanders beteiligt war. Nach dem Rückschmelzen des Inlandeises des Brandenburger Stadiums waren diese mit stagnierendem Eis verfüllt. Anschließend wurden sie durch glazifluviale und solifluidale Prozesse teilweise verdeckt (Toteisphase). Durch das nicht in allen Teilbereichen der Rinnen gleichermaßen erfolgte Tiefschmelzen entstanden Becken- und Schwellenbereiche.

Nachdem der Dauerfrostboden auch auf weiten Teilen der höher liegenden Flächen (z. T. Geschiebemergelflächen) aufgetaut war, konnten in den Becken nach Ausbildung eines höheren Grundwasserspiegels flache Gewässer entstehen. Hier führte die Zufuhr von kalkhaltigen Grundwässern von den Geschiebemergelhochflächen bei gleichzeitigem Materialeintrag von den Hängen zur Bildung von z. T. stark kalkhaltigen Sedimenten mit unterschiedlicher Korngrößenzusammensetzung.* Die Existenz zahlreicher Dünen im Kaniner Tal deutet auch auf einen höheren äolischen Anteil.

Eine präböllingzeitliche Vegetation (Ia) konnte nicht erfaßt werden. Die in dem großen Fercher Kesselmoor an der Basisteufe (in über 19,0 m Tiefe) auftretenden Wechsellagerungen von muddehaltigen Sanden, Sandmudden, Sanden mit pflanzlichen Resten und kieshaltige Sande sowie Kiese zeigen die dynamischen Prozesse. Erosion und Akkumulation führten zu komplizierten Lagerungsverhältnissen

und auf engem Raum zu einer stark wechselnden Stratigraphie.

7.1.1 Bölling

Die Radiocarbonatierungen ergaben für Basis und Top der böllingzeitlichen Sedimente ein Alter von etwa 13.000 Jahren vor Heute, für die dazwischen liegenden Proben mit höheren ¹⁴C-Werten muß ein größerer Fehler angenommen werden.

Die in limnischen Milieu abgelagerten böllingzeitlichen minerogenen Sedimente enthalten eine Vielzahl von Fossilien (Characeen, Braunmoose, Mollusken, Ostracoden). Die umgebenden Hänge und der Randbereich des Sees waren nach Makro- und Pollenanalyse schon von einer dichteren Strauchschicht bedeckt mit *Hippophae rhamnoides*, *Salix spec.* und *Betula spec.* sowie *Rubus idaeus*. Der Anteil des Krautpollens beträgt weniger als 50 %. Der hohe minerogene Sedimentanteil zeigt jedoch eine erhebliche morphodynamische Aktivität. Die einzelnen Abschnitte mit verschiedenen Korngrößenfraktionen und organischen Anteilen zeichnen sich daher durch sehr unterschiedliche Fossilienführung aus.

Die Abgrenzung der Älteren Dryaszeit (Ic) ist nach den pollenanalytischen Befunden nicht möglich. Anzeichen sind eventuell höhere Sand- bis Steingehalte mit sehr geringen Muddeanteilen zusammen mit einem Sanddorn-Maximum bei 12,70 m (BÖSE, BRANDE & ROWINSKY 1993).

Die auf einer Fläche von 4 m² abgeteufte drei Livingstone-Kernbohrungen dokumentieren den komplizierten Aufbau der böllingzeitlichen Sedimente (s. Abb. 24). Hiervon sind zwei Profile relativ gut parallelisierbar (Kern 1991 und Kern B), während Kern A eine stark abweichende Stratigraphie aufweist. Die mächtige Sandfolge unterschiedlicher Körnung in Kern A zeichnet sich durch einen größeren Fossilienreichtum (Characeen, Mollusken und Ostracoden) und z. T. sehr hohe Kalkgehalte (CaCO₃ über 50 %) aus. Der obere Abschnitt mit höherem Kiesanteil gehört hier bereits dem Alleröd an.

Eine Deutungsmöglichkeit für die abweichende Stratigraphie von Kern A bietet sich in der

Annahme von Materialeinträgen und Umlagerungen im ufernahen Bereich. Hier wird im flachen Wasser bei höheren Wassertemperaturen und ständiger Zufuhr von kalkhaltigen Grundwässern deutlich mehr Kalk gebildet als an tiefer gelegenen Stellen (Kern B). Die dichten Characeen-Rasen im Randbereich des Gewässers fungieren als biologische Kalkbildner.

Die in den Sedimenten enthaltenen Fossilien deuten auf die Existenz eines flachen Gewässers mit einer Wassertiefe von weniger als 4 m. Ostracoden- und Mollusken-Fauna zeigen die Vertreter flacher Gewässer bzw. deren Uferbereiche. Landlungenschnecken sind auf den untersten Profilschnitt beschränkt und belegen die Bildungsphase des Gewässers bei steigenden Grundwasserständen. Später besiedeln *Chara tomentosa* und *Chara aspera* den Sanduntergrund in dem oligotrophen, alkalischen Gewässer.

Es folgt eine Phase, die nur wenig optimale Wachstumsbedingungen für Charophyten aufweist. Ostracoden und Mollusken finden keine optimalen Lebensbedingungen mehr in dem Gewässer, der Kalkgehalt der Sedimente geht stark zurück. Die pflanzlichen Makroreste zeigen in dem Abschnitt (Kern 1991: 1397 - 1284 cm) eher mesotroph-subneutrale Milieubedingungen an. Im Uferbereich sind Gefäßpflanzen-Arten mit höheren Nährstoffansprüchen verbreitet (u. a. *Eleocharis palustris/uniglumis*, *Sparganium emersum* und *Potamogeton alpinus*).

Anschließend folgt ein Abschnitt (Kern 1991: 1280 - 1251), in dem Kalkzeiger weitgehend fehlen. Es tritt *Chara vulgaris* auf, die im Gegensatz zu den vorher verbreiteten *Chara*-Arten ein höheres Nährstoffangebot verträgt sowie eine Wassertiefe von weniger als 2 m anzeigt.

Der Wechsel zu *Chara vulgaris* erfolgt in zwei Parallelkernen im jüngsten Abschnitt von Ibc in Kern Kern A jedoch erst im Alleröd. Der Kalkgehalt der minerogenen Sedimente geht ebenso wie der Eisenanteil in Kern B stark zurück, da aus dem Einzugsgebiet, vor allem von den Geschiebemergelflächen, nicht mehr genügend Kalke nachgeliefert werden können.

Der Anteil von präquartärem Pollen geht bis zum Ende des Bölling stark zurück (s. Abb. 28). Die gelisolifluidalen Prozesse nehmen mit dem wärmer werdenden Klima ab, der Eintrag von den umgebenden Hängen wird durch den zunehmend dichteren

Bewuchs, vor allem mit Birke, stark herabgesetzt. Zeitweise kommt Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*) zur Vorherrschaft, mit nennenswertem Holzanteil in den Kernen A und B (Uferbereich). Nach wie vor ist jedoch die Produktivität des Gewässers gering, der Anteil der Algen (*Botryococcus*, *Pediastrum*) sowie die Glühverlustanteile entsprechend gering.

Von NITZ (1994) werden aus dem Biesenthaler Becken fossilführende Kalksande beschrieben, die in toteisbedingte Deformationen einbezogen wurden. Die ¹⁴C-Altersbestimmung an *Anodonta*-Schalen erbrachte für diese ein Alter von etwa 13.200 Jahren vor Heute. Sie entsprechen damit den datierten böllingzeitlichen minerogenen Sedimenten des Fercher Kesselmoores. Beweise für austauendes Toteis sind aber für die Hohlformen bei Ferch für diesen Zeitabschnitt nicht nachgewiesen. PACHUR & RÖPER (1987) setzen für den Prozeß des Tiefertausens unter Wasserbedeckung einen Zeitraum von nur wenigen 100 Jahren an.

7.1.2 Alleröd

Im Verlauf des unteren Alleröd (IIa) kommen mit der Bewaldung und der Dominanz von Baumbirke und Wacholder (*Betula* und *Juniperus*) die morphodynamischen Prozesse zum Erliegen. Im Uferbereich sind mit größeren Anteilen Weiden (*Salix spec.*) sowie die Zwergbirke (*Betula nana*) vertreten, ebenso Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*). In dem sehr flachen Gewässer beginnt mit den höheren Temperaturen die kontinuierliche Sedimentation von Mudden, in diesem Abschnitt mit noch relativ hohem minerogenem Anteil als Sandmudde ausgebildet.

Das Vorkommen von Braunmoosen (*Calliergon cordifolium*, *Drepanocladus aduncus*, *Scorpidium scorpioides* und *Meesia triquetra*) und Torfmoosen (*Sphagnum fallax*, *Sph. magellanicum*) zeigt ein Nebeneinander von Kalk- und Säurezeigern und damit den Wechsel der Standortbedingungen. Ostracoden und Mollusken treten im Alleröd nur noch im unmittelbaren Uferbereich (Kern A) auf.

Der durch chemische und physikalische Analysen erfaßte Kern B zeichnet sich im obersten Abschnitt (II) durch eine Änderung verschiedener Parameter aus. Ein Kennzeichen ist das Absinken des pH von basischen zu stark sauren Werten und höheren Gehalten organischer Substanz sowie niedrigeren

Calcium- aber höheren Schwefelgehalten. Auch in Kern A sinken in dem entsprechenden Abschnitt pH-Wert und Calciumgehalt. Damit verlaufen die Veränderungen von Biocönose und Biotop etwa im gleichen Zeitraum.

Im oberen Alleröd (IIb) dominiert die Kiefer (*Pinus sylvestris*) das Landschaftsbild, dies zeigen Makrorest- und Pollenanalyse. Im Gewässer dominieren Algen (*Pediastrum* und *Botryococcus*), präquartäre Pollen sind nicht mehr nachweisbar. In dem Gewässer kommt jetzt auch *Potamogeton* vor, in einer Probe sind die Früchte von *Potamogeton berchtoldii* bestimmt worden. Die bei größerer Wassertiefe abgelagerte Algenmulde zeigt Glühverlustanteile deutlich über 50 %, Schwefel-, Phosphor- und Eisengehalte sind relativ hoch. Demnach war eine ausreichende Nährstoffversorgung über zufließendes Grundwasser gewährleistet.

Röntgenographisch sind in den allerödzeitlichen Sedimenten neben Quarz und Feldspäten (nur im unteren Alleröd) auch Pyrit (FeS_2) nachgewiesen. Die höheren Phosphorgehalte deuten in Verbindung mit hohen Eisenanteilen auf die Bildung von Vivianit unter reduzierenden, zeitweise anaeroben Verhältnissen am Gewässerboden (siehe auch BRANDE, HOELZMANN & KLAWITTER 1990).

Eine kurzfristige, aber einschneidende Änderung der Standortbedingungen trat mit dem Ausbruch des Laacher Vulkans ein (11.300 Jahre vor Heute, siehe auch BRANDE 1980, PACHUR & RÖPER 1987). Der Ausstoß von vulkanischen Aschen (Tuffablagerungen von 5 bis 10 mm) führten für eine kürzere Periode zu einer deutlichen Temperatur-Erniedrigung. Schon vor dem Vulkanausbruch ist allerdings im Pollendiagramm eine Klimaverschlechterung erkennbar. Der Anteil von *Pinus* geht zugunsten von *Betula* stark zurück, ebenso der Algenanteil und in dem Sediment der Gehalt der organischen Substanz. Anschließend dominiert wiederum die Kiefer im Landschaftsbild.

7.1.3 Jüngere Dryas

Die minerogene Komponente bleibt auch nach der Waldauflichtung in der Jüngeren Dryaszeit (III) mit *Juniperus*, *Artemisia*, *Rumex*, Chenopodiaceen, Gramineen u. a. im Pollenspektrum (siehe BÖSE, BRANDE & ROWINSKY 1993) gering. Ein nennenswerter äolischer Eintrag ist danach weitgehend auszuschließen. In dem Gewässer wird bei geringerer Wassertiefe nun Detritusmulde sedimentiert.

Seit dem Jüngeren Alleröd treten keine Kalkzeiger mehr auf, in dem artenarmen dryaszeitlichen Ablagerungen finden sich neben *Pinus sylvestris* mit größerer Stetigkeit lediglich das acidiphile Braunmoos *Drepanocladus exannulatus*.

Die chemischen Analysen kennzeichnen das Gewässer als mäßig nährstoffreich und subneutral, Schwefel- und Phosphorgehalt sinken auf 1 %, der Eisengehalt liegt deutlich über 1 %. Die Klimaverschlechterung macht sich durch einen gegenüber den allerödzeitlichen Proben deutlich niedrigeren Glühverlustanteil bemerkbar, die Produktivität des Gewässers sinkt.

Röntgenographisch sind in der aus dem unteren Abschnitt von III stammenden chemisch-physikalisch untersuchten Probe Quarz, Feldspäte und Pyrit, aber auch Dolomit und mit undeutlichem Reflex Mischkarbonate (Mg/Ca, Mn/Ca) nachgewiesen.

Von den im Grunewald gelegenen Kesselmooren Bars- und Pechsee sind bereits die pollenanalytischen Ergebnisse bei BRANDE (1978/79, 1980 und 1988) und BRANDE, DEUTSCHBEIN & ROWINSKY (1991) dokumentiert, Makrorestanalysen liegen nicht vor. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse hinsichtlich See- und Moorentwicklung erfolgte bereits in Kapitel 6.4.1.

Die Teufelssee-Pechsee-Barssee-Talung ist ebenso wie das Rinnensystem bei Ferch weichselzeitlich angelegt worden. Die mehr als 50 abflußlosen Hohlformen entstanden in einer als subglaziale Schmelzwasserbahn gedeuteten Rinne, durch austauendes Toteis und periglaziale Prozesse überformt (s. Kap. 3.1).

Im Unterschied zu den Kesselmooren bei Ferch und am Pechsee konnte am Barssee mit dem Anstieg von Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*) auch das Präbölling (Ia) erfaßt werden. Am Pechsee ist mit dem Rückgang von *Artemisia* und *Helianthemum* in der ältesten Probe noch die lichtbedürftige Kraufloren von Ia erfaßt (BRANDE 1980).

Eine Parallele zur Entwicklung im Fercher Kesselmoor bietet der Rückgang von minerogenem Anteil und Sekundärpollen (v. a. präquartärem Pollen) sowie die Waldauflichtung in der Jüngeren Dryaszeit (III) mit einem vermehrten Anteil u. a. von *Juniperus*-Pollen.

Ebenso finden sich an Bars- und Pechsee seit dem Alleröd keine Anzeichen mehr von Kalkzufuhr aus

den Einzugsgebieten (BRANDE 1980); am Barssee kam es im Postglazial lediglich zu sekundären Kalkausfällungen.

Die Ablagerungen des Laacher Tuffs finden sich in derselben Position (IIb) auch an Bars- und Pechsee. Im Pollendiagramm ist allerdings der in Ferch beobachtete Rückgang von *Pinus* wegen zu geringer Probindichte nicht nachweisbar, am Barssee lediglich ein geringfügiger Rückgang.

7.2 Postglazial

7.2.1 Präboreal und Boreal

Im frühen Holozän (Vorwärmezeit/Präboreal und Frühe Wärmezeit/Boreal, IV und V) sind die das Fercher Kesselmoor umgebenden Hänge ganz von Wald bedeckt.

Die höheren Temperaturen bewirken eine größere Biomasseproduktion in dem Gewässer und demzufolge höhere Glühverlustanteile (> 90 %). Verlandungsvorgänge führen zu einer Verkleinerung der offenen Wasserfläche, die entsprechend weniger durch mineralstoffreiche Grundwässer aus dem Einzugsgebiet versorgt wird.

Der Eisenanteil liegt deutlich unter 1 %, der Schwefelgehalt bei 1 %. Pyrit ist röntgenographisch nicht mehr nachweisbar. Der Phosphoranteil liegt nur noch bei 0.1 %. Der relativ hohe Stickstoffgehalt (3.8 %) der untersuchten Detritusmudde spricht allerdings für eine gute Stickstoffversorgung und damit hohe Produktivität des Gewässers.

Der Verlandungsvorgang setzt sich in der Frühen Wärmezeit (Boreal) fort. Mit Beginn dieses Zeitabschnittes findet sich als Großrest die Weiße Seerose (*Nymphaea alba*). Cyperaceen können im Uferbereich größere Flächen einnehmen. Die in einer Probe mit größeren Anteilen bestimmte *Carex panicea* gilt als Klassen-Charakterart des *Scheuchzeria-Caricetea nigrae* (ELLENBERG 1982), welche Niedermoor- und Hochmoorschlenken-Gesellschaften umfaßt. Holz und Rinde von *Pinus sylvestris* bilden allerdings den Hauptbestandteil der bestimmten Großreste als Ausdruck des Waldbildes der umgebenden Hänge.

7.2.2 Atlantikum

Im Atlantikum (VI, VII) kommt es im großen Fercher Kesselmoor durch im Wasser flutende

Braunmoose zur endgültigen Verlandung. SUC-COW (1988) spricht von infraaquatischer Torfbildung. Der Algenanteil geht mit Beginn des Atlantikums stark zurück, insbesondere der Anteil von *Pediastrum*.

Säure-Basen- und N_C -Verhältnis charakterisieren den Braunmoostorf mit geringen Muddeanteilen als schwach sauer und mesotroph. Der zuletzt abgelagerte Braunmoostorf zeigt hingegen relativ hohe Calcium- und Eisengehalte sowie einen hohen pH-Wert; röntgenographisch ist Calzit nachgewiesen. Dies spricht für die Bildung in sehr flachem, wenigem cm tiefem Wasser. Hier fällt bei hohen Temperaturen anorganischer Kalk aus.

Die Phase mit dominierenden Braunmoosen umfaßt einen relativ langen Zeitraum (VI bis jüngeres VII) von mehr als 2.000 Jahren (siehe BRANDE 1988). Bestimmend ist die wechselnde Dominanz verschiedener Braunmoosarten. Zuerst dominiert *Drepanocladus aduncus*, von größeren Anteilen von *Pinus sylvestris* begleitet, dann über einen längeren Zeitraum *Drepanocladus sendtneri*. Später tritt *Calliergon trifarium* hinzu, mit *Carex elata* und *Nymphaea alba* als Begleiter. Anschließend (VII) bildet *Calliergon trifarium* mit obigen Begleitern allein den Braunmoostorf. Der höhere Kalkgehalt ermöglicht zum Abschluß der Braunmoostorfbildung eine Zunahme der Artenzahl, den Hauptanteil bilden die Braunmoose *Drepanocladus sendtneri*, *Calliergon spec.* und *Drepanocladus spec.*, außerdem auch *Drepanocladus aduncus* sowie *Carex elata*, *Nymphaea alba* und *Lycopus europaeus*.

Im Pollenspektrum ist in dem Braunmoostorf, neben *Nymphaea*, auch ein höherer Anteil von *Potamogeton* und vereinzelt *Utricularia* erfaßt. Nach dem Pflanzenbestand ist eine Zuordnung zur Klasse *Utricularietea intermedio-minoris* (Zwergschlauch-Gesellschaften) möglich, wobei die braunmoosreichen Bestände des *Scorpidio-Utricularion* neutrale bis basenreiche, aber sulfatarme Gewässer besiedeln (POTT 1992). Die in Ferch vor allem in VII ausgebildete Gesellschaft mit *Calliergon trifarium* und *Utricularia* ist, nach den chemisch-physikalischen Analysen, in dem beschriebenen Milieu entstanden und über einen längeren Zeitraum existent.

Auch an Bars- und Pechsee erfolgte der Verlandungsprozeß z. T. über flutende Braunmoose, wie in den Fercher Kesselmooren überwiegend durch *Drepanocladus*-Arten. Dies ergaben die Sondierungsbohrungen (siehe 6.1.2). Die pollenanalytischen Untersuchungen belegen für die randlichen

Moorsenken eine frühe Verlandung, während dieser Prozeß in den zentralen Teilen noch nicht abgeschlossen ist.

Nach abgeschlossener Verlandung bildet sich in der ersten Phase des Kesselmoor-Stadiums (Fercher Moor) ein Seggenmoor aus, bestimmend ist *Carex elata*. Eine *Sphagnum*-Art der Section *Subsecundum* sowie das Auftreten von *Drepanocladus vernicosus* belegen den grundlegenden Wechsel zu sauer-mesotrophen Standortbedingungen bei niedrigen Wasserständen.

Die zunehmende Nährstoffverarmung bei weiterhin niedrigen Wasserständen zeigt die darauf folgende Probe. In dem Wollgrasmoor dominiert *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum magellanicum* tritt hinzu.

Im Verlauf der Kesselmoorentwicklung dominieren Arten der Klasse *Oxycocco-Sphagnetea* und der Ordnung *Scheuchzerietalia palustris* (Klasse: *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*), wobei letztere bei höheren Wasserständen Schlenkengesellschaften bilden und erstere aus diesen bei niedrigen Wasserständen entstehen (Bultgesellschaften).

Bei nun sauer-oligotrophen Standortbedingungen und sehr viel höheren Wasserständen dominiert über einen längeren Zeitraum eine Schlenkenvegetation mit *Scheuchzeria palustris* und *Rhynchospora fusca*. Die Verbands-Charakterarten des *Rhynchosporion albae* sind bezeichnend für nasse, nährstoffarme

Rinnen, Schlenken oder nährstoffarme Moorblänken (POTT 1992). Der größere Anteil von *Sphagnum magellanicum*, das im oberen Abschnitt dominiert, zeigt bereits trockenere Standortbedingungen. Als Vertreter der *Oxycocco-Sphagnetea* tritt die Klassen-Charakterart *Vaccinium oxycoccus* auf, *Sphagnum magellanicum* ist als Verbands-Charakterart für die bultigen Erhebungen ombrogener Moore typisch.

Den Abschluß des waldgeschichtlichen Abschnittes VII bildet eine kurze Phase, die durch niedrige Wasserstände und in der Vegetation durch *Pinus sylvestris* und *Vaccinium oxycoccus* geprägt ist.

Von SUCCOW (1988) wird für das Atlantikum ein weitgehender Stillstand der Moorbildung beschrieben. Für den Berliner Raum gibt BRANDE (1986) den Zeitraum vom Präboreal bis zum Subboreal (bis älteren Subatlantikum) an, in dem aufgrund eines für die Moorbildung ungünstigen Klimas die Moorentwicklung weitgehend gehemmt war.

Die Sondierungsbohrungen zeigen in allen untersuchten Kesselmooren durch stärker zersetzte Radizellentorfe die Phase stagnierender Moorentwicklung. Pollenanalytisch ist allerdings eine länger anhaltende Bewaldung nicht nachweisbar. Im Zentrum des Fercher Kesselmoores wird der Verlandungsprozeß beschleunigt, niedrige Wasserstände werden aber erst im letzten Abschnitt des Atlantikums/Beginn Subboreal erreicht.

Abschnitte (FIRBAS)	Chronozonen	Zeit vor Heute (BRANDE)	Tiefe (cm)			Sedimentationsrate (mm/Jahr)		
			Ferch	Barssee	Pechsee	Ferch	Barssee	Pechsee
X	Jüngerer Subatlantikum	0 - 900	0 - 127	0 - 42	0 - 25	1.4	0.5	0.3
IX	Älteres Subatlantikum	900 - 2.900	127-350	42 -254	25 -105	1.1	1.1	0.4
VIII	Subboreal	2.900 - 5.000	350-500	254-328	105-145	1.4	0.3	0.2
VII	Jüngerer Atlantikum	5.000 - 6.500	500-840	328-366	145-180	2.2	0.25	0.2
VI	Älteres Atlantikum	6.500 - 8.000	840-925	366-390	180-345	0.6	0.2	1.1
V	Boreal	8.000 - 9.000	925-995	390-407	345-357	0.7	0.2	0.1
IV	Präboreal	9.000 - 10.300	995-1015	407-417	357-363	0.2	0.07	0.1
III	Jüngere Dryas	10.300 - 11.000	1015-1105	417-420	263-375	1.3	0.04	0.2
II	Alleröd	11.000 - 11.800	1105-1253	420-438	375-390	1.9	0.2	0.2
I	Präalleröd	11.800 - 13.000	1253-> 1510	-	-	>4	-	-

Tab. 24: Sedimentationsraten in den waldgeschichtlichen Abschnitten (Pollenanalysen: A. Brande und G. Hinz, Institut für Ökologie, TU Berlin).

Deutlich sichtbar ist dieser Vorgang im 'Kleinen Moor bei Alte Dorfstelle'. Dort weisen die stärker zersetzten Radizellentorfe im unmittelbaren Randbereich des Beelitzer Sanders sehr hohe Sandanteile auf. Dies spricht für eine intensive Mineralisierung über einen längeren Zeitraum bei sehr niedrigen Wasserständen.

7.2.3 Subboreal

Am Beginn des Subboreals (VIII) belegt ein kurzfristiges Birkenwald-Stadium mit Scheidigem Wollgras (*Betula spec.* und *Eriophorum vaginatum*) immer noch relativ niedrige Wasserstände, selbst im Zentrum des Moores.

Während des Subboreals, der einen Zeitraum von 5.000 bis 2.900 Jahren vor Heute (BRANDE 1988) umfaßt, herrschen Cyperaceen vor. Eine Schlenkenvegetation mit *Scheuchzeria palustris* und *Rhynchospora fusca* zeigt wiederum steigende Wasserstände. Es überwiegen die Arten des *Rhynchosporion albae*. PH-Wert und N_C -Verhältnis kennzeichnen die telmatischen Bildungen als mäßig sauer und oligotroph. Der Torf enthält, bezogen auf die Trockensubstanz, mehr als 1 % Gesamtstickstoff und eröffnet daher Arten mit höheren Nährstoffansprüchen wie *Carex elata* und *Lycopus europaeus* günstige Wuchsbedingungen.

Am Ende des Subboreals können sich Baumbirken wiederum stärker auf dem zentralen Teil des Seggenmoores ansiedeln. Die Trophie des Moores ändert sich nach den chemischen Analysen nicht, höhere Eisen- und Kaliumgehalte zeigen möglicherweise eine kurzfristig größere Zufuhr von stärker mineralisierten Grundwässern.

7.2.4 Älteres Subatlantikum

Der Beginn des Älteren Subatlantikums (IX) ist geprägt von einer deutlichen Zunahme des *Sphagnum*-Anteils, zuerst *Sphagnum fallax*, später *Sphagnum magellanicum*. Bäume finden bei entsprechend höheren Wasserständen keine ausreichenden Lebensbedingungen mehr. *Eriophorum vaginatum* erreicht jedoch recht hohe Deckungswerte und kommt kurzfristig zur Dominanz. Das Auftreten von *Juncus*-Arten (*Juncus effusus* und *Juncus acutiflorus*) sowie *Carex elata*, *Molinia caerulea* und *Lycopus europaeus* weist für diesen kurzen Abschnitt im älteren Subatlantikum auf meso- bis schwach eutrophe Standortbedingungen.

Die eben beschriebene Phase des Wollgrasmoores ist durch die chemischen Analysen als mäßig sauer und mesotroph und demnach durch eine höhere Trophiestufe charakterisiert.

Im weiteren Verlauf der Kesselmoorentwicklung (jüngerer Teil des Älteren Subatlantikums) kommt es zu einer zunehmenden Versauerung und Nährstoffverarmung im zentralen Teil des großen Fercher Kesselmoores. Die Torfe sind als stark sauer und oligotroph zu charakterisieren. Der Anteil der organischen Substanz übersteigt 95 % (Reintorfe nach TGL 24 300/04 (1986)).

Das Torfmoos-Moor wird von *Sphagnum magellanicum* beherrscht, mit teilweise größeren Anteilen von *Eriophorum vaginatum*. Die artenarmen Bestände (*Sphagnetum magellanicum*, siehe auch SUCCOW 1988) enthalten als Begleiter *Sphagnum fallax* und *Vaccinium oxycoccus*.

In einem sehr kurzen Abschnitt (weniger als 50 Jahre) dominieren bei niedrigeren Wasserständen *Pinus sylvestris* und *Eriophorum vaginatum* gegenüber *Sphagnum fallax* und *Sphagnum magellanicum*. Nach DIERSSEN (1988) können Zwergsträucher wie Sumpfporst (*Ledum palustre*) oder auch Moorbirke (*Betula pubescens*) bzw. Waldkiefer (*Pinus sylvestris*, Typ Turfosa) diesen Moortyp prägen. Vom nahe gelegenen Moosfenn ist durch MÜLLER-STOLL & GRUHL (1959) ein *Sphagnum recurvum*-Moor beschrieben, in dem die Waldkiefer die schon von HUECK in verschiedenen Arbeiten erwähnte Turfosa-Wuchsform einnimmt. Sie dominiert auch hier bei niedrigeren Wasserständen gegenüber *Sphagnum recurvum*. Am Barssee ist von SUKOPP (1959/60) ein Sukzessionsstadium beschrieben worden: *Pinus*-Phase des *Ledo-Sphagnetum medii*. Im Fercher Kesselmoor fehlt dieser trockenen Variante allerdings *Ledum palustre*.

7.2.5 Jüngerer Subatlantikum

Der Beginn des Jüngeren Subatlantikums (Chronozone X, nach BRANDE 1988 seit 900 Jahren vor Heute) wird durch das erstmalige Auftreten von Pflanzen ruderaler Standorte am Moorrand markiert. Hierzu gehören *Silene alba* und *Papaver rhoeas*, die Äcker und Ruderalstellen besiedeln. Cyperaceen (vor allem *Eriophorum vaginatum*) dominieren über einen kürzeren Zeitraum, begleitet von einer Ausbreitung von Baumbirken. Torfmoose verschwinden fast ganz, ebenso die mit ihnen vergesellschafteten Rhizopoden.

Stickstoffgehalte über 1 % ermöglichen das Auftreten von Arten mit höheren Nährstoffansprüchen wie *Juncus effusus*, *Juncus acutiflorus* und *Lycopus europaeus*, aber auch von mesotraphenten Seggen wie *Carex nigra* und *Carex echinata*.

Anschließend wird es zunehmend feuchter und die Nährstoffversorgung bzw. -verfügbarkeit geringer. Das Vorkommen von *Rhynchospora fusca*, *Menyanthes trifoliata* und *Drepanocladus fluitans* spricht für einen länger anhaltenden Überstau in den zentralen Teilen des Kesselmoores; es sind *Pediastrum* und *Botryococcus* und Pollen von *Scheuchzeria palustris* nachgewiesen.

Sphagnum papillosum dominiert danach für eine kurze Phase bei sauer-oligotrophen Standortbedingungen. *Eriophorum vaginatum* ist stärker vertreten, größere Anteile weist auch *Drepanocladus fluitans* auf.

Anschließend dominiert bis zur Gegenwart *Sphagnum fallax* mit wechselnden Anteilen von *Eriophorum vaginatum*. Mit hoher Stetigkeit kommt *Vaccinium oxycoccus* vor. Artenzahl und Torf-Zeretzungsgrad sind sehr niedrig. Die chemischen Analysen kennzeichnen sauer-oligotrophe Standortbedingungen.

Für Bars- und Pechsee gibt es durch die pollenanalytischen Untersuchungen Nachweise einer Schlenkenvegetation mit *Scheuchzeria palustris*. In der nördlichen Moorsenke am Pechsee ist erst am Ende des Atlantikums, längere Zeit nach der Verlandung, Pollen von *Scheuchzeria* nachgewiesen. Im Subatlantikum ist durch sie eine Phase mit höheren Wasserständen belegt. Gleichzeitig erreicht Spagnum hier seinen höchsten Anteil während des Kesselmoorstadiums. Dies deutet zusammen mit den chemischen Analysen auf oligotroph-saure Standortbedingungen. Am Barssee ist *Scheuchzeria* unmittelbar nach der Verlandung im Älteren Subatlantikum nachweisbar. Das gleichzeitige Auftreten von Wasserpflanzen im Jüngeren Subatlantikum deutet, wie am Pechsee, auf recht hohe Wasserstände bei sauer-oligotrophen Standortbedingungen.

Mit dem Beginn des Jüngeren Subatlantikums sind im Fercher Kesselmoor erstmalig Schwermetallkonzentrationen deutlich oberhalb der Nachweisgrenze gemessen worden. Dies betrifft Chrom, später (nach den Pollenanalysen vor mehr als 400 Jahren) auch Blei. Die gewichts- und volumenbezogenen deutlich ansteigenden Gehalte sind auf das

gute Adsorptionsvermögen der Torfe zurückzuführen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Auch am Pechsee wurde dieser mit der Industrialisierung erfolgte anthropogene Konzentrationsanstieg von PACHUR & RÖPER (1987) nachgewiesen. In telmatischen Bildungen ist er von MENKE (1987) auch für Schleswig-Holstein belegt.

Die in allen untersuchten Kesselmooren in den Randbereichen auf Mineralböden gebildeten Versumpfungsmoore, mit meist geringmächtigen sehr schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfen, belegen die bis in dieses Jahrhundert anhaltend günstigen Moorbildungsbedingungen. Die Anlage von Mühlenstauen sowie größeren Waldrodungen führen seit dem Mittelalter zu einem großräumigen Anstieg der Wasserstände und damit Förderung der Moorbildung.

Seit den 50er Jahren dieses Jahrhunderts zeigen zunehmende Anteile von *Vaccinium oxycoccus* auch für die zentralen Teile des Fercher Kesselmoores niedrigere Wasserstände bei weiterhin sauer-oligotrophen Standortbedingungen. Die höheren Kalium-, Stickstoff- und Phosphorgehalte belegen jedoch die zuletzt bessere Nährstoffversorgung infolge Mineralisierung. Ein Zusammenhang mit der Trinkwassergewinnung in der nahe gelegenen Fercher Rinne ist wahrscheinlich, wegen nur sporadischer Grundwasserstandsmessungen aber nicht eindeutig nachweisbar.

Der Vegetationsbestand wird bis zur Gegenwart weiterhin von *Sphagnum fallax* dominiert, wie in den Schwingrasengesellschaften an Bars- und Pechsee treten als Begleiter *Calliergon stramineum*, *Carex canescens* und *Lycopus europaeus* (s. Kap. 8.2) auf.

Seit Beginn dieses Jahrhunderts sind an Bars- und Pechsee, durch Pegelmessungen und regelmäßige Bestandsaufnahmen von Flora, Fauna und Vegetation, die Veränderungen der Moorbiotope infolge Grundwasserabsenkungen belegt (siehe 2.1 und 4.4.1). Die vegetationskundlichen Arbeiten von POTONIÉ (1912), HUECK (1925, 1938), SUKOPP (1959/60), SUKOPP et al. (1970), SUKOPP & BÖCKER (1971), SEIDEL (1985), SCHOPPE (1985) und ROWINSKY (1992) belegen den grundlegenden Wechsel der Standortbedingungen und verdeutlichen die dominierende Bedeutung des Wasserhaushaltes als Faktor der Moorentwicklung. Die chemisch-physikalischen Analysen zeigen die heute wesentlich bessere Nährstoffversorgung der

Moorbiotope. Die Entwicklung einer meso- bis eutraphenten Vegetation erfolgte an Bars- und Pechsee in den letzten 40 Jahren, ein Prozeß der im großen Fercher Kesselmoor bei anhaltend niedrigen Wasserständen noch bevorsteht.

Seit den 80er Jahren werden Versuche unternommen, durch Wiedervernässungsmaßnahmen die stark geschädigten Naturschutzgebiete im Grunewald zu erhalten.

7.3 Entwicklungszyklus Brandenburger Kesselmoore

Die vorgenommenen geochemischen und -physikalischen Analysen bieten zusammen mit den Makro- und Mikrorestanalysen gute Voraussetzungen für die Rekonstruktion der See- und Moorentwicklung.

Ein einfaches Schema der Kesselmoorentwicklung läßt sich nach den vorliegenden Untersuchungen nicht aufstellen. Die Verteilung von Großresten und Pollen ergibt zusammen mit den stratigraphischen Ergebnissen eine örtlich und zeitlich sehr unterschiedliche Intensität der Moorentwicklung. Dennoch lassen sich in Abhängigkeit von Großklima, Bodengenese und anthropogenen Eingriffen verschiedene Entwicklungsphasen ausscheiden (s. Abb. 33).

In Tab. 24. sind die in den einzelnen waldgeschichtlichen Abschnitten auftretenden Sedimentationsraten aufgeführt. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß durch den Auflagedruck die unteren Abschnitte bei gleicher Sedimentmächtigkeit eine größere Zeitspanne repräsentieren als die oberen. Außerdem fanden an Bars- und Pechsee infolge Grundwasserabsenkungen stärkere Moorsackungen statt.

Im großen Fercher Kesselmoor gibt es seit Beginn der Seeentwicklung bis zum Ende des Spätglazials sehr hohe Sedimentationsraten, vor allem während des Präalleröd. Hervorgerufen werden diese durch erhebliche morphodynamische Aktivität in dem stärker reliefierten Areal im unmittelbaren Randbereich des Beelitzer Sanders. Am Barssee ergeben sich erst nach der Verlandung mit dem Beginn des Älteren Subatlantikum höhere Sedimentationsraten, parallel dazu auch in Ferch seit dem Jüngeren Atlantikum. Entscheidend für letztere ist die hohe Bildungsrate der Braunmoorstorfe. Abweichend hiervon sind am Pechsee in der nördlichen Moorsenke bis in die Gegenwart nur geringe

Sedimentationsraten ermittelt worden, nur kurzfristig im Älteren Atlantikum leicht erhöht.

Bei der Interpretation muß die stark topographieabhängige Entwicklung beachtet werden, die eine örtlich unterschiedliche Zeitstellung für die einzelnen Entwicklungsphasen ergibt. Die Verlandung erfolgte an den pollenanalytischen Untersuchungspunkten am Barssee im Älteren Subatlantikum (IX), im großen Fercher Kesselmoor im oberen Teil des Jüngeren Atlantikums (VII) und am Pechsee 6.000 Jahre früher bereits an der Wende Boreal/Älteres Atlantikum (V/VI). In den zentralen Teilen der Grunewaldmoore ist die Verlandung noch nicht abgeschlossen.

Die Verlandung erfolgte in den Kesselmooren zum großen Teil durch flutende Braunmoose, die vor allem im großen Fercher Kesselmoor hohe Sedimentationsraten erreichen (s. Tab. 24). Eine Verlandung durch Braunmoorstorfe ist auch von anderen Brandenburger Mooren (SUCCOW 1988) bekannt. Durch Pollen- und Makrorestanalysen ist ein entsprechender Prozeß auch von der Siepeniederung beschrieben (Verlandungsbildner ist hier v. a. *Drepanocladus sendtneri*), einem Kessel- und Durchströmungsmoor am Rande der Teltow-Hochfläche (BRANDE, HOELZMANN u. KLAWITZER 1990).

Die Phase stagnierender Moorentwicklung vor allem während des Atlantikum ist eine aus sehr vielen Mooren Brandenburgs bekannte Erscheinung und von vielen Autoren beschrieben. In den untersuchten Kesselmooren zeigen dies bereits die zahlreichen Sondierungsbohrungen. Oft ist für diesen Zeitraum eine Schichtlücke nachgewiesen, die 5 Jahrtausende (IV - VII) umfassen kann (BRANDE & HÜHN 1988).

Die nachfolgende Entwicklung von *Sphagnum*-Mooren bei hohen Wasserständen und oligotrophen Standortbedingungen ist im Älteren Subatlantikum von vielen Moorstandorten nachgewiesen. Sie sind nicht nur von den Sandgebieten des Grunewaldes (u. a. Bars- und Pechsee, Postfenn), im Bereich der Havel (z. B. Moosfenn, Fercher Kesselmoore), sondern auch von den Geschiebemergel-Hochflächen dokumentiert. Auf der Teltow-Hochfläche ist allerdings die oligotraphente Torfmoos-Vegetation infolge der großflächigen mittelalterlichen Rodungen der Umgebung und entsprechendem Nährstoffeintrag in meso- bis eutraphente Moosgesellschaften umgewandelt worden (BRANDE & HÜHN 1988).

An Moorstandorten, die nicht durch stagnierendes Grundwasser, sondern durch strömendes Grundwasser entstanden sind, konnte es nicht zu einer *Sphagnum*-Entwicklung kommen. In einem nahe der Fercher Kesselmoore gelegenen Rinnenmoor bei Kemnitzer Heide sind z. B. sehr mächtige Wechsellage-

rungen von Mudden und Braunmoorstorfen mit verschieden hohen mineralischen Anteilen erbohrt worden. Dies spricht für meso- bis eutraphente Trophiebedingungen während des gesamten Entwicklungszeitraumes bei teilweise sehr hohen Wasserständen.

Phase	Anlage/Konservieren/Tieftauen	See	See	Verlandung	Kesselmoor	Anthropogener Einfluß
Chronozone	Präbölling	Präbölling/ älteres Alleröd	Jüngeres Alleröd	Dryas/Präboreal/ Boreal/Atlantikum	Subboreal/ Älteres Subatlantikum	Jüngeres Subatlantikum
Sediment	Glazio-fluviale Sande u. Kiese	Seesand mit Characeen, Ostracoden, Mollusken	Algenmudde mit Laacher Tuff	Detritusmudde/ Braunmoorstorf	Radizellen- u. Sphagnum- Torf	Vererdeter Torf
Vegetation		Chara-Rasen | Ch. aspera + Ch. vulgaris Ch. tomentosa Fauna: Mollusken Ostracoden	Algen- und Wasserpflanzen- gesellschaften	Wasserpflanzen- u. Wasserschlauch- Braunmoosgesellsch. | Scorpidio- Utricularion	Seggen- u. Torfmoos- gesellsch. | Schlenken- u. Bul- tengesellsch. u. Oxycocco-Sphagnetea	Seggen- u. Torfmoos- gesellsch. mit Ruderal- arten
Trophie		alkalisch- oligotroph	subneutral- mesotroph	schwach sauer- mesotroph	sauer-meso/ oligotroph	sauer-meso/ eutroph

Abb. 33: Schema der Kesselmoorentwicklung in Brandenburg, Beispiel Fercher Kesselmoor.

8. Untersuchungen von Flora und Vegetation

Zur Dokumentation der aktuellen Biotopveränderungen eignen sich u. a. floristische und vegetationskundliche Untersuchungen. In einem Vergleich kann für die Grunewaldmoore auf eine Vielzahl älterer Arbeiten (s. Kap. 2.1) zurückgegriffen werden. Für die Fercher Moore sind entsprechende Untersuchungen in den 50er Jahren durchgeführt worden (s. Kap. 2.2).

8.1 Floristische Untersuchungen

8.1.1 Bars- und Pechsee

Für die Naturschutzgebiete Bars- und Pechsee wurde seit Anfang des Jahrhunderts mit steigender Intensität der floristische Artenbestand kartiert. In der Anlage 5 sind die Arten aufgeführt, die in beiden

Moorgebieten kartiert wurden. In den Artenlisten sind außer den Beobachtungen des Verfassers auch die Ergebnisse der Arbeiten von HUECK (1938), SUKOPP (1959), SUKOPP et al. (1970), SUKOPP & BÖCKER (1971), SCHOPPE (1985), SEIDEL (1985) und LINDER & SCHACHT (1990/91) aufgeführt.

Eine Aufteilung der Gesamtartenliste in zwei Gruppen, Arten auf Moor- und auf Mineralböden, erschien 1992 nicht sinnvoll, da viele Arten der mineralischen Böden auch auf den heute degradierten Moorböden vorkommen. Die Bestimmung der Moosarten erfolgte nur in den Aufnahmeflächen zur Vegetationsbeobachtung, daher ist hier auf eine entsprechende Artenliste verzichtet worden (s. LINDER & SCHACHT 1990/91). Um eine einheitliche Bewertung der floristischen Untersuchungen von 1938 - 1992 vornehmen zu können, wurde als Bezugsbasis auf die aktuelle Rote Liste der Gefäßpflanzen zurückgegriffen (AUHAGEN et al. 1991).

Aus der Gesamtartenliste lassen sich die Veränderungen in der Artenzusammensetzung erkennen. Insgesamt ist an Bars- und Pechsee eine deutliche Steigerung der Gesamtartenzahl von der ersten gründlichen Bestandsaufnahme 1959 (nur in den Moorsenken) bis 1992 zu verzeichnen (Tab. 25 und 26). Am Barssee stieg diese von 88 auf 290 Gefäßpflanzenarten, am Pechsee von 65 auf 156 Arten. Die Zahl der gefährdeten Arten nach der Roten Liste (AUHAGEN et al. 1991) stieg absolut dagegen nur geringfügig an. Bezogen auf die Gesamtartenzahl sank der Anteil dieser Arten von 19 % am Bars- und 23 % am Pechsee auf je 9 % ab.

Ausgestorben bzw. verschollen sind folgende Arten am Barssee (Gefährdungsgrad):

Seit 1938 *Drosera anglica* (0) und *Rhynchospora alba* (1), seit 1959 *Andromeda polifolia* (1), *Baldelia ranunculoides* (0), *Carex limosa* (1), *Cicuta virosa* (2) und *Utricularia vulgaris* (0), seit 1971 *Stellaria holostea* (3) und *Vaccinium oxycoccus* (2) sowie seit 1983 *Cuscuta europaea* (3), *Galium odoratum* (3) und *Veronica scutellata* (3).

Hinzugekommen (z. T. keine Neufunde) sind seit 1983 folgende Rote Liste-Arten:

Alchemilla vulgaris agg. (3), *Arabis glabra* (2), *Bidens cernua* (3), *Eriophorum vaginatum* (2), *Gnaphalium sylvaticum* (3) und *Silene dioica* (3).

Jahr	1992		1983		1971		1959		1938	
	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%
Gesamt	290	-	216	-	214	-	88	-	25	-
Gefährd	25	8.6	22	10	18	8.4	17	19	14	56
0	-	-	-	-	-	-	2	2.3	2	8.0
1	1	0.3	1	0.5	1	0.5	2	2.3	3	12
2	6	2.1	4	1.9	6	2.8	6	6.8	5	20
3	18	6.2	17	7.9	11	5.1	7	8.0	4	16

Tab. 25: Artenzahl und Anteil der gefährdeten Arten am Barssee.

Jahr	1992		1983		1971		1959		1938	
	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%
Gesamt	156	-	108	-	115	-	65	-	32	-
Gefährd	14	9.0	10	9.3	13	11	15	23	15	47
0	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6.3
1	3	1.9	-	-	1	0.9	4	6.2	5	16
2	3	1.9	3	2.8	4	3.5	5	7.7	4	13
3	8	5.1	7	6.5	8	7.0	6	9.2	4	13

Tab. 26: Artenzahl und Anteil der gefährdeten Arten am Pechsee.

Am Pechsee sind folgende Arten ausgestorben bzw. verschollen (Gefährdungsgrad):

Seit 1938 *Andromeda polifolia* (1), *Drosera anglica* (0), *Ledum palustre* (1) und *Scheuchzeria palustris* (0), seit 1959 *Drosera intermedia* (1) und *Utricularia vulgaris* s. str. (2), seit 1970 *Eriophorum vaginatum* (2), *Sparganium minimum* (1), *Vaccinium oxycoccus* (2) und *Viola canina* (3) sowie seit 1983 *Carex elongata* (3).

Hinzugekommen sind seit 1983 folgende Rote Liste-Arten:

Carex limosa (1), *Iris sibirica* (1, 1 Exemplar gepflanzt), *Melica nutans* (3), *Rhynchospora alba* (1) und *Salix aurita* (3).

8.1.2 Fercher Kesselmoore

Eine aktuelle vegetationskundliche Bearbeitung liegt für die Fercher Kesselmoore nicht vor. In den Jahren 1991 und 1992 wurden lediglich die auf den Moorflächen vorkommenden Arten notiert. Hierdurch ist ein Vergleich mit den von MÜLLER-

STOLL & NEUBAUER (1965, 1987/88) mitgeteilten Angaben möglich (s. Anlage 5). Deren floristische und vegetationskundliche Bearbeitung erfolgte im Jahr 1959.

Jahr	Großes Moor				Kleines Moor			
	1992		1959		1992		1959	
	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%	Zahl	%
Gesamt	32	-	26	-	21	-	31	-
Gefährdung	9	28	10	39	5	24	9	29
0	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	1	3.9	-	-	-	-
2	1	3.1	1	3.9	-	-	1	3.2
3	8	25	8	31	5	24	8	26

Tab. 27: Artenzahl und Anteil der gefährdeten Arten in den Fercher Kesselmooren.

In dem größeren der beiden kartierten Kesselmoore ('Großes Moor Alte Dorfstelle') wurden 1992 32 Gefäßpflanzenarten erfaßt, gegenüber nur 26 Arten 1959. Folgende Arten konnten 1992 nicht mehr erfaßt werden:

Carex leporina, *Juncus acutiflorus*, *Lemna minor*, *Lycopodium clavatum* und *Scheuchzeria palustris*.

Das 1959 in einem geringen Bestand vorkommende oligotrophente Torfmoos *Sphagnum magellanicum* konnte 1992, trotz intensiver Suche, nicht mehr gefunden werden. Der Anteil der gefährdeten Arten nach der Roten Liste (BENKERT & KLEMM 1993) ging von 39 auf 28 % zurück.

In dem 'Kleinen Moor Alte Dorfstelle' kamen 1959 30 Gefäßpflanzenarten vor, 1992 hingegen nur 21 Arten. Der Anteil der Arten der Roten Liste ging von 29 auf 24 % zurück. Es wurden 1992 nicht beobachtet:

Agrostis canina, *Calamagrostis stricta*, *Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium*, *Glyceria fluitans*, *Juncus bulbosus*, *Juncus conglomeratus*, *Luzula multiflora*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Poa pratensis*, *Populus tremula*, *Potentilla erecta*, *Potentilla palustris*, *Vaccinium oxycoccus* und *Viola palustris*.

Die aufgetretenen gravierenden Artenverluste betreffen vor allem Feuchtgebietsarten. Heute

kommen vor allem Arten vor, die gestörte mäßig nährstoffreiche bis nährstoffreiche Standorte besiedeln (*Hydrocotyle vulgaris*, *Juncus effusus*, *Rumex*-Arten). *Eriophorum vaginatum* und die noch verbreiteten *Carex*-Arten sind hier Zeugen der ursprünglichen Standortbedingungen.

8.2 Vegetationskundliche Untersuchungen an Bars- und Pechsee

Eine Auswertung der in den Jahren 1989 bis 1992 vorgenommenen Vegetationsaufnahmen erfolgte bereits mit Hinblick auf die durchgeführten Pflege- und Wiedervernässungsmaßnahmen an Bars- und Pechsee (DEUTSCHBEIN & ROWINSKY 1991, BRANDE, DEUTSCHBEIN & ROWINSKY 1991 und ROWINSKY 1992). Im Rahmen eines Monitoringprogramms (LINDER & SCHACHT 1991/92) wurden mehrere Vegetations-Dauerbeobachtungsflächen in den Untersuchungsgebieten aufgenommen sowie eine aktuelle vegetationskundliche Bearbeitung durchgeführt (LINDER 1993).

Es wird die Vegetationsentwicklung beschrieben und ausgewertet, die aus den bereits dokumentierten Standortveränderungen (s. Kap. 4 bis 6) resultiert. Damit verbunden sind besonders die genaue Dokumentation der am Barssee vorgenommenen Wiedervernässungsmaßnahmen und Folgerungen für die Erhaltung der untersuchten Moorbiotope.

8.2.1 Methode

Eine wichtige Voraussetzung für die Dokumentation der Vegetationsentwicklung ist ein Konzept, das sowohl in Anlage und Aufnahmemethode mit anderen zum Ziele des passiven Monitoring eingerichteten Flächen vergleichbar ist als auch den Besonderheiten der untersuchten Biotope entspricht. Hierzu wurden im Rahmen des Projektes der Berlin-Forschung "Erhaltung und Regenerierung von Bars- und Pechsee" im Frühjahr 1989 geobotanische Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet.

Zur Erfolgskontrolle der Wiedervernässungsmaßnahmen wurden besonders die Standorte untersucht, in denen es nach Wasserzufuhr durch Hebung des Moorwasserspiegels bzw. Veränderung der Nährstoffhaushaltes zu Veränderungen in der Artensammensetzung kommt. Dies betrifft in den Schutzgebieten besonders die Schwingrasen und die

unmittelbar angrenzenden Moorsenken, wobei erstere die in ihrem Vegetationsbestand aktuell wertvollsten Standorte darstellen. Daher beschränkte sich die Anlage der Dauerbeobachtungsflächen auf diese Flächen.

8.2.1.1 Anlage der Dauerbeobachtungsflächen

Als Dauerflächen-Design wurde auf den Schwingrasenflächen die lückenlose Transektform gewählt. Für die Anordnung der Dauerbeobachtungsflächen in Transektform waren vor allem folgende Vorteile ausschlaggebend:

1. Der gute Zugang von der Seite mit der Anlage eines Steges schont die sehr trittempfindlichen Schwingrasengesellschaften.
2. Der sogenannte Randeffekt ist geringer als bei isolierten Quadraten.
3. Die wichtigen Übergangsbereiche werden mit den lückenlosen Transekten gut erfaßt.
4. Die Transektform läßt die statistische Prüfung und Verarbeitung der Daten für numerische Auswertungsmethoden zu.
5. In Aufriß- und Profildiagrammen ist eine anschauliche Darstellung der Ergebnisse möglich.
6. Am Barssee können die hier bereits vorgenommenen Wiedervernässungsmaßnahmen gut dokumentiert werden, besonders die Ausbreitung von 'Störzeigern'.

Da das Nordende des Barssees zum Zeitpunkt der Einrichtung der Transekte die geringsten mechanischen Störungen durch Wildschweine aufwies und dort die Pflanzengesellschaften zoniert auftreten (SEIDEL 1985), wurde hier auf dem Schwingrasen ein lückenloses Transekt vom West- zum Ostufer angelegt. Am Südwestufer des Pechsees wurde bis zur Seefläche ein weiteres Transekt abgesteckt.

Um die Untersuchungsflächen während des ganzen Jahres erreichen zu können und gleichzeitig die Trittbelastung möglichst gering zu halten, wurden die Transektquadrate (2 x 2 m) beiderseits entlang eines Holzsteges angelegt. Als Markierungspunkte wurden Holzpflocke eingesetzt. Die Numerierung der Quadrate erfolgte in aufsteigender Reihenfolge von West nach Ost, wobei die Flächen nördlich des

Skala	Deckung und Abundanz
r	sporadisch im Assoziationsbestand
+r	sporadisch 1 - 2 Individ.
+p	wenig zahlreich < 1 %
+a	wenig zahlreich 1 - 2 %
+b	wenig zahlreich 2 - 5 %
1p	20 - 100 Individ. < 1 %
1a	20 - 100 Individ. 1 - 2 %
1b	20 - 100 Individ. 2 - 5 %
2m	sehr zahlreich 100 Individ. < 5 %
2a	Individuenzahl willkürlich 5 - 12.5 %
2b	Individuenzahl willkürlich 12.5 - 25 %
3	Individuenzahl willkürlich 25 - 50 %
4	Individuenzahl willkürlich 50 - 75 %
5	Individuenzahl willkürlich 75 - 100 %

Tab. 28: Artmächtigkeitsskala nach BARKMAN, DOING & SEGAL (1964).

Steges zusätzlich mit einem "a" und die südlich gelegenen mit einem "b" versehen wurden (Lage s. Abb. 2 und 3).

Auf dem Schwingrasen am Barssee wurde zusätzlich ein Dauerflächen-Quadrat mit einer Fläche von 4 x 4 m (Nr. 27) angelegt. Es handelt sich um einen *Polytrichum commune*-Bestand mit ursprünglich zahlreichen offenen Stellen, der starker Störung (Wühltätigkeit) durch Wildschweine ausgesetzt war. Die quadratische Fläche 11 am Pechsee (2 x 2 m) wurde in einem Bestand von *Menyanthes trifoliata* (Fieberklee) angelegt. Die Flächen liegen jeweils östlich der Seeflächen.

Außerdem wurden zwei Dauerflächen auf bewaldetem Torfboden mit Seitenlängen von 10 x 10 m abgesteckt. Am Barssee liegt diese in einem Moorbirkebestand mit Moorwasserpegeln (B2a und B2b), so wird eine Korrelation zwischen Moorwasserständen und Vegetationsentwicklung ermöglicht. Am Pechsee liegt die Walddauerfläche in dem von SCHOPPE (1985) als *Quercus-Betuletum* kartierten Bereich nahe dem Moorwasserpegel Pe1. Beide Flächen waren 1989 stark mit *Prunus serotina* durchsetzt.

8.2.1.2 Aufnahmemethode

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach dem Verfahren von BARKMAN, DOING & SEGAL (1964) durchgeführt, die verwandte Artmächtigkeitsskala (s. Tab. 28) stellt eine Erweiterung der Skala von BRAUN-BLANQUET (1964) dar. Die ersten Aufnahmen erfolgten im Spätsommer 1989. Das Aufnahmeverfahren wurde in zahlreichen Publikationen und Gutachten verwendet, so unter anderem am Institut für Ökologie der TU Berlin. Es bietet daher die besten Voraussetzungen hinsichtlich der Vergleichbarkeit mit früheren und zukünftigen Arbeiten.

Für die schnelle und genaue Dokumentation der kurzfristigen Veränderungen in der Artenzusammensetzung, besonders nach den Wiedervernässungsmaßnahmen am Barsee, eignete sich in besonderer Weise der Frequenzrahmen (1 m², 10 x 10 cm Maschenfläche ergibt 100 Teilflächen). Es wurde das Vorhandensein oder Fehlen der Arten entlang einer Transektseite ("a") in der jeweiligen Teilfläche kartiert.

Mit dieser Methode können die einzelnen Arten sehr gut in ihrem Bestand beobachtet werden, da sich Zeitreihen ergeben. Die kleinflächigen Mosaikstrukturen der Zwischenmoorkomplexe lassen sich in ihrer Verbreitung genau kartieren. Weitere Vorteile dieses Verfahrens liegen in der hohen Stichprobenzahl sowie in der guten Reproduzierbarkeit der Datenerhebung, die bei den sonst üblichen Schätzverfahren nicht immer gegeben ist.

Im November 1989 wurden nur folgende Arten ('Störzeiger': Arten mit höherem Stickstoffbedarf) aufgenommen:

Bidens connata, *Bidens frondosa*, *Eleocharis palustris*, *Juncus effusus*, *Lycopus europaeus* und *Molinia caerulea*.

Im Spätsommer 1990 und 1992 wurden dann bis auf *Carex canescens* und *Carex rostrata*, die in fast allen Flächen dominierenden Seggenarten des Schwingrasens, alle Arten erfaßt.

8.2.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vegetationskundlichen Aufnahmen während des vierjährigen Untersuchungszeitraums (1989 - 1992) vorgestellt

und den Ergebnissen älterer Bearbeitungen gegenübergestellt. Die Darstellung erfolgt für die Untersuchungsjahre 1991 und 1992 in Anlage 6, für die Jahre 1989 und 1990 in DEUTSCHBEIN & ROWINSKY (1991).

8.2.2.1 Schwingrasenstandorte

Das am Pechsee angelegte Transekt erstreckt sich von der relativ trockenen und Störeinflüssen (Wildschweine, Laubfall) ausgesetzten Randzone bis zum zeitweise länger überstautem Schwingrasenrand an der Seefläche. Daraus ergibt sich eine entsprechende Arten- und Gesellschaftsverteilung.

Die Randzone wird mit höheren Deckungswerten von *Molinia caerulea* (Flächen 1a bis 4a) und *Carex elata* (Flächen 1 bis 3), dominierend in den Flächen 1b bis 3b, eingenommen. Die konkurrenzstarke *Glyceria maxima* breitet sich in den durch *Carex elata* dominierten Flächen aus, besonders in den stark gestörten Flächen 1b und 2b. In diesen verursacht eine 1991 umgestürzte Kiefer starke Standortveränderungen (Beschattung, Nährstofffreisetzung). Die beiden Arten vertragen größere Wasserstandsschwankungen.

In den übrigen Transektflächen dominieren mit unterschiedlichen Deckungsgraden *Carex canescens* und *Carex rostrata*, wobei letztere die etwas länger überstauten Flächen in Seenähe bevorzugt. In den Flächenpaaren 1 bis 8 kommt mit höherer Deckung *Agrostis canina* vor. Neben den Charakterarten des Carici-Agrostietum, *Carex canescens* und *Agrostis canina*, treten *Eriophorum angustifolium*, als Ordnungs-Charakterart *Potentilla palustris* und *Juncus effusus* mit hoher Stetigkeit auf.

Der in den untersuchten Schwingrasengesellschaften sehr häufige *Juncus effusus* (Flutterbinse) ist in sehr vielen Moorgesellschaften verbreitet und deutet hier oft auf eine Störung durch Trittbelastung, wie z. B. am Standort der früheren Klima-Meßstation am nördlichen Schwingrasenrand. Er ist also sowohl als Differentialart als auch als Standortzeiger nur eingeschränkt verwertbar.

In Seenähe finden sich auf den länger überstauten Flächen (Dauerflächenpaar 10) vereinzelt Arten der Röhrichte (*Typha latifolia*) und Wasserpflanzengesellschaften (*Nymphaea alba*).

Die Deckung in der Krautschicht stieg besonders in den randlichen Flächenpaaren bis 1991 an. In den

Flächen nördlich des Steges ("a") ging die Deckung allerdings von 1991 auf 1992 um 5 bis 25 % zurück, in den Flächen südlich des Steges ("b") um 5 bis 15 %. In der Baumschicht war dagegen die Deckung 1992 unwesentlich höher als in den Vorjahren.

Carex lasiocarpa kommt mit hoher Stetigkeit in allen Beobachtungsjahren vor, *Eleocharis palustris* ist dagegen 1992 aus den Flächen 5a und 6a verschwunden, und nur noch in 7a sowie 5b bis 8b vorhanden. Die 1991 in den Flächen 4a bis 10a vorkommende *Drosera rotundifolia* ist mit geringer Artmächtigkeit nur noch in den Flächen 5a bis 9a sowie 5b bis 7b vertreten.

Am Pechsee wurden 1989 in einem Quadrat des Transekts (3a) wenige fruchtende Exemplare von *Carex limosa* erfaßt, die sich 1991 und 1992 auch auf die Fläche 4a ausbreiteten.

Prunus serotina ist im Winter 1991/92 gerodet worden und daher auch 1992 nicht mehr in der Strauchschicht vertreten.

Die Deckung der Mooschicht liegt in den Flächenpaaren 3 bis 10 bei über 95 % (außer 3b in 1989: 85 %) und ist in den Beobachtungsjahren nur unwesentlich angestiegen. Sie wird aufgebaut von dem mesotraphenten Torfmoos *Sphagnum fallax*, einer der häufigsten Moosarten in den entsprechenden Schwingrasengesellschaften. Als typischer Begleiter kommt zwischen den Torfmoosen in allen auf dem Schwingrasen gelegenen Dauerflächen (außer 1b in 1989) *Calliergon stramineum* vor. Die Bulte der Steifsegge (*Carex elata*) werden von Moospolstern des Lebermooses *Lophocolea heterophylla* bedeckt. *Polytrichum commune* tritt mit größerer Artmächtigkeit in 3a bis 5a und 4b und 5b auf.

Die Artenzahlen sind in den von *Sphagnum fallax* dominierten Flächen relativ niedrig, höher sind sie dagegen in den am Schwingrasenrand land- und seewärts gelegenen Flächen. Hier treten zu den 'typischen' Arten der Schwingrasengesellschaften die oben genannten 'Störzeiger' hinzu.

Die quadratische Dauerfläche 11 unterscheidet sich von ihrem Artenbestand her lediglich durch den hohen Deckungsgrad von *Menyanthes trifoliata* (Fieberklee). Die in den Beobachtungsflächen am Pechsee nur hier vorkommende Moosart *Drepanocladus fluitans* ist, nachdem sie 1990 und 1991 mit größerem Individuenbestand vorkam, 1992

infolge der großen Trockenheit und entsprechend niedrigen Wasserständen zurückgegangen.

Das am Barsee gelegene Transekt erstreckt sich in ost-westlicher Ausrichtung nördlich der Seefläche über den gesamten Schwingrasen (ca. 50 m). Es erfaßt auf der Westseite die mit Wald bestandene trockene Randzone und auf der Ostseite die starker Wühltätigkeit durch Wildschweine ausgesetzten *Polytrichum commune*-Bestände.

Auf fast allen Transektflächen dominieren die beiden Seggenarten *Carex canescens* und *Carex rostrata*, wobei letztere wiederum die Flächen mit längerem Überstau bevorzugt.

Die gestörten **randlichen Bereiche** des Transekts sind durch eine deutlich höhere Artenzahl gekennzeichnet. Hier treten Arten wie *Bidens connata*, *Bidens frondosa*, *Lycopus europaeus* und *Lysimachia vulgaris* auf, die den Flächen am Pechsee fehlen. Zusätzlich kommen hier mit größerer Stetigkeit *Hydrocotyle vulgaris* und *Potentilla palustris* vor, in den Flächen 1b bis 3b auch *Sagittaria sagittifolia*. *Agrostis canina* ist als Charakterart des *Carici-Agrostietum* ebenfalls nur in den trockenen randlichen Quadraten verbreitet.

In den Flächenpaaren 24 bis 26 ist *Carex elata* mit größerer Deckung vertreten. Bemerkenswert ist hier das Vorkommen von *Osmunda regalis* (Königsfarn) in der Dauerfläche 24b.

Die zum Teil länger überstauten **innersten Flächen** weisen Nässezeiger wie *Typha latifolia*, *Calla palustris* und *Eleocharis palustris* auf (Flächenpaare 11 bis 15 und 16b), zusätzlich aber auch 'Störzeiger' aus den Randbereichen wie *Bidens frondosa* und *Lycopus europaeus*. Ein deutlicher Rückgang ist von 1989 bis 1992 bei *Calla palustris* zu verzeichnen.

Die Flächen unmittelbar am Schwingrasenrand waren 1989 weitgehend frei von Moosen. Hier kam es aber bis 1992 zu einer deutlichen Zunahme der Deckung. Dies ist auf die eingeschränkte Wühltätigkeit der Wildschweine zurückzuführen, dagegen kam es als weitere Folge zu einem Rückgang des Schlammbesiedlers *Juncus bulbosus*.

In der **Mooschicht** dominiert in den randlichen Flächen (Flächenpaare 4 bis 8, 19b bis 22b und 17a bis 21a) *Sphagnum fallax*. In den inneren Flächen überwiegen dagegen *Sphagnum squarrosum* und

Sphagnum fimbriatum (9a bis 16a und 9b bis 18b), die offensichtlich bei besserem Nährstoffangebot konkurrenzstärker sind.

Dabei besiedelt *Sphagnum squarrosum* die zum Teil ganzjährig überstauten Flächen (dominant in 10a bis 12a und 11b und 15b), während *Sphagnum fimbriatum* bultartige Erhebungen besiedelt, vor allem in *Juncus effusus*-Beständen. In den Jahren 1989 bis 1992 hat, bei trockenen Witterungsbedingungen, *Sphagnum fimbriatum* zu- und der Anteil von *Sphagnum squarrosum* abgenommen. Parallel ist in "a" die Individuenzahl von *Drepanocladus fluitans* (wie auch bei *Calla palustris*) bis 1992 deutlich zurückgegangen.

Auf den randlichen östlichen Transektflächen (22a bis 26a und 23b bis 26b) dominiert *Polytrichum commune*, die auf dieser Seite zumindest bis 1991 aspektbestimmende Art.

Die auf den Schwingrasenflächen als Strauch vorkommende Moorbirke (*Betula pubescens*) hat sich im Jahr 1992 nach vorherigem kümmerlichem Wuchs wieder deutlich erholen können. Dies ist durch das Ausbleiben eines längeren Überstaus der Flächen seit 1990 begünstigt worden.

In der quadratischen Dauerfläche 27 lag 1992 eine deutlich höhere Deckung in der Moosschicht vor, vor allem bei *Polytrichum commune*, aber auch bei *Eriophorum angustifolium* und *Carex rostrata*.

8.2.2.2 Wald-Dauerbeobachtungsflächen

Die von einem artenarmen Moorbirkenwald eingenommenen Moorsenken sind infolge des heute über 1 m tief liegenden Moorwasserspiegels gegenüber dem ursprünglichen Zustand stark verändert. Beide Dauerflächen-Quadrate waren 1989 stark mit *Prunus serotina* durchsetzt.

Die Fläche am Barssee wird in der Baumschicht von *Betula pubescens* und *Pinus sylvestris* dominiert; bei Kiefer und Moorbirke findet jedoch, im Gegensatz zur Traubenkirsche, keine bzw. nur selten eine Naturverjüngung statt. Durch das Roden von *Prunus serotina* im Winter 1989/90 konnte die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) aufkommen.

Der Unterwuchs wird von *Vaccinium myrtillus* (Blaubeere), *Dryopteris carthusiana* (Dornfarn) und *Avenella flexuosa* (Draht-Schmiele) aufgebaut.

Durch die Rodung der Traubenkirsche ergab sich ein deutlich höherer Deckungsgrad in der Krautschicht.

Am Pechsee wird die Baumschicht durch die Moorbirke (*Betula pubescens*) gebildet. Rodungen der Traubenkirsche (*Prunus serotina*) fanden in den Wintern 1989/90 in der Baumschicht und 1991/92 in der Kraut- und Strauchsicht statt. Durch diese Maßnahme profitierte in der Baumschicht die Eberesche (*Sorbus aucuparia*).

Die Verbesserung der Lichtverhältnisse führte, wie am Barssee, zu einer Förderung des Unterwuchses. Das Pfeifengras (*Molinia caerulea*) konnte sich ebenso wie der Jungwuchs der Moorbirke ansiedeln, gefördert wurden *Carex canescens* und *Rubus idaeus*.

Die dominante Art in der Moosschicht ist in beiden Flächen *Dicranella cerviculata*. Sie besiedelt in den Berliner Mooren vegetationsfreie Torfe. Das Lebermoos *Lophocolea heterophylla* und das seitenfrüchtige (pleurokarpe) Laubmoos *Plagiothecium denticulatum* bilden Überzüge an Baumscheiben oder auf morschem Holz.

8.2.2.3 Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG

ELLENBERG (1979, 1982) ordnet der einheimischen Gefäßpflanzenflora sogenannte Zeigerwerte für verschiedene ökologische Parameter zu. Sie entsprechen dem ökologischen Optimum der Arten unter Freilandbedingungen und lassen Schlüsse auf die Standorteigenschaften zu. Zeigerwertberechnungen geben vor allem einen Eindruck von den längerfristigen Verhältnissen am Wuchsort der Pflanze. Dies steht etwa im Gegensatz zu wasserchemischen Analysen (s. Kap. 5), die eher Aufschluß über kurzfristige Standortveränderungen geben können.

Für die Auswertung standen die pflanzensoziologischen Aufnahmen der Schwingrasenstandorte zur Verfügung. Für jede Fläche der "a"- und "b"-Seite der Transekte wurde der Durchschnitt der Zeigerwerte ermittelt. In die Berechnung einbezogen wurden alle Arten, die nicht zur Baumschicht gehören und denen ein entsprechender Zeigerwert zugeordnet ist.

Eine Gewichtung nach Artmächtigkeit wurde bei den bodenkundlich beeinflussten Faktoren Feuchte,

Reaktion und Stickstoff vorgenommen. Die Berechnung der mittleren Faktorenzahlen wurde mit Hilfe des Programms SORT 2.3 vorgenommen, dabei wurden die ELLENBERG-Zahlen (1979) benutzt. Die Artmächtigkeitszahlen nach BARKMANN et al. (1964) wurden dabei wie folgt umgewandelt:

+r	>	r
+p, +a, +b	>	+
1a, 1b	>	1
2m	>	m
2a	>	a
2b	>	b

Bei den übrigen klimatischen Faktorenzahlen wurden die Arten mit einer höheren Artmächtigkeit von +r lediglich qualitativ in die Berechnung einbezogen, um die Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen zu gewährleisten. Nennenswerte Abweichungen sind nur bei Flächen mit geringen Artenzahlen (KOWARIK & SEIDLING 1989) zu erwarten. Die Artmächtigkeiten der einzelnen Arten zeigen außer bei den dominanten Seggen nur geringe Unterschiede.

Die errechneten Werte differieren je Fläche im Jahresvergleich nur unwesentlich, so daß Mittelwerte in Liniendiagrammen dargestellt werden können. Um die Besonderheiten für die Parameter Feuchte, Reaktion und Stickstoff besser dokumentieren zu können, werden diese in Diagrammen gegenübergestellt (Abb. 34 bis 37).

Barssee

Die Mittelwerte der **Lichtzahl** bewegen sich mit geringer Streuung um den Wert 8. Nur die Flächen auf der Westseite des Sees, die einer leichten Beschattung durch den angrenzenden Wald ausgesetzt sind, zeigen etwas niedrigere Werte um 7. Auf der östlichen Seite tritt dieser Randeffect nicht auf, da durch die Exposition der Flächen eine sehr viel längere Besonnungsdauer gewährleistet ist.

Die Mittelwerte der **Temperaturzahl** schwanken um den Wert 4.5 und steigen lediglich auf der Westseite leicht an. Hier wirkt sich das abweichende Bestandsklima des Waldes aus.

Über das gesamte Transekt schwankt die mittlere **Feuchtezahl** nur wenig um den Wert 9. Dies deutet auf eine relativ gleichmäßige Wasserversorgung der Schwingrasenflächen. Auf den Randbereichen des

Schwingrasens ist dies eventuell eine indirekte Folge der Wiedervernässungsmaßnahmen, da hier im Mudde-Torf-Kontakt das Wasser an der Oberfläche über den relativ wasserundurchlässigen Mudden austritt. Eine Erscheinung, die besonders auf den Luftbildern gut sichtbar wird, u. a. im Sommer 1990.

Die Mittelwerte der **Reaktionszahl** schwanken nur geringfügig um den Wert 3.5 ELLENBERG (1982) gibt den Wert 3 "Säurezeigern", die ihr "Schwergewicht auf sauren Böden" haben, aber bis in den neutralen Bereich vorkommen können.

Die mittleren **Stickstoffzahlen** schwanken auf den meisten Flächen um 2.5. Die Transektflächen am Westrand weichen jedoch mit Werten zwischen 3.5 und 4.0 stärker davon ab. Hierin werden wiederum die randlichen Störeinflüsse deutlich, die mit höherer Mineralisierung durch Laubfall und ursprünglich starker mechanischer Störung durch Wildschweine erklärt werden können. Eine Rolle spielt dabei sicher auch die Zufuhr von elektrolytreicherem Wasser, das erst in den von *Sphagnum fallax* eingenommenen Flächen durch Kationenaustausch verändert wird.

Bei Berücksichtigung der Artmächtigkeiten liegen die mittleren Stickstoffzahlen in den inneren Dauerflächen nur unwesentlich über den übrigen. Bei der rein qualitativen Berechnung fallen dagegen die hohen Stickstoffwerte zwischen 4 und 5 im Zentrum des Transekts (Flächen 11 bis 16) auf, die sich rechnerisch überwiegend durch das Vorkommen von *Bidens frondosa* als Stör- und Stickstoffzeiger ergeben. Sie können einen möglichen negativen Effekt der Wiedervernässungsmaßnahmen andeuten. Der Wechsel zwischen länger anhaltendem Überstau nach Einleitungen und Austrocknung nach extrem trockenen Witterungsperioden kann zusammen mit dem Eintrag von elektrolytreicherem Trinkwasser zu einer Nährstoffzufuhr bzw. -freisetzung geführt haben. Im Zusammenhang damit steht wohl das stellenweise (v. a. in schlenkenartigen Strukturen) Absterben der Torfmoose und deren Zerstückung.

Pechsee

Licht-, Temperatur- und Feuchtezahl liegen in etwa gleicher Größenordnung wie am Barssee. Die randlichen Einflüsse sind geringer, da der Wald hier eine geringere Dichte aufweist. Außerdem ist durch die Exposition der Flächen die Beschattungsdauer im Tagesverlauf kürzer.

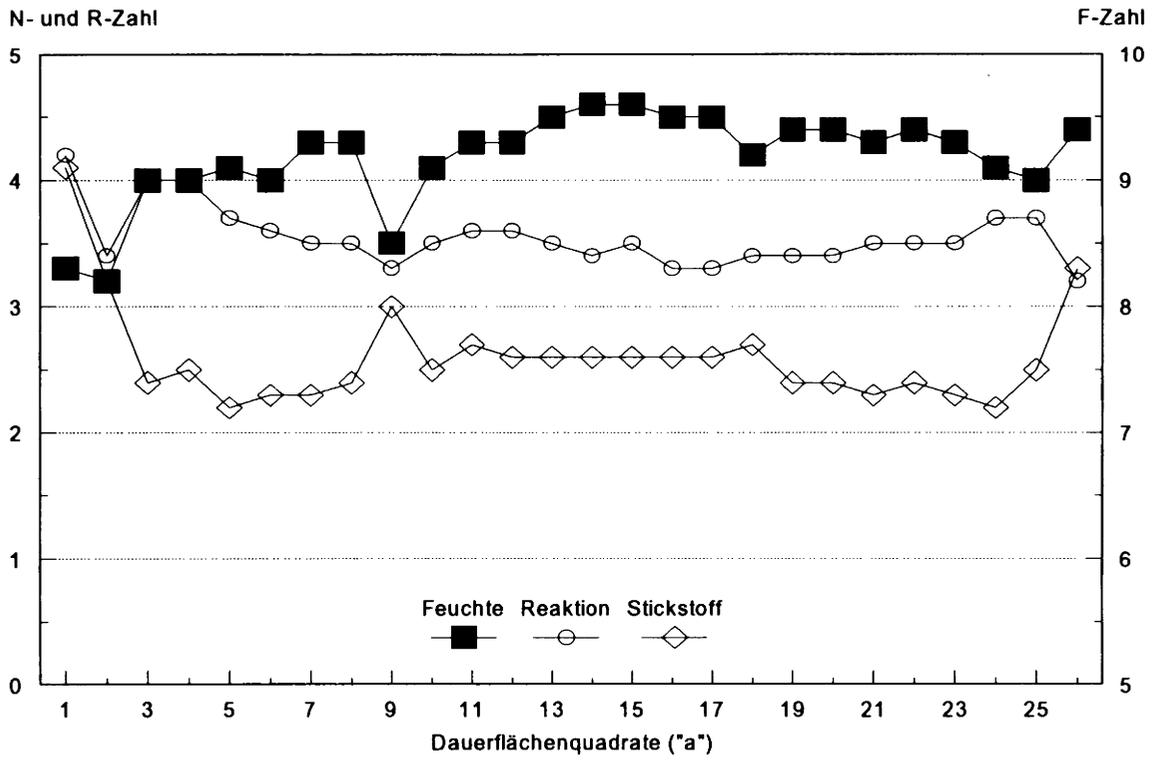


Abb. 34: Ellenberg-Zahlen (N-, R- und F-Zahlen) in den nördlichen Transektflächen am Barsee im Mittel 1989 - 92.

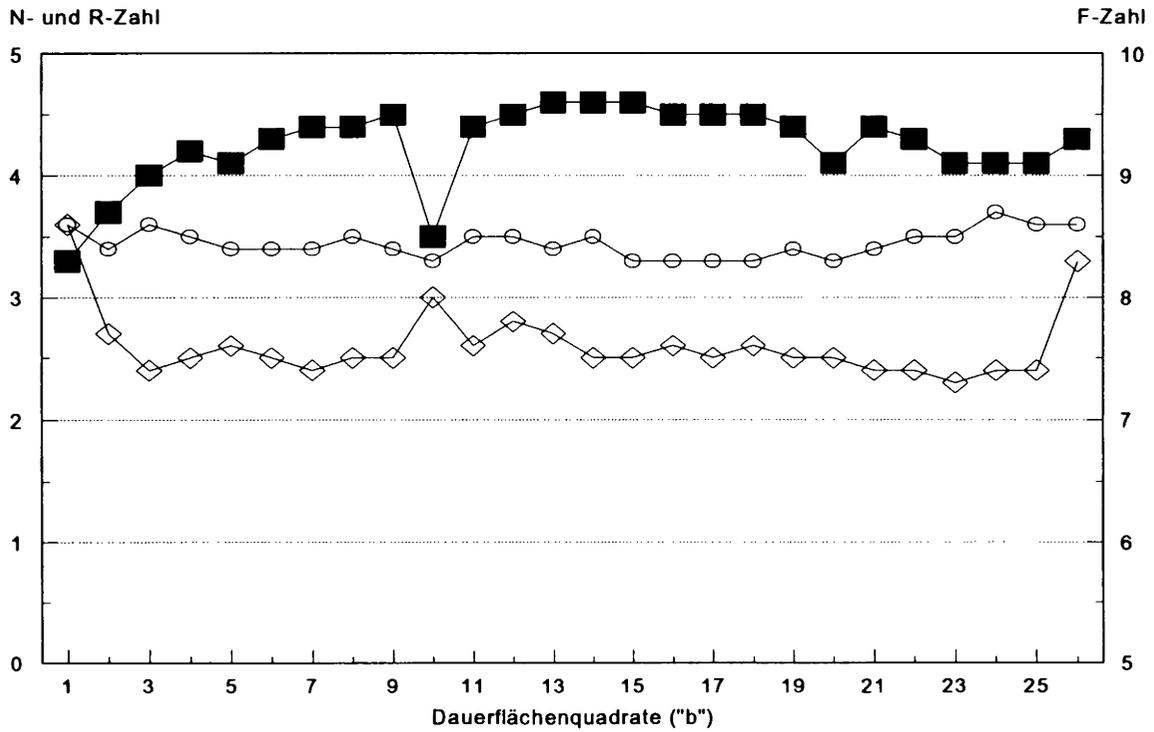


Abb. 35: Ellenberg-Zahlen (N-, R- und F-Zahl) in den südlichen Transektflächen am Barsee im Mittel 1989 - 92, Legende wie in Abb. 34.

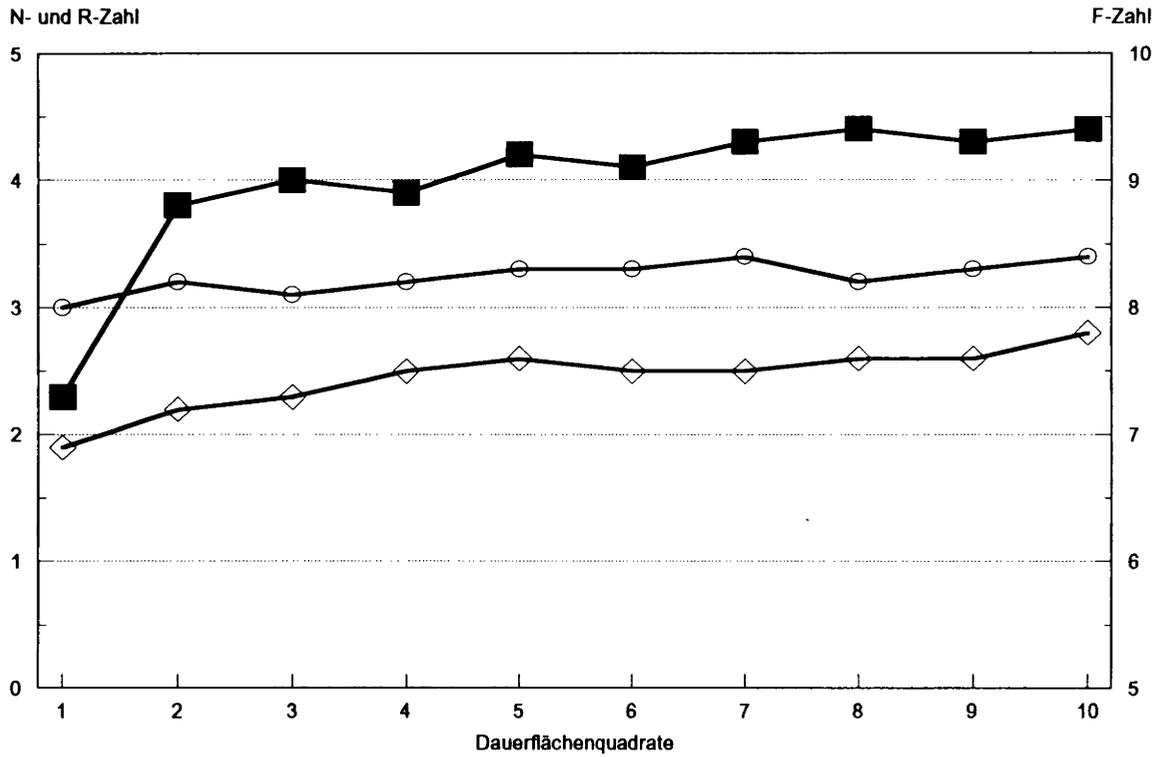


Abb. 36: ELLENBERG-Zahlen (N-, R- und F-Zahlen) in den nordwestlichen Transektflächen am Pechsee im Mittel 1989 - 92, Legende wie in Abb. 34.

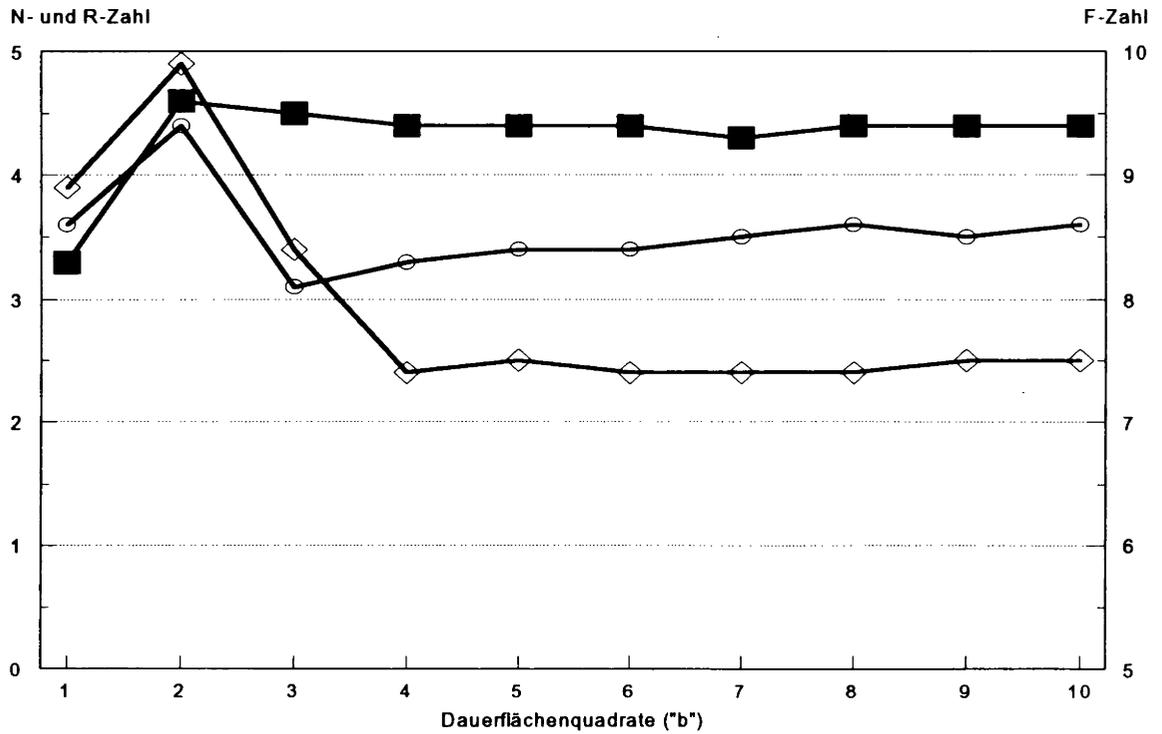


Abb. 37: Ellenberg-Zahlen (N-, R- und F-Zahlen) in den südöstlichen Transektflächen am Pechsee im Mittel 1989 - 1992, Legende wie in Abb. 34.

Auch die **Reaktions- und Stickstoffzahlen** liegen etwa in der gleichen Größenordnung wie am Barssee (R 3.0 - 4.5, N 2.0 - 3.0, außer in 1b bis 3b: 3.5 - 5.0). Ein geringfügiger Anstieg ist sowohl zum Wald als auch zur offenen Wasserfläche zu verzeichnen. Dieser fällt jedoch geringer aus als am Barssee, da hier einige Störzeiger wie die *Bidens*-Arten nicht vorkommen. Am Pechsee ist dieser Anstieg vor allem durch das Vorkommen von *Juncus effusus* und *Glyceria maxima* bzw. von *Calla palustris* und *Typha latifolia* verursacht. Dies belegt die stärkere Mineralisierung am Waldrand und im Kontaktbereich zur offenen Wasserfläche.

Die relativ geringen Veränderungen der Werte im Untersuchungszeitraum bestätigen die Aussage, daß die Zeigerwertberechnungen eher ein langfristiges Bild der Standortverhältnisse geben. Bei den durch die Wiedervernässungsmaßnahmen am Barssee zu erwartenden schnellen Veränderungen sind Zeigerwertberechnungen allerdings in etwa 5-jährigem Rhythmus notwendig.

8.2.2.4 Frequenzuntersuchungen

Für die Dokumentation von Veränderungen in den untersuchten Schwingrasen-Gesellschaften eignen sich besonders die dominierenden Moosarten, von denen die drei am Barssee verbreiteten Torfmoosarten unterschiedliche Nährstoffansprüche aufweisen. Diese reagieren empfindlicher und schneller als die Gefäßpflanzen auf Standortveränderungen. Daher werden sie ausführlicher behandelt. Die Frequenz der dominierenden Moosarten am Barssee wird für die Jahre 1990 und 1992 in Anlage 7 dargestellt. Eine tabellarische Übersicht aller untersuchten Arten findet sich in ROWINSKY (1992).

Barssee

Die Aussagen über Artenverteilung und Vegetationsdynamik, die sich aus den Ergebnissen nach der BARKMAN-Schätzskala ergeben, lassen sich anhand der Frequenzuntersuchungen nun quantitativ nachvollziehen.

Für die nördlich gelegenen 26 Flächen ergeben sich bei der Frequenzaufnahme 52 Teilflächen von 1 x 1 m, die den vorderen zum Holzsteg gelegenen Transektabschnitt beinhalten.

Das dominante Moos in den Flächen 2a1 bis 9a1 und 17a1 bis 21a1 ist *Sphagnum fallax*. In den in

der Mitte des Transekts gelegenen Dauerflächen 9a2 bis 16a2 überwiegen dagegen *Sphagnum fimbriatum* und *Sphagnum squarrosum*, letzteres in den länger überstauten Flächen. Auf der Ostseite (22a1 bis 26a2) ist *Polytrichum commune* mit höherer Frequenz vertreten.

In den Flächen, in denen bereits 1990 *Sphagnum squarrosum* deutlich dominierte, ergaben sich bis 1992 nur geringe Veränderungen. Dagegen ist in den Flächen, in denen *Sphagnum squarrosum* gemeinsam mit *Sphagnum fimbriatum* die Mooschicht bildete (9a2, 10a1 und 13a1 bis 16a2), der Anteil von *Sphagnum squarrosum* zugunsten von *Sphagnum fimbriatum* deutlich zurückgegangen.

Die beschriebenen Veränderungen sind deutlicher Ausdruck des veränderten Wasserregimes. Die Wiedervernässungsmaßnahme im Winter 1989/90 und ein Starkregenereignis Anfang Juni 1990 (95 mm Niederschlag in 3 Tagen) begünstigten in diesem Jahr bei länger anhaltendem Überstau *Sphagnum squarrosum*, während die nachfolgende niederschlagsarme Witterungsperiode mit niedrigeren Wasserständen *Sphagnum fimbriatum* förderte.

Durch die eingeschränkte Wühltätigkeit der Wildschweine konnten sich bis 1992 in den randlichen Flächen *Sphagnum fallax* und vor allem auf den östlichen Transektflächen *Polytrichum commune* ausbreiten.

Außer der Wasserversorgung der Schwingrasenstandorte als ein wesentlicher Faktor für die Verbreitung der Moosarten sind Nährstoffangebot und -verfügbarkeit wichtigster Standortfaktor. Die Analyse von Wasserproben (s. Kap. 5) aus dem Schwingrasen belegt, daß die durch *Sphagnum fallax* dominierten Flächen am geringsten mit Nährstoffen versorgt sind. Dagegen sind die stärker überstauten Standorte mit *Sphagnum fimbriatum* und *Sphagnum squarrosum* deutlich besser versorgt.

Die für die untersuchten Moore an Bars- und Pechsee festgestellten unterschiedlichen Standortansprüche der Torfmoosarten können durch folgende Literaturangaben bestätigt werden. OVERBECK (1975: 262) gibt für die Arten der *Sphagnum recurvum*-Gruppe (*Sphagnum fallax* = *Sphagnum recurvum* var. *mucronatum*) ein schwerpunkthaftes Auftreten in nährstoffärmeren Niedermooren an, während *Sphagnum fimbriatum* und *Sphagnum squarrosum* eutrophe Standorte bevorzugen.

CLYMO & HAYWARD (1982: 236) beschreiben für *Sphagnum fimbriatum* und *Sphagnum squarrosum* ein Vorkommen auf mäßig kalkhaltigen Standorten, im Gegensatz zu den meisten Arten der Gattung *Sphagnum*. BERTRAM (1988) stellt hingegen in seiner Arbeit über die nordniedersächsischen Moore *Sphagnum fallax* und *Sphagnum fimbriatum* nach Wasseranalysen zu der Gruppe, die die hochmooruntypischen Standorte besiedeln und differenziert zwischen beiden Arten nicht.

Die Verteilung der wichtigsten Moose am Barssee kann graphisch dargestellt werden (Anlage 7). Ausgewählt wurden die dominierenden Torfmoosarten und *Polytrichum commune*. Sie dokumentieren besser als Gefäßpflanzen die Veränderungen auf den Transektflächen, da sie schneller auf veränderte Standortbedingungen reagieren. Der Zustand der einzelnen Flächen im Jahre 1990 wurde dem von 1992 gegenübergestellt.

Die wichtigsten Veränderungen sind zum einen die Zunahme von *Sphagnum fallax* am Westrand des Transekts (Flächen 2a1 bis 9a), die Zunahme von *Polytrichum commune* in den östlichen Randflächen 22a1 bis 26a2 sowie zum anderen der deutliche Rückgang von *Sphagnum squarrosum* zugunsten der Ausbreitung von *Sphagnum fimbriatum* (9a2 bis 10a1 und 13a1 bis 16a2).

Die Verbreitung von *Sphagnum squarrosum* in der Fläche 18a1 aus dem Jahr 1990 konnte nicht mehr festgestellt werden.

Für die Krautschicht ergibt sich bei den Frequenzuntersuchungen ein weniger deutliches Bild, da die Gefäßpflanzen auf Standortveränderungen im Vergleich zu den Moosen langsamer reagieren.

In den randlichen Flächen ergab sich bis 1992 eine Zunahme bei *Agrostis canina*, *Bidens frondosa*, *Hydrocotyle vulgaris* und *Lycopus europaeus*. *Eleocharis palustris* nahm leicht zu, sie kommt in den länger überstauten Flächen (12a1 bis 16a2) vor.

Entlang der gesamten Transektseite nahmen *Drosera rotundifolia* und *Eriophorum angustifolium* zu, während 1992 *Lysimachia thyrsoflora* und der Schlammbesiedler *Juncus bulbosus* in der Frequenz abnahmen. Eine deutliche Erholung zeigte 1992 der Bestand der Moorbirke (*Betula pubescens*), die infolge der länger anhaltenden Überstauung der Flächen 1990 nur kümmerwuchs zeigte.

Pechsee

Im Gegensatz zu den Ergebnissen vom Barssee ergaben sich am Pechsee in den 1992 untersuchten Flächen keine deutlichen Veränderungen innerhalb der artenarmen Bestände.

In der Krautschicht kam es infolge der ungünstigen Witterung in den Flächen 10a1 und 10a2 zur Abnahme der Feuchtezeiger *Typha latifolia* und *Calla palustris*. Außerdem gingen in den übrigen Flächen *Agrostis canina* und *Lysimachia thyrsoflora* zurück, letztere war allerdings durch den etwas späteren Aufnahmetermin im Jahr 1992 schon stark häufig.

Eine Zunahme der Frequenz erfolgte wie am Barssee bei *Drosera rotundifolia* und *Eriophorum angustifolium* und vor allem bei *Molinia caerulea*. Eine geringe Zunahme haben *Carex lasiocarpa*, *Epilobium palustre* und *Hydrocotyle vulgaris* zu verzeichnen.

In der Moosschicht dominiert *Sphagnum fallax*, während die in den Schwingrasenflächen am Barssee vorkommenden eutraphenten Torfmoose am Pechsee keine Rolle spielen. Hier kommt in den randlichen Flächen (1a2 bis 5a2) lediglich *Polytrichum commune* mit größerer Deckung vor. Bei diesen beiden Moosen ergaben sich von 1990 zu 1992 keine größeren Veränderungen, eine geringfügige Zunahme ist bei *Sphagnum fallax* erfolgt (1a2 und 2a1).

9. Erhaltung und Wiedervernässung

Die Bereitschaft, Moorbiotope zu erhalten oder nach Torfabbau zu regenerieren, führte in verschiedenen Bundesländern zu Projekten der Regeneration von Mooren, z. B. zum Moorschutzprogramm in Niedersachsen.

Zur Klärung der Nomenklatur werden von KUNTZE & EGGELSMANN (1981) drei Phasen unterschieden: Ein erster Schritt ist die Wiedervernässung (I), die nach wenigen Jahren erreicht werden kann. Die Renaturierung (II) beinhaltet die Wiedereinbürgerung der moortypischen Pflanzengesellschaften. Die Moorregeneration (III) umfaßt dagegen einen sehr langen, Jahrhunderte dauernden Prozeß, da hierunter das Moorwachstum durch Vertorfung verstanden wird.

Die bereits begonnenen Projekte betreffen überwiegend die Renaturierung von Hochmooren, z. B. die auf MÜLLER (1980) zurückgehende Methode der Anlage von künstlichen Kolken. In der Regel erfolgt diese durch Rückhaltung der Niederschläge. Die Phase III wurde aber bei großflächig abgetorften Hochmooren bisher in keinem Fall erreicht. PFADENHAUER (1986) weist darüber hinaus auf den Mangel an wissenschaftlichen Begleituntersuchungen hin, so daß kaum Erfolgskontrollen durchgeführt werden konnten.

Für die im Rahmen des Niedersächsischen Moorschutzprogrammes vernästen Hochmoorflächen wird der Mangel von Standortkenntnissen und z. T. fehlende Pflegepläne herausgestellt (BLANKENBURG & SCHMATZLER 1991).

Wiedervernässungsversuche wurden in Niedermooren erst vereinzelt begonnen (EGGELSMANN 1989), obwohl die Erhaltung von Niedermooren "einer noch intensiveren Berücksichtigung als ein Management von Hochmoorresten mit nur mittelmäßig interessantem Arteninventar" (DIERSSEN 1983: 227) bedarf. Sie lassen sich, im Gegensatz zu Hochmooren, oft nur durch die Einleitung von Fremdwasser wiedervernässen. Bei anthropogen stark abgesenktem Grundwasserspiegel wurden solche Maßnahmen auch in den Berliner Mooren durchgeführt.

9.1 Wiedervernässungsversuche in Berliner Mooren

In den aufgrund des Artenbestandes wertvollen Spandauer Mooren Teufelsbruch und Großer Rohrpfuhl (SUKOPP & KÖSTER 1973) ist in den Jahren 1984 und 1985 nach Entkusselung mit einer Grundwasseranreicherung begonnen worden. Hierzu wird mechanisch vorgereinigtes und entphosphatiertes Havelwasser in ein Grabensystem geleitet.

Bei RÖDEL (1986) wurden die Methoden der Erfolgskontrolle beschrieben. Diese wurde von PLATEN (1991) fortgeführt, die Auswirkungen der Wiedervernässung auf Laufkäfer- und Spinnenfauna sind von PLATEN (1989) vorgestellt worden. Die Entwicklung der Moorwasserstände zeigt, daß eine kurzfristige Beeinflussung des Moorwasserhaushalts möglich ist; dokumentiert ist auch eine Hebung der Mooroberfläche seit 1985. Es kam jedoch bisher nicht zu einer Wiedereinbürgerung (Phase II) der für diesen Zwischenmoorkomplex typischen mesotraphenten Pflanzengesellschaften (RÖDEL 1986, PLATEN 1991), mitverursacht durch die auch nach Reinigung ungenügende Qualität des eingeleiteten Havelwassers. Die unterschiedlichen Moorsakungsbeträge haben zu einem ausgeprägten Mikrorelief geführt, das über differenzierte Stauziele berücksichtigt werden mußte.

Das oben beschriebene Beispiel der Spandauer Moore belegt die Wichtigkeit von hydrologischen Untersuchungen vor und während der Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen in Niedermooren.

9.2 Bars- und Pechsee

In den beiden Grundlagenuntersuchungen (SUKOPP et al. 1970, SUKOPP & BÖCKER 1971) wurden für Bars- und Pechsee verschiedene Erhaltungsmaßnahmen vorgeschlagen, so die Entschlammung der Seen, die Beseitigung der *Typha*-Röhrichte und eine Anhebung der Seespiegel durch Zufuhr von oligotrophem Wasser. BLUME et al. (1974) beschreiben ein geplantes Versickerungsbecken im Jagen 90 (Dahlemer Feld) zur Anhebung des Grundwasserspiegels. Zuletzt wurden durch SEIDEL (1985) und

SCHOPPE (1985) die zur Sicherung der Schutzziele erforderlichen Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen aufgezählt.

Die Hauptursache der beschriebenen Standort- und Biotopveränderungen waren anthropogene Grundwasserabsenkungen, vorwiegend durch die Trinkwasserbrunnen an der Havel. Für alle im Einzugsgebiet der Absenktrichter der Brunnen gelegenen Grünwaldmoore würde daher eine Reduzierung der Fördermengen mit einem entsprechenden Grundwasserspiegelanstieg eine deutliche Verbesserung bedeuten. Zumindest langfristig ist daher eine stärkere Reduzierung in den für die Grundwasserabsenkungen maßgeblichen Galerien erforderlich. Der relativ hohe Sickerwasseranteil (KLOOS 1986) sowie deutliche Anzeichen für die Mobilisierung von salzhaltigen Tiefenwässern (SOMMER-VON JARMERSTED 1992) könnten ebenfalls eine Verringerung der Fördermengen an der Havel erforderlich machen.

Für die Erhaltung der untersuchten Kesselmoore müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Der mittlere Moorwasserspiegel darf nicht weiter absinken, eine Anhebung der Wasserstände bis nahe der Geländeoberfläche ist anzustreben.
- Die jahresperiodischen Schwankungen sollten möglichst gering bleiben, um die entsprechenden Pflanzengesellschaften zu fördern.
- Bei einer Einleitung soll der Mineralstoffgehalt des von außen in die Moorkessel zugeführten Wassers nicht wesentlich von dem des Moorwassers abweichen.

Als erste Erhaltungsmaßnahme wurde 1986 am Barssee ein etwa 200 m langer Bewässerungsgraben in etwa 10 bis 15 m Entfernung vom östlichen Schwingrasenrand angelegt, von dem aus das eingeleitete Trinkwasser gefiltert durch den Torfkörper den See erreichen sollte. Die vollständige Beseitigung des Rohrkolbenbestandes und die teilweise Entschlammung der früheren Seefläche erfolgten parallel dazu.

Im Winterhalbjahr 1986/87 erfolgte erstmalig die unkontrollierte Einleitung von ca. 11 000 m³ Trinkwasser, was zu einer Überflutung des Schwingrasens mit Grabenwasser führte. Der Moorwasser-

spiegel stieg um etwa 0.5 m an. Die Bewässerung mußte aber u. a. wegen der erheblichen Entwicklung von Schwefelwasserstoff (RIPL 1988, mdl. Mittlg.) eingestellt werden.

Der in den Kesselmooren ausgebildete, schwebende Grundwasserleiter wird lediglich aus dem Niederschlagswasser bzw. aus dem ober- und unterirdisch zufließenden Hangwasser gespeist. Daher führten extrem warme und trockene Wasserwirtschaftsjahre (z. B. 1989, 1991 und 1992, Wasserbilanzdefizit: 269, 64 und 236 mm) zu einem starken Absinken von Moor- und Seespiegeln.

Die in den Wintern 1989/90 und 1991/92 (8100 und 4300 m³) vorgenommenen Bewässerungsmaßnahmen führten am Barssee nur zu einem kurzfristigen Anstieg der in Seennähe gelegenen Pegel, im Sommer 1990 durch ein Starkregenereignis begünstigt (s. Abb. 13). Die Einstellung der Bewässerung führte dann bei hohen Verdunstungsraten zu einem schnellen Absinken der Wasserstände. Die durchgeführten Wiedervernässungsversuche wurden bei ROWINSKY & DEUTSCHBEIN (1991) und ROWINSKY (1992) kritisch dokumentiert.

Da für die Erhaltung der noch vorhandenen mesotraphenten Schwingrasengesellschaften geringe jahresperiodische Wasserschwankungen notwendig sind, müssen bei Einhaltung eines bestimmten Stauzieles größere Wassermengen auch im Sommerhalbjahr zugeführt werden.

Der Mineralstoffgehalt des eingeleiteten Trinkwassers weicht wesentlich von dem des Moorwassers ab. Die oberflächennah zwischen Graben und Schwingrasen anstehenden schwach zersetzten *Sphagnum*-Torfe weisen einen sehr hohen kf-Wert auf (nach Grundwasserstandsdaten etwa 150 bis 200 cm/Tag), so daß das eingeleitete Wasser schnell den Torfkörper passiert und am Schwingrasenrand über den undurchlässigen Mudden austritt.

Die sehr sauren Torfe bieten einen nur ungenügenden Puffer gegenüber dem vor allem relativ sulfathaltigen Trinkwasser (s. Kap. 5), da die sehr hohe potentielle Kationenaustauschkapazität bei sehr niedrigem pH-Wert (s. Kap. 6.3.2.1) nicht ausgenutzt werden kann. Die Sorption von Sulfat ist sehr schwach. Bei entsprechenden Randbedingungen kann der Sulfatsauerstoff durch Bakterien für die Oxidation organischer Kohlenstoffverbindungen verwendet werden, dies führt dann zum Torfabbau.

Für die zentralen Schwingrasenbereiche am Barssee konnte durch die Einleitungen bisher noch keine direkte Beeinflussung der Moorwasserqualität belegt werden. Ein Ergebnis ist die Vergrößerung der Moorwasserdynamik, mit einem zeitweise langanhaltendem Überstau einzelner Schwingrasenteile, welcher u. a. das eutraphente Torfmoos *Sphagnum squarrosum* begünstigte.

Für die Erhaltung bzw. Regenerierung der Grunewaldmoore muß ein ausgeglichenes Wasserregime wiederhergestellt werden. Die oben beschriebenen Wiedervernässungsmaßnahmen bewirkten nur kurzfristige und punktuelle Verbesserungen des Wasserhaushalts, die Verwendung von Trinkwasser beinhaltet zudem bedenkliche trophische Effekte (s. Abb. 15 - 18). Eine Möglichkeit böte sich daher nur in der Wiederherstellung effluenter Abflußverhältnisse durch eine Einschränkung der Trinkwassergewinnung an der Havel oder die Versickerung bedeutender Wassermengen nahe der in der Grunewaldrinne gelegenen Kesselmoore. Dies würde die Entstehung eines negativen Absenktrichters bewirken und eine Verbindung zwischen Moor- und Grundwasserspiegel wieder herstellen.

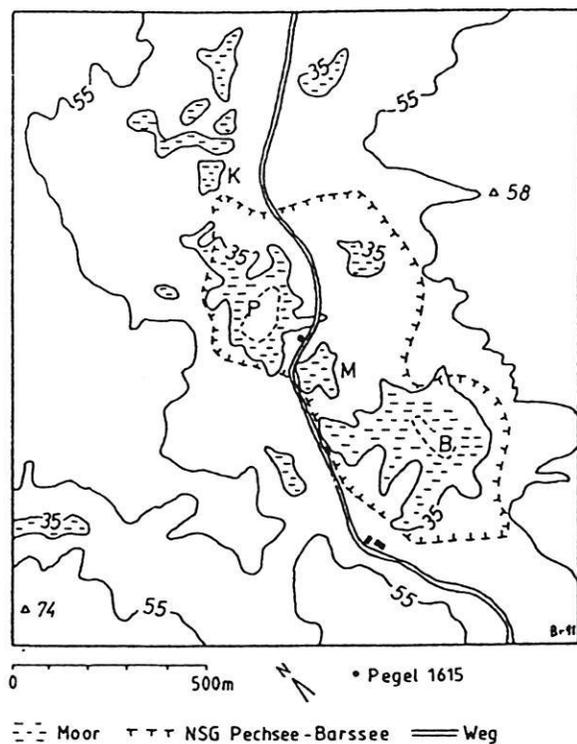


Abb. 38: Moorbildungen im mittleren Teil der Grunewaldrinne (n. KEILHACK 1910, Original: A. Brande). P: Pechsee, B: Barssee, K: Kleinstmoor, M: Moorloch. Höhenlinien in m NN.

Der Grundwasserspiegel liegt gegenwärtig etwa 1.5 m unterhalb des Moorwasserspiegels, so daß für effluente Abflußverhältnisse eine Anhebung des Grundwasserspiegels um mindestens 1.5 bis 2.0 m erforderlich ist. Als Einleitungsorte bieten sich die zahlreichen von KEILHACK (1910) kartierten vermoorten Senken innerhalb der Grunewaldrinne an, von denen eine in unmittelbarer Nähe zwischen den untersuchten Kesselmoore liegt (Abb. 38).

Die Ergebnisse von geo-, hydrochemischen und hydrologischen Untersuchungen sowie von Vegetations- und Frequenzaufnahmen belegen den besseren Erhaltungszustand des Pechsees. Auch in den extrem trockenen und warmen Sommern 1989 und 1992 kam es nicht, im Gegensatz zum Barssee, zu einem vollständigen Austrocknen der Seefläche. In den Schwingrasengesellschaften besitzen Stickstoffzeiger nur eine untergeordnete Bedeutung, bemerkenswert ist das Vorkommen der oligotraphenten Schlammschilf (*Carex limosa*). Der insgesamt noch oligotrophe Status spricht damit gegen eine Einleitung von elektrolytreichem Wasser in den Moorkessel am Pechsee.

Um eine weitere Degradierung der Moorstandorte in dem Naturschutzgebiet Bars- und Pechsee zu verhindern, müssen zielgerichtete und kontrollierte Pflegemaßnahmen erfolgen. Auf längere Sicht könnte jedoch durch die Wiederherstellung des ursprünglichen Wasserregimes der Pflegeaufwand deutlich reduziert werden.

Erste positive Auswirkungen ergaben sich durch die Erneuerung der Umzäunung des Naturschutzgebietes. Die hierdurch eingeschränkte Wühltätigkeit der Wildschweine führte zu einer Erholung von Moos- und Krautschicht in den randlichen Flächen des Schwingrasens, der Schlammbesiedler *Juncus bulbosus* ging deutlich zurück.

Die Rodungen der Späten Traubenkirsche (*Prunus serotina*) führten durch die deutliche Verbesserung der Lichtverhältnisse zu einer Förderung von Kraut- und Strauchschicht. Hingegen konnte sich der Rohrkolben (*Typha latifolia*) am Barssee trotz der Pflegemaßnahmen auf den Schlammflächen am Seerand explosionsartig ausbreiten. Die den Schwingrasenrand säumenden Erlen können auf den Stock gesetzt werden, um die Entwicklung der *Sphagnum*-Rasen zu fördern.

Eine erneute Entschlammung der Seeflächen ist unbedingt zu vermeiden, da hierdurch die im

Sediment festgelegten Nährstoffe freigelegt werden können. Die sehr hohen Wassergehalte der Mudden verursachen außerdem ein seitliches Nachfließen und beeinträchtigen den Schwingrasen.

Die endgültige Sicherstellung der Moore als Rückzugsgebiete von für den Berliner Raum seltenen oligotraphenten Lebensgemeinschaften ist nur dann möglich, wenn die Eingriffe in den Wasserhaushalt zumindest teilweise rückgängig gemacht werden.

9.3 Fercher Moore

Die Hauptursache der in den Fercher Kesselmooren während der letzten drei Jahrzehnte aufgetretenen Standort- und Biotopveränderungen waren die Eingriffe in den Wasserhaushalt. Bei einer weiter andauernden Trinkwasserförderung im Bereich der Fercher Rinne sind weitere Veränderungen der Moorstandorte absehbar, wie die Untersuchungen der Grunewaldmoore zeigen.

Eine kurzfristige Entspannung des Wasserhaushaltes der Moore wird durch die Entnahme der Gehölze ("Entkusselung") erreicht. Der hierdurch geringere Verdunstungsanteil führt zu einer positiven Wasserbilanz und damit steigenden Wasserständen. Von MÜLLER-STOLL & NEUBAUER (1965) wird nach einem Kahlschlag der umliegenden Hänge ein starker Wasserspiegelanstieg im kleinen Kesselmoor bei Alte Dorfstelle beschrieben.

Die Entkusselung der Moorflächen in den letzten Jahren fördert nur in dem noch nicht so stark degradierten großen Kesselmoor die moortypische Vegetation. Auf Grund der sehr geringen Fläche und des damit verbundenen nur geringen Puffervermögens gegenüber Wasserstandsschwankungen breiten sich nach dem extremen Wasserwirtschaftsjahr 1992 in dem kleinen Kesselmoor wiederum Moorbirke

(*Betula pubescens*) und Faulbaum (*Frangula alnus*) stark aus.

9.4 Ausblick

Für die beiden untersuchten Moorgebiete im Berliner Grunewald und im Randbereich des Beelitzer Sanders sind Grundwasserabsenkungen durch die Wasserbetriebe Hauptursache der Standort- und Biotopveränderungen.

Diese sind an Bars- und Pechsee sowie in dem kleinen Kesselmoor wesentlich weiter fortgeschritten als in dem größeren Kesselmoor bei Ferch. Ursachen hierfür sind zum einen der wesentlich längere Zeitraum der Förderung, größere Mengen in Ferch seit 1982 und an der Havel seit 1957, sowie zum anderen die deutlich höheren Grundwasserentnahmen im Grunewald.

Eine Regeneration der moortypischen oligotraphenten Vegetation ist daher in dem großen Fercher Kesselmoor leichter zu erreichen. Hier ist, nach einem Rückgang der Fördermengen in der Fercher Rinne, mit einem schnellen Anstieg der Moorwasserstände zu rechnen.

Eine entsprechende Wiedervernässung von Bars- und Pechsee ist nur dann erreichbar, wenn es zu einem deutlichen Rückgang der Förderung der Havelbrunnen kommt. Eine mittelfristige Alternative hierzu ist die Anhebung des Grundwasserspiegels durch kontinuierliche Einleitung oder Versickerung größerer Wassermengen (mehrere 100.000 m³) in benachbarten ausgetrockneten Moorsenken.

Hingegen hat die Einleitung von Trinkwasser in den Moorkörper des Barssees bisher nicht zu einer Wiederherstellung eines moortypischen Wasserregimes geführt.

10. Zusammenfassung/Summary

In der vorliegenden Arbeit wurden Ergebnisse hydrologischer und stratigraphischer Studien zur Entwicklungsgeschichte von Brandenburger Kesselmooren vorgestellt. Für die Erfassung der aktuellen und historischen biotischen und abiotischen Standortfaktoren wurden verschiedene Methoden angewandt: floristische und vegetationskundliche Untersuchungen sowie hydrologische, hydrochemische, geochemische, geophysikalische und sedimentologische Untersuchungen und Makrorest-, Mikrorest- und Pollenanalyse. Der zeitlichen Einordnung der entwicklungsgeschichtlichen Prozesse dienten Radiocarbonatierungen und die pollenanalytischen Untersuchungen.

Ziel der Arbeit war es, Entwicklungsstadien auszu-scheiden, die von den untersuchten Mooren seit ihrer Entstehung durchlaufen wurden. Aufgrund der stratigraphischen Untersuchungen wurden Aussagen zur Beckengenese und zu den einzelnen See- und Moorentwicklungsphasen getroffen, zum Verlandungsvorgang, zu Moorbildungsbedingungen und Sukzessionsstadien. Den Entwicklungsstadien konnten über geochemische und -physikalische Untersuchungen abiotische Standortfaktoren zugeordnet werden. Die aktuellen Standortveränderungen wurden erfaßt und die vorgenommenen Erhaltungs- und Wiedervernässungsmaßnahmen dokumentiert und bewertet.

1. Die untersuchten Moore im Berliner Grunewald (Bars- und Pechsee) und bei Ferch liegen in ähnlicher geomorphologischer Position im Verlauf von subglazial angelegten Rinnen. Die Moore bildeten sich in durch austauendes Toteis entstandenen abflußlosen Hohlformen am Ende der letzten Eiszeit. Während die Fercher Moore direkt im Randbereich der morphologisch sichtbaren äußeren Begrenzung des Brandenburger Eisvorstoßes am Beelitzer Sander liegen, entstanden die Grunewaldmoore weit in deren Rückland. Die hydrogeologische Situation ist in beiden Gebieten ähnlich, zwischen den einzelnen Grundwasserleitern bestehen hydraulische Verbindungen.

2. Die Wasserhaushaltsuntersuchungen belegen, daß es als Folge der anthropogenen Grundwasserabsenkungen zu einer weitgehenden Entkoppelung von Grund- und Moorwasserspiegel v. a. in den

Grunewaldmooren kam. Durch den Ausbau der Trinkwasserförderung an Havel und Fercher Rinne kam es zu deutlichen Grundwasserabsenkungen auch im Randbereich der Moore, im Grunewald um ca. 5 m und in Ferch um ca. 1 m. Es entstand ein hydraulisches Gefälle aus dem schwebenden Moorwasser- in den Grundwasserhorizont.

Für den Wasserhaushalt der Moore ist damit heute das Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung entscheidend, ausgedrückt in der klimatischen Wasserbilanz. Extrem trockene Witterungsperioden (z. B. die Sommer 1989 und 1992) drücken sich in deutlich sinkenden Wasserständen aus.

3. Die über einen Bewässerungsgraben am Barssee eingeleiteten Trinkwassermengen brachten eine nur kurzfristige Regenerierung der Wasserstände, ebenso wie größere Niederschlagsereignisse. Das für die Wiedereinbürgerung der ursprünglichen Moorvegetation notwendige ausgeglichene Grundwasserregime ist daher nur durch die Wiederherstellung effluenter Abflußverhältnisse möglich, d. h. der Grundwasserspiegel liegt höher als der des Moorwassers. Die Wasserstandsschwankungen sind am Pechsee sowie im großen Fercher Kesselmoor geringer ausgeprägt als am Barssee.

4. Die hydrochemischen Untersuchungen belegen den aktuellen Trophiestatus der untersuchten Kesselmoore. Der Vergleich weist für den zentralen Teil des großen Fercher Kesselmoores sauer-nährstoffarme Standortbedingungen aus. Das stärker degradierte kleinere Fercher Kesselmoor sowie die ausgetrockneten Moorsenken von Bars- und Pechsee zeigen dagegen ein Eutrophierung der Standorte, ausgedrückt in relativ hohen Calcium-, Magnesium- und Ammoniumgehalten sowie in den Grunewaldmooren außerdem durch hohe Chlorid- und Sulfatgehalte.

Für die Schwingrasenstandorte ergeben die Analysen eine Abstufung der Nährstoffe in Korrelation mit der vorherrschenden Vegetation. Die höchsten Nährelement-Gehalte zeigen Schlammflächen sowie mit *Polytrichum commune*-Bulten durchsetzte Flächen, niedrigere die von *Sphagnum squarrosum* und *Sphagnum fimbriatum* dominierten Standorte. Die schlechteste Versorgung mit Nährstoffen zeigen die

Flächen mit *Sphagnum fallax*. Ein über einen längeren Zeitraum untersuchter Schwingrasenstandort am Barssee weist deutlich höhere Nährelementkonzentrationen auf als ein *Rhynchospora alba*-Bestand am Pechsee, z. B. doppelt so hohe Calcium- und Magnesium-Gehalte.

Durch die Zufuhr von Trinkwasser über den Bewässerungsgraben am Barssee sind größere Nährstoffmengen in den Moorkörper eingeleitet worden. Von den im Trinkwasser in deutlich höheren Mengen als im Moorwasser enthaltenen wichtigen Pflanzennährstoffen können die zweiwertigen Kationen durch den Torf gut gebunden werden. Kalium, Phosphat und Ammonium sind nur in geringeren Mengen im Trinkwasser vorhanden. So sind besonders die durch die Bewässerungsmaßnahmen eingebrachten größeren Chlorid- und Sulfatmengen bedenklich. Die Reduktion von Sulfaten durch Bakterien zu Sulfiden und Schwefelwasserstoff führt zum Torfabbau. Deutliche Veränderungen der Moorwasserqualität wurde nach Einleitungsbeginn in einem nahe dem Bewässerungsgraben gelegenen Moorpegel dokumentiert, teilweise überlagert durch Witterungseinflüsse. Die zentralen Schwingrasenstandorte an Bars- und Pechsee werden weiterhin stärker durch den Witterungsgang beeinflusst, mit niedrigeren Konzentrationen bei hohen Wasserständen.

5. Nach den stratigraphischen Untersuchungen haben die untersuchten Kesselmoore im Laufe ihrer Entwicklung in den einzelnen Teilbereichen sehr unterschiedliche Stadien erreicht. Dies gilt für die Formungsprozesse, die bei der Beckengenese stattgefunden haben, den Zeitpunkt und den Prozeß der Verlandung und damit das Erreichen des Kesselmoorstadiums. Eine intensive Torfbildung wechselte ab mit stagnierenden bzw. abbauenden Phasen in der Moorentwicklung, örtlich und zeitlich verschieden in Abhängigkeit von den topographisch-hydrologischen Voraussetzungen sowie dem bis dahin erreichten Entwicklungsstadium. Austrocknung und Wiedervernässung haben demnach schon unter natürlichen Bedingungen stattgefunden. Ein Endzustand als Waldmoor ist jedoch nach den pollenanalytischen Befunden nicht erreicht worden.

Die Mächtigkeit der organogenen Sedimente erreicht in den Kesselmooren mehr als 12 m in den zentralen und 3 - 5 m in den randlichen Teilen. Die typische Profilfolge von unten nach oben bilden Seesande, Algenmudde, Detritusmudde, schwach

zersetzter Torf, mäßig bis stark zersetzter Torf, schwach zersetzter Torf und vererdeter Torf. Eine gute Zeitmarke, in den untersuchten Mooren meist innerhalb der Algenmudde, bildet als 10 bis 15 mm mächtige Schicht der Laacher Tuff von etwa 11.300 Jahren vor heute.

Im großen Fercher Kesselmoor wurde an der Basis eine bis über 9 m mächtige bölling- und allerödzeitliche Folge minerogener z. T. stark kalkhaltiger limnischer Sedimente erfaßt. Der gesamte nur wenige 100 Jahre umfassende Abschnitt, durch Radiocarbonatierungen auf ca. 13.000 Jahre vor heute datiert, enthält eine Vielzahl von Fossilien (u. a. Makrophyten, Characeen-Oogonien, Mollusken, Ostracoden). Die Arten charakterisieren ein flaches Gewässer mit einer Wassertiefe von weniger als 4 m und oligo- bis mesotrophem, aber alkalinem Milieu.

Der Verlandungsprozeß erfolgte teilweise über flutende Braunmoose, vor allem *Drepanocladus*- und *Calliergon*-Arten. An den pollenanalytischen Untersuchungspunkten war dieser am Pechsee an der Wende Boreal/Älteres Atlantikum (V/VI), im großen Fercher Kesselmoor im oberen Teil des Jüngeren Atlantikum (VII) und am Barssee im Älteren Subatlantikum (IX) abgeschlossen. Dies belegt die stark topographieabhängige Entwicklung.

Die Periode intensiver Torfbildung wird von einer längeren Phase mit schwächerer oder stagnierender Torfbildung unterbrochen, die im wesentlichen in das Atlantikum fällt.

Seit dem Älteren Subatlantikum ist die Entwicklung von *Sphagnum*-Mooren bei hohen Wasserständen und oligotrophen Standortbedingungen nachweisbar. Die Makrorestanalyse belegt für das große Fercher Kesselmoor einen ständigen Wechsel von Schlenken- und Bultgesellschaften (*Scheuchzeriatalia palustris* und *Oxycocco-Sphagnetea*). Mit zunehmender Entwicklungsdauer ist eine deutliche Nährstoffverarmung nachweisbar.

6. Die aktuelle Erfassung der Flora zeigt die kurzzeitigen Veränderungen in der Artenzusammensetzung. Seit den ersten gründlichen Bestandsaufnahmen (SUKOPP 1959/60, SUKOPP et al. 1970, SUKOPP & BÖCKER 1971) ist für die Grunewaldmoore eine deutliche Zunahme der Gesamtartenzahl zu verzeichnen. Der relative Anteil der gefährdeten Arten nach der Berliner Roten Liste sank dagegen

ab, v. a. an Bars- und Pechsee. Hier wurde von 1989 bis 1992 die Vegetationsentwicklung mittels Dauerbeobachtungsflächen dokumentiert, Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG (1979, 1982) und Frequenzuntersuchungen durchgeführt. Dabei zeigen besonders die auf den Schwingrasen angelegten Dauerbeobachtungsflächen deutlich den Einfluß von Wasser- und Nährstoffhaushalt auf die Vegetationsdynamik.

Die auf dem Schwingrasen bestimmenden Torfmoose reagieren schneller und empfindlicher auf Standortveränderungen als die Gefäßpflanzen. Das dominante Torfmoos bei mesotroph-sauren Standortbedingungen ist *Sphagnum fallax*. Von den Torfmoosen mit größeren Nährstoffansprüchen wird bei höheren Wasserständen *Sphagnum squarrosum* deutlich gegenüber *Sphagnum fimbriatum* begünstigt.

Die Moorbirkenwald-Bestände in den ausgetrockneten Moorsenken an Bars- und Pechsee zeigen nach Entkusselung der z. T. dominanten Späten Traubenkirsche (*Prunus serotina*) eine Förderung des Unterwuchses.

7. Als Folge der anthropogenen Veränderungen des Wasser- und Nährstoffhaushaltes, insbesondere der Grundwasserabsenkungen mit Absenkungen und größerer Dynamik der Moorswasserstände, sind die ehemals nährstoffarmen Kesselmoore bei Ferch und an Bars- und Pechsee stark verändert. Die Standort- und Biotopveränderungen, z. B. Moorsackungen, Aussterben von oligotraphenten Arten und Zunahme von Arten mit höheren Nährstoffansprüchen, sind in

Hydrological and stratigraphical studies on the development of kettle hole mires in Brandenburg

The results of hydrological and stratigraphical studies on the development of kettle hole mires in Brandenburg are presented here. The past and present biotic and abiotic factors of the sites were investigated using various methods such as studies on flora and vegetation, hydrological, hydrochemical, geochemical, geophysical and sedimentological techniques, analysis of macrofossils and microfossils including pollen. The chronology of the processes involved was established by radiocarbon dates and pollen analysis.

den Grunewaldmooren sehr weit fortgeschritten. Aktuell ist aus den geochemischen und -physikalischen Analysen vor allem für die Grunewaldmoore ein oberflächliche Mineralisierung dokumentiert. Der heutige Nährstoffstatus ist nach pH-Wert und C/N-Verhältnis in den Grunewaldmooren als mesotroph-sauer und in dem Fercher Kesselmoor als oligotroph-sauer zu bezeichnen. Die gemessenen volumenbezogenen pflanzenverfügbaren und austauschbaren Nährstoffmengen zeigen für den obersten vererdeten Torf bei Calcium, Kalium und pflanzenverfügbarem Phosphor deutlich höhere Werte als die darunterliegenden schwach zersetzten Torfmoos-Torfe. Allerdings weisen die stärker veränderten Torfe an Bars- und Pechsee doppelt so hohe Nährstoffmengen auf wie die nur schwach vererdeten Torfe des großen Fercher Kesselmoores.

Die seit 1986 am Barssee vorgenommenen Wiedervernässungsmaßnahmen führten nur zu einem kurzfristigen und lokal begrenzten Anstieg der Wasserstände mit bedenklichen trophischen (eutrophierenden) Effekten.

Der Erhalt bzw. die Wiedervernässung der Kesselmoore können nur dann erreicht werden, wenn die negative Beeinflussung des Wasserhaushaltes infolge der anthropogenen Grundwasserabsenkungen zumindest langfristig teilweise rückgängig gemacht werden kann. Eine weitere Degradierung der Moorstandorte kann weiterhin mittelfristig nur durch zielgerichtete und kontrollierte Pflegemaßnahmen verhindert werden. Durch die Wiederherstellung des ursprünglichen Wasserregimes könnte der Pflegeaufwand jedoch deutlich reduziert werden.

The aim of the study was to distinguish the development phases of these mires since the formation of the kettle holes, i.e. stratigraphical records provided information about basin formation and the individual lake and mire stages, lake sediment increments, conditions of mire formation, and stages of succession. Using geochemical and geophysical methods, abiotic factors at the sites were connected with the different stages of development. Present-day habitat changes were recorded, conservation and rewetting measures were documented and evaluated.

1. The mires studied in Berlin's Grunewald forest, belonging to the Barssee and Pechsee nature reserves, and near Ferch (south of Potsdam) are located in similar geomorphological positions in channels of

subglacial origin. They are situated in kettle holes which were formed by melting dead ice at the end of the last glacial. Whereas the Ferch mires are situated directly at the outer margin of the morphologically well-defined Brandenburg advance at the Beelitz outwash plain, the Grunewald mires developed further behind. However, the hydrogeological situation is similar in both areas and hydraulic connections exist between the individual aquifers.

2. Water balances show that man-made lowering of the water table has resulted in a discrepancy between the groundwater table and mire-water level, especially in the Grunewald mires. Because of increased withdrawal of drinking water from the nearby Havel and Fercher Rinne respectively, the water table at both sites has dropped considerably at the mire margins too: about 5 m in the Grunewald and about 1 m at Ferch. So a hydraulic gradient was established between the perched mire-water table and the groundwater level. Hence, for the actual water budget of the mires the decisive factor is the relation between precipitation and evaporation, expressed in the climatic water balance. Extremely dry periods such as the summers of 1989 and 1992 are characterized by a low water table in the mires.

3. The introduction of drinking water via a special irrigation ditch at the Barssee mire brought only short-term regeneration of the water tables, as did heavy precipitation events. In order to restore the original mire vegetation, a balanced groundwater regime - i.e. efflux - is necessary, with the groundwater table higher than that of the mire water. In general, water level fluctuations are lower at Pechsee and in the large kettle hole mire at Ferch than at Barssee.

4. The hydrochemical studies document the present trophic status of the investigated kettle hole mires. Acid and nutrient-poor habitat conditions prevail in the central part of the large kettle hole mire at Ferch. By contrast, the more heavily degraded, smaller Ferch kettle hole mire and the dessicated mire depressions of Barssee and Pechsee are experiencing eutrophication, shown by relatively high calcium, magnesium and ammonium contents and, in the Grunewald lakes, by high chloride and sulphate contents as well.

Analyses of the sites with floating *Sphagnum* mats showed a correlation between nutrient content and vegetation. The highest nutrient content occurred in surface muddy patches and sites with many

Polytrichum commune hummocks; a lower level was recorded at sites dominated by *Sphagnum squarrosum* and *Sphagnum fimbriatum*. The lowest nutrient content was found in areas of *Sphagnum fallax*. Long-term studies of a site with floating vegetation mats at Barssee yielded much higher concentrations of nutrient elements than a *Rhynchospora alba* site at Pechsee, e.g. double the concentrations of calcium and magnesium.

The inflow of drinking water via the irrigation ditch at Barssee has caused the entry of considerable quantities of nutrients into the mire. The bivalent cations of the plant nutrients - much higher quantities of which are present in drinking water than in mire water - are well bound by the peat. Only low quantities of potassium, phosphate and ammonium are present in the drinking water. Especially the relatively large quantities of chloride and sulphate caused by these irrigation measures are problematical. The reduction of sulphates to sulphides and hydrogen sulphide induces peat mineralisation. At the influx point, a mire gauge near the irrigation ditch recorded a clear deterioration in mirewater quality, partially masked by weather influences. The central parts of floating vegetation mats at Barssee and Pechsee continue to be more strongly influenced by weather conditions, i.e. lower concentrations were recorded at high water levels.

5. Stratigraphical studies have shown that different parts of the studied kettle hole mires have reached time-transgressive stages during their development. This is true for the processes during basin genesis, the organic sedimentation by muds, and thus the beginning of the kettle hole mire stage. During this stage, intensive peat formation alternated with phases of stagnation or deterioration in mire development, differing in time and space according to the topographical/hydrological conditions and the overgrown stage already reached. Desiccation and rewetting have thus already occurred under natural conditions. However, pollen analyses show that the final stage, a forest mire, has not yet been reached.

In the kettle hole mires the organogenic sediments attain thicknesses of more than 12 m in the central parts and 3-5 m at the margins. A typical succession from bottom to top comprises lake sands, algae mud, detritus mud, slightly decomposed peat, medium to strongly decomposed peat, slightly decomposed peat and mineralized peat. A good marker - generally found within the algae mud in the investigated region - is the 10-15 mm thick

tephra layer of Lake Laach from about 11,300 years before present.

At the base of the large Ferch kettle hole a Bölling and Alleröd sequence of minerogenic, partially strongly calcareous lacustrine sediments, up to 9 m thick and more, was found. The entire section, comprising only a few hundred years, was radiocarbon-dated to about 13,000 yrs B.P. It contains different fossils (including macrophytes, Characeae oospores, molluscs, ostracods). These species are characteristic of a shallow water body, less than 4 m deep, and an oligo- to mesotrophic but alkaline status.

The process of organic sedimentation partly involved floating brown mosses in the water, mostly *Drepanocladus* and *Calliergon* species. At the sites chosen for pollen analyses this process ends at Pechsee at the turn of the Boreal/Older Atlantic (V/VI), at the large Ferch kettlehole mire in the upper Younger Atlantic (VII), and at Barssee in the Older Subatlantic (IX). This shows the strong influence exerted by the morphology of the basins.

The period of intensive peat formation is interrupted by a phase of weaker or stagnating peat formation, largely occurring during the Atlantic.

From the Older Subatlantic onwards there is clear evidence of the development of *Sphagnum* mires with high water levels and oligotrophic conditions. Macrofossil analysis has shown both hummock and hollow communities (*Oxycocco-Sphagnetia* and *Scheuchzerietalia palustris*). Increasing duration of development is accompanied by a clear decrease in nutrients.

6. Recent records of the flora show short-term changes in species composition. Since the first detailed records (SUKOPP 1959/60, SUKOPP et al. 1970, SUKOPP & BÖCKER 1971) there has been a distinct increase in the total number of species in the Grunewald mires. By contrast, there was a decrease in the percentage of endangered species on Berlin's Rote Liste (list of endangered species), above all at Barssee and Pechsee, i.e. disappearance of plants typical of oligotrophic mires. Between 1989 and 1992, the plant record was documented here by means of permanent monitoring plots, monitoring of ecological indicator values according to ELLENBERG (1979, 1982), and frequency studies. Especially the permanent monitoring plots installed on floating *Sphagnum* mats clearly showed the

short-term influence of water and nutrient balances on vegetation dynamics.

The peat mosses dominating the floating vegetation mats react more quickly and sensitively to changed site conditions than vascular plants do. The dominant peat moss in mesotrophic-acid habitats is *Sphagnum fallax*. Of those peat mosses with higher nutrient demands, *Sphagnum squarrosum* is more frequent at higher water tables than *Sphagnum fimbriatum*.

The occupation by birch trees in the dried-up mire depressions at Barssee and Pechsee shows increased understore herb vegetation development after removal of the partially dominant *Prunus serotina*.

7. As a result of human impact on the water and nutrient balances - especially lowering of ground-water and mirewater tables, with increased dynamics of the latter - considerable changes have occurred in the hitherto nutrient-poor kettlehole mires near Ferch and at Barssee and Pechsee. Site and biotope changes, such as mire subsidence, extinction of oligotrophent species and increasing species with higher nutrient demands, are far advanced in the Grunewald mires. At present, the geochemical and geophysical analyses reveal a surficial mineralization, especially in the case of the Grunewald mires. The present nutrient status of the Grunewald mires is mesotrophic-acid, that of the Ferch kettlehole mire oligotrophic-acid. The volume-related, exchangeable nutrient amounts available to plants contain much more calcium, potassium and plant-available phosphorus at the upper mineralized peat than in the underlying, slightly decomposed *Sphagnum* peats. However, the more strongly mineralized peats at Barssee and Pechsee contain twice as many nutrients as the only slightly mineralized peats of the large Ferch kettlehole mire.

The rewetting measures practised at Barssee since 1986 have produced only a short-term and locally limited rise in water level with serious trophic (eutrophicating) effects.

The preservation and/or rewetting of the kettle hole mires can be achieved only if the negative impact on the water balance as a result of man-made lowering of the water table can be partially reversed, at least in the long term. In the meantime, further degradation of the mire habitats can only be prevented by selective controlled protective measures, the extent of which could be greatly reduced by restoring the original hydrological regime.

11. Literatur

- AHRENS, M. (1991): Chronostratigraphische Bewertung der Schwermetallbelastung von Sedimenten der Unterhavel in Berlin.- Inaug.-Diss. FB 24 FU Berlin; Berlin.
- ASSMANN, P. et al. (1957): Der geologische Aufbau der Gegend von Berlin.- Hrsg.: Senator f. Bau- u. Wohnungswesen; Berlin.
- ATTWELL, B.J., VEERKAMP, M.T., STUIVER, B. u. KUIPER, P.J.C. (1980): The uptake of phosphate by *Carex* species from oligotrophic to eutrophic swamp habitats.- *Physiol. Plant*, 49: 487 - 494.
- AUHAGEN, A., PLATEN, R. u. SUKOPP, H. (1991): Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin. Schwerpunkt Berlin (West).- Schriftenreihe des FB Landschaftsentwicklung TU Berlin, S 6; Senatsverwaltung f. Stadtentwicklung u. Umweltschutz Berlin.
- BARKMANN, J.J., DOING, H. u. SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse.- *Acta Botanica Neerlandica*, 13: 394 - 419.
- BEHRMANN, W. (1949/50): Die Umgebung Berlins nach morphologischen Formengruppen betrachtet.- *Die Erde*, 1: 93 - 122.
- BENKERT, D. (1974): Die Moosflora der Potsdamer Umgebung.- *Gleditschia*, 2: 95 - 149; Berlin.
- BENKERT, D. u. KLEMM, G. (1993): Rote Liste Farn- und Blütenpflanzen.- In: Rote Liste. Gefährdete Farn- und Blütenpflanzen, Algen und Pilze im Land Brandenburg.- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung (Hrsg.); Potsdam.
- BERENDT, G., DULK, L. u. LAUFER, E. (1882): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten. Gradabt. 44, Nr. 40 Blatt Werder; Berlin.
- BERTRAM, R. (1988): Pflanzengesellschaften der Torfstiche nordniedersächsischer Moore und die Abhängigkeit dieser Vegetationseinheiten von der Wasserqualität.- *Diss. Botanicae*, 126: 1 - 192; Berlin, Stuttgart.
- BETHGE, H. (1960): Beiträge zur Kenntnis der Lebewelt norddeutscher Seen. Der Barssee bei Berlin.- *Berichte d. Deutschen Bot. Ges.*, 73: 326 - 338; Stuttgart.
- BLANKENBURG, J. u. KUNTZE, H. (1987): Moorkundlich-hydrologische Voraussetzungen der Wiedervernässung von Hochmooren.- *Telma*, 17: 51 - 58; Hannover.
- BLANKENBURG, J. u. SCHMATZLER, E. (1991): Wiedervernässte Moore in Niedersachsen - Fragebogenaktion.- *Mitteilungen aus der NNA*, 2, 1: 18 - 23; Schneverdingen.
- BLUME, H.-P., BÖCKER, R., KLOOS, R., SUKOPP, H. u. VOGEL, K. (1974): Über Folgen der Grundwasserabsenkung für den Bestand von Berliner Naturschutzgebieten und Vorschläge für deren Erhaltung.- *Berliner Naturschutzblätter*, 18, 54: 81 - 87; Berlin.
- BÖCKER, R., BRANDE, A. u. SUKOPP, H. (1986): Das Postfenn im Berliner Grunewald.- *Abh. Westf. Mus. Naturkunde*, 48: 417 - 432; Münster (Westf.).
- BÖCKER, R., GRENZIUS, R., LINDER, W. u. PLATEN, R. (1989): Anforderungen für ein Monitoring in den Naturschutzgebieten von Berlin (West).- *Natur und Landschaft*, 66, 9: 436 - 438; Stuttgart.
- BÖSE, M. (1979): Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen.- *Berliner Geographische Abhandlungen*, 28; Berlin.
- BÖSE, M., BRANDE, A. u. ROWINSKY, V. (1993): Zur Beckenentwicklung und Paläoökologie eines Kesselmoores am Rande des Beelitzer Sanders.- *Berliner Geographische Arbeiten*, 78: 35 - 53; Berlin.
- BRANDE, A. (1978/79): Die Pollenanalyse im Dienste der landschaftsgeschichtlichen Erforschung Berlins.- *Berliner Naturschutzblätter*, 22, 65: 435 - 443, 23, 69: 469 - 475; Berlin.
- BRANDE, A. (1980): Pollenanalytische Untersuchungen im Spätglazial und frühen Postglazial Berlins.- *Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg*, 115: 21 - 72; Berlin.
- BRANDE, A. (1986): Stratigraphie und Genese Berliner Kleinmoore.- *Telma*, 16: 319 - 321; Hannover.
- BRANDE, A. (1988): Zum Stand der palynologischen Forschung im Berliner Quartär.- *Documenta naturae*, 44: 1 - 7; München.
- BRANDE, A. u. HÜHN, B. (1988): Zur ehemaligen Moorvegetation auf dem Teltow in Berlin (West).- *Verh. Berl. Bot. Ver.*, 6: 13 - 39; Berlin.
- BRANDE, A., HOELZMANN, P. u. KLAWITTER, J. (1990): Genese und Paläoökologie eines brandenburgischen Kesselmoores.- *Telma*, 20: 27 - 54; Hannover.
- BRANDE, A., DEUTSCHBEIN, M. u. ROWINSKY, V. (1991): Paläoökologie und Wiedervernässung in Berliner Kesselmooren.- *Telma*, 21: 35 - 55; Hannover.

- BRANDE, A. (1992): Palynostratigraphy.- In: BÖSE, M., KASPRZAK, L. u. KOZARSKI, S. (Ed.): Excursion Guide: International Symposium - Last Ice Sheet Dynamik und Deglaciation in the North European Plain: 73 - 78; Poznan, Berlin.
- BRASE, S. (1990): Untersuchung zur Carabidenfauna ausgewählter Standorte in den Naturschutzgebieten Barssee und Pechsee - Untersuchungszeitraum 22.05 bis 15.11.1989.- Im Auftrag d. Sen. f. Stadtentw. u. Umweltschutz; Berlin.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie.- 3. Aufl.; Wien.
- BÜTOW, E. (1975): Grundwasserstandsdaten im Stadtgebiet Berlin (West) und ihre Auswertung - Zeitreihenanalyse und Anwendung.- Z. dt. geol. Ges., 126: 317 - 323; Hannover.
- BÜTOW, E. (1976): Zeitreihenanalyse und Simulation von Grundwasserstandsganglinien in Berlin (West) zur Ermittlung der Grundwasserneubildung.- Diss. FU Berlin, FB 24; Berlin.
- CLYMO, R.S. u. HAYWARD, P.M. (1982): The Ecology of Sphagnum.- In: SMITH, H.J.G. (Hrsg.): Bryophyte Ecology: 229 - 289; London, New York.
- DIERSSEN, K. (1983): Ziele und Grenzen des Naturschutzes von Moor-Ökosystemen.- Telma, 13: 223 - 237; Hannover.
- DIERSSEN, K. (1988): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Schleswig-Holsteins.- Schriftenreihe Landesamt Naturschutz u. Landschaftspflege Schleswig Holstein, 6: 1 - 157; Kiel.
- EGGELSMANN, R. (1981): Ökohydrologische Aspekte von anthropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands.- Univ. Naturwiss. Fak., Diss.; Bremen.
- EGGELSMANN, R. (1984): Über Grundwasserzufluß und Abfluß-Retention von Hochmooren.- Telma, 14: 41 - 55; Hannover.
- EGGELSMANN, R. (1989): Wiedervernässung und Regeneration von Niedermoor.- Telma, 19: 21 - 41; Hannover.
- EGGELSMANN, R. (1990): Moor und Wasser.- In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde.- 3. Aufl.; Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- 2. Aufl.- Scripta Geobotanica, 9: 1 - 122; Göttingen.
- ELLENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.- 3. Aufl.; Stuttgart.
- ELLENBERG, H. et al. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- 3. Aufl.- Scripta Geobotanica, 18: 1 - 248; Göttingen.
- ERD, K. (1973 unveröff.): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung der WWD-Bohrung Ferch 49/71 und 16/72.
- FEIGE, W. (1977): Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen in organischen Böden.- Geol. Jb., F4: 175 - 201; Hannover.
- FRANZ, H.-J. (1961): Morphogenese der Glaziallandschaft südlich von Potsdam.- Geographische Berichte, 20/21, 3/4: 214 - 231; Berlin.
- FRANZ, H.-J. (1962): Morphogenese der Jungmoränenlandschaft des westlichen Brandenburger Stadiums. Teil 1: Die Eisrandlagen. Teil 2: Die Schmelzwasserabflüsse und die durch sie geschaffenen Ablagerungen und Formen.- Wissenschaftl. Zeitschr. der Pädagog. Hochschule Potsdam, 7, 1/2: 29 - 48 u. 49 - 60; Potsdam.
- GEWÄSSERKUNDLICHER JAHRESBERICHT des Landes Berlin (1987): Abflußjahr 1984.- Sen. f. Stadtentw. u. Umweltschutz; Berlin.
- GRAEBNER, P. (1907): Die Flora des Grunewalds.- Naturwiss. Wschr. N.F., 6: 359 - 362.
- GRAEBNER, P. (1910): Die Gefährdung der Flora der Grunewaldmoore.- Mitt. Brandenburg. Provinzialkommission f. Naturdenkmalpflege, 4: 89 - 94.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1990): Ablagerungen der Moore.- In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde.- 3. Aufl.; Stuttgart.
- HAGEDORN, H. u. HÖVERMANN, J. (1962): Natürliche Grundlagen.- In: Dt. Planungsatlas, Bd. IX, Atlas von Berlin. Hrsg: Akademie für Raumforschung und Landesplanung und Prof. Dr. W. BEHRMANN als Beauftragter des Senats von Berlin.- Hannover.
- HAUDE, W. (1954): Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration.- Mitt. d. D.W.D., 11: 1 - 24; Offenbach.
- HAUDE, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise.- Mitt. d. Deutschen Wetterdienstes, 11: 3 - 25; Offenbach.
- HELLWIG, D., LIPPSTREU, L., ZIERMANN, H. u. ZWIRNER, R. (1975): Beziehungen zwischen rezenter Morphologie und größeren Tiefenlagen weichselkaltzeitlicher Ablagerungen im Randbereich des Brandenburger Stadiums.- Wiss. Zeitschr. d. Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald, XXIV Math.-naturwiss. Reihe, 3/4: 189 - 197.
- HILDMANN, C. u. HASCH, B. (1991): Erfassung der Amphibienmigration des Naturschutzgebietes Barssee zur Ermittlung der Populationsdynamik - Frühjahr 1991 - Fortschreibung der seit 1980 durchgeführten Untersuchungen.- Gutachten im Auftr. d. Senatsverw. f. Stadtentw. u. Umweltschutz Abt. III; Berlin.
- HÖLL, K. (1928): Ökologie der Peridineen.- Pflanzenforschung (Hrsg. KOLKWITZ), 11; Jena.
- HÖLTING, B. (1989): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie.- 3. Aufl.; Stuttgart.
- HUECK, K. (1925): Vegetationsstudien auf brandenburgischen Hochmooren.- Beitr. z. Naturdenkmalpflege, 10: 311 - 408.

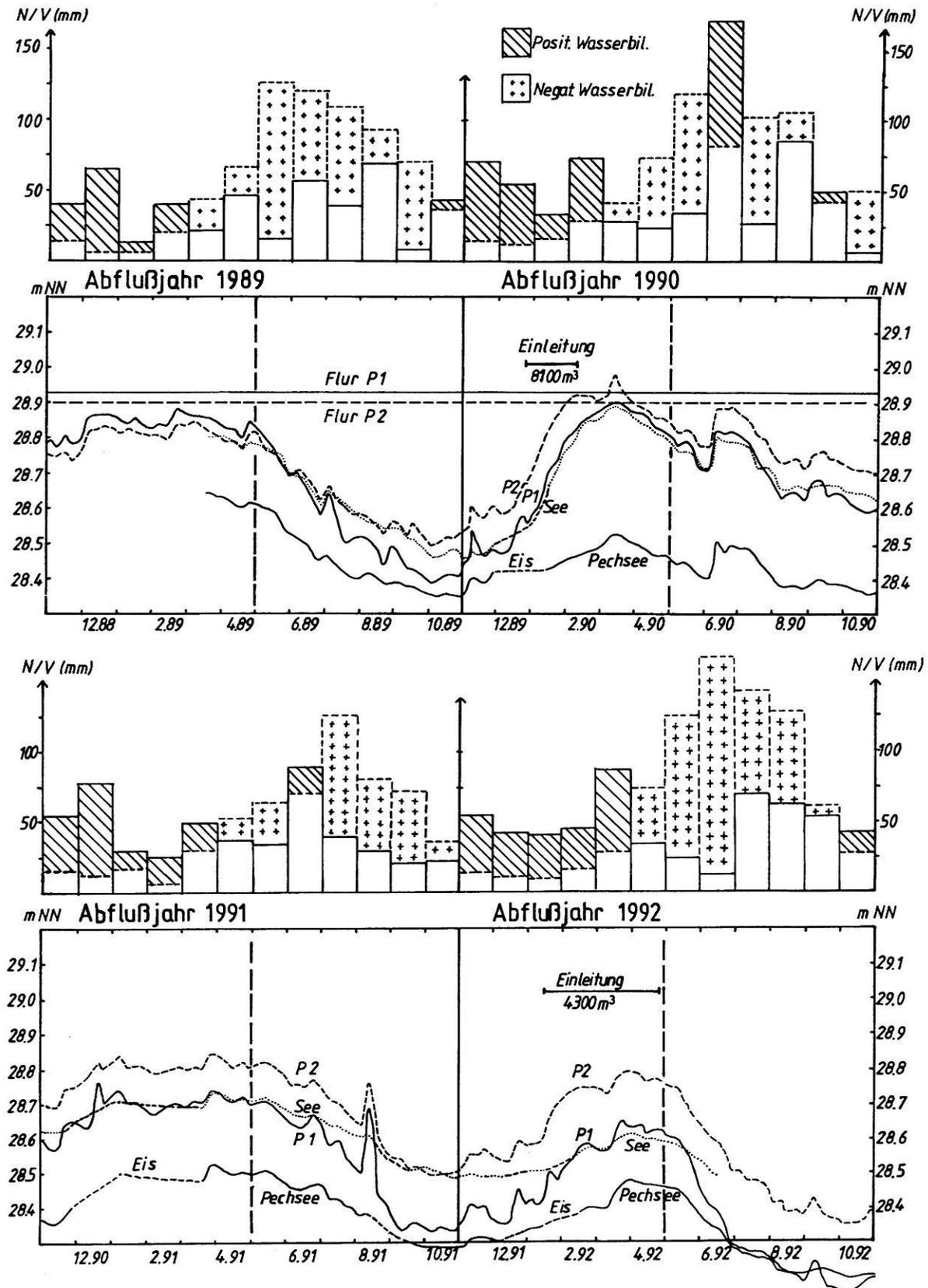
- HUECK, K. (1938): Die Vegetation der Grunewaldmoore. Arbeiten aus der Berliner Provinzstelle für Naturschutz, 1: 1 - 42; Berlin.
- KEILHACK, K. (1910): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten.- Hrsg.: Kgl. Preuß. Geol. L.-A., Lfg. 20, Blatt Teltow.- 2. Aufl.; Berlin.
- KEILHACK, K. (1912): Grundwasserstudien. IV. Über die Ursache der Spiegelsenkungen der westlichen Grunewaldseen bei Berlin und Vorschläge zur Abhilfe.- Zeitschr. f. praktische Geologie, 20, 3: 112 - 118; Berlin.
- KELM, P. (1988): Böden im NSG Barssee - Geologische Entwicklung - Bodenklassifizierung, Bodenverbreitung, Bodeneigenschaften und Genese der Böden.- Diplomkartierung am FB Geowissenschaften der FU Berlin; Berlin.
- KLOOS, R. (1986): Das Grundwasser in Berlin. Bedeutung, Probleme, Sanierungskonzeptionen.- Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresber. d. Landes Berlin (Hrsg.: Sen. Stadt. Um.); Berlin.
- KNISPEN, H. (1978 unveröff.): Ergebnisbericht mit Vorratsnachweis; Berlin.
- KNISPEN, H. (1985 unveröff.): Grundwasseruntersuchungen mit Vorratsnachweis; Berlin.
- KNISPEN, H. u. KALATZ, R. (1973 unveröff.): Ergebnisbericht mit Vorratsnachweis; Berlin.
- KNISPEN, H. u. NILLERT, N. (1986 unveröff.): Hydrogeologischer Bericht - Bewirtschaftungsuntersuchungen; Nordhausen.
- KÖHLER, D. (1979 unveröff.): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung I. Bohrung Ferch 3/72 und Ferch 88/72.
- KÖHLER, D. (1980): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung der Bohrung Ferch 11/72, 79/72, 80/72.
- KÖHNE, W. (1954): Gutachten zur Frage der Wasserversorgung von Westberlin, Teil I u. II.
- KORNECK, D. u. SUKOPP, H. (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz.- Schr.reihe f. Vegetationskunde, 19: 1 - 210; Bonn, Bad Godesberg.
- KOWARIK, I. u. SEIDLING, W. (1989): Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG - Zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode.- Landschaft und Stadt, 21, 4: 132 - 143; Stuttgart.
- KUNDENREICH-WOLF, U. (1980): Diatomeen im NG Pechsee in Berlin-Grunewald - Bestandsaufnahme und Versuch einer ökologischen Auswertung.- Wissenschaftl. Hausarb. im Rahmen d. Ersten Staatsprüfung f. d. Amt d. Studienrates im Fach Biol., FU Berlin; Berlin.
- KUNTZE, H. u. EGGELSMANN, R. (1981): Zur Schützfähigkeit nordwestdeutscher Moore.- Telma, 11: 197 - 212; Hannover.
- LINDER, W. u. SCHACHT, N. (1990/91): Monitoring der Naturschutzgebiete von Berlin (West).- Zwischenbericht 1990/91, Teil Flora.- Senatsverwaltung f. Stadtentwicklung u. Umweltschutz Berlin.
- LINDER, W. u. SCHACHT, N. (1991/92): Monitoring der Naturschutzgebiete von Berlin (West).- Zwischenbericht 1991/92, Teil Dauerflächen.- Senatsverwaltung f. Stadtentwicklung u. Umweltschutz Berlin.
- LINSE, A. u. HORBERT, M. (1992): Ballungsraumnahe Waldökosysteme.- Zwischenbericht Juni 1992: 1 - 11.- Senatsverwaltung f. Stadtentwicklung u. Umweltschutz Berlin.
- LÜTTIG, G. (1989): Kommentar zur Frage der Baggersee-Verdunstung; Erlangen.
- MENKE, B. (1987): Geobotanische und geochemische Untersuchungen an einem Torfprofil zur Frage natürlicher und anthropogener Elementverfrachtungen.- Geol. Jb. Reihe A, 95: 3 - 102; Hannover.
- MERKT, J. u. STREIF, H.-J. (1970): Stechrohr-Bohrgeräte für limnische und marine Lockersedimente.- Geol. Jb., 88: 137 - 148.
- MÜLLER, K. (1973): Ökologische und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an Niedermoorpflanzen-Standorten des ombrotrophen Moores unter besonderer Berücksichtigung seiner Kolke und Seen in NW-Deutschland.- Beitr. Biol. Pflanzen, 49: 147 - 235; Berlin.
- MÜLLER, K. 1980: Versuche zur Regeneration von Hochmooren.- Telma, 10: 197 - 204; Hannover.
- MÜLLER-STOLL, W. R. u. GRUHL, K. (1959): Das Moosfenn bei Potsdam. Vegetationsmonographie eines märkischen Naturschutzgebietes.- Wiss. Zeitschr. PH Potsd., Math.-Nat. R. 4/2: 151 - 180; Potsdam.
- MÜLLER-STOLL, W.R. u. NEUBAUER, U. (1965): Die Pflanzengesellschaften auf Grundwasserstandorten im Gebiet der Fercher Berge bei Potsdam.- Wiss. Zeitschr. PH Potsd., Math.-Nat. R., 9: 313 - 367; Potsdam.
- MÜLLER-STOLL, W.R. u. NEUBAUER, U. (1987/88): Grundwasserbeeinflusste Standorte im Bereich des Stauchmoränenkomplexes "Fercher Berge" (Bez. Potsdam, DDR). I. Seen, Fenne und Tümpel. II. Bruchwälder und Moore.- Archiv f. Naturschutz u. Landschaftsforsch. 27, 2: 89 - 106, 28, 1: 21 - 41; Berlin.
- NAUKE, W. (1990): Chemie von Moor und Torf.- In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde.- 3. Aufl.; Stuttgart.
- NÖTHLICH, F. (1936): Hydrographisch-hydrologische Untersuchungen im Grunewald.- Veröff. d. Inst. f. Meereskunde A. Geograph.-naturwissenschaftl. Reihe, 30: 1 - 168; Berlin.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-ökologische Moorkunde unter besonderer Berücksichtigung

- der Moore Nordwestdeutschlands als Quellen zur Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte; Neumünster.
- PACHUR, H.-J. u. RÖPER, H.-P. (1987): Zur Paläolimnologie Berliner Seen.- Berl. Geogr. Abhandl., 44: 1 - 150; Berlin.
- PACHUR, H.-J. u. SCHULZ, G. (1983): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 der Bundesrepublik Deutschland.- GMK 25 Blatt 13, 3545 Berlin-Zehlendorf; Berlin.
- PELZ, J. (1987): Statistische Untersuchungen der Messungen an den Klimastationen in Berlin-Dahlem.- Meteorolog. Abhandl. Neue Folge Ser. A Monographien 4, 3: 1 - 50; Berlin.
- PFADENHAUER, J. (1986): Konzept zur Moornaturierung im Süddeutschen Alpenvorland: Ziele, Verfahrensweisen, offene Fragen.- Telma, 16: 269 - 278; Hannover.
- PFADENHAUER, J. u. ESKA, U. (1986): Untersuchungen zum Nährstoffhaushalt eines Schneidried-Bestandes (*Cladietum marisci*).- Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, 87: 309 - 327; Zürich.
- PFADENHAUER, J. u. TWENHÖVEN, F.L. (1986): Nährstoffökologie von *Molinia caerulea* und *Carex acutiformis* auf baumfreien Niedermooren des Alpenvorlandes.- Flora, 178: 157 - 166; Jena.
- PIETSCH, W. (1976): Vegetationsentwicklung und wasserchemische Faktoren in Moorgewässern verschiedener Naturschutzgebiete der DDR.- Arch. f. Naturschutz u. Landschaftsforsch. 16, 1: 1 - 43; Berlin.
- PLATEN, R. (1989): Struktur der Spinnen- und Laufkäferfauna (Arach.: Araneida, Col.: Carabidae) anthropogen beeinflusster Moorstandorte in Berlin (West); taxonomische, räumliche und zeitliche Aspekte.- Diss. TU Berlin FB 14; Berlin.
- PLATEN, R. (1990): Renaturierungsversuch an einem Moor- und Feuchtgebiet im Spandauer Forst (Berlin) - Ökologische Auswirkungen der Grundwasseranreicherungsmaßnahmen von Wasserwerken am Beispiel des Feuchtgebietes im Spandauer Forst.- Umweltbundesamt, 6/91: 1 - 313; Berlin.
- POTONIE, H. (1908/11/12): Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten.- Abh. Preuß. Geol. Landesanst. N.F., 55.- 1. Bd. 1908, 2. Bd. 1911, 3. Bd. 1912.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands; Stuttgart.
- PRECKER, A. u. KNAPP, H.D. (1990): Das Teufelsmoor bei Horst, Kr. Rostock - landeskulturelle Nachnutzung eines industriell abgetorften Regenmoores.- Gleditschia, 18, 2: 309 - 369; Berlin.
- RÖDEL, D. (1986): Wiedervernässung der Moore "Großer Rohrfuhl" und "Teufelsbruch" in Berlin-Spandau.- Telma, 16: 279 - 289; Hannover.
- RÖDER, W. (1989): Der extrem milde Winter 1988/89 und die Folgewitterung.- Beil. zur Berliner Wetterkarte SO, 89, 7; Berlin.
- ROWINSKY, V. (1992): Dokumentation und Auswertung vegetationskundlicher Untersuchungen - NSG Bars- und Pechsee.- Gutachten im Auftr. d. Sen. f. Stadtentw. u. Umweltsch. Abt. III - Landesbeauftragter f. Naturschutz u. Landschaftspflege; Berlin.
- ROWINSKY, V. u. DEUTSCHBEIN, M. (1991): Untersuchungen zur Erhaltung und Regenerierung der Gewässer- und Moorschutzgebiete Bars- und Pechsee im westlichen Grunewald.- Berlin-Forschung, 10. Ausschreibung, Abschlußbericht. FU Berlin; Berlin.
- RUX, K.-D. u. LEUKERT, C. (1989): Kartierung der epiphytischen Flechten im Grunewald - Übersicht über das Vorkommen der epiphytischen und epigäischen Sippen im Untersuchungsgebiet.- Im Auftr. d. Sen. f. Stadtentw. u. Umweltschutz Abt. III; Berlin.
- SCHIEFFER, B. (1977): Stickstoff- und Phosphorverlagerung in nordwestdeutschen Niederungsböden und Gewässerbelastung.- Geol. Jb. F4, 203 - 243; Hannover.
- SCHIEFFER, F. u. SCHACHTSCHABEL, P. (1989): Lehrbuch der Bodenkunde.- 12. Aufl.; Stuttgart.
- SCHLAAK, P. (1972): Mittlere und extreme Niederschlagsverhältnisse in Berlin.- Beilage zur Berliner Wetterkarte SO, 72, 2: 1 - 24; Berlin.
- SCHMEIDL, H. (1973): Ein Beitrag zur Verdunstung eines unberührten Hochmoores im Voralpenraum.- Telma, 3: 147 - 161; Hannover.
- SCHMEIDL, H. (1975): Beitrag zur Verdunstung einer Grünlandfläche auf kultiviertem Hochmoor im Alpenvorland.- Telma, 5: 117 - 136; Hannover.
- SCHMIDT, E. (1972): Das Naturschutzgebiet Teufelsbruch in Berlin-Spandau. IX. Die Odontofauna des Teufelsbruches und anderer Berliner Moore.- Sitzungsber. d. Gesellsch. Naturforsch. Freunde zu Berlin, 12: 106 - 131; Berlin.
- SCHMIDT, E. (1975): Zur Veränderung der Libellenfauna einiger Berliner Moore in den letzten fünf Jahren.- Berl. Naturschutzblätter, 56: 155 - 158; Berlin.
- SCHOLZ, E. (1972): Geomorphologische Übersichtskarte der Bezirke Potsdam, Frankfurt/Oder und Cottbus.- 1 : 500.000.- In: KRAMM, H.J. (Hrsg.): Der Bezirk Potsdam - Geographische Exkursionen; Gotha/Leipzig.
- SCHOLZ, K. (1980): Diatomeen im Naturschutzgebiet Barssee in Berlin-Grunewald. Bestandsaufnahme und Versuch einer ökologischen Analyse.- Wissenschaftl. Hausarbeit im Rahmen d. Ersten

- Staatsprüfung f. das Amt des Studienrats im Fach Biol. Berlin; Berlin.
- SCHOPPE, J. (1985): Beitrag und Auswertung vegetationskundlicher Untersuchungen am NG Pechsee.- Diplomarbeit TU Berlin FB 14; Berlin.
- SCHWEIKLE, V. (1990): Physik des Torfes und der Moorböden.- In: GÖTTLICH, K. (Hrsg): Moor- und Torfkunde.- 3. Aufl.; Stuttgart.
- SCHWOERBEL (1984): Einführung in die Limnologie.- 5. Aufl.; Stuttgart.
- SEIDEL, K. (1985): Beitrag zu einem Naturschutzmonitoring in Berlin (West) - Fortschreibung und Auswertung vegetationskundlicher Untersuchungen am Barssee.- Diplomarbeit TU Berlin FB 14; Berlin.
- SEIFERT, G. (1980 unveröff.): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung der Bohrung Ferch-Lienewitz 1/76.
- SIEBERT, G. (1958): Hydrogeologische Situation des südlichen Grunewaldes.- Manuskript unveröff..
- SOMMER-VON JARMERSTED, C. (1992): Hydraulische und hydrochemische Aspekte der Uferfiltration an der Unterhavel in Berlin.- Inaug.-Diss. FB 24 der FU Berlin; Berlin.
- SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde; Jena.
- SUCCOW, M. u. JESCHKE, L. (1986): Moore in der Landschaft; Jena, Berlin.
- SUKOPP, H. (1959/60): Vergleichende Untersuchungen der Vegetation Berliner Moore unter besonderer Berücksichtigung der anthropogenen Veränderungen (2 Teile).- Botanische Jahrbücher, 79, 1/2: 36 - 191; Stuttgart.
- SUKOPP, H. (1961): Berliner Moore (Teile I und II).- Berliner Naturschutzblätter, 5, 13: 264 - 267 u. 14: 287 - 291; Berlin.
- SUKOPP, H. (1981): Grundwasserabsenkung - Ursachen und Folgen auf Natur und Landschaft Berlins.- Wasser Berlin 1981, Bd. 1. Die technisch-wissenschaftlichen Vorträge auf dem Kongreß Wasser 1981: 239 - 272; Berlin.
- SUKOPP, H. et al. (1970): Das Naturschutzgebiet Pechsee. Vorläufige Fassung. Wissenschaftl. Grundlagenunters. in Berliner Naturschutzgebieten.- Gutachten im Auftr. des Sen. f. Bau- u. Wohnungswesen; Berlin.
- SUKOPP, H. u. BÖCKER, R. (1971): Das Naturschutzgebiet Barssee mit der Saubucht. Wissenschaftl. Grundlagenunters. in Berliner Natur- u. Landschaftsschutzgebieten.- Gutachten im Auftr. des Sen. f. Bau- u. Wohnungswesen; Berlin.
- SUKOPP, H. u. KÖSTER, H.-G. (1973): Über den Stand der Forschung in den Berliner Naturschutzgebieten.- Berliner Naturschutzblätter 15, 49: 623 - 637; Berlin.
- SUKOPP, I. u. SUKOPP, H. 1978: Vegetationsveränderungen in Berliner Naturschutzgebieten.- Phytocoenosis 7, 1/2/3/4: 299 - 315.
- THERBURG, A. u. RUTHSATZ, B. (1989): Zum Nährstoffhaushalt von Schnabel- und Blasensegenrieden und seiner Aussagekraft für den Trophiegrad von Feuchtstandorten in der Eifel.- Beitr. Landespflege Rheinland-Pfalz, 12: 49 - 76; Oppenheim.
- TGL 24300/04 (1986): Standortaufnahme von Böden - Moorstandorte.
- UHLIG, S. (1954): Berechnung der Verdunstung aus klimatologischen Daten.- Mittlg. d. Deutschen Wetterdienstes, 6: 1 - 24; Offenbach.
- VEERKAMP, M.T. u. KUIPER, P.J.C. (1982a): The uptake of potassium by *Carex* species from swamp habitats varying from oligotrophic to eutrophic.- *Physiol. Plant.*, 55: 237 - 241; Copenhagen.
- VEERKAMP, M.T. u. KUIPER, P.J.C. (1982b): The effect of potassium on growth of *Carex* species from swamp habitats varying from oligotrophic to eutrophic and comparison of physiological reactions of *Carex* species to P stress and K stress.- *Physiol. Plant.* 55: 242 - 246; Copenhagen.
- WARNKE-GRÜTTNER, R. (1990): Ökologische Untersuchungen zum Nährstoff- und Wasserhaushalt in Niedermooren des westlichen Bodenseegebiets.- *Diss. Botanicae*, 148: 1 - 214; Berlin, Stuttgart.
- WEDDIGEN, U. (1977): Vergleichende ökologische Untersuchung der Algenflora zweier Berl. Naturschutzgebiete (Barssee und Pechsee) unter besonderer Berücksichtigung der *Conjugatophyceae*. Wissenschaftl. Hausarbeit im Rahmen d. Ersten Staatsprüfung f. das Amt d. Studienrats im Fach Biol. FU Berlin; Berlin.
- WEDDIGEN, U. u. GEISLER, U. 1980: Vergleichende Untersuchungen zur Algenflora zweier Berliner Naturschutzgebiete (Pech- und Barssee) mit besonderer Berücksichtigung der *Desmidiaceae*.- *Nova Hedwigia*, 33: 95 - 144.
- WEISSE, R. (1977a): Struktur und Morphologie von Kames und Endmoränen in den mittleren Bezirken der Deutschen Demokratischen Republik.- *Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd.*, 27: 29 - 45; Berlin, Stuttgart.
- WEISSE, R. (1977b): Das Kamesgebiet von Caputh bei Potsdam.- *Pädagogische Hochschule "Karl Liebknecht" Potsdam.- Wissenschaftl. Zeitschr.*, 21, 3: 445 - 450; Potsdam.
- WEISSE, R. (1982a): Bau und Genese lagerungsgestörter Grundmoränenplatten bei Potsdam.- *Z. geol. Wiss.*, 10, 6: 759 - 770; Berlin.
- WEISSE, R. (1982b): Verallgemeinerte Ergebnisse zum inneren und äußeren Bau von Grundmoränenplatten im Potsdamer Raum.- *Petermanns Geograph. Mitteilungen*, 82, 2: 103 - 111, Gotha.
- WEISSE, R. (1985): Glaziale und periglaziale Strukturen der Grundmoränen bei Potsdam.-

- Pädagog. Hochschule "Karl Liebknecht" Potsdam, 29, 3: 403 - 416; Potsdam.
- WEISSE, R. (1987a): Die glazialgenetischen Einheiten westlich von Potsdam.- Z. geol. Wiss., 15, 3: 337 - 353; Berlin.
- WEISSE, R. (1987b): Die glaziale Entstehung von Kleinsenken.- Petermanns Geograph. Mitteilungen, 87, 2: 103 - 112, Gotha.
- WESCHE, J. (1970): Weitere Ergebnisse aus Bodenwasserhaushalts-Messungen in der Dahlemer Lysimeteranlage.- Zeitschr. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 11: 229 - 248; Berlin.
- WILKAITIS, V. (1925): Beiträge zur Kenntnis der Desmidiaceenflora der Mark Brandenburg. Diss.; Berlin.
- WOLKEWITZ, H. (1981): Wasserhaushaltsuntersuchungen am Pechsee im Grunewald.- Mitteiln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 31, 1: 343 - 348; Göttingen.
- ZIERMANN, H. (1972 unveröff.): Bericht über geschiebeanalytische Untersuchungen zur Stratifizierung der quartären Schichtenfolge im WWD-Objekt Ferch 1970/71.
- ZIERMANN, H. (1973 unveröff.): Bericht über geschiebeanalytische Untersuchungen zur Stratifizierung der quartären Schichtenfolge im Hydro-Objekt Ferch 1972.
- ZIMMERLI, S. (1988): Vegetation und Standort von Schwingrasen in der Schweiz.- Veröff. d. Geobot. Inst. d. ETH, Stiftung Rübel, 102: 1 - 105; Zürich.

Moor- und Seepegel Bars- und Pechsee (Barssee: P1, P2 und See, Pechsee: See, eingeleitetes Trinkwasser am Barssee; Abflußjahre 1989 - 92)



Barssee (Pegel B2c, Lage s. Abb. 2)

Probenentnahme	01.90	02.90	03.90	2.5.90	30.5.90	03.91	04.91	05.91	06.91	07.91	08.91	09.91	10.91	11.91	12.91	01.92
pH-Wert	5,44	5,54	5,86	5,57	5,63	5,59	6,04	6,38	5,78	5,56	5,5	6,54	7,02	6,2	5,26	6,41
E.Leitf.(µS/cm)	166	528	394	303	245	452	449	435	255	223	188	176	165	245	-	377
Ca (mg/l)	9,38	47	29	21	18	-	34,8	34,2	17,4	12,9	11,8	9	11,4	15,5	6,9	57
Mg (mg/l)	3,12	12,8	9,2	7,1	6,2	35,2	8,61	8,82	4,71	8,4	2,26	1,65	<0,5	8,4	4,52	6,62
K (mg/l)	6,49	11,2	9,2	8,4	9,1	25,3	22,7	21,5	12,1	<8,0	<8,0	14,7	8,53	<8,0	9,79	11,8
NH4-N (mg/l)	4,73	7,2	13	7,2	6,4	5,94	6,19	5,49	5,31	4,66	4,61	4,61	4,57	4,73	4,95	3,74
NO3-N (mg/l)	0,06	-	-	-	-	0,97	0,682	0,622	0,524	0,472	0,511	0,393	0,354	2,17	0,564	0,77
PO4-P (mg/l)	0,158	0,1	0,13	-	-	0,112*	0,163	0,111	0,16	0,088	0,143	0,135	0,148	0,241	0,122	0,028
SO4 (mg/l)	25,82	163	158	-	-	113	104	97,4	<40	<40	<40	<40	<40	43,7	<40	94,1
Cl (mg/l)	14,26	38	28	23	22	41,5	46,1	39,9	24,8	22,8	21	17,5	21,5	24,2	20,7	32,6

Probenentnahme	02.92	03.92	04.92	06.92	07.92	08.92	09.92	10.92	11.92	12.92	01.93	02.93	03.93	04.93	05.93	Mittel
pH-Wert	5,1	6,66	4,91	7,12	7,57	7,26	-	-	-	5,55	5,56	5,45	5,5	5,71	5,11	5,92
E.Leitf.(µS/cm)	429	527	668	183	158	141	147	155	176	236	410	655	629	639	208	332
Ca (mg/l)	36,3	47,3	58,8	8,85	<3,0	6	5,4	6,9	9,45	<3,0	32,2	69,9	55,4	59,1	13,4	24,29
Mg (mg/l)	8,61	10,9	15,6	2,56	1,81	3,78	1,45	3,15	7,35	4,83	14,8	19,8	17,3	20,5	4,85	8,56
K (mg/l)	13,5	20,1	26,4	<8,0	32,4	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	11,5	9,88	<8,0	<8,0	16,6	<8,0	12,2
NH4-N (mg/l)	3,62	4,28	1,46	4,48	4,41	4,48	4,23	4,28	2,18	3,83	4,37	3,94	4,19	4,59	4,52	4,909
NO3-N (mg/l)	0,551	0,367	0,498	0,485	0,59	0,551	0,328	0,367	0,262	0,97	0,616	0,747	0,498	0,433	0,393	0,603
PO4-P (mg/l)	0,099	0,075	0,059	0,129	0,147	0,155	0,124	0,148	0,031	<0,01	<0,01	0,033	0,047	0,044	0,117	0,11
SO4 (mg/l)	108	148	177	<40	<40	<40	<40	<40	<40	43,1	105	192	177	184	<40	-
Cl (mg/l)	39,1	46,5	54,9	22,9	32,1	17,4	16	18,4	19,8	21,1	37,1	60,8	56,1	60,7	24	31,1

Pegel 1 (Kleines Moor Alte Dorfstelle)

Probenentnah	07.91	09.91	11.91	01.92	03.92	06.92	09.92	11.92	02.93	03.93	05.93	06.93
pH-Wert	4,48	5,52	5,47	5,31	6,3	6,01	-	4,1	4,3	4,68	4,18	4,26
El.Leitf. $\mu\text{S}/\text{c}$	184	126	201	298	266	218	198	333	185	176	205	208
Ca mg/l	11,2	11,7	15,7	22,4	19,5	13,2	15,6	26,7	11,8	13,4	17,4	16,8
Mg mg/l	1,97	5,36	4	11,8	7,04	1,85	4,41	10,1	4,62	3,36	3,68	3,46
K mg/l	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0
NH ₄ -N mg/l	6,75	6,14	5,81	3,19	4	9,11	5,49	1,85	1,62	1,77	3,2	2,05
NO ₃ -N mg/l	0,96	0,711	2,53	14,47	8,92	0,6	0,399	13,2	1,06	1,5	0,83	3,45
PO ₄ -P mg/l	<0,03	0,091	0,153	0,021	0,067	Spuren	0,099	<0,03	0,057	0,21	0,108	0,082
SO ₄ mg/l	<40	<40	48,7	59,8	51	Spuren	48,3	67,3	<40	<40	41,5	<40
Cl mg/l	6,93	9,24	8,36	6,27	11,4	49	7,81	4,59	6,27	7,26	11,2	6,93

Pegel 2 (Großes Moor Alte Dorfstelle, Moorzentrum)

Probenentnah	07.91	09.91	11.91	01.92	01.03.	06.92	09.92	11.92	02.93	03.93	05.93	06.93
pH-Wert	4,13	5,01	4,44	4,57	5,42	5,9	-	3,7	4,1	4,18	4,01	4,23
El.Leitf. $\mu\text{S}/\text{c}$	71	73	122	148	107	64	80	161	115	96	68	78
Ca mg/l	7,35	5,55	6,9	3,6	6,6	6	Spuren	5,25	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Mg mg/l	0,848	0,969	1,37	0,929	0,969	<0,5	1,17	2,13	1,23	1,21	<0,5	4,83
K mg/l	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0
NH ₄ -N mg/l	1,29	2,39	1,31	0,882	0,459	1,6	1,35	1,31	0,562	0,582	1,35	0,506
NO ₃ -N mg/l	2,21	1,12	0,82	0,827	0,65	0,68	0,158	0,59	0,29	1,02	0,74	1,08
PO ₄ -P mg/l	0,054	0,111	0,037	<0,03	0,034	0,041	0,036	<0,03	<0,03	<0,03	0,059	0,344
SO ₄ mg/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Cl mg/l	13	10,6	9,9	10,2	9,46	6,49	11,3	6,6	6,49	9,9	13	9,79

Pegel 3 (Großes Moor Alte Dorfstelle, Östlicher Moorrang)

Probenentnah	07.91	09.91	11.91	01.92	03.92	06.92	09.92	11.92	02.93	03.93	05.93	06.93
pH-Wert	4,63	5,32	4,84	4,54	5,16	5,8	-	5,2	4,55	4,47	4,37	4,6
El.Leitf. $\mu\text{S}/\text{c}$	151	108	101	250	234	183	105	122	251	284	257	264
Ca mg/l	15,4	8,85	7,35	14,1	13,1	12,4	Spuren	6,6	13,7	14	15	15,4
Mg mg/l	3,28	5,35	0,988	9,87	6,2	2,15	Spuren	1,68	6,2	9,45	4,81	7,35
K mg/l	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	<8,0	17,7	<8,0	<8,0
NH ₄ -N mg/l	0,664	6,03	1,51	8,78	7,36	8,55	5,13	5,38	8,01	11	11,8	9,99
NO ₃ -N mg/l	0,826	0,81	0,776	3,064	4,05	0,6	0,16	0,53	1,97	0,92	0,68	1,39
PO ₄ -P mg/l	0,051	0,121	0,096	0,051	0,047	0,041	0,064	0,099	0,055	0,036	<0,03	<0,03
SO ₄ mg/l	<40	<40	<40	46,8	53	Spuren	<40	<40	53,9	69,8	63,8	63,8
Cl mg/l	11,4	15,3	10,8	10,9	7,04	9,02	9,86	8,58	7,81	11	10,8	12,4

Oberflächenwasser (Großes Moor Alte Dorfstelle, Moorzentrum)

Probenentnah	07.91	09.91	11.91	01.92	03.92	06.92	09.92	11.92	02.93	03.93	05.93	06.93
pH-Wert	-	-	-	-	5,11	-	-	-	-	4,63	-	-
El.Leitf. $\mu\text{S}/\text{c}$	-	-	-	-	48	-	-	-	-	34	-	-
Ca mg/l	-	-	-	-	5,1	-	-	-	-	<3,0	-	-
Mg mg/l	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	3,15	-	-
K mg/l	-	-	-	-	<8,0	-	-	-	-	<8,0	-	-
NH ₄ -N mg/l	-	-	-	-	0,183	-	-	-	-	0,058	-	-
NO ₃ -N mg/l	-	-	-	-	0,45	-	-	-	-	0,393	-	-
PO ₄ -P mg/l	-	-	-	-	<0,03	-	-	-	-	<0,03	-	-
SO ₄ mg/l	-	-	-	-	<40	-	-	-	-	<40	-	-
Cl mg/l	-	-	-	-	5,94	-	-	-	-	4,95	-	-

Tiefe cm	Chron FIRB	PH-Wert H ₂ O CaCl ₂	Leitf. µS/cm	Waa Glüh %	CaC O ₃	C %	N %	Ne %	S %	Ca (%)			Mg (%)			K (mg/kg)			P (%)			Fe (%)	Mn (%)	Fe: Mn	Al (%)	Pb	Cr	Ni	B	Cu	Zn	KAK S-V-Wert mval/100 %					
										1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																
0-15	X	4,2	3,3	63	95	94,7	0,8	47	1,2	2,5	0,4	0,12	0,21	0,31	0,02	0,03	0,04	325	425	394	0,02	0,02	0,18	0,32	<0,01	-	0,2	66	38	<10	<10	15	20	83	15	18	
40-60	X	4,3	3,5	64	96	95,8	0,6	49	0,67	1,4	0,4	0,12	0,24	0,24	0,03	0,05	0,04	58	30	206	0,01	<0,01	<0,01	0,12	<0,01	-	<0,1	50	32	<10	22	4	3	77	17	22	
120-40	X/IX	4,5	3,5	54	83	96,1	0,6	47	1,34	2,9	0,1	0,09	0,16	0,24	0,03	0,06	0,07	45	25	120	<0,01	<0,01	0,13	0,18	<0,01	-	0,42	<30	70	<10	<10	<2	12	94	14	15	
202-22	IX	4,8	3,8	46	96	98,5	1	49	0,73	1,5	0,1	0,18	0,41	0,43	0,07	0,15	0,13	70	36	76	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1	<0,02	-	<0,1	<30	<30	<10	<10	<2	11	76	35	46	
240-60	IX	4,9	4	52	94	94,6	1,5	53	1,82	3,4	0,2	0,15	0,24	0,39	0,05	0,07	0,08	33	24	52	<0,01	<0,01	0,01	0,11	0,02	7,3	0,13	<30	<30	<10	<10	3	8	80	19	23	
342-60	IXVIII	5,3	4,5	39	92	94,7	1,1	51	0,91	1,8	0,1	0,27	0,4	0,62	0,04	0,05	0,06	64	40	170	<0,01	<0,01	<0,1	0,98	0,02	43	<0,1	<30	<30	<10	<10	3	74	70	26	37	
454-74	VIII	5,3	4,5	66	90	96,7	1,4	58	1,63	2,8	0,2	0,23	0,32	0,55	0,06	0,07	0,09	69	32	45	<0,01	<0,01	<0,1	0,5	0,02	31	<0,1	<30	<30	<10	<10	3	78	80	20	26	
602-25	VII	7,6	7,3	256	92	77,1	14	38	1,38	3,6	0,2	4,29	4,11	5,52	0,06	0,07	0,09	361	162	254	<0,01	<0,01	<0,1	3,66	0,12	30	0,16	<30	<30	<10	<10	7	107	59	213	362	
852-70	VI	6,5	5,6	42	95	93,7	2,9	50	1,68	3,4	0,2	0,27	0,77	1,17	0,02	0,06	0,07	69	43	459	0,01	<0,01	<0,1	1,28	0,03	46	<0,1	<30	<30	<10	<10	<2	26	82	45	55	
952-70	V	6,8	5,9	57	95	90,8	1,8	53	3,77	7,1	1,1	0,41	0,55	0,7	0,01	0,02	0,03	90	47	-	0,01	<0,01	0,09	0,72	0,01	66	0,25	<30	<30	<10	<10	4	189	57	30	53	
1052-70	III	6,9	5,9	62	90	42,6	1,7	22	1,76	7,9	0,9	0,34	0,43	0,68	0,01	0,01	0,28	169	211	109	0,07	<0,01	0,98	1,43	0,02	89	3,39	<30	<30	<10	<10	12	87	35	24	68	
1112-27	IIb	6,7	6	63	88	52,2	2	28	2,12	7,5	1,8	0,35	0,43	0,78	0,01	0,01	0,11	193	263	374	0,07	<0,01	1,06	1,67	0,02	70	3,1	<30	<30	13	<10	11	116	37	24	63	
1127-28	LT
1132-50	IIb	6,7	5,9	57	89	68,8	2,1	37	2,68	7,3	3,3	0,3	0,62	0,85	0,01	0,02	0,14	89	71	91	0,02	<0,01	0,25	2,34	0,02	138	1,67	<30	<30	18	<10	10	97	46	33	72	
Kern A																																					
1220-25	II	3,8	3,7	194	-	0,3	0,2	0,1	0,01	-	0	-	-	0,03	-	-	0,03	-	-	413	-	<0,1	0,16	<0,01	-	-	0,18	<30	<30	<10	<10	<2	3	-	-	-	
1272-80	II	3,4	3,4	561	-	2,8	0,4	1	0,06	-	0,7	-	-	0,14	-	-	0,07	-	-	679	-	<0,1	0,94	0,01	94	0,48	0,48	<30	<30	<10	<10	<2	11	-	-	-	
1305-15	II	8	7,6	213	-	0,8	6,9	1,1	0,02	-	0,2	-	-	2,74	-	-	0,07	-	-	345	-	<0,1	0,38	0,01	27	0,26	0,26	<30	<30	<10	<10	<2	<10	-	-	-	
1380-87	II	7,6	7,4	444	-	2,8	1,7	3,2	0,08	-	0,8	-	-	6,63	-	-	0,19	-	-	104	-	<0,1	1,16	0,04	30	0,68	0,68	<30	<30	<10	<10	<2	7	-	-	-	
1445-53	Ibc	3,1	3	809	-	1,9	0,2	0,6	0,04	-	0,6	-	-	0,1	-	-	0,06	-	-	574	-	<0,1	0,58	<0,01	-	-	0,38	<30	<30	<10	10	<2	15	-	-	-	
1480-86	Ibc	8	7,6	213	-	1,9	12	2,3	0,03	-	0,2	-	-	4,96	-	-	0,38	-	-	179	-	<0,1	1,12	0,05	22	0,85	0,85	<30	<30	18	<10	<2	36	-	-	-	
1515-20	Ibc	7,5	7,5	396	-	0,8	33	5,4	0,06	-	0,3	-	-	13,2	-	-	0,36	-	-	144	-	<0,1	1,62	0,59	2,7	1,14	1,14	<30	<30	15	17	<2	34	-	-	-	
1532-40	Ibc	7,8	7,3	126	-	7,3	5,7	9,2	0,08	-	0	-	-	22,8	-	-	0,21	-	-	516	-	<0,1	3,63	2,22	1,6	0,46	0,46	<30	<30	12	<10	<2	14	-	-	-	
1580-85	Ibc	7,6	7,3	278	-	3,2	4,6	6,9	0,07	-	0,2	-	-	18,2	-	-	0,36	-	-	135	-	0,1	1,86	0,7	2,6	1,03	1,03	<30	<30	15	15	<2	15	-	-	-	
1600-60	Ibc	8,2	7,7	231	-	1,2	4,5	0,8	0,02	-	0,1	-	-	1,79	-	-	0,06	-	-	307	-	<0,1	0,48	0,01	34	0,26	0,26	<30	<30	<10	12	<2	20	-	-	-	
1660-80	Ibc	7,9	7,6	352	-	0,9	9,7	1,9	0,03	-	0,2	-	-	3,86	-	-	0,38	-	-	122	-	<0,1	1,01	0,04	29	0,98	0,98	<30	<30	16	17	<2	22	-	-	-	
1680-00	Ibc	8,1	7,7	213	-	0,9	7,8	1,3	0,02	-	0,1	-	-	3,1	-	-	0,17	-	-	764	-	<0,1	0,54	0,02	26	0,58	0,58	<30	<30	7	<10	<2	18	-	-	-	
Kern B																																					
1212-16	II	3,8	3,6	1305	-	10,3	0,6	4,6	0,34	-	3,2	-	-	0,25	-	-	0,23	-	-	205	-	<0,1	2,47	0,04	63	1,42	1,42	<30	52	23	27	<2	63	-	-	-	
1216-23	II	3,6	3,4	757	-	1,1	0,3	0,3	0,02	-	0,4	-	-	0,12	-	-	0,05	-	-	511	-	<0,1	0,57	0,01	52	0,35	0,35	<30	<30	6	13	<2	14	-	-	-	
1272-78	II	8	7,5	461	-	2,8	7,2	1,8	0,05	-	0,4	-	-	2,89	-	-	0,51	-	-	202	-	0,14	1,44	0,05	32	1,67	1,67	<30	63	26	23	<2	27	-	-	-	
1315-20	II	7,9	7,7	468	-	1,6	12	2,2	0,03	-	0,2	-	-	4,82	-	-	0,28	-	-	118	-	<0,1	0,9	0,05	17	0,79	0,79	<30	<30	14	12	<2	24	-	-	-	
1340-48	Ibc	8,1	7,6	383	-	1,4	12	2	0,03	-	0,2	-	-	4,92	-	-	0,2	-	-	113	-	<0,1	0,6	0,05	12	0,64	0,64	<30	<30	9	<10	<2	2	-	-	-	
1370-78	Ibc	8,1	7,7	322	-	0,8	5,7	1	0,01	-	0	-	-	2,28	-	-	0,13	-	-	89	-	<0,1	0,39	0,02	18	0,47	0,47	<30	<30	7	12	<2	6	-	-	-	
1415-20	Ibc	8,1	7,7	348	-	1,6	6,3	1,5	0,03	-	0,2	-	-	2,51	-	-	0,2	-	-	112	-	<0,1	0,61	0,02	26	0,68	0,68	<30	<30	<10	13	<2	6	-	-	-	
1455-60	Ibc	7,8	7,6	827	-	2,9	4,8	1,5	0,06	-	0,4	-	-	1,9	-	-	0,08	-	-	694	-	<0,1	0,69	0,01	53	0,37	0,37	<30	<30	9	<10	<2	1	-	-	-	
1475-78	Ibc	7,3	7,4	370	-	1,1	0,4	0,4	0,03	-	0,1	-	-	0,15	-	-	0,04	-	-	440	-	<0,1	0,25	<0,01	-	0,23	0,23	<30	<30	<10	<10	<2	<10	-	-	-	
1																																					

Bohrung Nr. 1: Barawee (Stidwestlich See)

Wasserstand bei Probenahme im Apr. 1989: 28.80 m NN (23 cm unter Flur), im Dez. 1989: 28.55 m NN (48 cm unter Flur).

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm		Wass Gltü %	C %	N %	Nc %	Wasserlösli. Nährstoffe mg/kg		Ca		Mg		K		Na		Fe		P 2	Pot. S. u. V. KAK Wert mval/100g %														
			H ₂ O	Apr Dez	CaCl ₂	Apr Dez					feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			2	3	1	2	3									
0-10	Vererd.	stark	3,6	3,3	2,9	2,9	190	362	74,4	84	43	1,8	4,1	68,6	118	10	182	195	380	66	1128	1857	15	165	240	0	393	438	53	115	64	10	127	28	19	120	12,7	11
40-50	Sphag.	ger.	3,6	3,6	2,9	2,9	170	173	91,4	98	47	0,3	0,7	31,4	58,1	22	27	256	634	149	1581	2191	35	203	264	73	163	110	80	147	25	12	81	n.n.	4	138	13,5	10
90-100	Sphag.	ger.	4,3	4,3	3,4	3,4	71	77	92,4	98	48	0,6	1,2	14,6	60,4	n.n.	n.n.	297	673	158	1490	2352	98	597	968	19	102	94	191	147	117	3	15	n.n.	n.n.	84,3	20,4	24
135-145	Rad.-S.	ger.	4,8	-	3,6	-	50	-	91,5	99	48	0,8	1,6	18,6	55,5	n.n.	n.n.	209	131	28	1998	2744	11	467	603	42	136	108	n.n.	222	142	n.n.	1	77,7	19,6	25		
190-200	Radiz.	ger.	5,2	-	4,2	-	46	-	92,1	97	53	2,5	4,7	8,4	66,3	13	n.n.	186	212	27	650	1513	9	116	246	41	67	80	41	112	109	n.n.	1	67,3	10,3	15		

Bohrung Nr. 2: Barawee (Nordöstlich See)

Wasserstand bei Probenahme im Apr. 1989: 28.77 NN (30 cm unter Flur), im Dez. 1989: 28.63 m NN (44 cm unter Flur).

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm		Wass Gltü %	C %	N %	Nc %	Wasserlösli. Nährstoffe mg/kg		Ca		Mg		K		Na		Fe		P 2	Pot. S. u. V. KAK Wert mval/100g %														
			H ₂ O	Apr Dez	CaCl ₂	Apr Dez					feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			2	3	1	2	3									
0-10	Vererd.	maß.	3,1	3	2,7	2,7	488	688	82,4	87	42	1,3	3	87,7	94,5	16	60	272	860	151	724	1058	47	122	198	171	308	292	133	181	146	58	362	74	8	114	8,3	7
40-50	Sphag.	maß.	3,6	3,4	2,9	2,9	221	269	91,8	96	45	0,7	1,6	21,7	51,4	n.n.	23	384	816	151	872	1163	56	213	338	50	78	80	186	213	230	9	76	13	3	93,7	9,8	11
90-100	Rad.-S.	maß.	4,8	4,6	3,7	3,7	76	85	92,2	95	49	1,2	2,4	27	82,6	10	n.n.	316	332	84,6	1116	3062	41	398	909	38	59	64	119	145	167	2	21	n.n.	n.n.	90,1	23,7	26
135-145	Radiz.	maß.	5,3	-	4,1	-	55	-	90	98	50	2	4,1	54,9	70,3	n.n.	n.n.	248	315	34,3	889	1687	15	260	455	30	64	67	73	151	131	2	9	n.n.	n.n.	69,2	12,9	19

Bohrung Nr. 9: Barawee (Nördliche Moorenke)

Wasserstand bei Probenahme im Apr. 1989: 28.77 NN (30 cm unter Flur), im Dez. 1989: 28.63 m NN (44 cm unter Flur).

Tiefe cm	Sedi- mentart	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm		Wass Gltü %	C %	N %	Nc %	Wasserlösli. Nährstoffe mg/kg		Ca		Mg		K		Na		Fe		P 2	Pot. S. u. V. KAK Wert mval/100g %														
			H ₂ O	Apr Dez	CaCl ₂	Apr Dez					feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			2	3												
0-10	Humus	-	6,1	6	5	5,4	62	59	29,2	11	5,4	0,3	6,1	117,8	33,2	36	14	122	137	48	1458	1599	8,7	82	108	97	201	158	36	39	22	13	207	7	6	11,4	9,4	83
20-30	Sand	-	6,3	6,2	5,6	5,8	32	74	10,4	1,2	0,5	0	4,4	55,8	4,8	19	n.n.	143	164	43	544	411	9,4	14	21	80	40	28	56	24	19	109	146	4	5	3,3	2,5	76
30-40	Ver.To.	stark	6,1	6	5,5	5,5	139	184	59,1	55	31	1,2	4	190,4	32,3	214	n.n.	127	187	389	3913	7681	23	137	218	53	68	112	36	27	28	14	60	18	4	60,6	40,5	67
40-50	Rad.T.	ger.	4,6	4,4	4,2	4,1	182	384	76,6	93	48	1,2	2,4	340,9	14,6	727	22	176	503	424	3867	7577	40	111	297	34	35	50	50	34	39	n.n.	13	3	2	103	40,5	39
90-100	Rad.-S.	maß.	4,6	4,5	3,7	3,6	59	71	87	96	53	1,2	2,2	16,8	68,6	13	n.n.	211	196	54,3	711	2664	18	162	504	27	28	75	52	72	99	n.n.	n.n.	3	n.n.	95,5	18,1	19
135-145	Radiz.	ger.	5,1	-	4	-	44	-	90,1	96	53	1,2	2,3	6,6	97,5	12	n.n.	224	72,6	79,2	1388	3393	19	192	411	43	65	91	73	77	116	7,6	n.n.	n.n.	106	21	20	

Bohrung Nr. 7: Pechsee (Stidlich See)

Wasserstand bei Probenahme im Apr. 1989: 28.51 NN (60 cm unter Flur), im Dez. 1989: 28.56 m NN (55 cm unter Flur).

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm		Wass Gltü %	C %	N %	Nc %	Wasserlösli. Nährstoffe mg/kg		Ca		Mg		K		Na		Fe		P 2	Pot. S. u. V. KAK Wert mval/100g %														
			H ₂ O	Apr Dez	CaCl ₂	Apr Dez					feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			2	3												
0-10	Vererd.	stark	3,7	3,4	2,9	2,9	170	322	79,1	85	43	1,8	4,1	51,8	104	8	129	226	450	55,2	796	1372	17	108	216	123	306	329	57	87	53	21	230	36	11	104	9,7	9
40-50	Sphagn.	ger.	3,5	3,5	2,8	2,9	169	161	88	93	47	0,9	1,8	21,7	38,8	n.n.	15	213	363	43,6	611	1182	13	94	222	6	27	35	75	156	156	n.n.	14	5	2	127	8,5	7
90-100	Sphagn.	ger.	4	4	3,1	3,2	79	81	95,1	98	48	0,3	0,7	10,2	39,4	n.n.	n.n.	290	144	78,4	1214	1942	30	342	500	19	55	48	112	309	194	3	22	n.n.	n.n.	95,1	12,2	13
135-145	Sphagn.	ger.	4,3	-	3,3	-	52	-	91,1	98	51	0,9	1,8	14,6	38,6	n.n.	n.n.	225	56	34,7	885	1907	15	256	482	16	40	80	68	130	146	n.n.	5	n.n.	92,2	14,3	16	

1 : Wasserlöslich 2 : Pflanzenverfügbar 3 : Austauschbar

Bohrung Nr. 8: Pechsee (Nördlich See)

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm	Wass Glü %	C %	N %	No %	Wasserlösliche Nährstoffe mg/kg		Ca			Mg			K			Na			Fe mg/kg	P mg/kg	Pot. - u. V. KAK Wert mval/100g %												
			H ₂ O	CaCl ₂						feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				1	2	3									
0 - 10	Vererd.	stark	Apr	Dez	Apr	Dez	74,1	84	43	1,7	4	86,3	111	31	150	189	389	47,3	710	1133	14	144	238	110	379	386	38	62	43	14	188	26	17	117	8,9	8		
40 - 50	Sphagn.	maß.	3,6	3,3	2,9	2,9	173	290	85,6	90	46	1	21	24,8	46,1	11	17	228	642	113	502	670	34	69	94	24	32	35	65	85	43	n.n	18	n.n	2	113	4,4	4
90 - 100	Sphagn.	ger.	3,7	3,9	3,1	3,2	146	129	92,4	98	47	0,6	1,2	13,7	59,5	31	n.n.	192	602	138	848	1813	58	294	556	19	41	43	81	156	153	2	8	3	n.n	95,1	14,5	15
135-145	Erö.-S.	ger.	4,6	-	3,5	-	66	-	92,6	98	53	1,2	2,3	7,5	93,9	10	n.n.	275	323	33,8	582	1461	14	179	360	37	48	58	88	143	138	n.n	1	n.n	n.n	73,4	11,1	15

Bohrung Nr. 3: Schwingraasen Barsee (Nordende See, Ostufer)

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm	Wass Glü %	C %	N %	No %	Wasserlös. Nährstoffe mg/kg		Ca			Mg			K			Na			Fe mg/kg	P mg/kg	Pot. - u. V. KAK Wert mval/100g %												
			H ₂ O	CaCl ₂						feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				1	2	3									
0 - 10	Rad.-S.	-	Apr	Dez	Apr	Dez	91,6	86	44	2,8	6,3	24,3	73	n.n.	n.n.	309	4421	845	2448	3991	200	312	464	238	184	206	223	134	162	7	725	29	n.n	59	24,9	42		
40 - 50	Detr.m.	-	6,1	5,8	5,4	5	59	46	95,6	95	49	4	8,1	4,9	20,6	n.n.	n.n.	305	198	10,5	1327	1144	7	335	222	58	156	131	135	195	153	n.n	22	n.n	n.n	55	8,5	16

Bohrung Nr. 4: Schwingraasen Barsee (Nordende See, Westufer, Sphagnum-Polster)

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm	Wass Glü %	C %	N %	No %	Wasserl. Nährstoffe mg/kg		Ca			Mg			K			Na			Fe mg/kg	P mg/kg	Pot. - u. V. KAK Wert mval/100g %												
			H ₂ O	CaCl ₂						feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				1	2	3									
5 - 20	Sphagn.	-	Apr	Dez	Apr	Dez	94,8	93	43	1	2,4	5,3	20,5	9,3	n.n.	304	764	160	3105	4406	43	555	763	260	407	296	146	230	145	4,6	713	11	7,3	60,7	29,7	49		
40 - 50	Detr.m.	-	5,5	5,3	4,5	4,5	26	29	96,3	82	46	3,5	7,5	n.n.	7,7	n.n.	n.n.	112	682	78,5	1593	1724	16	108	119	29	78	67	64	97	57	n.n	284	n.n	n.n	43,3	10,1	23

Bohrung Nr. 5: Schwingraasen Pechsee (Nordende See, unter Sphagnum)

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm	Wass lüh %	C %	N %	No %	Nährstoffe mg/kg		Ca			Mg			K			Na			Fe mg/kg	P mg/kg	Pot. - u. V. KAK Wert mval/100g %												
			H ₂ O	CaCl ₂						feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				1	2	3									
10 - 20	Radiz.	-	Apr	Dez	Apr	Dez	94,3	72	37	2,6	7	n.n.	9,5	n.n.	n.n.	132	631	39,7	1171	706	11	70	104	29	54	52	75	67	67	4,2	580	10	n.n	49	4,8	10		
40 - 50	Detr.m.	-	5,2	5,4	4,4	5,5	17	24	96,1	95	53	4,3	8	n.n.	9,8	n.n.	n.n.	104	628	24,8	459	524	10	44	78	10	12	16	74	57	44	n.n	306	n.n	n.n	46,4	3,44	7

Bohrung Nr. 6: Schwingraasen Pechsee (Südende See)

Tiefe cm	Torf- art	Zer- setz.	pH-Wert		El.Leitf. µS/cm	Wass lüh %	C %	N %	No %	Wasserlös. Nährstoffe mg/kg		Ca			Mg			K			Na			Fe mg/kg	P mg/kg	Pot. - u. V. KAK Wert mval/100g %												
			H ₂ O	CaCl ₂						feldfrisch	Trockensubstanz	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				1	2	3									
5 - 15	Radiz.	-	Apr	Dez	Apr	Dez	92,8	73	39	2,6	6,7	n.n.	17,6	9,3	n.n.	135	603	62,2	1160	1551	19	136	276	73	134	136	73	65	44	1,7	151	7	1,7	47,1	10,6	23		
40 - 50	Detr.m.	-	5,7	5,4	4,7	4,6	19	24	95,5	80	43	3,7	8,6	n.n.	20	8,3	n.n.	118	793	105	1042	1213	23	101	130	67	131	108	67	78	60	n.n	512	5	n.n	45,7	7,8	17

1 : Wasserlöslich 2 : Pflanzenverfügbar 3 : Austauschbar

	Kern 1991	Kern A	Kern B
Gefäßpflanzen	Tiefe (cm)/Chronoz.	Tiefe (cm)/Chronoz.	Tiefe(cm)/Chronoz.
<i>Agrostis canina*</i>	118-120 / X	-	-
<i>Alnus glutinosa</i>	805-809 / VII	-	-
<i>Arctostaphylos alpinus</i>	445-449 / VIII	-	-
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	-	-	1450-1597 / Ibc
<i>Betula nana*</i>	302-409, 1230-40 / IX-VIII, IIa	1252-1272 / II	1320-40, 1587-97/Ibc
<i>Betula pendula</i>	0-2 / X	-	-
<i>Betula tortuosa*</i>	-	-	1258-70 / II
<i>Carex approp./panicul.</i>	590-94 / VII	1285-1305 / II	-
<i>Carex buxbaumii*</i>	-	1120-1272 / II	-
<i>Carex canescens</i>	0-250 / X-IX	-	-
<i>Carex echinata</i>	110-12 / X	-	-
<i>Carex elata</i>	248-905 / IX-VI	-	-
<i>Carex flava</i> -Gruppe	-	1285-1305 / II	-
<i>Carex gracilis</i>	570-74 / VII	-	-
<i>Carex lasiocarpa</i>	228-594, 976-1195 / IX-VII, Va-IIA	-	-
<i>Carex nigra</i>	110-12, 1284-96 / X, Ibc	-	-
<i>Carex panicea</i>	946-50 / Vb	-	-
<i>Carex rostrata</i>	118-20, 1180-85, 1296-1308 / X, IIb, Ibc	1465-1660 / Ibc	1241-1597 / II-Ibc
<i>Cicuta virosa</i>	-	-	1223-41 / II
<i>Drosera rotundifolia</i>	228-584 / IX-VII	-	-
<i>Eleocharis palustris/unigl.</i>	1296-1397 / Ibc	1285-1309 / II	-
<i>Eriophorum vaginatum</i>	0-594 / X-VII	-	-
<i>Equisetum fluviatile</i>	1335-84 / Ibc	Eq. spec. 1555-67/Ibc	Eq. spec. 1587-97/Ibc
<i>Eupatorium cannabinum</i>	940-44 / Vb	-	-
<i>Glyceria fluitans</i>	-	1465-80 / Ibc	-
<i>Hippophae rhamnoides</i>	1230-40 / IIa	1446-1680 / Ibc	1223-1597 / II-Ibc
<i>Hippuris vulgaris</i>	1308-20 / Ibc	-	-
<i>Juncus acutiflorus</i>	80-260, 972-76 / X-IX, Va	-	-
<i>Juncus effusus</i>	110-250 / X-IX	-	1300-1570 / II-Ibc
<i>Juncus effusus/conglomer.</i>	-	-	1241-58 / II
<i>Juncus squarrosus</i>	-	-	1587-97 / Ibc
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	-	1200-1480 / II-Ibc	1223-58 / II
<i>Lycopus europaeus</i>	0-429, 600-04 / X-VII	-	-
<i>Menyanthes trifoliata</i>	100-02 / X	-	-
<i>Molinia caerulea</i>	248-50 / IX	-	-
<i>Nuphar luteum</i>	-	1285-1305 / II	1400-15 / Ibc
<i>Nymphaea alba</i>	600-980 / VII-Va	-	1223-41 / II
<i>Nymphaea candida</i>	600-04 / VII	-	-
<i>Papaver rhoeas</i>	118-20 / X	-	-
<i>Phragmites australis</i>	976-80 / Va	-	-
<i>Pinus sylvestris</i>	0-1235 / X-IIa	1200-1532 / II/Ibc	1243-1450 / II-Ibc
<i>Potamogeton alpinus</i>	1284-1384 / Ibc	1120-1567 / II-Ibc	1223-1415 / II-Ibc
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	1180-85 / IIb	-	-
<i>Potamogeton natans</i>	815-19 / VII	-	-
<i>Potentilla erecta</i>	-	1680-1700 / Ibc	1223-41 / II
<i>Potentilla palustris</i>	100-20 / X	-	-
<i>Rhynchospora alba</i>	370-74 / VIII	-	-
<i>Rhynchospora fusca</i>	100-564 / X-VII	-	-
<i>Rubus idaeus</i>	1266-84 / Ibc	-	-
<i>Rubus spec.</i>	-	-	1350-70 / Ibc
<i>Salix spec.</i>	1160-1510 / IIb-Ibc	1285-1305 / II	1223-1597 / Ibc
<i>Scheuchzeria palustris</i>	70-574 / X-VII	-	-

	Kern 1991	Kern A	Kern B
	Tiefe (cm)/Chronoz.	Tiefe (cm)/Chronoz.	Tiefe (cm)/Chronoz.
Gefäßpflanzen			
<i>Scirpus caespitosa</i>	312-16 / IX	-	-
<i>Silene alba</i>	118-20 / X	-	-
<i>Sparganium emersum</i>	590-94, 1296-1320 / VII, Ibc	-	1300-70 / II-Ibc
<i>Taraxacum spec.</i>	1335-84 / Ibc	-	-
<i>Tilia spec.</i>	590-94 / VII	-	-
<i>Trichophorum cespitosum</i>	-	-	1550-97 / Ibc
<i>Typha latifolia</i>	918-20 / VI	-	-
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	0-594 / X-VII	-	-
<i>Valeriana officinalis</i>	-	1285-1309 / II	1223-41 / II
Moose			
<i>Aulacomnium palustre</i>	35-260 / X-IX	-	-
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	132-34, 1180-1335 / IX, IIb-Ibc	1345-65 / II	1380-1400 / Ibc
<i>Bryum spec.</i>	118-20, 1030-35, 1430-95 / X, III, Ibc	-	1258-1450 / II-Ibc
<i>Calliergon cordifolium</i>	1220-40 / IIa	1252-1448 / II-Ibc	1223-1550 / II-Ibc
<i>Calliergon giganteum</i>	972-76 / Va	-	1258-1440 / II-Ibc
<i>Calliergon stramineum</i>	0-231 / X-IX	-	-
<i>Calliergon trifarium</i>	625-918, 1235-40, 1400-50 / VII-VI, IIa-Ibc	1120-1220 / II	1507-97 / Ibc
<i>Campylopus spec.</i>	100-02 / X	-	-
<i>Catascopium nigrum</i>	-	1345-65 / II	-
<i>Drepanocladus aduncus</i>	600-04, 918-80, 1230-40 / VII-Va, IIa	1252-1480 / II-Ibc	1223-1455 / II-Ibc
<i>Drepanocladus exannulatus</i>	972-1080 / Va-III	-	-
<i>Drepanocladus fluitans</i>	58-304, 1235-40, 1450-70 / X-IX, IIa-Ibc	1420-48 / Ibc	1223-58 / II
<i>Drepanocladus revolvens</i>	1335-84 / Ibc	1120-1532 / II-Ibc	1258-1550 / II-Ibc
<i>Drepanocladus sendtneri</i>	600-920 / VII-VI	-	-
<i>Drepanocladus vernicosus</i>	415-19, 570-84, 1160-65 / VIII-VII, IIb	-	-
<i>Eryuchium swartzii*</i>	-	-	1587-97 / Ibc
<i>Fissidens adianthoides</i>	1251-58 / Ibc	-	-
<i>Fissidens dubius</i>	-	-	1320-40 / II-Ibc
<i>Fissidens taxifolius</i>	-	-	1223-72 / II
<i>Meesia spec.</i>	-	1520-32 / Ibc	-
<i>Meesia triquetra</i>	1230-40, 1284-1510 / IIa-Ibc	1285-1700 / II-Ibc	1223-1597 / II-Ibc
<i>Meesia uliginosa</i>	-	-	1241-58 / II
<i>Mnium spec.</i>	-	1465-80 / Ibc	1241-58 / II
<i>Scorpidium scorpioides</i>	972-80, 1230-1510 / Va, IIa-Ibc	1120-1700 / II-Ibc	1223-1597 / II-Ibc
<i>Tortella inclinata</i>	-	-	1440-1597 / Ibc
<i>Tortella muralis*</i>	-	-	1258-70 / II
<i>Sphagnum angustifolium*</i>	560-64 / VII	-	-
<i>Sphagnum cuspidatum*</i>	1190-95 / IIb	1120-45 / II	-
<i>Sphagnum fallax</i>	0-499, 570-74, 1230-40, 1400-50 / X-VII, IIa-Ib	1200-1532 / II-Ibc	1300-1597 / II-Ibc
<i>Sphagnum magellanicum</i>	46-574, 1190-1510 / X-VII, IIa-Ibc	1120-1532 / II-Ibc	1241-1597 / II-Ibc
<i>Sphagnum palustre</i>	-	-	1320-1550 / II-Ibc
<i>Sphagnum papillosum</i>	58-112 / X	-	1550-97 / Ibc
<i>Sphagnum tenellum</i>	-	1420-40 / Ibc	-
<i>Sphagnum Sect. Cuspidata</i>	360-64 / VIII	1568-1700 / Ibc	1241-1440 / II-Ibc
<i>Sphagnum Sect. Subsecund</i>	360-429, 580-94 / VIII-VII	-	1241-58 / II

*: Nicht völlig gesicherte Bestimmung

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
Acer platanoides		+	+	+		
Acer pseudoplatanus		+	+	+		
Achillea millefolium		+	+	+		
Achillea ptarmica		+	+	+	+	
Aegopodium podagraria		+	+	+		
Aesculus hippocastanum		+	+	+		
Agropyron repens		+	+	+		
Agrostis canina		+	+	+	+	
Agrostis gigantea		+				
Agrostis stolonifera		+	+	+		
Agrostis tenuis		+	+	+		
Alchemilla vulgaris agg.	3	+				
Alisma plantago-aquatica		+	+	+		
Alliaria petiolata		+	+	+		
Allium vineale				+		
Alnus glutinosa		+	+	+	+	
Alopecurus aequalis			+			
Alopecurus pratensis		+	+	+		
Alnus glutinosa		+				
Alopecurus pratensis		+				
Anagallis arvensis		+				
Anchusa officinalis		+				
Andromeda polifolia	1				+	
Anthoxanthum odoratum		+	+	+	+	
Anthriscus sylvestris		+	+	+		
Arabidopsis thaliana		+	+	+		
Arabis glabra	2	+		+		
Arctium lappa		+	+	+		
Arctium minus		+	+	+		
Arenaria serpyllifolia		+				
A Armoracia rusticana		+	+	+		
Arrhenaterum elatius		+	+	+		
Artemisia vulgaris		+	+	+		
Asparagus officinalis				+		
Astragalus glycyphyllos		+	+	+	+	
Athyrium filix-femina		+	+	+		
Atriplex patula		+				
Avenella flexuosa		+	+	+	+	
Baldellia ranunculoides	0				+	+
Ballota nigra		+	+	+		
Barbarea vulgaris		+		+		
Berberis vulgaris				+		
Berteroa incana		+				
Betula aschersoniana		+	+	+	+	
Betula pendula		+	+	+	+	
Betula pubescens		+	+	+	+	
Bidens cernua	3	+				
Bidens connata		+	+	+	+	
Bidens frondosa		+	+	+	+	
Bidens tripartita		+	+	+	+	
Brachypodium sylvaticum		+	+	+		
Bromus hordeaceus		+				
Bromus inermis		+	+			
Bromus mollis			+	+		
Bromus tectorum		+	+	+		
Calamagrostis arundinacea			+			

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
Calamagrostis canescens					+	
Calamagrostis epigeios		+	+	+		
Calla palustris		+	+			
Calystegia sepium		+	+	+	+	
Campanula patula		+				
Campanula persicifolia	3	+	+			
Capsella bursa-pastoris		+	+			
Cardamine impatiens		+				
Cardamine pratensis		+				
Cardaminopsis arenosa		+				
Carex arenaria				+		
Carex canescens	3	+	+	+	+	+
Carex echinata	2	+	+	+	+	+
Carex elata		+	+	+	+	
Carex elongata	3	+	+	+	+	
Carex gracilis		+	+	+	+	
Carex hirta			+	+	+	
Carex lasiocarpa	2	+	+	+	+	
Carex leporina		+	+	+		
Carex limosa	1				+	+
Carex muricata agg.		+				
Carex nigra		+	+	+	+	
Carex pallescens		+	+			
Carex paniculata	3	+	+			
Carex pilulifera		+				
Carex pseudocyperus		+	+	+	+	
Carex rostrata	3	+	+	+	+	+
Carpinus betulus		+				
Cerastium arvense		+	+	+		
Cerastium holosteoides		+		+		
Cerastium semidecandrum		+	+			
Chelidonium majus		+	+	+		
Chenopodium album s.str.		+	+	+		
Chenopodium rubrum		+				
Cicuta virosa	2				+	+
Cirsium arvense		+	+	+	+	
Cirsium oleraceum		+		+	+	
Cirsium palustre			+	+	+	
Cirsium vulgare		+	+			
Clinopodium vulgare	3	+	+	+		
Convallaria majalis		+	+	+		
Convolvulus arvensis		+	+			
Conyza canadensis		+	+	+		
Corylus avellana				+		
Crataegus monogyna		+	+	+		
Cuscuta europaea	3		+	+		
Cytisus scoparius		+		+		
Dactylis glomerata		+	+			
Danthonia decumbens			+	+		
Daucus carota		+				
Deschampsia cespitosa		+	+	+	+	
Dianthus deltoides		+		+		
Digitalis purpurea Gf.		+	+	+	+	
Drosera anglica	0					+
Drosera rotundifolia	3	+	+	+	+	+
Dryopteris carthusiana		+	+	+	+	

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
Dryopteris filix-mas		+	+	+		
Echium vulgare		+				
Eleocharis palustris		+	+	+		
Epilobium adenocaulon		+				
Epilobium angustifolium		+				
Epilobium palustre		+	+	+	+	
Epilobium roseum			+			
Equisetum arvense		+	+			
Equisetum fluviatile		+	+	+	+	
Equisetum palustre		+	+	+		
Eranthis hyemalis Gf.		+				
Eriophorum angustifolium		+	+	+	+	+
Eriophorum vaginatum	2	+		+	+	+
Erodium cicutarium		+	+	+		
Erysimum cheirantoides		+				
Euphorbia cyparissias		+	+	+		
Euphorbia peplus			+	+		
Fagus sylvatica		+				
Fallopia convolvulus		+	+	+	+	
Fallopia dumetorum					+	+
Festuca gigantea		+	+	+		
Festuca trachyphylla		+		+		
Fragaria vesca		+		+		
Frangula alnus		+	+	+	+	
Fraxinus excelsior		+				
Galanthus elwesii Gf.			+	+		
Galanthus nivalis Gf.		+	+	+		
Galeopsis bifida		+				
Galeopsis tetrahit		+	+	+		
Galinsoga parviflora			+	+		
Galium aparine		+	+			
Galium mollugo		+		+		
Galium odoratum	3		+			
Galium palustre		+	+		+	
Galium uliginosum		+	+	+	+	
Galium verum				+		
Geranium molle		+				
Geranium pusillum		+	+	+		
Geranium robertianum		+	+	+		
Geum urbanum		+	+	+		
Glechoma hederacea		+	+	+	+	
Glyceria fluitans		+	+	+		
Glyceria maxima		+	+	+	+	
Gnaphalium sylvaticum	3	+				
Hedera helix		+	+	+		
Hieracium pilosella		+				
Hieracium umbellatum		+				
Holcus lanatus		+	+	+	+	
Holcus mollis		+	+	+		
Humulus lupulus		+	+	+		
Hydrocotyle vulgaris		+	+	+	+	
Hypericum perforatum		+	+	+	+	
Impatiens parviflora		+	+	+		
Iris pseudacorus		+	+	+	+	
Juncus articulatus		+	+			
Juncus bufonius		+	+			

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
Juncus bulbosus	3	+	+	+	+	
Juncus conglomeratus						+
Juncus effusus		+	+	+	+	
Juncus tenuis		+	+			
Lamium album		+	+			
Lamium purpureum		+	+			
Lapsana communis		+	+	+		
Larix decidua		+				
Ledum palustre	1	+	+	+	+	+
Lemna minor		+	+	+		
Leonurus cardiaca		+				
Leucanthemum vulgare		+				
Linaria vulgaris		+	+	+		
Lolium perenne		+	+	+		
Lotus uliginosus		+	+	+	+	
Luzula campestris		+	+	+		
Luzula pilosa		+	+	+	+	
Lychnis flos-cuculi		+	+	+		
Lycopus europaeus		+	+	+	+	
Lysimachia nummularia		+	+			
Lysimachia thyrsoiflora		+	+	+	+	
Lysimachia vulgaris		+	+	+	+	
Maianthemum bifolium		+	+	+		
Matricaria discoidea		+				
Medicago lupulina		+	+			
Medicago sativa			+			
Melilotus alba		+				
Mentha aquatica		+	+	+		
Mentha arvensis		+	+	+		
Menyanthes trifoliata		+	+	+	+	
Moehringia trinervia		+	+	+		
Molinia caerulea		+	+	+	+	+
Mycelis muralis		+	+	+	+	
Myosotis arvensis				+		
Myosotis scorpioides		+				
Myosotis stricta		+				
Myosotis sylvatica				+		
Nuphar lutea		+		+	+	+
Nymphaea alba		+	+		+	+
Oenothera biennis				+		
Osmunda regalis	2	+	+	+	+	+
Oxalis acetosella		+	+	+		
Oxalis fontana		+	+	+		
Papaver somniferum		+	+	+		
Parthenocissus quinquefolia agg.			+	+		
Petasites hybridus		+				
Phleum pratense		+				
Phragmites australis		+	+	+		
Picea abies		+				
Pinus sylvestris		+	+	+	+	+
Plantago lanceolata		+		+		
Plantago major		+	+	+		
Plantago media		+				
Poa annua		+	+	+		
Poa nemoralis		+	+	+		
Poa palustris		+	+			

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
Poa pratensis		+	+	+		
Poa trivialis		+	+			
Polygonatum odoratum		+				
Polygonum aviculare s.str.		+	+	+		
Polygonum hydropiper		+	+	+	+	
Polygonum minus		+				
Polygonum persicaria		+	+			
Populus tremula		+	+	+	+	
Potentilla anglica						+
Potentilla anserina		+				
Potentilla argentea		+				
Potentilla erecta		+	+	+	+	
Potentilla palustris	3	+	+	+	+	+
Potentilla reptans		+				
Primula elatior			+			
Primula veris Gf.	3	+	+	+		
Prunella vulgaris		+	+	+	+	
Prunus avium		+				
Prunus domestica		+		+		
Prunus serotina		+	+	+	+	
Pteridium aquilinum		+	+	+		
Quercus borealis					+	
Quercus petraea		+	+	+		
Quercus robur		+	+	+	+	
Quercus rubra		+	+	+		
Ranunculus acris		+	+	+		
Ranunculus bulbosus		+				
Ranunculus ficaria		+				
Ranunculus flammula			+			
Ranunculus repens		+	+	+		
Ranunculus sceleratus		+		+		
Raphanus raphanistrum				+		
Rhamnus catharticus		+				
Rhynchospora alba	1					+
Ribes nigrum		+	+	+		
Ribes rubrum				+		
Ribes uva-crispa				+		
Robinia pseudacacia		+	+	+		
Rosa canina agg.		+	+	+		
Rubus caesius		+				
Rubus fruticosus agg.		+	+	+	+	
Rubus idaeus		+	+	+	+	
Rumex acetosa		+	+	+		
Rumex acetosella		+	+	+		
Rumex obtusifolius		+	+	+		
Rumex thyrsiflorus			+			
Sagittaria sagittifolia	2	+	+			
Salix aurita	3	+	+	+	+	
Salix caprea		+	+	+	+	+
Salix cinerea		+				
Salix multinervis x		+				
Sambucus nigra		+	+	+		
Sambucus racemosa		+				
Schoenoplectus lacustris		+	+	+	+	
Schoenopl. tabernaemontani	3	+	+			
Scilla sibirica Gf.		+				

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
Scrophularia nodosa		+	+	+		
Scutellaria galericulata		+	+	+	+	
Sedum telephium			+			
Senecio sylvaticus		+				
Senecio viscosus		+	+			
Senecio vulgaris		+	+	+		
Silene alba		+				
Silene dioica	3	+				
Sisymbrium altissimum		+				
Sisymbrium loeselii		+		+		
Sisymbrium officinale		+	+			
Solanum dulcamara		+	+	+		
Solanum nigrum		+				
Solidago canadensis		+	+	+		
Solidago gigantea			+			
Sonchus arvensis		+				
Sonchus asper		+				
Sonchus oleraceus		+				
Sorbus aucuparia		+	+	+	+	
Sparganium erectum				+	+	
Spergula morisonii				+		
Spergularia rubra			+			
Stellaria alsine	3	+	+			
Stellaria graminea		+	+	+		
Stellaria holostea	3			+		
Stellaria media		+	+	+		
Stellaria palustris				+	+	
Symphoricarpos rivularis		+	+	+		
Syringia vulgaris Gf.		+	+	+		
Tanacetum vulgare		+				
Taraxacum officinale agg.		+	+	+		
Thelypteris palustris		+	+	+	+	+
Thlaspi arvense				+		
Tilia cordata		+	+	+		
Torilis japonica		+	+	+		
Tragopogon pratensis				+		
Trifolium campestre		+				
Trifolium dubium		+				
Trifolium pratense		+				
Trifolium repens		+	+	+		
Tripleurospermum inodorum		+				
Tussilago farfara		+				
Typha latifolia		+	+	+	+	
Ulmus glabra				+		
Urtica dioica		+	+	+	+	
Utricularia vulgaris	0				+	
Vaccinium myrtillus		+	+	+	+	
Vaccinium oxycoccus	2			+	+	+
Verbascum densiflorum		+				
Verbascum nigrum		+	+	+		
Veronica arvensis		+		+		
Veronica chamaedris		+	+	+		
Veronica hederifolia s.str.		+				
Veronica officinalis		+	+			
Veronica persica		+				
Veronica scutellata	3		+			

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Barssee	RL*	1992	1983	1971	1959	1938
<i>Viburnum opulus</i>				+		
<i>Vicia angustifolia</i>		+				
<i>Vicia cracca</i>			+	+		
<i>Vicia hirsuta</i>		+				
<i>Vicia sativa</i>		+		+		
<i>Vicia sepium</i>		+				
<i>Viola palustris</i>	3	+	+			
<i>Viola riviniana</i>		+	+	+		
<i>Viola tricolor s.str.</i>		+		+		
Artenzahl		290	216	214	88	25

Artenliste Pechsee	RL*	1992	1983	1970	1959	1938
<i>Acer platanoides</i>		+				
<i>Achillea millefolium</i>		+	+	+		
<i>Agrostis canina</i>		+	+	+	+	
<i>Agrostis stolonifera</i>			+			+
<i>Agrostis tenuis</i>		+	+	+		
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		+		+	+	
<i>Alliaria petiolata</i>		+				
<i>Andromeda polifolia</i>	1					+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		+	+	+	+	
<i>Anthriscus sylvestris</i>		+				
<i>Arctium minus</i>		+				
<i>Arrhenatherum elatius</i>		+	+	+		
<i>Artemisia vulgaris</i>		+				
<i>Astragalus glycyphyllos</i>		+				
<i>Athyrium filix-femina</i>		+		+		
<i>Avenella flexuosa</i>		+	+	+		
<i>Betula aschersoniana</i>		+				
<i>Betula pendula</i>		+	+	+	+	+
<i>Betula pubescens</i>		+	+	+	+	+
<i>Bidens connata</i>		+				
<i>Bidens frondosa</i>		+	+	+	+	
<i>Brachypodium sylvaticum</i>		+	+	+		
<i>Calamagrostis arundinacea</i>		+	+	+		
<i>Calamagrostis canescens</i>		+	+	+	+	
<i>Calamagrostis epigeios</i>		+	+	+		
<i>Calla palustris</i>		+	+	+	+	
<i>Carex canescens</i>	3	+	+	+	+	+
<i>Carex echinata</i>	2	+	+	+	+	+
<i>Carex elata</i>		+	+	+	+	
<i>Carex elongata</i>	3		+			
<i>Carex gracilis</i>		+	+	+	+	
<i>Carex hirta</i>		+	+	+		
<i>Carex lasiocarpa</i>	2	+	+	+	+	+
<i>Carex limosa</i>	1	+			+	+
<i>Carex nigra</i>		+			+	+
<i>Carex pallescens</i>		+				
<i>Carex pilulifera</i>		+	+	+		
<i>Carex pseudocyperus</i>			+			
<i>Carex rostrata</i>	3	+	+	+	+	
<i>Cerastium arvense</i>				+		
<i>Cirsium arvense</i>		+		+		
<i>Cirsium palustre</i>		+		+	+	
<i>Cirsium vulgare</i>		+				

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Pechsee	RL*	1992	1983	1970	1959	1938
Convallaria majalis				+		
Crataegus monogyna		+	+	+		
Dactylis glomerata		+	+	+		
Danthonia decumbens		+		+		
Daucus carota		+				
Deschampsia caespitosa		+		+	+	
Digitalis purpurea		+				
Drosera anglica	0					+
Drosera intermedia	1				+	+
Drosera rotundifolia	3	+	+	+	+	+
Dryopteris carthusiana		+	+	+	+	+
Dryopteris dilatata		+		+		
Dryopteris filix-mas				+		
Eleocharis palustris		+	+	+	+	
Epilobium angustifolium		+	+		+	
Epilobium palustre		+	+	+	+	
Eriophorum angustifolium		+	+	+	+	+
Eriophorum vaginatum	2			+	+	+
Eupatorium cannabinum					+	
Euphorbia cyparissias		+	+	+		
Fallopia convolvulus		+		+		
Festuca rubra agg.		+	+			
Fragaria vesca				+		
Frangula alnus		+	+	+		
Galeopsis bifida				+		
Galeopsis tetrahit		+				
Galium palustre		+	+	+	+	
Galium verum		+	+	+		
Geum urbanum		+		+		
Glechoma hederacea		+	+	+		
Glyceria maxima		+	+	+	+	+
Hedera helix		+				
Hieracium pilosella		+		+		
Holcus lanatus		+	+		+	
Holcus mollis		+	+	+	+	
Hydrocotyle vulgaris		+	+	+	+	+
Hypericum perforatum		+	+	+		
Hypochoeris radicata		+				
Impatiens parviflora		+	+	+		
Iris pseudacorus					+	
Iris sibirica G.	1	+				
Juncus articulatus		+	+	+	+	
Juncus bufonius			+			
Juncus bulbosus	3	+	+	+	+	
Juncus compressus			+			
Juncus conglomeratus						+
Juncus effusus		+	+	+	+	
Juncus tenuis		+				
Larix decidua		+	+	+		
Lathyrus linifolius				+		
Ledum palustre	1					+
Linaria vulgaris		+				
Lunaria annua		+				
Luzula campestris		+	+			
Luzula multiflora		+	+	+	+	
Luzula pilosa		+	+	+		

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Pechsee	RL*	1992	1983	1970	1959	1938
Lycopus europaeus		+	+	+	+	
Lysimachia thyrsoflora		+	+	+	+	+
Lysimachia vulgaris		+	+		+	
Lythrum salicaria		+			+	
Maianthemum bifolium		+	+	+		
Melampyrum pratense			+	+		
Melica nutans	3	+		+		
Menyanthes trifoliata		+	+	+	+	
Moehringia trinervia		+	+	+		
Molinia caerulea		+	+	+	+	+
Mycelis muralis		+	+	+		
Myosotis scorpioides					+	
Nuphar lutea		+	+	+	+	+
Nymphaea alba		+	+	+	+	+
Oxalis acetosella		+				
Oxalis fontana		+	+			
Phleum pratense				+		
Phragmites australis		+	+			
Picea abies		+	+	+		
Pinus sylvestris		+	+	+	+	+
Plantago major		+				
Poa annua		+	+	+		
Poa nemoralis		+	+	+		
Poa palustris		+	+	+		
Poa pratense		+	+	+		
Poa trivialis		+	+	+		
Polygonatum odoratum				+		
Polygonum amphibium					+	
Polygonum hydropiper		+	+			
Polygonum minus		+				
Polygonum persicaria		+				
Populus tremula		+	+	+		
Potamogeton natans				+	+	
Potentilla anglica					+	
Potentilla erecta		+	+	+	+	
Potentilla palustris	3	+	+	+	+	+
Potentilla reptans		+	+	+		
Prunella vulgaris		+		+		
Prunus serotina		+	+	+	+	
Prunus spinosa		+				
Pteridium aquilinum		+	+	+	+	
Quercus petraea		+	+	+		
Quercus robur		+	+	+	+	
Quercus rubra		+	+	+		
Ranunculus flammula		+	+			
Ranunculus repens		+	+	+		
Ranunculus sceleratus		+	+			
Rhynchospora alba	1	+			+	+
Rorippa amphibia		+				
Rubus caesius		+	+			
Rubus fruticosus		+	+	+	+	
Rubus idaeus		+	+	+		
Rumex acetosa		+				
Rumex acetosella		+	+			
Sagittaria sagittifolia	2	+	+			
Salix aurita	3	+		+	+	

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Artenliste Pechsee	RL*	1992	1983	1970	1959	1938
<i>Salix caprea</i>			+			
<i>Salix cinerea</i>		+	+			
<i>Sambucus nigra</i>		+	+	+		
<i>Sambucus racemosa</i>		+				
<i>Scheuchzeria palustris</i>	0					+
<i>Schoenoplectus lacustris</i>		+	+	+	+	+
<i>Scrophularia nodosa</i>		+				
<i>Senecio sylvaticus</i>		+	+			
<i>Senecio vernalis</i>		+				
<i>Senecio vulgaris</i>		+				
<i>Solanum nigrum</i>		+				
<i>Solidago canadensis</i>		+				
<i>Sorbus aucuparia</i>		+	+	+		
<i>Sparganium erectum</i>					+	
<i>Sparganium minimum</i>	1			+	+	
<i>Stellaria graminea</i>		+	+	+		
<i>Stellaria media</i>		+	+	+		
<i>Taraxacum officinale</i> agg.		+				
<i>Taxus baccata</i> Gf.		+				
<i>Thelypteris palustris</i>		+	+	+	+	+
<i>Torilis japonica</i>		+				
<i>Trifolium hybridum</i>				+		
<i>Trifolium repens</i>		+		+		
<i>Typha angustifolia</i>					+	+
<i>Typha latifolia</i>		+	+	+		
<i>Urtica dioica</i>		+	+	+		
<i>Utricularia vulgaris</i> s.str.	2				+	
<i>Vaccinium myrtillus</i>		+	+	+		
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	2			+	+	+
<i>Verbascum lychnitis</i>		+				
<i>Veronica chamaedrys</i>		+	+	+		
<i>Veronica officinalis</i>		+		+		
<i>Vicia angustifolia</i>		+				
<i>Vicia sepium</i>			+	+		
<i>Viola canina</i>	3			+		
<i>Viola palustris</i>	3	+	+			+
<i>Viola riviniana</i>		+	+	+		
Artenzahl		156	108	115	65	32

*: Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin (AUHAGEN, PLATEN & SUKOPP 1991)

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1959 - 1992)

Ferch ` Großes Moor Alte Dorfstelle `	RL*	1992	1959
Agrostis canina		+	+
Alnus glutinosa		+	
Anthoxanthum odoratum		+	
Avenella flexuosa		+	
Betula pendula		+	+
Betula pubescens		+	+
Calluna vulgaris		+	+
Carex canescens	3	+	+
Carex echinata	3	+	
Carex leporina			+
Carex limosa	2	+	+
Carex nigra	3	+	+
Carex rostrata	3	+	+
Drosera rotundifolia	3	+	+
Dryopteris carthusiana		+	+
Eriophorum angustifolium	3	+	+
Eriophorum vaginatum	3	+	+
Frangula alnus		+	+
Hypericum perforatum		+	
Juncus acutiflorus	3		+
Juncus effusus		+	+
Lemna minor			+
Luzula multiflora		+	+
Lycopodium clavatum			+
Lysimachia thyrsoiflora		+	+
Lysimachia nummularia		+	
Melampyrum pratense		+	
Molinia caerulea		+	+
Pinus sylvestris		+	+
Pteridium aquilinum		+	+
Quercus robur		+	
Quercus rubra		+	
Scheuchzeria palustris	1		+
Sorbus aucuparia		+	+
Stellaria media		+	
Vaccinium myrtillus		+	
Vaccinium oxycoccus	3	+	+
Artenzahl		32	26

Anlage 5

Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen (1938 - 1992)

Ferch `Kleines Moor Alte Dorfstelle`	<u>RL*</u>	<u>1992</u>	<u>1959</u>
<i>Agrostis canina</i>			+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		+	+
<i>Avenella flexuosa</i>		+	+
<i>Betula pendula</i>		+	+
<i>Betula pubescens</i>		+	
<i>Calamagrostis stricta</i>	2		+
<i>Calluna vulgaris</i>		+	
<i>Carex canescens</i>	3	+	+
<i>Carex echinata</i>	3	+	+
<i>Carex nigra</i>	3	+	+
<i>Carex rostrata</i>	3		+
<i>Deschampsia cespitosa</i>		+	
<i>Drosera rotundifolia</i>	3	+	+
<i>Dryopteris carthusiana</i>		+	+
<i>Eriophorum angustifolium</i>	3		+
<i>Eriophorum vaginatum</i>	3	+	+
<i>Frangula alnus</i>		+	+
<i>Glyceria fluitans</i>			+
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>		+	+
<i>Juncus bulbosus</i>			+
<i>Juncus conglomeratus</i>			+
<i>Juncus effusus</i>		+	+
<i>Luzula multiflora</i>			+
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>			+
<i>Pinus sylvestris</i>		+	+
<i>Poa pratensis</i>			+
<i>Populus tremula</i>			+
<i>Potentilla erecta</i>			+
<i>Potentilla palustris</i>			+
<i>Quercus robur</i>		+	+
<i>Rumex acetosa</i>		+	
<i>Rumex acetosella</i>		+	
<i>Sorbus aucuparia</i>		+	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>		+	
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	3		+
<i>Viola palustris</i>			+
Artenzahl		21	30

*: Rote Liste Farn- und Blütenpflanzen (BENKERT & KLEMM 1993)

Dauerflächen Pechsee 1991 (Südostseite)

Transektnummer	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b
Fläche (m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Deckung (%) Baum	30	20	40	-	-	-	-	-	-	-
Strauch	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kraut	98	95	85	50	40	40	40	35	45	50
Moos	5	15	95	100	100	100	100	100	100	98
Artenzahl Gefäßpfl.	10	10	12	9	10	9	10	7	9	8
Moose	5	3	3	3	3	4	2	2	2	2
<i>Betula pendula</i>	3	2b	3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus serotina</i>	+a	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Juncus effusus</i>	2b	.	+p	+p	+p	+p	+p	.	+p	+p
<i>Carex canescens</i>	+p	1p	2a	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2b
<i>Carex rostrata</i>	+p	1a	2b	2b	2b	2a	2a	2a	2b	2b
<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	.	.	.	.	.	.	+p	+r	+r	.
<i>Eriophorum angustifolium</i>	.	.	.	.	.	.	+r	+p	1b	1b
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	+r	+p	+p	+r	+p	+p	+r	+r
<i>Agrostis canina</i>	2b	1a	1a	+p	1p	1p	1p	.	.	.
<i>Potentilla palustris</i>	.	1b	2b	2a	+a	+a	.	.	.	+p
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	.	.	.	+p	1p	+p	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	1p	+p	1p	1p	+p	.
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	.	.	+p	+p	+a	+p	+p
<i>Carex elata</i>	3	5	3	+r	.	.	.	.	.	.
<i>Epilobium palustre</i>	2a	1a	+p	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	2a	1b	+a	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	+a	+b	.	+r	.	.	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	.	.	+p	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	.	+p	1b	1a	+p	.	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	+a
<i>Betula pubescens</i> (Jgpf.)	.	.	.	.	+r	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum fallax</i>	1p	2b	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Calliergon stramineum</i>	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Polytrichum commune</i>	1a	.	2m	2a	2b	+p	.	.	.	.
<i>Dicranella cerviculata</i>	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lophocolea heterophylla</i>	2m	2m	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aulacomnium palustre</i>	.	.	.	.	.	1p	.	.	.	.

Dauerflächen Pechsee 1992 (Südostseite)

Transektnummer	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b
Fläche (m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Deckung (%) Baum	25	20	35	-	-	-	-	-	-	-
Strauch	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Kraut	85	85	70	45	30	35	35	35	45	45
Moos	2	15	95	100	100	100	100	100	100	98
Artenzahl Gefäßpflanzen	10	12	13	9	10	10	10	7	8	9
Moose	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
<i>Betula pendula</i>	3	2b	3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	.	.	.	.	+a	.	.	.	.	.
<i>Juncus effusus</i>	2b	+p	+p	+p	+p	1p	+p	.	+p	+p
<i>Carex canescens</i>	+p	1p	1b	2a	2a	2b	2b	2a	2b	2b
<i>Carex rostrata</i>	+p	1b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b
<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	.	.	.	.	.	.	+p	+p	.	+p
<i>Eriophorum angustifolium</i>	.	.	.	.	.	+p	+p	+p	1b	1b
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	+p	1p	+p	+p	+p	+p	+p	+p
<i>Agrostis canina</i>	2b	1p	+p	+p	+p	1p	+p	.	.	.
<i>Potentilla palustris</i>	.	1b	2b	2a	+a	+a	.	.	.	+p
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	.	.	.	+p	+p	+p	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	+p	+p	+p	+p	.	.
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	.	.	+p	+p	+a	+p	+p
<i>Carex elata</i>	2b	4	2b	+r	.	.	.	.	.	.
<i>Epilobium palustre</i>	1b	1a	+p	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	2b	2a	+p	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	+b	+b	+r	+r	.	.	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	.	.	+p	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	.	+p	1a	+p	+r	.	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	+a
<i>Betula pubescens</i> (Jgpf.)	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.
<i>Prunus serotina</i> (Jgpf.)	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum fallax</i>	.	2b	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Calliergon stramineum</i>	1p	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Polytrichum commune</i>	1a	.	2m	2m	2a	.	.	.	.	.
<i>Lophocolea heterophylla</i>	2m	2m	.	.	.	.	.	.	.	.

Dauerflächen Pechsee 1991 (Nordwestseite)

Transektnummer	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11
Fläche (m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Deckung (%) Baum	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Strauch	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kraut	95	90	70	45	40	35	45	40	45	55	60
Moos	10	85	98	98	100	100	100	98	100	100	95
Artenzahl Gefäßpfl.	13	12	11	13	10	10	8	10	9	10	10
Moose	7	3	3	3	3	2	2	2	2	3	5
<i>Betula pubescens</i>	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus serotina</i>	+b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex canescens</i>	1a	2b	2a	2a	2b	2b	2b	2a	2b	2b	2a
<i>Carex rostrata</i>	1b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	3	+p
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	+p
<i>Eriophorum angustifolium</i>	.	+r	.	+p	.	.	+p	1a	1b	1b	+p
<i>Agrostis canina</i>	2a	2a	+p	1p	+p	1p	1p	1p	.	.	1a
<i>Juncus effusus</i>	3	1a	+r	+p	+p	1p	.	+p	+p	+p	.
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	+p	1p	1p	1p	+p	+p	+p	+p	+p	.
<i>Potentilla palustre</i>	+b	2b	2b	+a	+p	+p	.	.	+p	+a	+p
<i>Molinia caerulea</i>	3	1b	2a	2a	.	+p	.	+r	.	.	+p
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	+r	+r	+r	+p	.	+r	+p	.
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	.	.	+p	+p	1a	1b	1a	+p	+r	+p
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	+p	+p	+p	1p	1p	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	+p	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	+p	1p	+p	.	.	.	.
<i>Epilobium palustre</i>	1a	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	+r
<i>Carex elata</i>	+p	1a	+p	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex limosa</i>	.	.	+p	+r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	+p	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	.
<i>Nymphaea alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+a	.
<i>Betula pubescens</i> (Jgpfl.)	+r	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.
<i>Menyanthes trifoliata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Pinus sylvestris</i> (Keiml.)	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	.
<i>Sphagnum fallax</i>	2a	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Calliergon stramineum</i>	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Polytrichum commune</i>	1a	1p	2m	2m	2a	.	.	.	.	.	2m
<i>Dicranella cerviculata</i>	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p
<i>Sphagnum squarrosum</i>	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.
<i>Drepanocladus fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m
<i>Cephalozia connivens</i>	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Marchantia polymorpha</i>	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Dauerflächen Pechsee 1992 (Nordwestseite)

Transektnummer	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11
Fläche (m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Deckung (%) Baum	35	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Strauch	-	-	-	-	-	-	-	-	<1	-	-
Kraut	75	65	55	40	30	25	35	35	40	45	50
Moos	15	90	98	98	100	100	100	98	100	100	98
Artenzahl Gefäßpfl.	12	13	9	11	10	10	9	10	10	10	9
Moose	4	3	3	3	3	2	2	2	2	3	5
<i>Betula pubescens</i>	3	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.
<i>Carex canescens</i>	+p	1b	2a	2a	2a	2a	2b	2b	2b	2b	2a
<i>Carex rostrata</i>	1b	2b	2b	2b	2b	2a	2b	2b	2b	2b	+p
<i>Lysimachia thyrsiflora</i>	.	.	.	.	.	+r	+p	+p	+r	+r	+p
<i>Eriophorum angustifolium</i>	.	+r	+r	.	.	.	+p	1b	1b	1b	+p
<i>Agrostis canina</i>	1b	1a	.	+p	+p	1p	+p	1p	.	.	1p
<i>Juncus effusus</i>	2a	1b	.	+p	+r	+p	.	+p	+p	+p	.
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	+p	+p	+p	1p	+p	.	+p	+p	+p	.
<i>Potentilla palustris</i>	+b	2b	2b	+a	+r	+r	.	.	+p	.	+p
<i>Molinia caerulea</i>	3	2a	1b	1b	+p	+a	.	+p	.	.	+p
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	+r	+r	+p	+p	+r	+p	+p	.
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	.	.	.	+r	1p	1p	1a	+p	.	.
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	+p	+r	+r	+p	+p	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	+p	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	+p	.	.	.	.
<i>Epilobium palustre</i>	1a	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex elata</i>	+p	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex limosa</i>	.	.	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	.
<i>Nymphaea alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+a	.
<i>Menyanthes trifoliata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Pinus sylvestris</i> (Keiml.)	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	.	.
<i>Salix spec.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r
<i>Sphagnum fallax</i>	2b	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Calliergon stramineum</i>	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Polytrichum commune</i>	1a	1p	2m	2m	2a	.	.	.	.	.	2m
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p
<i>Sphagnum squarrosum</i>	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.
<i>Drepanocladus fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p

Dauerflächen Barssee 1991 (Nordseite)

Transektnummer	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a	18a	19a	20a	21a	22a	23a	24a	25a	26a	27						
Fläche (m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16						
Deckung (%) Baum	55	40	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Strauch	10	25	1	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	<1	-	2	<1	-					
Kraut	85	80	35	35	35	45	40	45	60	50	45	45	50	45	45	50	55	60	55	40	35	35	35	35	30	40	40						
Moos	10	10	50	25	65	98	98	10	10	10	95	98	98	10	98	95	95	95	95	70	15	60	65	15	8	30	35						
Artenliste Gefäßpfl.	19	18	15	12	14	8	5	7	6	4	7	8	10	6	7	6	5	7	8	7	6	7	7	12	12	12	8						
Moose	5	4	5	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	5	4	4	3	3	2	4	3	5	3	3	2						
<i>Alnus glutinosa</i>	4	3	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	+a	+b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	2a	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix cin.xaurita</i>	.	3	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex canescens</i>	+p	1b	2b	2b	2b	3	2b	2b	2b	3	2b	2b	2b	2a	2b	1b	1a	2b															
<i>Carex rostrata</i>	+p	+p	+p	1a	2a	2a	2b	2b	2a	2b	2b	2b	2b	2a	2b	3	3	3	3	3	2b	2a	2b	2a	1b	1b	1b	2a					
<i>Drosera rotundif.</i>	.	+p	1a	1b	2m	1b	1a	1a	+p	1p	1p	1a	1a	+p	1b	1b	1a	1p	1p	1p	1p	1a	1a	1a	1a	2m	2m	2m					
<i>Eriophorum angust.</i>	.	.	.	+r	+p	1a	1a	1b	1b	.	.	.	+p	.	+p	.	.	+p	2a	2a	1b	1a	2a	1b	1b	2a	1b	1a					
<i>Juncus effusus</i>	2b	3	+p	.	.	+p	.	1a	2b	1b	1a	1a	1a	1p	1p	1a	1a	2a	1b	+p	.	.	.	.	.	.	.	1p
<i>Juncus bulbosus</i>	.	.	+p	+p	+p	1p	1p	1p				
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	+p	1a	1p	1a	+p	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	+p	+p	.	+p	+p	+p	1b	2a	.
<i>Typha latifolia</i>	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+a	.	+r	.	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	2b	2b	2a	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p
<i>Bidens frondosa</i>	1b	+p	1a	1a	+a	.	.	.	.	.	.	.	.	1a	1b	1b	.	.	+p	+p	.	.	.	.	.	+p	+p	+p
<i>Lycopus europaeus</i>	2b	2a	1a	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	4	4	2a	1b	+r	+r	+r	+p	1a	1b		
<i>Lysimachia thyrifl.</i>	.	.	.	.	+r	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla palustris</i>	.	+p	1b	+b	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p
<i>Bidens connata</i>	+r	.	+p	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r
<i>Hydrocotyle vulgar.</i>	1a	2a	1b	1b	1a	1a	+p	.	+p	2m	2b	+r
<i>Lysimachia vulgaris</i>	+p	1b				
<i>Thelypteris palustris</i>	+a	a+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scutellaria galericul.</i>	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Frangula alnus(Jgpfl.)</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hedera helix (Keiml.)</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum hydrop.</i>	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca gigantea</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Poa nemoralis</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pub. (Jgpfl.)</i>	+r	+r	.	.	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r
<i>Betula pub. (Keiml.)</i>	.	.	.	.	.	+r	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nymphaea alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix cinerea (Jgpfl.)</i>	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylv.(Keiml.)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylv.(Jgpfl.)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Populus trem.(Jgpfl.)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex elata</i>	+p	+p	+a	+p	+p	+p	1a	2b			
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	2a	2m	2m	2a	5	3	2m	2m	5	5	4	4	2a	2b	2m	2a	2m	2m	2m	2m			
<i>Sphagnum squarro.</i>	+p	1p	.	.	.	.	.	1p	1p	4	5	5	2b	2m	3	2a	2a	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calliergon stramin.</i>	2m	1p	2m	.	.	2m	.	.	1p	.	1p	1p	1p	.	2m	.	1p												
<i>Sphagnum fallax</i>	2m	2a	3	2b	4	5	5	5	2b	1p	1p	.	.	.	+p	2a	5	4	5	4	2a	2a	2a	2m	2m	2a	2m						
<i>Polytrichum comm.</i>	.	1p	2m	2m	2m	2m	4	4	2b	2a	2b	3
<i>Drepanocladus fluit.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	1p	1p	1p	2m	2m	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	1p	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aulacomnium palustre</i>	1p	1p	1p	.	.	

Dauerflächen Barssee 1992 (Nordseite)

Transektnummer	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	13a	14a	15a	16a	17a	18a	20a	21a	22a	23a	24a	25a	26a	27		
Fläche (m²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16	
Deckung (%) Baum	60	20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Strauch	5	30	1	-	-	10	-	-	-	-	-	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<1	-	2	2	-	
Kraut	75	90	45	40	40	40	40	45	65	60	55	60	65	65	55	55	60	60	55	50	45	40	40	40	40	40	55	45	
Moos	10	10	75	75	80	98	98	100	99	98	90	95	98	100	95	95	95	98	95	75	20	60	70	25	15	30	60	60	
Artenliste Gefäßpfl.	16	18	16	11	12	8	6	7	6	8	9	12	11	7	8	6	6	9	7	7	5	6	9	14	12	11	8	8	
Moose	7	4	4	4	3	5	3	3	5	5	4	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	2	3	4	3	3	2	2	
<i>Alnus glutinosa</i>	4	2b	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	+b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	+b	+r	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	+b	+b	.
<i>Salix cin.xaurita</i>	.	3	+a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex canescens</i>	+p	1b	2b	2b	2b	2b	2b	3	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2a	2b	2b	2a	2a	1b	1a	2b	2b		
<i>Carex rostrata</i>	+p	+p	1b	+p	1b	2a	2a	2a	2b	2b	2b	2b	3	3	2b	3	3	3	2b	3	2b	2b	2a	2a	1b	1b	2b		
<i>Drosera rotundifolia</i>	+r	+r	1p	2m	2m	2m	1a	1a	1p	1a	1p	1b	2m	1a	1a	1b	2m	1p	1a	2m	1a	1a	1a	1a	1a	1a	2m	2m	
<i>Eriophorum angustif.</i>	.	+r	+p	1b	1b	1a	1a	1b	1p	+p	+p	2a	1a	+p	+p	.	1b	2a	1b	2a	1b	2b	2b	2b	2a	2a	2b	2b	
<i>Juncus effusus</i>	2b	2b	+p	.	.	+p	.	1a	2b	2b	2a	1a	1b	+p	+p	1a	1b	1b	1a	+p	.	.	.	.	.	.	1a	1a
<i>Juncus bulbosus</i>	.	.	+r	+p	+r	+p
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	+p	2b	1b	1a	+p	+p	+p	+p	.	.	.	.	+p	.	.	+p	+p	+p	+p	.	+p	+p	+p	2a	2a	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	+a	.	+r	.	+a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	2m	2a	2m	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bidens frondosa</i>	1b	1a	+p	+p	+p	.	.	.	.	.	.	1a	1p	1p	.	.	1a	.	+p	.	.	.	.	+p	+p	+p	+p	.
<i>Lycopus europaeus</i>	2a	1b	+p	+p	+p	.	.	.	.	.	.	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	2b	3	2b	1b	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	1a	2a	.
<i>Lysimachia thyrsiflo.</i>	.	.	+r	+p	+p	+p	+p	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla palustris</i>	+p	+p	1a	1a	+p	.	.	.	.	.	.	+r	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	.	.
<i>Bidens connata</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1a	2b	2m	1b	1a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1b	+p	.	+p	1a	1b	3	+p
<i>Lysimachia vulgaris</i>	1b	1a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thelypteris palustris</i>	+a	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hedera helix (Keiml.)</i>	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pub. (Jgpfl.)</i>	+r	.	.	.	.	+r	.	+r	.	.	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	.	+p	+r	+r	.
<i>Betula pub. (Keiml.)</i>	+p	.	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p
<i>Nymphaea alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix cinerea (Jgpfl.)</i>	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylv. (Keiml.)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	+p
<i>Pinus sylv. (Jgpfl.)</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	+a	.	+r	.	+r	.	.	.	.
<i>Populus trem. (Jgpfl.)</i>	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	+r
<i>Juncus articulatus</i>	.	.	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex elata</i>	+p	+p	+p	+p	2a
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	2m	.	.	.	.	2m	2m	2a	5	3	2a	2m	5	5	4	4	2a	2b	2m	2a	2m	.	+p	2a	2m	2m	.	
<i>Sphagnum squarro.</i>	+p	1p	.	.	.	.	.	.	1p	4	5	5	2a	2m	3	2b	2m	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calliergon stramin.</i>	2m	1p	1p	1p	1p	1p	.	1p	1p	2m	1p	.	1p	.	.	.	1p	.	.	1p	2m	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum fallax</i>	2m	2a	5	5	5	5	5	5	2b	2a	1p	.	.	.	.	2m	5	4	5	4	2b	2a	2m	1p	2m	2a	2m	
<i>Polytrichum comm.</i>	+p	1p	1p	2m	1p	2m	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Dicranella cerviculata</i>	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cephalozia connivens</i>	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Drepanocladus fluit.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	+p	.	1p	1p	1p	1p	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	+p	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aulacomnium palus.</i>	.	.	.	.	.	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	.

Dauerflächen Barssee 1991(Südseite)

Transektnummer	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
Fläche (m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
Deckung (%) Baum	70	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Strauch	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	5	-	3	3	-	<1	-				
Kraut	90	80	30	35	35	35	40	40	45	60	55	40	45	45	40	45	40	45	50	50	45	40	25	30	30	35				
Moos	1	15	20	75	90	90	100	100	98	98	90	98	100	100	100	98	98	98	98	90	90	90	95	20	25	25				
Artenliste Gefäßpflanzen	11	11	15	11	11	7	7	5	5	5	10	8	7	6	7	7	5	8	6	6	5	8	8	13	12	12				
Moos	3	3	3	3	5	2	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	5	3	3	4	4				
<i>Betula pendula</i>	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	.	.	.	.	+b	+b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+a	+b	2a	.	+b	+b	.	+r	.
<i>Salix cinerea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+a	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex canescens</i>	1p	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	3	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2a				
<i>Carex rostrata</i>	.	+p	1b	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2a	2a	2b	3	2b	3	3	2b	2b	2b	1b	1b	1b	1b				
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	1p	1a	1a	1a	1a	1p	1a	1p	+p	1p	1p	+p	+p	1p	1p	1p	1p	1p	1a	1p	+p	1p	1a	1a	1a				
<i>Juncus effusus</i>	2b	1b	+p	.	1p	+p	1p	1b	1a	2b	1b	1a	1a	1a	1p	1a	+p	1a	1p	1a	+p	+p	1p	.	.	.				
<i>Bidens frondosa</i>	1a	.	+a	1a	+p	.	.	.	.	.	+r	+p	+p	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	1a	+p	+p
<i>Juncus bulbosus</i>	.	.	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	1p	1p	+p	+p	+p	+r	+p	1a	1a			
<i>Eriophorum angustifol.</i>	.	.	+a	+a	1a	+p	1b	1b	1b	+p	.	.	.	.	.	1b	2a	1b	1b	1b	2a	2a	1a	1b	1a	1b
<i>Pinus sylvestris</i> (Jgpfl.)	+r	.			
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	1b	2b	2b	2b	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	+r	+p	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	+r	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lycopus europaeus</i>	2a	1a	+p	+r	.	.	.	.	.	.	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	.	.	.	+p	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	4	4	2b	1b	+p	+p	+p	+p	1b	1b			
<i>Bidens connata</i>	.	.	+a	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla palustris</i>	+r	1b	+p	.	.	.	.	.	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1b	2a	1a	+p	+p	1a	1b			
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1b	1a	+p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum hydropiper</i>	1a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thelypteris palustris</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix cin.xaurita</i> (Jgpfl.)	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubesc.</i> (Jgpfl.)	.	.	.	.	+r	+p	+r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+a	+r	+r	.	+p	+p	+a	.	.
<i>Betula pubesc.</i> (Keiml.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r	.
<i>Molinia caerulea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+p	.	.	.
<i>Osmunda regalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+r
<i>Juncus articulatus</i>	+p	1a	+p			
<i>Menyanthes trifoliata</i>	+a	.			
<i>Carex elata</i>	+p	+p	+r	+p	+p	2a
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	.	.	.	.	2m	.	2a	2b	5	5	3	5	5	5	2b	5	5	5	2a	3	2m	2m	2m	.	1p	2m
<i>Sphagnum squarrosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1p	1p	2a	4	2m	2b	2b	5	2m	2m	1p	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calliergon stramineum</i>	1p	1p	1p	1p	1p	1p	1p	2m	1p	2m	2m	.	.	.	.	1p	.	2m	2m	.	1p	.	1p	.	1p	.
<i>Sphagnum fallax</i>	2m	2b	2b	4	5	5	5	5	2a	1p	.	.	.	.	1p	2a	2b	2b	5	4	5	5	2b	1p	2m	2m
<i>Polytrichum commune</i>	1p	1p	2m	2m	1p	2a	2a	4	2b	2b	2a			
<i>Drepanocladus fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	1p	1p	2m	2m	1p	.	1p	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aulacomnium palustre</i>	.	.	.	.	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	1p				
<i>Sphagnum palustre</i>	+p	1p	.			

Dauerflächen Barssee 1992 (Südseite)

Transektnummer	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26								
Fläche (m²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4								
Deckung (%) Baum	55	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
Strauch	-	-	-	-	15	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	15	-	4	4	-	-	-								
Kraut	95	90	40	40	40	35	40	60	60	65	55	45	55	50	45	45	40	45	45	50	45	45	40	45	40	35								
Moos	1	15	70	80	80	80	100	100	98	98	95	95	98	100	99	99	98	98	100	90	95	90	95	50	30	35								
Artenzahl Gefäßpflanzen	14	16	16	11	12	8	7	8	6	5	10	11	6	6	6	7	6	8	6	6	5	7	7	11	12	14								
Moos	3	3	3	2	4	1	2	3	2	5	4	3	4	3	5	4	3	4	3	3	5	4	4	3	4	4								
<i>Betula pendula</i>	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i>	.	.	.	.	2b	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	a	2b	.	+	b	+	b			
<i>Salix cinerea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r								
<i>Carex canescens</i>	1p	2a	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2a	2a	2a	2b	2b	2a	2b	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2a								
<i>Carex rostrata</i>	.	+	r	1a	1b	1b	2b	2b	2b	2b	2b	3	3	2b	2b	2b	2a	2b	2b	2b	2b	2b	2a	2a	1b	1a								
<i>Drosera rotundifolia</i>	.	+	p	1a	1a	1a	1b	1a	1b	1b	1p	1a	2m	1a	1a	2m	1a	2m	1a	1a	1a	1p	1a	1p	1a	1a								
<i>Juncus effusus</i>	2b	2a	+	p	.	+	+	r	1p	1a	1a	2b	1b	1b	1b	+	p	1a	1a	+	p	1a	+	p	1a	1a								
<i>Bidens frondosa</i>	1a	.	+	p	1a	+	.	.	.	1a	.	.	+	+	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	1a	1a	+	p		
<i>Juncus bulbosus</i>	.	+	p	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	p		
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	1a	1a	+	1p	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	+	p	1a	1p	
<i>Eriophorum angustifolium</i>	.	.	1b	1a	1b	1a	1a	2a	1b	+	p	.	.	.	.	.	.	1b	2b	2a	2a	2a	1b	2a	1b	1b	1b	1b		
<i>Pinus sylvestris</i> (Keiml.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	+	p	
<i>Pinus sylvestris</i> (Jgpf.)	+	r	+	+	r	+	.			
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	2m	2a	2b	2a	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calla palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	r	.	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lycopus europaeus</i>	2a	1a	+	+	p	+	p	.	.	.	.	.	+	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia thyriflora</i>	+	+	p	+	p	1p	+	+	.	.	.	.	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	4	4	3	2b	1p	+	p	+	p	1p	1a			
<i>Bidens connata</i>	+	r	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla palustris</i>	.	1b	1b	+	r	.	.	.	.	.	.	+	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	2b	2b	1b	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1b	1a	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum hydropiper</i>	1a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia vulgaris</i>	+	p	+	p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thelypteris palustris</i>	+	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fallopia convolvulus</i>	+	r	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix cin.xaurita</i> (Jgpf.)	.	+	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Iris pseudacorus</i>	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Populus tremula</i> (Jgpf.)	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i> (Jgpf.)	+	a	+	a	+	r	+	r	+	p	+	r	.	+	r	+	a	+	b	+	r	.
<i>Molinia caerulea</i>	.	.	.	+	a			
<i>Osmunda regalis</i>			
<i>Juncus articulatus</i>			
<i>Menyanthes trifoliata</i>			
<i>Carex elata</i>	+			
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	.	.	.	.	.	2m	.	2m	2b	5	5	4	5	5	5	2m	5	5	5	2a	3	2m	2m	2m	1p	1p	1p			
<i>Sphagnum squarrosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1p	.	2a	3	2m	2b	2a	5	2m	1p	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calliergon stramineum</i>	1p	1p	1p	.	1p	1p	1p	.	1p	.	1p	.	.	1p	1p	.	1p	.	1p	.	1p	.	1p			
<i>Sphagnum fallax</i>	2m	2b	4	5	5	5	5	5	2a	1p	.	.	.	.	1p	2a	2b	2b	5	4	5	5	2b	2m	2m	2b				
<i>Polytrichum commune</i>	1p	1p	2m	2m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Drepanocladus fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	1p	2m	1p	2m	1p	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aulacomnium palustre</i>	.	.	.	.	1p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1p	1p	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Dauerflächen Wald (Bars- und Pechsee)

	Barssee				Pechsee			
	28	28	28	28	12	12	12	12
Aufnahmenummer	28	28	28	28	12	12	12	12
Fläche (m ²)	100	100	100	100	100	100	100	100
Jahr	1989	1990	1991	1992	1989	1990	1991	1992
Deckung (%) Baum	55	60	40	40	40	25	25	20
Strauch	35	50	10	20	10	2	10	5
Zwergstrauch	10	5	8	10	-	-	-	-
Kraut	2	2	5	10	5	5	15	20
Moos	<1	<1	<1	<1	1	1	1	1
Artenzahl Gefäßpfl.	10	10	11	10	5	9	11	10
Moose	3	3	4	5	2	3	2	2
Höhe Baumschicht (m)	15	15	15	15	20	20	20	20
<i>Betula pubescens</i>	3	3	3	3	2b	2b	2b	2b
<i>Prunus serotina</i>	2a	2a	+b	+b	3	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	2a	2b	2a	2a	.	.	.	.
<i>Betula pendula</i>	.	.	.	.	.	+r	+r	+r
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	+b	2a	.	.	.	.
<i>Frangula alnus</i>	.	.	.	+b	.	.	.	.
<i>Prunus serotina</i>	2b	3	+b	2b	2a	+b	2a	+r
<i>Sorbus aucuparia</i>	2a	2a	+b	+a	.	+p	+p	+b
<i>Betula pubescens</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Frangula alnus</i>	+r	+r	+r	+r	.	.	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2a	1b	2a	2a	.	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i>	1a	1a	1b	2a	1b	1b	2a	2a
<i>Prunus serotina</i> (Jgpfl.)	1a	1p	1b	1a	1b	1p	1a	+p
<i>Sorbus aucuparia</i> (Jgpfl.)	+p	1p	1p	1p	1p	1p	+p	+p
<i>Avenella flexuosa</i>	1p	1a	2m	2m	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i> (Jgpfl.)	+r	+r	.	+r	.	.	1p	2m
<i>Frangula alnus</i> (Jgpfl.)	+p	+p	+p	+p	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i> (Jgpfl.)	+r	+r	.	+r	.	.	+r	+r
<i>Rubus idaeus</i>	.	.	.	.	.	.	+p	+p
<i>Quercus robur</i> (Keiml.)	+p	.	.	.	.	+r	+r	.
<i>Hedera helix</i>	+r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus robur</i> (Jgpfl.)	.	+r	+p	+p	.	.	.	+r
<i>Quercus rubra</i> (Jgpfl.)	.	+r	+r	+r	.	.	.	.
<i>Bidens connata</i>	.	.	+r	.	.	.	.	.
<i>Carex canescens</i>	.	.	.	.	1a	1p	1a	2m
<i>Molinia caerulea</i>	.	.	.	.	.	1a	1b	2a
<i>Betula pubescens</i> (Keiml.)	.	.	.	.	.	+p	2m	2m
<i>Mochringia trinervia</i>	.	.	.	.	.	+r	.	.
<i>Senecio sylvaticus</i>	.	.	.	.	.	.	+p	.
<i>Dicranella cerviculata</i>	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Lophocolea heterophylla</i>	2m	.	1p	2m	.	2m	2m	.
<i>Pohlia nutans</i>	2m	2m	.	2m	.	.	.	.
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	.	.	2m	2m	2m	2m	.	2m
<i>Tetraphis pellucida</i>	.	.	2m	2m	.	.	.	.
<i>Lepidozia reptans</i>	.	2m	.	.	.	.	.	.

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-14195 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 1: HIERSEMENZEL, Sigrid-Elisabeth (1964)
Britische Agrarlandschaften im Rhythmus des landwirtschaftlichen Arbeitsjahres, untersucht an 7 Einzelbeispielen. - 46 S., 7 Karten, 10 Diagramme.
ISBN 3-88009-000-9 (vergriffen)
- Heft 2: ERGENZINGER, Peter (1965)
Morphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ilz (Bayerischer Wald). - 48 S., 62 Abb.
ISBN 3-88009-001-7 (vergriffen)
- Heft 3: ABDUL-SALAM, Adel (1966)
Morphologische Studien in der Syrischen Wüste und dem Antilibanon. - 52 S., 27 Abb. im Text, 4 Skizzen, 2 Profile, 2 Karten, 36 Bilder im Anhang.
ISBN 3-88009-002-5 (vergriffen)
- Heft 4: PACHUR, Hans-Joachim (1966)
Untersuchungen zur morphoskopischen Sandanalyse. - 35 S., 37 Diagramme, 2 Tab., 21 Abb.
ISBN 3-88009-003-3 (vergriffen)
- Heft 5: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. I. Feldarbeiten 1964/65 (1967)
65 S., 34 Abb., 1 Karte.
ISBN 3-88009-004-1 (vergriffen)
- Heft 6: ROSTANKOWSKI, Peter (1969)
Siedlungsentwicklung und Siedlungsformen in den Ländern der russischen Kosakenheere. - 84 S., 15 Abb., 16 Bilder, 2 Karten.
ISBN 3-88009-005-X (DM 15,-)
- Heft 7: SCHULZ, Georg (1969)
Versuch einer optimalen geographischen Inhaltsgestaltung der topographischen Karte 1 : 25 000 am Beispiel eines Kartenausschnittes. - 28 S. 6 Abb. im Text, 1 Karte im Anhang.
ISBN 3-88009-006-8 (DM 10,-)
- Heft 8: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. II. Feldarbeiten 1965/66 (1969)
82 S., 15 Abb., 27 Fig., 13 Tafeln, 11 Karten.
ISBN 3-88009-007-6 (DM 15,-)
- Heft 9: JANNSEN, Gert (1970)
Morphologische Untersuchungen im nördlichen Tarso Voon (Zentrales Tibesti). - 66 S., 12 Abb., 41 Bilder, 3 Karten.
ISBN 3-88009-008-4 (DM 15,-)
- Heft 10: JÄKEL, Dieter (1971)
Erosion und Akkumulation im Enneri Bardague-Araye des Tibesti-Gebirges (zentrale Sahara) während des Pleistozäns und Holozäns. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti, 55 S., 13 Abb., 54 Bilder, 3 Tab., 1 Nivellement (4 Teile), 60 Profile, 3 Karten (6 Teile).
ISBN 3-88009-009-2 (vergriffen)
- Heft 11: MÜLLER, Konrad (1971)
Arbeitsaufwand und Arbeitsrhythmus in den Agrarlandschaften Süd- und Südostfrankreichs: Les Dombes bis Bouches-du-Rhône. - 64 S., 18 Karten, 26 Diagramme, 10 Fig., zahlreiche Tabellen.
ISBN 3-88009-010-6 (vergriffen)
- Heft 12: OBENAUF, K. Peter (1971)
Die Enneris Gonoa, Toudoufou, Oudingueur und Nemagayesko im nordwestlichen Tibesti. Beobachtungen zu Formen und Formung in den Tälern eines ariden Gebirges. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 70 S., 6 Abb., 10 Tab., 21 Photos, 34 Querprofile, 1 Längsprofil, 9 Karten.
ISBN 3-88009-011-4 (DM 20,-)
- Heft 13: MOLLE, Hans-Georg (1971)
Gliederung und Aufbau fluviatiler Terrassenakkumulation im Gebiet des Enneri Zoumri (Tibesti-Gebirge). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 53 S., 26 Photos, 28 Fig., 11 Profile, 5 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-012-2 (DM 10,-)
- Heft 14: STOCK, Peter (1972)
Photogeologische und tektonische Untersuchungen am Nordrand des Tibesti-Gebirges, Zentral-Sahara, Tchad. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 73 S., 47 Abb., 4 Karten.
ISBN 3-88009-013-0 (DM 15,-)
- Heft 15: BIEWALD, Dieter (1973)
Die Bestimmungen eiszeitlicher Meeresoberflächentemperaturen mit der Ansatztiefe typischer Korallenriffe. - 40 S., 16 Abb., 26 Seiten Fig. und Karten.
ISBN 3-88009-015-7 (DM 10,-)
- Heft 16: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. III. Feldarbeiten 1966/67 (1972)
156 S., 133 Abb., 41 Fig., 34 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-014-9 (DM 45,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-14195 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 17: PACHUR, Hans-Joachim (1973)
Geomorphologische Untersuchungen im Raum der Serir Tibesti (Zentralsahara). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/ Tibesti. 58. S., 39 Photos, 16 Fig. und Profile, 9 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-016-5 (DM 25,-)
- Heft 18: BUSCHE, Detlef (1973)
Die Entstehung von Pedimenten und ihre Überformung, untersucht an Beispielen aus dem Tibesti-Gebirge, Republique du Tchad. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 130 S., 57 Abb., 22 Fig., 1 Tab., 6 Karten.
ISBN 3-88009-017-3 (DM 40,-)
- Heft 19: ROLAND, Norbert W. (1973)
Anwendung der Photointerpretation zur Lösung stratigraphischer und tektonischer Probleme im Bereich von Bardai und Aozou (Tibesti-Gebirge, Zentral-Sahara). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 48 S., 35 Abb., 10 Fig., 4 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-018-1 (DM 20,-)
- Heft 20: SCHULZ, Georg (1974)
Die Atlaskartographie in Vergangenheit und Gegenwart und die darauf aufbauende Entwicklung eines neuen ErdAtlas. - 59 S., 3 Abb., 8 Fig., 23 Tab., 8 Karten.
ISBN 3-88009-019-X (DM 35,-)
- Heft 21: HABERLAND, Wolfram (1975)
Untersuchungen an Krusten, Wüstenlacken und Polituren auf Gesteinsoberflächen der nördlichen und mittleren Sahara (Libyen und Tchad). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 71 S., 62 Abb. 24 Fig., 10 Tab.
ISBN 3-88009-020-3 (DM 50,-)
- Heft 22: GRUNERT, Jörg (1975)
Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten, am Beispiel des zentralen Tibesti-Gebirges (Rep. du Tchad). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 96 S., 3 Tab., 6 Fig., 58 Profile, 41 Abb., 2 Karten.
ISBN 3-88009-021-1 (DM 35,-)
- Heft 23: ERGENZINGER, Peter Jürgen (1978)
Das Gebiet des Enneri Misky im Tibesti-Gebirge, République du Tchad - Erläuterungen zu einer geomorphologischen Karte 1 : 200 000. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 60 S., 6 Tab., 24 Fig., 24 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-022-X (DM 40,-)
- Heft 24: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. IV. Feldarbeiten 1967/68, 1969/70, 1974 (1976)
24 Fig., 79 Abb., 12 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-023-8 (DM 30,-)
- Heft 25: MOLLE, Hans-Georg (1979)
Untersuchungen zur Entwicklung der vorzeitlichen Morphodynamik im Tibesti-Gebirge (Zentral-Sahara) und in Tunesien. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 104 S., 22 Abb., 40 Fig., 15 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-024-6 (DM 35,-)
- Heft 26: BRIEM, Elmar (1977)
Beiträge zur Genese und Morphodynamik des ariden Formenschatzes unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Flächenbildung am Beispiel der Sandschwemmenebenen in der östlichen Zentralsahara. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 89 S., 38 Abb., 23 Fig., 8 Tab., 155 Diagramme, 2 Karten.
ISBN 3-88009-025-4 (DM 25,-)
- Heft 27: GABRIEL, Baldur (1977)
Zum ökologischen Wandel im Neolithikum der östlichen Zentralsahara. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 111 S., 9 Tab., 32 Fig., 41 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-026-2 (DM 35,-)
- Heft 28: BÖSE, Margot (1979)
Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. - 46 S., 3 Tab., 14 Abb., 25 Photos, 1 Karte.
ISBN 3-88009-027-0 (*vergriffen*)
- Heft 29: GEHRENKEMPER, Johannes (1978)
Rañas und Reliefgenerationen der Montes de Toledo in Zentralspanien. - 81 S., 68 Abb., 3 Tab., 32 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-028-9 (DM 20,-)
- Heft 30: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1978)
Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I. - 90 S., 38 Abb. und Beilagen, 17 Tab.
ISBN 3-88009-029-7 (DM 18,-)
- Heft 31: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1980)
Methoden und Anwendbarkeit geomorphologischer Detailkarten. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm II. - 104 S., 25 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-030-0 (DM 17,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

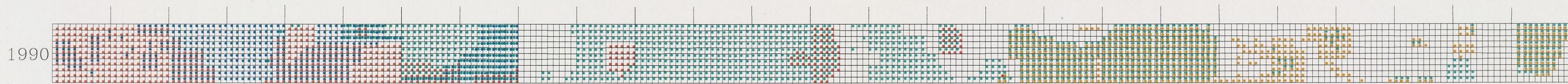
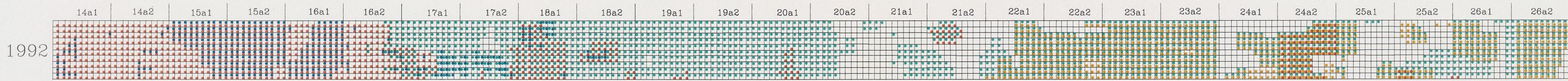
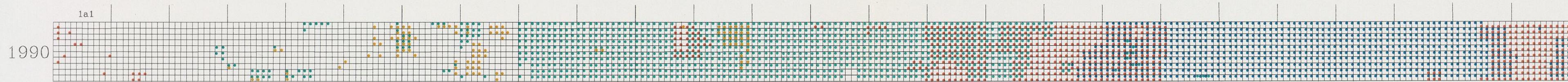
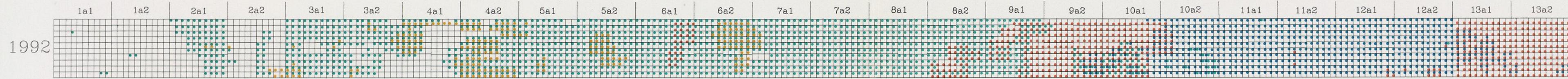
Im Selbstverlag des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-14195 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 32: **Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. V. Abschlußbericht (1982)**
182 S., 63 Fig. und Abb., 84 Photos, 4 Tab., 5 Karten.
ISBN 3-88009-031-9 (DM 60,-)
- Heft 33: **TRETER, Uwe (1981)**
Zum Wasserhaushalt schleswig-holsteinischer Seengebiete. - 168 S., 102 Abb., 57 Tab.
ISBN 3-88009-033-5 (DM 40,-)
- Heft 34: **GEHRENKEMPER, Kirsten (1981)**
Rezenter Hangabtrag und geoökologische Faktoren in den Montes de Toledo. Zentralspanien. - 78 S., 39 Abb., 13 Tab., 24 Photos, 4 Karten.
ISBN 3-88009-032-7 (DM 20,-)
- Heft 35: **BARSCHE, Dietrich & STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1982)**
Erträge und Fortschritte der geomorphologischen Detailkartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm III. - 134 S., 23 Abb., 5 Tab., 5 Beilagen.
ISBN 3-88009-034-3 (DM 30,-)
- Heft 36: **STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1984):**
Regionale Beiträge zur Geomorphologie. Vorträge des Ferdinand von Richthofen-Symposiums, Berlin 1983. - 140 S., 67 Abb., 6 Tab.
ISBN 3-88009-035-1 (DM 35,-)
- Heft 37: **ZILLBACH, Käthe (1984)**
Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko. Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. - 95 S., 61 Abb., 2 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-036-X (DM 18,-)
- Heft 38: **WAGNER, Peter (1984)**
Rezente Abtragung und geomorphologische Bedingungen im Becken von Ouarzazate (Süd-Marokko). Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. - 112 S., 63 Abb., 48 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-037-8 (DM 18,-)
- Heft 39: **BARSCHE, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1985)**
Geomorphological Mapping in the Federal Republic of Germany. Contributions to the GMK priority program IV. - 89 S., 16 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-038-6 (DM 22,50)
- Heft 40: **MÄUSBACHER, Roland (1985)**
Die Verwendbarkeit der geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25) der Bundesrepublik Deutschland für Nachbarwissenschaften und Planung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm V. - 97 S., 15 Abb., 31 Tab., 21 Karten.
ISBN 3-88009-039-4 (DM 18,-)
- Heft 41: **STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1986)**
Geo- und biowissenschaftliche Forschungen der Freien Universität Berlin im Werra-Meißner-Kreis (Nordhessen). Beiträge zur Werra-Meißner-Forschung I. - 265 S., 82 Abb., 45 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-040-8 (DM 28,-)
- Heft 42: **BARSCHE, Dietrich & LESER, Hartmut (Hrsg.) (1987)**
Regionale Beispiele zur geomorphologischen Kartierung in verschiedenen Maßstäben (1 : 5 000 bis 1 : 200 000). Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VI. - 80 S., 10 Abb., 9 Beilagen.
ISBN 3-88009-041-6 (DM 35,-)
- Heft 43: **VAHRSON, Wilhelm-Günther (1987)**
Aspekte bodenphysikalischer Untersuchungen in der libyschen Wüste. Ein Beitrag zur Frage spätpleistozäner und holozäner Grundwasserbildung. - 92 S., 12 Abb., 56 Fig., 7 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-042-4 (DM 18,-)
- Heft 44: **PACHUR, Hans-Joachim & RÖPER, Hans-Peter (1987)**
Zur Paläolimnologie Berliner Seen. - 150 S., 42 Abb., 28 Tab.
ISBN 3-88009-043-2 (vergriffen)
- Heft 45: **BERTZEN, Günter (1987)**
Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees. - 150 S., 19 Fig., 2 Tab., 38 Abb., 7 Anlagen
ISBN 3-88009-044-0 (DM 30,-)
- Heft 46: **FRANK, Felix (1987)**
Die Auswertung großmaßstäbiger Geomorphologischer Karten (GMK 25) für den Schulunterricht. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VII. - 100 S., 29 Abb., Legende der Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25).
ISBN 3-88009-045-9 (DM 18,-)
- Heft 47: **LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1988)**
Untersuchungen zur Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland - Neue Ergebnisse der Geomorphologischen Kartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VIII. - 225 S., 77 Abb., 12 Tab.
ISBN 3-88009-046-7 (DM 60,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-14195 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 48: **MÖLLER, Klaus (1988)**
Reliefentwicklung und Auslaugung in der Umgebung des Unterwerra-Sattels (Nordhessen). - 187 S., 55 Abb., 20 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-047-5 (DM 25,-)
- Heft 49: **SCHMIDT, Karl-Heinz (1988)**
Die Reliefentwicklung des Colorado Plateaus. - 183 S., 50 Abb., 17 Photos, 20 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-048-3 (DM 60,-)
- Heft 50: **STÜVE, Peter (1988)**
Die Schneeschmelze eines nordskandinavischen Einzugsgebietes ermittelt über die räumlich-zeitliche Variation des Strahlungs- und Energiehaushalts. - 119 S., 42 Abb., 13 Tab., 21 Karten.
ISBN 3-88009-050-1 (DM 30,-)
- Heft 51: **BÖSE, Margot (1989)**
Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. - 114 S., 54 Abb., 17 Tab., 1 Bild.
ISBN 3-88009-051-3 (DM 25,-)
- Heft 52: **WALTHER, Michael (1990)**
Untersuchungsergebnisse zur jungpleistozänen Landschaftsentwicklung Schwansens (Schleswig-Holstein). - 143 S., 60 Abb., 4 Tab., 9 Fotos.
ISBN 3-88009-052-1 (DM 20,-)
- Heft 53: **KARRASCH, Heinz (Hrsg.) (1990)**
Prozeßabläufe bei der Landschafts- und Landesentwicklung: Methoden, Ergebnisse, Anwendungen. Festschrift für Wilhelm Wöhlke zum 65. Geburtstag. - 300 S., 121 Abb., 35 Tab.
ISBN 3-88009-053-X (DM 80,-)
- Heft 54: **KRÖPELIN, Stefan (1993)**
Zur Rekonstruktion der spätquartären Umwelt am Unteren Wadi Howar (Südöstliche Sahara / NW-Sudan). - 293 S., 53 Abb., 47 Tab., 92 Fotos und Fototafeln, 1 Satellitenbildmosaik.
ISBN 3-88009-054-6 (DM 35,-)
- Heft 55: **WÜNNEMANN, Bernd (1993)**
Ergebnisse zur jungpleistozänen Entwicklung der Langseerinne Südangelns in Schleswig-Holstein. - 167 S., 59 Abb., 8 Tab., 15 Bilder.
ISBN 3-88009-056-4 (DM 20,-)
- Heft 56: **JACOBSHAGEN, Volker, MÖLLER, Klaus & JÄKEL, Dieter (Hrsg.) (1993)**
Hoher Meißner und Eschweger Becken. Geowissenschaftliche und vegetationskundliche Charakteristik einer Nordhessischen Landschaft. (In Vorbereitung).
ISBN 3-88009-057-2
- Heft 57: **HOFMANN, Jürgen (1993)**
Geomorphologische Untersuchungen zur jungquartären Klimaentwicklung des Helan Shan und seines westlichen Vorlandes (Autonomes Gebiet Innere Mongolei/VR China). - 187 S., 46 Abb., 23 Tab., 85 Photos, 7 Beilagen.
ISBN 3-88009-058-0 (DM 25,-)
- Heft 58: **SCHULZ, Georg (1994)**
Die pleistozäne Vergletscherung der Anden Perus und Boliviens abgeleitet aus Formen einer flächendeckend-integrativen Höhenlinienanalyse. (In Vorbereitung).
ISBN 3-88009-059-9
- Heft 59: **DE JONG, Carmen (1995)**
Temporal and spatial interactions between river bed roughness, geometry, bedload transport and flow hydraulics in mountainstreams - examples from Squaw Creek, Montana (USA) and Lainbach/Schmiedlaine, Upper Bavaria (Germany).
229 S., 225 Abb., 7 Tab.
ISBN 3-88009-060-2 (DM 60,-)
- Heft 60: **ROWINSKY, Volkmar (1995)**
Hydrologische und stratigraphische Studien zur Entwicklungsgeschichte von Brandenburger Kesselmooren.
155 S., 38 Abb., 28 Tab., 2 Photos, 7 Anlagen.
ISBN 3-88009-061-0 (DM 25,-)



Anlage 7:
 Frequenzuntersuchungen
 am Barssee
 (Moose, 1990 und 1992)

0 1m

- Sphagnum fallax
- Sphagnum squarrosum
- Sphagnum fimbriatum
- Polytrichum commune