



Universität Augsburg
Institut für Geographie

**Pollenanalytische Untersuchungen zur
Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte im
südlichen Iller-Wertach-Jungmoränengebiet seit
dem Spätglazial**

**Dissertation zur Erlangung
des naturwissenschaftlichen Doktorgrades (Dr. rer. nat.)
an der Fakultät für Angewandte Informatik
der Universität Augsburg**

**vorgelegt von
Dipl. Geogr. Philipp Stojakowits
aus Friedberg**

2014

Erstgutachter: Prof. Dr. Arne Friedmann

Zweitgutachter: PD Dr. Michael Peters

Tag der mündlichen Prüfung: 12.12.2014

Naturam expellas furca, tamen usque recurret (Horaz, Epistulae).

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand in Eigeninitiative ohne Einbindung in ein gefördertes Forschungsprojekt. An dieser Stelle möchte ich einigen Personen danken, die in unterschiedlicher Weise bei der Durchführung und Fertigstellung der vorliegenden Arbeit beigetragen haben:

- Prof. Dr. Arne Friedmann (Universität Augsburg) für die Anregung und Betreuung der Arbeit, die Begleitung bei Geländebegehungen, die Finanzierung der ^{14}C -Datierungen und die zahlreichen fruchtbaren Gespräche.
- PD Dr. Michael Peters (Ludwig-Maximilians-Universität München) für hilfreiche Diskussionen, die Ermöglichung der Aufbereitung mineralischer Proben durch Dipl. Ing. Pavel Kopal und die Bereitschaft, die Zweitbegutachtung der Dissertation zu übernehmen.
- Prof. Dr. Oliver Sass (Universität Graz) für die Durchführung der Georadaruntersuchungen unter Mithilfe von Prof. Dr. Arne Friedmann und des Verfassers.
- Dr. Oliver Korch (Universität Augsburg) und Dipl. Geogr. Michael Heel, die zusammen mit Herrn Prof. Dr. Arne Friedmann bei den eigentlichen Kernbohrungen im Kempter Wald halfen.
- Dipl. Geogr. Elli Wahnsiedler (Universität Augsburg) für die erstellten kartographischen Grundlagen und die Bearbeitung mancher Abbildungen.
- apl. Prof. Dr. Herbert Scholz (Technische Universität München) und Dr. Dorothea Frieling für die Bestätigung der Laacher-See-Tephra-Bestimmung sowie einige interessante Gespräche.
- Dipl. Geogr. Timo Conradi (Technische Universität München) für die eintägige Mithilfe bei den Vegetationsaufnahmen und einigen wertvollen Hinweisen aus dem vegetationsökologischen Bereich.
- Dr. Christoph Beck (Universität Augsburg) für die Hilfestellung bei der Clusteranalyse mit R.
- Dem Forstbetrieb Sonthofen für die Fahrgenehmigung im Kempter Wald und die Erlaubnis, die Untersuchungen durchführen zu können.
- Meinen Freunden Martin Langer und Aron Rubick für die Mitarbeit bei den durchgeführten Transektbohrungen.

- Meiner Mutter und ihrem Ehemann für die Gesellschaft bei den Vegetationskartierungen und die sonstigen Hilfestellungen wie auch die vermittelte Kraft und Ausdauer während Phasen, in denen der Arbeitsfortgang stockte.
- Dr. Sven Grashey-Jansen (Universität Augsburg) und meiner Mutter für die kritische Durchsicht und das Korrekturlesen der Manuskripte.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	IV
Gliederung	VI
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XIV
Anlagenverzeichnis	XVI
1. Einleitung und Konzeption der Arbeit	1
2. Stand der Forschung und Zielsetzung	3
2.1 Die pollenanalytische Erforschung des Allgäus	3
2.2 Herleitung der Fragestellung	11
3. Untersuchungsgebiet	12
3.1 Regionale physische Geographie	12
3.1.1 Lage	12
3.1.2 Geologische Verhältnisse	13
3.1.2.1 Tertiäre und ältere Baueinheiten	13
3.1.2.2 Vergletscherungsgeschichte	15
3.1.3 Klimatische Verhältnisse	17
3.1.4 Hydrologische Verhältnisse	20
3.1.5 Böden	21
3.1.6 Vegetation	22
3.1.7 Siedlungsgeschichte	26
3.2 Die untersuchten Moore im Kempter Wald	31
4. Methoden	35
4.1 Pollenanalyse	35
4.1.1 Prinzip der Methode	35
4.1.2 Moorprospektion und Probengewinnung	36
4.1.3 Pollenaufbereitung	37
4.1.4 Auszählung der Präparate und Darstellung in Pollendiagrammen	37
4.1.5 Einteilung der Biozonen	41
4.1.6 Bemerkungen zur Pollenbestimmung	42
4.1.7 Erfassung von Holzkohle und Extrafossilien	43

Inhaltsverzeichnis

4.1.8	Ausgewählte Interpretationsgrundlagen	44
4.2	Radiokarbondatierungen	47
4.3	Vegetationsaufnahme und Synsystematik	48
4.4	Einsatz von Georadar	50
5.	Ergebnisse der Vegetationskartierung	52
5.1	Rhynchosporion albae (Koch 1926)	52
5.1.1	Caricetum limosae (Br.-Bl. 1921)	52
5.1.2	Rhynchosporetum albae (Koch 1926)	55
5.2	Sphagnion magellanici (Kästner et Flößner 1933)	57
5.2.1	Sphagnetum magellanici (Malcuit 1929) Kästner et Flößner 1933	57
5.2.2	Eriophoro-Trichophoretum cespitosi (Zlatnik 1928, Rudolph et al. 1928) Rübél 1933 em.	60
5.2.3	Pino mugo-Sphagnetum (Kästner et Flößner 33 em. Neuhäusl 69 corr. Dierßen 1978)	63
5.3	Vegetationskarten der beiden Moore	69
6.	Ergebnisse der Pollenanalyse	71
6.1	Westliches Mehlblockmoos	71
6.1.1	Kernstratigraphie	71
6.1.2	Radiokarbondatierungen	72
6.1.3	Lokale Pollenzonen	74
6.1.4	Wald- und Landnutzungsgeschichte	80
6.1.4.1	Ausgehendes Pleniglazial und Älteste Dryas	80
6.1.4.2	Bølling	81
6.1.4.3	Ältere Dryas	82
6.1.4.4	Allerød	83
6.1.4.5	Jüngere Dryas	85
6.1.4.6	Präboreal	86
6.1.4.7	Boreal	88
6.1.4.8	Atlantikum	91
6.1.4.9	Subboreal	98

Inhaltsverzeichnis

6.1.4.10 Subatlantikum	100
6.1.5 Moorentwicklung	107
6.2 Dürrenbühlmoos	115
6.2.1 Kernstratigraphie	115
6.2.2 Radiokarbondatierungen	116
6.2.3 Lokale Pollenzonen	118
6.2.4 Wald- und Landnutzungsgeschichte	122
6.2.4.1 Basaler Diagrammabschnitt und Präboreal	122
6.2.4.2 Boreal	122
6.2.4.3 Atlantikum	124
6.2.4.4 Subboreal	126
6.2.4.5 Subatlantikum	127
6.2.5 Moorentwicklung	130
6.3 Rezentpollenanalysen in den Mooren des Kempter Waldes	137
6.4 Unterer Inselsee	141
6.4.1 Kernstratigraphie	141
6.4.2 Radiokarbondatierungen	142
6.4.3 Lokale Pollenzonen	144
6.4.4 Wald- und Landnutzungsgeschichte	148
6.4.4.1 Ausgehendes Pleniglazial und Älteste Dryas	148
6.4.4.2 Bølling	148
6.4.4.3 Ältere Dryas und Allerød	149
6.4.4.4 Jüngere Dryas	150
6.4.4.5 Präboreal	150
6.4.4.6 Boreal	151
6.4.4.7 Atlantikum	152
6.4.4.8 Subboreal	153
6.4.4.9 Subatlantikum	154
6.4.5 See- und Moorentwicklung	157
7. Auswertung und Diskussion	161
7.1 Kulturzeigernachweise im Spiegel der Siedlungsgeschichte	161
7.2 Bodenentwicklung und Standortsdifferenzierung	164

Inhaltsverzeichnis

7.3	Einwanderung und Massenausbreitung ausgewählter Gehölze	168
7.3.1	Bemerkungen zur Charakterisierung des Etablierungsgeschehens	168
7.3.2	<i>Betula</i>	170
7.3.3	<i>Pinus</i>	171
7.3.4	<i>Corylus</i>	172
7.3.5	<i>Picea</i>	173
7.3.6	<i>Fagus</i>	176
7.3.7	<i>Abies</i>	178
7.3.8	<i>Carpinus</i>	180
8.	Zusammenfassung und Ausblick	184
9.	Literatur- und Quellenverzeichnis	187

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Pollenanalytisch untersuchte Lokalitäten im Allgäu mit Alpenanteil und im Ammergebirge.	6
Abb. 2: Lage der untersuchten Lokalitäten (1 = Mehlblockmoos, 2 = Dürrenbühlmoos, 3 = Unterer Inselsee).	12
Abb. 3: Geologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes (Kartographie: E. Wahnsiedler). Die roten Kreuze markieren die Lage der untersuchten Lokalitäten.	14
Abb. 4: Klimadaten der Messstation Kempten (Datengrundlage: DWD 2013).	18
Abb. 5: Klimadaten der Messstation Oy-Mittelberg (Datengrundlage: DWD 2013).	18
Abb. 6: Niederschlagsdaten der Messstation Görisried (Datengrundlage: DWD 2013). Für diese Station liegen keine Temperaturdaten vor.	19
Abb. 7: Die potentiell natürliche Vegetation im südlichen Iller-Wertach-Gebiet (Kartographie: E. Wahnsiedler). Die roten Kreuze markieren die Lage der untersuchten Lokalitäten.	25
Abb. 8: Hauptvegetationstypen im westlichen Mehlblockmoos.	32
Abb. 9: Hauptvegetationstypen im Dürrenbühlmoos.	34
Abb. 10: Legende zur Lithologie in den Pollendiagrammen.	40
Abb. 11: Caricetum limosae mit untergetauchtem <i>Sphagnum cuspidatum</i> am südlichen Kolkrand des westlichen Mehlblockmooses (eigene Aufnahme 2012).	52
Abb. 12: Rhynchosporium albae sphagnetosum cuspidati einer größeren Schlenke im Dürrenbühlmoos. Im hinteren Bilddrittel ist in einem tieferen Schlenkenbereich ein Caricetum limosae ausgebildet (eigene Aufnahme 2012).	56
Abb. 13: Von Torfschlamm eingenommene Bereiche südwestlich des Moorauges im Dürrenbühlmoos. Physiognomisch wird das Erscheinungsbild von <i>Rhynchospora alba</i> und <i>Trichophorum cespitosum</i> geprägt (eigene Aufnahme 2012).	57

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 14: Sphagnetum magellanicum rhynchosporetosum albae im westlichen Mehlblockmoos östlich des Kolks. Im Hintergrund das die Hochmoorweite umgebende Pino mugo-Sphagnetum (eigene Aufnahme 2012). 59
- Abb. 15: Gehölzfreies Eriophoro-Trichophoretum cespitosi unterbrochen durch eine Schlenke im Dürrenbühlmoos, im Bildhintergrund im Komplex mit *Pinus rotundata*-Gebüsch (eigene Aufnahme 2012). 61
- Abb. 16: Nasse Variante des Pino mugo-Sphagnetum im westlichen Mehlblockmoos (eigene Aufnahme 2012). 66
- Abb. 17: Trockene zwergstrauchreiche Variante des Pino mugo-Sphagnetum im Dürrenbühlmoos (eigene Aufnahme 2012). 67
- Abb. 18: Vegetationskarte westliches Mehlblockmoos. 69
- Abb. 19: Vegetationskarte Dürrenbühlmoos. 70
- Abb. 20: Zeit-Tiefen-Diagramm für die ^{14}C -Daten des Pollenprofils Mehlblockmoos. 74
- Abb. 21: In den Torf eingebettete Lage Laacher-See-Tephra (rot eingerahmt). Der Torf wird im Hangenden von einer Lebermudde abgelöst (eigene Aufnahme 2009). 84
- Abb. 22: Spezialdiagramm zum 8200 cal. BP-Ereignis mit Paläotemperaturproxies aus dem grönländischen Eisbohrkern GISP2 (GROOTES et al. 1993, STUIVER, GROOTES & BRAZIUNAS 1995, GROOTES & STUIVER 1997, GROOTES & STUIVER 1999; abgerufen bei PANGAEA 2013a) und aus dem Ammersee (VON GRAFENSTEIN et al. 1998, VON GRAFENSTEIN et al. 1999, 2003; abgerufen bei NOAA/NCDC 2013). 93
- Abb. 23: Spezialdiagramm zum *Ulmus*-Rückgang. 97
- Abb. 24: Waldentwicklung in Abhängigkeit von der Sommerinsolation (Werte zur Sommerinsolation nach BERGER & LOUTRE 1991, 1999; abgerufen bei PANGAEA 2013b). 98
- Abb. 25: Verlauf der Radarprofile im westlichen Mehlblockmoos. 108

Abbildungsverzeichnis

Abb. 26: Stratigraphie und heutige Vegetation des westlichen Mehlblockmooses gemäß zweier Transekte.	109
Abb. 27: Radargramm (50 MHz) entlang des westlichen Kolkrandes.	109
Abb. 28: Radargramm (50 MHz) durch die östliche Hochmoorweite in SSO-NNW-Richtung verlaufend.	110
Abb. 29: Radargramm (50 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.	110
Abb. 30: Radargramm (100 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.	110
Abb. 31: Stratigraphie und heutige Pflanzengesellschaften des westlichen Mehlblockmooses gemäß zweier Transekte in Kombination mit den Radarprofilen.	111
Abb. 32: Zeit-Tiefen-Diagramm für die ^{14}C -Daten des Pollenprofils Dürrenbühlmoos.	118
Abb. 33: Totaldiagramm und Poaceen-Anteile mit (a) und ohne (b) differenzierten <i>Avena</i> -Wildgras-Typ.	124
Abb. 34: Verlauf der Radarprofile im Dürrenbühlmoos.	131
Abb. 35: Stratigraphie und heutige Vegetation des Dürrenbühlmooses gemäß zweier Transekte.	132
Abb. 36: Radargramm (100 MHz) durch Hochmoorweite in S-N-Richtung verlaufend.	132
Abb. 37: Radargramm (100 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.	133
Abb. 38: Radargramm (50 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.	133
Abb. 39: Stratigraphie und heutige Pflanzengesellschaften des Dürrenbühlmooses gemäß zweier Transekte in Kombination mit den Radarprofilen.	136

Abbildungsverzeichnis

Abb. 40: Hauptvegetationstypen in einem Umkreis von zwei Kilometer der analysierten Moospolsterproben auf der Basis von aktuellen Luftbildkartierungen.	138
Abb. 41: Zeit-Tiefen-Diagramm für die ^{14}C -Daten des Pollenprofils Unterer Inselsee.	144
Abb. 42: Anthropogene Indikatoren im Pollendiagramm Mehlblockmoos seit dem Boreal.	161
Abb. 43: Anthropogene Indikatoren im Pollendiagramm Dürrenbühlmoos seit dem Boreal.	162
Abb. 44: Anthropogene Indikatoren im Pollendiagramm Unterer Inselsee seit dem Boreal.	163

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Pollenanalytisch untersuchte Lokalitäten im Allgäu und den Allgäuer Alpen (Spätglazial und Holozän).	7
Tab. 2: Pollenanalytisch untersuchte Lokalitäten im Ammergebirge (Spätglazial und Holozän).	10
Tab. 3: Gegenüberstellung der Warvenchronologien und zugehörigen Biozonen vom Meerfelder Maar (LITT & STEBICH 1999, KUBITZ 2000, LITT et al. 2001) und vom Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002) sowie der jüngst veröffentlichten Altersangaben aus der Schweiz (AMMANN et al. 2013).	42
Tab. 4: Einteilung der Gehölze hinsichtlich ihrer Pollenproduktion und daraus resultierender Repräsentation im Pollenspektrum (aus FAEGRI & IVERSEN 1989 und LANG 1994).	45
Tab. 5: Verwendete Schätzskala für die pflanzensoziologische Aufnahme (nach REICHELDT & WILMANN 1973).	49
Tab. 6: Aufnahmen des <i>Rhynchosporion albae</i> im westlichen Mehlblockmoos.	53
Tab. 7: Aufnahmen des <i>Rhynchosporion albae</i> im Dürrenbühlmoos.	54
Tab. 8: Aufnahmen des <i>Sphagnetum magellanici</i> im westlichen Mehlblockmoos.	58
Tab. 9: Aufnahmen des <i>Eriophoro-Trichophoretum cespitosi</i> und des <i>Sphagnetum magellanici</i> im Dürrenbühlmoos.	62
Tab. 10: Aufnahmen des <i>Pino mugo-Sphagnetum</i> im westlichen Mehlblockmoos.	64
Tab. 11: Aufnahmen des <i>Pino mugo-Sphagnetum</i> im Dürrenbühlmoos.	68
Tab. 12: Lithostratigraphie der Bohrung im westlichen Mehlblockmoos.	71
Tab. 13: AMS- ¹⁴ C-Daten aus dem Bohrkern Mehlblockmoos. Datierung durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Universität Erlangen-Nürnberg (2012). Kalibriert (für cal. BP-Alter) mit CALIB 7.01.	73

Tabellenverzeichnis

Tab. 14: Lithostratigraphie der Bohrung im Dürrenbühlmoos.	115
Tab. 15: AMS- ¹⁴ C-Daten aus dem Bohrkern Dürrenbühlmoos. Datierung durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Univ. Erlangen-Nürnberg (2013). Kalibriert (für cal. BP-Alter) mit CALIB 7.01.	117
Tab. 16: Auflösung der holozänen vegetationsgeschichtlichen Abschnitte im Mehlblockmoos und im Dürrenbühlmoos.	123
Tab. 17: Pollen und Sporen in Oberflächenproben (in %) des Mehlblockmooses (= OPM) und Dürrenbühlmooses (= OPD).	140
Tab. 18: Lithostratigraphie der Bohrung Unterer Inselfsee.	141
Tab. 19: AMS- ¹⁴ C-Daten aus dem Bohrkern Unterer Inselfsee. Datierung durch Dr. W. A. Keller am Geographischen Institut der Univ. Zürich und dem Institut für Teilchenphysik der ETH-Hönggerberg (2003) sowie durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Univ. Erlangen-Nürnberg (2011). Kalibriert (für cal. BP-Alter) mit CALIB 7.01.	143
Tab. 20: Altersstellung und Bodenbildung der Terrassenstufen am Lech seit der Würmeiszeit.	166
Tab. 21: Einwanderung von <i>Picea</i> im Allgäu (Schwellenwert = Einsetzen geschlossene Kurve).	175
Tab. 22: Massenausbreitung von <i>Picea</i> im Allgäu (Schwellenwert > 7 %).	175
Tab. 23: Einwanderung von <i>Fagus</i> im Allgäu (Schwellenwert = Einsetzen geschlossene Kurve).	177
Tab. 24: Massenausbreitung von <i>Fagus</i> im Allgäu (Schwellenwert > 5 %).	178
Tab. 25: Einwanderung von <i>Abies</i> im Allgäu (Schwellenwert = Einsetzen geschlossene Kurve).	179
Tab. 26: Massenausbreitung von <i>Abies</i> im Allgäu (Schwellenwert > 7 %).	180
Tab. 27: Einwanderung von <i>Carpinus</i> im Allgäu (Schwellenwert = Beginn der geschlossenen Kurve).	182

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Überblickspollendiagramm Mehlblockmoos.

Anlage 2: Detailpollendiagramm Mehlblockmoos Spätglazial und Präboreal.

Anlage 3: Detailpollendiagramm Mehlblockmoos Frühholozän.

Anlage 4: Detailpollendiagramm Mehlblockmoos Atlantikum.

Anlage 5: Detailpollendiagramm Mehlblockmoos Subboreal.

Anlage 6: Detailpollendiagramm Mehlblockmoos Subatlantikum.

Anlage 7: Influxdetailpollendiagramm Mehlblockmoos Jüngere Dryas bis Atlantikum.

Anlage 8: Influxdetailpollendiagramm Mehlblockmoos Subboreal und Subatlantikum.

Anlage 9: Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm Mehlblockmoos.

Anlage 10: Überblickspollendiagramm Dürrenbühlmoos.

Anlage 11: Detailpollendiagramm Dürrenbühlmoos Präboreal und Boreal.

Anlage 12: Detailpollendiagramm Dürrenbühlmoos Atlantikum bis Älteres Subatlantikum.

Anlage 13: Detailpollendiagramm Dürrenbühlmoos Subatlantikum.

Anlage 14: Influxpollendiagramm Dürrenbühlmoos.

Anlage 15: Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm Dürrenbühlmoos.

Anlage 16: Überblickspollendiagramm Unterer Inselsee.

Anlage 17: Detailpollendiagramm Unterer Inselsee Spätglazial und Präboreal (aus BULL 2003, verändert).

Anlage 18: Detailpollendiagramm Unterer Inselsee Boreal und Atlantikum.

Anlage 19: Detailpollendiagramm Unterer Inselsee Atlantikum bis Subatlantikum.

Anlage 20: Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm Unterer Inselsee.

1. Einleitung und Konzeption der Arbeit

Bayern ist eigentlich ein Waldland und wäre ohne Zutun des Menschen zu etwa 95 % bewaldet (z.B. WALENTOWSKI & ZEHM 2010). Nur Extremstandorte wären nicht von Wald eingenommen. Dazu gehören z.B. zu nasse Moorbereiche, edaphisch zu trockene Standorte oder Standorte oberhalb der Waldgrenze. Durch Jahrtausende währende Eingriffe des Menschen wurde das Landschaftsbild nachhaltig verändert. Mit der Sesshaftwerdung und einsetzenden Ackerbautätigkeit des Menschen im Neolithikum nahm die anthropogene Einflussnahme auf die Landschaft und insbesondere auf die Vegetation eine neue Gestalt an. Wenn auch nur punktwise wurden vom Menschen Flächen an Gunststandorten gerodet. Während der Metallzeiten erreichte die Beeinflussung ein größeres Ausmaß. Eisenzeitlich ist schon von fleckenweise erfolgten Eingriffen auszugehen (BURGA & PERRET 1998), die in den römischerzeitlich besetzten Gebieten im Umgriff der Siedlungen und entlang der großen Verkehrsachsen an Intensität gewannen (KÜSTER 1999). Im Mittelalter schließlich setzte der Prozess der flächenhaften Waldzerstörung ein (LANG 1994), welcher in der Neuzeit seinen Höhepunkt erreichte. Neben der nahezu vollständigen Umgestaltung der Landschaft zur heutigen Kulturlandschaft wurden neue Rohstoffquellen (z.B. Kohle) erschlossen und ganze Landstriche nachhaltig verändert. Zu nennen ist beispielsweise die einstige Wildflusslandschaft des Lechs, welche infolge von Flussbaumaßnahmen auf bayerischer Seite zerstört wurde (MÜLLER 1991, 1995). Auch ist die anthropogene Emission klimawirksamer Stoffe zu einem weltweiten Problem geworden. So verwundert es nicht, dass aufgrund der mittlerweile anthropogen bedingten Landschaftsveränderungen globaler Dimension der Begriff Anthropozän für die letzten 200 bis 250 Jahre kreiert wurde (CRUTZEN 2002). Die bis in das Neolithikum weitestgehend natürliche Vegetationsentwicklung sowie die je nach Gebiet (Alt- und Jungsiedelland) folgenden anthropogenen Veränderungen der Vegetationszusammensetzung lassen sich mit der Methode der Pollenanalyse rekonstruieren. Diese Methode wird im Rahmen dieser Arbeit in einer ausgewählten Region der Allgäuer Jungmoränenlandschaft angewandt.

Nach einem Überblick zum Stand der pollenanalytischen Erforschung des Allgäus werden bestehende Lücken aufgezeigt und daraus die Fragestellung abgeleitet. Es folgt die Beschreibung der physiogeographischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes. Im nachfolgenden Kapitel werden die angewandten Methoden dargelegt. Hieran schließen zwei Ergebniskapitel an. Zuerst werden die Ergebnisse der durch die Vegetationsaufnahmen erarbeiteten Pflanzengesellschaften dargestellt. Danach werden die pollenanalytisch untersuchten Loka-

litäten beschrieben und interpretiert, wobei bereits existierende vegetationsgeschichtliche Untersuchungen für Vergleiche herangezogen werden. Zudem werden die Ergebnisse der durchgeführten Rezentpollenanalysen erörtert. In einem weiteren Kapitel werden ausgewählte Themenkomplexe wie z.B. Bodenentwicklung und Standortdifferenzierung diskutiert und die Einwanderung und Massenausbreitung spezifischer Gehölze aufgrund der bisherigen Untersuchungen rekonstruiert. Abschließend werden die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst und es wird ein Ausblick gegeben.

2. Stand der Forschung und Zielsetzung

2.1 Die pollenanalytische Erforschung des Allgäus

Die Abgrenzung des Allgäus ist umstritten. Wie CRÄMER (1954) zeigen konnte, war die räumliche Ausdehnung des Allgäus vom Mittelalter bis in die Gegenwart einem steten Wandel unterworfen. Dabei wurden auch immer wieder unterschiedliche Abgrenzungskriterien herangezogen, die auf sprachlichen, volkskundlichen und siedlungsgeschichtlichen Aspekten etc. fußten. So wurde von PAULY (1841, S. 102) das württembergische Allgäu folgendermaßen umgrenzt: „Gegenwärtig begreift im Sprachgebrauch des Volks das Allgäu württembergischer Seits das ganze Oberamt Wangen, die östlichste Ecke des Oberamts Tettnang, die Gemeinde Vogt im Oberamt Ravensburg, die Gemeinde Arnach vom Oberamt Waldsee, und wenigstens zwei Drittheile des Oberamts Leutkirch“. Mit der Gebietsreform in den frühen 1970er Jahren erfuhr das Allgäu auf bayerischer Seite eine erhebliche Erweiterung mit dem neu hinzugekommenen Landkreis Unterallgäu, welcher in älteren Abgrenzungen nur zu einem verschwindend geringen Teil dem Allgäu angehörte (vgl. CRÄMER 1954) und dessen Name bis dato nicht existierte. Somit setzt sich das heutige Allgäu aus den Landkreisen Lindau, Oberallgäu, Ostallgäu und Unterallgäu sowie Teilen des auf württembergischer Seite liegenden Kreises Ravensburg zusammen. Im Süden umgrenzt die Staatsgrenze zu Österreich das Gebiet. Strittig sind die Zugehörigkeit der österreichischen Gemeinde Jungholz und des Kleinwalsertals (SCHNEIDER 2011). Im Osten stellt der Lech die natürliche Begrenzung dar. Allerdings liegt die Verwaltungsgrenzlinie im südöstlichen Allgäu jenseits des Lechs, da Teile des Ammergebirges dem Landkreis Ostallgäu angehören.

Der Verfasser nimmt eine möglichst weite Grenzziehung vor: von Kressbronn am Bodensee über Amtzell, Vogt, Bad Waldsee bis nach Eberhardzell und von dort ostwärts bis Memmingen. Auf der südlichen Iller-Lech-Platte wird der Landkreis Unterallgäu miteinbezogen. Von dessen Ostgrenze an bei Buchloe fungiert der Flusslauf des Lechs als Grenzlinie mit dem schon erwähnten Ausbiss in das Ammergebirge.

Der im Folgenden gemachte Abriss der pollenanalytischen Erforschung des Allgäus wurde jüngst schon einmal in der Publikation von STOJAKOWITS & FRIEDMANN (2013) dargelegt, ist hier jedoch wesentlich ausführlicher. Dennoch kann dieser Überblick keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es existieren mit Sicherheit noch einige unveröffentlichte Pollenanalysen, welche z.B. im Rahmen von Diplom- und Staatsexamensarbeiten durchgeführt wurden. Ferner darf die lange Liste der Veröffentlichungen nicht darüber hinwegtäuschen, dass noch erhebliche Forschungslücken bestehen.

Die Allgäuer Jungmoränenlandschaft ist eine der moorreichsten Regionen des Alpenvorlandes (vgl. KAULE 1974). Das bayerische Allgäu wurde erstmals durch die pollenanalytischen Untersuchungen von PAUL & RUOFF (1932) bearbeitet. Auf württembergischer Seite leistete BERTSCH (1924, 1929) Pionierarbeit. Da die Methode der Pollenanalyse noch in ihren Kinderschuhen steckte, sind diese frühen Untersuchungen mit einigen Schwächen behaftet. So wurden ausschließlich Baumpollentypen bei zugleich geringer Pollensumme ausgezählt. Zudem wurden sehr große Probenabstände gewählt, welche innerhalb der einzelnen Profile sogar noch variieren. Deren Ergebnisse fanden Eingang in die zweibändige Waldgeschichte Mitteleuropas von FIRBAS (1949, 1952). In den 1950er Jahren wurden Untersuchungen von LANG (1952), PFAFFENBERG (1954) und LANGER (1958a, 1958b, 1959) durchgeführt. Die Erfassung von Nichtbaumpollentypen wurde erstmals praktiziert, wenn auch bei beiden letzteren den Diagrammen zufolge die Bestimmung nur grob erfolgte. Zudem wurden von PFAFFENBERG (1954) und LANGER (1958a, 1958b, 1959) weiterhin geringe Mengen an Pollenkörnern gezählt (etwa 100-150 Pollenkörner). Die Arbeit von LANG (1952) besitzt für die 50er Jahre des letzten Jahrhunderts einen vergleichsweise hohen Bearbeitungsstandard, da neben der guten Pollendifferenzierung teilweise höhere Palynomorphenzahlen (bis zu 300) bei relativ kleinen Probenintervallen ausgewertet wurden. Weitere Pollenanalysen wurden Anfang der 1960er Jahre besorgt. Den Arbeiten von LANGER (1962) und GERMAN & FILZER (1964) haften jedoch wieder methodische Schwächen wie denen des vorherigen Jahrzehnts an. BERTSCH (1961), MÜLLER (1962) und SCHMEIDL (1962) setzten nicht nur durch die zahlreichen unterschiedenen Nichtbaumpollentypen neue Bearbeitungsmaßstäbe. BERTSCH (1961) konnte durch die Identifizierung von *Juniperus*-Pollenkörnern die spätglaziale Vegetationsentwicklung und insbesondere die des beginnenden Bøllings entscheidend erhellen. Gleichzeitig basiert das Pollendiagramm vom Dietenberger See auf außerordentlich hohen Zählsummen durch das Auswerten von in der Regel 1000 Gehölzpollenkörnern ab dem frühen Bølling. MÜLLER (1962) bestimmte im holozänen Abschnitt meist mehr als 500 bis weit über 1000 Baumpollenkörner, im Spätglazial betrug die Gesamtpollensumme zwischen 300 und 500 Pollenkörner. SCHMEIDL (1962) zählte durchschnittlich 400 Baumpollenkörner aus und differenzierte ebenfalls relativ viele verschiedene Nichtbaumpollentypen. Durch diese Arbeiten wurde erstmals ein überaus detailliertes Bild der Vegetationsentwicklung nachgezeichnet. Zu Beginn der 1970er publizierten GEYH, MERKT & MÜLLER (1971) ein hochauflösend ¹⁴C-datiertes Pollendiagramm, das leider auf nur wenige Baumarten reduziert ist. In dem von MERKT & MÜLLER (1978) vorgelegten Diagramm sind ebenfalls fast keine Pollentypen wiedergegeben.

In den 1980er Jahren wurden weitere ^{14}C -datierte Pollenprofile (DIEFFENBACH-FRIES 1981, MIELKE & MÜLLER 1981, KÜSTER 1986, 1988; CLARK, MERKT & MÜLLER 1989) bearbeitet. Teilweise wurden auch spätglaziale Abschnitte untersucht. Besondere Erwähnung gebührt CLARK, MERKT & MÜLLER (1989), welche auch die Feuergeschichte rekonstruierten. Bis zur Jahrtausendwende wurden kaum weitere Pollenanalysen durchgeführt. Lediglich von KAUCOR (1993) wurde eine Diplomarbeit vorgelegt und GROSSE-BRAUCKMANN (1998, 2002) publizierte noch drei teils ^{14}C -datierte Pollendiagramme aus dem Allgäuer Alpenanteil. MÜLLER (2001) stellte ein zwei wärmeiszeitliche ^{14}C -Datierungen enthaltendes Pollendiagramm aus dem äußeren württembergischen Allgäu vor, welches vor rund 140000 Jahren einsetzt und etwa 120000 Jahre umfasst, unterbrochen durch einen 20000 Jahre langen Hiatus im Spätwürm. In diesem Kontext sei noch auf die Arbeiten von REICH (1953), FILZER (1967) und FRENZEL (1978) verwiesen. All diese Autoren untersuchten an der Lokalität Pfefferbichl Schieferkohlen und andere Ablagerungen aus dem Riß-Würm-Interglazial pollenanalytisch. Ferner bearbeitete PESCHKE (1983) Schieferkohlen interstadialen Alters nahe Sonthofen. Zuletzt wurde eine von Helmut Müller besorgte palynologische Untersuchung des Degersees auszugsweise von KALIS, MERKT & WUNDERLICH (2003) veröffentlicht und es entstanden im Rahmen einer Magisterarbeit (BULL 2003) und der Diplomarbeit des Verfassers (STOJAKOWITS 2008) zwei ^{14}C -datierte Pollendiagramme sowie, eingebunden in ein archäologisches Forschungsprojekt, Pollenanalysen einer mesolithischen Freilandstation (SUDHAUS, FRIEDMANN & PETERS 2008).

Das flächenmäßig ungefähr zur Hälfte im Landkreis Ostallgäu liegende Ammergebirge wurde von FELDNER (1981), BLUDAU (1985) und OBIDOWICZ & SCHOBER (1985) bearbeitet.

In Tab. 1 und 2 sind die oben erwähnten, pollenanalytisch untersuchten Moore und Seen aufgelistet. Die bearbeiteten Lokalitäten wurden in den Tabellen in der ersten Spalte mit Zahlen versehen und in Abb. 1 entsprechend der Lage nach verortet. Der Name des untersuchten paläobotanischen Archivs wird in der zweiten Spalte angegeben. Wurden in einem Moor mehrere Bohrprofile gezogen und untersucht, sind diese als römische Zahlen in Klammern genannt. In der dritten Spalte ist der Zeitraum der pollenanalytischen Erfassung in Form von Biozonen aufgelistet, welche vereinzelt von der Ausscheidung in den Originalarbeiten abweichen. Für die Biozonen wurden folgende Abkürzungen verwendet: APG = Ausgehendes Pleniglazial, DR1 = Älteste Dryas, DR2 = Bølling und Ältere Dryas, DR3 = Allerød und Jüngere Dryas, PB = Präboreal, BO = Boreal, AT = Atlantikum, SB = Subboreal

und SA = Subatlantikum. Manche Diagramme ließen sich in bestimmten Abschnitten nicht sicher Biozonen zuordnen. In solchen Fällen wurde ein Fragezeichen gesetzt. Strichpunkte kennzeichnen deutlich erkennbare Hiaten. Die hinteren drei Spalten enthalten die vorliegenden ¹⁴C-Daten, den jeweiligen Bearbeiter und das Jahr der Veröffentlichung. Der Beginn der pollenanalytischen Erfassung ist bei vielen Pollendiagrammen von PAUL & RUOFF (1932) unklar. In manchen Profilen sind die untersten Abschnitte wohl in das Spätglazial zu stellen. Bei BERTSCH (1929) setzen die meisten Diagramme den *Betula*-Nachweisen zufolge wahrscheinlich im Bølling ein.

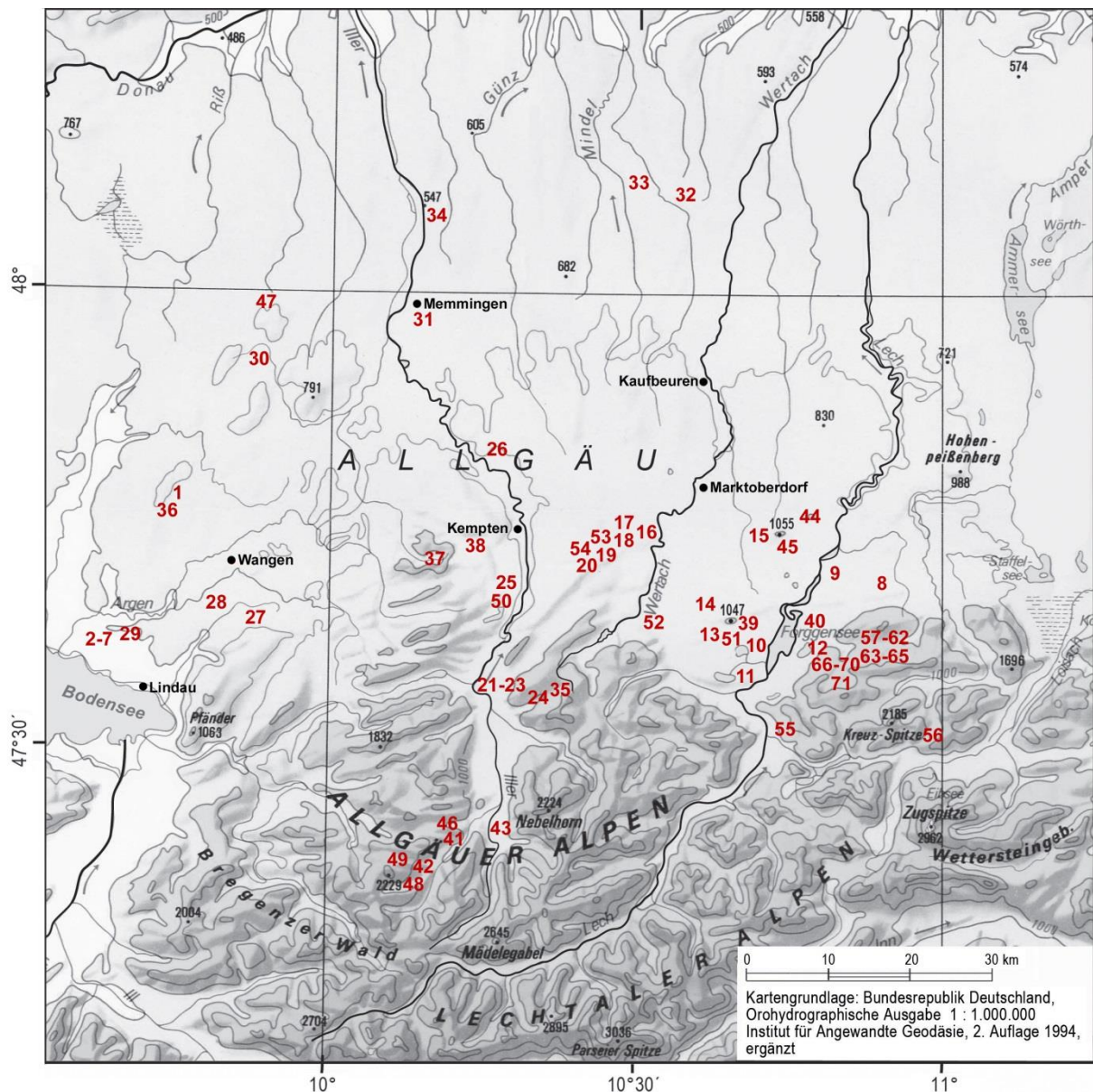


Abb. 1: Pollenanalytisch untersuchte Lokalitäten im Allgäu mit Alpenanteil und im Ammergebirge.

Tab. 1: Pollenanalytisch untersuchte Lokalitäten im Allgäu und den Allgäuer Alpen (Spätglazial und Holozän).

Allgäu und Allgäuer Alpen					
Nr.	Lokalität	Zeitspanne der pollenanalytischen Erfassung	¹⁴C-Daten	Autor	Jahr
1	Reichermoos	PB-SA	-	BERTSCH	1924
2	Schleinsee*	PB-SA	-	BERTSCH	1929
3	Degersee*	PB-AT; SA	-	BERTSCH	1929
4	Wielandsee*	PB-SA	-	BERTSCH	1929
5	Kammersee*	PB-SA	-	BERTSCH	1929
6	Hirrensee	SB-SA	-	BERTSCH	1929
7	Schönmoos*	PB-AT; SA	-	BERTSCH	1929
8	Kläper Filz**	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
9	Premer Filz**	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
10	Moor am Hopfensee	AT-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
11	Moor am Weißensee (I + II)	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
12	Moor am Bannwaldsee	?, AT-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
13	Weizern-Hopferau	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
14	Seeg	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
15	Geltnachmoore (I-III)	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
16	Schweigert Wald	?	-	PAUL & RUOFF	1932
17	Schornmoos	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
18	Brandholzmoos (I + II)	BO-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
19	Wölflemoos	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
20	Unter-Langmoos	AT-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
21	Gallmoos	BO-SA	-	PAUL & RUOFF	1932

Tab. 1: Fortsetzung.

22	Großmoos	AT-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
23	Wasenmoos	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
24	Hühnermoos (I + II)	AT-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
25	Waltenhofener Moor	?, BO-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
26	Reichholdsrieder Moor (I + II)	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
27	Lindenberger Moos (I + II)	AT-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
28	Degermoos (I-III)	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
29	Muttelsee	PB-SA	-	PAUL & RUOFF	1932
2	Schleinsee	DR1-PB	-	LANG	1952
3	Degersee	DR1-BO	-	LANG	1952
30	Wurzacher Ried	PB-SA	-	PFaffenBERG	1954
31	Benninger Ried	PB-SA	-	LANGER	1958a
32	Amberg- Tussenhausen	PB-AT	-	LANGER	1958b
33	Salgener Moos	PB-AT, SA	-	LANGER	1958b
34	Plesser Ried	PB-SA	-	LANGER	1958b
35	Sybellermoos	SB-SA	-	LANGER	1959
1	Reichermoos	DR1-BO	-	BERTSCH	1961
36	Dietenberger See	DR1-BO	-	BERTSCH	1961
37	Hahnenmoos	AT-SA	-	LANGER	1962
38	Ermengerst	AT-SA	-	LANGER	1962
39	Senkelewald	SA	-	LANGER	1962
2	Schleinsee	DR1-SA	-	MÜLLER	1962
21	Agathazeller Moor (Gallmoos)	AT-SA	1	SCHMEIDL	1962
40	Rotsarimoos	PB-AT	-	GERMAN & FILZER	1964

Tab. 1: Fortsetzung.

2	Schleinsee	BO-AT	51	GEYH, MERKT & MÜLLER	1971
2	Schleinsee	DR1-SA	4	MERKT & MÜLLER	1978
41	Moor am Hörnlepass (I, III, IV)	?, PB-SA	-	DIEFFENBACH-FRIES	1981
42	Moor am Gasthof Bergblick (I, III + IV)	?, DR2-SA	10	DIEFFENBACH-FRIES	1981
43	Moor am Moorbad Oberstdorf	DR1-SA	4	DIEFFENBACH-FRIES	1981
2	Schleinsee	DR1-BO	16	MIELKE & MÜLLER	1981
44	Moor am Haslacher See	?, PB-SA	81***	KÜSTER	1986, 1988
45	Langegger Filz	?, DR3-SA	48***	KÜSTER	1988
15	Geltnachmoor	BO-SA	50***	KÜSTER	1988
2	Schleinsee	PB-SA	2	CLARK, MERKT & MÜLLER	1989
11	Moor am Weißensee	DR3-SA	-	KAUCZOR	1993
46	Fünfblänkenmoor	BO-SA	-	GROSSE-BRAUCKMANN	1998
47	Füramoos****	DR1-SA	-	MÜLLER	2001
48	Wildmoos	SB-SA	4	GROSSE-BRAUCKMANN	2002
49	Moor am Windecksattel	SA	1	GROSSE-BRAUCKMANN	2002
3	Degersee	AT-SB	gewarvt	KALIS, MERKT & WUNDERLICH	2003
50	Unterer Insee	APG-BO	6*****	BULL	2003
51	Hopferau (I, II + III)	PB-AT; SA	-	SUDHAUS, FRIEDMANN & PETERS	2008
52	Spitalmoos	APG; PB-SA	4*****	STOJAKOWITS	2008
53	Mehlbloockmoos	APG; DR1-SA	15	STOJAKOWITS	Diese Arbeit
54	Dürrenbühlmoos	?, PB-SA	8	STOJAKOWITS	Diese Arbeit
50	Unterer Insee	BO-SA	4	STOJAKOWITS	Diese Arbeit

*= gemäß der *Betula*-Dominanz und Stratigraphie basal wohl im Bølling einsetzend

**= streng genommen nicht mehr dem Allgäu zugehörig, von PAUL & RUOFF (1932) aber dort geführt

***= sämtliche ¹⁴C-Daten inkl. WILLKOMM (1988)

****= auch Spättriß, Riß-Würm-Interglazial sowie Früh- und Mittelwürm enthalten; ¹⁴C-Datierungen nur würmzeitlich

*****= eine ¹⁴C-Datierung nachträglich

*****= ¹⁴C-Datierungen nachträglich

Tab. 2: Pollenanalytisch untersuchte Lokalitäten im Ammergebirge (Spätglazial und Holozän).

Ammergebirge					
Nr.	Lokalität	Zeitspanne der pollenanalytischen Erfassung	¹⁴C-Daten	Autor	Jahr
55	Rotmoos (westl. Ammergebirge)	SB-SA	-	FELDNER	1981
56	Rotmoos (südöstl. Ammergebirge)	SB-SA	-	FELDNER	1981
57	Heinzenmoos	SA	-	FELDNER	1981
58	Moor bei der Sennalpe	BO-SA	5	OBIDOWICZ & SCHOBER	1985
57	Heinzenmoos (I + II)	SA	-	BLUDAU	1985
59	Birnmoos	SB-SA	-	BLUDAU	1985
60	Langes Moos (I + II)	SB-SA	-	BLUDAU	1985
61	Rundmoos (I + II)	AT-SA	-	BLUDAU	1985
62	Wasserscheid (I + III)	?; DR3-SB	-	BLUDAU	1985
63	Siegelsmoos (I + II)	SA	1	BLUDAU	1985
64	Krottensteinmoos (I-III)	SB-SA	4	BLUDAU	1985
65	Kronwinkelmoos (I, IV + VII)	DR1-SA	-	BLUDAU	1985
66	Kugelwälz (I-IV)	SA	2	BLUDAU	1985
67	Wintereck (I-IV)	SA	1	BLUDAU	1985
68	Wurzenbergmoos	SA	1	BLUDAU	1985
69	Sattlermoos (I + II)	PB-SA	15	BLUDAU	1985
70	Wasserfilz (I + II)	?; PB-SA	17	BLUDAU	1985
71	Geigersau	DR2-PB; SA	-	BLUDAU	1985

2.2 Herleitung der Fragestellung

Wie in Kap. 2.1 aufgezeigt werden konnte, wurden zwar zahlreiche pollenanalytische Untersuchungen in der Allgäuer Jungmoränenlandschaft durchgeführt. Das überaus moor- und seenreiche Allgäu ist jedoch bisher nur unzureichend pollenanalytisch bearbeitet worden, da nur wenige Arbeiten modernen Ansprüchen genügen. Die bis in die 1960er Jahre publizierten Pollenanalysen geben mit Ausnahme von LANG (1952), BERTSCH (1961), MÜLLER (1962) und SCHMEIDL (1962) nur einen groben Überblick der Waldentwicklung. Spätere vegetationsgeschichtliche Untersuchungen wurden leider oft nicht hochauflösend genug ausgezählt (z.B. DIEFFENBACH-FRIES 1981, MÜLLER 2001). Den Status von Standardpollendiagrammen, die entsprechend hochauflösend ausgezählt wurden, eine hinreichende Archivmächtigkeit aufweisen und zugleich regelmäßig niedergebrachte Radiokarbondatierungen enthalten, tragen auf bayerischer Seite lediglich die Profile vom Auerberg (KÜSTER 1986, 1988). Im württembergischen Allgäu werden die Kriterien eines Standardpollendiagramms durch die Analysen vom Schleinsee (MÜLLER 1962, GEYH, MERKT & MÜLLER 1971, MIELKE & MÜLLER 1981, CLARK, MERKT & MÜLLER 1989) erfüllt. Folglich klafft zwischen diesen Lokalitäten eine große Lücke hinsichtlich des Ablaufs der spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung. Von daher wurde der Kempter Wald als Kernbereich der vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen gewählt. In dieser siedlungsfeindlichen Landschaft sind erst in der historischen Zeit größere Eingriffe dokumentiert (z.B. WEITNAUER 1981, HERRMANN 1984). Somit sollte eine vergleichsweise lange ungestörte Waldentwicklung in diesem Gebiet abgelaufen sein, die bisweilen nur von PAUL & RUOFF (1932) in groben Zügen beschrieben wurde.

Ziel der Arbeit ist es, ein hochauflösend ausgezähltes Standardpollendiagramm gestützt auf einer ausreichenden Zahl an ^{14}C -Datierungen zu erstellen, welches detailliert und repräsentativ den vegetationsgeschichtlichen Ablauf in der alpenrandnahen Jungmoränenlandschaft zwischen Iller und Wertach aufzeigt. Daneben wird die Moorentwicklung anhand der Pollenstratigraphie und durch eine Vielzahl von niedergebrachten Bohrungen rekonstruiert. Dabei werden die Transektbohrungen durch Georadarprofile ergänzt. Abgerundet werden die Untersuchungen durch Kartierungen der aktuellen Vegetation und Rezentpollenanalysen.

Das erarbeitete Standardprofil wird durch eine weitere im Kempter Wald befindliche Lokalität ergänzt und abgesichert. Auch dort werden zusätzlich die Moorentwicklung rekonstruiert sowie Vegetationskartierungen und Rezentpollenanalysen durchgeführt. Zusätzlich wird noch ein schon in Teilen von BULL (2003) pollenanalytisch bearbeiteter Bohrkern aus dem Unteren Insee vervollständigt und so das Untersuchungsgebiet auf das Illertal ausgedehnt.

3. Untersuchungsgebiet

3.1 Regionale physische Geographie

3.1.1 Lage

Die pollenanalytisch untersuchten Archive (Abb. 2) liegen in Bayerisch-Schwaben in den Landkreisen Ober- und Ostallgäu. Die Niedersonthofener Seen, zu denen auch der Untere Insee (703 m ü. NN) gehört, sind in ein Mosaik aus Jungmoränen und aufragenden Schichten der Faltenmolasse unweit des morphologischen Alpenrandes eingebettet. Die Profile Dürrenbühlmoos (924 m ü. NN) und Mehlblockmoos (850 m ü. NN) sind im Kempter Wald lokalisiert, einer überaus moor- und feuchtgebietsreichen, vorwiegend mit Fichtenforsten bestockten Jungmoränenlandschaft stark kuppiger Ausprägung. Dieser erstreckt sich in einer Höhenlage von 800 bis knapp 950 m ü. NN und ist mit über 50 % Flächenanteil FFH-Gebiet. Ansonsten sind neben zwei Naturschutzgebieten auch Landschaftsschutzgebiete wie der Notzenweiher im Kempter Wald ausgewiesen. Letzteren Schutzstatus besitzen auch die Niedersonthofener Seen.

Der Höhenlage nach gehört das Untersuchungsgebiet der montanen Stufe (= 700-1400 m ü. NN) an (REISIGL & KELLER 1999).

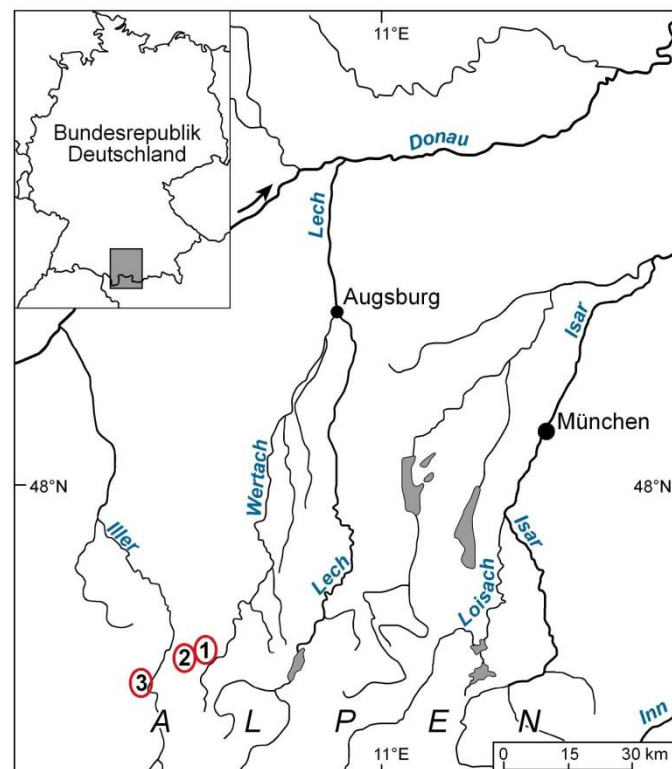


Abb. 2: Lage der untersuchten Lokalitäten (1 = Mehlblockmoos, 2 = Dürrenbühlmoos, 3 = Unterer Insee).

3.1.2 Geologische Verhältnisse

3.1.2.1 Tertiäre und ältere Baueinheiten

Große Teile des Allgäus werden von Molasse aufgebaut. Die Molassezone ist in einen von der tertiären Alpenorogenese weitgehend unbeeinflussten nördlichen Bereich, die Vorlandmolasse (bzw. Ungefaltete Molasse), und einen gestauchten südlichen Bereich mit zunehmender Deformation Richtung Alpen, die Faltenmolasse (bzw. Subalpine Molasse), zweigeteilt (SCHOLZ 1995). Deren Grenze wird durch eine Störungszone nachgezeichnet, welche von Kempten über den Knollerhag im Kempter Wald weiter nach Wald nordöstlich von Görisried zieht. Nördlich dieser Linie werden die quartären Ablagerungen hauptsächlich von Sandsteinen und Mergeln der Oberen Süßwassermolasse der grenznah aufgerichteten Vorlandmolasse unterlagert, südlich davon schließt sich beidseits der Iller die Hauchenbergschuppe an, die sich aus Mergeln und Sandsteinen der Unteren Süßwassermolasse sowie der Oberen Meeresmolasse zusammensetzt (MÜLLER & SCHOLZ 2011). Darauf folgen östlich der Iller noch zwei weitere, gebirgsparallel streichende Muldenzüge. Die Rottenbacher Mulde besteht aus Sandsteinen, Mergeln sowie Konglomerat-Mergel-Wechselfolgen der Unteren Süßwassermolasse. Im südlichsten Muldenzug (Murnauer Mulde) treten nahezu alle Gesteine der Unteren Süßwassermolasse und der Oberen Meeresmolasse auf (SCHWERD 1983). Westlich der Iller ist südlich der Hauchenbergschuppe die Salmaser Schuppe mit vorwiegend Mergeln und Sandsteinen der Unteren Süßwassermolasse ausgebildet. Deren Trennlinie markiert eine durch den Niedersonthofener See verlaufende Störungszone (JERZ 1974). Richtung Süden sind noch zwei weitere Muldenstrukturen zu nennen. Die Hornschuppe mit Mergeln, Sandsteinen und überwiegend Konglomeraten der Unteren Süßwassermolasse vermittelt mit der Salmaser Schuppe zur Rottenbacher Mulde östlich der Iller. Die Steinebergmulde ist die südlichste Muldenstruktur der Faltenmolasse und wird aus Schichten der Unteren Meeres- und Süßwassermolasse aufgebaut mit Konglomeraten als Gipfelbildner (GANNES & SCHMIDT-THOMÉ 1953). Insgesamt stehen Molasseschichten im südlichen Allgäu außerhalb des geologischen Alpenrandes mit Ausnahme der Adelegg nur sehr untergeordnet oberflächlich an, da diese in der Regel mit quartärem Material bedeckt sind (Abb. 3). Trotz der quartären Überprägung der Landschaft sollen z.B. im Bereich des Kempter Waldes noch Altreliefreste auszumachen sein, deren Entstehung ins Pliozän gestellt wird (WILHELM 1961).

Das südlich der Faltenmolasse anschließende Helvetikum ist aus marinen Sedimentgesteinen aufgebaut, welche in der Kreide- und älteren Tertiärzeit entstanden sind. Aus helvetischen Ablagerungen bestehen z.B. der Grünten und die Alpspitze. Hauptgipfelbildner sind vor allem Schrattenkalk, Seewerkalk und der sandsteinreiche Gault.

Auf das Helvetikum folgt als nächst ältere geologisch-tektonische Baueinheit der kreidezeitliche Flysch. Bei den weich geformten Bergen der Flysch-Zone handelt es sich um mächtige Wechselfolgen von harten Sandstein- und Kalksteinbänken einerseits und leicht verwitternden Tonen und Mergeln andererseits.

Die südlichsten Teile des Ostallgäus werden von den schroffen Bergformen des Kalkalpins eingenommen. Dieses setzt sich hauptsächlich aus mächtigen teilweise verkarsteten Dolomit- und Kalksteinfolgen trias- und jurazeitlicher Entstehung zusammen. Als wichtigste Gipfelbildner sind Hauptdolomit und Wettersteinkalk zu nennen (JERZ 1982, SCHOLZ 1995).

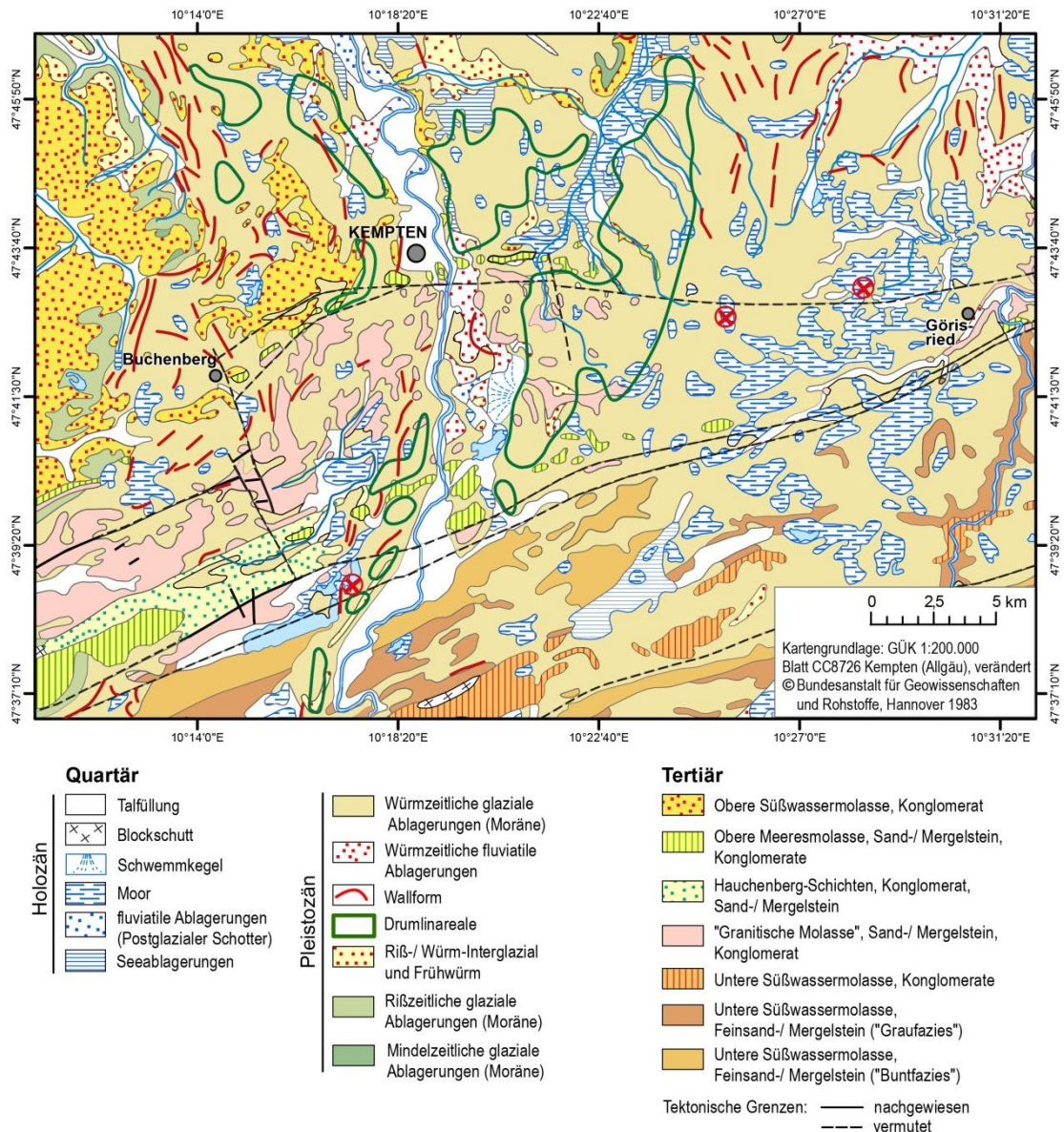


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes (Kartographie: E. Wahnsiedler). Die roten Kreuze markieren die Lage der untersuchten Lokalitäten.

3.1.2.2 Vergletscherungsgeschichte

Während des Pleistozäns breiteten sich mehrfach mächtige Eismassen im Allgäuer Alpenvorland aus und überformten das tertiäre Relief. In den einzelnen Eiszeiten drangen die Vorlandgletscher jedoch unterschiedlich weit vor. Für den Iller-Vorlandgletscher und den Lech-Wertach-Vorlandgletscher wird eine maximale Ausdehnung in der Mindeleiszeit angegeben (JERZ 1993). Das Gebiet der Niedersonthofener Seenkette wurde vom Iller-Vorlandgletscher geprägt, der Kempter Wald zusätzlich vom Lech-Wertach-Vorlandgletscher (SIMON 1926, EBERL 1930). Die Erkenntnis des Kempter Waldes als Interferenzregion der beiden Vorlandgletschersysteme wurde von namhaften Eiszeitkennern bestätigt (HANTKE 1983, JERZ 1993, SCHOLZ 1995).

Beim würmeiszeitlichen Vereisungsmaximum reichte der Dietmannsrieder Lobus des Iller-Vorlandgletschers bis knapp südlich von Grönenbach (z.B. ELLWANGER 1983, HABBE 1986). Der östlich anschließende Wildpoldsrieder Lobus drang weniger weit vor. Nördlich der Hochfläche des Kempter Waldes trat der Eisrand im Bereich des Haarbergs entsprechend zurück. Der westlichste Teilstrom des Lech-Wertach-Vorlandgletschers (= Elbseezunge) stieß bis knapp Friesenried vor (SCHOLZ 1995). Zur Zeit der Gletscherhöchststände dürfte gemäß WEINHARDT (1973) die Eismächtigkeit im südlichen Kempter Wald bei 100-150 m gelegen haben. Im rund 250 m tiefer gelegenen Illertal waren die Verhältnisse anders. KELLENBERGER (1928) gibt für das Stadtgebiet von Kempten eine Eismächtigkeit von 300-350 m an. JERZ (1974) geht von 250-300 m aus. Die Niedersonthofener Seen waren wohl von bis zu 400 m starken Eismassen bedeckt (JERZ 1974, DONGUS 1982, 1990). Am Grünten soll die Eisdicke etwa 700 m betragen haben (BADER & JERZ 1978).

Nach dem Höhepunkt der letzten Eiszeit schmolzen die einzelnen Zungen des Iller-Vorlandgletschers und Lech-Wertach-Vorlandgletschers anfangs nur langsam von ihren Maximalständen, welche durch Endmoränen nachgezeichnet sind, Richtung Alpen zurück. Das Zurückweichen des Eises wurde immer wieder von Haltephasen und erneuten kurzzeitigen Vorstößen unterbrochen (JERZ 1993). Eine solche späthochglaziale Randlage des Iller-Vorlandgletschers ist z.B. die des Kotterner Stadiums knapp südlich Kempten bei Durach. Während dieser Phase flossen Schmelzwässer der verharrenden Gletscherstirn in den einstigen Kemptener See (SCHOLZ & PETER 1995). Bekannt ist, dass zuerst der Lech-Wertach-Vorlandgletscher gänzlich aus dem Kempter Wald verschwunden ist. Neben Moränenwällen mit zugehörigen Schmelzwasserrinnen (z.B. SCHWERD 1983, REISINGER 2004) bezeugen u.a. auch hoch gelegene Terrassenstufen im Wertachtal bei Geisenried (SCHOLZ 1985, 1992) den sukzessiven Abschmelzvorgang des sich aufspaltenden Lech-

Wertach-Vorlandgletschers. Danach drangen Ausläufer des wiedervorstößenden Iller-Vorlandgletschers in den vom Lech-Wertach-Vorlandgletscher freigegebenen Raum nach Nordosten vor, was schon OBLINGER (1975) vermutet hat und jüngst von MÜLLER & SCHOLZ (2011) bestätigt wurde. Während der Wiedervorstöße wurden HABBE (1988) zufolge auch die Drumlinfelder im Untersuchungsgebiet modelliert, wie z.B. das Wildpoldsrieder Drumlinfeld am Westabfall des Kempter Waldes. Beim Niedertauen des Eises wurde das gewaltige Findlings-Streufeld des Kempter Waldes mit über 2500 Einzelblöcken abgesetzt (MÜLLER & SCHOLZ 2011).

Das weitere etappenweise Rückschmelzen des Iller-Vorlandgletschers ist durch mehrere Moränenwälle dokumentiert (z.B. EBERL 1930, JERZ, 1983a). Dabei entstanden in übertieften Bereichen des Illertals einige Seen wie der Seifener See oder Immenstädter See, die aber infolge der Entwicklung des Illerflusssystemes nur kurzen Bestand hatten (JERZ 1974). Mit dem Niederschmelzvorgang der Gletschermasse in die Allgäuer Alpen wurde auch das glazial ausgeschürfte Becken im Bereich der Niedersonthofener Seen freigegeben, welches im Norden und Süden von aufragenden Molasseschichten umrahmt wird. Im Osten verläuft der sogenannte Martinszeller-Waltenhofener Rücken. Hierbei handelt es sich um einen mehrphasig gebildeten, osartigen Höhenrücken aus Reiß-Vorstößschotter, Reiß-Moränenschotter, Reiß-Grundmoräne, Würm-Vorstößschotter und Würm-Grundmoräne vom Liegenden zum Hangenden mit Drumlins an der Oberfläche (JERZ 1974). Die glazialerosive Beckenbildung hat schon REISSINGER (1930) erkannt und deren begünstigte Anlage entlang einer Störungszone mit ausgesprochen weichen Molassepaketen sowie die Abdämmung der Iller durch den flussparallel verlaufenden Martinszeller-Waltenhofener Rücken beschrieben. So konnte der abschmelzende Gletscher keine Schotter oder Schwebstoffe in das Gebiet entsenden. Zudem haben sicher zurückgebliebene Toteismassen zum Erhalt der heutigen Seenkette beigetragen (JERZ 1974).

Wann das Untersuchungsgebiet, in welchem präwürmzeitliche Ablagerungen nur kleinräumig vorhanden sind (JERZ 1974, FRIELING in Vorb.), letztendlich eisfrei wurde, lässt sich mangels aussagekräftiger Datierungen nur spekulieren. Ein Moränenstand bei Oberdorf-Martinszell soll dem von KELLER & KRAYSS (1987) beschriebenen Konstanzer Stadium im Gebiet des Rhein-Vorlandgletschers entsprechen (HANTKE 2011). WESSELS (1998) folgert aufgrund der Lithostratigraphie seiner Bohrkerne aus dem Bodensee und der Korrelation mit den ¹⁴C-datierten Sedimenten des Zürichsees, dass dieser um 17500 Jahre cal. BP schon gänzlich eisfrei war. Für das Zungenbecken des relativ kleinen Traungletschers liegt eine Datierung zur

Eisfreiheit vor (VAN HUSEN 1977), die ein kalibriertes ^{14}C -Alter von etwa 18000 bis 19000 Jahre BP beim 1- und etwa 17500 bis 19700 Jahre BP beim 2- σ -Intervall ergibt.

Die vom Illergletscher und dessen Schmelzwasser in der Landschaft hinterlassenen glazialen und glazifluvialen Sedimente sind aus unterschiedlichen Gesteinen zusammengesetzt. Die Nährgebiete des Illergletschers lagen in den Allgäuer Alpen. Folglich enthalten die Moränen des Untersuchungsgebietes zu ca. 70 % kalkalpines Geschiebe wie beispielsweise Hauptdolomit. Flyschgesteine haben rund 20 % Anteil. Daneben sind in den Voralpen erodierte Molassegesteine wie auch helvetische Gesteine mit je ca. 5 % vertreten. Kristallines Geschiebe spielt praktisch keine Rolle (JERZ 1973). Es wurde nur in geringem Maße während der würmeiszeitlichen Maximalstände über Transfluenzen des Lechgletschers am Schrofenpass und Lechleiter Alm-Sattel dem Illergletscher zugeführt (HANTKE 2011). Die Mächtigkeit der Moränen ist verschieden. Im Kempter Wald sind örtlich bis zu 50 m zu verzeichnen (MÜLLER & SCHOLZ 2011).

3.1.3 Klimatische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Klimazone der gemäßigten Breiten, welche hier subozeanisch ausgeprägt ist. Aufgrund der Zugehörigkeit zu eben genannter Klimazone unterliegt der Raum dem Einflussbereich der Westwindzone.

Die räumliche Niederschlagsverteilung wie auch die Anzahl der Schneedeckentage im Alpenvorland folgen vorwiegend einem durch die von Nord nach Süd ansteigenden Abdachungsverhältnisse und einem durch die sukzessiv einsetzende Stauwirkung der Alpen bedingten meridionalen Wandel (HENDL 2002). Dabei gilt das Allgäu als eines der klassischen Nordweststaugebiete (ENDLICHER 2000). Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt etwa 1260 mm im Raum Kempten (Abb. 4). Höher gelegene Stationen verzeichnen schon um die 1500 mm (Abb. 5 und 6). Im Gebiet der Niedersonthofener Seen wird das Niederschlagsdargebot mit ebenfalls etwa 1500 mm angegeben (VAN EIMERN 1973). Die talaufwärts gelegenen Stationen Immenstadt und Sonthofen erreichen bei gleicher Höhenlage wie die Seenkette Niederschlagssummen von ca. 1950 bzw. 1600 mm. Diese beträchtlichen Mengen sind auf die Stauwirkung der Alpen zurückzuführen, welche bereits weit im Alpenvorland beginnt. Die höchsten Niederschläge werden in den Sommermonaten Juni, Juli und August verzeichnet, die geringsten im Spätherbst und den Wintermonaten. 20 bis 25 % des Jahresniederschlags fallen jedoch in Form von Schnee. Zur Ausbildung einer geschlossenen Schneedecke kommt es je nach Höhen- und Breitengradlage an 80 bis 124 Tagen (BAUER, J. 1990, VAN EIMERN 1973).

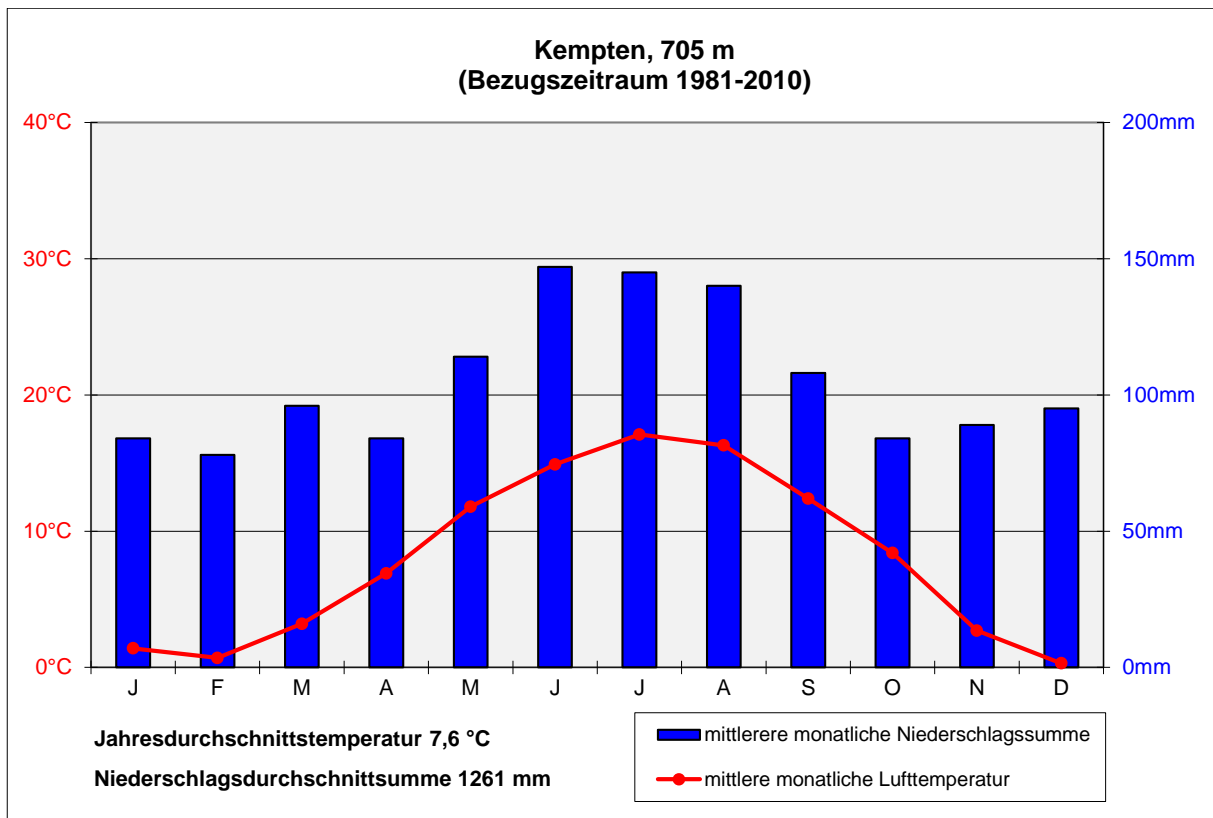


Abb. 4: Klimadaten der Messstation Kempten (Datengrundlage: DWD 2013).

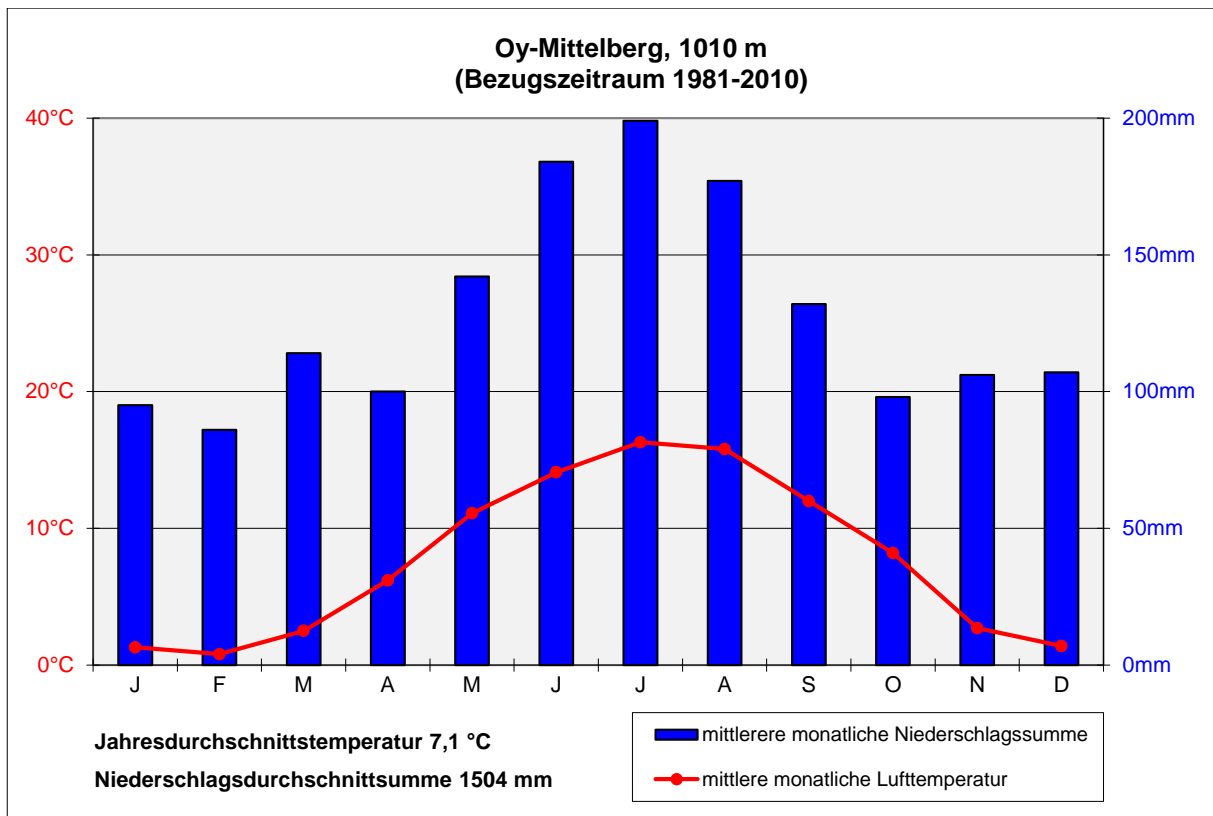


Abb. 5: Klimadaten der Messstation Oy-Mittelberg (Datengrundlage: DWD 2013).

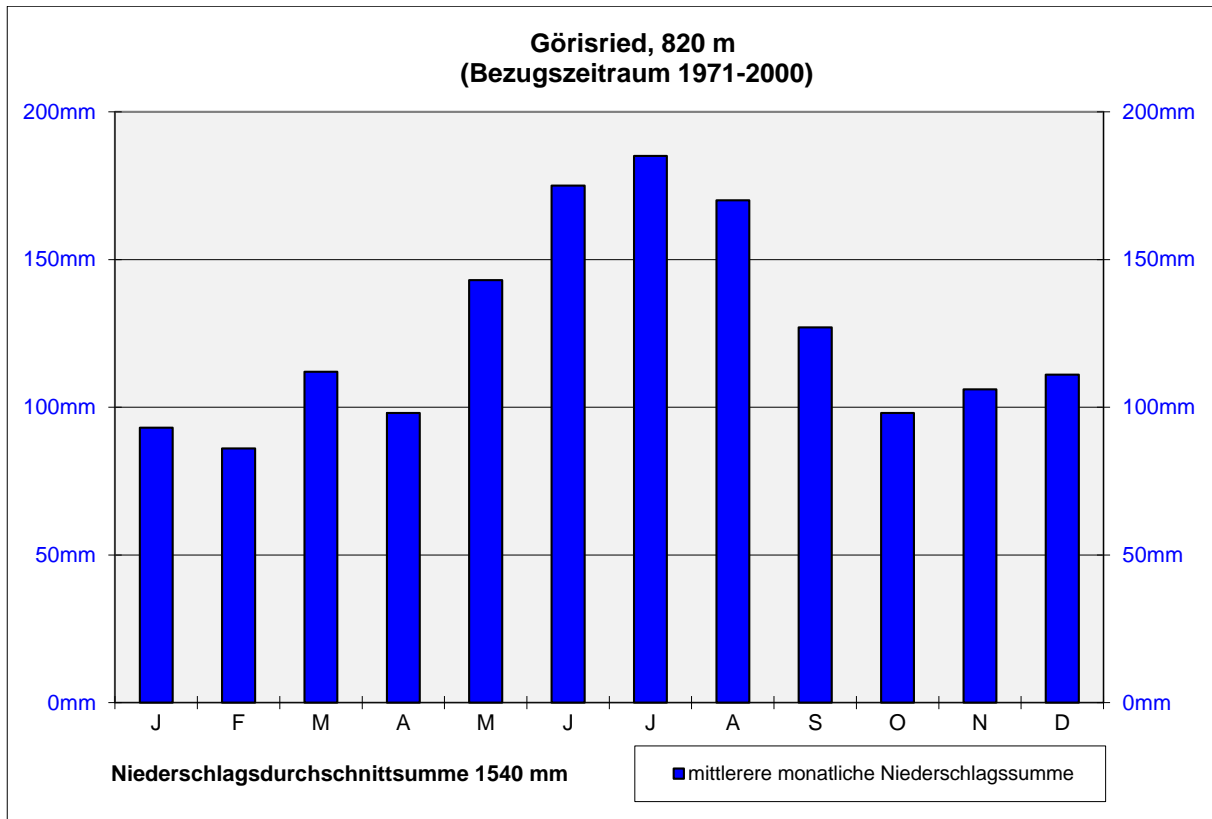


Abb. 6: Niederschlagsdaten der Messstation Görisried (Datengrundlage: DWD 2013). Für diese Station liegen keine Temperaturdaten vor.

Die Jahresdurchschnittstemperaturen liegen etwa zwischen 7,1 und 7,6 °C (Abb. 4 und 5). Mittleren Monatsmaxima von 16,3 bzw. 17,1 °C im Juli und 15,8 bzw. 16,3 °C im August stehen Minima von 0,3 bis 1,4 °C in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar gegenüber. Die Zahl der Eistage (Temperaturmaximum < 0 °C) schwankt zwischen 28 und 50, ebenso variiert die Zahl der Frosttage (Temperaturminimum < 0 °C) zwischen 120 und 150 pro Jahr. Tagesmittel von über 5 °C, welche für den Beginn der Vegetationsperiode stehen, treten nicht vor Anfang April auf. Zudem kommt es Ende April und Anfang Mai häufig zu Kälteeinbrüchen mit Schneeschauern (VAN EIMERN 1973). Im Sommer wird lediglich an im Schnitt 32 Tagen eine Temperatur von mindestens 25 °C erreicht. Es sei noch angemerkt, dass mit den vorgelegten Temperaturwerten der Stationsdaten das Bestandsklima des Kempter Waldes mit einer Höhererstreckung von 800 bis knapp 950 m ü. NN nur näherungsweise beschrieben werden kann.

Die Windverhältnisse zeigen ein Vorherrschen aus westlichen Richtungen. Aus Osten und Nordosten kommende Winde sind an Hochdruckgebiete über dem östlichen Europa gebunden. Es überwiegt der maritime Einfluss gegenüber dem kontinentalen. Der Föhn, eine Besonderheit des Klimas am Alpenrand, weht im Allgäu an bis zu 70 Tagen im Jahr

(ENGELSCHALK 1984), wobei hier kurz andauernde, stundenweise Föhnereignisse miteinbezogen sind. Voll entwickelter Föhn ist aber nur an 25 bis 30 Tagen zu registrieren (BAUER, J. 1990, OBENLAND 1956). Der Föhn bringt warme trockene Luftmassen mit sich und sorgt für Wolkenauflösung verbunden mit guter Fernsicht. Das Auftreten des Föhns wirkt somit in vielerlei Hinsicht klimatisch begünstigend. Zu nennen sind z.B. auch die Beschleunigung der Schneeschmelze und gelegentlich die Verlängerung der Vegetationsperiode. Diese dauert bei einer Höhenlage von 800 m ü. NN etwa sechs Monate an (BAUER 2001a) und verringert sich im Mittel um sechs bis sieben Tage pro 100 Höhenmeter (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Im südlichen Allgäu ohne Alpenanteil herrscht eine Sonnenscheindauer von etwa 1700 bis 1800 Stunden, womit das Gebiet als relativ sonnenreich zu bezeichnen ist.

Erwähnt sei noch eine lokalklimatische Besonderheit der Niedersonthofener Seen. Die Beckenlage und die größtenteils offene Landschaft wirken begünstigend für die Ausbildung eines Kaltluftsees. In Strahlungsnächten fließt Kaltluft in der Mulde zusammen und wird durch die den Kessel umhüllenden Höhenzüge weitestgehend am Abfließen gehindert. Zu diesen Inversionen dürfte es vor allem im Winter kommen (VAN EIMERN 1973).

3.1.4 Hydrologische Verhältnisse

Die beiden Hauptwasserläufe bilden Iller und Wertach. Im Gebiet des Kempter Waldes entspringen zahlreiche Quellen (BAYERISCHES LANDESMESSUNGSAMT 2009). Bei vielen Gewässern, wie z.B. Durach oder Kirnach, ist die durch Huminsäuren hervorgerufene braune Färbung des Wassers augenscheinlich. Dies ist auf Anschluss an Mooregebiete zurückzuführen. Beim zwischen zwei Mooren entspringenden Wölflbach machten schon PAUL & RUOFF (1932) auf dieses Phänomen aufmerksam. Durch den Kempter Wald verläuft auch die Wasserscheide zwischen Iller und Wertach. So entwässern z.B. die Kirnach und der Wölflbach zur Wertach, die unweit von eben genannten entspringende Durach fließt hingegen der Iller zu. Am Westabfall haben sich abschnittsweise viele Bäche wie z.B. die Durach zur Überwindung des Höhenunterschieds in Form von Tobeln tief in den Untergrund eingeschnitten.

Die Gruppe der Niedersonthofener Seen mit einer Fläche von ca. 1,6 km² besteht aus dem großen Hauptsee, dem östlich angrenzenden Oberen Insee, dem weiter nördlich anschließenden Mittleren Insee und schließlich dem nordöstlich folgenden Unteren Insee, über den die Seenkette entwässert. Die Teilseen sind durch Rinnen miteinander verbunden. Der Abfluss erfolgt über den Seebach. Die bedeutendsten Zuflüsse befinden sich am Westende des Hauptsees. Dort baut u.a. der Schrattenbach ein mehrere Meter in den See reichendes Delta vor.

Mit einer durchschnittlichen Tiefe von 4,95 m, einer Fläche von 0,127 km² und einem Wasservolumen von 628000 m³ ist das Teilbecken des Unteren Inlsees das kleinste innerhalb der Niedersonthofener Seenkette. Die größte Tiefe des dimiktischen, karbonatreichen Unteren Inlsees mit sommerlicher Schichtung beträgt 8,8 m und der mittlere Wasserspiegel liegt bei 703,00 m ü. NN (FRÖBRICH & MANGELSDORF 1973). Die Sichttiefen reichen bis zu 4 m und es treten an einigen Stellen größere Flachwasserzonen auf. Die mittleren Gesamt-Phosphat-Gehalte des eutrophen Sees betragen derzeit 60 µg/l (MÄHLMANN et al. 2006), der pH-Wert wird mit 10,1 angegeben (CHANG & CHANG-SCHNEIDER 2008).

3.1.5 Böden

Den folgenden Ausführungen liegen – sofern nicht anders angegeben – die Beschreibungen zur Bodenkarte Blatt 8327 Buchenberg (JERZ 1973), die Erläuterung zur Bodenverbreitung der Geologischen Karte Blatt 8328 Nesselwang West von JERZ (1983b), die Daten aus dem Bodeninformationssystem des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LFU 2013a) und Bodentypenkartierungen im Rahmen von vom Verfasser mitbetreuten studentischen Geländepraktika zugrunde.

Auenböden sind in der Talaue der Iller und Wertach verbreitet, kommen aber auch entlang von Bächen vor. Auf den jüngsten fluviatilen Ablagerungen von Iller und Wertach haben sich je nach Bodenreifung aus karbonatreichen Rohböden (Kalkrambla) graue, braungraue und graubraune Auenrendzinen (Kalkpaternia) entwickelt, die trotz des infolge der Illereintiefung gesunkenen Grundwasserstandes oft als Gley-Kalkpaternia ausgebildet sind. Auf den älteren Flussablagerungen haben sich Auenbraunerden (Vega) eingestellt. In Bereichen ganzjährig hoher Grundwasserstände treten entsprechend Auengleye auf.

Aus Torfen aufgebaute Böden sind im Untersuchungsgebiet zahlreich vorhanden. Ihre Hauptverbreitung finden die Niedermoor-, Übergangsmoor- und Hochmoorflächen in den Moränengebieten. Dies gilt insbesondere für den überaus moor- und anmoorreichen Kempter Wald.

Glaziale Ablagerungen stammen vom Illergletscher sowie vom Lech-Wertachgletscher und überziehen weite Teile der Landschaft. Im mit Würmmoränen überzogenen Gebiet wechseln sich die Böden aufgrund des bewegten Reliefs, der unterschiedlichen Zusammensetzung der Gletscherablagerungen und der hydrologischen Gegebenheiten kleinräumig ab. Steile Hanglagen und exponierte Kuppen tragen vorwiegend Rendzinen. Flächen ungestörter Bodenentwicklung werden von relativ mächtigen Braunerden mit Lessivierungsmerkmalen eingenommen. Bei bindigem Grundmoränenmaterial oder fortgeschrittener Toneinschläm-

mung sind diese pseudovergleyt. Substratbedingt sind auch reine Pseudogleye vorzufinden. Unter Fichtenbeständen ist eine fortschreitende Versauerung und Podsolierungstendenz der Braunerden inklusive Rohhumusbildung zu verzeichnen. Neben der Braunerde gilt die Parabraunerde als charakteristischer Bodentyp der Jungmoränenlandschaft (JERZ 1993). Parabraunerden sind jedoch nur auf Moränenmaterial des Lechgletschers entwickelt. Die petrographische Zusammensetzung der Moränen des Illergletschers mit dem hohen Gehalt schwer verwitterbarer Bestandteile bedingt eine vergleichsweise geringe Freisetzung von Tonpartikeln (JERZ 1974). Am Rand von Senken und Mulden vermitteln oft Gleye und Anmoorgleye zu Niedermoorflächen. In kleineren Vertiefungen der Moränenlandschaft sind bei ausreichend hohem Grundwasserstand nur Gleye anzutreffen. Auf den kleinräumig zur Ablagerung gekommenen späthochglazialen Schotterflächen sind Braunerden typisch.

Die Palette der aus Molasseschichten hervorgegangenen Böden ist infolge des kleinkammerten Reliefs und der unterschiedlichen Kornzusammensetzung der Ausgangsgesteine in Verbindung mit einem Wechsel derselben auf nur kurzen Distanzen außerordentlich groß. Der Grad der Bodenreife reicht von Rohböden über Pararendzinen bis hin zu stark sauren Braunerden mit Podsolierungseigenschaften. Auf Mergeln sind oft Pseudogleye entstanden, auf tonreichem Substrat sogar Pelosole.

Die Entwicklung der heutigen Böden setzt mit dem Eisfreiwerden ein, wenn auch anfangs nur zögerlich.

3.1.6 Vegetation

Einen allgemeinen Überblick der im Allgäu aktuell vorkommenden Pflanzengesellschaften inklusive Höhenstufung des Alpenanteils geben BAUER (2001b) sowie OBERDORFER (1950). BRAUN (1973) hat die auf dem Kartenblatt 8327 Buchenberg verbreiteten Pflanzengesellschaften erfasst. Vegetationsanalysen aus Buchenwäldern und Fichtenforsten wurden von PETERMANN (1970) vorgelegt. Von Tannen dominierte Wälder wurden von WALENTOWSKI (1998) und WALENTOWSKI, FISCHER & SEITZ (2005) bearbeitet, mit edellaubholzreichen Waldgesellschaften hat sich PFADENHAUER (1969) befasst. Das Wertachtal zwischen Nesselwang und Marktoberdorf war Gegenstand der Kartierungen von STROHWASSER (1984). Den im Folgenden genannten Assoziationen liegen teils keine aktuellen Nomenklaturen aus Standardwerken der Synsystematik zugrunde, sondern die jeweiligen Angaben der beschreibenden Autoren. Manch veraltete Gesellschaftsbezeichnung wurde bedarfsweise gemäß den in RENNWALD (2000) aufgeführten Synonymen ersetzt.

Insgesamt ist das Untersuchungsgebiet vergleichsweise stark bewaldet. Dies gilt insbesondere für den Kempter Wald, der nur randlich künstliche Offenlandanteile aufweist.

Am weitesten verbreitet sind Fichtenforste. Auf versauerten Böden ist der floristisch stark verarmte *Luzula luzuloides*-Fichtenforst ausgebildet, auf besseren Standorten der sogenannte *Galium odoratum*-Fichtenforst. Dieser ist wesentlich artenreicher und wird sogar von vielen anspruchsvollen Pflanzenarten besiedelt. Im Regelfall handelt es sich hierbei um relativ junge Forstbestände oder die Böden sind wesentlich besser gepuffert. Buchenwaldgesellschaften stocken vorwiegend auf Braunerden aus Würmmoränenmaterial. Der Waldmeister-Buchenwald (*Galio odorati*-Fagetum Sougnez et Thill 1959 em. Dierschke 1989) ist mit zwei Subassoziationen vertreten. In der Baumschicht kommt *Picea abies* oft reichlich vor. Im Unterwuchs finden sich zumeist *Galium odoratum*, *Galium rotundifolium*, *Polygonatum verticillatum* sowie die beiden Säurezeiger *Oxalis acetosella* und *Vaccinium myrtillus*. Außer dem *Galio odorati*-Fagetum typicum gedeiht meist auf pseudovergleyten Braunerden das *Galio odorati*-Fagetum stachyetosum. Diese feuchte Untergesellschaft ist vor allem im Kempter Wald entwickelt. Labkraut-Tannenmischwälder (*Galio rotundifolii*-Abietetum (Wraber 1955, 1959) Ellenberg et Klötzli 1974) gedeihen hauptsächlich auf nadelholzfördernden Molassegesteinen, welche bindige Unterbodenhorizonte hervorgebracht haben, aber auch auf Jungmoräne. *Abies alba*, *Picea abies* und untergeordnet *Fagus sylvatica* sind bestandsbildend. In Tobeln und an steilen Hängen sind Waldgeißbart-Ahornschluchtwälder (*Arunco*-*Aceretum* Moor 1952), Eschen-Ahorn-Wälder (*Fraxino*-*Aceretum pseudoplatani* (W. Koch 1926) R. Tx. em. Th. Müller 1966), sowie vereinzelt Hainlattich-Buchenwälder (*Aposerido*-Fagetum Oberd. ex. Seibert 1968) typisch. Gemein ist diesen Waldgesellschaften eine starke Edellaubholzbeteiligung. Auenwälder sind nur noch kleinräumig vorhanden, so z.B. Restbestände von Silberweidenwäldern (*Salicetum albae* Issler 1926) und Grauerlenwäldern (*Alnetum incanae* Lüdi 1921) an der Iller.

Moore sind nicht nur im Kempter Wald verbreitet, dort aber besonders zahlreich. Auf Niedermoorflächen ist oft das Davallseggenried (*Caricetum davallianae* Dutoit 1924 em. Görs 1963) anzutreffen (BRAUN 1973, FILGER 2007). Erwähnt sei auch der Alpenhaargrasrasen (*Trichophoretum alpini* Braun 61 emend.), eine umstrittene Gesellschaft (PHILIPPI 1998), die z.B. aus dem Wölfleemoos bekannt ist, aber auch andernorts in Erscheinung tritt (BRAUN 1968). Die Vegetation von Hochmoorweiten setzt sich vornehmlich aus bunten Torfmoosrasen (*Sphagnetum magellanici* (Malcuit 1929) Kästner et Flößner 1933), Schnabelried-Schlenken (*Rhynchosporium albae* Koch 1926) und Schlammseggen-Schlenken (*Caricetum*

limosae Br.-Bl. 1921) zusammen. Mehr oder minder gehölzfreie Hochmoorflächen finden sich z.B. im Unteren Brandholzmoos, Dürrenbühlmoos und westlichen Mehlblockmoos. Randlich schließen an diese Bereiche ombrotrophe Spirkenwälder (Pino mugo-Sphagnetum Kästner et Flößner 1933 em. Neuhäusl 1969 corr. Dierßen 1977) an, die im Übergangsmoorbereich von minerotrophen Spirkenwäldern abgelöst werden. Diese von WAGNER, WAGNER & PFADENHAUER (1997) neu ausgeschiedene Assoziation des Fadenseggen-Bergkiefernmooses (*Carex lasiocarpa-Pinus rotundata*-Gesellschaft) ist z.B. im Mehlblockmoos, Wölfemoos und in der Teufelsküche nachgewiesen (WAGNER 2000). Daran folgen zum Moorrand hin oft Peitschenmoos-Fichtenwälder (Bazzanio-Piceetum Br.-Bl. et Sissingh in Br.-Bl. et al. 1939), teils auch direkt Fichtenforste auf vererdetem Torf.

Die Moore des Kempter Waldes beherbergen auch einige Glazialrelikte. Bereits SENDTNER (1854) erwähnt neben *Betula humilis*, *Carex heleonastes* und *Salix myrtilloides* auch die mittlerweile im gesamten Allgäu ausgestorbene Seggenart *Carex capitata* (BRAUN 1966, DÖRR 2000). Aktuell sind Vorkommen von *Betula humilis*, *Carex chordorrhiza*, *C. heleonastes* und *Salix myrtilloides* belegt. Außer *Carex chordorrhiza* sind diese ausgesprochen seltenen Pflanzenarten im Rückgang begriffen und von der Extinktion bedroht (DÖRR 2000). So war z.B. im Wölfemoos einst ein Massenbestand von *Carex heleonastes* vorhanden (BRAUN 1966, 1968), welcher sukzessiv durch Drainagemaßnahmen vernichtet wurde (DÖRR & LIPPERT 2001). In vielen Mooren wurde auch Torf gestochen, örtlich wie im Sinkmoos sogar in größerem Umfang abgebaut. Mittlerweile haben sich in diesem Moor auf den Stichflächen und in den Gräben verschiedene Regenerationskomplexe eingestellt (POSCHLOD 1990).

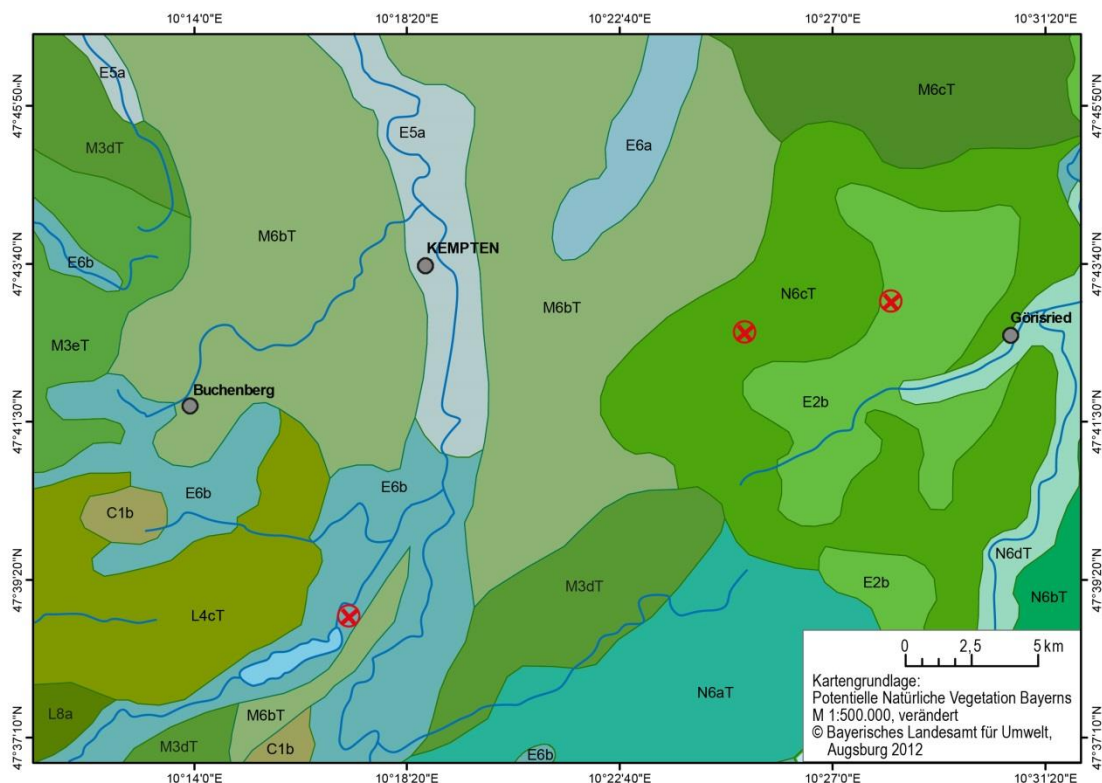
Anmoor- und insbesondere Niedermoorflächen, welche heutzutage noch ein- bis zweimal jährlich gemäht werden, sind von Streuwiesen bestanden. Dabei handelt es sich um die Assoziation der präalpinen Schwalbenwurz-Enzian-Pfeifengraswiese (Gentiano asclepiadeae-Molinetum caeruleae (Oberd. 1957) Görs in Oberd. 1979) in verschiedenen Ausbildungen. In vielen Bereichen des Kempter Waldes werden beispielweise auch Flachmoorgesellschaften wie das Davallseggenried (*Caricetum davallianae* Dutoit 1924 em. Görs 1963) oder der Herzblatt-Braunseggensumpf (*Parnassio-Caricetum fuscae* Oberd. 1957 em. Görs 1977) als Streuwiesen genutzt (FILGER 2007).

In Bereichen hoher Grundwasserstände und zugleich nichtorganischer Böden sind Bachdistelwiesen (*Valeriano-Cirsietum rivularis* Nowinski 1927) charakteristisch.

Der Großteil des Wirtschaftsgrünlandes besteht aus nur mäßig gedüngten, drei- bis vierschürigen Fettwiesen, die der Gesellschaft der Berg-Glatthaferwiese (*Alchemillo vulgaris-Arrhenatheretum elatioris* (Oberd. 1957) Sougn. et Limb. 1963) zugeordnet werden können.

Auf Weideflächen sind zudem oft Frauenmantel-Kammgrasweiden (*Alchemillo-Cynosuretum cristati* Th. Müll. ap. Oberd. 1967) anzutreffen (BRAUN 1973).

Die submerse Vegetation des Unteren Inlsees besteht hauptsächlich aus *Potamogeton*-Arten (MÄHLMANN et al. 2006). Die Schwimmblattgürtel werden von *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba* gebildet. Die Uferbereiche des Sees werden meist vom Steifseggenried (*Caricetum elatae* Koch 1926) umrahmt. Abschnittsweise tritt auch Schilfröhricht (*Phragmitetum communis* Schmale 1939) auf.



- | | |
|--|--|
| Waldfreie Moore und Moorwälder | |
| C1b | Waldfreie Hochmoor-Vegetation im Komplex mit Torfmoos-Fichtenwald |
| Edellaubholzreiche Feucht- und Sumpfwälder sowie Auenwälder | |
| E2b | Schwarzerlen-Eschen-Sumpfwald (gebietsweise mit Grauerle) im Komplex mit Giersch-Bergahorn-Eschenwald; örtlich Walzenseggen-Schwarzerlen-Bruchwald |
| E5a | Giersch-Bergahorn-Eschenwald mit Übergängen zum Waldmeister- oder Waldgersten-Buchenwald |
| E6a | Grauerlen-Auenwald im Komplex mit Giersch-Bergahorn-Eschenwald und Grauerlen-(Eschen)-Sumpfwald; örtlich mit Silberweidenwald |
| E6b | Grauerlen-Auenwald im Komplex mit Giersch-Bergahorn-Eschenwald; örtlich mit Lavendelweiden-Gebüsch und Buntreißgras-Kiefernwald |
| Tannen-Buchenwälder basenarmer Standorte | |
| L4cT | Hainsimsen-Tannen-Buchenwald im Komplex mit Waldmeister-Tannen-Buchenwald; örtlich mit Waldgersten-Tannen-Buchenwald |
| (Fichten-)Tannen-Buchenwälder basenarmer Standorte | |
| L8a | Waldhainsimsen-(Fichten)-Tannen-Buchenwald im Komplex mit Waldmeister-(Fichten)-Tannen-Buchenwald; örtlich mit Hainlattich-(Fichten)-Tannen-Buchenwald |
| Tannen-Buchenwälder basenreicher Standorte | |
| M3dT | Waldmeister-Tannen-Buchenwald; örtlich mit Hainsimsen-Tannen-Buchenwald, Waldgersten-Tannen-Buchenwald oder Rundblatlabkraut-Tannenwald |
| M3eT | Waldmeister-, Hainsimsen- und Waldgersten-Tannen-Buchenwald im Komplex; örtlich mit Rundblatlabkraut-Tannenwald und Bergulmen-Bergahorn-Blockwald (Adelegg) |
| M6bT | Waldmeister-Tannen-Buchenwald im Komplex mit Hainsimsen-Tannen-Buchenwald; örtlich mit Waldgersten-Tannen-Buchenwald, Giersch-Bergahorn-Eschenwald, Rundblatlabkraut-Tannenwald und Schwarzerlen-Eschen-Sumpfwald |
| M6cT | Waldmeister-Tannen-Buchenwald; z.T. im Komplex mit Waldgersten-Tannen-Buchenwald; örtlich Rundblatlabkraut-Tannenwald, Schwarzerlen-Eschen-Sumpfwald oder Walzenseggen-Schwarzerlen-Bruchwald sowie punktuell waldfreier Hochmoor-Vegetation |
| Tannen-Buchenwälder stark basenreicher bis kalkhaltiger Standorte | |
| N6aT | Waldgersten-Tannen-Buchenwald im Komplex mit Waldmeister-Tannen-Buchenwald; örtlich Rundblatlabkraut-Tannenwald |
| N6bT | Waldgersten-Tannen-Buchenwald im Komplex mit Waldmeister-Tannen-Buchenwald; örtlich Giersch-Bergahorn-Eschenwald oder Grauerlen-(Eschen)-Sumpfwald |
| N6cT | Waldgersten-Tannen-Buchenwald im Komplex mit Waldmeister-Tannen-Buchenwald; örtlich mit Giersch-Bergahorn-Eschenwald oder Grauerlen-(Eschen)-Sumpfwald sowie waldfreier Hochmoor-Vegetation oder Torfmoos-Fichtenwald |
| N6dT | Waldgersten-Tannen-Buchenwald (mit Hainlattich); örtlich mit Bergulmen-Sommerlinden-Blockwald, in der Talsohle Grauerlen-Auenwald und Giersch-Bergahorn-Eschenwald |

Abb. 7: Die potentiell natürliche Vegetation im südlichen Iller-Wertach-Gebiet (Kartographie: E. Wahnsiedler). Die roten Kreuze markieren die Lage der untersuchten Lokalitäten.

Die potentiell natürliche Vegetation der südlichen Moränenlandschaft zwischen Iller und Wertach ist nach SEIBERT (1968) ein Waldmeister-Tannen-Buchenwald in einer Berglandform mit *Polygonatum verticillatum* unter Betonung des außerordentlichen Moorreichtums. Labkraut-Buchen-Tannenwälder sind auf Molasseablagerungen typisch. In der Neubearbeitung der potentiell natürlichen Vegetation Bayerns (SUCK & BUSHART 2012) wird ein wesentlich genaueres Bild skizziert. Im Gebiet des Kempter Waldes würden sich auf den Feucht- und Nassstandorten Vegetationskomplexe aus Grauerlen-Eschen-Sumpfwäldern und Giersch-Bergahorn-Eschenwäldern gepaart mit Walzenseggen-Schwarzerlen-Bruchwäldern einstellen (Abb. 7). Spirkenwälder mit punktuell baumfreier Hochmoorvegetation sind in der Karte wohl aus Darstellungsgründen nicht berücksichtigt, finden aber textlich Erwähnung (SUCK & BUSHART 2012). Die trockeneren Standorte werden von Waldgersten-Tannen-Buchenwäldern im Komplex mit Waldmeister-Tannen-Buchenwäldern eingenommen. In der weiteren Umgebung der Niedersonthofener Seen gesellen sich zu Waldmeister-Tannen-Buchenwäldern Hainsimsen-Tannen-Buchenwälder. Örtliche Verbreitung finden zudem Waldgersten-Tannen-Buchenwälder und Rundblattlabkraut-Tannenwälder.

3.1.7 Siedlungsgeschichte

Die archäologische Fundsituation ist im südlichen Allgäu aufgrund der vorherrschenden Grünlandwirtschaft wesentlich schlechter als im nördlichen Allgäu, wo der Ackerbau eine bedeutende Stellung innerhalb der Landwirtschaft einnimmt (DIETRICH 1995). Im Gebiet der Grünlandwirtschaft sind beispielsweise steinzeitliche Fundstellen vorwiegend durch Aufschlüsse oder während Baumaßnahmen entdeckt worden (GEHLEN 1995).

Der bisher älteste Artefaktfund aus dem Allgäu ist knapp nördlich der Rheingletscher-Endmoräne bei Leutkirch nachgewiesen. Dieser Fund ist in die Kultur des Gravettien zu stellen und stammt somit aus dem mittleren Jungpaläolithikum (ca. 34000-26000 BP). Am Nordufer des Forggensees ist ein Werkzeug gefunden worden, welches eventuell ins Magdalénien (ca. 17000-14000 BP) zu datieren ist (GEHLEN 1995, 1999). Funde aus dem Spätpaläolithikum (ca. 14000-11600 BP) sind bisher 4 bekannt. Alle Fundstellen sind im Füssener Becken gelegen. Die älteste Fundstelle liegt am Weißensee (GEHLEN 1999). Die Menschen, welche im Spätglazial lebten, waren nicht sesshafte Großwildjäger (Rentier, Wildpferd, u.a.) und Sammler.

Für das Mesolithikum (ca. 11600-7500 BP) sind außerordentlich viele Fundplätze bekannt. Der Großteil der bisherigen Fundstellen aus dieser Zeit konzentriert sich auf die Umgebung

von Füßen (z.B. Bannwaldsee, Forggensee und Hopfensee), das obere Illertal und entlang der Aitrach nahe Leutkirch. Weitere Funde stammen u.a. von den Niedersonthofener Seen und aus dem Illertal östlich Kempten. Die Menschen lebten weiterhin als nomadisierende Jäger und Sammler in einer mittlerweile weithin geschlossen bewaldeten Landschaft. Der Fischfang wird neben der Jagd auf Waldtiere (Hirsch, Reh, Wildschwein, u.a.) eine wichtige Rolle gespielt haben. Dies legt die Lage der meisten Fundstellen an Fließgewässern und Seen nahe (GEHLEN 1988a, GUGGENMOS, SCHOLZ & SCHRÖPPEL 1984).

Zu Beginn des Neolithikums (ca. 7500-4000 BP) wanderten die ersten Kulturen mit sesshafter Wirtschaftsform (Ackerbau, Viehzucht und Waldwirtschaft) ein. Die altneolithische Kultur der Linearbandkeramik ist bisher nur an wenigen Stellen nachgewiesen. Eine Fundstelle liegt am Nordufer des Forggensees (GEHLEN 1999), welche dem aktuellen Forschungsstand nach auch eine spätmesolithische Zeitstellung besitzen könnte (GEHLEN 2009, FISCHER, GEHLEN & RICHTER 2009). Die restlichen Funde beschränken sich auf die Lößgebiete des nördlichen Allgäus außerhalb der Endmoränenzüge (GEHLEN 1995, 1999). Das Mittelneolithikum ist z.B. südlich von Memmingen bekannt. Hierbei handelt es sich um Funde der Stichbandkeramiker sowie der Großgartacher und Rössener Gruppe (KOHLER & SCHRÖPPEL 1984). Das Jungneolithikum ist vor allem im nördlichen Allgäu durch zahlreiche Beil- und Pfeilspitzenfunde belegt. Bei Dirlwang ist die Michelsberger Kultur dokumentiert (GEHLEN 1995, 1999). Im südlichen Allgäu gibt es nur wenige Funde (z.B. Freibergsee bei Oberstdorf). Endneolithische Siedlungsnachweise der Schnurkeramiker und Glockenbecherkultur liegen schwerpunktmäßig im nördlichen Allgäu. Im Füssener Becken sind am Weißensee und Südufer des Forggensees aufgefundene Pfeilspitzen endneolithischer Herkunft (GEHLEN 1988b). Insgesamt ist während des Neolithikums von einer relativ deutlichen Bevölkerungszunahme gegenüber dem Mesolithikum auszugehen. Die Siedlungsaktivität der Jungsteinzeit ist auch in einer Reihe von Pollendiagrammen belegt (DIEFFENBACH-FRIES 1981, KÜSTER 1988).

In der Bronzezeit (2000-800 v. Chr.) lagen die Besiedlungsschwerpunkte gemäß dem bisherigen Fundmaterial im nördlichen Teil des Allgäus. Aus der älteren Bronzezeit fehlen bisher Grab- und Siedlungsfunde. Bis dato sind nur Einzel- und Depotfunde dokumentiert. Aufgefundene Gräber und Siedlungen datieren in die mittlere und späte Bronzezeit. In diesem Abschnitt war auch das südliche Allgäu besiedelt, wie die Ausgrabungen einer Siedlung bei Sonthofen und eines Bohlenweges im Agathazeller Moor belegen (DIETRICH 1995). SCHMEIDL (1962) konnte an einem Pollenprofil in diesem Moor bronzezeitlichen Getreideanbau nachweisen. SPRENZEL (1998) berichtet von Metallfunden der mittleren Bronzezeit bei

Kempton und bemerkt, dass die derzeitige Fundverbreitungskarte des südlichen Allgäu wahrscheinlich nicht mit dem tatsächlichen bronzezeitlichen Besiedlungsbild übereinstimmt. Daneben sind im Pfrontener Tal und Füssener Becken Siedlungsnachweise erbracht worden (KOHLER & SCHRÖPPEL 1984). Zudem existierten Handelswege, die den Füssener Raum durchquerten (BAUER, R. 1990). Für die Zeit der Urnenfelderkultur sind nur relativ wenige Fundstellen bekannt (DIETRICH 1995).

In der vorrömischen Eisenzeit (800-15 v. Chr.), mit deren Beginn die Kelten in das Allgäu eingewandert sein könnten (VAN ENDERT 2000), konzentrierte sich die Besiedelung weiterhin auf das nördliche Allgäu. Aus dem südlichen Allgäu sind nur spärliche Einzelfunde der Eisenzeit zuzuordnen. Der Fundanfall aus der Hallstattzeit stammt vornehmlich aus den zahlreichen Grabfunden, Siedlungsfunde sind jedoch selten. Das größte Grabhügelfeld des Allgäus liegt bei Mindelheim. Es fasste ursprünglich mehr als 200 Gräber, von denen heute leider nur noch wenige erhalten sind. Südlich von Pfronten ist ein hallstattzeitlicher Bohlenweg bekannt (DIETRICH 1995). BAUER, R. (1990) zufolge dürften sich die Kelten erst 400 v. Chr. nach dem Übergang zwischen Hallstatt- und Latènezeit im Allgäu niedergelassen haben. Neben Grab- und relativ wenigen Siedlungsfunden datieren auch einige Viereckschanzen in die Latènezeit. Für das südliche Allgäu sind bisher nur Einzelfunde bekannt (DIETRICH 1995). Auf die keltische Besiedlung gehen einige Namen zurück, welche bis heute überdauert haben. Zu nennen ist die Bezeichnung Kempton mit der Bedeutung „Burg an der Flusskrümmung“ (BAUER, R. 1990).

In der Römerzeit, welche im Allgäu 15 v. Chr. beginnt, nahm die Bevölkerungszahl zu und der Ackerbau wurde ausgeweitet. Kurz nach Christi Geburt existierte im Allgäu schon eine Reihe von Militärposten und zivilen Siedlungen wie auf dem Auerberg und in Kempton (WEBER 1995). Im Laufe der römischen Herrschaft bildeten sich drei Siedlungsschwerpunkte heraus. Ein Siedlungsschwerpunkt lag im Füssener Land, den zweiten bildete Kempton mit Umgebung und der dritte befand sich in der Gegend von Obergünzburg entlang der Römerstraße Augsburg-Kempton. Die bedeutendste Römerstraße im Allgäu war die Via Claudia, welche über den Fernpaß nach Füssen und weiter nach Augsburg führte. Weitere wichtige Römerstraßen verliefen von Füssen über das heutige Nesselwang nach Kempton und von Epfach über Unterthingau durch den nordwestlichen Kempter Wald nach Kempton (HERRMANN 1984, KOHLER & SCHRÖPPEL 1984). Im Jahr 233 n. Chr. fielen die Alemannen erstmals im Allgäu ein (WEBER 1995). In den folgenden zwei Jahrhunderten führten die Alemannen ihre Raubzüge bis zum endgültigen Zusammenbruch der römischen Herrschaft fort. Spätestens 430 n. Chr. hatten sich die Römer vollkommen aus dem Allgäu zurück-

gezogen (MACKENSEN 1995). Durch den Abzug der Römer kam es zu einem Bevölkerungsrückgang. Die sich im Allgäu ansiedelnden Alemannen, welche verschiedene germanische Volksgruppen umfassten (VAN ENDERT 2000), nutzten wohl nicht bestehende römische Bauten, sondern gründeten offene Dorfsiedlungen (KIRCHBERGER 1995).

Im frühen Mittelalter (ca. 507-1024 n. Chr.) vollzog sich erneut ein bedeutsamer Wandel. In den Jahren 536 und 537 n. Chr. dehnte sich der fränkische Herrschaftsbereich auf das Alpenvorland aus. Der unter fränkischer Herrschaft forcierte Landesausbau schritt bis zur Mitte des 6. Jahrhunderts n. Chr. entlang der größeren Täler bis in die nördliche Allgäuer Jungmoränenlandschaft voran, so z.B. in die Gegend von Marktoberdorf. Mit dem Abklingen dieses Jahrhunderts wurde auch der Füssener Raum und das obere Illertal bei Sonthofen im Zuge des Landesausbaus erschlossen (BABUCKE 1995). Erst im Zuge der größeren Rodungsphasen wurden die höher gelegenen Moränengebiete wie der Kempter Wald erschlossen (BABUCKE 1995). Etwa um 750 n. Chr. wurde das erste Benediktinerkloster im heutigen Stadtgebiet von Kempten gegründet (JERZ 1983c, KIRCHBERGER 1995). Im Jahr 839 n. Chr. findet sich der Name Allgäu erstmals in zwei Urkunden (WEITNAUER 1981). Laut JAHN (1989) jedoch datiert der erste Urkundenvermerk in das Jahr 817 n. Chr. und die Begriffsentstehung in das 8. oder gar 7. nachchristliche Jahrhundert. Dessen Bedeutung leitet sich nach verschiedenen Autoren (zusammengestellt in BRADLER 1973) von einem als Alpgau bezeichneten Siedlungsraum der Alamannen ab. JAHN (1989) sieht darin einen auf die Alamannen zurückgehenden landschaftlichen Terminus. Danach ist unter der Raumbezeichnung Allgäu eine auen- und feuchtgebietsreiche Berglandschaft mit in höheren Lagen waldfreien Weideflächen zu verstehen. Während frühmittelalterlicher Rodungsphasen entstanden die ersten mit auf -ried endenden Orte, wobei aber nicht alle Orte mit Rodung in Verbindung zu bringen sind. Teilweise leitet sich die Bedeutung auch vom althochdeutschen Wort hreed (= Moor, Sumpf) ab (DERTSCH 1984). SCHMIEDL (1984) zufolge dürfte die Gründung von Görisried (= Rodung des Gerin) in die erste Rodungsphase des Kempter Waldes (850-900 n. Chr.) datieren, bei der das Kloster Kempten und das Hochstift Augsburg treibende Kraft waren. Urkundliche Erwähnung findet die Ortschaft erstmals im Jahr 1375. Weitere Ortschaften am Rande des Kempter Waldes sind schon früher urkundlich belegt, so z.B. Durach im Jahr 1170 oder Betzigau im Jahr 1238. Auch im Gebiet der Niedersonthofener Seen sind Ortsgründungen schriftlich fixiert. Zu nennen sind u.a. Martinszell im Jahr 1275, Memhölz um 1200 und Niedersonthofen im Jahr 1173 (HERRMANN 1984).

Im Laufe des Hochmittelalters (1024-1250 n. Chr.) und Spätmittelalters (1250-1500 n. Chr.) wuchsen zahlreiche Städte und Ortschaften heran (KIRCHBERGER 1995). Der Großteil der

insgesamt über 240 im Allgäu nachgewiesenen Burgen wurde auch zu dieser Zeit errichtet (ZEUNE 1995). In diesem Kontext sei der Baltenstein erwähnt, ein relativ großer Findling im westlichen Kempter Wald, auf dem sich noch Mauerreste einer kleinen Burg befinden (MERKT 1951). Infolge des Bevölkerungsanstieges wurde die Landwirtschaft ausgeweitet und es kam zu größeren Rodungen, welche teilweise sogar systematisch durch Rodungsgenossenschaften erfolgten. Eine solche Rodungsgenossenschaft bildeten Nesselwang und Pfronten (DÜRRWANGER 1954). Die Klimaverschlechterung der sogenannten Kleinen Eiszeit, Kriege und Seuchen führten im weiteren Spätmittelalter zu einem Rückgang der Bevölkerung und der Rodungsaktivitäten (RÜTH 2000). Im Mittelalter wurde Erzbergbau betrieben. Urkundlich belegt ist dieser im Allgäu ab dem Jahr 1471 (KÖHLER 1977). Die Anfänge der bergmännischen Erzgewinnung könnten aufgrund jüngerer Funde und Befunde in die Römerzeit oder sogar Eisenzeit datieren (MERBELER 1995).

In der frühen Neuzeit kam der Flachsanzbau im Allgäu auf (FRIED 1984) und in der Adelegg entfaltete sich die Glasproduktion (KATA 1995). Die Eisenherstellung wurde immer bedeutender. Dabei wurde bis zur Verwendung von Steinkohle für die Erzverhüttung extrem viel Holzkohle benötigt. Dieser Sachverhalt bedingte schon zum Ende des 16. Jahrhunderts eine flächenhafte Waldvernichtung im oberen Iller- und Ostrachtal (SCHOLZ, MERBELER & NETZBANDT 2000). Um den fortschreitenden Waldrückgang einzudämmen, wurden ab dem 17. Jahrhundert strenge Verbote erlassen (RÜTH 2000). Die in der Neuzeit einsetzende Vereinödung verbesserte die wirtschaftlichen Bedingungen der Landwirtschaft durch Befreiung vom Flurzwang (ZEISSET 1984). Der Beginn dieser Bewegung datiert bereits in die Mitte des 16. Jahrhunderts vom Fürststift Kempten ausgehend. Mit der Vereinödung, welche den Landwirten viele Vorteile (Ertragssteigerung, Betriebskostenverringerung etc.) brachte, ging auch eine Entwässerung vieler Moore mit deren landwirtschaftlicher Nutzung einher (NOWOTNY 2000). Seit 1830 sind die Ackeranteile im Allgäu infolge der Umstellung auf Grünlandwirtschaft und Rindviehhaltung stark zurückgegangen. Mit der Wandlung der Wirtschaftsweise einhergehend kam auch der Flachsanzbau zum Erliegen (ZEISSET 1984). Im südlichen Jungmoränengebiet wurde auch vielerorts in den folgenden Jahrzehnten der Getreideanbau völlig eingestellt, so z.B. im Nesselwanger Raum (DÜRRWANGER 1954). Im 19. Jahrhundert waren noch viele Bergrücken und ein Großteil des Jungmoränenlandes waldfrei. Einige dieser Flächen wurden entweder aufgeforstet oder aber es setzte eine Sekundärsukzession infolge ausbleibender Beweidung und Mahd ein (BAUER, J. 1990).

Es sei angemerkt, dass bei den Steinzeiten und Metallzeiten noch erhebliche Forschungslücken klaffen, aber auch die Römerzeit und das Mittelalter sind bisher nur unzureichend

erforscht. Die sich aus der Verteilung der archäologischen Fundstellen andeutenden unterschiedlichen Siedlungsräume kommen dabei teilweise durch solche Forschungslücken zustande. So war während der Metallzeiten das südliche Allgäu gemäß dem Fundmaterial nur punktwiese besiedelt (DIETRICH 1995, SPRENZEL 1998).

Die oben angegebenen Zeiträume der jeweiligen vorgeschichtlichen Kulturstufen sind dem Sammelwerk von VON SCHNURBEIN (2010) entnommen, da diese in den Originaltexten meist veraltet waren.

3.2 Die untersuchten Moore im Kempter Wald

Das Mehlblockmoos ist ein sehr großer Moorkomplex (ca. 100 ha), der durch die Mehlblockalm bereichsweise zweigeteilt ist, nördlich davon aber zusammenhängt. Beide Teile des Moores sind gemäß KAULE (1974) weitgehend durch eine typische Zonation der Hochmoorpflanzengesellschaften gekennzeichnet.

Der Teil östlich der Alm ist ein Spirkenfilz mit bis zu 10 m hohen *Pinus rotundata*-Exemplaren, die im Übergang zu den eingeschalteten offenen Hochmoor- und Zwischenmoorbereichen Wuchshöhen von lediglich 2 m aufweisen. Die ombrotrophen Freiflächen sind Wachstumskomplexe. Die minerotrophen Spirkenwaldabschnitte verzahnen sich oft mit Fichten-Moorrandwäldern (HORNUNG 1991a).

Das vom Verfasser bearbeitete westliche Mehlblockmoos – ausschnittsweise in Abb. 8 dargestellt – ist in seinem Zentrum von einer schwach aufgewölbten ombrotrophen Freifläche mit nur schwach bultigen Torfmooswachstumskomplexen und dazwischen geschalteten Schlenken gekennzeichnet. Ein auf der Moorweite befindlicher Kolk mit umgebender Schwingrasenvegetation hat sich aufgrund seiner sichtbar V-förmig böschenden, aus Torf aufgebauten Seitenwände durch ein Aufreißen im Kulminationsbereich des gewölbten Hochmoortorfkörpers gebildet. Das flächenmäßige Anwachsen solcher Kolke lässt sich durch das Auseinanderweichen der wasserdurchtränkten Hochmoortorfe erklären (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Das Moor ist bevorzugtes Wildeinstandsgebiet. Die große Suhle im Westen, auf welche einige Wildwechsel zulaufen, mit einer maximalen Länge von etwa 25 m und einer maximalen Breite von rund 10 m, ist die zentrale Anlaufstelle für das Wild. Die mannshohen Spirken im direkten Umgriff sind von Schälschäden gezeichnet und im Absterben begriffen. Eine Schlenke im Nordosten der Freifläche dient dem Rotwild nur untergeordnet als Suhle. In allen Himmelsrichtungen geht die weitestgehend offene Hochmoorfläche in von Spirken eingenommene, noch ombrotrophe Bereiche über. Die

Spirkenbestände erreichen je nach Feuchtigkeitsgrad und Entfernung zur offenen Hochmoorfläche Höhen von 2 bis 10 m. Zum Moorrand hin sind die Spirkenwälder zusehends mit *Picea abies* durchsetzt und werden entweder von Fichten-Moorrandwäldern abgelöst oder es schließen relativ scharf Fichtenforste auf vererdeten, relativ flachgründigen Torfen an. In den Randbereichen des Moores sind zwei ehemalige Torfstichflächen lokalisiert, die sich in Regeneration befinden. Örtlich sind baumfreie basenreiche Niedermoorgesellschaften anzutreffen. Aus dem Moorkörper austretendes Wasser speist im Norden den Einfangbach und fließt im Süden der Kirnach zu (HORNUNG 1991b). Richtung Westen schließt mit dem Krankenmoos ein weiterer Moorkomplex von beträchtlicher Größe an. Im Norden wird das westliche Mehlblockmoos stellenweise durch aufragende Moränenwälle begrenzt.

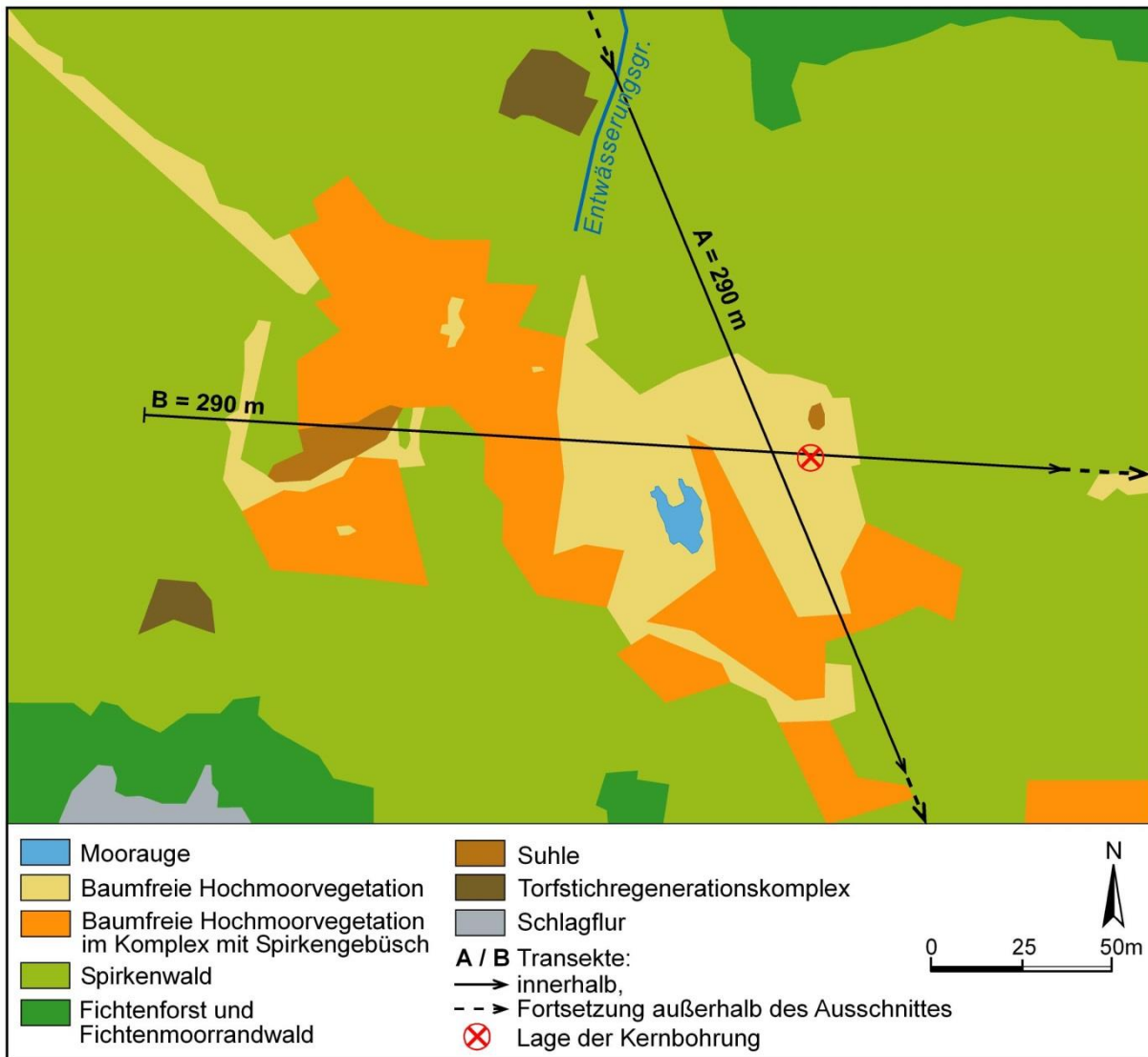


Abb. 8: Hauptvegetationstypen im westlichen Mehlblockmoos.

Das Dürrenbühlmoos ist im insgesamt 60 Hektar großen Naturwaldreservat Dürrenbühl gelegen (LWF 2013) und in fast allen Himmelsrichtungen durch aufragende Moränenwälle begrenzt. Wie im Mehlblockmoos erhebt sich die zentrale Hochmoorfläche schwach uhrglasförmig. Diese ist bereichsweise von kleinwüchsigen Spirken bestanden. Neben Torfmooswachstumskomplexen sind auch Stillstands- und Erosionskomplexe ausgebildet. Stärker aufgewölbte Bulte treten nur lokal in Erscheinung und sind an Ausgasungsvorgänge aus dem Moorkörper gebunden. In der Regel herrscht ein einheitliches Torfmoosrasenniveau vor, dessen Physiognomie überwiegend durch die Rasenbinse bestimmt wird. Die Rasenbinsen-Torfmoosrasen sind durch eingeschaltete Schlenken immer wieder unterbrochen. Im Osten der Freifläche ist ein größeres Moorauge ausgebildet (Abb. 9). Dieses hat einen Durchmesser von etwa 20 m und wird von größeren Schwingrasenflächen gesäumt. Die relativ gehölzfreie Hochmoorfläche ist von Spirkenfilz umgeben. Mit zunehmender Entfernung vom Zentrum werden die Spirken immer höherwüchsiger. Im schwach minerotrophen Bereich ist den Spirkenwäldern verstärkt *Picea* beigemischt. In den Randbereichen des Moores sind entweder Fichtenmoorrandwälder aufgewachsen, welche in Fichtenforste übergehen, oder es folgen abrupt solche Wirtschaftswälder. Am Nord- und Süden des Moores sowie in seinem östlichen Teil verlaufen Entwässerungsgräben. Der im Norden befindliche Drainagegraben ist stark wasserzünftig und sollte aufgestaut werden, der südliche ist größtenteils zugewachsen. Die früher sternförmig die zentrale Freifläche entwässernden Grabensysteme (WEHNERT 1991) existieren nicht mehr. Der Wilddruck ist weitaus geringer als im Mehlblockmoos.

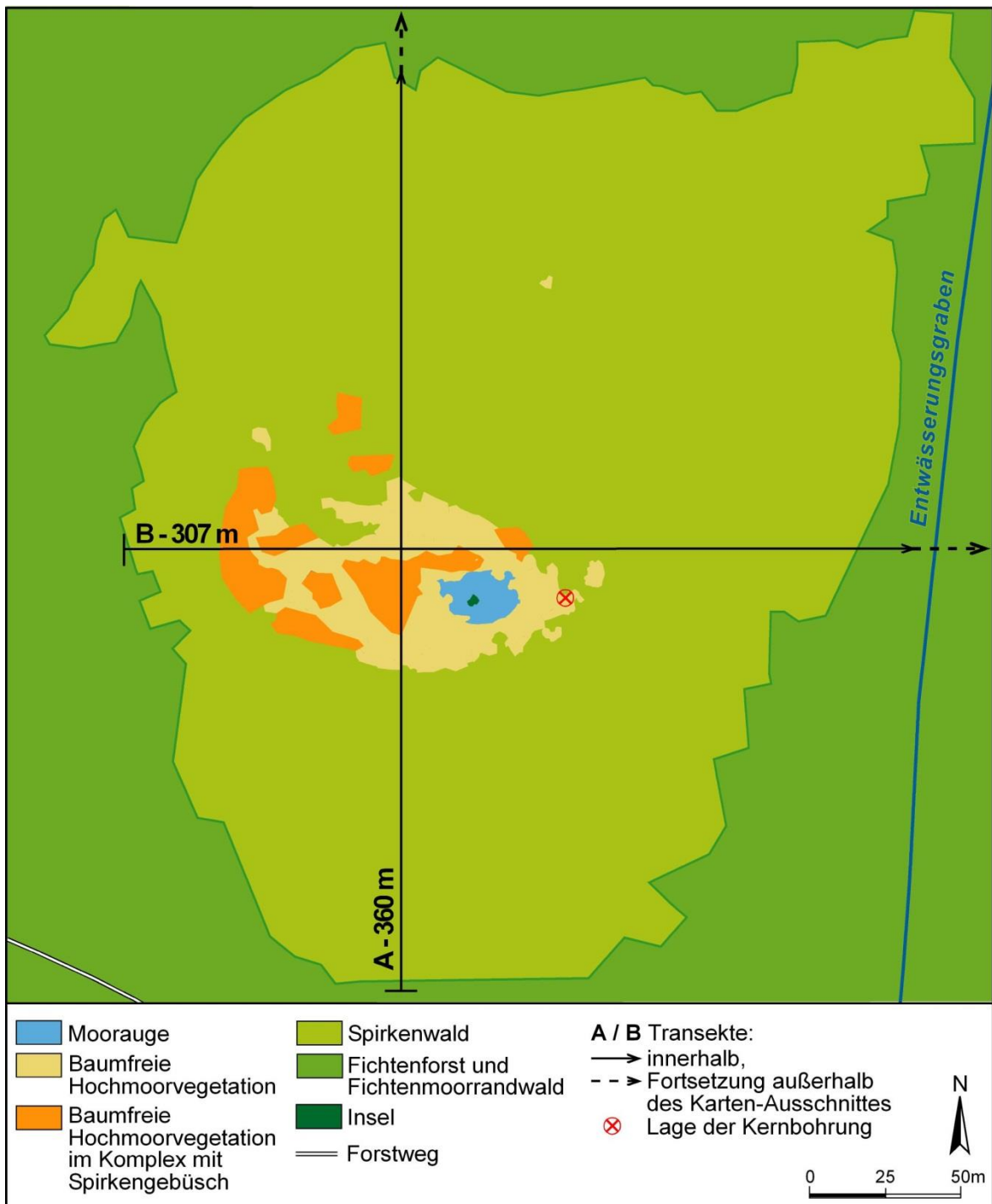


Abb. 9: Hauptvegetationstypen im Dürrenbühlmoos.

4. Methoden

4.1 Pollenanalyse

4.1.1 Prinzip der Methode

Die Pollen- und Sporenanalyse, welche in vielen Lehrbüchern beschrieben wird (z.B. FAEGRI & IVERSEN 1989, MOORE, WEBB & COLLINSON 1991, BURGA & PERRET 1998, LANG 1994 und den von Rösch verfassten, aber nicht gekennzeichneten Kapiteln in JACOMET & KREUZ 1999), befasst sich mit der Bestimmung von Palynomorphen aus geeigneten Ablagerungen. Ziel dieser Analyse ist die Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte. Als vegetationsgeschichtliche Archive dienen vorzugsweise Torfe und Seesedimente. Des Weiteren werden andere quartäre und ältere Ablagerungen wie z.B. Löß untersucht. Allerdings ist in solchen Ablagerungen der Erhaltungszustand von fossilen Pollenkörnern meist schlechter als in Mooren und Seen. Grund für die Erhaltungsfähigkeit ist das in den Pollenkörnern und Sporen enthaltene Sporopollenin, einer der widerstandsfähigsten Stoffe im Pflanzenreich. Das Sporopollenin ist zwar chemisch ungesättigt und wird daher von Sauerstoff angegriffen, zeigt sich jedoch gegenüber starken Laugen und anorganischen Säuren resistent. Bei Pollenkörnern befindet sich diese äußerst resistente Substanz in der Exine. Die zu großen Teilen aus Zellulose und Pektin bestehende Intine ist im Gegensatz zur Exine fossil nicht erhaltungsfähig. Die Bestimmung des fossilen Blütenstaubs erfolgt aufgrund mehrerer Merkmale (z.B. Art und Zahl der Aperturen, Skulptur der Exine, Form und Größe). Durch die unterschiedliche Kombination dieser Merkmale erfolgt eine Klassifizierung in zahlreiche Pollen- und Sporentypen. Jedoch ist das taxonomisch bestimmbare Niveau verschieden. Bei einigen Pollentypen ist eine Identifizierung nur auf Familienebene möglich. Beispiele sind nicht kultivierte *Poaceae* und *Chenopodiaceae*. Meist ist aber eine Bestimmung auf Gattungs- oder sogar Artebene möglich. Auf Artebene lassen sich z.B. *Sanguisorba minor* und *Sanguisorba officinalis* unterscheiden. Einige Waldbäume sind ebenfalls auf Artebene bestimmbar, wie beispielsweise *Fagus sylvatica*, *Picea abies* und *Carpinus betulus*, da ihre Gattung in unserem Raum mit nur einer Art vertreten ist. Andere Bäume hingegen lassen in hiesigen Gefilden nur eine Identifizierung auf Gattungsebene zu, so z.B. *Quercus*. Nach heutigem Kenntnisstand lassen sich, eine optimale Ausrüstung vorausgesetzt, 586 bestimmbare Pollentypen für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete ausmachen (BEUG 2004). Hinzu kommt eine nicht zu vernachlässigende Anzahl an Sporentypen.

4.1.2 Moorprospektion und Probengewinnung

Eingangs fand ein Studium der Luftbilder des Kempter Waldes statt, um baumfreie Hochmoorflächen auszumachen, da dort in der Regel die größten Torfmächtigkeiten vorhanden sind. Des Weiteren wurde der aktuelle Zustand der Moore in die Betrachtung miteinbezogen, dem hauptsächlich Angaben der Biotopkartierung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LFU 2013b) und von KAULE (1974) zugrunde liegen. Ebenso wurden die vorhandenen Literaturdaten zu Moormächtigkeitsangaben und deren stratigraphischen Aufbau (PAUL & RUOFF 1932, LAFORCE & SCHUCH 1983) bei der Wahl der geeigneten Archive berücksichtigt. Anschließend wurden in vielen Mooren orientierende Bohrungen mit detaillierter Bestimmung des stratigraphischen Aufbaus und des Torfzersetigungsgrades niedergebracht. Aus dem Verbund der Kriterien Archivmächtigkeit, vermutete Zeitstellung, Zersetzungsgrad der Torfe, anthropogene Beeinflussung sowie Höhenlage und räumliche Lage der Moore im Kempter Wald kristallisierten sich nach Abschluss der Voruntersuchungen zwei Standorte heraus: das Dürrenbühlmoos und das westliche Mehlblockmoos.

Diese beiden Moore wurden mittels Pürckhauersondierungen vom Verfasser eingehend prospektiert. Es wurden je zwei Transekte durch die Moore gelegt und diverse Einzelbohrungen durchgeführt. Ziel der Sondierungen war, den stratigraphischen Aufbau und die Mächtigkeit des Torfkörpers zu ermitteln sowie den optimalen Bohrpunkt für die Pollenanalyse auszumachen. Die Ergebnisse der Bohrungen sollten ferner Hinweise zur Moorentwicklung liefern.

Im Gebiet der Niedersonthofener Seen wurde das Südufer des Unteren Inselfees von den Herren Prof. Dr. Friedmann und Prof. Dr. Jerz als Kernentnahmebereich ausgewählt, da dort gemäß JERZ (1974) ruhige Sedimentationsbedingungen herrschten und bis zu 8 m mächtige Seekreideabsätze gebildet wurden. Ebenfalls erfolgten dort einige Sondierungsbohrungen mit dem Pürckhauer.

Die geborgenen Kernsegmente wurden jeweils fotografiert, hinsichtlich ihrer Farbe angesprochen und noch vor Ort luftdicht verpackt und beschriftet. Anschließend wurden die Kerne tiefgefroren. Die Sedimentansprache folgte GROSSE-BRAUCKMANN (1990). Der Zersetzungsgrad des Torfes wurde nach der von VON POST entwickelten Skala (in GROSSE-BRAUCKMANN 1990, DIERBEN & DIERBEN 2001) bestimmt. Bei der Probenaufbereitung ausgesonderte Makroreste wurden GROSSE-BRAUCKMANN (1972, 1974), GROSSE-BRAUCKMANN & STREITZ (1992) und MAUQUOY & VAN GEEL (2007) folgend identifiziert.

4.1.3 Pollenaufbereitung

Die Proben enthalten neben Pollenkörnern auch andere Komponenten (Kalk, Huminsäuren, Cellulose etc.). Dieses bei der Auszählung unerwünschte Beimaterial wird mit Hilfe chemischer Behandlungsschritte aufgelöst und anschließend zusammen mit den Chemikalien abzentrifugiert. Für die zunehmende Anreicherung der Pollenkörner im Probenmaterial sind verschiedene Verfahren gängig (FAEGRI & IVERSEN 1989). Je nach Ausgangsmaterial können einzelne Arbeitsschritte ausgelassen werden. So kann bei Hochmoortorf auf Salzsäure (HCl) verzichtet werden, da keine Karbonate vorhanden sind.

Den ersten Aufbereitungsschritt im Labor stellte die Abtrennung des Calciumkarbonats in 10 %iger Salzsäure (HCl) dar, gefolgt vom Kochen der Proben mit 10 %iger Natronlauge (NaOH) zur Lösung der Huminsäuren. Nach der Behandlung mit Natronlauge wurden die Makroreste zur späteren Analyse ausgesondert, welche allerdings nicht besonders ergiebig war. Dann wurde 45 %ige Flußsäure (HF) zur Abtrennung der Silikate hinzugegeben. Darauf folgte die Acetolyse (Essigsäure-Anhydrid + konzentrierte Schwefelsäure) im 100° C heißen Wasserbad zur Entfernung der Zellulose. Schließlich wurde mit Hilfe eines Ultraschallbades das Feinmaterial (< 10 µ) ausgesiebt. Die Ultraschallbehandlung sollte allerdings möglichst kurz durchgeführt werden, um eine Zerstörung empfindlicher Pollentypen zu minimieren. Zur Aufbewahrung wurden die Pollenproben in kleine Glasröhrchen überführt, mit Glycerin aufgefüllt und verkorkt.

Um die absolute Pollenkonzentration berechnen zu können, wurde den Proben jeweils zwei Tabletten mit einer definierten Menge *Lycopodium*-Sporen hinzugefügt (STOCKMARR 1971). Die Dauer der Acetolyse wurde von drei auf zehn Minuten ausgedehnt, wodurch die anatomischen Merkmale der Pollenkörner wesentlich besser erkennbar sind (KÜSTER 1988).

Die Aufbereitung der Proben erfolgte am Institut für Geographie der Universität Augsburg durch den Verfasser. Aufbereitungsgänge, bei denen eine Behandlung mit Flußsäure nötig war, wurden am Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität München durch den Labortechniker Herrn Dipl. Ing. Pavel Kopal vorgenommen. Dies betrifft die Seekreideabschnitte des Kerns vom Unteren Insensee, die Beckentonabschnitte der Moore im Kempter Wald sowie zusätzlich beim Mehlblockmoos die spätglazialen Abschnitte.

4.1.4 Auszählung der Präparate und Darstellung in Pollendiagrammen

Die aufbereiteten Proben wurden mit Glycerin auf Objektträger aufgebracht und unter einem Durchlichtmikroskop mit Kreuztisch bei 400-facher Vergrößerung ausgezählt. Kritische Pollentypen wurden bei 1000-facher Vergrößerung betrachtet. Zur sicheren Identifikation der

Pollenkörner und Sporen diente die einschlägige Bestimmungsliteratur (MOORE, WEBB & COLLINSON 1991, FAEGRI & IVERSEN 1993, REILLE 1998, BEUG 2004). Zusätzlich stand eine umfangreiche Vergleichssammlung rezenter Pollenkörner und Sporen aus Süddeutschland zur Verfügung. Die Nomenklatur der Pollentypen richtet sich nach BEUG (2004).

Insgesamt wurden 664 Proben untersucht. Dabei wurde bei ausreichender Pollenführung die Zählung möglichst über die gesamte Deckglasfläche verteilt, da kleine Pollenkörner eher in den Randbereichen des Präparates zu finden sind, während hingegen große Pollenkörner sich hauptsächlich in der Mitte anreichern. Bei den im Kempter Wald ausgewerteten Archiven wurden pro Probe mindestens 1000 Gehölzpollenkörner (ohne *Alnus*) ausgezählt, wobei zu bemerken ist, dass dies nicht für die pleniglazialen und frühspätglazialen Straten gilt, als Baumbirken noch nicht eingewandert waren. Beim Profil Inselsee wurden in dem vom Verfasser gezählten Abschnitt (Boreal bis Subatlantikum) je Probe mindestens 1000 terrestrische Pollenkörner erfasst. Das von BULL (2003) bearbeitete Spätglazial und Frühholozän umfasst in der Regel Zählsummen von mindestens 600 Baumpollenkörnern oder 1000 terrestrischen Pollenkörnern. Eigentlich sind die pollenanalytischen Ergebnisse schon ab Zählsummen von 600 terrestrischen Palynomorphen statistisch abgesichert (BIRKS & BIRKS 1980). In Offenlandschaften sollten jedoch mindestens 1000 terrestrische Pollenkörner gezählt werden, um relativ selten vorkommende Pollentypen wie manche Kulturzeiger hinreichend zu erfassen. In bewaldeten Landschaften ist dies ebenso für Arten der Krautschicht zu konstatieren.

Der Kern aus dem Mehlblockmoos wurde in den spätglazialen Abschnitten zentimeterweise pollen- sowie sporenanalytisch ausgezählt. Das Holozän wurde in Abständen von zwei Zentimeter ausgewertet. Das Dürrenbühlmoos wurde in Intervallen von vier Zentimeter pollen- sowie sporenanalytisch untersucht. Der Untere Inselsee wurde von BULL (2003) bis zu einer Tiefe von 470 cm in zwei bis vier Zentimeter-Schritten bearbeitet, die vom Verfasser gezählten Straten bis zur Geländeoberkante mit Zwischenräumen von zwei bis acht Zentimeter.

Die graphische Darstellung der pollenanalytischen Zählergebnisse erfolgt in der Regel in Form von Prozent-Pollendiagrammen. Jedes der untersuchten Archive ist in Form eines Überblickpollendiagramms (Anl. 1, 10 und 16) dargestellt. Diese sind allerdings infolge der meist engmaschigen Probenintervalle sowie der Mächtigkeiten von sechs Meter und mehr teils schwer leserlich und somit nicht sinnvoll interpretierbar. Von daher wurden für das Mehlblockmoos fünf sowie für das Dürrenbühlmoos und für den Unteren Inselsee jeweils drei

Detaildiagramme erstellt, die in der Anlage (Anl. 2 bis 6, 11 bis 13 und 17 bis 19) enthalten sind. Des Weiteren wurden für die holozänen Straten der beiden Profile Dürrenbühlmoos und Mehlblockmoos noch Influxdiagramme (Anl. 7, 8 und 14) gemäß folgender Formel erzeugt:

$$\text{Influx pro cm}^2 = \frac{\text{Pollenkonzentration des jeweiligen Pollentyps in cm}^3}{\text{Anreicherungszeit}}$$

Beim Profil Dürrenbühl wurde die inverse ^{14}C -Datierung bei 229 cm bei der Berechnung der Influx-Werte nicht berücksichtigt. Im basalen Bereich wurden keine ^{14}C -Datierungen durchgeführt. Von daher wurde bei 577 cm die Grenze Spätglazial-Holozän gezogen und hierbei das mit Hilfe von Jahrringzählungen absolutchronologisch ermittelte Alter von 11590 cal. BP (FRIEDRICH et al. 2004) zugrunde gelegt, das sich jahrgenau mit den palynostratigraphisch kombinierten Warvenzählungen des Meerfelder Maares deckt (LITT et al. 2001). Die mit der gleichen Methodik wie im Meerfelder Maar erfolgte Abgrenzung zwischen Spätglazial und Holozän in den Archiven Hämelsee (MERKT & MÜLLER 1999) und Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002) weicht von diesem Alter nur geringfügig ab. Für den Hämelsee sind dies 11560 cal. BP und für den Steißlinger See 11580 cal. BP. Beim Profil Mehlblockmoos wurde das Warvenalter der bei 794 cm abgelagerten Laacher-See-Tephra für die Influxberechnung miteinbezogen und dabei die Angabe von BRAUER, ENDRES & NEGENDANK (1999) mit 12880 cal. BP zugrunde gelegt. Da aber selbst im auf einer Reihe von ^{14}C -Datierungen basierenden Influxdiagramm des Mehlblockmooses immer wieder synchron verlaufende Zu- und Abnahmen der Influxwerte aller Pollentypen auftreten, finden diese nur randlich Erwähnung. Weitere Radiokarbondatierungen wären von Nöten, um die durch wechselnde Wachstumsraten hervorgerufenen Influxschwankungen in den jeweiligen Bereichen auszugleichen. Zur Erhellung der Moor- bzw. Seentwicklung wurde zudem für jedes untersuchte Archiv noch ein Moor- und Wasserpflanzendiagramm angefertigt (Anl. 9, 15 und 20). Ergänzend sind auch ausgewählte Nicht-Pollen-Palynomorphen in diesen Diagrammen berücksichtigt.

Anhand der vom Verfasser erstellten Prozent-Pollendiagramme soll exemplarisch deren typischer Aufbau erläutert werden. Eine Übersicht der unterschiedlichen Diagrammtypen geben FAEGRI & IVERSEN (1989) und MOORE, WEBB & COLLINSON (1991). Zuerst ist immer das Überblickspollendiagramm dargestellt. Dabei sind auf der Abszisse die Prozentwerte der jeweiligen Pollentypen aufgetragen. Auf der Ordinate gibt die erste Säule die Tiefe unter der Geländeoberfläche und die Lithostratigraphie wieder. Die Darstellung der jeweiligen Sedimente erfolgt durch graphische Muster. Die Bedeutung dieser Muster ist der folgenden

Legende (Abb. 10) zu entnehmen. Die Sedentatansprache folgte dabei GROSSE-BRAUCKMANN (1990).

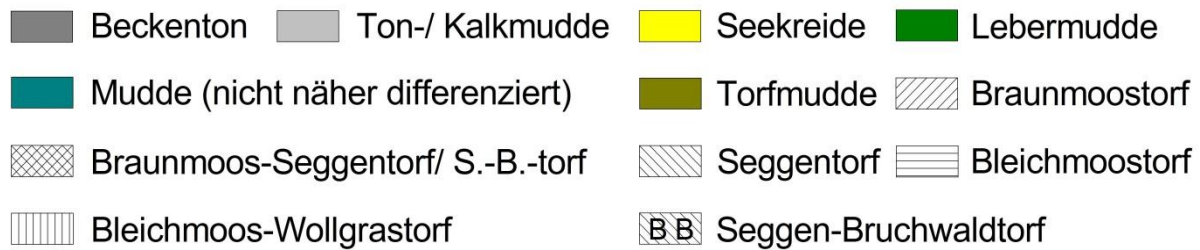


Abb. 10: Legende zur Lithologie in den Pollendiagrammen.

In der zweiten Säule sind die Biozonen bzw. vegetationsgeschichtlichen Abschnitte festgehalten. Zu deren Abgrenzung sei auf Kap. 4.1.5 verwiesen. Darauf folgen in der dritten Säule die lokalen Pollenzonen (LPZ). Eine lokale Pollenzone ist eine biostratigraphische Einheit, die ein charakteristisches Pollenspektrum aufweist und die lokale Vegetationszusammensetzung repräsentiert (BIRKS & BIRKS 1980, MOORE, WEBB & COLLINSON 1991). Deren Einteilung erfolgte mittels Clusteranalyse in den frei verfügbaren Softwarepaketen R (R CORE TEAM 2012) und PAST 3.0 (HAMMER et al. 2001, HAMMER 2013) nach dem von GORDON & BIRKS (1972) beschriebenen hierarchisch-agglomerativen Verfahren CONSLINK (constrained single link). Hierbei wurden GRIMM (1987) folgend nur in der Bezugssumme enthaltene Pollentypen mit einem Anteil von mindestens 3 % berücksichtigt. Die vierte Säule ist den ^{14}C -Daten vorbehalten, die konventionell mit dem Bezugsjahr 1950 assoziiert und in cal. BP/AD angegeben sind. Daran schließt das Totaldiagramm an, in dem Baumpollen (BP), Sträucherpollen (Str.) und Nichtbaumpollen (NBP) nebeneinander dargestellt sind. Als Bezugssumme (=100 %) wurde nahezu der gesamte Baumpollenanteil (ohne *Alnus*), Sträucherpollen- und Nichtbaumpollenanteil unter Ausschluss der Sporen sowie der lokalen Moor- und Wasserpflanzen gewählt. Auf das Totaldiagramm folgen die Prozentwerte ausgewählter Pollentypen. Diese sind als Schattenrisskurven wiedergegeben. Dabei geben schwarze Kurven absolute Prozentwerte an. Weiße Kurven mit und ohne horizontal verlaufenden Linien dagegen sind der besseren Lesbarkeit wegen 10-fach überhöht. Einige der in den Diagrammen enthaltenen Pollentypen wurden zusammengefasst (z.B. *Rosaceae* agg). Indeterminata sind aufgrund ihrer sehr geringen Anteile nicht aufgeführt. Den Abschluss der Diagramme bildet immer die Pollenkonzentration und zudem in den Überblickpollendiagrammen die Bezugspollensumme der terrestrischen Taxa. Die Pollenkonzentration pro cm^3 Sediment wurde mittels folgender Formel berechnet:

$$\text{Pollenkonzentration pro cm}^3 \text{ Sediment} = \frac{\text{Gezählte Summe terrestrischer Pollenkörner} \times \text{Anzahl der } \textit{Lycopodium}\text{-Sporen in Tabletten}}{\text{Gezählte } \textit{Lycopodium}\text{-Sporen} \times \text{Probenvolumen in cm}^3}$$

Die Überführung der Zählergebnisse in Prozentwerte erfolgte mit dem proprietären Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL[®]. Ebenso wurden die Influxdiagramme mittels dieser Software berechnet. Für die graphische Darstellung der Prozentwerte stand das Programm ORIGIN 5.0[®] zur Verfügung.

Es sei noch angemerkt, dass die lokalen Pollenzonen nicht in den Influxdiagrammen dargestellt sind, da deren Abgrenzung anhand der Prozentwerte der erfassten Pollentypen vollzogen wurde. Das Totaldiagramm, welches ebenfalls auf Prozentwerten basiert, fand zur besseren Orientierung trotzdem in diesen Diagrammen Berücksichtigung.

4.1.5 Einteilung der Biozonen

Die vegetationsgeschichtlichen Abschnitte wurden teilweise abweichend von den Angaben von FIRBAS (1949, 1952) unter Einbeziehung moderner pollenanalytischer Untersuchungen aus dem Allgäu (BERTSCH 1961, KÜSTER 1986, 1988, MÜLLER 1962, CLARK, MERKT & MÜLLER 1989) sowie aus angrenzenden Regionen (EUSTERHUES et al. 2002, KLEINMANN 1995, KÜSTER 1995, RÖSCH 1990) zu allererst biostratigraphisch grundlegend eingeteilt. Die rein biostratigraphische Abgrenzung wurde mittels kalibrierter ¹⁴C-Daten – soweit diese eine plausible Altersstellung aufweisen – verfeinert und dementsprechend Chronozonen zugeordnet, welche im nachfolgenden Teil der Arbeit und in den Pollendiagrammen als Biozonen bezeichnet werden. Hierbei wurde allerdings die alte chronostratigraphische Gliederung von MANGERUD et al. (1974) nicht berücksichtigt, sondern die Chronozonen der beiden relativ hochauflösend pollenanalytisch untersuchten und mittels Warvenzählungen jahrgenau datierten Seesedimente des Meerfelder Maares in der Eifel (KUBITZ 2000, LITT & STEBICH 1999, LITT et al. 2001) und des Steißlinger Sees im nordwestlichen Bodenseegebiet (EUSTERHUES et al. 2002) zur Grenzziehung herangezogen. Diese sind mit jüngst veröffentlichten spätglazialen Altersdaten aus der Schweiz (AMMANN et al. 2013) in Tab. 3 dargestellt. Die beiden Warvenchronologien sind im Holozän und ausgehenden Spätglazial – von der Altersstellung der Grenze Präboreal-Boreal einmal abgesehen – mehr oder minder deckungsgleich. Im frühen und mittleren Spätglazial sind jedoch deutliche Abweichungen vorhanden. Ursächlich sind die unterschiedlich erfolgten Abgrenzungen der vegetationsgeschichtlichen Abschnitte.

Tab. 3: Gegenüberstellung der Warvenchronologien und zugehörigen Biozonen vom Meerfelder Maar (LITT & STEBICH 1999, KUBITZ 2000, LITT et al. 2001) und vom Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002) sowie der jüngst veröffentlichten Altersangaben aus der Schweiz (AMMANN et al. 2013).

Meerfelder Maar		Steißlinger See		Schweiz	
Warvenjahre vor heute	Biozonen	Warvenjahre vor heute	Biozonen	Alter kalibriert vor heute	Biozonen
0-2750	Subatlantikum	0-2925	Subatlantikum	–	–
2750-6200	Subboreal	2925-6245	Subboreal	–	–
6200-8550	Atlantikum	6245-8500	Atlantikum	–	–
8550-10800	Boreal	8500-10300	Boreal	–	–
10800-11590	Präboreal	10300-11580	Präboreal	–	–
11590-12680	Jüngere Dryas	11580-12690	Jüngere Dryas	ca. 11570-12710	Jüngere Dryas
12680-13350*	Allerød	12690-13787	Allerød	ca. 12710-13835	Allerød
13350-13540	Ältere Dryas				
13540-13780**	Bølling				
13780-13910	Älteste Dryas	13787-14700***	Bølling	ca. 13835-14665	Bølling
13910- ca. 14560 (interpoliert)	Meiendorf				
nicht gewarvt	Pleniglazial	14700-15500	Älteste Dryas	ca. 14665-15676****	Älteste Dryas

*= im Holzmaar wurde die Dauer des Allerøds auf 12606-13489 Warvenjahre vor heute datiert (LEROY et al. 2000)

**= Hiatus von 110 Jahren (vgl. BRAUER et al. 2000), wodurch sich die älteren Biozonen analog nach hinten verschieben

***= im ausgehenden Bølling wäre eine Ausgliederung der Älteren Dryas durch einen von kleinen Kurvengipfeln von Poaceen, *Helianthemum* und *Thalictrum* gekennzeichneten Abschnitt möglich

****= letztes Drittel der Ältesten Dryas, deren Beginn mit 18000-19000 cal. BP veranschlagt wird (IVY-OCHS et al. 2008)

4.1.6 Bemerkungen zur Pollenbestimmung

Die Pollentaxa und -typen wurden in Anlehnung an BEUG (2004) benannt. Nachfolgend werden Angaben zur Bestimmung mancher Pflanzenfamilien und -gattungen gemacht:

Poaceae

Die Trennung des Getreide-Typs vom Wildgrastyp erfolgte durch Größenmessungen und unter Zuhilfenahme des Phasenkontrastmusters. BEUG (2004) folgend wurden nur solche Pollenkörner dem Getreide-Typ zugerechnet, welche mindestens 37 µm groß waren und zugleich einen Porendurchmesser und eine Anulusbreite von > 2,7 µm aufwiesen. Als weiteres Bestimmungskriterium diente die Anulusdicke (> 2 µm). Unterschieden wurden der *Avena*-Typ, *Hordeum*-Typ und *Triticum*-Typ sowie *Secale* und *Zea mays*. Die ersteren drei sind in den meisten Diagrammen zusammengefasst (Cerealia agg.). Bedarfsweise wurde auch der Wildgrastyp getrennt aufgenommen und zwar im Falle lokaler Überrepräsentation durch moorbürtige Poaceen, was im Dürrenbühlmoos auf *Phragmites australis* zutraf (Kap. 6.2.4.2). Es sei noch darauf hingewiesen, dass in einigen früher publizierten Pollendiagrammen (z.B. KOSSACK & SCHMEIDL 1974/75) wahrscheinlich zu große Mengen an Getreidepollenkörnern gezählt wurden, da es an hinreichend gesicherten Bestimmungskriterien fehlte.

Polygonaceae

Die Gattung *Rumex* konnte pollenmorphologisch nur wie von BEUG (2004) beschrieben weiter differenziert werden. Die von MOORE, WEBB & COLLINSON (1991) genannten Unterscheidungskriterien von *Rumex acetosa* und *Rumex acetosella* konnten nur äußerst selten ausgemacht werden und sind nach Ansicht des Verfassers fragwürdig.

Tilia

Die Gattung *Tilia* wurde im Frühholozän bis zur erfolgten Einwanderung in einen *Tilia cordata*-Typ und einen *Tilia platyphyllos*-Typ unterschieden.

4.1.7 Erfassung von Holzkohle und Extrafossilien

Ergänzend zu den Pollen- und Sporenzählungen wurden Holzkohlepartikel und Nicht-Pollen-Palynomorphen (NPP) erfasst. Wie verschiedene Untersuchungen gezeigt haben, kann das Mitzählen äolisch eingetragener Holzkohleteilchen wichtige Informationen zu anthropogenen Eingriffen liefern (z.B. CLARK, MERKT & MÜLLER 1989, TINNER et al. 2005a, TINNER et al. 2005b). Außerdem lassen miterfasste Holzkohlepartikel Aussagen über die Waldbranddynamik im Spätglazial und Frühholozän zu. Zur Abgrenzung der Holzkohle gegenüber inkohltem Material etc. dienen vor allem die scharfen Bruchstrukturen und die asymmetrische Form in Verbindung mit der Opazität als sichere Bestimmungsmerkmale (CLARK 1988). Diese Merkmale wurden an eigens erstellten Vergleichspräparaten rezenter Holzkohleflitter

studiert. Die mitgezählten Holzkohlepartikel sind prozentual auf die Pollensumme bezogen. Von einer Umwandlung in eine Häufigkeitsskala wurde abgesehen. Aufbereitungsbedingt wurden nur solche Holzkohlepartikel mitgezählt, welche Größen von $> 10 \mu\text{m}$ aufwiesen.

Es sei noch angemerkt, dass die Feuergeschichte nicht allein mittels Pollenproben rekonstruiert werden kann, da die Liefergebiete teils unklar und vorhandene Proxy-Daten oft nicht mit den Holzkohlebefunden in Einklang zu bringen sind (WHITLOCK & LARSEN 2001). Jedoch konnten TINNER et al. (1998) zeigen, dass auf Pollenproben basierende Holzkohleerhebungen die Rekonstruktion der regionalen Feuergeschichte erlauben und hierbei keine Unterscheidung in Größenklassen nötig ist. Die lokale Feuergeschichte aber lässt sich nur mittels Dünnschliffen eindeutig fassen. Grund hierfür ist die nicht zu vermeidende Zerkleinerung von Holzkohlepartikeln im Zuge der pollenanalytischen Aufbereitung (WHITLOCK & LARSEN 2001). Aufgrund dieses Sachverhalts wurden keine Größenklassen ausgeschieden, große Partikel aber eigens notiert.

Die Nicht-Pollen-Palynomorphen – auch Extrafossilien genannt – wurden gemäß den von VAN GEEL (1978), VAN GEEL et al. (1983) und VAN GEEL et al. (2003) veröffentlichten mikrofotographischen Aufnahmen identifiziert. Zudem folgte die Bestimmung der Gattung *Pediastrum* KOMÁREK & JANKOVSKA (2001), die der Koniferen-Stomata MACDONALD (2001). Obwohl viele Reste noch unbestimmt oder deren Verbreitungsbedingungen unbekannt sind, geben einige Nicht-Pollen-Palynomorphen wertvolle Hinweise zu Paläoumweltbedingungen, insbesondere in Verbindung mit den Pollendaten (VAN GEEL 2001).

4.1.8 Ausgewählte Interpretationsgrundlagen

Die folgenden Ausführungen orientieren sich an BIRKS & BIRKS (1980), FAEGRI & IVERSEN (1989), MOORE, WEBB & COLLINSON (1991), LANG (1994) und BURGA & PERRET (1998) und der dort angegebenen Literatur.

Die Pollenproduktion verschiedener Pflanzenarten hängt primär von ihrer jeweiligen Bestäubungsökologie ab. Die größte Menge an Blütenstaub produzieren anemophile Pflanzen. Dazu zählen z.B. *Pinus*, Farne und Pilze. Entomophile Pflanzen erzeugen weitaus geringere Pollenmengen. Amphiphile Pflanzen nehmen eine Zwischenstellung ein. Infolge der unterschiedlichen Pollenproduktion sind einige Arten im Pollenspektrum überrepräsentiert, andere hingegen unterrepräsentiert. Dieser Sachverhalt führte zu einer Einteilung der vegetationsgeschichtlich besonders bedeutsamen Gehölze in vier Gruppen hinsichtlich ihrer Pollenproduktion und daraus folgender Repräsentation im Pollenniederschlag (Tab. 4).

In jüngerer Zeit wurden in verschiedenen Regionen Europas solche Pollen-Produktionswerte (engl. Pollen Production Estimates, abgekürzt PPE) und deren Herkunftsgebiete (engl. Relevant Source Area of Pollen; abgekürzt RSAP) sowie nicht überall daraus resultierende Pollenrepräsentationswerte (engl. R-Values) ermittelt.

Tab. 4: Einteilung der Gehölze hinsichtlich ihrer Pollenproduktion und daraus resultierender Repräsentation im Pollenspektrum (aus FAEGRI & IVERSEN 1989 und LANG 1994).

Gruppe	Pollenproduktion	Repräsentation	Arten
1	groß	übervertreten	<i>Pinus, Alnus, Betula</i> und <i>Corylus</i>
2	mittel	etwa korrekt	<i>Abies, Picea, Fagus, Quercus, Ulmus</i> und <i>Fraxinus</i>
3	gering	untervertreten	<i>Acer, Tilia, Larix</i> und <i>Castanea</i>
4	extrem schwach	stark untervertreten	<i>Hedera, Ilex</i> und <i>Viscum</i>

Beispielhaft seien die Untersuchungen von BROSTRÖM, SUGITA & GAILLARD (2004) in Südschweden, BUNTING et al. (2005) in England, MATTHIAS, NIELSEN & GIESECKE (2012) in Brandenburg sowie MAZIER et al. (2008) und SOEPBOER et al. (2007) für die Schweiz genannt. Solche Arbeiten wurden im süddeutschen Alpenvorland bisher nicht durchgeführt und eine Übertragbarkeit ist nicht gegeben. Auch ist bekannt, dass erhobene Pollen-Produktionswerte nicht so einfach auf vergangene Zeiträume übertragen werden können. Von daher wird bei den vom Verfasser vorgestellten Diagrammen bewusst auf Korrekturfaktoren verzichtet.

Für bewaldete Gebiete entwarf TAUBER (z.B. 1967) ein Modell des Pollentransportes und der Ablagerung derselben. Danach setzt sich der transportierte Pollen aus drei Komponenten zusammen. Lokaltransportierter Pollen stammt aus dem unmittelbaren Umkreis. Dieser wird aus dem Stammraum und der bodennahen Luftschicht des angrenzenden Waldes über Entfernungen von mehreren 10er Metern in die Lagerstätte eingetragen. Zu teilweise beträchtlichen Teilen wird die Lokalflugkomponente von der Vegetation des Moores bzw. Sees selbst erzeugt. Regionaltransportierter Pollen wird über dem Kronendach der Wälder über Distanzen bis 5 oder 10 km weit verfrachtet. Im Pollenspektrum repräsentiert vornehmlich dieser Anteil die Vegetation eines Untersuchungsgebietes. Flugfähige Pollen wie die mit Luftsäcken ausgestatteten Koniferen können in der Atmosphäre über große Entfernungen (bis > 1000 km) verweht werden. Durch Regen wird ferntransportierter Pollen

niedergeschlagen. Je nach Größe des untersuchten Moores bzw. Sees variieren die Anteile der drei Komponenten (PRENTICE 1985). Kleine Lagerstätten mit Durchmessern von weniger als 30 m weisen zwischen 80 und 100 % Lokalflug auf. Mit zunehmender Größe nimmt der Anteil lokaltransportierten Pollens rasch ab und beträgt in Mooren und Seen mit Durchmessern von über 1 km nur noch etwa 10 %. Dafür ist die Regionalflugkomponente mit bis zu 70 % vertreten und der Fernflug beträgt in etwa 20 %.

Unter Offenlandbedingungen herrschen andere Verhältnisse vor. Grundsätzlich gewinnt die Regionalflugkomponente an Bedeutung. Besonders die windblütigen Nadelgehölze *Picea* und *Pinus* profitieren infolge ihrer leichten Verwehbarkeit von den Offenlandbedingungen.

Erste einfache Rückschlüsse auf menschliche Eingriffe im Holozän lassen sich aus dem Verhältnis zwischen Baumpollen und Nichtbaumpollen ziehen. Bei sehr hohen Baumpollenanteilen kann von geschlossener Bewaldung ausgegangen werden. Bei niedrigen Baumpollenanteilen und zugleich hohen Nichtbaumpollenanteilen muss der Wald schon erheblich aufgelichtet bzw. gerodet worden sein. Erhöhte Nichtbaumpollenanteile allein sind aber noch kein hinreichender Beweis für menschliche Einflussnahme, da geringere Baumpollenanteile auch durch Klimaschwankungen oder Kalamitäten verursacht werden können (LANG 1994). Zudem sollte bedacht werden, dass auch in geschlossenen Wäldern stets ein gewisser Nichtbaumpollenanteil vorhanden ist, der über 10 % betragen kann (DAMBACH 2000). In Verbindung mit krautigen Zeigerarten lassen sich anthropogene Einwirkungen jedoch sicher nachweisen.

Nach BEHRE (1981) können kultivierte Pflanzen und andere anthropogene Indikatoren unterschieden werden, die von LANG (1994) als primäre und sekundäre anthropogene Indikatoren bezeichnet werden. Unter primären Indikatoren sind Pollen von Pflanzen zu verstehen, die vom Menschen angebaut wurden. Dazu gehören die Getreidearten wie z.B. *Avena spec.*, *Triticum spec.* und *Secale cereale* sowie die Nahrungspflanzen *Fagopyrum esculentum* und *Vicia faba*. Komplettiert wird die Gruppe der primären Indikatoren von den zu Öl- und Faserzwecken angebauten Pflanzenarten *Linum usitatissimum* und *Cannabis sativa* sowie *Humulus lupulus* zur Bierherstellung. Durch die Siedlungstätigkeit des Menschen wurden auch sehr viele Wildpflanzen indirekt und unbewusst gefördert, die sekundären Indikatoren. Hierbei handelt es sich z.B. um einjährige Ackerunkräuter wie *Centaurea cyanus*, *Polygonum aviculare* und *Spergula arvensis*, die aufgrund ähnlicher Wuchsbedürfnisse und -rhythmik die Getreide begleiten. Wichtigster Vertreter der sekundären Kulturzeiger ist jedoch *Plantago lanceolata*. Diese Pflanze gilt als Weidezeiger und Zeiger für Wirtschaftsgrünland. Die Art besiedelt aber auch verlassenes, ehemals kultiviertes Land.

BEHRE (1981) betont, dass die Interpretation der Kulturzeiger sehr vorsichtig zu erfolgen hat. Bei ihrer Beurteilung sind die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten einzubeziehen. Ferner sollten empirisch gewonnene Erkenntnisse aus Pollendiagrammen Berücksichtigung finden und die einzelnen sekundären Kulturzeiger auf ihre regionale Gültigkeit hin überprüft werden, da viele der aufgeführten sekundären Indikatoren auch natürliche Bestandteile der Flussauen, der Trockenrasen etc. sind. Teilweise gestaltet sich die Erfassung der Kulturzeiger, insbesondere die der primären anthropogenen Indikatoren, problematisch, da diese geringe Pollenmengen produzieren und auch nur eine eingeschränkte Transportfähigkeit besitzen. Unter den primären Indikatoren weist lediglich *Secale cereale* eine hohe Pollenproduktion und gute Transportfähigkeit auf. Daher sind die übrigen *Cerealina* und Kulturpflanzen im Pollenniederschlag gegenüber *Secale cereale* stark unterrepräsentiert. Bei den sekundären Kulturzeigern ist *Plantago lanceolata* hervorzuheben, dessen Palynomorphen über größere Distanzen vertragen werden (BEHRE 1981).

Neben diesen primären und sekundären Kulturzeigern lassen sich anthropogene Einwirkungen durch verstärkte Holzkohlevorkommen feststellen. Oft ist mit den Holzkohlevorkommen eine enorme Ausbreitung von Brandzeigern wie *Pteridium aquilinum* verbunden (BURGA & PERRET 1998).

4.2 Radiokarbondatierungen

Um vegetationsgeschichtlich untersuchte Sedimente absolut zeitlich einordnen zu können, werden radiometrische Altersbestimmungen durchgeführt. Bei Sedimenten, welche organische Reste enthalten, ist vor allem die Radionkarbon- bzw. ^{14}C -Methode erfolgversprechend, deren messtechnischer Datierungsbereich die Zeitspanne von etwa 300 Jahre BP bis 50000 Jahre BP umfasst. Maximal ist zwar ein Höchstalter von über 70000 Jahre BP datierbar, doch ist damit eine weitaus geringere Genauigkeit verbunden. Die Methode beruht auf dem radioaktiven Zerfall von ^{14}C -Atomen bei abgestorbenen Organismen. Radioaktiver Kohlenstoff ^{14}C zerfällt dabei mit einer Halbwertszeit von 5730 ± 40 Jahren. Die Methode der ^{14}C -Datierung inklusive möglicher Probleme und Fehlerquellen sowie Korrekturverfahren ist bei GEYH (2005) eingehend beschrieben. Ferner gibt LANG (1994) einen kurzen Überblick.

An vegetationsgeschichtlich markanten Stellen wurde dem Bohrkern Material (vorwiegend Torfbulkproben) für Datierungszwecke entnommen und mittels AMS ^{14}C -Messung datiert. Die Datierung der Proben wurde am AMS- ^{14}C -Labor Erlangen des Instituts für Physik der Universität Erlangen-Nürnberg (Leitung Dr. Scharf) durchgeführt. Die kalibrierten ^{14}C -Daten wurden mit dem kostenlosen Programm CALIB 7.01 (STUIVER & REIMER 1993) berechnet

und der wahrscheinlichste Zeitraum mit 2 Sigma-Intervall angegeben. Dem Programm lag dabei der Datensatz IntCal13 (REIMER et al. 2013) zugrunde.

4.3 Vegetationsaufnahme und Synsystematik

Im Spätjuli 2011 sowie von Anfang Juli bis Anfang August 2012 wurden in den beiden Mooren westliches Mehlblockmoos und Dürrenbühlmoos insgesamt 211 Vegetationsaufnahmen angefertigt, wobei manche Aufnahmen aus Schlenken weggelassen wurden bzw. nicht in diese Arbeit eingegangen sind, da diese bezüglich ihres realen Vorkommens stark überrepräsentiert waren. Kartiert wurden die nahezu gehölzfreien Hochmoorflächen – unter Übergehen von Teilen mit aufkommenden Moorkiefern – und die umgebenden ombrotrophen Spirkenwälder. Niedermoor- und Übergangsmoorbereiche inklusive minerotropher Spirkenwälder wurden ausgespart. Die Aufnahmeflächen wurden stets unter Einhaltung des Homogenitätskriteriums gewählt (BRAUN-BLANQUET 1964). Bei den baum- und strauchfreien Hochmoorgesellschaften betrug die Größe der Aufnahmefläche in der Regel 1 m². Von anerkannten Moorspezialisten (DIERBEN & DIERBEN 1984, KAULE 1974, 1976) wird diese Flächengröße als ausreichend betrachtet, welche den durch das Mikrorelief bedingten kleinräumigen Wechsel der Standortbedingungen und die damit verbundene Vegetationszusammensetzung berücksichtigt. Modernen Spirkenwaldkartierungen liegt zumeist eine Größe der Aufnahmefläche von 15 bis 100 m² zugrunde (DIERBEN & DIERBEN 1984, WAGNER, WAGNER & PFADENHAUER 1997, SCHMID & BOGENRIEDER 1998, WAGNER 2000). Vom Verfasser wurde durchweg eine einheitliche Bemaßung von 100 m² nach orientierenden Untersuchungen zur Bestimmung des Minimumareals gewählt.

Die Kartierung der Vegetation folgte dem von BRAUN-BLANQUET (1964) beschriebenen Aufnahmeschema. Allerdings wurde die Artmächtigkeit nach der modifizierten Skala von REICHELDT & WILMANN (1973) notiert (Tab. 5). Hierbei wurde aber bei der Stufe + bedarfsweise eine weitere Modifikation vorgenommen: Für in Spirkenwäldern vorkommende Lebermoose wurde nur die Deckung mit + gleich <1 % Deckung und nicht die Artmächtigkeit ermittelt, da diese auf Kleinstflächen in hoher Individuenzahl vorkommen können. Ansonsten wären die Lebermoose meist mit einer Artmächtigkeit von 1 oder gar 2 m erfasst worden.

Die Nomenklatur der Farn- und Blütenpflanzen richtet sich nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), mit Ausnahme von *Melampyrum pratense* ssp. *paludosum* (Gaudin) Soó. Die Bezeichnung der Flechten richtet sich nach WIRTH (1995), die der Laub- und Lebermoose nach FRAHM & FREY (2004). Bei der Bestimmung der Phanerogamen kam neben der gängigen Bestimmungsliteratur auch die Flora Vegetativa von EGGENBERG & MÖHL (2009)

zum Einsatz. Zur Identifikation der Moose dienten neben der für Süddeutschland gängigen Bestimmungsliteratur von FRAHM & FREY (2004) und NEBEL & PHILIPPI (2000, 2001, 2005) auch noch ATHERTON, BOSANQUET & LAWLEY (2010) sowie für die Torfmoose im Speziellen DIERBEN (1996) und HÖLZER (2010). Die Unterscheidung der Flechten folgte POELT (1974).

Tab. 5: Verwendete Schätzskala für die pflanzensoziologische Aufnahme (nach REICHELT & WILMANN 1973).

Skala	Individuenzahl	Deckung (%)
r	1	< 5
+	2-5	< 5
1	6-50	< 5
2m	>50	< 5
2a	beliebig	5-15
2b	beliebig	16-25
3	beliebig	26-50
4	beliebig	51-75
5	beliebig	76-100

Der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) folgend wurden die einzelnen Vegetationsaufnahmen gruppiert und entsprechenden Syntaxa zugeordnet. Die Gliederung und Benennung der Assoziationen richtet sich bei der Ordnung Scheuchzerietalia palustris nach PHILIPPI (1998), die der Klasse Oxycocco-Sphagnetea nach DIERBEN (1998). Für die Bewertung der aufgenommenen Pflanzenarten als Kenntaxa verschiedener syntaxonomischer Einheiten liegen neben den genannten Autoren Angaben aus DIERBEN & DIERBEN (1984), OBERDORFER (2001), SEIBERT (1992) und STEINER (1993a, 1993b) zugrunde. Manche Angaben zu teils seltenen Moosen als Kenntaxa verschiedener syntaxonomischer Einheiten stammen aus NEBEL & PHILIPPI (2000, 2001, 2005). Als Mineralbodenwasserzeiger angesehene Gefäßpflanzen sind KAULE (1974) entnommen, welcher diese Zeigerarten bei großräumig angelegten Untersuchungen im süddeutschen Raum vornehmlich deduktiv aus Vegetationskartierungen ermittelte. Die Zuordnung der Vegetationsaufnahmen zu einzelnen Pflanzengesellschaften erfolgte anhand der Anwesenheit, Artmächtigkeit und Anzahl entsprechender Assoziationscharakterarten sowie Differentialarten. Sofern Charakterarten verschiedener Assoziationen in ein und derselben Aufnahme vorkamen, wurde diese zu der Pflanzengesellschaft mit der höheren Abundanz der jeweiligen Charakterart gerechnet. Der Verfasser ist sich durchaus bewusst, dass normalerweise sämtliche Aufnahmen einer Assoziation in einer Tabelle

zusammengefasst werden sollten. Da jedoch die Pflanzengesellschaften der beiden Moore westliches Mehlblockmoos (850 m ü. NN) und Dürrenbühlmoos (924 m ü. NN) vergleichend beschrieben werden, sind diese nach Mooren getrennt aufgeführt.

Nachfolgend sind noch die Abkürzungen aufgeführt, welche in den Vegetationstabellen Verwendung fanden:

- AC = Assoziationscharakterart
- (B) = Baumschicht
- DA = Differentialart der Assoziation
- d SA = Differentialart(en) der Subassoziation
- d VAR = Differentialart(en) der Variante
- (j) = juvenil
- (K) = Keimling
- MBWZ = Mineralbodenwasserzeiger
- (Str) = Strauchschicht
- V-O-K = Verbands-, Ordnungs- und Klassenkennarten

4.4 Einsatz von Georadar

Das Georadar bzw. GPR (engl. ground penetrating radar) ist eine Methode zur zerstörungsfreien Erkundung des Untergrundes. Das Messprinzip beruht auf dem Aussenden elektromagnetischer Impulse (meist 10 MHz bis 1 GHz) mittels einer Sendeantenne. Eine Empfangsantenne registriert die Laufzeiten der im zu untersuchenden Medium rückgestreuten Wellen. Die Rückstreuung findet an Reflektoren im Untergrund statt. Dies können z.B. Sedimentwechsel sein. Je nach Fragestellung sind unterschiedliche Frequenzen zu wählen. Bei vergleichsweise niedrigen Dominanzfrequenzen ist die Eindringtiefe groß, die vertikale Auflösung ist jedoch schlecht. Hochfrequenzantennen dagegen lassen nur geringe Erkundungstiefen zu, besitzen dafür aber eine hohe Auflösung. Die Wellenausbreitung und damit auch die maximale Radarreichweite werden neben der Antennenfrequenz grundsätzlich von der Leitfähigkeit σ und Dielektrizität ϵ bestimmt. Bei organischem Material ist auch die

Permeabilität μ zu beachten. So ist z.B. die Eindringtiefe umso geringer, je höher die Absorption bewirkende Leitfähigkeit σ ist.

Zur Bestimmung der Wellengeschwindigkeit im Untergrund existieren verschiedene Verfahren (z.B. THEIMER, NOBES & WARNER 1994). Die Messanordnungen CMP (common midpoint) und WARR (wide angle reflection and refraction) nutzen eine schrittweise Vergrößerung der Antennenabstände, was sich in entsprechend zunehmenden Laufzeiten äußert und somit ein Entfernungs-Laufzeitendiagramm des Untergrundes abbildet.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Georadars in den Geowissenschaften und anderen Disziplinen sind vielseitig. Diese reichen von der Erkundung von Altlasten zu rezenter Bausubstanz, von der Detektion vorgeschichtlicher Bauwerksreste zu Sedimentabfolgen. Ein umfassender Überblick der Anwendungsbereiche inklusive der Methode selbst wird in dem Sammelwerk von JOL (2009) gegeben. Ferner berichtet BLINDOW (1997) grundlegend über die Methode und deren Einsatzmöglichkeiten. Auch in Mooren wurde diese Erkundungsmethode mit verschiedenen Zielsetzungen schon angewandt (z.B. WARNER, NOBES & THEIMER 1990, JOL & SMITH 1995, HOLDEN, BURT & VILAS 2002, COMAS, SLATER & REEVE 2004, COMAS, SLATER & REEVE 2005, MEIER et al. 2002, SASS et al. 2010). Jüngst ist zudem ein die bisherigen Radarmessungen in Mooren zusammenfassender Überblicksartikel (PROULX-MCINNIS et al. 2013) erschienen. Es ist aber zu betonen, dass Moore einen nur bedingt geeigneten Untersuchungsraum darstellen, da die hohen Wassergehalte der Torfe die Wellenausbreitung deutlich abschwächen und dadurch zu einer Verringerung der Radarreichweite führen (SASS, SCHNEIDER & WOLLNY 2004). Jedoch ist in der Regel eine Erfassung kontinuierlicher Torfmächtigkeitsprofile gegeben (NOBES & WARNER 1991).

Zum Einsatz kam ein mit 50 MHz- und 100 MHz-Antennen ausgestattetes RAMAC GPR von MALÅ GEOSYSTEMS aus Schweden. Dabei wurden in den beiden Mooren im Kempter Wald mittels Radar Längs- und Querprofile gemessen, deren Verlauf sich an den bereits erfolgten Pürckhauer-Bohrtransekten orientierte. Der Abstand zwischen den Antennen betrug 1 m bei einem Messintervall von 0,25 m.

5 Ergebnisse der Vegetationskartierung

5.1 Rhynchosporion albae (Koch 1926)

5.1.1 Caricetum limosae (Br.-Bl. 1921)

Die Gesellschaft des Schlammseggenrieds besiedelt ausgesprochen nasse und zugleich tiefe Schlenken. Kennzeichnend ist das Vorherrschen von *Carex limosa* und *Scheuchzeria palustris* in der Krautschicht.

Im Mehlblockmoos kommt diese Assoziation ausschließlich in der Subassoziation von *Sphagnum cuspidatum* (Tab. 6) vor und ist auf einzelne Schlenken und den Kolkrand (Abb. 11 und 18) beschränkt. Ebenso wie das Rhynchosporium albae ist diese Gesellschaft ausgesprochen artenarm. Im Durchschnitt liegt die Artenzahl bei 4, was den sauer-oligotrophen Charakter dieser Schlenken unterstreicht. Lediglich *Drosera rotundifolia* und *Vaccinium oxycoccus* sind den beiden Assoziationscharakterarten in der Krautschicht vereinzelt beigegeben. Die gemessenen pH-Werte variieren zwischen 3,9 und 4,3.



Abb. 11: Caricetum limosae mit untergetauchtem *Sphagnum cuspidatum* am südlichen Kolkrand des westlichen Mehlblockmooses (eigene Aufnahme 2012).

Tab. 7: Aufnahmen des *Rhynchosporion albae* im Dürrenbühlmoos.

Assoziation:	Caricetum limosae																		Rhynchosporion albae																				
	Sphagnum cuspidatum																		Sphagnum cuspidatum																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
Laufende Nummer:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Flächengröße (m ²):	30	30	40	25	50	40	30	25	30	35	40	25	25	25	25	25	25	30	25	35	30	30	30	20	20	20	20	20	20	25	20	40	30	40	25	25	30		
Höhe Krautschicht (cm):	20	20	20	30	50	30	20	10	30	25	30	25	20	15	10	5	8	20	25	10	30	25	30	50	20	20	25	30	30	15	5	15	20	8	15	5	5		
Deckung Krautschicht (%):	100	100	85	45	90	70	100	100	95	100	90	95	100	90	95	100	100	90	95	95	100	95	10	<1	10	20	3	4	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Deckung Moosschicht (%):	4,1	4,1	4,2	4,1	4,3	4,2	3,5	4	3,6	3,5	3,5	4	3,8	3,5	3,9	3,6	4,1	3,8	3,4	3,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,5	3,5	4	4,5	4,7	4,8	3,8	3,7	3,8	3,3	3,2	3,5			
pH-Wert (Einzelmessung):	3	3	3	4	4	4	5	6	6	7	6	4	9	6	8	6	6	10	8	3	5	4	7	5	6	9	8	6	6	10	13	9	6	5	8	5	6		
Artenzahl:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
AC1	1	1	+	1	2b	2a	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Carex limosa</i>	2b	2b	2b	2b	3	2b	2a	2a	2a	2a	2a	2a	1	1	1	1	1	1	2a	2a	2b	2a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Scheuchzeria palustris</i>																																							
AC2																																							
<i>Rhynchospora alba</i>																																							
d SA	5	5	5	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a
<i>Sphagnum cuspidatum</i>																																							
<i>Sphagnum tenellum</i>																										2a	2b	1											
d SA																																							
<i>Sphagnum majus</i>																																							
V-O-K																																							
<i>Drosera intermedia</i>																																							
<i>Trichophorum cespitosum</i> subsp. <i>cespitosum</i>																																							
<i>Drosera longifolia</i>																																							
Oxycocco-Sphagnetea																																							
<i>Drosera rotundifolia</i>																																							
<i>Vaccinium oxycoccus</i>																																							
<i>Andromeda polifolia</i>																																							
<i>Sphagnum magellanicum</i>																																							
<i>Sphagnum rubellum</i>																																							
<i>Polytrichum strictum</i>																																							
<i>Sphagnum angustifolium</i>																																							
Begleiter																																							
<i>Calluna vulgaris</i>																																							
<i>Pinus x rotundata</i> (i)																																							
<i>Cladonia pyxidata</i>																																							

Außerdem in 18: *Pinus x rotundata* (K) r; in 24: *Gymnocolea inflata* +; in 26: *Vaccinium myrtillus* +; in 30: *Picea abies* (K) r; in 31: *Eriophorum vaginatum* +; *Dicranum bergeri* +

Die im Dürrenbühlmoos ausgebildeten Schlammseggenriede (Tab. 7) sind in wenigen Schlenken und im Verlandungsbereich des Moorauges anzutreffen (Abb. 19). Die durchschnittliche Artenzahl liegt ebenfalls bei 4, die pH-Einzelmessungen weisen Werte zwischen 3,5 und 4,3 auf. Im Gegensatz zum Mehlblockmoos erweitern in der Krautschicht stellenweise *Drosera intermedia* und *Andromeda polifolia* das Arteninventar.

5.1.2 Rhynchosporium albae (Koch 1926)

Im Vergleich zum Caricetum limosae steht diese Gesellschaft etwas trockener bzw. weniger nass. Die Abgrenzung gegen das Schlammseggenried erfolgt über das Vorherrschen von *Rhynchospora alba* in der Krautschicht in Verbindung mit dem größeren Flurabstand des Moorwasserspiegels. Stellenweise sind auch einige Oxycocco-Sphagnetea-Arten am Aufbau der Assoziation beteiligt. Aufnahmen ohne Vertreter der Oxycocco-Sphagnetea nehmen eine zum Caricetum limosae vermittelnde Stellung ein. Lokal weist die Gesellschaft im Mehlblockmoos (Tab. 6) ausgesprochen geringe Deckungen in der Mooschicht mit anstehendem Torfschlamm auf, was in erster Linie auf die durch das Wild verursachte Trittbelastung zurückzuführen ist und nur untergeordnet vom hoch- bis spätsommerlichen Trockenfallen dieser Bereiche herrührt. Die pH-Werte liegen zwischen 3,2 und 4,4.

Im Dürrenbühlmoos wachsen im Rhynchosporium albae sphagnetosum cuspidati (Abb. 12, Tab. 7) *Drosera intermedia* und *D. longifolia* stellenweise nahe beieinander. Der Hybrid aus beiden Arten konnte nicht ausgemacht, ein Vorkommen aber nicht ausgeschlossen werden. So findet sich bei DÖRR & LIPPERT (2001) ein Fundbeleg von *Drosera x obovata* aus den frühen 1990ern. Die Untergesellschaft von *Sphagnum cuspidatum* stellt sich u.a. auch auf nackten Torfflächen in Bereichen starker Moorwasserdynamik ein, welche wie im Dürrenbühlmoos Erosionskomplexe darstellen. Kennzeichnend im Aufnahmematerial (laufende Nr. 24-31) ist die durchweg geringe Deckung der Mooschicht. Sphagnen sind kaum vorhanden, denn das langfristige Trockenfallen dieser Flächen während der Vegetationsperiode verhindert ein großflächiges Torfwachstum. Hohe Stetigkeiten in der fragmentarisch ausgeprägten Krautschicht erreichen nur *Rhynchospora alba*, *Trichophorum cespitosum*, *Drosera rotundifolia* und *Calluna vulgaris*. Direkt südwestlich des Moorsees nimmt die von Torfschlamm geprägte, bei Betreten schwingende Fläche ca. 200 m² ein. Außerdem existiert im nordöstlichen Anschluss der Wasserfläche ein kleiner Bereich mit entblößtem Torf. Trittsuren des zum See kommenden Wilds finden sich bevorzugt auf den Torfschlammböden, was die Aus- und Weiterbildung der Erosionskomplexe fördert. In unmittelbarer Nähe zum Moorauge erhöhen

sich die pH-Werte deutlich auf bis zu 4,8 und betragen schließlich im Moorage selbst gemäß mehrerer Einzelmessungen im Mittel 5,2.



Abb. 12: Rhynchosporium albae sphagnetosum cuspidati einer größeren Schlenke im Dürrenbühlmoos. Im hinteren Bild Drittel ist in einem tieferen Schlenkenbereich ein Caricetum limosae ausgebildet (eigene Aufnahme 2012).

Ausgesprochen lokal tritt im Dürrenbühlmoos die Subassoziation von *Sphagnum majus* im Sinne der österreichischen Klassifikation von STEINER (1993a) auf. Diese Untergesellschaft ist bei PHILIPPI (1998) nicht ausgeschieden, aber in Süddeutschland sehr wohl anzutreffen. Nachweise liegen aus dem Schwarzwald (DIERBEN & DIERBEN 1984) und dem Ammergebirge (KAULE 1976) vor. Einige Aufnahmen von KAULE (1976) belegen zudem die Verbreitung der zum Caricetum limosae gehörenden Untergesellschaft, wie auch bei BRAUN (1969) für die Allgäuer Alpen zu entnehmen. *Sphagnum majus* ist zwar auch in tieferen Lagen wie dem Westallgäuer Hügelland (HÖLZER 2010) in Schlenken weit verbreitet, aber in den Hochlagenmooren des bayerischen Alpenanteils zuungunsten von *Sphagnum cuspidatum* häufiger anzutreffen (KAULE 1974). Ebenso tritt die Torfmoosart auf österreichischem Staatsgebiet erst in höheren Lagen stärker hervor, wie es z.B. den Aufnahmen von KRISAI (1966, 1970) zu

entnehmen ist. Im Vergleich zu *Sphagnum cuspidatum* steht die Art etwas trockener (POELT 1954).



Abb. 13: Von Torfschlamm eingenommene Bereiche südwestlich des Moorauges im Dürrenbühlmoos. Physiognomisch wird das Erscheinungsbild von *Rhynchospora alba* und *Trichophorum cespitosum* geprägt (eigene Aufnahme 2012).

5.2 *Sphagnion magellanici* (Kästner et Flößner 1933)

5.2.1 *Sphagnetum magellanici* (Malcuit 1929) Kästner et Flößner 1933

Die bunte Torfmoosgesellschaft tritt im Mehlblockmoos (Tab. 8) in drei Subassoziationen in Erscheinung. Die Subassoziation von *Scheuchzeria palustris* ist durch die höchsten Wasserstände in unmittelbarer Schlenkennähe gekennzeichnet und ist auch lokal im direktem Kolkumgriff anzutreffen. Infolge des hohen Wasserspiegels ist hier *Sphagnum cuspidatum* am Aufbau der Moosschicht beteiligt. Etwas trockener steht die oft im Kontakt zu eben beschriebener Untergesellschaft vorkommende, aber teilweise auch direkt an flachere Schlenken angrenzende Subassoziation mit *Rhynchospora alba*. Die am feuchtesten stehenden Flächen sind ebenfalls durch das Auftreten von *Sphagnum cuspidatum* gekennzeichnet. Moor-

Tab. 8: Aufnahmen des Sphagnetum magellanici im westlichen Mehlblockmoos.

Assoziation:	Sphagnetum magellanici																										
	Scheuchzeria pal.							Rhynchospora alba																			
Subassoziation:	Typische Subassoziation																										
Laufende Nummer:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Flächengröße (m ²):	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Höhe Krautschicht (cm):	20	30	25	25	30	25	30	20	30	35	25	20	25	25	25	30	30	35	40	50	40	40	40	30	30	30	
Deckung Krautschicht (%):	10	25	15	20	20	40	40	30	15	15	35	15	15	15	15	60	50	60	55	60	70	65	25	15	40	35	
Deckung Moosschicht (%):	100	100	100	100	100	95	95	100	100	95	100	100	95	95	100	95	90	90	95	90	90	90	95	100	90	100	
pH-Wert (Einzelmessung):	3,9	4,4	4	3,8	3,7	3,6	3,2	3,8	4,1	4,1	3,6	.	.	2,9	3,6	3,5	4,1	3,9	3,8	3,7	4	.	3,2	3,4	.	3,9	
Artenzahl:	9	8	8	14	10	11	10	10	9	14	11	6	6	10	9	10	9	7	10	9	8	10	8	9	10	8	
d SA1																											
Scheuchzeria palustris	1	2a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
d SA2																											
Rhynchospora alba	1	1	1	1	2a	2b	2a	2a	1	1	1	2a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
feucht																											
Sphagnum cuspidatum	2b	2a	1	2a	.	1	2b	1	1	2a	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex limosa	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gymnocolea inflata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
trocken																											
Vaccinium uliginosum subsp. uliginosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium myrtillus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Melampyrum pratense subsp. paludosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium vitis-idaea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurozium schreberi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oxycocco-Sphagneeta																											
Vaccinium oxycoccus	1	2m	2m	1	2m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2a	2m	2m	2m	2m	2m	2m	
Sphagnum magellanicum	5	3	1	4	+	5	4	3	4	4	3	3	5	2a	4	3	5	3	5	4	.	4	4	.	4	3	
Andromeda polifolia	1	.	1	1	1	1	1	2a	1	1	2m	1	1	1	2m	1	1	1	1	2a	1	1	1	2m	1	1	
Drosera rotundifolia	1	1	2m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sphagnum angustifolium	+	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sphagnum rubellum	3	5	2b	1	5	1	2a	3	3	2a	3	4	4	5	.	5	2a	3	1	2b	3	.	3	5	3	3	
Eriophorum vaginatum	.	.	.	.	1	.	1	.	+	2b	.	.	.	2a	3	2a	3	3	3	3	4	4	2a	2a	3	2b
Carex pauciflora	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnum fuscum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Polytrichum strictum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter																											
Calluna vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trichoporum cespitosum subsp. cespitosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Drosera longifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Drosera intermedia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Außerdem in 10: Picea abies (K) r, Pinus x rotundata (K) r

wasserstandsferner verschwindet diese Art und *Eriophorum vaginatum* prägt das physiognomische Erscheinungsbild. Daneben ist *Sphagnum angustifolium* häufiger und untergeordnet findet sich *Calluna vulgaris*. Die Unterscheidung der beiden durch relativ hohe Wasserstände charakterisierten Subassoziationen erfolgt analog zum Caricetum limosae und Rhynchosporium albae anhand der Dominanzverhältnisse. Verhältnismäßig die tiefsten Wasserstandsbereiche werden von der typischen Subassoziation eingenommen, die sich von der vorangegangenen Untergesellschaft nur durch das Fehlen von *Rhynchospora alba* differenziert. Unter den Torfmoosen sind in allen Subassoziationen *Sphagnum magellanicum* und *S. rubellum* die Hauptbestandsbildner. Ausgeprägte Bulte treten nur sporadisch auf, wie z.B. inmitten einer kreisrunden Schlenke. Vielmehr handelt es sich um rasenhaft ausgebildete bunte Torfmoosrasen, welche stellenweise durch Schlenken unterbrochen sind. Diese stellen sich durchweg als Wachstumskomplexe dar. Bezeichnend ist das fast völlige Fehlen von Lebermoosen auf der Hochmoorfläche. Erst zu deren Rand hin, im Übergang zum Spirkenwald, kommen diese häufiger vor. Solche Flächen wurden allerdings unter Einhaltung des



Abb. 14: Sphagnetum magellanicum rhynchosporium albae im westlichen Mehlblockmoos östlich des Kolks. Im Hintergrund das die Hochmoorweite umgebende Pino mugo-Sphagnetum (eigene Aufnahme 2012).

Homogenitätskriteriums nicht kartiert. Schon MÜLLER (1966) bemerkt aufgrund seiner Begehungen in den unweit gelegenen Mooren Teufelsküche und Unteres Langmoos, dass Lebermoose auf den zentralen Hochmoorfreiflächen kaum auffindbar sind.

Im Dürrenbühlmoos (Tab. 9) ist das Sphagnetum magellanici im Gegensatz zum flächenmäßig vorherrschenden Eriophoro-Trichophoretum cespitosi nur an einigen Stellen im Umgriff der Seeverlandungszone sowie im Nahbereich größerer Schlenken anzutreffen. Wie im Mehlblockmoos sind drei Subassoziationen vertreten. Die durch vergleichsweise geringe Wassertiefen gekennzeichneten Untergesellschaften von *Scheuchzeria palustris* und *Rhynchospora alba* grenzen insbesondere an das Caricetum limosae. Die typische Subassoziation ist durch das Fehlen von *Scheuchzeria palustris* und *Rhynchospora alba* sowie vergleichsweise höhere Abundanzen von *Eriophorum vaginatum* und *Polytrichum strictum* gekennzeichnet.

5.2.2 Eriophoro-Trichophoretum cespitosi (Zlatnik 1928, Rudolph et al. 1928) Rübel 1933 em.

Gemäß DIERBEN (1998) tritt die Gesellschaft des Rasenbinsen-Hochmoores im Schwarzwald ab ungefähr 950-1000 m ü. NN und im Bayerischen Wald bereits ab etwa 600 m auf. Für das Ammergebirge mit seinem Vorland ist ein verstärktes Auftreten von *Trichophorum cespitosum* einerseits in wachsenden, ungestörten Hochmooren ab ca. 850-900 m ü. NN am Gebirgsfuß und andererseits in Stillstandskomplexen der Hochlagenmoore belegt (KAULE 1976). Für den Kempter Wald ist von einer vergleichbaren Höhenlage wie am Fuße des Ammergebirges auszugehen. Mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel nimmt das Wachstum der Sphagnen ab, wovon *Trichophorum cespitosum* besonders profitiert (DIERBEN & DIERBEN 1984) und deswegen als Höhendifferentialart gilt (KAULE 1974). Somit wird das Sphagnetum magellanici je nach Kontinentalitätsgrad ab einer gewissen Höhenlage zusehends vom floristisch sehr ähnlichen Eriophoro-Trichophoretum cespitosi abgelöst. Das Sphagnetum magellanici besiedelt aber entsprechend noch Bereiche mit ausgesprochen vitalen Torfmoosen, wie z.B. hier im Dürrenbühlmoos oder auch in Hochlagenmooren des Ammergebirges (KAULE 1976, CONRADI & FRIEDMANN 2013).

Im Mehlblockmoos ist diese Gesellschaft nicht vertreten. Die sporadischen Vorkommen von *Trichophorum cespitosum* auf der Freifläche, welche ein Ausweisen der Assoziation nicht rechtfertigen, finden sich meist in mehr oder minder gestörten Abschnitten, so im Fernwirkungsbereich eines noch schwach wasserzügigen Grabens. Bekanntermaßen kann *Trichophorum cespitosum* von Drainagemaßnahmen infolge der geringeren Sphagnen-Vitalität profitieren (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Das weitere Auftreten ist an hohe Trittbelastung

durch das Wild gebunden, was die Art ebenfalls fördert (z.B. KRISAI 1986, KRISAI et al. 1989). So ist *Trichophorum cespitosum* im Umgriff der großen Suhle schwach angereichert. Einzelfunde in ungestörten Bereichen sind als Anklänge der mit zunehmender Höhenlage steigenden Konkurrenzkraft zu werten.

Mit STEINER (1993b) lassen sich innerhalb des Eriophoro-Trichophoretum cespitosi im Dürrenbühlmoos (Abb. 15, Tab. 9) drei Subassoziationen unterscheiden, einerseits die meist im Kontakt zu Schlenken stehenden Untergesellschaften von *Scheuchzeria palustris* sowie von *Rhynchospora alba* und andererseits die typische Subassoziation. Die typische Subassoziation und die mit *Rhynchospora alba* nehmen den Großteil der gehölzfreien Fläche ein, deren Erscheinungsbild in der Regel von *Trichophorum cespitosum* geprägt wird. In diesen beiden Untergesellschaften ist *Polytrichum strictum* gegenüber der Subassoziation von *Scheuchzeria palustris* mit deutlich höherer Abundanz vertreten. Auch treten untergeordnet die trockener stehenden Torfmoose *Sphagnum capillifolium* und *S. fuscum* auf.



Abb. 15: Gehölzfreies Eriophoro-Trichophoretum cespitosi unterbrochen durch eine Schlenke im Dürrenbühlmoos, im Bildhintergrund im Komplex mit *Pinus rotundata*-Gebüsch (eigene Aufnahme 2012).

Tab. 9: Aufnahmen des Eriophoro-Trichophoretum cespitosi und des Sphagnetum magellanici im Dürrenbühlmoos.

Assoziations-Subassoziation:	Eriophoro-Trichophoretum cespitosi										Sphagnetum magellanici																					
	Scheuch. pal.					Rhynchospora alba					Typische Subassoziation					Scheuchzeria palustris					Rhynch. alba					Typische Subassoziation						
Laufende Nummer:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Flächengröße (m ²):	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,6	1	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	
Höhe Krautschicht (cm):	20	25	25	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	30	30	30	30	20	30	25	30	40	15	20	20	30	5	
Deckung Krautschicht (%):	15	25	70	50	40	60	40	30	40	50	45	50	20	35	65	20	15	30	20	15	7	15	20	15	25	20	15	35	30	8		
Deckung Moosschicht (%):	100	95	90	95	50	90	95	90	80	90	85	95	95	95	70	95	95	100	100	90	100	95	95	90	90	100	90	90	90	100		
pH-Wert (Einzelmessung):	2,9	.	.	.	.	.	.	.	3,5	2,8	.	3,9	.	.	.	.	2,9	2,8	.	3,7	4	.	4,1	.	.	.	.	.	.	3,3	
Artenzahl:	8	13	8	9	7	14	9	9	8	11	12	7	10	12	9	11	11	8	8	8	12	9	14	8	12	16	9	9	9	8	7	
DA	1	1	3	3	3	2a	3	2a	2b	2a	3	2a	3	2a	2a	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trichophorum cespitosum subsp. cespitosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
d SA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scheuchzeria palustris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
d SA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhynchospora alba	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
feucht	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnetum cuspidatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex limosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
trocken	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium myrtillus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium uliginosum subsp. uliginosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurozium schreberi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oxycocco-Sphagnetea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnetum magellanicum	5	3	5	4	3	2a	3	5	2a	3	4	5	5	4	4	3	5	3	5	5	+	1	3	2a	2m	4	4	+	2m	2b	1	
Drosera rotundifolia	1	1	1	1	2m	1	2m	2a	1	1	1	1	2m	1	1	1	1	1	1	1	1	+	2m	1	1	1	+	+	+	1	+	
Vaccinium oxycoccus	2m	1	1	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnetum angustifolium	1	+	2m	+	.	2a	1	+	.	+	1	1	1	1	1	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnetum rubellum	.	3	.	2b	.	3	.	1	3	3	2a	.	+	2a	1	3	+	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Polytrichum strictum	.	+	.	.	1	2m	.	.	3	1	1	2a	+	2m	2a	2b	2b	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eriophorum vaginatum	+	2b	.	1	1	+	.	.	2b	1	1	1	1	1	2a	2a	2a	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Andromeda polifolia	.	1	.	2m	.	1	.	.	.	2m	1	.	1	2m	.	.	2a	2a	1	2m	2m	2m	1	1	2m	+	.	.	.	.
Sphagnetum fuscum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cephalozia connivens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sphagnetum capillifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex pauciflora	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Calypogeia sphagnicola	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scheuchzerietalia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Drosera intermedia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Drosera longifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Calluna vulgaris	.	1	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus x rotundata (j)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Außerdem in 6: Aulacomnium palustre 1; in 16: Cladonia pyxidata +; in 26: Molinia caerulea +

5.2.3 *Pino mugo*-Sphagnetum (Kästner et Flößner 33 em. Neuhäusl 69 corr. Dierßen 1978)

Mit *Pinus rotundata* bestandene Moore minerotropher und ombrotropher Ausprägung sind im westlichen bayerischen Alpenvorland weit verbreitet (LUTZ 1956, KAULE 1974). Die Vorkommen dünnen Richtung Osten aus. Ab der Grenze zwischen Isar- und Inn-Vorlandgletscher ist die Wuchsform von *Pinus mugo* vorherrschend (KAULE 1973a) und ab einer Höhenlage von etwa 1000 m. ü. NN tritt diese an die Stelle der Spirke (KAULE 1974). Spirkenwälder auf ombrotrophen Hochmoorflächen und deren inneren Randgehänge gehören dem *Pino mugo*-Sphagnetum an. Diese schon von PAUL & RUOFF (1932) als Bergkiefernhochmoor bezeichnete Gesellschaft war im oberbayerischen Alpenvorland Gegenstand einiger Kartierungen (z.B. POELT 1954, LUTZ 1956, KAULE 1973b, 1976, EHMER-KÜNKELE 1983, SCHAUER 1985). Das überaus spirkenfilzreiche Allgäu betreffend wurden bisher nur vier Aufnahmen in zusammengefasster Form von BRAUN (1973) publiziert. Aus den Hochlagenmooren der Allgäuer Alpen ist der Fundus an pflanzensoziologischen Bearbeitungen der dort stockenden Latschenbestände (DIEFFENBACH-FRIES 1981, GROSSE-BRAUCKMANN 2002) etwas größer.

Gemäß DIERBEN (1998) lässt sich diese Assoziation in vier Subassoziationen auftrennen. Abweichend von dessen Klassifikation wird hier keine Aufspaltung in Subassoziationen vorgenommen, wobei im Mehlblockmoos (Tab. 10) zwei Untergesellschaften ausgegliedert werden könnten: zum einen eine typische Subassoziation (laufende Nr. 1-10) und eine trockener stehende mit *Cladonia arbuscula* und *Sphagnum capillifolium* (laufende Nr. 11-16), wobei erstere Art in den eigenen Aufnahmen völlig fehlt. Nach DIERBEN (1998) ist diese trockenere Verhältnisse indizierende Subassoziation heutzutage aufgrund anthropogener Förderung infolge von Drainagemaßnahmen weit verbreitet. Da es sich aber um ein- und dieselbe Pflanzengesellschaft handelt, die örtlich entwässerungsbedingt trockener steht, wird gemäß SCHAUER (1985) verfahren, welcher bei seinen Kartierungen bedarfsweise nasse und trockene Ausbildungen unterschied. Zur Kennzeichnung der Ausbildungen werden vom Verfasser bestimmte Taxa herangezogen, weswegen diese konsequenterweise als Varianten bezeichnet werden. In diesem Kontext sei auf die generelle Förderung der Spirkenausbreitung in den Mooren des Alpenvorlandes aufgrund der in der Neuzeit erfolgten Drainagemaßnahmen und Torfstecherei hingewiesen. Dieser Sachverhalt lässt sich schon den Pollendiagrammen von PAUL & RUOFF (1932) entnehmen, ist in weiteren vegetationsgeschichtlich untersuchten Mooren evident (z.B. SCHMEIDL 1962, KÜSTER 1988) und zeigt sich auch in den vom Verfasser bearbeiteten Mooren des Kempter Waldes.

Tab. 10: Aufnahmen des Pino mugo-Sphagnetum im westlichen Mehlblockmoos.

Assoziation:	Pino mugo-Sphagnetum															
	nass										trocken					
Variante:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Laufende Nummer:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	100
Flächengröße (m ²):	.	700	600	.	600	600	700	700	.	600	1000	900	1000	1000	800	800
Höhe Baumschicht (cm):	400	300	300	400	300	.	300	200	500	300	400	400	100	500	.	200
Höhe Strauchschicht (cm):	50	50	50	30	30	50	50	30	30	40	50	50	30	50	50	20
Höhe Krautschicht (cm):	.	50	45	.	30	25	30	10	.	35	60	45	60	15	30	65
Deckung Baumschicht (%):	40	1	2	40	3	.	5	1	35	10	1	1	2	10	.	4
Deckung Strauchschicht (%):	40	35	40	30	40	40	35	30	40	35	20	30	20	10	8	10
Deckung Krautschicht (%):	90	90	90	90	95	95	95	95	90	90	50	70	50	70	90	65
Deckung Moosschicht (%):	.	.	.	3,6	3,9	3,6	.	3,6	3,6	.	.	.	.	.	.	.
pH-Wert (Einzelmessung):	22	28	30	27	22	25	22	24	27	18	25	25	26	29	30	24
Artenzahl:																
AC																
Pinus x rotundata (B)	.	3	3	.	3	2b	3	2a	.	3	4	3	4	2a	3	4
Pinus x rotundata (Str)	3	+	+	3	+	.	1	1	3	2a	r	+	.	2a	.	1
Pinus x rotundata (j)	+	.	.	+	+	1	.	.	+	.	+	+	1	.	.	r
Pinus x rotundata (K)	.	r	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	1	1	+	+
DA																
Vaccinium myrtillus	2b	2a	2a	2a	2a	2m	2a	1	1	1	2a	2b	2a	1	1	2m
Vaccinium uliginosum subsp. uliginosum	1	1	2a	1	1	1	1	1	1	1	2m	1	1	1	1	2m
Pleurozium schreberi	1	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2m	2m
Melampyrum pratense subsp. paludosum	.	1	1	r	.	.	.	r	.	+	+	+	+	+	r	.
Vaccinium vitis-idaea	.	.	.	.	+	+	1	.	.	.	.	.	1	1	1	+
Vaccinium uliginosum subsp. uliginosum (Str)	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
d VAR																
Sphagnum cuspidatum	1	1	+	1	2m	3	2a	3	2b	3	.	.	.	.	.	.
Rhynchospora alba	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	r	.
d VAR																
Sphagnum capillifolium	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2a	2a	2m	1	1	3
Leucobryum glaucum	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	1	1
Oxycocco-Sphagnetea																
Sphagnum magellanicum	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	2m	2b	1	3	4	3
Eriophorum vaginatum	1	1	1	2a	2b	3	2a	2b	3	2b	1	1	+	1	1	1
Vaccinium oxycoccus	2m	1	2m	1	2m	2m	2m	1	2m	2m	2m	2m	1	1	1	1
Polytrichum strictum	2a	2m	2m	1	+	1	1	1	1	1	2m	2m	2m	1	1	1
Sphagnum rubellum	2a	2b	2b	2a	2a	1	+	1	+	1	+	2b	+	1	+	.
Drosera rotundifolia	2m	2m	1	+	2m	2m	1	+	1	1	2m	2m	1	.	+	.
Sphagnum angustifolium	2a	+	2b	3	1	1	1	1	2b	1	.	.	+	1	1	1
Aulacomnium palustre	2m	1	2m	.	1	+	+	1	.	1	1	1	+	.	+	+
Andromeda polifolia	.	1	2m	+	1	.	1	1	1	1	1	1	.	.	+	.
Cephalozia connivens	.	+	+	+	+	+	.	+	+	.	.	+	.	+	.	+
Calypogeia sphagnicola	.	+	+	+	.	+	.	.	+	.	.	+	.	+	.	+
Dicranum bergeri	.	.	+	+	.	.	+	.	+	.	.	+	.	1	.	1
Mylia anomala	+	+	+	.	+	.	.	.	r	+	.	.	.	+	.	.
Sphagnum fuscum	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	+	.	.	.
Odontoschisma sphagni	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Cephalozia macrostachya	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Kurzia pauciflora	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinio-Piceetea																
Bazzania trilobata	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	1	1	1
Picea abies (j)	.	1	.	r	.	.	+	.	.	.	1	.	+	.	+	1
Picea abies (K)	.	.	1	.	.	.	.	.	r	.	.	2m	.	r	r	+
Picea abies (Str)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
Begleiter																
Calluna vulgaris	1	1	1	+	+	1	+	1	1	1	2m	2m	1	+	+	1
Dicranodontium denudatum	+	.	+	2m	1	.	+	.	1	.	1	1	1	2m	2m	2a
Juncus effusus (MBWZ?)	+	r	+	r	.	+	r	r	r	.	.	r	.	r	r	.
Trichophorum cespitosum subsp. cespitosum	+	2a	1	.	.	+	1	1	1	.	+	1	r	.	.	.
Dicranum polysetum	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	+	+	+	+
Hylocomnium splendens	.	.	.	2m	1	+	.	.	+	.	.	.	1	1	.	+
Carex echinata (MBWZ)	r	1	1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	r	1	.
Cephalozia bicuspidata	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	+	+	+	.
Molinia caerulea	.	1	.	.	.	r	.	.	r	.	+	.	.	r	+	.
Calypogeia neesiana	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Carex lasiocarpa (MBWZ)	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
Carex hostiana (MBWZ)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.
Calypogeia muelleriana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.
Dicranum scoparium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.
Cladonia pyxidata	1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Außerdem in 3: Gymnocolea inflata +; in 8: Agrostis stolonifera var. stolonifera r; in 9: Carex remota +; in 11: Polytrichum commune +; in 13: Pohlia nutans +; in 15: Carex ornithopoda var. ornithopoda r; in 16: Ptilium crista-castrensis +

Die nasse bis sehr feuchte Variante ist im Mehlblockmoos (Abb. 16) durch das kleinräumige Auftreten von *Sphagnum cuspidatum*-Schlenken gekennzeichnet. In der trockenen Variante fehlen diese, die Deckung der Kraut- und Moosschicht ist meist deutlich niedriger und weniger feuchtigkeitsbedürftige Moose sind nahezu durchweg vorhanden. Dazu gehören das im Vergleich zu *Sphagnum rubellum*, *S. magellanicum* sowie *S. angustifolium* wesentlich trockener stehende Torfmoos *Sphagnum capillifolium* und *Leucobryum glaucum*. Vergleichsweise tritt zudem *Dicranodontium denudatum* stärker in Erscheinung und *Eriophorum vaginatum* hat insgesamt geringere Bedeutung, was auch bedingt für *Sphagnum angustifolium*, *S. magellanicum* und *S. rubellum* zutrifft. Ebenfalls sind in der trockenen Variante den Oxycocco-Sphagnetea zugehörige Lebermoose seltener. Die Moosschicht ist lückig, da andere Bleichmoose mit den trockeneren Verhältnisse schlecht zurechtkommen. Vegetationsfreie Bereiche sind meist von Nadelstreu bedeckt, kleinräumig steht auch nackter, ausgetrockneter Torf an. Beiden Varianten gemein ist das stete Vorkommen der Differentialarten *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum* und *Pleurozium schreberi* im Unterwuchs. Des Weiteren treten manche Oxycocco-Sphagnetea-Vertreter durchweg auf. Neben den schon erwähnten *Sphagnum magellanicum* und *Eriophorum vaginatum* sind dies *Vaccinium oxycoccus* und *Polytrichum strictum*. Dazu gesellt sich *Calluna vulgaris*. Die trockene Variante ist in der Nähe eines noch schwach wasserzügigen Grabens und im weiteren Umgriff der Torfstichflächen verbreitet. Außerdem findet sich diese noch an zwei leicht emporragenden Stellen inmitten nasser Bereiche. In dieser Variante ist die Baumschicht 8 bis 10 m hoch aufgewachsen, die gemäß den durchgeführten Jahrringzählungen an den Baumstümpfen gefällter Exemplare mit vergleichbarem Stammdurchmesser etwa 90 bis 110 Jahre alt ist.

Molinia caerulea wird in den kartierten Beständen nicht als Mineralbodenwasserzeiger angesehen. Wie MÖLLER (1992) zeigen konnte, sind Pfeifengrasvorkommen in eigentlich ombrotrophen Mooren durch oberflächliche Mineralisationsprozesse infolge tiefer Moorwasserstände bedingt, wodurch eine ausreichende Versorgung mit Mineralstoffen gegeben ist. Im Spätsommer, bei abgesunkenen Moorwasserständen, konnte vom Verfasser ein vereinzeltes Aufkommen von *Molinia caerulea*-Keimlingen auf der Hochmoorfreifläche beobachtet werden. Zudem wird die Art durch die hohen Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre sogar in offenen Hochmooren in ihrem Wachstum stimuliert (TOMASSEN et al. 2003). *Juncus effusus* wird von KAULE (1974) als Mineralbodenwasserzeiger aufgeführt. Da diese Art jedoch in den meisten Aufnahmen repräsentiert und schon unmittelbar mit den ersten aufkommenden, nicht kartierten Spirken-Gebüsch zu finden ist, wird ihr Zeigerwert für das Mehlblockmoos als äußerst fraglich eingestuft. Die in den Spirkenwäldern gegenüber der Freifläche niedrigeren

Wasserstände führen zu schwacher Torfmineralisierung im aeroben Bereich, was die Etablierung sogenannter Mineralbodenwasserzeiger ermöglicht. Von daher kennzeichnet das Aufnahmematerial trotz des untergeordneten Vorkommens von Mineralbodenwasserzeigern ombrotrophe Standorte. Ombrominerotrophe und minerotrophe Varianten dieser von Moorkiefern aufgebauten Bestände besitzen zudem ein erweitertes Arteninventar (WAGNER, WAGNER & PFADENHAUER 1997, WAGNER 2000, WAGNER & WAGNER 2007).

Messungen des pH-Wertes wurden nur bei der nassen Variante vorgenommen. Diese variierten zwischen 3,6 und 3,9 nur geringfügig.



Abb. 16: Nasse Variante des Pino mugo-Sphagnetum im westlichen Mehlblockmoos (eigene Aufnahme 2012).

Abschließend sei noch auf die starke Wildbelastung verwiesen. Neben deutlich erkennbaren Trittspuren und Wildwechsellinien, welche das Lebermooswachstum begünstigen, sind Losungen des Wildes in nahezu jeder Aufnahme fläche aufzufinden. Der Kot der Wildtiere wird meist von *Splachnum ampullaceum* besiedelt. Ferner keimen dort auch moorfremde Pflanzenarten, wie z.B. die bei Begehungen gefundene *Veronica serpyllifolia*. *Splachnum ampullaceum* und andere im Kot keimende Arten wurden ebenso wie verschiedene Pilze (z.B. *Lyophyllum*

palustre) zwar notiert, fanden aber keinen Eingang in die erstellten pflanzensoziologischen Tabellen.

Das Bergkiefern-Hochmoor des Dürrenbühlmooses (Abb. 17, Tab. 11) ist auffallend zwergstrauchreich im Unterwuchs. Dadurch ergeben sich z.T. hohe Deckungsgrade der Krautschicht. *Vaccinium myrtillus* und *V. uliginosum* dominieren das physiognomische Erscheinungsbild. Dazu gesellt sich *Vaccinium vitis-idaea*. Als steter Begleiter ist *Calluna vulgaris* zu nennen. In der Moosschicht sind *Pleurozium schreberi* und *Sphagnum magellanicum* am häufigsten anzutreffen. Infolge der durch die dichte Krautschicht verursachten Lichtarmut in der Moosschicht fehlt *Sphagnum magellanicum* oft die typisch rote Färbung und stattdessen ist eine grüne Form ausgebildet. Sporadisch tritt auch das zum Verwechseln ähnliche *Sphagnum papillosum* auf. Schlenken sind bis auf eine bei Begehungen gefundene Ausnahme nicht vorhanden. Gegen das Zentrum des Moores lichtet sich der Spirkenwald allmählich bei gleichzeitig abnehmender Wuchshöhe. Vereinzelt ist den Beständen *Pinus mugo* mit auffallend niederliegender Wuchsform und charakteristischen Zapfenmerkmalen beigemischt, aufgrund des geringen Vorkommens aber nicht im Aufnahmемaterial enthalten.



Abb. 17: Trockene zwergstrauchreiche Variante des *Pinus mugo*-Sphagnetum im Dürrenbühlmoos (eigene Aufnahme 2012).

Tab. 11: Aufnahmen des Pino mugo-Sphagnetum im Dürrenbühlmoos.

Assoziation:	Pino mugo-Sphagnetum															
Variante:	trocken															
Laufende Nummer:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Flächengröße (m ²):	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Höhe Baumschicht (cm):	600	700	600	700	800	700	600	800	600	800	600	700	700	800	900	.
Höhe Strauchschicht (cm):	400	400	400	400	500	400	300	400	200	300	300	500	500	500	500	500
Höhe Krautschicht (cm):	70	50	50	50	50	50	50	50	70	70	70	70	70	50	50	50
Deckung Baumschicht (%):	20	30	50	10	10	15	20	15	30	20	25	15	5	10	20	.
Deckung Strauchschicht (%):	10	15	5	15	20	15	10	5	10	5	15	10	10	20	15	35
Deckung Krautschicht (%):	45	80	90	60	60	70	75	70	70	80	90	40	30	50	55	55
Deckung Moosschicht (%):	90	85	85	85	85	85	85	85	90	85	80	90	85	85	80	80
pH-Wert (Einzelmessung):	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3,3	.
Artenzahl:	23	20	16	22	23	21	19	24	24	22	21	25	28	28	29	25
AC																
Pinus x rotundata (B)	2b	3	3	2a	2a	2a	2b	2a	3	2b	2b	2a	1	2a	2b	.
Pinus x rotundata (Str)	2a	2a	1	2a	2b	2a	2a	1	2a	1	2a	2a	2a	2b	2a	3
Pinus x rotundata (j)	1	1	+	1	1	1	1	1	.	+	+	+	+	+	+	+
DA																
Vaccinium myrtillus	2b	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2b	2a	2b	2a	2a
Vaccinium uliginosum subsp. uliginosum	2b	3	3	2b	2b	2b	3	2b	3	2b	3	2b	2a	2b	2a	2b
Pleurozium schreberi	2m	2m	2a	2m	2a	2m	2b	2a	2m	2m	3	2m	2m	2a	2a	3
Vaccinium vitis-idaea	1	1	1	1	2m	1	2m	1	1	2m	1	1	1	2m	2m	+
Melampyrum pratense subsp. paludosum	+	1	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+	+	.	.
d VAR																
Sphagnum capillifolium	.	1	1	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+
Oxycocco-Sphagnetea																
Sphagnum magellanicum	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4	3
Eriophorum vaginatum	1	2a	+	1	1	1	1	+	+	r	+	1	1	1	+	2a
Sphagnum angustifolium	1	1	2a	1	1	1	1	1	1	+	1	2m	1	2m	2a	2a
Polytrichum strictum	1	1	1	1	1	1	1	+	+	2m	+	1	1	2m	2m	2m
Vaccinium oxycoccus	2m	1	+	1	1	1	+	1	+	+	.	1	1	2m	1	2m
Sphagnum rubellum	+	+	.	+	.	+	+	1	2a	+	2a	1	+	+	.	1
Andromeda polifolia	+	1	+	1	1	.	r	r	+	.	+	+	1	+	.	1
Aulacomnium palustre	+	.	.	.	+	+	1	1	+	+	.	+	1	2m	1	.
Dicranum bergeri	1	.	.	1	.	+	.	+	.	.	+	+	+	1	2a	2m
Calypogeia sphagnicola	+	+	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	+	+
Cephalozia connivens	+	.	.	+	+	.	.	.	+	+	.	+	+	+	.	+
Mylia anomala	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	.	+	+	+	r	+
Drosera rotundifolia	+	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.
Kurzia pauciflora	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.
Sphagnum papillosum	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Sphagnum fuscum	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scheuchzerietalia																
Sphagnum cuspidatum	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Caricetalia fuscae																
Sphagnum flexuosum	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinio-Piceetea																
Bazzania trilobata	.	1	+	+	.	.	.	+	1	+	1	1	.	.	2m	.
Picea abies (j)	.	.	.	r	.	+	.	.	r	r	.	r	.	.	.	+
Ptilium crista-castrensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Begleiter																
Calluna vulgaris	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	2m	2m	2m
Dicranodontium denudatum	1	.	.	1	1	+	.	1	+	+	1	1	1	2m	1	1
Dicranum polysetum	1	.	.	.	.	+	+	+	+	1	1	1	1	2m	.	2a
Molinia caerulea	r	.	.	+	r	.	1	+	+	.	.	.	1	2a	3	.
Hylocomnium splendens	1	.	.	.	.	.	+	.	+	1	2m	1	.	+	1	1
Trichophorum cespitosum subsp. cespitosum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	r	.	.	+	+	r
Cephalozia bicuspidata	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Calypogeia muelleriana	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.
Calypogeia azurea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Cladonia arbuscula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
Frangula alnus (Str)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+

Außerdem in 5: Dicranum scoparium +; in 8: Odontoschisma sphagni +; in 9: Calliergon stramineum 1; in 10: Calypogeia neesiana +; in 11: Cladonia pyxidata +; in 13: Gymnocolea inflata +, Ptilidium ciliare +; in 14: Betula pubescens (B) 1; in 15: Pohlia nutans +; in 16: Cephalozia macrostachya +

Im Gegensatz zu der nassen bis sehr feuchten und trockenen Variante des Mehlblockmooses nimmt die hier vorliegende Variante der Assoziation eine vermittelnde Stellung hinsichtlich des Feuchtegrades ein. Da aber Zwergsträucher den Aspekt der Krautschicht bestimmen, wird von einer trockenen Variante gesprochen. Gemäß STEINER (1993b) wären alle Aufnahmen dem *Pino mugo-Sphagnetum pleurozietosum schreberi* zuzuordnen.

5.3 Vegetationskarten der beiden Moore

Die Ergebnisse der kartierten Pflanzengesellschaften der zentralen Moorbereiche sind neben den schon dargelegten pflanzensoziologischen Tabellen in Gestalt zweier Vegetationskarten festgehalten (Abb. 18 und 19). Aus maßstabsbedingten Generalisierungszwängen heraus konnten nicht alle Kleinstbestände der beschriebenen Pflanzengesellschaften dargestellt werden.

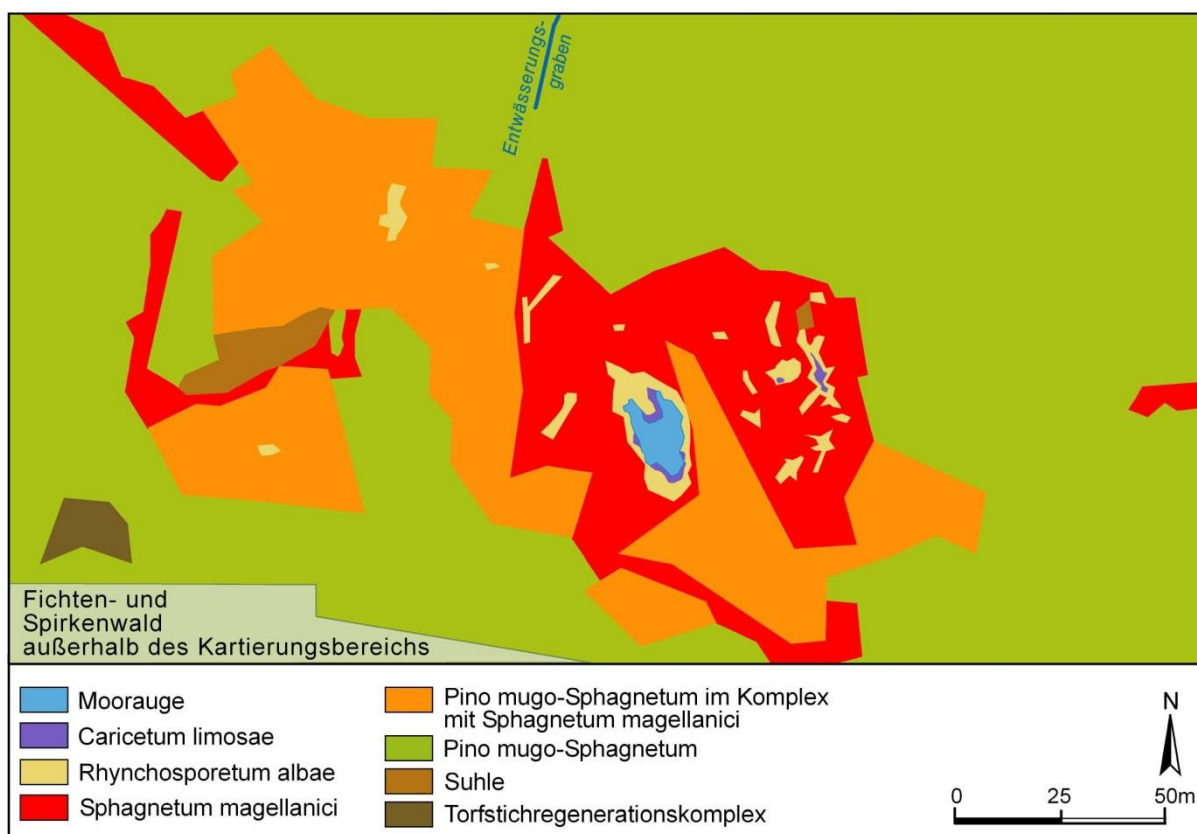


Abb. 18: Vegetationskarte westliches Mehlblockmoos.

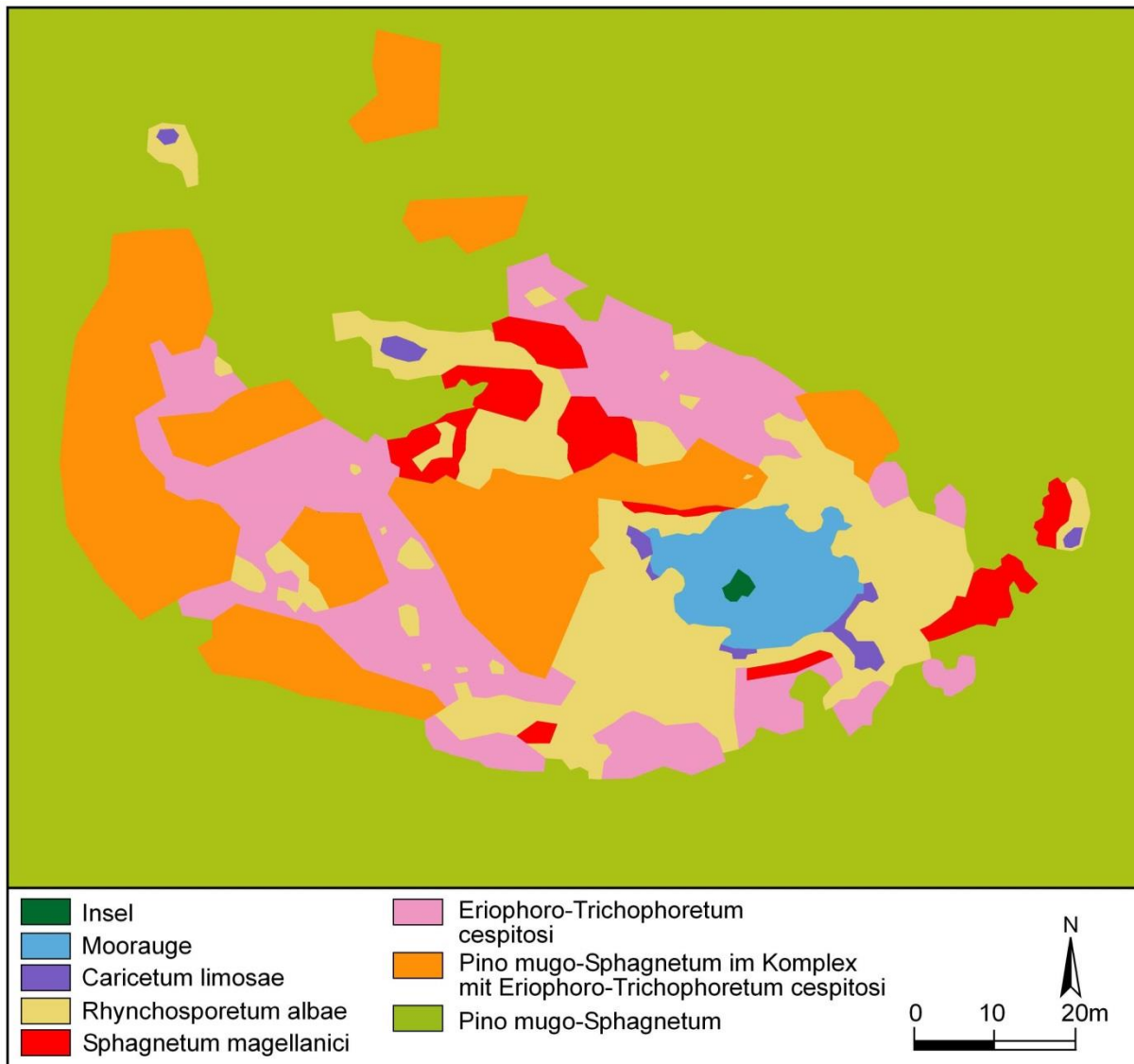


Abb. 19: Vegetationskarte Dürrenbühlmoos.

6. Ergebnisse der Pollenanalyse

6.1 Westliches Mehlblockmoos

6.1.1 Kernstratigraphie

Die Kernstratigraphie ist in Tab. 12 aufgeführt. Der Punkt der mit einem Russischen Kammerbohrer in Segmenten von 50 cm erfolgten Kernbohrung ist auf der zentralen Hochmoorweite gelegen (Abb. 8; RW 3610725, HW 5287940).

Tab. 12: Lithostratigraphie der Bohrung im westlichen Mehlblockmoos.

Tiefe in cm	Sediment/Sedentat	Weitere Anteile	Farbe	Bemerkung	Zersetzungsgrad nach von Post
0-73	Bleichmoos-torf	Wollgras, vereinzelt Heidekrautgewächse	hellbraun	-	H0-1
73-243	Bleichmoos-Wollgrastorf	Heidekrautgewächse, vereinzelt Seggen	dunkelbraun bis braun	-	H2-3
243-351	Seggentorf	Braunmoose, vereinzelt Wollgras, Heidekrautgewächse und Bleichmoose	dunkelbraun	-	H5
351-409	Seggentorf	Braunmoose, vereinzelt Wollgras, Heidekrautgewächse und Bleichmoose	braun	-	H5
409-508	Bleichmoos-Wollgrastorf	Heidekrautgewächse, Seggen, ver. Braunm. und Blumenbinse	rötlich braun	-	H2-3
508-555	Seggentorf	Braunmoose	hellbraun	-	H2-3
555-564	Braunmoos-Seggentorf	-	hellbraun	-	H2-3
564-602	Seggentorf	Braunmoose, vereinzelt Schachtelhalm	braun	-	H2-3
602-628	Seggen-Braunmoos-torf	vereinzelt Schilf	braun	-	H2-3

Tab. 12: Fortsetzung.

628-686	Braunmoos- torf	vereinzelt Seggen- reste, Blumenbinse bei 651 cm	braun	-	H1-3
686-728	Braunmoos- torf	Seggenreste, Schachtelhalmrest bei 718 cm	hellbraun	-	H3
728-748	Seggentorf	Braunmoose, Birkenholzstücke	braun	-	H4-5
748-762	Braunmoos- torf	Seggenreste, Birken- holzstück bei 749 cm	braun	-	H2-3
762-763	Torfmulde	Seggen- und Braunmoosreste	dunkelbraun	-	H8
763-793	Lebermulde	Seggen- und Braunmoosreste, Schluff, Ton, Feinsand	olivgrau	schwach mineralisch, mit Humus- bändchen	-
793-803	Braunmoos- torf	Seggenreste	fahl braun	LST bei 794 cm (3,2 mm)	H7
803-807	Braunmoos- torf	Seggenreste, Schluff, Ton, Feinsand	rötlich braun	schwach mineralisch	H8
807-808	Torfmulde	Seggenreste, Schluff, Ton, Feinsand	dunkeloliv	mineralisch	H8
808-812	Kalkmulde	Ton, Schluff, Fein- sand, Seggenreste	gräulich oliv	-	-
812- >847	Beckenton	Schluff, Sand, Grus	bläulich grau	-	-

6.1.2 Radiokarbondatierungen

Die vorliegenden ^{14}C -Daten sind in Tab. 13 aufgeführt und in Abb. 20 graphisch anhand eines Zeit-Tiefen-Diagramms veranschaulicht.

Tab. 13: AMS-¹⁴C-Daten aus dem Bohrkern Mehlblockmoos. Datierung durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Universität Erlangen-Nürnberg (2012). Kalibriert (für cal. BP-Alter) mit CALIB 7.01.

Labor-Nr.	Tiefe in cm	Probenmaterial	konv. ¹⁴ C-Alter BP	δ ¹³ C	Alterszeitspanne cal. BP (2 σ)	Alterszeitspanne cal. BC/ AD (2 σ)
Erl-17711	55	Torf	27±53	-25,5	-	1804-1930 AD*
Erl-17710	107	Torf	1152±52	-25,7	956-1183	767-994 AD
Erl-17709	137	Torf	1281±53	-25,8	1170-1296	654-780 AD
Erl-17388	195	Torf	1995±45	-26,6	1862-2060	111 BC - 88 AD
Erl-17387	241	Torf	2559±44	-27,1	2677-2760	728-811 BC
Erl-17386	281	Torf	3415±45	-26,9	3567-3734	1618-1785 BC
Erl-17385	329	Torf	4186±46	-27,2	4578-4771	2629-2822 BC
Erl-16866	419	Torf	5455±45	-25,5	6181-6320	4232-4371 BC
Erl-16865	505	Torf	6362±51	-24,5	7237-7419	5288-5470 BC
Erl-16864	545	Torf	7023±53	-25,5	7731-7957	5782-6008 BC
Erl-16863	641	Torf	7800±62	-25,7	8424-8767	6475-6818 BC
Erl-16862	735	Torf	9244±58	-25,5	10257-10561	8308-8612 BC
Erl-17708	766	Holz	10106±86	-28,8	11328-12031	9379-10082 BC
Erl-17707	803	Torf	11956±96	-29,8	13564-14049	11615-12100 BC
Erl-17706	811	<i>Betula</i> -Frucht	13021±119	-15,2	15224-15959	13275-14010 BC

* Kalibrierung durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Universität Erlangen-Nürnberg mit IntCal09 (Reimer et al. 2009); laut CALIB 7.01 nicht kalibrierbar.

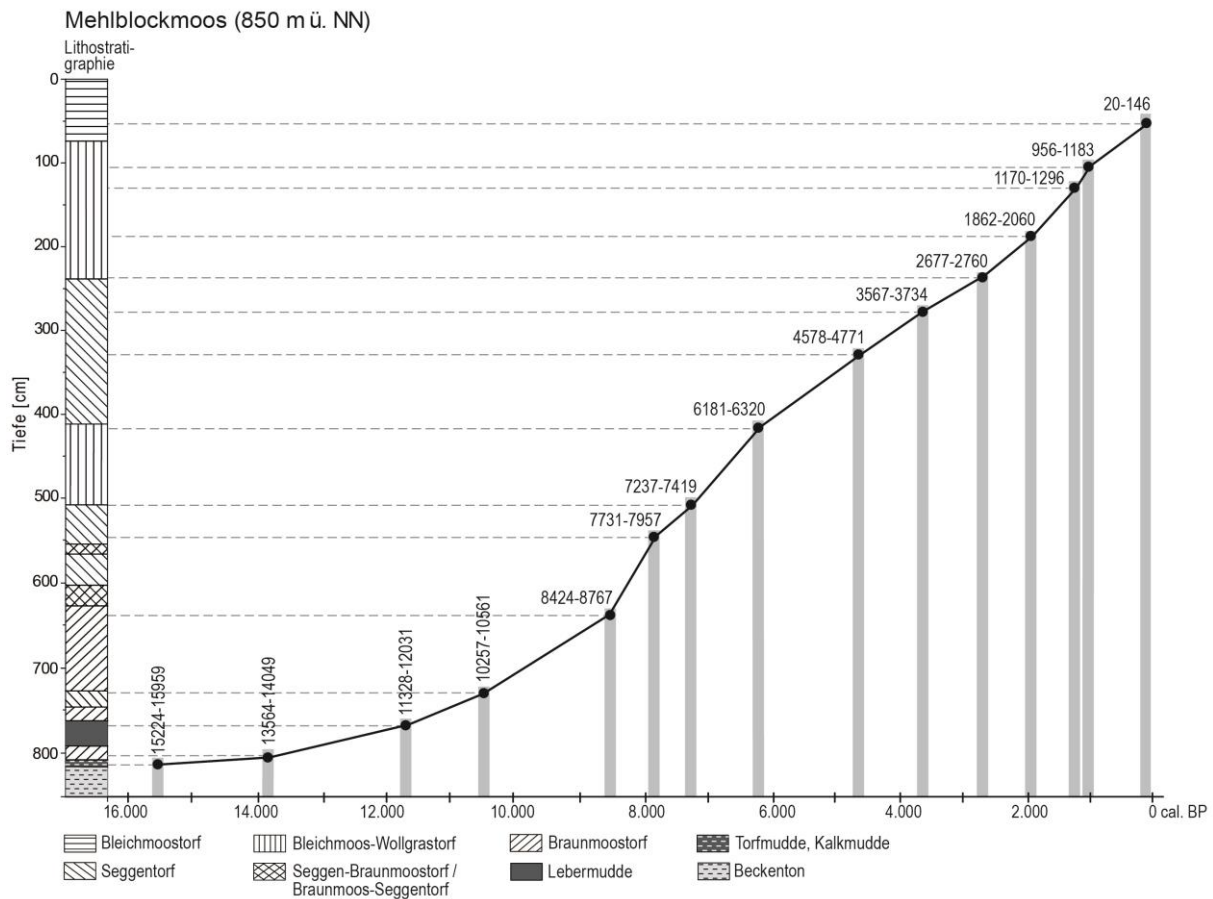


Abb. 20: Zeit-Tiefen-Diagramm für die ^{14}C -Daten des Pollenprofils Mehlblockmoos.

Die vorliegenden ^{14}C -Datierungen decken einen Zeitraum von 15592 bis 83 cal. BP mean ab. Die Torfakkumulationsrate war im Präboreal ausgesprochen gering, verdoppelte sich jedoch während des Boreals. Im frühen Atlantikum stieg die Zuwachsrate noch weiter an, fiel aber im weiteren Verlauf dieses vegetationsgeschichtlichen Abschnittes ab. Im anschließenden Subboreal ging das Torfwachstum weiter zurück. Im Subatlantikum nahm die Torfakkumulation lange Zeit zu, verringerte sich jedoch im ausgehenden Frühmittelalter. In den jüngsten Straten bis zur Oberfläche erhöhte sich die Sedentatbildung stark. Unterschiedliche Lagerungsdichten und fehlerhafte ^{14}C -Datierungen sind bei dieser Beschreibung unberücksichtigt.

6.1.3 Lokale Pollenzonen

LPZ 1 (821-813 cm): NBP (*Poaceae*, *Artemisia*, *Helianthemum*, [*Cyperaceae*])

In diesem Abschnitt dominieren die Nichtbaumpollenanteile mit 70 bis 80 % Anteil am Pollenspektrum, wobei *Cyperaceae* aus der Bezugssumme ausgeschlossen wurden. *Poaceae* sind mit Werten von 20 bis 36 %, *Cyperaceae* mit 14 bis 30 %, *Artemisia* mit um die 20 %

und *Helianthemum* ist mit 12 bis 18 % vertreten. Die *Pinus*-Nachweise liegen zwischen 19 und 27 %, die von *Betula* um 2 %. Einige Nichtbaumpollentypen treten im niedrigen Prozentbereich kontinuierlich auf. Zu nennen sind *Thalictrum*, *Cichoriaceae*, der *Ranunculus acris*-Typ, *Chenopodiaceae* und der *Matricaria*-Typ. Andere Nichtbaumpollentypen sind nur in geringen Anteilen mit weniger als 1 % vorhanden, wie z.B. der *Rumex*-Typ, *Senecio*-Typ und *Plantaginaceae* oder auch im Pollendiagramm nicht dargestellte Pollentypen wie *Dryas octopetala*, *Plumbaginaceae* bzw. *Armeria* und der *Saxifraga aizoides*-Typ.

Grenze der LPZ: Rückgang der NBP-Werte, Anstieg der *Betula*-Anteile.

LPZ 2 (813-807 cm): *Betula-Poaceae*

Zu Beginn dieses Abschnittes steigen die *Betula*-Werte auf 20 % an und erreichen zu dessen Ende 35 %. *Poaceae* sind im unteren Teil mit einem Maximalwert von 37 % erfasst, gehen aber nachfolgend entsprechend auf unter 20 % Anteil am Pollenspektrum zurück. Ebenso flachen im Verlauf der Pollenzone die Werte von *Artemisia*, *Helianthemum* und Cyperaceen ab. In der Mitte dieser Pollenzone tritt ein Strauchpollenmaximum auf, wobei *Juniperus* mit 13 %, *Salix* mit 4 % und *Hippophaë* mit knapp 2 % repräsentiert sind. *Apiaceae* und *Rubiaceae* treten gegenüber dem vorherigen Abschnitt kontinuierlich auf. *Selaginella selaginoides* ist ebenfalls durchweg nachgewiesen. Die *Botrychium*-Funde setzen gegen Ende der Zone aus.

Grenze der LPZ: Anstieg der *Pinus*-Anteile, weiterer Rückgang der NBP-Werte sowie Zurückdrängung der Strauchgehölze *Juniperus*, *Salix* und *Hippophaë*.

LPZ 3 (807-804 cm): *Pinus-Betula-Poaceae*

In diesem der Profillänge nach außerordentlich kurzen Abschnitt liegen die Werte von *Pinus* bei knapp 60 bis etwas über 70 % sowie die von *Betula* zwischen 15 und 20 %. Die Poaceen-Kurve sinkt auf unter 10 % ab und auch andere Nichtbaumpollentypen wie *Artemisia*, *Helianthemum* und *Thalictrum* werden seltener.

Grenze der LPZ: weiterer Anstieg der *Pinus*-Anteile.

LPZ 4 (804-793 cm): *Pinus-Betula*

In dieser Zone dominiert *Pinus* im Pollenspektrum mit Werten von 70 bis 85 %. *Betula* ist subdominant mit Anteilen von 10 bis knapp über 20 %. Nichtbaumpollen (insbesondere *Poaceae* und *Artemisia*) sind nur noch untergeordnet vorhanden.

Grenze der LPZ: erneute Zunahme der Nichtbaumpollenanteile.

LPZ 5 (793-786 cm): *Pinus*

Absolute Dominanz von *Pinus* (80-90 %) bei gleichzeitig etwas erhöhten Nichtbaumpollenwerten (v.a. *Poaceae* und *Artemisia*) kennzeichnen diese Pollenzone.

Grenze der LPZ: Entfaltung von *Juniperus* und *Salix*.

LPZ 6 (786-770 cm): *Pinus-NBP*

Gegenüber dem vorangegangenen Abschnitt sind *Juniperus* und *Salix* stärker vertreten und die Nichtbaumpollenanteile weiter erhöht bei gleichzeitig erniedrigten *Pinus*-Werten, die abgesehen von einer Ausnahme zwischen 70 und 85 % schwanken.

Grenze der LPZ: sinkende Nichtbaumpollenwerte.

LPZ 7 (770-747 cm): *Pinus-Betula*

Pinus dominiert weiterhin das Pollenspektrum mit Werten von anfangs 72 bis 82 %, die im Verlauf der Zone zusehends auf bis zu 55 % absinken. Entsprechend wird *Betula* bedeutender. Anfängliche Prozentwerte von 6 bis 15 % stehen nachfolgenden Anteilen von 20 bis 28 % gegenüber. Die Nichtbaumpollenanteile und dabei wiederum insbesondere die der *Poaceae* und von *Artemisia* gehen sukzessiv zurück. Zu Beginn der Zone setzt die kontinuierliche Kurve von *Ulmus* ein, etwas verzögert auch die von *Alnus*, *Corylus* und *Quercus*. In der Zonenmitte setzt die *Juniperus*-Kurve vollständig aus. Zum Ende des Abschnittes weisen schließlich *Tilia*, *Acer* und *Fraxinus* kontinuierliche Kurven auf.

Grenze der LPZ: Massenausbreitung von *Ulmus* und *Corylus*.

LPZ 8 (747-735 cm): *Pinus-Corylus*

Anfangs ist *Pinus* noch prädominant bei Werten von 45 bis 60 %. Die anfänglichen *Corylus*-Anteile von 14 bis 20 % nehmen auf 28 % zu und es entwickelt sich eine Kodominanz von *Corylus* und *Pinus*. *Betula* (13 bis 21 %) und *Ulmus* (8 bis 13 %) sind durchweg nur untergeordnet vertreten.

Grenze der LPZ: Umkehrung der Dominanzverhältnisse von *Pinus* und *Corylus*.

LPZ 9 (735-719 cm): *Corylus-Pinus*

Im Verlauf dieser Zone gehen die *Pinus*-Werte von 28 auf 20 % zurück und ab deren Mitte ist *Picea* kontinuierlich auffindbar. *Corylus* ist im Pollenspektrum mit 35 bis 41 % Anteil vorhanden. Die Kurven von *Betula* und *Ulmus* liegen zwischen 12 und 15 %. Den Großteil der

übrigen nachgewiesenen Pollentypen machen *Quercus*, *Tilia* und *Poaceae* mit je 2,5 bis 4 % aus.

Grenze der LPZ: weiterer Rückgang der *Pinus*-Werte sowie Zunahme der *Quercus*- und *Fraxinus*-Anteile.

LPZ 10 (719-627 cm): *Corylus*-EMW

Corylus dominiert nahezu durchweg mit Werten zwischen 35 und 50 %. Die sogenannten Eichenmischwaldarten (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus* und *Acer*) sind im unteren Teil subdominant. Im mittleren Bereich der Pollenzone entwickelt sich eine Kodominanz der Eichenmischwaldarten und *Corylus*, die schließlich in der Dominanz der Laubbäume gipfelt. Die Kurve von *Betula* pendelt bei etwa 10 % und *Pinus* besitzt anfangs noch Anteile von 15 bis 23 % am Pollenspektrum, geht aber nachfolgend auf Werte von bis zu unter 5 % zurück.

Grenze der LPZ: weiterer Rückgang der *Corylus*-Anteile sowie Zunahme der *Alnus*- und *Picea*-Werte.

LPZ 11 (627-579 cm): EMW-*Corylus*

Diese Pollenzone ist durch eindeutige Dominanz der thermophilen Laubbäume gekennzeichnet, wobei gegenüber dem vorherigen Abschnitt *Tilia* insgesamt bedeutsamer ist. *Corylus* ist noch häufig und weist in der Regel Werte zwischen 25 und 32 % auf. *Picea* ist meist mit Anteilen zwischen 3 und 6 % repräsentiert.

Grenze der LPZ: Massenausbreitung von *Picea* und weitere Abnahme der *Corylus*-Werte.

LPZ 12 (579-511 cm): EMW-*Corylus*-*Picea*

Hinsichtlich des Pollenspektrums ähnelt diese Zone stark der vorangegangenen Zone, was die Verhältnisse der Eichenmischwaldarten anbelangt. *Corylus* ist insgesamt seltener nachgewiesen. Doch ist *Picea* mit Werten von 10 bis 20 % vorhanden. Auch sind *Abies* und *Fagus* mit dem Zonenbeginn kontinuierlich mit geschlossenen Kurven vertreten.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Corylus*-Anteile unter 20 %.

LPZ 13 (511-485 cm): *Picea*-EMW

Quercus, *Ulmus* und *Fraxinus* sind mit jeweiligen Anteilen zwischen etwa 10 und 15 % vertreten. *Picea* hat mittlerweile die übrigen Gehölze überflügelt und ist meist mit Werten von über 20 % im Pollenspektrum repräsentiert. Am Ende des Abschnittes erreicht *Picea* einen Spitzenwert von 52 %.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Abies*-Werte.

LPZ 14 (485-423 cm): *Picea*-EMW-*Abies*

Picea ist weiterhin dominant. *Quercus*, *Ulmus* und *Fraxinus* sind in der ersten Hälfte der Zone noch etwa gleich stark vertreten, wobei im weiteren Verlauf *Ulmus* und *Fraxinus* seltener werden. Dafür nehmen die Werte von *Abies* und auch *Fagus* zu. *Corylus* hat nur noch geringe Bedeutung mit Anteilen von in der Regel um die 10 %.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Fagus*-Werte.

LPZ 15 (423-325 cm): *Fagus*-*Picea*-*Abies*-*Quercus*

Quercus hat in dieser Zone in der Regel zwischen 10 und 15 % Anteil und unterschreitet erst zum Ende des Abschnittes die Marke von 10 %. In der ersten Hälfte der Zone sind *Abies*, *Picea* und *Fagus* in vielen Straten kodominant. Im oberen Teil wird *Fagus* deutlich häufiger und besitzt meist doppelt so hohe Anteile wie *Abies* und *Picea* zusammen.

Grenze der LPZ: weiterer Kurven-Rückgang von *Ulmus*, *Tilia* und *Acer*.

LPZ 16 (325-273 cm): *Fagus*-*Picea*-*Abies*

Fagus dominiert in diesem Abschnitt mit Werten zwischen meist 25 und 37 %. Den Anteilen nach ist *Picea* das nächst häufige Gehölz, wobei *Abies* teilweise gleich stark vertreten ist oder sogar *Picea* übertrifft. *Plantago lanceolata* tritt anfangs noch diskontinuierlich auf, ist zum Zonenende hin kontinuierlich nachweisbar bei zugleich steigenden Poaceen-Anteilen.

Grenze der LPZ: Überflügelung von *Picea* durch *Abies*.

LPZ 17 (273-235 cm): *Fagus*-*Abies*-*Picea*

Picea verliert etwas an Bedeutung. Dafür wird *Abies* häufiger. *Fagus* herrscht weiterhin im Pollenspektrum vor. Etwa in der Mitte der Pollenzone setzt die kontinuierliche Kurve von *Carpinus* ein. Streckenweise erreicht *Alnus* – aus der Bezugssumme ausgeschlossen – hohe Anteile.

Grenze der LPZ: Kurven-Rückgang von *Fagus* sowie Zunahme der *Abies*- und *Picea*-Werte.

LPZ 18 (235-209 cm): *Abies*-*Picea*-*Fagus*

Fagus verliert anfangs an Bedeutung, kann sich aber nachfolgend wieder etwas ausbreiten. Die Kurve von *Abies* verläuft zu der von *Fagus* gegenläufig. Bei höheren *Abies*-Werten tritt

Fagus entsprechend zurück und umgekehrt. Bei *Fagus*-Niedrigwerten bestimmt auch *Picea* stärker den Polleninhalte.

Grenze der LPZ: Kurvenanstieg von *Fagus*.

LPZ 19 (209-161 cm): *Fagus-Picea-Abies-Betula*

Fagus bestimmt in der ersten Hälfte der Zone den Polleninhalte. *Abies* und *Picea* sind meist mit *Fagus* kodominant. Nachfolgend gehen die Pollenfrequenzen von *Fagus* und *Abies* unter Schwankungen zurück. *Picea* zeigt entsprechend einen ansteigenden Kurvenverlauf. *Quercus* kann sich gegenüber dem vorigen Abschnitt wieder stärker durchsetzen und nimmt bis auf 14 % zu. Auch *Corylus* ist bedeutsamer. Phasenweise ist *Betula* mit Werten bis zu 26 % im Pollenspektrum repräsentiert. In der Zonenmitte übersteigt *Carpinus* die Prozentmarke. Gegen Ende der Zone ist *Alnus* mit Werten zwischen 30 und 45 % vertreten.

Grenze der LPZ: erneute Zunahme der *Abies*- und *Fagus*-Anteile und absinkende *Corylus*-Kurve.

LPZ 20 (161-85 cm): *Picea-Fagus-Abies*

Fagus und *Picea* sind meist kodominant, wobei stellenweise entweder das eine oder andere Gehölz auch deutliche Dominanz aufweist. *Abies* ist in der Regel nur das dritthäufigste Gehölz. Zu Zonenbeginn ist *Betula* noch mit 10 bis 30 % Anteil am Pollenspektrum nachgewiesen, sinkt dann aber dauerhaft auf Werte unter 10 % und teilweise sogar unter 5 % ab. Bei *Carpinus* ist die Maximalverbreitung mit knapp 7 % zu verzeichnen. Im Verlauf des Abschnitts häufen sich unter Schwankungen allmählich die Poaceen-Funde.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Abies*- und *Fagus*-Werte sowie Zunahme der *Pinus*-Anteile.

LPZ 21 (85-57 cm): *Pinus-Picea*

Zu Beginn der Zone sind *Abies* und *Fagus* noch vergleichsweise stark vertreten, sinken jedoch nachfolgend unter Werte von 5 % ab. In den meisten Proben ist *Picea* vorherrschend, wird aber in der Zonenmitte von *Pinus* überflügelt. Stellenweise sind im Polleninhalte *Betula*, *Corylus* und *Poaceae* mit über 10 % bedeutsamer. Neben Poaceen treten unter den Nichtbaumpollentypen *Plantago lanceolata* und der *Rumex*-Typ am häufigsten auf.

Grenze der LPZ: Zunahme der Poaceen-Anteile.

LPZ 22 (57-35 cm): *Picea-Poaceae-Pinus*

Das Pollenspektrum wird insgesamt von *Picea* beherrscht, wobei in wenigen Proben auch eine Kodominanz mit *Pinus* und Poaceen augenscheinlich ist. Letztere erreichen zeitweise bis zu 27 % Anteil. Daneben sind noch *Plantago lanceolata* und der *Rumex*-Typ, deren Kurvenverläufe Werte zwischen 3 und 5 % bzw. 2,5 und 4 % aufweisen. *Abies* ist nur noch in Spuren vorhanden.

Grenze der LPZ: Rückgang der Poaceen-Werte.

LPZ 23 (35-0 cm): *Picea-Pinus*

Die jüngste Zone ist durch Dominanzwechsel zwischen *Picea* und *Pinus* gekennzeichnet bei zugleich geringerer Bedeutung der *Poaceae* und anderer Nichtbaumpollentypen, wie z.B. *Plantago lanceolata* und *Rumex*-Typ.

6.1.4 Wald- und Landnutzungsgeschichte

6.1.4.1 Ausgehendes Pleniglazial und Älteste Dryas

Das ausgehende Würm-Hochglazial und das Spätglazial sind im Profil Mehlblockmoos auf nur etwa 50 cm Kernlänge gering aufgelöst.

Im tiefsten Diagrammabschnitt (821-812 cm), der dem ausgehenden Würm-Hochglazial und der Ältesten Dryas zugeordnet wird, dominiert der Gräser- und Kräuterpollenanteil mit relativ hoher Beteiligung von Pionierpflanzen und Heliophyten. Den Großteil des erfassten Pollenspektrums machen *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia* und *Helianthemum* (vorwiegend *H. alpestre*) aus. Ein nicht quantifizierbarer Teil der Cyperaceen entstammt terrestrischen Standorten (BORTENSCHLAGER 1984) und dürfte wie z.B. *Gypsophila repens* die eisfreigewordenen Rohbodenstandorte besiedelt haben. Die gefundenen *Ephedra*-Pollenkörner, sowohl des *Ephedra distachya*-Typs als auch des *E. fragilis*-Typs, sind nur mit Prozentanteilen $< 0,5$ % vertreten. WELTEN (1957) geht aufgrund von Rezentuntersuchungen davon aus, dass Prozentwerte von $> 0,5$ % in fossilen Pollenstraten für lokale, ausgedehnte Bestände sprechen. Jedoch gehen die Nachweise in 50-100 m Entfernung von rezenten Standorten bereits stark zurück. Gemäß den Ausführungen von LANG (1994) und BURGA & PERRET (1998) ist aber auch in vielen europäischen Lokalitäten Fernflug dieser Gattung zu postulieren. Von daher ist ein lokales Vorkommen im Kempter Wald schwer zu beantworten. Auch STEBICH (1999) lässt die Frage für die Umgebung des Meerfelder Maars offen. Infolge der Offenlandbedingungen sind die um 20 % betragenden *Pinus*-Nachweise gemäß LANG (1994) vorwiegend als Fernflug zu interpretieren. Die Pollendichte ist auf ausgesprochen niedrigem Niveau (10000 bis 50000

Pollenkörner pro 2 cm³). Es ist von einer baumlosen Tundren-Vegetation auszugehen, die eine nicht geschlossene, lückenhafte Vegetationsdecke aus Pionierpflanzen und Steppenelementen aufweist. Die am Ende des Abschnittes steigenden *Betula*-Werte und zugleich sinkenden *Artemisia*- und *Helianthemum*-Anteile dürfte die aus der Schweiz bekannte *Betula nana*-Subzone innerhalb der Ältesten Dryas nachzeichnen. Die typische Zwei- bis Dreiteilung der Ältesten Dryas (AMMANN et al. 1994) – je nachdem ob der älteste Teil dem ausgehenden Pleniglazial zugerechnet wird oder nicht – lässt sich hier nur erahnen.

6.1.4.2 Bølling

Das Einsetzen des Bølling-Interstadials (812-806 cm) wird durch eine Strauchphase mit Ausbreitung von *Juniperus* und *Hippophaë* markiert, was BERTSCH (1961) erstmals aufzeigen konnte und in weiteren Arbeiten das süddeutsche Alpenvorland betreffend bestätigt werden konnte (z.B. SCHMEIDL 1971, BEUG 1976, RÖSCH 1990, KLEINMANN 1995, LECHTERBECK 2001) sowie auch in der Schweiz Gültigkeit besitzt (z.B. AMMANN et al. 1994, AMMANN et al. 2013). Bei entsprechend hoher Auflösung des jeweilig untersuchten Archivs verbunden mit einer engmaschigen Auszählung konnte beispielsweise in Sedimenten des Schleinsees ein frühbøllingzeitlicher *Juniperus*-Gipfel von über 70 % detektiert werden (MIELKE & MÜLLER 1981). Neben den genannten Gehölzen ist *Betula nana* in dieser Strauchformation weit verbreitet, was aufgrund von Makrorestbelegen gezeigt werden konnte (MIELKE & MÜLLER 1981). Im vorliegenden Diagramm ist aber auch *Salix* an dieser Strauchphase stärker beteiligt, was mit dem Reichtum an Feuchtgebieten und Auenstandorten in Zusammenhang stehen dürfte. So ist auch im nordwestlichen Bodenseegebiet (LECHTERBECK 2001) und im westlichen Salzach-Vorlandgletschergebiet (SCHMEIDL 1971) eine größere Bedeutung dieser Gattung nachgewiesen. Diese tundrenartige Strauchvegetation ist sicherlich relativ lückig gewesen. Hohe, aber im Rückgang begriffene Poaceen-, Cyperaceen- und *Artemisia*-Anteile dienen hierfür als Indikatoren. Daneben sind *Thalictrum*, Rubiaceen, *Rumex*-Typ, Apiaceen (u.a. *Bupleurum*-Typ), Asteraceen und Plantaginaceen (vorwiegend *Plantago major-media*-Typ, *Litorella*-Typ sowie *Plantago-maritima*-Typ) in der Krautschicht häufig. Die lichten Vegetationsverhältnisse werden zudem durch *Botrychium* und *Selaginella selaginoides* angezeigt (BURGA & PERRET 1998). Die ¹⁴C-Datierung mit einer Alterszeitspanne von 15224-15959 cal. BP weist ein zu hohes Alter auf. Diese reicht sogar über den im Steißlinger See ermittelten Alterszeitraum der Ältesten Dryas mit 14700 bis 15500 Warvenjahren vor heute hinaus (EUSTERHUES et al. 2002).

Im weiteren Verlauf des Bøllings wandern baumförmige *Betula*-Arten wieder ein. Neben pollenanalytischen und makrorestanalytischen Befunden aus dem nördlichen Alpenvorland der Schweiz (BURGA & PERRET 1998) wird die Ansiedlung von Baumbirken durch Makrorestfunde aus dem südwestdeutschen Alpenvorland und Vorarlberg bestätigt. So konnten z.B. am Schleinsee Großrestfunde von *Betula pendula* und *B. pubescens* von LANG (1952) sowie von MIELKE & MÜLLER (1981) identifiziert werden. Am Steißlinger See ist letztgenannte Art ebenfalls gefunden worden (EUSTERHUES et al. 2002; Bestimmung durch Fischer und Rösch). In Vorarlberg (DEGRAAF, KUIJPER & SLOTBOOM 1989, VAN MOURIK et al. 2013) wurde *Betula pendula* entdeckt. SCHMEIDL (1971) konnte im westlichen Salzachgletschergebiet sogar schon während der *Juniperus*-Ausbreitung erste Makroreste von *Betula pubescens* bescheinigen. Mit der Wiederbewaldung gehen die Offenlandanteile (v.a. Heliophyten wie *Artemisia* und *Helianthemum*) entsprechend zurück. Zudem verringern sich die Strauchpollennachweise fortschreitend. Ab dem Beginn der Torfmuddenbildung bei 808 cm Tiefe ist bis in die frühe Jüngere Dryas *Filipendula* kontinuierlich nachweisbar.

Gegen Ende des Bøllings hat auch *Pinus* das Gebiet wieder besiedelt. Kompensatorisch ist eine Depression in der *Betula*-Kurve von 35 % auf knapp 15 % zu verzeichnen. Es ist von einem lichten Birken-Kiefernwald mit mosaikartigen Offenlandbereichen auszugehen. Die lichten Verhältnisse sind zum einen in der hohen Pollenproduktion der beiden Gehölze und zum anderen in den relativ hohen Nichtbaumpollenanteilen begründet, wobei insbesondere *Poaceae* und *Artemisia* infolge der Wiederbewaldung weiter an Bedeutung verlieren. Die Ergebnisse seitens der Pollenanalyse zur Wiederansiedlung von *Pinus* werden durch Makrorest- und Stomatafunde erhärtet (z.B. LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981).

6.1.4.3 Ältere Dryas

Die Ältere Dryas (806-804 cm) zeichnet sich im Diagramm nur undeutlich ab. Eine geringe Zunahme der *Betula*-Werte steht einem Einschnitt in der *Pinus*-Kurve bei stagnierender Pollenkonzentration gegenüber. Die NBP-Anteile sind jedoch rückläufig. Ein ähnliches Bild der Vegetationsentwicklung für diesen Zeitabschnitt bei aber stärker gegenläufig verlaufenden *Betula*- und *Pinus*-Kurven zeigt sich am Schleinsee (LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981). Bei LANG (1952) ist zudem ein leichte Zunahme der Poaceen-Anteile erfasst, jedoch nur im Profil Schleinsee und nicht am Degersee. Im westlichen Bodenseegebiet konnte diese kühlere vegetationsgeschichtliche Phase bisher nicht eindeutig abgegrenzt werden (z.B. BERTSCH 1961, LECHTERBECK 2001, RÖSCH 1990), was gemäß EUSTERHUES et al. (2002) mit der schon relativ weit fortgeschrittenen Wiederbewaldung in diesem Gebiet zum Ende des Bøllings in

Zusammenhang stehen dürfte. In den von KLEINMANN (1995) bearbeiteten Profilen des Ammersees konnte dieser Kälterückschlag durchweg erfasst werden, wobei als Grenzziehungskriterium zum Bølling das Abfallen der *Juniperus*-Kurve bei gleichzeitiger Zunahme der NBP- und *Betula*-Werte gewählt wurde und *Pinus* im Laufe dieses Abschnittes wieder in das Gebiet gelangt. Dies widerspricht den eigenen Abgrenzungskriterien, denen am Schleinsee (LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981) wie auch diagrammweise denen in der Rosenheimer Gegend (BEUG 1976), wobei zu bemerken ist, dass untersuchte Moore oft eine stark ausgeprägte lokale Komponente besitzen. So zeigen sich bei den von BEUG (1976) bearbeiteten Profilen doch beträchtliche Unterschiede in der Ausgliederung der Älteren Dryas, je nachdem, ob in den jeweiligen Straten noch Seesedimente vorhanden waren oder es im Bølling schon zur Bildung von Niedermoortorfen kam. Außerdem kommt bekanntermaßen bei Seen die Regionalkomponente stärker zum Tragen, wodurch die einzelnen Pollenkurven im Gegensatz zu Mooren geglättet sind. Sicher spielt in diesem Kontext die von FRENZEL (1983) skizzierte im Bølling vorhandene Vegetationsdifferenzierung zwischen einem wacholderreichen Gebiet vom Bodensee bis zum Chiemsee und einem kieferndominierten Gebiet östlich davon eine Rolle. Zudem darf dabei das Ozeanitätsgefälle vom Bodenseeraum bis ins südöstliche Bayern nicht außer Acht gelassen werden. Insgesamt ist der Nachweis der Älteren Dryas schwierig. SCHMEIDL (1971) führt an, dass für deren Ausgliederung engmaschige Probenabstände von Nöten sind sowie Profile aus höher gelegenen Lokalitäten wohl ein eindeutigeres Bild dieser regressiven Phase ergeben dürften. BEUG (1976) geht nur von einer sehr schwachen Auswirkung auf die vorhandenen Wälder während dieses lediglich knapp 150 Jahre andauernden vegetationsgeschichtlichen Abschnittes (AMMANN et al. 2013) aus. Standortsbedingt dürfte es oft nur zu einer verminderten Blühfähigkeit der Gehölze gekommen sein und einzig an Ungunststandorten zu deren Absterben (BLUDAU 1985). In der Schweiz bereitet die pollenanalytische Erfassung der dortigen synchronen Aegelsee-Schwankung ebenfalls Probleme (BURGA & PERRET 1998).

6.1.4.4 Allerød

Das Einsetzen des Allerød-Interstadials (804-793 cm) ist durch einen Anstieg der *Pinus*-Kurve auf 80 % und rückläufigen *Betula*- und NBP-Anteilen charakterisiert. Nachfolgend kommt es zu einem leichten Einbruch der *Pinus*-Bestände und entsprechender Ausbreitung von *Betula*. Die vorliegende ¹⁴C-Datierung mit einer Zeitspanne von 13564-14049 cal. BP umgrenzt den Beginn des Allerøds, welcher bei EUSTERHUES et al. (2002) mit 13787 Warvenjahren und in der Schweiz derzeit mit ca. 13835 cal. BP (AMMANN et al. 2013) angegeben

wird. Die von EICHER & SIEGENTHALER (1976) erstmals beschriebene Gerzensee-Schwankung datiert neueren Untersuchungen am *Locus typicus* des Gerzensees zufolge in das jüngere Allerød und reicht bis in die Zeit des Laacher-See-Ausbruchs (AMMANN et al. 2013, WICK 2000). Die Dauer dieser klimatischen Depression soll 413 Jahre betragen (SCHWANDER, EICHER & AMMANN 2000). Deren Auswirkungen lassen sich aber laut LOTTER et al. (1992) palynologisch nicht fassen. Bei WICK (2000) sind während der Gerzensee-Schwankung die *Pinus*-Anteile erhöht und die von *Betula* erniedrigt. Bei AMMANN et al. (2013) zeigen sich keine signifikanten Schwankungen in den *Betula-Pinus*-Verhältnissen. Somit ist in den leicht erhöhten *Betula*-Anteilen im jüngeren Allerød vermutlich kein Niederschlag der Klimaoszillation zu sehen.



Abb. 21: In den Torf eingebettete Lage Laacher-See-Tephra (rot eingerahmt). Der Torf wird im Hangenden von einer Lebermudde abgelöst (eigene Aufnahme 2009).

Bei 794 cm ist eine 3,2 mm mächtige Lage Laacher-See-Tephra vorhanden (Abb. 21). Den Warvenzählungen im Meerfelder Maar zufolge ist diese Tephralage vor 12880 Jahren abgelagert worden (BRAUER, ENDRES & NEGENDANK 1999).

Sowohl im Bodenseeraum (z.B. BERTSCH 1961, RÖSCH 1990) als auch in der Ammerseegegend (KLEINMANN 1995) sind Auswirkungen des Laacher-See-Ausbruchs auf die Vegetationszusammensetzung zu verzeichnen. In diesen Prozentdiagrammen zeigt sich ein *Betula*-Vorstoß bei gleichzeitigen Einbußen der *Pinus*-Werte, wobei RÖSCH (1983) zeigen konnte, dass der Pollen-Influx von *Pinus* rückläufig ist, der von *Betula* jedoch gleichbleibt. Dazu konträr legen die Influx-Werte im Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002) nahe, dass die *Betula*-Bestände stärker von der Deposition der Laacher-See-Tephra betroffen sind als die von *Pinus*. Im Profil Mehlblockmoos ist nach diesem Ereignis eine leichte Zunahme der *Pinus*-Anteile und kompensatorische Abnahme der *Betula*-Werte zu konstatieren. Belastbar sind diese prozentualen Veränderungen allerdings nicht, da das restliche Allerød nur noch auf einer 1 cm mächtigen Torfablagerung repräsentiert ist. Insgesamt ist für das Allerød von lichten Kiefernwäldern mit abschnittsweiser stärkerer *Betula*-Beteiligung auszugehen.

6.1.4.5 Jüngere Dryas

Mit dem Beginn der Jüngeren Dryas (793-770 cm) nehmen die NBP-Anteile wieder zu und die Pollenkonzentration ab. Gleichzeitig kommt es auch zu einem Sedentatwechsel. Der Braunmoostorf wird durch eine im Niedrigwassermilieu gebildete Lebermudde abgelöst, was sich nachfolgend in gehäuften *Pediastrum*-Nachweisen – darunter der Kaltwasserzeiger *Pediastrum kawraiskyi* (KOMÁREK & JANKOVSKA 2001) – äußert. Zudem sind die mineralischen Anteile infolge Sedimenteintrags erhöht und es ist eine Abnahme in der Pollenkonzentration zu verzeichnen. Die *Pinus*-Kurve geht während dieser Klimadepression auf bis zu 65 % zurück, hingegen erreichen die NBP-Anteile bis zu 20 %. Darunter treten v.a. wieder Poaceen und *Artemisia* verstärkt auf. Aber auch andere Vertreter offener Standorte wie *Helianthemum*, *Thalictrum*, *Chenopodiaceae*, *Botrychium* und *Selaginella selaginoides* sind wieder mehr oder minder kontinuierlich im Pollenspektrum repräsentiert. Weiterhin wird die Waldauflichtung durch die erneute Ausbreitung von Strauchgehölzen wie *Juniperus* und *Salix* angezeigt. Die Zunahme der Cyperaceen-Funde dürfte nur geringfügig mit terrestrischen *Carex*-Arten in Zusammenhang stehen. Die Schwankungen in den *Betula*-*Pinus*-Verhältnissen sind in erster Linie klimatischer Natur. Die kleineren auftretenden Holzkohle-Peaks dürfen jedoch nicht außer Acht gelassen werden. Die maximale Absenkung der Jahresdurch-

schnittstemperatur dürfte etwa 5 °C gegenüber dem vorangegangenen Allerød betragen und bis auf 1 °C herabgereicht haben (VON GRAFENSTEIN et al. 1992).

6.1.4.6 Präboreal

Die Grenze zwischen Spätglazial und Holozän ist infolge der rückläufigen Offenlandanteile bei 770 cm zu ziehen. Mit dem Übergang zum Präboreal (770-741 cm) setzen zuerst die geschlossene Kurve von *Ulmus* und kurz darauf die fast geschlossene von *Corylus* ein, was das Näherrücken der Arealgrenzen der beiden thermophilen Gehölze anzeigt. Etwas verzögert sind auch *Alnus* und *Quercus* kontinuierlich in Spuren vorhanden. Infolge der hohen Zählsummen (1300 bis 1800 terrestrische Pollenkörner) zeigt der Beginn der geschlossenen Kurven in Form von Einzelnachweisen nicht den Einwanderungszeitpunkt von *Ulmus*, *Quercus* und *Alnus* an. Im frühen Präboreal werden mit der Erwärmung, welche zu einem raschen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 3 bis 5° C führt (BURGA & PERRET 1998), die Kiefernwälder zusehends dichter bzw. die aufgelichteten Bereiche schließen sich wieder. Damit einhergehend werden die gegen Ende der Jüngeren Dryas noch verbreiteten Pionier- und Steppenelemente zurückgedrängt. Besonders augenscheinlich ist der zusehende Bedeutungsverlust bei *Juniperus*, Poaceen, *Artemisia*, *Helianthemum* und *Thalictrum*. Aber auch andere Nichtbaumpollentypen werden nachfolgend seltener, wie z.B. *Cichoriaceae*, *Ranunculus-acris*-Typ, *Chenopodiaceae*, *Rubiaceae*, *Rumex*-Typ und *Asteraceae*. Die im frühen Präboreal vorliegende ¹⁴C-Datierung bei 766 cm mit einer Zeitspanne von 11328-12031 cal. BP fällt in den Bereich der mit Hilfe von Jahrringzählungen absolutchronologisch ermittelten Grenze zwischen Jüngerer Dryas und Präboreal von 11590 cal. BP (FRIEDRICH et al. 2004), was sich jahrgenau mit den palynostratigraphisch kombinierten Warvenzählungen des Meerfelder Maares deckt (LITT et al. 2001). Die mit der gleichen Methodik wie im Meerfelder Maar erfolgte Abgrenzung zwischen Spätglazial und Holozän in den Archiven Hämelsee (MERKT & MÜLLER 1999) und Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002) weicht von diesem Alter nur geringfügig ab. Für den Hämelsee sind dies 11560 cal. BP und für den Steißlinger See 11580 cal. BP. Jedoch ist im Grenzbereich Spätglazial-Holozän seit längerem ein ¹⁴C-Plateau bekannt (z.B. AMMANN & LOTTER 1989) und das jüngste mögliche kalibrierte ¹⁴C-Datum liegt gemäß der Alterszeitspanne beim 2 σ-Intervall bei 11328 cal. BP.

Bei 763 cm setzt wieder die Torfbildung ein und bei 761 cm ist vermutlich eine kurze Klimaverschlechterung mit allerdings geringer Deutlichkeit erfasst. Im Pollenspektrum zeigt sich eine Abnahme der *Pinus*-Werte um 10 % bei gleichzeitigem Anstieg der *Betula*-Kurve um 7 % und leichter Zunahme der Nichtbaumpollenanteile. Namentlich könnte es sich um die

sogenannte Rammelbeek- bzw. Schlaten-Schwankung (BEHRE 1978) handeln, die sich mit etwa gleichen Signalen auch im Langegger Filz und Haslacher See am Auerberg (KÜSTER 1988) sowie im Dürrenbühlmoos (Kap. 6.2.4.1) und am Unteren Insensee (Kap. 6.4.4.5) abzeichnet. BLUDAU (1985) konnte diese Klimaoszillation auch in den Profilen Kronwinkelmoos I und Wasserscheid I nachweisen und geht von einer klimatisch induzierten verringerten *Pinus*-Blühfähigkeit aus.

Im weiteren Verlauf des Präboreals wandern zuerst *Ulmus* und kurz darauf auch *Corylus* ein. *Betula* breitet sich weiter aus (bis 28 % der Bezugssumme) und die *Pinus*-Werte gehen entsprechend zurück. Da die Influx-Werte von *Pinus* und *Betula* ähnliche Veränderungen wie die Prozentanteile zeigen, könnte nicht nur von einer lokalen Birkenbruchbildung im Moor selbst, sondern auch von einer Entfaltung auf terrestrischen Standorten ausgegangen werden. Allerdings könnte auch eine alleinige Zurückdrängung von *Pinus* in den Moorwäldern ursächlich sein. Dafür sprechen die im Bohrkern und bei den Sondierungen gefundenen *Betula*-Hölzer (Kap. 6.1.1 und 6.1.5) und der im Pollendiagramm Dürrenbühlmoos fehlende präboreale *Betula*-Gipfel. Von daher sind die hohen *Betula*-Anteile auf die zahlreichen Feuchtgebiete im Kempter Wald zurückzuführen, in denen lokal Birkenbruchwälder wie im Mehlblockmoos stockten. So zeigt sich im ebenfalls feuchtgebiets-, aber auch seenreichen nördlichen Bodenseeraum ein ausgeprägter Birkenvorstoß mit teilweiser Verschiebung der Dominanzverhältnisse zugunsten von *Betula* (z.B. LANG 1952, BERTSCH 1961, MERKT & MÜLLER 1978, MÜLLER 1962, CLARK, MERKT & MÜLLER 1989, RÖSCH 1990, LECHTERBECK 2001), jedoch nicht in allen Profilen des Schleinsees (LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981). Im Allgäu ist bisher nur aus dem oberen Illertal bei Oberstdorf (DIEFFENBACH-FRIES 1981) eine ab dem mittleren Präboreal erfolgende Birkenausbreitung bekannt. Zudem sind in einigen Profilen des Ammersees im jüngeren Präboreal *Betula*-Gipfel ausgebildet (KLEINMANN 1995), die lokale Birkenbruchvorkommen widerspiegeln.

Der fortschreitende Zerfall der Kiefernwaldbestände wird durch immer wieder auftretende Waldbrände verstärkt. Diesen kommt eine wichtige Rolle in den vorwärmezeitlichen Kiefernwäldern zu, was z.B. mit den Untersuchungen im Schleinsee (CLARK, MERKT & MÜLLER 1989) und im Spitalmoos (STOJAKOWITS & FRIEDMANN 2013) gezeigt werden konnte. Inwiefern die Brände rein klimatischer Natur infolge von Blitzschlag oder anthropogen bedingt sind (z.B. KÜSTER 1988), lässt sich nicht entscheiden.

Noch im ausgehenden Präboreal vollzieht sich die Massenausbreitung von *Corylus* und *Ulmus*. Mittlerweile sind neben *Alnus* und *Quercus* auch *Tilia platyphyllos*, *Acer* und *Fraxinus* kontinuierlich nachweisbar. Die vereinzelt *Picea*-, *Abies*- und *Fagus*-Funde sind

auf Fernflug zurückzuführen. An der Wende zum Boreal ist *Tilia cordata* wieder im Gebiet heimisch, was sich mit dem Einwanderungszeitpunkt im oberen Illertal bei Oberstdorf deckt (DIEFFENBACH-FRIES 1981). Somit ergibt sich folgende Einwanderungsreihenfolge der sogenannten Eichenmischwaldarten: *Ulmus*, *Tilia platyphyllos*, *Quercus*, *Acer*, *Fraxinus* und *Tilia cordata*. Allerdings ist *Acer* aufgrund seiner geringen Pollenproduktion und somit Unterrepräsentation im Pollenspektrum nur schwer in dieses Einwanderungsgeschehen einzuordnen (RÖSCH 1990). Bei wie hier erfolgter Artunterscheidung ist dies ebenfalls für *Tilia* zu konstatieren. Die Ansiedlung von *Alnus* entlang von Flussläufen ist wahrscheinlich bereits im späten Präboreal erfolgt, spätestens jedoch im frühen Boreal. Zur Massenausbreitung kommt es aber erst im Atlantikum. Leider lassen sich die Pollenkörner von *Alnus incana* und *A. glutinosa* nicht weiter unterscheiden. Analog zu tieferen Lagen der Ostschweiz (vgl. BURGA & PERRET 1998) könnte die während des Atlantikums erfolgte Ausbreitung von *Alnus* mit der gegenüber *A. incana* späteren Einwanderung von *A. glutinosa* zusammenhängen.

Die während des Präboreals sich schließenden Wälder führen zu einem ausgeglichenen Bestandsklima und tragen entsprechend zur Bodenreifung bei, wodurch die nachfolgende Ansiedlung und Ausbreitung weiterer Baumarten begünstigt bzw. erst ermöglicht wird (z.B. GLIEMEROTH 1995). Mit der Bodenentwicklung geht eine fortschreitende Standortdifferenzierung einher. In Verbindung mit der zunehmenden Artenvielfalt sind Vergleiche ab dem Boreal mit anderen Regionen zusehends erschwert (RÖSCH 1983, KLEINMANN 1995). Selbst im Gebirge ist eine Differenzierung von Standorttypen nach Lokalklima, Substrat und Topographie erkennbar (BLUDAU 1985). Darüber hinaus bereiten die teils unterschiedlichen Einwanderungszeiträume und Ausbreitungsvorgänge einzelner Gehölze im süddeutschen Alpenvorland Probleme. Mit deren Ansiedlung ergeben sich immer neu entwickelnde interspezifische Konkurrenzsituationen.

6.1.4.7 Boreal

Zu Beginn des Boreals (741-635 cm) breitet sich *Corylus* weiter aus, wodurch die *Pinus*-Kurve weiter absinkt. *Ulmus* erlangt eine vergleichsweise nur geringe Bedeutungszunahme. Die Radiokarbondatierung bei 735 cm mit einem ^{14}C -Alter von 10257-10561 cal. BP fällt mit dem von GLIEMEROTH (1995) angegebenen Schwellenwert für die Einwanderung von *Quercus* (= 2 % der Pollensumme) zusammen. Mit dem Aufkommen von Laubmischwald-Beständen sind *Hedera helix* und *Viscum album* dementsprechend vertreten. Sowohl *Hedera helix* als auch *Viscum album* sind schlechte Pollenproduzenten. Nach LANG (1994) lassen bereits Einzelfunde auf deren lokale Anwesenheit schließen. Deren gehäuftes Vorkommen deutet

möglicherweise auf ein wärmeres Klima mit milden Wintern hin (LANG 1994, BURGA & PERRET 1998).

Ab dem mittleren Boreal ist die ehemals zonale Vegetation der weitflächigen Kiefernwälder verschwunden. *Corylus* erreicht seine postglaziale Maximalverbreitung mit zweimal 50,6 %. Die *Pinus*-Werte liegen im weiteren Boreal nahezu konstant unter 10 %. Somit ist der sukzessive Verdrängungsprozess von *Pinus* auf Extremstandorte (z.B. Flussauen und Moorländer) abgeschlossen, wobei sicher noch vereinzelte *Pinus*-Exemplare in den damaligen neu aufkommenden Waldgesellschaften stocken. An deren Stelle treten konkurrenzstärkere Baumarten der mittlerweile zonalen Laubmischwälder. Die ökologischen Ansprüche und die Konkurrenzkraft der einzelnen Baumarten bedingen eine standörtlich differenzierte Ausbildung neuer Waldgesellschaften. Insgesamt sind diese Laubmischwälder von *Ulmus* dominiert. An manchen Standorten dürfte auch *Tilia* zur Vorherrschaft gelangt sein. Vielerorts – u.a. auf den wärmsten und trockensten Standorten – ist aber auch *Quercus* bestandsbildend. In diesem Kontext ist jedoch die sich herausbildende Vegetationsgrenze zwischen *Quercus*-reichen Wäldern im Norden und *Ulmus*-beherrschten Wäldern im Süden zu betrachten, deren Verlauf ungefähr entlang der Linie Kempten – Marktoberdorf – Bad Tölz zu ziehen ist (KÜSTER 1995) und somit die Nordausläufer des Kempter Waldes tangiert. In den Tobeln des Kempter Waldes entstehen als Pendant zu rezenten Schluchtwäldern wohl vorwiegend aus *Tilia*, *Acer* und *Fraxinus* zusammengesetzte Bestände. Letzteres Gehölz bevorzugt feuchte Standorte wie z.B. entlang von Bachläufen. Die Frage nach der Rolle von *Corylus* in den wärmezeitlichen Waldgesellschaften ist schwierig zu beantworten. Dieser Strauch ist infolge seiner hohen Pollenproduktion überrepräsentiert, wodurch von standortsbedingt reinen *Corylus*-Beständen nicht auszugehen ist. Allenfalls an edaphisch bedingt trockenen Standorten ist dies denkbar. Vielmehr dürfte *Corylus* zum einen relativ freigestellt im Unterholz der noch locker stehenden zonalen Laubmischwälder vorgekommen sein und in Zerfallsphasen der vorherrschenden Wälder entstandene Lücken ziemlich schnell besetzt haben. Zum anderen ist ein azonales Vorkommen in den Flussauen und an Seeufern anzunehmen (RÖSCH 1983, 1990). Waldbrände sollen das relativ feuerresistente Gehölz *Corylus* gefördert haben (SMITH 1970), was jedoch den Ergebnissen vom Schleinsee widerspricht. Dort ist ein kontinuierlicher Anstieg der *Corylus*-Anteile erst mit der Unterbrechung der Holzkohle-Kurve zu verzeichnen (CLARK, MERKT & MÜLLER 1989). Im Steißlinger See finden sich keinerlei Indizien für borealzeitliche Waldbrände (LECHTERBECK 2001, EUSTERHUES et al. 2002). Im vorliegenden Pollendia-gramm ergibt sich hinsichtlich dieses Sachverhaltes kein eindeutiges Bild, wenn man Zunahmen und Einbrüche in der *Corylus*-Kurve mit den durchweg aus kleinen Partikeln bestehen-

den Holzkohlewerten in Beziehung setzt, wobei der Holzkohleinflux auf vergleichsweise hohem Niveau liegt. Bei näherer Betrachtung der Schwankungen in der *Corylus*-Kurve fällt jedoch auf, dass sich Depressionen und Gipfel in der Regel gegenläufig zu den *Fraxinus*-Anteilen verhalten. Somit ist von einem einsetzenden Verdrängungsprozess von *Corylus* durch *Fraxinus* auf Feuchtstandorten auszugehen. Auf dieses Phänomen hat bereits RÖSCH (1983) hingewiesen, welches sich zeitlich verzögert zudem im Ammerseegebiet zeigt (KLEINMANN 1995). Im mittleren Boreal breitet sich *Picea* im Gebiet etwas aus, deren kontinuierliche Pollenkurve auf sehr niedrigem Niveau schon im frühen Boreal einsetzt. Die Etablierung von *Picea* wird durch die zahlreichen Moorflächen im Kempter Wald sicher mit der einsetzenden Herausbildung von Fichtenmoorrandwäldern begünstigt. Durch deren Einwanderung kommt es zu einer verschärften Konkurrenzsituation für *Corylus*, wodurch *Corylus* im bayerischen Alpenvorland nie die Bedeutung wie z.B. im Schwarzwald oder Bodenseeraum ohne frühe *Picea*-Konkurrenz erlangt (KÜSTER 1990, 1993, 1995, 2000).

Die im späten Boreal zeitweiligen Nachweise der beiden Schatthölzer *Abies* und *Fagus* von 665 bis 650 cm sind wohl auf einen Bohrschleier infolge eines gestörten Bohrkernbeginns zurückzuführen. Im ausgehenden Boreal erreicht *Quercus* den Prozentwerten zufolge seine postglaziale Maximalverbreitung. Die höchsten Influxsummen fallen jedoch in das frühe und mittlere Boreal.

Im Boreal sind auch immer wieder Sporen von *Polypodium* vorhanden, dessen Ersthachweise bis ins Präboreal reichen. Die Farne dieser Gattung wachsen einerseits als Epiphyten auf den Stämmen verschiedener Laubgehölze (z.B. *Fraxinus*, *Quercus* und *Ulmus*) und andererseits auf moosreichen Gesteinsflächen (BURGA & PERRET 1998). So bieten u.a. die zahlreichen Findlingsblöcke im Kempter Wald geeignete Habitate. Die aufgrund des oft fehlenden Perispor nicht weiter differenzierbaren *Polypodiaceae* sind in den entstandenen Laubmischwäldern ebenfalls weit verbreitet und indizieren ein luftfeuchtes Bestandsklima. Darunter sind auch einige Arten vertreten, die ebenfalls auf Felsflächen gedeihen. Des Weiteren ist für die Tobel ein außerordentliches Farnreichtum anzunehmen. Rohbodenstandorte waren während des Boreals noch vielerorts vorhanden, wie die Nachweise von *Artemisia* und des zu den Apiaceen gehörigen *Bupleurum*-Typs nahelegen. Es sei noch angemerkt, dass im Boreal die höchsten Gesamtinfluxwerte zu verzeichnen sind. Der Grund dafür liegt in der starken Überrepräsentation von *Corylus* mit Influxanteilen von einem Drittel bis etwa der Hälfte der insgesamt eingetragenen Palynomorphen.

6.1.4.8 Atlantikum

Im Atlantikum (635-419 cm) kommt es zu mehreren Waldumbauphasen. In der Frühphase dieses vegetationsgeschichtlichen Abschnittes kann sich *Tilia* etwas ausbreiten. Bei Anteilen von teilweise über 10 % am Gesamtpollenspektrum ist örtlich von *Tilia*-beherrschten Wäldern auszugehen. Der Apiaceen-Gipfel dürfte moorbürtig sein. Die identifizierten Pollenkörner gehören einer Sammelgruppe an, welche in minerotrophen Mooren vorkommende Arten wie *Angelica sylvestris* und *Peucedanum palustre* enthält. Die zonale Vegetation der Laubmischwälder dürfte mittlerweile je nach Standort in mehrere Waldgesellschaften differenziert sein.

Die *Abies*- und *Fagus*-Funde mit Werten von bis zu 1 % zwischen 609 und 601 cm könnten durch einen gestörten Kernbeginn verursacht sein. Allerdings wird für *Fagus* trotz geringer und gleichzeitig diskontinuierlicher Pollennachweise ein Vorkommen einzelner Individuen an Gunststandorten bereits vor 8200 cal. BP angenommen, da die Pollenkurven der Baumart direkt nach dieser Zeitmarke synchron im nördlichen Alpenvorland vom Schweizer Plateau über das Bodenseegebiet hinweg bis südlich München ansteigen (TINNER & LOTTER 2006), wenn auch verschieden stark. Auch für *Abies* wird die Anwesenheit auf dem Schweizer Plateau, in den nördlichen Schweizer Alpen und Teilen des Bodenseegebiets bereits ab dem beginnenden Atlantikum für möglich gehalten (TINNER & LOTTER 2006), wobei infolge vorhandener ¹⁴C-Datierungen eine Süd-Nordwanderungsrichtung in der Schweiz festgestellt wurde und somit ein späteres Erscheinen von *Abies* in nördlichen Kantonen (BURGA & PERRET 1998, VAN DER KNAAP et al. 2005). Für das Allgäu mit östlichem Bodenseegebiet wird von LANGER (1963) eine *Abies*-Immigration über die Allgäuer Alpen als Einwanderungsweg postuliert. Dessen Feststellung wird durch die Analysen von DIEFFENBACH-FRIES (1981) aus dem oberen Illertal und dem angrenzenden Kleinwalsertal hintermauert. Dort erfolgte die Einwanderung von *Abies* etwa an der Wende vom Boreal zum Atlantikum.

Eine größere Waldumbauphase wird durch das sogenannte „8200 cal. BP-Ereignis“ eingeleitet. Für dieses Kälte-Ereignis wird von verschiedenen Autoren als Ursache ein Schmelzwasserpuls aus dem laurentidischen Eisschild angeführt, welcher zu einer Dämpfung der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik führte (vgl. WANNER et al. 2011). Zeitgleich sollen sich auch große Schmelzwasserflüsse aus dem Grönländischen Inlandeis ins Meer ergossen haben (EBBESEN et al. 2008). Zusätzlich zeichnet sich bei der totalen solaren Irradianz um 8400 cal. BP ein schwaches Minimum ab (STEINHILBER, BEER & FRÖHLICH 2009). Gemäß den im Ammersee durchgeführten Isotopen-Untersuchungen an Ostrakoden von VON GRAFENSTEIN et al. (1998) dürfte es im bayerischen Alpenvorland während weniger Dekaden

zu einer relativ raschen Abkühlung der Jahresdurchschnittstemperaturen um etwa 1,7 °C gekommen sein. Die Auswirkungen dieser Klimadepression sollen bereits um 8600 cal. BP eingesetzt und bis zu 600 Jahre andauert haben (ROHLING & PÄLIKE 2005), sind jedoch in den bisherigen vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen (z.B. TINNER & LOTTER 2001, VESKI, SEPPÄ & OJALA 2004, SEPPÄ et al. 2007, RASMUSSEN et al. 2008, GHILARDI & O'CONNELL 2013) regional unterschiedlich reflektiert. Teils sind sogar Veränderungen im Sedimentationsverhalten festgestellt worden (z.B. MAGNY et al. 2013). In den von GIESECKE et al. (2011) ausgewerteten Pollenanalysen sind Grenzen von Pollenzonen im Zeitraum des 8200er-Ereignisses gehäuft. Die deutlichsten Signale sind erwartungsgemäß an Lokalitäten im Bereich der Waldgrenze detektiert worden (z.B. WICK & TINNER 1997, KOFLER et al. 2005). Im haselreichen südlichen Iller-Wertach-Gebiet und nordöstlichen Bodenseeraum zeigen sich aber einige Übereinstimmungen, wobei die stärkere Bedeutung von *Picea* im Iller-Wertach-Gebiet differenzierend wirkt. Am von CLARK, MERKT & MÜLLER (1989) bearbeiteten Schleinsee (in TINNER & LOTTER 2001, 2006) zeichnet sich ein markanter Einbruch in der *Corylus*-Kurve von etwa 40 % auf 16 % innerhalb eines Zeitraums von allenfalls 150 Jahren ab. Die Tiefstwerte der *Corylus*-Kurve mit 11 bis 15 % im Mehlblockmoos mit zugleich ausgesprochen geringen Influx-Werten dürften gemäß der Alters- und Pollendaten vom Schleinsee (in TINNER & LOTTER 2001, 2006) den Zeitraum um 8200-8150 Warvenjahre BP umfassen und somit den Höhepunkt dieses Ereignisses markieren. In Anlehnung an TINNER & LOTTER (2001) wurde ein Pollendiagramm mit kalibrierten Altern basierend auf zwei ¹⁴C-Datierungen zur besseren Veranschaulichung konstruiert (Abb. 22). Das Eintreten der *Corylus*-Tiefstwerte wurde gleich 8200 cal. BP gesetzt. Natürlich ist die Verschneidung der Kurvenverläufe des Pollendiagramms in Abb. 22 mit den Paläotemperaturproxies aus dem grönländischen Eisbohrkern GISP2 (GROOTES et al. 1993, STUIVER, GROOTES & BRAZIUNAS 1995, GROOTES & STUIVER 1997, GROOTES & STUIVER 1999) und aus dem Ammersee (VON GRAFENSTEIN et al. 1998, VON GRAFENSTEIN et al. 1999, 2003) sowie die Bezugnahme auf die mittels Warvenzählung jahrgenau datierte Pollenstratigraphie des Schleinsees (CLARK, MERKT & MÜLLER 1989) nicht abgesichert bzw. mit methodischen Schwächen behaftet. Einerseits liegen den Altersdaten der Paläotemperaturproxies ältere Kalibrierungssätze zugrunde. Andererseits fußt das vorliegende Spezialdiagramm auf ohnehin nur zwei Radiokarbonaten und der Annahme des 8200er-Datums bei 573 cm – also insgesamt drei in das Zeit-Tiefen-Modell eingegangenen Altersdaten. Von daher sind Korrelierungsfehler nicht auszuschließen.

Mehlbloßmoos (850 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

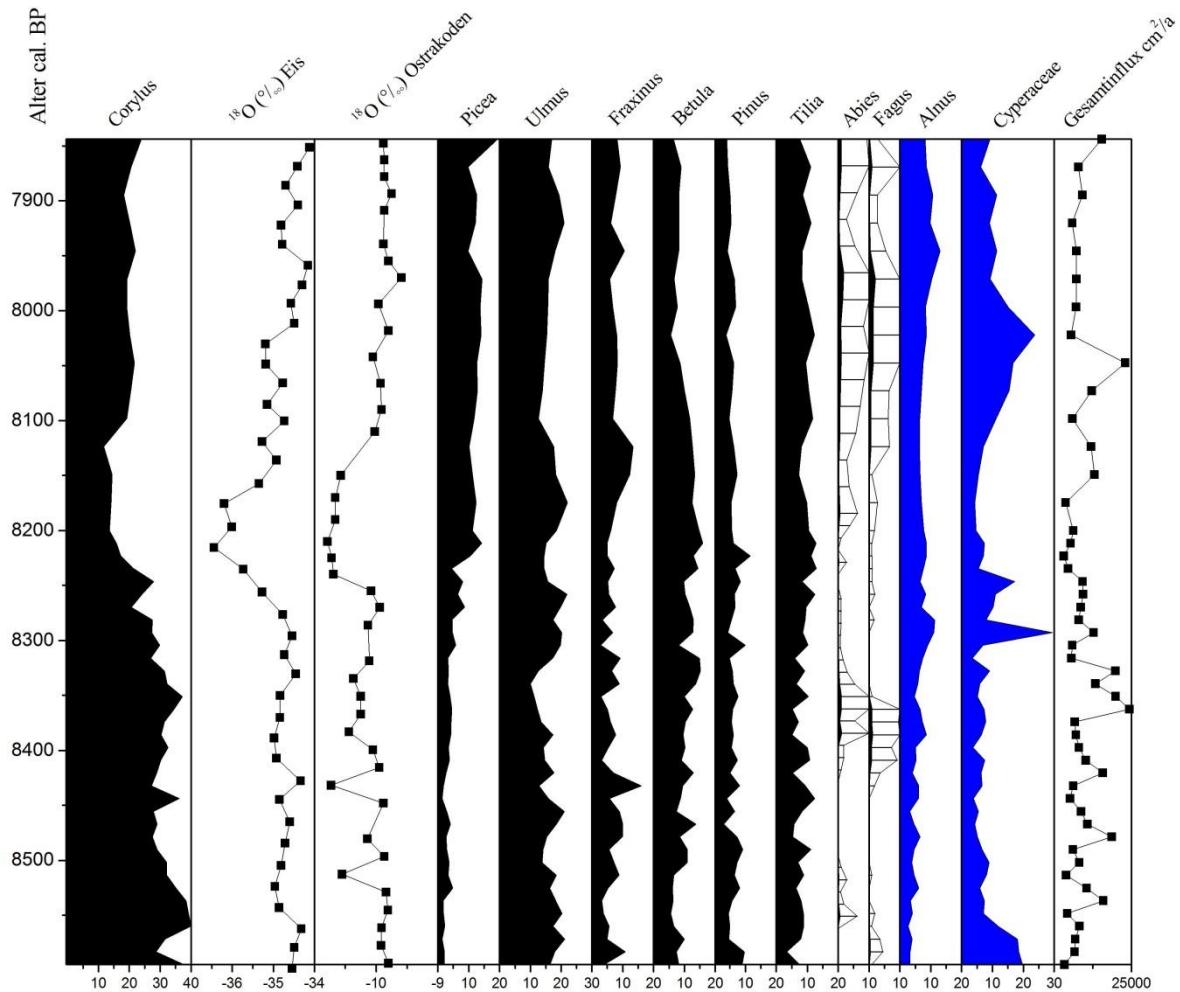


Abb. 22: Spezialdiagramm zum 8200 cal. BP-Ereignis mit Paläotemperaturproxies aus dem grönländischen Eisbohrkern GISP2 (GROOTES et al. 1993, STUIVER, GROOTES & BRAZIUNAS 1995, GROOTES & STUIVER 1997, GROOTES & STUIVER 1999; abgerufen bei PANGAEA 2013a) und aus dem Ammersee (VON GRAFENSTEIN et al. 1998, VON GRAFENSTEIN et al. 1999, 2003; abgerufen bei NOAA/NCDC 2013).

Das Einsetzen der kontinuierlich abfallenden *Corylus*-Kurve bei 599 cm bzw. um 8350 cal. BP führt wie am Schleinsee anfangs vor allem zu einer Erhöhung der *Ulmus*-Anteile. Während des Zenits dieser Klimaschwankung reagieren am Schleinsee *Betula*, *Pinus* und *Tilia* mit einer Zunahme der Prozentwerte um etwa 3 bzw. 4 und 8 %. Darüber hinaus sind *Fraxinus*, *Quercus*, *Ulmus* und *Alnus* geringfügig stärker im Pollenspektrum vertreten. Im Mehlobloßmoos sind infolge der Reduktion der *Corylus*-Werte insbesondere die Prozentanteile von *Betula*, *Ulmus* und *Fraxinus* in der genannten Reihenfolge erhöht. Mit der Zurückdrängung von *Corylus* sind auch *Pinus* und *Tilia* kurzfristig bedeutsamer und die Massen-

ausbreitung von *Picea* wird dadurch ausgelöst. Die Entfaltung von *Picea* zeichnet sich auch bei den von BLUDAU (1985) bearbeiteten Hochlagenmooren des westlichen Ammergebirges Sattlermoos II und Wasserfilz II sowie in dessen Vorland (GERMAN & FILZER 1964) ab.

Gemäß TINNER & LOTTER (2001) führt die Klimaänderung um 8200 cal. BP zur Auskonnkurrenzierung von *Corylus* durch großwüchsiger und langlebiger Gehölze, da sich in den Daten der grönländischen Eisbohrkerne GRIP und GISP2 (DANSGAARD et al. 1993, GROOTES et al. 1993) aus der Temperaturdepression von ca. 2,8 °C vermutlich ein Wegfallen bis dahin häufig auftretender Dürreperioden ableiten lässt. Somit verliert *Corylus* den Konkurrenzvorteil der Trockenheitsresistenz. Der Pollenbefund der markanten Depression von *Corylus* ist auch andernorts in Mitteleuropa vorhanden, eine entsprechend hochauflösende Auswertung des untersuchten Archivs und Haselreichtum im jeweiligen Gebiet vorausgesetzt (z.B. KUBITZ 2000). Von der Kälteschwankung an sind *Abies* und *Fagus*, die als besonders spätfrostempfindlich gelten und zusammen mit *Picea* zu den trockenheitsempfindlichsten Gehölzen in Mitteleuropa gehören (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010), kontinuierlich nachweisbar. Deren Entfaltung nach dem 8200er-Ereignis wird durch eine nachhaltige Veränderung des Klimamodus gefördert. Kontinentale Verhältnisse mit kalten Wintern und trocken-heißen Sommern werden von ozeanischeren Bedingungen mit milderer Wintern ohne häufige Spätfröste und feuchteren Sommern abgelöst (TINNER & LOTTER 2001, 2006). Dadurch ist auch der durch die Klimaoszillation ausgelöste Populationsaufbau von *Picea abies* erklärbar, denn diese Baumart benötigt während der Vegetationsperiode mindestens 300 mm Niederschlag (LYR, FIEDLER & TRANQUILLINI 1992, zitiert nach ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Die nachfolgende Ausbreitung von *Abies* und *Fagus* ist jedoch besonders erschwert, da sich *Picea* bereits etabliert hat.

Mit dem Nachlassen der Auswirkungen des 8200er-Ereignisses kommt es wieder zum stärkeren Aufkommen von *Corylus* im Unterwuchs der Wälder. *Corylus* erlangt aber nicht mehr die Verbreitung wie im Älteren Atlantikum. Dies liegt einerseits an den dichter gewordenen, nahezu reinen Laubmischwäldern wie auch an den von *Picea* dominierten Wäldern. Andererseits schreitet der Verdrängungsprozess von *Corylus* auf feuchten Standorten weiter voran. Neben *Fraxinus* ist im Atlantikum daran auch *Alnus* beteiligt (RÖSCH 1983), was von KLEINMANN (1995) für das Ammersee-Gebiet bestätigt werden konnte. Die Rolle von *Alnus* an dieser Zurückdrängung kann im Pollendiagramm Mehlblockmoos nur erahnt werden, da diese Baumgattung aus der Bezugssumme ausgeschlossen wurde. Der drastische Abfall der *Corylus*-Kurve geht mit einer starken Ausbreitung von *Picea* sowie einer beginnenden Entfaltung der beiden Schatthölzer *Abies* und *Fagus* einher, wodurch eine weitere Wald-

umbauphase eingeleitet wird, die zu einer langsamen Auskonkurrenzierung einiger Laubgehölze führt und interspezifische Konkurrenzbeziehungen verschärft. Folglich kommt es zu einer weiteren Differenzierung der den unterschiedlichen Standorten angepassten Waldgesellschaften. Mit der vorangegangenen Entfaltung von *Picea* sind *Ulmus* und *Tilia* schon insgesamt seltener geworden. Etwas verzögert zum frühen Bestandsaufbau von *Abies* und *Fagus* ist als erstes *Tilia* dem wachsenden Konkurrenzdruck nicht mehr gewachsen. Direkt damit verbunden ist ein Bedeutungsverlust von *Viscum album*, aber auch *Hedera helix* wird nachfolgend seltener.

Der *Picea*-Gipfel mit 52 % Anteil der Bezugssumme scheint außergewöhnlich hoch. Jedoch sind im Langedger Filz in 3 Proben vergleichbare *Picea*-Werte mit knapp 50 % gezählt worden (KÜSTER 1988). Die hohen *Picea*-Nachweise in einigen Diagrammen aus dem Kempter Wald von PAUL & RUOFF (1932) sind aufgrund der methodischen Schwächen – insbesondere große Probenabstände, geringe Zählsummen und ausschließliche Erfassung von Gehölzpollen – kaum für Vergleiche geeignet. Deren Auffassung nach sind die *Picea*-Peaks mit bis zu 70 % auf die Höhenlage großer Teile des Kempter Waldes zurückzuführen, welcher von etwa 800 m bis 950 m ü. NN reicht. Eine lokale Überrepräsentation durch im Optimalstadium befindliche Fichtenmoorrandwälder ist jedoch nicht völlig auszuschließen. Der nachfolgend rapide Abfall der *Picea*-Kurve auf 12 % könnte mit einer Kalamität in Form von Borkenkäferbefall oder Windwurf zusammenhängen.

Ab etwa 471 cm ist ein langjähriger Ulmenrückgang zu verzeichnen. Für die Ursachen dieses Rückgangs, der sich auch in Norddeutschland und Nordwesteuropa ereignet hat, dort allerdings besonders markant und aufgrund des meist rascheren Zerfalls der *Ulmus*-Bestände als Ulmenfall bezeichnet, existieren mehrere Hypothesen. Neben Klimaveränderungen, Bodenentwicklung, Konkurrenzerscheinungen und anthropogenen Einflüssen wird für die Britischen Inseln auch ein Krankheitsbefall aufgeführt, wobei die ersten vier Möglichkeiten ein langsames Sinken der *Ulmus*-Werte bedingen und letztere zu einem raschen Abfall innerhalb weniger Jahrzehnte führt (PEGLAR & BIRKS 1993). Aufgrund einer Zusammenschau zum Ulmenfall in Großbritannien (PARKER et al. 2002) wird eine von Lokalität zu Lokalität und von Region zu Region variierende Kombination der Faktoren Klimaveränderung, anthropogener Einfluss und pathogen bedingter Rückgang als wahrscheinlich angesehen, wodurch sich aber keine großräumig allgemeingültige Erklärung ergibt. INNES, BLACKFORD & CHAMBERS (2006) stellten fest, dass während des Ulmenniedergangs Pilzsporen von *Ustilina deusta* zahlreich auftreten, welche die durch Beweidung verwundeten *Ulmus*-Exemplare befallen haben. Im norddeutschen Tiefland hat sich der Ulmenfall gemäß ¹⁴C-Datierungen

größtenteils synchron ereignet und wird folglich auf die durch den Ulmensplintkäfer übertragene Krankheit zurückgeführt, deren Infektionsgefahr durch Schneitelung und Viehverbiss erhöht wird (BEHRE 2001). Für die Umgebung des Meerfelder Maares in der Eifel zieht KUBITZ (2000) einen Faktorenkomplex aus Sukzessionsabläufen, Klimaentwicklung und dem Wirken des Menschen heran. In der Gegend des Ulmener Maares (GRONENBORN & SIROCKO 2010) wird neolithische Schneitelwirtschaft als ursächlich angesehen. Wie von KÜSTER (1988) dargelegt, ist der Rückgang der Ulmenpopulationen in Mitteleuropa keineswegs synchron verlaufen, sondern hat von Süd- nach Norddeutschland phasenverschoben eingesetzt und ist selbst im Alpenvorland keineswegs gleichzeitig erfolgt. Von daher sind in Verbindung mit der Vegetationsdifferenzierung die Abläufe in Süddeutschland nur sehr eingeschränkt mit denen in Norddeutschland und den Britischen Inseln vergleichbar. Für das Alpenvorland sieht KÜSTER (1988, 1995, 2000) den Faktor der Konkurrenz am gewichtigsten und geht von einer Verdrängung von *Ulmus* durch *Abies* auf feuchtere Standorte und Waldränder aus. Mit der fortschreitenden Entfaltung der *Abies*-Bestände büßt auch im vorliegenden Pollendiagramm *Ulmus* immer weiter an Bedeutung ein. Der *Ulmus*-Influx hingegen verringert sich erst später entscheidend mit der gegenüber *Abies* verzögerten Massenausbreitung von *Fagus* (Abb. 23). Folglich spielt zudem *Fagus* eine gewisse Rolle bei diesem Verdrängungsprozess. Menschliche Einflussnahme kann kategorisch ausgeschlossen werden, da sogenannte sekundäre Kulturzeiger nur sporadisch nachgewiesen sind und noch nicht als solche gelten können. Darüber hinaus zeigt die Verbreitung des Holz zersetzenden Pilzes *Ustulina deusta* keinen eindeutigen Zusammenhang mit dem Ulmenrückgang (Abb. 23). Klimaschwankungen als Teilursache können nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Für den Zeitraum von 6500 bis 5900 cal. BP ist eine Kaltphase nachgewiesen (WANNER et al. 2011), die sich gemäß den Auswertungen in HOCLAT (WANNER & RITZ 2011) auch im Ammersee (VON GRAFENSTEIN et al. 1999) niederschlägt. OEGGL (2013) geht für die österreichischen Kalkalpen aufgrund des Vergleichs verschiedener Klimaproxies mit den Prozent- und Influxwerten von *Ulmus* von einem primär klimatisch induzierten Ulmenrückgang aus und sieht hierfür infolge der Pollenakkumulationsraten einen Zeitraum von etwa 6500 bis 5500 cal. BP als wahrscheinlich an. Für die Schweiz wird vordergründig ein kompetitiver *Ulmus*-Ausschluss durch *Abies* und *Fagus* als entscheidender Faktor angesehen (BURGA & PERRET 1998). MAGNY et al. (2013) führen an, dass sich infolge fortschreitend verringerter Sommerinsolation im französischen Juragebirge ab 6300 cal. BP der Umbau von thermophilen und lichtliebenden Eichenmischwaldgesellschaften zu Schattholzgesellschaften mit *Abies* und *Fagus* vollzieht. Somit stellt die rückläufige Sommerinsolation einen wichtigen Faktor bei der Zurückdrängung von *Ulmus* dar

(Abb. 24). In Abb. 24 ist u.a. auch die mit den Höchstwerten der Sommerinsolation zusammenfallende Maximalverbreitung von *Corylus* erkennbar.

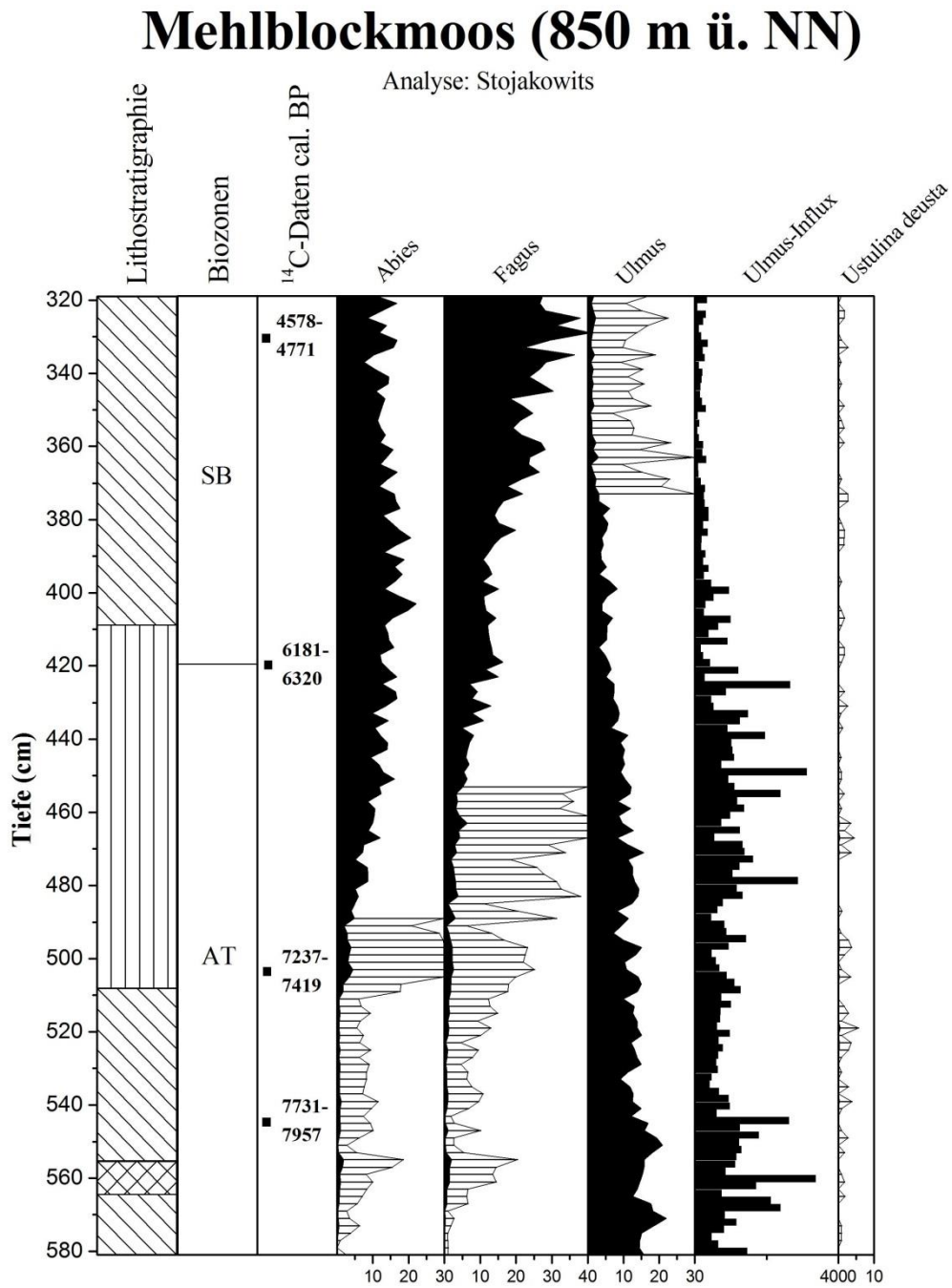


Abb. 23: Spezialdiagramm zum *Ulmus*-Rückgang.

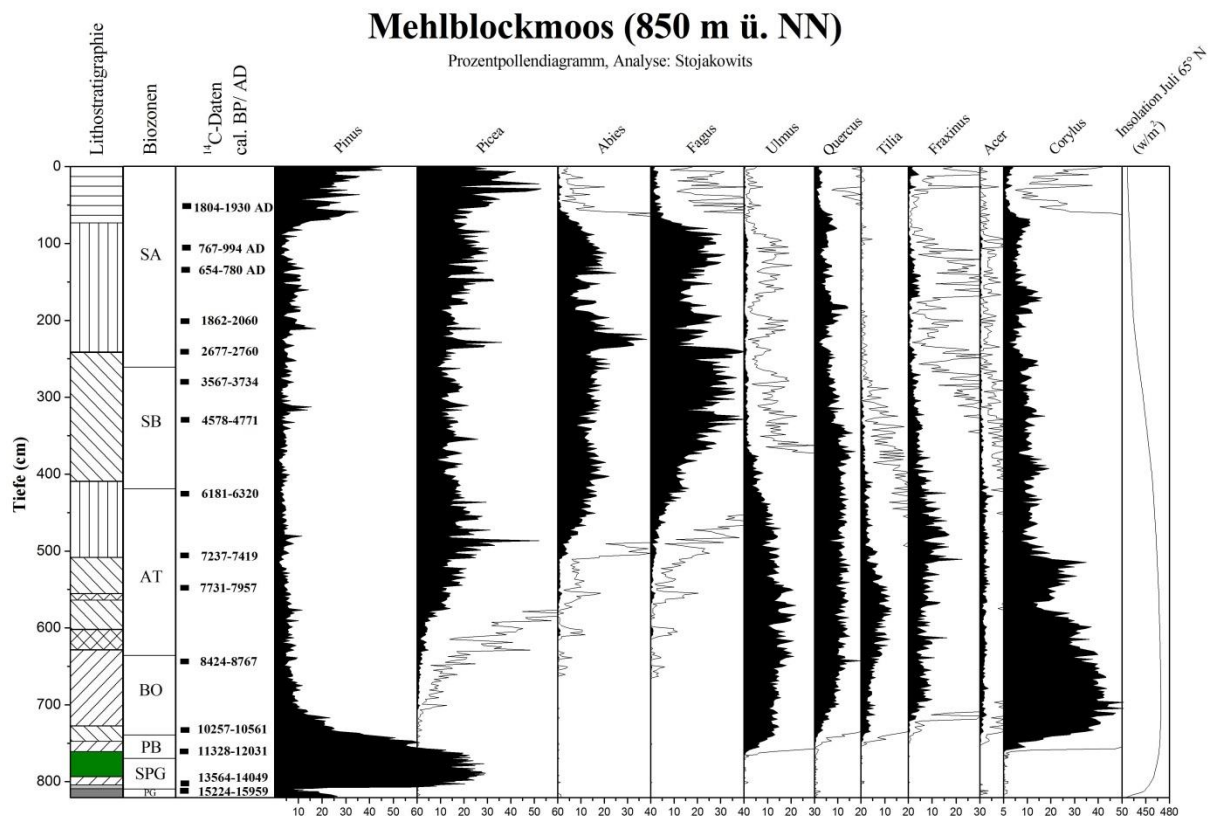


Abb. 24: Waldentwicklung in Abhängigkeit von der Sommerinsolation (Werte zur Sommerinsolation nach BERGER & LOUTRE 1991, 1999; abgerufen bei PANGAEA 2013b).

6.1.4.9 Subboreal

Im Subborealen (419-261 cm) entwickelt sich der aus *Abies*, *Fagus* und *Picea* zusammengesetzte sogenannte gemischte Bergwald, dessen Herausbildung bereits in das Jüngere Atlantikum datiert. Den Typus des gemischten Bergwaldes sehen PAUL & RUOFF (1932) in den Kempter Wald-Pollendiagrammen mustergültig verwirklicht. *Fagus* wird in einigen dieser zonalen Waldgesellschaften zur dominanten Baumart. Jedoch ist die standörtliche Amplitude des gemischten Bergwaldes außerordentlich groß (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). So dürfte auf blockreichen Moränenstandorten *Picea* zur Vorherrschaft gelangt sein, *Abies* hingegen auf Moränenmaterial mit bindigen Unterbodenhorizonten. Außerdem büßt *Fagus* mit zunehmender Höhenlage an Konkurrenzskraft ein. Untergeordnet dürften analog zu heutigen Verhältnissen andere Laubgehölze (z.B. *Acer*) als Begleiter am Aufbau dieser Waldgesellschaften beteiligt gewesen sein. Auffallend sind sich immer wieder ändernde Dominanzverhältnisse zwischen *Abies*, *Fagus* und *Picea*. Nach KÜSTER (1995) lässt dies auf ein langsames Zusammenwachsen der gemischten Bergwälder schließen. Urwaldzyklen mit einem mosaikartigen Nebeneinander verschiedener Waldentwicklungsphasen nehmen hierbei sicher auch eine nicht zu unterschätzende Stellung ein. Dadurch lassen sich die zeitweise

erhöhten Werte der Pioniergehölze *Betula* und *Corylus* sowie anderer Laubgehölze wie *Acer* oder *Tilia* erklären, die in der späten Zerfallsphase in frei gewordenen Lücken aufkommen und im weiteren Verlauf wieder von emporwachsenden Schatthölzern abgelöst werden. Anthropogene Einflüsse als Teilursache der sich verschiebenden Dominanzverhältnisse sind nicht völlig auszuschließen, da in die erste Hälfte des Subboreals der Beginn der diskontinuierlichen Kurve von *Plantago lanceolata* fällt. Oft koinzidiert die Ausbreitung von *Fagus* in Mitteleuropa mit menschlichen Eingriffen, woraus sich gebietsweise eine anthropogene Förderung dieser Expansion ableiten lässt. Zugleich gibt es aber auch Regionen, in denen sich die konkurrenzüberlegene Baumart ohne Zutun des Menschen stark entfalten konnte (KÜSTER 1996, 1997). Dem Aktualismusprinzip folgend musste sich *Fagus* ohnehin auf mittleren Standorten durchsetzen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). *Quercus* kann sich relativ lange gegen den steigenden Konkurrenzdruck von *Fagus* behaupten, wird aber schließlich aus dem ökologischen Optimum verdrängt. Fortan ist die Verbreitung von *Quercus* vorwiegend auf trockeneren und untergeordnet auch auf staunassen Standorten zu vermuten, was VOIGT (1996) auch für das Chiemseegebiet annimmt. Mit der Zurückdrängung von *Quercus* kommt es zur Ausbildung eines ersten *Fagus*-Gipfels. Dieser konnte auf 4578-4771 cal. BP datiert werden. Zugleich sind die höchsten *Fagus*-Influxwerte zu verzeichnen. Die nachfolgend teils deutlich höheren Pollenkonzentrationen bis ins frühe Subatlantikum hinein sind auf geringere Torfwachstumsraten zurückzuführen.

Im späten Subboreal gelangt *Carpinus* wieder in das Gebiet. Dessen Einwanderung ist allerdings schwer zu fassen, da diese Baumart in Süddeutschland nur in der zweiten Baumschicht vorkommt (KÜSTER 1988) und somit im Pollenspektrum unterrepräsentiert ist (KRAL 1979).

Im ausgehenden Subboreal ist eine erste Rodungsphase mit dazwischengeschalteten kurzweiligen Etappen der Waldregeneration erfasst, die gemäß ^{14}C -Datierung eine bronzezeitliche Altersstellung besitzt. Mit der einsetzenden Öffnung der Landschaft fällt der Beginn der kontinuierlichen *Plantago lanceolata*-Nachweise zusammen. Die Kurvenverläufe der Gehölze lassen bei den Rodungsaktivitäten keine eindeutige Präferenz hinsichtlich bevorzugt geschlagener Baumarten erkennen. Die deutlichsten Einbußen zeigen *Fagus* und *Picea*. Daneben sind abschnittsweise *Ulmus*, *Fraxinus*, *Tilia* und *Acer* vom Holzeinschlag betroffen. Die Zunahme von *Alnus* könnte relativ infolge der Erhöhung der Offenlandanteile sein. Allerdings könnte *Alnus* auch von den Rodungsaktivitäten indirekt durch Auenlehmbildung in den Flussauen profitiert haben (z.B. KÜSTER 1988, 1995, KORTFUNKE 1992). Die gefundenen Getreidepollenkörner gehören dem *Hordeum*- und dem *Triticum*-Typ an. Zusammen mit den Getreidenachweisen treten verschiedene sekundäre Kulturzeiger verstärkt auf. In erster Linie sind

Poaceae und *Plantago lanceolata* zu nennen, aber auch *Plantago major/media*-Typ, *Urticaceae*, *Rumex*-Typ und *Chenopodiaceae*. Die zwei kleineren Gipfel des als Ruderal- und Weidezeiger geltenden *Plantago lanceolata* koinzidieren ungefähr mit den angebauten Getreidearten. *Artemisia* findet auf den vom Menschen geschaffenen Ruderalstandorten gute Wuchsbedingungen vor. Gemäß dem Ensemble der auftretenden sekundären anthropogenen Indikatoren ist auch von der Anlage von Weideflächen auszugehen. Waldweide könnte in geringem Umfang betrieben worden sein. Allerdings treten typische Waldweidezeiger wie *Juniperus* und *Melampyrum* nur vereinzelt auf, weswegen diese im Pollendiagramm nicht berücksichtigt sind. *Pteridium* tritt zwar in diesem Abschnitt kontinuierlich auf, zeigt jedoch keine signifikante Erhöhung gegenüber dem frühen und mittleren Subboreal. Bei stärkerer Waldweideintensität würde *Abies* aufgrund der hohen Verbissempfindlichkeit beeinflusst werden. Bronzezeitliche Funde sind aus der Gegend von Unterthingau am Nordende des Kempter Waldes (KÖHLER & SCHRÖPPEL 1984) und aus dem Illertal bei Kempten (SPRENZEL 1998) bekannt. Möglicherweise ist aber auch ein Siedlungsplatz östlich und nordöstlich des Mehlblockmooses lokalisiert gewesen. In Frage kommen die Fluren der heutigen Ortschaften Beilstein und Görisried. Analog zu den Befunden aus Tirol ist an eine sich entwickelnde Almwirtschaft in höheren Lagen zu denken (OEGGL 2013), die von den in den Talböden und tieferen Lagen lokalisierten Siedlungsflächen aus erfolgte. Auch im Ammergebirge deutet sich gemäß BLUDAU (1985) bronzezeitliche Weidewirtschaft an. Gleiches gilt für die Allgäuer Alpen (DIEFFENBACH-FRIES 1981). Das Ende der Siedlungsaktivität könnte durch eine an der Wende Subboreal-Subatlantikum bekannte Klimaschwankung (Göschenen I) ausgelöst worden sein. Diese Klimadepression liegt in einer Periode verringerter Solaraktivität (WANNER et al. 2011). Verbreitet kam es zu auftretenden Hochwasserereignissen und Seespiegelerhöhungen, wie z.B. am Ammersee. Vielerorts wurden infolgedessen spätbronzezeitliche Siedlungen in Mitteleuropa aufgelassen (HAAS et al. 1998, PARE et al. 2010). Das gilt insbesondere für Seeufersiedlungen, wie es z.B. RÖSCH (1990) für das westliche Bodenseegebiet beschreibt. Im oberen Illertal bei Sonthofen stellte SCHMEIDL (1962) ebenfalls ein spätbronzezeitliches Erliegen der zuvor regen Besiedlung mit Ackerbau fest.

6.1.4.10 Subatlantikum

Im Subatlantikum (261-0 cm) vollzieht sich schrittweise die Umgestaltung der bis dato in großen Teilen unberührten Naturlandschaft des Kempter Waldes.

Mit Nachlassen der bronzezeitlichen menschlichen Eingriffe werden die Kulturzeiger seltener. Es setzt eine Sekundärsukzession ein, was zum Rückgang der Offenlandanteile führt.

Auf den nicht mehr genutzten Flächen siedeln sich zuerst *Betula* und *Corylus* an, in deren Halbschatten *Fagus* aufkommt, was schließlich in einem zweiten *Fagus*-Maximum gipfelt, dessen Altersstellung bei 2677-2760 cal. BP liegt. Die Poaceen-Anteile sinken aber nicht mehr auf das Niveau vor der bronzezeitlichen Landnutzung ab, woraus sich unter Vorbehalt eine gewisse Etablierung von Dauergrünland ableiten lässt. Die starke Dezimierung der *Fagus*-Bestände mit synchronem Bedeutungsverlust von *Fraxinus*, *Quercus* und *Ulmus* im frühen Subatlantikum dürfte allenfalls untergeordnet mit der Kaltphase Göschenen I zusammenhängen. Zwar gelten *Fagus* und *Fraxinus* als ausgesprochen spätfrostempfindlich, doch ist *Abies* ökologisch nahe stehend. Bei ELLENBERG & LEUSCHNER (2010) wird für alle drei Gehölze eine sehr große Spätfrostempfindlichkeit angegeben. Bei der maximalen Frosthärte im Winter ist jedoch *Abies* im Vorteil. Wahrscheinlicher ist die von KÜSTER (1995) angeführte Erklärung unter Berufung auf MAYER (1961). Demnach sind im späten Subboreal und einsetzenden Subatlantikum *Abies*-Exemplare östlicher Provenienz ins westbayerische Alpenvorland von Osten her vorgedrungen. Dieser Ökotyp der östlichen Provenienz ist aufgrund der besseren Anpassung an Schattenbedingungen wesentlich konkurrenzstärker. Bei dem sich vollziehenden Dominanzwechsel im Erscheinungsbild des gemischten Bergwaldes ist neben *Abies* auch *Picea* an der Zurückdrängung von *Fagus* beteiligt, was sich neben den prozentualen Veränderungen auch im Influx der drei Gehölze widerspiegelt. Dies könnte mit einem erhöhten Niederschlagsangebot und einer durch die Klimaschwankung reduzierten Verdunstungsbelastung während der Vegetationsperiode zusammenhängen. Ein ähnlicher durch die Expansion der beiden Nadelgehölze induzierter Bedeutungsverlust von *Fagus* zeichnet sich auch im Nesselwanger Raum (STOJAKOWITS & FRIEDMANN 2013) und im Grüntengebiet ab (LANGER 1962, SCHMEIDL 1962). Ob die im Alpenrandbereich erfolgte *Fagus*-Dezimierung mit aufkommender Erzverhüttung in Zusammenhang steht, muss offen bleiben. In der Gegend des Langegger Filz geht KÜSTER (1988) von einer anthropogen verursachten Zurückdrängung der *Fagus*-Bestände durch Holzeinschlag aus, welche sich dort aber wesentlich geringer niederschlägt und zyklisch mit Umtriebszeiten von 100 bis 150 Jahren erfolgte. So geht im vorliegenden Pollendiagramm mit dem drastischen Populationsrückgang von *Fagus* eine leichte Erhöhung der Nichtbaumpollenanteile und Zunahme von Kulturzeigern wie *Plantago lanceolata* einher. Somit kann menschlicher Einfluss als Teilursache eine gewisse Rolle spielen, aber auch eine die Buche betreffende Kalamität (z.B. Käferbefall) ist nicht auszuschließen.

Die eisenzeitliche Landnutzung ist wohl vorwiegend auf Viehhaltung ausgerichtet gewesen, was die Nachweise verschiedener Weidezeiger wie *Poaceae*, *Plantago lanceolata* und

Rumex-Typ suggerieren. Daneben sind Vertreter von Ruderalgesellschaften wie *Chenopodiaceae* und *Artemisia* verbreitet. Auf Lägerfluren sind insbesondere *Urticaceae* und *Rumex*-Arten anzutreffen. Ackerbau spielt im Gebiet kaum eine Rolle. Lediglich ein *Hordeum*-Typ-Einzelfund fällt in die Latènezeit. Kurz vor Beginn der römischen Herrschaft sind auch die ersten Funde der nach allgemeiner Lehrmeinung von den Römern eingeführten Gehölze *Castanea sativa* und *Juglans regia* (z.B. KRAL 1979, LANG 1994) zu verzeichnen. Am Auerberg datieren die ersten pollenanalytischen Nachweise sogar in die Bronzezeit (KÜSTER 1988). Im Fünfseenland fallen die ersten Pollenfunde ebenfalls in vorrömische Zeit (KLEINMANN 1995, KÜSTER 1995). Daneben sind vorgeschichtliche *Castanea*-Nachweise in Tirol (BORTENSCHLAGER 1976) und dem Ammergebirge (BLUDAU 1985) erbracht worden.

Mit der römischen Okkupation kommt es zu größeren Rodungsaktivitäten. Den Veränderungen in den Pollenkurven zufolge werden vorrangig zuerst *Abies* und dann auch *Fagus* geschlagen. Untergeordnet werden andere Gehölze wie z.B. *Ulmus* und *Fraxinus* gefällt oder auch geschneitelt. Nach KÜSTER (1994, 1998) wurde *Abies* als Bauholz für die römischen Siedlungen und Militärposten geschlagen. *Fagus*-Holz wurde u.a. zur Erzverhüttung verwendet (KÜSTER 1998). In den aufgelichteten Wäldern breiten sich *Betula* und *Corylus* aus. Die erbrachten Nachweise von Getreidepollenkörnern gehören neben *Secale cereale* dem *Avena*- und dem *Hordeum*-Typ an. Gemäß LANG (1994) wurden römerzeitlich hauptsächlich *Triticum aestivum*, *Triticum spelta*, *Triticum monococcum*, *Hordeum vulgare* sowie *Secale cereale* angebaut. Den detaillierten Pflanzenrestuntersuchungen von KÜSTER (1995) zufolge ist dieses Anbauschema für das südliche Bayern etwas zu modifizieren. Neben den genannten Kulturpflanzen war *Panicum miliaceum* bedeutsam und in der klimatisch ungünstigeren Jungmoränenlandschaft wurden schwerpunktmäßig die anspruchsloseren Getreidearten *Avena spec.* und *Triticum dicoccum* angebaut. Daneben wurde *Cannabis sativa* zur Fasergewinnung genutzt. Die geringen Anbaunachweise legen nahe, dass im Iller-Wertach-Gebiet nur in bescheidenem Maße Ackerbau betrieben wurde. Der restliche Bedarf dürfte durch das gut funktionierende Transportsystem gedeckt worden sein, das eine ausreichende Versorgung von Städten wie Cambodunum mit Nahrung, Baustoffen und Brennholz garantierte (KÜSTER 1999). Entscheidende Bedeutung kommt dabei dem gut ausgebauten Straßennetz zu, welches die Römer hinterließen. Die wichtigste Römerstraße im Allgäu war die Via Claudia, welche über den Fernpaß nach Füssen weiter nach Augsburg führte. Von dieser zweigten weitere Römerstraßen ab. Abzweige verliefen von Füssen über das heutige Nesselwang nach Kempten und von Epfach über Unterthingau durch den nordwestlichen Kempter Wald nach Kempten (HERRMANN 1984, KOHLER & SCHRÖPPEL 1984). Wie in der vorrömischen Eisenzeit ist

Weidenutzung die vorherrschende Wirtschaftsweise, hat aber in ihrer Intensität etwas zugenommen. Typische Elemente der Grünlandgesellschaften sind neben Poaceen v.a. *Plantago lanceolata*, *Plantago major/media*-Typ und *Rumex*-Typ. In der zweiten Hälfte der Römerzeit nehmen die Anteile von *Carpinus* und *Quercus* zu. Erstere stockausschlagsfreudige Baumart dürfte durch Niederwaldwirtschaft gefördert worden sein (z.B. KÜSTER 1988, 1997, LANG 1994). *Quercus* profitiert von der Freistellung in den aufgelichteten Wäldern zu Zwecken der Eichelmast, was auch KLEINMANN (1995) für das Ammerseegebiet konstatiert. Diese Freistellung von *Quercus* äußert sich in erhöhten Influx-Werten. Die nachfolgende starke Entfaltung von *Alnus* ist in Zusammenhang mit der durch die großflächigen Rodungen verstärkten Sedimentation von Auenlehmen zu sehen. So sind z.B. aus dem Lechtal römerzeitlich abgelagerte Hochflutlehme bekannt (SCHREIBER 1985).

Mit dem Abzug der römischen Besatzer aus dem Allgäu, der spätestens 430 n. Chr. erfolgt ist (MACKENSEN 1995), können sich die Wälder wieder etwas regenerieren. Auf den brachgefallenen landwirtschaftlichen Nutzflächen bilden *Betula* und *Corylus* Vorwaldstadien und sind auch in den aufgelichteten Waldbeständen verstärkt anzutreffen. Der gemischte Bergwald aus *Abies*, *Fagus* und *Picea* erobert viele der zuvor genutzten Flächen zurück. Des Weiteren können sich *Carpinus* und *Fraxinus* ausbreiten, letzteres Gehölz dabei insbesondere auf nassen Standorten. Die Phase der Waldregeneration wird allerdings durch zwei kurze Landnutzungsperioden unterbrochen, die sich in Ackerbaunachweisen in Form von *Secale* und des *Hordeum*-Typs sowie leicht erhöhten sekundären anthropogenen Indikatoren äußern. Insgesamt lässt sich daraus eine gewisse Kontinuität menschlichen Wirkens während der Völkerwanderungszeit ableiten. Wie schon KÜSTER (1988) anhand der Auerberg-Profile aufzeigen konnte, sind keineswegs überall im Alpenvorland völkerwanderungszeitlich Besiedlungslücken zu verzeichnen.

Im Frühmittelalter kommt es zu einer Rodungswelle, welche gemäß SCHMIEDL (1984) zwischen 850 und 900 n. Chr. mit den treibenden Kräften Kloster Kempten und Hochstift Augsburg anzusetzen ist und mit der Gründung der Ortschaft Görisried (= Rodung des Gerin) zu deren Ende zusammenfällt. Diese Rodungsphase erreicht aber nicht das römerzeitliche Ausmaß und ist infolge der beiden im Liegenden und Hangenden des Abschnittes vorliegenden ¹⁴C-Daten entgegen SCHMIEDL (1984) früher erfolgt, wobei die jüngere Radiokarbondatierung bei der größten Wahrscheinlichkeit des 1 σ -Intervalls eine Zeitspanne von 917 bis 966 cal. AD umfasst. Der Holzeinschlag ist insgesamt nur von geringer Intensität. So nehmen z.B. die Anteile von *Fagus* und *Picea* nur phasenweise ab mit nachfolgender Erholung der Bestände. Zugleich sind die Pioniergehölze *Betula* und *Corylus* nicht stärker

vertreten. So ist von einer schwachen Auflichtung des Kempter Waldes auszugehen. Vom Holzeinschlag sind *Carpinus* und *Quercus* kaum betroffen, die wie in der Römerzeit eine anthropogene Förderung erfahren. Die Förderung von *Carpinus* durch die Niederwaldwirtschaft und die Schonung von *Quercus* für die Schweinemast hält bis in die Neuzeit an.

Im Hochmittelalter kommt es infolge des Landesausbaus zu weiteren Rodungen und der Ackerbau wird ausgeweitet. In diese Zeit fällt die Errichtung zahlreicher Burgen (ZEUNE 1995). Im Kempter Wald ist die Ruine des Baltensteins zu nennen (MERKT 1951). Der Kempter Wald diente von Westen her Kempten und Umgebung als Holzentnahme- und Weidegebiet (GEIB 1922). Von Osten und Norden voranschreitend deckte Augsburg zu gewissen Teilen seinen Bau- und Brennholzbedarf. Das Holz wurde ab dem Jahre 1304 mit offizieller Genehmigung des Klosters Irsee auf der Wertach geflößt (VON HORNSTEIN 1951).

Die ab 93 cm erfolgende Phase geringerer Landnutzung mit schwacher Walderholung dürfte mit den im Allgäu umgreifenden schweren Pestepidemien in der Mitte und am Ende des 14. Jahrhunderts sowie zu Beginn des 15. Jahrhunderts (WEITNAUER 1981) zusammenhängen.

Darauf ist eine weitere Rodungswelle augenscheinlich, wodurch insbesondere *Abies* und *Fagus* in den Wäldern seltener werden, daneben aber auch *Alnus*, *Fraxinus* und *Ulmus*. Von nun an wird über längere Zeit im Kempter Wald verstärkt die durch Quellen belegte Köhlerei betrieben (VON HORNSTEIN 1951), was in der Zunahme der aufgefundenen Holzkohlepartikel zum Ausdruck kommt. Der Ackerbau wird ausgeweitet. Die dafür benötigten Flächen werden mitunter durch die seit dem Hochmittelalter weit verbreitete Anlagetechnik des Brandwaldfeldbaus (VON HORNSTEIN 1948) nutzbar gemacht. Neben den zur Ernährung kultivierten Getreidearten *Secale cereale*, *Avena*- und *Hordeum*-Typ wird auch *Cannabis sativa* verstärkt zur Fasergewinnung angebaut. Es wird aber nicht nur der Ackerbau intensiviert, sondern auch die Waldweide erreicht großes Ausmaß, was das Aufkommen von *Juniperus* in den Wäldern anzeigt.

Nachfolgend ist eine Verschiebung des Offenlandanteils zugunsten der Waldfläche im Totaldiagramm evident. Bei nur oberflächlicher Betrachtung könnte man hierin die schwach zum Ausdruck kommenden Auswirkungen des 30-jährigen Kriegs und des Maunder-Minimums der Kleinen Eiszeit vermuten. Für diese Phase verringerter solarer Leuchtstärke wird ein Zeitraum von 1645 bis 1715 angegeben (EDDY 1976). So konnte auch KÜSTER (1988) in den Profilen Haslacher See und Langegger Filz einen Siedlungsrückgang feststellen, lässt aber offen, ob es sich um eine Wüstungsphase des 14. oder 17. Jahrhunderts handelt. Um für die Region des Kempter Waldes eine gesicherte zeitliche Einstufung vorzunehmen, wären weitere ¹⁴C-Analysen nötig. Allerdings ist im vorliegenden Diagramm nur *Picea* geringfügig

bedeutsamer, die Anteile von *Abies* und *Fagus* gehen anfangs zurück und bleiben dann auf niedrigem Niveau. Neben *Betula* ist vor allem *Pinus* stärker im Pollenspektrum vertreten. Die absoluten Veränderungen im Influxdiagramm sind kongruent zu den relativen Veränderungen der Prozentwerte. Die Ausbreitung von *Pinus* in der Neuzeit zeigt sich in vielen pollenanalytisch untersuchten Mooren des Allgäus (z.B. PAUL & RUOFF 1932, SCHMEIDL 1962 und KÜSTER 1988), was FIRBAS (1952) basierend auf den Arbeiten von PAUL & RUOFF (1932) veranlasste, seine Zone X (= Jüngerer Subatlantikum) im ehemals vergletscherten Iller-Lech-Gebiet als Kiefern-Fichtenzeit auszuweisen. Rezent findet sich *Pinus sylvestris* aber nur sehr vereinzelt in terrestrischen Waldgesellschaften des Allgäus. Dieses Phänomen der massenhaften *Pinus*-Nachweise im Pollenspektrum ist laut KÜSTER (1988) auf verhältnismäßig trockenere Moorflächen zurückzuführen. Ursächlich hierfür sind neben Eingriffen in den Mooren selbst (Drainage und Torfabbau) auch Rodungen in deren Umgriff mit daraus resultierendem geänderten Bestandsklima sowie Immissionen. Die durch den Menschen ausgelöste Förderung setzt teilweise schon im Mittelalter ein, wie z.B. im Ammergebirge in den Spezialdiagrammen des Krottenstein- und Sattlermooses sowie Wasserfilzes (BLUDAU 1985) und dem Pollendiagramm des Haslacher Sees. Im Kempter Wald könnte sich der in Mooren erfolgte Populationsaufbau initial auch schon im ausgehenden Mittelalter ereignet haben. Insgesamt ist *Pinus* und dabei in erster Linie *Pinus rotundata* in den untersuchten Vorlandmooren stark überrepräsentiert. Vergleiche mit Seeprofilen zeigen dies eindeutig auf (KRISAI 1973).

Im Jahr 1671 werden Einschlag und Mitnahme von *Fagus*-Holz im Kempter Wald untersagt, was anfangs nicht befolgt wurde. Das Fällen von *Betula*-Holz wird von fürstlicher Seite ebenfalls argwöhnisch betrachtet. Mit Beginn des 18. Jahrhunderts hatte die Waldzerstörung im südlichen Iller-Wertach-Gebiet großes Ausmaß erreicht (GEIB 1922). *Picea* war schon längst zur Vorherrschaft gelangt und *Abies* sowie *Fagus* bereits stark zurückgedrängt (VON HORNSTEIN 1951). Der Prozess der Waldvernichtung wird im Pollendiagramm durch die rückläufigen Pollenfrequenzen wie auch Influxwerte vieler Gehölzarten bei zugleich steigenden Offenlandanteilen nachgezeichnet. Der einst flächenmäßig vorherrschende gemischte Bergwald aus *Fagus*, *Abies* und *Picea* ist fast restlos verschwunden und anthropogen bedingte Ersatzgesellschaften sind an dessen Stelle getreten.

Die bei 55 cm niedergebrachte ^{14}C -Datierung mit einem kalibrierten Alter von 1804-1930 AD, welche die Zeit der größten Offenlandanteile markiert, dürfte infolge der Infiltration von Huminsäuren oder subrezenter Durchwurzelung zu jung ausfallen. Eine Altersstellung um 1800-1830 AD wird als wahrscheinlich angesehen. Der in dieser Tiefe auftretende Holzkohle-

gipfel, bei dem auch viele größere Holzkohlepartikel im Moor deponiert wurden, könnte den großen Brand in Görisried am 6. September 1823 markieren (WEITNAUER 1972, SCHMIEDL 1984). Im Influxdiagramm tritt der Holzkohlepeak nicht hervor, da die Öffnung der Landschaft zu einem verminderten Gesamtpolleneintrag führt. Die im Pollendiagramm zum Ausdruck kommende intensive land- und holzwirtschaftliche Nutzung lässt sich auch einigen schriftlichen Quellen des 19. Jahrhunderts entnehmen. So diente der Kempter Wald 189 weideberechtigten Dörfern, Weilern und Einöden als Grundlage für die Viehzucht mit dort über 7000 Stück grasenden Rindern und Pferden bei gleichzeitig betriebenem Ackerbau. Der Anbau beschränkte sich hauptsächlich auf Sommergetreide (u.a. Gerste und Hafer), daneben z.B. auch Flachs und Kartoffeln (BEHLEN 1834). Der beschriebene Ackerbau ist im Pollendiagramm durch Funde von *Secale*, *Hordeum*-Typ, *Avena*-Typ, *Triticum*-Typ und in geringem Maße *Zea mays* sowie *Linum* in abnehmender Häufigkeit dokumentiert. Laut HERRMANN (1984) war Hafer die bevorzugt kultivierte Getreidesorte in der Neuzeit. Der mehr oder minder geschlossene Kurvenverlauf der auch als Hackfruchtunkräuter auftretenden *Chenopodiaceen* könnte als Indiz für Kartoffelanbau gewertet werden. Schriftlich belegt ist die weite Verbreitung von *Juniperus* mit seinen begehrten Beeren (GWINNER 1839). Infolge der Holzverknappung wird mittlerweile auch verstärkt Torf gestochen (BEHLEN 1836). Auf terrestrischen Standorten prägt in dem von landwirtschaftlichen Flächen und Weidegründen durchzogenen Kempter Wald *Picea* das Erscheinungsbild der stark übernutzten Wälder (GWINNER 1839), deren Vorherrschaft infolge von Anpflanzungen durch das Aufkommen der geregelten Forstwirtschaft bestärkt wird. Forstwirtschaftlich bedingt gehen die Nachweise des Extrafossils *Ustulina deusta* zurück. Einerseits fehlt Totholz, welches vom Brandkrustenpilz zersetzt wird. Andererseits spielt die starke *Fagus*-Dezimierung eine wichtige Rolle, wodurch dem Pilz, dessen Ascosporen nur über sehr kurze Distanzen in großen Mengen vertragen werden (VAN GEEL 2001), die wohl bedeutsamste Wirtsbaumart (vgl. VAN GEEL et al. 2013) räumlich nur noch sehr eingeschränkt zur Verfügung steht.

Bis etwa 1830 war der Ackerbau die flächenmäßig dominierende Wirtschaftsform im südlichen Allgäu (DÜRRWANGER 1954, WEITNAUER 1972, HERRMANN 1984). Mit der Umstellung auf Grünlandwirtschaft geht dieser fortlaufend zurück. Schwankungen des Waldanteils in den oberen 40 bis 50 cm des Profils sind auf Rodungsflächen mit erntereifer *Picea* zurückzuführen. Daneben können auch ausgesprochene Blühjahre von *Picea* aufgrund der hohen Auflösung der oberen Dezimeter im Profil eine Rolle spielen. Bekanntermaßen ist *Picea* während solcher Blühjahre im Pollenniederschlag überrepräsentiert, ansonsten sind nur geringe Pollengehalte in der Luft zu registrieren (z.B. STIX 1978). Untergeordnet dürfte auch das

Fällen von *Pinus rotundata* auf Moorstandorten im Rahmen bäuerlicher Privatwaldnutzung zum Tragen kommen, wie es rezent auch in manchen Randbereichen des Mehlblockmooses der Fall ist.

6.1.5 Moorentwicklung

Um Aussagen über die Moorentwicklung treffen zu können, wurden ergänzend zur stichprobenartig makroanalytischen Bearbeitung des Bohrkerns zwei Transekte durch Teile des westlichen Mehlblockmooses gelegt und weitere Einzelbohrungen niedergebracht. Transekt A verlief östlich des Moorausges in SSO-NNW-Richtung, Transekt B grob von West nach Ost (Abb. 8). Zu den Rändern des Moores hin wurden die Bohrkerns in Abständen von 5 m gezogen, ansonsten wurden bei Transekt A die Bohrungen in Abständen von in der Regel 10 m niedergebracht. Bei Transekt B wurde analog verfahren. Im Bereich der zentralen Freifläche wurden entlang der beiden Transekte noch je ein Radarprofil gemessen, ein weiteres Radarprofil wurde entlang des westlichen Kolkrandes in SSO-NNW-Richtung gelegt (Abb. 25).

Der basale Beckenton ist teils wechsellagernd mit stärker sandigen oder stärker schluffigen Partien und in seinem unteren Bereich schwach grusig. Die Fraktion >2 mm setzt auf der heutigen Freifläche in den oberen 20 cm völlig aus. Der den einstigen See abdichtende Glazialton konnte in den Transekt- und sonstigen Sondierungsbohrungen meist nicht durchteuft werden. Nur in den Randbereichen war es möglich, das ausdünnende Sediment vollständig zu erbohren. Dort wird der Beckenton von bindigem Moränenmaterial unterlagert (Abb. 26). Die Beckentongrenze im Hangenden tritt eindeutig in den Georadarprofilen (Abb. 27 bis 30) hervor, wobei beim West-Ost-Profil die 50 MHz-Antenne gegenüber der 100 MHz-Antenne (Abb. 29 und 30) den Basisreflektor besser abzubilden vermag. In Abb. 31 wird ersichtlich, dass die Radarprofile bei den gewählten Antennen-Frequenzen die Tiefenlage der Beckentobergrenze noch mit hoher Genauigkeit nachzeichnen. Die Abweichungen zwischen den Radarmessungen und den Bohrungen im niedrigen Dezimeterbereich bewegen sich in einem tolerablen Rahmen. Größtenteils ähnlich geringe Differenzen hinsichtlich der ermittelten Torfmächtigkeit treten bei ROSA et al. (2008) auf, die eine Frequenz von 100 MHz wählten.

In den Beckentonproben ist bereits *Gaeumannomyces* vorhanden. Dieses Extrafossil gilt als lokaler *Carex*-Indikator (VAN GEEL 2001). Somit entstammt ein Teil der gefundenen Cyperaceen-Pollenkörner der Verlandungsvegetation des Stillgewässers. Des Weiteren fallen die hohen *Pediastrum*-Nachweise auf, die mit dem Aussetzen des Beckentons stark abfallen

und mit den ersten Torfbildungen zeitweise völlig fehlen. Von 812-808 cm folgt eine Kalkmudde mit ersten *Carex*-Resten, die in eine noch geringmächtigere Torfmudde übergeht. Der im Hangenden ausgebildete Braunmoostorf von 807-793 cm ist aufgrund unterschiedlicher Mooszusammensetzung farblich abgestuft. Eine sichere Moosbestimmung war nicht möglich.

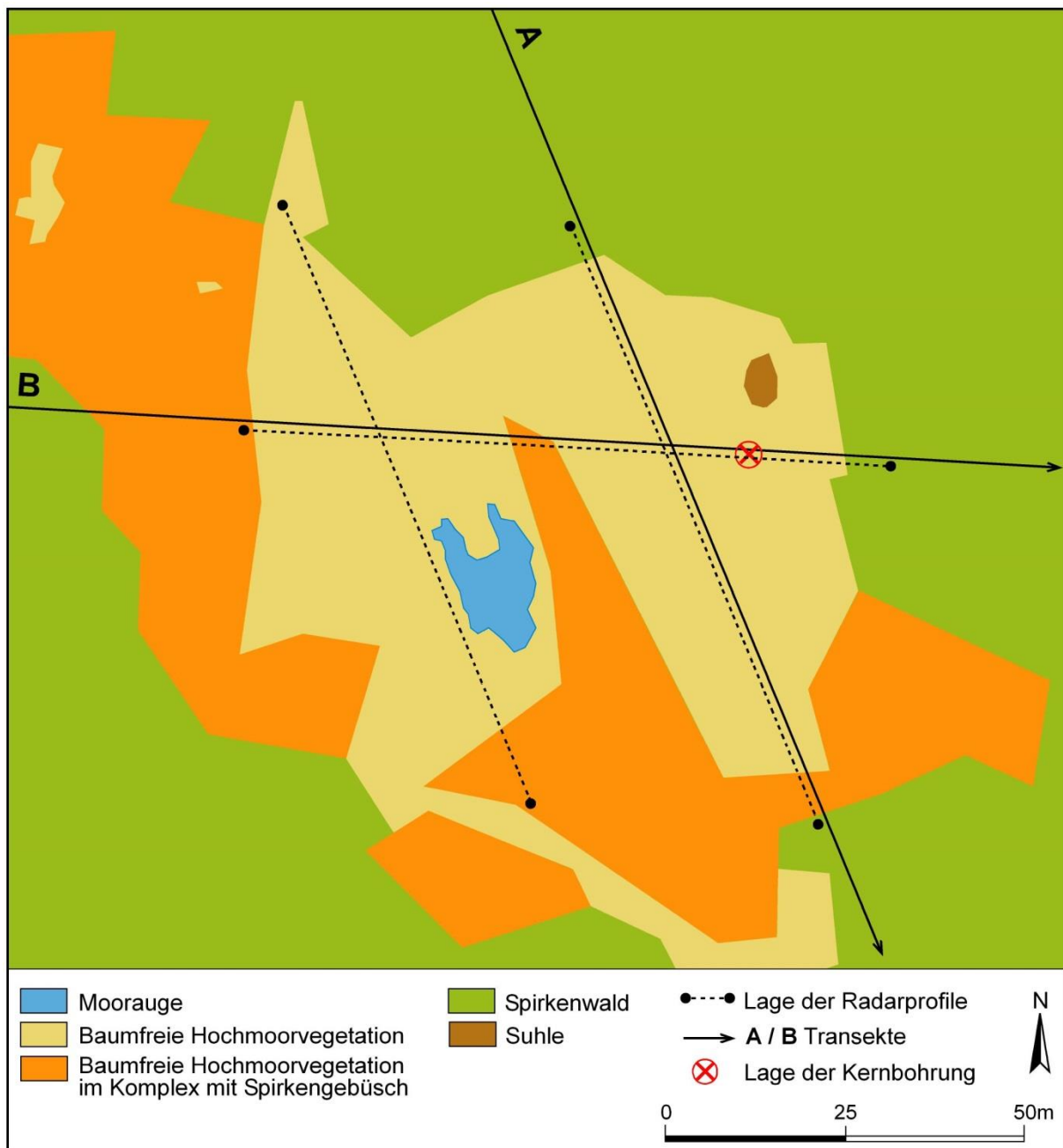


Abb. 25: Verlauf der Radarprofile im westlichen Mehlblockmoos.

Den pollenanalytischen Ergebnissen zufolge setzte das Torfwachstum in der Umgebung des untersuchten Bohrkerns im Bølling ein. Bei 794 cm ist Laacher-See-Tephra als 3,2 mm

mächtige Lage in den Torf eingebettet. In den bølling- und allerødzeitlichen Torfbildungen sind *Menyanthes trifoliata*-Pollenkörner in Spuren auffindbar.

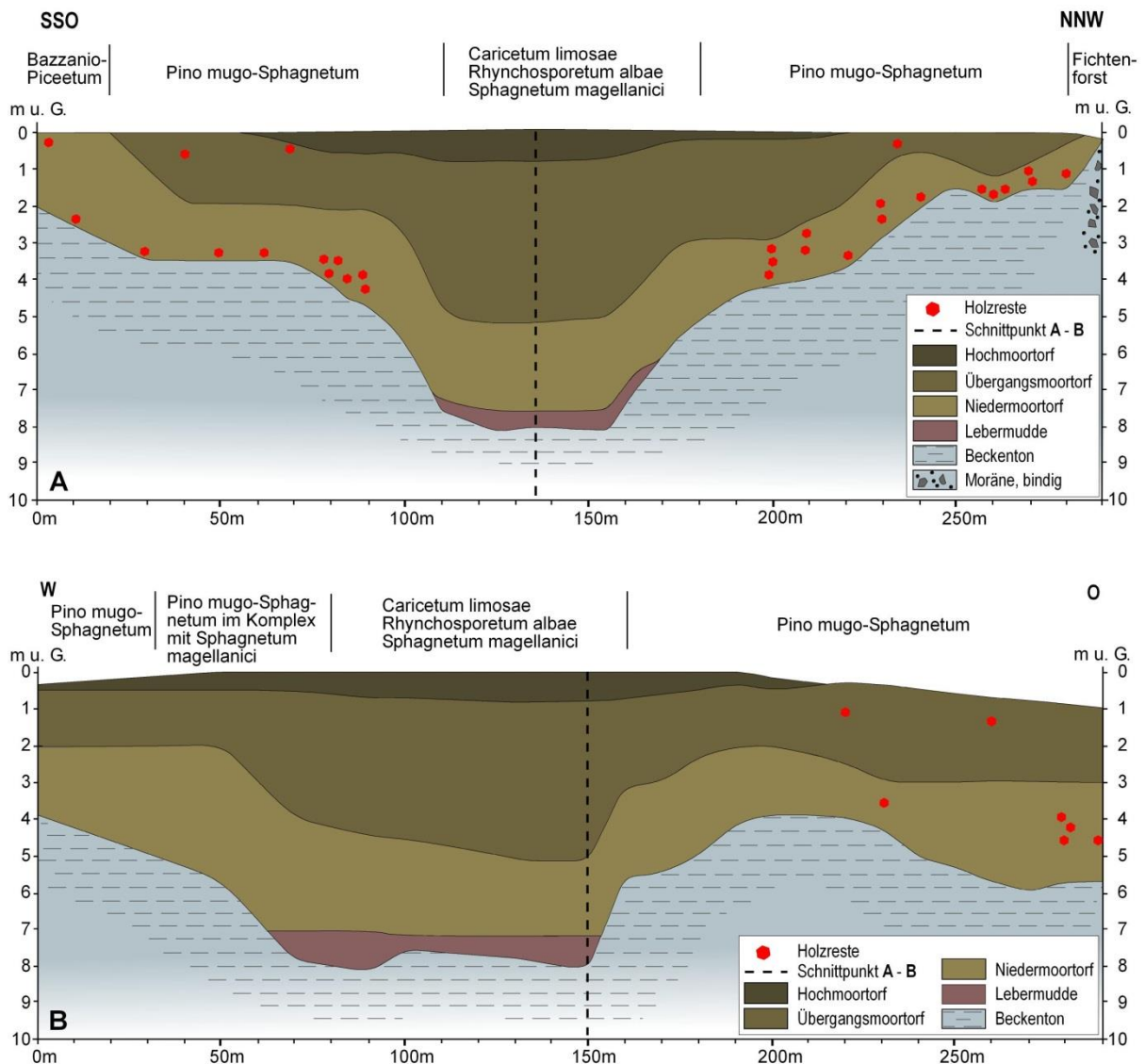


Abb. 26: Stratigraphie und heutige Pflanzengesellschaften des westlichen Mehlblockmooses gemäß zweier Transekte.

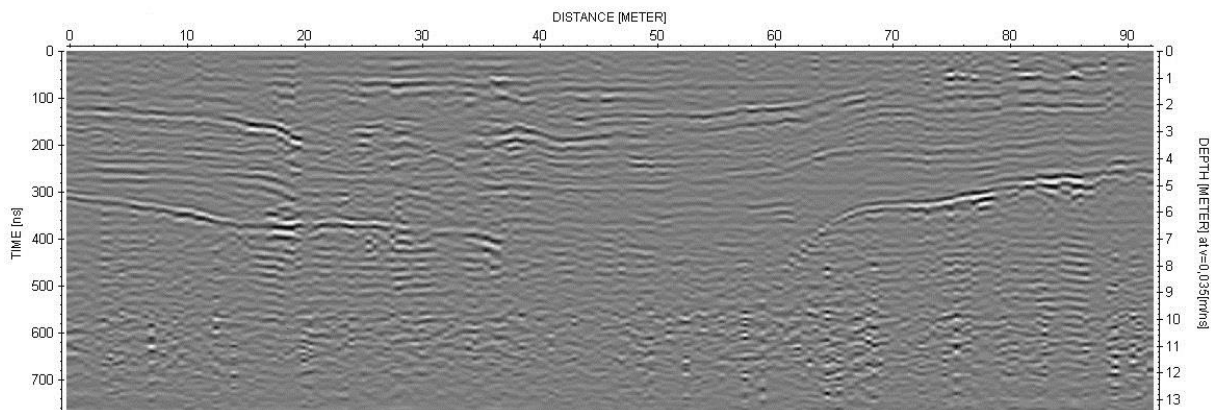


Abb. 27: Radargramm (50 MHz) entlang des westlichen Kolkrandes.

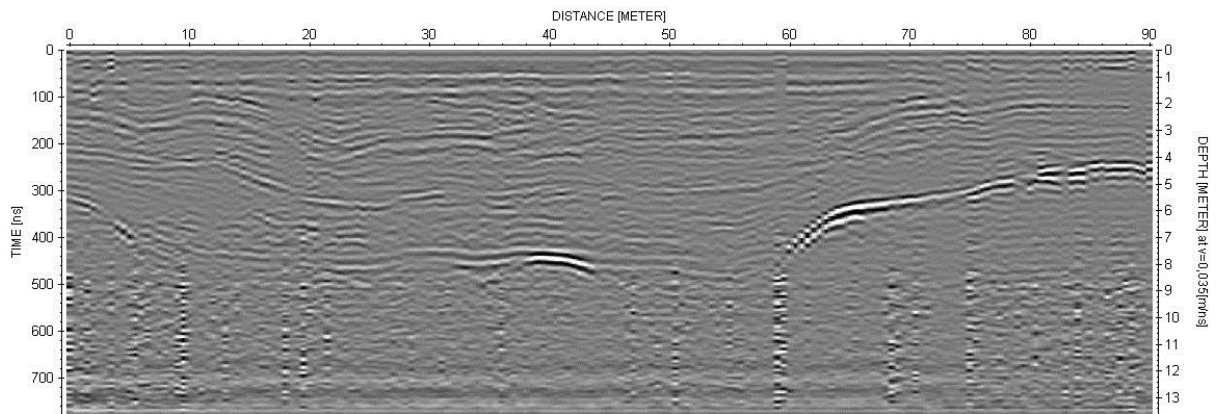


Abb. 28: Radargramm (50 MHz) durch die östliche Hochmoorweite in SSO-NNW-Richtung verlaufend.

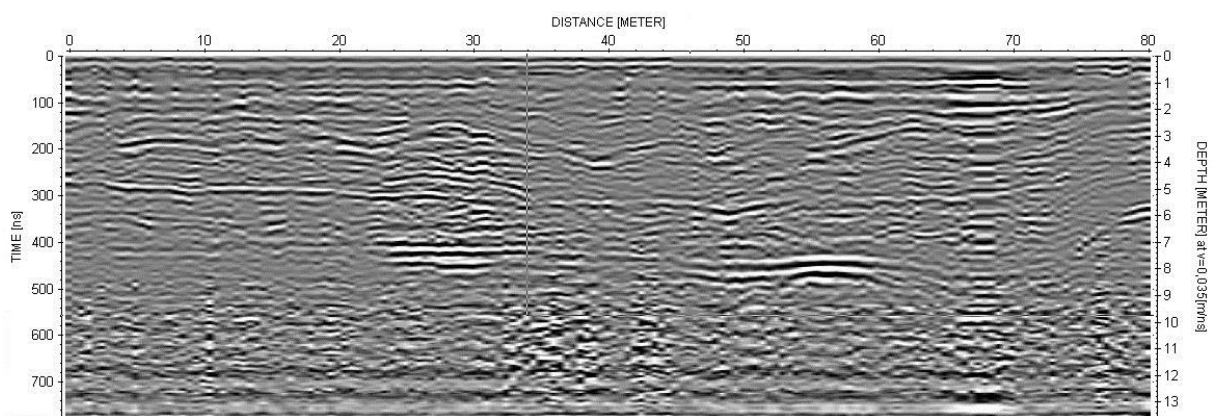


Abb. 29: Radargramm (50 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.

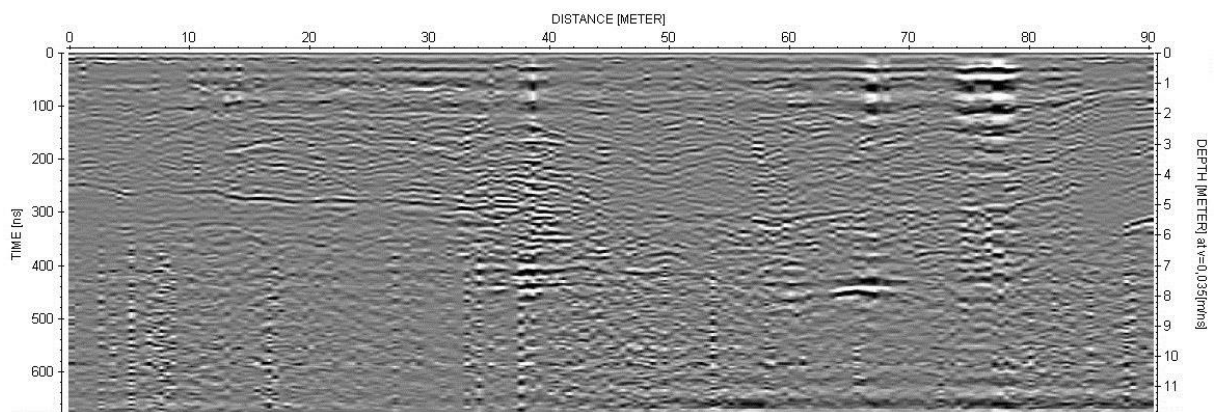


Abb. 30: Radargramm (100 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.

Mit dem Kälterückschlag der Jüngerer Dryas kommt es infolge eines steigenden Grundwasserspiegels zu einem Sedentatwechsel im zentralen Moorbereich (Abb. 21 und 26). Das Torfwachstum setzt aus und geht scharf in eine im Niedrigwassermilieu gebildete Lebermudde über. Im pollenanalytisch bearbeiteten Kern reicht dieses Sedentat von 793-763 cm und weist bis 770 cm eine erhöhte mineralische Beimengung auf. Infolge des angestiegenen

Grundwasserspiegels haben die *Pediastrum*-Werte wieder zugenommen, darunter v.a. der Kaltwasserzeiger *Pediastrum kawraiskyi* (KOMÁREK & JANKOVSKA 2001). Der in den Radarprofilen stellenweise ersichtliche doppelte Basisreflektor (Abb. 28, 29, 30 und 31) markiert die vertikale Ausdehnung der Lebermuddenlage und der darunter befindlichen, geringmächtigen Torfe. Entsprechend konnten beispielsweise WARNER, NOBES & THEIMER (1990), NOBES & WARNER (1991) und SASS et al. (2010) infolge doppelter Basisreflektoren Gytjtjagen an der Moorbasis ausmachen.

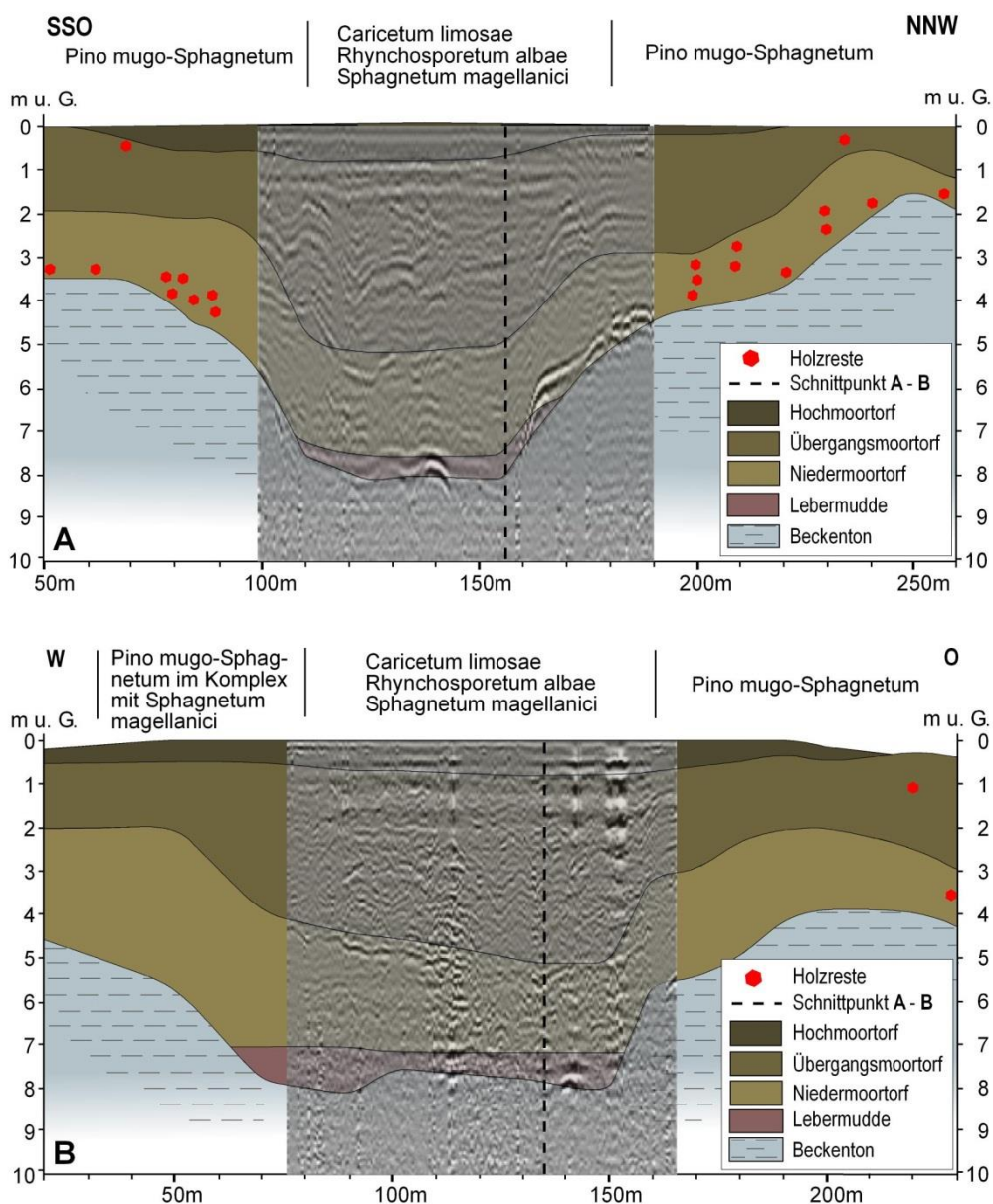


Abb. 31: Stratigraphie und heutige Pflanzengesellschaften des westlichen Mehlblockmooses gemäß zweier Transekte in Kombination mit den Radarprofilen.

Im Präboreal vollzieht sich im Moorzentrum der Wechsel zu Niedermoortorfen. Kurz darauf ist die Gattung *Pediastrum* nur noch vereinzelt dem Polleninhalte beigemischt. Im pollenanalytisch untersuchten Bohrkern hält die Bildung verschieden zusammengesetzter Niedermoortorfe, die entweder von *Carex*-Arten oder Laubmoosen dominiert sind, bis 508 cm an. In den Niedermoortorfen konnten die Moosarten *Calliergon trifarium*, *Calliergonella cuspidata* und *Scorpidium scorpioides* bestimmt werden. Auf Gattungsebene ließ sich *Drepanocladus* spec. identifizieren. In manchen Fällen war auch eine weitere Unterscheidung der *Carex*-Reste möglich. So konnten *Carex rostrata*, *C. panicea* und einmalig zusammen mit *Scheuchzeria palustris* *Carex limosa* nachgewiesen werden. Vereinzelt sind *Equisetum*-Reste vorhanden, die auch sporenanalytisch in Spuren identifiziert werden konnten. Im Bohrkern konnten zwischen 749 und 728 cm *Betula*-Holzreste identifiziert werden (Tab. 12), die auch örtlich bei Transekt A (Abb. 26, oben) in basale Niedermoortorfabschnitte eingebettet sind und wie die Reste im Bohrkern die schon beschriebenen präborealen Birkenbruchvorkommen (Kap. 6.1.4.6) repräsentieren.

Im Boreal ist erstmals *Utricularia* nachgewiesen. Zusammen mit *Menyanthes trifoliata* dürfte dieses Taxon in Schlenken vorgekommen sein. Die ausgebildeten Seggenriede sind wohl farnreich gewesen, was sich aus dem Auftreten von *Thelypteris palustris* schließlich lässt. Denkbar ist aber auch ein Vorkommen in Bruchwäldern. Im späten Boreal setzen die Schwimmblattelement-Funde aus. Entweder haben im Mehlblockmoos oder in dessen Umgebung ein oder mehrere Restseen bestanden. Mit dessen endgültiger Verlandung ist die aus *Nymphaea alba* und *Nuphar* bestehende Schwimmblattvegetation nicht mehr vorhanden. Sofern dieser See südlich des westlichen Mehlblockmooses lokalisiert gewesen ist, was im Untergrund vorhandene Sedimente nahelegen, welche im Rahmen einer bodenkundlichen Lehrveranstaltung aufgeschlossen wurden, kann der See durch die sich eintiefende Kirnach ausgelaufen sein. Neben den Pollenfunden niedermoortypischer Taxa ist auch ein Teil der in der Bezugssumme enthaltenen Pollentypen (z.B. *Cichoriaceae*, *Filipendula* und *Rubiaceae*) sicher moorbürtig.

Im Älteren Atlantikum nehmen die Cyperaceen-Anteile zu. Damit im Verein wird *Gaeumannomyces* häufiger. Des Weiteren sind *Menyanthes trifoliata* und der *Potentilla*-Typ mit höheren Prozentwerten vertreten. Erstere Art dürfte mit *Utricularia* in Schlenken gewachsen sein. Neben *Utricularia* sind auch die beiden anderen carnivoren Pflanzengattungen *Drosera* und *Pinguicula* nachgewiesen. Stellenweise dürfte es im Moor zu ersten Übergangsmooranflügen gekommen sein. Als Indikatoren hierfür sind die diskontinuierlichen

Kurvenverläufe des *Vaccinium*-Typs, von *Calluna vulgaris* und eingeschränkt von *Sphagnum* zu sehen.

Im mittleren Atlantikum kommt es zu einem Substratwechsel. Der Niedermoortorf wird im Bereich der Bohrstelle von einem Übergangsmoortorf (508-409 cm) abgelöst, was sich pollenfloristisch in den hohen *Sphagnum*- und *Vaccinium*-Typ-Nachweisen äußert. Im Verbund mit dem erhöhten Auftreten von *Sphagnum*-Sporen häufen sich die *Amphitrema flavum*-Funde wie auch die von *Assulina muscorum*, wobei zweite Spezies auf deutlich niedrigerem Niveau bleibt. Aus deren Vorkommen lassen sich relativ nasse Bedingungen mit einem mittleren jährlichen Moorwasserstand von etwa 4,5 bis 7 cm unter Flur ableiten (WOODLAND, CHARMAN & SIMS 1998). Allerdings halten viele Rhizopoden der pollenanalytischen Aufbereitung nicht stand, wodurch deren Spektrum verzerrt ist (PAYNE et al. 2012). Folglich besitzen die eben angegebenen Moorwasserstände nur orientierenden Charakter. Wie im Bohrkern großrestanalytisch bestimmt, sind die gefundenen Palynomorphen des *Vaccinium*-Typs mit *Andromeda polifolia* und *Vaccinium oxycoccus* zu konnektieren. Die stichprobenartig untersuchten *Sphagnum*-Sicheln gehören vorwiegend der Sektion *Sphagnum* an und konnten als *S. magellanicum* bestimmt werden. Ferner sind Bleichmoose der Sektion *Acutifolia* und *Eriophorum vaginatum* nachgewiesen. Weitere Torf-Bestandteile sind Einzelfunde von *Carex lasiocarpa* und *Scheuchzeria palustris*. Niedermoortypische Gewächse wie *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris* und *Utricularia*-Arten fallen im Pollenspektrum nach und nach völlig aus. Der *Potentilla*-Typ (wahrscheinlich *Potentilla erecta*) ist aber weiterhin repräsentiert. Die vermutete Art kann sich im mineralbodenwasserbeeinflussten Übergangsmoor noch halten. Zum Ende des Atlantikums hin und während des Subboreals tritt *Calluna vulgaris* häufig auf. Damit verbunden erscheinen der auf *Calluna*-Wurzeln verbreitete, trockene Verhältnisse indizierende Typ-10 und die auf *Calluna* parasitierende *Meliola niessleana* (VAN GEEL 1978). Der Sedentatwechsel von Niedermoor- zu Übergangsmoortorf paust sich scheinbar in den Radarprofilen durch (Abb. 31). Allerdings sind auch weitere Reflektoren innerhalb des Übergangsmoortorfes erkennbar. Gemäß den Transektbohrungen sind hier unterschiedliche Kompaktionsgrade innerhalb des Übergangsmoortorfes sowie an dessen Grenze zum Niedermoortorf für die vorhandenen Reflektoren ursächlich. MOORMAN, ROBINSON & BURGESS (2003) war es möglich, *Carex*- und *Sphagnum*-Torf anhand eines ausgeprägten Reflektors voneinander zu trennen. Inwiefern dort unterschiedliche Lagerungsdichten den torfinternen Reflektor nachzeichnen, muss offen bleiben. Auf den Übergangsmoortorf folgt bis 243 cm ein braunmooshaltiger Seggentorf, in welchem *Sphagnum*-Reste nahezu völlig fehlen. Auch treten Ericaceen-Reste und *Eriophorum*

vaginatum stark zurück. Unter den Cyperaceen-Resten konnten noch *Carex lasiocarpa* und *C. rostrata* identifiziert werden. Bei den Braunmoosen war nur eine Bestimmung der Gattungen *Calliergon* und *Drepanocladus* sowie einmalig *Dicranum* möglich. Wahrscheinlich ist weiterhin ein Übergangsmoortorf ausgebildet, der jedoch infolge des höheren Zersetzungsgrades (Tab. 12) ein verzerrtes Artenspektrum aufweist. Die höhere Torfdekomposition ließ keine weitere Differenzierung der vereinzelt *Sphagnum*-Überreste zu.

Von pollenfloristischer Seite sind für das Subboreal keine bedeutenden Veränderungen in der Zusammensetzung der Moorvegetation gegenüber dem Jüngerem Atlantikum feststellbar. Es ist aber ein verlangsamtes Torfwachstum zu konstatieren (Abb. 20). Eventuell sind Vorkommen von *Sphagnum cuspidatum* indirekt durch die Kurvengipfel von *Tilletia sphagni* nachgewiesen, denn innerhalb der Bleichmoose ist *Sphagnum cuspidatum* anscheinend die Art, welche am anfälligsten gegenüber *Tilletia sphagni*-Pilzbefall ist, dessen Kurvenmaxima oft mit dem Wechsel von trockener zu feuchter stehenden Pflanzengesellschaften korrelieren (VAN GEEL 1978). Gemäß dem geringen Zersetzungsgrad und den wieder höheren Frequenzen von *Amphitrema flavum* ab 243 cm sind feuchtere Verhältnisse zu verzeichnen. Der aufgewachsene Übergangsmoortorf ist wieder eindeutig bestimmbar. Die Haupttorfbildner sind *Sphagnum magellanicum* und *Eriophorum vaginatum*. Untergeordnet sind im Torf auch Reste von *Andromeda polifolia* und *Vaccinium oxycoccus* vorhanden. Als weiterer Bestandteil der Übergangsmoorvegetation ist gemäß dem palynologischen Befund *Scheuchzeria palustris* zu nennen. Die Amplitude der unterschiedlichen Zersetzungsgrade ist wohl zu schwach, um sich in den Radargrammen entsprechend abzubilden. Solch eine Differenzierung mittels Georadar ist ohne kombinierte Handbohrungen überhaupt nicht möglich und selbst in Verbindung mit Bohrungen nur bedingt praktikierbar (PLADO et al. 2011).

Die oberen 73 cm werden aufgrund fehlenden Mineralbodenwassereinflusses von Hochmoortorf eingenommen, in welchem die Bleichmoose *Sphagnum magellanicum* und *S. rubellum* identifiziert werden konnten. Des Weiteren findet sich reichlich *Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium oxycoccus* ist beigemengt. Die erhöhten Anteile von *Calluna vulgaris*-Pollenkörnern sind auf oberflächliche Austrocknung zurückzuführen, die von den neuzeitlich unternommenen Entwässerungs- und Torfstichversuchen herrühren. Abgesehen von einem parallelen Kurvengipfel sind *Amphitrema flavum* und *Assulina muscorum* während dieser Phase auf ausgesprochen niedrigem Niveau repräsentiert. Schon kurz vor dem verstärkten Aufkommen von *Calluna vulgaris* hat sich der Pollenstratigraphie zufolge *Pinus rotundata* in Teilen des Moores ausgebreitet. Stomata-Funde bleiben aber aus und konnten lediglich in der Jüngerem Dryas und dem frühen Präboreal detektiert werden. Die aufgefundenen coprophilen Pilze,

deren Kurvengipfel bei 55 cm mit den maximalen Offenlandanteilen korrespondiert, sprechen für eine Ausdehnung der Beweidung. Ob auch das Moor beweidet wurde, kann nicht beantwortet werden. Die *Neurospora*-Einzelfunde stehen als Indiz für lokale Moorbrände (VAN GEEL 2001). Die im Hochmoortorf teilweise hohen prozentualen Typ-18-Werte hängen mit der Ausbreitung von *Eriophorum vaginatum* zusammen, auf dessen Wurzeln dieser bisher noch nicht näher bestimmte Pilz wächst (MAUQUOY & VAN GEEL 2007).

Sowohl anhand der Pollenstratigraphie als auch anhand der Makrorestabfolge lässt die Entwicklung von einem durch Verlandung eines Stillgewässers entstandenen Niedermoor über ein Zwischenmoorstadium zum heutigen Hochmoor rekonstruieren. Der Oberflächenmorphologie nach handelt es sich beim westlichen Mehlblockmoos um ein asymmetrisches Hochmoor sensu KAULE (1973a, 1974), welches neben der allseitig zwar nur geringen Aufwölbung Richtung Osten und Südosten schwach geneigt ist.

6.2 Dürrenbühlmoos

6.2.1 Kernstratigraphie

Die Stratigraphie des pollenanalytisch untersuchten Kerns ist Tab. 14 zu entnehmen. Der Bohrpunkt befindet sich am Rand der Freifläche (Abb. 9; RW 3607552, HW 5286253).

Tab. 14: Lithostratigraphie der Bohrung im Dürrenbühlmoos.

Tiefe in cm	Sediment/ Sedentat	Weitere Anteile	Farbe	Bemerkung	Zersetzungs- grad nach von Post
0-41	Bleichmoostorf	Rosmarinhei- de, Wollgras, kleinfrüchtige Moosbeere	rötlich braun	-	H0-1
41-209	Bleichmoos- Wollgrastorf	Rosmarinhei- de, Heidekraut- gewächse spec.	hellbraun bis braun	-	H2
209-263	Seggentorf	Wollgras, ver. Bleichmoos, Rosmarinheide bei 211 cm	(rötlich) braun	-	H2-3

Tab. 14: Fortsetzung.

263-325	Seggentorf	ver. Wollgras, Heidekraut- gewächse, Bleichmoose	dunkelbraun	-	H5-6
325-392	Seggentorf	Braunmoose	(rötlich) braun	-	H2-3
392-526	Braunmoostorf	Seggen, Schilfrest bei 513 cm	fahlbraun	-	H3-4
526-539	Seggentorf	Braunmoos- reste, Schilf	(rötlich) braun	Kiefernholz- stücke bei 533 u. 524-528 cm	H5
539-557	Seggen- Braunmoostorf	-	(rötlich) braun	-	H3-4
557-576	Braunmoostorf	Seggenreste, Skorpionsmoos bei 565 cm	rötlich braun		H5
576-577	Torfmulde	-	dunkelbraun	-	H9
577-581	Tonmulde	Schluff	bräunlich grau	-	-
581- >600	Beckenton, See- lehm bis 589 cm	Schluff, Fein- sand, Grus	bläulich grau	Holzfasern bei 593 cm	-

6.2.2 Radiokarbondatierungen

Die vorliegenden ^{14}C -Daten sind in Tab. 15 aufgeführt und in Abb. 32 graphisch anhand eines Zeit-Tiefen-Diagramms veranschaulicht.

Tab. 15: AMS-¹⁴C-Daten aus dem Bohrkern Dürrenbühlmoos. Datierung durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Univ. Erlangen-Nürnberg (2013). Kalibriert (für cal. BP-Alter) mit CALIB 7.01.

Labor-Nr.	Tiefe in cm	Probenmaterial	konv. ¹⁴ C-Alter BP	δ ¹³ C	Alterszeit-spanne cal. BP (2 σ)	Alterszeitspanne cal. BC/ AD (2 σ)
Erl-18295	85	Torf	-2±35	-24,8	-	1917-1987 AD*
Erl-18294	157	Torf	978±38	-23,7	796-955	995-1154 AD
Erl-18293	185	Torf	1823±44	-22,7	1690-1868	82-260 AD
Erl-18292	229	Torf	2325±40	-24,5	2303-2464	354-515 BC
Erl-18114	261	Torf	2256±55	-26,0	2142-2353	193-404 BC
Erl-18113	337	Torf	5826±67	-26,1	6470-6787	4521-4838 BC
Erl-18112	441	Torf	8106±53	-25,8	8970-9258	7021-7309 BC
Erl-18111	517	Torf	9029±76	-26,9	9911-10301	7962-8352 BC

*= nicht kalibrierbar (berechnet)

Die vorliegenden ¹⁴C-Datierungen decken einen Zeitraum von 10106 cal. BP mean bis in das vergangene Jahrhundert ab. Die Torfzuwachsrate lag im Boreal auf vergleichsweise hohem Niveau. Das Atlantikum wies eine geringere Torfakkumulationsrate auf, die im Subboreal stark abnahm. Im Subatlantikum wurden anfangs wieder höhere Zuwachsraten erreicht. Danach verringerte sich die Sedentatbildung erneut. Im letzten Jahrtausend ist das Moor sehr schnell aufgewachsen. So wurden über 150 cm Torf gebildet. Unterschiedliche Lagerungsdichten und fehlerhafte ¹⁴C-Datierungen sind bei dieser Beschreibung unberücksichtigt.

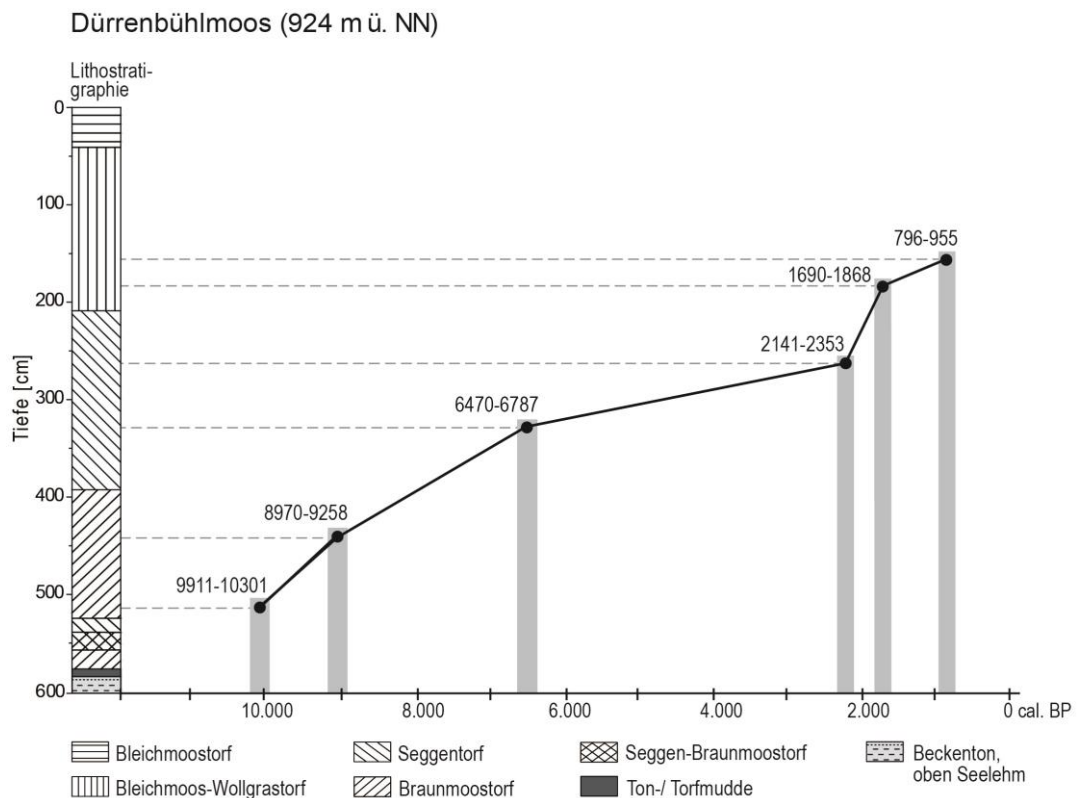


Abb. 32: Zeit-Tiefen-Diagramm für die ^{14}C -Daten des Pollenprofils Dürrenbühlmoos.

6.2.3 Lokale Pollenzonen

LPZ 1 (585-533 cm): *Pinus*

In diesem Abschnitt bestimmt *Pinus* den Polleninhalt mit meist um die 90 % Anteil. Als nächst häufigstes Gehölz ist *Betula* nachgewiesen. Die Nichtbaumpollentypen erreichen von der basalen Probe einmal abgesehen Werte zwischen 3 und 6 %, wobei v.a. *Artemisia* und Poaceen von Bedeutung sind. Anfangs finden sich noch Taxa wie *Juniperus*, *Rubiaceae* und *Thalictrum*. Deren Anteile flachen nach und nach ab und setzen schließlich völlig aus. Ab der Zonenmitte sind *Corylus* und *Ulmus* kontinuierlich im Pollenspektrum vertreten, deren Anteile am Zonenende deutlich zunehmen.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Pinus*-Werte, Zunahme der *Corylus*- und *Ulmus*-Anteile.

LPZ 2 (533-509 cm): *Pinus-Corylus*

Diese Zone ist durch Dominanz von *Pinus* und Subdominanz von *Corylus* gekennzeichnet, deren Beginn mit dem kontinuierlichen Auftreten von *Quercus* und *Tilia* zusammenfällt. Kurz darauf wird auch bei *Acer* und *Picea* die empirische Pollengrenze überschritten. Die *Ulmus*-Anteile liegen zwischen 7 und 9 %. In Spuren treten erstmals *Hedera* und *Viscum* auf.

Grenze der LPZ: Wechsel der Dominanzverhältnisse von *Pinus* und *Corylus*.

LPZ 3 (509-481 cm): *Corylus-Pinus*

In diesem Abschnitt dominiert *Corylus* mit Ausnahme zweier Proben, in welcher *Corylus* und *Pinus* kodominant sind, den Polleninhalte. *Ulmus* überschreitet die 10 %-Marke, kann sich aber ebenso wie die thermophilen Laubgehölze *Quercus* und *Tilia* nur geringfügig ausbreiten. Etwa in der Zonenmitte wird die Kurve von *Fraxinus* kontinuierlich.

Grenze der LPZ: weitere Abnahme der *Pinus*-Werte sowie Zunahme der *Corylus*-Anteile.

LPZ 4 (481-397 cm): *Corylus-EMW*

Der Polleninhalte wird von *Corylus* beherrscht. Dieses Gehölz ist in der Regel mit Werten von über 50 % repräsentiert, welche gegen Zonenende auf 35 % sinken. Unter den sogenannten Eichenmischwaldarten ist *Ulmus* am häufigsten. Die zugehörige Kurve verläuft etwa zwischen der 10 %- und 20 %-Marke. Im Verlauf der Zone verdoppeln sich in etwa die Prozentwerte von *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus* und *Picea* sowie die von *Alnus*. Die Werte von *Acer* hingegen bleiben mehr oder minder konstant. Die Anteile von *Pinus* gehen unterbrochen von kleineren Schwankungen fortlaufend zurück und liegen vom Abschnittsende an lange Zeit unter 10 %.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Corylus*-Anteile.

LPZ 5 (397-361 cm): EMW-*Corylus*

In dieser Zone vollzieht sich ein stetiger Wechsel in den Dominanzverhältnissen. Anfangs sind *Betula* und *Corylus* kodominant. Kurz darauf wird *Corylus* von *Betula* und *Ulmus* überflügelt, was zur Kodominanz dieser beiden Taxa führt. Zugleich setzt die kontinuierliche Kurve von *Fagus* ein. Es folgen eine kurzzeitige schwache Dominanz von *Fraxinus* bei subdominanten *Quercus* und *Ulmus* sowie nahezu prozentuale Gleichverteilung der Taxa *Betula*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Quercus* und *Ulmus*. Anschließend kann sich *Corylus* wieder etwas ausbreiten, wobei die *Ulmus*-Anteile zurückgehen, die *Fraxinus*-Werte hingegen unverändert bleiben. Zum Abschnittsende hin ist schließlich *Abies* kontinuierlich im Polleninhalte repräsentiert und es kommt zur Massenausbreitung von *Picea*.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Picea*-Werte.

LPZ 6 (361-317 cm): EMW-*Picea-Corylus*

Am Anfang dieses Abschnitts ist *Corylus* noch mit Werten um die 20 % vertreten, sinkt aber nachfolgend auf rund 10 % ab. Thermophile Laubmischwaldelemente machen den Großteil der erfassten Palynomorphen aus, wobei *Quercus*, *Ulmus* und *Fraxinus* am häufigsten nach-

gewiesen sind. *Tilia* und *Acer* erreichen ähnlich dem vorherigen Abschnitt nur Werte im unteren Prozentbereich mit 3 bis 7 bzw. 1 bis 2 %. Im Verlauf der Pollenzone flachen die Werte von *Ulmus*, *Fraxinus* und auch *Quercus* mehr oder minder stark ab. Neben *Picea* gewinnen *Abies* und untergeordnet *Fagus* an Bedeutung. Die *Abies*-Kurve steigt auf Werte von über 8 % an, während die *Fagus*-Anteile deutlich darunter bleiben.

Grenze der LPZ: Anstieg der *Abies*-Anteile.

LPZ 7 (317-225 cm): *Fagus-Picea-Abies*

Anfangs ist streng genommen eine eigene Zone ausgebildet, die durch die wechselnde Kodominanz mehrerer Taxa ausgezeichnet ist, aber aufgrund zu geringer Probenzahl nicht als lokale Pollenzone ausgeschieden werden kann. Bei engeren Probenabständen würde sich diese wohl clusteranalytisch abzeichnen (vgl. BENNET 1996). Neben *Picea* und *Abies* sind *Corylus* und *Quercus* am häufigsten nachgewiesen. Nachfolgend etabliert sich *Fagus* zusehends und überflügelt schließlich *Abies* und *Picea*. Bis auf *Quercus* flachen die Werte der thermophilen Laubmischwalelemente ab. *Fagus* erreicht zwei absolute Kurvenmaxima von jeweils 36 %. *Fagus* (prädominant) sowie *Abies* und *Picea* (beide subdominant) machen zusammen den Großteil des Gehölzpolleninhaltes aus. Etwa in der Mitte des Abschnittes beginnt die geschlossene Kurve von *Carpinus*, die von *Plantago lanceolata* setzt schon etwas früher ein. In der zweiten Zonenhälfte pendeln sich die Poaceen-Anteile auf einem Niveau jenseits der 5 %-Marke ein. *Fagus* büßt an Dominanz ein und es entwickelt sich eine Kodominanz mit *Abies* und *Picea*. Kurzzeitig ist auch *Betula* ähnlich stark im Pollenspektrum repräsentiert.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Betula*-Werte sowie Abfallen der *Abies*-Kurve.

LPZ 8 (225-177 cm): *Betula-Fagus-Picea*

Der Polleninhalt wird meist von den kodominanten Taxa *Betula*, *Fagus* und *Picea* bestimmt, wobei *Betula* während zweier Kurvengipfel kurzzeitig prädominant ist. Stellenweise sind *Abies*, *Quercus* und *Corylus* mit Werten über 10 % im Pollenspektrum vorhanden. In die zweite Zonenhälfte fällt die postglaziale Maximalverbreitung von *Alnus* mit 31,5 % wie auch die von *Carpinus* mit 5,5 %.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Betula*-Anteile sowie Anstieg der *Abies*-Kurve.

LPZ 9 (177-121 cm): *Picea-Fagus-Abies*

Diese Zone ist durch Kodominanz der bestandsbildenden Bergmischwaldelemente gekennzeichnet. Zum Abschnittsende hin gehen die Anteile von *Picea*, *Fagus* und *Abies* zurück, während die Kurven von *Pinus* und *Betula* höhere Prozentwerte erreichen. Im Verlauf der Pollenzone nehmen die Poaceen-Anteile auf über 10 % zu.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Pinus*- und *Betula*-Werte.

LPZ 10 (121-105 cm): *Pinus-Betula*

Anfänglich sind *Pinus* und *Betula* kodominant. Die Kurven von *Abies* und *Fagus* sind mittlerweile unter 10 % abgesunken. Der gemischte Bergwald ist fast völlig verschwunden und nur *Picea* kommt noch gewisse Bedeutung zu. Am Zonenende wird *Pinus* prädominant.

Grenze der LPZ: Anstieg der *Picea*-Kurve.

LPZ 11 (105-85 cm): *Pinus-Picea*

Den größten Anteil am Pollenspektrum hat *Pinus* in dieser der Profillänge nach kurzen Zone. *Picea* erreicht meist Werte um die 20 %. Viele andere Gehölze (v.a. *Abies*, *Fagus*, *Quercus* und *Corylus*) werden fortlaufend seltener. Lediglich *Betula* hat in der ersten Hälfte der Pollenzone noch nennenswerten Anteil.

Grenze der LPZ: Zunahme der Poaceen-Gehalte und anderer Nichtbaumpollentypen wie *Plantago lanceolata* sowie Rückgang der *Pinus*-Anteile.

LPZ 12 (85-37 cm): *Picea-Pinus-Poaceae*

Im ersten Drittel des Abschnitts sind *Poaceae* dominant. *Pinus* und *Picea* sind subdominant. Darauf gelangt *Picea* zur Vorherrschaft. *Pinus* ist zusammen mit Poaceen subdominant. Nachfolgend stellt sich eine Kodominanz von *Picea* und *Pinus* bei weiter abgesunkenen Poaceen-Werten ein. In der zweiten Zonenhälfte erreicht die *Picea*-Kurve einen Gipfel von knapp über 54 %. *Pinus* und *Poaceae* haben jeweils nur etwas mehr als 10 % Anteil. Nach dem Maximum fallen die *Picea*-Werte stark ab und liegen nur noch bei 17 %, während *Pinus* und *Poaceae* mit Werten von jeweils 27 % Kodominanz zeigen. Am Zonenende schließlich nehmen die *Picea*-Anteile wieder zu. Die *Betula*-Kurve schwankt den gesamten Abschnitt zwischen 7 und 13 %. Gegenüber der vorangegangenen Zone haben *Abies*, *Fagus*, *Quercus* und *Corylus* weiter an Bedeutung verloren. Neben *Plantago lanceolata* ist der *Rumex*-Typ fast durchweg im niedrigen Prozentbereich nachgewiesen.

Grenze der LPZ: Rückgang der Poaceen-Anteile.

LPZ 13 (37-0 cm): *Picea-Pinus*

Die Nichtbaumpollenanteile haben an Bedeutung verloren und erreichen nur noch Werte zwischen 10 und 20 %. Entsprechend sind Baumpollentypen wieder stärker vertreten. Dabei machen *Picea* und *Pinus* den Großteil des Gehölzpollenspektrums aus.

6.2.4 Wald- und Landnutzungsgeschichte

6.2.4.1 Basaler Diagrammabschnitt und Präboreal

Die basalen Straten von 585 bis 577 cm lassen sich keiner Biozone verlässlich zuordnen. Jedoch ist eine späthochglaziale bis frühspätglaziale Stellung zu vermuten, da neben vergleichsweise hohen *Artemisia*-Anteilen auch beispielsweise im Pollendiagramm nicht dargestellte Offenlandzeiger wie *Helianthemum* und *Selaginella selaginoides* untergeordnet nachgewiesen sind. Die hohen *Pinus*-Werte im Beckenton und wahrscheinlich auch der Tonmudde sind durch postsedimentäre Vermischung mit jüngerem Material verursacht.

Im Präboreal (577-529 cm) herrschen Kiefernwälder vor. *Betula* ist in diesen Wäldern nur geringfügig am Aufbau der Baumschicht beteiligt. Anfangs ist im Unterwuchs noch *Juniperus* kennzeichnend. Bei 565 cm könnte sich der Niederschlag der Rammelbeek-Schwankung im Pollendiagramm zeigen. Einer Abnahme der *Pinus*-Anteile um 6 % steht ein entsprechender Kurvenanstieg von *Betula* um 5 % und von *Artemisia* um 1 % gegenüber. Mit dieser Veränderung im Pollengehalt fällt der Beginn der kontinuierlichen Kurve von *Corylus* zusammen, eine Probe später folgt die von *Ulmus*. Etwa im mittleren Präboreal gelangt *Ulmus* wie im Profil Mehlblockmoos zuerst wieder in das Gebiet. *Corylus* siedelt sich deutlich verzögert an. Kurz nach der Ansiedlung des Strauchgehölzes setzt der Verdrängungsprozess von *Pinus* ein. Den neu hinzugekommenen Konkurrenten *Corylus* und *Ulmus* wird dabei das Eindringen in die bisherigen Kiefernwaldökosysteme ortsweise durch vorangegangene Brände erleichtert. Im ausgehenden Präboreal wird *Tilia platyphyllos* wieder heimisch und schließlich mit der Wende zum Boreal auch *Acer*, *Quercus* und *Tilia cordata*.

6.2.4.2 Boreal

Als vorerst letzte Laubgehölze wandern *Alnus incana* und *Fraxinus* im frühen Boreal ein, eventuell ist *Alnus* auch schon im ausgehenden Präboreal immigriert. Wie im Mehlblockmoos setzt die kontinuierliche Kurve bereits während des Präboreals ein. Im Laufe des frühen und mittleren Boreals muss *Pinus* auf immer pessimalere Standorte weichen. *Corylus* breitet sich kräftig in den ulmenbeherrschten Laubmischwäldern aus und erreicht schließlich mit 60 % Anteil am Pollenspektrum postglaziale Maximalverbreitung. Der Influx des Gehölzes

hingegen erreicht schon zuvor Höchstwerte. Weitere Elemente in den Laubwaldformationen sind *Hedera helix* und *Viscum album*. Seit dem frühen Boreal stocken auch erste *Picea*-Exemplare in der Umgebung.

Bevor auf die Vegetationsentwicklung im Atlantikum eingegangen wird, sei noch auf die herausragende Bedeutung des Bestimmungsschlüssels von BEUG (2004) verwiesen. Dadurch war es dem Verfasser der vorliegenden Arbeit möglich, die gefundenen Poaceen-Pollenkörner weiter zu differenzieren (Abb. 33). Ohne die Unterscheidung des sogenannten *Avena*-Wildgrastyps, in welchem *Phragmites australis* enthalten ist, würde sich ein völlig falsches Bild des Verhältnisses von Gehölzpollen zu Nichtbaumpollen ergeben und in Konsequenz zu Fehlinterpretationen (z.B. Klimaschwankung) führen. Von daher sollten in älteren Pollendiagrammen erhöhte Poaceen-Anteile während des Früh- und Mittelholozäns besonders kritisch betrachtet und – sofern möglich – die Stratigraphie des jeweiligen Profils zu Rate gezogen werden.

Ferner sei bemerkt, dass Grundlegendes die Vegetationsentwicklung im Kempter Wald betreffend schon in Kap. 6.1.4.6 und 6.1.4.7 dargelegt wurde, was nachfolgend auch für das Atlantikum gilt. Ohnehin sind im Dürrenbühlmoos die holozänen Straten nur in Abständen von vier Zentimeter pollenanalytisch untersucht. Demgegenüber stehen Zählintervalle von zwei Zentimeter im Mehlblockmoos, wobei in beiden Profilen das Boreal in gleicher Mächtigkeit repräsentiert ist (Tab. 16). Das Präboreal ist im Dürrenbühlmoos etwas besser aufgelöst, das Atlantikum aber wesentlich schlechter. Das Subboreal ist sogar auf nicht einmal einem halben Meter gedrängt.

Tab. 16: Auflösung der holozänen vegetationsgeschichtlichen Abschnitte im Mehlblockmoos und im Dürrenbühlmoos.

Mehlblockmoos		Dürrenbühlmoos	
Biozone	Mächtigkeit in cm	Biozone	Mächtigkeit in cm
Präboreal	29	Präboreal	48
Boreal	106	Boreal	104
Atlantikum	216	Atlantikum	116
Subboreal	158	Subboreal	36
Subatlantikum	261	Subatlantikum	273

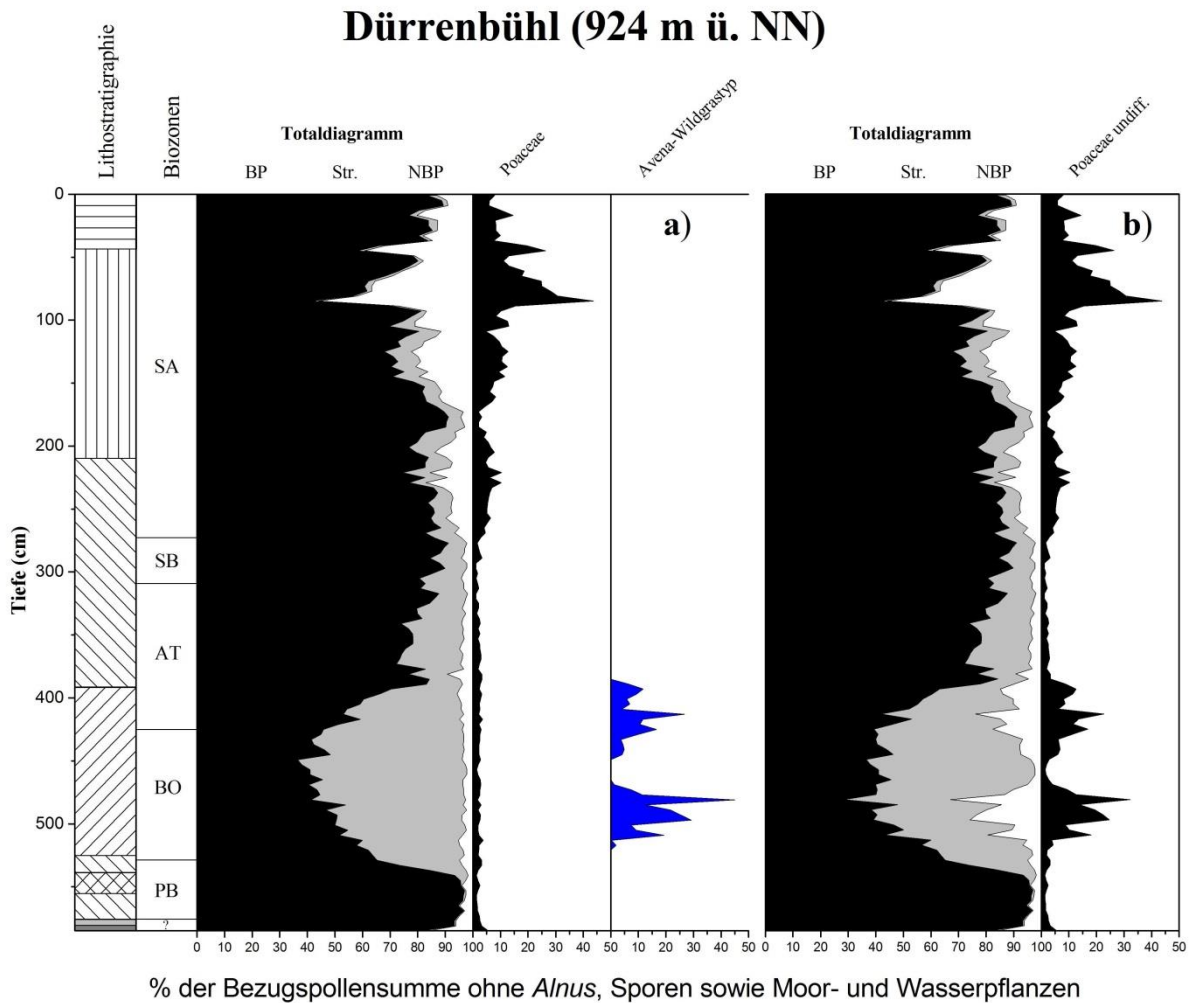


Abb. 33: Totaldiagramm und Poaceen-Anteile mit (a) und ohne (b) differenzierten *Avena*-Wildgras-Typ.

6.2.4.3 Atlantikum

Die Auswirkungen des sich im Atlantikum (425-309 cm) abspielenden 8200er-Ereignisses zeichnen sich im Profil Dürrenbühlmoos nicht mit den gleichen Signalen wie im Mehlblockmoos ab, was mit dem stärkeren Pollenniederschlag aus dem Illertal in Zusammenhang stehen dürfte. Zu Beginn der rückläufigen *Corylus*-Werte nehmen die *Betula*-Anteile viel deutlicher zu und leiten die Auskonkurrenzierung des Strauches ein. Die erhöhten *Ulmus*-Werte treten zwar auch in Erscheinung, werden aber insbesondere von einer starken *Fraxinus*-Expansion überlagert. Es ist anzunehmen, dass sich hier die Verdrängung von *Corylus* durch *Fraxinus* im azonalen Bereich der Illerflussaue und der im Moorumgriff entspringenden Gewässer (z.B. Durach, Kirnach und Bannholzbach) abbildet. Untergeordnet ist dabei auch *Alnus* beteiligt. In den zonalen Waldgesellschaften des im Illertal gelegenen Kemptener Beckens ist außerhalb der damaligen Flussaue vorwiegend eine *Quercus*-Ausbreitung zu konstatieren, was in der

Umgebung des Mehlblockmooses bzw. im Kempter Wald nicht der Fall ist. Dort wird *Corylus* insbesondere von *Ulmus* und *Picea* zurückgedrängt. Mit den Befunden des Mehlblockmooses im Einklang steht, dass mit dem Höhepunkt der Klimaschwankung die kontinuierliche Kurve von *Fagus* einsetzt. Die kontinuierlichen *Abies*-Nachweise treten jedoch mit leichter Verzögerung auf. Der während der Klimadepression auftretende Apiaceen-Gipfel ist wie im Mehlblockmoos wohl in lokal produziertem Pollen aus dem damaligen Niedermoor zu sehen. Die nachfolgende Erholung der dezimierten *Corylus*-Bestände zeichnet wohl insbesondere die Wiederausbreitung im Kempter Wald nach, da nur die *Ulmus*-Werte entsprechend zurückgehen. Die Massenausbreitung von *Picea* ereignet sich im Vergleich zum Mehlblockmoos erst später und wird nicht unmittelbar durch das 8200er-Ereignis ausgelöst.

Kurz nach der bei 337 cm niedergebrachten Datierung mit einem Alter von 6470-6787 cal. BP vollzieht sich mit der erfolgten Massenausbreitung von *Abies* der finale *Ulmus*-Rückgang. Dieser dürfte synchron mit dem Auskonkurrenzierungsprozess im Profil Mehlblockmoos (Abb. 23) verlaufen sein. Gemäß den ¹⁴C-Datierungen hat sich die vorwiegend durch *Abies* besorgte Verdrängung von *Ulmus* auch in der Auerberggegend (KÜSTER 1988) und im westlichen Ammergebirge (BLUDAU 1985) im gleichen Zeitraum abgespielt. Im von PETERS (2010) untersuchten Arzmoos, ein Hochlagenmoor in den oberbayerischen Alpen, umgrenzen die Radiokarbondatierungen ebenfalls eine vergleichbare Zeitscheibe für den Verdrängungsprozess. Etwa zeitgleich vollzog sich auch die Dezimierung der *Ulmus*-Bestände im östlichen Bodenseegebiet (CLARK, MERKT & MÜLLER 1989). Dort ist allerdings schon in geringem Maße menschliche Einflussnahme feststellbar und *Fagus* kann sich stark ausbreiten. An dem nahe dem Schleinsee gelegenen Degersee (KALIS, MERKT & WUNDERLICH 2003) läuft ebenfalls eine *Fagus*-Expansion bei erst verzögerten, schwachen anthropogenen Signalen ab. Die zeitliche Korrespondenz der starken Zurückdrängung von *Ulmus* in großen Teilen des wärmeiszeitlich vergletscherten Süddeutschlands lässt einen primären Steuerungsfaktor vermuten. Regionsabhängig nehmen entweder die Pollenfrequenzen von *Fagus* oder die von *Abies* deutlich zu, was nahelegt, dass die Ausbreitung der beiden Schatthölzer durch die rückläufige Sommerinsolation gefördert wurde, welche den Umbau von den bis dato verbreiteten lichtliebenden Waldgesellschaften zu Schattholzgesellschaften begünstigte (MAGNY et al. 2013) und somit der *Ulmus*-Rückgang primär klimatisch verursacht wurde. So setzt der initiale *Ulmus*-Rückgang mit einer gewissen Reaktionszeit zum von BERGER & LOUTRE (1991) ermittelten Sommerinsolationsmaximum zwischen 10000 und 9000 cal. BP ein, was auch in Abb. 24 zum Ausdruck kommt. Den Radiokarbondatierungen aus dem Mehlblockmoos und der Auerberggegend (KÜSTER 1988) zufolge umfassen die sinkenden *Ulmus*-Kurvenverläufe

im bayerischen Allgäu einen Zeitraum von 2000 bis 3000 Jahren. Modifizierend kommt im Rahmen der *Ulmus*-Verdrängung menschliche Einflussnahme mit praktizierter Rodung, Schneitelwirtschaft und Waldweide hinzu. So ist im westlichen Bodenseegebiet (z.B. RÖSCH 1987, RÖSCH 1990, EUSTERHUES et al. 2002) der Mensch schon zu einem landschaftsprägenden Faktor geworden.

Im späten Atlantikum kann sich *Fagus* nur langsam gegen die starke Konkurrenz bereits etablierter Baumarten durchsetzen. Die Ausbreitung wird besonders durch die schon erfolgte Entfaltung von *Abies* und *Picea* erschwert.

6.2.4.4 Subboreal

Infolge der retardierten Akkumulationsrate ist das gemäß den auf Warvenaltern basierenden Pollenstratigraphien des Meerfelder Maares (KUBITZ 2000) und des Steißlinger Sees (EUSTERHUES et al. 2002) knapp 3500 Jahre andauernde Subboreal (309-273 cm) auf nur wenigen Dezimetern gedrängt. Die sinkenden oder gar völlig fehlenden *Amphitrema*- und *Assulina*-Nachweise (Kap. 6.2.5) bezeugen ein Abtrocknen des oberflächennahen Moorkörpers, worauf auch insbesondere der am Ende des Subboreals auftretende *Pinus*-Gipfel hindeutet. Vermutlich handelt es sich sogar zeitweise um Stillstandskomplexe mit daraus resultierenden Schichtlücken, die in Straten erhöhter Pollenkonzentration zu finden sein dürften. Auch von anderen Lokalitäten ist eine Verlangsamung des Torfwachstums und entsprechende *Pinus*-Ausbreitung bekannt, so z.B. aus dem Ammergebirge (BLUDAU 1985), aus dem Bregenzer Wald und der Adelegg (LANGER 1962), dem oberen Illertal (SCHMEIDL 1962) und teilweise aus den von KÜSTER (1988) bearbeiteten Mooren im Auerberggebiet. Vergleicht man die beiden *Fagus*-Gipfel im späten Subboreal und im einsetzenden Subatlantikum und den dazwischen befindlichen kleineren *Pinus*-Peak mit der Pollenstratigraphie des Mehlblockmooses unter der Annahme synchroner Kurvengipfel, so dürften im Dürrenbühlmoos knapp 2000 Jahre des Jüngeren Subboreals infolge eines Hiatus fehlen.

Mit Beginn des Subboreals vollzieht sich die weitere Ausbreitung von *Fagus*. *Abies* und *Picea* sind von der Expansion nahezu unbeeinflusst. Betroffen sind die lichtbedürftigen Laubgehölze, die allmählich dem steigenden Konkurrenzdruck nicht mehr standhalten können und entsprechend zurückgedrängt werden. Schließlich gelangt *Fagus* im gemischten Bergwald zur Vorherrschaft. In der zweiten Diagrammhälfte des Subboreals tritt erstmals *Plantago lanceolata* bei zugleich leicht erhöhten Poaceen-Werten auf. Die *Fagus*-Expansion hat sich aber schon vorher ohne anthropogenes Zutun ereignet.

6.2.4.5 Subatlantikum

Im frühen Subatlantikum (ab 273 cm) kommt es zu einer ersten signifikanten Öffnung der Landschaft, wobei vorrangig *Fagus*-Bestände gerodet werden. Zu Zwecken der Viehwirtschaft wird Grünland geschaffen. Neben Wiesen- und Weidezeigern (*Poaceae*, *Plantago lanceolata*-Typ und *Juniperus*) häufen sich die Nachweise verschiedener Taxa, die Ruderalstandorte und Trittvegetation anzeigen (*Plantago major/media*-Typ, *Urticaceae*, *Chenopodiaceae* und *Artemisia*). Der Ackerbau hat gemäß den Einzelfunden des *Hordeum*-Typs nur geringe Bedeutung und besitzt infolge der ¹⁴C-Datierung ein eisenzeitliches Alter. Auf ungenutzten bzw. brachgefallenen Flächen leitet *Betula* als Pioniergehölz eine Sekundärsukzession ein.

Die nächste Rodungsphase dürfte in Zusammenhang mit der römischen Okkupation stehen. Die in diesem Diagrammbereich durchgeführte Radiokarbondatierung verweist jedoch wie die im weiter im Liegenden befindliche auf ein eisenzeitliches Alter, wobei die kalibrierten Altersdaten eine Überschneidung von 50 Jahren aufweisen. Die niedrige Pollenkonzentration impliziert ein ausgesprochen schnelles Wachstum zwischen beiden Datierungen. Die Datierung im Liegenden könnte aufgrund postsedentärer Durchwurzelung zu jung ausfallen, das inverse Alter der anderen ist vielleicht durch Vermischung infolge Viehtritts verursacht. Es wäre doch sehr verwunderlich, wenn sich die Römerzeit hier im Pollendiagramm nicht entsprechend niederschlagen würde, da sich die untersuchte Lokalität nur etwa 8 km östlich des heutigen Kemptens befindet. Vergleiche mit dem Profil Mehlblockmoos zeigen aber einige Übereinstimmungen der dort ausgeschiedenen Römerzeit. So erfahren *Abies*, *Fagus* und *Ulmus* ähnliche Depressionen in ihrem Kurvenverlauf. Auch ist eine durch Auenlehmbildung begünstigte *Alnus*-Ausbreitung zu konstatieren. Zudem sind nahezu kongruente Wald-Offenlandverhältnisse mit zwei Nichtbaumpollenpeaks im Mehlblockmoos und drei im Dürrenbühlmoos zu verzeichnen, bei welchen Poaceen den größten Anteil ausmachen. Die zwischenzeitlich erniedrigten Poaceen-Nachweise wie auch die geringere Häufigkeit anderer Kulturzeiger könnten Ausdruck der Alemanneneinfälle im Gebiet sein, die in die Jahre 233 n. Chr. und 259-260 n. Chr. gestellt werden (WEBER 1995). Dem pollenanalytischen Befund zufolge hat anfangs kein Ackerbau im Illertal zu dieser Zeit stattgefunden. Neben dem bevorzugten Holzeinschlag im gemischten Bergwald mit darauffolgenden Vorwaldstadien mit *Betula* und *Corylus* zeichnet sich eine Ausweitung der Weidewirtschaft und Zunahme von Ruderalstandorten ab. Mit dem Wegfall wertvoller landwirtschaftlicher Produktionsflächen in Oberschwaben und dem nördlichen Bodenseegebiet ab 260 n. Chr. sowie der Limesrückverlegung zur Iller wird nun auch im Kemptener Raum Ackerbau betrieben. Pollenanalytisch sind

der *Avena*-, der *Hordeum*- und der *Triticum*-Typ sowie *Secale cereale* belegt. Aufgrund drohender Alemannenvorstöße wird das bis dato östlich der Iller lokalisierte Cambodonum an eine geschütztere Stelle westlich der Iller verlagert (MACKENSEN 1995). In die späte Römerzeit fällt der erste *Juglans regia*-Einzelfund. *Castanea sativa* hingegen ist erst in der Völkerwanderungszeit in Spuren nachgewiesen.

Die bei 185 cm vorliegende Datierung mit einem Alter von 80-260 AD weist sicher eine falsche Zeitstellung auf. Würde man diese Datierung als valide ansehen, so wäre für die Römerzeit eine Walderholungsphase zu konstatieren, die über ein Sukzessionsstadium mit *Betula* und *Corylus* zur erneuten Ausbreitung des aus *Fagus*, *Picea* und *Abies* zusammengesetzten Bergwaldes führt. In den aufgelichteten Wäldern kann sich auch *Carpinus* vor Erreichen des Hochwaldstadiums etwas entfalten und auch *Fraxinus* wird wieder bedeutsamer. Hierbei ist allerdings von einer während der Völkerwanderungszeit ablaufenden Erholungsphase auszugehen, in welcher der römertlich betriebene Ackerbau eingestellt wird und die Nachweise vieler sekundärer Kulturzeiger zurückgehen oder gar völlig aussetzen. Von archäologischer Seite her ist von einer Diskontinuität bis ins Frühmittelalter auszugehen (KIRCHBERGER 1995).

Eine erneute Öffnung der Landschaft mit wieder aufkommender stärkerer Landnutzung – neben Weidewirtschaft wird auch wieder Ackerbau betrieben – setzt im frühen Mittelalter ein und könnte mit der Gründung des Benediktinerklosters im heutigen Stadtgebiet von Kempten um etwa 750 n. Chr. zusammenfallen (JERZ 1983c, KIRCHBERGER 1995). Die Holzentnahme betrifft vor allem die Hauptbestandbildner des gemischten Bergwaldes. Der Mensch greift nun auch in die Auenbereiche der Iller ein. Die abfallende *Alnus*-Kurve und untergeordnet auch die von *Fraxinus* lassen eine aufkommende Niederwaldnutzung vermuten, welche bis in die 50er Jahre des letzten Jahrhunderts weiträumig in den Auen der nordalpinen Flusslandschaften praktiziert wurde (MÜLLER 1995).

Im Laufe des Hochmittelalters, dessen Beginn in etwa durch die bei 157 cm niedergebrachte Radiokarbondatierung mit einem Alter von 995-1154 AD markiert wird, folgen weitere Rodungswellen und die landwirtschaftlichen Produktionsflächen (Grünland und Ackerland) werden ausgeweitet. *Quercus* wird zu Zwecken der Schweinemast gefördert. In den aufgelichteten Waldbeständen und auf Sukzessionsflächen breiten sich *Betula* und *Corylus* aus. Das Aufkommen von *Juniperus* im Unterwuchs der Wälder bezeugt die Bedeutung der Waldweide. Neben dem im Vergleich zum Frühmittelalter intensivierten Getreideanbau, wobei der *Avena*-Typ zusammen mit *Secale cereale* den Großteil der Cerealia-Nachweise ausmacht, wird auch *Cannabis sativa* kultiviert.

Wie im Profil Mehlblockmoos lässt sich eine genaue Zuordnung bestimmter Vegetationsveränderungen zu Abschnitten des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit mangels ^{14}C -Datierungen nur unter Vorbehalt vornehmen. Eine Phase verringerter Kulturzeigeranteile mit sukzessionsbedingter *Betula*-Expansion, die mit den Pestepidemien und klimatischen Veränderungen des Spätmittelalters in Verbindung zu bringen wäre, zeichnet sich erst ab, als sich *Pinus rotundata* schon im Moor ausgebreitet hat. Hierin ist aber der Niederschlag des 30-jährigen Kriegs zu sehen, der im Allgäu einen eklatanten Bevölkerungsrückgang mit sich brachte (WEITNAUER 1971). Das Spätmittelalter, währenddessen im Stiftkemptischen verstärkt die Egartenwirtschaft praktiziert wurde (HERRMANN 1984), ist wie das Hochmittelalter im Pollendiagramm auf nur wenigen Zentimetern repräsentiert. Die Grenze zur frühen Neuzeit ist mangels Datierung unklar. Auch stellt sich in diesem Kontext die Frage nach dem Beginn der Ausbreitung von *Pinus rotundata* in den Mooren des Kempter Waldes. Ist die initiale Expansion in das ausgehende Mittelalter oder die frühe Neuzeit zu stellen?

In der frühen Neuzeit werden die noch vorhandenen Bergmischwaldbestände weiter dezimiert. Nach den Wirren des 30-jährigen Kriegs, mittlerweile durchschneidet eine neue Landstraße den Kempter Wald (WEITNAUER 1971), gehen die Pollenfrequenzen von *Corylus*, *Betula* und *Quercus* sowie verzögert auch von *Abies* sowie *Fagus* zurück. Die *Tilia*-Funde setzen über einige Proben hinweg sogar völlig aus. *Picea* bestimmt fortan das Bild der stark übernutzten Wälder und die Moore des Kempter Waldes dürften schon großflächig von Spirkenwäldern bestanden sein. *Juglans* und *Castanea* werden weiterhin angepflanzt.

Ab 85 cm verharrt die Pollenkonzentration auf durchweg niedrigem Niveau, was eine deutlich erhöhte Torfakkumulationsrate anzeigt. Die ^{14}C -Datierung in dieser Tiefe weist ein erheblich zu junges Alter auf. Die Probe ist nicht kalibrierbar, da diese in den Bereich des Bombenpeaks der 1950er Jahre fällt (schriftl. Mitt. Dr. Scharf). Folglich ist von einem durch den Kernwaffeneffekt verursachten zu niedrigen radiometrischen Alter auszugehen. Der hier datierte Zeitpunkt maximaler Offenlandanteile korrespondiert mit der ebenfalls fehlerhaften ^{14}C -Datierung aus dem Mehlblockmoos bei 55 cm. Dafür stehen übereinstimmende pollenstratigraphische Muster, so z.B. der kurz zuvor auftretende *Pinus*-Gipfel bei zugleich bereits stark abgesunkenen Pollenfrequenzen von *Abies* und *Fagus*. Im weiteren Verlauf des 19. Jahrhunderts werden zusehends Ackerbauflächen in Dauergrünland umgewandelt oder aufgeforstet. Der Großteil der Waldflächen wird von dem forstwirtschaftlich begünstigten Gehölz *Picea* aufgebaut. Die Schwankungen im Totaldiagramm bis zur Gegenwart sind wie beim Profil Mehlblockmoos in erster Linie auf Schlagphasen der Altersklassenwälder zurückzuführen.

Zudem könnten Auswirkungen der beiden Weltkriege und dabei insbesondere der Nachkriegsjahre ihren Niederschlag finden.

In den oberen 25 cm treten Einzelfunde vom *Xanthium spinosum*-Typ auf, die im Pollendiagramm nicht aufgeführt sind. Hierbei handelt es sich vermutlich um Pollenkörner von *Ambrosia artemisiifolia*. Dieser Neophyt gelangte im 19. Jahrhundert ins Allgäu (DÖRR & LIPPERT 2004).

6.2.5 Moorentwicklung

Wie im westlichen Mehlblockmoos wurde die Moorentwicklung anhand der stratigraphischen Abfolge des Bohrkerns (Tab. 14) sowie zweier durch das Moor gelegte Transekte rekonstruiert, die im zentralen Moorbereich mit Georadarprofilen kombiniert sind (Abb. 34). Das Längsprofil (= Transekt A) verläuft in N-S-Richtung, das Querprofil (= Transekt B) von West nach Ost. Die Bohrintervalle betragen 10 m Horizontaldistanz, in den Randbereichen wurde das Moor bedarfsweise in Abständen vom 5 m abgeteuft.

Das Moor wird basal durch Beckenton mit untergeordneten Grusanteilen abgedichtet, der in den oberen 5 bis maximal 10 cm als grusfreier Seelehm ausgebildet ist. Bei 593 cm sind stark zersetzte Holzfasern in den Beckenton eingebettet, welche keine nähere Bestimmung zuließen (Tab. 14). Die Sedimentmächtigkeit ist unklar, da nur an den Moorrändern die ausdünnenden Beckentone durchteuft werden konnten, wo im Liegenden bindiges Moränenmaterial ansteht (Abb. 35). Über der Seelehmlage finden sich dort lokal geringmächtige Seekreideabsätze. Im südlichen Teil des Moores ist eine Lebermuddenlage ausgebildet. Ansonsten geht der Seelehm in etwa 5 cm mächtige schluffige Tonmudde über, die von einer stark zersetzten Torfmudde ohne erkennbare Pflanzenreste abgelöst wird. In den Radarprofilen wird der Basisreflektor oft nur schwach abgebildet (Abb. 36 bis 38). Auf die Torfmudde folgen bis 325 cm unter Flur verschiedene zusammengesetzte Niedermoortorfe, deren Wachstum im Präboreal einsetzt. In den Niedermoortorfen konnten die Moosarten *Calliergon stramineum* und *C. trifarium*, *Calliergonella cuspidata* und einmalig *Scorpidium scorpioides* bestimmt werden. Auf Gattungsebene ließ sich *Drepanocladus* spec. identifizieren. Unter den Gefäßpflanzenresten fanden sich *Carex rostrata* und *Phragmites australis*. Die Makrorestfunde von *Phragmites australis* setzen im Bohrkern bei 513 cm völlig aus.

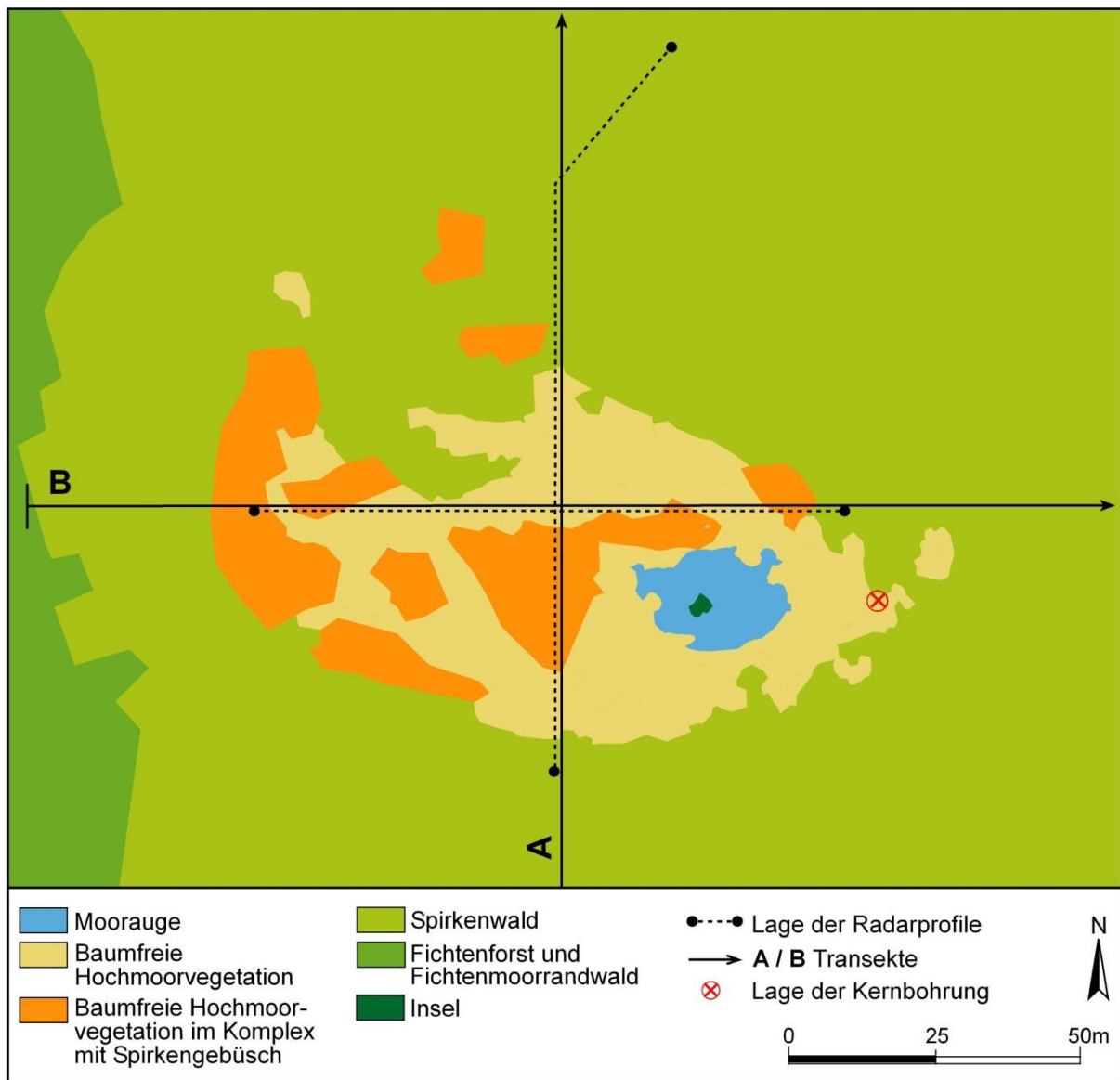


Abb. 34: Verlauf der Radarprofile im Dürrenbühlmoos.

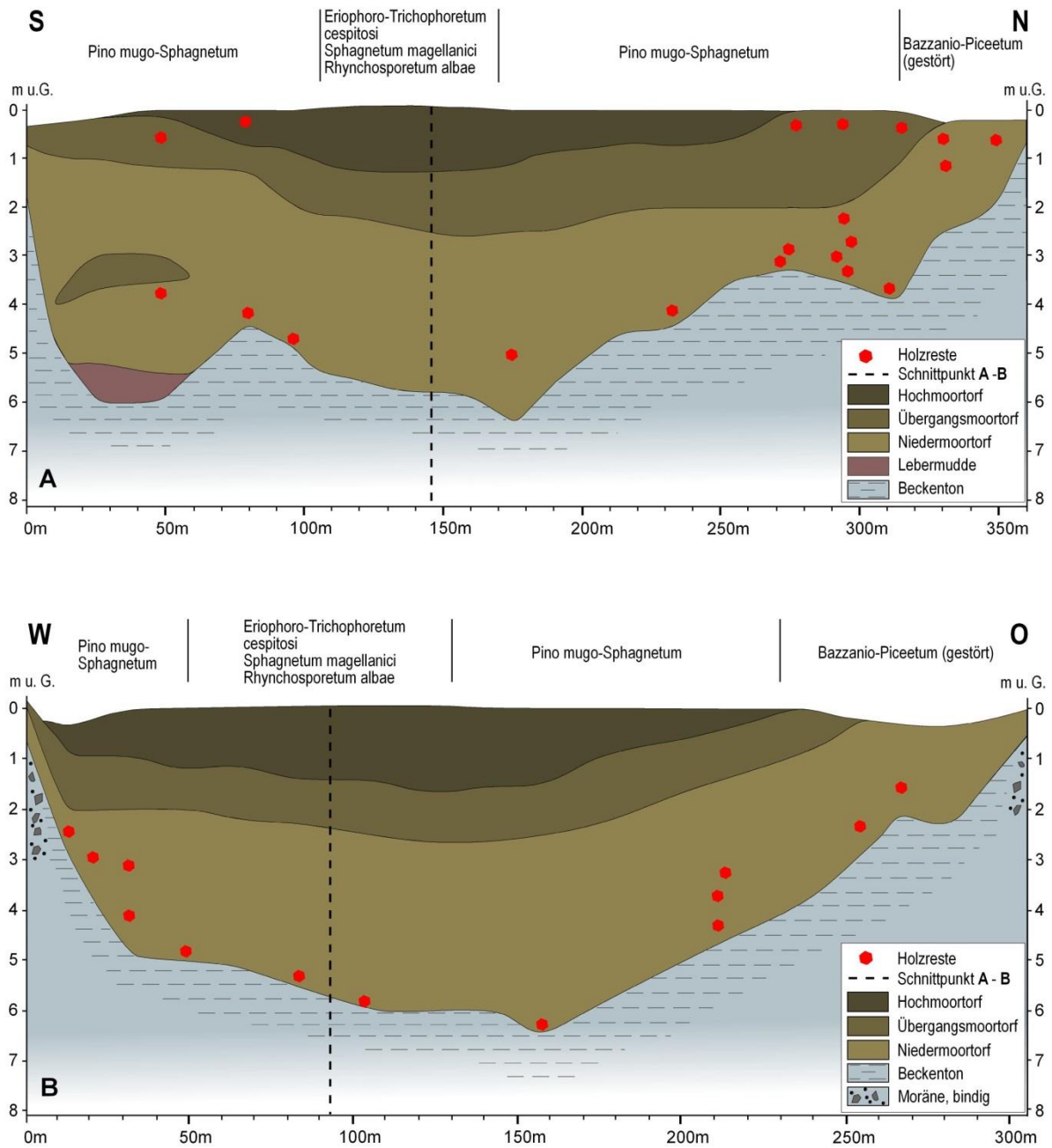


Abb. 35: Stratigraphie und heutige Vegetation des Dürrenbühlmooses gemäß zweier Transekte.

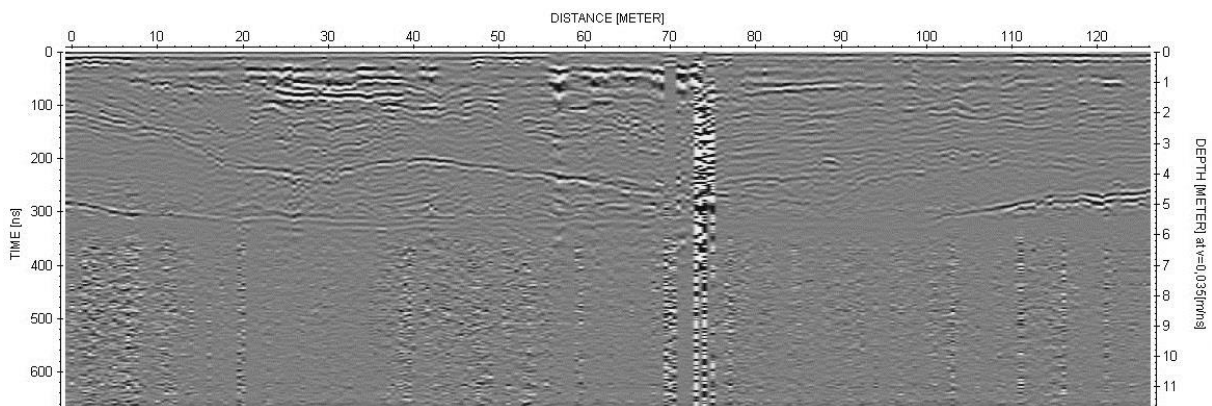


Abb. 36: Radargramm (100 MHz) durch Hochmoorweite in S-N-Richtung verlaufend.

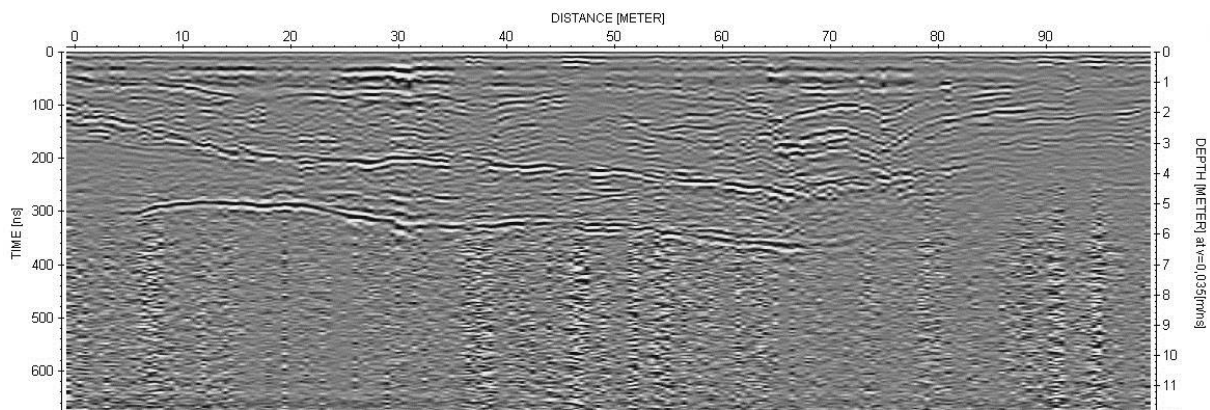


Abb. 37: Radargramm (100 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.

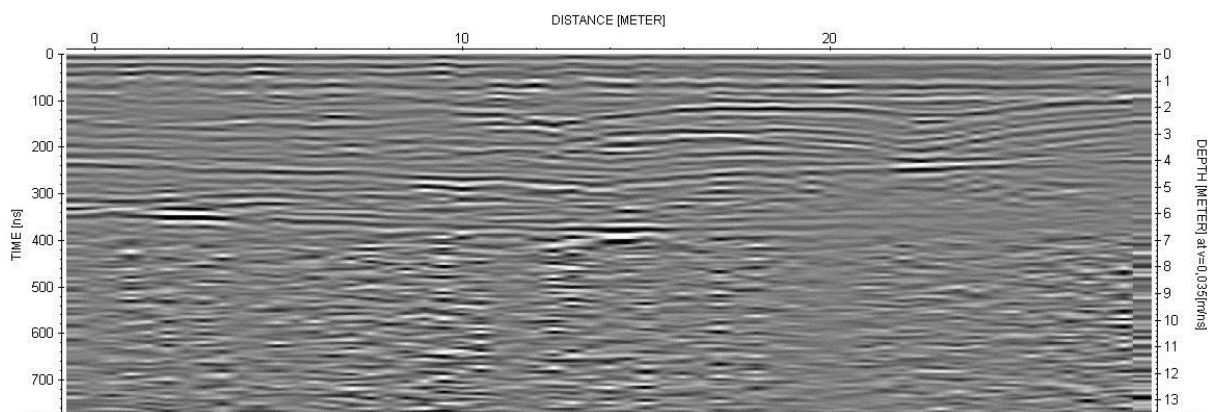


Abb. 38: Radargramm (50 MHz) durch die Hochmoorweite in W-O-Richtung verlaufend.

In der Vorwärmezeit sind Seggenriede im Moor verbreitet, die vermutlich reich an *Equisetum* waren. Im Bohrkern (Tab. 14) sind *Pinus*-Holzreste zwischen 533 und 524 cm in den Torf eingebettet, die gemäß Pollenstratigraphie und der ^{14}C -Datierung bei 517 cm eine spätpräboreale bis frühboreale Altersstellung besitzen. Weitere Hölzer dieses Taxons konnten in basalen Straten der Flachmoortorfe ausgemacht werden. *Pinus* ist also zeitweise im Moor gewachsen.

Pollenfloristisch zeigt sich im Boreal eine zweiphasige starke Ausbreitung des *Avena*-Wildgrastyps, welche sich im frühen und späten Boreal ereignet. Hierin ist die Entfaltung von *Phragmites australis* in nährstoff- und basenreichen Großseggenrieden zu sehen. Ursächlich sind Schwankungen des Grundwasserspiegels, die konform mit den Schwankungen des Ammerseespiegels (KLEINMANN 1995) zu verlaufen scheinen. Dazwischen liegt eine Phase erniedrigter Wasserstände. Im Pollendiagramm äußert sich dies in den erhöhten *Sphagnum*-Werten im mittleren Boreal, welche kurze Abtrocknungsphasen des Moores widerspiegeln (BLUDAU 1985). Ob im Boreal noch Restflächen des einstigen Sees vorhanden waren, muss offen bleiben. Im gesamten Frühholozän sind nur zwei Pollenkörner reiner Wasserpflanzen (*Nymphaea alba* und *Nuphar*) gefunden worden. Ins Boreal datieren auch Einzelfunde des

Pedicularis palustris-Typs und von *Epipactis*, die allerdings nicht im Pollendiagramm aufgeführt sind. Daneben sind den Pollennachweisen zufolge u.a. *Menyanthes trifoliata* und *Thelypteris palustris* in den Niedermoorbeständen vorgekommen. Die Kurvengipfel der coprophilen Pilze sind schwer interpretierbar. Die Nachweise beschränken sich ausschließlich auf den *Cercophora*-Typ, der nicht nur Dung zersetzt, sondern auch viele Spezies beinhaltet, die auf anderem Substrat verbreitet sind (CUGNY, MAZIER & GALOP 2010).

Im Atlantikum gehen die Pollenfrequenzen niedermoortypischer Taxa zurück. Es zeichnet sich ein allmählicher Wandel der ökologischen Bedingungen ab. Stellenweise sind Übergangsmoorstadien erreicht. Im Pollenspektrum werden u.a. der *Vaccinium*-Typ und der an *Eriophorum vaginatum* adaptierte Typ-18 häufiger. Im Bohrkern (Tab. 14) sind noch bis 325 cm reine Niedermoor torfe vorhanden. Darauf sind in dem stärker zersetzten Seggentorf erste Reste von *Eriophorum vaginatum* und Ericaceen beigemischt, ferner auch Sichelrestchen von *Sphagnum*. Bei den *Carex*-Resten konnten *Carex lasiocarpa* und *C. rostrata* identifiziert werden. In den beiden Transekten (Abb. 35) konnte mit einer Ausnahme im südlichen Moorbereich erst ab einer Tiefe von rund 2 m eindeutig bestimmbarer Übergangsmoortorf ausgemacht werden, was aber teilweise methodisch durch die Pürckhauer-Bohrungen bedingt sein dürfte. Im südlichen Moorbereich ist allerdings schon in größerer Tiefe Zwischenmoortorf sicher abgrenzbar. Dort ist auch eine Lebermuddenlage ebenso unbekanntes Alters ausgebildet.

Der höhere Zersetzungsgrad des im ausgehenden Atlantikums gebildeten Torfes bleibt im Subboreal bestehen. Die sinkenden oder gar völlig fehlenden *Amphitrema*- und *Assulina*-Nachweise stehen in Verbindung mit den erhöhten *Calluna*-Funden für ein Abtrocknen des oberflächennahen Moorkörpers. In diesem Zusammenhang ist auch der am Ende des Subboreals auftretende *Pinus*-Gipfel zu sehen (Kap. 6.2.4.4). Es ist von zeitweiligen Stillstandskomplexen mit daraus resultierenden Schichtlücken auszugehen. Solche Stillstandskomplexe sind rezent z.B. aus dem Ammergebirge (KAULE 1976) bekannt. In den Radarprofilen (Abb. 36 und 37) ist ein ausgeprägter Zwischenreflektor zwischen ungefähr 200 und 400 cm Tiefe erkennbar. Dieser ist in Verbindung mit der starken Verlangsamung des Torfwachstums und den Hiaten zu sehen. Die Torfe im Hangenden sind wesentlich schneller aufgewachsen und entsprechend gering kompaktiert. Im Gegensatz dazu ist die Lagerungsdichte der bis ins frühe Subatlantikum gebildeten Torfsubstanz hoch, was sich im Bohrkern mit deutlich dichter gelagertem Torf ab etwa 260 cm offenbart und auch bei den Transektbohrungen durch Bohrwiderstände in zu den Radarogrammen korrespondierenden Tiefenlagen

reflektiert ist. Möglicherweise wird die Reflektion durch unterschiedliche Zersetzungsgrade der subborealen und subatlantischen Torfe verstärkt.

Der im Bohrkern ab rund 200 cm ausgebildete Bleichmoos-Wollgrastorf weist schon ein Arteninventar auf das in etwa dem des an der Oberfläche stockenden *Sphagnetum magellanicum* entspricht. Pollenfloristisch erwähnenswert sind Funde von *Drosera* und *Scheuchzeria palustris*. Ab 133 cm ist *Amphitrema flavum* – abgesehen von einer kurzen Phase – nur noch vereinzelt nachweisbar. Zeitweilig fallen auch die Funde von *Assulina muscorum* völlig aus. Hierin kommen im Moor unternommene Entwässerungsmaßnahmen zum Ausdruck. Damit einher geht der progressive Kurvenverlauf von *Pinus*. Die sich zum Zentrum des Moores vorbauenden *Pinus rotundata*-Bestände bilden sich deutlich verzögert in den ersten dem Polleninhalt beigemengten *Pinus*-Spaltöffnungen ab. Bei den Transektbohrungen konnten auf der Freifläche ab etwa 200 cm auch Stengelbasen von *Trichophorum cespitosum* identifiziert werden. Ab rund 100 cm sind wieder höhere Anteile des Extrafossils *Assulina muscorum* registriert, was für einen wieder nahe bis zur Oberfläche angestiegenen Moorwasserspiegel spricht.

Sowohl im Mehlblockmoos als auch im Dürrenbühlmoos sind die Torfe als extrem nass anzusprechen bzw. weisen einen durchgehend hohen Wassergehalt auf, da die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit des Radars praktisch konstant bei ca. 0,035 m/ns liegt. Nach DAVIS & ANNAN (1989) beträgt die Geschwindigkeit in Süßwasser 0,033 m/ns. Dieser Sachverhalt wird durch die durchgeführten Transektbohrungen bestätigt, bei denen auf der Freifläche oft nur der Russische Kammerbohrer die nassen Torfe zu bergen vermochte. Infolge des zunehmenden Kompaktionsgrades mit der Tiefe konnten auch mit dem Pürckhauer die wasserübersättigten Torfe an die Oberfläche transportiert werden. Gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Radarwellen mit 0,035 m/ns wurden von SASS et al. (2010) ermittelt, ähnliche von COMAS, SLATER & REEVE (2005, 2011) mit 0,0355 m/ns und 0,036 m/ns sowie von PLADO et al. (2011) und PARSEKIAN et al. (2012) mit im Mittel 0,036 m/ns. Die Unter- und Überschreitungen der mittels Radar angezeigten Torfmächtigkeiten gegenüber der Tiefenlage der mineralischen Sedimentobergrenze (Abb. 39) können durch die zugrunde gelegte einheitliche Ausbreitungsgeschwindigkeit hervorgerufen werden, wodurch variable Wassergehalte und Porositäten im Untergrund außer Acht gelassen werden (PARRY et al. 2014). Die Lage von entlang der Bodenradaruntersuchungen befindlichen Schlenken lässt sich den Radargrammen im Regelfall nicht entnehmen. Nur das in S-N-Richtung verlaufende Radarprofil vom Dürrenbühlmoos (Abb. 36) zeichnet an zwei Stellen (Profilmeter 56 bis 59 und 71 bis

74) Schlenkenstrukturen im oberen halben Meter nach, wo tiefere Schlenken zu den ansonsten nur flachen erfasst wurden. Wassererfüllte Schlenkenformationen und Tümpel konnten auch COMAS, SLATER & REEVE (2004, 2005, 2011) mittels Georadar detektieren.

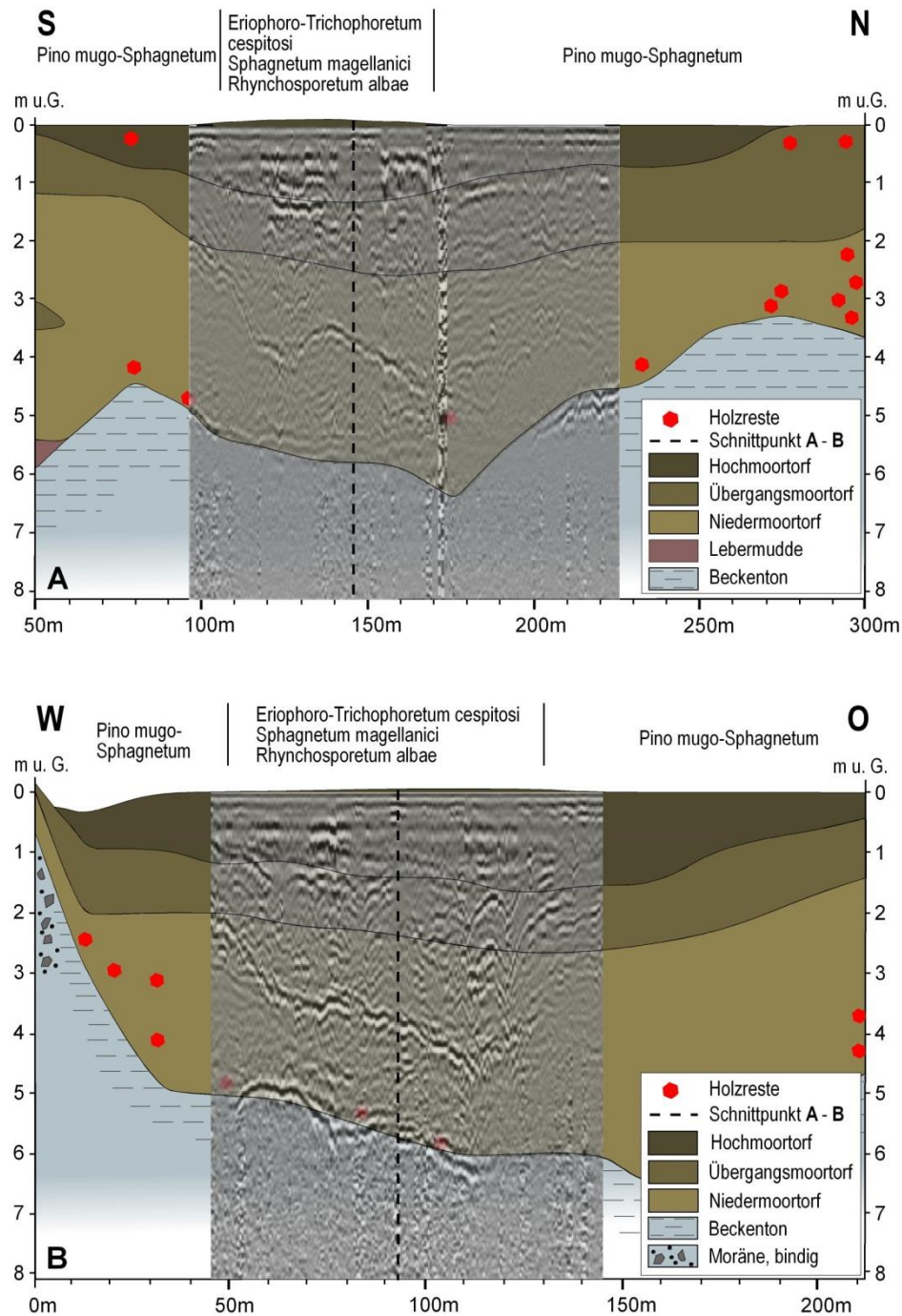


Abb. 39: Stratigraphie und heutige Pflanzengesellschaften des Dürrenbühlmooses gemäß zweier Transekte in Kombination mit den Radarprofilen.

Obwohl die Radarprofile in beiden Mooren bei den Anfangs- und Endmetern jeweils in noch lichten Spirkenwaldabschnitten gelegen sind, wirken sich durch Bäume bedingte Reflektionen

der Luftwellen nicht störend im Radargramm aus, was bei anderen Untersuchungen die Ergebnisse teils schmälerte (z.B. LOWRY, FRATTA & ANDERSON 2009).

In den oberen Profildezimetern vollzieht sich der Wechsel zu von Bleichmoosen dominiertem Torf. Neben den Haupttorfbildnern *Sphagnum magellanicum* und *S. rubellum* sind im Bohrkern *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia* und *Vaccinium oxycoccus* Bestandteil des Hochmoortorfes.

Bei unternommenen Sondierungsbohrungen am westlichen und südlichen Rand des Moores zeigte sich im Übergang zu den ansteigenden Moränenrücken noch ein besonderes Phänomen. Dort sind geringmächtige Hangmoorabschnitte auf Geschiebelehm ausgebildet, die abschnittsweise bis zum Kulminationspunkt der Moränenzüge reichen. Bereits PAUL & RUOFF (1932) weisen darauf hin, dass im Kempter Wald Moore nicht nur in Geländemulden liegen, sondern auch Hangmoore weit verbreitet sind, die sich mitunter über Kuppen hinweg ausbreiten. RINGLER & DINGLER (2005) sehen im Kempter Wald sogar örtlich Deckenmoorkomplexe verwirklicht, welche mosaikartig aus verschiedenen hydrogenetischen Moortypen zusammengesetzt sind.

6.3 Rezentpollenanalysen in den Mooren des Kempter Waldes

Bei der Gewinnung der Oberflächenproben im Jahr 2011 wurden nur die obersten Bereiche der vitalen *Sphagnum magellanicum*-Pflänzchen mit einem Messer abgetrennt, abgestorbene Bereiche wurden nicht berücksichtigt. Wahrscheinlich sind in den nach der Blütezeit genommenen Moospolsterproben im Gegensatz zu Pollenfallen mehrere Jahre repräsentiert, was die hohen Torfakkumulationsraten auf den ombrotrophen Freiflächen – abgeleitet aus den beiden jüngsten Radiokarbondatierungen – nahelegen. Die Ergebnisse der Rezentpollenanalysen sind in Tab. 17 dargestellt.

Der Polleninhalte der auf den Freiflächen der Moore untersuchten Oberflächenpollenproben (OPM1 und 2 sowie OPD1 und 2) gleicht den Pollenproben aus den oberen Zentimetern der jeweiligen Profile Mehlblockmoos und Dürrenbühlmoos, was angesichts der hohen Zuwachsraten in den oberen Bereichen nicht verwundert. Auffällige Unterschiede zwischen den beiden Mooren sind die höheren *Pinus*-Anteile im Mehlblockmoos, bedingt durch die wesentlich größeren von *Pinus rotundata* eingenommenen Flächen im näheren Umgriff und die höheren *Picea*-Anteile im Dürrenbühlmoos infolge der moornäher und zugleich exponiert stehenden sowie flächenmäßig weit verbreiteten Fichtenforste. Die höheren *Alnus*-Werte in den Moosproben des Mehlblockmooses dürften mit der südlich des Moores verlaufenden, von Erlenbeständen gesäumten Kirnach zusammenhängen. Die stärkere Beteiligung von *Betula*,

Calluna vulgaris und des *Vaccinium*-Typs im Pollenniederschlag des Dürrenbühlmooses ist moorbürtig, die von *Fagus* ist auf unweit des Moores stockende kleinere Buchenwaldbestände zurückzuführen.

Die beiden Rezentpollenproben aus den die mehr oder minder gehölzfreien Flächen umgebenden, ombrotrophen Spirkenwäldern (OPM 3 und OPD3) sind durch deutlich höhere *Pinus*-Anteile gekennzeichnet. Die übrigen Gehölze und dabei insbesondere *Picea* sind entsprechend geringer im Pollenspektrum repräsentiert. Zudem erreichen die Nichtbaumpollenanteile geringere Prozentwerte.

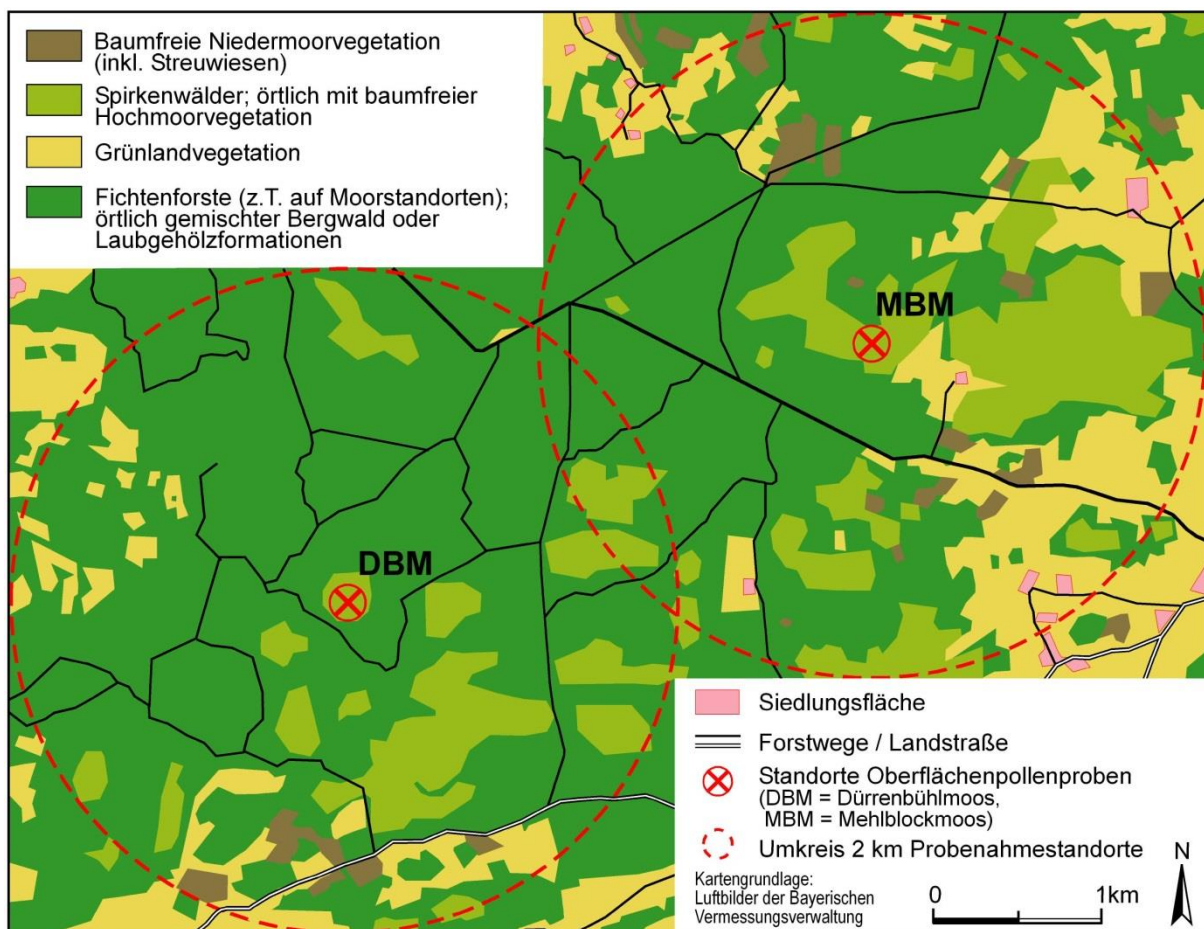


Abb. 40: Hauptvegetationstypen in einem Umkreis von zwei Kilometer der analysierten Moospolsterproben auf der Basis von aktuellen Luftbildkartierungen.

Vergleicht man die Wald-Offenlandverhältnisse aus Abb. 40 mit denjenigen der Rezentpollenanalysen und legt dabei einen Umkreis von 2 km als Hauptpolleneinzugsgebiet zugrunde, so zeigt sich bei den Proben OPD1 und OPD2 aus dem Dürrenbühlmoos eine relativ gute Übereinstimmung mit den gemäß der Luftbildkartierung ermittelten Offenlandanteilen. Dem Pollenbefund zufolge liegen die Offenlandanteile bei 12 bis 13 %, der Luftbildauswer-

tung nach bei ca. 10 %. Die Proben OPM1 und OPM2 aus dem Mehlblockmoos zeigen ein Wald-Offenlandverhältnis von etwa 85 zu 15 % an, was nicht mit den aus den Luftbildern abgegrenzten waldfreien Flächen im Einklang steht, die knapp 25 % ausmachen. Dies hängt mit den riesigen Spirkenflächen des Mehlblock- und Krankenmooses zusammen, wodurch scheinbar höhere Waldanteile durch die stark überrepräsentierten *Pinus*-Pollenkörner vorgetäuscht werden. Bei den in den Spirkenwäldern untersuchten Oberflächenproben OPM3 und OPD3 äußert sich der Sachverhalt der *Pinus*-Überrepräsentation im Pollenspektrum in einem verfälschten Wald-Offenlandverhältnis. Im westlichen Mehlblockmoos betragen die Nichtbaumpollenwerte nur rund 10 %, im Dürrenbühlmoos werden lediglich 8 % erreicht. Inwieweit *Picea* im Pollenniederschlag unterrepräsentiert ist, kann nicht exakt beantwortet werden, da weder Daten zum Bestockungsanteil einzelner Baumarten im Umkreis von 2 km vorliegen noch der jährliche Pollenflug in der Region erfasst wird, der insbesondere bei *Picea* (Blühjahre!) stark variiert. Wünschenswert wären Untersuchungen zum jährlichen Pollengehalt der Luft, wie sie in Tirol an ausgewählten Standorten seit den späten 1970er Jahren betrieben werden (z.B. BORTENSCHLAGER, BORTENSCHLAGER & FRANK 1984, BORTENSCHLAGER & BORTENSCHLAGER 1992, 2002, 2013). RÖSCH (2012) konnte anhand eines bekannten *Picea*-Bestockungsanteils feststellen, dass die Art im Pollenniederschlag nur halb so hohe prozentuale Gehalte erreicht wie deren tatsächlicher Anteil an der aktuellen Waldfläche in einem Umkreis von 2 km beträgt. Nach Einschätzung des Verfassers liegt für den Kempter Wald eine vergleichbare Unterrepräsentation vor. Aussagen zu durch Fernflug eingetragenen Pollenkörnern sind nicht möglich, da alle der identifizierten Palynomorphen-Typen auch Bestandteil der aktuellen Vegetation des Untersuchungsgebietes sind.

Neben der fehlenden Kenntnis des aktuellen Bestockungsanteils einzelner Baumarten und deren Pollenflug in den vorgegangenen Jahren ist die Aussagekraft der Ergebnisse der aus *Sphagnum*-Polstern gewonnenen Oberflächenproben aus folgenden beiden Gründen eingeschränkt:

- KÜSTER (1988) und PARDOE (1996) konnten einen kleinräumigen Wechsel im Polleninhalte von Moospolstern aufzeigen. Von daher ist es zielführend, die Ergebnisse der einzelnen Moospolsterbereiche bei ausreichender Probenzahl zusammenzufassen. So ergibt bei KÜSTER (1988) das Mittel von über 30 Rezentpollenproben ein annähernd richtiges Verhältnis der Wald-Offenlandverteilung.
- Der Polleninflux variiert in erster Linie klimatisch bedingt von Jahr zu Jahr teils beträchtlich (z.B. HICKS et al. 2001, VAN DER KNAAP, VAN LEEUWEN & AMMANN 2001).

Tab. 17: Pollen und Sporen in Oberflächenproben (in %) des Mehlblockmooses (= OPM) und Dürrenbühlmooses (= OPD).

Pollentypen:	OPM1	OPM2	OPM3	OPD1	OPD2	OPD3
Pinus	44,92	41,11	60,86	30,4	24,43	50,13
Picea	25,29	27,74	17,09	31,61	34,4	25,36
Abies	0,39	0,31	0,59	1,03	1,01	0,76
Fagus	2,02	1,85	1,09	9,04	10,23	6,05
Alnus (ausgeschlossen)	12,49	12,91	8	5,77	7,02	5,29
Quercus	1,78	2,09	1,26	2,5	2,79	1,85
Betula	4,73	4,4	3,87	7,49	7,86	4,28
Carpinus	0,47	0,54	0,08	0,78	0,76	0,34
Ulmus	0,39	0,46	0,25	0,17	0,17	0,08
Tilia	.	.	.	.	.	0,08
Acer	0,08	.	.	.	.	0,08
Fraxinus	1,71	1,85	0,93	1,64	1,61	0,92
Juglans	0,08	.	.	0,09	.	.
Castanea	.	0,08	0,08	.	.	.
Populus	0,08	.	.	0,09	.	.
Corylus	3,8	4,1	3,28	2,76	3,63	2,18
Salix	0,16	0,23	0,08	0,17	0,17	0,08
Viburnum	.	.	.	.	0,09	.
Poaceae	9,46	10,12	7,49	7,49	8,11	5,63
Plantago lanceolata	2,25	2,78	1,52	2,33	2,45	1,18
Plantago major/media-Typ	0,16	0,15	0,08	0,09	0,17	0,08
Cichoriaceae	0,23	0,31	0,17	0,17	0,17	0,17
Urtica	0,47	0,62	0,25	0,34	0,51	0,17
Ranunculus acris-Typ	0,16	0,23	0,17	0,26	0,17	.
Chenopodiaceae	0,23	0,15	0,17	.	0,08	.
Trifolium pratense-Typ	0,08	.	.	.	.	.
Matricaria-Typ	.	.	.	0,17	0,08	.
Senecio-Typ	.	.	.	0,34	0,25	0,08
Artemisia	0,16	0,08	0,08	0,09	0,17	0,08
Melampyrum	0,08	.	0,17	0,09	0,08	0,17
Rumex-Typ	0,47	0,31	0,08	0,17	0,17	0,08
Aquilegia-Typ	0,08	.	.	.	.	.
Daphne	.	.	.	0,09	.	.
Rubiaceae	.	.	.	.	0,08	0,08
Apiaceae	0,16	0,23	0,17	0,17	0,17	0,08
Brassicaceae	0,16	0,15	.	0,17	0,08	.
Campanulaceae	.	0,08	0,08	.	0,08	.
Summe Gehölzpollen	85,88	84,78	89,48	87,94	87,15	92,19
Summe Nichtbaumpollen	14,12	15,22	10,52	12,06	12,85	7,81
Bezugssumme (absolut)	1289	1294	1188	1161	1183	1191
Drosera	0,08	.	.	0,09	.	.
Vaccinium-Typ	0,16	0,08	0,42	1,47	1,95	3,69
Calluna vulgaris	.	0,15	0,08	0,61	0,93	1,34
Cyperaceae	3,96	4,41	3,62	1,38	1,53	1,09
Potentilla-Typ	.	.	.	0,09	.	.
Sphagnum	0,78	0,85	0,51	0,17	0,08	0,17
Polypodiaceae	0,39	0,31	0,17	0,09	0,34	0,17
Pteridium	.	.	.	.	0,08	.
Dryopteris	0,16	0,23	.	.	.	.
Thelypteris	0,08	.	.	.	.	.
Lycopodium	.	.	.	0,17	.	.

Bisherige Untersuchungen aus der Schweiz (VAN DER KNAAP & VAN LEEUWEN 2003, VAN DER KNAAP et al. 2010) zeigen eine klare Abhängigkeit der Pollenproduktivität bestimmter Taxa hinsichtlich der im Jahr zuvor aufgetretenen Sommertemperaturen. So erhöht sich die Pollenproduktion von *Picea abies* und *Pinus sylvestris* durch einen warmen Sommer im Jahr X im darauf folgenden Jahr Y. Kühlere Sommer und ein feuchtes Frühjahr hingegen sollen bei *Abies alba* die produzierte Pollenmenge im Folgejahr zunehmen lassen. Solche witterungsbedingten Änderungen des Pollengehaltes einzelner Taxa sind in den hier untersuchten Proben aufgrund des oben genannten Sachverhalts der Mehrjährigkeit nur untergeordnet ergebnisverändernd, sofern sich beispielsweise keine aufeinanderfolgenden pessimalen Jahre für das jeweilige Taxon ereignen. Von besonderem Interesse allerdings wäre das Blühverhalten von *Picea* in den letzten Jahren in der Region des Kempter Waldes. Denn tendenziell sind vesiculate Pollenkörner wie die von *Pinus* und *Picea* in Moospolsterproben im Vergleich zu Pollenfallen eher überrepräsentiert (PARDOE et al. 2010), was aber für *Picea* nicht festgestellt werden konnte.

6.4 Unterer Inselfsee

6.4.1 Kernstratigraphie

Die Stratigraphie des pollenanalytisch untersuchten Kerns ist Tab. 18 zu entnehmen. Der Bohrpunkt befindet sich am Südwestufer des Sees (RW 3596819, HW 5279548).

Tab. 18: Lithostratigraphie der Bohrung Unterer Inselfsee.

Tiefe in cm	Sediment/Sedentat	Weitere Anteile	Farbe	Bemerkung	Zersetzungsgrad nach von Post
0-106	Seggen-Erlen-Bruchwaldtorf	Braunmoosreste, Birkenhölzer	schwarz bis bräunlich schwarz	vererdet von 0 bis 24 cm; 0 bis 4 cm rezent durchw.	H5-10
106-112	Torfmulde	-	schwarz	-	H6
112-124	Kalkmulde	Conchylien	bräunlich schwarz bis dunkelgräulich gelb	-	-
124-131	Mulde	vereinzelt Conchylien	bräunlich schwarz	unscharfe Grenze zum Liegenden	-

Tab. 18: Fortsetzung.

131-158	Kalkmudde	Conchylien	fahl gelb	-	-
158-168	Mudde	Conchylien	dunkelolivbraun	-	-
168-281	Seekreide	Conchylien	gelblich braun	schwach gebändert	-
281-300	Seekreide	vereinzelt Conchylien, Ton	gräulich gelb	-	-
300-365	Seekreide	Conchylien	gelblich braun	schwach gebändert	-
364-413	Seekreide	Conchylien	fahl gelb	*	-
415-465	Seekreide	Conchylien	gräulich gelb	-	-
465-470	Seekreide	Conchylien	fahl gelb	schwach gebändert	-
470-476	Seekreide	Conchylien	gräulich gelb	-	-
476-483	Seekreide	Conchylien	grau und gelb	Wechsella- gerung	-
483-498	Seekreide	Conchylien	fahl gelb	-	-
498-529	Seekreide	-	grau	524-529 cm dunkelgrau	-
529-567	Seekreide	-	fahl gelb	-	-
567-583	Seekreide	-	gräulich oliv	gebändert	-
583-588	Seekreide/ Beckenton	Schluff, Grus	grau	-	-
588- >720	Beckenton	Schluff, Feinsand	bläulich grau	-	-

*teils dunklere Lagen und leicht rötliche Lagen eingeschaltet

6.4.2 Radiokarbondatierungen

Die vorliegenden ^{14}C -Daten sind in Tab. 19 aufgeführt und in Abb. 41 graphisch anhand eines Zeit-Tiefen-Diagramms veranschaulicht.

Tab. 19: AMS-¹⁴C-Daten aus dem Bohrkern Unterer Inselsee. Datierung durch Dr. W. A. Keller am Geographischen Institut der Univ. Zürich und dem Institut für Teilchenphysik der ETH-Hönggerberg (2003) sowie durch Dr. A. Scharf am AMS-Labor Erlangen des Physikalischen Instituts der Univ. Erlangen-Nürnberg (2011). Kalibriert (für cal. BP-Alter) mit CALIB 7.01.

Labor-Nr.	Tiefe in cm	Probenmaterial	konv. ¹⁴C-Alter BP	Delta ¹³C	Alterszeit-spanne cal. BP (2 σ)	Alterszeitspanne cal. BC (2 σ)
Erl-16262	73	Blattreste	2256±46	-28,0	2153-2278	204-329
Erl-16263	149	Seggen-samen	7192±56	-18,6	7935-8161	5986-6212
Erl-16264	253	Holz	2488±43	-27,8	2425-2736	476-787
Erl-16265	381	Blatt- u. Wurzel-reste	9550±74	-21,5	10664-11162	8715-9213
Erl-16266	474	Blattreste	9306±71	-23,0	10278-10681	8329-8732
UZ-4885	517	Holz	10470±85	-23,7	12076-12682	10127-10679
UZ-4886	531	Kiefern-nadel	10610±95	-19,7	12376-12729	10427-10780
UZ-4887	539	Holz	11380±90	-20,0	13074-13404	11125-11455
UZ-4830	550	Holz	11760±90	-29,5	13431-13763	11482-11814
UZ-4831	571	Holz	12210±95	-30,9	13776-14565	11827-12616

Gemäß den ¹⁴C-Daten ergibt sich für das Spätglazial eine relativ gleichmäßige Seekreidebildungsrate, welche im Frühholozän auf vergleichbarem Niveau liegt. Für das weitere Holozän lassen sich infolge der drei inversen Radiokarbondatierungen und der nur einen validen ¹⁴C-Datierung keine Änderungen in der Wachstumsgeschwindigkeit ableiten. Es ist jedoch offensichtlich, dass es mit dem Erliegen der Seekreidefällung im ausgehenden Atlantikum zu einer stark verringerten Zuwachsrates der im Hangenden folgenden Ablagerungen kam. Der Pollenstratigraphie zufolge (Kap. 6.4.4) dürften etwa die letzten 6000 Jahre auf nur 140 cm gedrängt vorliegen. Die fehlerhaften ¹⁴C-Datierungen bei 381, 253 und 149 cm finden in der Arbeit keine weitere Verwendung.

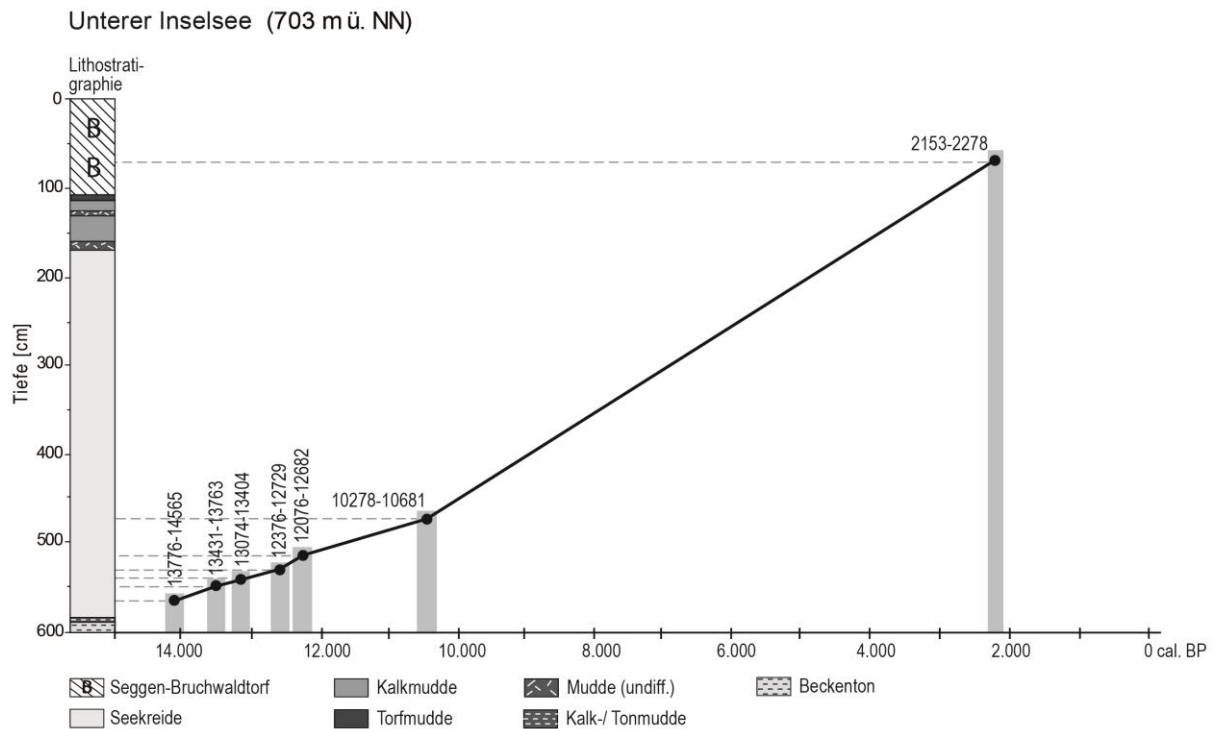


Abb. 41: Zeit-Tiefen-Diagramm für die ^{14}C -Daten des Pollenprofils Unterer Insee.

6.4.3 Lokale Pollenzonen

LPZ 1 (600-588 cm): NBP-*Pinus*

Die *Pinus*- und Nichtbaumpollenanteile liegen bei jeweils 40 bis 60 %. Andere Gehölze sind nur geringfügig repräsentiert. Nichtbaumpollentypen sind in hoher Zahl vertreten, wobei *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Helianthemum* und *Chenopodiaceae* am häufigsten sind.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Pinus*-Werte, Zunahme der *Betula*-Anteile.

LPZ 2 (588-574 cm): *Betula-Poaceae*

Die *Pinus*-Werte betragen nur noch 3 bis 10 %. Dafür steigt die *Betula*-Kurve auf bis zu 45 % an, ist aber nachfolgend durch Schwankungen gekennzeichnet. In der ersten Hälfte dieses Abschnitts erreicht *Hippophaë* um die 5 % Anteil, gegen Ende des Abschnitts tritt ein *Juniperus*-Gipfel mit etwas mehr 30 % der Bezugssumme auf. Das Nichtbaumpollenspektrum wird von Poaceen mit bis zu 50 % Anteil am Pollenspektrum dominiert. Deren Nachweise sind jedoch ab etwa der Zonenmitte rückläufig. Gegenüber der vorangegangenen Pollenzone haben *Cyperaceae*, *Helianthemum*, *Chenopodiaceae*, *Cichoriaceae*, *Brassicaceae* und viele weitere Nichtbaumpollentypen deutlich an Bedeutung eingebüßt. Die Zahl der *Artemisia*-Funde hingegen ist etwa gleich.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Pinus*-Werte.

LPZ 3 (574-530 cm): *Pinus-Betula*

Zu Beginn des Abschnitts verhalten sich die Kurven von *Betula* und *Pinus* gegenläufig (*Pinus*-Anstieg auf 70 %, *Betula*-Rückgang auf 10 %). *Pinus* erlangt nachfolgend Anteile von über 90 %, wobei kurzzeitige Depressionen im *Pinus*-Kurvenverlauf auftreten, welche in erster Linie mit erhöhten *Betula*-Nachweisen einhergehen. Während dieser Zone gehen die Nichtbaumpollenwerte deutlich zurück. Hiervon sind insbesondere Poaceen betroffen, deren Kurvenverlauf von anfangs noch 20 % auf unter 2 % absinkt.

Grenze der LPZ: Zunahme der Nichtbaumpollenanteile.

LPZ 4 (530-498 cm): *Pinus-NBP*

Die *Pinus*-Werte gehen zurück und variieren zwischen 60 und 80 %. Die Nichtbaumpollenanteile hingegen nehmen wieder zu und sind mit bis zu 20 % im Pollenspektrum repräsentiert. Dabei gewinnen insbesondere *Poaceae*, *Cyperaceae* und *Artemisia* an Bedeutung, aber auch zahlreiche andere Pollentypen treten häufiger auf. Zu nennen sind *Helianthemum*, *Thalitrum*, *Rubiaceae*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae* und *Cichoriaceae*. Zudem treten bei *Juniperus* und *Salix* kleinere Gipfel auf.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Pinus*-Anteile und Rückgang der Nichtbaumpollennachweise.

LPZ 5 (498-476 cm): *Pinus*

Die Nichtbaumpollenwerte pendeln sich auf viel niedrigerem Niveau gegenüber der vorangegangenen Pollenzone ein. Signifikante Einbußen sind bei Poaceen, Cyperaceen und *Artemisia* zu verzeichnen. Bei den meisten anderen Nichtbaumpollentypen setzen die Nachweise fast völlig aus. Die *Pinus*-Werte betragen um die 90 % und sinken erst zum Ende der Zone ab. Dort ist ein *Betula*-Gipfel zu verzeichnen und es kommt zu den Kurvenanstiegen von *Ulmus* und *Corylus*, welche zuvor schon kontinuierlich auftreten.

Grenze der LPZ: weiterer Rückgang der *Pinus*-Werte sowie Zunahme der *Corylus*- und *Ulmus*-Anteile.

LPZ 6 (476-397 cm): *Corylus-EMW*

Die *Pinus*-Werte gehen stark zurück und liegen in der zweiten Hälfte der Zone durchweg unter 10 %. Zu Beginn der Zone setzen die kontinuierlichen Kurven von *Tilia* und *Quercus* ein sowie etwas verzögert die von *Acer*, *Fraxinus* und *Picea*. *Corylus* und *Ulmus* breiten sich kräftig aus und erreichen bis zu 65 % bzw. über 20 % Anteil am Pollenspektrum. Nichtbaum-

pollentypen sind nur noch untergeordnet vorhanden. Bei den terrestrischen Taxa übertreffen lediglich *Poaceae* die Prozentmarke.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Corylus*-Anteile und Zunahme der *Ulmus*-Werte.

LPZ 7 (397-349 cm): EMW-*Corylus*

Den größten Anteil am Pollenspektrum haben die sogenannten EMW-Arten. Dabei erreicht *Ulmus* Werte zwischen 25 und 33 %, gefolgt von *Quercus* und *Tilia* mit Kurvenverläufen zwischen 9 und 13 bzw. 7 und 15 %. *Corylus* ist im Rückgang begriffen und sinkt von 34 auf 23 % ab. *Alnus* und *Picea* können sich etwas ausbreiten und überschreiten gegen Ende des Abschnitts 5 %.

Grenze der LPZ: weitere Abnahme der *Corylus*-Werte.

LPZ 8 (349-165 cm): EMW-*Corylus* mit Schattholzanteilen

Von nun an sind *Abies* und *Fagus* mit niedrigen Anteilen im Pollenspektrum vertreten. *Ulmus* ist weiterhin dominant, doch hat *Quercus* etwas zugenommen. *Fraxinus* und verzögert auch *Acer* sind gegenüber der vorangegangenen Pollenzone bei in etwa doppelt so hohen Prozentwerten bedeutsamer. *Corylus* weist in der Regel Werte unter 20 % auf, wobei die Kurve kurzzeitig noch einmal auf 27 % ansteigt. Im weiteren Zonenverlauf büßt *Ulmus* an Dominanz ein und es entwickelt sich eine Kodominanz aus *Quercus*, *Ulmus* und *Corylus*. Die *Picea*-Kurve pendelt sich bei Werten um die 10 % ein und auch *Abies* sowie *Fagus* erlangen etwas größere Bedeutung. Die *Tilia*-Nachweise von anfänglich 10 bis 14 % sinken auf unter 10 % ab. Gegen Ende des Abschnitts erreicht *Picea* einen ersten kleineren Gipfel mit 20 % Anteil an der Bezugssumme.

Grenze der LPZ: Rückgang der *Ulmus*-, *Quercus*- und *Fraxinus*-Anteile sowie Zunahme der *Abies*- und *Fagus*-Werte.

LPZ 9 (165-133 cm): *Abies-Quercus*-Übergangszone

Dieser der Profillänge nach kurze Abschnitt ist durch einen starken Wechsel im Pollengehalt gekennzeichnet. *Abies* nimmt von 7 % auf bis zu 30 % Anteil am Pollenspektrum zu und die Kurve von *Ulmus* sinkt auf unter 5 % ab. Die *Quercus*-Werte variieren zwischen 10 und 20 %. *Corylus* erreicht einen Kurvengipfel von knapp 28 %, ansonsten liegen die Anteile bei etwa 10 %. *Fagus* und *Picea* sind etwa gleich stark vertreten und weisen Werte um die 10 % auf.

Grenze der LPZ: Zunahme der *Abies*-, *Fagus*- und *Picea*-Anteile sowie stark abnehmende Nachweise von *Corylus* und *Quercus*.

LPZ 10 (133-69 cm): *Abies-Picea-Fagus*

Das Pollenspektrum wird vom gemischten Bergwald aus *Abies*, *Picea* und *Fagus* beherrscht, wobei *Abies* die höchsten Werte zwischen 27 und 42 % erreicht, gefolgt von *Picea* mit 20 bis 32 % und *Fagus* mit 10 bis 21 %. Die sogenannten Eichenmischwaldarten sind selten geworden und nur noch mit meist unter 1 % Anteil vertreten. Lediglich *Quercus* ist phasenweise mit bis zu 5 % repräsentiert. In der zweiten Hälfte dieser Zone werden schließlich die *Carpinus*- und die *Plantago lanceolata*-Kurve kontinuierlich.

Grenze der LPZ: sinkende *Abies*- und *Fagus*-Nachweise.

LPZ 11 (69-25 cm): *Picea*

Die höchsten Prozentanteile erreicht *Picea*, bei aber stark schwankenden Werten (17 bis 36 %). *Abies* und *Fagus* sind in der ersten Hälfte der Pollenzone nur noch mit jeweils weniger als 10 % bei zugleich erhöhten *Betula*- und *Corylus*-Werten vertreten, werden aber nachfolgend wieder häufiger. Stellenweise kommt *Pinus* größere Bedeutung zu. Daneben sind gegenüber dem vorigen Abschnitt die Poaceen-Anteile erhöht und *Plantago lanceolata* ist häufiger nachweisbar.

Grenze der LPZ: Anstieg der *Picea*-Werte und Rückgang der *Fagus*-Anteile.

LPZ 12 (25-9 cm): *Picea-Pinus-Abies*

In diesem der Profillänge nach kurzen Abschnitt ist *Picea* mit Werten zwischen 32 und 44 % vorherrschend. Die nächst häufigen Pollentypen sind *Pinus* und *Abies* mit 10 bis 17 % bzw. 11 bis 15 % Anteil. Des Weiteren fallen in diese Zone die höchsten *Alnus*-Werte des Pollendiagramms.

Grenze der LPZ: Zunahme der Cichoriaceen-Werte sowie Rückgang der *Abies*- und *Fagus*-Werte.

LPZ 13 (9-0 cm): *Picea-Pinus-Cichoriaceae*

Die jüngste lokale Pollenzone wird von *Pinus* und *Picea* mit je um die 20 % Anteil am Pollenspektrum sowie von *Cichoriaceen* (= 21 bis 27 %) und Poaceen (= 12 bis 17 %) dominiert.

6.4.4 Wald- und Landnutzungsgeschichte

6.4.4.1 Ausgehendes Pleniglazial und Älteste Dryas

Der basale Diagrammabschnitt (600-591 cm) wird dem ausgehenden Würm-Hochglazial zugeordnet. Das Pollenspektrum wird von Gräsern und Kräutern mit relativ hohen Anteilen an Pionierpflanzen und Heliophyten dominiert. Dabei sind *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Helianthemum*, *Chenopodiaceae*, *Cichoriceae*, *Thalictrum*, *Brassicaceae* und *Asteraceae* am häufigsten nachgewiesen. Die gefundenen Strauchgehölze (*Betula nana*, *Ephedra*, *Hippophaë* und *Salix*) könnten vereinzelt in der baumlosen Tundren-Vegetation gewachsen sein. Die zwischen 40 und 60 % liegenden *Pinus*-Anteile stehen unter Offenlandbedingungen mit Fernflugeintrag in Zusammenhang (LANG 1994). Infolge der geringen Pollenkonzentration ist die aus Pionierpflanzen und Steppenelementen aufgebaute Vegetationsdecke sehr lückenhaft ausgebildet.

Im nachfolgenden Diagrammabschnitt (591-578 cm) dürfte es sich um die jüngste Zone der Ältesten Dryas handeln. Der palynologische Befund lässt die Etablierung einer Strauchvegetation vermuten. Es zeigt sich eine Zunahme der *Betula*-, *Hippophaë*-, *Juniperus*- und *Salix*-Prozentwerte sowie der Pollenkonzentration. Zugleich kommt es zu einer deutlichen Verringerung der fernflugbedingten Einträge von *Pinus* (< 8 %) und die Cyperaceen- und Kräuterpollenanteile (z.B. *Artemisia* und *Helianthemum*) gehen zurück. Die Nichtbaumpollenanteile bleiben aber weiterhin auf recht hohem Niveau, da Poaceen entsprechend stärker im Pollenspektrum vertreten sind. Die zwischen 30 und 40 % schwankenden Werte der *Betula*-Kurve deuten ein Näherrücken der Arealgrenze baumförmiger *Betula*-Arten an. In der Schweiz wird diese Phase als die sogenannte *Betula nana*-Subzone bezeichnet (AMMANN et al. 1994), LANG (1952) spricht von einer Zwergbirkenphase.

6.4.4.2 Bølling

Sofern das vorliegende Diagramm korrekt abgegrenzt wurde, ist in dem erfassten *Juniperus*-Gipfel der Beginn des Bøllings (578-568 cm) zu sehen. Der nachfolgende Kurvenanstieg von *Betula* dürfte dann den Aufbau sehr weitständiger Birkenwälder kennzeichnen. Die Abgrenzung des Bøllings zum Liegenden hin kann allerdings nicht als gesichert gelten. Typischerweise ist der Beginn dieses Interstadials durch eine *Juniperus*-*Hippophaë*-Strauchphase gekennzeichnet, wie es einschlägigen Pollendiagrammen des süddeutschen Alpenvorlandes (z.B. BERTSCH 1961, SCHMEIDL 1971, MIELKE & MÜLLER 1981, LECHTERBECK 2001) und der Schweiz (AMMANN & LOTTER 1989, AMMANN et al. 2013) zu entnehmen ist. Diese Phase könnte im hier besprochenen Diagramm in ihren Anfängen auch schon bei 591 cm repräsen-

tiert sein. Folglich wäre der *Juniperus*-Gipfel mit 33 % Anteil am Pollenspektrum ins mittlere Bølling zu stellen. Eine vergleichbare palynostratigraphische Abfolge mit einem kleinen *Juniperus*-Peak zu Beginn dieses vegetationsgeschichtlichen Abschnitts und einem späteren *Juniperus*-Maximum findet sich in dem von VAN MOURIK et al. (2013) bearbeiteten Moor am Gasserplatz im österreichischen Vorarlberg. In anderen Profilen aus Österreich hingegen sollen die *Juniperus*-Höchstwerte in die ausgehende Älteste Dryas (z.B. BORTENSCHLAGER 1984) datieren. Teils werden diese auch der Wende von der Ältesten Dryas zum Bølling zugeordnet (z.B. WAHLMÜLLER 1985). Sofern die Untergrenze des Bøllings bei 591 cm zu ziehen ist, so wäre nach der nur kurzen *Juniperus-Hippophaë*-Strauchphase der Populationsaufbau von *Betula* zu konstatieren.

Im weiteren Verlauf des Bøllings nehmen die *Pinus*-Werte aufgrund der heranrückenden Arealgrenze kontinuierlich zu. Mit der erfolgten *Pinus*-Einwanderung gehen zum Abschnittsende hin die *Betula*-Anteile von 30 auf 10 % zurück. Zudem kommt es zu einer Verringerung der Nichtbaumpollenwerte, wovon hauptsächlich Poaceen und *Artemisia* betroffen sind. Bei den sinkenden *Betula*-, Poaceen- und *Artemisia*-Nachweisen dürfte es sich zumindest teilweise um kompensatorische Kurvenniedergänge infolge der Zunahme der *Pinus*-Prozentwerte handeln. Folglich gehen die Offenlandanteile nur leicht zurück.

Für das späte Bølling ist von einem ausgesprochen lichten Kiefernwald auszugehen, welcher mosaikartig von Offenlandbereichen durchsetzt ist. Je nach Standort ist *Betula* den Kiefernwäldern in unterschiedlicher Häufigkeit beigemischt. In deren Unterwuchs kommen weiterhin Pionier- und Steppenelemente vor.

6.4.4.3 Ältere Dryas und Allerød

Die Ältere Dryas (568-564 cm) äußert sich in einer geringen Zunahme der *Betula*- und Nichtbaumpollenwerte bei gleichzeitiger Depression der *Pinus*-Kurve. Bedeutende Veränderungen im Waldbild sind hierin aber nicht zu sehen. Wie schon in Kap. 6.1.4.3 angeführt, könnte die Klimaschwankung der Älteren Dryas zu einer verringerten Blühfähigkeit von *Pinus* geführt haben (BLUDAU 1985). Während diesem nur kurzen vegetationsgeschichtlichen Abschnitt ist aber kein Einschnitt in der Pollenkonzentration zu verzeichnen. Eine Verminderung der Pollendichte ist lediglich im späten Bølling offensichtlich.

Das Allerød (564-530 cm) setzt mit einem Anstieg der *Pinus*-Kurve auf bis zu 90 % und zugleich sinkenden NBP-Nachweisen ein. Das Landschaftsbild wird von lichten Kiefernwaldbeständen mit standortsbedingt stärkerer Birkenbeteiligung bestimmt. Wie im Mehl-

blockmoos zeigt sich im mittleren Allerød eine kurze Phase erhöhter *Betula*- und erniedrigter *Pinus*-Anteile, welche der bei 550 cm niedergebrachten Datierung zufolge eine Alterszeitspanne von 13431-13763 cal. BP ergibt. Neben *Betula* sind auch *Salix* und manche Nichtbaumpollentypen häufiger im Pollenspektrum enthalten. Inwiefern diese Veränderung im Pollengehalt mit der beginnenden Gerzensee-Schwankung verknüpft ist, muss offen bleiben (vgl. Kap. 6.1.4.4). Die im späten Allerød deponierte Laacher-See-Tephra konnte trotz intensiver Untersuchung des Bohrkerns nicht ausgemacht werden (BULL 2003), ist jedoch in den Seekreiden des Unteren Inselfees nachgewiesen worden (JERZ 1974).

6.4.4.4 Jüngere Dryas

Die Jüngere Dryas (530-498 cm) äußert sich in einer Auflockerung der Kiefernwälder. Dies wird u.a. durch die erhöhten NBP-Anteile, welche bis auf 20 % zunehmen, angezeigt. Zu nennen sind insbesondere *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Helianthemum*, *Chenopodiaceae*, *Thalictrum* und *Selaginella selaginoides*. Die *Pinus*-Werte sinken ab und schwanken nachfolgend zwischen 60 und 80 %. *Betula*, *Salix* und *Juniperus* treten im Pollenspektrum stärker auf. *Juniperus* ist nach BERTSCH (1961) als verlässlicher Indikator für die Waldauflichtung zu werten. Zudem ist die Pollenkonzentration gegenüber dem Allerød deutlich erniedrigt. Zu erwähnen ist auch eine Farbänderung der gebildeten Seekreiden (Tab. 18), welche stratigraphisch den Kälterückschlag der Jüngeren Dryas andeutet. Die fahl gelben, allerødzeitlich gebildeten Seekreiden gehen in dunkelgraue und schließlich graue Kalkabsätze über. Dieser Farbwechsel der gefälltten Seekreiden dürfte mit einem erhöhten Eintrag organischen und mineralischen Materials zusammenhängen. In den rund 15 km südwestlich der Seenkette gelegenen Allgäuer Nagelfluhbergen ist wieder eine Karvergletscherung anzunehmen (IRMLER & SCHOLZ 2005). In talaufwärts gelegenen, von DIEFFENBACH-FRIES (1981) pollenanalytisch untersuchten Lokalitäten im oberen Illertal und im angrenzenden Kleinwalsertal ist eine sich mit zunehmender Höhenlage stärker auswirkende Waldauflichtung erkennbar.

Die bis hier gemachten Ausführungen zum Spätglazial und die nachfolgende Beschreibung des Präboreals basieren auf den Analysedaten von BULL (2003) und werden demnächst noch an anderer Stelle veröffentlicht (STOJAKOWITS, FRIEDMANN & BULL 2014).

6.4.4.5 Präboreal

Die Grenze zwischen Spätglazial und Holozän wird aufgrund der zurückgehenden Nichtbaumpollennachweise und ansteigenden *Pinus*-Werte bei 500 cm gezogen. Mit Beginn des

Präboreals (500-476 cm) erholen sich somit die dryaszeitlich aufgelichteten Kiefernwälder wieder langsam. Mittlerweile tritt *Corylus* kontinuierlich in Spuren auf, wodurch die näher-rückende Arealgrenze nachgezeichnet wird. Schließlich bilden sich relativ geschlossene Kiefernwälder aus, was mitunter durch die höchsten Pollenkonzentrationswerte im gesamten Diagramm angezeigt wird. Mit dem Dichterwerden der Waldbestände einhergehend verlieren Pionier- und Steppenelemente an Bedeutung. Eventuell äußern sich bei 480 cm Signale der Rammelbeek- bzw. Schlaten-Schwankung. Ein markanter Einschnitt der *Pinus*-Kurve steht einem ebenso starken Anstieg der *Betula*-Anteile gegenüber. Zudem sind auch die Prozentwerte von *Salix*, *Artemisia*, Cichoriaceen und Brassicaceen leicht erhöht. Neben den bereits in Kap. 6.1.4.6 genannten Untersuchungen im Langegger Filz und Haslacher See am Auerberg (KÜSTER 1988) sowie den im Ammergebirge befindlichen Lokalitäten Kronwinkelmoos und der Wasserscheid (BLUDAU 1985) finden sich z.B. im von RÖSCH (1990) bearbeiteten Durchenbergried schwache Hinweise, welche diese Klimaschwankung andeuten. Neben dem palynologischen Befund erniedrigter *Pinus*- und zugleich erhöhter *Betula*-Werte zeigt sich dort von sedimentologischer Seite her ein verringerter Glühverlust. Im südlichen Mitteleuropa lässt sich aber palynologisch oft gar kein Nachweis der Klimaoszillation erbringen, im Gegensatz zu den die Kaltphase anzeigenden $\delta^{18}\text{O}$ -Schwankungen (vgl. WICK 2000). Im nördlichen Mitteleuropa sind dagegen in der Regel deutliche Signale pollenanalytisch fassbar (z.B. BJÖRCK et al. 1997), wobei u.a. HOEK (1997), VAN DER PLICHT et al. (2004), BOHNKE & HOEK (2007) und BOS et al. (2007) auch eine Trockenphase ausscheiden konnten. So erscheint es naheliegend, die erhöhten *Betula*-Werte auf eine Seespiegelschwankung mit eventuell einhergehendem Hiatus zurückzuführen, die aber nicht eindeutig mit der Rammelbeek-Phase konnektiert werden kann. Solch eine ins Präboreal datierende Seespiegelschwankung mit resultierender Ausbreitung von Birkenbruchwäldern konnte z.B. KLEINMANN (1995) in manchen Profilen des Ammersees nachweisen.

6.4.4.6 Boreal

Im Boreal (476-397 cm) breitet sich *Corylus* kräftig im Unterwuchs der sich entwickelnden zonalen Waldgesellschaften aus. Daneben findet *Corylus* an den Ufern der Seenkette und entlang von Bächen und Flüssen gute Verbreitungsbedingungen vor. Zum Höhepunkt der borealen *Corylus*-Verbreitung erreicht dieses Gehölz 65 % Anteil am Pollenspektrum. Das schon für den Kempter Wald skizzierte frühholozäne Einwanderungsgeschehen der thermophilen Gehölze in der Reihenfolge *Ulmus*, *Tilia platyphyllos*, *Quercus*, *Acer*, *Fraxinus* und *Tilia cordata* ist hier aufgrund der vergleichsweise geringen zeitlichen Auflösung und des

sich abzeichnenden Hiatus' nur undeutlich zu erkennen. Hier wurde auch auf eine die Immigration betreffende Unterscheidung von *Tilia* verzichtet, da diese von BULL (2003) nicht praktiziert wurde. Der geschlossene Kurvenverlauf von *Picea* beginnt im frühen Boreal, der von *Alnus* schon im Präboreal. Die auf wenigen Zentimetern sprunghaften Veränderungen in Gestalt der drastisch abfallenden Kurven von *Pinus* und *Betula* mit den zugleich stark ansteigenden Kurven von *Ulmus* und *Corylus* deuten eine Schichtlücke an. Solche Hiaten am Übergang vom Präboreal zum Boreal sind im Ammergebirge auch von BLUDAU (1985) beschrieben worden. Die bei 474 cm niedergebrachte ¹⁴C-Datierung mit einer Alterszeitspanne von 10278-10681 cal. BP fällt hartwasserbedingt wohl zu alt aus, das jüngste Alter im Bereich des 2 σ -Intervalls mit 10278 cal. BP wird als wahrscheinlich angesehen. In den borealzeitlichen Laubmischwäldern tritt vielerorts *Ulmus* bestandsbildend auf. An wärmebegünstigten Hanglagen ist jedoch mit einem Zurücktreten von *Ulmus* zugunsten von *Tilia* und *Quercus* zu rechnen. In den Wäldern sind wärmeliebende Spezies wie *Hedera*, *Viscum* und *Polypodium* anzutreffen. Mit zunehmender Höhenlage dürfte *Acer* stärker im Waldbild hervortreten. Die Nichtbaumpollenanteile sind vom Boreal an bis ins ausgehende Subboreal ausgesprochen gering. Erst als der Mensch in die Landschaft eingreift, erhöhen sich deren Nachweise. Folglich dürfte ein großer Teil der in den beiden Mooren des Kempter Waldes erfassten früh- und mittelholozänen Nichtbaumpollenfunde der lokalen Moorvegetation entstammen.

6.4.4.7 Atlantikum

Im älteren Atlantikum zeichnet sich wie auch in den beiden Kempter Wald-Profilen das 8200er-Ereignis ab. Mit der Zurückdrängung von *Corylus* breitet sich *Ulmus* kräftig aus, aber auch *Tilia* und *Quercus* gewinnen an Bedeutung. Die durch die Klimadepression ausgelöste Massenausbreitung von *Picea* findet zwar statt, aber bedingt durch die niedrigere Höhenlage und geringeren Moorreichtum nicht in dem Maße wie im Kempter Wald. Kurzzeitig tritt zudem *Pinus* im Pollenspektrum stärker hervor. Mit dem durch die niedrigen *Corylus*-Werte charakterisierten Höhepunkt der Klimaschwankung zeichnet sich noch eine schwache Ausbreitung von *Fraxinus* und *Alnus* ab, welche mit der teilweisen Auskonkurrenzierung von *Corylus* im Bereich von Fließ- und Stillgewässern einhergeht. Ab etwa 8200 cal. BP erfolgt der Populationsaufbau von *Abies* und *Fagus*, wobei die kontinuierliche *Abies*-Kurve schon etwas früher wie die von *Fagus* einsetzt. Nachfolgend dehnen sich die *Corylus*-Bestände in der Strauchschicht der Wälder wieder aus, erlangen aber bei weitem nicht mehr die Bedeutung wie vor der Klimaoszillation. Die Massenausbreitung von *Alnus* könnte das Aufkommen

größerer Grauerlenwaldbestände in der Illeraue abbilden, aber auch mit der Etablierung von Erlen-Bruchwald in der damaligen Seeeverlandungszone zusammenhängen.

Mit dem zögerlichen Aufkommen des gemischten Bergwaldes aus *Abies*, *Fagus* und *Picea* werden *Tilia* und *Ulmus* langsam aus ihrem Optimalbereich verdrängt. *Quercus* und *Acer* sind vom wachsenden Konkurrenzdruck der Schatthölzer im jüngeren Atlantikum unbeeinflusst. Mit der Massenausbreitung von *Abies* muss *Ulmus* auf feuchtere Standorte weichen. Die *Fagus*-Expansion verläuft synchron, steht aber der von *Abies* nach. Ein sich in *Quercus*-reichen Beständen ereignender Waldbrand überlagert den *Ulmus*-Rückgang. Von diesem Brandereignis profitiert kurzzeitig *Corylus*. Schon zuvor ist die Seekreidebildung im litoralen Flachwasserbereich der Bohrstelle zum Erliegen gekommen. Gemäß JERZ (1974) sollen die mittleren Wasserstände der Niedersonthofener Seenkette während des Holozäns lange Zeit erheblich über den heutigen von 703,3 bis 703,0 m ü. NN gelegen haben. Der im ausgehenden Atlantikum erfolgende Substratwechsel von Seekreide zu einer durch organische Anteile dunkelolivbraun gefärbten Mudde hängt mit einer Erniedrigung des Seespiegels zusammen, wobei sich nachfolgend bis ins Subboreal hinein noch zwei Transgressionsphasen in Form von Kalkmuddenbildung unterbrochen durch eine bräunliche Mudde anmoorigen Charakters widerspiegeln. Diese Wechsel im Sedimentationsverhalten sind auch aus anderen Seen bekannt (z.B. RÖSCH 1983). Der erniedrigte Seespiegelstand im späten Atlantikum steht im Einklang mit den Befunden aus dem Ammersee (KLEINMANN 1995), Federsee (LIESE-KLEIBER 1990) und den Nussbaumer Seen (RÖSCH 1983). Weitere Wasserniedrigstände sind für den Ammersee (KLEINMANN 1995) auch im Subboreal nachgewiesen, ebenso für den Federsee (LIESE-KLEIBER 1990, 1993). Aus einigen Regionen der Schweiz sind ebenfalls mittelholozäne Seespiegelschwankungen bekannt (BURGA & PERRET 1998).

6.4.4.8 Subboreal

Das Subboreal (141-93 cm) ist infolge der anhaltend geringen Akkumulationsrate im Profil auf nur wenigen Dezimetern gedrängt. Es ist gut möglich, dass durch Seespiegelschwankungen entstandene Schichtlücken bei den großen Probenabständen von 8 cm nicht hervortreten. Gleiches gilt für das späte Atlantikum.

Im Subboreal beherrschen nadelholzreiche Wälder das Landschaftsbild. Mit deren Expansion werden lichtliebende Gehölze entsprechend zurückgedrängt. Hervorzuheben ist das Zurücktreten von *Corylus* in der Strauchschicht und auch *Quercus* kann sich nicht mehr länger behaupten. Die Dominanz von *Abies*, welche sich außerdem im unweit nördlich gelegenen, von PAUL & RUOFF (1932) untersuchten Waltenhofener Moor widerspiegelt, lässt sich durch

die weit verbreiteten, nadelholzfördernden Gesteine der Molasseschichten erklären (WALENTOWSKI, FISCHER & SEITZ 2005). *Picea* wird zwar auch durch einige dieser stratigraphischen Einheiten der Faltenmolasse begünstigt, jedoch nicht in dem Maße wie *Abies*. *Fagus* ist wohl nur auf Moränenstandorten stärker vertreten, ansonsten den von *Abies* und *Picea* aufgebauten Bergwäldern untergeordnet beigemischt. Illertalaufwärts kann sich *Fagus* im Grüntengebiet (SCHMEIDL 1962) mit menschlichen Einflüssen koinzidierend ausbreiten. Im Raum Oberstdorf (DIEFFENBACH-FRIES 1981) bilden sich anthropogene Einflüsse kaum ab und so erfolgt dort keine Entfaltung von *Fagus*.

Im späten Subboreal sind *Plantago lanceolata* und *Carpinus* bei gleichzeitig leicht erhöhten Poaceen-Anteilen in Spuren im Pollenspektrum vorhanden. Unweit nördlich der Niedersonthofener Seen ist ein bronzezeitlicher Einzelfund bekannt (DIETRICH 1995). Illertalaufwärts ist eine bronzezeitliche Besiedlung sowohl seitens der Pollenanalyse (DIEFFENBACH-FRIES 1981, SCHMEIDL 1962) als auch von archäologischer Seite her (DIETRICH 1995) belegt.

6.4.4.9 Subatlantikum

Im Subatlantikum (93-0 cm) machen sich zusehends anthropogene Eingriffe bemerkbar. Es zeichnet sich eine fortlaufende Öffnung der Landschaft ab, wobei das Pollendiagramm in diesem vegetationsgeschichtlichen Abschnitt immer noch schlecht aufgelöst ist, mittlerweile aber in Intervallen von 4 cm ausgezählt wurde. Die kontinuierlichen Kurven von *Plantago lanceolata*, *Pteridium* und *Carpinus* setzen mit der Zunahme der Offenlandanteile bei 89 cm ein. Bevorzugt wird die vorherrschende Baumart in Gestalt von *Abies* geschlagen. Neben *Plantago lanceolata* treten weitere sekundäre Kulturzeiger wie beispielsweise der *Rumex*-Typ auf. Die *Pteridium*-Funde sind als Anzeichen für aufkommende Waldweide zu sehen. Die Holzkohlenachweise können sowohl erfolgte Brandrodung indizieren als auch die beginnende Erzverhüttung im Grüntengebiet andeuten, deren Anfänge aufgrund jüngerer Funde und Befunde prähistorischen Alters sein können (MERBELER 1995).

Die ersten Cerealia-Nachweise in Gestalt des *Triticum*-Typs fallen gemäß der ¹⁴C-Datierung in die späte Eisenzeit mit einer Alterszeitspanne von 2153-2278 cal. BP bzw. 204-329 cal. BC. Der Ackerbau findet aber nur in geringem Umfang statt. Vorwiegend wird Viehwirtschaft betrieben. Einerseits wird Grünland vom Menschen angelegt, wofür die steigenden Poaceen-Anteile als Indiz gewertet werden. Andererseits wird auch Waldweide betrieben, was die Zurückdrängung der *Abies*-Bestände mit dem verbissempfindlichen Jungwuchs verstärkt. Das eisenzeitliche Vorherrschen der Viehhaltung gegenüber dem Kulturpflanzenanbau ist auch aus der südlichen Jungmoränenlandschaft Oberbayerns mit Alpenanteil belegt (PETERS

2007). Bei *Quercus* zeigt sich bis in die Neuzeit hinein eine anthropogene Förderung zu Zwecken der Schweinemast.

Die Zunahme von *Alnus* im Pollenspektrum seit Beginn des Subatlantikums ist in erster Linie lokaler Natur und hängt mit dem bis zur Oberfläche gebildeten Bruchwaldtorf mit *Alnus glutinosa* zusammen. Daneben ist eine durch Rodung hervorgerufene Auenlehmbildung in der Illerflussaue anzunehmen, welche die Erlenausbreitung begünstigte.

In der Römerzeit sind neben den schon dezimierten *Abies*-Populationen auch *Fagus* und *Picea* stärker vom Holzeinschlag betroffen. Im Vergleich zur Eisenzeit haben die Kulturzeiger insgesamt etwas zugenommen und der mitunter durch *Poaceae* angezeigte Grünlandteil ist weiter angestiegen. So ist von einer Intensivierung der Viehwirtschaft im Gebiet auszugehen. Für eine grundlegende Änderung der Wirtschaftsweise liegen keine Anzeichen vor. Auf gerodeten Flächen breiten sich schon römerzeitlich die Pioniergehölze *Betula* und *Corylus* aus und leiten somit ablaufende Sekundärsukzessionen ein.

Mit dem endgültigen Rückzug der römischen Besatzer kann sich der Wald während der in lediglich einer Probe repräsentierten Völkerwanderungszeit erholen. Folglich gehen die Offenlandanteile etwas zurück. Zudem sind die Kulturzeigeranteile rückläufig, setzen aber ebenso wie die Getreidenachweise nicht aus. Somit ist von keiner Siedlungsdiskontinuität auszugehen. *Abies* gelangt allerdings nicht mehr zur Vorherrschaft und selbst *Fagus* kann sich keinen zuvor verlorenen Raum zurückerobern. Profiteur des Sukzessionsgeschehens ist einzig und allein *Picea*. Bei den zunehmenden *Pinus*-Anteilen wäre einerseits an eine Etablierung von Schneeheide-Kiefernwäldern (*Erico Pinetum sylvestris* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939) im Bereich der fossilen Illerflussaue zu denken. Diese Gesellschaft kommt aber im Allgäu heute nur sehr kleinräumig vor (HÖLZEL 1996). Andererseits könnten in steilen Hanglagen ausgebildete, von Rodungen unbeeinflusste Buntreitgras-Kiefernwälder (*Calamagrostio variae-Pinetum sylvestris* Oberd. 1957) im Pollengehalt stärker ihren Niederschlag finden, wie sie auch BRAUN (1973) für das Untersuchungsgebiet beschreibt. Jedoch ist aufgrund der *Pinus*-Stomatafunde ein lokales Vorkommen in der direkten Umgebung des Sees evident, da Stomata nur über sehr kurze Distanzen mit dem Wind vertragen werden (MACDONALD 2001). Ursächlich könnte ein erniedrigter Grundwasser- bzw. Seespiegel sein, wodurch sich *Pinus* auf flachgründigen Standorten ausbreiten kann. Dieses Phänomen konnte auch KLEINMANN (1995) am Ammersee feststellen und führt dies auf eine klimatisch trockenere Phase bei zugleich verringerten *Alnus*-Nachweisen zurück.

Die nächste Rodungsphase dürfte das Frühmittelalter umfassen. Außer Holzeinschlag und Ackerbau (Nachweise des *Avena*-Typs, *Hordeum*-Typs und von *Cannabis sativa*) wird die

Viehwirtschaft intensiviert. Neben der praktizierten Waldweide ist von Feuchtgrünlandnutzung unweit des Sees auszugehen. Als Indizien hierfür sind die gehäuften Nachweise coprophiler Pilze und verschiedene sekundäre Kulturzeiger (z.B. *Plantago lanceolata*, *Rumex*-Typ und *Ranunculus acris*-Typ) zu werten.

Im Hochmittelalter werden wahrscheinlich die Ortschaften Rauns, Memhölz und Niedersonthofen im Umgriff der Seenkette gegründet, welche urkundlich im späten 12. Jahrhundert erstmals Erwähnung finden (HERRMANN 1984). Gegenüber dem Frühmittelalter zeichnen sich keine bedeutenden Änderungen in der Landnutzung ab.

Mit dem Nachlassen der intensiven Waldweide – angezeigt durch den Rückgang der *Juniperus*- und *Pteridium*-Werte – gewinnt *Abies* zusammen mit *Picea* in den Wäldern wieder an Bedeutung. *Fagus* kann sich schon zuvor etwas ausbreiten. Der Getreideanbau kommt zum Erliegen und die Nachweise der meisten sekundären Kulturzeiger gehen zurück oder setzen gar völlig aus (z.B. *Urticaceae*). Hier könnten sich die Auswirkungen von Hungersnöten, Seuchen und kriegerischen Auseinandersetzungen des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit äußern (HERRMANN 1984, RÜTH 2000, WEITNAUER 1971, 1981).

Die weitere Zunahme der *Picea*-Werte ist in Zusammenhang mit der forstwirtschaftlichen Förderung dieses Gehölzes zu sehen. Die Anteile der restlichen Gehölze gehen bis auf die von *Abies* deutlich zurück und bezeugen die eklatante Veränderung des Waldbildes. Die anthropogene Beeinflussung der Moore in der Umgebung wird durch die progressive *Pinus*-Kurve bezeugt.

Ab 13 cm unter Flur ist das Pollenspektrum infolge selektiver Zersetzung stark verzerrt. Die bis auf 27 % ansteigenden, ausgesprochen zersetzungsresistenten Cichoriaceen-Anteile sowie die unvermittelt drastisch absinkenden *Picea*-Werte sprechen hierfür. Ferner zeugen die hohen Polypodiaceen-Nachweise mit maximal 67 % hiervon. Eine weitere Differenzierung der Poaceen war nicht möglich, um so etwaig durch den *Avena*-Wildgras-Typ repräsentierte Anteile von *Phragmites australis* auszumachen, wodurch die Poaceen-Werte zu hoch ausfallen, da sicher Pollenkörner der im Uferbereich weit verbreiteten Pflanzenart in deren Kurve enthalten sind. Die schlechte Pollenerhaltung in den oberen Zentimetern dürfte mit einer anthropogen verursachten Seespiegelabsenkung zusammenhängen. So lässt sich auch die starke Depression der *Alnus*-Kurve erklären, wodurch die im Seeumgriff vorhandenen Erlenbruchwälder degradierten, von einer auch teilweisen Korrosion von *Alnus*-Pollenkörnern einmal abgesehen. Eine hierzu durchgeführte Recherche brachte jedoch keinen Beleg für diese Annahme. Des Weiteren ist untergeordnet von einer Zurückdrängung der Grauerlenwaldbestände in der Illeraue durch Flussbaumaßnahmen auszugehen.

Vergleiche mit den Profilen Mehlblockmoos und Dürrenbühlmoos lassen unter Vorbehalt der hier schlechten Pollenerhaltung den Schluss zu, dass das Pollendiagramm in der späten Neuzeit aussetzt und etwa die letzten 150 bis 200 Jahre fehlen, sofern die starke Dezimierung der Laubgehölze eine synchrone Zeitstellung umfasst.

Abschließend sei noch bemerkt, dass die seit der Römerzeit getroffene historische Einstufung nicht als gesichert gelten kann, da einerseits knapp 2000 Jahre auf nur 65 cm gedrängt abgebildet sind und andererseits keine ^{14}C -Datierungen vorliegen.

6.4.5 See- und Moorentwicklung

Die Geschichte des Unteren Inlsees setzt mit dem Abschmelzen des Toteises ein. Der basale den See abdichtende Beckenton wird im Hangenden von über 4 m mächtigen, im Flachwasserbereich entstandenen Seekreideabsätzen abgelöst. Die Seekreiden haben ihr Korngrößenmaximum in der Schlufffraktion und bestehen bis zu über 90 % aus Calciumkarbonat. Die hohen Kalkgehalte werden vordergründig von den Zuflüssen verursacht. Ferner sind wahrscheinlich auch Unterwasserquellen am Seeboden Lieferanten gelösten Calciumkarbonats (JERZ 1974). Die Seekreideausfällung nimmt in der Ältesten Dryas ihren Anfang. Im Spätglazial sind *Myriophyllum spicatum* und *M. verticillatum* am häufigsten im Pollenspektrum repräsentiert, bei Überwiegen von *Myriophyllum verticillatum*. *Potamogeton* ist nur in der Ältesten Dryas nachgewiesen. Im vorliegenden Profil ist wahrscheinlich Laacher-See-Tephra enthalten, makroskopisch aber nicht sichtbar. Trotz intensiver Untersuchung konnte dieser stratigraphische Marker von BULL (2003) nicht detektiert werden. An anderen Stellen der Inlseeseen wurden aber Nachweise dieser allerödzeitlichen Tephralage erbracht (JERZ 1974). Die ersten Funde von Schwimmblattelementen in Form von *Nuphar lutea* datieren in die Jüngere Dryas. Ein nicht zu beziffernder Anteil der Cyperaceen-Pollenkörner entstammt mutmaßlich der Verlandungsvegetation des Unteren Inlsees. Über weite Strecken des Profils sind die Seekreiden recht einheitlich zusammengesetzt. Abschnittweise sind jedoch höhere minerogene Anteile zu vermuten, wie z.B. in den Straten der Jüngeren Dryas von 529 bis 498 cm. Teils weisen die feinkörnigen Seekreiden auch eingeschaltete Lagen auf. So sind zwischen 372 und 373 cm sowie zwischen 381 und 382 cm aus vorwiegend organischem Detritus aufgebaute Bereiche vorhanden. Die immer wieder erkennbare Bänderung unterschiedlicher Deutlichkeit könnte analog zu den Untersuchungen vom Schleinsee (GEYH et al. 1971, MÜLLER 1962) eine jahreszeitlich verursachte Feinschichtung im Millimeter-Bereich widerspiegeln (JERZ 1974). Nahezu durchweg treten hohe Conchylien-Anteile in den Seekreideabsätzen auf.

Pollenstratigraphisch zeichnen sich im Präboreal kaum Änderungen gegenüber dem Spätglazial ab. Die Abnahme der Cyperaceen-Werte dürfte teilweise mit der Zurückdrängung terrestrischer *Carex*-Arten zusammenhängen.

Im Boreal breiten sich speziell in den Flachwasserbereichen des Sees aus verschiedenen *Potamogeton*-Arten zusammengesetzte Laichkrautgesellschaften aus. Ferner ist von sich großflächig etablierenden Schwimmblattgürteln mit *Nymphaea alba* und *Nuphar lutea* auszugehen. Eine Beteiligung der heute im Allgäu sehr stark gefährdeten *Nuphar pumila* (DÖRR & LIPPERT 2001) ist durchaus möglich. Den Laichkraut- und Schwimmblattgesellschaften gemein sind Vorkommen von *Myriophyllum spicatum* und *M. verticillatum*, wobei letztere Art in rezenten Subassoziationen der Gesellschaft der Weißen Seerose (*Nymphaeetum albae* Vollm. 47 em Oberd. apud Oberd. u. Mitarb. 67) völlig fehlt (GÖRS 1998).

Im Verlauf des Atlantikums häufen sich die Nachweise niedermoortypischer Taxa. Neben Cyperaceen treten insbesondere *Menyanthes trifoliata*, *Lysimachia vulgaris*, *Filipendula ulmaria*, *Equisetum* spec. und *Caltha palustris* im Pollenspektrum hervor. Basierend auf dem Aktualismusprinzip könnte es sich um ein in den See vorbauendes Steifseggenried (*Caricetum elatae* Koch 1926) handeln. Gemäß JERZ (1974) erreicht die Seekreidefällung im Litoral des Unteren Inlsees zur Zeit des postglazialen Klimaoptimums ihren Höhepunkt, was von pollenanalytischer Seite bestätigt werden kann. Im untersuchten Bohrkern entfallen Seekreideabsätze von rund 2,3 m in diesen Zeitraum.

Die ins späte Atlantikum und Subboreal fallenden Seespiegelschwankungen werden sowohl durch die wechselnden Sedimentationsbedingungen als auch durch die aussetzenden Kurven von *Nymphaea alba* und *Nuphar lutea* sowie durch die rückläufigen Prozentwerte der vermutlich schon im Verlandungsbereich weit verbreiteten *Alnus glutinosa* angezeigt. Ab 168 cm vollziehen sich mehr oder minder abrupte Wechsel der Sedimentationsbedingungen. Die Seekreideausfällung setzt aus und es kommt zur Ablagerung einer nicht näher differenzierbaren, dunkelolivbraun gefärbten Mudde ohne Conchylien-Reste. Mit wieder erhöhtem Seespiegel erfolgt eine zweiphasige conchylienhaltige Kalkmuddenbildung, welche durch eine weitere bräunlich schwarz gefärbte Mudde anmoorigen Charakters unterbrochen wird. Schließlich lagert der oberen Kalkmudde eine Torfmudde von 112 bis 106 cm auf, welche in einen Seggen-Erlen-Bruchwaldtorf übergeht. Der Bruchwaldtorf ist bis 77 cm mäßig zersetzt, darüber aber stark zersetzt und ab 24 cm unter Flur vererdet. Neben nicht näher bestimmbar *Carex*-Resten und *Alnus glutinosa*-Holzbruchstücken sind vereinzelt Braunmoosreste beigemischt. Zudem ist im Bohrkern Holz von *Betula pubescens* an drei Stellen im unteren Bereich

des Torfkörpers eingebettet. Oberflächlich bildet eine 1 cm mächtige, rezente Auflage aus *Polytrichum commune* den Abschluss der Profilsäule.

Mit dem Aufkommen des Seggen-Erlen-Bruchwaldes im Subboreal setzen synchron die geschlossenen Kurven von *Frangula alnus* und *Filipendula* ein. Kurz darauf wird auch die Kurve von *Salix* kontinuierlich. Demnach kommen *Frangula alnus* und *Salix*-Arten in der Strauchschicht des aus *Alnus glutinosa* aufgebauten Bruchwaldes häufig vor. Den Makrorestbefunden zufolge ist dem Erlen-Bruchwald vereinzelt *Betula pubescens* beigemischt. Die Feldschicht ist reich an *Carex*-Arten. Außer Cyperaceen und *Filipendula ulmaria* sind *Solanum dulcamara* und *Mentha aquatica* Bestandteil der bodennahen Vegetation. In der Mooschicht ist neben durch Großrestfunde belegten Braunmoosen die Gattung *Sphagnum* (wohl *S. palustre*) verbreitet. Zeitweise deckt *Thelypteris palustris*, eine Verbandscharakterart schwarzerlenreicher Bruchwälder (*Alnion glutinosae*) mit weiteren Vorkommen in Magnocaricion-Gesellschaften (OBERDORFER 2001), große Teile der Krautschicht. Dessen Kurvengipfel koinzidieren dabei mit erhöhten perinelosen Polypodiaceen-Nachweisen. Das Abbrechen der *Thelypteris*-Kurve ist relativer Natur, da fortan perinelse Farne im Pollenspektrum angereichert sind. Im fortgeschrittenen Bruchwaldstadium nehmen auch die *Equisetum*-Funde zu. Dem bis hier skizzierten Arteninventar zufolge könnte es sich um eine Ausbildung des Walzenseggen-Erlen-Bruchwaldes (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Koch 1926) handeln, wie sie GÖRS (1969) vom Langensee im württembergischen Allgäu beschreibt. Eine anthropogene Seespiegelabsenkung könnte das Verschwinden des Erlen-Bruchwaldes bedingt haben, vielleicht spielt auch Rodung eine Rolle. Heutzutage ist an der Bohrstelle und dessen Umgebung Schilfröhricht (*Phragmitetum communis* Schmale 1939) ausgebildet. Der Seerand wird vom Steifseggenried (*Caricetum elatae* Koch 1926) gesäumt. Daran schließt ein etwa 5 m weit in den See reichender Schwimmblattgürtel mit *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba* an.

Mit der neuzeitlichen Gewässereutrophierung des Unteren Inlsees, dessen mittlere Gesamtphosphat-Gehalte aktuell 60 µg/l betragen (MÄHLMANN et al. 2006), dürfte es zum Verschwinden der an kalkoligotrophe Verhältnisse adaptierten Laichkrautgesellschaften gekommen sein, was sich allerdings pollenanalytisch nicht belegen lässt. Daneben ist eine verstärkte Verlandung mit einhergehender Faulschlamm- und Algenbildung zu verzeichnen (FRÖBRICH & MANGELSDORF 1973) und die Seekreideentstehung ist in der Seenkette fast gänzlich zum Erliegen gekommen (JERZ 1974). Einen ungefähren Anhaltspunkt für das Verlandungsausmaß gibt die maximale Tiefe des Unteren Inlsees, welche bei REISSINGER (1913) 10,0 m betragen haben soll. FRÖBRICH & MANGELSDORF (1973) hingegen führen nur noch 8,8 m an, sehen

aber die Vergleichbarkeit der beiden Tiefenangaben erschwert, da REISSINGER (1913) ein Bezugsniveau vermissen lässt.

7. Auswertung und Diskussion

7.1 Kulturzeigernachweise im Spiegel der Siedlungsgeschichte

Ins Boreal datieren vereinzelte Nachweise von *Plantago lanceolata* (Abb. 42 bis 44). Diese Einzelfunde, welche auch bei wenigen anderen Pollenanalysen aus dem Alpenvorland (z.B. KLEINMANN 1995, EUSTERHUES et al. 2002) in diesem vegetationsgeschichtlichen Abschnitt gemacht wurden, sind aber nicht mit Eingriffen des mesolithischen Menschen in Verbindung zu bringen, sondern in Zusammenhang mit dem spärlichen Vorkommen der Art auf Sonderstandorten zu sehen (KÜSTER 1988). Die Reflektion mesolithischer Einflussnahme zu erfassen, ist überaus schwierig, da die Auswirkungen nur schwach und ohnehin lokal waren (BEHRE 1988).

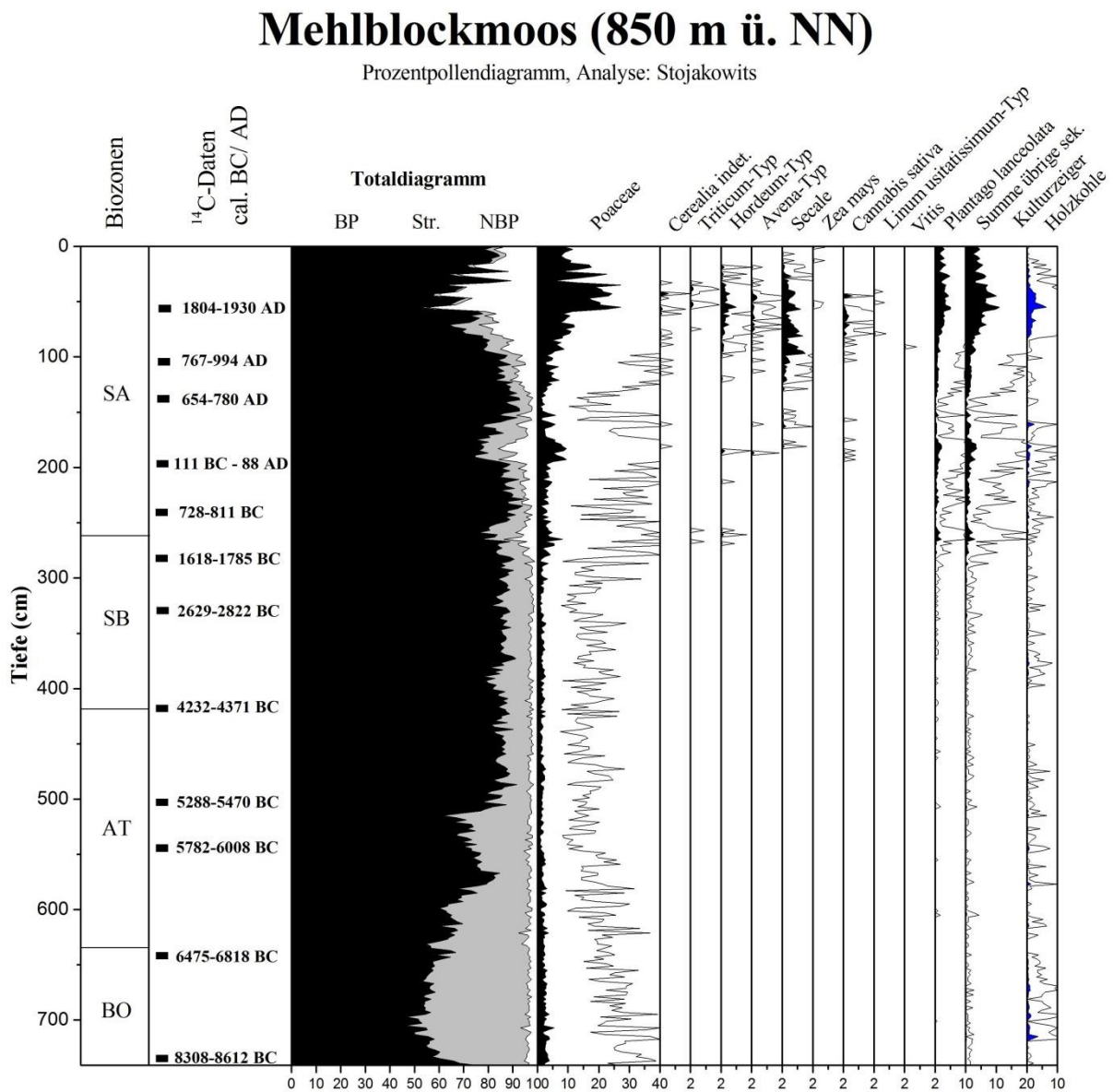


Abb. 42: Anthropogene Indikatoren im Pollendiagramm Mehlbloßmoos seit dem Boreal.

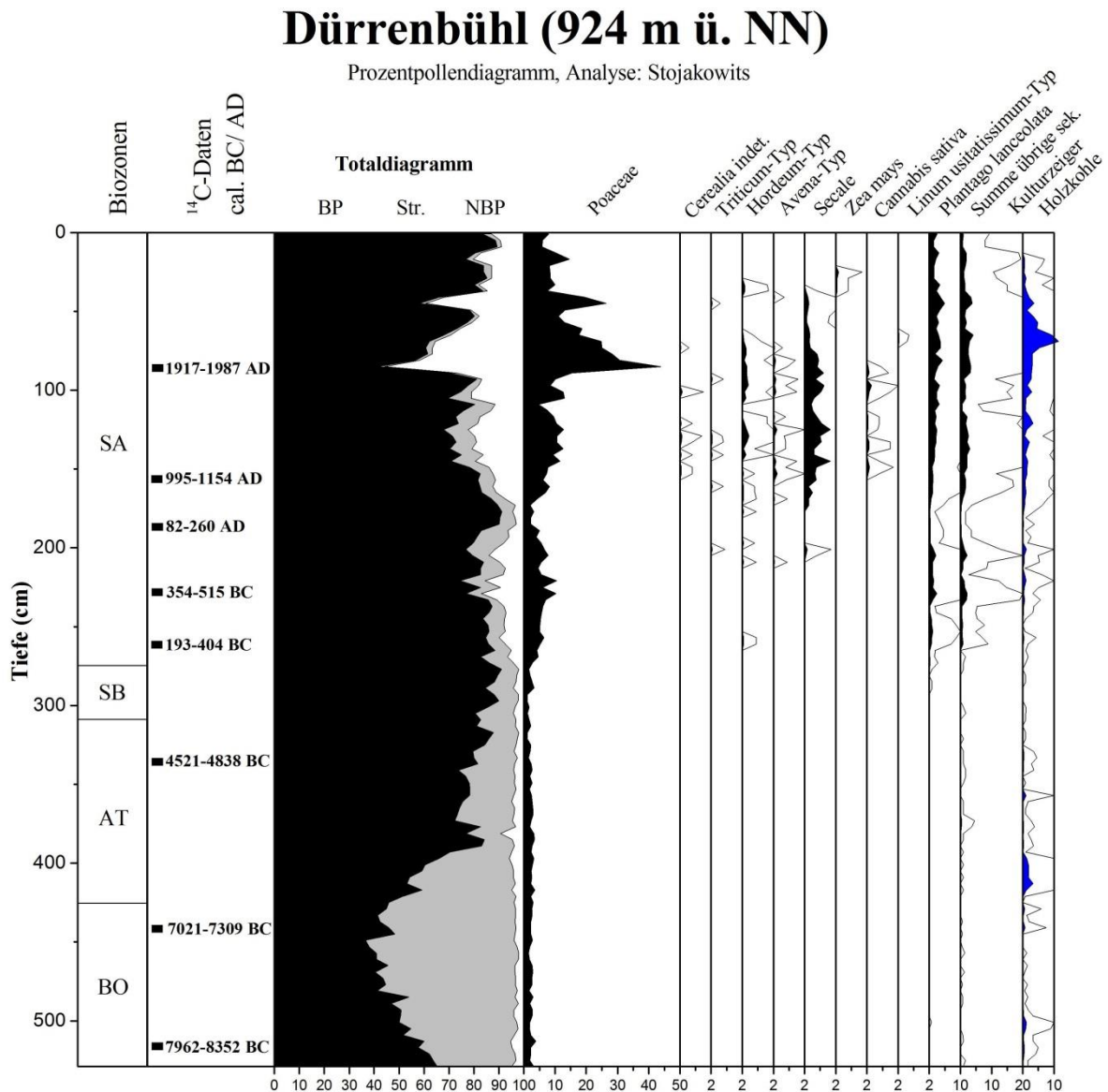


Abb. 43: Anthropogene Indikatoren im Pollendiagramm Dürrenbühlmoos seit dem Boreal.

Die ersten schwachen Signale menschlichen Wirkens könnten sich in den diskontinuierlichen Nachweisen von *Plantago lanceolata* im Mehlblockmoos an der Wende vom Atlantikum zum Subboreal (Abb. 42) widerspiegeln. Pollenkörner des Taxons werden jedoch über größere Distanzen hinweg vertragen (BEHRE 1981, LANG 1994). Somit ist in dem Auftreten des Wiesen-, Weiden- und Brachlandzeigers im Pollenspektrum vermutlich ein Eintrag aus größerer Entfernung von bereits besiedelten Gunststandorten zu sehen. Solch diskontinuierliche Funde werden oft bei entsprechender zeitlicher Stellung als ein Marker für den Beginn der neolithischen Siedeltätigkeit gesehen (z.B. MERKT & MÜLLER 1978, BURGA & PERRET 1998, KALIS, MERKT & WUNDERLICH 2003). PETERS (2011) veranschlagt aufgrund des Vergleichs der bisherigen pollenanalytischen Untersuchungen mit dem aktuellen archäologischen Forschungsstand für den Beginn der Neolithisierung im südlichen Alpenvorland Bayerns mit

ausgesprochener Vorsicht ca. 4500 BC, was sich mit KÜSTER (1988) deckt, der für die frühesten gesicherten Ackerbaunachweise in der Auerberggegend ein Datum von rund 4400 v. Chr. angibt. In diesem Kontext dürften auch die oben erwähnten diskontinuierlichen Funde von *Plantago lanceolata* im Profil Mehlblockmoos zu sehen sein, die im Umgriff einer ^{14}C -Datierung mit einer Alterszeitspanne von 4232-4371 cal. BC liegen. Ab dem Jungneolithikum wird für Südwestdeutschland extensiv praktizierter Brandfeldbau angenommen (z.B. RÖSCH 2000, SCHIER 2009). Inwiefern die Holzkohlenachweise im Profil Mehlblockmoos diese neu aufgekommene Wirtschaftsweise repräsentieren, muss aber offen bleiben.

Unterer Inselfee (703 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

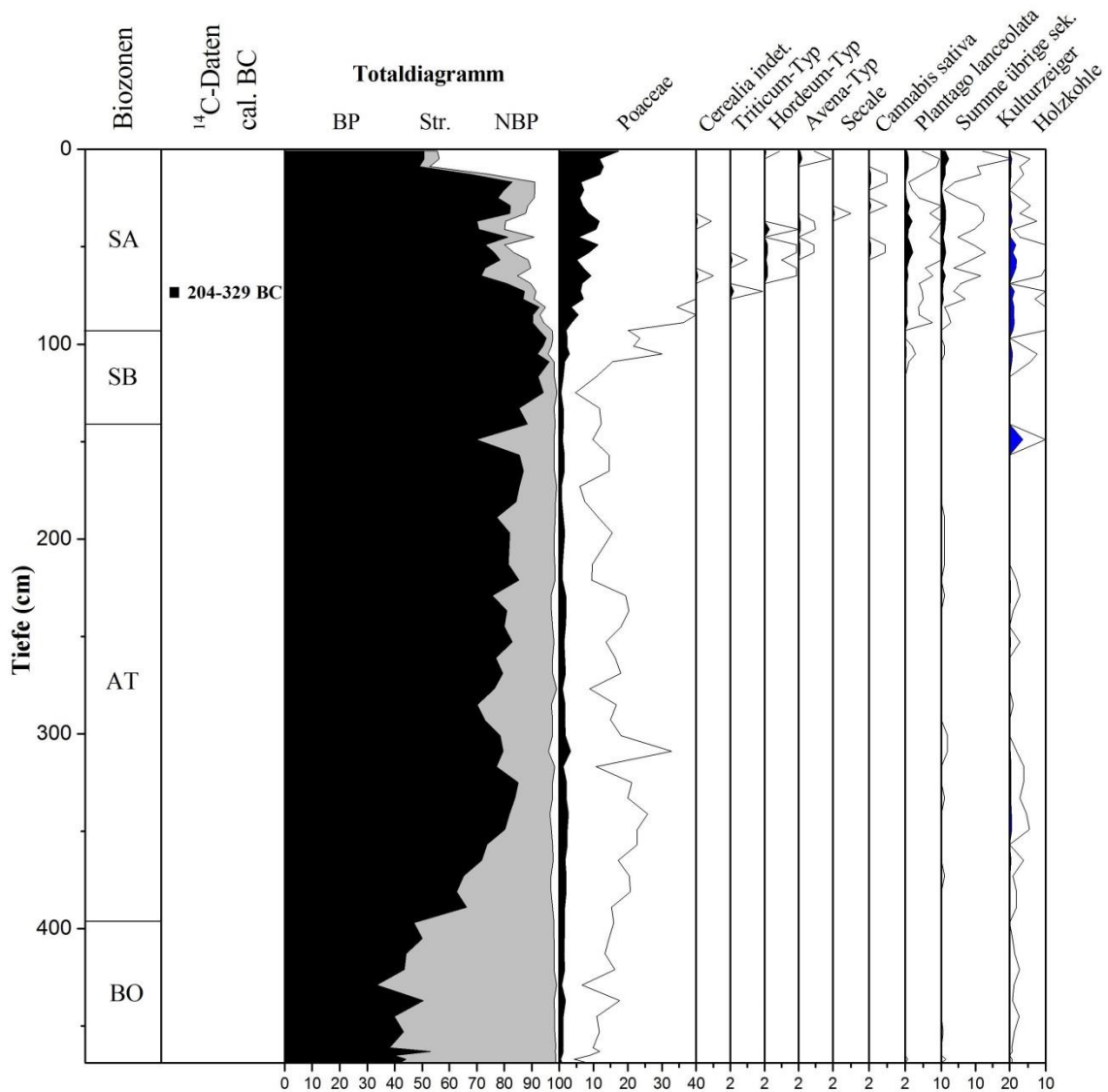


Abb. 44: Anthropogene Indikatoren im Pollendiagramm Unterer Inselfee seit dem Boreal.

Die bis zur ersten signifikanten Öffnung der Landschaft auftretenden übrigen sekundären Kulturzeiger können erst ab diesem Zeitpunkt als solche gelten, frühere Nachweise entstammen Wuchsorten in der Naturlandschaft. Von der ersten Öffnungsphase an, welche im Profil Mehlblockmoos in die Bronzezeit und in den beiden anderen Pollendiagrammen in die Eisenzeit datiert, verlaufen nämlich die Kurven von *Plantago lanceolata* und die der übrigen sekundären Kulturzeiger mehr oder minder parallel. Dabei zeichnen deren Kurvenverläufe Phasen intensiver Landnutzung mit dazwischen liegenden Abschnitten geringerer Siedeltätigkeit oder Unterbrechung derselben gut nach. Die in das Ensemble der Summe der übrigen Kulturzeiger aufgenommenen Taxa (*Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Centaurea cyanus*, *Fabaceae*, *Plantago major/media*-Typ, *Rumex*-Typ und *Urticaceae*) wurden sorgfältig auf ihre regionale Gültigkeit hin überprüft.

Der mittelalterliche Landesausbau mit den zahlreichen Ortsgründungen äußert sich in einer Zunahme der Ackerbaunachweise. Es kommt auch der Hanfanbau auf, wie in den Pollendiagrammen des Mehlblockmooses und Dürrenbühlmooses ersichtlich. Die Kultivierung ist im Alpenvorland auch anderorts belegt, so im westlichen Bodenseegebiet (z.B. RÖSCH 1990, KERIG & LECHTERBECK 2004) oder dem Fünfseenland (z.B. GÖRRES & BLUDAU 1992, KÜSTER 1995, KLEINMANN 1995). KLEINMANN (1995) sieht hierin allerdings die Ausbreitung von *Humulus lupulus* entlang von Waldsäumen verwirklicht, was jedoch gemäß den Ausführungen von RÖSCH (1983) und DÖRFLER (1990) eher unwahrscheinlich ist, da erntefrische Hanfpflanzen im Zuge der Hanfröste im Seewasser eingeweicht wurden, was zu einer Pollenanreicherung im Sediment führt.

Der in großen Teilen des Allgäus seit der frühen Neuzeit intensiv betriebene Flachs-anbau (FRIED 1984, KIRCHBERGER 1995) zeichnet sich pollenanalytisch nicht ab. Es sind lediglich Einzelfunde des *Linum usitatissimum*-Typs zu verzeichnen. Der Flachs-anbau prägte bis 19. Jahrhundert hinein das Landschaftsbild (FRIED 1984). Infolge der Umstellung auf Grünlandwirtschaft werden nach 1830 immer weniger Flächen mit Getreide und anderen Kulturpflanzen bestellt (DÜRRWANGER 1954, WEITNAUER 1972, HERRMANN 1984). In den oberen Straten sind noch Einzelfunde von *Zea mays* erwähnenswert. Der Maisanbau hält während des 20. Jahrhunderts im Allgäu verstärkt Einzug (DÖRR & LIPPERT 2001).

7.2 Bodenentwicklung und Standortsdifferenzierung

Mit dem Eisfreiwerden setzt die Entwicklung der heutigen Böden ein. Im frühen Spätglazial, das durch eine lückige Vegetationsdecke aus Rohbodenbesiedlern gekennzeichnet ist, findet Bodenbildung nur initial und in bescheidenem Ausmaß statt. In den Warmphasen des

Spätglazial ist gemäß mehreren Untersuchungen wie z.B. von KÜHN, JANETZKO & SCHRÖDER (2002) und KÜHN (2003a) aus Mecklenburg-Vorpommern, von KÜHN (2003b) aus Hessen sowie von KÜHN & KÖSEL (2000) und KÜHN (2003b) aus dem oberschwäbischen Rheingletschergebiet Verbraunung und Tonverlagerung dokumentiert. HEINE (1993) berichtet von fossilen Ranker- und Braunerde-Ranker-Bildungen auf leicht carbonathaltigem Hangschutt aus dem Mittelrheingebiet, die unter mächtigen Tuffen und Pyroklastika des Laacher-See-Ausbruchs begraben sind. Aus dem Regensburger Raum ist eine wohl im Bølling einsetzende Pedogenese bekannt, die gemäß Datierung bis zur Jüngeren Dryas andauerte und zu einer Kalkbraunerde führte (BUCH & ZÖLLER 1990). Auch ist durch Permafrost hervorgerufene semiterrestrische Bodenbildung (Hydromorphierung) in Mitteleuropa belegt (z.B. KÜHN, JANETZKO & SCHRÖDER 2002, ALTERMANN et al. 2008).

Bekanntermaßen ist die Geschwindigkeit der Bodenentwicklung stark ausgangssubstratgesteuert (u.a. Körnung und Karbonatgehalt). Im Gebiet des ehemaligen Illervorlandgletschers verlief die Bodenreifung allerdings langsamer als bei den genannten Beispielen, da das Moränenmaterial einen hohen Gehalt schwer verwitterbarer Bestandteile aufweist, wodurch Tonpartikel eine vergleichsweise geringe Freisetzung erfahren (JERZ 1973, 1974). Zudem ist der Karbonatgehalt wesentlich höher als bei den aufgeführten Beispielen, wobei jedoch die hohen Niederschlagssummen im alpenrandnahen Vorland eine raschere Entkalkung zur Folge hatten als in niederschlagsärmeren Regionen. Einigermaßen vergleichbare Bedingungen finden sich im Einflussbereich des ehemaligen Lechvorlandgletschers, wobei die petrographische Zusammensetzung und Körnung des Ausgangsmaterials hinsichtlich Lessivierungsprozessen dort günstiger ist.

Die Bedeutung spätglazialer Bodenbildung im Alpenvorland wird durch den Entwicklungsvorsprung der Böden auf Lech-Terrassen späthochglazialen und frühspätglazialen Alters deutlich (Tab. 20), was allerdings u.a. von ROHDENBURG (1978) angezweifelt wurde. Gemäß zwei ^{14}C -Datierungen von GEBLEIN & SCHELLMANN (2011) ist die Terrassenstufe von Unteringling von der Ältesten Dryas bis ins frühe Allerød entstanden. Auf dieser Stufe sind noch Parabraunerden an Gunststandorten gereift. Die beiden jüngeren, noch in das Spätglazial zu stellenden Terrassen (Zwischenstufe und Stufe von Friedheim) weisen nur Braunerden als Maximalbodenbildung auf.

Tab. 20: Altersstellung und Bodenbildung der Terrassenstufen am Lech seit der Würmeiszeit.

Altersstellung nach GEBLEIN & SCHELLMANN (2011)	Lech-Terrassenstufen*	Maximalboden- bildung bei DIEZ (1968)	Maximalboden- bildung bei WILKE (1975)
Neuzeitlich	Jüngste Auenstufe	-	-
Mittelalterlich	Jüngere Auenstufe	Kalkpaternia	-
Römerzeitlich	Ältere Auenstufe	Auenrendzina	Gley-Rendzina
Subboreal	Untere Seestallstufe	-	-
	Obere Seestallstufe	-	-
	Untere Lorenzbergstufe	Braunerde	Rendzina
	Obere Lorenzbergstufe	Braunerde	Braunerde
Atlantikum	Mundrachinger Stufe	-	-
Präboreal	Untere Epfachstufe	Braunerde	-
	Obere Epfachstufe	Braunerde	-
Spätglazial	Stufe von Friedheim	Braunerde	Braunerde
	Zwischenstufe	Braunerde	-
	Stufe von Unterigling	Parabraunerde	-
Späthochglazial	Stufe von Schongau- Peiting	Parabraunerde	-
	Stufe von Hohenfurch	Parabraunerde	-
	Stufe von Altstadt	Parabraunerde	-
	Stufe von St. Ursula	Parabraunerde	-
Hochglazial	Hauptniederterrasse	Parabraunerde	Parabraunerde

*= Bezeichnungen nach TROLL (1925, 1926, 1954), BRUNNACKER (1959), DIEZ (1968), SCHREIBER (1985), GROTTENTHALER (2009) und GEBLEIN & SCHELLMANN (2011).

In der Jüngeren Dryas setzt die Weiterentwicklung der bis dato gebildeten Böden entweder aus oder läuft nur noch stark retardiert ab. Infolge der Klimaverschlechterung stellen sich kryoturbate Durchmischungsprozesse ein (SEMMELE 2000). Örtlich kommt es zu Erosionsprozessen durch Wasser und Wind mit entsprechender Deposition des abgetragenen Materials an

anderer Stelle (GLIEMEROTH 1995). Dieses Erosionsgeschehen ist in einigen pollenanalytisch untersuchten Mooren und auch Seen des süddeutschen Alpenvorlandes belegt. So finden sich erhöhte mineralische Anteile z.B. im vom Verfasser bearbeiteten Mehlblockmoos, im Durchenbergried (RÖSCH 1990) und im Steißlinger See (EUSTERHUES et al. 2002).

Mit der Erwärmung zu Beginn des Präboreals kommt es zu einer Intensivierung der pedogenetischen Prozesse. Gemäß dem Aktualismusprinzip ist für das trocken-warme Boreal eine starke Humusbildung und deutliche Vertiefung der bis dato gebildeten Ah-Horizonte durch Bioturbation anzunehmen (KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGER 1994). Während der Immigration der thermophilen und lichtliebenden Laubgehölze sowie von *Picea* im Frühholozän ist die Bodenreifung großflächig schon weit vorangeschritten, so dass sich den Neuankömmlingen gute Wuchsbedingungen bieten. Allerdings sind die Entwicklungsstadien und -richtungen der Böden unterschiedlich (z.B. Rendzina, Braunerde und Pseudogley), was eine außerordentliche Vielfalt an unterschiedlichen Standorten bedingt, die wiederum eine entsprechende nach Standorten differenzierte Herausbildung unterschiedlicher Waldgesellschaften zur Folge hat. Für den Kempter Wald lässt sich an der Wende vom Boreal zum Atlantikum vereinfacht folgendes Bild entwerfen, dem ökologische Angaben von OBERDORFER (2001) und ELLENBERG & LEUSCHNER (2010) zugrunde liegen:

- Mittlere bis mäßig nasse Standorte sind von *Ulmus glabra* beherrscht bei Beteiligung anderer Laubgehölze. In den Hochlagen ist auch *Picea abies* vereinzelt beigemischt.
- Auf blockreichen Moränenstandorten ist *Acer pseudoplatanus* mit *Ulmus glabra* Hauptbaumart.
- Auf nassen Standorten tritt *Ulmus glabra* zurück und *Fraxinus excelsior* stärker hervor. Vergleichsweise stärker entkalkte Böden sind dabei reich an *Quercus robur*.
- Trockene Standorte werden von *Quercus robur* und *Tilia cordata* eingenommen. Dort ist auch noch *Pinus sylvestris* untergeordnet am Aufbau der Baumschicht beteiligt.
- In den Tobeln stocken aus *Acer pseudoplatanus*, *Tilia*-Arten, *Ulmus glabra* und *Fraxinus excelsior* zusammengesetzte Schluchtwälder.
- Entlang von Bachläufen wächst in erster Linie *Fraxinus excelsior*.
- In all diesen Wäldern ist *Corylus avellana* im Unterwuchs verbreitet, wenn auch verschieden häufig.
- An Moorrändern wachsen erste Fichtenmoorrandwälder.

Der Populationsaufbau von *Picea abies* im Atlantikum wird durch die hohe Lage des Kempter Waldes begünstigt (PAUL & Ruoff 1932). Neben der schon erfolgten Etablierung an Moor-

rändern formieren sich insbesondere in den Hochlagen und auf Pseudogleystandorten an *Picea* reiche Wälder im Atlantikum, denen je nach Feuchtegrad verschiedene Laubgehölze beigemischt sind. Weiterhin ist eine Herausbildung von Fichtenwäldern im Bereich von Findlingskonzentrationen anzunehmen. Andere Standorte bleiben von der *Picea*-Expansion weithin unangetastet. Auf baumfähigen Moorstandorten und anderen Nassstandorten nistet sich *Alnus glutinosa* ein.

GLIEMEROTH (1995) zufolge soll die holozäne Pedogenese während des Wärmeoptimums im Atlantikum ihr Maximum erreicht haben. Dies deckt sich mit den von DIEZ (1968) kartierten Braunerden auf der Unteren Epfachstufe (Tab. 20), welche noch eine schwache Tondurchschlammung besitzen. Die beiden nach dem Atlantikum gebildeten Lorenzberg-Stufen zeigen keine schwache Tondurchschlammung mehr an. Mit der Einwanderung von *Abies alba* und *Fagus sylvatica* stellt sich eine neue Konkurrenzsituation ein und es vollzieht sich der allmähliche Umbau zum gemischten Bergwald, der standortsbedingt verschieden zusammengesetzt ist. Mittlere Standorte sind von *Fagus sylvatica* als Hauptbestandsbildner geprägt. Auf blockreicher Moräne bestimmt *Picea abies* zusammen mit *Abies alba* das Erscheinungsbild. Im feuchten Flügel kann sich *Abies alba* besser behaupten und bildet mit *Picea abies* Fichten-Tannenwälder. Nur noch einzelbaumweise treten in diesen Waldgesellschaften Laubbaumarten wie *Acer pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior* auf. Im trockenen Flügel sind von *Quercus robur* gebildete Bestände verbreitet. Andere lichtliebende Laubgehölzformationen sind nur noch auf Sonderstandorten konkurrenzfähig, wie z.B. in Tobeln.

Mit der schrittweisen Umgestaltung der Landschaft durch den Menschen im Subatlantikum wird das ohnehin schon ausgesprochen komplexe, die Baumartenzusammensetzung am Standort determinierende, Faktorengefüge durch eine weitere Dimension erweitert. Die insbesondere seit dem Mittelalter erheblichen Nutzungseinflüsse äußern sich heutzutage bei den noch verbliebenen Waldbeständen u.a. in einem veränderten Arteninventar der Baum-, Strauch- und Krautschicht sowie einer geänderten Waldstruktur (WALENTOWSKI et al. 2004).

7.3 Einwanderung und Massenausbreitung ausgewählter Gehölze

7.3.1 Bemerkungen zur Charakterisierung des Etablierungsgeschehens

LANG (1994) beschreibt ein schon länger existierendes Schema, welches es ermöglicht, die Einwanderung und Ausbreitung von Gehölzen unterschiedlicher Pollenproduktion festzulegen. Demnach charakterisiert bei windblütigen Gehölzen mittlerer bis mäßig hoher Pollenproduktion (z.B. *Abies*, *Fagus*, *Picea*, *Quercus* und *Ulmus*) der Beginn der geschlossenen Kurve den Einwanderungszeitpunkt. Mit der Anwesenheit im Gebiet finden sich die ersten

Makroreste. Die Massenausbreitung wird durch den Kurvenanstieg nachgezeichnet. Bei Taxa mit sehr hoher Pollenproduktion (*Alnus*, *Betula*, *Corylus* und *Pinus*) kann erst bei steigenden Prozentwerten von der Ansiedlung ausgegangen werden. Für insektenblütige Gattungen wie *Acer* und *Tilia* hingegen soll schon der Nachweis diskontinuierlich auftretender Pollenkörner die erfolgte Einwanderung bezeugen. Dem gegenüber steht ein anderer Ansatz, bei welchem auf die Gesamtpollensumme bezogene Schwellenwerte die Einwanderung und Massenausbreitung der jeweiligen Gehölze anzeigen sollen (z.B. GLIEMEROTH 1995). Jedoch dürften solche die Immigration betreffende Grenzwerte in den meisten Fällen zu hoch angesetzt sein, da diese im Widerspruch zu den bei LANG (1994) dargelegten Großrestbefunden stehen, welche die bereits erfolgte Ansiedlung bezeugen. Einen anderen Ansatz verfolgen VAN DER KNAAP et al. (2005). Sich der Schwierigkeit, das Einwanderungsgeschehen und den Populationsaufbau zu charakterisieren, bewusst, geben diese Autoren gestaffelte Prozentwerte für *Abies*, *Fagus*, *Picea* sowie *Quercus* an und diskutieren, inwiefern die jeweiligen prozentualen Anteile für die Immigration und Ausbreitung der Taxa herangezogen werden können.

Bei der Auswertung von Pollendiagrammen hinsichtlich des Einwanderungsgeschehens und der Ausbreitung verschiedener Taxa treten noch einige weitere Probleme auf. So lassen sich nur eng ausgezählte Profile mit entsprechend hoher zeitlicher Auflösung in den jeweiligen Straten für Vergleiche heranziehen. Große Probenabstände führen hierbei zur Verschleierung der Abläufe. Hiaten können das Bild völlig verfälschen. Je nach Höhe der Zählsumme setzen die geschlossenen Kurven der Gehölze früher oder später ein. Bei zu hohen Zählsummen besteht auch die Möglichkeit, dass nur Fernflugpollen erfasst wurde. Weiterhin stellen auch die vorliegenden ¹⁴C-Datierungen eine Schwachstelle dar. Liegen moderne AMS-Datierungen vor? Wurden terrestrische Makroreste oder Torfbulkproben datiert? Bei älteren Arbeiten vor Existenz der AMS-Methode mussten notgedrungen große Probenmengen datiert werden, weswegen es üblich war, bis zu 10 cm mächtige Bulkproben zu entnehmen. Zudem stellen auftretende Hartwassereffekte ein weit verbreitetes Problem in der süddeutschen Jungmoränenlandschaft und den Nördlichen Kalkalpen dar (z.B. GEYH, MERKT & MÜLLER 1970, DIEFFENBACH-FRIES 1981, KÜSTER 1995). So kommt RÖSCH (1990) aufgrund von Vergleichen mit Datierungsergebnissen aus der Schweiz und der Tiefenlage des Laacher See-Tuffs zu dem Schluss, dass die spätglazialen ¹⁴C-Daten im Bodenseeraum infolge von Hartwassereffekten wohl um 400 bis 600 Jahre zu alt ausfallen. Von daher sollten in solchen Gebieten nur terrestrische Makroreste datiert werden, um einen Hartwassereffekt auszuschließen (TÖRNQVIST et al. 1992). Eine in unterschiedlichem Kontext immer wieder gegenwärtige

Streitfrage ist die Bezugssumme. Auch in den aus dem Allgäu vorliegenden Pollendiagrammen wurden von Bearbeiter zu Bearbeiter oft abweichende Bezugssummen gewählt. Folglich mussten viele Pollendiagramme in den jeweiligen Straten neu berechnet werden.

Die in Tab. 1 und 2 aufgelisteten Pollenprofile mit ^{14}C -Daten dienen als Datengrundlage für die Einwanderung und Massenausbreitung ausgewählter Gehölze. Bedarfsweise finden auch andere nicht datierte Pollendiagramme auf biostratigraphischer Grundlage Erwähnung. Die zugrunde gelegten Schwellenwerte für den Einwanderungszeitpunkt folgen in der Regel LANG (1994). Die Massenausbreitung verschiedener Taxa wurde gemäß den bei GLIEMEROTH (1995) aufgeführten Prozentwerten umgrenzt. Die kalibrierten ^{14}C -Daten wurden mit dem Programm CALIB 7.01 berechnet und nach der größten Wahrscheinlichkeit beim 2 Sigma-Intervall ausgesucht.

7.3.2 *Betula*

Die lichtliebende Gattung *Betula* ist im Allgäu mit vier Arten vertreten. Dies sind *Betula pendula* auf vorwiegend terrestrischen Standorten, *Betula pubescens* und die heute ausgesprochen seltenen Glazialrelikte *Betula humilis* und *Betula nana*. Die letzteren drei Arten sind alle in Mooren anzutreffen (DÖRR & LIPPERT 2001). In pollenanalytischen Arbeiten wurde schon oft eine Trennung zwischen *Betula nana* und den übrigen *Betula*-Arten versucht. Selbst bei modernen Arbeiten (vgl. STEBICH 1999, BEUG 2004) konnten keine eindeutigen Bestimmungskriterien festgelegt werden.

Die Refugialstandorte von *Betula* werden in den Periglazialgebieten West-, Mittel-, Süd- und Osteuropas vermutet (BURGA & PERRET 1998). Makrorestfunden zufolge dürften die mitteleuropäischen Glazialrefugien vorwiegend *Betula nana* beherbergt haben (LANG 1994).

Aus der Ältesten Dryas sind am Schleinsee zahlreiche Makrorestbelege von *Betula nana* erbracht worden (LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981) und auch in anderen Regionen des Alpenvorlandes wurden Großrestfunde gemacht (z.B. LANG 1962, SCHMEIDL 1971, BEUG 1976). Die Art konnte sich nach einer Pionierphase mit krautigen Arten, welche die eisfrei gewordenen Rohböden besiedelten, etablieren und ausbreiten. In das frühe Bølling fällt gemäß den Makrorestfunden vom Schleinsee (LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981) die Einwanderung von Baumbirken (*Betula pendula* und *B. pubescens*). Die Massenausbreitung begann nur kurze Zeit später. Valide und somit verwertbare ^{14}C -Daten liegen für das Allgäu nicht vor. In dem von MIELKE & MÜLLER (1981) veröffentlichten Pollendiagramm sind im

Zeitraum der *Betula*-Immigration leider nur unzuverlässige Radiokarbondatierungen an organischem Detritus durchgeführt worden.

7.3.3 *Pinus*

Im Allgäu kommen rezent vier *Pinus*-Arten vor. Hauptsächlich auf Hochmooren ist *Pinus rotundata* verbreitet. *Pinus sylvestris* kommt schwerpunktmäßig in den Allgäuer Alpen und im Westallgäu vor. *Pinus mugo* ist nahezu ausschließlich in den Allgäuer Alpen anzutreffen. Die seltenen Vorkommen von *Pinus cembra* beschränken sich ebenfalls auf die Allgäuer Alpen (DÖRR & LIPPERT 2001). Pollenmorphologisch sind die meisten *Pinus*-Arten jedoch nicht trennbar. Es ist lediglich eine Bestimmung des *Pinus cembra*-Typs und des *Pinus sylvestris*-Typs möglich, die in Archiven des Allgäus bisher kaum praktiziert wurde. Ersterer Typ entspricht im Allgäu der namensgebenden Art. Die restlichen *Pinus*-Arten sind nur auf Gattungsebene unterscheidbar und werden unter dem *Pinus sylvestris*-Typ summiert. Es ist allerdings zu bemerken, dass eine pollenanalytische Trennung dieser beiden Typen eine sehr gute Pollenerhaltung voraussetzt (BEUG 2004).

Die Lage der Glazialrefugien ist noch nicht hinreichend geklärt. Nach LANG (1994) waren die Iberische Halbinsel, Südfrankreich sowie die Apenninen- und Balkan-Halbinsel Refugialgebiete von *Pinus sylvestris*. Die nicht vereisten Tieflandbereiche Mitteleuropas könnten auch in Frage kommen. Die Gebirgrassen von *Pinus mugo* könnten eventuell während der letzten Eiszeit lokal auf Nunataks des Alpenvorlandes überdauert haben (BURGA & PERRET 1998).

Die Einwanderung von *Pinus* datiert in das Spätglazial. Aufgrund von Makrorestfunden am Schleinsee (LANG 1952, MIELKE & MÜLLER 1981) ist *Pinus sylvestris* in der zweiten Hälfte des Bøllings wieder in das Allgäu gelangt, wobei LANG (1952) einen ersten Nadeleinzelfund bereits im frühen Bølling identifizieren konnte. Da *Pinus sylvestris* bei der Ansiedlung nur einer sehr schwachen Konkurrenz durch andere Baumarten ausgesetzt war – lediglich *Betula* kam schon vor – fielen Einwanderung und Massenausbreitung in der Regel zusammen (LANG 1994). Von daher ist es schwer, einen Prozentschwellenwert für die Einwanderung festzulegen. Näherungsweise kann eine Radiokarbondatierung aus dem Schleinsee (MIELKE & MÜLLER 1981) mit einem konventionellen Alter von 12585 ± 150 herangezogen werden, bei welcher *Pinus* etwa 30 % Anteil der Gesamtpollensumme aufweist. Kalibriert ergibt sich ein Alterszeitraum 14180-15317 BP. Manche Untersuchungen auf österreichischem Staatsgebiet haben bei etwa gleichen *Pinus*-Prozentwerten ähnliche konventionelle ^{14}C -Alter ergeben, wie z.B. im Profil Moosalm mit 12520 ± 180 BP (DRAXLER 1977). Andere untersuchte Lokalitäten

legen eine frühere Einwanderung nahe, wie z.B. die Profile Hasenmoos (BORTENSCHLAGER 1976) und Krummsee (BORTENSCHLAGER 1984). Eine Einwanderungsrichtung lässt sich mangels ausreichend ^{14}C -datierter Pollenprofile im süddeutschen Alpenvorland nicht sicher festlegen. Jedoch ist im bayerischen Alpenvorland eine von Osten her erfolgte Besiedlung denkbar. Im südöstlichen Bayern sind die ersten Großreste von *Pinus sylvestris* mit Einsetzen des Bøllings nachgewiesen (SCHMEIDL 1971), wobei *Pinus* allerdings weniger als 10 % Anteil am Pollenspektrum hat. BEUG (1976) hingegen fand die ersten Makroreste im ausgehenden Bølling. Sofern Glazialrefugien in den periglazialen Bereichen Süddeutschlands existierten, könnte die Einwanderung auch aus nördlicher Richtung erfolgt sein. Makrorestbefunde aus der Nordostschweiz (BURGA & PERRET 1998) lassen sogar eine von Südwesten her verlaufende Wanderungsrouten möglich erscheinen. Nachdem sich *Pinus sylvestris* in der südlichen Allgäuer Jungmoränenlandschaft angesiedelt hatte, breitete sich die Art vom Alpenrand her dem oberen Illertal folgend gestaffelt in den Allgäuer Alpen aus (STOJAKOWITS, FRIEDMANN & BULL, im Druck).

7.3.4 *Corylus*

Im Allgäu ist *Corylus* mit nur einer Art repräsentiert, nämlich *Corylus avellana*. Pollenmorphologisch ist *Myrica gale* nur schwierig von *Corylus avellana* zu unterscheiden. Da *Myrica gale* jedoch an den Küsten West- und Nordwesteuropas verbreitet ist (LANG 1994, BURGA & PERRET 1998), sind *Myrica*-Pollenfunde in den Mooren und Seen des Allgäus auszuschließen. Von den Glazialrefugien am Schwarzen Meer sowie auf der Apenninen- und Balkan-Halbinsel ausgehend (LANG 1994, BURGA & PERRET 1998), setzte die Wanderbewegung vor 13000 cal. BP Richtung Mitteleuropa von Ost nach West ein (GLIEMEROTH 1995). Im Allgäu sind Pollenkörner von *Corylus avellana* im Spätglazial mit sehr niedrigen Prozentwerten nachgewiesen, so am Schleinsee (MÜLLER 1962), am Langegger Filz (KÜSTER 1988), an den Niedersonthofener Seen (BULL 2003) und Mehlblockmoos. Die Vorkommen sind jedoch auf Fernflug oder Umlagerungsvorgänge zurückzuführen.

Die postglaziale Einwanderung im Gebiet begann ab dem späten Präboreal, wobei es aufgrund der starken Überrepräsentation von *Corylus* im Pollenspektrum schwer ist, einen die Anwesenheit definierenden prozentualen Grenzwert festzulegen. Einige Autoren setzen einen Schwellenwert von 2 % an (z.B. GLIEMEROTH 1995). LANG (1994) folgend wird der Steilanstieg der Pollenkurve herangezogen. Demnach liegt für die Wiederansiedlung nur ein verwertbares ^{14}C -Datum vor, welches vom Langegger Filz (KÜSTER 1988) stammt und eine Alterszeitspanne von 10248-10679 cal. BP zeigt. Im Fünfseeland östlich des Lechs dürfte sich

gemäß der vom Görbelmoos vorliegenden Altersdatierung (KÜSTER 1995) die Einwanderung und Ausbreitung um den Zeitraum von 9905-10821 cal. BP ereignet haben. Die Warvenalter vom Steißlinger See im nordwestlichen Bodenseegebiet (EUSTERHUES et al. 2002) ergeben einen Zeitraum von etwa 10700 bis 10500 cal. BP für das Etablierungsgeschehen. Für das nördliche Alpenvorland der Schweiz wird ein Alter um 11000 cal. BP angegeben (FINSINGER et al. 2006). Folglich ist eine von der Schweiz über das Bodenseegebiet verlaufende Einwanderungsrouten denkbar. Die Altersdatierungen der in Tirol und Vorarlberg durchgeführten Pollenanalysen (z.B. BORTENSCHLAGER 1976, 1984, WAHLMÜLLER 1985, KOSTENZER 1996) streuen zu stark, um dort eine eindeutige Wanderungsrichtung festzulegen und somit auf eine eventuell von Süden her erfolgte Immigration in das Allgäu schließen zu können. Die ^{14}C -Datierungen sind aber tendenziell älter als diejenigen aus dem westlichen bayerischen Alpenvorland. Die Charakterisierung des Einwanderungsgeschehens ist aber generell fraglich, da der mesolithische Mensch die *Corylus*-Verbreitung mitbesorgt haben könnte (FIRBAS 1949). Oft wird auch die Rolle von Kleinsäugetieren und Vögeln diskutiert (z.B. TALLANTIRE 2002).

Zwischen Einwanderung und Massenausbreitung (> 10 %) bestand ein nur relativ kurzer Zeitraum. Am Langegger Filz erfolgte die Massenausbreitung vor 10119-10437 cal. BP. Drei weitere Altersbestimmungen bei *Corylus*-Werten von 35 bis 37 % vom Mehlblockmoos mit 10257-10561 cal. BP, vom Dürrenbühlmoos mit 9911-10301 cal. BP und vom Unteren Inselsee mit 10278-10681 cal. BP umgrenzen die bereits stattgefundenene Massenausbreitung.

7.3.5 *Picea*

In Mitteleuropa ist die Gattung *Picea* nur in Gestalt einer Art verbreitet, nämlich *Picea abies*. Die Glazialrefugien von *Picea abies* werden im mittlrussischen Gebiet, in den Karpaten und am Südostrand der Alpen sowie im Dinarischen Gebirge vermutet (LANG 1994, GLIEMEROTH 1995). Vor 14000 cal. BP begann die Baumart, aus ihren in Südosteuropa gelegenen Glazialrefugien Richtung Westen zu wandern und ihr Areal auszuweiten (GLIEMEROTH 1997). Nach KRAL (1979) und LANG (1994) verlief die Einwanderung in der montanen Stufe am Nordrand der Alpen mit Vorland auch von Osten nach Westen. BURGA & PERRET (1998) sehen Prozentanteile zwischen 2 und 5 % als Grenzwerte für die Ansiedlung an, GLIEMEROTH (1995, 1997) dagegen führt nur 2 % an. LANG (1994) bemerkt jedoch, dass aufgrund von Makrorestfunden schon Werte von 0,5 % der Pollensumme die Anwesenheit anzeigen, was auch VOIGT (1996) im Profil Fuschlsee feststellte und LATALOWA & VAN DER KNAAP (2006) anhand weiterer Be-

lege herausstellten. Folglich dürfte das Einsetzen der kontinuierlichen Pollenkurve ungefähr die Immigration markieren.

Wie aus den in PANGAEA (2014) einsehbaren Zählraten des in Oberösterreich gelegenen Mondseeprofiles von LAUTERBACH et al. (2011a, b) ersichtlich, ist *Picea* in diesem Gebiet um 11182 cal. BP erschienen. Am nahegelegenen Fuschlsee ist ebenfalls von einem Vorkommen im frühen Präboreal auszugehen (VOIGT 1996). Im südlichen Salzburger Land (SCHANTL-HEUBERGER 1993) trat *Picea* wahrscheinlich schon vor Beginn des Holozäns vereinzelt auf. Aus Oberösterreich und dem Salzburger Land kommend siedelte sich *Picea* im bayerischen Alpenvorland und in Tirol an. Im mittleren Präboreal wurde das Berchtesgadener Land (MAYER 1966) erreicht, wobei die südlich anschließenden Gebirgslagen schon mit Einsetzen des Präboreals oder gar früher von *Picea* besiedelt wurden. Im Gebiet des ehemaligen Inn-Chiemsee-Vorlandgletschers ist den pollenstratigraphischen Befunden zufolge (z.B. BEUG 1976, RAUSCH 1975) auch im mittleren Präboreal mit ersten *Picea*-Exemplaren zu rechnen, wobei die Bearbeitung des Chiemsees ein frühpräboreales Alter vermuten lässt (VOIGT 1996). Die zahlreichen von SCHMEIDL (z.B. 1977, 1980) publizierten Pollendiagramme sind aufgrund der großen Probenabstände und zugleich geringen Zählsummen nicht belastbar. Im Fünfseenland (KLEINMANN 1995, KÜSTER 1995) kann eine Ansiedlung im frühen Boreal, vielleicht auch ausgehenden Präboreal angenommen werden. Die Profile sind aber leider in den entsprechenden Straten nur von geringer Mächtigkeit. Im Werdenfelser Land (WEBER 1999) ist die Immigration auf 10785-10979 cal. BP datiert.

Etwa 10300 cal. BP wanderte die Baumart in der Allgäuer Jungmoränenlandschaft ein (Tab. 21). Im oberen Illertal und angrenzendem Kleinwalsertal setzt die geschlossene *Picea*-Kurve ebenfalls im frühen Boreal ein (DIEFFENBACH-FRIES 1981). Für das von BLUDAU (1985) bearbeitete Ammergebirge ist als Einwanderungszeitraum auch das frühe Boreal anzunehmen. Leider sind die dortigen Profile im Frühholozän oft von Vermischungshorizonten geprägt, was die Interpretation des Einwanderungsgeschehens erschwert. Ins östliche Bodenseegebiet (MÜLLER 1962) ist *Picea* erst im späten Boreal gelangt. Bis zur Immigration ins östliche Bodenseegebiet hatte eine Grenzsituation zwischen dem frühen Areal von *Picea* und dem Gebiet, in dem *Corylus* massenhaft vorkam, bestanden. Die Vegetationsgrenze verlief vom Gebiet östlich des Bodensees über die Iller-Lech-Platte zur Donau (KÜSTER 1993, 2000).

Um zur Massenausbreitung zu gelangen, benötigte *Picea* im südlichen Allgäuer Alpenvorland rund 2000 Jahre (Tab. 22). Der Populationsaufbau wird dabei in einigen Gebieten durch die Klimaschwankung des 8200er-Ereignisses ausgelöst (Kap. 6.1.4.8). *Picea* konnte sich im südlichen Allgäu vergleichsweise leicht ausbreiten, da das Gehölz der erste Schattholzeinwan-

derer war, denn der Zeitabstand zwischen Einwanderung und Ausbreitung einer Baumart ist stark von der Anzahl und Konkurrenzkraft der bereits vorhandenen Baumarten abhängig (GLIEMEROTH 1997). In ausgesprochen fichtenfeindlichen Regionen erfolgte die Massenausbreitung erst anthropogen bedingt in der Neuzeit, wie z.B. am Schleinsee (MÜLLER 1962).

Tab. 21: Einwanderung von *Picea* im Allgäu (Schwellenwert = Einsetzen geschlossene Kurve).

konv. ¹⁴ C- Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2 σ)	Ort	Autor
8990±125	9689-10427	Moor am Gasthof Bergblick, 1050 m	DIEFFENBACH- FRIES 1981
9280±90*	10248-10679	Langegger Filz, 785 m	KÜSTER 1988
9244±58**	10257-10561	Mehlblockmoos, 850 m	diese Arbeit
9029±76***	9911-10301	Dürrenbühl, 924 m	diese Arbeit
9306±71****	10278-10681	Unterer Insee, 703 m	diese Arbeit

*= 5 cm vor Beginn der geschlossenen Kurve

**= 8 cm vor Beginn der geschlossenen Kurve

***= 12 cm nach Beginn der geschlossenen Kurve

****= 5 cm vor Beginn der geschlossenen Kurve

Tab. 22: Massenausbreitung von *Picea* im Allgäu (Schwellenwert > 7 %).

konv. ¹⁴ C- Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2 σ)	Ort	Autor
7730±75*	8382-8647	Geltnachmoor, 732 m	KÜSTER (1988)
7700±110**	8301-8777	Langegger Filz, 785 m	KÜSTER (1988)
–	8270***	Mehlblockmoos, 850 m	diese Arbeit
7150±110	7732-8184	Haslacher See, 765 m	KÜSTER (1988)

*= Unstimmigkeiten zwischen Text und Diagramm bei KÜSTER (1988) sowie unterschiedliche Altersangaben bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

**= 5 cm vor der Massenausbreitung; Unstimmigkeiten bzgl. Tiefenangabe und Fehlerbereich bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

***= gemäß dem Zeit-Tiefen-Modell in Abb. 22

7.3.6 *Fagus*

Die Gattung *Fagus* kommt in Mitteleuropa nur mit einer Art vor, nämlich *Fagus sylvatica*. Letzteiszeitliche Refugialstandorte existierten auf der südlichen Apenninen-Halbinsel und der südlichen Balkan-Halbinsel (LANG 1994). Zudem haben kleine Glazialrefugien auf der nördlichen Iberischen Halbinsel bestanden (POTT 2000, MAGRI et al. 2006, MAGRI 2008). Die postglaziale Einwanderung von *Fagus sylvatica* in das südliche Mitteleuropa fand über zwei Hauptwanderwege (LANG 1994, POTT 2000) statt. Die erste Wanderungsrouten aus Osten führte von der Balkan-Halbinsel über die Dinariden zu den östlichen Alpen und schließlich nördlich der Alpen entlang. Der zweite Wanderungsweg verlief von der Apenninen-Halbinsel Richtung Norden. Die Wanderwege östlicher und westlicher Provenienzen von *Fagus* trafen sich KRAL (1979) zufolge im Gebiet des ehemaligen Isar-Vorlandgletschers.

TINNER & LOTTER (2006) konnten aufgrund der warvendatierten Pollendiagramme vom Schleinsee und Soppensee in Verbindung mit vergleichend ausgewerteten ¹⁴C-datierten Profilen vom Lobsigensee (VAN DER KNAAP & AMMANN 1997), Bodensee (RÖSCH 1993) und Görbelmoos (KÜSTER 1997) feststellen, dass ein Vorkommen einzelner Individuen an Gunststandorten bereits vor 8200 cal. BP angenommen werden muss, da die empirischen Pollenkurven der Baumart mit dieser Zeitmarke einsetzen und anschließend synchron im nördlichen Alpenvorland vom Schweizer Plateau über das Bodenseegebiet hinweg bis südlich München ansteigen. Somit erklärt das zerstreute Vorkommen von *Fagus* vor 8200 cal. BP auch die in einigen Pollendiagrammen gehäuften Einzelfunde bzw. diskontinuierlichen Kurvenverläufe, so z.B. im Mehlblockmoos. Daraus folgt die generelle Problematik, einen exakten Einwanderungszeitpunkt von verschiedenen Gehölzarten basierend auf bestimmten Schwellenwerten zu terminieren (TINNER & LOTTER 2006). Trotzdem wird nachfolgend das Auftreten des geschlossenen Kurvenverlaufes gemäß (LANG 1994) herangezogen.

Die Ansiedlung vollzog sich im gesamten Allgäu außerhalb des Alpenkörpers vor 8200 cal. BP (Tab. 23). In den Randbereichen des Ammergebirges ist die Ansiedlung gegenüber dem Vorland etwas verzögert erfolgt (Tab. 23). Der im Profil Wasserfilz II (BLUDAU 1985) schon im ausgehenden Präboreal geschlossene Kurvenverlauf von *Fagus* ist sicher nicht korrekt und infolge sekundärer Umlagerung gestört, was durch inverse Radiokarbondatierungen angezeigt wird. In den Allgäuer Alpen setzen die kontinuierlichen *Fagus*-Nachweise schon sehr früh ein und zwar im Profil Oberstdorf bei einem konventionellen Alter von 8835±125 sowie im Profil Bergblick bei 9130±625. Hartwasserbedingt weisen diese Datierungen jedoch ein zu hohes Alter auf (DIEFFENBACH-FRIES 1981). Bezeichnenderweise erachtet KÜSTER (1988) aber eine *Fagus*-Immigration aus tieferen Lagen Tirols über die Allgäuer Alpen nach Südwestbayern

unter dem Vorbehalt der bisher nur wenigen belastbaren und unzureichend datierten Analysen für möglich. Die Verbreitung könnte dabei von Säugetieren besorgt worden sein. Folglich könnte *Fagus sylvatica* das Allgäu nicht nur von Westen her besiedelt haben, sondern auch von Süden. Weitere moderne ^{14}C -datierte Pollenanalysen aus tieferen Lagen der Allgäuer Alpen und Nordtirols wären nötig, um die Frage nach einem *Fagus*-Vorstoß aus südlicher Richtung zu klären. Ferner könnten an die Allgäuer Alpen angrenzende Untersuchungen aus Vorarlberg noch wertvolle Hinweise liefern. Dem pollenstratigraphischen Befund nach erscheint *Fagus* im Gebiet des etwa 20 km südwestlich von Oberstdorf gelegenen Körbersees (WALDE & OEGGL 2004) schon an der Wende vom Boreal zum Atlantikum. In den übrigen Analysen (LANGER 1962, DRAXLER 1991, KRAL 1993, WALDE & OEGGL 2003, HOOZAAD 2009) ist die Ansiedlung von *Fagus* nicht erfasst.

Tab. 23: Einwanderung von *Fagus* im Allgäu (Schwellenwert = Einsetzen geschlossene Kurve).

konv. ^{14}C - Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2 σ)	Ort	Autor
7475 \pm 80*	8157-8421	Schleinsee, 475 m	GEYH, MERKT & MÜLLER (1971)
7700 \pm 110**	8301-8777	Langedger Filz, 785 m	KÜSTER (1988)
7730 \pm 75***	8382-8647	Geltnachmoor, 732 m	KÜSTER (1988)
–	8260****	Mehlbloockmoos, 850 m	diese Arbeit
7275 \pm 115	7926-8347	Sattlermoos II, 1140 m	BLUDAU (1985)

*= gewichtetes Alter aus Kalkfraktion und organischem Detritus; das bei TINNER & LOTTER (2006) im Pollendiagramm ablesbare Warvenalter beträgt 8180 Jahre

**= 5 cm nach Beginn der geschlossenen Kurve; Unstimmigkeiten bzgl. Tiefenangabe und Fehlerbereich bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

***= Unstimmigkeiten zwischen Text und Diagramm bei KÜSTER (1988) sowie unterschiedliche Altersangaben bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

****= gemäß dem Zeit-Tiefen-Modell in Abb. 22

Um zur Massenausbreitung zu gelangen, beanspruchte *Fagus sylvatica* unterschiedlich lange Zeiträume (Tab. 24). Am Schleinsee (GEYH, MERKT & MÜLLER 1971) vergingen lediglich wenige Jahrhunderte. Dieser nur kurze Zeitraum lässt sich durch den nur schwachen Konkurrenzdruck von *Abies* und *Picea* erklären. Im Kempter Wald ereignet sich die Massenausbreitung schon deutlich später. Im Profil Mehlblockmoos überschreitet *Fagus* die 5 %-Marke in 453 cm Tiefe. Im Hangenden und Liegenden niedergebrachte Datierungen mit Alterszeit-

spannen von 6181-6320 cal. BP und 7237-7419 cal. BP engen den erfolgten Populationsaufbau ein.

Tab. 24: Massenausbreitung von *Fagus* im Allgäu (Schwellenwert > 5 %).

konv. ¹⁴ C-Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2 σ)	Ort	Autor
6815±90*	7507-7844	Schleinsee, 475 m	GEYH, MERKT & MÜLLER (1971)
6040±75**	6728-7034	Haslacher See, 765 m	KÜSTER (1988)
5020±55***	5647-5905	Langegger Filz, 785 m	KÜSTER (1988)
5585±75	6272-6542	Moorbad Oberstdorf, 830 m	DIEFFENBACH-FRIES (1981)
5660±75	6304-6573	Sattlermoos II, 1140 m	BLUDAU (1985)

*= gewichtetes Alter aus Kalkfraktion und organischem Detritus; Schwellenwert > 10 %, da nur *Fagus*, *Corylus* und die Summe der EMW-Arten bezogen auf 100 % dargestellt sind
 **= Unstimmigkeiten bzgl. Tiefenangabe bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)
 ***= Unstimmigkeiten bzgl. Fehlerbereich bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

7.3.7 *Abies*

Im Allgäu ist die Gattung *Abies* nur mit der Art *Abies alba* vertreten. Deren eiszeitliche Refugien lagen auf der südlichen Balkan-Halbinsel und dem Süden der Apenninen-Halbinsel (LANG 1994, GLIEMEROTH 1995). Nach der Auswertung von TERHÜRNE-BERSON, LITT & CHEDDADI (2004) sind zudem Refugialgebiete in Nordwest-Italien und Südostfrankreich zu vermuten. LANG (1994) und BURGA & PERRET (1998) zufolge existierten zwei Hauptwanderwege in das südliche Mitteleuropa. Der erste Weg aus Osten führte von der Balkan-Halbinsel über die Dinariden zu den östlichen Alpen. Der zweite Weg verlief von der Apenninen-Halbinsel über die Piemonteser Alpen in das Tessin und von dort aus weiter Richtung Norden. Wie genetische Untersuchungen von KONNERT & BERGMANN (1995) gezeigt haben, erreichte die von den Refugialstandorten auf der Balkan-Halbinsel ausgehende Wanderbewegung das südwestliche Bayern nicht. Für Teile Oberbayerns, für das Allgäu und das Bodenseegebiet spielen nur die in Zentral-Italien gelegenen Glazial-Refugien eine Rolle. Die Wanderwege westlicher und östlicher Provenienzen von *Abies alba* sollen KRAL (1972, 1979) zufolge im

Inn-Salzach-Gebiet aufeinandergetroffen sein, was durch Genanalysen (BREITENBACH-DORFER et al. 1997, LIEPELT et al. 2009) bestätigt werden konnte.

Wie von *Fagus* sind sensu TINNER & LOTTER (2006) auch von *Abies* Einzelexemplare und kleinere Populationen an Gunststandorten schon vor 8200 cal. BP vorgekommen, was auch im Profil Mehlblockmoos ersichtlich wird (Abb. 22). Näherungsweise wird LANG (1994) folgend das Einsetzen der kontinuierlichen Kurve zur Beschreibung der Einwanderungsgeschichte herangezogen.

Den ^{14}C -Datierungen zufolge siedelte sich *Abies* im Älteren Atlantikum im Allgäu an (Tab. 25). Dabei lässt sich eine West-Ost-Wanderungsbewegung erkennen. Im Mehlblockmoos fällt der Beginn der geschlossenen Kurve mit dem Höhepunkt des 8200er-Ereignisses zusammen, in der Auerberggegend ist *Abies* etwa 200 Jahre später wieder heimisch. Im oberen Illertal und dem angrenzenden Kleinwalsertal (DIEFFENBACH-FRIES 1981) sind kontinuierliche *Abies*-Nachweise seit dem späten Boreal zu verzeichnen. Wie für *Fagus* ist auch für *Abies* eine von Vorarlberg her erfolgte Einwanderung in das Allgäu möglich. So kämen der Hochtannbergpass am Talschluss des Breitachtals oder der Schrofenpass im Bereich des Stillachtals als überwindbare Hindernisse in Frage. Am Körbersee (WALDE & OEGGL 2004) erscheint *Abies* an der Wende vom Boreal zum Atlantikum. Die restlichen Analysen (LANGER 1962, DRAXLER 1991, KRAL 1993, WALDE & OEGGL 2003, HOOGZAAD 2009) decken den Einwanderungszeitraum nicht ab. Die genaue Route des schon von BERTSCH (1953) und LANGER (1963) beschriebenen *Abies*-Vorstoßes über den sogenannten Allgäuweg bleibt weiterhin unklar.

Tab. 25: Einwanderung von *Abies* im Allgäu (Schwellenwert = Einsetzen geschlossene Kurve).

konv. ^{14}C- Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2 σ)	Ort	Autor
–	8220*	Mehlblockmoos, 850 m	diese Arbeit
7150 \pm 110	7732-8184	Haslacher See, 765 m	KÜSTER (1988)
7140 \pm 100	7758-8174	Langegger Filz, 785 m	KÜSTER (1988)

*= gemäß dem Zeit-Tiefen-Modell in Abb. 22

Die Massenausbreitung von *Abies* fällt in das Jüngere Atlantikum (Tab. 26). In der Regel erfolgte die Massenausbreitung von *Abies* im alpenrandnahen bayerischen Allgäu vor *Fagus*. Damit einher geht der finale Verdrängungsprozess von *Ulmus*.

Tab. 26: Massenausbreitung von *Abies* im Allgäu (Schwellenwert > 7 %).

konv. ¹⁴ C- Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2 σ)	Ort	Autor
5890±60*	6555-6861	Langegger Filz, 785 m	KÜSTER (1988)
6040±75**	6728-7034	Haslacher See, 765 m	KÜSTER (1988)
5826±67***	6470-6787	Dürrenbühl, 924 m	diese Arbeit
5660±75	6304-6573	Sattlermoos II, 1140 m	BLUDAU (1985)

*= Unstimmigkeit bzgl. Fehlerbereich bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

**= Unstimmigkeiten bzgl. Tiefenangabe bei KÜSTER (1988) und WILLKOMM (1988)

***= 8 cm vor der Massenausbreitung

7.3.8 *Carpinus*

In Mitteleuropa ist die Gattung *Carpinus* nur mit der Art *Carpinus betulus* vertreten. Die eiszeitlichen Refugialstandorte waren im östlichen Mittelmeergebiet und am Schwarzen Meer lokalisiert. Die Einwanderung nach Mitteleuropa erfolgte grob aus östlicher Richtung (GLIEMEROTH 1995). Der Schwellenwert für die ersten Spuren von *Carpinus betulus* liegt nach GLIEMEROTH (1995) bei 2 % der Pollensumme. BURGA & PERRET (1998) gehen schon bei Anteilen von 1 % der Gesamtpollensumme von lokalen Vorkommen aus. Da *Carpinus betulus* im südlichen Mitteleuropa jedoch in der zweiten Baumschicht vorkommt, ist die Pollenproduktion und -verbreitung stark herabgesetzt (KÜSTER 1988) und somit die Art im Pollenspektrum unterrepräsentiert (KRAL 1979). So konnte VOIGT (1996) bei Einsetzen des geschlossenen Kurvenverlaufes mit Werten unter 1 % bereits *Carpinus*-Knospenschuppen identifizieren und folgert daraus, dass eine fast durchgängige Pollenkurve auf die erfolgte Ansiedlung schließen lässt. Deswegen wurde hier bedarfsweise der Schwellenwert für die ersten Spuren bei noch diskontinuierlichen Nachweisen auf 0,5 % der Pollensumme festgelegt, eine pollenstratigraphische Ungestörtheit allerdings vorausgesetzt. Ansonsten fungiert in den meisten Pollendiagrammen die empirische Pollengrenze als Demarkationslinie.

Für das südliche Bayern lässt sich eine Einwanderungsrichtung aus nordöstlicher Richtung rekonstruieren. Die frühesten Einwanderungsbelege in Gestalt der einsetzenden kontinuierlichen Kurve wurden im Bayerischen Wald von STALLING (1987) erbracht. Die ^{14}C -Datierungen ergaben konventionelle Alter von 4290 ± 195 im Dösinger Ried und 3935 ± 290 im Profil Bachlern I. Im Donaumoos und Umgebung (KORTFUNKE 1992) ist die subboreale Wiederansiedlung gemäß Pollenstratigraphie deutlich verzögert erfolgt, ^{14}C -Datierungen liegen keine vor. Aus der Alt- und Jungmoränenlandschaft zwischen Isar und Lech liegen folgende Radiokarbondatierungen vor:

- Wildmoos (BÜRGER 1995) mit 3410 ± 44 konventionell
- Görbelmoos (KÜSTER 1995) mit 4010 ± 75 konventionell
- Pilsensee (KÜSTER 1995) mit 3860 ± 55 konventionell

Diese Datierungen sind allerdings eventuell mit Fehlern behaftet, was sich durch inverse Alter im Hangenden und Liegenden erahnen lässt. Des Weiteren liegt nur im Profil Pilsensee ein das die kontinuierliche Pollenkurve umgrenzendes Datum vor. In den beiden anderen Lokalisationen handelt es sich um diskontinuierliche Pollenfunde $> 0,5\%$. In der Gegend des Murnauer Mooses (SOKOL 2003, zitiert nach PETERS & FESQ-MARTIN 2006) ist die Baumart um 3539 ± 104 cal. BP mean erstmals kontinuierlich nachgewiesen.

In die Allgäuer Jungmoränenlandschaft gelangte die Baumart ebenfalls im Subboreal ab etwa 3300 cal. BP (Tab. 27), sofern man das Einsetzen der geschlossenen Kurve zugrunde legt, welches interpoliert für das Mehlblockmoos ebenfalls ungefähr 3300 cal. BP ergibt. In die Gebirgslagen gelangt *Carpinus betulus* erst später.

Engständig diskontinuierliche, lediglich durch einzelne Proben unterbrochene Kurvenverläufe sind jedoch schon bedeutend früher zu verzeichnen. So lässt sich für den Haslacher See (KÜSTER 1988) ein konventionelles Alter von 5880 ± 80 anführen. Am Schleinsee (MÜLLER 1962) ist *Carpinus* seit dem mittleren Atlantikum fast durchgehend im Pollenspektrum enthalten. Bezeichnenderweise sind – wie von KÜSTER (1988) bemerkt – aus Tirol (z.B. BORTENSCHLAGER 1976, 1984) schon im Frühholozän gehäufte *Carpinus*-Funde bekannt, welche nicht auf Fernflug zurückzuführen sind. Unter Berücksichtigung der Unterrepräsentation im Pollenspektrum wäre es durchaus denkbar, dass verstreute Populationen von *Carpinus* im Alpenvorland schon im Atlantikum an Gunststandorten vorgekommen sind, sich aber lediglich durch diskontinuierliche Nachweise im Polleninhalte abbilden. So sind auch im oberen Illertal (DIEFFENBACH-FRIES 1981) sogar kontinuierliche Einzelfunde im Umgriff

einer ^{14}C -Datierung mit einem konventionellen Alter von 5585 ± 160 zu verzeichnen. Auffällig ist zudem, dass der Beginn der geschlossenen Kurve oft mit einer bereits erfolgten Landschaftsöffnung zusammenfällt. Damit wurde der frühe Populationsaufbau von *Carpinus* schon vor der diese Baumart fördernden Niederwaldwirtschaft (KÜSTER 1988, 1997) anthropogen begünstigt. Als Beispiele hierfür lassen sich insbesondere das Mehlblockmoos, das Dürrenbühlmoos, die Auerbergprofile (KÜSTER 1988), das Krottensteinmoos (BLUDAU 1985), das Wasserfilz (BLUDAU 1985) sowie die Moore am Gasthof Bergblick und Hörnlepass (DIEFFENBACH-FRIES 1981) auführen. Die schon frühe anthropogene Förderung der im Pollenniederschlag unterrepräsentierten Hainbuche könnte in anderen Regionen Süddeutschlands die stark streuenden Altersdatierungen hinsichtlich des Einwanderungsgeschehens verursacht haben, je nachdem, wann die erste größere menschliche Einflussnahme im näheren Umkreis einsetzte. So lässt sich im südöstlichen Bayern (VOIGT 1996) und im Schwarzwald (FRIEDMANN 2000) kein enger Zeitraum für die *Carpinus*-Immigration festlegen.

Tab. 27: Einwanderung von *Carpinus* im Allgäu (Schwellenwert = Beginn der geschlossenen Kurve).

konv. ^{14}C - Alter BP	Alterszeitraum cal. BP (2σ)	Ort	Autor
$3150\pm 75^*$	3176-3514	Haslacher See, 765 m	KÜSTER (1988)
3100 ± 60	3165-3447	Langegger Filz, 785 m	KÜSTER (1988)
3000 ± 140	2842-3477	Moor am Gasthof Berg- blick, 1050 m	DIEFFENBACH- FRIES (1981)
2580 ± 75	2429-2847	Krottensteinmoos II, 1160 m	BLUDAU (1985)
2260 ± 70	2100-2435	Wasserfilz II, 1020 m	BLUDAU (1985)

*= 1 cm vor Beginn der geschlossenen Kurve

Würde man den von GLIEMEROTH (1995) genannten Grenzwert von $> 7\%$ der Gesamtpollensumme heranziehen, so wäre *Carpinus betulus* im gesamten Allgäu bis zum Jüngeren Subatlantikum nicht zur Massenausbreitung gelangt. Ein Schwellenwert von $> 5\%$ wird vom Verfasser als realistisch angesehen. Demnach erfolgt die Massenausbreitung im Allgäuer Alpenvorland aufgrund der bisherigen Untersuchungen nur im östlichen Kempter Wald

während des Mittelalters, belegt durch eine 2 cm nach der Massenausbreitung vorliegende ¹⁴C-Datierung aus dem Mehlblockmoos mit einem Alter von 654-780 AD. In den Gebirgs-
lagen inklusive der Talräume ereignet sich überhaupt keine Massenausbreitung.

8. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wird die vegetationsgeschichtliche Entwicklung im südlichen Iller-Wertach-Jungmoränengebiet seit dem Spätglazial anhand von pollenanalytisch untersuchten Bohrkernen aus dem Kempter Wald (westliches Mehlblockmoos und Dürrenbühlmoos) und aus dem Illertal südlich Kempten (Unterer Inselsee) vorgestellt. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem hochauflösend ausgezählten Standardpollendiagramm aus dem Mehlblockmoos, das auf einer ausreichenden Zahl an ^{14}C -Datierungen gestützt ist. Durch diese Pollenprofile konnte die Vegetationsgeschichte in diesem Landschaftsraum erstmals detailliert rekonstruiert werden. Insgesamt wurden 664 Proben mit jeweils mindestens 1000 Gehölzpollenkörnern (ohne *Alnus*) ausgezählt, abgesehen von pleniglazialen und frühspätglazialen Straten, als Baumbirken noch nicht eingewandert waren.

In den Pollendiagrammen aus dem Mehlblockmoos und dem Unteren Inselsee ist auch das Spätglazial repräsentiert. Im Bølling vollzieht sich die Wiederbewaldung über eine *Juniperus-Hippophaë*-Strauchphase mit nachfolgender Etablierung baumförmiger *Betula*-Arten. In diesen lichten Birkenwäldern breitet sich schließlich *Pinus* aus. Die Warmphase des Allerøds ist durch die Entwicklung dichter Wälder im Vergleich zum Bølling gekennzeichnet. Die klimatische Abkühlung der Jüngerer Dryas führt zu einer Auflichtung der Kiefernwälder. Während des Präboreals zeigt sich weithin ein noch einheitliches Waldbild. Die Landschaft wird von lichten Kiefernwäldern geprägt. *Betula* ist nur untergeordnet am Aufbau dieser Wälder beteiligt. Nach erfolgter Einwanderung lichtliebender thermophiler Gehölze und von *Picea* bilden sich standörtlich bedingte Unterschiede in der Waldzusammensetzung heraus.

Das 8200 cal. BP-Event lässt sich in allen drei Pollenprofilen nachweisen und stellt mit der Depression der *Corylus*-Kurve einen hervorragenden biostratigraphischen Marker dar. Durch diese Klimaschwankung wird der zögerliche Populationsaufbau von *Abies* und *Fagus* ausgelöst. Der Rückgang der *Ulmus*-Anteile ist ein lange andauernder Prozess. Die finale Verdrängung auf feuchtere Standorte wird dabei vorrangig durch *Abies* besorgt. Im Subboreal wird das Waldbild vom gemischten Bergwald aus *Fagus*, *Abies* und *Picea* bestimmt. Im Kempter Wald gelangt *Fagus* zur Vorherrschaft, in der Umgebung des Unteren Inselsees hingegen *Abies*, was in den dort weit verbreiteten, nadelholzfördernden Gesteinen der Molasse-schichten begründet ist. Im Subatlantikum vollzieht sich die sukzessive Umgestaltung der bis dato nahezu unberührten Naturlandschaft in eine Kulturlandschaft.

Der Beginn des signifikanten anthropogenen Einflusses datiert im Profil Mehlblockmoos in die Bronzezeit sowie in der Umgebung des Dürrenbühlmooses und des Unteren Inselsees in

die Eisenzeit. Die vorherrschende Wirtschaftsform in prähistorischer Zeit ist die Viehhaltung. Dem Ackerbau kommt nur geringe Bedeutung zu. Darauf sind weitere Landnutzungsphasen in der Römerzeit, im Mittelalter und der Neuzeit dokumentiert. Seit historischer Zeit zeichnet sich eine zunehmende Nutzungsintensität ab, die allerdings durch kurze Phasen der Waldholzung unterbrochen wird. Die im Mittelalter einsetzende Waldzerstörung gipfelt neuzeitlich in einer eklatanten Zurückdrängung der meisten Gehölze und der forstwirtschaftlichen Förderung von *Picea*.

In den beiden Archiven westliches Mehlblockmoos und Dürrenbühlmoos wurde auch die moorgeschichtliche Entwicklung vom Niedermoor über ein Zwischenmoorstadium zum Hochmoor anhand der Pollenstratigraphie und Georadar-gestützten Transektbohrungen rekonstruiert. Für den Unteren Insensee wurde zudem die See- und Moorentwicklung auf Basis der palynologischen Befunde und lithostratigraphischen Analysen des untersuchten Bohrkerns beschrieben. In den Pollenprofilen des Dürrenbühlmooses und des Unteren Insesees sind stark verringerte Akkumulationsraten während des ausgehenden Atlantikums und nachfolgenden Subboreals infolge gesunkener Wasserstände dokumentiert, wodurch die zugehörigen Straten nur sehr schlecht aufgelöst sind.

Die heutige Vegetation des gehölzfreien Hochmoorbereichs im westlichen Mehlblockmoos setzt sich aus Schlenkengesellschaften (*Caricetum limosae* und *Rhynchosporium albae*) und der bunten Torfmoosgesellschaft (*Sphagnetum magellanicum*) zusammen. Letztere ist dabei durch verschiedene Moorwasserstände in Subassoziationen differenziert. Das Bergkiefern-Hochmoor (*Pino mugo*-*Sphagnetum*) umzäunt diese Gesellschaften. Im Dürrenbühlmoos tritt infolge des Höhenwandels als weitere Gesellschaft das Rasenbinsen-Hochmoor (*Eriophorum-Trichophoretum cespitosum*) auf der Freifläche verstärkt in Erscheinung und vermittelt so zu den Hochlagenmooren der Allgäuer Alpen und des Ammergebirges. Wie bei der bunten Torfmoosgesellschaft sind drei vom Moorwasserstand abhängige Untergesellschaften ausgebildet. Neben *Trichophorum cespitosum* ist auch *Sphagnum majus* als Höhendifferentialart zu werten.

Abschließend soll noch auf Forschungslücken verwiesen werden. Es existiert zwar eine relativ große Zahl an Pollenanalysen, welche es erlauben, die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Allgäus samt Alpenanteil in Grundzügen zu rekonstruieren. Teile des Allgäus und der Allgäuer Alpen sind jedoch gänzlich unerforscht oder wurden nur durch ältere, mit methodischen Schwächen behafteten Pollenanalysen bearbeitet. Weitere paläobotanische Untersuchungen wären insbesondere im Westallgäu und den Allgäuer Alpen

wünschenswert. Zudem wäre ein vegetationsgeschichtlicher Vergleich der äußeren Jungmoränenzone mit vorgelagerten Altmoränen- und Schotterflächen von besonderem Interesse. Auch mangelt es trotz der vorliegenden Arbeit weiterhin an hochauflösenden Standarddiagrammen, welche hinreichend durch ^{14}C -Datierungen abgesichert sind. Dies gilt sowohl für spätglaziale als auch holozäne Abschnitte.

9. Literatur- und Quellenverzeichnis

Literatur:

- AMMANN, B. & LOTTER, A. (1989): Late-Glacial radiocarbon- and palynostratigraphy on the Swiss Plateau. – In: *Boreas* 18 (2), S. 109-126.
- AMMANN, B., LOTTER, A., EICHER, U., GAILLARD, M.-J., WOHLFARTH, B., HAEBERLI, W., LISTER, G., MAISCH, M., NIESSEN, F. & SCHLÜCHTER, C. (1994): The Würmian Late-glacial in lowland Switzerland. – In: *Journal of Quaternary Science* 9 (2), S. 119-125.
- AMMANN, B., VAN LEEUWEN, J., VAN DER KNAAP, W., LISCHKE, H., HEIRI, O. & TINNER, W. (2013): Vegetation responses to rapid warming and to minor climatic fluctuations during the Late-Glacial Interstadial (GI-1) at Gerzensee (Switzerland). – In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 391 (Part B), S. 40-59.
- ALTERMANN, M., JÄGER, K.-D., KOPP, D., KOWALKOWSKI, A., KÜHN, D. & SCHWANECKE, W. (2008): Zur Kennzeichnung und Gliederung von periglaziär bedingten Differenzierungen in der Pedosphäre. – In: *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 6, S. 5-42.
- ATHERTON, I., BOSANQUET, S. & LAWLEY, M. (2010, Hrsg.): *Mosses and Liverworts of Britain and Ireland – a field guide.* – British Bryological Society, London, 848 S.
- BABUCKE, V. (1995): Das frühe Mittelalter. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 70-78.
- BADER, K. & JERZ, H. (1978): Die glaziale Übertiefung im Iller- und Alpseetal. – In: *Geologisches Jahrbuch Reihe A46*, S. 25-45.
- BAUER, J. (1990): Natur und Landschaft. – In: LIEBHART, W. (Hrsg.): *Nesselwang – Ein historischer Markt im Allgäu.* Thorbecke Verlag, Sigmaringen, S. 11-30.
- BAUER, J. (2001a): Das Klima des Allgäus. – In: DÖRR, E. & LIPPERT, W.: *Flora des Allgäus und seiner Umgebung.* Band 1. IHW Verlag, Eching, S. 27-29.
- BAUER, J. (2001b): Die wichtigsten Pflanzengesellschaften des Allgäus im Überblick. – In: DÖRR, E. & LIPPERT, W.: *Flora des Allgäus und seiner Umgebung.* Band 1. IHW Verlag, Eching, S. 30-38.
- BAUER, R. (1990): Frühe Siedlungsgeschichte und Ortsnamen. – In: LIEBHART, W. (Hrsg.): *Nesselwang – Ein historischer Markt im Allgäu.* Thorbecke, Sigmaringen, S. 33-50.
- BEHLEN, S. (1834, Hrsg.): Der Kempterwald. – In: *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung N.F.* 3, S. 146-147.

- BEHLEN, S. (1836, Hrsg.): Notizen zur Bereisung des Ober-Donau-Kreises. – In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung N.F. 5, S. 81-82.
- BEHRE, K.-E. (1978): Die Klimaschwankungen im europäischen Präboreal. – In: Petermanns Geographische Mitteilungen 122 (2), S. 97-102.
- BEHRE, K.-E. (1981): The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. – In: Pollen et Spores 23 (2), S. 225-245.
- BEHRE, K.-E. (1988): The role of man in European vegetation history. – In: HUNTLEY, B. & WEBB, T. (Hrsg.): Vegetation History. Kluwer Academic Publishers, S. 634-672.
- BEHRE, K.-E. (2001): Umwelt und Wirtschaftsweisen in Norddeutschland während der Trichterbecherzeit. – In: KELM, R. (Hrsg.): Zurück zur Steinzeitlandschaft. Albersdorfer Forschungen zur Archäologie und Umweltgeschichte 2, S. 27-38.
- BENNET, K. (1996): Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. – In: New Phytologist 132 (1), S. 155-170.
- BERGER, A. & LOUTRE, M. (1991): Insolation values for the climate of the last 10 million years. – In: Quaternary Science Reviews 10 (4), S. 297-317.
- BERGER, A. & LOUTRE, M. (1999): Parameters of the earth's orbit for the last 5 million years in 1 kyr resolution. – doi:10.1594/PANGAEA.56040.
- BERTSCH, A. (1961): Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. – In: Flora 151, S. 243-280.
- BERTSCH, K. (1924): Paläobotanische Untersuchungen im Reichermoos. – In: Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 80, S. 1-19.
- BERTSCH, K. (1929): Waldgeschichte des württembergischen Bodenseegebiets. – In: Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung 56, S. 221-268.
- BERTSCH, K. (1953⁴): Geschichte des deutschen Waldes. – Gustav Fischer, Jena, 124 S.
- BEUG, H.-J. (1976): Die spät- und frühpostglaziale Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Rosenheimer Sees (Oberbayern). – In: Botanische Jahrbücher für Systematik 95, S. 373-400.
- BEUG, H.-J. (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. – Pfeil, München, 542 S.
- BIRKS, H. & BIRKS, H. (1980): Quaternary palaeoecology. – Edward Arnold, London, 289 S.
- BJÖRCK, S., RUNDGREN, M., INGOLFSSON, O. & FUNDER, S. (1997): The Preboreal oscillation around the Nordic Seas: terrestrial and lacustrine responses. – In: Journal of Quaternary Science 12 (6), S. 455-465.

- BLINDOW, N., mit Beiträgen von RICHTER, T. & PETZOLD, H. (1997): Bodenradar. – In: KNÖDEL, K., KRUMMEL, H. & LANGE, G. (Hrsg.): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. Band 3: Geophysik. Springer, Berlin, S. 369-403.
- BLUDAU, W. (1985): Zur Paläoökologie des Ammergebirges im Spät- und Postglazial. – Schäuble, Rheinfelden, 363 S.
- BOHNKE, S. & HOEK, W. (2007): Multiple oscillations during the Preboreal as recorded in a calcareous gyttja, Kingbeekdal, The Netherlands. – In: Quaternary Science Reviews 26 (15-16), S. 1965-1974.
- BORTENSCHLAGER, I. (1976): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols II. Kufstein – Kitzbühel – Paß Thurn. – In: Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 63, S. 105-137.
- BORTENSCHLAGER, I., BORTENSCHLAGER, S. & FRANK, A. (1984): Pollenflug in Innsbruck 1977-1983 (Tirol, Österreich). – In: Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 71, S. 213-240.
- BORTENSCHLAGER, I. & BORTENSCHLAGER, S. (1992): Pollenflug 1991 in Tirol (Austria). Galtür, Innsbruck, Obergurgl, Wörgl und Zams. – In: Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 79, S. 123-143.
- BORTENSCHLAGER, I. & BORTENSCHLAGER, S. (2002): Pollenflug 2001 in Tirol (Österreich). Galtür, Innsbruck, Jungholz, Lienz, Obergurgl, Reutte, St. Jakob, St. Sigmund, Wörgl und Zams. – In: Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 89, S. 17-48.
- BORTENSCHLAGER, I. & BORTENSCHLAGER, S. (2013): Pollenflug 2011 in Tirol (Österreich). Innsbruck, Lienz, Obergurgl, Reutte, Wörgl und Zams. – In: Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Verein Innsbruck 98, S. 27-46.
- BORTENSCHLAGER, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Öztal und unteres Inntal. – In: Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 71, S. 19-56.
- BOS, J., VAN GEEL, B., VAN DER PFLICHT, J. & BOHNCKE, S. (2007): Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records. – In: Quaternary Science Reviews 26 (15-16), S. 1927-1950.
- BRADLER, G. (1973): Die Landschaftsnamen Allgäu und Oberschwaben in geographischer und historischer Sicht. – In: Göppinger Akademische Beiträge 77, 153 S.

- BRAUER, A., ENDRES, C. & NEGENDANK, J. (1999): Lateglacial calendar year chronology based on annually laminated sediments from Lake Meerfelder Maar, Germany. – In: *Quaternary International* 61 (1), S. 17-25.
- BRAUER, A., GÜNTER, C., JOHNSEN, S. & NEGENDANK, J. (2000): Land-ice teleconnections of cold climatic periods during the last Glacial/Interglacial transition. – In: *Climate Dynamics* 16 (2-3), S. 229-239.
- BRAUN, W. (1966): Die Gesellschaft der Torfsegge, das Caricetum heleonastis, in der Umgebung von Kempten. – In: *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten/Allgäu*, Band 10 (1), S. 17-24.
- BRAUN, W. (1968): Die Kalkflachmoore und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften im Bayerischen Alpenvorland. – In: *Dissertationes Botanicae* 1, 134 S.
- BRAUN, W. (1969): Die Pflanzendecke des Strausberg-Mooses bei Hindelang. – In: *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten/ Allgäu* 13 (1), S. 1-19.
- BRAUN, W. (1973): Die Pflanzendecke. – In: JERZ, H.: *Bodenkarte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg*. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 69-91.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964³): *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. – Springer, Berlin, 865 S.
- BREITENBACH-DORFER, M., KONNERT, M., PINSKER, W., STARLINGER, F. & GEBUREK, T. (1997): The contact zone between two migration routes of silver fir, *Abies alba* (*Pinaceae*), revealed by allozyme studies. – In: *Plant Systematics and Evolution* 206 (1-4), S. 259–272.
- BROSTRÖM, A., SUGITA, S. & GAILLARD, J.-M. (2004): Pollen productivity estimates for the reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of southern Sweden. – In: *The Holocene* 14 (3), S. 368-381.
- BRUNNACKER, K. (1959): Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern. – In: *Geologica Bavarica* 43, S. 74–150.
- BUCH, M. & ZÖLLER, L. (1990): Gliederung und Thermolumineszenz-Chronologie der Würmlösse im Raum Regensburg. – In: *Eiszeitalter und Gegenwart* 40, S. 63-84.
- BÜRGER, O. (1995): *Prähistorische Landschaftskunde am Fallbeispiel Pestenacker. Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Altmoränengebiet zwischen Lech und Isar (Bayerisches Alpenvorland)*. – Kornel, München, 187 S.

- BULL, A. (2003): Untersuchungen zur spätglazialen Klima- und Vegetationsdynamik im Allgäu. – Unveröffentlichte Magisterarbeit, Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg, 90 S.
- BUNTING, M., ARMITAGE, R., BINNEY, H. & WALLER, M. (2005): Estimates of ‘relative pollen productivity’ and ‘relevant source area of pollen’ for major tree taxa in two Norfolk (UK) woodlands. – In: *The Holocene* 15 (3), S. 459-465.
- BURGA, C. & PERRET, R. (1998): *Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter.* – Ott, Thun, 805 S.
- CHANG, T.-P. & CHANG-SCHNEIDER, H. (2008): Zentrische Kieselalgen in Kemptener Seen. – In: *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 78, S. 5-15.
- CLARK, J. (1988): Stratigraphic charcoal analysis on petrographic thin sections: application to fire history in northwestern Minnesota. – In: *Quaternary Research* 30 (1), S. 81-91.
- CLARK, J., MERKT, J. & MÜLLER, H. (1989): Post-glacial fire, vegetation, and human history on the northern alpine forelands, South-West Germany. – In: *Journal of Ecology* 77 (4), S. 897-925.
- COMAS, X., SLATER, L. & REEVE, A. (2004): Geophysical evidence for peat basin morphology and stratigraphic controls on vegetation observed in a Northern Peatland. – In: *Journal of Hydrology* 295 (1-4), S. 173-184.
- COMAS, X., SLATER, L. & REEVE, A. (2005): Stratigraphic controls on pool formation in a domed bog inferred from ground penetrating radar (GPR). – In: *Journal of Hydrology* 315 (1-4), S. 40-51.
- COMAS, X., SLATER, L. & REEVE, A. (2011): Pool patterning in a northern peatland: Geophysical evidence for the role of postglacial landforms. – In: *Journal of Hydrology* 399 (3-4), S. 173-184.
- CONRADI, T. & FRIEDMANN, A. (2013): Plant communities and environmental gradients in mires of the Ammergauer Alps (Bavaria, Germany). – In: *Tuexenia* 33, S. 133-163.
- CRÄMER, U. (1954): Das Allgäu. Werden und Wesen eines Landschaftsbegriffs. – In: *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* 84, 154 S.
- CRUTZEN, P. (2002): Geology of Mankind. – In: *Nature* 415, S. 23.
- CUGNY, C., MAZIER, F. & GALOP, D. (2010): Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): the use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity. – In: *Vegetation History and Archaeobotany* 19 (5-6), S. 391-408.

- DAMBACH, K. (2000): Ein Versuch zur Quantifizierung der gerodeten Landoberfläche einzelner Landschaften Mitteleuropas mit Hilfe der Pollenanalyse. – In: *Dissertationes Botanicae* 336, 151 S.
- DANSGAARD, W., JOHNSON, S., CLAUSEN, H., DAHL-JENSEN, D., GUNDESTRUP, N., HAMMER, C., HVIDBERG, C., STEFFENSEN, J., SVEINBJÖRNSDOTTIR, A., JOUZEL, J. & BOND, G. (1993): Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. – In: *Nature* 364, S. 218–220.
- DAVIS, J. & ANNAN, A. (1989): Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. – In: *Geophysical Prospecting* 37 (5), S. 531-551.
- DE GRAAF, L., KUIJPER, W. & SLOTBOOM, R. (1989): Schlußvereisung und spätglaziale Entwicklung des Moorgebietes Gasserplatz (Feldkirch-Göfis, Vorarlberg). – In: *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 132 (2), S. 397-413.
- DETSCH, R. (1984): Frühmittelalterliche Siedlungsgeschichte. – In: KOLB, A. & KOHLER, E. (Hrsg.): *Ostallgäu - Einst und Jetzt*. Band 1. Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 97-106.
- DIEFFENBACH-FRIES, H. (1981): Zur spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung bei Oberstdorf (Oberallgäu) und im Kleinwalsertal (Vorarlberg). Pollen- und makrofossilanalytische Untersuchungen an drei Mooren der montanen Stufe. – Unveröffentlichte Dissertation, Technische Hochschule, Darmstadt, 154 S.
- DIERBEN, K. (1996): Bestimmungsschlüssel der Torfmoose in Norddeutschland. – In: *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* 50, 86 S.
- DIERBEN, K. (1998): Klasse: Oxycocco-Sphagnetea. – In: OBERDORFER, E. (Hrsg.⁴): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. Gustav Fischer, Stuttgart, S. 273-292.
- DIERBEN, B. & DIERBEN, K. (1984): Vegetation und Flora der Schwarzwaldmoore. – In: *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* 39, 512 S.
- DIERBEN, K. & DIERBEN, B. (2001): *Moore*. – Ulmer, Stuttgart, 230 S.
- DIETRICH, H. (1995): Bronze- und Eisenzeit. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 38-48.

- DIEZ, T. (1968): Die würm- und postwürmglazialen Terrassen des Lech und ihre Bodenbildungen. – In: *Eiszeitalter und Gegenwart* 19, S. 102-128.
- DÖRFLER, W. (1990): Die Geschichte des Hanfanbaus in Mitteleuropa aufgrund palynologischer Untersuchungen und von Großrestnachweisen. – In: *Prähistorische Zeitschrift* 65, S. 218-244.
- DÖRR, E. (2000): Verbreitung und Rückgang der Glazialrelikte in den Mooren des Allgäuer Raumes. – In: *Hoppea* 61, S. 567-585.
- DÖRR, E. & LIPPERT, W. (2001): *Flora des Allgäus und seiner Umgebung*. Band 1. – IHW Verlag, Eching, 680 S.
- DÖRR, E. & LIPPERT, W. (2004): *Flora des Allgäus und seiner Umgebung*. Band 2. – IHW Verlag, Eching, 752 S.
- DONGUS, H. (1982): Über die eiszeitliche Vergletscherung des westlichen Hochallgäus und die glazigene Überformung des Alpsee- und des oberen Weißachtals. – In: *Berichte zur deutschen Landeskunde* 56 (2), S. 219-238.
- DONGUS, H. (1990): Würmeiszeitliche Rhein- und Illergletscherzungen in den Molasse-schichtkämmen des westlichen Allgäus. – In: *Mainzer Geographische Studien* 34, S. 47-60.
- DRAXLER, I. (1977): Pollenanalytische Untersuchung von Mooren zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Einzugsgebiet der Traun. – In: *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* 120 (1), S. 131-163.
- DRAXLER, I. (1991): Föhrenmoos und Spülbohrung Landhaus. – In: OBERHAUER, R.: *Geologische Karte der Republik Österreich 1:25000*. Erläuterungen zu Blatt 110 St. Gallen Süd und 111 Dornbirn Süd. Geologische Bundesanstalt, Wien, S. 41-45.
- DÜRRWANGER, L. (1954): *Nesselwang in Kultur und Geschichte*. – Buch- und Kunstdruckerei Oskar Schnitzer, Marktoberdorf, 363 S.
- EBBESSEN, H., KUIJPERS, A., MOROS, M., LLOYD, J., SEIDENKRANTZ, M.-S. & TROELSTRA, S. (2008): The 8.2 ka cooling event related to extensive melting of the Greenland Ice Sheet. – In: *Climate of the Past Discussions* 4, S. 1219-1235.
- EBERL, B. (1930): *Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. Ihr Ablauf, ihre Chronologie auf Grund der Aufnahmen im Bereich des Lech- und Illergletschers*. – Filser, Augsburg, 427 S.
- EDDY, J. (1976): The Maunder Minimum. – In: *Science* 192, S. 1189-1202.
- EGGENBERG, S. & MÖHL, A. (2009²): *Flora Vegetativa. Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand*. – Haupt, Bern, 680 S.

- EHMER-KÜNKELE, U. (1983): Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen im Schönrammer Filz (Oberbayern). – In: Berichte der ANL 7, S. 41-79.
- EICHER, U. & SIEGENTHALER, U. (1976): Palynological and oxygen isotope investigations on Late-Glacial sediment cores from Swiss lakes. – In: Boreas 5 (2), S. 109-117.
- ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010⁶): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – Ulmer, Stuttgart, 1333 S.
- ELLWANGER, D. (1983): Der Rückzug des würmeiszeitlichen Iller-Vorlandgletschers. – In: Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins N.F. 65, S. 291-306.
- ENDLICHER, W. (2000): Europa. – In: WEISCHET, W. & ENDLICHER, W.: Regionale Klimatologie. Teil 2: Die Alte Welt. – Teubner, Stuttgart, S. 23-152.
- ENGELSCHALK, W. (1984): Das Klima. – In: KOLB, A. & KOHLER, E. (Hrsg.): Ostallgäu - Einst und Jetzt. Band 1. – Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 57-62.
- EUSTERHUES, K., LECHTERBECK, J., SCHNEIDER, J. & WOLF-BROZIO, U. (2002): Late- and Post-Glacial evolution of Lake Steisslingen (I). Sedimentary history, palynological record and inorganic geochemical indicators. – In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 187 (3-4), S. 341-371.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. (1989⁴): Textbook of Pollen Analysis. – John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 328 S.
- FELDNER, R. (1981): Waldgesellschaften, Wald- und Forstgeschichte und waldbauliche Planung im Naturschutzgebiet Ammergauer Berge. – Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien, 164 S.
- FILGER, R. (2007): Streu- und Feuchtwiesen im Kempter Wald. Eine vegetationskundliche Untersuchung extensiv genutzter Grünlandgesellschaften auf Niedermoorstandorten sowie Vorschläge zu deren weiteren Entwicklung – Dissertation im Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Uni Kassel, 151 S.
- FILZER, P. (1967): Das Interglazial Riß-Würm vom Pfefferbichl bei Buching im Allgäu. – In: Vorzeit 16 (1-4), S. 9-24.
- FINSINGER, W., TINNER, W., VAN DER KNAAP, W. & AMMANN, B. (2006): The expansion of hazel (*Corylus avellana* L.) in the southern Alps: a key for understanding its early Holocene history in Europe? – In: Quaternary Science Reviews 25 (5-6), S. 612-631.
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Band 1. Allgemeine Waldgeschichte. – Fischer, Jena, 480 S.

- FIRBAS, F. (1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Band 2. Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. – Fischer, Jena, 256 S.
- FISCHER, A.-L., GEHLEN, B. & RICHTER, T. (2009): Zum Stand der Neolithisierungsforschung im östlichen Bayern: Fragestellungen, Fundstellen, Perspektiven. – In: *Fines Transire* 18, S. 45-78.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (2004⁴): *Moosflora*. – Ulmer, Stuttgart, 538 S.
- FRENZEL, B. (1978): Das Interglazial vom Pfefferbichl bei Buching, Landkreis Füssen. – In: *Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24 (1976)*, S. 181-184.
- FRENZEL, B. (1983): Die Vegetationsgeschichte Süddeutschlands im Eiszeitalter. – In: MÜLLER-BECK, H. (Hrsg.): *Urgeschichte in Baden-Württemberg*. Theiss, Stuttgart, S. 91-166.
- FRIED, P. (1984): „Das blaue Allgäu“ bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts. – In: KOLB, A. & KOHLER, E. (Hrsg.): *Ostallgäu - Einst und Jetzt*. Band 2. Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 593-596.
- FRIEDMANN, A. (2000): Die spät- und postglaziale Landschafts- und Vegetationsgeschichte des südlichen Oberrheintieflands und Schwarzwalds. – In: *Freiburger Geographische Hefte* 62, 222 S.
- FRIEDRICH, M., REMMELE, S., KROMER, B., HOFMANN, J., SPURK, M., KAISER, K.F., ORCEL, C. & KÜPPERS, M. (2004): The 12460-year Hohenheim oak and pine tree-ring chronology from central Europe – a unique annual record for radiocarbon calibration and paleo-environment reconstructions. – In: *Radiocarbon* 46 (3), S. 1111-1122.
- FRIELING, D. (in Vorb.): *Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8228 Wildpoldsried*. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- FRÖBRICH, G. & MANGELSDORF, J. (1973): Beiträge zur Limnologie der Niedersonthofner Seen im Allgäu. – In: *Schriftenreihe der Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde* 8, 37 S.
- GANNS, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P. (1953): Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. – In: *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft* 105, S. 402-495.
- GEHLEN, B. (1988a): Mesolithische Siedlungsplätze im Landkreis Ostallgäu. – In: *Archäologische Informationen* 11 (2), S. 222-227.
- GEHLEN, B. (1988b): Steinzeitliche Funde im östlichen Allgäu. – In: *Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie* 3, S. 195-209.

- GEHLEN, B. (1995): Die Steinzeiten. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland 30, Theiss, Stuttgart, S. 26-37.
- GEHLEN, B. (1999): Late Palaeolithic, Mesolithic and early Neolithic in the Lower Alpine region between the rivers Iller and Lech (south-west Bavaria). – In: THÉVENIN, A. & BINTZ, P. (Hrsg.): L'Europe des derniers chasseurs. L'Épipaléolithique et Mésolithique. Peuplement et paléoenvironnement de l'Épipaléolithique et du Mésolithique. – Actes du 5e Colloque international UISPP, 18-23 Septembre en Grenoble 1995, S. 489-497.
- GEHLEN, B. (2009): Innovationen und Netzwerke. Das Spätmesolithikum vom Forggensee (Südbayern) im Kontext des ausgehenden Mesolithikums und des Altneolithikums in der Südhälfte Europas. – In: Archäologische Informationen 31 (1/2), S. 173-185.
- GEIB, O. (1922): Die Forstobrigkeit im Fürststift Kempten. – In: Allgäuer Geschichtsfreund 19, S. 1-32.
- GERMAN, R. & FILZER, P. (1964): Beiträge zur Kenntnis spät- und postglazialer Akkumulation im nördlichen Alpenvorland. – In: Eiszeitalter und Gegenwart 15, S. 108-122.
- GEBLEIN, B. & SCHELLMANN, G. (2011): Jungquartäre Flussterrassen am mittleren Lech zwischen Kinsau und Klosterlechfeld – Erste Ergebnisse. – In: Eiszeitalter und Gegenwart (Quaternary Science Journal) 60 (4), S. 400-413.
- GEYH, M. (2005): Handbuch der chemischen und physikalischen Altersbestimmung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 211 S.
- GEYH, M., MERKT, J. & MÜLLER, H. (1970): ^{14}C -Datierung limnischer Sedimente und die Eichung der ^{14}C -Zeitskala. – In: Naturwissenschaften 57 (12), S. 564-567.
- GEYH, M., MERKT, J. & MÜLLER, H. (1971): Sediment-, Pollen-, und Isotopenanalysen an jahreszeitlich geschichteten Ablagerungen im zentralen Teil des Schleinsees. – In: Archiv für Hydrobiologie 69 (3), S. 366-399.
- GHILARDI, B. & O'CONNELL, M. (2013): Early Holocene vegetation and climate dynamics with particular reference to the 8.2 ka event: pollen and macrofossil evidence from a small lake in western Ireland. – In: Vegetation History and Archaeobotany 22 (2), S. 99-114.
- GIESECKE, T. und 13 weitere (2011): The pace of Holocene vegetation change – testing for synchronous developments. – In: Quaternary Science Reviews 30 (19-20), S. 2805-2814.

- GLIEMEROTH, A. (1995): Paläoökologische Untersuchungen über die letzten 22000 Jahre in Europa. – In: FRENZEL, B. (Hrsg.): Paläoklimaforschung 18. Gustav Fischer, Stuttgart, 252 S.
- GLIEMEROTH, A. (1997): Holozäne Einwanderungsgeschichte der Baumgattungen *Picea* und *Quercus* unter paläoökologischen Aspekten nach Europa. – In: Eiszeitalter und Gegenwart 47, S. 28-41.
- GÖRRES, M. & BLUDAU, W. (1992): Der Zusammenhang zwischen pollen- und ¹⁴C-analytisch ermittelten Siedlungsphasen und erhöhten Mineralstoffgehalten in Profilen des Weidfilzes (Starnberger See). – In: Telma 22, S. 123-144.
- GÖRS, S. (1969): Die Vegetation des Landschaftsschutzgebietes Kreuzweiher im württembergischen Allgäu. – In: Veröffentlichungen der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 37, S. 7-61.
- GÖRS, S. (1998): 3. Verband: Nymphaeion. – In: OBERDORFER, E. (Hrsg.⁴): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. Gustav Fischer, Stuttgart, S. 108-118.
- GORDON, A. & BIRKS, H. (1972): Numerical methods in Quaternary palaeoecology. I. Zonation of pollen diagrams. – In: New Phytologist 71 (5), S. 961-979.
- GRIMM, E. (1987): CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. – In: Computers & Geosciences 13 (1), S. 13-35.
- GRONENBORN, D. & SIROCKO, F. (2010): Linearbandkeramik, Hinkelstein und die Intensivierung der Waldweide. – In: SIROCKO, F. (Hrsg.²): Wetter, Klima, Menschheitsentwicklung. Von der Eiszeit bis ins 21. Jahrhundert. Theiss, Stuttgart, S. 113-115.
- GROOTES, P., STUIVER, M., WHITE, J., JOHNSEN, S. & JOUZEL, J. (1993): Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores. – In: Nature 366, S. 552–554.
- GROOTES, P. & STUIVER, M. (1997): Oxygen 18/16 variability in Greenland snow and ice with 10-3- to 10-5-year time resolution. – In: Journal of Geophysical Research 102 (C12), S. 26455-26470.
- GROOTES, P. & STUIVER, M. (1999): GISP2 Oxygen Isotope Data. – doi:10.1594/PANGAEA.56094.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1972): Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe I. Gewebereste krautiger Pflanzen und ihre Merkmale. – In: Telma 2, S. 19-55.

- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1974): Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe II. Weitere Reste (Früchte und Samen, Moose u.a.) und ihre Bestimmungsmöglichkeiten. – In: *Telma* 4, S. 51-117.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1990): Die Ablagerungen der Moore. – In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): *Moor- und Torfkunde*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, S. 175-236.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1998): Das Fünfblänkenmoor am Engenkopf, ein bemerkenswertes ombrosoligenes Moor in einem Karstgebiet des südlichen Allgäu. – In: *Carolinea* 56, S. 29-62.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (2002): Paläobotanische Befunde von zwei Mooren im Gebiet des Hohen Ifen, Vorarlberg (Österreich). – In: *Telma* 32, S. 17-36.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. & STREITZ, B. (1992): Pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe III. Früchte, Samen und einige Gewebe. – In: *Telma* 22, S. 55-102.
- GROTTENTHALER, W. (2009): Geologische Karte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8131 Schongau. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 54 S.
- GUGGENMOS, S., SCHOLZ, H. & SCHRÖPPEL, J. (1984): Ein Beitrag zur Geschichte des Frühholozäns im Allgäu: Die Mittelsteinzeit. – In: *Allgäuer Geschichtsfreund* 83/84, S. 11-27.
- GWINNER, W. (1839): Forstliche Reiseberichte. – In: *Forstliche Mittheilungen* 2 (5), S. 22-94.
- HAAS, J.-N., RICHOSZ, I., TINNER, W. & WICK, L. (1998): Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. – In: *The Holocene* 8 (3), S. 301-309.
- HABBE, K.-A. (1986): Zur geomorphologischen Kartierung von Blatt Grönenbach (I). Probleme, Betrachtungen, Schlussfolgerungen. – In: *Erlanger Geographische Arbeiten* 47, 119 S.
- HABBE, K.-A. (1988): Zur Genese der Drumlins im süddeutschen Alpenvorland – Bildungsräume, Bildungszeiten, Bildungsbedingungen. – In: *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Supplement-Band* 70, S. 33-50.
- HAMMER, Ø. (2013): *PAST: PAleontological STatistics. Version 3.0 Reference Manual* – National History Museum, University Oslo, 221 S.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. & RYAN, P. (2001): *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. – In: *Palaeontologia Electronica* 4 (1), 9 S.

- HANTKE, R. (1983): Eiszeitalter. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Band 3: Westliche Ostalpen mit ihrem bayerischen Vorland bis zum Inn-Durchbruch und Südalpen zwischen Dolomiten und Mont Blanc. – Ott, Thun, 730 S.
- HANTKE, R. (2011): Eiszeitalter. Kalt-/Warmzeit-Zyklen und Eistransport im alpinen und voralpinen Raum. – Ott, Bern, 570 S.
- HEINE, K. (1993): Warmzeitliche Bodenbildung im Bölling/Alleröd im Mittelrheingebiet. – In: Decheniana 146, S. 315-324.
- HENDL, M. (2002³): Klima. – In: LIEDTKE, H. & MARCINEK, J. (Hrsg.): Physische Geographie Deutschlands. Klett-Perthes, Gotha, S. 17-126.
- HERRMANN, N. (1984²): Kempten und das Oberallgäu. Bilder aus der Geschichte der Stadt und des Landkreises. – Verlag für Heimatpflege, Kempten, 412 S.
- HICKS, S., TINSLEY, H., HUUSKO, A., JENSEN, C., HÄTTESTRAND, M., GERASIMIDES, A. & KVAVADZE, E. (2001): Some comments on spatial variation in arboreal pollen deposition: first records from the Pollen Monitoring Programme (PMP). – In: Review of Palaeobotany and Palynology 117 (3), S. 183-194.
- HOEK, W. (1997): Palaeogeography of Lateglacial vegetations – aspects of Lateglacial and Early Holocene vegetation, abiotic landscape, and climate in The Netherlands. – In: Netherlands Geographical Studies 230, 147 S.
- HÖLZEL, N. (1996): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. – In: Laufener Forschungsbericht 3, 192 S.
- HÖLZER, A. (2010) Die Torfmoose Südwestdeutschlands und der Nachbargebiete. – Weissdorn, Jena, 247 S.
- HOLDEN, J., BURT, T. & VILAS, M. (2002): Application of ground-penetrating radar to the identification of subsurface piping in blanket peat. – In: Earth Surface Processes and Landforms 27, S. 235-249.
- HOOGZAAD, Y. (2009): Impact of land use and climatic change on the Late Holocene landscape development of the Gasserplatz area. Pollen and macrofossil analysis of profile Gasserplatz (Feldkirch, Vorarlberg, Austria). – Magisterarbeit, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics University of Amsterdam, 71 S.
- HORNUNG, H.-H. (1991a): Objektnummer 8228-0064-00. – Biotopkartierung Bayern (Flachland) im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (unveröffentlicht), 5 S.
- HORNUNG, H.-H. (1991b): Objektnummer 8228-0058-00. – Biotopkartierung Bayern (Flachland) im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (unveröffentlicht), 4 S.

- INNES, J., BLACKFORD, J. & CHAMBERS, F. (2006): *Kretzschmaria deusta* and the northwest European mid-Holocene *Ulmus* decline at Moel Y Gerddi, North Wales, United Kingdom. – In: *Palynology* 30, S. 121-132.
- IRMLER, R. & SCHOLZ, H. (2005): Belegt der Fund einer „Schieferkohle“ die spätglaziale Vergletscherung der Immenstädter Nagelfluhberge? – In: *Eiszeitalter und Gegenwart* 55, S. 88-101.
- IVY-OCHS, S., KERSCHNER, H., REUTHER, A., PREUSSER, F., HEINE, K., MAISCH, M., KUBIK, P. & SCHLÜCHTER, C. (2008): Chronology of the last glacial cycle in the European Alps. – In: *Journal of Quaternary Science* 23 (6-7), S. 559-573.
- JACOMET, S. & KREUZ, A. (1999): *Archäobotanik*. – Ulmer, Stuttgart, 368 S.
- JAHN, W. (1968): Der Landschaftsname Allgäu im Wandel der Zeit: Reichweiten-Ambivalenz als Folge sich ändernden Sinngehaltes. – In: *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in München* 74, S. 107-162.
- JERZ, H. (1973): *Bodenkarte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg*. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 120 S.
- JERZ, H. (1974): *Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg*. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 181 S.
- JERZ, H. (1982): Das südliche Allgäu – ein geologischer Überblick. – In: *Telma* 12, S. 13-19.
- JERZ, H. (1983a): Quartär. – In: SCHWERD, K., JERZ, H. & EBEL, R.: *Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu*. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 106-134.
- JERZ, H. (1983b): Die Böden. – In: SCHWERD, K.: *Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8328 Nesselwang West*. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 172-178.
- JERZ, H. (1983c): Zur Geschichte Kemptens und die Geologische Sammlung im Zumsteinhaus. – In: *Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins N.F.* 65, S. 13-16.
- JERZ, H. (1993): *Geologie von Bayern II. Das Eiszeitalter in Bayern*. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 243 S.
- JOL, H. (2009, Hrsg.): *Ground penetrating radar: theory and applications*. – Elsevier, Amsterdam, 524 S.
- JOL, H. & SMITH, D. (1995): Ground penetrating radar surveys of peatlands for oilfield pipelines in Canada. – In: *Journal of Applied Geophysics* 34 (2), S. 109-123.

- KALIS, A., MERKT, J. & WUNDERLICH, J. (2003): Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe - human impact and natural causes. – In: *Quaternary Science Reviews* 22 (1), S. 33-79.
- KATA, B. (1995): Spätmittelalterliche und neuzeitliche Glashütten im Allgäu. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 95-98.
- KAUCZOR, K. (1993): Untersuchungen zu Vegetationsgeschichte und Vegetationsgeographie am Weißensee bei Füssen. – Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München, 113 S.
- KAULE, G. (1973a): Typen und floristische Gliederung der voralpinen und alpinen Hochmoore Süddeutschlands. – In: *Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der Eidgenössisch-Technischen Hochschule (Stiftung Rübel) in Zürich* 51, S. 127-143.
- KAULE, G. (1973b): Die Seen und Moore zwischen Inn und Chiemsee. – In: *Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege* 3, 72 S.
- KAULE, G. (1974): Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. – In: *Dissertationes Botanicae* 27, 345 S.
- KAULE, G. (1976): Die Moore des Ammergebirges und seines Vorlandes. – In: *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 47, S. 151-173.
- KELLENBERGER, M. (1928): Aus dem Eiszeitalter in der Umgebung der Stadt Kempten. – In: *Allgäuer Geschichtsfreund* 28, Beilage, 38 S.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1987): Die hochwürmzeitlichen Rückzugsphasen des Rhein-Vorlandgletschers und der erste alpine Eisrandkomplex im Spätglazial. – In: *Geographica Helvetica* 42 (2), S. 169-178.
- KERIG, T. & LECHTERBECK, J. (2004): Laminated sediments, human impact, and a multivariate approach: a case study in linking palynology and archaeology (Steisslingen, Southwest Germany). – In: *Quaternary International* 113 (1), S. 19-39.
- KIRCHBERGER, S. (1995): Das Allgäu in Mittelalter und früher Neuzeit. Die Städte. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 79-87.
- KLEINMANN, A. (1995): Seespiegelschwankungen am Ammersee. Ein Beitrag zur spät- und postglazialen Klimageschichte Bayerns. – In: *Geologica Bavarica* 99, S. 253-367.
- KOFLER, W., KRAPF, V., OBERHUBER, W. & BORTENSCHLAGER, S. (2005): Vegetation response to the 8200 cal. BP cold event and to long-term climatic changes in the Eastern

- Alps: possible influence of solar activity and North Atlantic freshwater pulses. – In: *The Holocene* 15 (6), S. 779-788.
- KOHLER, E. (1977): Der historische Erzbergbau im Iller- und Ostrachtal. – In: *Allgäuer Geschichtsfreund* 77, S. 82-95.
- KOHLER, E. & SCHRÖPPEL, J. (1984): Das Kreisgebiet in der Vor- und Frühgeschichte. – In: KOLB, A. & KOHLER, E. (Hrsg.): *Ostallgäu - Einst und Jetzt*. Band 1. Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 83-91.
- KOMÁREK, J. & JANKOVSKA, V. (2001): Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollen-analytical research. – In: *Bibliotheca Phycologica* 108, 127 S.
- KONNERT, M. & BERGMANN, F. (1995): The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. – In: *Plant Systematics and Evolution* 196 (1-2), S. 19-30.
- KORTFUNKE, C. (1992): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Donaumoores und seiner Umgebung. – In: *Dissertationes Botanicae* 184, 177 S.
- KOSSACK, H. & SCHMEIDL, G. (1974/75): Vorneolithischer Getreidebau im Bayerischen Alpenvorland. – In: *Jahresbericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege* 15/16, S. 7-23.
- KOSTENZER, J. (1996): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Montafons (Vorarlberg, Österreich) – In: *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck* 83, S. 93-110.
- KRAL, F. (1972): Grundlagen zur Entstehung der Waldgesellschaften im Ostalpenraum. – In: *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 85 (1-4), S. 173-186.
- KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. – *Österreichischer Agrarverlag*, Wien, 175 S.
- KRAL, F. (1993): Zum Aufbau von Fichten-Tannen-Buchenwäldern im jüngeren Postglazial (Bregenzerwald und Obersteiermark). – In: *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich* 130, S. 171-188.
- KRISAI, R. (1966): Pflanzensoziologische Untersuchungen in Lungauer Mooren. – In: *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 105/106, S. 94-136.
- KRISAI, R. (1970): Zur Gliederung des Schlammseggen-Moores (*Caricetum limosae* s.l.) in Mitteleuropa. – In: *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien* 110/111, S. 99-110.

- KRISAI, R. (1973): Seit wann wächst die Bergkiefer (*Pinus mugo*) auf den Hochmooren im Alpenraum. – In: Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der Eidgenössisch-Technischen Hochschule (Stiftung Rübel) in Zürich 51, S. 154-157.
- KRISAI, R. (1986): Untersuchungen zur Vegetation und Genese Lungauer Moore. – In: Sauteria 1, S. 51-64.
- KRISAI, R., BURGSTALLER, B., EHMER-KÜNKELE, U., SCHIFFER, R. & WURM, E. (1989): Die Moore des Ost-Lungaus. Heutige Vegetation, Entstehung, Waldgeschichte ihrer Umgebung. – In: Sauteria 5, 240 S.
- KUBITZ, B. (2000): Die holozäne Vegetations- und Siedlungsgeschichte in der Westeifel am Beispiel eines hochauflösenden Pollendiagrammes aus dem Meerfelder Maar. – In: Dissertationes Botanicae 339, 106 S.
- KÜHN, P. (2003a): Micromorphology and Late Glacial/Holocene genesis of Luvisols in Mecklenburg-Vorpommern (NE-Germany). – In: Catena 54 (3), S. 537-555.
- KÜHN, P. (2003b): Spätglaziale und holozäne Lessivégenese auf jungweichselzeitlichen Sedimenten Deutschlands. – In: Greifswalder Geographische Arbeiten 28, 167 S.
- KÜHN, P. & KÖSEL, M. (2000): Spätglaziale Boden- und Substratgenese: Mikromorphologisch-stratigraphische Befunde aus dem südwestdeutschen Alpenvorland. – In: Trierer Bodenkundliche Schriften 1, S. 51-57.
- KÜHN, P., JANETZKO, P. & SCHRÖDER, D. (2002): Zur Mikromorphologie und Genese lessivierter Böden im Jungmoränengebiet Schleswig-Holsteins und Mecklenburg-Vorpommerns. – In: Eiszeitalter und Gegenwart 51, S. 74-92.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGER, G. (1994⁵): Bodenkunde. – Ulmer Stuttgart, 424 S.
- KÜSTER, H. (1986): Werden und Wandel der Kulturlandschaft im Alpenvorland. Pollenanalytische Aussagen zur Siedlungsgeschichte am Auerberg in Südbayern – In: Germania 64 (2), S. 533-559.
- KÜSTER, H. (1988): Vom Werden einer Kulturlandschaft. Vegetationsgeschichtliche Studien am Auerberg (Südbayern). – In: Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie 3, S. 1-163.
- KÜSTER, H. (1990): Gedanken zur Entstehung von Waldtypen in Süddeutschland. – In: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 2, S. 25-43.
- KÜSTER, H. (1993): Die Entstehung von Vegetationsgrenzen zwischen dem östlichen und dem westlichen Mitteleuropa während des Postglazials. – In: LANG, A., PARZINGER, H. & KÜSTER, H. (Hrsg.): Kulturen zwischen Ost und West. Das Ost-West-Verhältnis in vor-

- und frühgeschichtlicher Zeit und sein Einfluß auf Werden und Wandel des Kulturraums Mitteleuropa. – Akademie Verlag, Berlin, S. 473-492.
- KÜSTER, H. (1994): The economic use of Abies wood as timber in central Europe during Roman times. – In: *Vegetation History and Archaeobotany* 3, S. 25-32.
- KÜSTER, H. (1995): Postglaziale Vegetationsgeschichte Südbayerns. – Akademie Verlag, Berlin, 355 S.
- KÜSTER, H. (1996): Auswirkungen von Klimaschwankungen und menschlicher Landschaftsnutzung auf die Arealverschiebung von Pflanzen und die Ausbildung mitteleuropäischer Wälder. – In: *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 115, S. 301-320.
- KÜSTER, H. (1997): The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. – In: *The Holocene* 7 (2), S. 239-242.
- KÜSTER, H. (1998): *Geschichte des Waldes*. – Beck, München, 267 S.
- KÜSTER, H. (1999): *Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa*. – Beck, München, 423 S.
- KÜSTER, H. (2000): Waldentwicklung in Süddeutschland. – In: *Rundgespräche der Kommission für Ökologie* 18, S. 91-100.
- LAFORCE, W. & SCHUCH, M. (1983): Die Moorkommen des Kartenblattes Nr. 8328 Nesselwang West. – In: SCHWERD, K.: *Geologische Karte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8328 Nesselwang West*. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 66-154.
- LANG, G. (1952): Zur späteiszeitlichen Vegetations- und Florengeschichte Südwestdeutschlands. – In: *Flora* 139 (2), S. 243-294.
- LANG, G. (1962): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen der Magdalénienstation an der Schussenquelle. – In: *Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der Eidgenössisch-Technischen Hochschule (Stiftung Rübel) in Zürich* 37, S. 129-154.
- LANG, G. (1994): *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas*. – Gustav Fischer, Stuttgart, 462 S.
- LANGER, H. (1958a): Die Vegetationsverhältnisse des Benninger Riedes und ihre Verknüpfung mit der Vegetationsgeschichte des Memminger Tales. – In: *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 77 (4), S. 355-422.
- LANGER, H. (1958b): Zur Waldgeschichte von Bayerisch-Schwaben. – In: *9. Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Augsburg*, 38 S.
- LANGER H. (1959): Zur Waldgeschichte des „Großen Waldes“ am Grünten (Allgäu). – In: *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 78 (4), S. 489-497.

- LANGER, H. (1962): Beiträge zur Kenntnis der Waldgeschichte und Waldgesellschaften Süddeutschlands. – In: 14. Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Augsburg, 120 S.
- LANGER, H. (1963): Einwanderung und Ausbreitung der Weißtanne in Süddeutschland. – In: Forstwissenschaftliches Centralblatt 82, S. 33-52.
- LATALOWA, M. & VAN DER KNAAP, P. (2006): Late Quaternary expansion of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in Europe according to pollen data. – In: Quaternary Science Reviews 25 (21-22), S. 2780-2805.
- LAUTERBACH, J. und mind. 9 weitere (2011a): Environmental responses to Lateglacial climatic fluctuations recorded in the sediments of pre-Alpine Lake Mondsee (northeastern Alps). – In: Journal of Quaternary Science 26 (3), S. 253-267.
- LAUTERBACH, J. et al. (2011b): Pollen record of composite sediment core Mo05. – doi:10.1594/PANGAEA.758497.
- LECHTERBECK, J. (2001): „Human Impact“ oder Climatic Change“? Zur Vegetationsgeschichte des Spätglazials und Holozäns in hochauflösenden Pollenanalysen laminiertes Sedimente des Steißlinger Sees (Südwestdeutschland). – In: Tübinger Mikropaläontologische Mitteilungen 25, S. 1-101.
- LEROY, S., ZOLITSCHKA, B., NEGENDANK, J. & SERET, G. (2000): Palynological analyses in the laminated sediment of Lake Holzmaar (Eifel, Germany): duration of Lateglacial and Preboreal biozones. – In: Boreas 29, S. 52-71.
- LIEPELT, S. und 10 weitere (2009): Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) – A synthesis from palaeobotanic and genetic data. – In: Review of Palaeobotany and Palynology 153 (1-2), S. 139-149.
- LIESE-KLEIBER, H. (1990): Züge der Landschafts- und Vegetationsentwicklung im Federseegebiet. Neolithikum und Bronzezeit in neuen Pollendiagrammen. – In: Berichte der Römisch-Germanischen Kommission 71 (1), S. 59-83.
- LIESE-KLEIBER, H. (1993): Settlement and landscape history at the Federsee, south-west Germany, as reflected in pollen diagrams. – In: Vegetation History and Archaeobotany 2, S. 37-46.
- LITT, T. & STEBICH, M. (1999): Bio- and chronostratigraphy in the Eifel region, Germany. – In: Quaternary International 61 (1), S. 5-16.
- LITT, T., BRAUER, A., GOSLAR, T., MERKT, J., BALAGA, K., MÜLLER, H., RALSKA-JASIEWICZOWA, M., STEBICH, M. & NEGENDANK, J. (2001): Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based

- on annually laminated lacustrine sediment. – In: *Quaternary Science Reviews* 20 (11), S. 1233-1249.
- LOTTER, A., EICHER, U., SIEGENTHALER, U., & BIRKS, H. (1992): Late Glacial climatic oscillations as recorded in Swiss lake sediments. – In: *Journal of Quaternary Science* 7 (3), S. 187-204.
- LOWRY, C., FRATTA, D. & ANDERSON, M. (2009): Ground penetrating radar and spring formation in a groundwater dominated peat wetland. – In: *Journal of Hydrology* 373 (1-2), S. 68-79.
- LUTZ, J. (1956): Spirkenmoore in Bayern. – In: *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 31, S. 58-69.
- LYR, H., FIEDLER, H. & TRANQUILLINI, W. (1992, Hrsg.): *Physiologie und Ökologie der Gehölze*. – Gustav Fischer, Jena, 620 S.
- MACDONALD, G. (2001): Conifer stomata. – In: SMOL, J., BIRKS, H., LAST, W. (Hrsg.): *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators*. Kluwer, Dordrecht, S. 33-47.
- MACKENSEN, M. (1995): Die spätrömische Grenze im Gebiet von Cambidano-Kempten. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 61-69.
- MÄHLMANN, J., ARNOLD, R., HERRMANN, L., MORSCHEID, H. & MATTUKAT, F. (2006): Künstliche Wiederbesiedlung von submersen Makrophyten in Standgewässern mit Hilfe eines textilen Vegetationstragsystems. – In: *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 15, S. 133-145.
- MAGNY, M., LEROUX, A., BICHET, V., GAUTHIER, E., RICHARD, H. & WALTER-SIMONNET, A.-V. (2013): Climate, vegetation and land use as drivers of Holocene sedimentation: A case study from Lake Saint-Point (Jura Mountains, eastern France). – In: *The Holocene* 23 (1), S. 137-147.
- MAGRI, D. und 13 weitere (2006): A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. – In: *New Phytologist* 171 (1), S. 199-221.
- MAGRI, D. (2008): Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). – In: *Journal of Biogeography* 35 (3), S. 450-463.
- MANGERUD, J., ANDERSEN, S., BERGLUND, B. & DONNER, J. (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. – In: *Boreas* 3 (3), S. 109-128.

- MATTHIAS, I., NIELSEN, A. & GIESECKE, T. (2012): Evaluating the effect of flowering age and forest structure on pollen productivity estimates. – In: *Vegetation History and Archaeobotany* 21 (6), S. 471-484.
- MAUQUOY, D. & VAN GEEL, B. (2007): Mire and Peat Macros. – In: ELIAS, S. (Hrsg.): *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Amsterdam, S. 2315-2336.
- MAYER, H. (1966): Waldgeschichte des Berchtesgadener Landes (Salzburger Kalkalpen). – In: *Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt* 22, 42 S.
- MAZIER, F., BROSTRÖM, A., GAILLARD, J.-M., SUGITA, S., VITTOZ, P. & BUTTLER, A. (2008): Pollen productivity estimates and relevant source area of pollen for selected plant taxa in a pasture woodland landscape of the Jura Mountains (Switzerland). – In: *Vegetation History and Archaeobotany* 17, S. 479-495.
- MAYER, H. (1961): Waldbauliche Aspekte der Entstehung des nordalpinen Tannen-Buchen-Waldes (Abieti-Fagetum). – In: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 113, S. 369-384.
- MEIER, E., STAUBLI, P., MÜLLER, B., STÜNZI, J., SCHUBERT, E. & DUBOIS, D. (2002): Georadar – der zerstörungsfreie Blick in den Untergrund: Beispiele aus dem Naturschutzgebiet Zigermoos, Unterägeri/ZG und der Deponie Riet, Winterthur/ZH. – In: *Bulletin für Angewandte Geologie* 7 (1), S. 31-44.
- MERBELER, J. (1995): Burgberg im Allgäu, Grünten, Lkr. Oberallgäu. Erzbergbau und Verhüttung im Starzlachtal. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 149-152.
- MERKT, J. & MÜLLER, H. (1978): Paläolimnologie des Schleinsees. – In: SCHREINER, A.: *Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25000. Erläuterungen zu Blatt Nr. 8323 Tettnang*. Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, S. 29-31.
- MERKT, J. & MÜLLER, H. (1999): Varve chronology and palynology of the Lateglacial in Northwest Germany from lacustrine sediments of Hämelsee in Lower Saxony. – In: *Quaternary International* 61 (1), S. 41-59.
- MERKT, O. (1951): Burgen, Schanzen und Galgen im Allgäu. Das kleine Allgäuer Burgenbuch. – In: *Allgäuer Geschichtsfreund* 52, 159 S.
- MIELKE, K. & MÜLLER, H. (1981): Palynologie. – In: BENDER, F. (Hrsg.): *Angewandte Geowissenschaften* 1. Enke, Stuttgart, S. 393-407.
- MÖLLER, H. (1992): Ureaseaktivität sowie aktuelles N- und P-Angebot des oberflächennahen Torfs im an *Erica tetralix* und im an *Molinia caerulea* reichen Folgestadium des Erico-

- Sphagnetum magellanici (am Beispiel des Naturschutzgebietes „Tunschlikers Moor/ Auf der Rhede“, Landkreis Cuxhaven). – In: *Telma* 22, S. 199-215.
- MOORE, P., WEBB, J. & COLLINSON, M. (1991): *Pollen Analysis*. – Blackwell, London, 216 S.
- MOORMAN, B., ROBINSON, S. & BURGESS, M. (2003): Imaging periglacial conditions with ground-penetrating radar. – In: *Permafrost and Periglacial Processes* 14 (4), S. 319-329.
- MÜLLER, H. (1962): Pollenanalytische Untersuchung eines Quartärprofils durch die spät- und nacheiszeitlichen Ablagerungen des Schleinsees (Südwestdeutschland). – In: *Geologisches Jahrbuch* 79, S. 493-526.
- MÜLLER, L. (1966): Aus den Naturschutzgebieten des Kemptener Waldes. – In: *Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben* 70 (1), S. 17-22.
- MÜLLER, M. & SCHOLZ, H. (2011): Neues zum Findling-Streifelfeld des Kempter Waldes im Allgäu. – In: *Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben* 115, S. 95-127.
- MÜLLER, N. (1991): Auenvegetation des Lech bei Augsburg und ihre Veränderungen infolge von Flußbaumaßnahmen. – In: *Augsburger Ökologische Schriften* 2, S. 79-108.
- MÜLLER, N. (1995): Wandel von Flora und Vegetation nordalpiner Wildflußlandschaften unter dem Einfluß des Menschen. – In: *Berichte der ANL* 19, S. 125-187.
- MÜLLER, U. (2001): Die Vegetations- und Klimaentwicklung im jüngeren Quartär anhand ausgewählter Profile aus dem südwestdeutschen Alpenvorland. – In: *Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten Reihe D7*, 118 S.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2000, Hrsg.): *Die Moose Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil, Spezieller Teil (Bryophytina I, Andreaeales bis Funariales)*. – Ulmer, Stuttgart, 512 S.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2001, Hrsg.): *Die Moose Baden-Württembergs. Band 2: Spezieller Teil (Bryophytina II, Schistostegales bis Hypnobryales)*. – Ulmer, Stuttgart, 529 S.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2005, Hrsg.): *Die Moose Baden-Württembergs. Band 3: Spezieller Teil (Bryophyta: Sphagnopsida, Marchantiophyta, Anthocerotophyta)*. – Ulmer, Stuttgart, 487 S.
- NOBES, D. & WARNER, B. (1991): The characterization of bogs using ground penetrating radar. – In: *Ontario Geological Survey, Open File Report 5778*, 262 S.
- NOWOTNY, P. (2000): Die Vereinödung im Allgäu. – In: KETTEMANN, O. (Hrsg.): *Droben im Allgäu, wo das Brot ein End' hat*. Memminger Zeitung Verlagsdruckerei, Memmingen, S. 111-118.

- O BENLAND, E. (1956): Untersuchungen zur Föhnstatistik des Oberallgäus. – In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes 23 (4), 37 S.
- OBERDORFER, E. (1950): Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäu. – In: Beiträge zur Naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland 9, S. 29-98.
- OBERDORFER, E. (2001⁸): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – Ulmer, Stuttgart, 1051 S.
- O BIDOWICZ, A. & SCHOBER, H. (1985): Moorkundliche und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen des Sennalpenmoores im Trauchgauer Flysch (Ammergebirge). – In: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 56, S. 147-165.
- OBLINGER, H. (1975): Findlingsblöcke am Kemptner Wald. – In: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben 79 (1/2), S. 29-40.
- OEGGL, K. (2013): Vom Ulmensterben zur Waldverwüstung: anthropogene Vegetationsveränderungen in den Alpen seit dem Neolithikum. – In: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 25, S. 95-107.
- PARDOE, H. (1996): Micro-scale patterns of modern pollen deposition within three alpine plant communities. – In: New Phytologist 132 (2), S. 327-341.
- PARDOE, H. & und 16 weitere (2010): Comparing pollen spectra from modified Tauber traps and moss samples: examples from a selection of woodlands across Europe. – In: Vegetation History and Archaeobotany 19 (4), S. 271-283.
- PARE, C., EGG, M., NORTMANN, H. & SIROCKO, F. (2010): Änderung der Sonnenaktivität am Beginn der Hallstattzeit. – In: SIROCKO, F. (Hrsg.²): Wetter, Klima, Menschheitsentwicklung. Von der Eiszeit bis ins 21. Jahrhundert. Theiss, Stuttgart, S. 134-138.
- PARKER, A., GOUDIE, A., ANDERSON, D., ROBINSON, M. & BONSALE, C. (2002): A review of the mid-Holocene elm decline in the British Isles. – In: Progress in Physical Geography 26 (1), S. 1-45.
- PARRY, L., WEST, L., HOLDEN, J. & CHAPMAN, P. (2014): Evaluating approaches for estimating peat depth. – In: Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 119 (4), S. 567-576.
- PARSEKIAN, A., SLATER, L., NARLAGIANNIS, D., NOLAN, J., SEBESTEYEN, S., KOLKA, R. & HANSON, P. (2012): Uncertainty in peat volume and soil carbon estimated using ground-penetrating radar and probing. – In: Soil Science Society of America Journal 76 (5), S. 1911-1918.

- PAUL, H. & RUOFF, S. (1932): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. II. Teil. Moore in den Gebieten der Isar-, Allgäu- und Rhein- vorlandgletscher. – In: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 20, S. 1-264.
- PAULY, H. (1841): Beschreibung des Oberamtes Wangen. – Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung, Stuttgart, 284 S.
- PAYNE, R., LAMENTOWICZ, M., VAN DER KNAAP, W., VAN LEEUWEN, J., MITCHELL, E. & MAZEI, Y. (2012): Testate amoebae in pollen slides. – In: Review of Palaeobotany and Palynology 173, S. 68-79.
- PEGLAR, S. & BIRKS, H. (1993): The mid-Holocene *Ulmus* fall at Diss Mere, South-East England – disease and human impact? – In: Vegetation History and Archaeobotany 2, S. 61-68.
- PETERMANN, R. (1970): Montane Buchenwälder im westbayerischen Alpenvorland zwischen Iller und Ammersee. – In: Dissertationes Botanicae 8, 227 S.
- PESCHKE, P. (1983): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. – In: Geologica Bavaria 84, S. 69-99.
- PETERS, M. (2007): Landschaft und Siedlung in Oberbayern von der Eisenzeit bis zur Völkerwanderungszeit – Kontinuität oder Diskontinuität? Ergebnisse der Pollen- analytik. – In: Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 47/48, S. 343-351.
- PETERS, M. (2010): Vergleichende Untersuchung zur Landschafts-, Vegetations- und Siedlungsgeschichte zwischen Donau und Alpen in Südbayern während der letzten 15.000 Jahre. – Unveröffentlichte Habilitationsschrift am Institut für Geographie der Universität Augsburg, 220 S.
- PETERS, M. (2011): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte in Bayern zwischen der Donau und den Alpen seit der Jüngeren Dryas-Zeit. – In: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 23, S. 119-137.
- PETERS, M. & FESQ-MARTIN, M. (2006): Graspollen als Indikator für die Entwicklung von Kulturlandschaft. – In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie 31, S. 79-92.
- PFADENHAUER, J. (1969): Edellaubholzreiche Wälder im Jungmoränengebiet des Bayerischen Alpenvorlandes und in den Bayerischen Alpen. – In: Dissertationes Botanicae 3, 213 S.
- PFÄFFENBERG, K. (1954): Das Wurzacher Ried. Eine stratigraphische und paläobotanische Untersuchung. – In: Geologisches Jahrbuch 68, S. 479-500.
- PHILIPPI, G. (1998): 1. Ordnung: Scheuchzerietalia palustris. – In: OBERDORFER, E. (Hrsg.⁴): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine

- Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. Gustav Fischer, Stuttgart, S. 221-234.
- PLADO, J., SIBUL, I., MUSTASAAR, M. & JÖELEHT, A. (2011): Ground-penetrating radar study of the Rahivere peat bog, eastern Estonia. – In: Estonian Journal of Earth Sciences 60 (1), S. 31-42.
- POELT, J. (1954): Moosgesellschaften im Alpenvorland II. Die Moosvereine der Verlandungsgesellschaften und Moore. – In: Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse 163, S. 495-539.
- POELT, J. (1974): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. – In: Bibliotheca lichenologica 9, 757 S.
- POSCHLOD, P. (1990): Vegetationsentwicklung in abgetorften Hochmooren des bayerischen Alpenvorlandes unter besonderer Berücksichtigung standortkundlicher und populationsbiologischer Faktoren. – In: Dissertationes Botanicae 152, 331 S.
- POTT, R. (2000): Die Entwicklung der europäischen Buchenwälder in der Nacheiszeit. – In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie 18, S. 49-75.
- PRENTICE, I. (1985): Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of Pollen Analysis. – In: Quaternary Research 23 (1), S. 76-86.
- PROULX-MCINNIS, S., ST-HILAIRE, A., ROUSSEAU, A. & JUTRAS, S. (2013): A review of ground-penetrating radar studies related to peatland stratigraphy with a case study on the determination of peat thickness in a northern boreal fen in Quebec, Canada. – In: Progress in Physical Geography 37 (6), S. 767-786.
- R CORE TEAM (2012): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Wien.
- RASMUSSEN, P., HEDE, M., NOE-NYGAARD, N., CLARKE, A. & VINEBROOKE, R. (2008): Environmental response to the cold climate event 8200 years ago as recorded at Højby Sø, Denmark. – In: Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 15, S. 57-60.
- RAUSCH, K. (1975): Untersuchungen zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Inn-Chiemseegletschers. – In: Flora 164, S. 235-282.
- REICH, H. (1953): Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil-Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorland. – In: Flora 140, S. 386-443.
- REICHEL, G. & WILMANN, O. (1973): Vegetationsgeographie. – Westermann, Braunschweig, 210 S.
- REILLE, M. (1998): Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 2. – Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille, 521 S.

- REIMER, P. und 27 weitere (2009): IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. – In: Radiocarbon 51 (4), S. 1111-1150.
- REIMER, P. und 29 weitere (2013): IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. – In: Radiocarbon 55 (4), S. 1869-1887.
- REISIGL, H. & KELLER, R. (1999²): Lebensraum Bergwald. Alpenpflanzen in Bergwald, Baumgrenze und Zwergstrauchheide. – Spektrum, Heidelberg, 147 S.
- REISINGER, A. (2004): Die Eiszeit im Pfrontener Land. – In: NASEMANN, P. (Hrsg.): GEO-Pfad Pfronten-Vils. Ein spannender Weg durch die Erdgeschichte. Gemeinde Pfronten, S. 18-25.
- REISSINGER, A. (1913): Die Seen des Illergebietes. – In: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München 8, S. 464-482.
- REISSINGER, A. (1930): Untersuchungen über den Niedersonthofener See im bayerischen Allgäu. Versuch einer exakten Zeitbestimmung im postglazialen Zeitalter. – In: Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 6, 70 S.
- RENNWALD, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – In: Schriftenreihe für Vegetationskunde 35, 800 S.
- RINGLER, A. & DINGLER, B. (2005): Moortypen in Bayern. – In: Schriftenreihe 180, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 103 S.
- ROHDENBURG, H. (1978): Zur Problematik der spätglazialen und holozänen Bodenbildung. – In: NAGL, H. (Hrsg.): Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung. Hirt, Wien, S. 467-471.
- ROHLING, E. & PÄLIKE, H. (2005): Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8200 years ago. – In: Nature 434, S. 975-979.
- ROSA, E., LAROCQUE, M., PELLERIN, S., GAGNE, S. & FOURNIER, B. (2008): Determining the number of manual measurements required to improve peat thickness estimations by ground penetrating radar. – In: Earth Surface Processes and Landforms 34 (3), S. 377-383.
- RÖSCH, M. (1983): Geschichte der Nussbaumer Seen (Kanton Thurgau) und ihrer Umgebung seit dem Ausgang der letzten Eiszeit aufgrund quartärbotanischer, stratigraphischer und sedimentologischer Untersuchungen. – In: Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 45, 110 S.
- RÖSCH, M. (1987): Der Mensch als landschaftsprägender Faktor des westlichen Bodenseegebietes seit dem späten Atlantikum. – In: Eiszeitalter und Gegenwart 37, S. 19-29.

- RÖSCH, M. (1990): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Durchenbergried. Siedlungsarchäologie im Alpenvorland II. – In: Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 37, S. 9-64.
- RÖSCH, M. (1993): Prehistoric land use as recorded in a lake-shore at Lake Constance. – In: Vegetation History and Archaeobotany 2 (4), S. 213–232.
- RÖSCH, M. (2000): Anthropogener Landschaftswandel in Mitteleuropa während des Neolithikums. Beobachtungen und Überlegungen zu Verlauf und möglichen Ursachen – In: Germania 78 (2), S. 293-318.
- RÖSCH, M. (2012): Vegetation und Waldnutzung im Nordschwarzwald während sechs Jahrtausenden anhand von Profundalkernen aus dem Herrenwieser See. – In: Standort.Wald, Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 47, S. 43-64.
- RÜTH, H. (2000): Der Wald. – In: KETTEMANN, O. (Hrsg.): Droben im Allgäu, wo das Brot ein End' hat. Memminger Zeitung Verlagsdruckerei, Memmingen, S. 169-178.
- SASS, O., SCHNEIDER, T. & WOLLNY, K. (2004): Die frühromische Holz-Kies-Straße im Murnauer Moos – Untersuchung des ehemaligen Verlaufs mittels Georadar (GPR). – In: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in München 97, S. 275-293.
- SASS, O., FRIEDMANN, A., HASELWANTER, G., WETZEL, K.-F. (2010): Investigating thickness and internal structure of alpine mires using conventional and geophysical techniques. – In: Catena 80 (3), S. 195-203.
- SCHANTL-HEUBERGER, H. (1993): Pollenanalytische Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsentwicklung im Salzachtal. – In: Innsbrucker Geographische Studien 20, S. 71-81.
- SCHAUER, T. (1985): Zur Vegetation einiger Hoch- und Übergangsmoore im bayerischen Alpenvorland. Teil I. Moore im nördlichen Pfaffenwinkel. – In: Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 50, S. 209-254.
- SCHIER, W. (2009): Extensiver Brandfeldbau und die Ausbreitung der neolithischen Wirtschaftsweise in Mitteleuropa und Südsandinavien am Ende des 5. Jahrtausends v. Chr. – In: Praehistorische Zeitschrift 84 (1), S. 15-43.
- SCHMEIDL, H. (1962): Der bronzezeitliche Prügelweg im Agathazeller Moor. – In: Bayerische Vorgeschichtsblätter 27 (1), S. 131-142.
- SCHMEIDL, H. (1971): Ein Beitrag zur spätglazialen Vegetations- und Waldentwicklung im westlichen Salzachgletschergebiet. – In: Eiszeitalter und Gegenwart 22, S. 110-126.

- SCHMEIDL, H. (1977): Pollenanalytische Untersuchungen im Gebiet des ehemaligen Chiemseeegletschers. – In: GANNS, O: Geologische Karte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt 8140/8141 Prien a. Chiemsee/Traunstein. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 239-264.
- SCHMEIDL, H. (1980): Zur spät- und postglazialen Vegetations- und Waldentwicklung in der montanen Stufe des Kartenblattes Aschau i. Chiemgau. – In: GANNS, O: Geologische Karte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8239 Aschau i. Chiemgau. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 116-132.
- SCHMID, J. & BOGENRIEDER, A. (1998): Spirken-Moorwälder im Schwarzwald. Das Sterenmoos bei Faulenfürst (Gemeinde Schluchsee). – In: Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz N. F. 17 (1), S. 29-58.
- SCHMIEDL, A. (1984): Görisried. – In: KOLB, A. & KOHLER, E. (Hrsg.): Ostallgäu einst und jetzt. – Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 1100-1103.
- SCHNEIDER, M. (2011): Naturgeschichte Allgäu. – Bauer Verlag, Thalhofen, 607 S.
- SCHOLZ, H. (1985): Geologischer Aufbau und Landschaftsgeschichte von Unterthingau und seiner Umgebung. – In: KOHLER, E. (Hrsg.): 500 Jahre Markt Unterthingau. Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 9-22.
- SCHOLZ, H. (1992): Geologie und Landschaftsgeschichte von Marktoberdorf und seiner Umgebung. – In: KOHLER, E. (Hrsg.): Marktoberdorfer Geschichtsbuch. Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 14-29.
- SCHOLZ, H. (1995): Bau und Werden der Allgäuer Landschaft. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 305 S.
- SCHOLZ, H. & PETER, I. (1995): Sedimente und Sedimentationsgeschichte des späthochglazialen Kemptener Sees (Würmglazial, Südwest-Bayern). – In: *Geologica Bavarica*, Band 99, S. 187-222.
- SCHOLZ, H., MERBELER, J. & NETZBANDT, L. (2000): Ein Allgäuer „Ruhrgebiet“ am Grünen. – In: KETTEMANN, O. (Hrsg.): Droben im Allgäu, wo das Brot ein End' hat. Memminger Zeitung Verlagsdruckerei, Memmingen, S. 81-89.
- SCHREIBER, U. (1985): Das Lechtal zwischen Schongau und Rain im Hoch-, Spät- und Postglazial. – In: Sonderveröffentlichungen 58, Geologisches Institut der Universität zu Köln, 192 S.
- SCHWANDER, J., EICHER, U. & AMMANN, B. (2000): Oxygen isotopes of lake marl at Gerzensee and Leysin (Switzerland), covering the Younger Dryas and two minor oscillations,

- and their correlation to the GRIP ice core. – In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 159, S. 203-214.
- SCHWERD, K. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8328 Nesselwang West. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München, 192 S.
- SEIBERT, P. (1968): Vegetation und Landschaft in Bayern. Erläuterungen zur Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern. – In: *Erdkunde* 22 (4), S. 294-313.
- SEIBERT, P. (1992): Klasse: *Vaccinio-Piceetea* – In: OBERDORFER, E. (Hrsg.²): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsch*. Gustav Fischer, Stuttgart, S. 53-80.
- SEMMELE, A. (2000): Holozäne Umweltentwicklung im Spiegel der Böden. – In: *Rundgespräche der Kommission für Ökologie* 18, S. 129-136.
- SENDTNER, O. (1854): Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns nach den Grundsätzen der Pflanzengeographie und mit Bezugnahme auf Landescultur. – Literarisch-artistische Anstalt, München, 910 S.
- SEPPÄ, H. und 11 weitere (2007): Spatial structure of the 8200 cal. BP event in Northern Europe. – In: *Climate of the Past* 3, S. 225-236.
- SIMON, L. (1926): Der Rückzug des würmeiszeitlichen Allgäuvorlandgletschers. Eine glazialgeologische Heimatstudie. – In: *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München* 19 (2), S. 1-37.
- SMITH, A. (1970). The influence of Mesolithic and Neolithic man on British vegetation: a discussion. – In: WALKER, D. & WEST, R. (Hrsg.): *Studies in the vegetational history of the British Isles*. Cambridge University Press, London, S. 81-96.
- SOEPBOER, W., SUGITA, S., LOTTER, A., VAN LEEUWEN, J. & VAN DER KNAAP, W. (2007): Pollen productivity estimates for quantitative reconstruction of vegetation cover on the Swiss Plateau. – In: *The Holocene* 17 (1), S. 65-77.
- SPRENZEL, B. (1998): Metallfunde der Mittleren Bronzezeit bei Kempten. – In: *Bayerische Vorgeschichtsblätter* 63, S. 273-279.
- STALLING, H. (1987): Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Bayerischen Wald. – In: *Dissertationes Botanicae* 105, 201 S.
- STEBICH, M. (1999): Palynologische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Weichsel-Spätglazial und Frühholozän an jährlich geschichteten Sedimenten des Meerfelder Maars (Eifel). – In: *Dissertationes Botanicae* 320, 127 S.

- STEBICH, M., MINGRAM, J., HAN, J. & LIU, J. (2009): Late Pleistocene spread of (cool-) temperate forests in Northeast China and climate changes synchronous with the North Atlantic region. – In: *Global and Planetary Change* 65 (1-2), S. 56-70.
- STEINER, G. (1993a): *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*. – In: GRABHERR, G. & MUCINA, L. (Hrsg.): *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation*. Gustav Fischer, Wien, S. 131-165.
- STEINER, G. (1993b): *Oxycocco-Sphagnetea*. – In: GRABHERR, G. & MUCINA, L. (Hrsg.): *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation*. Gustav Fischer, Wien, S. 166-181.
- STEINHILBER, F., BEER, J. & FRÖHLICH, C. (2009): Total solar irradiance during the Holocene. – In: *Geophysical Research Letters* 36 (19), doi: 10.1029/2009GL040142.
- STIX, E. (1978): Jahreszeitliche Veränderungen des Pollengehalts der Luft in einem süddeutschen Waldgebiet. – In: *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 49, S. 43-58.
- STOCKMARR, J. (1971): Tablets with spores used in absolute pollen analysis. – In: *Pollen et Spores* 13, S. 615-621.
- STOJAKOWITS, P. (2008): *Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Kulturlandschaftsgeschichte im Spitalmoos (Ostallgäu)*. – Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Geographie der Universität Augsburg, 109 S.
- STOJAKOWITS, P. & FRIEDMANN, A. (2013): *Pollenanalytische Rekonstruktion der Vegetations- und Landnutzungsgeschichte des südlichen Ostallgäus (Bayern)*. – In: *Telma* 43, S. 55-82.
- STOJAKOWITS, P., FRIEDMANN, A. & BULL, A. (2014): Die spätglaziale Vegetationsgeschichte im oberen Illergebiet (Allgäu/Bayern). – In: *Eiszeitalter und Gegenwart (Quaternary Science Journal)* 63 (2), S. 130-142.
- STROHWASSER, H. (1984): *Das Durchbruchtal der Wertach im Allgäuer Alpenvorland. Eine Untersuchung der Vegetation und Bewertung des Gebietes aus dem Blickwinkel des Naturschutzes*. – In: *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt* 49, S. 115-162.
- STUIVER, M. & REIMER, P. (1993): Extended ¹⁴C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. – In: *Radiocarbon* 35 (1), S. 215-230.
- STUIVER, M., GROOTES, P. & BRAZIUNAS, T. (1995): The GISP2 $\delta^{18}\text{O}$ climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean, and volcanoes. – In: *Quaternary Research* 44 (3), S. 341-354.

- SUCK, R. & BUSHART, M. (2012): Potentielle natürliche Vegetation Bayerns. Erläuterungen zur Übersichtskarte 1:500000. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 112 S.
- SUDHAUS, D., FRIEDMANN, A. & PETERS, M. (2008): Pollenanalytische Untersuchungen zur mesolithischen Freilandstation bei Hopferau. – In: Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege 49, S. 49-55.
- TALLANTIRE, P. (2002): The early-Holocene spread of hazel (*Corylus avellana* L.) in Europe north and west of the Alps: an ecological hypothesis. – In: The Holocene 12 (1), S. 81-96.
- TAUBER, H. (1967): Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. – In: Review of Palaeobotany and Palynology 3, S. 277-286.
- TERHÜRNE-BERSON, R., LITT, T. & CHEDDADI, R. (2004): The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data. – In: Vegetation History and Archaeobotany 13 (4), S. 257-268.
- TINNER, W., CONEDERA, M., AMMANN, B., GAGGELER, H., GEDYE, S., JONES, R. & SAGESSER, B. (1998): Pollen and charcoal in lake sediments compared with historically documented forest fires in southern Switzerland since AD 1920. – In: The Holocene 8 (1), S. 31-42.
- TINNER, W. & LOTTER, A. (2001): Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. – In: Geology 29 (6), S. 551-554.
- TINNER, W., CONEDERA, M., AMMANN, B. & LOTTER, A. (2005a): Fire ecology north and south of the Alps since the last ice age. – In: The Holocene 15 (8), S. 1214-1226.
- TINNER, W., ALLGÖWER, B., AMMANN, B., CONEDERA, M., GOBET, E., LOTTER, A. & STÄHLI, M. (2005b): Ausmass und Auswirkungen der Waldbrände auf die Vegetation der Schweiz im Laufe der Jahrtausende. – In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 156 (9), S. 325-330.
- TINNER, W. & LOTTER, A. (2006): Holocene expansions of *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in Central Europe: where are we after eight decades of debate? – In: Quaternary Science Reviews 25 (5-6), S. 526-549.
- TOMASSEN, H., SMOLDERS, A., LAMERS, L. & ROELOFS, J. (2003): Stimulated growth of *Betula pubescens* and *Molinia caerulea* on ombrotrophic bogs: role of high levels of atmospheric nitrogen deposition. – In: Journal of Ecology 91, S. 357-370.
- TÖRNQVIST, T., DE JONG, A., OOSTERBAAN, W. & VAN DER BORG, K. (1992): Accurate dating of organic deposits by AMS ¹⁴C measurement of macrofossils. – In: Radiocarbon 34 (3), S. 566-577.

- TROLL, C. (1925): Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen. – In: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München 18, S. 281-292.
- TROLL, C. (1926): Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. – In: Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde 24 (4), S. 158–256.
- TROLL, C. (1954): Über Alter und Bildung von Talmäandern. – In: Erdkunde 8 (4), S. 286-302.
- VAN DER KNAAP, W. & AMMANN, B. (1997): Depth-age relationships of 25 well-dated Swiss Holocene pollen sequences archived in the Alpine Palynological Data-Base. – In: Revue Paléobiologique 16 (2), S. 433–480.
- VAN DER KNAAP, W., VAN LEEUWEN, J. & AMMANN, B. (2001): Seven years of annual pollen influx at the forest limit in the Swiss Alps studied by pollen traps: relations to vegetation and climate. – In: Review of Palaeobotany and Palynology 117 (1), S. 31-52.
- VAN DER KNAAP, W. & VAN LEEUWEN, J. (2003): Climate-pollen relationships AD 1901-1996 in two small mires near the forest limit in the northern and central Swiss Alps. – In: The Holocene 13 (6), S. 809-828.
- VAN DER KNAAP, W., VAN LEEUWEN, J., FINISINGER, W., GOBET, E., PINI, R., SCHWEIZER, A., VALSECCHI, V. & AMMANN, B. (2005): Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea*, and *Quercus* since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. – In: Quaternary Science Reviews 24 (5-6), S. 645-680.
- VAN DER KNAAP, W. und 12 weitere (2010): Annual pollen traps reveal the complexity of climatic control on pollen productivity in Europe and the Caucasus. – In: Vegetation History and Archaeobotany 19 (4), S. 285-307.
- VAN DER PLICHT, J., VAN GEEL, B., BOHNCKE, S., BOS, J., BLAAUW, M., SPERANZA, A., MUSCHELER, R. & BJÖRCK, S. (2004): The Preboreal climate reversal and a subsequent solar forced climate shift. – In: Journal of Quaternary Science 19 (3), S. 263–269.
- VAN EIMERN (1974). Das Klima. – In: JERZ, H. (1973): Bodenkarte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg. Bayerisches Geologisches Landesamt, München, S. 19-24.
- VAN ENDERT, D. (2000): Die Besiedlung des Allgäus in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. – In: KETTEMANN, O. (Hrsg.): Droben im Allgäu, wo das Brot ein End' hat. Memminger Zeitung Verlagsdruckerei, Memmingen, S. 43-46.
- VAN GEEL, B. (1978): A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and

- microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. – In: Review of Palaeobotany and Palynology 25, S. 1-120.
- VAN GEEL, B. (2001): Non-pollen-palynomorphs. – In: SMOL, J., BIRKS, H., LAST, W. (Hrsg.): Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators. – Kluwer, Dordrecht, S. 99-119.
- VAN GEEL, B., HALLEWAS, D. & PALS, J. (1983): A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of N-Holland, The Netherlands): palaeo-ecological and archaeological aspects. – In: Review of Palaeobotany and Palynology 38, S. 269-335.
- VAN GEEL, B., BUURMAN, J., BRINKKEMPER, O., SCHELVIS, J., APTROOT, A., VAN REENEN, G. & HAKBIJL, T. (2003): Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. – In: Journal of Archaeological Science 30 (7), S. 873-883.
- VAN GEEL, B., ENGELS, S., MARTIN-PUERTAS, C. & BRAUER, A. (2013): Ascospores of the parasitic fungus *Kretzschmaria deusta* as rainstorm indicators during a late Holocene beech-forest phase around lake Meerfelder Maar, Germany. – In: Journal of Paleolimnology 50 (1), S. 33-40.
- VAN HUSEN, D. (1977): Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Traantal. – In: Jahrbuch Geologische Bundesanstalt 120 (1), S. 1-130.
- VAN MOURIK, J., SLOTBOOM, R., VAN DER PFLICHT, J., STREURMAN, H., KUIJPER, W., HOEK, W. & DE GRAAF, L. (2013): Geochronology of *Betula* extensions in pollen diagrams of Alpine Late-glacial lake deposits: a case study of the Late-glacial deposits of the Gasserplatz soil archives (Vorarlberg, Austria). – In: Quaternary International 306, S. 3-13.
- VESKI, S., SEPPÄ, H. & OJALA, A. (2004): Cold event at 8200 yr B.P. recorded in annually laminated lake sediments in eastern Europe. – In: Geology 32 (8), S. 681-684.
- VOIGT, R. (1996): Paläolimnologische und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an Sedimenten aus Fuschlsee und Chiemsee (Salzburg und Bayern). – In: Dissertationes Botanicae 270, 303 S.
- VON GRAFENSTEIN, U., ERLLENKEUSER, H., MÜLLER, J. & KLEINMANN, A. (1992): Oxygen isotope records of benthic ostracods in Bavarian lake sediments: reconstruction of Late and Post Glacial air temperatures. – In: Naturwissenschaften 79 (4), S. 145-152.

- VON GRAFENSTEIN, U., ERLLENKEUSER, H., MÜLLER, J., JOUZEL, J. & JOHNSEN, S. (1998): The cold event 8200 years ago documented in oxygen isotope records of precipitation in Europe and Greenland. – In: *Climate Dynamics* 14 (2), S. 73-81.
- VON GRAFENSTEIN, U., ERLLENKEUSER, H., BRAUER, A., JOUZEL, J. & JOHNSEN, S. (1999): A mid-European decadal isotope-climate record from 15,500 to 5000 Years B.P. – In: *Science* 284, S. 1654-1657.
- VON GRAFENSTEIN, U., ERLLENKEUSER, H., BRAUER, A., JOUZEL, J. & JOHNSEN, S. (2003): Ammersee Ostracod Oxygen Isotope Data. – IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology, Data Contribution Series # 2003-068, NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA (www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data).
- VON HORNSTEIN, F. (1948): Zur Entwicklungsgeschichte der Fichtenreviere und des Waldfeldbaues in Oberschwaben. – In: *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 67 (2), S. 65-79.
- VON HORNSTEIN, F. (1951): Wald und Mensch. Waldgeschichte des Alpenvorlandes Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. – Maier, Ravensburg, 282 S.
- VON SCHNURBEIN, S. (2010², Hrsg.): Atlas der Vorgeschichte. – Theiss, Stuttgart, 237 S.
- WAGNER, A. (2000): Minerotrophe Bergkiefernmoore im Alpenvorland. Die *Carex lasiocarpa-Pinus rotunda*-Gesellschaft. – Dissertation am Lehrstuhl für Vegetationsökologie, TU München, 175 S.
- WAGNER, A., WAGNER, I. & PFADENHAUER, J. (1997): Minerotrophe Bergkiefernmoore im süddeutschen Alpenvorland unter besonderer Berücksichtigung ihrer syntaxonomischen Stellung. – In: *Tuexenia* 17, S. 81-108.
- WAGNER, A. & WAGNER, I. (2007): Moorwälder: Kennarten und syntaxonomische Stellung. – In: *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 19, S. 163-173.
- WAHLMÜLLER, N. (1985): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. – In: *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck* 72, S. 101-144.
- WALDE, C. & OEGGL, K. (2003): Blütenstaub enthüllt dreitausendjährige Siedlungsgeschichte im Tannberggebiet. – In: *Walserheimat* 73, S. 162-175.
- WALDE, C. & OEGGL, K. (2004): Neue Ergebnisse zur Siedlungsgeschichte am Tannberg. Die Pollenanalysen aus dem Körbersee. – In: *Walserheimat* 75, S. 309-317.
- WALENTOWSKI, H. (1998): Die Weißtannen-Waldgesellschaften Bayerns. Eine vegetationskundliche Studie mit europäischem Bezug, mit waldbaulichen Anmerkungen und naturschutzfachlicher Bewertung. – In: *Dissertationes Botanicae* 291, 473 S.

- WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, C. & TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 441 S.
- WALENTOWSKI, H., FISCHER, M. & SEITZ, R. (2005): Fir-dominated forests in Bavaria, Germany. – In *Waldoekologie online* 2, S. 68-89.
- WALENTOWSKI, H. & ZEHM, A. (2010): Reliktische und endemische Gefäßpflanzen im Waldland Bayern – eine vegetationsgeschichtliche Analyse zur Schwerpunktsetzung im botanischen Artenschutz. – In: *Tuexenia* 30, S. 59-81.
- WANNER, H. & RITZ, S. (2011): HOCLAT. A web-based Holocene Climate Atlas. – abrufbar unter http://www.oeschger.unibe.ch/research/projects/holocene_atlas/.
- WANNER, H., SOLOMINA, O., GROSJEAN, M., RITZ, S. & JETEL, M. (2011): Structure and origin of Holocene cold events. – In: *Quaternary Science Reviews* 30 (21-22), S. 3109-3123.
- WARNER, B., NOBES, D. & THEIMER, B. (1990): An application of ground penetrating radar to peat stratigraphy of Ellice Swamp, Southwest Ontario. – In: *Canadian Journal of Earth Sciences* 27 (7), S. 932-938.
- WEBER, G. (1995): Die frühe und mittlere römische Kaiserzeit. – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempton und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 49-60.
- WEBER, K. (1999): Vegetations- und Klimageschichte im Werdenfelser Land. – In: *Augsburger Geographische Hefte* 13, 127 S.
- WEHNERT, J. (1991): Objektnummer 8228-0118-00. – *Biotopkartierung Bayern (Flachland) im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (unveröffentlicht)*, 3 S.
- WEINHARDT, R. (1973): Rekonstruktion des Eisstromnetzes der Ostalpen Nordseite zur Zeit des Würmmaximums mit einer Berechnung seiner Flächen und Volumina. – In: GRAUL, H. & EICHLER, H. (Hrsg.): *Sammlung quartärmorphologischer Studien I.* – *Heidelberger Geographische Arbeiten* 38, S. 158-178.
- WEITNAUER, A. (1971): *Allgäuer Chronik. II: Von 1501 bis 1700.* – Verlag für Heimatpflege, Kempten, 336 S.
- WEITNAUER, A. (1972): *Allgäuer Chronik. III: Von 1701 bis 1914.* – Verlag für Heimatpflege, Kempten, 443 S.
- WEITNAUER, A. (1981²): *Allgäuer Chronik. Textband 1: Vom Anbeginn bis zum Jahr 1500.* – Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, 311 S.

- WELTEN, M. (1957): Über das glaziale und spätglaziale Vorkommen von *Ephedra* am nordwestlichen Alpenrand. – In: *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft* 67, S. 33-54.
- WESSELS, M. (1998): Natural environmental changes indicated by Late Glacial and Holocene sediments from Lake Constance, Germany. – In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 140 (1-4), S. 421-431.
- WHITLOCK, C. & LARSEN, C. (2001): Charcoal as a fire proxy. – In: SMOL, J., BIRKS, H., LAST, W. (Hrsg.): *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators.* – Kluwer, Dordrecht, S. 75-97.
- WICK, L. (2000): Vegetational response to climatic changes recorded in Swiss Late Glacial lake sediments. – In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 159 (3-4), S. 231-250.
- WICK, L. & TINNER, W. (1997): Vegetation changes and timberline fluctuations in the Central Alps as indicator of Holocene climatic oscillations. – In: *Arctic and Alpine Research* 29 (4), S. 445-458.
- WILHELM, F. (1961): Spuren eines voreiszeitlichen Reliefs am Alpennordsaum zwischen Bodensee und Salzach. – In: *Münchner Geographische Hefte* 20, 176 S.
- WILKE, B.-M. (1975): Bodenchronosequenzen aus Lockersedimenten der Lechtterrassen. – In: *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 138 (2), S. 153-171.
- WILLKOMM, H. (1988): Radiokohlenstoffdatierungen im Bereich des Auerbergs. – In: *Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie* 3, S. 173-194.
- WIRTH, V. (1995²): *Flechtenflora.* – Ulmer, Stuttgart, 661 S.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands.* – Ulmer, Stuttgart, 765 S.
- WOODLAND, W., CHARMAN, D. & SIMS, P. (1998): Quantitative estimates of water tables and soil moisture in Holocene peatlands from testate amoebae. – In: *The Holocene* 8 (3), S. 261-273.
- ZEISSET, H. (1984): *Landwirtschaft.* – In: KOLB, A. & KOHLER, E. (Hrsg.): *Ostallgäu - Einst und Jetzt. Band 2.* Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 649-728.
- ZEUNE, J. (1995): *Das Allgäu in Mittelalter und früher Neuzeit. Die Burgen.* – In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (Hrsg.): *Kempten und das Allgäu. Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland* 30, Theiss, Stuttgart, S. 87-91.

Internetquellen:

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LFU 2013a): Bodeninformationssystem Bayern (GeoFachdatenAtlas). www.bis.bayern.de (29.10.2013).
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LFU 2013b): Bayerisches Fachinformationssystem Naturschutz (Finweb). <http://fisnat.bayern.de/finweb> (05.05.2014).
- Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (LWF 2013): Übersicht der Naturwaldreservate in Schwaben. www.lwf.bayern.de/waldoekologie/naturschutz/naturwaldreservate/regionaler-ueberblick/schwaben (03.11.2013).
- Deutscher Wetterdienst (DWD 2013): Klimadaten. – www.dwd.de (27.10.2013).
- National Oceanic and Atmospheric Administration/National Climatic Data Center (NOAA/NCDC 2013): Ammersee Ostracod Oxygen Isotope Data. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology, Data Contribution Series # 2003-068. – http://hurricane.ncdc.noaa.gov/pls/paleox/f?p=519:1:::::P1_STUDY_ID:5462 (28.10.2013).
- Pangaea (PANGAEA 2013a): GISP2 Oxygen Isotope Data. doi:10.1594/PANGAEA.56094. – www.pangaea.de (28.10.2013).
- Pangaea (PANGAEA 2013b): Parameters of the earths orbit for the last 5 million years in 1 kyr resolution. doi:10.1594/PANGAEA.56040. – www.pangaea.de (28.10.2013).
- Pangaea (PANGAEA 2014): Pollen record of composite sediment core Mo05. doi:10.1594/PANGAEA.758497. – www.pangaea.de (08.04.2014).

Verwendete Karten:

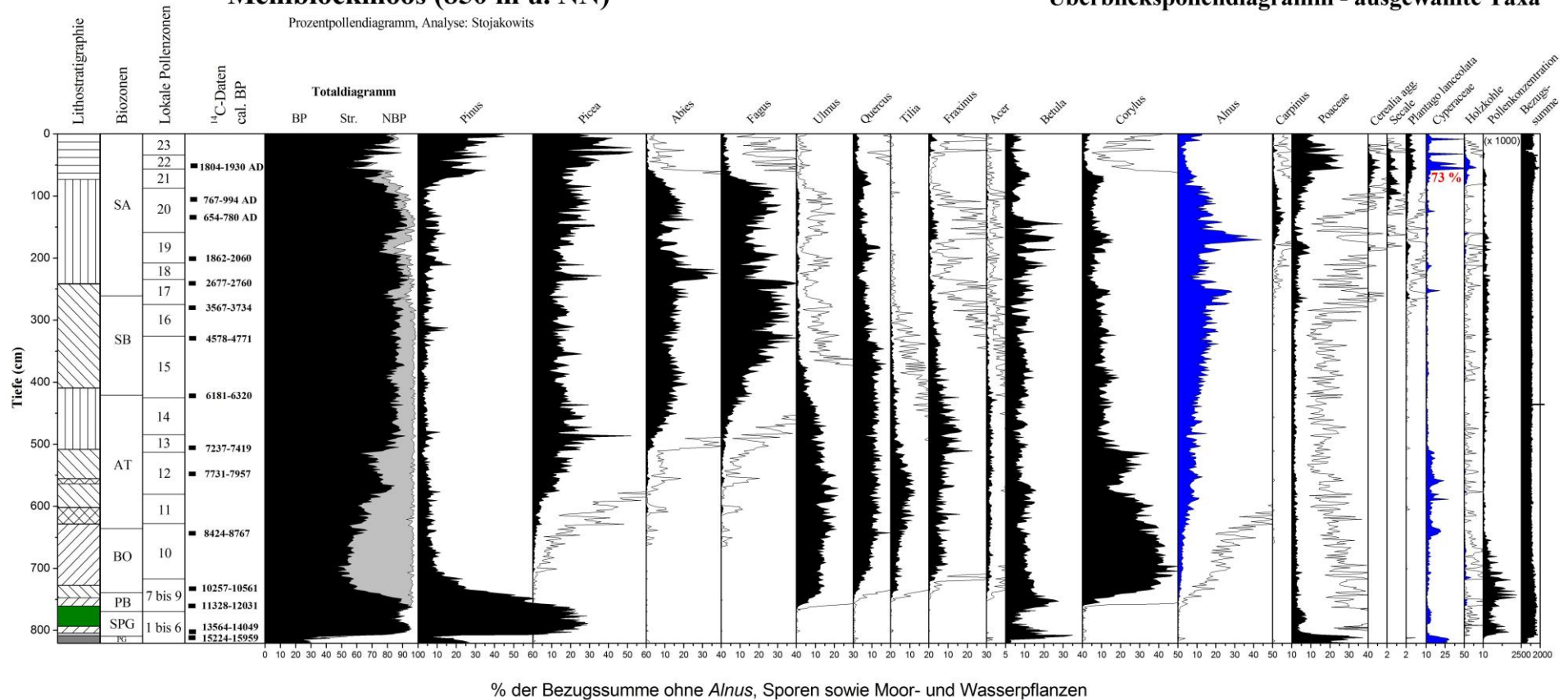
- BAYERISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT (2009, Hrsg.): Topographische Karte 1:25.000. Blatt Nr. 8228 Wildpoldsried.
- FRIELING, D. (in Vorb.): Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Blatt Nr. 8228 Wildpoldsried. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- JERZ, H. (1973): Bodenkarte von Bayern 1:25.000. Blatt Nr. 8327 Buchenberg. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- JERZ, H. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Blatt Nr. 8327 Buchenberg. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1980): Geologische Karte von Bayern 1:100.000. Blatt Nr. 662 Füssen. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- SCHOLZ, H. & ZACHER, W. (1983): Geologische Übersichtskarte 1:200.000. Blatt CC 8726 Kempten. – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

- SCHWERD, K. & HÄUSSLER, H. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Blatt Nr. 8328 Nesselwang West. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- SUCK, R. & BUSHART, M. (2012): Potentielle natürliche Vegetation Bayerns. Übersichtskarte 1:500.000. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

Mehlbloockmoos (850 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

Überblickspollendiagramm - ausgewählte Taxa

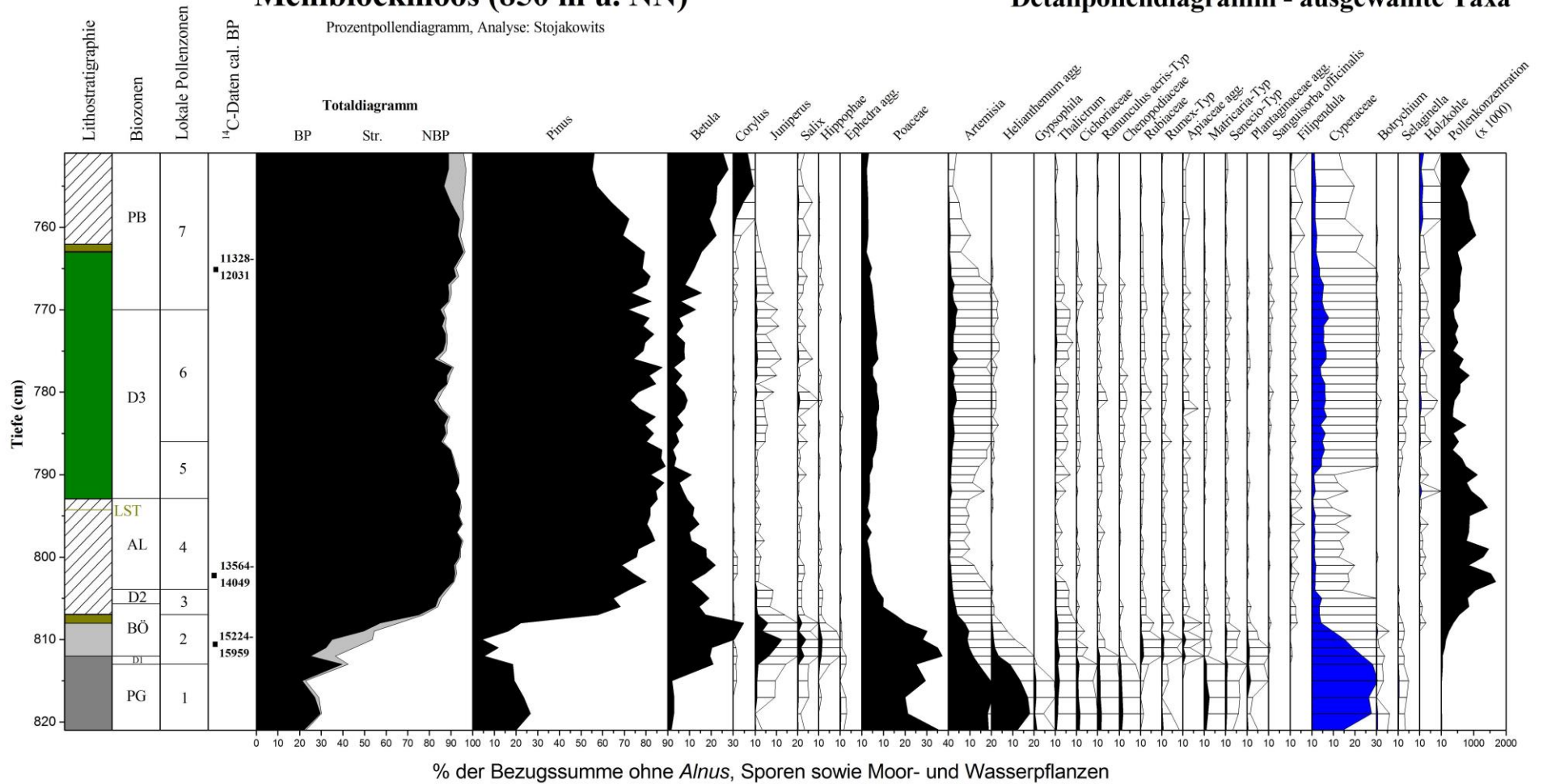


Anlage 1: Überblickspollendiagramm Mehlablockmoos.

Mehlblockmoos (850 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

Detailpollendiagramm - ausgewählte Taxa

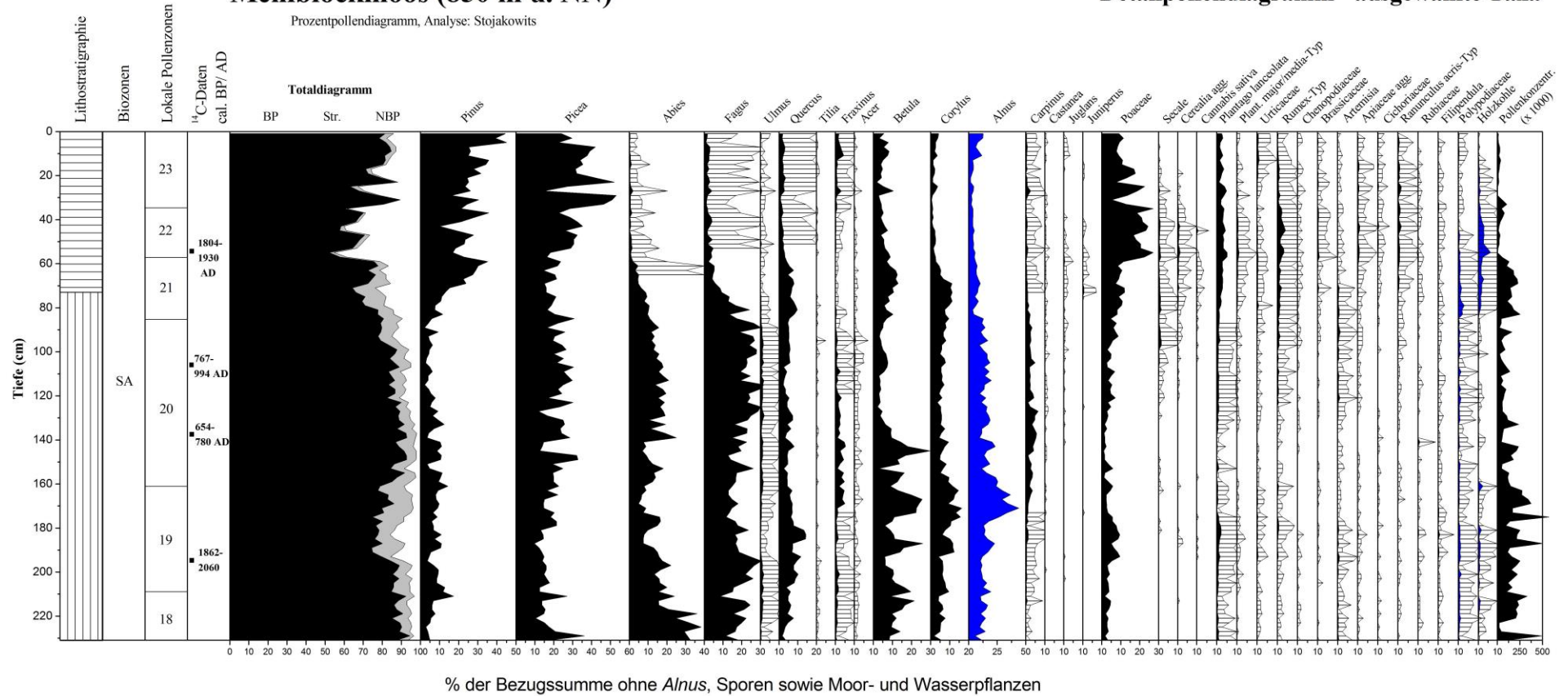


Anlage 2: Detailpollendiagramm Mehlblockmoos Spätglazial und Präboreal.

Mehlblockmoos (850 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

Detailpollendiagramm - ausgewählte Taxa

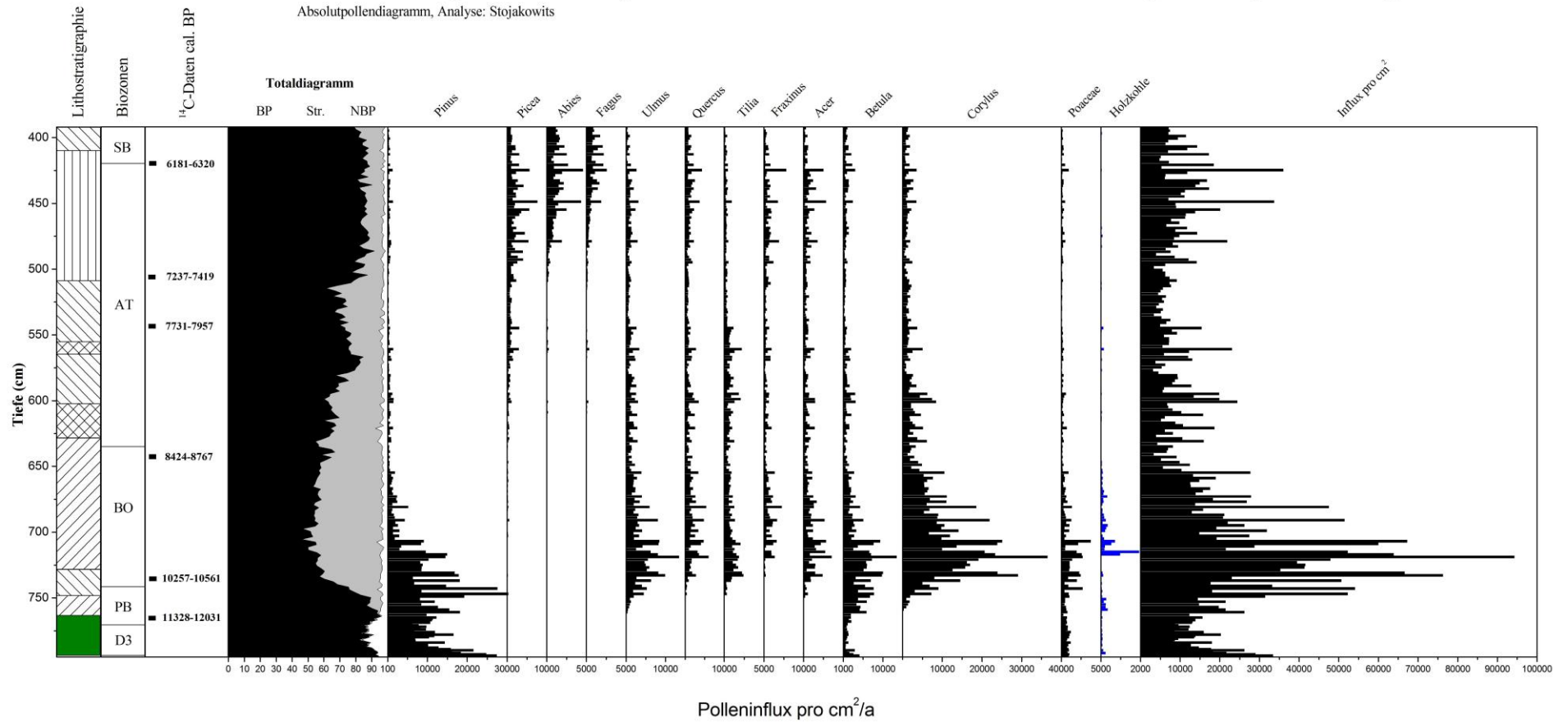


Anlage 6: Detailpollendiagramm Mehloblockmoos Subatlantikum.

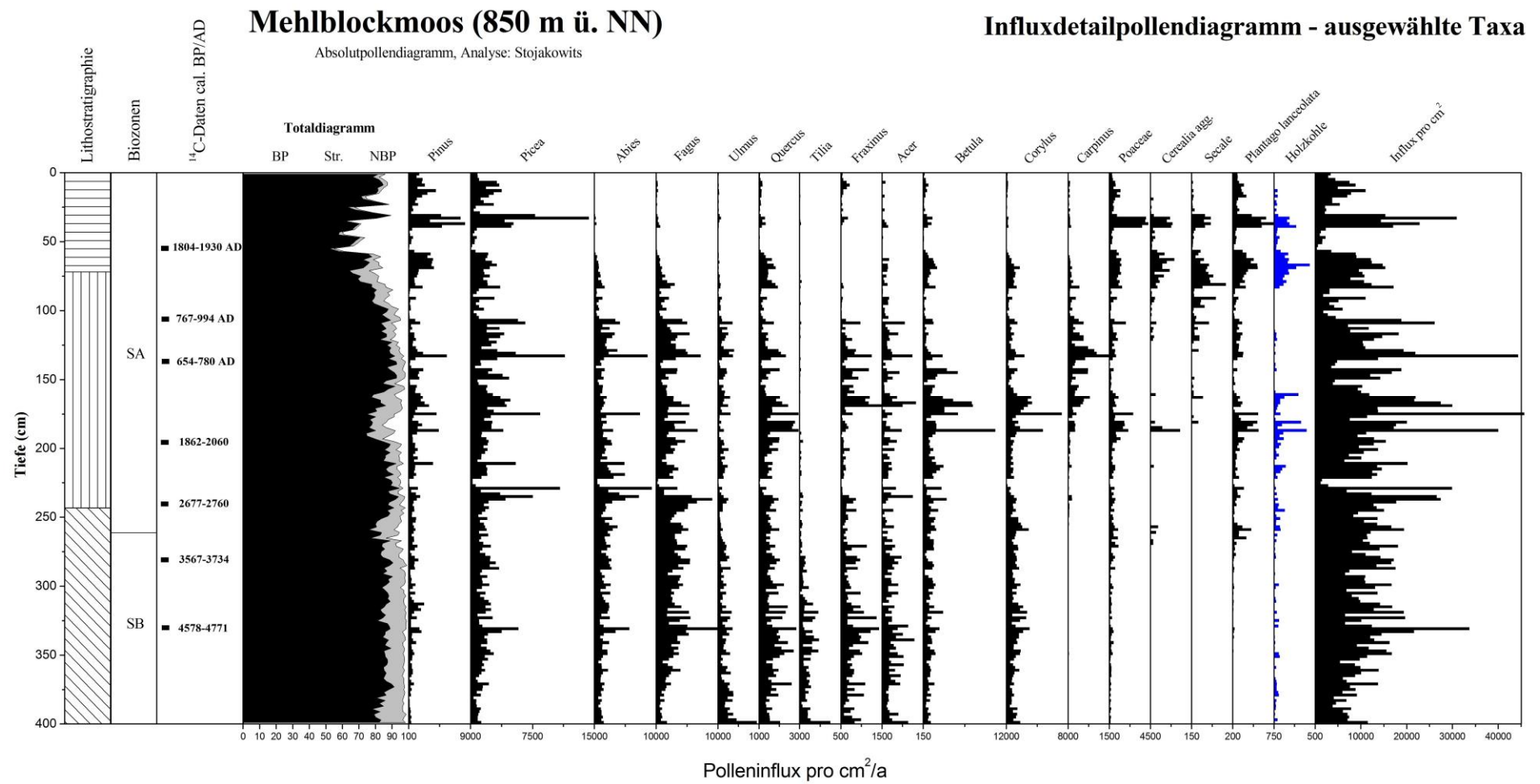
Mehlbloockmoos (850 m ü. NN)

Absolutpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

Influxdetailpollendiagramm - ausgewählte Taxa



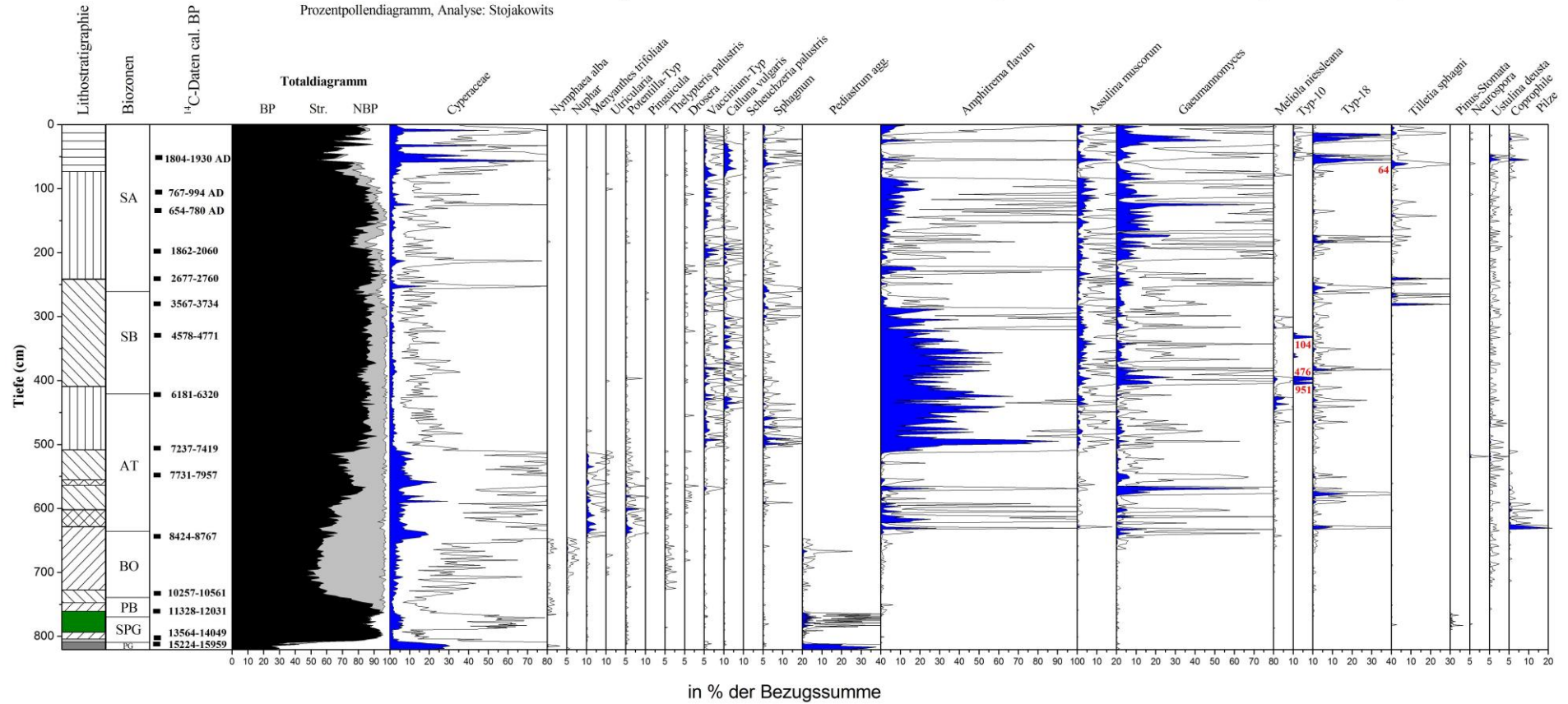
Anlage 7: Influxdetailpollendiagramm Mehlblockmoos Jüngere Dryas bis Atlantikum.



Anlage 8: Influxdetailpollendiagramm Mehlblockmoos Subboreal und Subatlantik.

Mehlbloccoos (850 m ü. NN)

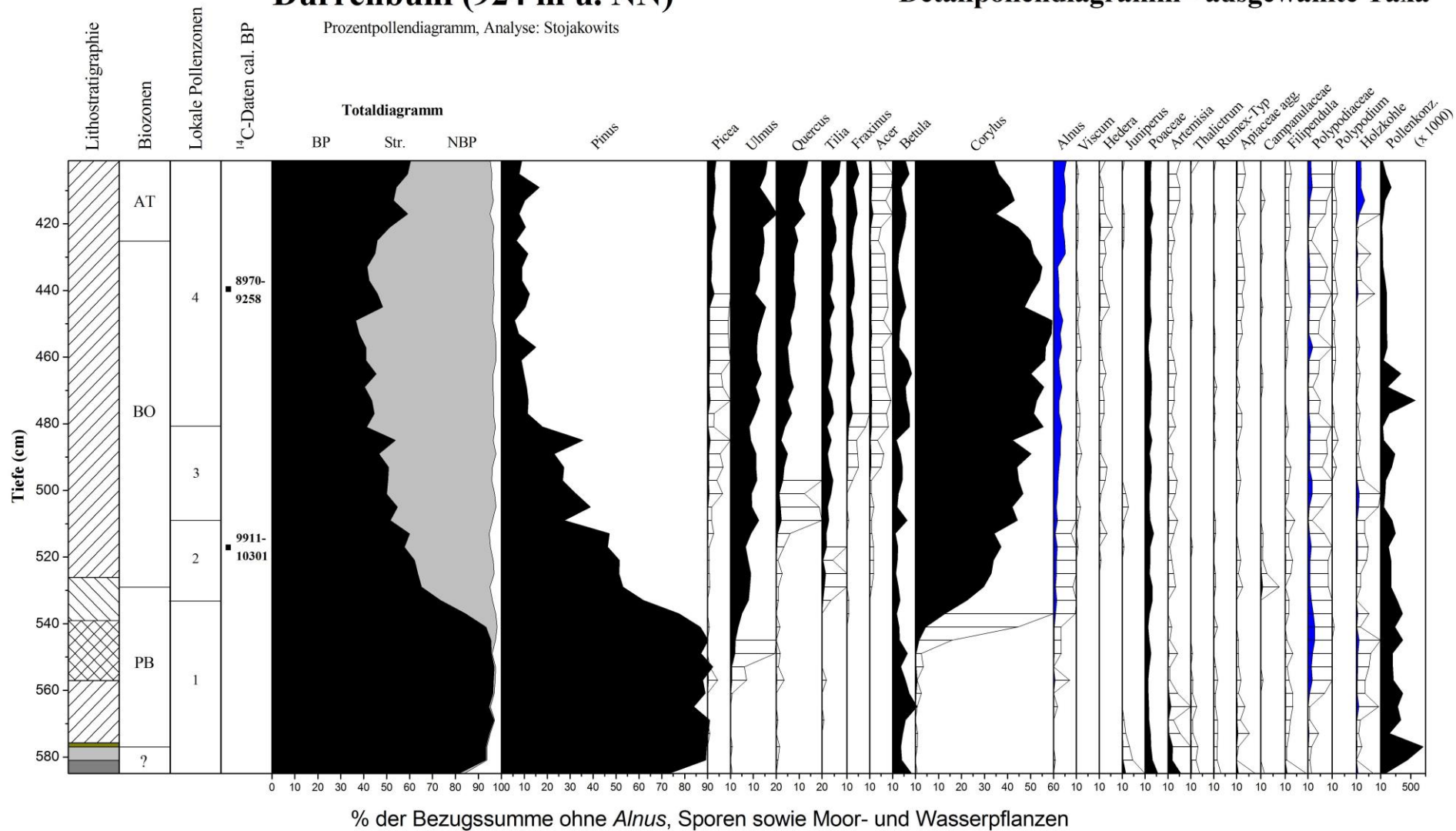
Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm - ausgewählte Taxa



Anlage 9: Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm Mehlabloccoos.

Dürrenbühl (924 m ü. NN)

Detailpollendiagramm - ausgewählte Taxa

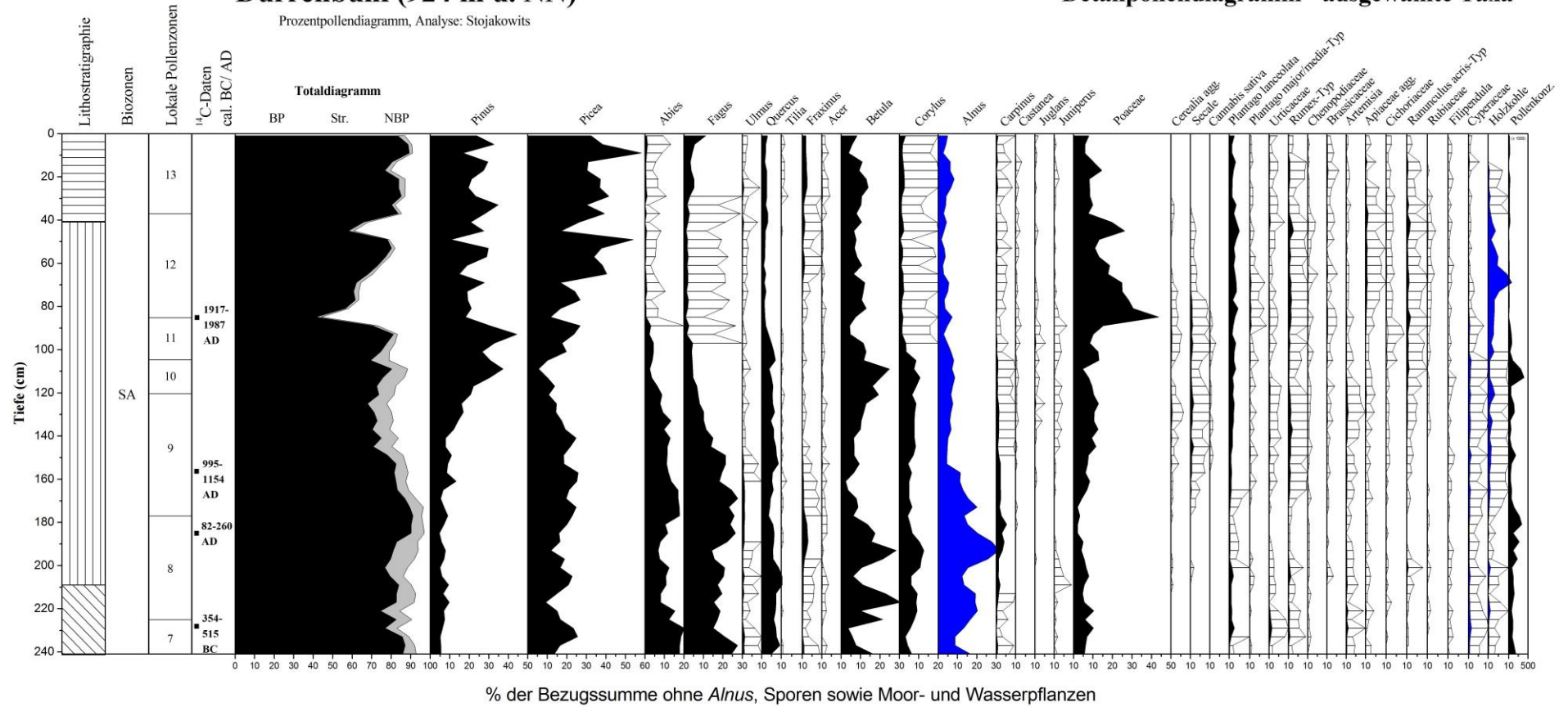


Anlage 11: Detailpollendiagramm Dürrenbühlmoos Präboreal und Boreal.

Dürrenbühl (924 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Stojakowits

Detailpollendiagramm - ausgewählte Taxa

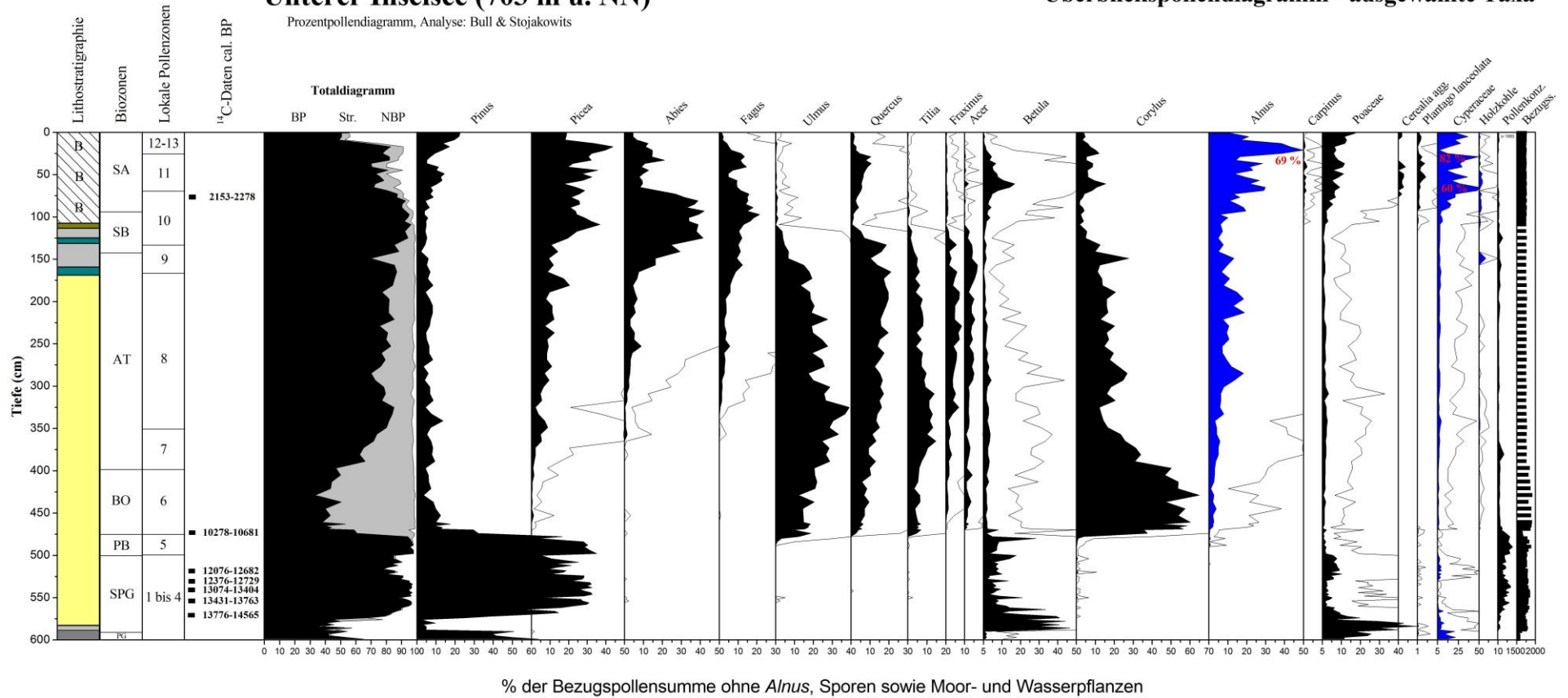


Anlage 13: Detailpollendiagramm Dürrenbühlmoos Subatlantikum.

Unterer Inselsee (703 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Bull & Stojakowits

Überblickspollendiagramm - ausgewählte Taxa

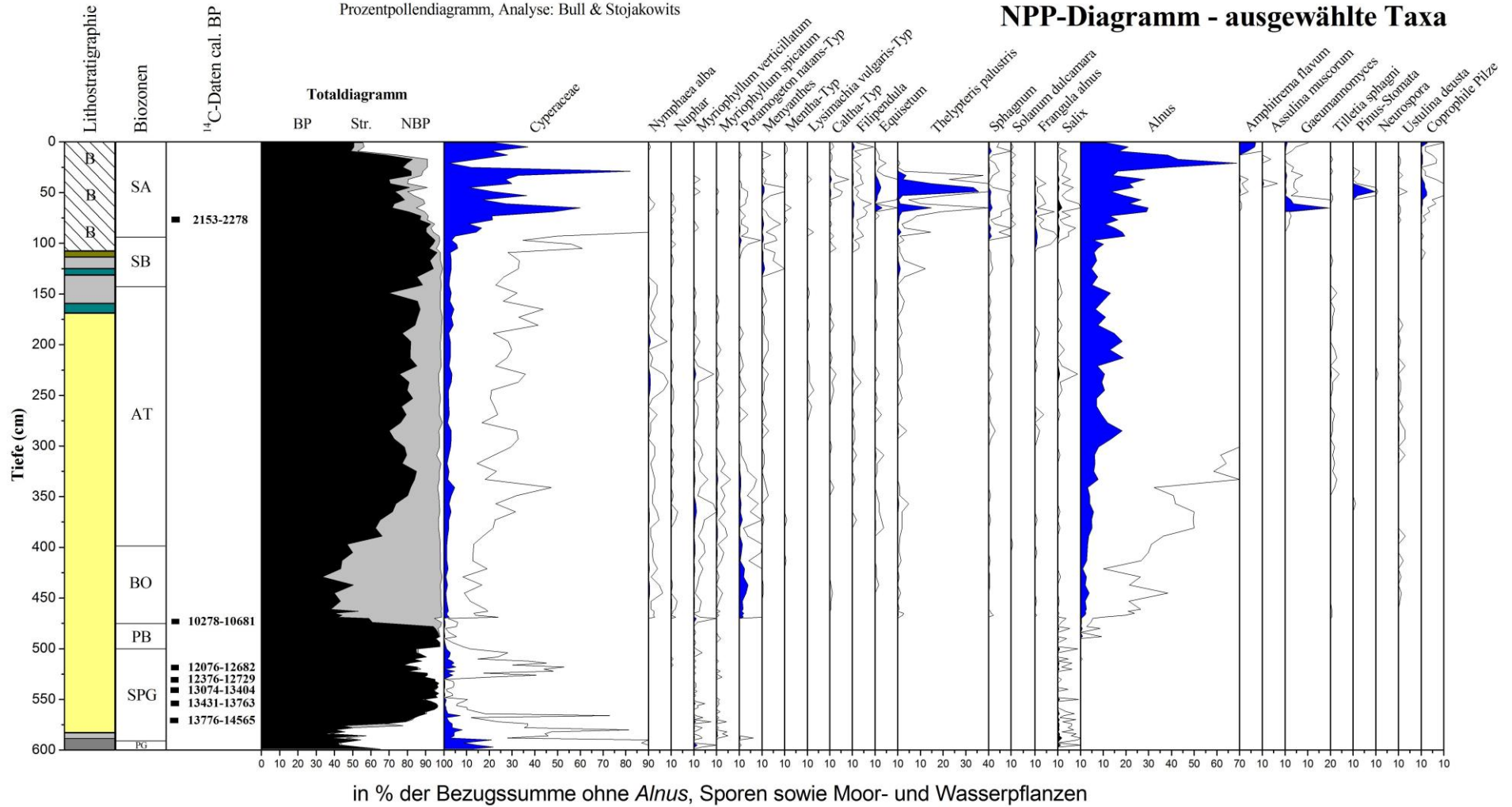


Anlage 16: Überblickspollendiagramm Unterer Inselsee.

Unterer Inselsee (703 m ü. NN)

Prozentpollendiagramm, Analyse: Bull & Stojakowits

Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm - ausgewählte Taxa



Anlage 20: Moor- und Wasserpflanzen- sowie NPP-Diagramm Unterer Inselsee.