

Pollenanalytische Untersuchungen im Hotzenwald – ältere und neue Erkenntnisse zur Vegetationsgeschichte

von
UTA DIETZ, Konstanz

Zusammenfassung: Nach einer allgemeinen Einführung in die Grundlagen der Pollenanalyse wird zunächst anhand der Ergebnisse der Forschungen von GERHARD LANG aus den 1950er Jahren ein Überblick über die Vegetationsgeschichte des Hotzenwalds gegeben; dabei geht es vor allem um die Einwanderung und Etablierung der Baumarten nach der letzten Eiszeit. Anschließend werden neue pollenanalytische Untersuchungen zur jüngsten Vegetationsentwicklung im Hotzenwald vorgestellt. An einem Pollenprofil aus dem Lindauer Moos bei Ibach, das den obersten Meter dieses Moores überstreicht, kann die Änderung des Waldbildes der letzten 2500 Jahre nachvollzogen werden. Im Diagramm spiegelt sich die mittelalterliche Besiedlung der Hochlagen des Hotzenwalds wider sowie die Entstehung des Spirkenfilzes auf dem Moor. Die Analyse der Pollenprofile wird ergänzt durch die Untersuchung des rezenten Pollenniederschlags, der aus der aktuellen Vegetation stammt, mit dieser direkt verglichen werden kann und daher der „Eichung“ der Methode im Untersuchungsgebiet dient.

1 Einleitung

Die Vegetation, welche wir im Hotzenwald antreffen, hat ihr heutiges Gesicht vor allem dem Handeln des Menschen zu verdanken. Er hat zum Betreiben von Land- und Forstwirtschaft die Umwelt nach seinen Bedürfnissen gestaltet. Offensichtlich ist das bei den Weiden, Wiesen und Äckern, die ohne landwirtschaftliche Bearbeitung nicht existieren würden und wofür Wälder gerodet werden mussten, ebenso wie für Höfe und Siedlungen, wovon im Hotzenwald noch zahlreiche Rodungs-Namen zeugen (s. Beitrag von K. KUNZE). Da der Mensch auch die Wälder selbst nutzte, z.B. zur Holzgewinnung (s. Beitrag von TH. LUDEMANN) oder zur Waldweide, hat sich auch deren Gesicht im Laufe der Jahrhunderte verändert. Doch auch ohne das Eingreifen des Menschen haben sich unter natürlichen Verhältnissen deutliche Veränderungen in der Art und Zusammensetzung der Vegetation abgespielt.

Um diese natürlichen und anthropogen verursachten Veränderungen der Vegetation nachzuvollziehen, kann man sich der Methode der Pollenanalyse bedienen. Pollenkörner, die oft in großer Menge und in gutem Erhaltungszustand, in Torfen oder Seesedimenten eingebettet, Tausende von Jahren überdauert haben, sind Dokumente der früheren Pflanzenwelt. Untersucht man den Pollengehalt in den Sedimenten, kann man – mit einigen Einschränkungen – die ehemalige Vegetation und deren Entwicklung rekonstruieren.

Im Schwarzwald begann man schon bald nach Einführung der Pollenanalyse durch LENNART VON POST im Jahre 1916 mit Hilfe dieser Methode die Vegetationsgeschichte des Schwarzwalds zu untersuchen (STARK 1924, BROCHE 1929, OBERDORFER 1931). Speziell mit der Vegetationsgeschichte des Hotzenwalds beschäftigte sich dann GERHARD LANG in den 50er Jahren (LANG 1954, 1955).

Weitere Arbeiten im südlichen und auch dem übrigen Schwarzwald sowie in der angrenzenden Baar und in den Vogesen folgten (vgl. FRIEDMANN & KÜSTER 1998). In Kapitel 4 wird anhand eines Pollenprofils von LANG (1954) ein Überblick über die ältere Vegetationsgeschichte des Hotzenwalds gegeben.

Die bisherigen pollenanalytischen Forschungen im Hotzenwald hatten vor allem die Einwanderung und Ausbreitung der Gehölze nach der Eiszeit zum Thema. Die jüngste Vegetationsentwicklung wurde dabei nur in groben Zügen erfasst. Dies war der Grund für neue Untersuchungen an jüngeren Torfschichten des Lindauer Moores bei Ibach, in deren Pollengehalten sich auch die menschliche Siedlungstätigkeit und ihr Einfluss auf die Vegetation widerspiegelt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im letzten Kapitel ausführlicher dargelegt (s. Kap. 5).

2 Einführung in die Pollenanalyse

2.1 Pollen

Der Pollen („Blütenstaub“) wird von den Samenpflanzen in ihren Blüten zur sexuellen Vermehrung gebildet. Der Transport der Pollenkörner kann durch den Wind erfolgen (Windblütigkeit oder Anemogamie bzw. Anemophilie) oder durch Tiere (Tierblütigkeit oder Zoogamie/-philie) – vor allem durch Insekten (Insektenblütigkeit oder Entomogamie/-philie). Während die weiblichen Keimzellen im Frucht-

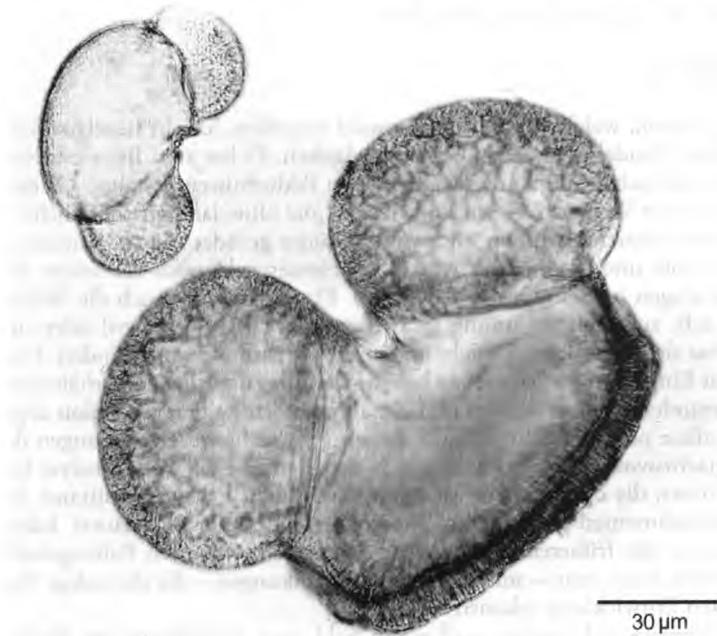


Abb. 1: Pollenkörner von Kiefer (oben links) und Tanne (unten).

Charakteristisch für die Pollenkörner der heimischen Nadelhölzer sind die Luftsäcke, die paarweise an einem Zentralkörper sitzen. Merkmale des Tannenpollens sind der stark ausgebildete Kamm des Zentralkörpers und die deutlich abgesetzten Luftsäcke. Kiefernpollen ist durch seine geringere Größe leicht von Tannenpollen zu unterscheiden. (Foto: Verf.)

knoten einer Blüte gut geschützt sind, sind die männlichen Keimzellen (bzw. der vorausgehende generative Kern) in den Pollenkörnern während des Transportes wechselnden und oft ungünstigen Umweltbedingungen ausgesetzt. Die Pollenkornwand ist deshalb besonders stabil und resistent gegen schädliche Umwelteinflüsse. Sie besteht aus zwei Schichtkomplexen, einer inneren (Intine) und einer äußeren Wandschicht (Exine). Während die Intine hauptsächlich aus Zellulose und Pektin aufgebaut und leicht zersetzbar ist, besteht die äußere Pollenkornwand aus Sporopollenin, einem der stabilsten Pflanzenstoffe. Es ist nur durch Oxidation zerlegbar, gegen starke Laugen und Säuren aber resistent, was, wie später zu sehen ist, eine wesentliche Voraussetzung für die Pollenanalyse ist.

Die Pollenkörner verschiedener Pflanzenarten weisen Unterschiede in Größe, Form und Struktur der Pollenkornwand auf. Lichtmikroskopisch sind vor allem die unterschiedlich ausgebildeten Öffnungen der Exine, längliche Falten (Colpi) oder rundliche Poren (Pori), und ihre Feinstruktur zur Bestimmung wichtig. So können verschiedene Pollentypen anhand dieser Merkmalskombinationen unterschieden werden. Die Unterschiede der Pollenmorphologie reichen jedoch oft nicht aus, die Pollenkörner bis auf das Artniveau zu bestimmen. Meist kann man sie nur einer Gattung, oft auch nur der Pflanzenfamilie zuordnen. Einige Beispiele für verschiedene Pollenkornarten zeigen die Abbildungen 1 und 2.

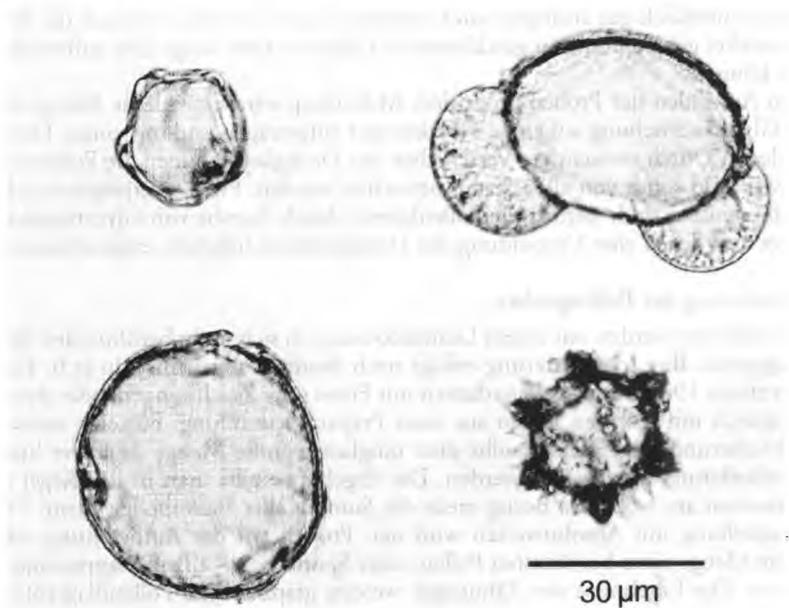


Abb. 2: Verschiedene Baumpollenkörner und ein Nichtbaumpollenkorn.

Abgebildet sind: ein fünfsporiges Erlenpollenkorn (oben links) mit charakteristischen Bogenleisten zwischen den Poren, ein Kiefernpollenkorn (oben rechts); an dem kugelförmigen Buchenpollenkorn (unten links) sind deutlich drei Poren zu sehen, außerdem sind noch drei, hier kaum hervortretende Furchen (=Colpi) vorhanden.

Das sternförmige Pollenkorn (unten rechts) stammt von einem Korbblütler, vielleicht vom Löwenzahn. Die stachelbesetzten Leisten begünstigen das Anheften dieses Pollenkorns an bestäubende Insekten.

(Foto: Verf.)

Vor allem windblütige Pflanzen, darunter viele Bäume, produzieren zur Blütezeit eine große Menge an Pollen, wovon nur ein geringer Teil auch wirklich eine Blüte erreicht. Die übrigen Pollenkörner werden über eine mehr oder weniger weite Strecke transportiert bis sie schließlich abgelagert werden. Pollenkörner, die in ein Moor gelangen, werden im Torf eingebettet und bleiben unter den dort herrschenden sauerstofffreien Bedingungen erhalten.

2.2 Pollengewinnung und Pollenaufbereitung

Für die Untersuchung des Pollengehaltes eines Torfkörpers werden durch Bohrungen Torfkerne entnommen und schichtweise analysiert. Um die Pollen vom übrigen Torfmaterial zu trennen, macht man sich ihre außerordentliche Resistenz gegenüber Säuren und Laugen zunutze. Für die Aufbereitung reichen kleine Mengen Torf, etwa 2 g aus, die in mehreren Aufbereitungsschritten in Reagenzgläsern von störendem Material gereinigt werden. Mit Salzsäure (HCl) entfernt man Calciumcarbonat, mit Kalilauge (KOH) Huminsäuren und mit Flußsäure (HF) mineralisches Material wie Sand. Die Zellulose der torfbildenden Pflanzen lässt sich durch Azetolyse (Kochen in einer Mischung von Essigsäure-Anhydrit und konzentrierter Schwefelsäure) beseitigen. Durch Zentrifugieren zwischen den einzelnen Schritten werden die Pollenkörner von den Chemikalien und dem zerstörten und aufgelösten Material getrennt. Die gereinigten und mit Wasser gewaschenen Pollenproben lässt man schließlich gut abtropfen und versetzt sie mit Glycerin, wodurch die Proben wasserfrei gehalten und in geschlossenen Gläschen über lange Zeit aufbewahrt werden können.

Zum Auszählen der Proben unter dem Mikroskop wird eine kleine Menge der Pollen-Glycerinmischung auf einen Objektträger aufgetragen und mit einem Deckglas bedeckt. Durch vorsichtiges Verschieben des Deckglases können die Pollenkörner bewegt und somit von allen Seiten betrachtet werden. Für Dauerpräparate, die über Jahre haltbar sind, werden die Pollenkörner durch Zugabe von Glyceringelatine fixiert und durch eine Umrandung des Deckgläschens luftdicht eingeschlossen.

2.3 Auswertung der Pollenproben

Die Pollenkörner werden mit einem Lichtmikroskop in sich nicht berührenden Reihen ausgezählt. Ihre Identifizierung erfolgt nach Bestimmungsschlüsseln (z.B. FAEGRI & IVERSEN 1989), nach Pollenatlanten mit Fotos oder Zeichnungen, oder durch den Vergleich mit rezenten Pollen aus einer Präparatesammlung. Für eine statistische Absicherung der Zählung sollte eine möglichst große Menge (mehrere hundert) Pollenkörner ausgewertet werden. Die Ergebnisse gibt man in der Regel in Prozentwerten an, wobei als Bezug meist die Summe aller Baumpollen dient. Für eine Darstellung mit Absolutwerten wird den Proben vor der Aufbereitung eine definierte Menge eines bestimmten Pollen- oder Sporentyps – z.B. Bärlappsporen – zugegeben. Die Ergebnisse der Zählungen werden graphisch als Pollendiagramme dargestellt und interpretiert.

Nach JANSSEN (1972, 1979) kann man den Pollenniederschlag folgendermaßen differenzieren: Lokaler Pollenniederschlag stammt aus kleinflächig ausgebildeten Vegetationstypen in der direkten Umgebung der Probestellen und wurde nur wenige Meter transportiert. Der regionale Pollenniederschlag gibt die herrschende Vegetation in der Umgebung der Probestelle wieder. Fernflug schließlich stammt aus einem Gebiet mit einer von der regionalen unterschiedlichen Vegetation. Regionaler Pollenniederschlag und Fernflug bestehen fast ausschließlich aus Pollen von

windbestäubten (anemogamen) Pflanzenarten, die sehr leichte Pollen in mehr oder weniger großer Menge produzieren.

3 Allgemeines zur Vegetationsgeschichte

Die allerersten Landpflanzen entstanden vor etwa 400 Millionen Jahren, zu Beginn des Erdaltertums im Silur. Seitdem hat sich die Erde stark verändert: Kontinente sind entstanden und wieder verschwunden. An einer Stelle haben sich Gebirge gebildet, während andere durch Erosion wieder eingeebnet wurden. Das Klima änderte sich immer wieder und schwankte zwischen arktischen und tropischen Verhältnissen. Die Evolution hat im Laufe der Jahrtausende auf der Erde eine Fülle unterschiedlicher Pflanzenarten hervorgebracht, von denen einige den wechselnden Umweltbedingungen nicht gewachsen waren und von überlebensstärkeren Arten verdrängt wurden oder sogar ausstarben. Andere wiederum profitierten von den neuen Verhältnissen und konnten sich ausbreiten. Die Pflanzenwelt einer Region besteht also überwiegend aus Arten, für die die jeweils gegebenen Bedingungen besonders günstig sind und die großräumig die typische Vegetation eines Gebietes bilden, und daneben aus solchen, die als Relikte vergangener Zeiten seltener und nur noch an besonderen Standorten vorkommen. Viele Arten „wandern“ auch, wenn sich die Umweltbedingungen ändern, in für sie günstigere Gegenden. Dabei kann sich ihr Verbreitungsgebiet vergrößern oder verkleinern.

All diese Entwicklungen und Veränderungen der Vegetation kann man nachvollziehen, wenn man die heutigen Verbreitungsgebiete bestimmter Pflanzenarten miteinander vergleicht und in Beziehung zur Entstehung ihrer Umwelt setzt. Direkte Auskunft über die frühere Pflanzenwelt erhält man durch Fossilfunde, die aber meist sehr spärlich sind und nur durch Zufall entdeckt werden. Die meisten Fossilien bleiben unter mächtigen Gesteinsschichten verborgen.

So verhält es sich auch im Schwarzwald. Spuren vergangener Pflanzenwelten sind kaum vorhanden. In den Mooren aber, die sich nach den Eiszeiten bildeten, blieben im Schwarzwald in großer Menge fossile Pflanzenreste in Form von Pollen erhalten. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die letzten 10 000 bis 13 000 Jahre der Vegetationsentwicklung des Schwarzwalds zu rekonstruieren.

In den Kaltzeiten der Eiszeit waren Nordeuropa und die Alpen von Gletschereis bedeckt, in den dazwischenliegenden Gebieten erstreckte sich eine meist baumlose Tundra. Wärmeliebende Arten fanden in südeuropäischen Gegenden Refugialräume, aus denen sie in den Warmzeiten, in denen teilweise höhere Temperaturen als heute erreicht wurden, wieder nach Norden wandern konnten.

Die letzte Eiszeit ging vor etwa 10 000 Jahren zu Ende. Unsere heutige Vegetation besteht aus denjenigen Pflanzen, die nach dem Wiederaansteigen der Temperatur und dem Schmelzen der Gletscher aus ihren Refugien in die nördlichen Gebiete und die Gebirgsregionen wieder zurückgekehrt sind. Welche Arten einwanderten, ist unter anderem abhängig von der Lage ihrer Rückzugsgebiete, ihrer individuellen Ausbreitungsgeschwindigkeit und ihrer Konkurrenzkraft.

Diese Entwicklung kann mit Hilfe der Pollenanalyse verfolgt werden. Die Ergebnisse der Erforschung der holozänen (nacheiszeitlichen) Vegetationsgeschichte im Hotzenwald werden in den nächsten Kapiteln dargestellt.

4 Überblick über die Waldgeschichte des Hotzenwalds seit der ausgehenden Eiszeit

Die heutige Kenntnis der holozänen Vegetationsgeschichte des Hotzenwalds verdanken wir den Arbeiten von GERHARD LANG aus den 50er Jahren. Er führte pollenanalytische Untersuchungen an Torfproben verschiedener Moore im Hotzenwald durch, dem Giersbacher Moor, dem Horbacher Moor und dem Kühmoos (LANG 1954). Die Abbildung 3 zeigt die wichtigsten Kurven eines Pollenprofils aus dem Horbacher Moor, das uns die Vegetationsentwicklung des Hotzenwalds vor Augen führt.

In den untersten späteiszeitlichen Sedimentschichten der Moore haben die Baumpollen noch keine große Bedeutung. Hier herrschen Beifuß- und Gräserpollen vor, so dass man sich die Vegetation der Späteiszeit in den Höhenlagen des Schwarzwalds als eine Wermut-Steppentundra vorstellen kann, in der an Gehölzen nur die Zwergbirke (*Betula nana*) und niedrigwüchsige Weidenarten vorkamen. Nach Funden von Blattresten der Silberwurz (*Dryas octopetala*), die heute nur noch in den Alpen und in arktischen Tundragebietern vorkommt, nennt man diesen Abschnitt der Späteiszeit die „Dryaszeit“. Diese, im allgemeinen baumarme Phase der Vegetationsentwicklung, wird unterbrochen durch die Allerödschwankung, eine späteiszeitliche Klimaschwankung, während der sich die Waldgrenze nach oben verschoben hat, aber wohl noch nicht die Hochlagen des heutigen Schwarzwalds erreichte. Im Pollenprofil ist in dieser Phase eine starke Zunahme von Birkenpollen festzustellen. Die Birke wurde im weiteren Verlauf dieser Phase von der Kiefer verdrängt, die bis zum Ende der Eiszeit die vorherrschende Baumart darstellt. Man spricht daher von der Älteren und Jüngeren Kiefernzeit (= Alleröd und Jüngere Dryas). In den Sedimenten des Alleröd hat sich eine Schicht von feiner Flugasche abgelagert. Diese stammt von einem Vulkanausbruch im Gebiet des heutigen Laacher Sees in der Eifel, dessen Asche sich über einen großen Bereich Mitteleuropas niedergeschlagen hat und etwa in die Zeit um 13 000 vor heute datiert. Wo der Laacher Bimstuf in Sedimenten vorhanden ist, dient er als eine sichere Zeitmarke.

In der Jüngeren Kiefern- oder Dryaszeit kam es erneut zu einem Kälterückschlag, der dazu führte, dass der Gletscherrückzug stagnierte und die Waldgrenze wieder absank. Im Pollenniederschlag macht sich das durch die Abnahme der Baumpollen und einem erneuten Anstieg der Kräuterpollen bemerkbar. Mit der Jüngeren Dryaszeit endet die Eiszeit. Ihr folgt eine Klimaerwärmung mit dem endgültigen Anstieg der Waldgrenze. In der Vorwärmezeit (Präboreal) breiten sich wieder Kiefern-Birkenwälder aus, die die Gras- und Kräutervegetation immer stärker verdrängen.

Die Wärmezeit beginnt etwa um 9 000 vor heute mit der Einwanderung wärmeliebender Gehölze im Boreal (Frühe Wärmezeit). In diesem Zeitabschnitt dominieren Hasel und Kiefer. Daneben treten weitere wärmeliebende Gehölze wie Eiche und Ulme auf, die im Laufe der folgenden Mittleren Wärmezeit (Atlantikum) zusammen mit Linde und Esche das Waldbild als Eichenmischwälder prägen. In diesem Zeitabschnitt findet man häufig Pollen von Efeu und Mistel. Beide Arten sind heute auf wintermilde Gebiete beschränkt und kommen in den Hochlagen des Schwarzwalds nicht mehr vor. Nach den Klimaverhältnissen ihres heutigen Verbreitungsgebietes kann man schließen, dass die Durchschnittstemperatur im Atlantikum um etwa 2°C höher lag als heute. Im jüngeren Atlantikum erscheinen erstmals die Schatthölzer Tanne, Fichte und Buche.

POLLENANALYSE UND VEGETATIONSGESCHICHTE

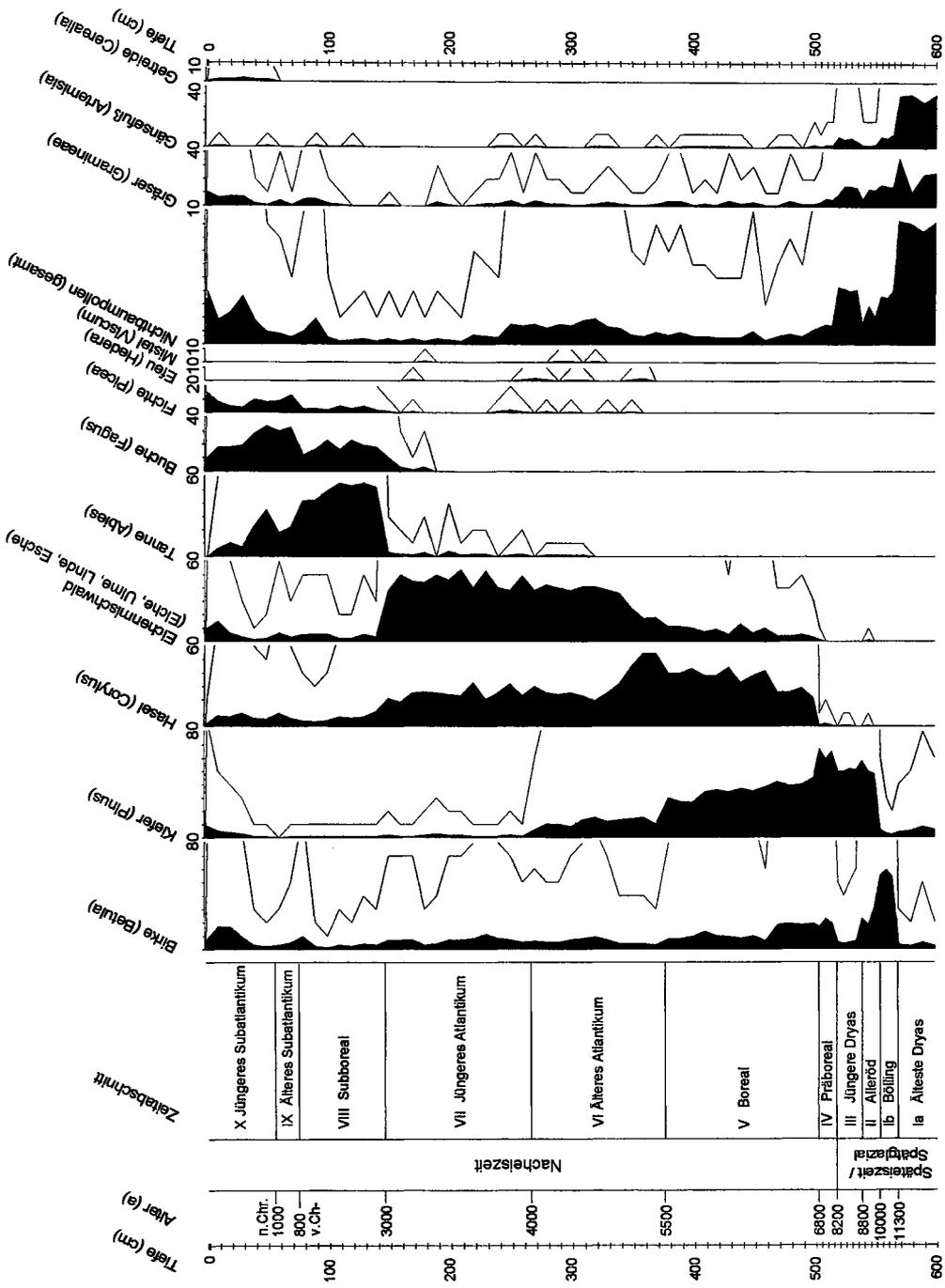


Abb. 3: Pollendiagramm aus dem Horbacher Moor (nach LANG 1954). Das Diagramm zeigt die Vegetationsentwicklung im Horzenwald seit der ausgehenden Würmeiszeit anhand der Kurven einiger wichtiger Baumpollen und Nadelbäume. – Schwarz: Anteil des jeweiligen Pollentyps in Prozent aller Baumpollen (Summe aller Baumpollen = 100 %). Linie: 10-fache Überhöhung der Prozentwerte.

Der nächste Zeitabschnitt, das Subboreal oder die Tannenzeit, beginnt um 5 000 vor heute mit der Massenausbreitung der Tanne, die zusammen mit der Buche die Lichtholzarten verdrängt. Im Älteren Subatlantikum (Ältere Nachwärmezeit) ab etwa 2 500 vor heute breitet sich nun auch die Buche weiter aus und entwickelt sich zusammen mit der Tanne zur Hauptbaumart in den Wäldern.

Die mittelalterliche Rodungsphase im Schwarzwald um 1000 n.Chr. zeigt sich in den Pollendiagrammen im Rückgang der Tannen- und Buchenpollen, während gleichzeitig der Anteil an Kräuter- und Gräserpollen ansteigt (Jüngeres Subatlantikum/Nachwärmezeit). Regelmäßige Funde von Getreidepollen weisen auf Ackerbau hin. Die Fichte, deren Pollen im Hotzenwald in geringen Mengen schon seit dem Älteren Atlantikum auftritt, breitet sich erst am Ende des Subatlantikums aus, was sie der Förderung durch die Forstwirtschaft zu verdanken hat. Auch die Kiefer, die spätestens seit der Tannenzeit nur noch eine untergeordnete Rolle spielte, erreicht jetzt wieder hohe Pollenwerte.

5 Die jüngere Vegetationsgeschichte des Hotzenwalds

5.1 Einführung

An einem ein Meter langen Torfbohrkern aus dem Lindauer Moos im Hotzenwald wurden detaillierte Pollenanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse im folgenden vorgestellt werden. Dazu wurde der Bohrkern in 2 cm-, teilweise auch 1 cm-Abständen ausgezählt, bei einer Mindestmenge von 700 Baumpollenkörnern. Von besonderem Interesse war dabei, wie sich der Einfluss des Menschen auf die Vegetation – durch Rodung des Waldes und durch landwirtschaftliche Tätigkeit – im Pollenprofil widerspiegelt. Außerdem wurde versucht, die Entwicklung des auf dem Moor stockenden Spirkenfilzes im Pollenprofil nachzuvollziehen. Dieser Spirkenfilz bedeckt die gesamte Moorfläche des Lindauer Moooses, wobei in der Randzone der Moorfläche seit Beginn der 90er Jahre ein Absterben der Moor-Kiefer zu beobachten ist (VON SENGBUSCH & BOGENRIEDER 2001). Die Pollenanalyse soll bei der Suche nach der Ursache dieses Absterbens helfen, die Geschichte der Entwicklung der Kiefernbestände zu verstehen.

Ergänzt wurden die pollenanalytischen Daten durch chemische Analysen der Torfproben. Die Parameter Trockengewicht, Asche und Titan liefern Information über den Mineralgehalt des Torfes. Dieser erhöht sich, wenn durch Erosion Bodenmaterial in ein Moor eingeschwemmt oder eingeweht wird. Vor allem Titan ist ein sicherer Indikator für solche Eintragungen, denn es ist in Pflanzen kaum vorhanden, kommt im mineralischen Boden aber in hoher Konzentration vor (HÖLZER & HÖLZER 1998).

Des weiteren wurde der rezente Pollenniederschlag im Lindauer Moos untersucht, der direkt mit der aktuellen Vegetation verglichen werden kann und somit der „Eichung“ der Methode dient. Damit ist es möglich, abzuschätzen, wie die Arten im Pollendiagramm repräsentiert sind. In Oberflächenproben erfasst man den Pollen, der in den letzten Jahren von der Vegetation abgegeben wurde und sich z.B. in Moospolstern angesammelt hat. Dieser „rezente Pollenniederschlag“ wurde von einer Reihe von Autoren untersucht, z.B. von RADKE (1973) und GROSSE-BRAUCKMANN (1978) im Schwarzwald und von JANSSEN (1981) in den Vogesen. Diese Arbeiten zeigen, dass auch die aktuell bestehenden Vegetationsverhältnisse im Pollenniederschlag nicht eindeutig wiedergegeben werden. Die großräumig dominierende Vegetation ist im Pollenniederschlag meist relativ gut zu erkennen, regio-

nal begrenzte und kleinflächig ausgebildete Strukturen zeichnen sich dagegen eher schwach ab. Der Pollenniederschlag ist von vielen Faktoren, vor allem aber vom Klima (Niederschlagsmenge und -häufigkeit, Windrichtung und -stärke usw.) des jeweiligen Untersuchungsgebietes und der umgebenden Vegetation abhängig. Wo eine Pollenanalyse an Torfprofilen durchgeführt wird, kann deshalb die Untersuchung von Oberflächenproben helfen, regionale Besonderheiten des Pollenniederschlags zu erkennen und in die Interpretation der Profile einfließen zu lassen.

5.2 Untersuchungsgebiet

5.2.1 Lage, Geologie und heutige Vegetation

Das Lindauer Moos liegt südlich von Lindau (Gemeinde Ibach, Landkreis Waldshut), im Tal des Schwarzenbächles im hinteren Hotzenwald, auf einer Höhe von etwa 930 m NN (Abb. 4). Dieses Gebiet war in den Eiszeiten von Ausläufern der Feldberggletscher bedeckt, die diese Landschaft überformten. Nach dem Abzug der letzten, wärmzeitlichen Gletscher bildeten sich in glazialen Senken Verlandungsmoore und damit diejenigen Sedimente, die heute pollenanalytisch ausgewertet werden können.

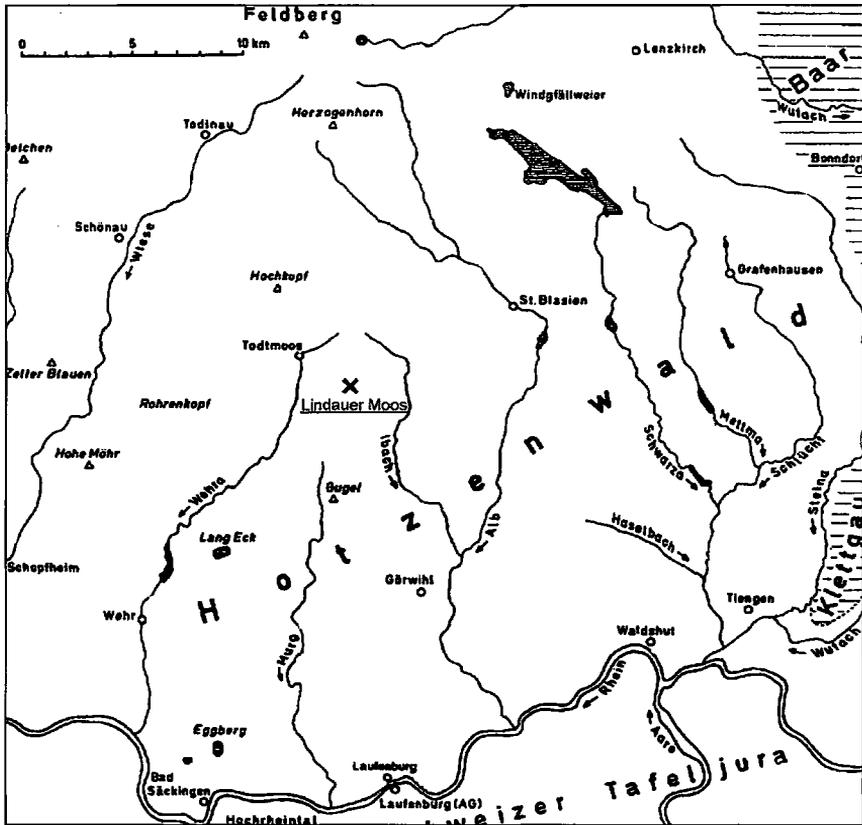


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes. Kartengrundlage nach METZ 1980.

Im Laufe der Zeit hat sich eine Torfdecke von etwa 5 m Mächtigkeit entwickelt, auf der heute ein Moor-Kiefernwald (*Pino mugo*-Sphagnetum *magellanicum*) mit einem dichten Unterwuchs von Zwergsträuchern, wie Rauschbeere und Heidelbeere (*Vaccinium uliginosum* und *V. myrtillus*) sowie Heidekraut (*Calluna vulgaris*), wächst. Außerhalb der Moorfläche schließt direkt an den Kiefernwald ein Peitschenmoos-Fichtenwald (*Bazzanio-Piceetum*) an. Die vorherrschenden Waldtypen in der Umgebung des Moores auf frischen Standorten sind Buchen- und Tannenwälder (*Luzulo-Fagetum* und *Luzulo-Abietetum*) und einzelne Fichtenbestände.

Nördlich des Moores liegt die nur aus wenigen Höfen bestehende Siedlung Lindau in einer ausgedehnten Waldlichtung mit Nass- und Fettwiesen und Flachmooren. Im Bereich des Schwarzenbächles, das westlich des Moores entlang fließt, wachsen Hochstaudenfluren.

5.2.2 Besiedlung des Lindauer Tals

Die Siedlungen im hinteren Hotzenwald, zu denen auch Lindau gehört, wurden erst in der letzten alemannischen Siedlungsphase (11. bis 13. Jahrhundert) durch die Herren von Bärenfels und Tiefenstein und durch das Kloster St. Blasien als Rodungssiedlungen angelegt. Das gerodete Holz hat man den Eisenwerken im Tal geliefert. Die Wälder wurden daneben auch lange Zeit für die Waldweide genutzt, bis 1833 die Badische Forstverordnung die Trennung von Wald und Weide festlegte. Diese Verordnung war notwendig geworden, da der enorme Druck auf den Wald, sowohl durch die Holznutzung als auch durch den Verbiss des Weideviehs, die wirtschaftliche Waldnutzung gefährdete.

5.3 Untersuchungsmethode

Ein Wardenaar-Bohrer (WARDENAAR 1987) diente im Lindauer Moos der Entnahme von Torfkernen von 1 m Länge und einer Seitenlänge von ca. 10 cm. Die Bohrkern wurden tiefgefroren und so in Scheiben von 1 cm Dicke aufgeschnitten. Nach Entnahme von jeweils etwa 2 g Torf für die Pollenanalyse erfolgte die Aufbereitung nach der in Kapitel 2.2 beschriebenen Methode. Unter dem Lichtmikroskop wurden die Präparate auf ca. 700 Baumpollen ausgezählt. Der vorliegende Bericht schildert die Ergebnisse der Auszählung eines Kernes (Lin1).

Für die Analyse der Oberflächenproben wurden Torfmoospolster gesammelt, ebenso wie die Torfproben aufbereitet und ausgezählt. Die Probenentnahme geschah sowohl im Moor in der Nähe der Bohrlöcher als auch in unbewaldeten Offenflächen in der nächsten Umgebung des Moores. Damit lassen sich Unterschiede zwischen dem aktuellen Pollenniederschlag in Offenland- und Waldgebieten feststellen.

Für die chemischen Analysen wurden die Torfproben bei 105 °C getrocknet und in einem Achatmörser zerkleinert. Das Erhitzen einer Teilprobe auf 550 °C in einem Muffelofen diente der Bestimmung des Aschegehaltes. Die Titanbestimmung erfolgte nach einer Schmelze mit Kalium-Disulfat im Quarztiegel photometrisch mit Tiron (Brenzkatechindisulfonsäure) mit Hilfe eines automatischen Photometriessystems (HÖLZER & HÖLZER 1998).

5.4 Ergebnisse und Diskussion

5.4.1 Oberflächenproben

Die Ergebnisse der Analysen der Oberflächenproben (Abb. 5) zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen den bewaldeten Moorflächen und den Offenlandflächen. Im Moor dominiert die Kiefer den Pollenniederschlag mit doppelt bis dreimal so hohen Werten wie in den Proben, die außerhalb des Moores gesammelt wurden und wo die Kiefernpollen Werte von etwa 20 % des gesamten Baumpollen- (BP-) Wertes erreichen. Aus anderen pollenanalytischen Untersuchungen weiß man, dass ein Kiefernpollengehalt von 20 % auch in Gegenden ohne Vorkommen der Kiefer auftreten kann (vgl. RADKE 1973, GROSSE-BRAUCKMANN 1978 und JANSSEN 1981). Das heißt, dass die Pollenkörner der Kiefer in relativ großer Menge in der Luft vorhanden sein, weit transportiert und weit entfernt von einem Kiefernwald abgelagert werden können. Für das Lindauer Moos bedeutet das, dass die in den Oberflächenproben abgelagerten Kiefernpollen nicht nur aus dem Moor-Kiefernwald stammen, sondern auch durch Fernflug in das Gebiet gelangten. Wie groß jeweils der Anteil von Fernflug oder lokalem Niederschlag ist, kann nicht bestimmt werden. Dazu müsste der Pollen der Moor-Kiefer von dem der Wald-Kiefer unterschieden werden können, was aber lichtmikroskopisch nicht möglich ist. Wahrscheinlich ist im Fernflug überwiegend der Pollen der häufigeren Wald-Kiefer vorhanden. Das Vorhandensein von Kiefernpollen in einer Probe weist also erst dann auf einen lokalen Kieferbestand hin, wenn der Pollenanteil deutlich mehr als 20 % des Gesamt-Baumpollens beträgt.

Die Proben aus den Kieferbeständen und solche aus Offenflächen unterscheiden sich aber nicht nur in der Höhe des Kiefernpollengehaltes. Auch der Anteil des Nichtbaumpollens (NBP) weist hier Unterschiede auf. Die NBP erreichen unter den Kiefern deutlich geringere Werte als im Offenland. Das liegt vor allem daran, dass der Unterwuchs der Kiefern von Beersträuchern (*Vaccinium*-Arten) dominiert wird, die vorwiegend von Insekten bestäubt werden und daher nur schwach im Pollenniederschlag vertreten sind. Im Wald ist außerdem der Polleneintrag von außen verringert, da einerseits geringere Luftbewegungen vorhanden sind und andererseits die Baumkronen den Niederschlag filtern.

Im Diagramm ist zu sehen, dass einige Pollentypen nur außerhalb des Moores auftreten. Dies sind Pollen von Arten, die von Insekten bestäubt werden, wie die Rosengewächse (Rosaceae), zu denen auch das Mädesüß (*Filipendula*) und die Fingerkräuter (*Potentilla*) gehören, sowie die Hahnenfußgewächse (Ranunculaceae). Die Sauergräser (Cyperaceae), die ebenfalls in diese Gruppe einzuordnen sind, stellen eine Ausnahme dar, da sie durch den Wind bestäubt werden, ihre Pollen aber nicht weit transportiert zu werden scheinen. Die Höhe des Pollenniederschlags dieser Arten ist vom Vorkommen der Pflanzen an der Probestelle abhängig und zeigt daher deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Proben. Am deutlichsten ist das an der Verteilung des Pollens der Korbblütler zu sehen. Die Proben 1 bis 3 wurden in geringer Entfernung von einer Fettwiese entnommen und enthalten außergewöhnlich hohe Anteile an Korbblütlerpollen. Vermutlich stammen diese vom Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), der in den Fettwiesen in großer Zahl wächst. Schon in wenigen Metern Entfernung von diesen Probestellen ist dieser Pollentyp nicht mehr oder nur in wenigen Einzelkörnern vorhanden.

Andere Pollentypen treten verstärkt in der Offenfläche auf, sind aber in geringerer Menge auch in den Proben aus dem Moorzentrum zu finden. Dazu gehören vor-

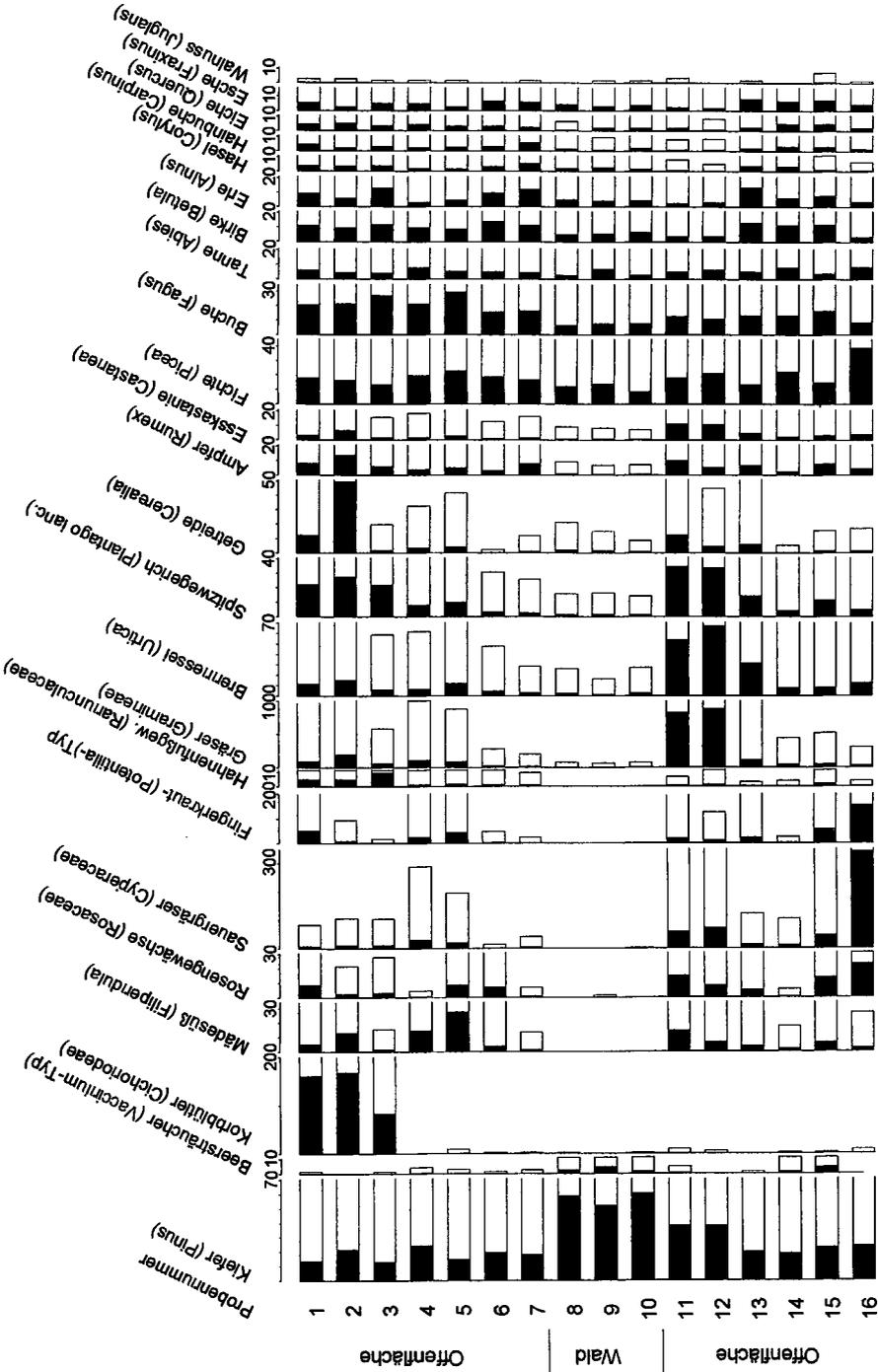


Abb. 5: Ergebnisse der Analyse von Oberflächenproben aus dem Lindauer Moos und seiner Umgebung. – Schwarz: Anteil des jeweiligen Pollentyps in Prozent aller Baumpollen (Summe aller Baumpollen = 100 %). Linie: 10-fache Überhöhung der Prozentwerte.

wiegend windblütige Arten wie Brennnessel (*Urtica*), Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), Ampfer (*Rumex*) oder Gräser (Gramineae), die große Mengen an Pollen produzieren. Dieser Pollen kann über große Entfernungen transportiert werden, daher kann nicht sicher auf seine Herkunft geschlossen werden. Sicherlich stammt ein Großteil aus den Wiesen in der Umgebung des Moores. Da diese Arten aber überall mehr oder weniger häufig sind, muss auch mit einem gewissen Anteil an regionalem Niederschlag und Fernflug gerechnet werden.

Bei den meisten Pollentypen kann der Anteil am Fernflug nicht bestimmt werden, da die Arten auch im Untersuchungsgebiet oder der Umgebung vorkommen. Es gibt aber auch Pollentypen, die nur durch Fernflug in das Untersuchungsgebiet gelangt sein können, wie die Pollen von Esskastanie (*Castanea*), Walnuss (*Juglans*), Hainbuche (*Carpinus*) und Eiche (*Quercus*). Diese Arten kommen in den Hochlagen des Schwarzwalds nicht vor, trotzdem waren Pollen beider Typen in den Proben nachzuweisen. Vor allem der Kastanienpollen ist im Pollenniederschlag gut vertreten, was nicht verwundert, da er besonders klein und leicht ist und für die Windbestäubung in großer Zahl produziert wird. Aber auch der deutlich große Walnusspollen taucht immer wieder in den Proben auf. Das zeigt, dass auch schwere, in der Regel weniger weit vom Wind verwehte Einzelpollen, ebenfalls im Fernflug enthalten sein können.

Die letzte im Diagramm zusammengestellte Gruppe von Pollentypen zeigt eine relativ gleichmäßige Verteilung über alle Proben. Dazu zählen die Pollen der Baumarten der regionalen Wälder. Der Unterschied zwischen den Proben aus den Offenflächen und den Proben, die unter Kiefern gesammelt wurden, ist hier nicht signifikant. Interessant ist das Verhältnis der Hauptbaumarten Buche (*Fagus*), Tanne (*Abies*) und Fichte (*Picea*). Im regionalen Wald erreicht die Fichte den höchsten Anteil des Baumbestandes (40 %), während Tanne und Buche jeweils mit 30 % am Bestand beteiligt sind (BEISEL, Forstamt Todtmoos, mündl.). Dieses Verhältnis spiegelt sich im rezenten Pollenniederschlag nicht wider (Abb. 6). Die Tanne ist hier

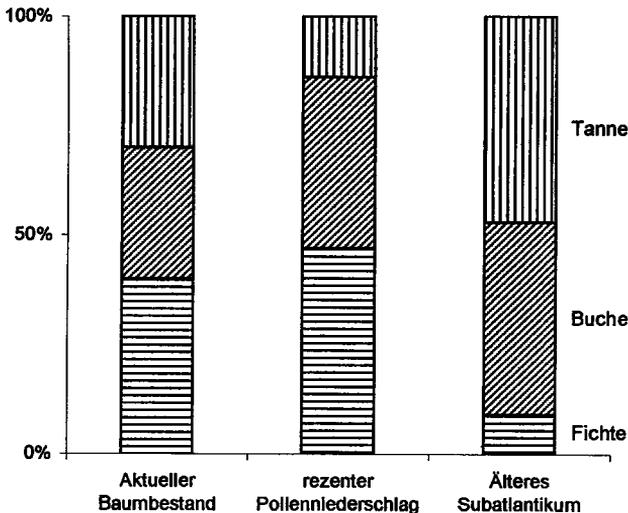


Abb. 6:
Anteile von Tanne, Buche und Fichte im aktuellen Baumbestand im Gebiet um das Lindauer Moos und das Verhältnis ihres Pollenniederschlags in den Oberflächenproben und den Torfproben aus dem Älteren Subatlantikum.

deutlich unterrepräsentiert und erreicht durchschnittlich 14 % des Anteils der drei Baumarten. Buche und Fichte sind dagegen leicht überrepräsentiert. Auf diese Unterschiede muss bei der Deutung von Pollenprofilen für die Rekonstruktion früherer Vegetationsverhältnisse geachtet werden.

Die Analyse der Oberflächenproben lassen also folgende Aussagen zu:

- Bewaldete Standorte unterscheiden sich von unbewaldeten durch eine geringere Anzahl von Nichtbaumpollen.
- Der Kiefernpollenanteil ist im spirkenbewachsenen Moorzentrum deutlich höher als in den umgebenden baumfreien Flächen. Proben von Kiefernwaldstandorten sind deutlich an einem Kiefernpollenanteil von über 20 % des Baumpollengehaltes zu erkennen.
- Der Anteil an eindeutig als Fernflug nachweisbarem Pollenniederschlag ist hoch (*Castanea*, *Carpinus*, *Quercus* u. a.).
- Die Tanne ist im Pollenniederschlag unterrepräsentiert.
- Regionaler Pollenniederschlag ist in allen Proben mehr oder weniger gleichmäßig verteilt.

5.4.2 Datierung des Pollenprofils „Lin1“

Für das Pollenprofil Lin1 liegen zwei Radiokarbondatierungen vor, die am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg angefertigt wurden (s. Abb. 7). Das Alter der unteren datierten Proben wird mit 2392 ± 35 Jahren angegeben. Das Profil gibt also die Vegetationsentwicklung in der Umgebung des Lindauer Moores seit etwa 2500 Jahren wieder. Auch der deutliche Anstieg der Fichtenpollenkurve in Zone 2b kann zur Datierung herangezogen werden. Er ist auf die Förderung der Fichte durch die neuzeitliche Forstwirtschaft im 19. Jahrhundert zurückzuführen.

Die Datierungen zeigen, dass der Torf nicht gleichmäßig gewachsen ist. Die ältesten Schichten zwischen den beiden datierten Proben in 38 cm und in 102 cm Tiefe überstreichen einen Zeitraum von ungefähr 1000 Jahren, was einem Torfwachstum von ca. 6 cm in 100 Jahren entspricht. Die jüngsten Torfschichten von 22 cm Mächtigkeit, in denen die moderne Forstwirtschaft am hohen Fichtenpollengehalt nachweisbar ist (Pollenzone 2b und 2c), wurden in nur etwa 100 bis 150 Jahren gebildet. Die dazwischenliegenden, etwa 16 cm mächtigen Schichten repräsentieren dagegen einen Zeitraum von rund 1240 Jahren, sind also mit nur ca. 1,3 cm in 100 Jahren besonders langsam gewachsen. Die Torfschichten scheinen also in der Tiefe zwischen 30 und 40 cm gestaucht zu sein, wahrscheinlich fehlt ein Teil des Torfes. Der Bruch in den Pollenkurven und Brandspuren im Torfbohrkern in diesem Bereich weisen auf einen Brand hin, durch den der Torf zerstört wurde.

5.4.3 Verlauf der jüngsten Waldgeschichte

Im Pollendiagramm aus dem Lindauer Moos (Abb. 7) spiegelt sich die Vegetationsentwicklung der letzten 2500 Jahren wider. So ist es möglich, die Vegetation des Untersuchungsgebietes vor dem Eingriff des Menschen mit der anthropogen veränderten Vegetation zu vergleichen. Dabei interessiert vor allem die ursprüngliche natürliche Zusammensetzung des Waldes.

Der erste Abschnitt des Diagramms (Pollenzone 1) entspricht dem älteren Subatlantikum bzw. der Nachwärmezeit (s. Abb. 3) und wird von Tanne und Buche beherrscht, wobei meist die Tannepollen, wenn auch nur schwach, dominieren. Beachtet man, dass die Tanne im rezenten Pollenniederschlag unterrepräsentiert ist

POLLENANALYSE UND VEGETATIONSGESCHICHTE

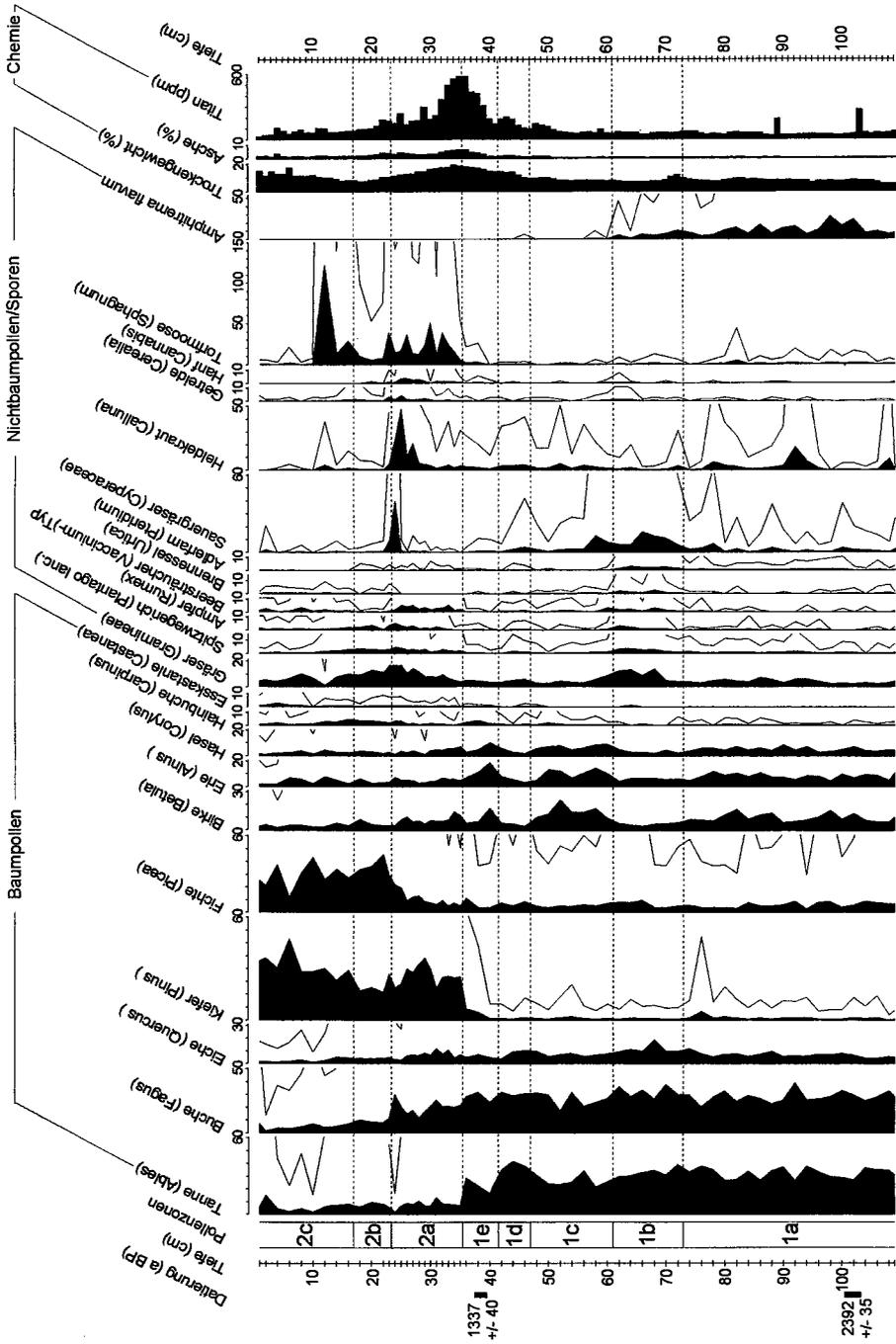


Abb. 7: Pollendiagramm „Lin1“ aus dem Lindauer Moos. Auswahl der wichtigsten Baumpollen und Nichtbaumpollen sowie Ergebnisse der chemischen Untersuchungen. – Schwarz: Anteil des jeweiligen Pollentyps in Prozent aller Baumpollen (Summe aller Baumpollen = 100 %). Linie: 10-fache Überhöhung der Prozentwerte.

(s. Kap. 5.4.1), muss die Tanne zu dieser Zeit im umgebenden Wald die vorherrschende Baumart gewesen sein. Fichtenpollen treten in diesem Zeitraum mit relativ geringen Werten von 5 bis 10 % auf und stammen wahrscheinlich zum Großteil aus den Fichtenbeständen der Moorränder, wo die Fichte vor ihrer Förderung durch die moderne Forstwirtschaft ihr natürliches Vorkommen hatte.

In den Pollenzonen 1a bis 1e erreichen auch die Eichen-, Birken-, Erlen- und Haselkurven ihre höchsten Werte. Die Birke wird in Pollenzone 1c sogar dominante Baumart. Für die Birken- und Erlenpollen ist anzunehmen, dass ein Großteil von Bäumen stammt, die im Lindauer Tal entlang des Baches und auf den Niedermoorflächen wuchsen. Hasel- und Eichenpollen sind wahrscheinlich durch Fernflug aus tieferen Lagen des Schwarzwalds, wo diese Baumarten durch Niederwaldwirtschaft gefördert wurden, in das Moor gelangt.

In einer Tiefe von 36 cm ändert sich das Bild des Pollenprofils schlagartig: Die dominanten Gehölze Tanne und Buche werden von der Kiefer abgelöst, ab Pollenzone 2b nehmen auch die Fichtenwerte deutlich zu. Dieser Bruch markiert die mittelalterliche Besiedlung der Hochlagen des Hotzenwalds. Die Rodung des Waldes spiegelt sich im Rückgang der Tannen- und Buchenpollen wider.

5.4.4 Entwicklung des Spirkenfilzes im Lindauer Moos

Im Pollenprofil treten Kiefernpollen erst ab einer Tiefe von 36 cm in einer nennenswerten Menge auf. Darunter liegen ihre Werte nur bei etwa 1 % des Baumpollen-Gehaltes. Der Anstieg des Kiefernpollens markiert zusammen mit dem Rückgang von Tanne und Buche den Übergang zwischen den Pollenzonen 1 und 2. Wie in Kap. 5.4.2 erwähnt, hat in diesem Bereich ein Brandereignis im Moor die Torfschichten zerstört, wodurch die abrupten Kurvenänderungen im Pollenprofil zustande kommen. Auf einen Brand weisen auch die Ergebnisse der chemischen Analysen hin. Alle drei gemessenen Parameter, Trockengewicht, Asche und Titan, weisen parallel zu diesem Bruch im Pollendiagramm ihre absoluten Kurvenmaxima auf. Das ist damit zu erklären, dass durch den Brand das organische Material des Torfes zerstört und dadurch der mineralische Anteil relativ angereichert wurde.

Auffällig ist auch, dass zusammen mit dem Kiefernpollen auch die Menge an Torfmoossporen sprunghaft ansteigt. Die Sporen der Torfmoose wurden nicht nach Arten unterschieden. Da die verschiedenen Torfmoosarten unterschiedliche ökologische Ansprüche stellen, ist darum nicht festzustellen, wie sich die ökologischen Verhältnisse an der Mooroberfläche verändert haben. Die plötzliche Sporenbildung der Torfmoose ist aber sicherlich eine Reaktion auf Veränderungen etwa des Wasserhaushaltes. Vermutlich ist der Moorwasserspiegel gesunken, wahrscheinlich durch Eingriffe des Menschen, durch Torfstich oder indirekt durch die Anlage der Kluse für die Flößerei und von Entwässerungsgräben. Auch der Kurvenverlauf von *Amphitrema flavum* ist ein Hinweis auf das Absinken des Wasserstandes. *Amphitrema flavum* ist eine Schalenamöbe, die nach VAN GEEL (1978) im Torf als Indikator für Feuchtigkeit zu werten ist.

Beim Übergang von Pollenzone 2a zu 2b sinken die Pollenwerte der Kiefer wieder deutlich von etwa 40 auf 20 % ab. Wie schon bei der Untersuchung des rezenten Pollenniederschlags wäre es auch hier von Nutzen, wenn die Pollen von Wald- und Moor-Kiefer unterschieden und so der Anteil an Fernflug im Pollenniederschlag bestimmt werden könnte. Beachtet man die Ergebnisse aus den Oberflächenproben, ist der Kiefernpollenanteil von 20 % nicht ausreichend, um einen lokales Kiefernorkommen nachzuweisen.

Auf einen Rückgang des Kiefernbestandes in Pollenzone 2b deutet hin, dass in diesem Bereich der höchste Gehalt an Nichtbaumpollen erreicht wird, der vor allem durch das starke Auftreten von Sauergras- und Heidekraut-Pollen zustande kommt. Diese Arten können durch einen Rückgang der Bewaldung im Vorkommen und der Blüte gefördert worden sein. In den untersuchten Oberflächenproben treten hohe Pollengehalte von Sauergräsern nur sehr lokal und nur in unbewaldeten Flächen auf. Hohe Heidekraut-Werte werden im rezenten Pollenniederschlag nicht nachgewiesen, sind aber nach Untersuchungen anderer Autoren (JANSSEN 1981, JOCHIMSEN 1986) ebenfalls auf lokale Vorkommen der Art zurückzuführen, weniger auf einen Eintrag von außen.

In parallel untersuchten Pollenprofilen aus dem Lindauer Moos sind sowohl die Höchstwerte von Heidekraut und Sauergräsern als auch die Schwankungen im Kurvenverlauf der Kiefer nicht immer zu erkennen (DIETZ 2001). Die Kurvenverläufe geben daher vielleicht nur lokale Auffichtungen der Spirkenwälder wieder und können nicht auf die Verhältnisse im gesamten Moor schließen lassen.

Anhand der Pollenprofile kann die Frage der Herkunft der Moor-Kiefer nicht beantwortet werden. Vor dem Anstieg ihrer Kurve erreicht die Kiefer Werte von etwa 1% des Baumpollengehaltes, was ein Vorkommen der Kiefer in dieser Zeit auf dem Moor ausschließt, wenn man davon ausgeht, dass die Kiefer nicht über Jahrhunderte im vegetativen Zustand im Moor überdauern konnte. Dies könnte nur durch Großrestfunde nachgewiesen werden (vgl. EDELMANN 1985).

Die vorliegenden pollenanalytischen Untersuchungen zeigen, dass die Entstehung des Spirkenfilzes im Lindauer Moos mit der mittelalterlichen Besiedlung des Lindauer Tals zusammenfällt. Die Kurvenverläufe verschiedener Pollen- und Sporentypen sowie chemischer Parameter weisen darauf hin, dass sich damals die ökologischen Verhältnisse im Moor wahrscheinlich durch Wasserstandssenkung als Folge menschlicher Eingriffe verändert haben.

Die hier beschriebene Entstehung des Spirkenfilzes im Lindauer Moos hat sich wahrscheinlich auch in den übrigen Mooren des Schwarzwalds so abgespielt. Auch RÖSCH (2000) führt die Bildung des Kiefernwaldes im Steerenmoos auf Entwässerung und Brand zurück. In einem Torfprofil aus dem Steerenmoos sind wie im Lindauer Moos vor dem Anstieg der Kiefernpollenkurve ein Stillstand des Torfwachstums und deutliche Brandspuren zu verzeichnen.

Aussagen zum aktuellen Absterben der Spirke im Lindauer Moos sind anhand des Pollenprofils nicht möglich. In den Profilen sind in den oberen Horizonten keine Hinweise auf eine Änderung der ökologischen Verhältnisse im Moor zu erkennen, durch die das Absterben hätte verursacht werden können.

5.4.5 Nachweis von Landnutzung in der Umgebung des Lindauer Moooses

Die Landnutzung durch den Menschen spiegelt sich in Pollendiagrammen im Vorkommen sogenannter „Siedlungszeiger“ wider. Siedlungszeiger sind Pollentypen von Pflanzen, die bevorzugt auf anthropogen beeinflussten Standorten wachsen und bei starker menschlicher Siedlungstätigkeit häufiger vorkommen. Feldwirtschaft kann zum Teil direkt durch Pollenfunde von Nutzpflanzen, wie z.B. Getreide, nachgewiesen werden. Die meisten Siedlungszeiger sind aber Arten, die auf Rodungs-, Grünland- oder Ruderalflächen spontan auftreten. Dies sind vor allem Gräser und Kräuter wie Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) und Ampferarten (*Rumex* spp.), die in großer Menge Pollen produzieren, die weit ausgebreitet werden können.

Im vorliegenden Pollenprofil aus dem Lindauer Moos (Abb. 7) sind drei Phasen mit erhöhtem Anteil an Siedlungszeigern zu erkennen. Am stärksten ist die oberste Siedlungsphase ausgeprägt, die in der Pollenzone 2a beginnt, ihr Maximum am Übergang von 2a zu 2b erreicht und in 2c schwächer wird. Sie beginnt mit dem Anstieg der Kiefernkurve und gibt die mittelalterliche Besiedlung des Untersuchungsgebietes wieder. Diese Siedlungsphase ist auch durch historische Dokumente belegt. Anhand von Aufzeichnungen über Zehntabgaben ist bekannt, dass in Lindau spätestens ab dem 17. Jahrhundert Getreide angebaut und Viehhaltung betrieben wurde (MORATH 1969). Ackerbau wird im Pollendiagramm durch das Auftreten der Getreidepollen wiedergegeben, aber auch durch den erhöhten Pollenanteil von Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) und Ampfer (*Rumex* sp.). Es ist auch bekannt, dass im Hotzenwald Hanf, vor allem zur Herstellung von Seilen, angebaut wurde (EISENBEIS mündl.). Die hohen Hanfwerte im Pollendiagramm geben dies wieder. Am stärksten ist in dieser Phase aber der Gräserpollen (Gramineae) vertreten, der aus Wiesen und Weiden stammt, wahrscheinlich auch aus den durch Waldweide aufgelichteten Wäldern. Heidelbeere, Preiselbeere, Rauschbeere (*Vaccinium*-Arten) und Heidekraut (*Calluna* sp.) können im Pollendiagramm ebenfalls Indikatoren für Waldweide darstellen und treten auch in Pollenzone 2a häufig auf. Da diese Arten aber auch im Moor wachsen, die Pollen auch lokale Herkunft haben können, sind nach ihren Kurvenverläufen nur bedingt Aussagen bezüglich der Landnutzung möglich. Wie durch die Untersuchungen der Oberflächenproben zu erkennen ist, werden die Pollen dieser Arten nicht weit ausgebreitet und geben zusammen mit dem Scheitelwert der Pollenkurve der Sauergräser vor allem die lokalen Vegetationsverhältnisse wieder (s. Kap. 5.4.1).

Weitere Abschnitte mit hohen Siedlungszeigerwerten sind die Pollenzone 1d und 1b. Vor allem die Pollenzone 1b zeigt viele Gemeinsamkeiten mit der obersten Siedlungsphase, wie z.B. die hohen Werte der Gräser, von Spitzwegerich, Ampfer u.a.. Die Siedlungsphase in Pollenzone 1d ist dagegen weniger deutlich ausgeprägt. Die Pollenzone 1d datiert etwa in das 6. Jahrhundert n.Chr., Pollenzone 1b fällt in die Römische Kaiserzeit. Für beide Zeitabschnitte sind im Oberen Hotzenwald keine Siedlungstätigkeiten bekannt. Dagegen waren weite Gebiete an Hochrhein und Oberrhein zur Römerzeit besiedelt und manche Siedlungen (*villae rusticae*) wurden auch noch in den Flusstälern des Schwarzwalds angelegt (BENDER 1997). Es scheint darum durchaus möglich, dass hier die Siedlungen der Tieflagen im Pollennieder-schlag reflektiert werden.

Dieser Annahme steht die Aussage von RÖSCH (2000) entgegen, der in einem Pollendiagramm aus dem 20 km nordwestlich des Lindauer Moooses gelegenen Steerenmoos auch schon für vormittelalterliche Zeit Nachweise für Siedlungen in der Umgebung des Moores erkennt. Dabei unterscheidet er zwei vormittelalterliche Siedlungsphasen, die er in die La-Tène- und in die Merowinger-Zeit datiert. Nach RÖSCH spiegeln sich die zahlreichen römischen Siedlungen der Tieflagen nicht im Pollendiagramm wieder. Da die Datierungen der Siedlungsphasen – sowohl für das Profil aus dem Steerenmoos als auch für das Profil aus dem Lindauer Moos – durch Unregelmäßigkeiten im Torfwachstum erschwert werden, sind verschiedene zeitliche Einordnungen möglich; die ¹⁴C-Daten können dabei nur als Richtwerte angesehen werden. Da das Lindauer Moos sich bereits in der Randlage des Hochschwarzwalds, in etwa 17 km Entfernung zum Hochrhein befindet, ist es unwahrscheinlich, dass die rege römische Siedlungstätigkeit in den Tallagen nicht im Pollendiagramm zu erkennen ist; dafür sprechen auch Funde von Pollen, die durch

Fernflug in das Lindauer Moos gelangten. Hier sind vor allem die Sporenfunde des Adlerfarns (*Pteridium aquilinum*) zu erwähnen. Der Adlerfarn kommt zwar auch in den Hochlagen des Schwarzwalds vor, wo er als Weideunkraut stark bekämpft wurde (REIF & KATZENMAIER 1999), erreicht hier aber aus klimatischen Gründen kaum die Sporenreife (PHILIPPI 1993, JANSSEN 1981). Die im Pollendiagramm auftretenden Adlerfarn-Sporen stammen daher wahrscheinlich aus den Tieflagen und gelangten über Fernflug in das Moor. Auch die Eichenpollen, die nur durch Fernflug in das Lindauer Moos gelangen konnten, sind in dieser Pollenzone mit relativ hohen Werten vorhanden.

Auch der Vergleich mit parallel untersuchten Bohrkernen (DIETZ 2001) ergibt keine Hinweise auf Siedlungen in der Umgebung des Moores in den unteren Phasen. Die zum Vergleich dienenden Bohrkern wurden in nur wenigen Metern Entfernung vom Moor entnommen; ihre Pollenprofile weisen aber gerade bezüglich der Siedlungszeiger deutliche Unterschiede auf. Die Siedlungsphase ab der Pollenzone 2a ist in allen drei Pollendiagrammen deutlich zu erkennen. Die älteren Siedlungsphasen heben sich dagegen nur im hier vorgestellten Profil Lin1 gut ab, sind daher eher ein Hinweis auf lokale Ereignisse.

Auch die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen zeigen, dass es sich bei den älteren Siedlungsphasen wahrscheinlich nicht um Ereignisse in der Nähe des untersuchten Moores handelt, da hier keine Erhöhungen des Titangehaltes im Torf auftreten, die auf Bodenerosion aufgrund von Landnutzung hinweisen würden.

6 Schlussbemerkung

Dank der Pollenanalyse hat man heute eine gute Vorstellung von der nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte und Waldentwicklung. Untersuchungen aus unterschiedlichen Gebieten zeigen große Übereinstimmungen, die aber zugleich regionalspezifische Unterschiede aufweisen. Während die Pollenanalyse also eine gute Rekonstruktion der großräumigen Vegetationsverhältnisse erlaubt, können kleinräumige Veränderungen nur mit Vorbehalt rekonstruiert werden. Dies zeigt sich z.B. bei der Interpretation der „Siedlungsphasen“ im Pollendiagramm aus dem Lindauer Moos, aber auch bei der Analyse des rezenten Pollenniederschlags. Der Pollenniederschlag hängt von vielen Faktoren ab, wie von groß- und kleinräumigen Klimaverhältnissen oder der lokalen Vegetation, die jeweils einen Einfluss auf die Ablagerung der Pollen haben. Diese und weitere Faktoren sind schon für den rezenten Niederschlag kaum ausreichend zu bestimmen. Die obigen Ausführungen zeigen, dass für die Interpretation von Pollendiagrammen daher zusätzliche Untersuchungsmethoden hilfreich sind, wie die Analyse chemischer Bestandteile des Sedimentes oder von Großresten. Die Bearbeitung der Profile aus dem Lindauer Moos haben Fragen aufgeworfen, wie die nach der Herkunft der Siedlungszeiger in den vormittelalterlichen Diagrammabschnitten und nach dem Anteil an Fernflug im Pollenniederschlag. Die Bearbeitung weiterer Profile aus Mooren in der Umgebung des Lindauer Moores sollen helfen, darauf eine Antwort zu finden. Auch weitere Untersuchungen des rezenten Pollenniederschlags, besonders auch solche aus verschiedenen Höhenstufen bis hinunter ins Rheintal, können Hinweise auf die Herkunft bestimmter Pollentypen liefern.

Literatur

- BENDER, H. (1997): Agrargeschichte Deutschlands in der römischen Kaiserzeit innerhalb der Grenzen des Imperium Romanum. – In: HENNING, F.-W. (Hrsg.): Deutsche Agrargeschichte. Vor- und Frühgeschichte, 479 S., Stuttgart.
- BROCHE, W. (1929): Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des südlichen Schwarzwalds und der Baar. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 29, 1–243.
- DIETZ, U. (2001): Zur jüngeren Vegetationsgeschichte im Hotzenwald (Südschwarzwald): Drei Pollenprofile aus dem Lindauer Moos bei Ibach und Untersuchungen zum rezenten Pollenniederschlag. – Mitt. Verein forstl. Standortskunde Forstpflanzenzüchtung 41, 29–43, Freiburg i. Br.
- FÆGRI, K. & IVERSEN, J. (1989): Textbook of Pollen Analysis. – 4. Aufl., 328 S., Chichester.
- EDELMANN, H.J. (1985): Late Glacial and holocene vegetation development of la Goutte Loiselot (Vosges, France). – 197 S., Utrecht.
- FRIEDMANN, A. & KÜSTER, H. (1998): Verzeichnis pollenanalytisch untersuchter Moore und Seen im südlichen Oberrheintiefland, im Schwarzwald und in den Vogesen. – In: MÄCKEL, R. & FRIEDMANN, A. (Hrsg.): Wandel der Geo-Biosphäre in den letzten 15 000 Jahren im südlichen Oberrheintiefland und Schwarzwald. – Freib. Geogr. Hefte 54, 175–189.
- GEEL, B. VAN (1978): A palaeological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based in the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. – Rev. Palaeobot. Palynol. 25, 1–120.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1978): Absolute jährliche Pollenniederschlagsmengen an verschiedenen Beobachtungsorten in der Bundesrepublik Deutschland. – Flora 167, 209–247.
- HÖLZER, A. & HÖLZER, A. (1998): Silicon and titanium in peat profiles as indicators of human impact. – The Holocene 8/6, 685–696.
- JANSSEN, C.R. (1972): Local and regional pollen deposition. – In: BIRKS, H.J.B. & WEST, R.G. (eds.): Quaternary plant ecology, 326 S., Oxford.
- JANSSEN, C.R. (1979): Pollen-Assoziation als Ausdruck der Vegetation. – In: WILMANN, O. & TÜXEN, R. (Hrsg.): Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften. – Ber. intern. Symposium IV, Rinteln 1978, 253–261, Vaduz.
- JANSSEN, C.R. (1981): Contemporary pollen assemblages from the Vosges (France). – Rev. Palaeobot. Palynol. 33, 183–313.
- JOCHIMSEN, M. (1986): Zum Problem des Pollenflugs in den Hochalpen. – Diss. Bot. 90, 249 S.
- LANG, G. (1954): Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. I. Der Hotzenwald im Südschwarzwald. – Beitr. naturkundl. Forschung SW-Dtl. 13, 3–42, Karlsruhe.
- LANG, G. (1955): Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. II. Das absolute Alter der Tannenzeit im Südschwarzwald. – Beitr. naturkundl. Forschung SW-Dtl. 14, 20–34, Karlsruhe.
- METZ, R. (1980): Geologische Landeskunde des Hotzenwalds. – 1116 S., Lahr.
- MORATH, M. (1969): Ibach bei St. Blasien. – 335 S., Vertrieb: Bürgermeisteramt Ibach, Konstanz.
- OBERDORFER, E. (1931): Die postglaziale Klima- und Vegetationsgeschichte des Schluchsees (Schwarzwald). – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 31, 1–85.
- PHILIPPI, G. (1993): Dennstaedtiaceae – Adlerfarngewächse. – In: SEBALD, O. ET AL. (Hrsg.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 1, 112–114, Stuttgart.
- RADKE, G.J. (1973): Landschaftsgeschichte und -ökologie des Nordschwarzwaldes. – Hohenheimer Arbeiten, Schriftenreihe Univ. Hohenheim 68, 121 S., Stuttgart.
- REIF, A. & KATZENMAIER, R. (1999): Zur Landnutzungsgeschichte der Allmendweiden von Ibach und Wittenschwand, S.-Schwarzwald. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 86/87, 55–98.
- RÖSCH, M. (2000): Longe-term human impact as registered in an upland pollen profile from the southern Black Forest, south-western Germany. – Veget. Hist. Archaeobot. 9, 205–218.
- SENGBUSCH, P. VON & BOGENRIEDER, A. (2001): Rückgang der Moor-Kiefer im südlichen Schwarzwald. Ökologische Untersuchungen an *Pinus rotundata* Link. – Natur und Landschaft 33/8, 249–254.
- STARK, P. (1924): Pollenanalytische Untersuchungen an zwei Schwarzwaldhochmooren. – Ztschr. F. Bot. 16, 593–618.
- WARDENAAR, E.C.P. (1987): A new hand tool for cutting peat profiles. – Can. Journal of Botany 65, 1772–1773, Ottawa.

Anschrift der Verfasserin: Dipl.-Biol. U. DIETZ, St.-Leonhard-Weg 18, D-78465 Konstanz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [NF_18_1](#)

Autor(en)/Author(s): Dietz Uta

Artikel/Article: [Pollenanalytische Untersuchungen im Hotzenwald - ältere und neue Erkenntnisse zur Vegetationsgeschichte 75-94](#)