

Vegetations- und sedimentationsgeschichtliche Untersuchungen am Grand Étang bei Gérardmer (Vogesen)

Von D. TEUNISSEN und J. M. C. P. SCHOONEN, Nijmegen (Niederlande)

Mit 3 Abbildungen und 1 Tafel

Zusammenfassung. Unweit von Gérardmer, in den südlichen Zentral-Vogesen, liegt im Gebirge ein Kar-artiges Becken, der Grand Étang. Die etwa 15 m mächtige Auffüllung dieses Beckens wurde pollenanalytisch untersucht. Daraus ergab sich ein Bild der Sedimentations- und Vegetationsgeschichte in und am Grand Étang, und zwar vom frühen Spätglazial bis in die Gegenwart.

Die gefundenen Entwicklungslinien stimmen im allgemeinen mit denen anderer Mooregebiete der Vogesen überein. Aus den gesamten Daten ergibt sich, daß die Bewegungen der verschiedenen Vegetationsgürtel an den Hängen der Vogesen sowie die Zusammensetzung dieser Gürtel nicht nur von dem Temperaturverlauf während des Spätglazials und des Holozäns beeinflusst wurden, sondern auch von den Änderungen der Feuchtigkeit und der Entwicklung der Böden.

Summary. The Grand Étang is a cirque-like basin in the southern part of the Central Vosges not far from the town of Gérardmer. The basin contains a 15 m thick filling of Late-Glacial and Holocene sediments (varved clays, and peat). These sediments have been investigated palynologically. An insight was obtained in the history of the vegetation and the sedimentation in and around the Grand Étang during the last 14.000 years.

The lines of development, which could be recognized, agree with that found in other peat regions in the Vosges. The joint data show, that the movements of the diverse vegetation-belts on the slopes of the Vosges, as well as the composition of these belts, were influenced not only by the course of temperature during the Late Glacial and the Holocene, but also by the changes in humidity and by the development of the soils.

1. Einleitung

Etwa 2 km südlich von Gérardmer befindet sich im Gebirge eine beckenförmige Vertiefung, die über eine Schwelle in das nahegelegene Bouchot-Tal einmündet. Dieses Becken, Grand Étang genannt, liegt am Westabhang der Vogesen und hat eine Seehöhe von ca. 800 m (Abb. 1).

Die Morphologie des Grand Étang weist darauf hin, daß die heutigen Formen durch die Erosionswirkungen eines Kargletschers verursacht wurden, wobei auch über einen Diffluenz-Paß Gletschereis in das Becken eingeströmt sein muß (SALOMÉ 1968). Das Becken ist in der Mitte 10 m tiefer als am schwellenförmigen Ausgang.

Nachdem sich der Gletscher aus dem Becken zurückgezogen hatte, fand eine kräftige Auffüllung statt, zunächst mit mineralischen, später mit organischen Sedimenten. Im Zentrum hat die Auffüllung des Beckens infolge des *Sphagnum*-Wachstums eine Höhe von ca. 5 m über dem Spiegel des ursprünglichen Sees erreicht; die gesamte Auffüllungshöhe beträgt somit gut 15 m.

2. Fragestellung der Untersuchung

An einem in der Mitte des Beckens entnommenen Bohrprofil wurde eine stratigraphische und palynologische Untersuchung ausgeführt mit dem Ziel, nähere Einsicht in die Sedimentationsgeschichte und die Vegetationsentwicklung in und um den Grand Étang zu erhalten. Gleichzeitig hofften wir, die Ergebnisse mit den bereits bekannten Daten anderer Vogesen-Moore in Zusammenhang bringen zu können. Dadurch sollte ein klareres Bild von dem Sedimentationsprozeß und den Vegetationsänderungen im südlichen Teil der Vogesen erhalten werden.

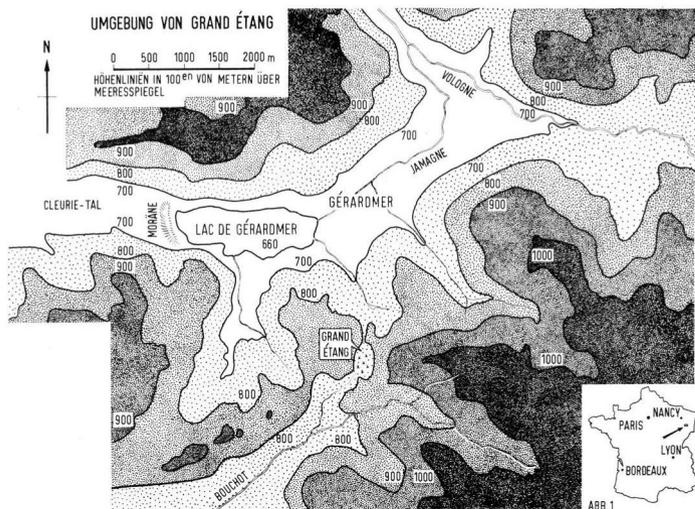


Abb. 1. Die Lage vom Grand Étang.

3. Untersuchungsmethoden

Dem Profil wurde mit einem Gutschenbohrer und einer Dachnowsky-Sonde eine Probenserie entnommen. Bei der ersten Bohrung mißlang die Probenentnahme in den Profil-Abschnitten 0—450 und 940—990 cm wegen der Weichheit des Torfes. Nachträglich wurden jedoch die noch fehlenden Profilteile in unmittelbarer Nähe des ersten Bohrpunktes gewonnen (siehe Unterbrechungen im Diagramm, Taf. 1).

Im Laboratorium wurden die gesammelten Proben für die pollenanalytische Untersuchung in 10% KOH gekocht, abgesiebt und zentrifugiert. In den lehmigen Proben wurden sodann die Mineralbestandteile durch zweimalige Bromoform-Behandlung entfernt. Der mineralische Rückstand wurde außerdem noch mit HF behandelt, um noch möglicherweise zurückgebliebene Sporomorphen zu erfassen. Schließlich wurden alle Proben auf dem Wasserbad mit Natriumperborat behandelt (Methode VAN CAMPO).

4. Das Auffüllungsprofil des Grand Étang

Obleich die Bohrung bis zu einer Tiefe von 1510 cm vorgetrieben wurde, ist anstehender Fels nicht erreicht worden. Die tiefsten Lagen des Bohrprofils enthielten jedoch so viel losgewitterte Quarz- und Feldspat-Kristalle (in einem lehmigen Sediment), daß der feste Untergrund nicht mehr weit entfernt sein konnte. Nach dem Rückzug des Gletschers wird das Becken wohl schnell ein relativ tiefer See geworden sein, in dem größere Kristallfragmente nicht mehr in die Mitte transportiert werden konnten.

Zwischen 1510 und 910 cm Tiefe findet sich Lehm, der teilweise in Warven abgesetzt ist (Abb. 2). In dem 600 cm starken Paket waren 400 cm für eine Warvenzählung geeignet. Betrachten wir eine Warve als Kombination einer gröber- und einer feinerkörnigen Schicht, dann umfaßt das genannte 400 cm starke Paket 1440 deutliche Warven, oder — wenn man auch weniger deutliche oder unscharfe Feinschichten als selbständige Warven auffaßt — maximal 1620 Waren. Der vollständige Profilteil zwischen 1510 und 910 cm Tiefe würde dann übereinstimmen mit 2200 bis 2500 Jahresschichten.

Dem Bänderton ist ein Paket aus ungeschichtetem, sandigem Lehm aufgelagert, der zunächst noch wenig humos (910—870 cm), dann deutlich humos (870—850 cm), dann wie-

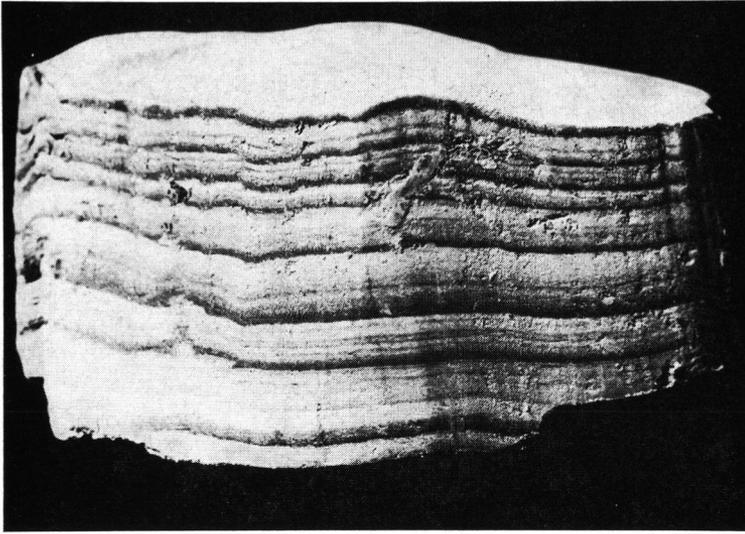


Abb. 2. Ein Teil des Bändertonpakets im Grand Étang aus einer Tiefe zwischen 1180 und 910 cm unter der Oberfläche. Die Mächtigkeit pro Warve (ein dunkles und ein helles Bändchen zusammen) beträgt 1 bis 3 mm. Die feinen Zwischenbändchen deuten höchstwahrscheinlich nur auf wechselnde Feinheit des herantransportierten Sediments während einer Saison hin und besitzen also nicht den Charakter einer Jahresschichtung.

der weniger humos (850—825 cm) ist. Danach nimmt der Humusgehalt im Lehm wieder zu.

Zwischen 775 und 735 cm unter der Oberfläche geht der Lehm allmählich über in ein fast rein organisches Material. Zwischen 735 und 620 cm befindet sich eine Detritus-Gyttja, darüber ein eutropher bis mesotropher Wasserpflanzentorf (620—550 cm). Hierauf folgen Ablagerungen aus einer Verlandungsphase, mit einer deutlichen Tendenz von mesotroph nach oligotroph. Darin befinden sich Reste von *Phragmites*, aber auch bereits von *Sphagnum* (550—420 cm). Nach oben nimmt dann weiterhin der Einfluß von *Sphagnum* stetig zu. Oberhalb von 350 cm kann man von einem reinen *Sphagnum*-Torf sprechen. Im unteren Teil ist er stark zersetzt und enthält Reste von *Calluna vulgaris* und *Eriophorum vaginatum* (330—160 cm). Nach oben zu ist das *Sphagnum*-Paket weniger verwittert, und es sind nur wenig Reste anderer Pflanzen zu finden (160—0 cm).

5. Der Sporomorphen-Inhalt

Das teilweise von Warven aufgebaute Lehmpaket (1510—910 cm) enthält ziemlich wenig Pollen. In dem spärlich vorhandenen Baumpollen (ca. 20 %) dominiert *Pinus* über *Betula* und *Salix*, während eine Anzahl wärmeliebender Bäume mit geringeren Prozentsätzen vertreten ist. Beim Nicht-Baum-Pollen überwiegen die Gramineen und *Artemisia*, während weiterhin u. a. *Ephedra*, *Helianthemum*, *Thalictrum* und *Rumex* auftreten. Einige Male wurden Sporen von *Selaginella selaginoides* gefunden.

Im ungeschichteten Lehmpaket zwischen 910 und 775 cm treten zuerst *Hippophaë* und wahrscheinlich auch *Juniperus* auf. Zwischen 870 und 850 cm steigt plötzlich der Baumpollen auf 50 % an, während es gleichzeitig zu einer ersten *Betula*-Dominanz kommt. Der *Juniperus*-artige Pollen erreicht ein kräftiges Maximum; gleichzeitig geht *Artemisia* aber zurück. In der höheren Lage des ungeschichteten Lehms (850—825 cm) nimmt der Baumpollen wieder ab, während *Salix* vorherrscht. *Hippophaë* erreicht ein niedriges Maximum;

gleichzeitig geht der *Juniperus*-artige Pollen zurück. *Helianthemum* und *Rumex* erreichen ein letztes Maximum, und *Artemisia* geht weiterhin zurück.

In der humushaltigen Lehmschicht zwischen 828 und 775 cm unter der Oberfläche nimmt der Gehalt an Baumpollen stark zu, von 20 nach ca. 90 %. Nach einer anfänglichen *Betula*-Dominanz tritt *Pinus* stark in den Vordergrund. Einzelne wärmeliebende Baumarten (*Quercus*, *Corylus*) sind jedoch nur schwach vertreten. Wo *Betula* von *Pinus* überflügelt wird, verschwinden *Hippophaë* und *Juniperus*; viele Kräuter gehen dann stark zurück oder verschwinden ebenfalls. Auffallend ist die starke Zunahme von *Isoëtes*.

Das überwiegend organogene Sedimentpaket zwischen 775 cm und der Oberfläche zeigt einen starken Wechsel der Pollengesellschaften. In dem noch lehmhaltigen Profilteil zwischen 775 und 735 cm steigt der Baumpollen-Anteil auf 97 %. *Pinus* erreicht hier sein Maximum, und die Zahl der thermophilen Formen nimmt zu.

Das Gytjtja-artige Material (735—620 cm) zeigt eine Dominanz von *Corylus* und eine Zunahme der thermophilen Baum-Arten. *Potamogeton* ist stark vertreten, aber *Isoëtes* nimmt ab.

Im Wasserpflanzen-Torf (620—550 cm) überflügelt die Pollen-Vertretung des Quercetum mixtum die des zurückgehenden *Corylus*. Im Verlandungstorf erreicht der Pollen des Eichen-Mischwaldes sein Maximum. *Potamogeton* verschwindet, der Pollen der Gräser erreicht ein kleines Maximum (*Phragmites?*). *Alnus*, vorher nur schwach vertreten, zeigt Zunahme. *Sphagnum* ist dann schon vorhanden.

In der folgenden Zone (420—330 cm) nimmt der Einfluß von *Sphagnum* schnell zu. Die kurz vorher erstmals aufgetretene Buche breitet sich kräftig aus. Dadurch werden die Vertreter des Quercetum mixtum auf den zweiten Platz verwiesen. Auch tritt jetzt zum ersten Male *Abies* auf.

In dem zunächst nur mäßig, später wenig verwitterten *Sphagnum*-Torf (oberhalb 330 cm unter der Oberfläche) dominiert weiterhin *Fagus*; *Abies* bleibt an zweiter Stelle. *Carpinus* erscheint zum ersten Male. Im oberen Teil dieser Zone nimmt der Baumpollen von 90 auf 60 % ab. Cerealia treten auf, sowie Acker- und Wegrand-Unkräuter, später auch *Juglans* und *Castanea*.

6. Die stratigraphisch-geochronologische Deutung

Während des kältesten Teils der letzten Eiszeit lag die Schneegrenze in den Vogesen rund 1000 m über dem (heutigen) Meeresspiegel (vgl. u. a. FRENZEL 1967). Die Talgletscher werden sich aber in dieser Zeit wohl noch einige hundert Meter tiefer erstreckt haben. Auch der Grand Étang (800 m) war zu dieser Zeit wahrscheinlich noch vom Gletscher-Eis bedeckt. Das Becken dürfte gegen Ende des Würm-Hochglazials eisfrei geworden sein.

Die Schluff-Anfuhr in das Becken muß bald einen pulsierenden Charakter angenommen haben (Bildung von Warven). Da die Morphologie der umgebenden Landschaft keinen Hinweis dafür gibt, daß in der Umgebung während längerer Zeit abschmelzende Eismassen vorhanden gewesen sind, muß angenommen werden, daß die Warven-Schichtung durch herabströmendes Schneeschmelzwasser auf den nur spärlich bewachsenen Hängen während des Frühjahrs entstanden ist. Dieses Warven-Paket enthält auch eine Pollenflora, die auf eine Bildung oberhalb der Waldgrenze hinweist.

Die genannten Indizien lassen vermuten, daß das feingeschichtete Lehmpaket in den Teil des Spätglazials eingeordnet werden muß, der der Allerödzeit vorausgeht. In dieser Periode (Ältere Dryaszeit im weitesten Sinn, Zone I nach FIRBAS 1949) lag die Schneegrenze im Alpengebiet ca. 900 m tiefer als heute (PENCK & BRÜCKNER 1909; FIRBAS 1949).

Die heutige Schneegrenze müßte in den Vogesen bei rund 2200 m liegen (vgl. IMHOF 1900, FRÜH 1930, FIRBAS 1949, FRENZEL 1967), was für das frühe Spätglazial der südlichen Zentral-Vogesen eine Schneegrenze bei ca. 1300 m bedeuten würde. Gehen wir davon aus, daß der vertikale Abstand zwischen der Wald- und Schneegrenze stets den aktuellen Wert von 800 bis 900 m umfaßt hat (vgl. FRÜH 1930, SCHMID 1963), dann bedeutet dies für die südlichen Zentral-Vogesen im frühen Spätglazial eine Waldgrenze von 400 bis 500 m über dem heutigen Meeresspiegel. Da nun der Grand Étang auf einer Höhe von 800 m liegt, steht die Datierung der Bändertone in das frühe Spätglazial nicht im Widerspruch zu den oben erwähnten palynologischen Befunden.

Wie bereits gemeldet, lassen die Zählungen vermuten, daß der vollständige Profil-Abschnitt zwischen 1510 und 910 cm unterhalb der Oberfläche 2200 bis 2500 Warven umfaßt. Bekanntlich begann die Ältere Dryaszeit (Zone I) vor ca. 14 000 Jahren (Beginn Susaca-Interstadial; VAN DER HAMMEN & VOGEL 1966) und endete vor ca. 11 800 Jahren (Beginn Alleröd-Interstadial; ZAGWIJN & PAEPE 1968), so daß sich eine Gesamtlänge dieser Periode von 2200 Jahren ergibt. Dies bestätigt die Vermutung, der Grand Étang sei in der Zeit des Übergangs vom Würm-Hochglazial zum Würm-Spätglazial eisfrei geworden. Danach begann dann die Bildung des soeben besprochenen Lehmpaketes.

Oberhalb des Niveaus von 910 cm Tiefe verschwinden die Warven, was auf eine dichtere Pflanzendecke in der Umgebung hinweisen kann. Kurz danach wird der Lehm humos. Die starke Zunahme des Baumpollens (namentlich von *Betula*) gibt einen Hinweis darauf, daß die Waldgrenze an den Grand Étang herangerückt ist und ihn wahrscheinlich passiert hat. FIRBAS (1949, 80—81) ist der Meinung, in der Allerödzeit sei die Waldgrenze in den südlichen Zentral-Vogesen bis auf rund 900 m hinaufgerückt; OBERDORFER (1937) spricht von einem Aufsteigen bis auf „mehr als 700 m“. Der humose Lehm zwischen 870 und 850 cm im Grand Étang ist also wahrscheinlich während des Optimums des Alleröd-Interstadials gebildet worden.

Die Kälteperiode, die sich weiterhin aus den wenig humosen Lehmlagerungen zwischen 850 und 825 cm ergibt, ist die Jüngere Dryaszeit. Die Zusammensetzung des Pollens weist auf die Bildung des Paketes in einer baumlosen Phase hin. FIRBAS (1949, 78, 80, 304) legt die Waldgrenze für diese Periode auf 500 bis 600 m. Die Schneegrenze muß sich dann auf rund 1500 m befunden haben, so daß die Kuppen der Vogesen (größte Höhe 1423 m) eisfrei blieben.

Die starke Zunahme des Baumpollens zwischen 825 und 775 cm deutet auf den Übergang vom Spätglazial zum Holozän hin, möglicherweise über eine unbedeutende Sedimentationslücke. Die Waldgrenze passiert den Grand Étang zum letzten Mal. Der jetzt gebildete humose Lehm muß dem Präboreal zugeordnet werden. Gegen Ende dieses Zeitabschnittes ist die Waldgrenze nach FIRBAS (1949, 311) bis auf rund 1250 m hinaufgerückt.

Der Profilteil 775—720 cm (stark humoser Lehm, übergehend in eine Detritus-Gyttja) muß im Boreal entstanden sein. Diese Periode endet nach dem Schema von FIRBAS für die Vogesen dort, wo die *Pinus*-Vertretung im Pollen von der Repräsentation des *Quercetum mixtum* überflügelt wird (während einer Periode von *Corylus*-Dominanz).

Die Bildung der Detritus-Gyttja setzt sich im Unter-Atlantikum (720—565 cm) fort. Gegen Ende dieser Periode finden sich am Ort Wasserpflanzen, darunter *Potamogeton*. Das Unter-Atlantikum endet, sobald die Komponenten des *Quercetum mixtum* zahlreicher vertreten sind als *Corylus*.

Im Ober-Atlantikum (565—440 cm) verlandet der See. Es bildet sich jetzt Torf mit u. a. Schilfresten. Diese Periode hat ihre Obergrenze, wo sich *Fagus* und *Abies* auszubreiten beginnen.

Während des Subboreals (440—390 cm) geht das Verlandungsmoor in ein *Sphagnum*-Moor über. Dieser Zeitabschnitt endet, sobald *Fagus* das Übergewicht im Baumpollen erreicht hat.

Zunächst stärker, später mäßig zersetzte Pakete *Sphagnum*-Torf werden im Unter-Subatlantikum (390—150 cm) abgelagert. Diese Periode endet, wenn die ersten Cerealia erscheinen und sich der Nicht-Baum-Pollen nicht unbeträchtlich ausbreitet.

Im Ober-Subatlantikum (150—0 cm) wird nur sehr wenig zersetzter (stets naß bleibender) *Sphagnum*-Torf gebildet.

7. Die botanische Interpretation

Während des Pleni- oder Hoch-Glazials der letzten Eiszeit muß der Grand Étang noch mit Gletscher-Eis bedeckt gewesen sein. Von irgendeiner Vegetation in der Umgebung kann darum kaum die Rede gewesen sein.

Die Pollenassoziationen und die Pollendichten der spätglazialen Ablagerungen, die vor der Allerödzeit gebildet wurden, weisen auf einen sehr spärlichen Pflanzenwuchs und eine geringe Pollenproduktion hin. Der vorhandene Pollen von *Pinus* und einiger wärme liebenden Bäume muß über größere Entfernung herbeigeweht worden sein. Die örtliche Pollenproduktion stammt beinahe ausschließlich von Kräutern: *Artemisia*, *Rumex*, *Thalictrum*, Chenopodiaceen, Cyperaceen, Kompositen, Gramineen, Rosaceen, Rubiaceen und Umbelliferen, sowie *Ephedra* und *Helianthemum*. Es handelt sich hier also um eine überwiegend lichtliebende Vegetation, die imstande ist, lange und kalte Winter zu überstehen.

Das Vorkommen von *Artemisia* und *Ephedra* weist auf ein relativ trockenes Klima. Beide Gattungen treten heute noch gemeinsam im Stipeto-Poion *carniolicae*, dem Verband der steppenartigen westalpinen Tal-Trockenrasen auf (BRAUN-BLANQUET 1961, 163; ELLENBERG 1963, 602). Im Verbreitungsgebiet dieses Verbandes nimmt die Assoziation des Ephedro-Artemisietum die am meisten kontinentalen Biotope ein (z. B. im Wallis). Neben *Artemisia* und *Ephedra* treten in der genannten Assoziation u. a. die Gattungen *Potentilla*, *Galium*, *Helianthemum* und *Aster* häufig auf, während auch einzelne *Juniperus*- und *Berberis*-Sträucher vorkommen können (BRAUN-BLANQUET 1961, 166, Tab. 33).

Viele, häufig im heutigen Ephedro-Artemisietum auftretenden Taxa sind bei dem fossilen Pollen im ältesten Teil des Profils von Grand Étang zu erkennen oder unterzubringen. Im frühen Spätglazial dürfte rund um das Becken also ein vergleichbarer (wenn auch nicht identischer) Vegetationstyp vorhanden gewesen sein. Hieraus ist zu schließen, daß vor der Allerödzeit das Klima in den Vogesen einen stark kontinentalen Charakter getragen haben muß.

Als um den Beginn der Allerödzeit die Vegetationsgrenzen zu steigen begannen, wanderte in die Umgebung des Grand Étang *Hippophaë*, sowie höchstwahrscheinlich auch *Juniperus* ein (im Diagramm ist der *Juniperus*-Pollen wegen der schwierigen Erkennbarkeit nicht in die Pollensumme aufgenommen). Es ist bekannt, daß beide Taxa während dieser Zeit häufig in einer Zone vorkamen, die einige Hundert Meter über der Waldgrenze lag (GAMS 1943, FIRBAS et al. 1948, 54; FIRBAS 1949, 297; ZAGWIJN 1952; BERTSCH 1961). Nach GAMS kann *Hippophaë* nur unter kontinentalen Bedingungen größere Höhen erreichen; im Wallis z. B. reicht der Sanddorn — in der Gesellschaft von *Juniperus*! — zur Zeit bis auf eine Höhe von 1900 m.

In der Allerödzeit reichte die Waldgrenze wahrscheinlich bis gerade oberhalb des Grand Étang. Der Polleninhalte des Sediments aus dieser Zeit weist auf die Anwesenheit eines lichten Birkenwaldes hin, in dem sich auch *Salix* ausbreitete. In dem auf 500 m Höhe gelegenen See von Sewen, wohin später in der Allerödzeit auch Pinuswälder vordringen sollten, fand FIRBAS Makroreste von großen Birken. Der Grand Étang, 300 m höher ge-

legen, wird wohl gerade noch von diesen Birken erreicht worden sein; hingegen drang der Kieferngürtel nicht bis hierhin vor. In der Nähe dürften sich jedoch ausgedehnte *Juniperus*-Bestände behauptet haben, während auch *Hippophaë* in der Nähe vorhanden blieb. Dies alles weist darauf hin, daß während des Optimums des Alleröd-Interstadials die Waldgrenze ganz in der Nähe des Grand Étang lag. Dennoch hatte diese Entwicklung Rückwirkungen auf die lichtliebenden Kräuter: sie verschwanden (Chenopodiaceen, *Ephedra*) oder gingen stark zurück (*Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*).

Während der jüngeren Dryaszeit lag die Waldgrenze wieder unterhalb des Grand Étang. Der *Salix*- und *Betula*-Pollen, der nun gefunden wird, dürfte von Zwerg- und Krüppelformen herrühren. Das Auftreten von *Hippophaë* und *Juniperus* ist wiederum kennzeichnend für eine Zone von einigen Hundert Metern oberhalb der Waldgrenze. Trotz der Entwaldung breitet sich *Artemisia* kaum mehr aus, während *Ephedra* nicht mehr zurückkehrt. Dies deutet auf zunehmende Feuchtigkeit hin, obgleich noch nicht von einem echten ozeanischen Klima gesprochen werden kann. Wohl führt das Verschwinden des Waldes noch zu einer vorübergehenden Ausbreitung einer Anzahl lichtliebender Kräuter.

Im Präboreal erscheint der Wald wieder beim Grand Étang: Birken- und Kiefernwälder, in denen anfänglich die Birke, später die Kiefer vorherrscht. Bereits während der Birken-Phase hinterlassen *Hippophaë* und *Juniperus* ihre letzten Spuren. Die lichtliebenden Kräuter weichen stark zurück (*Artemisia*, *Thalictrum*, *Rumex*) oder verschwinden völlig (*Helianthemum*). In den Randzonen des Sees breitet sich *Isoëtes* aus, und auf feuchten Stellen findet sich *Filipendula*.

Im Boreal sehen wir einen *Pinus*-Wald mit dichtem Unterwuchs von *Corylus*. Infolge dieser Entwicklung verschwinden die meisten Kräuter nun vollständig aus dem Bilde. *Isoëtes* behauptet sich in den Randgebieten des Sees.

In den Wäldern des Unter-Atlantikums übernimmt *Corylus* die Dominanz von *Pinus*, die schnell an Terrain verliert. Inzwischen breiten sich in den Wäldern *Quercus* und *Ulmus* aus, während erstmalig *Tilia* und *Fraxinus* auftreten. Am Ufer des Sees erobern sich Erlenbäume allmählich einen Platz. Während in den Uferzonen *Sphagnum* erscheint und *Isoëtes* zurückgeht, tritt im tieferen Wasser *Potamogeton* auf.

Während des Ober-Atlantikums sind rings um den Grand Étang artenreiche Laubwälder vorhanden. Entlang des Seeufers breitet sich langsam die Erle aus. Der See wird infolge der Ablagerung von organischen Sedimenten seichter. Wurzel- und Blattreste weisen auf die Anwesenheit von *Phragmites* und *Carex*, sowie auf eine Ausbreitung des *Sphagnum*-Bewuchses hin; die Sporomorphen im Torf bestätigen das. Kurz darauf verschwindet *Potamogeton*, während der *Sphagnum*-Einfluß zunimmt. Es findet also eine ziemlich schnelle Verlandung statt; der Nährstoffreichtum des Standorts nimmt inzwischen ab. Das Klima ist nun ausgesprochen ozeanisch.

Im Subboreal erobert sich *Fagus* zusehends einen Platz in den Laubwäldern. Auch *Abies* erscheint nun im Bilde. Entlang des ehemaligen Seeufers breitet sich *Alnus* weiter aus. Die Verarmung der Torf-Auffüllung hindert diesen Baum jedoch daran, sich auf der Moor-Oberfläche auszubreiten. Hingegen verdrängen hier die *Sphagnum*-Arten nun fast alle anderen Pflanzen. Auf dem Moor siedelt sich dann eine Anzahl Ericaceen an. Im späten Subboreal wird ein fast rein oligotropher Zustand erreicht. Inzwischen erscheinen die ersten Pollenkörner von *Plantago lanceolata*. Dies läßt die Vermutung zu, daß auf den Abhängen rund um den Grand Étang stellenweise offene Flecken entstehen, möglicherweise als Folge erster menschlicher Aktivitäten.

Während des unteren Subatlantikums sind rund um den Grand Étang dichte *Fagus*-*Abies*-Wälder vorhanden, mit etwas *Quercus* und *Corylus* untermischt. *Fraxinus*, *Tilia*

und *Ulmus*, die seit der Einwanderung der Buche schon zurückgingen, verschwinden nun größtenteils aus den Wäldern. Im Moor beherrscht *Sphagnum* das Bild. Aus den Mikro- und Makro-Fossilien kann man ableiten, daß das Moor gleichzeitig von *Calluna vulgaris*, *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polyfolia* und *Oxycoccus palustris* bewachsen wurde. Die langsame Zunahme des Gramineen-Anteils unter dem fossilen Pollen, sowie das Auftreten von *Rumex*, *Plantago* und *Urtica*, läßt auf eine zunehmende Aktivität des Menschen in den umgebenden Wäldern schließen.

Im jüngeren Subatlantikum erhält sich der *Fagus-Abies*-Wald, aber gleichzeitig manifestieren sich stets deutlicher die Zeichen menschlichen Eingreifens. Die starke Ausbreitung der *Ericales* muß nun ebenfalls durch zunehmende Entwaldung verursacht worden sein. Auch erscheinen Baumarten, die vom Menschen importiert worden sind (*Picea?*, *Castanea*, *Juglans*). Der *Alnus*-Bewuchs rund um den Grand Étang wird zurückgedrängt, und in der Umgebung breiten sich Äcker und Wiesen aus.

8. Vergleich der stratigraphischen Daten des Grand Étang mit denen einiger anderer Vogesen-Moore

In den südlichen Zentral-Vogesen kommen verschiedene vergleichbare Becken vor, die ebenfalls mit lehmigen und moorigen Sedimenten gefüllt sind. Auch findet man an verschiedenen Stellen Hangmoore. Diese Ablagerungen wurden u. a. von HATT (1937), OBERDORFER (1937), FIRBAS et al. (1948) und LEMÉE (1963) untersucht. Dadurch wurden ausführliche Daten von folgenden Beckenauffüllungen und Mooren bekannt: Urbis (Urbès, 450 m), Sewen (500 m), Maxmoor (625 m), Rotried (835 m), Frankenthal (1030 m), Hochfeld (Champ du Feu, 1040 m) und Gazon du Faing (1230 m).

Es zeigt sich, daß die Sedimentationstypen, welche sich während der letzten 14 000 Jahre im Grand Étang entwickelt haben, wenig abweichen von denen in den anderen untersuchten Vogesen-Becken. Das Auftreten von Warven ist kein Einzelfall; lediglich die Stärke des Warvenpakets ist beim Grand Étang besonders groß. FIRBAS (1949) erwähnt das Vorhandensein von Bändertonen sowohl an der Basis der Sedimente des Schluchsees (900 m) im Schwarzwald, als auch in den Becken von Sewen und Urbis in den Süd-Vogesen. Nach FIRBAS enthalten diese Warven keinen Pollen. Sie liegen aber unter Lehmschichten, die auf Grund ihres Pollengehaltes in das frühe Spätglazial (Prä-Alleröd) eingeordnet werden müssen. Jünger sind einige dünne Warvenpakete im Auffüllungsprofil des Beckens von Frankenthal. Auf Grund ihrer Pollen-Zusammensetzung muß die Bildung dieser Schichten in das Präboreal gestellt werden (FIRBAS et al. 1948).

Der Übergang von der minerogenen oder mineralisch beigemischten Sedimentation zu den rein organogenen Bildungen ist in den verschiedenen Becken im allgemeinen später zu datieren, je höher das Becken sich im Gebirge befindet (Abb. 3). Mit zunehmender Höhe scheint also die Anfuhr von minerogenem Material (infolge der Abspülung der Hänge) später aufgehört zu haben, zuletzt in den hochgelegenen Becken von Rotried und Frankenthal (Unter-Atlantikum). Die Erklärung dafür könnte in der verzögerten Schließung der Vegetationsdecke infolge der zunehmenden Höhenlage gesucht werden. Das würde jedoch weiterhin bedeuten, daß die Vegetationsdichte sich unabhängig vom Vegetationstyp einstellt.

Auch hinsichtlich des Zeitpunktes der Verlandung paßt der Grand Étang in das allgemeine Bild der übrigen Vogesen-Becken. Der Zeitpunkt, zu dem die Seen als offene Wasserflächen verschwinden und von *Carex*-, Schilf- und Erlenbruch-Mooren ersetzt werden, wird deutlich hinausgeschoben, je tiefer das Becken im Gebirge gelegen ist (Abb. 3). Hierbei spielen wahrscheinlich die tieferen Temperaturen in den größeren Höhen eine Rolle, wodurch die Pflanzenreste weniger schnell vermodern und sich daher schneller anhäufen können.

Obleich weniger deutlich, zeigen sich ähnliche Verhältnisse hinsichtlich des Zeitpunktes, in dem das Torfmoos die Hauptrolle bei der Moor-Bildung übernimmt (Abb. 3). Die am tiefsten gelegenen Becken haben dieses Stadium sogar noch nicht erreicht. Die verzögerte Verwitterung der Gesteine (mit der Folge, daß das Milieu eine beschleunigte Versauerung erfährt) und der gehemmte Umsatz organischer Stoffe in größeren Höhen spielen hierbei zweifellos eine wichtige Rolle.

9. Vergleich der paläobotanischen Daten des Grand Étang mit denen einiger anderer Vogesen-Moore

Auch hinsichtlich der palynologischen Ergebnisse besteht eine auffallende Übereinstimmung zwischen dem Grand Étang und den anderen untersuchten Mooregebieten in den Vogesen. Die gleichen Vegetationsgürtel, die über den Grand Étang hinzogen, überschritten auch die anderen, auf sehr unterschiedlichen Seehöhen gelegenen Beobachtungspunkte. Auf einige Einzelheiten dieser Bewegungen, sowie auf die Frage nach der Ursache der Abfolge der verschiedenen Gürtel, wollen wir zum Schluß noch eingehen.

Im Gegensatz zu HATT, der im Jahre 1937 auf Grund der damals zur Verfügung stehenden Ergebnisse auf eine gewisse holozäne Höhenzonierung der Pflanzendecke in den Vogesen schloß, standen FIRBAS und Mitarbeiter im Jahre 1948 auf dem Standpunkt, daß für eine solche Zonierung — abgesehen vom Spätglazial und möglicherweise auch vom Präboreal — keine eindeutigen Hinweise beständen. Die letztgenannte Schlußfolgerung kann jedoch teilweise auch eine Folge der verwendeten Methode der chronologischen Interpretation sein. Wenn man nämlich in einem bestimmten Gebiet einen Zeitabschnitt definiert durch Einschließung zwischen zwei kennzeichnende Punkte in einem Pollendiagramm (z. B. bestimmte Überschneidungen oder die erste ausgeprägte Zunahme einer Pollen-Art), dann impliziert das den Schluß, daß auf allen Gebirgsniveaus die Vegetation gleichzeitig umschlagen würde. Es ist jedoch sehr wohl möglich, daß die Veränderungen in der Pflanzendecke sich langsam hangaufwärts verschoben haben, wie dies auch beim Übergang vom Pleistozän zum Holozän geschehen ist. In diesem Fall könnten dann während des Holozäns in den Vogesen doch anhaltend oder wiederholt Vegetations-Etagen vorhanden gewesen sein. Endgültige Einsichten in dieses Problem sind jedoch nur mit Hilfe der ^{14}C -Datierung zu erhalten.

In Abwartung weiterer Untersuchungen wollen wir in einer rohen, die lokalen Umstände nicht berücksichtigenden Skizze (Abb. 3) wahrscheinlich machen, daß die sich neu bildenden Vegetationsgürtel eine gewisse Zeit benötigten, um das ganze Gebirge zu erobern.

Nacheinander wären dies die folgenden Gürtel:

1. Zone, anschließend an die Schneegrenze, mit einer nur in den niederen Lagen stark zerstreuten (nicht geschlossenen) Kräutervegetation (vor allem Gräser und *Artemisia*), ohne Bäume und Sträucher.

2. Zone mit einer geschlossenen Kräuterdecke (vor allem Gräser und *Artemisia*), mit Zwergsträuchern, vor allem Kriechweiden. Nach unten zunehmender Bewuchs mit *Juniperus* und *Hippophaë*.

3. Zone mit Birkenwald, mit nach unten zunehmender *Pinus*-Komponente.

4. Zone des *Pinus*-Waldes, mit *Betula*.

5. Zone des *Pinus*-*Corylus*-Waldes, außerdem vor allem mit *Betula*.

6. Zone des *Corylus*-Waldes, mit viel *Quercus*, weiterhin *Ulmus* und *Tilia*, jedoch wenig *Pinus* und *Betula*.

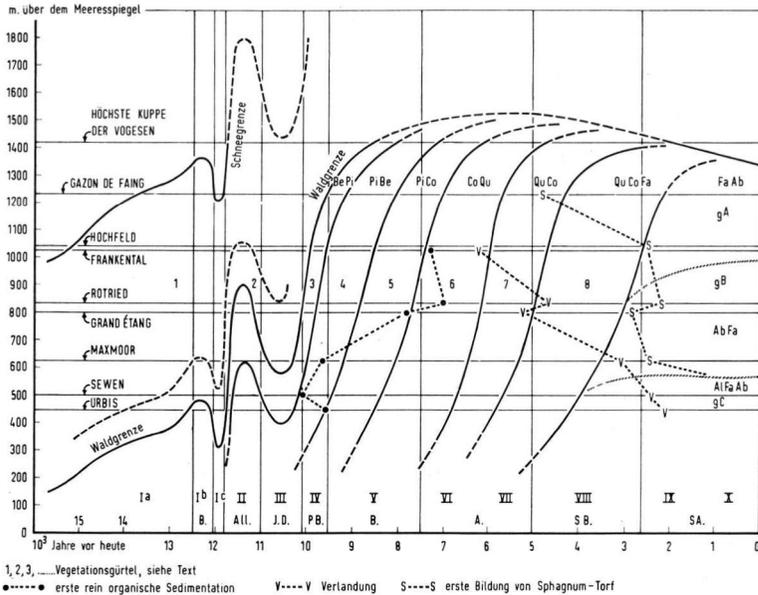


Abb. 3. Die vermutete Bewegung der Vegetationszonen in den südlichen Zentral-Vogesen während des Spätglazials und des Holozäns. Die römischen Ziffern sind die der spätglazialen und holozänen Zeitabschnitte nach FIRBAS (1949). Pi = *Pinus*; Be = *Betula*; Co = *Corylus*; Qu = *Quercus*; Fa = *Fagus*; Ab = *Abies*.

7. Zone mit Laub-Mischwald, mit *Corylus*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Tilia* und *Ulmus*, mit etwas *Alnus* und wenig *Pinus* und *Betula*.

8. Zone der *Quercus-Fagus*-Wälder, mit *Corylus* und etwas *Fraxinus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Alnus* und *Abies*.

9. Zone der Buchenwälder, mit hauptsächlich *Corylus* und *Quercus*, mit weiterhin

- unterhalb von 5- bis 600 m ziemlich wenig *Abies* und viel *Alnus*, letztere vor allem auf den Talböden;
- zwischen 5- bis 600 m und 900 m viel *Abies* und ziemlich wenig *Alnus*;
- oberhalb 900 m ziemlich wenig *Abies* und wenig *Alnus*; diese Zone bildet die heutige Waldgrenze auf einer Höhe von ca. 1300 m.

Wie oben schon bemerkt wurde, weist die Vegetation der Älteren Dryaszeit (prä-Alleröd-Spätglazial) für diese Periode auf ein Klima mit einer stark kontinentalen Tendenz hin. Während der Allerödzeit müssen schwache ozeanische Einflüsse das Gebiet der Vogesen erreicht haben; denn extrem kontinentale Vegetationstypen verschwinden während dieser Zeit und kehren in der Jüngeren Dryaszeit nicht zurück, als die Entwaldung für eine solche Rückkehr gute Gelegenheit bot.

Von der Allerödzeit ab wird die Waldgrenze von einem *Betula-Pinus*-Gürtel gebildet, worin das dominierende Auftreten der Kiefer einen Hinweis auf den noch stets kontinentalen Charakter des Klimas gibt, wenngleich dies auch weniger extrem ist als in der Älteren Dryaszeit.

Als im frühen Holozän die Temperaturen weiter stiegen, breitete sich *Corylus* in den *Pinus*-Wäldern aus. Dabei haben wahrscheinlich drei Faktoren eine Rolle gespielt: die steigende Temperatur, die ziemlich geringe Beschattung, welche von einem *Pinus*-Wald

geboden wird, und die noch nicht ausgelaugten, also noch reichen Verwitterungsböden. Das gemäßigt-kontinentale Klima spielte hierbei nur insofern eine Rolle, als es die schnelle Auslaugung der Böden verhinderte. Die Vermutung, daß *Corylus* an sich kontinentale Affinitäten besitze, wie dies SELLE (1953) und ältere Autoren manchmal annehmen (FIRBAS 1949, 160), ist unrichtig; dieser Standpunkt wird schon widerlegt durch das heutige optimale Vorkommen der Haselnuß in Irland, sogar bis in die meist ozeanischen Teile dieser Insel hinein (BRAUN-BLANQUET & TÜXEN 1952).

Gegen Ende des Boreals dürfte die klimatologische Waldgrenze bis über die Gipfel der Vogesen aufgestiegen sein. Es ist jedoch sehr wohl möglich, daß die starke Wind-Exposition einzelne Kuppen baumlos gehalten hat. Der hohe Prozentsatz an Kräuter-Pollen, den LEMÉ im Boreal und Unter-Atlantikum vom Gazon du Faing (1230 m) fand, und dessen Herkunft er der Nähe unbewaldeter Gipfel zuschrieb, kann zu einem großen Teil auch erklärt werden aus dem ziemlich offenen Charakter, den die Wälder jener Zeit in größeren Höhen wahrscheinlich noch gehabt haben (siehe voriges Kapitel).

Als der holozäne Temperaturanstieg sich seinem Optimum näherte, breiteten sich die stark wärmebedürftigen Komponenten des Quercetum mixtum in dem *Pinus-Corylus*-Wald aus, wodurch *Pinus* vertrieben wurde (Atlantikum). Erst dann schlossen sich in den höheren Lagen die Wälder soweit, daß eine weitere Abspülung der Hänge verhindert wurde.

Kurz darauf setzte die Abkühlung ein, und die Waldgrenze verschob sich wieder nach unten (Subboreal, Subatlantikum). Würde die gemäßigte Kontinentalität des Klimas nun angehalten haben, dann hätten die Waldgürtel sich wahrscheinlich in der gleichen Abfolge und Zusammensetzung an den Hängen entlang nach unten bewegt wie sie sich vorher nach oben verschoben hatten. Es zeigt sich jedoch, daß dies tatsächlich nicht stattfand.

Verschiedene Hinweise deuten darauf, daß während der interglazialen Perioden das nordwesteuropäische Klima zunächst einen kontinentalen Einschlag hatte und daß es später mehr ozeanisch wurde (SELLE 1953; FRENZEL 1967, 94). Es ist bereits lange bekannt, daß das Holozän seit dem Atlantikum feuchter geworden ist (FIRBAS 1949, 246, 290). Auch in den Vogesen haben in dieser Zeit die ozeanischen Einflüsse die kontinentalen völlig verdrängt, während gleichzeitig die Temperaturen absanken.

Das Quercetum mixtum verlor durch diese Entwicklung an Vitalität. Der *Corylus*-Gürtel konnte sich jedoch nicht wiederherstellen und zwar aus zwei Gründen: die Böden verarmten infolge der Auslaugung (niederschlagreicheres Klima; vgl. FRENZEL 1967, 95), und der inzwischen vorhandene Laubwald entzog dem *Corylus*-Unterwuchs zu viel Licht. Auch der *Pinus*-Gürtel konnte nicht wiederkehren. In ozeanischen Bergklimaten sind Nadelbäume nicht nur besonders anfällig für Pilzkrankheiten (ELLENBERG 1963, 140 ff.), sondern sie haben infolge des fehlenden Laubwurfes unter diesen Umständen auch stark zu leiden unter der Last von Reif und Schnee, die sich auf den Ästen niederschlagen (CARBIENER 1963, 133).

Jedoch gerade in dieser Zeit (Ende des Atlantikums, Beginn des Subboreals) wanderte *Fagus* in Westeuropa ein. Dieser Baum, der sich am meisten wohlfühlt in verhältnismäßig kühlen, ozeanischen Klimaten (FIRBAS 1949, 246; ZAGWIJN 1967; WESTHOFF & DOING KRAFT 1959, 229; CARBIENER 1963, 133) drang rasch in die Eichenwälder auf den Hängen der Vogesen hinein und verdrängte das Quercetum mixtum in kurzer Zeit. *Fagus* übernahm dabei auch den Platz der *Corylus*- und *Pinus*-Gürtel, die nicht zurückkehren konnten, und war dadurch in der Lage, bis an die Waldgrenze vorzudringen, die inzwischen wieder unterhalb der höchsten Vogesen-Gipfel abgesunken war.

Zugleich mit *Fagus* wanderte auch *Abies* ein (FIRBAS 1949, 250, 251). Dieser Baum hat etwa die gleichen klimatischen Ansprüche wie die Buche. Als Nadelbaum gedeiht er jedoch in höheren Gebirgslagen (oberhalb 900 bis 1000 m) weniger gut. Auch unterhalb

von 600 m ist *Fagus Abies* überlegen, möglicherweise weil *Fagus* bei höheren Temperaturen besser gedeiht als *Abies* (ELLENBERG 1963, 142), möglicherweise auch, weil die Buche sommerliche Trockenheit besser übersteht (FIRBAS 1949, 259).

Auf diese Weise kam die Dreiteilung des *Fagus*-Gürtels zustande, die auch heute noch wahrzunehmen ist: die Buche dominiert in den oberen und unteren Lagen, aber in der Mittellage halten sich *Fagus* und *Abies* ungefähr das Gleichgewicht (Abb. 3, Zonen 9a, b und c).

Es ist nicht anzunehmen, daß sich nach dem Absinken der Waldgrenze seit dem Atlantikum heutzutage wieder ein *Betula*-Streifen zwischen den Buchen-Gürtel und die Waldgrenze eingeschaltet hätte, wenn die Waldgrenze nicht künstlich vom Menschen nach unten verschoben wäre. In ozeanischen Gebieten pflegt *Betula* die Waldgrenze zu bilden in den Gegenden, wo die Sommertemperaturen in größeren Höhen zu niedrig oder zu kurzzeitig genügend hoch sind für eine gute Entwicklung der Buche (Berggebiete von England, Schottland und Norwegen). In mehr kontinentalen Gebieten übernehmen unter diesen Bedingungen die Nadelwälder die Bildung der Waldgrenze (die kontinentalen Teile von Skandinavien, die Alpen).

In ozeanischen Klimaten südlicher Breiten reicht *Fagus* in mehreren Gebirgen bis an die Waldgrenze. Dabei spielt möglicherweise die Tatsache eine Rolle, daß hier in größeren Höhen die Sommerwärme etwas länger anhält (Jura, westfranzösische Voralpen, Zentral-Massiv, Westliche Pyrenäen, Kantabrisches Gebirge, Insubrische Alpen, der Apenin, die Gebirge von Korsika; siehe CARBIENER 1963). Die Vogesen bilden in dieser Gruppe wahrscheinlich den nördlichsten Vorposten. Im benachbarten Schwarzwald, der im Vergleich dazu ein deutlich kontinentaleres Klima besitzt, bildet *Fagus* nur stellenweise die Waldgrenze; oberhalb der Buchenwälder befindet sich hier häufig schon ein Nadelholzgürtel (WESTHOFF & DOING KRAFT 1959). Man kann daraus den Schluß ziehen, in den feuchteren südlichen Zentral-Vogesen würde auch ohne menschlichen Einfluß heute *Fagus* noch immer die Waldgrenze bilden.

Die Autoren wurden von Dr. A. I. SALOMÉ auf den Grand Étang aufmerksam gemacht; sie danken ihm dafür und für seine sehr geschätzte Hilfe bei der Proben-Entnahme. Auch möchten die Autoren ihren herzlichen Dank an Herrn Prof. Dr. V. WESTHOFF zum Ausdruck bringen für seinen freundlichen und wertvollen Hinweise zur Lösung einiger Probleme bei der botanischen Interpretation vom Pollendiagramm Grand Étang. Für die Verbesserung des deutschen Textes sind die Autoren Fräulein Ir. I. KOCH und Herrn Dr. C. STUMM recht dankbar.

10. Literatur

- BERTSCH, A.: Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. — Flora (Allgemeine Botanische Zeitung), **151**, 243—280, Jena 1961.
- BOYÉ, P.: Les Hautes Chaumes des Vosges. Paris/Nancy 1903.
- BRAUN-BLANQUET, J.: Die inneralpine Trockenvegetation. — Geobotanica selecta, Bd. I. Stuttgart 1961.
- BRAUN-BLANQUET, J. & TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften Irlands. — Veröff. Geobot. Inst. Rübel, **25**, 224—421, Zürich 1952.
- CARBIENER, R.: Les sols du Massif du Hohneck; leur rapports avec le tapis végétal. — Le Hohneck, 103—157. Strassbourg 1963.
- ELLENBERG, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Einführung in die Phytologie, Bd. IV-2. Stuttgart 1963.
- FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd. I. Jena 1949.

- FIRBAS, F., GRÜNIG, G., WEISCHEDEL, I., WORZEL, G.: Beiträge zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Vogesen. — *Bibliotheca Botanica*, **121**, 1—76. Stuttgart 1948.
- FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd. II. Jena 1952.
- FRENZEL, B.: Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. Braunschweig 1967.
- FRÜH, J.: Geographie der Schweiz, Bd. I. Sankt Gallen 1930.
- GROSS, H.: Die bisherigen Ergebnisse von C-14-Messungen und paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **9**, 155—187. Öhringen/Württ. 1958.
- GAMS, H.: Der Sanddorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) im Alpengebiet. — Beihefte zum Botanischen Centralblatt, **62**, B. 1, 68—69, Leipzig 1943.
- GULLIEN, Y.: Néoglaciale et Tardiglaciale, Géochimie, Palynologie, Préhistoire. — *Ann. de Géographie*, **71**, 383, 1—35, Paris 1962.
- HAMMEN, T. VAN DER: Dating and correlation of periglacial deposits in Middle and Western Europe. — *Geologie en Mijnbouw (N.S.)*, **14**, 328—336. 's Gravenhage 1952.
- HAMMEN, T. VAN DER & VOGEL, J. C.: The Susacá-Interstadial and the subdivision of the Late Glacial. — *Geologie en Mijnbouw*, **45**, 33—35. 's Gravenhage 1966.
- HAMMEN, T. VAN DER, MAARLEVELD, G. C., VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H.: Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last Glacial in the Netherlands. — *Geologie en Mijnbouw*, **46**, 79—95. 's Gravenhage 1967.
- HATT, J. P.: Contribution à l'analyse pollinique des tourbières du nord-est de la France. — *Bull. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, **4**, 1—79. Strasbourg 1937.
- HEGI, G.: *Illustrierte Flora von Mittel Europa*, Bd. V-2. München 1925.
- IMHOF, E.: Die Waldgrenze in der Schweiz. — *Gerland's Beiträge zur Geophysik*, **4**, 241—330. Stuttgart 1900.
- LEMÉE, G.: L'évolution de la végétation et du climat des Hautes Vosges centrales depuis la dernière glaciation. — *Le Hohneck*, 185—192. Strasbourg 1963.
- OBERDORFER, E.: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Oberelsasses und der Vogesen. *Z. f. Botanik*, **30**, 513—572. Jena 1937.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E.: *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig 1909.
- SALOMÉ, A. I.: A geomorphological study of the drainage area of the Moselotte and Upper Vologne in the Vosges (France). Thesis Utrecht 1968.
- SCHMID, E.: Zur alpinen Schneegrenze und Waldgrenze während des Würmglazials. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **14**, 107—110. Öhringen/Württ. 1963.
- SELLE, W.: Gesetzmäßigkeiten im pleistozänen und holozänen Klimaablauf. — *Abh. d. Naturwiss. Ver. Bremen*, **33**, 259—297. Bremen 1953.
- WESTHOFF, V. & DOING KRAFT, H.: De plaats van de Beuk in het West- en Middeneuropese bos. — *Jaarb. Ned. Dendrol. Ver.*, **21**, 226—254. Wageningen 1959.
- ZAGWIJN, W. H.: Pollenanalytische Untersuchung einer spätglazialen Seeablagerung aus Tirol. — *Geologie en Mijnbouw (N.S.)*, **14**, 235—239. 's Gravenhage 1952.
- : Subatlantische beukenbossen in het kustgebied van Holland. — *Versl. en Mededelingen Kon. Ned. Bot. Ver. over de jaren 1966 en 1967*, 49—50. Amsterdam 1968.
- ZAGWIJN, W. H. & PAEPE, R.: Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **19**, 129—146. Öhringen/Württ. 1968.

Manusk. eingeg. 10. 3. 1972.

Anschrift der Verfasser: Dr. D. Teunissen und Drs. J. M. C. P. Schoonen, Abt. Biogeologie, Sektion Biologie der Universität Nijmegen, Toernooiveld, Nijmegen, Niederlande.