

# Die Banquette des Val du Bourget (franz. Nordalpen): Gelöste und ungelöste Probleme der jungpleistozänen Klima- und Reliefentwicklung

CHRISTIAN HANNSS & PETER PESCHKE \*)

Upper Pleistocene, banquette, climate, morphology, stratigraphy,  
France, northern Alps

**Kurzfassung:** Im Val du Bourget der französischen Alpen sind Banquette entwickelt, die ihre Entstehung im wesentlichen dem Spätpleistozän verdanken. Ihr litho-, bio- und chronostratigraphischer Aufbau wird vor dem Hintergrund dreier neuer Pollenanalysen und eines neuen Aufschlusses untersucht. Die Ergebnisse werden mit anderen europäischen Typlokalitäten des Spätpleistozäns verglichen.

[Les banquettes du Val du Bourget, Alpes françaises du Nord: Problèmes résolus et non résolus de l'évolution climatique et géomorphologique au Pleistocène supérieur]

**Résumé:** On observe dans le Val du Bourget des Alpes françaises du Nord des banquettes. Elles se sont formées essentiellement au cours du Pleistocène supérieur. Leur structures litho-, bio- et chronostratigraphiques sont étudiées et mis en rapport avec trois nouveaux diagrammes polliniques et une nouvelle coupe. Les résultats obtenus sont comparés à d'autres sites classiques du Pleistocène supérieur en Europe.

[The banquettes of the Val du Bourget, northern French Alps: Problems resolved and not resolved of the climatic and geomorphological development during the upper Pleistocene]

**Abstract:** In the Val du Bourget of the northern French Alps "banquettes" are developed. Their litho-, bio- and chronostratigraphic structure are discussed in respect to three new pollen records and a new cut. The results are compared with other famous sites of the upper Pleistocene in Europe.

## 1 Lage und Bau des Untersuchungsraumes

Das Val du Bourget schiebt sich zwischen die Cluse von Chambéry im Süden und den Lac du Bourget im Norden. Die Cluse von Chambéry trennt die Char treuse im SSW von den Bauges im NNE. Der Lac du Bourget wie das Val du Bourget werden nicht mehr von den westlichen französischen Kalkalpen, sondern von niedrigeren, bereits zum Jurasystem gehörenden Höhenzügen aus jurassischen bis miozänen, meist karbonatischen Sedimentgesteinen gebildet (DEBELMAS 1970: 10).

## 2 Die geomorphologischen Grundzüge

Neben der Felsenumrahmung charakterisieren noch Banquette und die holozäne Schwemmlandebene der Leyse das Reliefbild des Val du Bourget (Abb. 1). Die Banquette, die einen Kern aus Anstehendem aufweisen, erheben sich terrassenähnlich über die postglaziale Leyse-Schwemmlandebene, ähnlich wie das „Mittelgebirge“ der Inntal-Terrassen über die holozäne Aue des Inns. Auch genetisch sind sich diese jungpleistozänen Akkumulationsformen ähnlich. Beide werden nämlich im Liegenden von lakustren Akkumulationen aufgebaut, die fluviatile Sedimente überlagern. In diese Ablagerungen haben sich wärmzeitlich noch Talgletscher eingetieft, die stellenweise mächtige Moränendecken auf den Schottern hinterlassen haben.

Physiognomisch weisen die oberflächlich leicht gewellten Banquette des Val du Bourget eine gewisse Ähnlichkeit mit niedrigen Trogschultern auf. Randalich sind ebenso wie in die westlich der Leyse gelegenen Banquette von Tremblay wie auch in die sich

\*) Anschriften der Verfasser: CH. HANNSS, Geographisches Institut der Universität Tübingen, Hölderlinstr. 12, D-7400 Tübingen 1. P. PESCHKE, Universität Hohenheim, Botanik 210, Postfach 700562, D-7000 Stuttgart 70.

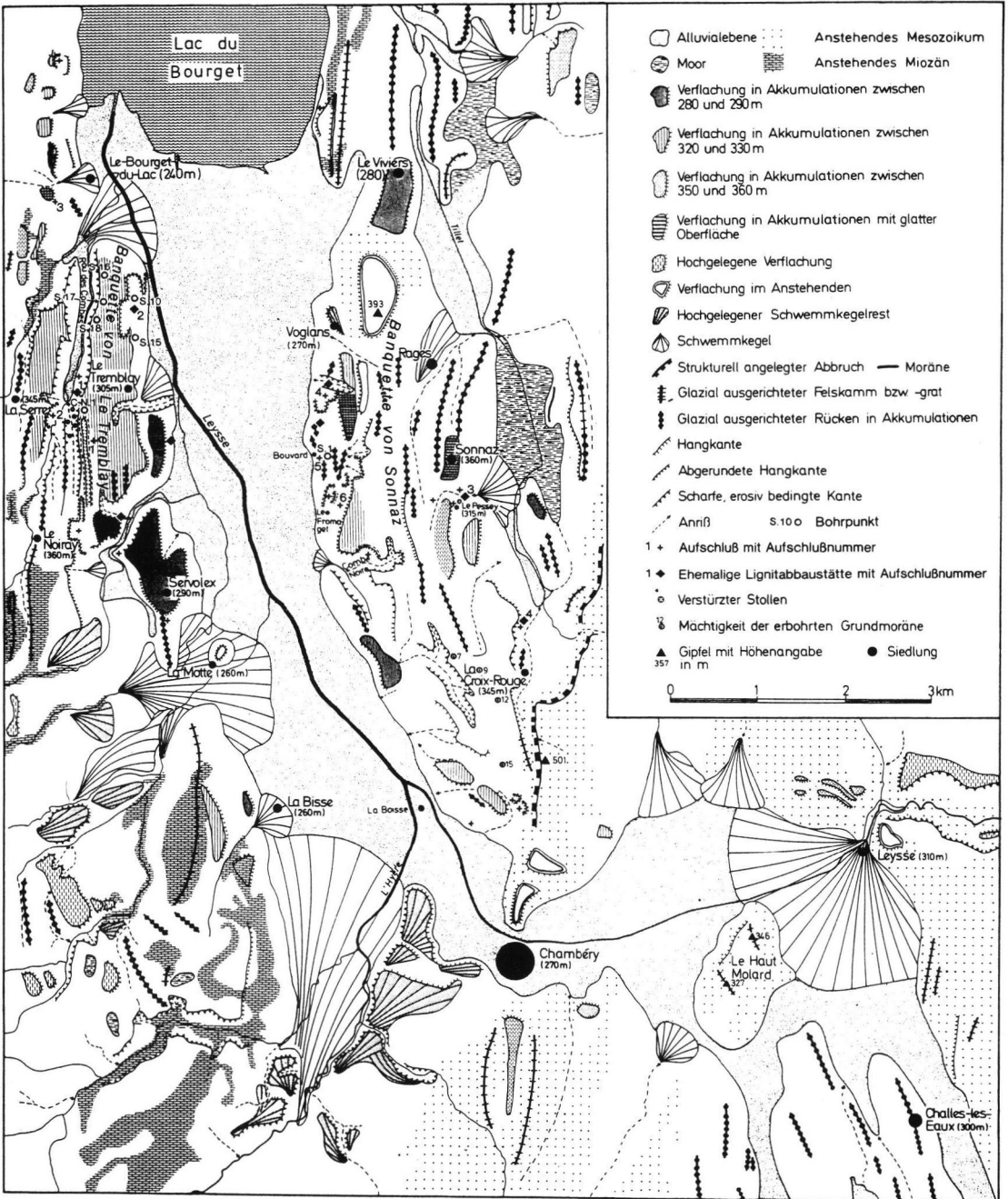


Abb. 1: Die geomorphologischen Grundzüge des Val du Bourget.

Die Aufschlußnummern beinhalten:

- 1 = Kiesgrube östlich Le Fort
- 2 = Kiesgrube auf der linken Seite des Rau des Combes
- 3 = Unterhalb Les Ciseaux

- 4 = Kiesgrube Voglans
- 5 = Voglans-Bouvard

Der Aufschluß ‚Pont de la Charrière‘ liegt zwischen der Aufschlußnummer 2 und der ehemaligen Lignitabbaustätte Nr. 1.

Die Nummern der ehemaligen Lignitabbaustätten beinhalten:

- 1 = Alte Lignitmine Rau des Combes
- 2 = Alte Lignitmine in der Kiesgrube Aéroport du Bourget

- 3 = Alte Lignitmine Pessey-Sonnaz
- 4 = Alte Lignitmine La Croix-Rouge

östlich dieses kleinen Flusses erhebenden Banquette von Sonnaz stellenweise noch terrassenförmige Flachformen eingesenkt. Sie ordnen sich in verschiedenen Niveaus, und zwar in 360 m—350 m, 330 m—320 m und in 290 m—280 m N.N. an. Sie dürften ihre Entstehung in erster Linie der Lateralerosion von Schmelzwässern des etappenweise zurückweichenden würmzeitlichen Isèregletschers verdanken. Aus Schwermineralanalysen hat sich nämlich ergeben, daß wenigstens im Würm die Cluse von Chambéry und das Val du Bourget in nördlicher Richtung von einem Teilstück des Isère-Gletschers durchströmt wurden (HANNSS 1982: 104).

### 3 Der lithostratigraphische Aufbau der Banquette im Val du Bourget

#### 3.1 Die allgemeinen Grundcharakteristika

Eine immer wiederkehrende Grundabfolge der jungpleistozänen Lockersedimente im Bereich der Banquette des Val du Bourget besteht von unten nach oben aus moränenunterlagerten tonigen bis sandigen Feinsedimenten, die von bis zu 4 m mächtigen Schieferkohlen durchsetzt bzw. überlagert werden. Darüber wurden meist diskordant und nach oben in der Regel gröber und sandärmer werdende Schotter von bis zu 20 cm Durchmesser akkumuliert (Abb. 2). Letztere werden häufig noch von einer tonigen, kalkreichen Grundmoräne überlagert.

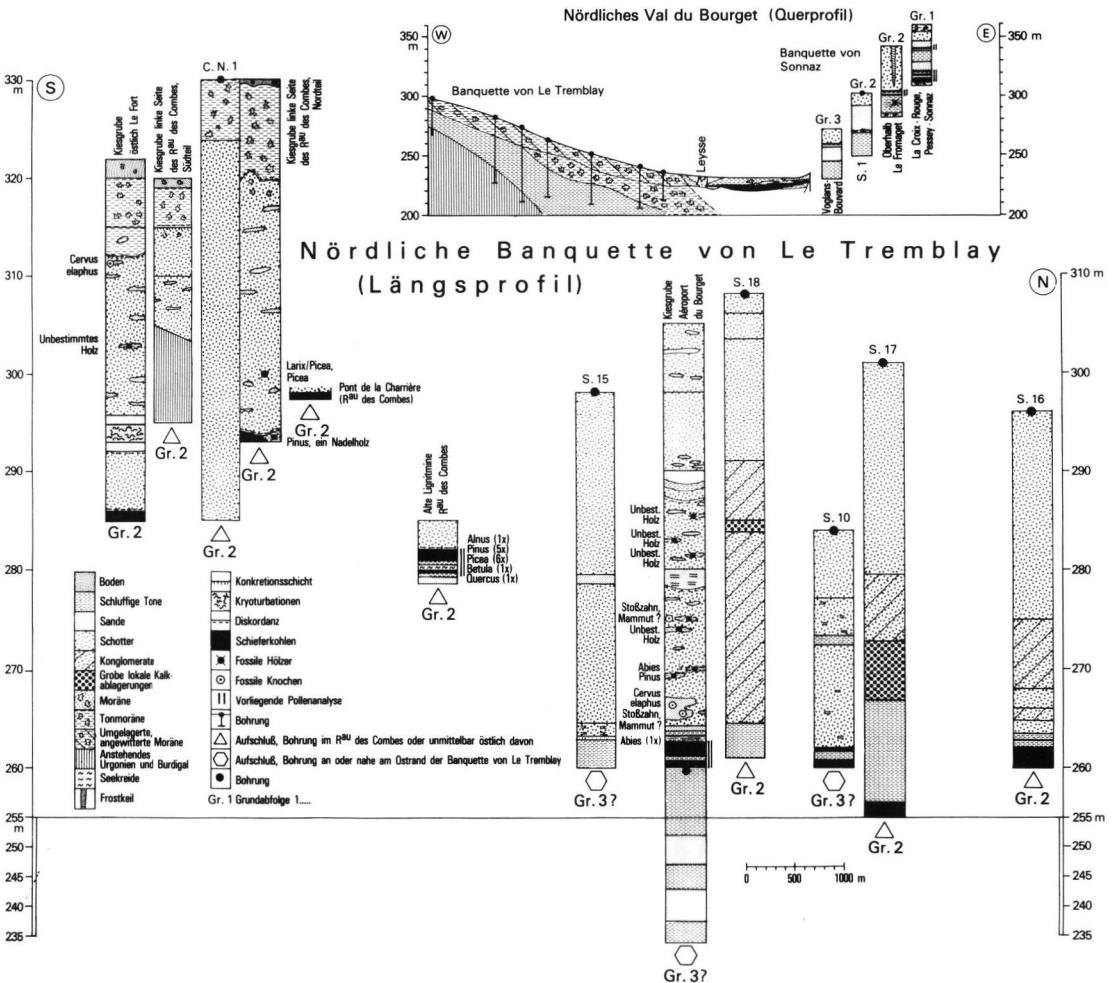


Abb. 2: Lithostratigraphische Grundstrukturen der Banquette im Val du Bourget. Der Westteil des Querprofils wurde nach NICOUUD 1979: 869 gezeichnet. Die Lage der Bohrprofile und der Aufschlüsse ist Abb. 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Schematische Darstellung der Grundabfolgen 1 bis 3 aus den spätpleistozänen Banquetteablagerungen des Val du Bourget.  
 Nach GREMMEN 1982; HANNSS 1982; RENAULT-MISKOVSKY 1986, WOILLARD 1978 und WOILLARD, MOOK 1982.

Lithostratigraphie		Biostratigraphie		Chronostratigraphie						
		Vorherrschende Pollenvegetation	Geborgene Hölzer	Val du Bourget (GREMMEN 1982)		Grande Pile (WOILLARD 1978)	Tiefsee	Alter		
Kalkreiche Moräne	Kalkreiche Moräne	Kalkreiche Moräne, Schotter, Sande.			Frühes Hochwürm (- WII)			4.	65 - 75 000	
		Fossilien führende Schotter	Siltige Tone mit wenigen Schieferkohlenlagen.	Pinus, Picea, Betula, Hippophae.	Abies Konifere Laubholz.	Frühwürm (- WII)	Sonnaz II-Interstadial (>60 000, >72 800).	?	5a.	75 - 90 000
			Sande, Tone.	Pinus, Picea, Betula, Hippophae.			Tillet II-Stadial (69 700).	?		
			Schieferkohlen mit wenigen Tonlagen.	Pinus, Picea, Betula, Hippophae.			Sonnaz I-Interstadial.	?		
				Picea, Pinus, Betula Hippophae.			Tillet I-Stadial.	?		
				Salix, Betula, Hippophae, Artemisia.	Betula,		La Croix-Rouge III-Interstadial (51 900).	?		
			Tone.	Picea, Pinus, Betula, Artemisia.	Picea,		Bourget IV-Stadial.	Stadial I.		
		Corylus, Ulmus, Quercus, Fraxinus, Acer, Tilia.		Laubholz.	La Croix-Rouge II-Interstadial.	Lanterne I.				
		Pinus, Picea, Betula Artemisia.			Bourget III-Stadial.	Lanterne I.				
		Fossilien führende Schotter	Kalkreiche Moräne	Schieferkohlen, Sande, Tone.	Corylus, Carpinus, Quercus, Picea, Abies, Viscum, Pinus, Picea, Betula, Artemisia.	Chamberly - Warmzeit	La Croix-Rouge I-Interstadial (>46 200 67 700, 93 000).	St.Germain II.	5b.	90 - 100 000
				Tone.	Abies, Carpinus, Hedera, Viscum, Corylus, Pinus, Picea.		Picea, Pinus silvestris, Abies, Betula, Alnus, Acer, Laub-Nadelholz.	Bourget II-Stadial.		
								Tremblay-Interstadial (>48 200, 85 000, 102 000).	St.Germain I.	5c.
Sande mit vereinzelt Schotterlagen.	Pinus, Picea, Betula, Artemisia				Alnus, Pinus, Picea, Quercus.		Bourget I-Stadial.	Melisey I.	5d.	110 - 115 000
							R <sup>W</sup> des Combes-Interglazial (>48 200, >67 700, >69 7000, 73 500, >74 500, 107 000, 115 000).	Eem	5e.	115 - 130 000
Kalkreiche Moräne	Kalkreiche Moräne						Endriß	Moullins-Stadial.	Linexert	6.
		RiB	GRUNDABFOLGE 2							
Schieferkohlen.	Schieferkohlen.	Pinus, Picea, Carpinus, Ulmus.		Mindel-RiB Intergl.	Voglans-Interstadial (59 600, >72 000, 85 00, >45 000, >46 000).		7.	180 - 240 000		
				Mindel	Bouvard-Stadial.	GRUNDABFOLGE 3				
Sande, Tone, Entkalkte Moräne.							8.	240 - 260 000		

In Anlehnung an die morphologisch erfaßte glaziale Serie von A. PENCK (SCHAEFER 1981: 273) könnte man diese Akkumulationsabfolge als „pleistozänen Sedimentationszyklus“ bezeichnen. Er tritt in dieser Form nicht nur im Val du Bourget, sondern prinzipiell auch in der Combe de Savoie und im Becken von Grenoble auf (HANSS, 1982: Tafel II, Abb. 6). Er spiegelt eine ältere Vergletscherung, die Füllung eines Eisrückzugs-sees, mitunter Moorbildungen, die Geröllakkumulation in der Form mehr oder weniger prägnant ausgebildeter Vorstoßschotter im Vorfeld einer neuen Vereisungsphase wider.

### 3.2 Die Grundabfolge 1

Die Grundabfolge 1 ist im Gegensatz zu den anderen beiden nur im Bereich der Banquette von Sonnaz ausgebildet, und zwar zwischen 307 m und 360 m N.N. Die Sequenz besteht im Liegenden aus fossilführenden Tonen von mindestens 5 m Mächtigkeit, die im obersten Teil Fossilien führen. Darüber sind zwischen 312 m und 322 m in nach oben zunehmender Zahl und Mächtigkeit mehrere Schieferkohlenhorizonte entwickelt. Sie werden in der Regel von stärker tonig-schluffigen Feinsedimenten, in 316 m jedoch auch noch von einer knapp einen Meter mächtigen fluviatilen Schotterlage voneinander getrennt. Darüber wurden rund 20 m mächtige, abgesehen von vereinzelt Pollen, fossillere Tone, Schluffe und Sande akkumuliert. Sie werden in 341 m noch einmal von einer dreifach gegliederten Schieferkohlen-Sequenz abgelöst.

In Pessey-Sonnaz treten über den mit 341 m bisher höchsten im Val du Bourget gefundenen Schieferkohlen noch knapp 10 m mächtige Feinablagerungen in Form geschichteter Sande auf. Darüber folgen Schotter und eine kalkreiche würmzeitliche Moräne. Die einzelnen Schichtglieder der Grundabfolge 1 lagern zumindest in den unteren Partien transgressiv einer entkalkten, mit Sicherheit präwürmzeitlichen, wahrscheinlich bereits aus der Mindeleiszeit stammenden Moräne auf (Abb. 2; Tabelle 1).

### 3.3 Die Grundabfolge 2

Im Gegensatz zur Grundabfolge 1 findet man die verschiedenen Schichtglieder der Grundabfolge 2 sowohl im Bereich der Banquette von Le Tremblay wie der von Sonnaz, und zwar zwischen 340 m und 258 m N.N. Der Hauptschieferkohlenhorizont der Grundabfolge 2 tritt in einer weiten Höhenstreuung zwischen 268 m und 305 m auf. Dabei konstatiert man, daß die Lignite an den gebirgsseitigen, äußeren Rändern, dort wo sie in einem geringeren vertikalen Abstand zu den miozänen Sandsteinen und Konglo-

meraten des anstehenden Burdigal und Torton auftreten, höhere Positionen einnehmen als weiter zur Talmitte hin, wo die leichter komprimierbaren liegenden Pleistozänablagerungen in größerer Mächtigkeit ihren Untergrund bilden. An zwei Stellen wurde zudem festgestellt, daß die Schieferkohlen der stratigraphischen Grundabfolge 2 zusätzlich noch um wenige Grade in der Längsachse des Val du Bourget, und zwar ebenso nach Norden wie auch nach Süden, einfallen.

Die Lignite der Grundabfolge 2 werden wie die der Grundabfolge 1 von sandig-tonigen Feinakkumulationen unterlagert, denen nur im oberen Teil an ganz wenigen Stellen Schotterlagen zwischengeschaltet sind. In der Kiesgrube von Voglans wurden 1991 unter diesen Feinablagerungen, und zwar zwischen 270 m und mindestens 266 m N.N., kalkreiche Moränenformationen kartiert. Sie sind höchstwahrscheinlich mit den Glazialablagerungen zu korrelieren, die in Voglans über den unteren, den 250 m-Schieferkohlen anstehen (HANSS 1982: 68, Schichtglied 18).

Die Schieferkohlen der Grundabfolge 2 weisen auf kürzesten Horizontalabständen große fazielle und Mächtigkeitsunterschiede auf. Sie keilen zudem nachweislich in bestimmten Bereichen auch aus.

Dort, wo die Lignite der Grundabfolge 2 ausgebildet sind, werden sie in der Regel längs einer ausgeprägten Erosionsdiskordanz von Schottern überdeckt. Bisweilen wurden die Schieferkohlen durch fluviatile Erosion bis auf wenige Reste fast ganz abgetragen. Stellenweise hat sich die Sedimentation minerogener Feinmaterials jedoch auch nach der Ausbildung der Schieferkohlenformationen noch eine Zeit lang fortgesetzt.

In der Kiesgrube von Voglans konnte an einer Stelle beobachtet werden, daß die Schieferkohlenflöze der Grundabfolge 2 wohl verwürgt, aber ohne jeden deutlichen Schichten-Hiatus in die hangenden Schotterformationen übergehen (Abb. 3). An einer anderen Stelle zeigen sie hier dagegen nur schwer deutbare Unter- und Einlagerungen von Schottern. Möglicherweise hängen diese sehr eigenartigen lithostratigraphischen Strukturen mit glazio-tektonischen Deformationen zusammen, zu denen es im Zusammenhang mit der würmzeitlichen Eisüberfahrung dieser wahrscheinlich aus dem letzten Interglazial stammenden Schieferkohlenformation gekommen ist.

Daß auf die Ablagerung der Schieferkohlen der Grundabfolge 2 stadialzeitliche Klimabedingungen folgten, ergibt sich aus eindeutigen Kryoturbationsstrukturen, die im Bereich der Banquette von Le Tremblay in einer 2 m mächtigen, in 292 m Höhe N.N. ansetzenden Sandlinie in der Kiesgrube östlich

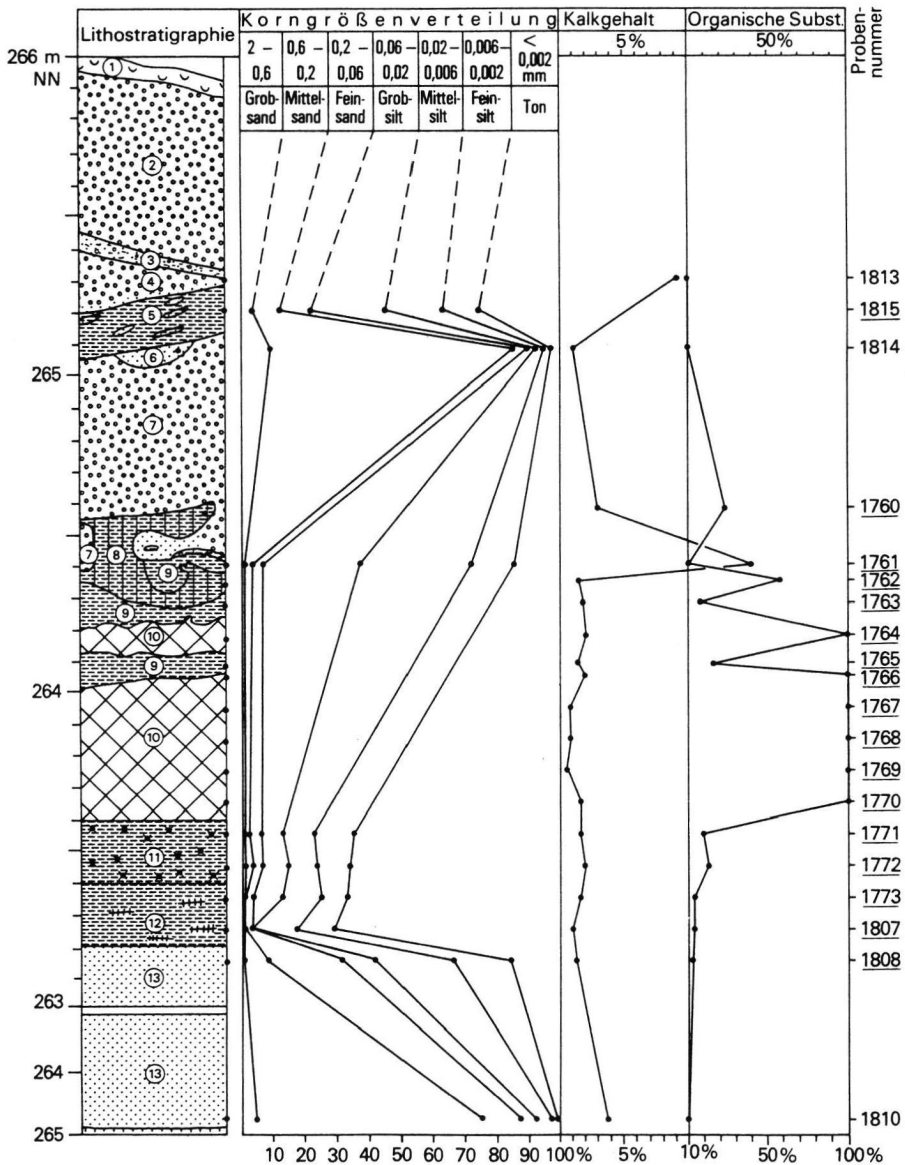


Abb. 3: Lithostratigraphie und Sedimentologie der späteemzeitlichen 266-m-Lignite in der Kiesgrube von Voglans (Grundabfolge 2).

- 1 = Rezenter Boden
- 2 = Gut gerundete Schotter
- 3 = Stärker sandiges Lehmband mit vereinzelt Geröllen
- 4 = Nach oben gröber werdende Gerölle mit bis zu 10 cm Durchmesser, die nach unten über Sande in Lehme übergehen
- 5 = Fette graue bis lilafarbene Tone, die mit kleinen Sandlinsen und Lignittonen durchsetzt sind
- 6 = Mittelsande
- 7 = Uneingeregelt Schotter mit durchschnittlich 5 cm Durchmesser, die im Liegenden teilweise in verwürgte Grobsande übergehen
- 8 = Verwürgte, rötlich-braune Lignittonen
- 9 = Unterschiedlich intensiv verwürgte rötlich-graue Tone
- 10 = Schieferkohlenflöze, zum Teil leicht verwürgt
- 11 = Plastische, mit vielen pflanzlichen Makroresten durchsetzte hellgrau-bläuliche Tone
- 12 = Fette, grau-blaue Tone, die lagenweise rötlich oxidiert sind und keine Pollen mehr enthalten
- 13 = Grünlich-graue, nach oben leicht tonige Sande, die in 265,25 m N.N. unter einer 1 cm mächtigen Eisenkonkretions-schicht in gröbere braune Sande übergehen. Sie erwiesen sich wie die Schicht 12 als pollenleer

Le Fort, nur 5 m über den liegenden Schieferkohlen beobachtet wurde (Abb. 2).

Auf wesentlich kühlere Sedimentationsbedingungen nach der Herausbildung der Hauptschieferkohlenflöze der Grundabfolge 2 verweisen überdies aus lokalem Kalkmaterial bestehende Murschuttablagerungen, die im Zusammenhang mit Deltastrukturen zwischen 285 m und 290 m N.N. im Norden der Banquette von Le Tremblay beobachtet wurden (Abb. 2; HANSS 1982: 95, 96).

Im Zusammenhang mit der hochwürmzeitlichen Eisüberföhrung sind schmale, aber sehr lange, mit sandig-tonigem Feinmaterial verfüllte Eiskeile zu sehen, die in den Schottern der Grundabfolge 2 oberhalb von Le Fromaget kartiert wurden (Abb. 4).

Litho-, und wie auch noch gezeigt wird biostratigraphisch ist an der Existenz der Grundabfolge 1 und 2 im Val du Bourget nicht zu zweifeln. Der direkte lithostratigraphische Konnex zwischen beiden konnte jedoch bisher noch nicht beobachtet werden. Da die höchsten Schieferkohlenflöze der Grundabfolge 2 oberhalb von Le Fromaget mit 305 m N.N. jedoch nur 7 m unter dem Hauptlignitniveau der Grundabfolge 1 von Pessey-Sonnaz anstehen, ist es durchaus möglich, daß die Grundabfolge 1 das mehr oder weniger unmittelbar Hangende der Grundabfolge 2 darstellt.

### 3.4 Die stratigraphische Grundabfolge 3

Obwohl biostratigraphisch der letzte Beweis noch fehlt, kann auf Grund jüngster lithostratigraphischer Beobachtungen in der Kiesgrube von Voglans die Existenz der Grundabfolge 3 heute als nahezu gesichert angesehen werden.

Für eine selbständige Grundabfolge 3 sprechen einmal die auf beiden Seiten des Val du Bourget in Höhen zwischen 240 m und 260 m N.N. entwickelten Schieferkohlen. Sie liegen damit wesentlich tiefer als die zwischen 268 m und 305 m N.N. beobachteten Hauptlignitflöze der stratigraphischen Grundabfolge 2 (HANSS 1982: 6).

Gestützt wird die Hypothese von einer dritten untersten Grundabfolge zum anderen dadurch, daß am Unterlauf des R<sup>au</sup> des Combes in der Bohrung S. 17 in 255 m Höhe Schieferkohlen angefahren wurden, die noch von 10 m mächtigen, tonigen Feinsedimenten überlagert werden, bevor sie in die hangenden Schotter übergehen (Abb. 2).

Für die Existenz einer Grundabfolge 3 spricht zudem die Tatsache, daß auf der Ost-Seite der nördlichen Banquette von La Tremblay in den in der Kiesgrube Aéroport du Bourget anstehenden Schottern in Höhen

um 280 m mächtige Sand- und Tonlinsen auftreten, in denen etwas weiter westlich, am mittleren R<sup>au</sup> des Combes, das Hauptlignitflöz der Grundabfolge 2 bergmännisch ausgebeutet wurde (Abb. 2).

Daß in den Banquetten des Val du Bourget nicht nur zwei, sondern drei Hauptlignitflöze entwickelt sind, ergibt sich vor allem aber aus der Moränenlage, die 1991 10 m unter den 280 m-Schieferkohlen der Grundabfolge 2 in der Kiesgrube von Voglans beobachtet worden ist. Im Unterschied zu den völlig entkalkten Moränenformationen, welche das Liegende der Feinablagerungen unter den 250 m-Ligniten der Grundabfolge 3 bilden, sind die Glazialakkumulationen, welche die Basis der Grundabfolge 2 darstellen, jedoch ähnlich kalkreich wie die hangende Würmmoräne der Grundabfolge 1.

Gegen die Existenz einer dritten Grundabfolge spricht eigentlich nur der Umstand, daß alle Lignitflöze der Banquette im Val du Bourget generell zur Talmitte hin einfallen, und die Schieferkohlen der Grundabfolge 3 bisher nur an den Innenseiten der Banquette des Val du Bourget beobachtet werden konnten (HANSS, 1982: Abb. 31, 32, Tafel III).

NICOUD (1979: 859—860) zufolge dürfte die Grundabfolge 3 nicht existieren. Er geht davon aus, daß alle Schieferkohlenflöze des Val du Bourget ursprünglich in gleicher Höhe entstanden sind und erst nachträglich durch Tektonik, insbesondere Staffelbrüche, in ihre heutige Lage geraten sind. Daß diese Hypothese jedoch die sehr unterschiedlichen Höhenlagen der Schieferkohlenflöze allein nicht erklären kann, ergibt sich, abgesehen von den pollenanalytischen Ergebnissen, auch daraus, daß auf der Halbinsel Grésine nördlich von Aix-Les-Bains beim Eisenbahnbau Lignite zwischen 240 m und 250 m N.N., und damit im Niveau der Schieferkohlen der Grundabfolge 3 angeschnitten worden sind (PILLET 1883: 288, 289, 307; BOURDIER 1961: 44). Diese können dort aber nicht durch Bruchtektonik in ihre heutige Höhenposition geraten sein, weil östlich davon überhaupt keine Quartärablagerungen, sondern nur kreidezeitliche Kalkmergel anstehen.

Die Hauptschieferkohlenflöze der Grundabfolge 3 werden wie die beiden höheren Sedimentationssequenzen von tonigen bis sandigen Feinakkumulationen unterlagert, die hier mindestens 25 m mächtig sind (Abb. 2). Ihr Liegendes bilden stark verwitterte, nahezu kalkfreie Moränenformationen. Über die Lignite breiten sich wie bei der Grundabfolge 2 diskordant Schotter. Sie werden im Bereich der Banquette von Sonnaz bisweilen von recht breiten und mit Moränenmaterial gefüllten, andererseits aber auch sehr schmalen und nur sandig-toniges Material enthaltenden Eiskeilen durchzogen (HANSS 1982: 71). Horizontweise enthalten die Schotter zudem aus lokalem

Kalkschutt bestehendes Murmaterial. Dies verweist sicher auf zeitenweise während ihrer Ablagerung herrschende stadialzeitliche Sedimentationsbedingungen (Abb. 2).

Für alle Grundabfolgen der Banquette im Val du Bourget gilt, daß im Niveau der Schieferkohlen bzw. minerogenen Feinablagerungen auch Schotter anstehen können (HANNSS 1982: 68). Zu erklären wäre dies einmal durch Staffelbrüche bzw. durch Einschachtung jüngerer in ältere Ablagerungen. Letzteres kann sich beispielsweise im Gefolge eines Gletscherdurchgangs ereignet haben. Es muß jedoch auch damit gerechnet werden, daß im Zuge der Aufsedimentation der Banquette-Ablagerungen entlang der Hauptentwässerungsstränge Schotter akkumuliert wurden, während in größerer Entfernung von ihnen Feinakkumulation vorherrschten, und es dort fallweise auch zur Ausbildung von Mooren gekommen ist. Derartige Prozesse haben sich spätestens seit dem Holozän im Bereich der Leysse-Niederung abgespielt (Abb. 2).

Alles in allem bieten die in den Banquetten des Val du Bourget vorkommenden Schotter hinsichtlich ihrer lithostratigraphischen Klassifizierung die größten Probleme, sieht man von den Grobablagerungen der Grundfolge 1 ab, die zumindestens in Pessey-Sonnaz ohne Erosionsdiskordanz die liegenden Feinakkumulationen überdecken.

#### 4 Die biostratigraphischen Charakteristika der Banquetteablagerungen im Val du Bourget

##### 4.1 Die stratigraphische Grundabfolge 1

Biostratigraphisch zeichnet sich die Grundabfolge 1 dadurch aus, daß über den liegenden Tonen in dem Hauptlignitflöz zwischen 312 m und 316 m palynologisch eine Warmphase (= La Croix-Rouge I-Interstadial) nachgewiesen werden konnte (Tabelle 1). Während dieser Periode waren hinsichtlich der Pollenflora neben den dominierenden *Quercus* und *Ulmus* noch *Corylus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Tilia*, *Carpinus* und *Picea* stärker vertreten. Im Gegensatz zu den thermophilen Laubwäldern des La Croix-Rouge-I-Interstadials zeichnen sich die vier pollenanalytisch darüber nachgewiesenen Interstadiale, das La Croix-Rouge I- und II- sowie das Sonnaz I- und II-Interstadial, palynologisch durch die Dominanz von *Pinus* und *Picea* aus.

Die diese fünf Interstadiale trennenden Stadiale, das Bourget II- bis IV- bzw. Tillet I- und II- Stadiäl, sind durch einen signifikanten Anstieg der *Artemisia*-Werte, z. T. aber auch der *Betula*-Anteile charakterisiert (GREMMEN, 1982, Pollendiagramme 6—8). In den geringmächtigen Sanden und Schottern über den Feinakkumulationen der Grundabfolge 1 sind bisher noch keine Fossilienfunde bekannt geworden.

##### 4.2 Die stratigraphische Grundabfolge 2

Die liegenden Feinsedimente des Hauptlignitflözes der stratigraphischen Grundabfolge 2 haben bisher nur wenig biostratigraphische Erkenntnisse gebracht. Eine Ausnahme davon machen die Tone unter den 280 m-Ligniten der Kiesgrube von Voglans (HANNSS 1982: 68). Die von GREMMEN (1982: Pollendiagramm 3, 4) für diese Tone durchgeführte Pollenanalyse ergab eine eindeutig stadiale Vegetation (= Moulins-Stadial) mit 49 % bzw. 64 % *Artemisia*.

Die Hauptschieferkohlenflöze der stratigraphischen Grundabfolge 2 entstanden nach den von GREMMEN (1982: Pollendiagramme 1—4 sowie ein noch unveröffentlichtes neues Pollendiagramm von Servolex) durchgeführten palynologischen Untersuchungen während zweier warmzeitlicher Phasen. Damals waren thermophile Laubbäume stark verbreitet. Bei den Warmzeiten handelt es sich von unten nach oben um das R<sup>au</sup> des Combes-Interglazial mit den thermophilen Laubgehölzen *Carpinus* und *Corylus* bzw. das Tremblay-Interstadial, dessen thermophile Laubgehölze phasenweise stärker von *Corylus*, *Tilia*, *Ulmus* und *Quercus* geprägt gewesen sind.

Das Bourget I-Stadial, welches das R<sup>au</sup> des Combes-Interglazial von dem darüber entwickelten Le Tremblay-Interstadial trennt, ist hinsichtlich seiner Pollenflora durch *Pinus*, *Picea*, *Betula* und *Artemisia* gekennzeichnet. Das Bourget II-Stadial, das über dem Le Tremblay-Interstadial ausgebildet ist, charakterisiert palynologisch *Pinus*, *Betula* und *Artemisia*.

Mehrfach wurden in den Schottern über den Hauptlignitflözen der stratigraphischen Grundabfolge 2 Makrofossilien geborgen. In der Kiesgrube östlich Le Fort (Banquette von Le Tremblay) wurde in 310 m N.N. die erste Phalange eines großen Rothirshes (*Cervus elaphus*; Bestimmung durch H. P. UERP-MANN) gefunden und 6 m darunter noch Hölzer, die jedoch nicht erhalten geblieben sind.

Auch in der Kiesgrube auf der linken Seite des R<sup>au</sup> des Combes (HANNSS 1982: 94) wurden in den Schottern über den Schieferkohlen in 310 m Höhe Holzreste von *Picea* oder *Picea/Larix* geborgen. Unbestimmbare fossile Hölzer sind in 295 m Höhe zudem in der Kiesgrube unterhalb Les Ciseaux entdeckt worden, die ebenfalls im Bereich der Banquette von Le Tremblay liegt (HANNSS 1982: 94, 95).

##### 4.2.1 Die Ergebnisse der palynologischen Untersuchung von zwei Schieferkohlenhorizonten der Grundabfolge 2 in Voglans und oberhalb von Le Fromaget

Eine weitere Aufhellung der biostratigraphischen Situation der stratigraphischen Grundabfolge 2 hat



die pollenanalytische Bearbeitung von drei Schieferkohlenformationen im südlichen Teil der Kiesgrube von Voglans bzw. oberhalb von Le Fromaget gebracht. Die Proben wurden von CH. HANNSS im Gelände geborgen und vom P. PESCHKE pollenanalytisch bearbeitet.

#### 4.2.1.1 Methode

Jede Sedimentprobe war einzeln in PVC-Beuteln verpackt. Schieferkohlen und Lignittonen waren noch als kompakte Stücke in den Beuteln, grobkörnige minerogene Sedimente lagen durchweg als Lockermaterial vor. Im Labor wurde von den kompakten Probenstücken der verunreinigte Außenrand entfernt und aus dem Zentrum ein 1–2 cm<sup>3</sup> großer Sedimentbestandteil für die Aufbereitung entnommen. Bei Lockermaterial-Proben wurde nach Möglichkeit ein größeres zusammenhängendes Bröckchen für die Aufbereitung ausgewählt. Einige dieser Proben waren aber bereits so stark zerfallen, daß nur noch 1–2 Teelöffel voll Lockersediment aufbereitet werden konnten. Die Aufbereitung erfolgte nach der im Botanischen Institut der Universität Hohenheim üblichen Methode (HF, modifizierte Schwereretrennung, Acetolyse). Der Aufbereitungsrückstand wurde in Glycerin aufgefangen und auch in diesem Medium unter dem Mikroskop analysiert und ausgezählt. Nach Möglichkeit wurde eine Auszählsumme von 700–800 Gesamtpollen (ohne Sporen) angestrebt, was allerdings bei Rückständen aus minerogenen Proben nicht immer möglich war.

Die Ergebnisse der Analyse sind in Gesamtdiagrammen nach gleichem Aufbau dargestellt. Die Gesamtsumme setzt sich aus Baumpollen und Nichtbaumpollen (einschließlich der *Cyperaceae*) zusammen und bildet die Berechnungsgrundlage (= 100 %). Pollen von Wasserpflanzen und Sporen sind wie üblich auf die Gesamtsumme relativ bezogen und in den Diagrammen mit nichtgeschwärzten Kurven dargestellt. Baumpollen mit höheren Werten sind im Gesamtdiagramm mit den gebräuchlichen Symbolen als Zeichenkurven dargestellt, die Werte der übrigen Gehölze sowie die der Kräuter erscheinen in Schattenrissen, teilweise in anderem Maßstab.

Auf den Diagrammen (Abb. 5, 6, 8) und im Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

- PD = Pollendiagramm
- DA = Diagrammabschnitt
- PK = Pollenkorn (= Körner)
- BP = Baumpollen (alle Holzgewächse)
- NBP = Nichtbaumpollen
- GS = Gesamtsumme (= BP + NBP)
- EMW = Eichenmischwald (= *Quercus* + *Tilia* + *Ulmus* + *Fraxinus*)

Die Diagrammbeschreibung der einzelnen Profile erfolgt immer von unten nach oben, der Sedimentation entsprechend.

#### 4.2.1.2 Die Pollendiagramme

##### 4.2.1.2.1 305 m-Lignite oberhalb von Le Fromaget. Proben Nr. 1458—1503

Das beprobte Profil der 305 m-Lignite von Le Fromaget war insgesamt 640 cm lang und bestand aus Wechsellagen von Ligniten und Tonen (Abb. 4, 5). Die Proben wurden im 5 cm-Abstand der Aufschlußwand entnommen, ihre Pollenführung war sehr unterschiedlich. Der basale Teil des Profils (ab 180 cm) war vollkommen pollenfrei, von wenigen zerrissenen *Pinus-PK* und perisporelosen Farnsporen abgesehen. In dem oberen Tonhorizont erwies sich der Bereich zwischen 35 cm und 60 cm ebenfalls als pollenfrei (Abb. 5).

Das Gesamtdiagramm weist im pollenführenden Bereich des Profils hohe BP-Werte um 80 %—85 % im Durchschnitt auf, wobei *Pinus* und *Picea* am häufigsten vorkommen. *Alnus* und *Betula* sind deutlich weniger vertreten. *Abies* spielt im basalen DA eine gewisse Rolle, EMW-Gehölze und *Corylus* dagegen in den beiden oberen. Das Diagramm läßt sich in folgende Abschnitte untergliedern:

##### DA c, 133 cm—175 cm:

Im basalen DA haben *Picea* und *Pinus* abwechselnd etwa gleich hohe Werte und stellen den größten Teil des BP. *Picea* erreicht hier einen Spitzenwert von 46,8 %, *Pinus* von 44,7 %. *Betula* und *Alnus* kommen mit deutlich niedrigeren Werten vor, nur nahe der Profilbasis erreicht *Alnus* einmal einen Wert von 26,8 %. Der EMW ist nur mit wenigen Einzelwerten vertreten, welche wohl Fernflug oder Umlagerung zugerechnet werden müssen. *Corylus* kommt mit geschlossener Kurve vor, ihre Werte liegen aber meist weit unter 1 %, so daß der Strauch im Vegetationsbild keine große Rolle gespielt haben kann. Anders verhält es sich mit *Abies*, welche im gesamten DA mit Werten über 5 % an der GS beteiligt ist (Maximum 11,6 % bei 160 cm). Der NBP ist wenig vertreten, auch *Poaceae* und *Cyperaceae* sind nur mit niedrigen Werten daran beteiligt. PK der Korbblütler und deformierte unbestimmbare Pollen sind häufig, was selektive Pollenzersetzung vermuten läßt.

Insgesamt gesehen, weist die Pollenflora des DA c einen mehr oder weniger reinen Nadelwald mit *Picea* und *Pinus* auf, in welchem auch *Abies* vorkam. Die

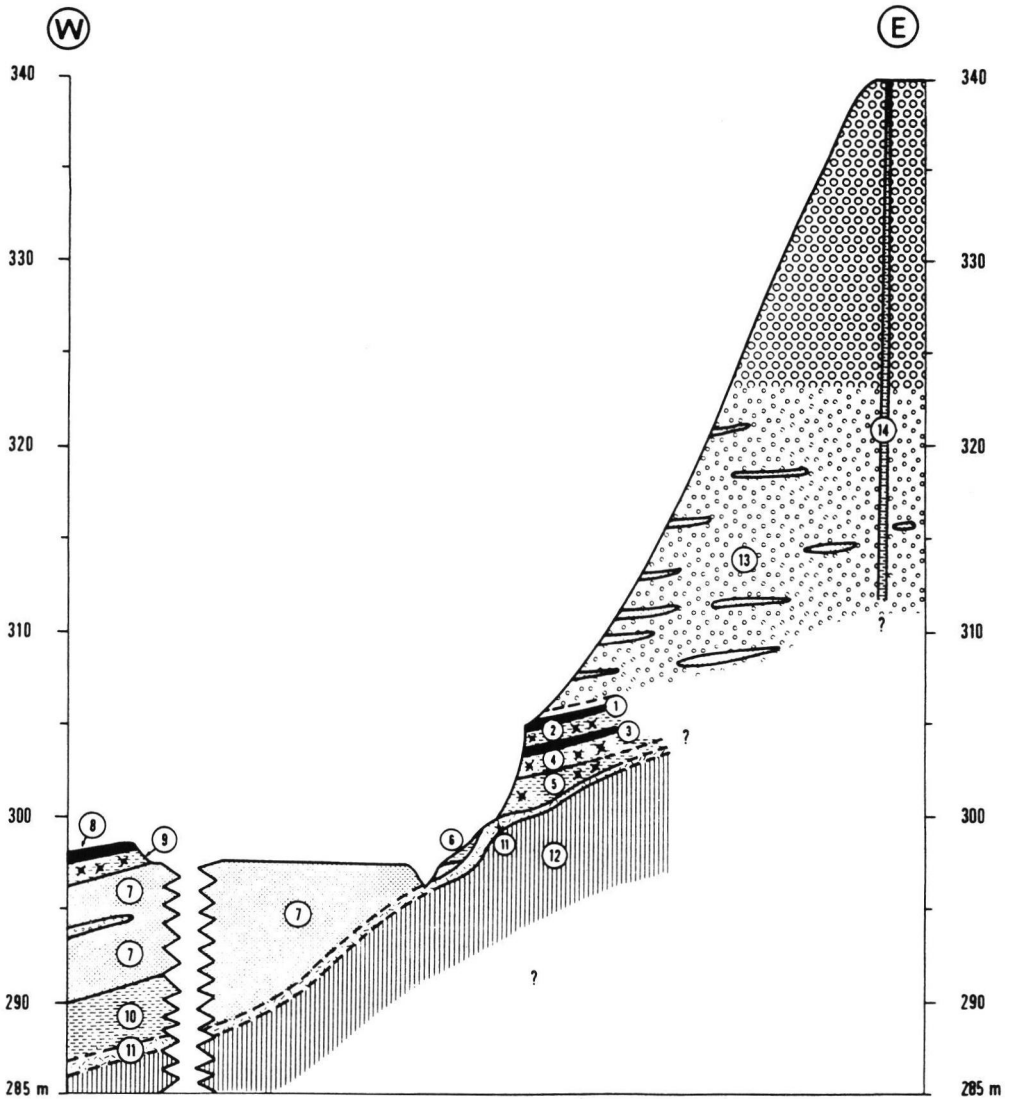


Abb. 4: Die Lithostratigraphie der späteozänen Schieferkohlenformationen und ihrer Decksedimente oberhalb von Le Fromaget (Grundabfolge 2)

- 1 = Lignite, die sowohl nach unten wie in südlicher Richtung toniger und geringmächtiger werden. Sie enthalten kleine, kantige Geschiebesplitter.
- 2 = Graublau, ungeschichtete, mitunter leicht siltige Tone. In ihnen stecken Holzreste und kleine, kantige Geschiebesplitter.
- 3 = Lignite ähnlich der Schicht 1.
- 4 = Leicht grünliche Tone. Sie sind horizontweise siltig, enthalten kleine, kantige Geschiebesplitter und nach unten spärlicher werdende organische Reste.
- 5 = Bläuliche Tone mit vereinzelt verkohlten Astresten.
- 6 = Siltige, orangefarbene Tone.
- 7 = Graue Mittel- bis Grobsande.
- 8 = Nach oben hin toniger werdende Lignite, die wahrscheinlich mit der Schicht 3 zu korrelieren sind.
- 9 = Hellgraue, lagenweise siltige Tone, die mit organischen Resten versetzt sind.
- 10 = Graublau, plastische Tone.
- 11 = Verhärtete, stark verwitterte und praktisch kalkfreie Moräne.
- 12 = Konglomerate des Torton (Miozän).
- 13 = Nach oben gröber werdende, aus Kalk- und Kristallingeröllen bestehende Schotter.
- 14 = 20 cm bis 30 cm breite, mit gelblichen, siltigen Tonen gefüllte Eiskeile.



wenigen Laubhölzer, vor allem *Alnus*, werden wohl nur flußbegleitend bzw. auf Naßstandorten vorgekommen sein.

DA b, 22 cm—133 cm:

Die Pollenflora dieses DA stammt zum größten Teil aus graublauen Tonen, welche horizontweise sandig und mit Geschieben durchsetzt waren. Erst im mittleren Teil der Profilsäule bei 108 cm erfolgt der Übergang in tonige Lignite mit Feinsandlagen. Die Pollenführung ist hier naturgemäß etwas geringer als im DA c, zwischen 30 cm und 60 cm setzt sie sogar ganz aus. Die Pollenerhaltung ist in diesem Sediment ebenfalls schlechter (siehe Anteil der Indeterminata!) und dickwandige PK der Korbblütler sind überrepräsentiert. Dies wirkt sich in einer höheren Beteiligung des NBP am Gesamtdiagramm aus. Bei dem BP hat *Picea* etwas abgenommen und wird von *Pinus* meistens überflügelt. Der Anteil von *Alnus* bleibt unverändert bei Werten um 7 %—10 %. Die Kurve von *Betula* ist etwas bewegter und weist mit 31,0 % und 25,8 % zwei deutliche Gipfel auf. Vertreter des EMW kommen jetzt mit geschlossenen Kurven vor, auch *Corylus* ist zahlreicher vorhanden. *Abies* dagegen hat stark abgenommen, ihr Anteil am Gesamtpollen bewegt sich um 1 %.

Im NBP sind jetzt *Poaceae* und *Cyperaceae* etwas häufiger, ebenso die Kräuter, wobei auch deren Typenzahl leicht ansteigt.

Das hier erkennbare Waldbild hat sich gegenüber dem DA c etwas gewandelt, *Picea* hat an Bedeutung eingebüßt und *Abies* scheint sehr selten geworden zu sein. Dafür kommen jetzt EMW-Gehölze und *Corylus* zur Ausbreitung und dürften ihnen zusagende Standorte besiedelt haben. Nach dem NBP-Anteil müssen auch offene Flächen in der Landschaft vorhanden gewesen sein, wohl überwiegend Naßstandorte bzw. Versumpfungsfächen, was aus dem Auftreten des *Typha*-Pollens geschlossen werden kann.

DA a, 0 cm—22 cm:

Im obersten DA ist *Picea* die dominante Holzart, ihr Pollen erreicht hier mit 67,3 % den Spitzenwert im Profil. *Pinus* spielt jetzt keine große Rolle mehr, ihre Werte sind auf Anteile um 10 % abgesunken. *Alnus* und EMW-Gehölze sowie *Corylus* sind gut vertreten und erstmals kommt auch *Carpinus* vor. Ihre Pollenkurve ist im gesamten DA geschlossen und weist einen Spitzenwert von 6,2 % auf. *Abies* ist jetzt wieder häufiger als im DA b, bleibt aber unter 5 %.

Der NBP ist artenarm, auch *Poaceae* und *Cyperaceae* haben keine große Bedeutung. Der Krautpollen setzt sich nur aus wenigen Typen zusammen.

Somit weist die Pollenflora des DA a auf ein von *Picea* beherrschtes Waldbild, dem wenig *Abies*, EMW-Vertreter und *Carpinus* je nach den edaphischen Möglichkeiten beigeiselt waren.

4.2.1.2.2 298 m-Lignite oberhalb von Le Fromaget.  
Proben Nr. Fm 1—11

Das Profil der 298 m-Lignite von oberhalb Le Fromaget war insgesamt 230 cm lang (Abb. 6). Die obersten 45 cm bestanden aus tonigen, holzreichen Ligniten, welche hellgrau-bläulichen Tonen mit Schluffresten auflagen. Nur die obersten 15 cm der Tonablagerungen waren pollenführend, ab 70 cm bis zur Basis war der Aufbereitungsrückstand so gut wie pollenfrei. Die vereinzelt *Pinus*-Bruchstücke, Farnsporen und wenig deformierte PK ließen keine Auswertung zu. Die Pollenflora der Tone unterscheidet sich etwas von derjenigen der Lignite, so daß das kurze Diagramm in zwei Abschnitte untergliedert werden kann.

DA b, 45 cm—60 cm:

In den beiden Pollenspektren des DA dominieren im BP *Alnus* und *Picea*, nächstwichtigste Holzart ist *Abies*. Neben wenig *Pinus* und *Betula* kommen auch die EMW-Gehölze *Quercus*, *Tilia* und *Ulmus* vor, außerdem sind *Carpinus*, *Corylus* und *Salix* mit geringen Werten vertreten.

Der NBP bleibt unter 4 % und kann fast vernachlässigt werden. Die wenigen Kräuter-PK und Gräser lassen keine Aussage zu.

Die hier gefundene Pollenflora läßt einen Fichtenbruchwald mit Erle vermuten. Wenig Edellaubhölzer und Tanne werden höher gelegene Standorte an den Talflanken besiedelt haben.

DA a, 0 cm—45 cm:

In den Ligniten läßt der Anteil von *Alnus* stark nach, ihre Pollenkurve hat nur noch Werte unter 10 %. *Picea* erreicht an der Basis des DA einen Spitzenwert von 66,4 % und geht nach oben hin kontinuierlich auf 23,0 % zurück. Mit Werten um 40 % ist *Pinus* gut vertreten. Der *Abies*-Anteil bleibt unverändert, übersteigt aber nicht die 10 %-Marke. EMW-Gehölze, *Corylus* und *Carpinus* verschwinden wieder und kommen erst im oberen Bereich mit Werten um 2—3 % zur Geltung. Der NBP hat wegen häufigeren Vorkommens der *Cyperaceae* etwas zugenommen, auch Kräuter sind jetzt etwas zahlreicher als im DA b. Ihre Artenzusammensetzung ist nichtssagend, der Anteil des unbestimmbaren Pollens liegt oft über 1 %.

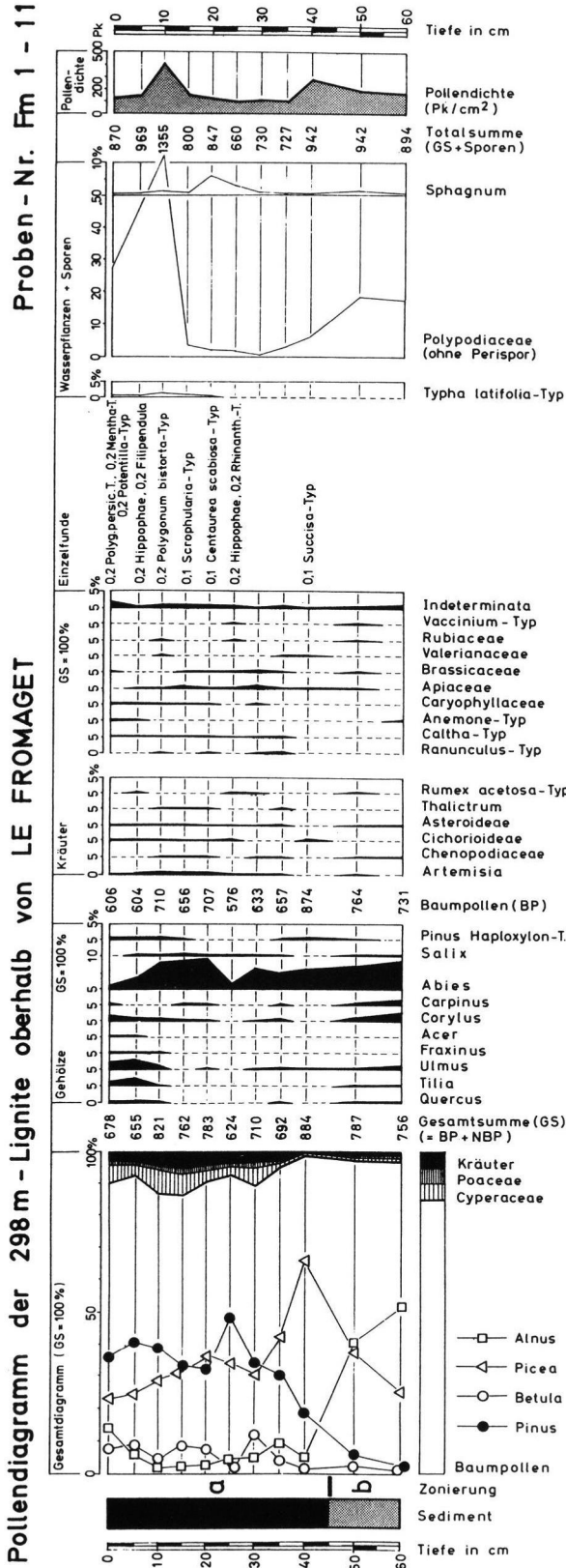


Abb. 6: Pollendiagramm der späteemzeitlichen 298 m-Lignite oberhalb von Le Fromaget (Grundabfolge 2).

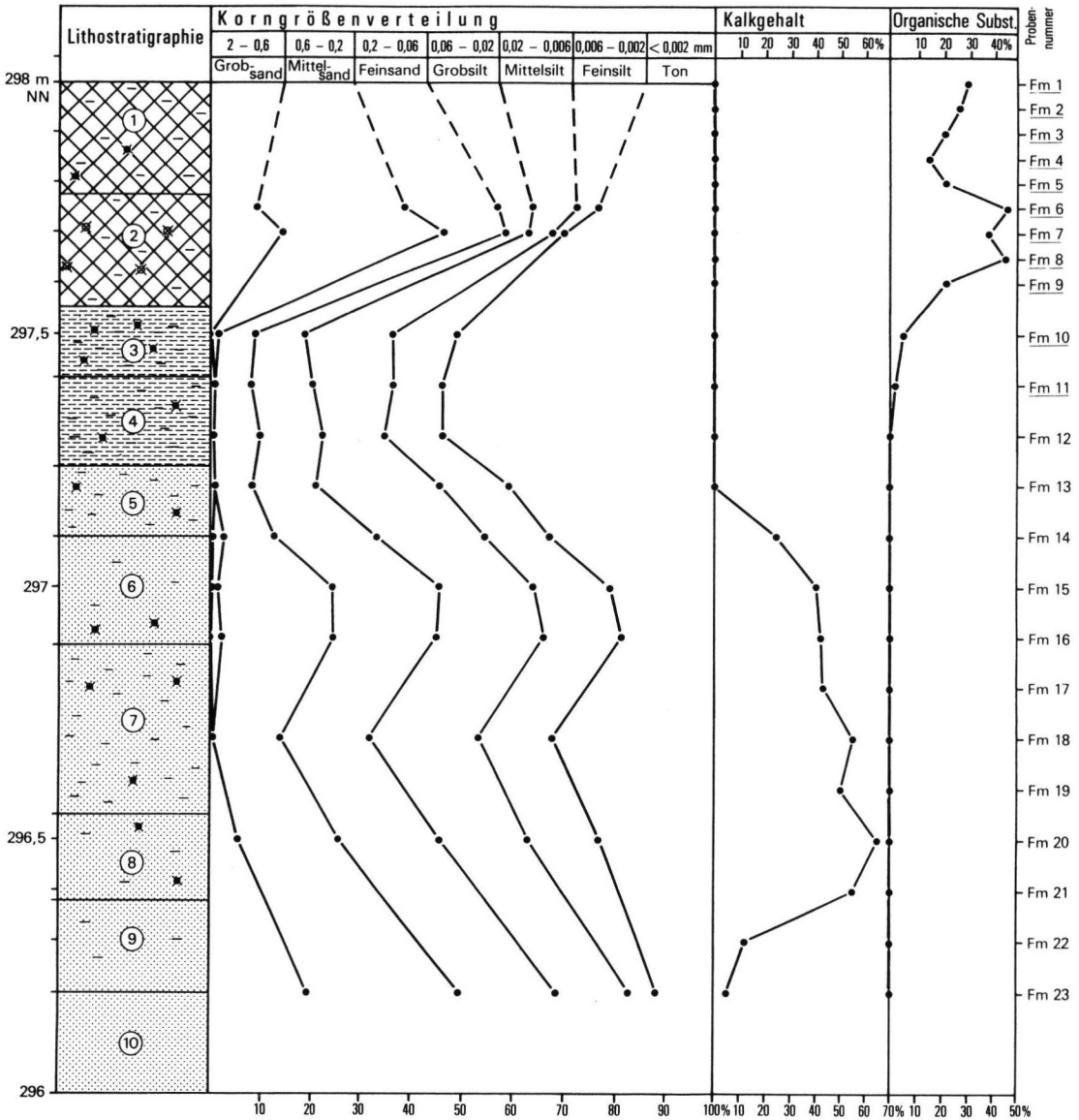


Abb. 7: Lithostratigraphie und Sedimentologie der späteemzeitlichen 298-m-Lignite oberhalb von Le Fromaget (Grundabfolge 2)

Die unterstrichenen Probennummern wurden pollenanalytisch bearbeitet. Siehe auch Abb. 6.

- 1 = Tonige, holzarme Schieferkohlen.
- 2 = Tonige, holzreichere Schieferkohlen.
- 3 = Dunkle Schieferkohlentone mit gepressten Astresten.
- 4 = Hellgrau bis leicht bläuliche, stark tonige Feinsedimente mit gepressten Schilfresten.
- 5 = Hellgrau bis gelbliche, stark tonige Feinstraten mit gepressten Schilfresten.
- 6 = Stark siltige, gelb-graue Feinsedimente mit pflanzlichen Makroresten.
- 7 = Stärker fetter, tonige Feinstraten hellgrauer Färbung mit pflanzlichen Makroresten.
- 8 = Stärker siltige, hellgraue Feinakkumulationen mit pflanzlichen Makroresten.
- 9 = Stärker sandige Feinsedimente von grünlicher Färbung.
- 10 = Grau-braune, leicht tonige Mittelsande.

Die Pollenflora läßt hier einen Fichten-Kiefernwald erkennen, in welchem Tanne, Erle und Birke auf ihnen zusagenden Standorten vorkamen. Vernäsungsflächen, auch offenes Wasser, müssen in der Nähe der Lokalität vorhanden gewesen sein. Als Indiz hierfür kann das Vorkommen des Rohrkolben-Pollens (*Typha*) gelten.

#### 4.2.1.2.3 266m-Lignite in der Kiesgrube Voglans, Proben Nr. 1772—1815

Bei den pollenführenden Schichten der 266 m-Lignite aus dem Süd-Teil der Kiesgrube von Voglans handelt es sich hauptsächlich um tonige Schieferkohlen, deren organischer Anteil bis zu 50 % ausmacht und die zudem sehr kalkarm sind. Nach unten ließ die Pollenführung schlagartig dort nach, wo ab der Probe 1808 die Sandfraktion auf fast 90 % ansteigt (Abb. 3).

Der Aufschluß der 266m-Lignite in der Kiesgrube Voglans wurde in unterschiedlichen Abständen beprobt, je nach Pollenhöflichkeit der Sedimente (Abb. 8). Drei Proben von der Profilbasis, unter 263,40 m N.N., welche grünlich-grauen Sanden entnommen wurden, erwiesen sich nach der Aufbereitung als vollkommen pollenfrei. Nicht einmal die sonst üblichen *Pinus*-Bruchstücke und Farnsporen waren im Rückstand enthalten.

Die Pollenführung der übrigen Proben aus Ligniten und Tonen war zufriedenstellend bis gut. In einigen Proben waren perisporlose Farnsporen in unglaublichen Mengen vorhanden. Im Gegensatz zu den PD aus Le Fromaget ist die Pollenflora hier in Voglans sehr abwechslungsreich und läßt deutlichere Wechsel in der Artenzusammensetzung der Dendroflora erkennen. Das Diagramm wird wie folgt gegliedert:

#### DA d, 263,45 m—263,70 m N.N.:

Hier dokumentiert sich die anspruchsvollste Waldvegetation des gesamten Pollendiagramms: Im BP nimmt *Alnus* mit über 50 % den Hauptanteil ein (Maximum 60,6 %). Die übrigen Holzarten *Picea*, *Abies* und der EMW sind mit etwa gleich hohen Werten zwischen 5 % und 8 % vertreten, *Corylus* hat an der Basis ein Diagramm-Maximum von 12,8 %. *Carpinus* ist mit geschlossener Kurve vorhanden, ebenso wie *Hedera*. Das Vorkommen von *Viscum* an der Diagrammbasis weist zusätzlich auf entsprechende Klimagunst.

Der NBP liegt bei Werten unter 10 %, z. T. mehr als die Hälfte davon entfällt auf *Pocaceae* und *Cypera-*

*ceae*. Trotz des hohen *Alnus*-Anteils am Gesamtpollen sind Zeiger für großflächige Naßstandorte wenig vorhanden, lediglich ein geringes Vorkommen von *Sparganium* verweist auf offenes Wasser.

Das sich hier abzeichnende Waldbild muß sehr wechselhaft gewesen sein: Die Erle kam häufig als Begleiter der Fließgewässer und im Bruchwald vor. Auf etwas trockeneren Standorten stockte ein Mischwald aus Fichte, Tanne und verschiedenen Edellaubhölzern.

#### DA c, 263,70 m—264,07 m N.N.:

Hier hat *Alnus* deutlich an Bedeutung verloren und fällt auf Werte um 10 % ab. Die dominante Holzart in diesem DA ist *Picea*, welche hier mit 57,6 % ihren Maximalwert des gesamten Profils erreicht. *Pinus* und *Betula* sind wie zuvor nur mit geringen Werten um 2 %—6 % vorhanden. Die EMW-Gehölze sind abgesehen von *Ulmus* verschwunden. Auch *Corylus* und *Carpinus* sind stark zurückgegangen und fehlen in einigen Spektren völlig. *Abies* kommt dagegen etwas häufiger vor als im DA d und erreicht fast 14 %.

Der NBP ist wenig verändert, den größten Anteil hierin haben *Cyperaceae*. Der Krautpollen ist aussagegeschwach; deformierte unbestimmbare Pollen sind darin häufig. Von den Wasserpflanzen-PK treten vereinzelt Pollentetraden von *Typha* auf.

Das sich hier abzeichnende Waldbild ist von der Fichte geprägt, der etwas Tanne zugesellt war. Andere Holzarten sind viel seltener als zuvor. Die Waldvegetation muß jetzt viel eintöniger gewesen sein.

#### DA b, 264,07 m—264,50 m N.N.:

Der DA b mit Sedimentwechsel der Profilsäule von Ligniten zu grauen Tonen und erneut Ligniten und wieder zu Tonen enthält auch eine andere BP-Zusammensetzung als zuvor: *Picea* verliert an Bedeutung und geht auf 13,7 % zurück, *Pinus* ist jetzt der Hauptpollenlieferant. Diese Holzart erreicht hier mit 59,5 % den höchsten Anteil im gesamten Profil. *Abies* und *Alnus* gehen weiter zurück und sinken unter 5 %. *Betula* hingegen nimmt zu und erreicht einen Gipfel mit 22,9 %. Im mittleren Bereich des DA sind alle EMW-Arten und *Corylus* vertreten. In zwei Spektren kommt auch *Fagus* vor, allerdings nur mit jeweils einem PK.

Der NBP bleibt weiterhin bei niedrigen Werten unter 10 %, *Cyperaceae* sind auch hier am häufigsten vertreten. Der wenige Krautpollen ist etwas artenreicher, aber immer noch aussagegeschwach. Im gesamten DA

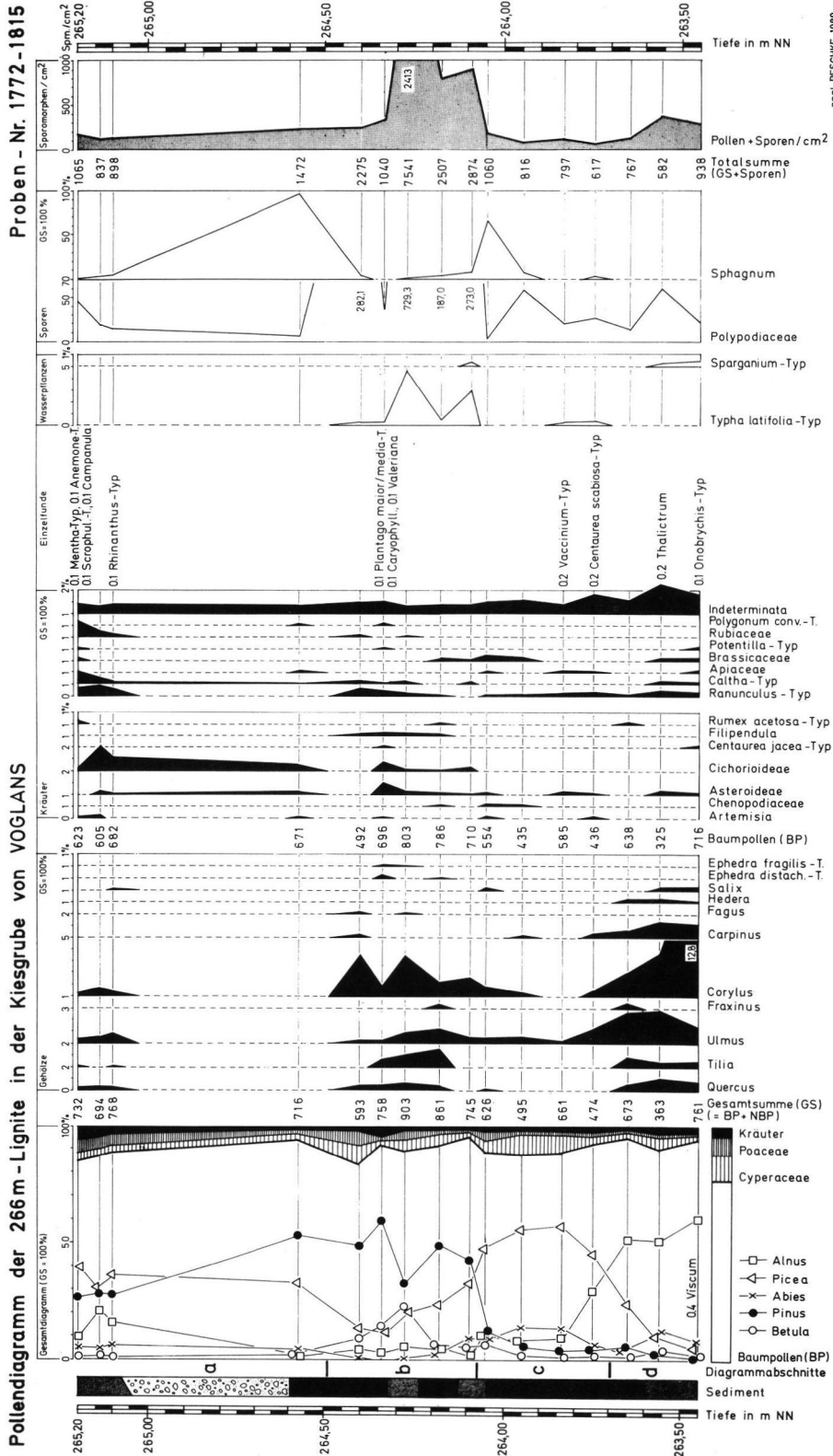


Abb. 8: Pollendiagramm der 266 m-Lignite in der Kiesgrube von Voglans (Grundabfolge 2).



kommen *Typha*-Tetraden vor, mit einem Spitzenwert von 4,8 %. In allen hier analysierten Probenrückständen wurden massenhaft perisporlose Farnsporen gefunden, vereinzelt auch Sporen von *Polypodium* (im Diagramm nicht verzeichnet). Vermutlich sind ganze Sporangien in das Sediment gelangt, die erst bei der Aufbereitung ihren Sporenhalt freisetzen.

Das Waldbild hat sich jetzt zu einem Kiefern-Fichtenwald gewandelt, wo auf Sonderstandorten Laubgehölze des EMW und Haselnuß vorgekommen sind. Das Vorhandensein des Pollens von den sehr heliophilen Zwergsträuchern Meerträubel (*Ephedra* — beide Typen) weist darauf hin, daß auch lichte Stellen im Wald vorhanden gewesen sein müssen.

DA a, 264,50 m—265,20 m N. N.:

Der oberste DA umfaßt im Profil die längste Strecke, besteht aber nur aus vier Pollenspektren. Die im oberen Teil des Profils anstehenden uneingeregelter Schotter mit taschenförmigen Sandlinsen an ihrer Basis wurden nicht beprobt. Das unterste Pollenspektrum bei 264,58 m wurde noch aus rötlich-braunen Lignittonen gewonnen, die drei oberen entstammen dunklen Lignittonen.

Im BP dieses Abschnittes gewinnt *Picea* auf Kosten von *Pinus* wieder etwas an Bedeutung, auch *Abies* und *Alnus* nehmen nach oben wieder zu. *Betula* ist auf sehr niedrige Werte um 1 %—2 % zurückgegangen. Andere Laubgehölze fehlen an der Basis vollkommen. Erst in den oberen Lignittonen kommt etwas EMW und *Corylus* vor.

Im NBP hat sich nicht viel geändert, *Cyperaceae* und *Poaceae* stellen immer noch über die Hälfte des Pollenniederschlags. Im Krautpollen dominieren die PK der milchsafftführenden Korbblütler. Der Anteil des unbestimmbaren Pollens schwankt auch hier um 1 %. Die hohe Beteiligung der Farnsporen hat nachgelassen. PK von Wasserpflanzen fehlen.

Die Pollenflora des DA a läßt weiterhin einen Fichten-Kiefernwald mit etwas Tanne vermuten, in welchem zuletzt einige EMW-Gehölze und etwas Erle vorkamen, je nach den Standortbedingungen.

#### 4.2.1.3 Die biostratigraphische Einstufung der Pollenprofile von Le Fromaget und Voglans

Die hier untersuchten Profile weisen alle auf von Nadelhölzern beherrschte Waldzeiten hin, wobei Kiefer und Fichte am häufigsten vorkommen. Da-

neben ist aber auch die Tanne in allen Diagrammen mit Maximalwerten um 10 %—14 % an der Pollenflora beteiligt. Von Erle und Birke abgesehen, sind Laubgehölze oft schwach vertreten und fehlen in etlichen Spektren gänzlich. Somit scheidet eine interglaziale Zeitstellung aller Diagramme — zumindest aus dem Klimaoptimum der Warmzeit — mit Sicherheit aus, denn dann müßten bei der geographischen Lage und Meereshöhe des Val du Bourget thermophile Laubgehölze viel häufiger sein. Die Dominanz der Nadelbäume in den hier vorgelegten Diagrammen weist eher auf interstadiale Klima- und Vegetationsverhältnisse, wie sie am nördlichen Alpenrand in der Schweiz und in Süddeutschland in ähnlichen Sedimenten schon vielfach gefunden worden sind. Die Schieferkohlen bzw. Lignite des schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorlandes enthalten meist die Pollenflora borealer Nadelwälder verschiedener Frühwürm-Interstadiale (PESCHKE 1983).

Interglaziale Pollenfloren mit typischer thermophiler Laubwaldflora sind eher in limnisch-organogenen Ablagerungen (z. B. Seekreiden) oder Seetonen gefunden worden. Zum biostratigraphischen Vergleich der oft kurzen Pollensequenzen aus den Schieferkohlen fehlt auf der Alpennordseite immer noch ein aus einer Bohrung gewonnenes Vergleichsdiagramm, welches die Vegetationsveränderungen des Jungpleistozäns komplett und lückenlos widerspiegelt. Das lange Profil von Samerberg in Oberbayern (GRÜGER 1979) setzt sich leider aus verschiedenen Bohrungen und Aufschlüssen zusammen und ist nicht frei von Schichtlücken und außerdem in seiner zeitlichen Einstufung noch umstritten. Das Pollenprofil aus der Grande Pile in den Westvogesen (WOILLARD 1975, 1978) ist wegen der geographischen Lage der Lokalität nur bedingt als Vergleichsdiagramm für oberbayerische Schieferkohlen geeignet.

Für die Pollendiagramme aus dem Val du Bourget sind Vergleichsprofile nördlich der Alpen aus geographischen Gründen ungeeignet, da die heutigen Klimaregionen und Wuchsbezirke zu unterschiedlich sind und sicherlich auch in der Vergangenheit waren. Es muß deshalb auf palynologische Untersuchungen zurückgegriffen werden, welche in den französischen Nordalpen und besonders im Val du Bourget in großer Zahl von GREMMEN (1982) durchgeführt worden sind.

Die Pollensequenzen der hier bearbeiteten Sedimente von oberhalb Le Fromaget und Voglans-Süd lassen sich in vier verschiedenen Waldbildern zusammenfassen und nach ihrer klimatischen Aussage vom „kältesten“ zum „wärmsten“ Typ wie folgt gliedern:

Typ I:	Fichten-Kiefernwald mit Tanne (um 2 %) und wenig thermophilen Laubgehölzen:	Le Fromaget 305 m-Lignite DA b Voglans 266 m-Lignite DA a, b.
Typ II:	Fichten-Kiefernwald mit Tanne (um 10 %) mit wenig thermophilen Holzarten:	Le Fromaget 305 m-Lignite DA c Le Fromaget 298 m-Lignite DA a.
Typ III:	Fichten-Tannenwald mit Erle und wenig Thermophilen, sowie sehr wenig Kiefer:	Voglans 266 m-Lignite DA c.
Typ IV:	Fichten-Tannenwald mit Erle, EMW, Haselnuß und Hainbuche; wenig Kiefer:	Le Fromaget 305 m-Lignite DA a. Le Fromaget 298 m-Lignite DA b. Voglans 266 m-Lignite DA d.

Diese Waldgesellschaften erlauben im Vergleich mit dem Gesamtdiagramm 7 aus dem Val du Bourget (Fig. 12 in GREMMEN 1982) nach der Pollenvergesell-

schaffung — unberücksichtigt der Höhenlage der Lokalität oder petrographischer Belange — folgende Zuordnung:

Typ I:	Sonnaz I — Interstadial (PD Sonnaz-Pessey Spektrum Nr. 2—4) Voglans — Interstadial (PD Voglans I Spektrum Nr. 18—24)
Typ II:	Ruisseau des Combes — Interglazial (PD Ruisseau des Combes Spektrum Nr. 33—36)
Typ III:	Tremblay — Interstadial (PD La Motte-Servolex Spektrum NR. 19—22)
Typ IV:	Ruisseau des Combes — Interglazial (PD Ruisseau des Combes Spektrum Nr. 18—23)

(Zur Chronostratigraphie der Val du Bourget-Interstadiale siehe Tabelle 1 und 2)

Vor wenigen Jahren wurde in einem Moor bei Les Echets in der Nähe von Lyon, ca. 80 km westlich des Val du Bourget in 267 m Meereshöhe, ein 39 m langes Profil erbohrt und palynologisch untersucht (DE BEAULIEU u. REILLE 1984 a, b). Das Pollendiagramm ergab eine zusammenhängende Vegetationsabfolge des Jungpleistozäns vom Ende des Riß bis in das ausklingende Würm. Die einzelnen Vegetationsphasen konnten mit der Grande Pile — Biostratigraphie (WOILLARD 1975, 1978) parallelisiert werden und ergaben weitgehend Übereinstimmung mit der dortigen Zonierung.

Eine Parallelisierung der hier beschriebenen Profile von Le Fromaget und Voglans mit dem Diagramm Les Echets ist allerdings schwierig. Vor allem, weil in Les Echets die Nadelbäume Fichte und Tanne mit wesentlich geringeren Werten auftreten als im Val du Bourget — jedenfalls außerhalb des Klimaoptimums im Eem (Pollenzone B). Möglicherweise ist hier die geographische Lage außerhalb der Alpen dafür verantwortlich und das trocken-warme Klima der Rhone-Niederung wird die vermehrte Ausbreitung der Laubgehölze (Eichenmischwald, Hainbuche, Hasel) begünstigt haben. Bei Berücksichtigung dieser Kriterien kommt für eine Parallelisierung der hier vorgelegten Diagramme eigentlich nur das ausklingende

Eem (Pollenzone B bei 34,5 m—34,7 m) oder der jüngere Teil der Pollenzone D bei 32,1 m—32,5 m (St. Germain Ic) in Frage.

Hierin bestätigt sich erneut die an oberbayerischen Schieferkohlen gemachte Erfahrung, daß kurze Pollensequenzen biostratigraphisch schlecht mit längeren Pollenprofilen in Übereinstimmung gebracht werden können, da sie sich oft an mehrere Stellen der Pollendiagramme einfügen lassen. Eine einigermaßen zuverlässige chronostratigraphische Eingliederung ist daher nur mit Hilfe anderer Datierungsmethoden und unter Berücksichtigung der sedimentologischen Gegebenheiten der Lokalität möglich.

### 4.3 Die stratigraphische Grundabfolge 3

Wie bereits im Unterkapitel 3.4 beschrieben, ist die Existenz einer dritten, untersten stratigraphischen Grundabfolge 3 lithologisch heute als nahezu gesichert anzusehen. Nur biostratigraphisch läßt sich ihre Existenz bisher noch nicht eindeutig nachweisen.

Dies liegt einmal daran, daß die Pollenanalysen von den Schieferkohlen der Grundabfolge 2 und 3 in der Kiesgrube von Voglans wohl eine ganze Reihe von

Gemeinsamkeiten, aber auch von Gegensätzen ergeben haben (GREMMEN, 1982, Diagramme 3, 5). Eine eindeutige biostratigraphische Beweisführung für die Existenz der dritten stratigraphischen Grundabfolge wird unter Umständen die bereits in Angriff genommene neuerliche pollenanalytische Bearbeitung der 250-m-Lignite in der Kiesgrube Aéroport du Bourget bringen.

Auf Grund der neuen lithostratigraphischen Erkenntnisse in der Kiesgrube von Voglans müßte das Hauptlignitniveau der Grundabfolge 3 bereits in das vorletzte Interglazial, das Mindel-Riß-Interglazial zu stellen sein und nicht in ein Riß-Interstadial, wie es der palynologische Bearbeiter der 250-m-Lignite von Voglans, GREMMEN (1982: 81), vorgeschlagen hat.

Das Fehlen von Pollen in den Sanden, Schluffen und Tonen, die unter den Schieferkohlen der Grundabfolge 3 in Voglans-Bouvard und der Kiesgrube Aéroport du Bourget erbohrt worden sind, verweist wahrscheinlich darauf, daß es sich bei ihnen um stadialzeitliche Bildungen, wahrscheinlich der auslaufenden drittletzten alpinen Hauptvereisung, dem klassischen Mindel handelt. (Abb. 2, Tabelle 1).

Wie bei der Grundabfolge 2 wurden in den Schottern über den Ligniten der Grundabfolge 3 Makrofossilien gefunden. In der Kiesgrube von Voglans war es nach Aussagen eines dort tätigen Arbeiters ein 250 cm langer, 20 cm dicker und deutlich gekrümmter Stoßzahn, der dieser Schilderung nach eigentlich von einem stadialzeitlichen Mammut (*Mammonteus primigenius*) herkommen müßte. In der Kiesgrube Aéroport du Bourget wurde über den 250-m-Ligniten neben eher interglazialzeitlichen Relikten von Tannenhölzern und eines Rothirsches (*Cervus elaphus*) ein wohl interstadialzeitlicher Kiefernstubben geborgen. Wegen seiner zu geringen Länge konnte jedoch nicht entschieden werden, ob es sich bei dem ebenfalls in dieser Kiesgrube gefundenen Stoßzahn um den eines Mammuts (*Mammonteus primigenius*) oder eines Waldelefanten (*Palaeoloxodon antiquus*) handelt (HANNS et al. 1978: 55).

Die Existenz der dritten Grundabfolge im Val du Bourget bestätigt die von SCHLÜCHTER (1987: 113) geäußerte Vermutung, daß nicht die zweit-, sondern die drittletzte Eiszeit die bedeutendste des mittleren Pleistozäns gewesen ist. Dies steht auch im Einklang mit den von WELTEN (1982: Diagramm 1a) in Meikirch erzielten Ergebnissen und seiner Interpretation durch SCHLÜCHTER (1987: 112).

## 5 Die chronostratigraphischen Ergebnisse

Im allgemeinen bestätigen die zahlreichen konventionellen wie angereicherten <sup>14</sup>C-Datierungen

die <sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th-Altersbestimmungen (Tabelle 2). Bei den Radiokarbondatierungen, die für die letztinterglazialzeitlichen bzw. frühen Fichten-Kiefern-Interstadiale endliche Alter erbracht haben, ist davon auszugehen, daß bei der Probenpräparierung bestimmte organische Verunreinigungen nicht völlig eliminiert werden konnten.

Die Chambéry-Warmzeit, unter der das R<sup>au</sup> des Combes-Interglazial (= Eem) sowie das Tremblay (= St. Germain I) und das La Croix-Rouge-Interstadial (= St. Germain II) von GREMMEN (1982: Fig. 14) in Tabelle 1 zusammengefaßt wurde, wird nur durch mehrere <sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th-Datierungen bezüglich ihres Absolutalters erfaßt. Ihnen zufolge müßte die dreigliedrige Chambéry-Warmzeit von rund 120 000 B.P. bis 90 000 B.P. gedauert haben.

Unvereinbar ist das <sup>234</sup>U-<sup>230</sup>Th Alter von 85 000 ± 5 000 B.P. für die 250-m-Schieferkohlen der Kiesgrube von Voglans mit der bio-, besonders aber lithostratigraphisch gut begründbaren Hypothese, daß es sich dabei um eine präeemzeitliche, möglicherweise bereits Mindel-Riß interglazialzeitliche Warmphase handelt. Chronostratigraphisch konnte also die Existenz der Grundabfolge 3 im Val du Bourget ebenso wenig wie eindeutig biostratigraphisch nachgewiesen werden.

## 6 Gelöste und ungelöste Probleme der jungpleistozänen Quartärstratigraphie im Val du Bourget

In den Banquetten des Val du Bourget sind die von oben nach unten älter werdenden Grundabfolgen 1 und 2 entwickelt. Sie überlagern beide transgressiv eine alte, völlig entkalkte Moräne. Die Feinakkumulationen der Grundabfolge 2 gehen dagegen direkt im Liegenden in Glazialablagerungen über, die fast ebenso frisch und kalkreich wirken wie die wärmzeitliche Hangendmoräne der Grundabfolge 1.

Die in den beiden oberen Sequenzen enthaltenen Schieferkohlen gehören in der Grundabfolge 2 wahrscheinlich zum Eem und St. Germain I, in der Grundabfolge 1 zum gleichfalls noch einen wärmzeitlichen Charakter aufweisenden St. Germain II bzw. vier Fichten-Kiefer-Interstadialen, die wesentlich kühlere Klimaverhältnisse widerspiegeln. Diese Interpretation deckt sich prinzipiell mit den von WOILLARD (1978: 5–8) in der Grande Pile und den von DE BEAULIEU, REILLE (1984b: 6–7) in Les Echets erzielten Ergebnissen.

WELTEN (1982, Diagramm 1b) fand unter anderem in Meikirch ebenfalls drei interglazialzeitliche Warmzeiten. Deren oberste stellt er in das Eem, die beiden

Tabelle 2: <sup>14</sup>C- und <sup>234</sup>U- und <sup>230</sup>Th-Datierungen der Schieferkohlenformationen im Val du Bourget. Nach GREMMEN 1982 und HANNSS 1982. Vergleiche auch mit Tabelle 1.

Fundort, Grundabfolge	Alter in B.P.	Datierungsmethoden		Pollenanalytisches Alter	Labor, Labornummer
		<sup>14</sup> C.	<sup>14</sup> C-Anreicherung		
<b>Grundabfolge 3:</b>					
Voglans, 265 m.	32 920 + 440 - 1300	+		W III (=Mittelwürm)	HV 14586
Kiesgrube Aéroport du Bourget, 269 m.	>50 000	+		W I (=Frühwürm)	H4179-3450
Kiesgrube Aéroport du Bourget, 269 m.	>71 000	+		W I (=Frühwürm)	GRN-11645
<b>Grundabfolge 1:</b>					
Pessey-Sonnaz, 341 m.	>72 800		+	Sonnaz II-Interstadial	GRN-7704
Pessey-Sonnaz, 341 m.	>60 000		+	Sonnaz II-Interstadial	Mangini, Heidelberg
Pessey-Sonnaz, 341 m.	69 700 + 2500 - 1900		+	Tillet II-Stageal	GRN-9092
Pessey-Sonnaz, 322 m.	51 900 +13500 - 4800	+		La Croix-Rouge III-Interstadial	GRN-7427
La Croix-Rouge, 315 m.	>46 200	+		La Croix-Rouge I-Interstadial	GRN-7428
La Croix-Rouge, 315 m.	67 700 + 2700 - 2000		+	La Croix-Rouge I-Interstadial	GRN-7515
La Croix-Rouge, 315 m.	93 000		+	La Croix-Rouge I-Interstadial	Mangini, Heidelberg
<b>Grundabfolge 2:</b>					
Servolex, 275 m.	102 000 +12000 -12000			Tremblay-Interstadial	Vogel, Pretoria
Servolex, 270 m.	85 000			Tremblay-Interstadial	Mangini, Heidelberg
Rau des Combes, 282 m.	96 000 + 9000 - 9000			Tremblay-Interstadial	Vogel, Pretoria
Unterhalb Les Ciseaux, 295 m.	37 500 + 1550 - 1900	+		Tremblay-Interstadial ?	H 4176-3449
Voglans, 280 m.	>48 200	+		Rau des Combes Interglazial	GRN-718181
Voglans, 280 m.	>67 700		+	Rau des Combes Interglazial	GRN-7490
Voglans, 280 m.	>69 700		+	Rau des Combes Interglazial	GRN-7257
Voglans, 280 m.	91 000 + 6000 - 6000		+	Rau des Combes Interglazial	Vogel, Pretoria
Voglans, 280 m.	115 000 + 8000 - 8000			Rau des Combes Interglazial	Vogel, Pretoria
Servolex, 268 m.	107 000		+	Rau des Combes Interglazial	Mangini, Heidelberg
Servolex, 275 m.	>48.200	+		Rau des Combes Interglazial	GRN-7209
Servolex, 275 m.	74 500 + 8100 - 4000		+	Rau des Combes Interglazial	GRN-7498
Rau des Combes, 282 m.	73 500 + 2400 - 1900		+	Rau des Combes Interglazial	GRN-8861
<b>Grundabfolge 3:</b>					
Voglans, 255 m.	59 600 + 1300 - 1100		+	Voglans-Interstadial	GRN-6974
Voglans, 255 m.	>72 200		+	Voglans-Interstadial	GRN-7391
Voglans, 255 m.	85 000 + 5000 - 5000			Voglans-Interstadial	Vogel, Pretoria
Kiesgrube Aéroport du Bourget, 260 m.	>45 000			Voglans-Interstadial	Mangini, Heidelberg
Kiesgrube Aéroport du Bourget, 260 m.	>46 000		-	Voglans-Interstadial	H4118-3259

untersten dagegen in das Holstein I und II. Mit dieser Interpretation stimmt im Val du Bourget die Tatsache überein, daß hier bisher nirgends ein einwandfreier stratigraphischer Konnex zwischen der Grundabfolge 2 mit ihren zwei Warmperioden und der hangenden Grundabfolge 1 mit nur einem warmzeitlichen Gipfel beobachtet werden konnte. Nach den im Val du Bourget bisher erzielten chronostratigraphischen Ergebnissen (Tabelle 2) kann die Grundabfolge 2 trotzdem nicht in das Holstein gestellt werden.

Mit ziemlicher Sicherheit ist heute davon auszugehen, daß die 250 m—260 m Lignite im Val du Bourget einer untersten Grundabfolge 3 angehören. Die unter den Schieferkohlen dieser Sequenz anstehende Moräne ist im Gegensatz zu den unter der Grundabfolge 2

und den über der Grundabfolge 1 entwickelten Glazialakkumulationen stark verwittert und nahezu kalkfrei. Sie muß auch wegen dieses sedimentologischen Charakteristikums wesentlich älter als die kalkreiche Liegendmoräne der Grundabfolge 2 und die Hangendmoräne der Grundabfolge 1 sein.

Aus den im Val du Bourget erzielten, vor allem auch lithostratigraphischen Ergebnissen ergibt sich, daß das Ausmaß der glazialen Erosion vor der Akkumulation der Sedimente der Grundabfolge 1 und 2 wesentlich geringer gewesen ist als vor der Sedimentation der die Grundabfolge 3 aufbauenden Akkumulationen. Das läßt sich daraus ableiten, daß die Beckenfüllung des Eisrückzugsees vor der Schieferkohlenbildung im Bereich der Grundabfolge 3 wesentlich mächtiger

gewesen ist (Abb. 2, Tabelle 1) als die der Grundabfolge 2 soweit sich das in der Kiesgrube von Voglans jüngst beobachten ließ.

Das würde bedeuten, daß nicht das klassische Riß, sondern die Vereisung davor, daß klassische Mindel, in den französischen Nordalpen durch die mächtigeren Gletscher ausgezeichnet war. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen ist SCHLÜCHTER (1987: 113) auf der Nordseite der Schweizer Alpen gekommen.

Offene Fragen stellen sich trotz einer relativ großen Anzahl in den letzten Jahren in ihnen gemachter Fossilfunde noch bezüglich der bio- und chronostratigraphischen Position der in den drei Grundabfolgen auftretenden Schotter. Diese gehen nur in der Grundabfolge 1 kontinuierlich über Sande und Schluffe in die liegenden Schieferkohlen über, während in den anderen Grundabfolgen zwischen den Ligniten und hangenden Schottern bis auf zwei Ausnahmen bisher stets mehr oder weniger ausgeprägte fluviatile Erosionsdiskordanzen beobachtet worden sind.

Die im Val du Bourget auftretenden Geröllablagerungen stellen auch deshalb ein stratigraphisches Problem dar, weil sie immer wieder in gleichen absoluten Höhen wie die Feinakkumulationen samt ihren Schieferkohlenformationen auftreten. Möglicherweise sind wenigstens einige der Schotterlagen in die Feinsedimente mit ihren Schieferkohlenniveaus nach Phasen der glazialen Erosion eingeschachtelt worden. Es muß aber auch damit gerechnet werden, daß das Vorkommen von Fein- und Grobablagerungen auf gleicher Höhe auf räumlich ungleiche Sedimentationsprozesse in den spätpleistozänen Hauptentwässerungsläufen zurückgeht. Auf Staffelbrüche dürften hingegen die wenigsten dieser Eigenheiten in Bezug auf die Verbreitung der Schotter in den Banquettes des Val du Bourget zurückzuführen sein.

## 7 Schriftenverzeichnis

- BEAULIEU, J.-L. DE & REILLE, M. (1984 a): A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets near Lyon, France. — *Boreas* 13: 111—132, 6 Abb.; Oslo (Universitetsforlaget).
- BEAULIEU, J.-L. DE & REILLE, M. (1984 b): The pollen sequence of Les Echets (France): a new element for the chronology of the Upper Pleistocene. — *Géographie Physique et Quaternaire* 38: 3—9, 2 Abb.; Paris (Presses de l'Université de Montréal).
- BOURDIER, F. (1961): Le bassin du Rhône au Quaternaire. 364 S., 296 Abb.; Paris (Editions du CNRS).
- DEBELMAS, J. (1970): Alpes (Savoie et Dauphiné). 213 S., 119 Abb.; Paris (Masson & Cie).
- GREMMEN, W. H. E. (1982): Palynological investigations on late Pleistocene deposits in southeastern France. 94 S., 14 Abb., 3 Tab., 11 Tafeln; Groningen.
- GRÜGER, E. (1979): Spätriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern — ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. — *Geologica Bavarica* 80: 5—64, 3 Abb., 6 Tab., 3 Tafeln; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- HANNS, CH. (1982): Spätpleistozäne bis postglaziale Talverschüttungs- und Vergletscherungsphasen im Bereich des Sillon alpin der französischen Nordalpen. — Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 4: 213 S., 58 Abb., 18 Tab., 13 Tafeln; Wien (Österreichische Akademie der Wissenschaften).
- HANNS, CH., KOENIGSWALD, VON W. & A. MILLION-ROUSSEAU, A. (1978): Découvertes d'ossements fossiles dans la sablière au SSW de la base du Bourget-du-Lac (Savoie). — *Annales du Centre Universitaire de Savoie, Sciences Naturelles*, 3: 53—57, 1 Abb.; Chambéry.
- NICOUD, G. (1979): Deux exemples de difficultés rencontrées par le génie civil dans le Quaternaire chambérien. — Documents du BRGM, Colloque National, Lyon 13—14 mars 1979, Connaître le Sous-Sol, un Atout pour l'Aménagement Urbain, 2: 859—872, 9 Abb.; Lyon.
- PESCHKE, P. (1983): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. — *Geologica Bavarica* 84: 69—99, 8 Abb., 1 Tafel; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- PILLET, L. (1883): Etude sur les terrains quaternaires de l'arrondissement de Chambéry. — *Mémoires de l'Académie Impériale de Savoie, série 3*: 285—337, Chambéry.
- RENAULT-MISKOVSKY, J. (1986): Relations entre les spectres archéo-polliniques du Sud-Est de la France et les oscillations climatiques entre 125 000 ans et le maximum glaciaire. — *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 25—26: 56—62, 2 Abb.; Paris (Maison de la Géologie).
- SCHAEFFER, I. (1981): Die glaziale Serie. Gedanken zum Kernstück der alpinen Eiszeitforschung. — *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 25: 271—289, 6 Abb.; Berlin (Gebrüder Bornträger).
- SCHLÜCHTER, CH. (1987): Talgenese im Quartär, eine Standortbestimmung. — *Geographica Helvetica*, 42: 109—115, 2 Abb.; Zürich (Fotrotar).
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Diagrammheft. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N. F., 156: 44 Tafeln, Bern.
- WOILLARD, G. M. (1975): Recherches palynologiques sur le Pleistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. — *Acta Geographica Louvaniensia* 14: 118 S., 7 Abb., 8 Tab., 40 Tafeln; Louvain-La-Neuve.
- (1978): Grande Pile peat bog: a continuous pollen record for the last 140 000 years. — *Quaternary Research* 9: 1—21, 5 Abb., 1 Tab., New York (Academic Press).
- & MOOK, W. (1982): Carbon-14 dates at Grande Pile: Correlation of land and sea chronologies. — *Science*, 215: 59—161, 2 Abb.; Washington (American Association for the Advancement of Science).