

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	34	87—103 7 Abb.	<i>Hannover 1984</i>
----------------------------------	----	------------------	----------------------

Die warmzeitlichen Ablagerungen am R^{au} de l'Amourette (Trièves, französische Alpen*)

WILHELMUS GREMMEN, CHRISTIAN HANNSS & JEAN JACQUES PUISSEUR **)

Interglacial deposits, clayey, silty, sediments, intramontane basin, fossiliferous material, limestone gravel, moraine, cristalline components, biostratigraphy, borehole section, pollen analysis, chronostratigraphy, grain size distribution, organic material, interpretation.
French Alps, Savoie

Kurzfassung: Im Trièves, einem südlich von Grenoble gelegenen intramontanen Hochbecken, konnten in vorwiegend tonig-siltigen Ablagerungen palynologisch und malakologisch wenigstens zwei Perioden warmzeitlichen Klimas nachgewiesen werden. Sie gehören wahrscheinlich dem Eem bzw. dem Frühwürm an. Die fossilführenden Schichten werden von lokalen Kalkschottern unterlagert und von einer kristalline Anteile führenden Moräne überdeckt.

[Les dépôts interglaciaires au R^{au} de l'Amourette (Trièves, Alpes françaises)]

Résumé: Dans le Trièves, un bassin intraalpin au Sud de Grenoble, l'analyse palynologique et malacologique d'une assise essentiellement argilo-silteuse a montré l'existence d'au moins deux phases climatiques chaudes. Elles appartiennent vraisemblablement à l'Eemien et au début du Würm. Les couches fossilifères analysées reposent sur des graviers calcaires locaux. Elles sont recouvertes par du matériau morainique contenant du cristallin.

[The Interglacial Deposits at the R^{au} de l'Amourette (Trièves, French Alps)]

Abstract: At least two major climatic warm phases are attested by malacological and palynological evidence in dominantly clayish-silty sediments of the Trièves, an intra-montane basin south of Grenoble. They belong probably to the Eem-Interglacial as well as to the Early Würm. The layers with the fossiles are found above local limestone gravels and underneath a moraine with cristalline components.

*) Dank für die Mithilfe bei der Probennahme und wertvolle Ratschläge bei der Interpretation der erzielten Ergebnisse sei Herrn Prof. van Zeist gesagt, Herrn Prof. Mook, Herrn Dr. Mangini und Herrn Dr. Ikeya für die durchgeführten Datierungen und Herrn Dr. Monjuvent für gemeinsame Geländebegehungen und hilfreiche Diskussionsbeiträge. Nicht zuletzt sei der DFG für die finanzielle Unterstützung des Projekts gedankt.

**) Anschriften der Autoren: Dr. W. H. E. GREMMEN, Biologisch-Archaeologisch Instituut der Rijks-Universiteit te Groningen, Poststraat 6, NL-9712 ER Groningen. — Prof. Dr. Ch. HANNSS, Geographisches Institut der Universität Tübingen, Hölderlinstraße 12, D-7400 Tübingen. — Dr. J. J. PUISSEUR, Institut des Sciences de la Terre de l'Université de Dijon, 6, Boulevard Gabriel, F-2100 Dijon.

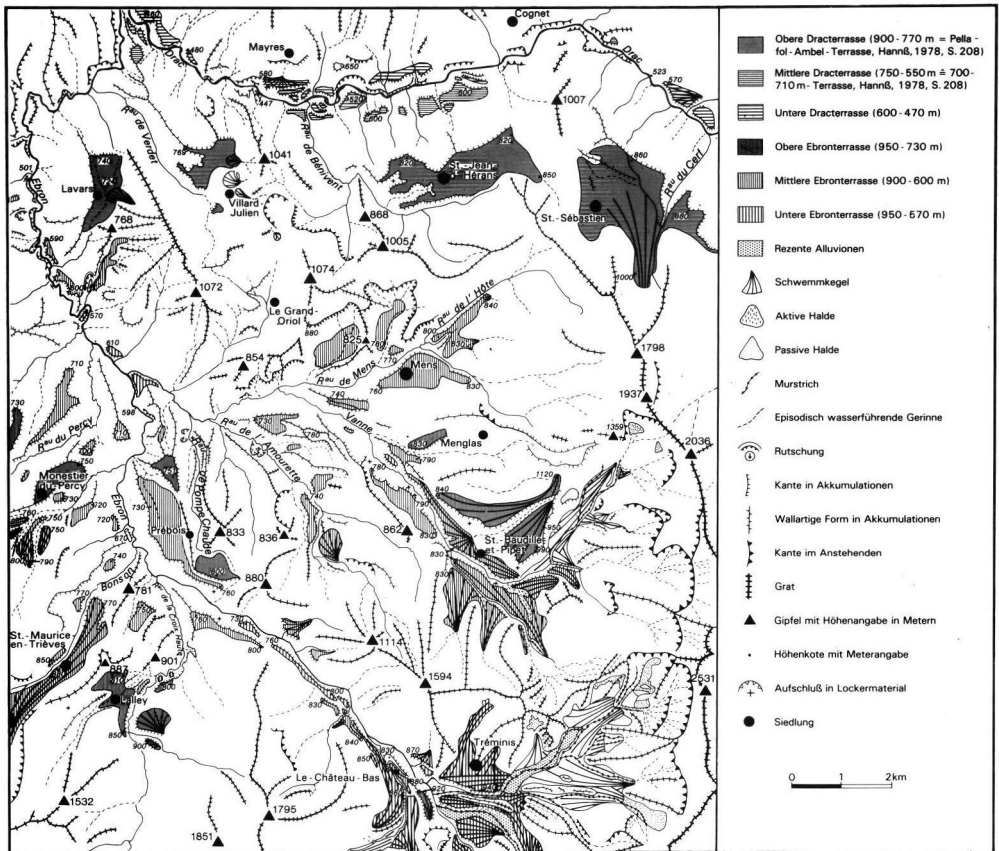


Abb. 1: Geomorphologische Skizze des Trièves. (Nach Gelände- und Luftbildkartierungen unter Berücksichtigung von MONJUENT (1978 und 1973) sowie der Cartes Géologiques de France 1:50000 Mens (XXXII-37), Luc-en-Diois (XXXII-38), La Chapelle-en-Vercors (XXXII-36) und St.-Bonnet-de-Joux (XXXIII-37).

1. Einleitung

Südlich von Grenoble erstreckt sich in durchschnittlich 700 bis 900 m Höhe zwischen den Kalkgebirgen des Vercors im W und des Dévoluy im SE ein intramontanes Hochbecken, das Trièves. Es wird weitgehend von dunklen Schiefen, den "Terres Noires" des oberen Dogger bzw. unteren Malm, aufgebaut.

Bereits P. LORY (BOURDIER 1961: 34) hatte in den pleistozänen Ablagerungen des Trièves organische Einschlüsse entdeckt. Dieser Befund wurde in jüngerer Zeit durch ARCHAMBAULT (nach EVIN et al. 1979: 423) und HANNSS (1982: 115ff.) bestätigt. Einer

der fossilführenden Aufschlüsse ist in den letzten Jahren eingehend untersucht worden. Er befindet sich auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette, rund 3 km WSWlich von Mens (Abb. 1). Die hier anstehenden quartären Ablagerungen setzen sich aus einer mächtigen fossiliferen Schotterabfolge im Liegenden sowie sie überlagernden, fossilführenden tonig-siltigen Sedimenten zusammen, die ihrerseits von mehreren Schotterbänken gegliedert werden. Den oberen Teil bilden fossilfreie Vorstoßschotter, die im Hangenden in Moränen mit Kristallinanteilen übergehen.

Das submediterrane Klima mit relativ hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen, insbesondere im Sommer, begünstigt in der collinen Stufe des Trièves heute eine trockenheitsangepaßte Vegetation, als deren wichtigste Baum- und Strauchvertreter, neben *Juniperus communis*, *Buxus sempervirens*, *Prunus mahaleb*, *Amelanchier ovalis*, *Acer monspessulanum*, vor allem *Quercus pubescens* anzusehen ist. Daneben tritt *Corylus avellana* mitunter häufig auf. Bezüglich der Kräuter sind in diesen von Natur aus lichten Niederwäldern der collinen Stufe *Bromus erectus*, *Astragalus monspessulanus* und *Artemisia alba* häufig. Wie in den gesamten S-Alpen fehlt in der collinen Stufe des Trièves bereits *Carpinus betulus*, in der montanen Stufe (800–1500 m) *Picea*!

In der montanen Stufe können drei Vegetationsuntereinheiten ausgeschieden werden. Die unterste ist durch das Vorherrschen von *Pinus silvestris* gekennzeichnet, der viel *Betula* und *Populus tremula* beigemischt ist. Auf mesophilen Standorten finden sich Buchenformationen, während sich bei höherer Feuchtigkeit Tannen-Buchenbestände einstellen. Die subalpine Stufe (1500–2100 m) bilden im Trièves lichte *Pinus-mugo*-Waldungen mit einem hohen Anteil an Kräutern. Die alpine Stufe fehlt hier (TONNEL & OZENDA 1964).

2. Die biostratigraphischen Ergebnisse

2.1.1. Die malakologische Analyse

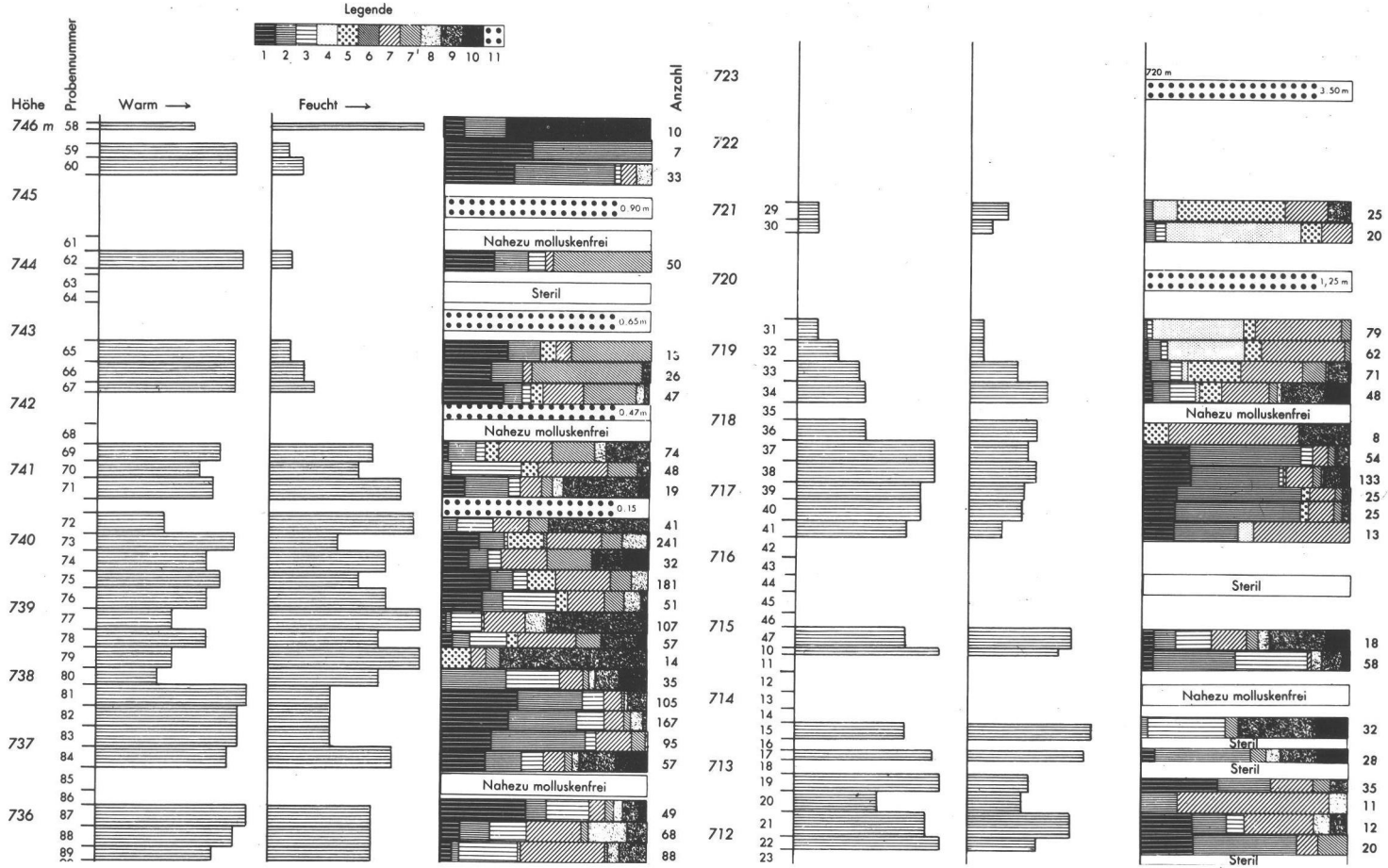
Die in den untersuchten Feinablagerungen des R^{au} de l'Amourette gefundenen Molluskenreste erwiesen sich als wenig zahlreich und waren überdies stark zerkleinert. Die bestimmbareren Fragmente wurden nach der von LOZEK (1965) angegebenen Methode gezählt. Die unterschiedlichen Arten sind zu verschiedenen ökologischen Gruppen zusammengefaßt worden.

Von unten nach oben ergibt sich folgende malakologische Abfolge (Abb. 2):

A, 9a–1a (1979): Die Molluskenfauna ist verhältnismäßig arm, die Waldarten sind wenig zahlreich, die Vertreter offenen Geländes sind recht gut vertreten, während die Sumpfsarten praktisch ganz fehlen. Am stärksten sind die mesophilen Arten mit ihren guten Anpassungsmechanismen entwickelt. Die Molluskenfauna spiegelt ein noch kühles und eher trockenes Klima wider.

B, 1–3 (1981): Die xerophilen Steppenarten nehmen zu. Es herrschte ein warmes und nach oben mehr und mehr trockenes Klima.

C, 4–8 (1981): Die xerophilen Steppenarten verschwinden. Die Landschaft ist zeitenweise offen, zeitenweise mit einigen Bäumen und Büschen bestanden gewesen. Es herrschte ein trockenes und ziemlich warmes Klima vor.



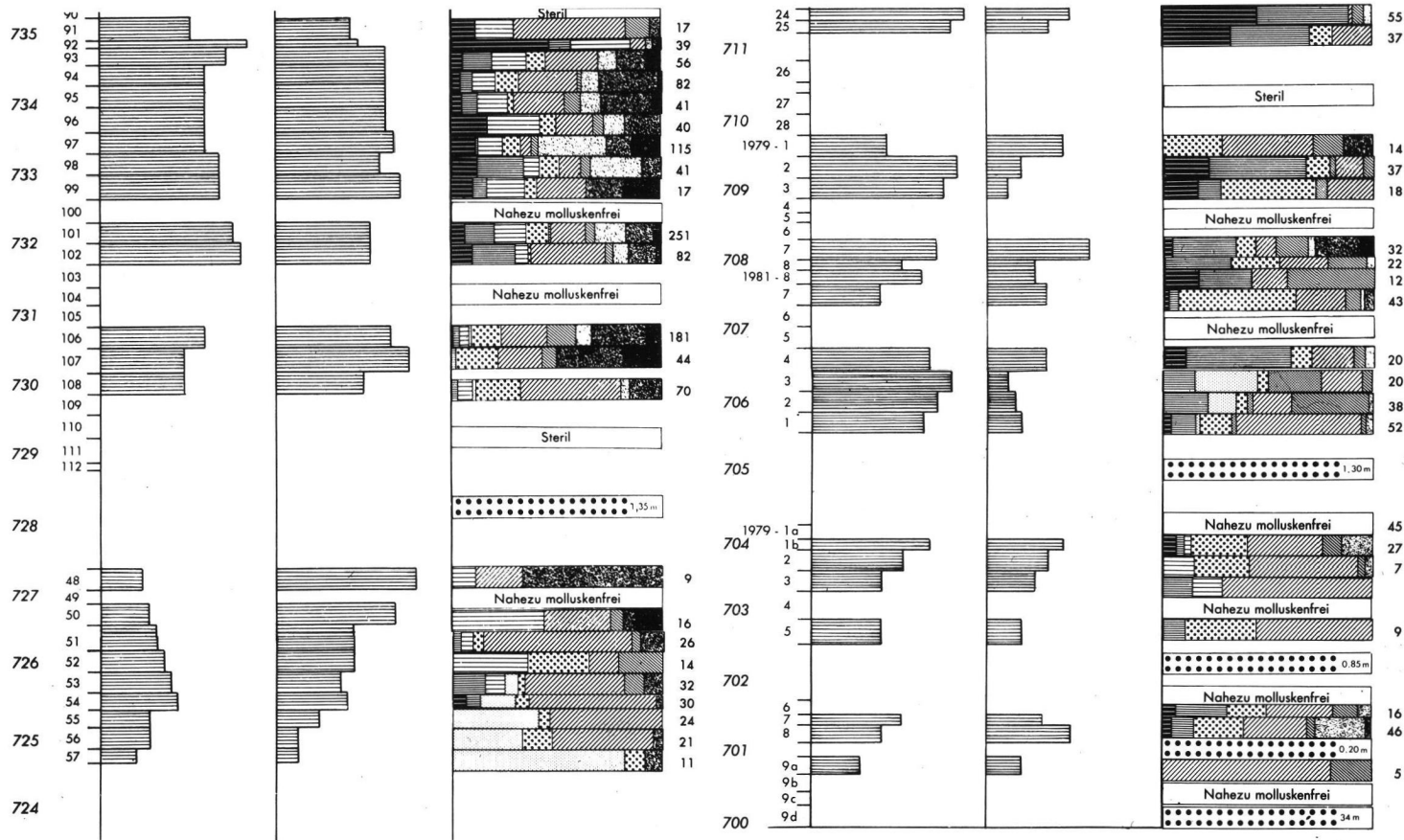


Abb. 2: Malakologisches Profil der Feinablagerungen am Rau de l'Amourette.

- 1 = Ausschließlich im Wald lebende Arten.
- 2 = Teilweise im Wald lebende Arten, die diesen bevorzugen, sich jedoch auch mit Gebüsch und Niederwald begnügen.
- 3 = Waldarten, die viel Feuchtigkeit verlangen.
- 4 = Steppenarten, die trockene und sonnige Standorte auf leichten Böden und Felsen benötigen.
- 5 = Waldfreies Gelände bevorzugende Arten bei unterschiedlichem Feuchtigkeits- und Wärmeangebot.

- 6 = Xerophile Arten auf trockenem und besonntem Terrain, das jedoch möglichst leicht bewaldet sein sollte.
- 7 = Mesophile Arten mit weit gespannten Anpassungsmöglichkeiten.
- 7' = Arionidae, Limacidae, Milacidae.
- 8 = Feuchtigkeit liebende Arten.
- 9 = Sumpfarthen.
- 10 = Im Wasser lebende Arten.
- 11 = Kalkschotter.

D, 8—1 (1979), 28—10 (1981), 47—35 (1981): Es handelt sich um eine lange Periode, während der die Waldarten, insbesondere die wärme- und feuchtigkeitsliebenden Arten wie *Helicodonta obvoluta*, *Ena montana*, *Azecca menkeana*, *Acanthinula aculeata*, *Aegopinella nitidula*, *Orcula doliolum* und *Vitrea subrimata* zahlreich vertreten sind. Häufig trifft man überdies auf die teilweise in Wäldern lebenden Arten wie *Cepaea*, *Cochlostoma septem spirale* und *Discus rotundatus*. Die in Feuchtwäldern vorherrschenden Arten erscheinen nur im Niveau der Proben 15, 10 und 47. Die im offenen Gelände lebenden und die Steppenarten fehlen fast ganz. Im Umfeld der sterilen bis nahezu molluskenfreien Horizontbereiche 11—14, 42—46 und in einem geringeren Ausmaß auch von 35 zeigt die benachbarte Molluskenfauna durch Sumpffarten wie *Succinea putris* und *Zonitoides nitidus* sowie im Wasser lebende Arten wie *Galba palustris*, *G. truncatula* und *pididium* eine sehr hohe Feuchtigkeit an. Es herrschte ein warmes Klima mittlerer Feuchtigkeit vor, das zur Entwicklung fast durchweg dichter Wälder Anlaß gegeben hat.

E, 34—55: Auf eine kurze Feuchtphase, während der der Wald verschwindet, folgen Horizonte, in denen Molluskenarten aus Steppen und offenen Landschaften dominieren. Dies gilt am ausdrücklichsten für die Probenbereiche 31 bis 55, denen Schotter zwischengeschaltet sind. Es herrschte ein ziemlich kaltes und überdies äußerst trockenes Klima vor.

F, 54—103: Die Steppenarten verschwinden langsam, die in feuchten Wäldern lebenden Mollusken sind anfangs (52, 50) recht zahlreich, treten jedoch weiter oben (108—106) zu Gunsten der in vegetationsarmen Landschaften lebenden immer mehr zurück. Auf die zwischengeschalteten Schotterlagen verweisen besonders feuchtigkeitsliebende Molluskenfaunen. Sie entsprechen einem kühlen (48, 107, 106), horizontweise aber auch einem recht trockenen Klima.

G, 102—72: In diesem Profilabschnitt lassen sich sieben Phasen unterscheiden:

- a, 102—93: Teilweise im Wald lebende und Feuchtwäldern angepaßte Arten sind vorhanden, aber ihre Zahl ist nicht sehr hoch. Es kommen einige Arten vor, die in offenen Landschaften leben, sehr viele stammen jedoch aus feuchten Standortbereichen. Es herrschte ein lichter Wald vor, der unter warmgemäßigten Klimabedingungen gewachsen ist. Oberhalb von 99 kommt nur noch eine Waldart vor, *Cepaea* fehlt und die mesophilen Arten sind gut vertreten.
- b, 92: Es ist ein beträchtlicher Anstieg des Waldkleides unter einem warmen, trockeneren Klima zu verzeichnen.
- c, 91—87: Der im Horizontbereich 91 stark zurückgegangene Wald und die Feuchtigkeit nehmen nach oben hin wieder beträchtlich zu. Das zu Beginn kühle Klima wird nach oben wesentlich wärmer.
- d, 84—80: Es wiederholt sich hier in groben Zügen die gleiche Vegetations- und Klimaentwicklung wie zwischen den Horizonten 91—87. Die Probe spiegelt einen Klimaübergang wider.
- e, 79—73: Der Wald wird lichter, einige Arten offener Ökotope erscheinen, aber die Temperatur ändert sich wenig.
- f, 72: Der Wald und die Temperatur gehen beträchtlich zurück.

H, 71—58: Es treten wieder thermophile, nur im Wald und teilweise im Wald lebende Arten wie *Cepaea* auf. Abgesehen vom Horizont 58, wo eine regelrechte Überschwemmung stattgefunden haben muß, war das Klima relativ trocken.

2.1.2. Die klimatische und zeitliche Stellung der malakologisch bearbeiteten Feinsedimente

Auf der Grundlage der Molluskenbestimmungen konnte eine Temperatur- und Feuchtigkeitskurve für die Feinablagerungen am R^{au} de l'Amourette entwickelt werden. Bei der Erstellung der Temperaturkurve wurden nicht nur die Waldarten, die z.T. im Wald lebenden Arten und die Feuchtwaldarten berücksichtigt, sondern auch die Steppenarten sowie einige mesophile Molluskenarten wie die *Helicigona Lapicida* und *Vitrea Contracta*, die keine zu niedrigen Temperaturen vertragen. Die Feuchtigkeitskurve beruht auf der Repräsentanz feuchtigkeits-, sumpf- und wasserliebender Arten, aber zum Teil auch der im Feuchtwald lebenden Arten. Alles in allem geben die Kurven nur allgemeine Tendenzen der Klimaentwicklung wieder, sie dürfen nicht verabsolutiert werden, am wenigsten dort, wo die Zahl der Molluskenreste gering war.

Aus der Analyse der Artenverteilung und der daraus abgeleiteten Klimakurven ergaben sich zwei Warmphasen, die durch eine kältere und im allgemeinen auch trockenere Phase getrennt werden. Es wäre jedoch möglich, eine zusätzliche Zäsur im Probenniveau 72 (= 740 m) zu ziehen. Die pollenanalytischen Ergebnisse im Bereich der Pollenproben 114 und 115 ebenso wie die sedimentologischen Analysen scheinen die Annahme eines Temperaturabfalles in diesem Niveau zu stützen. Auf alle Fälle ist auf Grund der malakologischen Befunde oberhalb von 740 m noch einmal mit einem warmen und gemäßigt feuchten Klima zu rechnen, unter dem sich ein dichter Wald entwickelt hat. Palynologisch hat sich das jedoch nicht bestätigt, da die tonigen Silte zwischen 741 und 746 m so gut wie keine Pollen enthalten.

Aus malakologischer Sicht könnten in den Feinablagerungen am R^{au} de l'Amourette von unten nach oben folgende spätpleistozänen Klimaepochen vertreten sein:

- a. Ein gut entwickeltes Eem
- b. Eine relativ kühle Phase
- c. Ein St.-Germain I
- d. Eine kurze Klimaverschlechterung
- e. Ein im oberen Teil gekapptes St.-Germain II.

2.2.1. Die palynologische Analyse

Das Auftreten von *Hedera* und thermophilen Laubbäumen in der Pollenzone 1 verweist darauf, daß das Klima damals nicht sehr kalt gewesen sein kann. Die hohen Werte von *Pinus* zeigen andererseits jedoch, daß auf Grund einer relativ ausgeprägten Trockenheit die anspruchsvolleren Baumarten vermutlich noch in der Minderzahl geblieben sind.

Im Verlauf der Pollenzonen 2 bis 11 ist das Klima wärmer und feuchter geworden. Die Vegetationsentwicklung ist in diesem Profilabschnitt so weit vorangeschritten, daß damals interglazialzeitliche Klimaverhältnisse geherrscht haben müssen. Aus einem sehr offenen Wald mit viel *Pinus*, vornehmlich auf Trockenstandorten und Lichtbäumen wie *Ulmus* und *Quercus*, entwickelte sich zu jener Zeit allmählich ein immer dichteres Waldkleid mit hohen *Corylus*-Anteilen. Daß schließlich zunehmend *Fagus*, *Carpinus* und *Abies* auftreten, zeigt an, daß die Waldformationen immer geschlossener geworden sind. Ab der Pollenzone 9 haben sich feuchtere Klimaverhältnisse eingestellt. *Abies* und *Carpinus* verdrängten *Pinus* aus der montanen Stufe. Die zunehmende Verbreitung von *Alnus*, aber auch von Cyperaceae, von *Dryopteris* und *Sphagnum* zeigen an, daß überdies die edaphische Feuchtigkeit im

engeren Umkreis der analysierten Ablagerungen zugenommen hat. Die hochinterglaziale Waldvegetationsphase fand ihr Ende im Übergangsbereich zwischen der Pollenzone 10 und 11. In den Pollenzonen 11 bis 13 finden sich dann so gut wie keine thermophilen Laubbäume mehr. *Pinus* und auf vermutlich feuchteren Standorten auch *Betula* dominierten in einer wahrscheinlich nur halboffenen Landschaft.

In der Pollenzone 14 und 15 setzt eine Klimaverbesserung ein, die sich in einer Abnahme von *Pinus* und einer Zunahme der thermophilen Laubbäume äußert. Die starke Verbreitung der Kräuterpollen könnte auf eine zunehmende Trockenheit verweisen. Die Pollenzone 16 spiegelt mit einem Anstieg von *Pinus* und einer Abnahme der thermophilen Laubbäume einen Klimarückschlag wider. In der Pollenzone 17 setzt dagegen mit der Ausbreitung von *Quercus* und *Corylus* sowie dem Rückgang von *Pinus* bereits wieder eine Klimaverbesserung ein. Die Anwesenheit von *Hedera* verweist dabei auf milde Winter, die von *Pinus* auf eine relative Trockenheit.

In der Pollenzone 18 zeigt die Zunahme von *Abies* und *Carpinus* sowie der Rückgang von *Corylus* ein Dichterwerden der Wälder an, die Zunahme von *Alnus* eine bessere Wasserversorgung. Die weite Verbreitung von *Fagus* in den Pollenzonen 19 und 20 verweist darauf, daß damals im Trièves zwischen 700 und 800 m ein Klima mit etwas ungünstigeren Wachsbedingungen als heute geherrscht hat. Die Vegetation der Pollenzone 21 spiegelt eine deutliche Klimaverschlechterung wider, die durch eine zunehmende Trockenheit und zurückgegangene Temperaturen gekennzeichnet war. Es herrschte wahrscheinlich eine halb offene Landschaft vor, deren Gehölzanteile von vereinzelt Kiefern bzw. kleineren *Pinus*-Beständen gebildet worden sind.

2.2.2. Die zeitliche Stellung der pollenanalytisch bearbeiteten Feinsedimente

Die pollenführenden Schichten wurden teilweise während zweier Warmzeiten interglazialzeitlichen Klimacharakters abgelagert, wobei sich die Vegetationsentwicklung in den Zonen 2 bis 10 und 14 bis 20 sehr ähnelt. Auf eine *Pinus*-Phase folgt jeweils eine *Pinus*-Eichenmischwald-, eine *Pinus-Corylus*-, eine *Carpinus-Abies*-, eine *Carpinus-Abies-Fagus*- und am Schluß wieder eine *Pinus*-Phase. Der Hauptunterschied zwischen den beiden Warmzeiten besteht darin, daß in der jüngeren (= R^{au} de l'Amourette II) ein durch geringe Repräsentanz thermophiler Laubbäume gekennzeichneter Klimarückschlag stattgefunden hat, der in der älteren Warmzeit (= R^{au} de l'Amourette I) fehlt. Zudem spielt *Fagus* in der *Carpinus-Abies*-Phase der Pollenzone 10 der unteren Warmzeit nur eine untergeordnete Rolle, während man im Bereich der Pollenzone 20 der oberen Warmzeit geradezu von einer *Fagus*-Zeit sprechen könnte, in der *Carpinus* und *Abies* keine große Bedeutung erlangt haben.

Hinsichtlich der *Carpinus-Abies*-Entwicklung ist zudem festzustellen, daß im Verlauf des R^{au} de l'Amourette I-Interglaziales sich diese beiden Baumarten gleichzeitig stark ausbreiteten, während im Verlauf der R^{au} de l'Amourette II-Warmzeit *Carpinus* deutlich vor *Abies* an Verbreitung gewann. In Verbindung mit den malakologischen und stratigraphischen Befunden sprechen diese Unterschiede dagegen, daß eine einzige Sedimentabfolge durch Rutschung zu einer Schichtverdoppelung geführt haben könnte.

Mit dem Holstein-Interglazial kann das R^{au} de l'Amourette I-Interglazial nicht korreliert werden, da die dafür typische Begleitflora von *Carya* und *Pterocarya* fehlt, die DE BEAULIEU (DE BEAULIEU & MONJUVENT 1979) in den etwa 30 km nordwestlich vom R^{au} de l'Amourette gelegenen und rund 250 m höheren pleistozänen Ablagerungen von Le Pomillon bei Villard-de-Lans im Vercors nachgewiesen hat. Zudem kann die R^{au} de l'Amourette II-Warmzeit nicht in das Eem gestellt werden, weil ihre klimatische Zweiteilung dem Eem fehlt.

Es ist aus palynologischer Sicht am wahrscheinlichsten, in Anlehnung an WOILLARD (1975, 1978) und WELTEN (1981, 1982a), das R^{au} de l'Amourette I-Interglazial dem Eem und die R^{au} de l'Amourette II-Warmzeit der ersten gemäßigten Warmphase nach diesem Interglazial zuzuordnen. Diese erste posteemzeitliche Warmphase ist durch einen Klimarückschlag zugeteilt (GRÜGER 1979), der sich auch im entsprechenden Profilabschnitt des R^{au} de l'Amourette abzeichnet.

Eemzeitliche Feinsedimente wurden von DE BEAULIEU (1981) zudem im, verglichen mit dem R^{au} de l'Amourette, 30 km südlicheren und 250 m höher gelegenen Le Villard (Hautes Alpes) pollenanalytisch nachgewiesen. Wenn die sich palynologisch abzeichnende Klimaentwicklung in den Eem-Ablagerungen von Le Villard der der unteren Warmzeit des R^{au} de l'Amourette ähnelt, so spiegelt die in Le Villard stärkere Verbreitung von *Quercus*, *Pinus* und den Nichtbaumpollen, insbesondere von *Artemisia*, sowie das Zurücktreten von *Picea* den hier noch stärkeren mediterranen Klimaeinfluß wider.

Vergleicht man die eemzeitliche Abfolge der R^{au} de l'Amourette I-Warmzeit mit den in rund 280 m Höhe und fast 100 km weiter nördlich gelegenen Lignitformationen im Val du Bourget aus dem gleichen Interglazial (GREMMEN 1982), so stellt man fest, daß in der *Carpinus-Abies*-Phase dort *Fagus* keine Rolle gespielt hat, dagegen *Abies* und *Picea* stärker vertreten gewesen sind als im Trièves. Das Tremblay-Interstadial als erste posteemzeitliche Warmphase des Val du Bourget unterscheidet sich von der des R^{au} de l'Amourette II ebenfalls durch eine stärkere Präsenz von *Picea*, während *Fagus* dort kaum vertreten ist. Diese Diskrepanzen prägen auch die heutigen Vegetationsunterschiede (TONNEL & OZENDA 1964). Die klimatische Zerteilung der ersten posteemzeitlichen Warmphase tritt jedoch am R^{au} de l'Amourette wie im Val du Bourget auf. Dies gilt ebenfalls für das pollenanalytische Profil aus dem Marais des Echets (DE BEAULIEU et al. 1980), das fast 150 km im NW des R^{au} de l'Amourette in 267 m Höhe gelegen ist. Wenn auch auf Grund der unterschiedlichen vertikalen und horizontalen Lage dort andere Baumarten vorkommen, spiegeln die Pollenkurven vom Marais des Echets und vom R^{au} de l'Amourette doch eine etwa gleiche Klimaentwicklung vom Eem in das erste darauffolgende sehr warme würemzeitliche Interstadial wider.

2.2.3 Vergleich der palynologischen mit den malakologischen Ergebnissen

Auf Grund im untersten Profilabschnitt fehlender Molluskenreste kann der Vergleich erst mit der Pollenzone 2, die eine Eichenmischwald-*Pinus*-Phase darstellt, einsetzen. Die hier verbreiteten mesophilen, sehr anpassungsfähigen Molluskenarten, die gleichzeitig stärker wechselnde Klimabedingungen anzeigen, entsprechen der genannten Vegetation. Sie herrschen auch noch in der *Pinus-Corylus*-Phase der Pollenzonen 3 bis 6 vor. Hier treten daneben jedoch noch für Wälder typische Molluskenarten auf sowie xerophile bzw. solche offener Landschaften.

In der eine Übergangsphase zwischen der *Pinus-Corylus*- und der *Carpinus-Abies*-Zeit darstellenden Pollenzone 7 finden sich Molluskenarten, die ebenso im Wald wie in offenem Gelände heimisch sind. Es kommen jedoch hier auch noch mesophile Arten vor, ganz im Gegensatz zu den nicht mehr auftretenden xerophilen Arten. Während der *Carpinus-Abies*-Phase der Pollenzone 8 und 9 verschwinden die für Steppen charakteristischen Molluskenarten. Nach oben zu treten dafür Sumpfschnecken gehäuft auf. Die Entwicklung zu feuchteren Klimabedingungen spiegelt sich auch darin wider, daß in der Pollenzone 10, einer *Carpinus-Abies-Fagus*-Phase, Molluskenarten dominieren, die charakteristisch für feuchte Wälder sind.

Während der *Pinus*-Phase der Pollenzonen 11 bis 13 nehmen die Steppenmollusken zu, feuchtigkeitsliebende Molluskenarten sind dagegen kaum noch anzutreffen. Die Zunahme sehr anpassungsfähiger Mollusken in der Pollenzone 13 sowie ganz oben sogar von Waldarten steht in Einklang mit der Vegetationsentwicklung, die in der Pollenzone 14 durch etwas feuchtere Klimabedingungen anzeigende Eichenmischwälder gekennzeichnet ist. Hier herrschen feuchte Wälder bevorzugende sowie meso- und hygrophile Molluskenarten vor. Auf Grund fehlender Mollusken zeichnet sich der darauf folgende Klimarückschlag malakologisch jedoch nicht ab.

Während der *Pinus-Corylus*-Phase der Pollenzone 17 sind anfangs noch die Steppenmollusken stärker vertreten, die im weiteren Verlauf jedoch zunehmend von in Wäldern lebenden Arten abgelöst werden. Neben mesophilen treten auch Sumpf- und im Wasser lebende Mollusken auf. Die *Carpinus-Abies*-Zeit (= Pollenzone 18) kennzeichnen malakologisch in erster Linie feuchte Wald- und mesophile Arten. Offenes Gelände bevorzugende Mollusken verschwinden am Ende dieser Phase, während Wasser- und Sumpfschnecken weiterhin stark vertreten sind. Während der darauf folgenden *Fagus-Carpinus-Abies*-Zeit (= Pollenzone 19–20) ändert sich an diesem Molluskenbestand nichts Wesentliches, abgesehen davon, daß nach oben hin die Sumpfmollusken stärker zunehmen.

In der Pollenzone 21, die einen ausgeprägten Klimarückschlag widerspiegelt, beginnen die palynologischen und pollenanalytischen Befunde entscheidend zu klaffen. Dies gilt vor allem für die obersten Feinablagerungen zwischen 741 und 746 m. Die zwanzig palynologisch bearbeiteten Proben mit ihrem ganz fehlenden bzw. geringen Pollengehalt von *Pinus*, *Betula*, Gramineae und Liguliflorae kontrastieren nämlich scharf mit der hier angetroffenen malakologischen Warmzeitfauna. Eine plausible Erklärungsmöglichkeit für diese eigenartige biostratigraphische Diskrepanz zwischen der Pollenflora und Molluskenfauna konnte nicht gefunden werden.

3. Die chronostratigraphischen Befunde

Die bisher vorliegenden ¹⁴C-Datierungen vom großen Aufschluß auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette (Abb. 5) stehen bei sachgemäßer Interpretation in keinem Gegensatz zur Zuordnung der hier anstehenden Feinsedimente in das letzte Interglazial bzw. frühe Würm, ergab doch eine in Groningen durchgeführte Altersbestimmung aus den obersten Holzlagen ein Mindestalter von 51 500 B.P. (HANNSS 1982: Tab. 2). Diesem Wert ziemlich nahe kommt das in Lyon erzielte Mindestalter von 46 000 B.P. (EVIN et. al. 1979: 424) für eines der von ARCHAMBAULT hier entdeckten fossilen Hölzer, deren stratigraphische Positionen leider unbekannt sind. Auf Grund des Groninger Mindestalters von 51 500 B.P. für den obersten Holzhorizont ist jedoch davon auszugehen, daß die drei zwischen 43 000 und 45 000 B.P. liegenden und ebenfalls in Lyon gewonnenen endlichen Daten für andere von ARCHAMBAULT geborgene Hölzer aus dem großen R^{au} de l'Amourette-Aufschluß durch nicht völlig ausgemerzte Probenverunreinigungen zustande gekommen sind.

Eine von MANGINI (schriftl. Mitt. vom 19.5.1983) in Heidelberg durchgeführte Datierung von Mollusken aus dem gleichen Aufschluß zwischen 712–714 m nach der ²³⁰Thorium-²³⁴Uran-Methode ergab zwei Messungen zufolge je ein Alter zwischen 77 000 und 63 000 B.P. (= 70 000 B.P.) bzw. 84 000 und 51 000 B.P. (= 66 000 B.P.). Diese beiden für das letzte Interglazial zu jungen Daten sind wahrscheinlich dadurch zu erklären, daß in die sehr dünnen Molluskenschalen, die zur Altersbestimmung verwendet werden mußten, nachträglich Uran diffundiert ist. Man kann sie deshalb wohl nur als Mindestalter werten (MANGINI, mündl. Mitt. vom 8.2.1984).

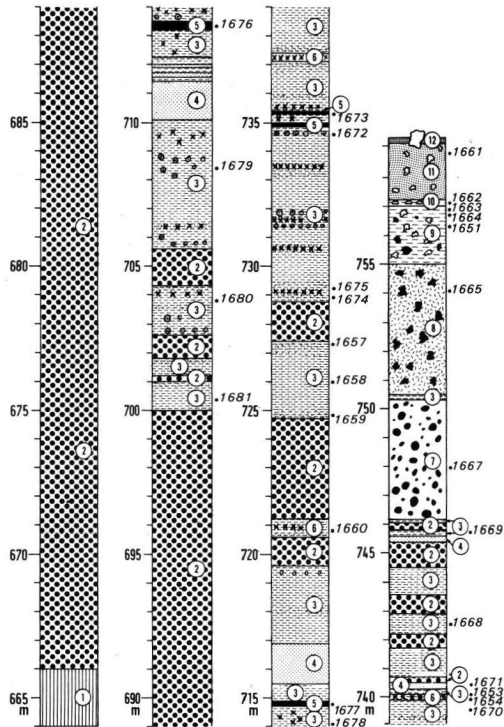


Abb. 5: Lithologisches Profil der spätpleistozänen Ablagerungen am Rau de l'Amourette. Die Zahlen auf der rechten Seite der Profile geben die Positionen der Proben wieder, die in Abb. 7 erscheinen.

- 1 = Anstehende dunkle Schiefer der Terres Noires (Callovien, Dogger).
- 2 = Horizontal eingeregelt Kalkgerölle mit zahlreichen kantigen Einzelkomponenten. Die Gerölldurchmesser erreichen 25 cm, die Matrix ist grobsandig bis kiesig.
- 3 = Häufig mit inkohlten Pflanzenresten, Hölzern und Mollusken durchsetzte siltige Tone. Zwischen 712 und 714 m weisen sie nach der $^{230}\text{Thorium}$ - $^{234}\text{Uran}$ -Methode ein Absolutalter von rund 70 000 B.P. bzw. 66 000 B.P. auf.
- 4 = Silte und Feinsande, stellenweise verlehmt.
- 5 = Meist stärker tonige und von Schill- bzw. Seekreidehorizonten sowie Hölzern durchsetzte Schieferkohlen. Die höchsten Holzlagen weisen ein Radiokarbon-Mindestalter von 51 500 B.P. auf.
- 6 = Dunkle, mit organischem Feinmaterial und Holzresten angereicherte Tone. Die größeren Stämme stecken häufig senkrecht in ihnen.
- 7 = Uneingeregelt Kalk-Vorstoßschotter.
- 8 = Ungeschichtete Moräne mit einer Vielzahl gekritzter, vorwiegend aus kalkigem Material bestehender Geschiebe.
- 9 = Geschichtete, lehmige Grundmoräne mit überwiegenden Kristallingeschieben.
- 10 = Ungeschichtete, fast nur mit Kristallingeschieben durchsetzte Grundmoräne.
- 11 = Braun verlehmt, nahezu kalkfreier B-Horizont mit kristallinem Bodenskelet.
- 12 = Vorwiegend aus Rohhumus bestehender A-Horizont.

Für die basalen Hölzer, die auf der W-Seite des untersten R^{au} de Pompe Chaude geborgen worden sind (Abb. 6), hat sich ein ¹⁴C-Mindestalter von 50000 B.P. ergeben (HANNSS 1982: Tab. 2). Eine nach der Elektronen-Spin-Resonanz-Methode von IKEYA (schriftl. Mitt. vom 7.2.1984) durchgeführte Datierung von Gipskristallen, die in den siltigen Tönen auf der E-Seite des untersten R^{au} de Pompe Chaude stecken, ergab ein ungefähres Alter von 50000 B.P. Es beruht auf einer gemessenen Äquivalenzdosis von 5 krad und einer geschätzten jährlichen in- und externen Strahlungsdosis von 0.1 rad/Jahr.

Das Prinzip der Elektronen-Spin-Resonanz-Datierung besteht darin, die ungepaarten paramagnetischen Elektronen zu messen, die durch natürliche radioaktive Strahlung in Elektronenfallen gelangen. Letztere befinden sich in Kristallgittern von Mineralen. Das Alter der Proben ergibt sich aus der Division der Strahlungsmenge, die sie bis zum Meßzeitpunkt erhalten haben (= Äquivalenzdosis), und der jährlichen Strahlungsdosis, die von ihnen und dem sie umgebenden Sediment ausgeht (= in- und externe Strahlungsdosis).

Wenn die Feinablagerungen auf der E-Seite des untersten R^{au} de Pompe Chaude ein ähnliches Alter wie die letztinterglazial- bis frühwürmzeitlichen auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette aufweisen, was lithostratigraphisch denkbar wäre, müßten sich die in ihnen steckenden Gipskristalle erst in einem beträchtlichen zeitlichen Abstand zur Akkumulation dieser Feinsedimente selbst gebildet haben, vorausgesetzt, daß das wahrscheinliche Alter von 50000 B.P. für die datierten Gipse ihrem tatsächlichen sehr nahe kommt.

Es ist jedoch bis jetzt noch nicht mit völliger Sicherheit auszuschließen, daß die siltigen Ablagerungen auf der E-Seite des untersten R^{au} de Pompe Chaude insgesamt glazialer Natur sind, so wie das MONJUVENT (1978: 219) postuliert hat. Das von IKEYA ermittelte Alter von 50000 B.P. für die in ihnen steckenden Gipskristalle könnte dann als ein Hinweis für den von MONJUVENT (1973: 70) und HANNSS (1982: 118 und Tab. 13), wenn auch in differenzierter Form, postulierten Würm-II-Vorstöß interpretiert werden. Die Gipskristalle hätten sich in diesem Fall jedoch recht rasch nach der Akkumulation der siltigen Ablagerungen bilden müssen, in denen sie stecken, da der frühwürmzeitliche Hauptgletschervorstöß des Würm-II zwischen 70000 und 50000 B.P. stattgefunden haben dürfte (WOILLARD & MOOK 1982: 159).

4. Die lithologisch-geomorphologischen Ergebnisse und Probleme

Die 35 m mächtigen Liegendschotter auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette stellen horizontal eingeregelt, grobe Lokalablagerungen dar (Abb. 5). Ihre Matrix ist grobsandig bis kiesig. Die hangenden Feinablagerungen überdecken sie diskordant. Dies zeigt sich auf der NE-Seite des R^{au} de l'Amourette noch deutlicher. Hier durchsetzen augenscheinlich glaziolakustre Bildungen den Basisbereich der tonig-siltigen Feinablagerungen. Zusammen mit der ebenfalls Kristallin führenden glaziolakustren Schicht, die auf der E-Seite des untersten R^{au} de Pompe Chaude die liegenden Schotter von den hangenden Feinsedimenten trennt, könnte dies ein Hinweis dafür sein, daß zwischen der Ablagerung der Basisschotter und den darüber anstehenden Tönen und Silten eine Fernvergletscherungsphase anzusetzen ist, während der Drac-Eismassen in das Trièves eingedrungen sind (Abb. 6).

Die zwischen 700 und 746 m auf der linken Seite des R^{au} de l'Amourette aufgeschlossenen Feinablagerungen setzen sich zu teilweise weit über 50% aus lakustren Tönen und Silten zusammen (Abb. 7). Auf Grund der biostratigraphischen Ergebnisse ist davon auszugehen, daß sie während des letzten Interglazials bzw. der ersten frühwürmzeitlichen Warmzeit abgelagert worden sind, damals also hier Akkumulationsvorgänge vorgeherrscht haben

müssen, während unter dem gegenwärtigen warmzeitlichen Klima im Trièves eher Erosionsprozesse dominieren. Verantwortlich dafür sind höchstwahrscheinlich Reliefverhältnisse zu machen, die glazial bedingt nach der vorletzten Eiszeit hier einen wesentlich anderen Charakter als nach der letzten Eiszeit aufgewiesen haben.

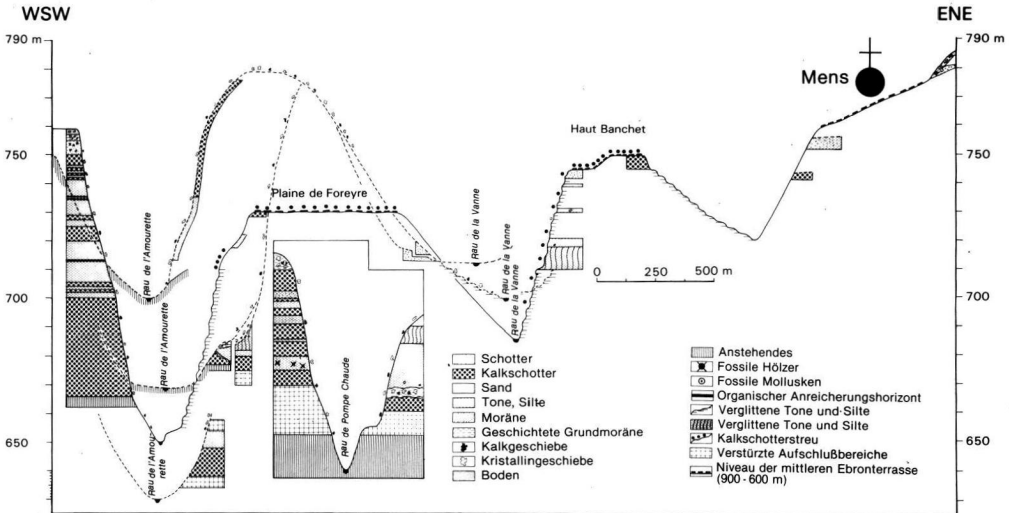


Abb. 6: Lithologisches Profil des spätpleistozänen Ablagerungen im Meisois.

Für die in den tonig-siltigen Ablagerungen auf der rechten Seite des R^{au} de Pompe Chaude steckenden Gipskristalle hat sich nach der Elektronen-Spin-Resonanz Methode ein wahrscheinliches Absolutalter von ungefähr 50 000 B.P. ergeben. Die basalen Hölzer auf der linken Talseite weisen dagegen ein nach der Radiokarbonmethode ermitteltes Mindestalter von 50 000 B.P. auf.

Dort, wo in den Feinablagerungen auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette der Kalkgehalt absinkt, nimmt tendenziell der organische Substanzen zu. Dies ist vor allem in den Straten der Fall, die den biostratigraphischen Befunden zufolge unter besonders günstigen Klimabedingungen abgelagert worden sind. Der niedrige Kalkgehalt könnte dabei dadurch bedingt sein, daß es während der Warmzeiten zu intensiven Bodenbildungsprozessen gekommen ist, und so damals verstärkt kalkarmes Material in die Gewässer eingetragen wurde. Durch einen Anstieg des Kalkes und einen Rückgang der organischen Substanzen zeichnet sich demgegenüber der Profilbereich zwischen 739,5 und 740,5 m aus, der den palynologischen und bedingt auch den malakologischen Befunden zufolge durch eine Klimaverschlechterung bzw. durch einen Klimarückschlag mit anschließender Besserung gekennzeichnet ist. Das oligotrophe Ablagerungsbedingungen widerspiegelnde Auftreten von 3 cm mächtiger Seekreide (Pr. 1653 in Abb. 5 und 7) könnte ebenfalls auf eine Temperaturabsenkung im Niveau von 740 m verweisen.

Die Zunahme der Kalkschotter, die den Feinsedimenten zwischen 740 und 746 m zwischengeschaltet sind, und das Fehlen fossiler Hölzer ist eventuell als eine Bestätigung der pollenanalytisch wahrscheinlichen Klimaverschlechterung in diesem Profilabschnitt zu deuten. Die sedimentologischen Daten für die Feinablagerungen (Abb. 7, Pr. 1668, 1669) stützen demgegenüber eher den malakologischen Befund warmzeitlicher Klimabedingungen, die während ihrer Akkumulation geherrscht haben. Sowohl in Übereinstimmung mit den palynologischen wie den malakologischen Ergebnissen sind die zwischen 720 und 729 m

auf tretenden, relativ mächtigen Kalkschotterlagen als Zeugnis für ein sich verschlechterndes Klima anzusehen. Entgegen den von WELTEN (1982b: 167–168) in den Schweizer Alpen erzielten Ergebnissen zeigen sie jedoch an, daß es zwischen dem Eem und der ersten früh-

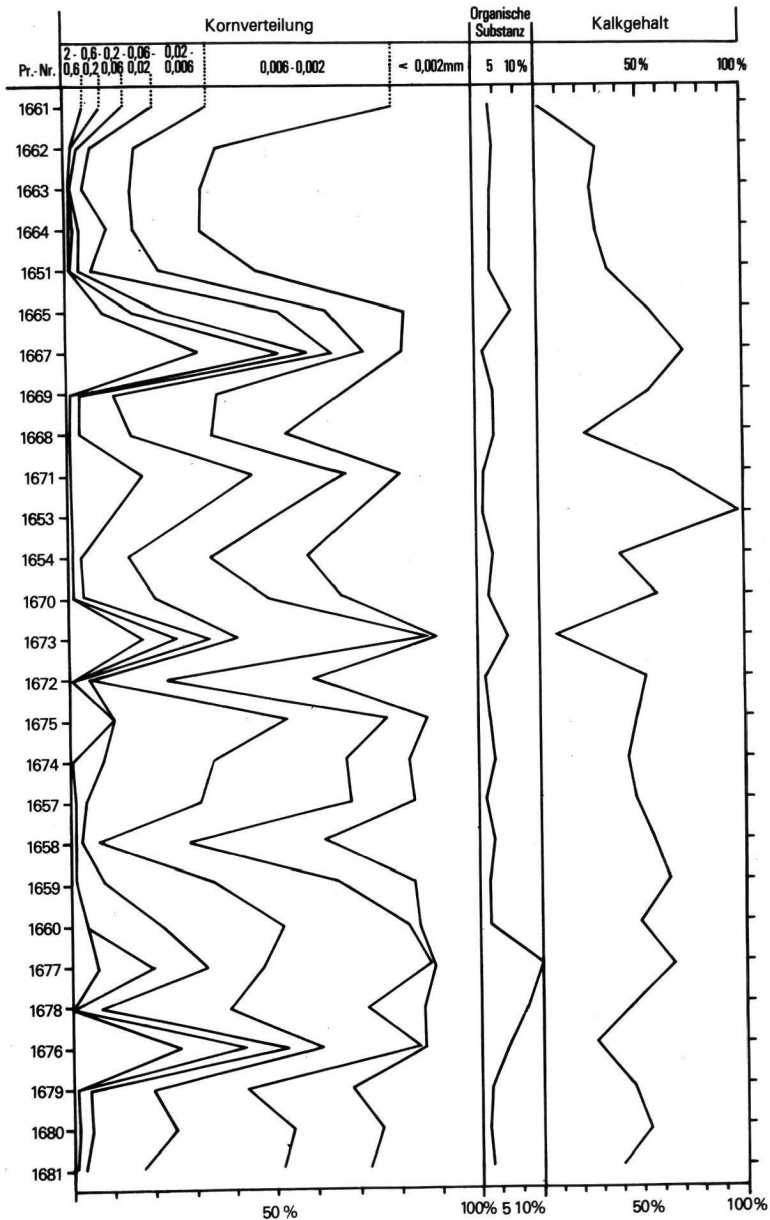


Abb. 7: Sedimentologisches Profil der Rau de l'Amourette-Ablagerungen.

wärmzeitlichen Warmzeit im Trièves zu keinem bedeutsamen Gletschervorstoß gekommen ist. Im Val du Bourget (GREMMEN 1982: Fig. 14; HANNSS 1982: 185) konnte dies ebenfalls nachgewiesen werden.

Die Schichtglieder im großen Aufschluß auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette über den bei 746 m endenden Feinablagerungen spiegeln durch das Auftreten grober Kalk-Vorstoßschotter das Herannahen stadial-glazialer Klimabedingungen wider. Die beiden hangenden Moränenformationen zeigen, daß sich zuerst ein fast nur Kalkgeschiebe führender lokaler Gletscher über die Vorstoßschotter geschoben hat. Erst danach dürfte der aus dem kristallinen Pelvoux-Massiv vorgerückte Dracgletscher in das Trièves eingedrungen sein. Im Gegensatz zu der von MONJUVENT (1978: 218) geäußerten Ansicht ist das Trièves während der letzten Kaltzeit mit Sicherheit noch sowohl lokal — wie auch fernvergletschert gewesen, vorausgesetzt, daß die moränenüberlagerten Feinsedimente am R^{au} de l'Amourette tatsächlich aus dem letzten Interglazial bzw. Frühwürm stammen.

Zwischen Mens und dem unteren R^{au} de Pompe Chaude stehen an mehreren Stellen in ungefähr gleichen Niveaus wie die warmzeitlichen Seeablagerungen auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette, aber auch darunter, tonig-siltige Feinsedimente an, die häufig wie dort über Schotter akkumuliert worden sind. MONJUVENT (1978: 219) hat diese Feinablagerungen im Trièves, auch die fossilführenden am R^{au} de l'Amourette und am R^{au} de Pompe Chaude, generell als glazio-lakustre Tone bezeichnet und seinem Würm-II zugeordnet. Sie sollen ihm zufolge (1978: 161) in einem Eisstausee sedimentiert worden sein. Dieser hätte sich dadurch gebildet, daß der Isère-Gletscher das untere Drac- und Gressetal blockierte. In den beobachteten Aufschlüssen weisen die meist gut geschichteten Feinablagerungen jedoch abgesehen von wenigen basalen Lagen makroskopisch keinen glaziolakustren Charakter auf. Bis auf den R^{au} de l'Amourette und den R^{au} de Pompe Chaude wurden in ihnen aber bisher auch keine Fossilien beobachtet. Sechs Proben vom Südabfall des Haut-Banchet aus dem 720 m-Niveau erwiesen sich als pollenleer.

Nach dem Ende der letzten Vergletscherung haben sich im Trièves wie längs des mittleren Drac geomorphologisch teilweise sehr eindruckliche Terrassensysteme entwickelt (MONJUVENT 1973, 1978. Abb. 1). Eine Korrelierung dieser Terrassen aus dem Ebron-Einzugsgebiet mit denen am Drac ist deshalb schwierig, weil unterhalb der Vanne-Mündung in den Ebron nur noch ganz wenige Reste von ihnen erhalten geblieben sind.

Die kaltzeitliche Aufschüttung der relative Höhen von gut 300 m erreichenden Terrassen am Drac und im Trièves ergibt sich daraus, daß sie teilweise mit Dévoluy-Moränen verzahnt sind bzw. in steilen, gebirgsrandnahen Schwemmkegeln wurzeln (MONJUVENT 1973: 96, 91; HANNSS & WEGMÜLLER 1978: 208). Im Talschluß des Ebron unterhalb Tréminis überlagern die Schotter des unteren Ebron-Terrassensystems eine kristallin- und kalkführende Fernmoräne (MONJUVENT 1978: 223), die entgegen der Konzeption dieses Autors durchaus wärmzeitlich sein könnte. Wenn die moränenüberdeckten Feinablagerungen auf der SW-Seite des R^{au} de l'Amourette aus dem letzten Interglazial bzw. Frühwürm stammen, dann sind zwangsläufig alle Terrassen am Drac und im Ebron-Einzugsgebiet erst nach der maximalen Ausdehnung der wärmzeitlichen Gletscher im Trièves entstanden. Das höchste Drac-Terrassensystem ist wegen der stadialen Schneegrenze, die während ihrer Bildung geherrscht hat, auf alle Fälle noch als innerwärmzeitlich einzustufen (HANNSS 1982: 123).

Wenn man die Entstehung der unter dem höchsten Drac-Niveau entwickelten Terrassensysteme, die mit bis zu 150 m immer noch beträchtliche relative Höhen aufweisen, nicht ebenfalls als talaus durch Toteis aufgestaute Akkumulationen bzw. als rein fluviatile Bildungen des alpinen Spätglazials ansehen will, käme für ihre Aufschotterung wenigstens partiell

am ehesten noch das letzte würmzeitliche Hauptstadial nach dem Stillfried-B in Betracht. Während dieser Endphase des Würm hat zumindestens der Isère-Gletscher den Ergebnissen von MALENFANT (1969: 1382) zufolge mit ziemlicher Sicherheit seine Maximalausdehnung nicht erreicht. Dadurch wäre zeitlich und eventuell auch räumlich eine theoretische Möglichkeit für kräftige Akkumulationen der Flüsse im Trièves und am mittleren Drac gegeben.

5. Schriftenverzeichnis

- BEAULIEU, J.-L. DE (1981): Les dépôts pleistocènes du Serre du Villard (Hautes Alpes). Analyses polliniques. — *Géologie Méditerranéenne*, **8**:161—166; Aix-en-Provence.
- EVIN J., MANDIER, P., MONJUVENT, G. & REILLE, M. (1980): Les Echets: un marais capital pour l'histoire climatique du Quaternaire rhodanien. — *Mém. Muséum National d'Histoire Naturelle, Série B. Botanique*, **27**: 123—136; Paris.
- BOURDIER, F. (1961—62): Le bassin du Rhône au Quaternaire. — 364 S., 296 Abb.; Paris (Editions du CNRS).
- EVIN, J., MARIEN, G. & PACHIAUDI, C., (1979): Lyon Natural Radiocarbon Measurements VIII. — *Radiocarbone*, **21**: 405—452; New Haven.
- GREMMEN, W.H.E. (1982): Palynological investigations of Late-Pleistocene deposits in southeastern France. — 94 S., 13 Abb., 3 Tab., 11 Taf.; Groningen.
- GROOTES, P.M. (1977): Thermal diffusion isotopic enrichment and radiocarbon dating beyond 50000 years B.P. — 221 S., 66 Abb., 45 Tab.; Groningen.
- GRÜGER, E. (1979a): Spättriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern. Ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns.-*Geologica Bavarica*, **80**: 5—64; München.
- (1979b): Die Seeablagerungen vom Samerberg/Obb. und ihre Stellung im Jungpleistozän.-Eiszeitalter u. Gegenwart, **29**: 23—24; Öhringen.
- HANNSS, CH. (1982): Spätpleistozäne bis postglaziale Talverschüttungs- und Vergletscherungsphasen im Bereich des Sillon alpin der französischen Nordalpen. — *Mitt. Kommission f. Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften*, **4**: 213 S., 58 Abb., 18 Tab., 13 Taf.; Wien.
- & WEGMÜLLER, S. (1978): Zur Altersstellung würmkaltzeitlicher Lokalgletschermoränen im Dévoluy und in der Belledonne (französische Alpen). — *Z. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **12**: 205—222; Innsbruck.
- LOZEK, V. (1965): Problems of analysis of the quaternary nonmarine molluscan fauna in Europe. — *Int. Studies on the Quaternary, Papers prepared of the VII Congress of the International Association for Quaternary Research, Boulder, Colorado, 1965. Special Papers of the Geological Society of America*, **84**: 201—218; New York.
- MALENFANT, M. (1969): Découverte d'une industrie moustérienne de surface sur le plateau des Guillets (massif du Vercors, Isère). — *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série D*, **268**: 1380—1383; Paris.
- MONJUVENT, G. (1973): La transfluence Durance-Isère. Essai de synthèse du Quaternaire du bassin du Drac (Alpes françaises). — *Géologie Alpine*, **49**: 57—118; Grenoble.
- (1978): Le Drac. Morphologie, stratigraphie et chronologie quaternaires d'un bassin alpin. — 433 S., 192 Abb.; Grenoble.
- NAMBI, K.S.V. (1982): ESR und TL dating studies on some marine gypsum crystals. — *PACT*, **6**: 314—321; Strasbourg.

- PUISSEGUR, J.J. (1976): Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne. — Mém. Géologique de l'Université de Dijon, 3: 241 S., 28 Taf.; Dijon.
- TONNEL, A. & OZENDA, P. (1964): Séries de végétation de la moitié Sud du département de l'Isère. — Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes, 2: 9–35; Grenoble.
- WELTEN, M. (1981): Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürm-Interstadiale in Mittel- und Nordeuropa. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 31: 187–202; Öhringen.
- (1982a): Stand der palynologischen Quartärforschung am schweizerischen Nordalpenrand. — Geographica Helvetica, 37: 75–83; Bern.
- (1982b): Pollenanalytische Untersuchungen im jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. — Beit. Geologischen Karte der Schweiz, N.F., 156: 174 S., 17 Abb., 8 Tab., 44 Taf.; Bern.
- WOILLARD, G.M. — (1975): Recherches palynologiques sur le Pleistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. — Acta Geographica Lovaniensia, 14, 118 S., 40 Abb., 8 Tab.; Louvain.
- (1978): Grande Pile peat bog: a continuous pollen record for the last 140 000 years. — Quaternary Research, 9: 1–21; New York.
- & MOOK, W. (1982): Carbon-14 dates at Grande Pile: Correlation of land and sea chronologies. — Science, N.S. 215: 159–161; Washington.

Manuskript eingegangen am 9.4.1984.

