

University of Utah Marriott Library ILL



ILLiad TN: 1302354

July 21, 2016

Borrower: RAPID:MDY

Lending String:

Journal Title: Flora (Jena, Germany)

Volume: 166

Issue:

Month/Year: 1977

Pages: 357-381

Article Author: Beug HJ.

Article Title: Vegetationsgeschichtliche
Untersuchungen im Küstenbereich von Istrien
(Jugoslawien)

ILL Number: -10816717



Call #: ARC QK641.A1 F63 v. 166
1977

Location/Notes:

Billing Category: Exempt
Maxcost:

Delivery Method: Send via Odyssey

email:
EMAIL:

Shipping Address:
NEW: Davis Family Library

"NOTICE WARNING CONCERNING COPYRIGHT RESTRICTIONS"

The copyright law of the United States [Title 17, United States Code] governs the making of photocopies or the other reproductions of copyrighted material.

Under certain conditions specified in the law, libraries and archives are authorized to furnish a photocopy or other reproduction. One of these specified conditions is that the reproduction is not to be used for any purpose other than private study, scholarship, or research. If a user makes a request for, or later uses, a photocopy or reproduction for purposes in excess of fair use, that use we use may be liable for copyright infringement.

This institution reserves the right to refuse to accept a copying order if, in its judgment, fulfillment of the order would involve violation of copyright law. No further reproduction and distribution of this copy is permitted by transmission or any other means.

Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Küstenbereich von Istrien (Jugoslawien)

HANS-JÜRGEN BEUG

Abteilung für Palynologie der Universität Göttingen

Studies on the Vegetation History of the Coastal Area of Istria (Yugoslavia)

Summary

Sediments of the brackish water containing Lake Palu, situated in a sink hole nearby the coasts of the Adriatic Sea and about 10 km S of Rovinj (Istria, Yugoslavia) were studied for pollen and macrofossils. The pollen diagram can be divided into 5 pollen zones. The first pollen zone starts with the lowermost pollen-containing sediments dating back to the 5th millennium BP and ends with the beginning of Roman times in Istria. During that time, the vegetation of Western Istria consisted of deciduous submediterranean oak forests and a belt of evergreen trees mainly with *Quercus ilex*, probably not wider than 20–30 m, following the shore of the Adriatic Sea. This vegetational zonation can be considered to be the natural one not yet influenced by human activity. The first definite hints for human activities, which caused changes in the vegetation, are due to the beginning of Roman colonization in Istria during the first two centuries BC (beginning of zone 2). As in Dalmatia, one can successfully use the beginning of the curves of *Juglans* and *Castanea* for dating. With the beginning of zone 3, an increase of the amount of plants indicating farming activity and an increase of the percentages of mediterranean evergreen woody plants — mainly *Phillyrea* — indicate the development of the Roman colonies in Istria. The forest clearance, which was necessary to enlarge the cultivated area, must have taken place mainly in the area of deciduous oak forests. Subsequently the evergreen tree species could form a wider belt than it was possible under undisturbed conditions. Most probably the evergreen plants rather formed a maquis than a forest in the newly occupied area. The maquis mainly consisted of *Phillyrea* and *Quercus ilex*. From the end of Roman times in Istria to early Middle Ages, the indicators in the pollen diagram for human activity remain without changes. This corresponds very well with the history of Istria saying that all invasions of foreign people between the 5th and the 8th century AD did not influence very much population and agriculture especially in southern Istria. Most probably during late Middle Ages, e.g. under Venetian government, there was a strong development of juniper heaths, which must have been due to increased forest clearance and grazing (zone 4). In zone 5, juniper heaths were replaced to a certain degree by a *Phillyrea* maquis. Today, the maquis belt near the coast is about 200 m wide. — The fossil record of water plants clearly shows that till the end of zone 2, Palu was a freshwater lake. Afterwards water from the Adriatic Sea came in through gaps in the limestone rocks and, subsequently, freshwater plants like *Nymphaea*, *Myriophyllum* and *Ceratophyllum* were abruptly replaced by *Ruppia* and other water plants indicating a brackish environment.

In addition, 3 profiles with marine sediments were studied with the aim to find out the differences between marine and non-marine pollen sequences of nearby situated localities. The marine material investigated comprises 2 cores from the Limski Kanal, one core from the shelf bottom off Poreč and some samples from different parts of the Gulf of Piran. The Limski Kanal is situated 14 km N of Palu and the cored sediments cover more or less the same period as found at Palu. In spite of the activity of burrowing benthic organisms, it was easy to divide the pollen diagrams into those pollen zones already known from Palu. Nevertheless, several differences can be found, especially when

comparing the amount of conifer pollen. The oldest sediments so far cored at the shelf bottom off Poreč are to be dated to Boreal or early Atlantic times. The uppermost sediments which are covered only by a thin silt layer, were dated by radiocarbon to 6640 ± 120 BP. Therefore, sedimentation must have ended here about 6000 years ago, and consequently it could be demonstrated that the pollen sequence does not overlap those obtained at Palu and the Limski Kanal. In the pollen diagram, the *Corylus* curve starts with high values and shows a decrease to amounts still higher than the very small ones found in Palu and in the Limski Kanal. The lowermost samples contain among others pollen grains of *Myriophyllum* and ostracods typical for brackish water. So at that time, the northern border of the Adriatic Sea was approaching the latitude of Poreč.

From the northernmost part of the Adriatic Sea, two samples were studied consisting of a peaty material overlain by a thin layer of sand which forms the surface of the bottom. The pollen content of both samples indicates a Pleistocene age. Pollen grains of *Menyanthes* and freshwater plants indicate that this area was situated outside the northern border of the Adriatic Sea when the peaty material was formed.

1. Einleitung

Die bisher durchgeführten Untersuchungen über die Vegetationsgeschichte des jugoslawischen Küstenlandes konzentrierten sich auf den Süden des Gebietes. An Hand geeigneter Ablagerungen auf der Insel Mljet, in den Niederungen des Unterlaufes der Neretva und schließlich in dem adriatischen Meer selber konnten wesentliche Fragen über den Grundtyp der Vegetationsentwicklung in der Spät- und Nacheiszeit und über den Ablauf der Vegetationsveränderungen unter dem Einfluß des Menschen beantwortet werden (BEUG 1961, 1962, 1967, BRANDE 1973, GRÜGER 1975). Diesen Untersuchungen können nunmehr Ergebnisse aus Istrien hinzugefügt werden, die insbesondere die anthropogene Vegetationsgeschichte betreffen. Daneben wurden auch marine Sedimente pollenanalytisch untersucht, um durch Vergleiche mit den an limnischen Ablagerungen gewonnenen Ergebnissen die Grundlagen für die Nutzung marin-palynologischer Daten in der Vegetationsgeschichte zu verbessern.

Anlaß zur Durchführung dieser Untersuchungen, die sich auf das Gebiet um Rovinj und den nördlich davon gelegenen Limski Kanal (Abb. 1) konzentrierten, waren sedimentkundliche Arbeiten, die von der Abteilung für geologische Fazieskunde am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Göttingen unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. D. MEISCHNER seit 1965 durchgeführt wurden. Für die Einladung zur Mitarbeit und für die ständige gute Zusammenarbeit bin ich Herrn Prof. MEISCHNER und Herrn Dr. J. PAUL zu besonderem Dank verpflichtet. Für die Durchführung von Radiokarbon-Datierungen danke ich Herrn Prof. Dr. M. A. GEYH, 14C-Laboratorium des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, sehr herzlich. Besonderen Dank schulde ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die die vegetationsgeschichtlichen und die geologisch-sedimentologischen Arbeiten durch Sachbeihilfen ermöglicht hat (Be 169/4-5 und Me 267/div.).

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1. Geologie, Geographie

Die Westküste der aus kretazischen und jurassischen Kalken und Flysch-Zonen aufgebauten Halbinsel Istrien ist felsig und hat viele Buchten und einzelne vorgelagerte kleine Inseln. Der Limski Kanal nördlich von Rovinj und das Tal der unteren Mirna sind fjordartig eingeschnitten. Nur das Mirna-Tal steht mit einem nennenswerten Entwässerungssystem des Hinterlandes in Verbindung. Es ist auch das einzige, das an der Westküste Istriens mit einem oberirdischen Flußlauf in das Meer mündet. Das stark verkarstete Hinterland steigt im Verlauf von etwa 50 km allmählich auf Höhen

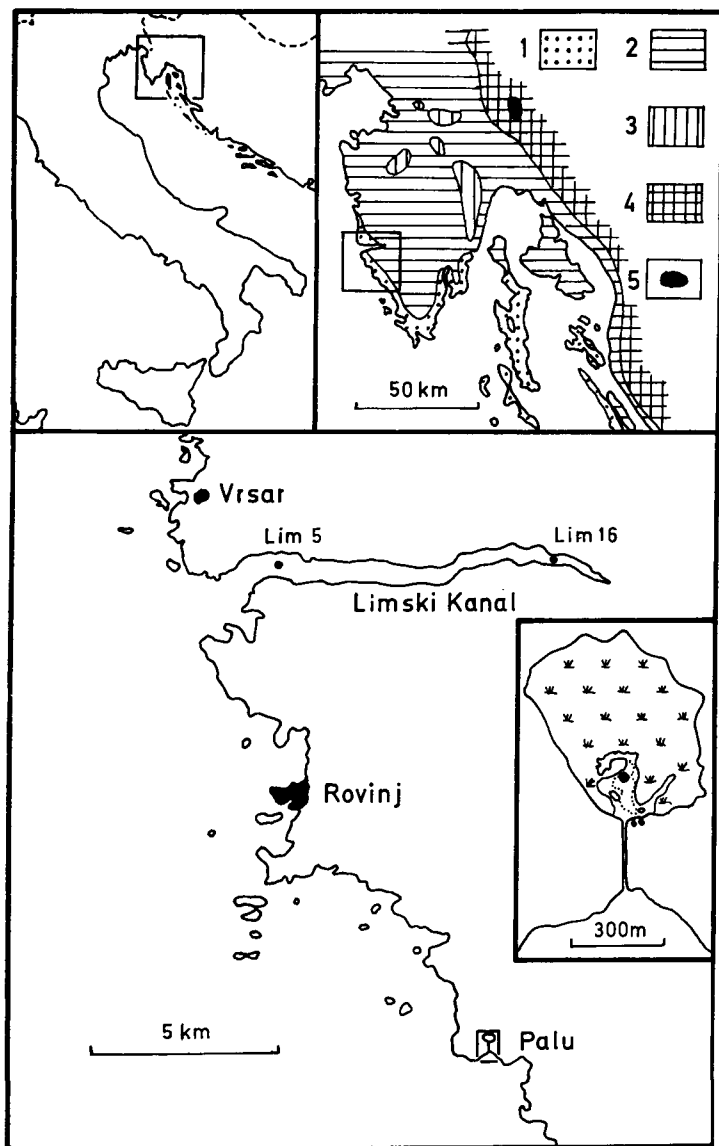


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes. — Oben rechts: Zonale Vegetationseinheiten nach HORVAT, GLAVAČ und ELLENBERG (1974). 1 = Quercion ilicis-Zone, Orno-Quercetum-Unterzone. 2 = Ostryo-Carpinion orientalis-Zone, Ostryo-Carpinion adriaticum-Unterzone. 3–5 Fagion illyricum-Zone, und zwar 3 = Fagetum illyricum-Unterzone, 4 = Abietis-Fagetum illyricum-Unterzone, 5 = Aceri-Fagetum illyricum-Unterzone. — Unten: Verlauf der istrischen Küste bei Rovinj, mit Limski Kanal und Palu. Limski Kanal mit Lage der Profile Lim 5, Lim 16. Rechts unten: Dolinensee Palu (nach ZAVODNIK 1967) mit Stichkanal zum Meer. Eingetragen sind die Röhrichtbestände und die Ausdehnung des offenen Wassers in der Trockenzeit (punktiert).

von 400–500 m an, bevor es an die Abhänge der über 900 m hohen Čičarija und an die noch höheren Berge am Golf von Rijeka stößt (Abb. 1).

2.2. Klima

In Rovinj fallen jährlich 796 mm Regen. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 13,8 °C; absolute Minima unter 0 °C treten in den Monaten November bis April auf. Das absolute Minimum liegt bei –12,2 °C und das mittlere tägliche Minimum des kältesten Monats bei +0,8 °C. Die einmonatige Dürrezeit fällt in den Monat Juli. Südlich von Istrien liegen zwischen Rijeka und Zadar wegen der hier steil aufragenden Küstengebirge die jährlichen Niederschlagsmengen sehr viel höher als bei Rovinj. Soweit es dort eine Dürrezeit gibt, ist sie trotz höherer Jahresmitteltemperaturen nicht deutlicher ausgeprägt als bei Rovinj. Im unmittelbaren Hinterland der istrischen Westküste, so im 275 m hoch liegenden Pazin, kommt es dagegen nicht einmal mehr zu einer sommerlichen Trockenzeit, und bereits 3 Wintermonate haben hier ein mittleres Tagesminimum von unter 0 °C. Im Vergleich mit der süddalmatinischen Insel Mljet liegen die mittleren Temperaturen der einzelnen Monate sowie das Jahresmittel in Rovinj um 2–3 °C tiefer (Angaben nach WALTHER und LIETH 1964, STEINHAUSER 1970).

2.3. Vegetation

Vegetationskundlich gesehen ist Istrien Grenzland zwischen mediterranem Hartlaubwald und submediterranen winterkahlen Laubmischwäldern. Von beiden sind in der realen Vegetation aber meist nur Degradationsstadien vorhanden. Die Hartlaubzone bildet einen Saum entlang der Küste des südlichen Istrien mit einer Nordgrenze auf der Höhe der Mirna-Mündung (Abb. 1). Die heutige potentielle Vegetation wird durch das Orno-Quercetum ilicis bestimmt, dem Steineichenwald der adriatischen Balkanküste. Tatsächlich besteht die mediterrane Hartlaubvegetation auch auf Istrien nur aus Macchien. Im engeren Untersuchungsgebiet werden diese überwiegend von *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* und am Meer auch von *Pistacia lentiscus* gebildet. Anstelle der Macchien findet man oft mediterrane Heiden, die Garrigue. Diese werden auf Istrien von dem Cisto-Ericetum arboreae gebildet, dessen Bestände im Untersuchungsgebiet durch Mengen von *Cistus salviaefolius*, *C. monspeliensis* und *Spartium junceum* auffallen. Landeinwärts schließt sich die Zone submediterraner winterkahler Laubmischwälder an, in der vor allem die winterlichen Temperaturen das Auftreten mediterraner Hartlaubarten verhindern. Im collinen Bereich des istrischen Karstes bildet das Carpinetum orientalis adriaticum die heutige potentielle Vegetation. Waldreste sind selten, und die Baumarten bilden günstigenfalls ein niedriges Gebüsch oder einen Buschwald. Im Untersuchungsgebiet ist *Carpinus orientalis* die bei weitem häufigste Holzart, gefolgt von *Quercus pubescens*, *Ulmus minor*, *Acer campestre*, *Pistacia terebinthus* und anderen. Die höher aufragenden Gebirgskzüge Istriens, wie die Čičarija, werden dem Bereich des submediterranen Fragetum illyricum zugeordnet, die dahinterliegenden Gebirge dem Bereich des montanen Abieto-Fagetum illyricum (Angaben nach HORVAT, GLAVAČ und ELLENBERG 1974, Pflanzennamen nach EHRENDORFER 1973).

2.4. Geschichte

In Istrien sind Wallburgen (Castellieri) und Gräberfelder die häufigsten Denkmäler aus vorrömischer Zeit. Sie werden in die jüngere Bronzezeit (Hallstatt- und Eisle-Einflüsse) gestellt. Castellieri sind u. a. bei Poreč, am inneren Ende des Limski Kanals bei Gradina, auf den Brioni-Inseln und bei Pula gefunden worden. Von den Brioni-Inseln kennt man auch neolithische Funde. Griechische Kolonisation und griechischer Handel scheinen an der istrischen Küste keine nennenswerte Bedeutung gehabt zu haben. Jedenfalls kam es nicht zum Bau befestigter Handelsplätze. Die Unterwerfung Istriens durch die Römer begann 178/177 v. u. Z. mit dem Feldzug des Consuls C. Claudius Pulcher. Trotz Anlage befestigter Orte konnte die Herrschaft Roms aber zunächst noch nicht gesichert werden. Im Jahre 129 v. u. Z. war ein neuer Kriegszug notwendig. Mit einer stärkeren Romanisierung ist aber erst ab 42 v. u. Z. zu rechnen. Bis etwa 30 v. u. Z. wurde die Stadt Parentium (heute Poreč) angelegt und die Colonia Julia Parentium, sowie südlich davon die Colonia Julia Pola Pollentia

Herculanea, letztere mit der Hafenstadt Pola (heute Pula), gegründet. Der Limski Kanal war damals die Grenze zwischen beiden Kolonien. Im 1. Jahrhundert u. Z. wurde Parentium zum wichtigsten nordadriatischen Hafen. In den Jahren 78/79 u. Z. ließ Vespasian die Flavia Via bauen, die Parentium mit Tergeste (Triest) und Pola verband. Istrien wurde dadurch an das römische Straßennetz angeschlossen, das von Italien zu den Südalpen und weiter nach Ljubljana und den Donaugebieten führte. Die Blütezeit der römischen Kolonien auf Istrien fiel in das 3. und 4. Jahrhundert u. Z. Die Küste der Colonia Julia Pola Pollentia Herculanea trug damals eine vergleichsweise dichte Besiedlung. Fisch- und Austernzucht sowie Purpurgewinnung waren von Bedeutung. Schiffe wurden auf den Brioni-Inseln gebaut und Kalkstein für den Städtebau in Italien entlang der Küste zwischen Rovinj und dem Limski Kanal gebrochen. Landwirtschaftliche Produkte des fruchtbaren und einwohnerreichen Landes waren Öl, Oliven, Wein, Weizen, Vieh und Schafwolle. Erste frühchristliche Bauten entstanden auf Istrien schon im 3. und 4. Jahrhundert. Eine in der Mitte des 6. Jahrhunderts gebaute Kirche in Poreč, die Basilica Euphrasiana, ist bis heute erhalten geblieben. In der Völkerwanderungszeit gehörte Istrien zum Reich der Ostgoten. Im 6. bis 9. Jahrhundert wurden hier viele germanische Familien sesshaft. Unter Justinian wurde das Gebiet um 538 oströmisch. Im frühen Mittelalter spielten die Machteinflüsse des Patriarchen von Aquileia, die des fränkischen Reiches und später des Patriarchats von Ravenna eine Rolle. Ab 1000 u. Z. gewann Venedig im nordadriatischen Raum immer mehr an Bedeutung und eroberte in der Zeit von 1268–1283 die istrischen Küstenstädte. Die venezianische Herrschaft dauerte bis zur Besetzung Venedigs durch Napoleon im Jahre 1793. Nach dem Wiener Kongreß fiel Istrien 1815 an Österreich, gehörte nach dem ersten Weltkrieg zu Italien und seit 1947 zur Volksrepublik Jugoslawien (Angaben nach PAULYS Real-Encyclopädie, MARTIĆ 1964 und „Adria, Reiseführer und Atlas“ 1965).

3. Der Dolinensee Palu

3.1. Allgemeine Situation

Der als Palu bezeichnete kleine See liegt etwa 8 km SW von Rovinj und 200 m von der Küste entfernt bei 13°42'10" E und 45°01'36" N (Abb. 1) in einer 20–25 ha großen Doline. Er enthält Brackwasser. Nach ZAVODNIK (1967) ist der See etwa 2 ha groß. Größe und Tiefe des im südlichen Teil der Doline gelegenen Sees unterliegen aber starken jahreszeitlichen Schwankungen. Zur Zeit der Profilentnahme (Oktober 1966) betrug die Wassertiefe etwa 70 cm. An seinem Südrand kann Seewasser über Kluftsysteme im Kalkstein einströmen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn durch starke Verdunstung im Sommer der Seespiegel unter Meeresniveau sinkt. Ein besonderer Süßwasserzufluß existiert nicht. Der See ist von ausgedehnten Röhrichtern aus *Phragmites*, *Typha latifolia*, *Bolboschoenus maritimus*, *Schoenoplectus triquetus* und *Juncus maritimus* umgeben. Am Rande dieses Röhrichts stehen Gebüsch mit *Salix* und *Vitex agnus-castus*. Im Jahre 1916 wurde der See im Zuge der Malaria-bekämpfung durch einen Stichkanal mit dem Meer verbunden. Heute ist dieser Kanal verfallen. Da aber verschiedene Halophyten in Palu vornehmlich nahe der Mündung des Stichkanals wachsen, ist immer noch mit einer gewissen Einwirkung des Meeres zu rechnen. — In der weiteren Umgebung von Palu stehen Kreidekalke an, die östlich des Sees von einer Terra Rossa-Decke überlagert werden (vgl. dazu FÜCHTBAUER und TISLJAR 1975).

Zwischen Palu und der Meeresküste besteht die Vegetation aus einer lichten, beweideten Macchie. Vornehmlich *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* und *Juniperus oxycedrus* bilden hier übermannshohe Buschgruppen. Ferner sind *Pistacia lentiscus*,

P. terebinthus, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, *Spartium junceum*, *Quercus pubescens*, *Acer campestre*, *Paliurus spina-christi* und *Ulmus minor* vorhanden. Stellenweise schließt die Macchie infolge nachlassender Nutzung bereits zu größeren Gebüschern zusammen. Auf diese bei Palu etwa 200 m breite Zone mit immergrünen Gehölzen folgt landeinwärts ein sommergrüner Buschwald, der überwiegend *Quercus pubescens* und *Carpinus orientalis* enthält. In dieser Zone liegt Palu und berührt nur im SW den Bereich der immergrünen Gehölze. Um See und Röhricht herum erstreckt sich ein schmaler Gürtel von heute überwiegend brachen Acker- und Weideflächen.

3.2. Stratigraphie und Methodik

Das Profil Palu II (Abb. 2) wurde am 6. 10. 1966 von einem verankerten Schlauchboot aus erbohrt. Die Wassertiefe betrug 70 cm. Für die Sedimente der obersten 30 cm wurde ein einfaches Plastikrohr verwendet, für den Bereich von 0,84 bis 4,90 m unter der Wasseroberfläche eine Dachnowski-Bohrsonde. Die Bohrung mußte in einem sehr zähen Ton bei 4,90 m abgebrochen werden.

Plastikrohr-Kern (Tiefenangabe in cm unter Sedimentoberfläche)

0— 30 cm Feindetritusgyttja mit Mollusken

Bohrung mit Dachnowski-Sonde (Tiefenangaben in cm unter Wasseroberfläche)

70—190 cm Feindetritusgyttja mit Mollusken (ab 84 cm pollenanalytisch untersucht)

190—214 cm Grobdetritusgyttja, torfartig

214—270 cm Feindetritusgyttja, ab 220 cm tonig, mit Mollusken

270—365 cm Grobdetritusgyttja, torfartig

364—460 cm Tongyttja mit unscharfer Grenze übergehend in:

460—490 cm zähler, grauer Ton (bis 469 cm untersucht).

Die Proben für die pollenanalytischen Untersuchungen wurden in üblicher Weise aufgeschlossen und azetolisiert (vgl. BEUG 1957). Jeweils die Hälfte der Kerne wurde für sedimentologische, geochemische und mikropaläontologische Zwecke verwendet.

3.3. Vegetationsentwicklung und Datierung

Bei der Datierung der in dem Pollendiagramm aufgedeckten Vegetationsentwicklung (Abb. 2) kann von den folgenden Daten und Schlußfolgerungen ausgegangen werden:

- Eine 14C-Datierung im Bereiche der torfartigen Grobdetritusgyttja bei 350 bis 360 cm Tiefe ergab ein Alter von 4490 ± 125 BP (Hv 1640).
- Bei etwa 260 cm Tiefe beginnen die Kurven von *Juglans* und *Castanea*. Die Einführung dieser Baumarten kann im Gebiet der jugoslawischen Adriaküste in grober Näherung auf die Zeit um Christi Geburt datiert werden (BEUG 1962, BRANDE 1973, vgl. auch S. 9).
- Die ältesten pollenführenden Schichten dieses Profiles können auf dem Wege der Extrapolation aus den genannten Daten nicht mit genügender Genauigkeit datiert werden, da auf Grund von Beobachtungen über die Pollendichte die Sedimentationsrate im untersten Teil des Profiles besonders hoch gewesen sein muß.
- Mit dem Pollenspektrum aus der intakten Sedimentoberfläche des Plastikrohr-Kernes dürfte ein lückenloser Anschluß an die gegenwärtige Sedimentation gelungen sein.

Der Bereich von 4,70—2,60 m Tiefe fällt somit in vorrömische Zeit und wird Aufschluß über den Zustand der Pflanzendecke vor dem intensiven Eingreifen des Menschen geben können. Er ist sehr einheitlich ausgebildet und umfaßt als Zone 1 den gesamten älteren Teil des Pollendiagrammes bis zum Beginn der *Juglans*-Kurve. Sommergrüne Eichen vom *Quercus robur-pubescens*-Typ dominieren in den Pollenspektren. Mit regelmäßigen Werten von über 1 % treten *Carpinus orientalis*, *Ulmus* und *Corylus* auf. Alle anderen sommergrünen Gehölze sind spärlicher vertreten. Unter den mediterranen Hartlaubgehölzen gibt es neben *Quercus ilex* (max. 7,7 %) ziemlich regelmäßig Pollenfunde von *Phillyrea* und *Pistacia* mit Werten bis zu 1,2 %. Der Pollenniederschlag aus den Wäldern der Gebirge des Hinterlandes ist vornehmlich durch *Fagus* (bis 19 %), *Picea* (max. 5,9 %), *Abies* (max. 6,9 %), *Carpinus betulus* (max. 3,4 %), möglicherweise auch durch *Pinus* (max. 7,1 %) in sehr deutlicher Weise in den Pollenspektren der Zone 1 vertreten. Die Anteile der sommergrünen Eichen gehen in 1b zurück. Ihr Mittelwert liegt bei 48,1 % gegenüber 59 % in 1a. Diesem Rückgang entsprechen neben vorübergehend hohen *Salix*-Werten (lokal) vor allem höhere *Fagus*- (6,9 % in 1a und 14,6 % in 1b) und *Carpinus orientalis*-Anteile. Unter den NBP zeigt *Sanguisorba minor* ein ähnliches Verhalten. Wenn man in der Zone 1b nicht mit einer fast gleichzeitigen Vergrößerung der Bestände von *Carpinus orientalis* in den submediterranen Wäldern und von *Fagus* in den höheren Gebirgen zu rechnen hat, so können als Erklärung anthropogene Einflüsse erwogen werden. Rodungen und Waldweide im Bereich der submediterranen *Quercus pubescens*-Wälder würden *Carpinus orientalis* sicherlich gefördert und eine gewisse Verstärkung der Weit- und Fernflugkomponenten im Pollenniederschlag bewirkt haben sowie das reichlichere Vorkommen von *Sanguisorba minor* verständlich machen. Gegen eine solche Erklärung spricht vorerst noch das Fehlen von eindeutigen Nachweisen für bäuerliche Kulturen (Kulturpflanzen). Auch darf man in diesem Zusammenhang nicht übersehen, daß sich der Abschnitt 1b fast ganz über die letzten beiden vorchristlichen Jahrtausende erstreckt. Andererseits gelingt es aber auch nicht, mit Hilfe der vegetationsgeschichtlichen Literatur die Annahme einer gleichzeitigen Ausbreitung von *Fagus* und *Carpinus orientalis* abzusichern. Allerdings ist diese Literatur sehr spärlich, und die nächstgelegenen Untersuchungspunkte (Logatec zwischen Ljubljana und Postojna, Trstenik östlich von Pula: vgl. ŠERCELJ 1971) liegen weit von der istrischen Küste entfernt und zeigen in dem Abschnitt unterhalb der *Juglans*-Kurve nicht genügend Einzelheiten. Die Frage, ob die Veränderungen in 1b einer vorrömischen, etwa hallstattzeitlichen Bevölkerung zugeschrieben werden muß, kann hier somit nur gestellt, nicht aber beantwortet werden.

Zone 2 beginnt mit der absoluten *Juglans*-Grenze und endet mit dem Anstieg der *Phillyrea*-Kurve auf Werte über 5 %. *Castanea* tritt fast gleichzeitig mit *Juglans* erstmalig auf, und die *Fagus*-Kurve sinkt ab, während *Ulmus* an Bedeutung zunimmt. Über das Alter der ersten *Juglans*- und *Castanea*-Ausbreitung in Südeuropa und in den Südalpen existiert bereits eine umfangreiche Literatur (z. B. ZOLLER 1960, BEUG 1962, 1975, BRANDE 1973, ŠERCELJ 1971). Der Beginn der Pollenkurven kann in den untersuchten Gebieten etwa in den Zeitraum von 500 v. u. Z. bis 200 u. Z.

datiert werden. Gleichzeitig gewinnen Siedlungszeiger an Bedeutung. *Castanea* und *Juglans* sind in diesen Gebieten somit nicht ursprünglich. Für ein Indigenat der echten Kastanie spricht sich in letzter Zeit nur noch ŠERCELJ (1971) im nördlichen Jugoslawien aus. Seinem Argument, dieser Baum sei im geschlossenen Waldbestand pollenanalytisch nicht nachweisbar, wird man sich allerdings schwerlich anschließen können. Sofern Früchte und Hölzer von *Juglans* oder *Castanea* in vorgeschichtlichen Kulturschichten gefunden werden, sollten zur weiteren Klärung des anstehenden Problems unbedingt 14C-Datierungen durchgeführt werden. BRANDE teilte für das Profil Vid bei Metković in Süddalmatien für den Beginn der *Juglans*-Kurve ein 14C-Alter von 1785 ± 200 BP (Hv 3376) mit. In dem Profil Lim 5 vom Limski Kanal (S. 19) ergaben sich 2055 ± 60 BP (Hv 3224) für einen Bereich etwas oberhalb der Grenze $1\frac{1}{2}$. Vor einem Vergleich mit geschichtlichen Ereignissen müssen diese Werte dendrochronologisch korrigiert werden (vgl. dazu GEYH 1971). Für Lim 5 ergibt sich dabei ein Alter von 165 bis 10 v. u. Z. (68,3 % Sicherheitswahrscheinlichkeit). Mit 95,5 % Wahrscheinlichkeit, d. h. bei einer Rechnung mit 2 Sigma, liegt das Alter zwischen 400 v. u. Z. und 80 u. Z. Der Beginn der Zone 2 fällt demnach vermutlich mit den Anfängen der römischen Kolonisierung zusammen. In dem Profil von Vid (BRANDE 1973) ergibt sich ein Alter von 10 v. u. Z. bis 410 u. Z. bzw. 400 v. u. Z. bis 610 u. Z. Hier liegt Sigma mit 200 Jahren schon sehr hoch. Man wird BRANDES Ansicht zustimmen, daß der Beginn der *Juglans*-Kurve hier eher in die römische als in die vorrömische Zeit fällt. Auch an der istrischen Küste wird man, entsprechend der Häufigkeit der römischen Ansiedlungen seit Beginn des 2. Jahrhunderts v. u. Z. und dem offenbar völligen Fehlen griechischer Niederlassungen den Beginn der Zone 2 als römerzeitlich einstufen können.

Am Anfang der Zone 3 beginnt die geschlossene *Secale*-Kurve. PK vom Getreide-Typ und dem *Cannabis-Humulus*-Typ treten erstmalig in diesem Abschnitt auf; Pollenfunde von *Juglans* und *Castanea* liegen weiterhin vor. Gegenüber der Zone 2 wird man mit einer verstärkten bäuerlichen Tätigkeit rechnen müssen. Mit Beginn der *Secale*-Kurve steigen die Anteile von *Phillyrea* von 0,6 auf 8,9 %. In der Zone 2 liegt der Mittelwert für *Phillyrea* bei 0,7 %, in der Zone 3 dagegen bei 6,3 %. Eine entsprechende, wenn auch viel geringere Zunahme läßt sich bei *Pistacia* und *Erica*, nicht aber bei *Quercus ilex* feststellen. Bei den sommergrünen Gehölzen nehmen die Anteile von *Carpinus orientalis*, *Juniperus* und *Ulmus* zu. Mit einer Verstärkung der Bodennutzung geht demnach eine Ausbreitung von Hartlaubarten einher, die sehr rasch zu einem Mehrfachen ihres Ausgangswertes führte. Eine viel schwächere Zunahme dieser Sippen läßt sich bereits in 1b und 2 erkennen; nur in der Zone 1a liegen dagegen Verhältnisse vor, die man wohl als Maß für die Häufigkeit mediterraner Hartlaubgehölze in der ungestörten küstennahen Vegetation Istriens ansehen darf. Für die Interpretation der sich in 1b und 2 anbahnenden und zu Beginn von Zone 3 rasch ablaufenden Veränderungen im Verhältnis der mediterranen Hartlaubpflanzen untereinander ist die zunehmende Bedeutung von *Phillyrea* bei gleichbleibenden Anteilen von *Quercus ilex* wichtig. Die Zunahme aller Anteile der Hartlaubgehölze läßt vermuten, daß der ursprünglich sehr schmale und auf die unmittel-

bare Nähe der Meeresküste beschränkte Gürtel als Hartlaubpflanzen sich bei Nutzung, Auflichtung und Rodung der landeinwärts gelegenen Waldbestände verbreiterte und dabei ursprüngliche Wuchsgebiete der sommergrünen Eichenwälder einnahm. Bei diesen Vorgängen war die Gattung *Phillyrea* offensichtlich begünstigt. Landeinwärts an den küstennahen Saum der ursprünglichen Hartlaubvegetation anschließend entstanden damals Macchien mit viel *Phillyrea*. Auch heute ist *Phillyrea* hier in den Macchienbeständen sehr häufig, und *Quercus ilex* gewinnt erst bei einem Hochwachsen des Gebüsches an Bedeutung. Für den Bereich der laubwerfenden Wälder wird man die Zunahme der Pollenanteile von *Carpinus orientalis* und *Ulmus* als Folge einer anthropogenen Umwandlung der Eichenwälder in Buschwerk deuten können.

Ansteigende *Juniperus*-Werte zeigen in der jüngeren Hälfte der Zone 3 die zunehmende Bedeutung mediterraner Heiden (Garrigue) in der Pflanzendecke infolge verstärkter Nutzung und Überweidung an. Anschließend (Zone 4) müssen die *Juniperus*-Heiden im Bild der küstennahen Vegetation dominiert haben. Obwohl *Juniperus* in Pollendiagrammen überrepräsentiert zu sein pflegt, werden Werte von über 60 % in der Zone 4 kaum anders gedeutet werden können. In der Zone 4 wurde ein Pollenkorn von *Zea mays* gefunden. Da der Mais in Südeuropa erst seit dem 16. Jahrhundert bekannt ist (HUBER 1962), muß man den jüngeren Teil der Zone 4 entsprechend datieren. Vermutlich beginnt diese mit vielen Hinweisen auf eine intensive Landnutzung und starke Waldverwüstung versehene Zone im späten Mittelalter mit der Zugehörigkeit Istriens zu Venedig.

Zur Datierung der Zonen 3 und 4 muß man sich vergegenwärtigen, daß das Pollendiagramm zwischen der frühen Römerzeit (Zone 2) und dem späten Mittelalter (2. Hälfte der Zone 4) keinerlei Rückschluß auf zeitweise verminderten menschlichen Einfluß erlaubt, wie BRANDE dieses für die Völkerwanderungszeit im Neretva-Tal sehr eindrucksvoll tun konnte. Aus dem Profil Palu lassen sich nur zunehmende menschliche Einflüsse ablesen. Es liegt nahe, die Veränderungen zu Beginn der Zone 3 mit dem Beginn der Blütezeit Istriens unter römischer Herrschaft zu parallelisieren und somit in das 3. und 4. Jahrhundert u. Z. zu stellen (S. 371). Hier muß schon jetzt auf eine 14C-Datierung aus dem Profil Lim 5 hingewiesen werden, mit der die Grenze $3/4$ auf 1770 ± 95 BP (Hv 3223) datiert wird (S. 383). Dendrochronologisch korrigiert entspricht dieses der Zeit von 90 bis 270 bzw. 80 bis 410 u. Z. Die Grenze $3/4$ fällt somit in befriedigender Weise mit dem genannten geschichtlichen Ereignis zusammen.

Nach den Angaben in PAULYS Real-Encyclopädie und von MARUŠIĆ (1964) war Istrien im 5. Jahrhundert dicht besiedelt. Awaren, Ostgoten, Langobarden und oströmische Heere versuchten im 5. bis 7. Jahrhundert Istrien zu besetzen. Dieses führte z. T. zu kurzfristigen kriegerischen Ereignissen in Istrien selbst. Die Landwirtschaft litt wenig darunter, und insbesondere scheinen die Städte an der südlichen Westküste Istriens mit ihrem Hinterland kaum betroffen gewesen zu sein. Nach einer Invasion der Langobarden um 770 eroberten die Franken das langobardische Königreich (774). Nach 800 gelangten immer mehr Landgüter an den Klerus oder in vene-

zianische Hände. Es war fränkische Politik, unbebautes Land zu besiedeln. Die Grenze zwischen den Zonen 3 und 4 mag in diese Zeit zu stellen sein. Die Erscheinungen gegen Ende der Zone 4 deuten dann auf besonders starken Holzeinschlag und Beweidung anstelle der bisher üblichen Formen der bäuerlichen Landnutzung hin.

Die in die Neuzeit fallende Zone 5 zeigt eine Verringerung der *Juniperus*-Heiden. Dieses spricht für ein Nachlassen der intensiven Nutzung des Gebietes besonders durch Weide. Es entstanden dabei ausgedehnte Macchien mit vorherrschender *Phillyrea*. Der Mittelwert für *Phillyrea* beträgt hier 27,5 % (max. 35,8 %), während es in Zone 3 nur 6,3 % sind. In dem Bereich zwischen der Sedimentoberfläche und 6 cm Tiefe sind die *Phillyrea*-Anteile wieder geringer, während *Quercus ilex* von 3—4 % auf 8,7 %, *Pinus* von 2—3 % auf 5—7 % und *Carpinus orientalis* von 3—4 % auf 6—8 % steigen. Offensichtlich wuchsen die Macchien zu Buschwäldern auf, wobei *Quercus ilex* an Bedeutung gewann. Kiefernanzpflanzungen entstanden in der Nähe größerer Orte und Städte (Rovinj), und die hohen Anteile von *Carpinus orientalis* nahe der Sedimentoberfläche deuten auf die Häufigkeit dieser Art in dem heutigen sommergrünen submediterranen Buschwerk hin. Es erscheint allerdings merkwürdig, daß die unmittelbar östlich an Palu anschließenden großen Bestände von *Carpinus orientalis* in den obersten Pollenspektren nur mit etwa 8 % ihren Ausdruck finden. Verschiedene Oberflächenproben aus diesem Gebiet ergaben auch nur 11,7 % im Mittel.

3.3. Die Geschichte der mediterranen Hartlaubzone in Istrien

Aus der Beschreibung der Zone 2 und 3 auf S. 374 ging hervor, daß die Anteile mediterraner Hartlaubgehölze mit zunehmenden anthropogenen Einflüssen ansteigen. Tabelle 1 enthält für die einzelnen Zonen Mittelwerte der mediterranen immergrünen Holzpflanzen, der submediterranen laubwerfenden Gehölze einschließlich *Ulmus* und *Corylus* sowie von *Juniperus*, *Pinus* und den sonstigen Gehölzen.

Die wichtigsten Veränderungen laufen beim Einsetzen der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung des Gebietes zu Beginn der Zone 3 ab. Hier erfolgt ein starker Anstieg der Anteile der mediterranen Hartlaubgehölze (Faktor 3,1 gegenüber der

Tabelle 1. Mittelwerte der Pollenanteile einzelner Gehölze und Gruppen von Gehölzen in den Zonen 1a—5b

Zone	immergrüne Holzpflanzen	sommergrüne submediterrane Holzpflanzen	<i>Juniperus</i>	<i>Pinus</i>	Sonstige
5b	35,2 %	27,5 %	25,1 %	5,4 %	6,8 %
5a	36,8 %	25,0 %	27,6 %	3,5 %	7,1 %
4	16,0 %	38,7 %	26,6 %	2,6 %	16,1 %
3	11,6 %	61,1 %	2,1 %	2,8 %	22,4 %
2	4,6 %	67,7 %	0,6 %	3,5 %	23,6 %
1b	5,7 %	57,2 %	0,4 %	4,2 %	32,5 %
1a	3,8 %	65,4 %	1,3 %	3,6 %	25,9 %

Zone 1a) und ein geringerer von *Juniperus* (Faktor 1,6). In den Zonen 1a und 2 wurden die Hartlaubbestände vornehmlich durch *Quercus ilex* gebildet, während *Phillyrea*, *Pistacia*, *Erica* und andere nur mit verschwindend geringen Anteilen vertreten waren. Der in Zone 3 folgende Anstieg der Anteile dieser Gruppe geht nur auf *Phillyrea* zurück, die im folgenden unter den Hartlaubgehölzen dominiert. Weitere Waldverwüstungen (Zone 4) betreffen offenbar mehr die sommergrünen Wälder, deren Anteile in den Pollenspektren stark sinken. Gleichzeitig gewinnen die Hartlaubgehölze noch etwas Raum, aber die stärkste Veränderung in den Mittelwerten wird durch das Verhalten von *Juniperus* hervorgerufen (Faktor 12,6 gegenüber Zone 3). In dieser Zeit kann der Bestand an Wald und Gebüsch nicht mehr sehr groß gewesen sein. Es muß zu einer Überweidung der gerodeten Flächen gekommen sein, infolgedessen sich Wacholderheiden ausbreiteten, die aus *Juniperus oxycedrus* und *J. communis* bestanden haben können. Die Abfolge Wald, Macchie, Wacholderheide entspricht dem Degradations-Ablauf im mediterranen Gebiet und wurde schon mehrfach mit vegetationsgeschichtlichen Methoden für die Vergangenheit rekonstruiert (BRANDE 1973, BEUG 1972, 1975). In Istrien folgt somit auf den Hartlaubwald eine *Phillyrea*-Macchie. Im süddalmatinischen Inselbereich führte die Degradation etwa zur selben Zeit zu einer *Quercus ilex*-*Pistacia*-Macchie.

In den Zonen 4 bis 5b sind die Mittelwerte von *Juniperus* weitgehend gleich hoch, wenn sich auch in Zone 4 ein Maximum vom 56 bzw. 61 % verbirgt. In der Zone 5 erreicht die *Juniperus*-Kurve nur noch 31 %, während in 5a der Mittelwert der *Phillyrea*-Anteile auf fast 37 % ansteigt. Das Endstadium dieser Rückentwicklung von Wacholderheiden zur Macchie, wie es in den Pollendiagrammen zum Ausdruck kommt, läßt sich ohne Schwierigkeiten mit den heutigen Verhältnissen gleichsetzen. Die Anteile der Hartlaubgewächse machen aber das 10fache von denen in der Zone 1a aus. Heute ist der Gürtel der Macchie in der Umgebung von Palu etwa 200 m breit. Für die Zeit vor Beginn anthropogener Veränderungen wird man mit einem wesentlich schmäleren, wohl nur 20—30 m breiten Saum mediterraner Hartlaubvegetation unmittelbar an der Meeresküste zu rechnen haben.

3.4. Die Entwicklung der Wasservegetation

Bereits die ersten orientierenden Pollenanalysen zeigten, daß in den älteren Sedimenten nur gegen Salzwassereinfluß empfindliche Wasserpflanzen nachweisbar sind. Hierzu gehören *Nymphaea*, *Utricularia*, *Alisma*, der *Myriophyllum verticillatum*-Typ (inkl. *Myriophyllum spicatum*) und *Polygonum amphibium*. Für den jüngeren Teil des Profiles sind Pollenkörner der halophilen Gattung *Ruppia* charakteristisch, und mit ein bis zwei Ausnahmen fehlen hier die vorher genannten Sippen völlig. Eine dritte Gruppe von Wasserpflanzen kommt dagegen in beiden Bereichen des Profiles vor, und einzelne ihrer Mitglieder treten im unteren (*Potamogeton Eupotamogeton*-Typ) oder im oberen Bereich (*Potamogeton Coleogeton*-Typ) verstärkt auf. Eine vierte Gruppe zeigt keine Bindung an einen der beiden Bereiche: *Sparganium*-Typ, *Ranunculus Batrachium*-Typ (Abb. 2).

Während der Ablagerung der Sedimente ist demnach zu einem bestimmten Zeitpunkt (Mitte der Zone 2) über Kluftsysteme im Kalkstein erstmalig Seewasser in den Dolinensee eingetreten (Zusammenhang mit der Transgression der Adria?). Der Verlauf der Kurven von *Nymphaea* und vom *Myriophyllum verticillatum*-Typ und der von *Ruppia* andererseits zeichnen ein deutliches Bild von dem Rückgang einer Süßwasser- und dem Auftreten der auch heute in Palu vorhandenen Brackwasser-Vegetation. Bei der dritten und vierten Gruppe der pollenanalytisch nachgewiesenen Sippen handelt es sich entweder um Arten mit relativ großer Salinitätsamplitude, oder der betreffende Pollentyp war in der Wasserflora von Palu durch mehrere Arten verschiedener Salinitätsamplituden vertreten.

Die Untersuchung der Makroreste ergab ein mit den Pollenanalysen vorzüglich übereinstimmendes Bild (Abb. 2). Da die Zahl der pollenanalytisch und durch Makroreste ermittelten Wasserpflanzensippen beträchtlich ist, lag es nahe, mit Hilfe der Salinitätsansprüche, die die in Palu nachgewiesenen Wasserpflanzen besitzen, den Versuch einer quantitativen Aussage über den Charakter des Sees im Hinblick auf den Standortsfaktor Salz zu machen. Die bisher genauesten Untersuchungen über Salinitätsansprüche von Wasserpflanzen stammen von LUTHER (1951) aus dem Gebiet zwischen dem Finnischen Meerbusen und der eigentlichen Ostsee. In der folgenden Übersicht werden den fossil vorgefundenen Wasserpflanzen in Palu die Werte LUTHERS für die Salinitätsamplituden (in ‰) aus der östlichen Ostsee zugeordnet:

Gruppe 1:	<i>Nymphaea alba</i> s. l.	0 — 2,0 (2,5)
	<i>Polygonum amphibium</i>	0 — 2,5
	<i>Utricularia</i> div. sp.	0 — 2,5
	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0 — 2,5
	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0 — 3,0
Gruppe 2:	<i>Ruppia cirrhosa</i> (= <i>R. spiralis</i>)	3,3 — >6
	<i>Ruppia maritima</i> (= <i>R. rostellata</i>)	3,0 — >6
Gruppe 3 und 4:	<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,15 — >6
	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	0 — >6
	(Sect. <i>Eupotamogeton</i>)	
	<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,15 — >6
	(Sect. <i>Coleogeton</i>)	
	<i>Zannichellia palustris</i> subsp. <i>pedicellata</i>	1,5 — >6
	(= <i>Z. pedunculata</i>)	
	<i>Hippuris vulgaris</i> (submers)	0 — 4,2
	<i>Najas marina</i>	1 — >6

Im einzelnen sei auf die sehr eingehenden Darstellungen bei LUTHER, sowohl in seinem Kapitel über Salinitätsansprüche (Band 1) wie auch bei der Darstellung der einzelnen Sippen (Band 2), verwiesen. Für die Entwicklungsgeschichte der Wasserpflanzenflora in Palu ist es wichtig, daß die Gruppen 1 und 2 sich hinsichtlich ihrer

Salinitätsansprüche gegenseitig ausschließen. Bestätigt werden von den Salinitätsangaben LUTHERS die Vermutungen über die ökologischen Ansprüche der Arten aus den Gruppen 3 und 4. So gibt es innerhalb der Arten der Sektion *Batrachium* in der Gattung *Ranunculus* (s. Abb. 2) Salinitätsamplituden, die von 3,0—6,0 (*Ranunculus obtusiflorus*) über 0—>6 (*Ranunculus circinatus*) bis 0—2,5 bei *Ranunculus confervoides* reichen (Nomenklatur nach LUTHER). Der wenig differenzierte Verlauf der Kurven für die nur bis zur Sektion bestimmbaren Pollenkörner und Nüßchen ist dadurch leicht erklärbar.

Es steht dahin, wie genau sich die von LUTHER ermittelten Werte aus der Ostsee auf Standorte an der Mittelmeerküste übertragen lassen. Das Eindringen von Meerwasser durch Kluftsysteme im Gestein kann zu einer Unterschichtung des Süßwasserkörpers und dadurch zu starken kleinräumigen Salinitätsunterschieden geführt haben. In dem relativ flachen See wird man, wie es ZAVODNIK (1964, 1967) für die heutigen Verhältnisse feststellte, auch mit Schwankungen der Salinität im Jahresgang rechnen müssen. Dieses erschwert sicherlich den direkten Vergleich mit Werten aus der Ostsee. Von den Untersuchungen ZAVODNIKS über die Veränderungen der Salinität im Wasserkörper von Palu kann erwähnt werden, daß in der Zeit von August 1961 bis Oktober 1962 die Werte in den regenreichen Monaten zwischen 0 und 2,3 schwankten und in den trockensten Monaten bis zu 58 (höher als der Salzgehalt der Adria) betrugen. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß diese Angaben die durch den Stichkanal vom Meer eingeflossenen Salzmengen mit enthalten und demnach für paläoökologische Betrachtungen unbrauchbar sind.

Anhangsweise sollen an dieser Stelle die übrigen Funde von Makroresten erwähnt werden. Die meisten von ihnen stammen aus der Zone 1. Nachgewiesen wurden hier *Carex* spec., *Chenopodium rubrum*, *Euphorbia helioscopia*, *Juncus* spec., *Mentha aquatica*, *Oenanthe aquatica*, *Rubus caesius*, *R. idaeus*, *R. fruticosus*, *Sambucus ebulus*, *S. nigra*, *Schoenoplectus lacustris*, *Sch. cf. mucronatus* und *Solanum dulcamara*. In Zone 2 wurden vornehmlich Steinkerne der drei *Rubus*-Arten neben Samen bzw. Früchten von *Chenopodium rubrum*, *Carex* und *Schoenoplectus lacustris* gefunden. Aus den Sedimenten der Zonen 3 bis 5 stammen nur wenige Samen von *Chenopodium rubrum* und einige Früchte von *Bolboschoenus maritimus*. Im Vergleich zu den Makroresten der Wasserpflanzen treten die der Land- und Sumpfpflanzen nur in geringer Stückzahl auf. Insgesamt zeigt die Aufzählung, daß in den Sedimenten von Palu außer Wasserpflanzen nur Arten des ufernahen Bereiches, nicht aber der angrenzenden Wälder oder Gebüsche repräsentiert sind.

Im Oktober 1966 wurde beobachtet, daß sich am Ufer von Palu stellenweise Spülsäume aus rezenten Früchten und Samen gebildet hatten. Hier waren vornehmlich *Bolboschoenus maritimus* und *Potamogeton pectinatus* und in geringeren Mengen *Juncus maritimus* und *Ruppia maritima* vertreten. Für *Bolboschoenus maritimus* ist dabei auf die Diskrepanz zwischen den äußerst spärlichen subfossilen Funden und dem starken rezenten Anfall von Früchten hinzuweisen. Möglicherweise haben sich die *Bolboschoenus maritimus*-Bestände erst in allerjüngster Zeit gebildet.

Für die Bestimmung der Makrofossilien wurden vornehmlich die Vergleichssammlungen der Abteilung für Palynologie herangezogen, ferner die Arbeiten von AALTO (1970), BERGGREN (1969) und KÖRBER-GROHNE (1964).

4. Limski Kanal

4.1. Allgemeine Situation

„Der Limski Kanal ist ein im Verlauf der postpleistozänen Transgression überfluteter Unterlauf eines fossilen Karstflusses. Er setzt sich heute als Trockental (Draga) weit ins Innere Istriens fort. Die Wände sind steil, teilweise sogar senkrecht in die flachliegenden Jura- und Kreidefelsen eingeschnitten. Die Wassertiefe nimmt vom Cùl di Leme, dem Ende des Kanals, kontinuierlich bis auf 34 m zu. Der vor der Küste liegende Meeresboden hat die gleiche Tiefe. Der Limski Kanal ist aber durch eine Sedimentbarre, die sich einige Meter über das Niveau des Kanalbodens erhebt, von der offenen See getrennt. Die hydrographischen Daten des Limski Kanals weisen keine wesentlichen Unterschiede zu denen der nördlichen Adria auf. . . . Der Wasserkörper ist bis zum Cùl di Leme voll marin. Nur nach stärkeren Regenfällen findet durch seitliche Zuflüsse und einige untermeerische Süßwasserquellen eine schwache Übersichtung mit Süßwasser statt“ (PAUL 1970).

Pollenanalytisch untersucht wurden die Kerne Lim 5 (Wassertiefe 32 m; 13°37'48" E, 45°08'00" N) nahe der Mündung, aber hinter (d. h. östlich) der Sedimentbarre, sowie Lim 16 (Wassertiefe 16 m) aus dem landseitigen Teil des Limski Kanals (Abb. 3). Diese Kerne wurden von Meischner und Mitarbeitern mit dem Fallot nach MEISCHNER und RUMOHR (Lim 5 im Oktober 1969, Lim 16 im Oktober 1968) unter Verwendung von Plastikröhren mit einer lichten Weite von ca. 3,5 cm gezogen (MEISCHNER und RUMOHR 1974).

Unter den Komponenten der Oberflächensedimente des Limski Kanals überwiegt nach PAUL (1970) im Bereich von Lim 16 umgelagerte, d. h. aus dem Draga-

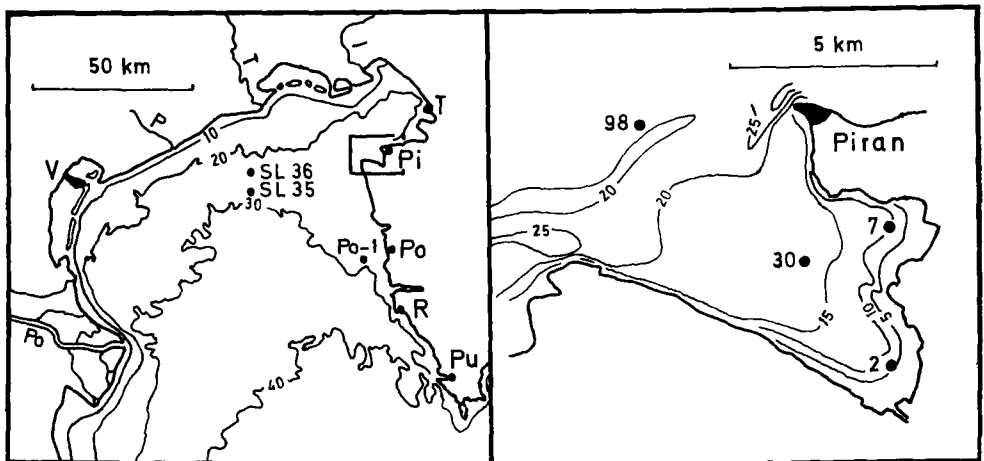


Abb. 3. Lage der untersuchten Profile und Einzelproben in der Adria. Links: Profil Po-1 und Stationen SL 35 und SL 36. Kartengrundlage und Isobathen nach MOSETTI (1966) in PAUL (1970). Abkürzungen: Flüsse I Isonzo, P Piave, T Tagliamento; Städte Pi Piran, Po Poreč, Pu Pula, R Rovinj, T Trieste, V Venezia. Rechts: Golf von Piran. Lage der 4 untersuchten Profile. Isobathen und Nr. der Stationen nach RANKE (1976).

Tal eingeschwemmte Terra Rossa. Bei Lim 5 macht ihr Anteil zugunsten biogener Karbonate aber nur noch etwa 50 % aus. Durch die Einschwemmung des Terra Rossa-Materials aus dem Draga-Tal erklären sich auch Unterschiede in der Korngrößenverteilung: die Ton- und Feinsilt-Fraktion tritt im landseitigen Teil stärker in Erscheinung als im meerseitigen. Silikatische Po-Sedimente fehlen in den Ablagerungen des Limski Kanals vollständig.

Die Sedimente des Limski Kanals sind wegen der Tätigkeit des Endobenthos nicht geschichtet. PAUL rechnet mit einer steten Durchwühlung der jeweils obersten 30 cm und erwähnt, daß der dekapode Krebs *Callinassa*, der typisch für die tieferen Böden des Limski Kanals ist, bis in eine Tiefe von 50 cm im Sediment vorstößt. Unter diesen Voraussetzungen durfte nicht erwartet werden, daß in den Pollendiagrammen die Maxima und Minima der einzelnen Kurven in voller Schärfe wie in Palu vorhanden sein würden. Vielmehr mußte mit einer Nivellierung gerechnet werden, deren Ausmaß für den Vergleich zwischen terrestrischen und marinen Pollendiagrammen aufschlußreich sein dürfte. Trotz des beträchtlichen maximalen Aktionsradius des Endobenthos wurde der Probenabstand bei der pollenanalytischen Untersuchung auf 10 cm festgesetzt.

4.2. Ausbildung der Pollenzonen von Palu im marinen Milieu

Schon bei flüchtiger Betrachtung erkennt man zwischen den Pollendiagrammen vom Limski Kanal (Abb. 4) und von Palu (Abb. 2) Gemeinsamkeiten und Unterschiede. So stehen z. B. die Veränderungen in den Kurven von *Castanea*, *Juglans*, *Phillyrea* und *Juniperus* in den Diagrammen vom Limski Kanal in etwa derselben Beziehung zueinander wie in Palu. Die Anteile von *Pinus*, *Picea* und *Abies* sind dagegen nicht vergleichbar. In den Diagrammen vom Limski Kanal übersteigt die Summe der Anteile der Koniferen vielfach 50 %, während sie in Palu höchstens 5–8 % beträgt. Auf die damit verbundene Untervertretung anderer Pollenformen im Limski Kanal sei besonders hingewiesen.

Die absoluten Datierungen wurden an Austernschalen gewonnen. Es handelt sich dabei um Austern, die an Schalendetritus angeheftet waren. Hier liegen die Voraussetzungen dafür vor, daß sie in vorzüglicher Weise das Alter der entsprechenden Sedimenttiefen angeben. Ihre Datierung ermöglicht daher auch Aussagen darüber, wie weit durch die Tätigkeit des Endobenthos die Merkmale bestimmter Pollenkurven in größere Sedimenttiefen verschoben sein können. Das Alter der Basis von Lim 5 zeigt, daß hier annähernd derselbe Zeitraum erfaßt ist wie in Palu. Die 14C-Datierungen von Lim 5 zeigen nach PAUL (1970), daß die Sedimentationsrate hier in den letzten 4000 Jahren verhältnismäßig konstant war und pro 1000 Jahre etwa 42 cm betrug. Im Vorgriff auf die Datierung der beiden marinen Pollendiagramme soll erwähnt werden, daß die Sedimentationsgeschwindigkeit an der Mündung des Limski Kanals (Lim 5) nur etwa $\frac{1}{3}$ von der im landseitigen, östlichen Teil (Lim 16) ausmachte.

Die Übervvertretung von Koniferen stellt wohl den augenfälligsten Unterschied zwischen den marinen und den terrestrischen Pollendiagrammen dar und bedarf

deswegen einer ausführlichen Erörterung. Der Gedanke liegt nahe, daß die hohen Koniferen-Anteile durch eine selektive Pollenzersetzung im Sediment zu erklären sind. Auch eine Anreicherung durch Drift könnte vorliegen. Eine allgemeine selektive Zersetzung der Pollenkörner läßt sich ausschließen, weil besonders empfindliche Pollenformen (*Carpinus orientalis*, *Carpinus betulus*, *Fagus*) in den Profilen vom Limski Kanal und von Palu gleich gut und ohne Zersetzungsschäden vertreten sind.

Eine Übervertretung von *Pinus* im marinen Sediment wurden von KORENEVA (1960) betont und von ihr durch zahlreiche Oberflächenspektren belegt. In der mittleren Adria kommen GRÜGER (1975) und KORENEVA (1971) zu ähnlichen Schlußfolgerungen; BOTTEMA und VAN STRAATEN (1966) und BOTTEMA (1974) fanden im Gegensatz zu KORENEVA in oberflächennahen Sedimenten jedoch nur geringe *Pinus*-Anteile. Zu einigen dieser Beobachtungen ist anzumerken, daß „Oberflächenproben“ in der Adria keineswegs immer gleichaltrig sind.

Im Limski Kanal und vor seiner Mündung wurden neben der Bearbeitung der Profile Lim 5 und 16 an insgesamt 14 Punkten Oberflächenproben oder oberflächennahe Sedimente pollenanalytisch untersucht (Abb. 4). Die Profile Lim 5 und Lim 16 zeigen beide hohe *Pinus*-Anteile, wenngleich sie auch in Lim 5 viel höher liegen. Die Anteile von *Picea* und *Abies* sind im Profil 5 überraschend hoch (bis etwa 12 bzw. 21 %), während sie sich im Profil Lim 16 nicht von denen in Palu unterscheiden. Bei 9 weiteren Stationen landeinwärts von Lim 5 sind die *Picea*- und *Abies*-Anteile überall niedrig und liegen bei 0—2,5 bzw. 0—2,0 % (Mittelwert 1,2 bzw. 0,4 %). Ab Profil Lim 5 und westlich davon bis zur Mündung (5 weitere Stationen) wurden dagegen *Picea*-Werte von 3,5—15,3 % und *Abies*-Werte von 3,2—21,6 % festgestellt (Mittelwerte 8,7 bzw. 14,2 %). Setzt man hinreichende Gleichaltrigkeit der hier miteinander verglichenen Sedimente voraus, so treten hohe Werte von *Picea* und *Abies* nur im meerseitigen Teil des Limski Kanals auf. Möglicherweise führt die Adria bevorzugt Pollen und Sporen mit sich, die auch nach längerem Aufenthalt im Meerwasser nicht zersetzt werden können. Derartige Pollenkörner, zu denen *Picea* und *Abies* gehören, können aus dem Alpengebiet stammen und mit der Strömung der Adria in den vorderen Teil des Limski Kanals hineintransportiert und hier sedimentiert worden sein. Für eine solche Erklärung sprechen die Funde anderer, ebenfalls zersetzungsresistenter Pollenkörner und Sporen, die nur im Profil Lim 5, nicht aber in Profil Lim 16 gefunden wurden. Sie können aus Verbreitungsgründen nicht aus Istrien stammen (*Larix*, *Selaginella selaginoides*). Pollenkörner von *Larix* wurden von HOROWITZ (1966/67) in etwa gleichaltrigen Brackwassersedimenten der Lagune von Venedig in nicht unbeträchtlichen Mengen nachgewiesen. Gegen eine solche Erklärung allein spricht wiederum, daß die *Pinus*-Anteile in allen Oberflächenspektren des Limski Kanals zwischen 15,5 und 51,5 % und damit um ein mehrfaches höher als in Palu (6,8 %) liegen. Weder im Golf von Piran (S. 386) noch in dem Adria Profil Po — 1 WSW von Poreč (S. 386) wurden so hohe *Picea*- und *Abies*-Werte wie in der Mündung des Limski Kanals gefunden. Denkbar wäre schließlich eine Erklärung für diese hohen *Pinus*-Anteile durch eine Umlagerung von örtlich anstehendem Pleistozän

mit entsprechender Pollenführung. Zwar gibt es dafür keine konkreten Anhaltspunkte, doch sei an die Möglichkeit einer Zuführung durch untermeerische Quellen erinnert und daran, daß DANIELS und RITZKOWSKI (1970) planktonische marine Foraminiferen des Miozäns in den Sedimenten des landinneren Teils des Limski Kanals gefunden haben.

Die Oberflächenproben am landinneren Ende des Limski Kanals scheinen von Zuflüssen aus dem Draga-Tal, etwa bei Starkregen, beeinflußt zu sein. So treten hier bis 42 % *Carpinus orientalis*, bis 6,7 % *Fraxinus ornus* und bis 20 % vom *Cannabis-Humulus*-Typ auf (Hanfanbau in unmittelbarer Nähe). Dementsprechend liegen hier in den oberflächennahen Sedimenten die niedrigsten *Pinus*-Anteile im ganzen Limski Kanal (15 %).

Die Zonen 1—3 sind nur im Profil Lim 5 erfaßt. Eine Altersbestimmung an der Basis des Bohrkernes ergab 3850 ± 155 BP (Hv 1641). Sieht man von den hohen Koniferen-Anteilen ab, so ist für die Zone 1 ein Vergleich zwischen den Pollendiagrammen von Palu und dem Limski Kanal leicht möglich. Die Zone 2 beginnt mit den ersten Pollenfunden von *Castanea* und endet bei dem raschen Übergang zu *Phillyrea*-Anteilen von über 2 %. Es hat nicht den Anschein, als ob hier durch die Tätigkeit des Endobenthos jüngerer Material mit höheren *Phillyrea*- und *Juniperus*-Anteilen nach unten verlagert wurde und deswegen die pollenanalytischen Kriterien für die Grenze der Zonen $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{2}{3}$ tiefer im Sediment vorzufinden sind, als es dem Sedimentationsprozess entspricht. Der auf 1770 ± 95 BP an einer Austernschale datierte Anstieg der *Phillyrea*-Kurve ist markant. Das Alter der Austernschale entspricht an der Grenze $1\frac{1}{2}$ mit 2055 ± 60 BP ziemlich genau den Vorstellungen über die Einführung der echten Kastanie in Dalmatien (zur dendrochronologischen Korrektur dieser Daten vergl. S. 375). Die Zone 3 zeichnet sich durch höhere *Juniperus*-Anteile aus und endet bei dem weiteren Anstieg dieser Kurve. Im folgenden wird sich die Betrachtung mehr auf das mit dem Abschluß der Zone 3 beginnende Profil Lim 16 stützen. Hier konnten wegen der höheren Sedimentationsrate die einzelnen Zonen mit mehr Pollenspektren erfaßt werden als in Lim 5. Außerdem sind im landseitigen Teil des Limski Kanals die Koniferen-Anteile geringer, so daß die für die vegetationsgeschichtliche Gliederung wichtigen Maxima der Kurven von *Quercus ilex*, *Phillyrea* und *Juniperus* besser ausgebildet und auch besser statistisch gesichert sind als in Lim 5.

Zone 4 umfaßt im Profil Palu den Anstieg der *Juniperus*-Kurve zu Höchstwerten und den Beginn des darauf folgenden Rückganges, dem ein Anstieg der *Phillyrea*-Kurve entspricht. Diese vegetationskundlich verständlich erscheinende Abfolge ließ sich an den Profilen des Limski Kanals nicht feststellen. Hier fallen vielmehr der Anstieg der Kurven von *Juniperus* und *Phillyrea* bei einem Probenabstand von 10 cm zusammen. Es liegt die Vermutung nahe, daß hier in der Tat jüngerer Sedimentmaterial aus dem Bereich des *Phillyrea*-Anstieges durch Bodentiere in den Bereich der Höchstwerte von *Juniperus* verschleppt worden ist. Die Grenze $4\frac{4}{5}$ konnte deswegen in den Profilen vom Limski Kanal nur in den Bereich des gemeinsamen Anstieges beider Kurven gelegt werden. Die Zone 5 ist im Profil

Lim 5 geringmächtig, in Lim 16 dagegen gut ausgebildet und kann hier wie in Palu untergliedert werden.

Bei der Erörterung der Vergleichbarkeit von den marinen Pollendiagrammen vom Limski Kanal mit den terrestrischen von Palu wurden bisher nur Pflanzensippen in Betracht gezogen, deren Kurven sich bei der Gliederung des Diagrammes Palu als besonders wichtig erwiesen hatten. Bei dem Vergleich anderer Einheiten der Diagramme findet man leicht weitere Unterschiede. So ist z. B. das *Ulmus*-Maximum der Zone 3 nur in Palu vorhanden.

Alle bisher untersuchten Adria-Profile stammen von landfernen Positionen. Die Diagramme vom Limski Kanal nehmen daher eine Sonderstellung ein. Dennoch dürften sie wegen ihres geringen Abstandes zum Land bzw. zu dem dort bearbeiteten Vergleichspunkt Palu besonders geeignet sein, die Grundlagen für die Auswertung mariner Pollendiagramme zu verbessern. Folgende Ergebnisse können in diesem Zusammenhang genannt werden:

1. Marine Sedimente aus unmittelbarer Küstennähe können ein gut kenntliches und vollständiges Bild von den wichtigeren Ereignissen der Vegetationsgeschichte vermitteln. Zu diesen gehören insbesondere der Kurvenbeginn bei Einwanderung und Einführung einer Pflanzensippe und länger andauernde und nennenswerte Veränderungen in der Vegetation.
2. Kurzfristig aufeinanderfolgende vegetationsgeschichtliche Ereignisse können infolge der wühlenden Tätigkeit des Endobenthos in marinen Pollendiagrammen scheinbar zusammenfallen. Die Wühltätigkeit dieser Organismen muß aber nicht notwendigerweise dazu führen, daß sich die Grenzen von Pollenzonen in deutlich größere Sedimenttiefen verschieben.
3. Eine Überrepräsentation kann, wie bereits von küstenfernen Stationen bekannt, bei den Pollen-Anteilen der Koniferen auftreten. Lage der Liefergebiete, Meeresströmungen und Küstenverlauf scheinen das Ausmaß dieser Überrepräsentation jedoch stark zu beeinflussen. Im Zusammenhang mit dem Verhalten der Kurven von *Pinus*, *Picea* und *Abies* kann es leicht zu Fehlinterpretationen kommen.

5. Weitere marine Stationen

5.1. Golf von Piran

Im Golf von Piran führte RANKE (1976) sedimentologische Untersuchungen durch. Von 4 seiner Stationen wurden Einzelproben pollenanalytisch untersucht. Lage und Wassertiefe sind aus Abb. 3 ersichtlich; zur Pollenführung und Sedimenttiefe vergl. Tabelle 2. Bei Pi 7 und Pi 2 sind die untersuchten Proben auf Grund der höheren Anteile von *Phillyrea* und der Anwesenheit von *Castanea* und *Juglans* jünger als Zone 1, wegen der geringen *Juniperus*-Anteile aber älter als Zone 4 und 5. Die Proben von den Stationen Pi 30 und Pi 98 sind dagegen trotz gleicher oder sogar deutlich geringerer Sedimenttiefe älter als Zone 2. Wegen der *Corylus*-Werte um 13–14 % kann man diese Proben möglicherweise in die Lücke ein-

ordnen, welche zwischen den Profilen von Palu und dem Limski Kanal einerseits und dem Profil Po-1 vor Poreč (s. u.) andererseits noch klafft. Diese Lücke fällt etwa in die Zeit von 4500 bis 6500 BP. Alle 4 Proben zeigen so geringe Koniferen-Anteile, daß von einer Anreicherung welcher Ursache auch immer hier keine Rede sein kann.

5.2. Profil Po-1, 7 km WSW Poreč

Der pollenanalytisch untersuchte Bohrkern wurde im Zusammenhang mit sedimentkundlichen Arbeiten unter Leitung von D. MEISCHNER am 24. 10. 1966 bei 45°23'37" N 13°00'31" E und bei einer Wassertiefe von 28 m mit einem 15 × 15 cm Kastenlot gewonnen. Der Kern enthält in seinen obersten 15 cm Schill, darunter feinkörnige Sedimente. Nur diese ließen sich pollenanalytisch bearbeiten (Abb. 4). Die Pollendichte war in einigen Proben gering, sonst ausreichend. Eine Austernschale in 18 cm Tiefe, d.h. knapp 3 cm unter der Oberkante des feinkörnigen pollenführenden Materials, ergab ein Alter von 6640 ± 120 BP (Hv 2386). Der hier aufgedeckte Teil der nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte kann deswegen nicht in den Profilen von Palu und vom Limski Kanal enthalten sein. Tatsächlich führen nur die beiden obersten Pollenspektren (15 und 20 cm) jeweils 1—2 Pollenkörner von *Juglans* und *Castanea*, und auch der weitaus höchste Wert von *Phillyrea* (9,3 %) befindet sich in der obersten Probe. Desgleichen gibt es *Pinus*-Werte über 15—20 % auch nur in diesem Bereich. Diese Befunde lassen sich aber durch Verschleppung von der heutigen Sedimentoberfläche leicht erklären.

Im Bereich von 95 und 20 cm zeigt das Diagramm folgende Merkmale: Dominanz sommergrüner Eichen, hohe Werte von *Corylus*, Rückgang der *Corylus*-Kurve von 130 auf 20 % (auf die Summe der Baumpollen bezogen), relativ viel *Ulmus* und *Tilia*. Der *Quercus ilex*-Typ ist vergleichsweise gut vertreten, andere Hartlaubarten dagegen sehr schwach. Die *Pinus*-Anteile sind gering und steigen nur im jüngeren Teil an. Vergleicht man die Anteile von *Picea*, *Abies* und *Fagus*, so hat es den Anschein, als ob damals die im Polleneinzugsgebiet gelegenen Gebirge rothuchenreiche Wälder trugen und sich in ihnen gleichzeitig Tanne und Fichte ausbreiteten. Da das montane Polleneinzugsgebiet der Apennin und/oder verschiedene Teile der Südalpen und des istrischen Hinterlandes sein können, wird man mit einer genauen Parallelisierung zurückhaltend sein müssen. Denn es handelt sich hier um Gebirge bzw. Gebirgsteile mit einer ganz unterschiedlichen Ausbreitungsgeschichte von Rotbuche, Tanne und Fichte. In dem unteren Teil des Profils deuten hohe Werte und Rückgang von *Corylus*, geringe Werte und anschließender Anstieg der Kurven von *Quercus ilex*, *Picea* und *Abies* auf ein Alter im Bereich der Grenze zwischen früher und mittlerer Wärmezeit hin (vgl. z. B. in GRÜGER 1975, S. 20: Mitte bis Ende des Diagrammabschnittes 5; BEUG 1967). Unsicher ist man bei der Beurteilung der Vegetation in dem Teil der Nordadria, der damals noch nicht von der Transgression des Mittelmeeres erreicht worden war. Möglicherweise können die beachtlichen Anteile von *Alnus* und *Vitis* in einem solchen Zusammenhang gesehen werden. Unter den Nichtbaumpollen soll auf das

Tabelle 2. Pollenspektren von 4 Proben aus dem Golf von Piran (Abb. 3) (+ bedeutet: Wert unter 0,2 %)

	Pi 2 150 cm %	Pi 7 155 cm %	Pi 30 163 cm %	Pi 98 39 cm %
<i>Quercus robur</i> -pubescens-Typ	29,7	38,0	39,2	35,5
<i>Quercus ilex</i> -Typ	7,9	6,2	8,0	6,5
<i>Quercus</i> indet.	—	0,4	0,5	—
<i>Phillyrea</i>	18,8	11,5	1,4	1,0
<i>Pistacia</i>	—	—	—	+
<i>Erica</i>	1,0	0,4	—	1,5
<i>Juniperus</i>	0,5	0,2	—	1,5
<i>Ostrya/Carpinus orientalis</i>	6,9	9,2	2,8	3,5
<i>Fraxinus ornus</i>	1,5	2,8	1,9	1,5
<i>Juglans</i>	0,5	0,4	—	+
<i>Castanea</i>	5,9	3,2	—	—
<i>Corylus</i>	3,5	3,2	13,2	14,5
<i>Ulmus</i>	0,5	0,9	1,9	2,5
<i>Vitis</i>	0,5	0,4	0,5	0,5
<i>Hedera</i>	—	—	1,4	—
<i>Ephedra fragilis</i> -Typ	0,5	0,2	0,5	—
<i>Acer</i>	0,5	0,2	—	1,0
<i>Carpinus betulus</i>	0,5	1,3	3,3	2,5
<i>Fagus</i>	8,4	7,9	9,4	10,0
<i>Fraxinus excelsior</i> -Typ	—	—	0,5	0,5
<i>Rhamnaceae</i>	1,0	0,9	—	—
<i>Tilia</i>	—	—	0,9	+
<i>Rosaceae</i> p. p.	—	—	0,5	—
<i>Taxus</i>	—	—	0,5	—
<i>Viburnum</i>	0,5	0,2	—	—
<i>Betula</i>	0,5	2,1	2,0	2,0
<i>Alnus</i>	5,0	5,6	5,7	7,5
<i>Salix</i>	0,5	0,2	—	0,5
<i>Pinus</i>	5,0	3,4	2,4	2,5
<i>Picea</i>	+	0,4	0,5	2,5
<i>Abies</i>	0,5	0,6	1,9	2,5
Getreide-Typ	0,5	0,2	—	—
<i>Secale</i>	—	+	—	—
<i>Cannabis-Humulus</i> -Typ	0,5	0,4	—	—
Summe Nichtbaumpollen (Anzahl)	93	134	32	57
in % der Baumpollen	46,0	28,6	15,1	28,5

Vorkommen von *Myriophyllum* hingewiesen werden. Diese nicht im marinen Bereich vorkommende Wasserpflanzengattung konnte pollenanalytisch insbesondere in den untersten drei Proben dieses Profils festgestellt werden. Zwischen 70 und 45 cm Tiefe sind ferner die Anteile vom *Sparganium*-Typ relativ hoch. Nach UFFENORDE (FÜTTERER und PAUL 1976) enthält die Ostracoden-Fauna der untersten Proben neben zahlreichen Arten des unmittelbaren Küstenbereiches in großen

Mengen *Cyprideis torosa*. Das Auftreten dieser Art spricht für die Nähe von Brackwasser. Somit liegen deutliche Hinweise dafür vor, daß um 7000—8000 BP dieses Gebiet gerade von der transgredierenden Adria erreicht wurde. Über Funde von terrestrischen oder limnischen Gastropoden in den Sedimenten der nördlichen Adria vgl. VAN STRAATEN (1965).

Zwischen den jüngsten Sedimenten Po-1 und den ältesten von Palu und dem Limski Kanal — soweit untersucht — muß nach den absoluten Datierungen ein Zeitraum von ca. 2000 14C-Jahren klaffen. Diese Lücke fällt in den Bereich von etwa 4600 bis 6600 BP. In dieser Zeit müssen die *Corylus*-Werte auf unter 5 % gesunken sein. Weitere bedeutende vegetationsgeschichtliche Ereignisse haben sich in diesem Zeitraum offensichtlich nicht abgespielt. Bezüglich eines Aussetzens der Sedimentation nach 6600 BP kann auf VITA-FINZI (1972) verwiesen werden. Er stellte fest, daß die in das Mittelmeer mündenden Flüsse in der Zeit von 10000 bis 5000 BP große Sedimentmengen mit sich führten, die aber anschließend von 5000—2000 BP immer stärker in Deltas abgefangen wurden. Um 2000—300 BP waren die Sedimentmengen insgesamt sehr gering. In den folgenden 3 Jahrhunderten waren sie wieder größer, wurden aber erneut in den Deltas abgefangen. Vgl. dazu auch FÜTTERER und PAUL (1976).

5.3. Oberflächennahe Proben aus der nördlichen Adria

Es wurden 2 oberflächennahe Proben untersucht, die aus der nördlichen Adria bei etwa 13° E und 45° N stammen (Abb. 3). Sie wurden am 13. 4. 1972 mit einem Reineck-Greifer entnommen. In beiden Fällen handelt es sich um stark zersetztes, torfartiges Material, das unter einigen cm Sand liegt. Die Probe SL 35 (28 m Wassertiefe; 13°03,0' E, 45°20,4' N) enthielt von 0—14 cm Sand und erfaßte das torfartige Material bis 18 cm Sedimenttiefe. Von der Station SL 36 (24 m Wassertiefe; 13°03,0' E, 45°25,4' N) wurden 7 cm Sand und 5 cm torfartiges Material gefördert. Der Tabelle 3 ist zu entnehmen, daß beide Proben kiefernzeitlich sind, und daß neben *Pinus* in geringen Mengen eine spätglaziale Gehölzflora erfaßt ist, zu der wenige Pollenkörner von *Picea*, *Alnus*, *Corylus* und *Quercus* hinzukommen. Mediterrane Arten fehlen völlig. Die NBP sind sehr hoch, werden aber vornehmlich von Gramineen und Cyperaceen gebildet. Der Nachweis von Flachmoorpflanzen (*Menyanthes*) und Arten des Süßwassers (*Nuphar*, *Nymphaea*, *Myriophyllum*) zeigt, daß es sich hier im heutigen Gebiet der Adria um eine außerhalb des marinen Einflusses entstandene organogene Bildung handelt. Vermutlich liegt hier die Ablagerung eines verlandeten Süßwassertümpels — möglicherweise von Dünen umgeben — vor, an dessen Rändern Gramineen, Cyperaceen, *Sparganium* oder *Typha* lokale Bestände bilden.

Auf die Existenz von torfigem Material an oder nahe der heutigen Sedimentoberfläche in der nördlichen Adria vor der italienischen Küste hat bereits VAN STRAATEN (1970) hingewiesen, ohne jedoch pollenanalytische Untersuchungen durchzuführen. Ohne Zweifel können beide Proben nicht mehr in das Holozän eingestuft werden. Sie gehören vielmehr dem Pleistozän an. Aus diesem vorläufi-

Tabelle 3. Pollenspektren der oberflächennahen Proben SL 35 und SL 36 aus der nördlichen Adria (Abb. 3)

	SL 35	SL 36
Pinus	77,7	84,0
Betula	9,0	2,5
Juniperus	3,9	8,5
Salix	—	0,5
Picea	2,3	2,0
Alnus	3,0	0,5
Hippophae	1,0	0,5
Ephedra fragilis-Typ	0,5	—
Calluna	0,5	—
Corylus	—	1,0
Quercus	0,5	0,5
Gramineae	53,7	960,5
Cyperaceae	86,6	50,0
Artemisia	5,0	12,0
Thalictrum	1,0	2,5
Chenopodiaceae	3,5	1,5
Plantago major-media-Typ	1,0	1,0
Helianthemum	1,0	—
Umbelliferae	1,0	0,5
Rubiaceae	0,5	2,5
Compositae Tubuliflorae	1,0	—
Curciferae	—	1,5
Ranunculus acer-Typ	0,5	0,5
Potentilla-Typ	1,5	—
Filipendula	—	0,5
Compositae Liguliflorae	—	0,5
Varia	1,0	1,0
Sparganium-Typ	—	226,3
Menyanthes	10,5	14,0
Nuphar	—	0,5
Nymphaea	—	1,0
Myriophyllum alterniflorum	—	0,5
Selaginella selaginoides	0,5	—
Equisetum	—	1,5

gen Resultat ist leicht zu ersehen, daß eingehende Untersuchungen an nicht-marinen Ablagerungen in der Adria außerhalb der 100 m-Isobathe in vielerlei Hinsicht lohnende Ergebnisse versprechen.

6. Zusammenfassung

Die Sedimente des küstennahen, brackwasserführenden Dolinensees Palu, 10 km südlich von Rovinj (Istrien, Jugoslawien), wurden vegetationsgeschichtlich untersucht. Die älteste der 5 Pollenzonen (Zone 1) umfaßt den Zeitraum vom 5. Jahrtausend vor heute bis zum Beginn der Römerzeit. Damals bestand die Vegetation des istrischen Küstenlandes aus submediterranen Eichenwäldern und einem wahrscheinlich nur 20–30 m breiten Saum mediterraner Hartlaubgehölze unmittelbar

an der Märesküste. Sie dürfte noch nicht vom Menschen beeinflußt gewesen sein. Erste sichere Hinweise auf bäuerliche Kulturen, die die Pflanzendecke nachweisbar verändert haben, gibt es erst zu Beginn der römischen Kolonisation in Istrien (2. bis 1. Jahrhundert v. u. Z.). Wie in Dalmatien, so erweist sich auch in Istrien der Beginn der Kurven von *Juglans* und *Castanea* als ein gutes Datierungsmittel (Beginn Zone 2). Mit dem Aufblühen Istriens unter den Römern (Beginn Zone 3) nehmen die Anteile der Siedlungszeiger kräftig zu, wohl bedingt durch verstärkte Umwandlung von Wald in Kulturland. Diese Waldvernichtung spielte sich im wesentlichen im Bereich der sommergrünen submediterranen Wälder ab. Die Hartlaubarten konnten dadurch eine deutlich breitere Zone einnehmen als unter den ursprünglichen Verhältnissen. Hierbei dürfte es sich aber nicht um immergrünen Hochwald, sondern um Macchien gehandelt haben, in denen *Phillyrea* und *Quercus ilex* die wichtigsten Arten waren. Von dem Ende der Römerzeit auf Istrien bis in das frühe Mittelalter hinein nehmen wider Erwarten weder die Anteile der Siedlungszeiger noch die der Maccien-Arten ab. Das entspricht sehr gut den Angaben über die Geschichte Istriens in dieser Zeit. Besonders im Süden des Gebietes haben kriegerische Einfälle im 5. bis 8. Jahrhundert (Völkerwanderungszeit bis frühes Mittelalter) weder die Bevölkerung noch die Landwirtschaft der späten Römerzeit nennenswert beeinträchtigen können. Wahrscheinlich im späten Mittelalter und damit bereits unter venezianischer Herrschaft kam es zu einer starken Entwicklung von *Juniperus*-Heiden, wohl als Folge einer intensiveren Waldnutzung und Viehhaltung (Zone 4). In der Neuzeit wandelten sich diese Heiden zu einem großen Teil in *Phillyrea*-Macchien um (Zone 5), wenigstens in der Nähe der Küste. Heute ist hier die Zone der Macchien etwa 200 m breit. — Die Untersuchungen der fossilen Reste von Wasserpflanzen haben gezeigt, daß der Dolinensee bis zum Ende der Zone 2 ein Süßwassersee war. Dann drang offenbar über Kluftsysteme im Kalkstein Salzwasser ein, und die Süßwasserarten (u. a. *Nymphaea*, *Myriophyllum*, *Ceratophyllum*) wurden durch Brackwasserarten ersetzt (u. a. *Ruppia*).

Marine Sedimente wurden an den Beispielen von 2 Profilen aus dem Limski Kanal nördlich von Rovinj, 1 Profil vor der Küste bei Poreč und von einigen Proben aus dem Golf von Piran pollenanalytisch untersucht. Der Limski Kanal ist 14 km von Palu entfernt, und die hier erbohrten Sedimente umfassen etwa denselben Zeitraum wie dort. Obwohl die marinen Sedimente keine Schichtung zeigen und Bauten grabender Bodentiere vorhanden sind, konnten bei einem Probenabstand von 10 cm alle 5 Pollenzonen von Palu festgestellt werden. — Das marine Profil vor der Küste von Poreč enthält Sedimente aus der Zeit etwa von der Grenze zwischen früher und mittlerer Wärmezeit bis 6500 BP. Anschließend sind nur noch 10–20 cm Schill zur Ablagerung gekommen. Der hier erfaßte Teil des Holozäns ist in den anderen Diagrammen nicht enthalten und zeichnet sich insbesondere durch die hohen und stark abfallenden Anteile von *Corylus* aus. Pollenfunde von *Myriophyllum* und Schalen von Brackwasserostracoden an der Basis des Profiles vor Poreč deuten ferner darauf hin, daß in diesem Teil des älteren Holozäns der Nordrand der Adria unweit der geographischen Breite von Poreč gelegen haben dürfte.

Aus der nördlichen Adria stammen zwei Kastengreifer-Proben mit einem torfartigen Material, das nur von wenigen cm Sand bedeckt war. Die pollenanalytischen Ergebnisse sprechen eindeutig für ein pleistozänes Alter. Pollenfunde von *Menyanthes* und Süßwasserarten zeigen, daß dieses heute vom Meer bedeckte Gebiet damals außerhalb der Adria lag.

7. Literatur

- AALTO, M.: *Potamogeton* fruits. I. Recent and subfossil endocarps of the Fennoscandian species. Acta Botanica Fennica 88:85 S. (1970).
- Adria, Reiseführer und Atlas. Jugoslawisches lexographisches Institut, Zagreb 1975.
- BERGGREN, G.: Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological description. Part 2: *Cyperaceae*. Stockholm 1969.
- BEUG, H.-J.: Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Floren- und Vegetationsgeschichte einiger Mittelgebirge. Flora 145, 167–211 (1957).

- Beiträge zu postglazialen Floren- und Vegetationsgeschichte in Süddalmatien: Der See „Malo Jezero“ auf Mljet. Teil I: Vegetationsentwicklung; Teil II: Häufigkeit und Pollenmorphologie der nachgewiesenen Pflanzensippen. *Flora* **150**, 600—656 (1961).
- Über die ersten anthropogenen Vegetationsveränderungen in Süddalmatien an Hand eines neuen Pollendiagrammes vom „Malo Jezero“ auf Mljet. Veröff. Geobot. Inst. d. Stiftung Rübel, Zürich, H. **37**, 9—15 (1962).
- On the Forest History of the Dalmatian Coast. *Rev. Palaeobotan. Palyn.* **2**, 271—279 (1967).
- Man as a factor in the vegetational history of the Balkan Peninsula. In: D. JORDANOV et al. (eds.), *Problems of Balkan Flora and Vegetation* p. 72—78, Sofia 1975.
- BOTTEMA, S.: Implications of a pollen diagram from the Adriatic Sea. *Geologie en Mijnbouw* **53** (6), 401—405 (1974).
- and VAN STRAATEN, L. M. J. U: Malacology and palynology of two cores from the Adriatic sea floor. *Marine Geology* **4**, 553—564 (1966).
- BRANDE, A.: Untersuchungen zur postglazialen Vegetationsgeschichte im Gebiet der Neretva-Niederung (Dalmatien, Herzegowina). *Flora* **162**, 1—44 (1973).
- DANIELS, C. H. von, und RITZKOWSKI, S.: Marines Miozän (*Orbulina saturalis*-Zone) in Istrien/Jugoslawien. *Göttinger Arbeiten Geol. Paläont.* **5** (H. Martin-Festschrift), 31—36 (1970).
- EHRENDORFER, F.: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. Stuttgart 1973.
- FÜTTERER, D. and PAUL, J.: Recent and Pleistocene sediments of the Istrian coast (Northern Adriatic, Yugoslavia). *Senckenbergiana maritima* **8**, 1—21 (1976).
- FÜCHTBAUER, H., and TISLJAR, J.: Peritidal cycles in the Lower Cretaceous of Istria (Yugoslavia). *Sedimentary Geology* **14**, 219—233 (1975).
- GEYH, M. A.: Die Anwendung der 14C-Methode. Clausthaler tektonische Hefte Nr. **11**. Clausthal-Zellerfeld 1971.
- GRÜGER, E.: Pollenanalyse spätpleistozäner und holozäner Sedimente aus der Adria. *Geol. Jahrb. A* **29**, 3—32 (1975).
- HORWITZ, A.: Palynological studies in the lagoon of Venice. *Memorie di Biogeografia Adriatica* **7**, 17—27 (1966/67).
- HORVAT, I., GLAVAČ, V., und ELLENBERG, H.: Vegetation Südosteuropas. *Geobotanica Selecta*, Bd. IV, Stuttgart 1974.
- HUBER, B.: Kleiner Beitrag zur Geschichte des Maisanbaus in Europa. Veröff. Geobotan. Institut der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, H. **37**, 120—128 (1962).
- KÖRBER-GROHNE, U.: Bestimmungsschlüssel für subfossile *Juncus*-Samen und Gramineen-Früchte. In: W. HAARNAGEL (Ed.), *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet*. Bd. **7**, 1—47 (1964).
- KORENEVA, E. V.: Marine palynological researches in the U.S.S.R. *Marine Geology* **4**, 565—574 (1966).
- Spores and pollen in Mediterranean bottom sediments. In: B. M. FUNNEL and R. RIEDEL (eds.), *The Micropalaeontology of Oceans* p. 361—371 (1971).
- LUTHER, H.: Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. Teil I und II. *Acta Botanica Fennica* **49**, 1—232, und **50**, 1—370 (1951).
- MARUŠIČ, B.: Istrien im Frühmittelalter. II. Ausgabe. Kulturhistorische Denkmäler in Istrien III. Pula (1964).
- MEISCHNER, D., and RUMOHR, J.: A light-weight, high-momentum gravity corer for subaqueous sediments. *Senckenbergiana maritima* **6** (1), 105—117 (1974).
- MOSETTI, F.: Morfologia dell'Adriatico settentrionale. *Boll. Geofis. teor. appl.* **8**, 138—150 (1966).
- PAULYS Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft. Stuttgart.
- RANKE, U.: The sediments of the Gulf of Piran (Northern Adriatic Sea). *Senckenbergiana maritima* **8**, 23—60 (1976).
- ŠERCELJ, A.: Postglacialni razvoj gorskih gozdov v seserozahodni Jugoslaviji. *Slov. Akadem. Zn. i. Um. Classis IV. Dissertationes XIV/9*, 267—294 (1971).

- STEINHAUSER, F.: Climatic atlas of Europe I. WMO, Unesco, Cartographia (1970).
- VAN STRAATEN, L. M. J. U.: Sedimentation in the North-Western part of the Adriatic Sea. Proc. 17th Symposium Colston Research Soc. Colston Papers 17, 143–160 (1965).
- Holocene and late-Pleistocene sedimentation in the Adriatic Sea. Geol. Rundschau 60, 106–131 (1970).
- VITA-FINZI, C.: Supply of fluvial sediment to the Mediterranean during the last 20000 years. In: STANLEY, D. J. (Ed.), The Mediterranean Sea: A natural sedimentation laboratory. p. 43–46, Stroudsburg, Pa, USA 1972.
- WALTHER, H., und LIETH, H.: Klimadiagramm Weltatlas III, 2. Lieferung, Jena 1964.
- ZAVODNIK, N.: Neke karakteristike brakične močvara Paluda. Acta Adriatica XI (Nr. 40), 289–292 (1964).
- Hydrographical and ecological observations in the brackish swamp of Palu near Rovinj. The Iassia Jugoslavica III (Nr. 1–6), 121–142 (1967).
- ZOLLER, H.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 83, Anh. 2, 45–156 (1960).

Eingegangen 21. Februar 1977.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. HANS-JÜRGEN BEUG, Abteilung für Palynologie der Universität, Untere Karspüle 2, D-3400 Göttingen.



Verantwortlich für die Redaktion: Prof. Dr. H. Meusel, 402 Halle (Saale). Verlag: VEB Gustav Fischer Verlag, 69 Jena, Villengang 2, Telefon 27332. Satz und Druck: Druckerei „Magnus Poser“, 69 Jena. — Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1658 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik. Alle Rechte beim Verlag. Nachdruck (auch auszugsweise) nur mit Genehmigung des Verlages und des Verfassers sowie mit Angabe der Quelle gestattet. Printed in the German Democratic Republic. Artikel-Nr. (EDV) 57415