

Neue Ergebnisse aus dem Würmglazial Kärntens

Von Adolf FRITZ und Friedrich Hans UCIK

Mit 7 Abbildungen, 6 Tabellen und 2 Pollendiagrammen

KURZFASSUNG

Im folgenden werden drei würmzeitliche Ablagerungen aus Kärnten geologisch und palynologisch abgehandelt.

Rosegg

Durch die Anlage des Oberwasserkanals für das Kraftwerk Rosegg wurde am rechtsseitigen Oberende der Einschnittsstrecke desselben in fluvio-limnischen Sedimenten ein geringmächtiges Schieferkohleflöz aufgeschlossen. Diese Kohle besitzt ein U/Th-Alter von 40.670 Jahren v. h., d. h. es wurde zur Zeit des Mittleren Würm gebildet. Die fossile Pollenüberlieferung (Pollendiagramm Rosegg I und II) belegt eine kurzfristige, interstadiale Erwärmungsphase, während der sich nach anfänglicher Waldlosigkeit ein stark aufgelockerter borealer Nadelwald mit *Pinus-(Picea-)*Dominanz in der Höhenlage des Kärntner Beckens ausbreitete.

Koflachgraben (Koflergraben)

Die lignitierten Hölzer in den schluffig-sandigen Flußablagerungen, die beim Bau der Tauernautobahn im Aushub eines Brückenpfeilers am linken Ausgang des Koflachgrabens aufgeschlossen wurden, besitzen ein Radiokarbonalter von etwa 61.600 Jahren v. h. Der fossile Pollen- und Sporengehalt des Sediments verweist auf einen ehemaligen borealen Nadelwald mit *Picea-(Pinus-)*Dominanz. Demzufolge ist der würmzeitliche Erosionsrest im Koflergraben in eines der Frühwürm-Interstadiale, sehr wahrscheinlich in das Odderade-Interstadial NW-Europas, einzuordnen.

Auf der Eben

Während des frühen Spätglazials, als die Täler in den Gailtaler Alpen bereits eisfrei geworden waren, erodierte der frühe Kreuzenbach, dessen Unterlauf in dieser Zeit noch das Tal des heutigen Herzogbaches benützte, verbreitet wieder die Moränen und resedimentierte sie u. a. im Bereich von Eben hinter dem stauenden Rand des Draugletschers, der – mit eingesunkener Oberfläche – noch im Haupttal lag. An der Basis wurden fluviatil Kies und Sand abgelagert, darüber in einem Eisrandsee rund 20 m Schluff und feine Sande; abschließend folgten wieder fluviatile Kiese und Sande. Da in den Stauseeablagerungen kein Pollen gefunden wurde, muß man annehmen, daß der Gletscherrückzug relativ schnell erfolgte, so daß die Vegetation erst nach Abschluß der Sedimentation im Gebiet von Eben die kahle Landschaft wiederbesiedeln konnte.

ABSTRACTS

The following paper deals with the geology and palynology of Würm-sediments from three different localities in Carinthia.

Rosegg

In connection with the construction of the powerstation of Rosegg a part of the upper water-channel was cut into the hills in the SW of Rosegg. At the beginning of the cutting-section on the right slope a thin layer of slatty coal was found in fluvial and lacustrine sediments. According to the U/Th-age determination this coal has an age of 40 670 years before today. The pollen-contents (see pollen-diagram Rosegg I and II) show a interstadial warming of the climate for a short time, during which – after a treeless period at the beginning – a rather loosened boreal conifer forest with mostly Pinus (Picea) spread in the height of the central Carinthian basin.

Koflachgraben (Koflergraben)

The Tauernautobahn crosses the Koflach-ravine by the help of a long bridge. In the foundation pit for one of the pillars of the bridge fine grained fluvial sediments (sand and silt) with pieces of lignitic wood were found. Carbon-14 analysis of the lignite proved an age of about 61 600 years before today. The fossil pollen and spore contents of the sediments point to an old boreal conifer forest with mainly Picea (Pinus). According to all these facts this Würm-remainder of erosion in the Kofler-Graben belongs to an early Würm-interstadial, probably to the Odderade-interstadial of NW-Europe.

Auf der Eben

At the beginning of the late glacial period, when the valleys and ravins of the Gailtaler Alpen had already become free from ice, the early Kreuzenbach (whose lower course led in this time through the valley of to-day Herzogbach) began to erode the wide spread moraines and to re-sedimentate the material partially in the area of Auf-der-Eben behind the rim of the Drau-glacier, which still conquered the main Drau valley, whilst its surface had sunk down. At first at the base of the sequence fluvial sediments (sand and gravel) were deposited. These sediments are superposed by about 20 m of lacustrine sediments (silt and fine sand) of a lake behind the rim of the main glacier in the Drau-valley. At the top one finds fluvial sand and gravel layers again. To our surprise in the lacustrine sediments no pollen could be found. Therefore we must assume, that the withdrawal of the Drau-glacier was a very quick one so that vegetation could not follow immediately; the plants did not conquer the bare surface of the landscape till this lake of Eben had vanished.

VORBEMERKUNGEN

Ein großes Problem für den kartierenden Quartärgeologen ist zweifellos das weitgehende Fehlen von guten Aufschlüssen in den pleistozänen und holozänen Ablagerungen. Sand, Kies, Lehm, Schluff, Geschiebemergel (Moränen) u. ä. sind nun leider einmal Lockersedimente, die zu Rutschungen und Verwitterung neigen und daher keine dauerhaften Aufschlüsse bilden können. Auch Aufschlüsse in Sand-, Kies- oder Lehmgruben werden nach Einstellung des Abbaues schnell unansehnlich und verwachsen. Und jene Aufschlüsse, die durch Rutschungen oder Baumaßnahmen auf Hängen, Terrassenböschungen oder an Flußufern entstehen, werden i. a. bewußt ganz schnell saniert, sprich: wieder verhüllt. Der Quartärgeologe muß daher vielfach rein morphologisch kartieren und kann nur hoffen, daß sich nicht in der Tiefe etwas Unerwartetes und Unbekanntes verbirgt oder eine geologische Ausnahme vorliegt. Er muß daher das von ihm bearbeitete Gebiet viele Jahre lang beobachten und möglichst jeden vorübergehenden Aufschluß registrieren, von Bohrungen im Auftrag praktisch interessierter Auftraggeber ganz zu schweigen.

In ganz Kärnten wurden nun in den letzten Jahren vor allem im Zusammenhang mit der Suche nach Trinkwasser, aber auch aus anderen Interessen etliche Bohrungen in pleistozänen Ablagerungen abgeteuft, die teilweise überra-

schende, meist aber jedenfalls wichtige Erkenntnisse brachten. Auch Großbauvorhaben wie Kraftwerke und Autobahnen können wertvolle Erkenntnisse für die Quartärgeologie liefern, wenn ein guter Kontakt zwischen Baufirmen und Wissenschaftlern besteht. Einer der beiden Autoren (F. H. UCIK) hatte in den vergangenen Jahren mehrfach Gelegenheit, derartige neue Aufschlüsse und Bohrungen geologisch zu untersuchen und auszuwerten.

Durch das Entgegenkommen und die Hilfe von Firmen bzw. anderen Kollegen konnten wir bei der geologischen Untersuchung und pollenanalytischen Auswertung des Materials der nachstehend behandelten Lokalitäten Erkenntnisse gewinnen, die auf jeden Fall für die lokale Quartärgeologie interessant sind, z. T. aber auch überregionale Bedeutung besitzen. Weitere interessante Ergebnisse sollen in den kommenden Jahren in loser Folge veröffentlicht werden.

I. KOHLEVORKOMMEN AUS DEM MITTLEREN WÜRM IM OBERWASSERKANAL DES KRAFTWERKES ROSEGG

Im Rahmen des energiewirtschaftlichen Ausbaues der mittleren Drau zwischen Villach und Annabrücke wurde das KW ROSEGG in den Jahren 1970–73 errichtet. Im Verlauf dieser Arbeiten wurde die weit ausholende Drauschleife bei Rosegg durch einen rund 3,5 km langen Oberwasserkanal abgeschnitten, der im Gebiet des Fitscher Berges auf rund 1,8 km Länge in das Hügelland eingesenkt wurde, wobei der Aushub einer alten Geländefurche folgte (Abb. 1).

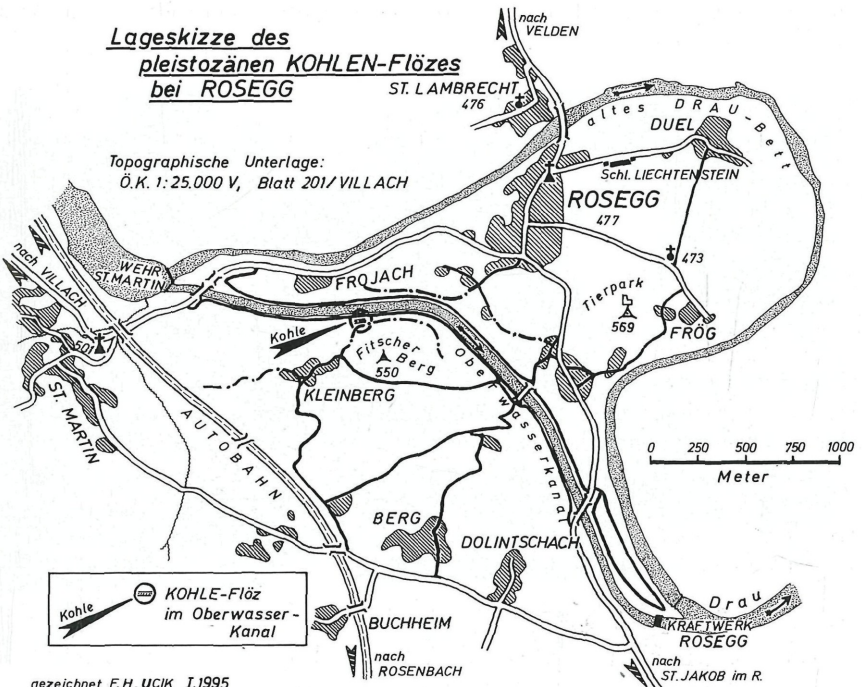


Abb. 1: Lageskizze des Kohlenvorkommens bei Rosegg

DIE GEOLOGISCHEN VERHÄLTNISSE

Das Hügelland SW von Rosegg wird im Bereich des Oberwasserkanals im wesentlichen von dunkelgrauen bis grünlichgrauen Phylliten bis Quarzphylliten aufgebaut, die H. SORDIAN als glimmerschieferähnliche Diaphorite in Grünschieferfazies auffaßte und dem mittelostalpinen Altkristallin zuordnete. CLAASSEN et al. hingegen sind der Meinung, daß diese Phyllite, die teilweise als Chlorit-, Sericit und graphitische Phyllite entwickelt sind, in progressiver Metamorphose die Grünschieferfazies erreicht haben und dem Oberostalpin angehören. Ganz vereinzelt sind im Bereich des Oberwasserkanals in die Phyllite kleinste Marmorvorkommen als tektonische Linsen eingelagert.

Das Alter der Phyllite und eingeschalteten kleinsten Marmorvorkommen wird als sicher vorpermisch, vielleicht altpaläozoisch angenommen.

Das Alter und die tektonische Stellung der übrigen in der unmittelbaren Umgebung des Kanals anstehenden Kalke und Dolomite bzw. Marmore (Tiergarten Rosegg, Wehrstelle St. Martin, diverse Hügel bei St. Martin) wird – weil für die vorliegende Arbeit bedeutungslos und von den verschiedenen Autoren heftig umstritten – nicht weiter diskutiert.

Zahlreiche Bohrungen haben gezeigt, daß im überwiegenden Teil der Einschnittsstrecke das Grundgebirge von einer bis mehrere Meter mächtigen, lehmigen Grundmoränenschicht (wahrscheinlich des Würm-Hochglazials) überlagert wird. Westlich der Kleinberger Brücke (über den Kanal) sinkt der Fels schnell in größere Tiefe ab, wurde in etlichen Bohrungen gar nicht mehr angetroffen und ist von einer bis mehrere Zehnermeter mächtigen, wechselvoll zusammengesetzten Folge von Lockersedimenten überdeckt (Sande-Kiese, sandige Lehme und Tone).



Abb. 2: Blick auf die rechte Flanke des Oberwasserkanals Rosegg mit den Kohlefundpunkten Rosegg 1 und 2 (Foto: UCIK, 15. IV. 1992)

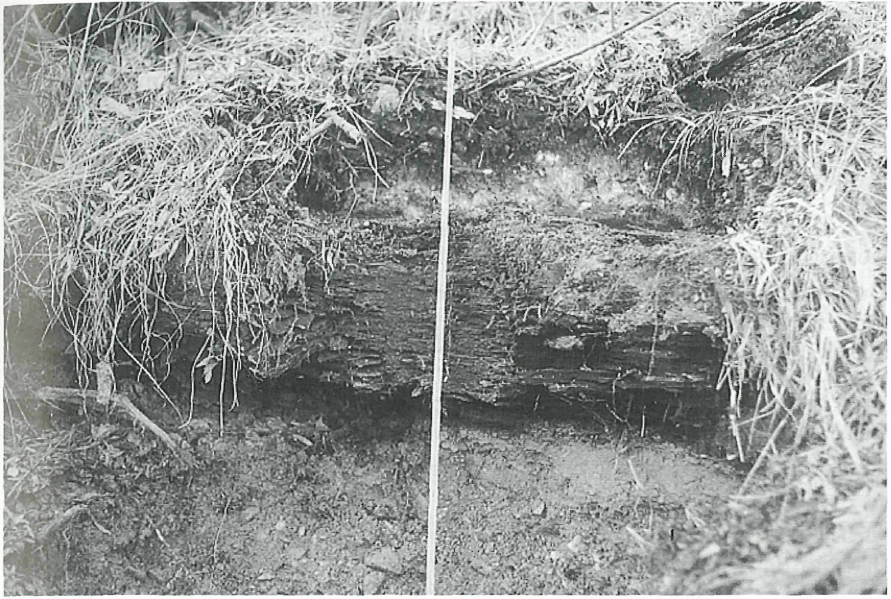


Abb. 3: Kohleaufschluß 1 im Oberwasserkanal Rosegg (vor der Probennahme) (Foto: UCIK, 30. III. 1993)

Sowohl im Bereich der Phyllite wie auch der (teilweise mächtigen) quartären Sedimente traten auf den Kanalböschungen – teilweise bereits während des Kanalaushubes beginnend – wiederholt und verbreitet Rutschungen unterschiedlicher Art und Ausdehnung auf, die bis zum heutigen Tag immer wieder zu Stabilisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zwangen.

Etwa Mitte der achtziger Jahre wurde im Verlaufe derartiger Rutschungen auf der rechten Kanalböschung zwischen Kanalkilometer 1,00 und 1,03 ein geringmächtiges Flöz von stark schiefriger und offensichtlich noch sehr unreifer Kohle an mehreren Stellen freigelegt.

Mit Erlaubnis der Österreichischen Draukraftwerke wurden von uns am 30. März 1993 an zwei Stellen etwa bei km 1,01 (Punkt 1) bzw. 1,025 (Punkt 2) das Flöz sowie das unmittelbare Liegende und Hangende der Kohle freigelegt und – einschließlich der Ton-Schluff-Schichten im Liegenden – detailliert beprobt (Abb. 2). Bei Punkt 1 (= Rosegg I) (Abb. 3) liegt das 28 cm mächtige Flöz über einer Lage von grauem Schluff und Sand, die bis 8 cm mächtig ist. Diese Feinkornschicht überlagert mit gewellter, also erosiver Unterkante z. T. bräunlich verfärbte, quarzführende Sande und Kiese. In diese fluviatile Grobkornschicht ist nochmals eine max. 4 cm mächtige Sand-Schluff-Linse eingelagert. Das Hangende des Flözes bilden Kalkschotter.

Auch im zweiten Aufschluß wird das Flöz (= Rosegg II), das hier nur 12 cm mächtig ist, von Kalkschottern überlagert. Im Liegenden des Flözes finden sich zunächst 14 cm braun-graue, tonig-schluffige Sedimente mit dünnen Kohlelagen, noch weiter im Liegen sind graue, tonig-schluffige Stillwasserablagerungen ohne organische Beimengungen vorhanden. Abgeschlossen wird

dieses Kurzprofil nach unten hin durch braungefärbte, resche Sand-Kies-Schichten.

Insgesamt zeigen die beiden Profile eine abwechselnd fluviatile und limnische Sedimentation mit zwischenzeitlicher Erosion.

Höhenlage und geographische Koordinaten:

	Höhe über Adria	Breite	Länge
Rosegg I	501,99 m	46°35'04,57"	14°00'23,32"
Rosegg II	502,18 m	46°35'04,64"	14°00'24,25"

Durch Entgegenkommen der Österr. Draukraftwerke A.G. konnten 2 Kohlenproben in ihrem Kohlenlabor in Voitsberg analysiert werden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen zeigt die nachstehende Tabelle 1.

Tab. 1: Analysedaten der pleistozänen Kohle von ROSEGG

Gehalt in %	Probe 1	Probe 2	Mittelwert		
	(analysenfeucht)		wasserfrei (umgerechnet)	analysenfeucht	roh
C	30,14	30,16	40,51	30,15	20,50
H	3,07	3,07	4,13	3,07	2,09
O	17,89	17,94	24,07	17,92	12,18
N	0,10	0,10	0,13	0,10	0,07
S insgesamt	0,57	0,55	0,75	0,56	0,38
H ₂ O	25,52	25,64	–	25,58	49,39
Asche	22,71	22,54	30,40	22,63	15,39
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Rohkoks (C + Asche)	37,45	37,80	50,56	37,63	25,59
Reinkoks (ohne Asche)	–	–	20,16	15,00	10,20
Verbrennbare Bestandteile	–	–	69,60	51,80	35,22
Flüchtige Bestandteile	–	–	49,44	36,80	25,02
Oberer kJ/kg	11.711	11.743	15.758	11.727	7.975
Heizwert kcal	2.799	2.807	3.766	2.803	1.906
Unterer kJ/kg	–	–	14.852	10.428	6.311
Heizwert kcal	–	–	3.550	2.492	1.508

Dieses in etwa 502 m SH gelegene Kohlenflözchen wurde vermutlich auch in der Bohrung Rosegg 1, ca. 60 m SSSW des Aufschlußpunktes 1 gelegen, angetroffen. Das Profil dieses im Jahre 1959 leider noch als Schlagbohrung durchgeführten Bodenaufschlusses zeigt zwischen 501,3 und 503,7 m SH „Humus – Torfbildung“, was sehr wohl die durch die damals angewandte Bohrtechnik verschleppte Kohle sein könnte.

Radiometrisches Alter der Kohle

Das absolute Alter der Kohle wurde sowohl mittels des Radiokohlenstoffs ¹⁴C als auch mittels U/Th-Analysen bestimmt.

¹⁴C-Datierung

Die Radiokarbondatierung wurde am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien vorgenommen. Das organische Material stammt aus der Lokalität Rosegg I. Die radiometrische Untersuchung, mitgeteilt am 28. Februar 1991, ergab folgendes Radiokarbonalter:

34.700 $\begin{smallmatrix} +1500 \\ -1200 \end{smallmatrix}$ a BP (VRI-1222)

Nach Angabe des Institutes sollte das Alter der Schieferkohle mit 68%iger Wahrscheinlichkeit innerhalb des angegebenen Intervalles liegen.

U/Th-Analysen

Die U/Th-Analysen wurden am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover durchgeführt. Es wurden vier Proben mit den Nummern UH-889, 890, 891 und 892 untersucht. Das Material stammt von den Probenentnahmestellen Rosegg I und Rosegg II. Das errechnete U/Th-Alter, mitgeteilt am 25. 9. 1992, beträgt:

40.670 ± 1080 a BP

Dazu wurde folgendes vermerkt (Zitat): „Dieses Ergebnis steht im besten Einklang mit dem erhaltenen ¹⁴C-Alter, wenn man berücksichtigt, daß die ¹⁴C-Zeitskala in diesem Zeitabschnitt des Pleistozäns um mindestens 3500 Jahre zu kurz ist.“

Chronostratigraphische Einstufung

Die radiometrischen Datierungen geben einen gewissen Zeitrahmen vor, der es erlaubt, die fossile Torfablagerung von Rosegg der gegenwärtig gehandhabten europäischen Chronostratigraphie des Würm-Glazials zuzuordnen.

Im Sinne der Arbeitsgemeinschaft der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie (CHALINE und JERZ 1984) ist die Schieferkohle in das Mittlere Würm zu stellen. Dieser Zeitabschnitt beginnt mit der Pollenzone 26 von Samerberg (GRÜGER 1979), d. h. mit dem Ende des frühwürmzeitlichen Odderade-Interstadials. Nach ¹⁴C-Datierungen an den Profilen Oerel 61 und 46 ist das Ende des Odderade-Interstadials etwa mit 61.000 Jahren v. h. anzusetzen (BEHRE und PLICHT 1992:113). Nach der Tiefsee-Zeitskala (MARTINSON et al. in BEHRE und PLICHT 1992:116) sollte das Mittlere Würm sogar schon um 74.000 Jahre v. h. begonnen haben.

Auch wenn man, wie WELTEN (1982:58) und WEGMÜLLER (1992:46), das Mittelwürm erst mit dem Ende des Dürnten-Interstadials (3. Frühwürm-Interstadial) beginnen läßt, d. h. vor 50.000 bis 60.000 Jahren v. h., ist die Schieferkohle von Rosegg für ein frühwürmzeitliches Alter zu jung.

Großrestuntersuchung

Im Vergleich zu anderen würmglazialen Lokalitäten in Kärnten wie Drasing (FRITZ 1975:197–222), Koflergraben (siehe Abschnitt II) und Falkenberg-Tunnel (in Arbeit) enthält die Fundstelle Rosegg keine Großreste von Hölzern im Sinne von Stammholz oder Ästen. Wohl aber gelang es, in der Schieferkohle extrem flach gedrückte Zweigfragmente, 3 bis 6 mm breit und maximal 85 mm lang, aufzufinden. Zwölf derartige Zweigbruchstücke wurden im Labor für Quartäre Hölzer in Adliswil, Schweiz, anatomisch untersucht. Die

Fragmente enthielten noch alle die für eine Bestimmung erforderlichen Merkmale genügend deutlich ausgebildet. Von den zwölf Zweigfragmenten erwiesen sich neun als *Salix* sp. und drei als *Betula* sp. Eine Zuordnung zu einer bestimmten Gruppe von Weiden oder Birken (Kriechweiden oder strauchförmige Birken) war anatomisch nicht möglich.

Weiters wurde beim Spalten der plattig geschichteten Schieferkohle eine auffällig hellere, nur wenig zersetzte Auflage von Moosen festgestellt. Die Untersuchung dieser Moosauflage durch Univ.-Prof. Dr. R. KRISAI ergab großteils gut erhaltene Stengel und Blätter von *Sphagnum warnstorffii* RUSSOW mit vereinzelt dazwischenliegenden Resten von *Aulacomnium palustre* und *Homalothecium nitens* sowie zarte Radezellen mit auffälligen Pusteln (*Carex* sp.), zwei Stück Innenfrüchte von *Carex* cf. *nigra* und vier Stück Samenhälften von *Potentilla* sp.

Die im Zuge der pollenanalytischen Laborarbeiten am Grobsieb anfallenden pflanzlichen Reste erwiesen sich als Seggenwürzelchen, Blattreste von Braun- und Torfmoosen sowie von Blattscheidenepidermen von *Eriophorum vaginatum*.

Auch tierische Reste konnten aus der Schieferkohle isoliert werden: Flügeldecken (Elythren) von Blattkäfern (Chrysomelidae), nicht näher bestimmbare Gliedmaßenreste von Ameisen und ein einzelnes Schneckengehäuse von *Cochlodina fimbriata* (ROSSMÄSSLER 1835):

Genese der Torfablagerung

Die Ablagerung der organischen Substanz der Kohle, d. h. die Moorentwicklung, erfolgte im Anschluß an eine Phase mineralischer Feinkornsedimentation in einer mehr oder weniger abflußbehinderten Geländemulde mit der Bildung eines Radizellentorfes. In randlichen Bereichen des Moores bestand während der gesamten Dauer der Moorentwicklung weiterhin ein Seichtwasserbereich, wie das durch die immer wieder auftretenden Pollenfunde von *Typha* und des *Sparganium*-Typs hervorgeht.

Schon bald hatte sich das Niedermoor durch Anhebung der Torfsubstanz so weit dem Einflußbereich des Mineralbodens entzogen, daß sich an der Mooroberfläche zunächst Braunmoose und in weiterer Folge Hochmoorpflanzen (*Sphagnum*, *Eriophorum*, *Ericaceae*) ansiedeln konnten. Sowohl aus der Sicht der Moosblatt-Überlieferung als auch aus der Sicht der Pollen- und Sporenfunde hat die Ausbildung der Hochmoorphase in Profil Rosegg I ihren Höhepunkt im Bereich der Proben 20 bis 28 cm erreicht. Ab Probe 29 cm treten in diesem Profil keine *Sphagnum*blattreste sowie keine *Sphagnum*- und *Tilletia*-Sporen mehr auf. Von da an verlief die Moorentwicklung offenbar rückläufig. Das entspricht den Feststellungen von WEGMÜLLER (1992:60), daß die Herausbildung einer *Sphagnum*-Torfschichte in einer Schieferkohle nicht unbedingt das Ende einer Verlandungsphase bedeutet. So wie im Falle von Rosegg kann durch Aufstauen von mineralhaltigem Wasser über *Sphagnum*torf sich neuerlich Radizellentorf ausbilden.

Die Erfahrungen aus dem Nordalpenrand zeigen, daß Schieferkohlen im allgemeinen Bildungen aus dem Frühwürm darstellen (WEGMÜLLER 1992:60), im Falle von Rosegg handelt es sich um den selteneren Fall einer Torfbildung aus dem Mittelwürm.

DIE POLLENDIAGRAMME ROSEGG I UND ROSEGG II

Probenentnahme

Nach den ersten Voruntersuchungen im März 1990 und November 1992, um die Eignung der Schieferkohle für eine pollenanalytische Bearbeitung sicherzustellen, wurde schließlich am 30. März 1993 jenes Probenmaterial dem Kohlenflöz entnommen, das den beiden Pollendiagrammen zugrunde liegt.

Der Hang des Oberwasserkanals wurde zu diesem Zweck händisch schlitzförmig aufgegraben. Im Falle des Profils Rosegg I war es notwendig, die stark gepreßte und verhärtete Schieferkohle mittels einer Kettensäge in Form eines Quaders (30x19x23 cm) aus dem Flöz herauszuschneiden (Abb. 3 und 4).

Laborarbeiten

Da man von der Überlegung ausgehen kann, daß die ursprüngliche Mächtigkeit des Torfes durch den Druck der Eisüberlagerung und der nachfolgenden Einschotterung stark verringert ist, schien es sinnvoll zu sein, die ca. 1 cm³ großen Torfproben ohne Probenzwischenräume der Schieferkohle zu entnehmen.

Die labormäßige Aufbereitung des Materials erfolgte im wesentlichen auf folgende Weise: 10%ige Kalilaugenbehandlung/Abtrennung der Großreste/-Behandlung mit 40%iger Flußsäure/Azetolyse/Aufbewahrung des gewonnenen Pollensedimentes in Glycerin.

Die starke Verdichtung der gepreßten Schieferkohle machte es notwendig, diese vor Beginn der eigentlichen Aufbereitung für einige Tage in kalte Kalilauge zu legen.



Abb. 4: Kohleaufschluß 1 nach der Probenahme (Foto: UCIK, 30. III. 1993)

Die Flußsäure wurde kalt angewendet, das Pollen-/Schluffzentrifugat blieb zwei bis drei Tage der Flußsäureeinwirkung ausgesetzt. Das weitgehend gereinigte Pollensediment wurde mittels einer graduierten Pipette in eine stets gleichbleibende Glycerinmenge aufgenommen. Dadurch war es möglich, die absolute Pollenmenge in den Proben rechnerisch zu ermitteln.

Mikroskopische Auszählung

Die mikroskopische Auszählung erfolgte an Präparaten mit einer Deckglasgröße von 18x18 mm. Zur Herstellung der Präparate wurden jeweils 0,02 ml des Pollen-/Glyzeringemisches verwendet. Folglich entspricht der Volumensmenge von 0,02 ml eine Präparatfläche von 324 mm². Auf der Basis dieses Zusammenhanges konnte über die ausgezählte Präparatfläche auf die absolute Pollendichte der Proben zurückgerechnet werden. Es ist selbstverständlich, daß die so ermittelten „absoluten“ Zahlengrößen aus präparativen Gründen nur mit einer gewissen Fehlergrenze dem tatsächlichen Pollengehalt der Proben entsprechen können. Da sich vermutlich der Fehler bei allen Proben in der gleichen Weise ausgewirkt haben wird, ist damit zu rechnen, daß die Relationen der Zahlengrößen mit genügender Genauigkeit erhalten geblieben sind.

Zur Bestimmung weniger geläufiger Pollen- und Sporentypen standen dem Erstautor eine umfangreiche eigene Pollensammlung und Fotothek zur Verfügung. Weiters wurden im gegebenen Fall „The Northwest European Pollen Flora“ (PUNT und CLARKE 1981–1991) sowie der Bestimmungsschlüssel und die Bildtafeln in „Pollen Analysis“ (MOORE/WEBB/COLLINSON 1991) herangezogen.

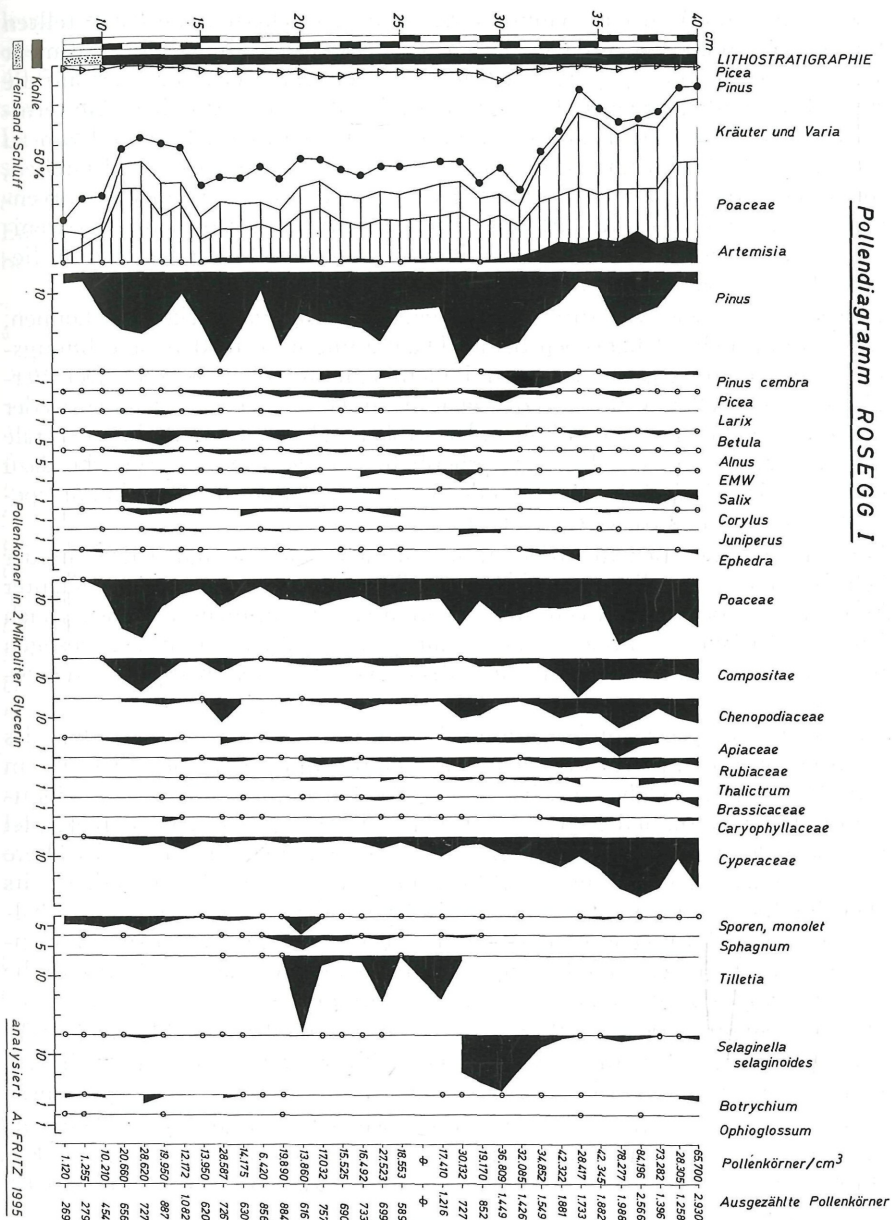
Pollendiagramm Rosegg I

Pollendiagramm Rosegg I umfaßt 33 Pollenspektren. Die ausgezählte Gesamtsumme der Proben 8 bis 40 beträgt 35.007 Pollenkörner und 2723 Sporen. Diese Pollen- und Sporenmengen verteilen sich auf 50 Pollen- und 11 Sporentypen. Nur ein Teil davon wurde zur Erstellung des Diagramms verwendet, den Rest enthält Tabelle 3. Das Mengenverhältnis der wichtigsten Pollentypen im Vergleich mit Profil Rosegg II, bezogen auf die gesamte ausgezählte Pollensumme, zeigt Tabelle 2:

Tab. 2: Mengenverhältnisse der wichtigsten Pollentypen im Vergleich von Profil Rosegg I zu Profil Rosegg II

	Rosegg I	Rosegg II
Pinus	45,36% (6.771 PK)	45,76% (5.640 PK)
Betula	4,58% (684 PK)	4,61% (569 PK)
Picea	3,16% (472 PK)	3,66% (452 PK)
Salix	1,01% (152 PK)	3,31% (388 PK)
Alnus	1,66% (248 PK)	1,89% (234 PK)
Poaceae	25,64% (3.828 PK)	26,95% (3.322 PK)
Kräuter und Varia	16,50% (2.463 PK)	14,18% (1.661 PK)

Wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, besteht in der Pollenüberlieferung der beiden Profile, mit Ausnahme der Salixwerte, eine überraschend hohe Übereinstimmung. Die Abweichung der Salixwerte ist zweifellos rein lokal bedingt und bezeugt den Bewuchs des Moores durch Salix, wie das durch die fossilen Zweigfragmente bereits belegt ist.



Die graphische Darstellung der Pollentypen, welche für die Erstellung des Diagramms ausgewählt wurde, erfolgt im Hauptdiagramm auf der Basis der allgemein üblichen Prozentberechnung. Grundsumme der Berechnung ist die Pollensumme der Bäume, Sträucher, Kräuter und Varia ohne den Blütenstaub der Cyperaceen, Wasserpflanzen und Sporen.

Die im Anschluß an das Hauptdiagramm durch Schattenrisse dargestellten Pollen- und Sporentypen dagegen geben die absoluten Mengen im Sediment an, aus Gründen der graphischen Darstellbarkeit der Werte reduziert auf die Anzahl der Pollenkörner und Sporen in zwei Mikroliter des Pollen-/Glyzerin-gemisches. Diese Vorgangsweise verfolgt die Absicht, darauf aufmerksam zu machen, daß Absolutkurven nicht nur eine brauchbare Alternative darstellen, sondern daß diese unter bestimmten Bedingungen einen sinnvolleren Kurvenverlauf zeigen als die Prozentkurven. Prozentkurven weisen mehr oder weniger stark Kurvenverzerrungen auf, die im Wesen der Prozentberechnung liegen, also rein mathematisch begründet sind (FRITZ 1967).

Um zu prüfen, wie weit diese Kurvenverzerrungen sinnstörend sein können, wurden sämtliche Pollentypen beider Diagramme nach beiden Berechnungsarten in provisorisch gezeichneten Pollendiagrammen dargestellt. Der Vergleich ergab, daß sinnstörende Abweichungen dann auftreten, wenn entweder die Pollendichte aufeinanderfolgender Proben oder bzw. und die spektrale Zusammensetzung derselben sich erheblich verändern. Man vergleiche dazu einerseits den Verlauf der *Picea*-, andererseits den Verlauf der *Pinus*kurve (speziell im Diagrammabschnitt 8–14 cm).

Wie Tabelle 2 deutlich vor Augen führt, ist die fossile Pollenüberlieferung der Schieferkohle wesentlich vom Pollen der *Pinus*, der Poaceen und der Kräuter bestimmt, wobei die Poaceen und die Kräuter im Summenmittel fast gleich häufig auftreten wie *Pinus*. Daraus kann grundsätzlich der Schluß gezogen werden, daß zu dieser Zeit mit stark offenen Vegetationsverhältnissen zu rechnen ist.

Überblickt man das Grunddiagramm Rosegg I, so läßt der Kurvenverlauf des Nichtgehölzpollens zwei deutlich ausgeprägte Gipfel erkennen (10–15 cm und 31–40 cm), welche zwischen sich einen Diagrammabschnitt mit dominanter *Pinus* einschließen (15–31 cm). Die beiden Nichtgehölzpollengipfel unterscheiden sich einerseits durch unterschiedliche Maximalwerte (der ältere Gipfel erreicht maximal nur 51%, der jüngere dagegen 83%), andererseits aber durch ein stark unterschiedliches Auftreten der *Artemisia*. Dieses Verhalten der Pollenführung weist darauf hin, daß gegen Ende der fossilen Pollenüberlieferung ein markanter Temperaturrückgang und damit eine drastische Veränderung in der Vegetation eingetreten sein mußte.

Die Kiefernpollenkurve im Bereich ihres dominierenden Abschnittes (15–31 cm) zeigt Werte, die sich im wesentlichen auf etwa 50% eingependelt haben. Nur zweimal übersteigt die *Pinus*kurve die 60%-Marke um ein Geringfügiges. Vielleicht das Bemerkenswerteste an der fossilen Pollenführung der Schieferkohle ist die relativ starke Beteiligung des Piceapollens mit maximal über 8% (Probe 30 cm). In der Voruntersuchung wurde sogar ein Wert von über 10% angetroffen.

Die Piceakurve zeigt einen allmählichen Anstieg bis auf den erwähnten Höchstwert, um anschließend wieder auf die Anfangswerte abzufallen.

Annähernd parallel dazu läßt auch die EMW-Kurve (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*) im mittleren Bereich des Diagramms eine gewisse Anhäufung der entsprechenden Pollentypen erkennen.

Faßt man die hervorgehobenen pollenstratigraphischen Merkmale des Diagramms Rosegg I zusammen, so ergibt sich folgendes Bild: Die fossile Pol-

lenüberlieferung dokumentiert eine (vermutlich kurzfristige) Klimabesserung, die aufgrund der radiometrischen Datierung in die Zeit um 41.000 bis 40.000 Jahre v. h. anzusetzen ist und die daher als ein Mittelwürm-Interstadial aufzufassen ist. Wir verwenden dafür die Bezeichnung „Rosegg-Interstadial“, wenn man als Interstadial einen Zeitabschnitt definiert, der sich durch ein relativ günstigeres Klima gegenüber einer klimatisch ungünstigeren Phase abgrenzt (ZAGWIJN 1989:57).

Eine Rekonstruktion der Vegetationsverhältnisse wird erst weiter unten gegeben.

Tab. 3: Pollen- und Sporenfunde im Profil Rosegg I, die nicht in das Pollendiagramm aufgenommen wurden.

<i>Abies</i> : 21, 25 cm (Diagrammlage)	<i>Hippophaë</i> : 23 cm
<i>Achillea</i> -Typ: 14, 16, 25, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 38 cm	Lamiaceae: 40 cm
Asteraceae: 8–25 cm, 27, 20–40 cm	Liliaceae: 10 cm
Boraginaceae: 34 cm	<i>Lonicera</i> : 17 cm
Campanulaceae: 18, 38 cm	<i>Plantago</i> : 12, 20, 24, 28, 32, 33, 35, 40 cm
<i>Centaurea</i> -Typ: 34, 37 cm	<i>Quercus</i> : 13, 18, 23, 24, 27–29, 32, 34, 39, 40 cm
Cichorioideae: 8–22, 25, 27, 29–31, 33–40 cm	Ranunculaceae: 16, 22, 25, 27, 28, 30, 32, 33–35, 40 cm
<i>Cirsium</i> : 38 cm	<i>Rumex</i> : 36 cm
Dipsacaceae: 32 cm	Saxifragaceae: 12, 17, 19, 22–25, 31, 37 cm
<i>Ephedra distachya</i> -Typ: 14, 19, 31, 40 cm	<i>Scabiosa</i> : 35, 39 cm
<i>Ephedra fragilis</i> -Typ: 9, 10, 12, 15, 22, 24, 25, 31–34, 39, 40 cm	<i>Typha</i> : 8, 12 cm
<i>Fagus</i> : 18 cm	<i>Tilia</i> : 11, 13, 17, 19, 22–25, 31, 37 cm
<i>Filipendula</i> : 38 cm	<i>Ulmus</i> : 11, 15–20, 23, 25 cm
<i>Fraxinus excelsior</i> : 18–20, 27 cm	<i>Valeriana</i> : 38, 39 cm
Gentianaceae: 40 cm	<i>Gymnocarpium</i> : 35 cm
<i>Helianthemum</i> : 25, 36 cm	<i>Hyperzia</i> : 40 cm
	<i>Polypodium</i> : 17 cm

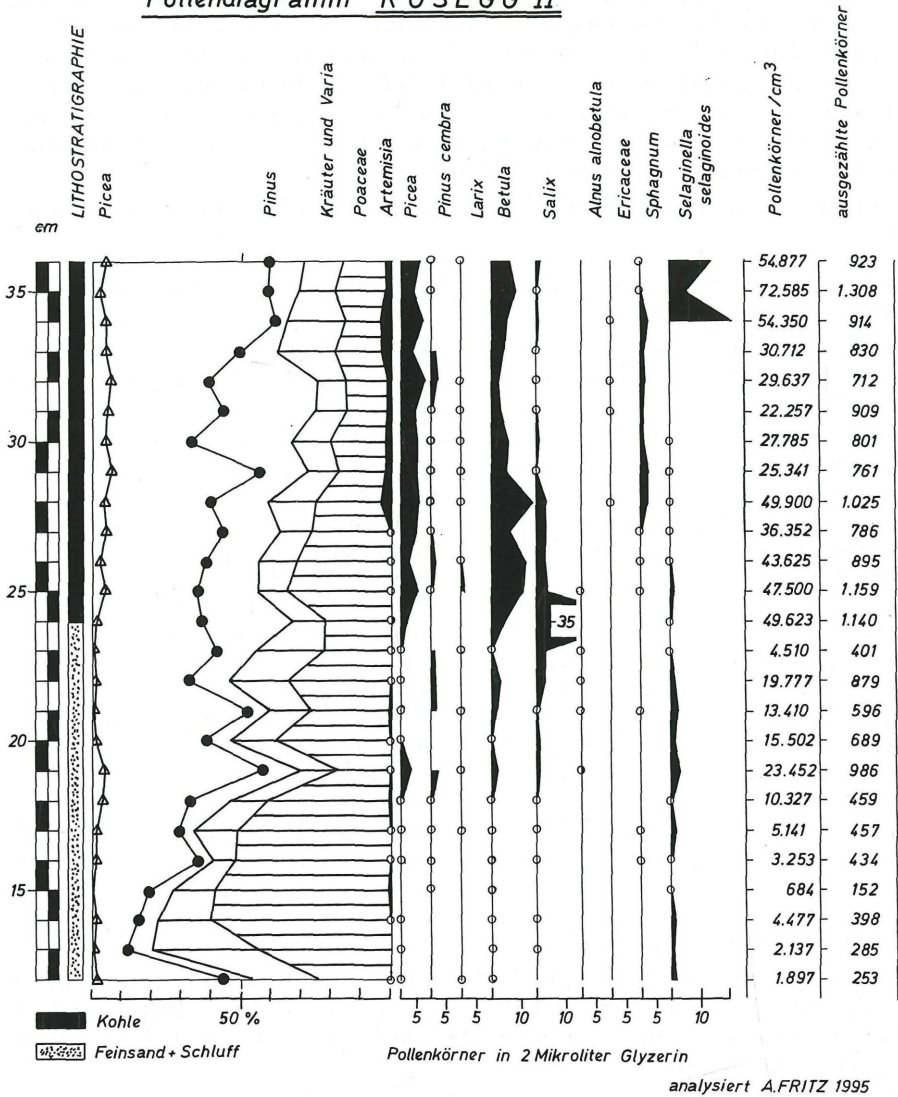
Pollendiagramm Rosegg II

Pollendiagramm Rosegg II umfaßt 25 Pollenspektren mit insgesamt 18.152 ausgezählten Pollenkörnern und 1198 Sporen. Es konnten 53 Pollen- und 13 Sporentypen unterschieden werden. Die nicht im Diagramm dargestellten Typen enthält Tabelle 4.

Im Vergleich mit Diagramm Rosegg I fehlt dem Diagramm Rosegg II der jüngere Nichtgehölz-Pollengipfel. Die *Pinus*kurve bricht daher am oberen Ende des Diagramms bereits bei hohen Werten ab. Diese Diagrammlage entspricht im Diagramm Rosegg I etwa dem Bereich von 27–30 cm. Sie ist am spontanen Auftreten hoher Sporenwerte von *Selaginella selaginoides* bei gleichzeitigem Ausklingen der *Sphagnum*sporenüberlieferung gut erkennbar.

Der ältere Nichtgehölz-Pollengipfel dagegen ist vorhanden. Er ist wesentlich stärker ausgeprägt als im Diagramm I. Die Nichtgehölz-Pollenwerte steigen auf 80% an und erreichen damit einen ähnlich hohen Wert wie im Bereich des jüngeren Nichtgehölz-Pollengipfels im Diagramm Rosegg I. Pollendiagramm Rosegg II reicht offensichtlich etwas weiter zurück als Diagramm I. Kombi-

Pollendiagramm ROSEGG II



niert man beide Diagramme, so wird der Eindruck eines überlieferten Klima- und Vegetationszyklusses noch deutlicher.

Die Prozentwerte des *Pinus*pollens, die an den Nichtgehölz-Pollengipfel anschließen, liegen mit 31 bis 44% etwas niedriger als im Diagramm I, die Höchstwerte übersteigen auch hier kaum 60%. Das geringfügig niedrigere Niveau des Baumpollens äußert sich übrigens auch bei der *Picea* (maximal 6,37%) und bei der *Betula* (maximal 9%). Eine Ausnahme macht, wie bereits erwähnt, die *Salix* mit einem Anstieg auf 23,56% der Pollensumme in Probe 24 cm.

Tab. 4: Pollen- und Sporenfunde im Profil Rosegg II, die nicht in das Pollendiagramm aufgenommen wurden.

<i>Achillea</i> -Typ: 33, 34, 36 cm	<i>Plantago</i> : 21, 32, 35, 36 cm
<i>Aconitum</i> -Typ: 19 cm	<i>Quercus</i> : 18, 25, 32, 33, 35 cm
<i>Alnus</i> : 12–36 cm	Ranunculaceae: 24, 25, 30, 34 cm
Apiaceae: 12, 14, 17–36 cm	<i>Ranunculus</i> : 22, 28–30 cm
<i>Armeria alpina</i> : 25 cm	Rosaceae: 28 cm
Asteraceae: 12–36 cm	Rubiaceae: 17, 19–28, 30–33, 35, 36 cm
Brassicaceae: 13, 20, 34–36 cm	Saxifragaceae: 36 cm
<i>Carpinus</i> : 27 cm	<i>Scabiosa</i> : 20, 22, 33 cm
Caryophyllaceae: 12, 14, 18–21, 23–28, 30, 31, 33, 35, 36 cm	<i>Serratula</i> -Typ: 27 cm
<i>Centaurea</i> -Typ: 22 cm	<i>Sparganium</i> -Typ: 35 cm
Chenopodiaceae: 12–22, 24–36 cm	<i>Thalictrum</i> : 12, 14, 21, 22, 24–35 cm
Cichorioideae: 12–36 cm	<i>Tilia</i> : 12, 26–31, 36 cm
<i>Cirsium</i> : 22, 24 cm	<i>Typha latifolia</i> -Typ: 21, 35 cm
<i>Corylus</i> : 15–17 cm, 20–22 cm	<i>Ulmus</i> : 18, 19, 21, 15, 26, 38 cm
Cyperaceae: 12–36 cm (Maximum bei 35 cm mit 105%)	<i>Valeriana</i> : 22, 24, 28, 32–36 cm
Dipsacaceae: 17, 26, 33 cm	Sporen:
<i>Dipsacus</i> : 19, 22, 23, 26–30, 34 cm	<i>Botrychium</i> : 12–21, 23–25, 28–33, 35, 36 cm
<i>Ephedra distachya</i> -Typ: 19, 30 cm	<i>Cryptogamma crispata</i> : 17 cm
<i>Ephedra fragilis</i> -Typ: 12, 18, 19, 21–23, 25, 28, 31, 32, 34–36 cm	<i>Equisetum</i> : 19, 20, 33, 35, 36 cm
Fabaceae: 25 cm	<i>Gymnocarpium dryopteris</i> : 16–18, 20, 22, 23, 27 cm
<i>Fagus</i> : 26 cm	<i>Huperzia</i> : 13, 14, 16, 23, 24, 35 cm
<i>Filipendula</i> : 20, 22, 24, 27, 36 cm	<i>Lycopodium</i> : 17, 21, 32, 35 cm
<i>Helianthemum</i> : 25 cm	<i>Ophioglossum</i> : 13, 17, 26 cm
<i>Hippophaë</i> : 16, 23, 25, 26, 28, 34, 35 cm	<i>Phegopteris connectilis</i> : 22 cm
<i>Juniperus</i> : 18–20, 22, 25–29, 32–35 cm	<i>Polypodium</i> : 23, 24, 26, 34 cm
<i>Knautia</i> : 21 cm	Sporen monolet: 12–36 cm
Lamiaceae: 33 cm	Sporen trilet: 12, 19, 24, 25, 28 cm
	<i>Tilletia</i> : 28, 30–32 cm

Vegetationsverhältnisse während des Rosegg-Interstadials

Rosegg liegt heute im unteren Bereich der submontanen Waldstufe, die der Mensch weitestgehend zur Kulturlandschaft umgestaltet hat. Der Wald in der näheren und weiteren Umgebung ist ein warmer Rotbuchenwald tieferer Lagen sowie ein forstlich beeinflusster Rotbuchen-Tannen-Fichten-Mischwald höherer Lagen mit ausgesprochen wärmeliebenden Pflanzenelementen (Hartl et al. 1992).

Zur klimatischen Kennzeichnung sind für Rosegg nachstehend die interpolierten Werte der Klimastation Velden am Wörther See, für das Kärntner Becken im allgemeinen die Klimadaten von Klagenfurt angeführt:

	Mittl. Jahrestemp.	Mittl. Jahresniedersch.
Gemeinde Rosegg (569 m).	7,6 °C	1257 mm
Klagenfurt (446 m)	7,6 °C	901,5 mm

Die Klimadaten für Rosegg entsprechen dem zehnjährigen Mittel von 1961–1970 (TROSCHL 1980:143), jene für Klagenfurt dem dreißigjährigen

Mittel von 1961–1990 (Mitteilung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Regionalstelle für Kärnten und Steiermark).

Vor etwa 41.000 Jahren dagegen stand die Vegetation Kärntens unter dem Einfluß eiszeitlicher Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse des Mittleren Würm.

Wie die fossile Pollenüberlieferung der Schieferkohle von Rosegg zeigt, ist zu Beginn des Interstadials mit einer vollständig baumlosen Vegetation von Klein- bzw. Refugialbeständen aus der subalpin/alpinen Höhenstufe zu rechnen. Das ergibt sich nicht nur aus den sehr hohen Nichtgehölz-Pollenwerten und aus der großen Anzahl von Kräuterpollentypen, sondern auch aus der Sporenflora. Diese umfaßt zahlreiche Arten, vorwiegend Heliophyten, deren vertikale Verbreitung heute bis in die subalpin/alpine Höhenstufe reicht: *Botrychium*, *Ophioglossum*, *Huperzia*, *Lycopodium*, *Cryptogramma crispa* und andere, vorwiegend aber *Selaginella selaginoides* mit bis zu 24% der Pollengrundsumme im Pollendiagramm Rosegg II.

Aus dieser Sicht der Vegetationsverhältnisse ist anzunehmen, daß die relativ hohen Pollenwerte für *Betula* und *Salix* auf strauchartige Vertreter (?*Betula nana*) der lokalen Vegetation zurückgehen. Als eingeweiht dagegen dürfen folgende Pollenkörner angesehen werden: *Pinus diploxylon*-Typ, *Pinus haploxylon*-Typ, *Picea*, *Larix*, *Alnus*, *Ephedra* und *Hippophaë*. Der Pollen von *Picea*, *Pinus* (einschließlich *P. cembra*) und *Larix* geht vermutlich auf einen borealen Nadelwald zurück, der möglicherweise bereits in aufgelockerten bis inselartigen Baumbeständen im äußersten Osten des Kärntner Beckens stockte. Diese Vermutung gründet sich darauf, daß sich mit der interstadialen Erwärmung ganz offensichtlich die Baum- bzw. Waldgrenze bis nahe an den Raum Rosegg herangeschoben hatte (*Picea* mit 8%!). Dafür spricht auch die Zunahme des *Pinus*pollens mit gelegentlich 60% der Gesamtpollensumme.

Ob und wie weit Rosegg während des interstadialen Höhepunktes unter die Baumgrenze gerückt ist, kann schwer gesagt werden, da einerseits ein Großteil des *Pinus diploxylon*-Pollens von *Pinus mugo* stammen kann und andererseits keine Holzreste, nicht einmal Stomata von Nadelbäumen in der Schieferkohle aufzufinden sind. Zumindest mit einer Strauchvegetation ist aber zu rechnen, worauf die stark gepreßten Zweigreste von *Betula* und *Salix* hinweisen. Möglicherweise können wir aus dem Fund der Schnecke *Cochlodina fimbriata* gewisse Anhaltspunkte gewinnen. *Cochlodina fimbriata* hat heute sein Hauptvorkommen in den Südalpen und besitzt eine vertikale Verbreitung von 450 bis 1780 m. Das könnte im Rosegg-Interstadial eine Absenkung der Waldgrenze um ca. 1200 bis 1300 Meter gegenüber heute bedeuten.

Das Ende des Interstadials stellt jedenfalls wieder völlig baumlose Vegetationsverhältnisse auch in der weiteren Umgebung her, verbunden mit der Ausbreitung einer gräser- und kräuterreichen *Artemisia*-Steppe, wie wir das bei besonders starker Klimaverschlechterung aus anderen würmglazialen Pollendiagrammen bereits kennen (WEGMÜLLER 1992, Referenzprofil Gondiswil-Seilern).

Mit dem Ende des Rosegg-Interstadials sind wohl die letzten Baum- und Waldbestände bis zum Beginn der spätglazialen Wiederbewaldung in Kärnten verdrängt worden.

Aus der Temperaturkurve nach Eisbohrkernrekonstruktionen für die letzten 160.000 Jahre (SCHÖNWIESE 1994:322, Abb. 137) bzw. aus der Sauerstoff-Isotopenkurve von Tiefseesedimenten der letzten 140.000 Jahre (LANG 1994:335) ist zu entnehmen, daß im Altersbereich des Rosegg-Interstadials nochmals ein markanter Temperaturanstieg im Mittleren Würm, etwa im Ausmaß von 1 bis 2 °C stattgefunden hat. Besonders deutlich tritt diese Erwärmungsphase in der graphischen Darstellung bei LANG (1994) hervor. Wir werden kaum fehlgehen, das Rosegg-Interstadial mit dieser globalen, kurzfristigen Erwärmung in Zusammenhang zu bringen.

Vom Versuch, das Rosegg-Interstadial mit anderen Mittelwürm-Interstadialen Europas zu korrelieren, nehmen wir Abstand. Wir verweisen lediglich im Sinne von DAWSON (1992:51) auf eine mögliche zeitliche Nähe zum Alesund Interstadial in West-Norwegen. Bemerkenswert ist die mutmaßliche Zuordnung des niederländischen Denekamp Interstadials zu jener letzten deutlichen Erwärmungsphase im Mittleren um ca. 41.000 Jahre vor heute (LANG 1994:335; DAWSON 1992:51), die wir in Kärnten als Rosegg-Interstadial nachweisen konnten.

II. LIGNITISIERTE HÖLZER AUS DEM FRÜHWÜRM DES KOFLACHGRABENS

Auf das Vorkommen dieses würmglazialen, reichlich lignitisierte Hölzer führenden Erosionsrestes wurde der Erstautor von Dr. Gerfried H. LEUTE aufmerksam gemacht (Abb. 5).

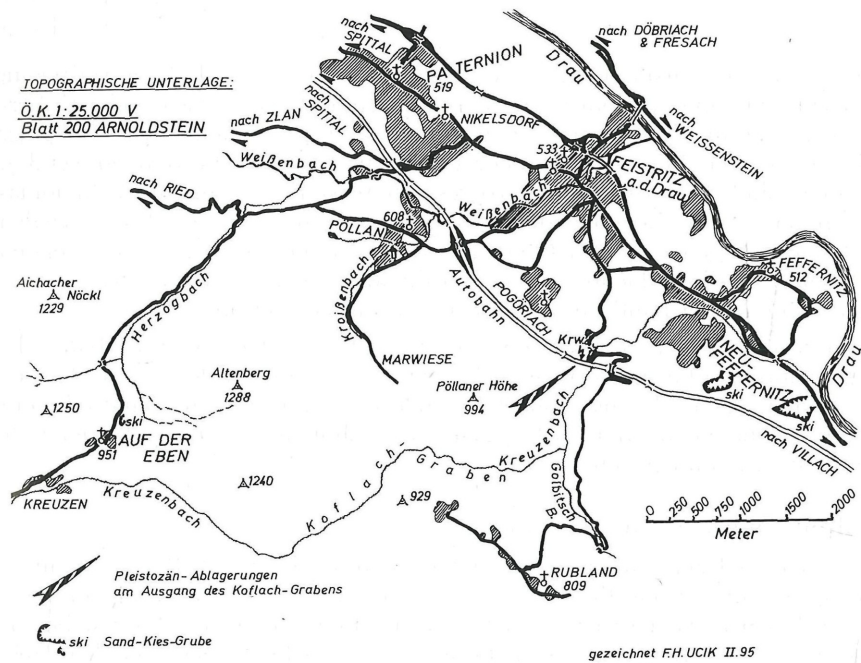


Abb. 5: Lageskizze zum Frühwürm am Ausgang des Koflachgrabens und der spätglazialen Ablagerungen Auf der Eben

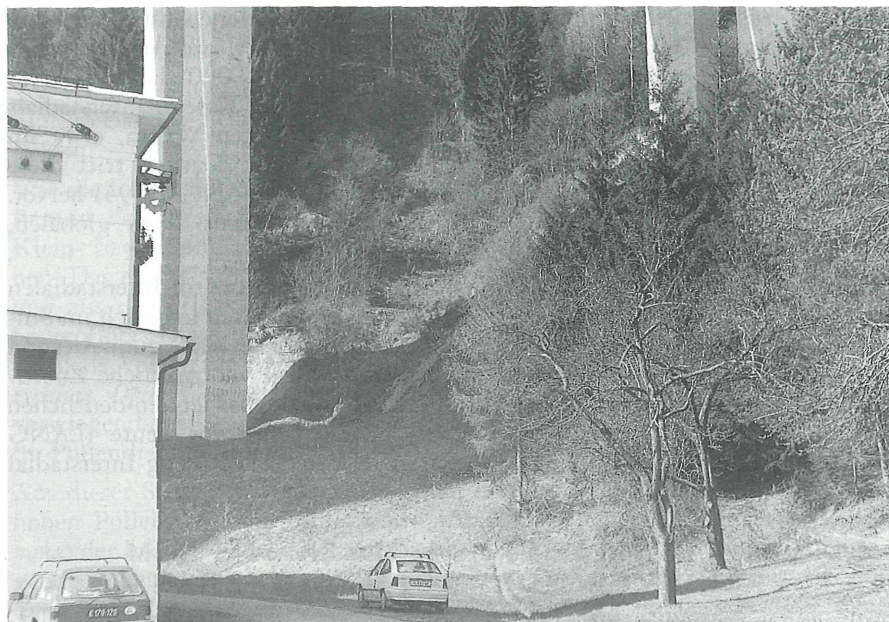


Abb. 6: Blick auf die linke Flanke am Ausgang des Koflachgrabens mit jenen Brückenpfeilern (unmittelbar neben dem Kraftwerksgebäude), aus deren Aushub das untersuchte Material stammt. (Foto: UCİK, 16. IV. 1991)

Der Aufschluß entstand im Zuge des Autobahnbaues Villach–Spittal/Drau. Zur Überquerung des vom Kreuzenbach durchflossenen Koflach- oder Koflergrabens war im Bereich seiner Ausmündung in das Drautal der Bau einer 410 m langen Betonpfeilerbrücke (Brückenobjekt D 31-TAB) notwendig. Beim Aushub des dritten Pfeilerpaares von Westen her wurden in fluvioglazialen Sand- und Kiesablagerungen Lignite aufgefunden. Die fluvioglazialen Sedimente liegen dem aus Grödener und Werfener Schichten bestehenden Felsuntergrund auf. Heute ist von den fluvioglazialen Sedimenten nach Wiederbegrünung der Baufläche nicht mehr viel zu sehen (Abb. 6).

Zum Zeitpunkt der Probenaufsammlung am 8. Mai 1984 war die Baugrube aus technischen Gründen nicht mehr zugänglich. Sowohl der Lignit als auch das pollenanalytisch ausgewertete Feinkornmaterial konnte seinerzeit nur mehr dem bereits oberflächlich gelagerten Aushub aus einer ungefähren Tiefe von 4 m entnommen werden.

Holzanatomische Untersuchung

Eine erste holzanatomische Untersuchung wurde bereits 1985 von Universitätsprofessor Dr. Wilhelm RÖSSLER, Universität Graz, vorgenommen. Nach diesen Angaben war der zur Untersuchung vorgelegte Holzrest bereits vor der Fossilisierung stark gequetscht und verdrückt worden. Durch Pilzbefall war außerdem schon viel Substanz und damit anatomische Einzelheiten abgebaut. Doch einige Stellen zeigten noch die zur Bestimmung notwendigen

Strukturen, so daß der Lignitrest zumindest als Nadelholz, mit großer Wahrscheinlichkeit als *Picea*, erkannt werden konnte. Eine einwandfreie Gattungsbestimmung, d. h. eine sichere Entscheidung, ob *Picea* oder *Larix*, war nach Prof. RÖSSLER nicht möglich, da der Markkörper fehlte, der dazu notwendig gewesen wäre.

1995 wurde daher eine weitere Holzbestimmung in Auftrag gegeben, die im Labor für Quartäre Hölzer in Adiswil mit dem Ergebnis *Picea* sp. ausgeführt wurde.

Radiometrische Datierungen

Vom Lignit aus dem Koflachgraben liegen zwei getrennte ^{14}C -Datierungen vor.

1. Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien, das Ergebnis wurde am 28. Februar 1991 mitgeteilt:

VRI-1223: $35.700 \begin{matrix} +1700 \\ -1400 \end{matrix}$ a BP

Aufgrund des Untersuchungsergebnisses der Kohle von Rosegg, daß ca. ab 40.000 Jahren v. h. in Kärnten kein Baum- oder Waldbestand mehr existierte, erschien uns das oben angeführte Alter für den Lignit aus dem Koflachgraben nicht als realistisch. Daraus ergab sich die Notwendigkeit einer weiteren radiometrischen Untersuchung.

2. Centrum voor Isotopen Onderzoek, Groningen, Niederlande, das Ergebnis wurde am 1. Juni 1995 mitgeteilt:

GrN-21438: $^{14}\text{a} = 0.034\%$

Im Sinne von Dr. J. van der PLICHT gibt es für derart alte Proben zwei Möglichkeiten der Alterskalkulation:

a) Ist der Meßfehler kleiner als 2σ und wird der Meßfehler berücksichtigt ($^{14}\text{a} + 2\sigma$), so ergibt sich ein kalkuliertes Alter von

>54.400 BP

b) Wird der Meßfehler ignoriert, so kann das Alter kalkuliert werden als:

$61.600 \begin{matrix} +10300 \\ -4400 \end{matrix}$ BP

Gleichgültig, welcher Kalkulationsmöglichkeit man den Vorzug gibt, erweist sich die radiometrische Datierung aus Groningen sowohl vegetations- als auch klimageschichtlich als glaubwürdiger. Eine eingehendere Interpretation der Datierung wird weiter unten gegeben.

Elementaranalyse des Lignites

Durch Entgegenkommen der Österr. Draukraftwerke A. G. wurden im Kohlenlabor in Voitsberg zwei Lignitproben einer Elementaranalyse unterzogen. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tab. 5: Analysendaten lignitisierter Holzreste aus dem Koflachgraben.

Analyseergebnisse in %	Probe 1 an.	Probe 2 an.	Mittel beider Proben		
			wf.	an.	roh
Kohlenstoff	47,22	47,22	50,54	47,22	43,66
Wasserstoff	5,05	5,01	5,38	5,03	4,65
Sauerstoff	32,21	32,20	34,47	32,21	29,78
Stickstoff	0,14	0,14	0,15	0,14	0,13
Gesamtschwefel	3,26	3,24	3,48	3,25	3,01
Wasser	6,58	6,56		6,57	13,61
Asche	5,54	5,63	5,98	5,59	5,16
Ho in kJ/kg	19.189	19.090	20.485	19.140	17.697
Hu in kJ/kg			19.303	17.874	16.343

Vergleicht man das Analysenergebnis des Lignites aus dem Koflachgraben mit jenem der Schieferkohle von Rosegg, so ergibt sich auch aus dem bereits höheren Kohlenstoffgehalt und damit höherem Heizwert des Lignites ganz im Sinne der radiometrischen Datierung ein höheres Alter für den Lignit.

Pollenanalyse

Wie bereits weiter oben angedeutet, war es nicht möglich, das fluvioglaziale Sediment profilmäßig zu beproben. Es kann daher kein Pollendiagramm vorgelegt werden. Um zu prüfen, ob das Sediment Pollen enthält, wurden zwei Proben dahingehend aufbereitet. Das Ergebnis ist in Tab. 6 dargestellt.

Die Pollendichte erwies sich als gering, die Pollenerhaltung als z. T. schlecht. Die fossile Pollenüberlieferung ist durch eine absolute Dominanz des Baumpollens, vor allem des *Picea*- und des *Pinus*pollens, gekennzeichnet. Laubblättrige Hölzer wie *Alnus*, *Betula*, *Tilia* sowie Sträucher (*Corylus*, *Humulus*-Typ, *Ephedra*) sind nur mit einzelnen Pollenkörnern vertreten. Ebenso ist der Anteil an Kräuterpollen sehr gering. Dagegen ist die relative Häufigkeit und Vielfalt an Sporen bemerkenswert.

Ein borealer Wald aus dem Frühwürm Kärntens

Faßt man die dargelegten Fakten zusammen, so erweisen sich die fluvioglazialen Sedimente aus dem Koflergraben als ein Erosionsrest aus einer Zeit, in der in Kärnten eine Waldvegetation vom Typus eines frühwürmzeitlichen, borealen Nadelwaldes mit *Picea*-(*Pinus*-)Dominanz stockte. Der boreale Charakter der Waldvegetation wird durch das Auftreten von *Botrychium*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Huperzia selago* und *Lycopodium annotinum* unterstrichen.

Das Vorkommen von typischen Heliophyten, wie *Botrychium*, *Lycopodium clavatum*, *Ophioglossum* und *Selaginella selaginoides* läßt erkennen, daß es sich um einen aufgelockerten Waldbestand gehandelt haben wird.

Das Klima dieser Zeit muß daher als sehr rau, aber durchaus humid angenommen werden.

Kärnten als ein unmittelbar von der Würmvereisung betroffenes Gebiet der Alpen besitzt kein vollständiges Pollen- bzw. Sedimentprofil aus dem Würmglazial. Es ist daher schwierig, die bis jetzt noch wenigen Mosaiksteinchen

Tab. 6: Pollenspektren Koflergraben (= Koflachgraben)

	Probe 1	Probe 2
Pollen	(%)	(%)
<i>Alnus</i>	0,38	0,54
Apiaceae	0,25	0,13
Asteraceae	0,29	0,27
<i>Betula</i>	0,38	0,27
Caryophyllaceae	0,12	0,27
Chenopodiaceae	0,08	0,13
Cichoriaceae	0,93	0,54
<i>Corylus</i>	0,85	0,27
Cyperaceae	0,57	0,41
<i>Ephedra fragilis</i> -Typ	–	0,27
<i>Epilobium</i>	–	0,27
<i>Geranium</i>	0,04	–
<i>Hippophaë</i>	0,08	–
<i>Humulus</i>	–	0,14
<i>Larix</i>	5,93	–
<i>Lytbrum salicaria</i>	–	0,27
<i>Picea</i>	48,99	49,77
<i>Pinus</i>	34,95	43,24
Poaceae	3,49	0,95
Rosaceae	–	0,13
Varia	2,62	1,88
Sporen		
<i>Botrychium</i>	0,12	0,81
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	2,37	2,98
<i>Huperzia</i>	0,25	0,94
<i>Lycopodium annotinum</i> -Typ	–	0,13
<i>Lycopodium clavatum</i> -Typ	–	0,13
Monolet	9,07	5,83
<i>Ophioglossum</i>	–	0,13
<i>Polypodium</i>	0,04	0,13
<i>Selaginella selaginoides</i>	0,25	1,89
<i>Sphagnum</i>	0,04	0,13
Trilet	–	0,41

sinnvoll aneinander zu reihen. Doch hat die pollenanalytische Forschung der letzten 1½ Jahrzehnte für Europa ein Modell der würmglazialen Vegetationsentwicklung entworfen (GRÜGER 1979, WELTEN 1982, BEAULIEU-REILLE 1984, KLAUS 1987, WEGMÜLLER 1992 u. a.), an der sich die lokale Forschung in Kärnten orientieren kann.

Danach ist davon auszugehen, daß in weiten Teilen Europas boreale Nadelwälder nur in den beiden großen Interstadialen des Frühwürms existiert haben. In den Alpen ist in diesen Perioden mit einer stark ausgeprägten *Picea*-Dominanz zu rechnen, im älteren Brörup-Interstadial sogar mit bis zu 70% *Picea* (ZAGWIJN 1989:65).

Wie weit diese Vorstellungen für Kärnten mit seiner geographischen Lage südlich des Alpenhauptkammes vorbehaltlos zu übernehmen sind, werden wohl erst weitere Untersuchungen zeigen.

Aus dem letzten Interglazial/Glazial-Zyklus kennt man für Kärnten ausgedehnte Rotbuchen-Tannen-Fichten-Wälder mit einem U/Th-Alter von 113.000 ± 9000 Jahren v. h. (FRITZ 1992). Es existieren Anhaltspunkte, daß im älteren Frühwürm Kärntens noch mit einem spärlichen Vorkommen von *Fagus* und *Abies* zu rechnen ist, zumal nach den Erfahrungen SERCELJs (1966) sich *Fagus* in Slowenien erst in den Frühwürm-Interstadialen stärker ausgebreitet hat (?Brörup-Interstadial).

Das fluvioglaziale Sediment im Koflachgraben enthält keinen Faguspollen. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die dort enthaltenen Vegetationsreste zeitlich dem jüngeren Frühwürm-Interstadial, dem sogenannten Odderade-Interstadial, entsprechen.

III. EBEN BEI KREUZEN

Bei der Fahrt von Paternion oder Feistritz/Drau über die Windische Höhe ins Gailtal gelangt man – dem Herzogbach folgend – unmittelbar vor Kreuzen auf eine hochgelegene, terrassenförmige Verebnung mit der Kote 951, auf der die wenigen Häuser der Ortschaft „Auf der Eben“ liegen. Diese inmitten der engen Täler und Gräben der Gailtaler Alpen unerwartete, über 10 ha große, fast ebene Hochfläche ist schon vor rund 150 Jahren den Geologen aufgefallen. Bereits MORLOT (1850) hat hier von echtem Diluvium gesprochen, allerdings dachte er an eine unmittelbare Gletscherablagerung durch einen in dieses Tal vorgestoßenen Seitenlappen des Drautalgletschers. SRBIK (1947) sah hier gleichfalls glaziale sowie fluviatile Ablagerungen des alten Kreuzenbaches, der hier früher gegen N durch das Tal des nunmehrigen Herzogbaches abfloß, war aber der Meinung, daß im Kern dieser Hochfläche Fels (Hauptdolomit) stecke, der sowohl auf der Sattelhöhe selbst wie auch an den Abhängen im N und S von Schottern bzw. lehmigen Moränen überlagert wird.

Etwa 200 m SW der kleinen Kirche von Eben stand – in älteren topografischen Karten noch eingetragen – in etwa 890 m SH eine Ziegelei, die lokale Lehmlagen verarbeitete. In etwa 920 bis 940 m SH gab es früher SW der Kirche eine Schotterentnahme mit horizontaler Schichtung des Materials. Heute noch sind etwa 300 bis 400 m NE der Kirche in ebenfalls etwa 920 bis 940 m SH ehemalige Sand-Kies-Gruben zu erkennen, die freilich größtenteils schon wieder verrutscht und verwachsen sind, an einzelnen Stellen aber noch eine fluviatile Schichtung erkennen lassen.

Ein Bauunternehmen ließ wegen Interesses an den offensichtlich vorhandenen Kiesvorkommen zunächst 3 Flachbohrungen (10 m) auf der Hochfläche von Eben unmittelbar E der Häuser niederbringen, die übereinstimmend feinkornarme und oft schlecht gerundete Kalk-Dolomit-Schotter und -Sande, also geeignetes Material, ergaben. Der Zweitautor wurde daraufhin im Herbst 1991 mit einer Detailkartierung und Begutachtung des Vorkommens beauftragt, die im Dezember 1991 durch eine 40 m tiefe Kernbohrung (etwa 350 m E der Kirche unmittelbar neben dem dort verlaufenden Fahrwege gelegen) ergänzt wurde.

Die Ergebnisse der Kartierung lassen sich folgendermaßen kurz zusammenfassen: Während der Südrand der Terrassenoberfläche meist von einer recht deutlichen, scharfen Erosionskante gebildet wird, erscheint der Nordrand unscharf und verwaschen. Im E-Teil der eigentlichen Hochfläche, am Fuße des Altenberges, ist in die Terrassenfläche eine etwas über 100 m breite, seichte Mulde eingesenkt, die an ein Bachtal erinnert. Sowohl auf dem Süd- wie dem Nordabfall der Hochfläche findet sich verbreitet und weit hangabwärts kalkalpines Kiesmaterial. In verschiedenen Höhenlagen treten am Südhang Vernässungen und Quellaustritte auf, die auf feinkörnige, wasserstauende Horizonte im Untergrund (?Lehm – ?Schluff) hinweisen (d. h. auf die „Lehmlagen“ des ehemaligen Ziegelfofens). Von dem von SRBIK angenommenen Felskern konnte nur ein niedriger, langgestreckter Felsrücken unmittelbar links des Kreuzenbaches am Fuße des Südrandabfalls der Hochfläche verifiziert werden.

Die empfohlene Kernbohrung ergab ein überraschendes, für die Quartärkartierung recht interessantes Ergebnis (vgl. Abb. 7). Unter wenigen Metern ki-gs-Ablagerungen folgen Feinstkornsedimente (Fein-Mittelsand + Schluff – manchmal auch plastisch und knetbar; fast 20 m mächtig), die als Ablagerungen eines Stausees gedeutet werden können. Die drei oben erwähnten Flachbohrungen waren also knapp über den Stauseeablagerungen eingestellt worden.

Im Liegenden der Seesedimente folgen wechselvoll zusammengesetzte hellbraune s-ki-Schichten mit unterschiedlichen, meist eher geringen Fein- und Feinstkornanteilen, die bis zum Bohrende bei -40 m unter Geländeoberkante anhielten. Viele der (kalkalpinen) Kiese waren nur kantengerundet, so daß diese Schichte insgesamt als umgelagertes lokales Moränenmaterial gedeutet wird, dessen Feinkorn durch die starke Strömung des Ur-Kreuzenbaches größtenteils abtransportiert wurde.

Mehrere in den Stauseeablagerungen für eine relative Alterseinstufung entnommene Pollenproben erwiesen sich – etwas überraschend – als leider völlig steril.

Für den erhofften Abbau eines großen, mächtigen Kiesvorkommens waren die Ergebnisse der Bohrung sicher eine schwere Enttäuschung, für die lokale Quartärgeologie aber zweifellos sehr interessant.

Die im geologischen Profil zusammengefaßten Ergebnisse von Kartierung und Bohrung erlauben folgende Rekonstruktion der jüngsten Talgeschichte bzw. des Sedimentations- und Erosionsgeschehens in diesem Gebiet. Während des

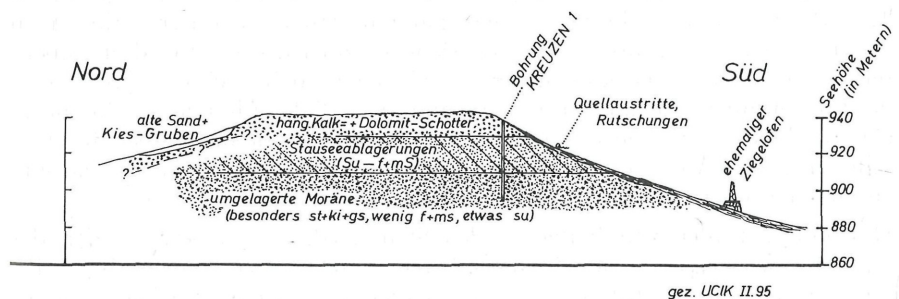


Abb. 7: Schematisches geologisches Profil durch die spätpleistozänen Ablagerungen der Terrasse von EBEN bei KREUZEN (nicht überhöht)

Würm-Hochstandes waren die Gailtaler Alpen fast völlig vom Eis der großen Gletscherströme überdeckt, die über dieses Bergland hinweg mehrfach miteinander in Verbindung standen, so daß im wesentlichen nur die Villacher Alpe eisfrei geblieben war, während Spitzegel, Latschur und Goldeck als firnüberzogene Berge über die Gletscheroberfläche ragten (PENCK – BRÜCKNER 1909).

In der Späteiszeit, als sich der Draugletscher von seinem Maximalstand in Unterkärnten schon weit zurückgezogen hatte und die Oberfläche am noch vorhandenen Drau-(und Gail-)Gletscher bereits weitgehend eingesunken war, schob sich während der immer wieder auftretenden kleinen Vorstöße im Verlauf des allgemeinen großen Eisrückzuges ein Eisseitenlappen in den Graben des heutigen Herzogbaches vor. In den inzwischen weitgehend eisfrei gewordenen Gailtaler Alpen hatte sich bereits ein lokales Entwässerungsnetz entwickelt, zu dem u. a. ein Ur-Kreuzenbach gehörte, der ursprünglich zwischen Altenberg und Aichacher Nöckl nach N ins Drautal abfloß, während der Koflachgraben mit Moränenmassen verfüllt und/oder auch noch nicht auf sein heutiges Niveau eingeschnitten war. Im Drautal schütteten die aus den südlichen Bergen kommenden Bäche verbreitet auf der rechten Talseite hinter dem stauenden Eis des allmählich einsinkenden Draugletschers Eisrandsedimente in verschiedenen Höhenlagen auf. Bei Kreuzen war aber der ursprünglich direkte Abfluß ins Drautal durch eine seitliche Gletscherausstülpung gesperrt, so daß sich in dem dadurch gebildeten Becken ein See bildete, in den der Kreuzenbach zunächst das wieder erodierte, lokale Moränenmaterial aus seinem Einzugsgebiet schüttete, wobei die feineren Kornfraktionen überwiegend in Schwebelagen blieben und vom Bach weitertransportiert wurden. Ob der frühe Kreuzenbach in dieser Phase nach Osten oder nach NNE, den Eisrand entlang, floß, ist ungeklärt. Mit dem allmählichen Auffüllen des Sees, vielleicht auch durch ein Höherspannen des Seespiegels, erlahmte die Transportkraft des Baches, und es kam zur Sedimentation von f+ms sowie su.

Schließlich nahm – infolge Einsinken der stauenden Eisoberfläche und/oder anderer stauender Barrieren (?Eisrandsedimente) – die Transportkraft des Baches schlagartig wieder zu, so daß der Kreuzenbach nur mehr gut gewaschenen, feinkornarmen kalkalpinen Lokalschotter (schlecht gerundet) und Grobsand in bedeutender Mächtigkeit (10–12 m) abgelagerte. Inzwischen war der oberste Teil des Herzogbachgrabens eisfrei geworden, so daß diese jüngsten ki+s-Ablagerungen auch noch in diese obersten, etwas tiefer gelegenen Teile des Grabens geschüttet werden konnten. Mit dem weiteren Einsinken des stauenden Eises grub sich der Kreuzenbach zunächst im Ostteil der Hochfläche von Eben ein flaches Tal, ehe er – vielleicht auch infolge rückschreitender Erosion im Koflachgraben vom Drautal her – S des Altenberges durchbrechen und sich so tief einschneiden konnte, daß er nicht mehr über die Aufschüttung von Auf der Eben nach Norden abfließen und diese tiefreichend erodieren, sondern nur mehr im Süden randlich anschneiden konnte.

Das völlige Fehlen von Pollen in den Stauseesedimenten beweist, daß der Rückzug des Eises vom Maximalstand sehr schnell erfolgt sein muß, so daß die Vegetation in das eisfrei gewordene Gebiet erst mit einer zeitlichen Verzögerung nachfolgen konnte. Erst als die Gletscheroberfläche im Spätglazial schon sehr tief eingesunken war oder der Gletscher den Talboden zwischen

Villach und Spittal/Drau gar weitestgehend freigegeben hatte, konnte sich eine Tundren- oder Hochgebirgsvegetation entwickeln, wie Fossilfunde aus den über dem heutigen Talboden gelegenen Schottergruben bei Feffernitz beweisen. 1972 wurde in der Grube knapp SE von Neu-Feffernitz ein 140 cm langer Mammutstoßzahn gefunden (Mammuts starben in Sibirien erst vor ca. 10.000 Jahren, in Mitteleuropa wahrscheinlich etwas früher aus), 1976 die Überreste von mehreren Murmeltieren (die heute im Hochgebirge an oder oberhalb der Baumgrenze leben) in der Kiesgrube etwa 1¼ km SE von Neu-Feffernitz (UCIK 1989).

Zusammenfassend kann man sagen, daß auch diese neuen Erkenntnisse von Auf der Eben zeigen, daß der Rückzug des Würmgletschers von seinem Maximalstand insgesamt sehr schnell erfolgt sein muß.

DANKSAGUNG

Die in diesem Beitrag vorliegenden drei Einzelarbeiten konnten von uns nur dank dem Entgegenkommen und der mannigfaltigen Hilfe verschiedener Firmen, Persönlichkeiten und Kollegen durchgeführt und abgeschlossen werden. Im einzelnen haben wir aufrichtig zu danken:

Von der Österreichischen Draukraftwerke A. G. in der Hauptverwaltung Klagenfurt Hr. Vorstandsdirektor DI. Dr. DRAXLER, Hr. Direktor Baurat h. c. DI. LUDESCHER, Hr. Prokuristen DI. SMOLAK sowie Hr. DI. GEYER von der Abteilung Vermessung; dem Betriebsleiter für die Mittlere Drau, Hr. Ing. DEGEN, sowie den Herren Dr. SCHÖNGRUNDNER und Dr. KAGER im Zentrallabor der ÖDK Voitsberg. Hr. Dr. R. SACHSENHOFER am Institut für Geowissenschaften der Montanuniversität Leoben.

Der Firma ASPHALT & BETON/Klagenfurt-Villach sowie Herrn Prokuristen DI. PICHLER.

Weiters gebührt aufrichtiger Dank:

Univ.-Prof. Dr. W. RÖSSLER und Herrn W. SCHOCH für holzanatomische Untersuchungen, Herrn Univ.-Prof. Dr. R. KRISAI für die Bearbeitung der Moos- und Samenreste.

OR. Dr. P. MILDNER für die Bestimmung der tierischen Fossilreste sowie Dr. A. DRESCHER für pflanzensoziologische Beratung.

LITERATUR

- ANDERLE, N. (1977): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 200 Arnoldstein. – Herausgegeben von der Geol. Bundesanstalt, Wien.
- BEAULIEU, J.-L., and M. REILLE (1984): A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. – In Boreas book reviews.
- BEHRE, K.-E., and J. van der PLICHT (1992): Towards an absolute chronology for the last glacial period in Europe: radiocarbon dates from Oerel, northern Germany. – *Vegetation History and Archaeobotany*.
- CHALINE, J., & H. HERZ (1984): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie. – *Eiszeitalter und Gegenwart*.
- CLAASEN, Th., W. von GOSEN, H. SYLVESTER & F. THIEDIG (1987): Die Permotrias und ihr Grundgebirge zwischen Faaker See und Turiawald südöstlich von Villach (Kärnten/Österreich). – *Jahrb. Geolog. B.-A.*, 130:391–413, Wien.
- DAWSON, A. G. (1992): *Ice Age Earth. Late Quarternary Geology and Climate*. – Routledge, London and New York.
- DEMMER, W. (1975): Zur Baugeologie des Draukraftwerkes Rosegg-St. Jakob. – *Österr. Zeitschr. für Elektrizitätswirtschaft*, 18. Jg./H. 1:17–24, Springer Verl. Wien–New York.
- FRITZ, A. (1967): Pollenanalytische Untersuchung zur Verschiebung der Waldgrenze in den Gurktaler Alpen. – *Carinthia II, Klagenfurt*, 77./157:109–132.

- FRITZ, A. (1975): Beitrag zur würmglazialen Vegetation Kärntens. – Carinthia II, Klagenfurt, 165./85:197–222.
- FRITZ, A. (1992): Fagus-reiche Waldbestände im Riss/Würm-Interglazial des südöstlichen Alpenraumes. – Carinthia II, Klagenfurt, 182./102.:597–610.
- GEYH, M. A., & G. J. HENNIG (1989): Datierungsversuche pleistozäner Proben aus dem Alpenvorland mit Hilfe mehrerer physikalischer Methoden. – Geologica Bavarica, 84:177–184, München.
- GEYER, G. (1901): Geologische Aufnahmen im Weissenbachthale, Kreuzengraben und in der Spitzegeltette (Oberkärnten). – Verh. kk Geol. R.-A.:113–139.
- GRÜGER, E. (1979): Spättriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern – ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. – Geologica Bavarica, 80:5–64, München.
- HARTL, H., G. KNIELIY, G. H. LEUTE, H. NIKLFELD und M. PERKO (1992): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Kärntens. – Naturwiss. Verein f. Kärnten, Klagenfurt.
- JERZ, H., & R. ULRICH (1983): Die Schieferkohlevorkommen von Großweil und Schweiganger. – Geologica Bavarica, 84:47–68, München.
- KLAUS, W. (1987): Das Mondsee-Profil: R/W-Interglazial und vier Würm-Interstadiale in einer geschlossenen Schichtfolge. – Mitt. d. Kommission für Quartärforschung der Österr. Akad. der Wiss., 1:3–18.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – Gustav Fischer.
- MOORE, P. D., J. A. WEBB, M. E. COLLINSON (1991). Pollen Analysis. – Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- MORLOT, A. (1850): Mittheilung über erratices Diluvium in Ober-Kärnten in der 3. Versammlung am 23. November. – Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien, VI.:127–128.
- PESCHKE, P. (1983): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. – Geologica Bavarica, 84:69–99, München.
- PUNT, W., and G. C. S. CLARKE (1981–1991): The Northwest European Pollen Flora. – Elsevier Scientific Publishing Company.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (1994): Klimatologie. Ulmer, UTB 1793.
- SORDIAN, H. (1961): Zur Geologie des Gebietes Rosegg–Föderlach–Bogenfeld–Egg am Faaker See–Ledenitzen–Mallenitzen–Schlatten–St. Jakob–Mühlbach–Rosegg (Kärnten, Österreich). – Mitteil. Gesellsch. Geol. und Bergbaustud. in Wien, 12:85–103, Wien.
- SRBIK, R. Ritter von (1947): Glazialgeologie der Gailtaler Alpen. – Nachgelassenes, maschingschriebenes Manuskript, Landesmuseum für Kärnten, 588 Seiten, Innsbruck.
- TICHY, G. (1980): Das Würm-interstadiale Kohlevorkommen von Mülln (Stadt Salzburg). – Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 16:107–110.
- TROSCHL, H. (1980): Klimatographischer Abriss von Kärntens Klimadaten. Gemeindeweise. – Schriftenreihe für Raumforschung und Raumplanung, Band 21, Klagenfurt.
- UCIK, F. H. (1989): Geologie der Drautalfurche. ÖZE, Jg. 42, H. 11:453–456.
- VAN HUSEN, D. (1989): The last interglacial-glacial cycle in the Eastern Alps. – Quaternary International, 3/4:115–121.
- WEBER, L., & A. WEISS (1983): Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen – Archiv für Lagerstättenforschung der Geolog. Bundesanstalt, Bd. 4, Wien.
- WEGMÜLLER, S. (1992): Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. – Denkschrift der Schweiz. Akad. d. Naturwissenschaften, Bd. 102.
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N. F. 156.
- ZAGWIJN, W.-H. (1989): Vegetation and Climate during warmer intervals in the Late Pleistocene of Western and Central Europe. – Quaternary International, Bd. 3/4:57–67.

Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Adolf FRITZ, A-9020 Klagenfurt, Koschatstraße 99; OR. Dr. Friedrich Hans UCIK, A-9071 Köttmannsdorf, Sonnenhangstraße 59.