

**NUSSBAUMER SEEN - SPÄT- UND POSTGLAZIALE UMWELTSVERÄNDERUNGEN
EINER SEENGRUPPE IM ÖSTLICHEN SCHWEIZER MITTELLAND**

Von Manfred Rösch

1 Geographie, Geologie und Klima

Die Nussbaumer Seenplatte, 434 m.ü.M., bestehend aus dem Nussbaumer See im Westen, dem Hüttwiler See im Osten und den Hasenseen im Süden (Fig.1), liegt in der Nordostschweiz zwischen dem Südwestende des Bodensees mit dem Rheinausfluss und dem Thurtal, abgescirmt von beiden durch 500 bis 600 m aufragende Höhenrücken.

Die Seen liegen im würmzeitlichen Vereisungsgebiet des Rheingletschers und können als Bildung des Seebachlappens, eines nördlichen Seitenlappens des Thurgletschers, betrachtet werden, der sich während des Maximalstandes (Stand von Schaffhausen) mit dem Rhein-Bodenseegletscher bei Diessenhofen vereinigte und zwischen den Stadien von Stein a.R./Zürich und Konstanz abschmolz (HANTKE 1980; HOFMANN 1967; E.MÜLLER 1979).

Das heutige Klima der Landschaft ist mild-humid (Fig.2).

2 Heutige reale und potentiell-natürliche Vegetation

Die heutige reale Vegetation der Seen und ihrer Umgebung ist durch langwährende menschliche Nutzung stark beeinflusst. Dies gilt auch für den Verlandungssaum der Seen, der rudimentär und stark verändert ist. Er besteht aus Nymphaeion (*Nymphaea alba* und *Nuphar lutea*), Phragmition (*Phragmites australis*, *Cladium mariscus*, *Sparganium erectum* und *Schoenoplectus lacustris*), Magnocaricion (*Carex elata*), Frangulo-Salicion *auritae* (*Salix cinerea* u.a., *Frangula alnus*) und stark degradiertem Alnion *glutinosa*e. Naturnahe Vegetation findet sich noch in den umliegenden Wäldern mit grossflächig entwickelten Galio-Fageten mit viel *Carex pilosa*. Die reale Vegetation ist in Fig.3 dargestellt.

Die potentielle natürliche Vegetation dürfte zonal aus dem stark buchendominierten Galio-Fagetum, an Südhängen aus dem Carici-Fagetum, in der Umgebung der Seen und entlang der Bäche aus dem Alno-Ulmion und im Seebereich aus der Vegetation eutropher Gewässer

Tabelle 1. Bedeutung der Abkürzungen im Text. Abbreviations in the text.

AC	nach Christi Geburt, Zusatz bei Altersangaben, die sich auf die gebräuchliche Chronologie in Kalenderjahren mit Nullpunkt bei Christi Geburt beziehen
BG	background (bei Schwermetallanalysen)
B.P.	before present, Zusatz bei Altersangaben in Jahren, die sich auf die nicht kalibrierte ^{14}C -Chronologie mit Nullpunkt = 1950 AC beziehen
EMW	Eichenmischwald, Pollensummenkurve von Eiche, Ulme, Linde, Esche und Ahorn
HK	Holzkohle
LPZ	Lokale Pollenzone(n), System zur vertikalen Gliederung der Pollendiagramme; die Hauptphasen haben folgende Bedeutung: a = waldfreie Phasen b = Zwergstrauchphasen c = Wacholderphasen d = Birkenphasen e = Kiefernphasen f = Haselphasen g = Eichenmischwaldphasen h = Buchenphasen k = Kulturphasen
LST	Laacher See Tephra
KZ	Kulturzeiger
M	Molluskenschalen
NBP	Nichtbaumpollen
Nu	Kurzbezeichnung für die Pollenprofile von den Nussbaumer Seen
PAZ	pollen assemblage zone, System zur vertikalen Gliederung der Pollendiagramme (siehe LPZ)
ppB	Teile pro Billion = $1/1'000'000'000'000$
ppm	Teile pro Milliarde = $1/1'000'000'000$
SRH	Seerosenhaare
T	Transekt
-T.	-Typ, Bezeichnung für Sammelgruppe pollendiagnostisch nicht näher bestimmbarer Arten
TGS	Tongesteinsstandard (bei Schwermetallanalysen)
UG	Untersuchungsgebiet

(in
Natur
Eibe



Fig
and
she
für

(in guter Ausbildung) bestehen. Nadelhölzer fehlen dem Gebiet von Natur aus, abgesehen von sporadischem Vorkommen von Weisstanne und Eibe.

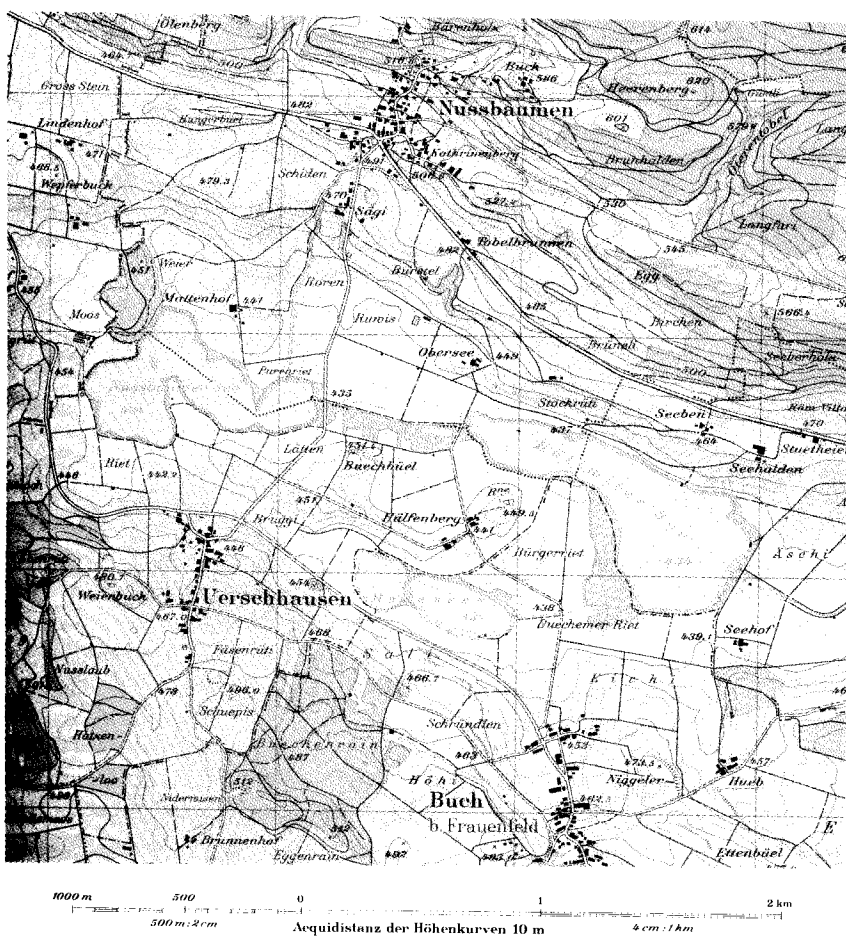


Fig.1. Die Nussbaumer Seen und ihre Umgebung. The Nussbaumer Seen and surroundings. Part of the Landeskarte der Schweiz 1:25'000, sheet 1052 Andelfingen. Reproduced with permission of the Bundesamt für Landestopographie 15.3.1985.

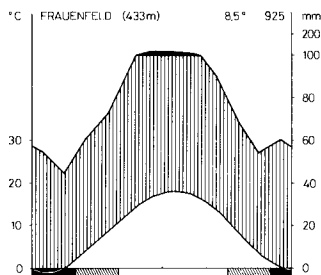


Fig.2. Klimadiagramm von Frauenfeld. Climate diagram of Frauenfeld.

3 Stratigraphie

Die Beckengestalt wurde durch Sondierungen entlang von Linien-transekten untersucht. Eine graphische Wiedergabe der stratigraphischen Transekte findet sich bei RÜSCH (1983). Die aus der Stratigraphie in Verbindung mit Pollenanalysen erschlossenen Befunde über Seespiegelveränderungen und damit zusammenhängende Grössenveränderungen der Nussbaumer Seen, sind in Fig.4 und Fig.5 dargestellt. Die Nussbaumer Seen entstanden aus einem spätglazialen Eisstausee (Fig.5a), dessen Pegel bei Kote 441 m lag. Die Abflussumkehr nach SE ins Thurtal nach dem Stand von Frauenfeld brachte ein Absinken des Pegels um 4 m mit sich. Dadurch reduzierte sich die freie Wasserfläche auf etwa die Hälfte. Der Hasensee trennte sich ab, während Nussbaumer und Hüttwiler See zunächst noch zusammenhängen (Fig.5b). Deren Trennung vollzog sich im Präboreal und Boreal. Insgesamt schrumpfte die Wasserfläche im Verlauf des Postglazials noch um etwa ein Drittel. Die neuzeitliche künstliche Seefällung um 2 m hatte nur geringen Einfluss auf die Grösse der Wasserfläche (Fig.5c,d).

Prinzipiell können drei Verlandungstypen unterschieden werden: a) Flache Beckenteile, bereits im waldfreien Spätglazial erblindet, mit der Abfolge Beckenton - Torf. b) Mitteltiefe Beckenteile, zwischen Bølling und Gegenwart erblindet, mit der Abfolge Beckenton - Seekreide/Mudde - Torf. c) Tiefe Beckenteile, noch nicht erblindet, mit Mudde oder Seekreide unter Wasserbedeckung zwischen 0 und 16 m.



Fig.3. Vegetationsprofil
1: BU...
planta...
3: Esc...
fläche...
and pa...
vineya...
profil

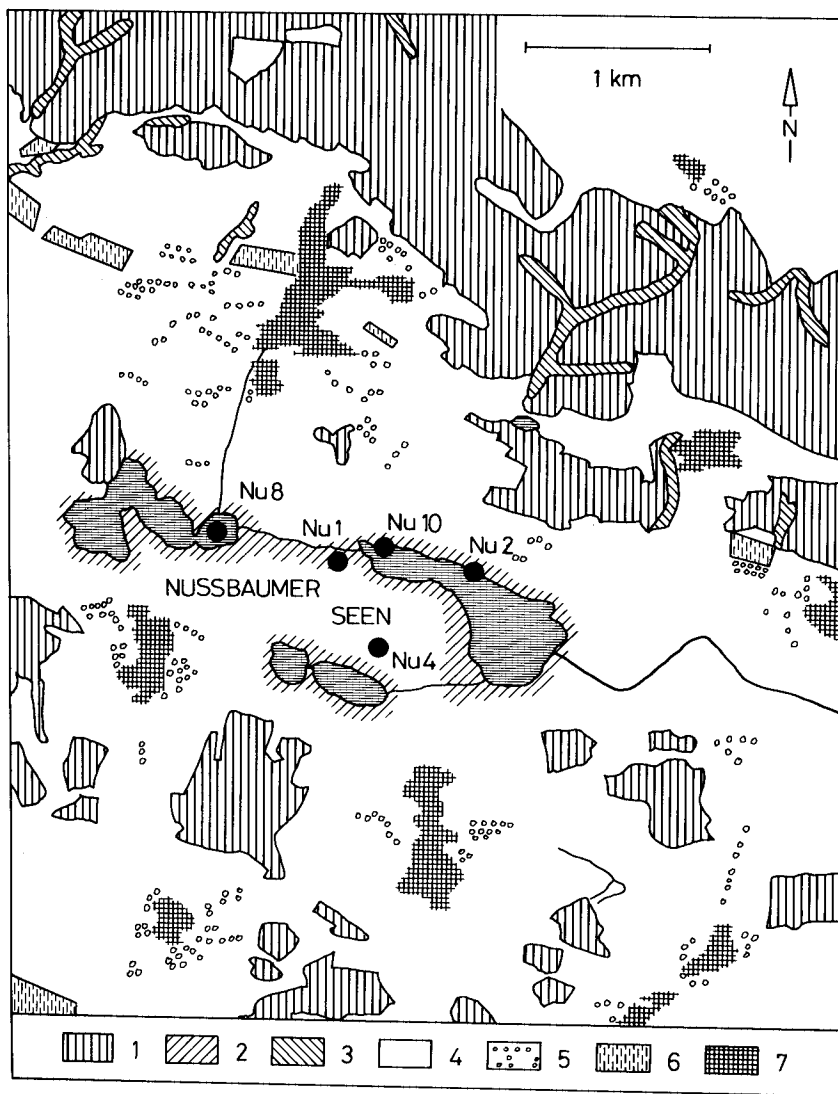


Fig.3. Vegetationskarte und Lage der Profile mit Pollendiagrammen. Vegetation map and location of profiles with pollen diagrams. 1: Buchenwälder und Nadelholzforste, Fagus-forests and conifer plantations; 2: Erlen-Bruchwälder, *Alnus glutinosa*-swamp forests; 3: Eschen-Erlen-Wälder, *Fraxinus-Alnus* forests; 4: Landwirtschaftsflächen (Äcker, Wiesen und Weiden), agricultures (fields, meadows and pastures); 5: Obstbaumwiesen, fruit-tree meadows; 6: Weinberge, vineyards; 7: Siedlungen, settlements. Nu 1-Nu 10: Profile, profiles.

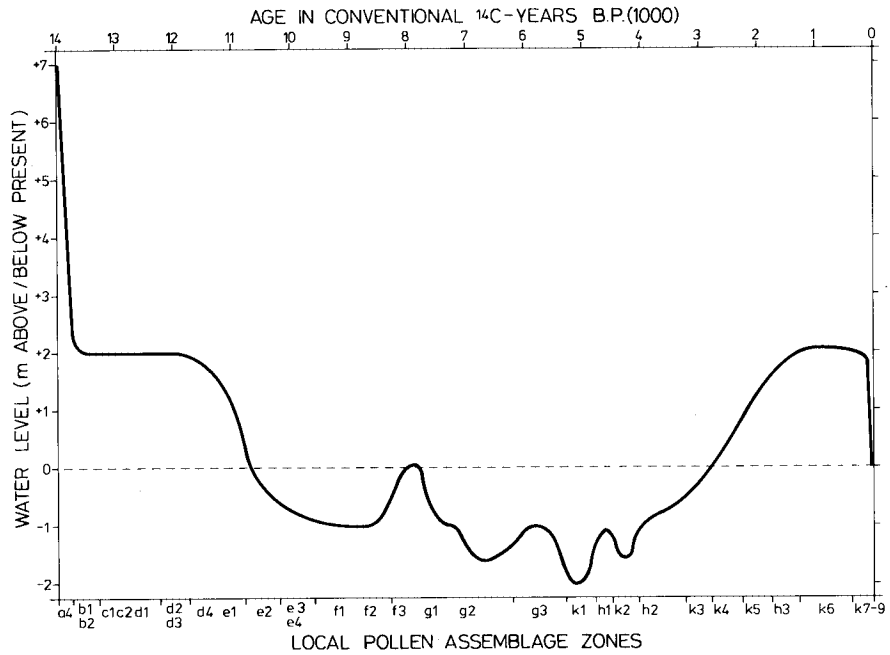


Fig.4. Seespiegelveränderungen der Nussbaumer Seen. Lake level changes of the Nussbaumer Seen.

Im folgenden werden die wichtigsten Sedimenttypen beschrieben:

- 1) Der mineralische Untergrund (Grundmoräne) wurde von mir nirgends erreicht. Technische Bohrungen (E.MÜLLER, mdl.Mitt.) zeigen, dass ihn zwischen 4 und mehr als 20 m mächtige Tone, Sande und Kiese überlagern.
- 2) Eine an der Wende Älteste Dryas/Bølling gebildete Tonmudde meist geringer Mächtigkeit leitet über zur limnisch-organogenen Sedimentation.
- 3) Diese manifestiert sich normalerweise als Seekreide bis Kalkmudde. Seekreidebildung fand vom Bølling bis ins Subatlantikum (Mittelalter) statt. Seekreide wurde offenbar bevorzugt nahe den jeweiligen Ufern gebildet (WELTEN 1944).
4. Die voratlantischen Sedimente der heutigen Seebeckenzentren sind kalkfrei (Feindetritusmudden), die Sedimente ab dem Atlantikum mässig kalkhaltig (Kalkmudden).

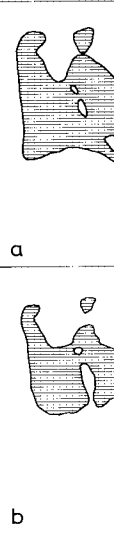


Fig.5.
Nussbau

5. Durch
klei
sepa
durch
Erbl
Fall
die
6. Im a
tion
Inre
mati
7. Torf
wurd
Brau
mehr
Bruc
1963

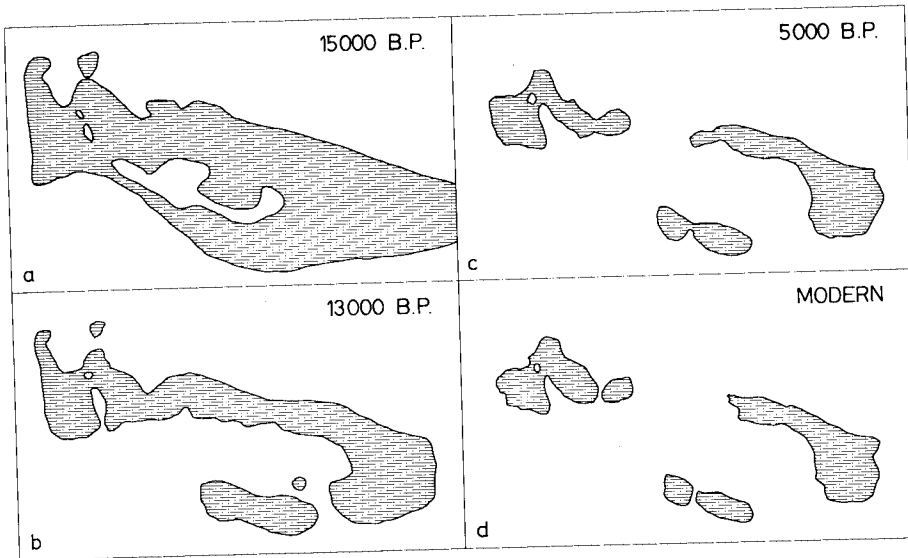


Fig.5. Größenänderungen der Nussbaumer Seen. Shape changes of the Nussbaumer Seen.

5. Durchgehend kalkfreie Ablagerungen finden sich lediglich in zwei kleinen Toteislöchern, die bereits am Ende der Ältesten Dryas separate Seelein waren und ihren Wasserhaushalt vermutlich nur durch Niederschläge und oberflächlichen Zufluss bestritten. Ihrer Erblindung, vermutlich über ein Schwinggrasestadium (im einen Fall im jüngeren Atlantikum, siehe Pollendiagramm Nu 4), folgte die Bildung relativ nährstoffarmer Torfe.
6. Im allgemeinen liegt als Abschlussglied der limnischen Sedimentation und Überleitung zur Torfbildung eine Grobdetritusmudde vor. Ihre Unterscheidung von sehr stark zersetzten Torfen ist problematisch. Ihre Mächtigkeit kann bis 1.3 m betragen.
7. Torfe bilden den Abschluss der Verlandungsserie. Unterschieden wurde zwischen (Erlen-) Bruchwaldtorf, Radzellentorf und Braunmoostorf. Die beiden erstgenannten können sich mitunter mehrfach wechselseitig überlagern. Die Bildungsbedingungen von Bruchwaldtorf seien hier nicht diskutiert (vgl. GROSSE-BRAUCKMANN 1963).

Lake level

Schrieben:

mir nirgends
zeigen, dass
nde und Kiese

Tonmudde meist
ch-organogenen

ide bis Kalk-
Subatlantikum
rztugt nahe den

enzentren sind
dem Atlantikum

8. Als Sonderfälle sind zu erwähnen: - Vielerorts ist, eingebettet in Seekreide oder Mudde, der um 11'000 B.P. abgelagerte Laacher Bimstuff LST als graues (in Seekreide), oder olivgelbes (in Mudde), bis 1 cm mächtiges Band nachzuweisen. - An einigen Stellen in Seenähe werden Torfe von Seekreide überlagert. - Stellenweise treten im Torf Brandhorizonte auf. - Der Tongehalt wird in den jüngsten Sedimenten der Seebecken sehr hoch (Fig.11).

4 Pollenanalysen, Grossrestanalysen, Radiometrie

Es seien hier die Pollendiagramme Nu 1, 2, 4, 8 und 10 vorgestellt (Fig.6 bis 14): Aus ihnen gemeinsam lässt sich die nachfolgend dargestellte holozäne Vegetationsentwicklung rekonstruieren (Tab.3). Die Profilentnahme ist Fig.3 zu entnehmen. Die fünf dargestellten Profile weisen folgende Charakteristika auf:

Nu 1 (Fig.6 und 11) bildet in der 12.6 m langen Abfolge Schluff - Ton - Tonmudde - Seekreide/Kalkmudde - Grobdetritusmudde - Bruchwaldtorf - Radizellentorf die Vegetationsphasen von der Ältesten Dryas bis einschliesslich des Atlantikum sehr detailliert ab, weist als Zeitmarke aber nur den Laacher Bimstuff auf. Die Phasen ab dem Subatlantikum (Torf) sind nicht auswertbar.

Nu 2 (Fig.7 und 12) zeigt sehr detailliert in limnischem Sediment die Entwicklung Bölling - Ältere Dryas - Allerød und liefert zwei Radiokarbonaten für Bölling und Allerød (Tab.2).

Nu 4 (Fig.8) mit der lithologischen Abfolge Sand - Ton - Feindetritusmudde - Grobdetritusmudde - Braunmoostorf - Grobdetritusmudde - Radizellentorf gibt, abgesehen von einem kleineren Hiatus im frühen Atlantikum, die Vegetationsentwicklung von der Ältesten Dryas bis ins späte Subboreal recht gut wieder und liefert zehn Radiokarbonaten zwischen 13'100±90 B.P. und 4'070±70 B.P. (Tab.2, Fig.8), dazu den Laacher Bimstuff.

Nu 8 (Fig.9 und 13) mit der Lithostratigraphie Ton - Tonmudde - Feindetritusmudde mit Laacher Tuff - Kalkmudde - stark tonhaltiger Faulschlamm, unter 3,3 m aktueller Wasserbedeckung, liefert vermutlich das einzige, völlig hiatusfreie Pollenprofil mit äusserst gedrängter Abfolge bis einschliesslich des Boreals und sehr gedehnter Abfolge ab dem Atlantikum (Beginn der Kalkfällung, Fig.9, 10, 11) bis zur Gegenwart und bringt dadurch die See- und Landschaftsgeschichte vom Neolithikum bis zur Gegenwart zur Kenntnis.

Tabelle 2. Radiokarbonaten

Labor-Nr. Profil

B 3887	Nu 2
B 3888	Nu 2
B 3889	Nu 2
B 3892	Nu 4
B 3893	Nu 4
B 3894	Nu 4
B 3895	Nu 4
B 3896	Nu 4
B 3897	Nu 4
B 3898	Nu 4
B 3899	Nu 4
B 3900	Nu 4
B 3901	Nu 4
B 3902	Nu 4
B 3904	Nu 4
B 3905	Nu 4

Nu 10 (Fig.10) r Seekreide mit Kalkm unmittelbar am Ufer Vegetationsentwickl Atlantikum, Subbore Sauerstoffisotopenv schichtlichen Inter

Die Phasen der der Chronostratigra stratigraphische GL Publikation (RÖSCH Standardpollenprofi 17 km nördlich der (I.MÜLLER 1947a ur Bohlingen-Überlinge weitere Radiokarbon Biostratigraphie fü 1985). In Tab.4 wi

Tabelle 2. Radiokarbondaten von den Nussbaumer Seen. Radiocarbon dates

Labor-Nr.	Profil	Tiefe (cm)	Alter (Jahre)	Material
B 3887	Nu 2	414 - 419	11'170 ± 150	tonige Gyttja
B 3888	Nu 2	419 - 424	12'720 ± 160	tonige Gyttja
B 3889	Nu 2	424 - 430	---	Tongyttja
B 3892	Nu 4	182 - 191	4'070 ± 70	Torf
B 3893	Nu 4	225 - 234	zu wenig Mat.	Torf
B 3894	Nu 4	261 - 271	4'750 ± 70	Torf
B 3895	Nu 4	271 - 281	5'230 ± 60	Torf
B 3896	Nu 4	317 - 325	6'190 ± 80	Torf
B 3897	Nu 4	389 - 398	7'220 ± 90	Braunmoostorf
B 3898	Nu 4	460 - 470	8'260 ± 130	Gyttja
B 3899	Nu 4	610 - 619	9'820 ± 120	Gyttja
B 3900	Nu 4	640 - 649	zu wenig Mat.	Gyttja
B 3901	Nu 4	680 - 689	10'210 ± 90	Gyttja
B 3902	Nu 4	715 - 724	10'960 ± 90	Gyttja, LST (723cm)
B 3904	Nu 4	740 - 749	11'630 ± 100	Gyttja
B 3905	Nu 4	757 - 765	13'100 ± 90	Kalkgyttja, CO ₂ dat

Nu 10 (Fig.10) mit der lithologischen Abfolge Ton - Tonmudde - Seekreide mit Kalkmudde - Grobdetritusmudde, im Flachwasserbereich unmittelbar am Ufer entnommen, zeigt die Grundzüge der holozänen Vegetationsentwicklung (mit Hiaten in der Jüngeren Dryas, im Atlantikum, Subboreal und Subatlantikum) in Verknüpfung mit dem Sauerstoffisotopenverhältnis und liefert so Daten zur klimageschichtlichen Interpretation.

Die Phasen der Vegetationsentwicklung und ihre Verknüpfung mit der Chronostratigraphie sind in Tab.3 zusammengestellt. Die chronostratigraphische Gliederung folgt dabei, im Gegensatz zur früheren Publikation (RÖSCH 1983), MANGERUD & al. (1974), da nun in einem Standardpollenprofil aus dem Feuenried bei Überlingen am Ried, einem 17 km nördlich der Nussbaumer Seen, westlich der Radolfzeller Bucht (I.MÜLLER 1947a und b) im Bereich der Moränenstafeln Eschenz/Bohlingen-Überlingen a.R. (HANTKE 1980) gelegenen Toteisloch, weitere Radiokarbondaten als Verknüpfungspunkte von Chrono- und Biostratigraphie für das westliche Bodenseegebiet vorliegen (RÖSCH 1985). In Tab.4 wird der Versuch einer biostratigraphischen Fein-

Tabelle 3. Chronostratigraphie (nach MANGERUD & al. 1974) und Biostratigraphie (lokale Pollenzonen) in den Pollendiagrammen der Nussbaumer Seen. Chronozones (after MANGERUD & al. 1974) and biozones (pollen assemblage zones).

Chronostratigraphie	Biostratigraphie (Phasen mit pollenfloristischer Charakteristik: Pollen Assemblage Zones PAZ)		
		7'000	AT
		8'000	-- BO BO
		9'000	-- PB
B.P. 0	k9 Pinus-Picea-Grünland-Phase Poaceae-Dominanz, Subdominanz von Kräutern, Pinus, Alnus, Picea, viel Getreide; Mais, Tabak		PB
	k8 Pinus-Picea-Grünland-Phase Poaceae-Dominanz, Subdominanz von Pinus und Humulus/Cannabis	10'000	-- YD
	k7 Humulus/Cannabis-Kulturzeiger-Phase mit Pinus, Picea, Juniperus		YD
1'000	k6 Humulus/Cannabis-Kulturzeiger-Phase mit Quercus, Juniperus Humulus/Cannabis-Dominanz	11'000	AL
	h3 Fagus-Carpinus-Phase mit Alnus und Quercus Alnus-, dann Fagus-Dominanz, Subdominanz von Fagus, Alnus, Quercus, Betula (Carpinus)		AL --
2'000	k5 Quercus-Alnus-Phase Quercus-Dominanz, Alnus-Subdominanz, Vorkommen von Juglans, Castanea, Secale	12'000	OD -- Bø
	SA k4 Alnus-Fagus-Phase mit Carpinus SB Alnus-Fagus-Codominanz, Subdominanz von Betula, EMW; Kulturzeiger; empirische Kurve von Carpinus beginnt		Bø
3'000	k3 Fagus-Alnus-Phase Fagus-Dominanz, Alnus-Subdominanz; Kulturzeiger; am Ende fällt Fagus-Kurve ab und Tilia-Kurve aus	13'000	-- MW
	h2 Alnus-Fagus-Phase Alnus-Fagus-Codominanz, leichte Zunahme von Ulmus und Tilia		
4'000	k2 Corylus-Alnus-Phase mit Kulturzeigern Corylus-Dominanz, Alnus-Fagus-EMW-Subdominanz, Abschluss des Ulmus-Tilia-Falls, mehr Fagus als EMW		
	SB h1 Fagus-Alnus-Phase Fagus-Alnus-Codominanz, EMW-Corylus-Sub- dominanz, Stillstand im Ulmus-Tilia-Fall		
5'000	-- k1 Corylus-Alnus-(EMW-Fagus)-Phase mit Kulturzeigern Corylus-Dominanz, Subd. von Alnus, Fagus, EMW; mehr EMW als Buche; Buchenfall um 5'300 B.P., Fortsetzung des Ulmus-Tilia-Falls		
	AT		
6'000	g3 EMW-Fagus-Phase Fagus-EMW-Alnus-Codominanz, Beginn des Tilia-, dann des Fraxinus-Ulmus-Abfalls		

4) und en der 4) and	7'000	g2	EMW-Alnus-Corylus-Phase mit Fagus EMW-Dominanz, Corylus-Alnus-Subdominanz, Fagus
		g1	EMW-Corylus-Alnus-Phase
	8'000	AT	Corylus-Dominanz, EMW-Subdominanz, Corylus hat kulminiert; mehr Fraxinus; am Ende Zunahme von Alnus
		BO	
	9'000	BO	f2 Corylus-(EMW-)Phase
		--	Corylus-Dominanz, EMW-Subdominanz, Corylus im Maximum
		PB	
		f1	Corylus-(Pinus-Betula-Ulmus-Quercus-)Phase Corylusdominanz, Subdominanz von Pinus, Betula, dann EMW
rn, Tabak		e4	Pinus-Betula-Corylus-Phase mit Ulmus und Quercus nach Birkenvorstoss und Haselanstieg Codominanz von Pinus, Betula, Corylus
und	10'000	PB	
		--	e3 Pinus-Betula-Phase mit Thermophilen
us,		YD	Pinusdominanz, Birkenvorstoss, Co- bis Sub- dominanz von Betula
hanz rcus,	11'000	YD	e2 Pinus-Phase
		--	Pinusdominanz, Zunahme von Juniperus, Artemisia
		AL	e1 Pinus-Betula-Phase
			Pinus-Betula-Codominanz, Zunahme von Pinus, Abnahme von Betula, aber 2 Betulagipfel
von		d4	Betula-Phase mit Pinus
		AL	Betula-Dominanz, Pinusanstieg
		--	d2/3 Betula-NBP-Phase
kommen	12'000	OD	Betuladominanz, Subdominanz von NBP; Pinus- Vorstoss (d2), Juniperus-Vorstoss (d3)
		--	
Betula,		Bø	d1 Betula-Phase
			Betula-Dominanz
		c2	Juniperus-Betula-Phase
			Codominanz Juniperus-Betula; der erste nimmt zu, die zweite ab
rzeiger; urve	13'000	Bø	
		--	c1 Juniperus-Hippophaë-Strauchphase
		MW	Juniperus-Dominanz
von		b2	Zwergstrauch-Rasen-Phase mit Sträuchern
			Codominanz Cyperaceae, Kräuter, Gehölze; am Ende steigt Juniperus an und der Gehölzpollen wird dominant
lnanz, gus als		b1	Rasen-Zwergstrauch-Phase
			Codominanz Cyperaceae, Kräuter, Poaceae, Gehölze; Betula über 5%
eigern EMW; B.P., llia-		a4	Baumfreie Zeit mit Cyperaceae
			Cyperaceae-Kräuter-Poaceae-Codominanz, mehr Betula als Pinus, Nässezeiger
		a3	Baumfreie Zeit mit geschlossenen Rasen
			Kräuter-Poaceae-Codominanz, Hochstauden
		a2	Baumfreie Zeit mit Kräutern und Poaceae
			Codominanz Artemisia-Poaceae, Subdominanz Cyperaceae
		a1	Baumfreie Zeit mit spärlichem Pflanzenwuchs
			Artemisia-Dominanz, Subdominanz Poaceae, Cyperaceae (Pinus)

gliederung der Chronozonen Atlantikum und Subboreal für das westliche Bodenseegebiet gemacht. Zur Feinverknüpfung mit der Chronostratigraphie bedarf es weiterer Radiokarbonaten. Auf die regionale oder lokale Gültigkeit und Synchronität von Hasel-/Erlen-/Kulturzeiger-Phasen wird in Kap.7.1 eingegangen.

Grossrestanalysen wurden an Profil Nu 10 (Fig.16) und in den spät- und frühpostglazialen Partien des Profils Nu 4 durchgeführt (Fig.15). Die in Tab.4 dargestellten Phasen lassen sich an den Nussbaumer Seen (RÖSCH 1983), im Feuenried (RÖSCH 1985), am Mindelsee (LANG 1973), im Egelsee bei Niederwil (WATERBOLK & VAN ZEIST 1967) und in der Radolfzeller Bucht (I.MÜLLER 1947b) nachweisen. Hiaten und Verzerrungen durch stark schwankende Sedimentationsraten treten in allen Profilen auf. Dies wirft ein kritisches Licht auf vegetationsgeschichtliche Aussagen anhand nur eines einzigen Profils.

Von den Profilen Nu 1 (basaler Teil), Nu 2 (basaler Teil) und Nu 8 wurden Polleninfluxdiagramme (Fig.11-13) ausgearbeitet, ausserdem ein Kombinationsdiagramm Prozent-Influx, zusammengesetzt aus dem basalen Teil von Profil Nu 1 und dem oberen Teil von Nu 8 (Fig.14). Weiteres hierzu folgt in der Auswertung.

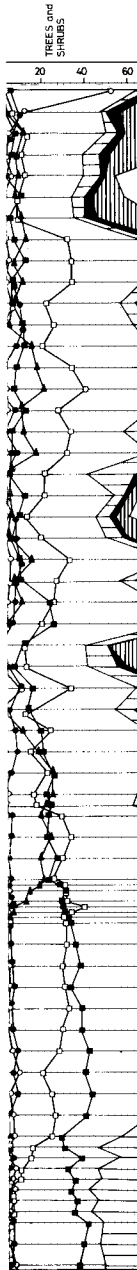
5 Sonstige Analysen

Zusätzlich zu den Sauerstoffisotopenanalysen an Profil Nu 10 wurden solche auch an Profil Nu 2 am Übergang Bölling - Ältere Dryas - Allerød durchgeführt (Fig.17). Die Kurvenverläufe werden in Kap. 7.4 diskutiert.

Von Profil Nu 4 liegt eine Glühverlustkurve vor (Fig.8), von Profil Nu 8 ein Diagramm mit Kalk- und Tongehalt sowie Glühverlust (Fig.18) und ein Diagramm mit den Schwermetallkonzentrationen im Sediment (Fig.19). Weiteres hierzu findet sich im Kapitel 7 Auswertung.

6 Frühere Untersuchungen in der Umgebung

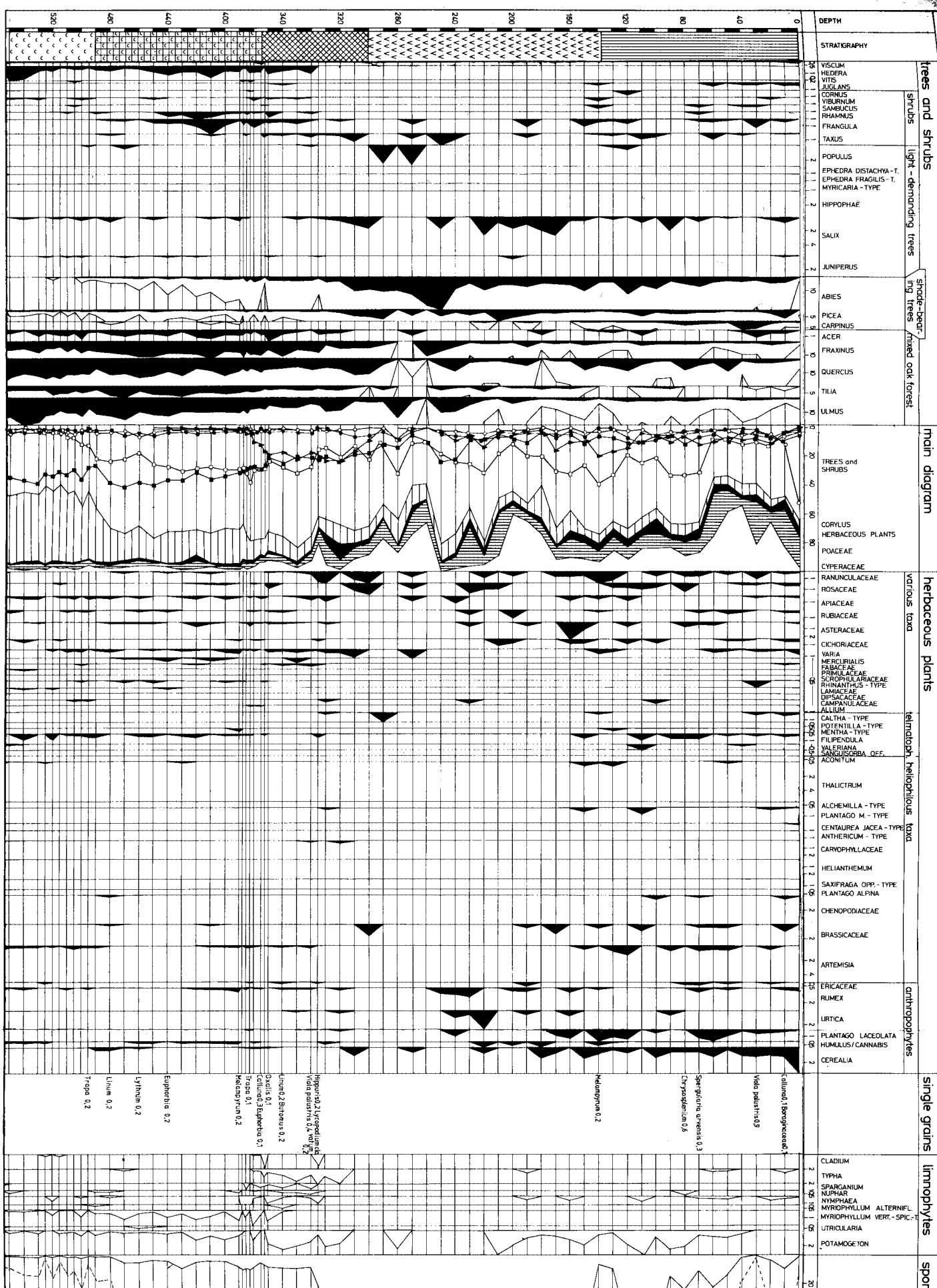
Das westliche Bodenseegebiet gehört zu den vegetationsgeschichtlich gut untersuchten Landschaften. Die Grundzüge der Waldgeschichte wurden von STARK (1923, 1925 und 1927), GAMS (1925), KELLER (1926 und 1931), sowie K.BERTSCH (1929) erarbeitet. Grossrestanalysen aus urgeschichtlichen Ufersiedlungen des Bodensees legte K.BERTSCH (1932) vor. Eine der ersten Pollenanalysen mit Berücksichtigung von



NUSSBAUMER SEEN 1 434 m d.s.l.

Upper part

STREIF - LIMINGSTONE piston sat



trees and shrubs

main diagram

herbaceous plants

single grains

limnophytes

spore

strubs
light-demanding trees
shade-bearing trees
mixed oak forest

TREES and SHRUBS
CORYLUS
HERBACEOUS PLANTS
POACEAE
CYPERACEAE
RANUNCULACEAE
ROSACEAE
APIACEAE
RUBIACEAE
ASTERACEAE
CICHORIACEAE
VARIA
MERCURIALIS
ERICACEAE
PRIMULACEAE
SCROPHULARIACEAE
MINIANTHUS - TYPE
LAMIACEAE
TRIPICACEAE
CAMPANULACEAE
ALLIUM
CALTHA - TYPE
POTENTILLA - TYPE
MENTHA - TYPE
FLUPENDULA
VALERIANA
RANUNCULACEAE OPP.
ACONITUM

various taxa
THALICTRUM
ALCHEMILLA - TYPE
PLANTAGO M - TYPE
CENTAUREA JACEA - TYPE
ANTHERICUM - TYPE
CARVOPHYLLACEAE
HELIANTHEMUM
SAXIFRAGA OPP - TYPE
PLANTAGO ALPINA
CHENOPODIACEAE
BRASSICACEAE
ARTEMISIA
ERICACEAE
RUMEX
URTICA
PLANTAGO LACEOLATA
HUMULUS/CANNABIS
CEREALES

orthophytes

CLADIUM
TYPHA
SPARGANIUM
NUPHAR
NYMPHAEA
MYRIOPHYLLUM ALTERNIF.
MYRIOPHYLLUM VERT.-SPIC.
UTRICULARIA
POTAMOGETON

Calluna 0.1
Berberis 0.2
Viola pedata 0.3
Spergularia arvensis 0.3
Chrysanthemum 0.6
Melampyrum 0.2

Calluna 0.1
Berberis 0.2
Viola pedata 0.3
Spergularia arvensis 0.3
Chrysanthemum 0.6
Melampyrum 0.2
Linum 0.2
Lycium 0.2
Euphorbia 0.2
Triticum 0.2

Tabelle 4. Biostratigraphische Feingliederung der Chronozonen Atlantikum und Subboreal im westlichen Bodenseegebiet.
 Biostratigraphic subdivision of chronozones Atlantic and Subboreal in the western Lake Constance area.
 N: ^{14}C -Daten Nussbaumer Seen. F: ^{14}C -Daten Feuenried

Chronozonen	Biozonen (Pollen Assemblage Zones PAZ)	^{14}C -Daten (Jahre B.P.)
2'500	SA -- SB k	
3'000	i	3'010 ± 45 F
3'500	h g	
4'000	f e	4'070 ± 70 N
4'500	d c b	4'440 ± 30 F 4'750 ± 70 N
5'000	a SB -- AT g	4'900 ± 70 F 5'230 ± 60 N
5'500	f	5'610 ± 50 F
6'000	e	6'190 ± 60 N
6'500	d	6'530 ± 50 F
7'000	c	7'220 ± 90 N 7'235 ± 50 F
7'500	b	7'680 ± 75 F
8'000	AT a -- BO	

schätzt) und erreicht bereits etwa 75% der höchsten Allerød-Werte: Es dürfte sich um geschlossene Birkenwälder gehandelt haben. Die unruhigen Kurvenverläufe, vor allem in der zweiten Hälfte des Bølling, sprechen allerdings für instabile ökologische bzw. klimatische Verhältnisse. In der Älteren Dryas geht der Influx auf die Hälfte zurück, wobei die krautigen Pflanzen jedoch ihre Werte beibehalten oder leicht erhöhen, ebenso Pinus und Juniperus: Offenbar lichteteten sich die Birkenwälder zugunsten offener Vegetation. Auf den waldfreien Flächen verlief die Sukzession über Wacholdergebüsch zum Birkenwald. Während der regressiven Phase nahm der Pinusanteil relativ, aber auch absolut - durch Näherrücken der Bestände - zu. Eine Datierung der Älteren Dryas war aber nicht möglich. Mit Beginn des Allerød wanderte die Kiefer ins Gebiet ein - im Verlauf des Allerød erfolgte ein Bestandesumbau von Birken- zu Kiefernwäldern. Der Birkenrückgang im Allerød wird von zwei kleinen Birkenvorstößen unterbrochen, deren zweiter mit der Ablagerung des Laacher Tuffs zusammenfällt. Lediglich der erste Birkengipfel erweist sich auch im Influxdiagramm als solcher; der zweite stellt sich dort als Kiefernrückgang dar. KAISER (1979) konnte an einem subfossilen Kiefernwald bei Winterthur nachweisen, dass die Ablagerung des Laacher Tuffs mit einer Jahrringdepression der Kiefern für mehr als zehn Jahre einherging. Die Birke als laubwerfender Baum dürfte wohl weniger geschädigt worden sein, wodurch das Gleichgewicht Kiefer - Birke, an sich in Richtung zur erstgenannten in Bewegung, sich für vielleicht ein Jahrhundert wieder in die andere Richtung verschob.

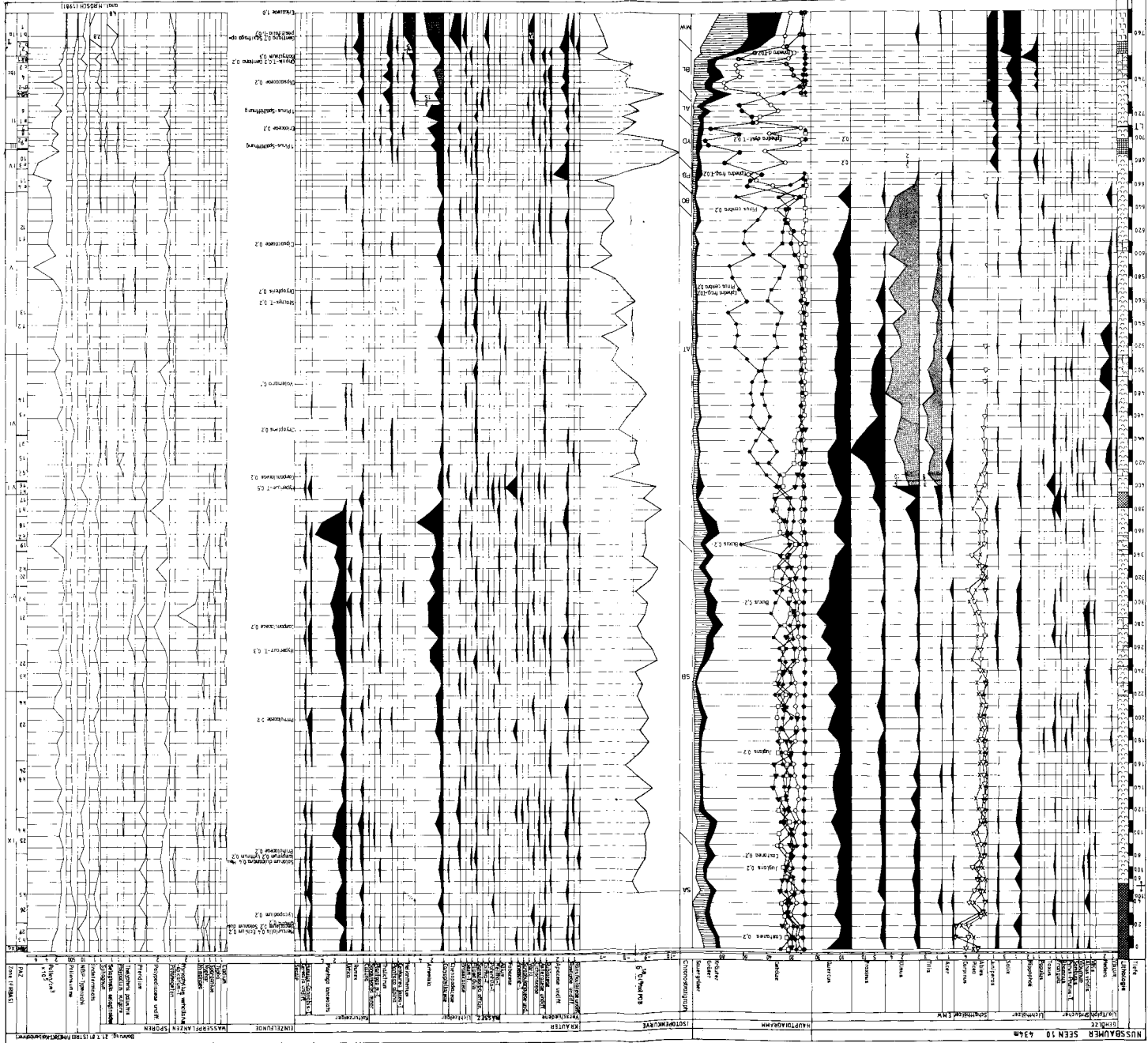
Die Jüngere Dryas ist durch absolute Kieferndominanz (bis 90%), wenig verringerten Influx und geringe und kurzfristige Zunahme der Kräuter und Sträucher gekennzeichnet. Im Gebiet stockten dichte Kiefernwälder, die den mässigen Klimarückschlag offenbar fast unbeschadet überstanden. Am Ende der Jüngeren Dryas breiteten sich erneut Birkenbestände - vielleicht nur lokal an den Gewässerrändern - aus, möglicherweise Zeugen eines feuchteren Klimas?

Nachdem bereits im Allerød Pollen von Pappeln und - in Spuren - von thermophilen Gehölzen nachweisbar war, kann man spätestens seit Beginn des Präboreals von der Präsenz von Corylus, Ulmus, Quercus, eventuell auch Alnus, Tilia und Acer im Gebiet ausgehen. Die drei erstgenannten breiteten sich rasch aus und verdrängten nach und nach die Kiefern und Birken.

Das Boreal mit Eichenmischwald und Haselgebüsch scheint - auch nach dem Ausweis des Influxdiagramms - stabilere Verhältnisse gehabt zu haben als das Präboreal.

Während im Boreal die Vegetationsentwicklung nur vom Verhältnis Corylus-EMW bestimmt wird und nur wenig unterteilbar erscheint, bewirken im Atlantikum neue Vegetationskomponenten, nämlich Schatt-hölzer, und ein neuer ökologischer Faktor, nämlich der Mensch mit produzierender Wirtschaft, einen Entwicklungsschub, der eine feinere zeitliche Gliederung gestattet. So lässt sich das Atlantikum in 7 Phasen gliedern (Tab.4):

In der ersten Phase (a) waren Haselgebüsche noch so verbreitet, dass ihr Pollen den des EMW überwiegt. Diese Dominanz gilt in abgeschwächtem Mass auch noch für Phase (b), in der sich in Gewässernähe die Erle auszubreiten beginnt, vielleicht gemeinsam mit der Esche, und der EMW allgemein zunimmt. Mit Phase (c) wandert die Buche ins Gebiet ein. Die Bucheneinwanderung wurde an den Nussbaumer Seen mit 7'220 datiert, im Feuerried bei Überlingen a.R. mit 7'560 (RÜSCH 1985). Dem jüngeren Datum geht ein Hiatus voraus, weshalb das ältere Datum zutreffen dürfte. Die Phase (c) dauerte mehr als 1'000 Jahre. In dieser Zeit erlangte der EMW seine Hauptverbreitung, die Haselbestände nahmen ab, und die Buche war stats im Gebiet vorhanden, ohne grosse Bedeutung zu erlangen. Das änderte sich schlagartig um 6'200, als die Buche binnen 1-2 Jahrhunderten zur Klimaxbaumart wurde und im Pollenniederschlag den EMW erreichte, ja übertraf. Der rasche Buchenanstieg von Werten unter 5 auf über 20% entspricht Phase (d), sowie die nachfolgende, etwa 500 Jahre währende Phase (e) der Codominanz von Buche und EMW. In dieser Phase, nach der mancherort erste Anzeichen für Rodungen auftreten, bahnte sich der Ulmen-Linden-Fall an. Von jetzt an gewinnen anthropogene Vegetationsveränderungen zunehmende Bedeutung und bestimmen wesentlich die Diagrammgliederung. In diesem Zusammenhang scheint es daher angebracht, die Grundzüge der Ur- und Frühgeschichte des Gebietes kurz zu umreissen. Die Altersangaben hierzu sind - im Gegensatz zur Gepflogenheit der Historiker - konventionell. Sie beruhen auf noch nicht publizierten Radiokarbonaten der Labors Bern und Heidelberg von Material aus Ufersiedlungen des Bodensees im Rahmen des DFG-Projektes Bodensee-Oberschwaben. Die teilweisen zeitlichen Überschneidungen zwischen den Kulturen liegen in den methodischen Schwierigkeiten der Radiokarbonatierung in dieser Zeit begründet. Entzerrungsmöglichkeiten böten sich durch Kalibrierung bei weiteren Fortschritten der Dendrochronologie. Linearbandkeramik ist im Gebiet nur schwach nachgewiesen (GALLAY & SPINDLER 1971) dagegen sind mittelneolithische Kulturen im Hegau (Stichbandkeramik, Grossgartach, Hinkelstein, Rössen) mehrfach belegt (SANGMEISTER 1965). Mit grosser Wahrscheinlichkeit war auch das westliche Bodenseevorland besiedelt (Böhringen, 1. Rodungsphase im Feuerried,

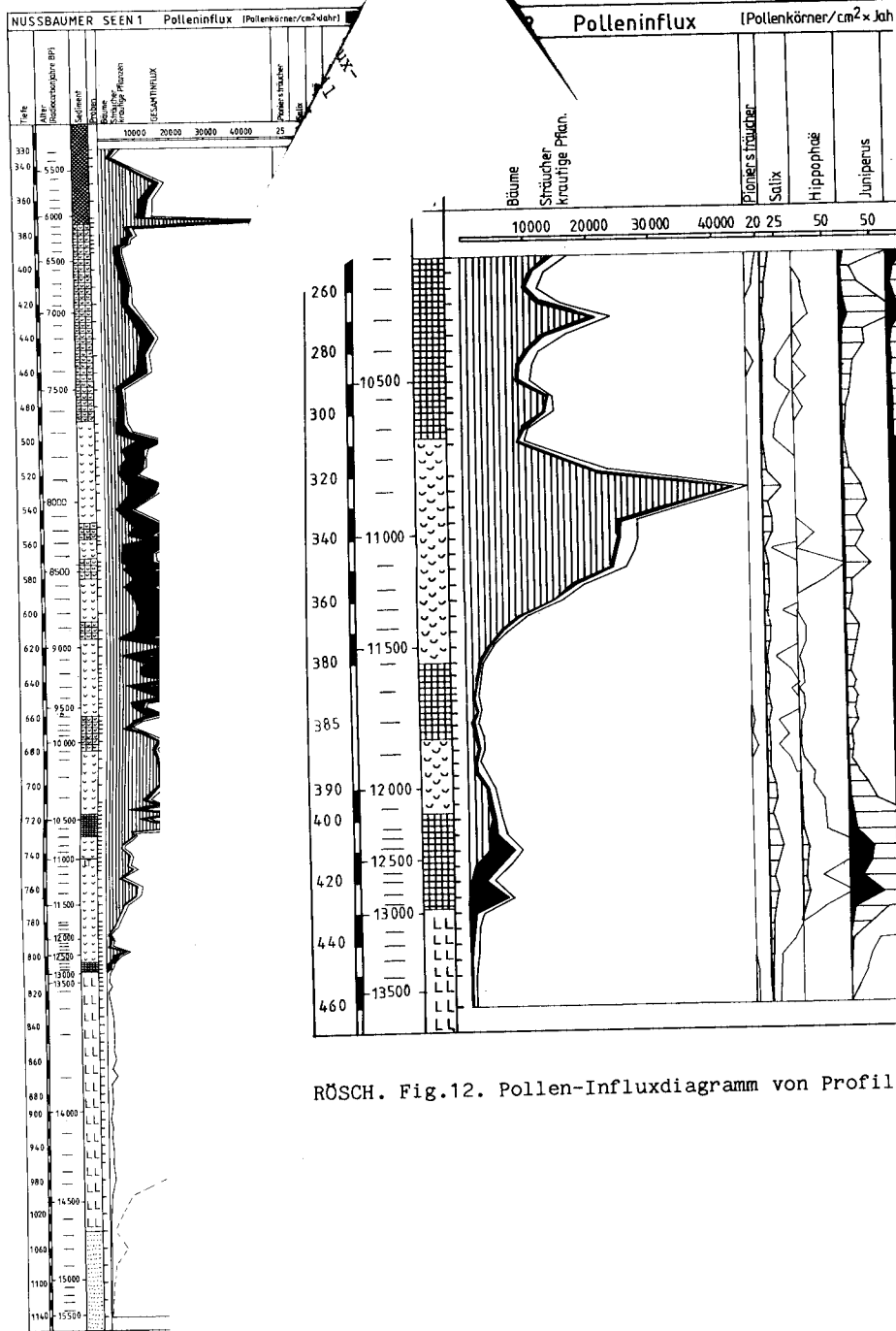


RÖSCH.
 FIG. 10. POLLEN-PROZENT-
 diagramm von Profil
 N.10. Pollen percent-
 age diagram of core
 N.10.

25 al
 -аас) l jmdn. v
 нь хөндийрүүл
 гтлэх; intr бутр
 ache ~ tun хэрэ
 gegen alles abg
 үй хүн; ~bürste
 Ben tr (a) Schu
 ze m 7 анх ном
 о ариутгах; intr
 anken intr (a/h)
 Tisch цэвэрлэх;
 ах, бөглөх (mit
 аны хугацааг]
 шааж зайлуу-
 руу харуулах,
 Drehbank зо-
 логсоох
 и хэвлэх
 r (a) дарах;
 рах; ~ebben
 ах
 илээл орой;
 л ganzen ~
 ~ удахгүй
 en ~! сайн
 zu ~ essen
 der Tage ~
 n soll den
 үй байхад
 й магтах
]; ~däm-
 я | in der
 esellschaft
 at оройн
 ~land
 ~lich
 20/Sg,
 гуяа[n]
 ой бүр
 m I
 их
 itung
 дал
 эл-
 ан
 ~

mit Brandhorizont, datiert auf 5'610±50 B.P.). Der archäologische Nachweis entsprechender Siedlungen steht noch aus. Die ältesten bisher gegrabenen Feuchtbodensiedlungen der Region gehören zum Jungneolithikum (Hornstaader Gruppe) und liegen etwa zwischen 5'300 und 4'900 B.P. Die Masse der jungneolithischen Siedlungen des Gebiets gehört jedoch zur Pfyner Kultur, deren Eckdaten am Bodensee 5'100 und 4'500 B.P. sind. Die nachfolgende Horgener Kultur, mit ¹⁴C-Daten zwischen 4'700 und 4'400 B.P., ist ins Endneolithikum zu stellen. Die nachfolgende Schnurkeramik ist im Raum noch nicht datiert und leitet anschliessend zur Früh- und Mittelbronzezeit über. Die drei letztgenannten Kulturphasen sind im Gegensatz zur Horgener Kultur bisher nur an wenigen Stellen nachgewiesen. Mehr Siedlungsplätze am Seeufer kennt man wieder aus der Urnenfelderzeit um 3'000 B.P. Mit der Hallstattzeit wurden die Seeufer und Moore als Siedlungsplätze aufgegeben. Die weiteren geschichtlichen Daten sind: La-Tene-Zeit ab 500 B.C., Römerzeit ab 50 B.C., alemannische Landnahme ab 3'000 A.C., mittelalterliche Rodungen ab 600 A.C.

Von den Nussbaumer Seen ist eine Urnenfeld-zeitliche Station bekannt (SITTERDING 1972), eine neolithische Besiedlung ist aufgrund der Pollenspektren wahrscheinlich (RÖSCH 1983). Diese Prognose hat sich inzwischen bereits bestätigt, indem aus dem Nussbaumer See nahe der Entnahmestelle des Pollenprofils Nu 7 (RÖSCH 1983) Keramik zutage kam, und zwar Ware des späten Pfyner Typs. Tauchsondagen der thurgauischen Kantonsarchäologie sollen nun die zugehörige Siedlung aufspüren (BÜRGI, mündl.Mitt.). Diese Tatsache lässt die Daten 5'120 und 4'750 B.P. aus Nu 4 (Tab.2, Fig.8) in anderem Licht erscheinen: Das jüngere datiert dann nämlich eben diese noch zu findende Siedlung, das ältere, unmittelbar unterhalb anschliessende und deshalb durch einen Hiatus von etwa 300 Jahren vom oberen getrennt, erfasst noch den Abschluss der Phase (f) des Atlantikums. Die Phase (g) fehlt also diesem Profil. Der Hiatus könnte anthropogen oder durch tiefen Wasserstand bedingt sein. Die neolithische Erstbesiedlung der Nussbaumer Seen erfolgte danach relativ spät. Von der Besiedlungsdichte und -fluktuation jener Zeit hat man noch recht vage Vorstellungen, wenngleich sich allmählich der Verdacht erhärtet, man habe schon viel früher mit Siedlungskontinuität und festen Siedlungskammern zu rechnen als bislang angenommen. Die Pollenanalyse kann zur weiteren Klärung dieser Frage einen wesentlichen Beitrag liefern, wenn geklärt ist, wie weit eine Rodung bestimmter Grösse von einem Moor oder See bestimmter Grösse - in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung - entfernt sein darf, um in den Ablagerungen pollenanalytisch nachweisbar zu sein, vor allem im Hinblick auf Getreidepollen. Diese Entfernung ist vermutlich



RÜSCH. Fig.12. Pollen-Influxdiagramm von Profil 1

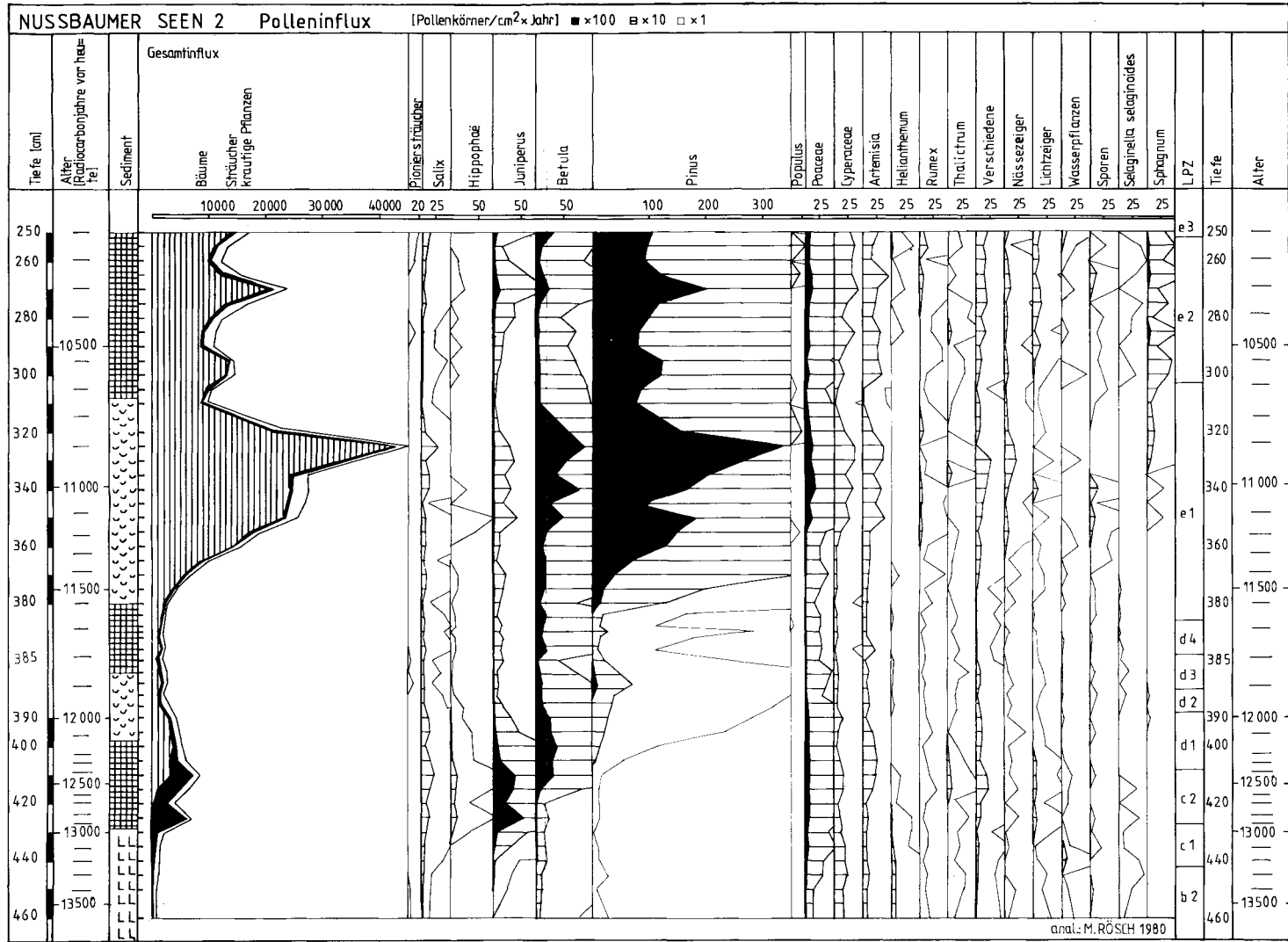
Wegw
 HDM
 3aa
 wegly
 xa
 ia
 wey
 Weg
 weg
 we

Rund 3500

**Moderner W
 Außerdem K**

**Zahlreiche i
 Anwendung**

Ausführliche



RÖSCH. Fig.12. Pollen-Influxdiagramm von Profil Nu2. Pollen influx diagram of core Nu2.

LPZ	Tiefe	Alter
e3	250	—
	260	—
e2	280	10500
	300	—
	320	—
e1	340	11000
	360	—
	380	11500
d4	385	—
d3	—	—
d2	390	12000
d1	400	—
	—	12500
c2	420	—
	—	13000
c1	440	—
b2	460	13500

wieweit zu den Rodungen die Wirkung des Schneitelns und der Waldweide hinzukam bleibt offen, doch dürften hier zukünftig von der Tierknochen- und Holzanalyse bei Siedlungsgrabungen weitere Informationen zu erwarten sein. Bei Stufe 4 wiederholt sich der Vorgang von Stufe 2 und 3: Rodungen in der Aue und in den Mineralbodenwäldern. Wie die anschließende Verbuschung mit Erle zeigt, diente die Rodung der Aue nur dem Holzgewinn, nicht der Landwirtschaft. Die Zunahme der Tanne kann nur so erklärt werden, dass sie als an sich recht seltenes Gewächs im Gebiet durch die plenterwaldartige Wirtschaft gefördert wurde. Dass die Umkehrung der normalen Sukzession mit Rückgang der Klimaxarten und Zunahme von Licht- und Pionierhölzern wie der Hasel als Rodungsanzeichen gilt, ist wohl unbestritten. Da solche Rodungen lokale Erscheinungen sind, wären sie zur Gliederung der regionalen Vegetationsgeschichte nur dann brauchbar, wenn in wahrnehmbarer Nähe jedes oder nahezu jedes Moores der Region gleichzeitig oder doch zeitlich so nahe benachbart, dass es methodisch nicht auflösbar ist, Rodungen von gleich langer Dauer stattgefunden hätten. Dies wäre zu prüfen, ist aber eher unwahrscheinlich, da es nicht mit der Existenz von Rodungs- und Waldregenerationsphasen im Wechsel zu vereinbaren ist, ausser man nimmt an, die Bevölkerung sei zu gewissen Zeiten ganz aus der Region weggezogen.

Phase (a) des Subboreals stellt die Fortsetzung von Phase (g) des Atlantikums dar, verbunden mit verstärkter Rodungstätigkeit und der Ausbreitung von Erlen in der Aue. In Phase (b) geht *Corylus* zurück und *Alnus* gelangt zur Dominanz. In Phase (c) herrscht dann *Fagus*-dominanz: Offenbar waren die Nussbaumer Seen als Siedlungsraum vorübergehend aufgegeben worden und der Wald hatte sich regenerieren können. Ab dieser Phase bleibt der *Fagus*-anteil während des gesamten Subboreals grösser als der EMW-Anteil. Als Zeitmarken kann man 4'700 B.P. für (a/b), 4'500 B.P. für (b/c), 4300 B.P. für (c/d) und 4'100 B.P. für (d/e) ansetzen. Phase (d) ist durch einen zweiten Haselgipfel, verbunden mit Stufe 4 des Ulmenabfalls, gekennzeichnet, Phase (e) mit dem Buchenmaximum. Ob in Phase (d) eine Horgener Station an den Seen selbst bestand, bleibt zu prüfen. Das Datum 4'070 B.P. für das Buchenmaximum weist nicht, wie vielleicht erwartet, in die Bronzezeit, sondern noch ins Endneolithikum. Nach kurzer Depression (f) und vorübergehender Erholung (g), während der *Alnus* und kurzfristig auch *Corylus* subdominant wird, geht die Buche dann stark zurück. Dominant wird *Alnus*, subdominant *Corylus* (h). Hierfür liegt mit 3'100 B.P. ein Datum aus dem Feuenried vor. Dies sollte etwa der Urnenfelderezeit entsprechen. In Phase (i) wird *Fagus* noch einmal dominant (vorübergehende Aufgabe des Siedlungs-

raumes im Zuge früheisenzeitlicher Bevölkerungsbewegungen ?), dann geht mit dem Beginn des Eichenanstiegs das Subboreal zu Ende (Phase k). Zur entsprechenden Gliederung des Subatlantikums sei auf Tab.3 und RÖSCH (1983) verwiesen. In den Grundzügen tritt folgende Entwicklung auf: Eine wohl waldweide- und rodungsbedingte Eichenphase, der La-Tene- und Römerzeit entsprechend, wird von einer Erlen- und anschliessenden Buchenphase mit Hainbuchenvorstoss gefolgt, der ausklingenden Römer- und Völkerwanderungszeit entsprechend. Die frühmittelalterlichen Rodungen drücken sich durch sehr hohen Nichtbaumpollenanteil bei Eichendominanz aus. Während des übrigen Mittelalters und der Neuzeit bis etwa 1800 A.C. wird Humulus/Cannabis dominant, wohl wegen des Einlegens von Hanfstengeln in den See. Im Baumpollenspektrum überwiegt dabei bis etwa 1500 A.C. Quercus, danach Pinus. Die Zeit ab 1800 A.C. ist durch Grünlandwirtschaft und intensiven Ackerbau gekennzeichnet.

Was lässt sich weiterhin zur prähistorischen Wirtschaft aus den Diagrammen herauslesen? Bereits für das Jungneolithikum deutet der Influxrückgang (Fig.13) auf ein erhebliches Ausmass und längere Dauer (etwa 400 Jahre) der menschlichen Eingriffe hin. Zwischen 4'500 und 3'000 B.P. weist der Gesamtinflux noch zwei, allerdings weniger deutliche Rückschläge auf, die nicht exakt mit Veränderungen im Baumpollenspektrum zu verknüpfen sind. Da auch die Kulturzeigerkurven in dieser Zeit kontinuierlich sind, aber geringe Werte aufweisen, kann man zwar von menschlicher Präsenz im Gebiet zwischen Endneolithikum und Mittelbronzezeit, nicht jedoch von intensiver Besiedlung in unmittelbarer Nähe ausgehen, was mit dem fehlenden Nachweis entsprechender Seeufersiedlungen konform geht. Um 3'000 B.P. zeichnet sich die urnenfelderzeitliche Landnahme deutlich ab. Ein entsprechender Siedlungsnachweis am Nussbaumer See liegt vor (SITTERDING 1972). Jetzt sinkt die Buchenkurve absolut und prozentual entscheidend ab. Während bislang die Korrelation zwischen Influx- und Prozentkurve der Buche unklar erscheint, ist sie nun eindeutig positiv. Die Maxima der Prozentkurve liegen zwischen 6'000-5'300 B.P., 4'500-4'200 B.P., 4'000-3'300 B.P., 2'800-2'700 B.P. und um 1'400 B.P., die Influxmaxima 6'000-5'800 B.P., 5'700-5'400 B.P., 5'200-5'000 B.P., 4'000-3'700 B.P. und 3'500-2'900 B.P. Die beiden letzten Prozentmaxima sind im Influx kaum zu erkennen. Dagegen sind zwischen 5'300-4'000 B.P. die Influxmaxima der Buche nur vom schwachem Anstieg der Prozentkurve begleitet und umgekehrt. Da nach 4'000 B.P. das lange bronzzeitliche Buchenmaximum kommt und zuvor die Influxmaxima mit Maxima des Pionierholzinflux (vor allem Hasel) zusammenfallen, drängt sich die Vorstellung auf, erst seit der Urnenfelderzeit seien sämtliche Waldressourcen

des Raumes, also auch die Buchenwälder fern der Ufersiedlungen, in die Nutzung einbezogen, also gerodet oder stark verändert worden. Dennoch sprechen die starken Veränderungen im Baumpollenspektrum während der Phasen vermehrten Kulturzeigernachweises zusammen mit dem Absinken des Gesamtinflux schon vor der Eisenzeit für grössere Rodungen als gemeinhin angenommen. Sie wurden jedoch stets von längeren Phasen relativ ungestörter Waldentwicklung unterbrochen, was ab der Eisenzeit nicht mehr zutrifft.

Die Cerealienkurve wird nach dem Endneolithikum diskontinuierlich und bleibt dies auch während der Urnenfelderzeit. Stattdessen nimmt die Bedeutung von *Plantago lanceolata* zu. Analoge Beobachtungen wurden im Feuerried (RÖSCH 1985) und in einem Kulturschichtprofil (Frühbronzezeit) von Bodman-Schachen (LIESE-KLEIBER 1985) gemacht und deuten auf erhöhte Bedeutung der Viehzucht und vielleicht Beginn der Grünlandwirtschaft ab der Bronzezeit hin (GREIG 1984).

Erst in der Römerzeit kam mit der Einführung von Roggen, Nussbaum, Kastanie und Weinstock auch der Wintergetreidebau auf. Die Zunahme von Ruderalpflanzen und das Auftreten von Verhagerungszeigern sprechen für den erosiven Nährstoffentzug der Höhen und Hänge zugunsten der Becken. Waldweide wird durch die Zunahme von *Juniperus*, Obstanbau durch vermehrtes Auftreten von Pollen des *Pyrus-Prunus*-Typs belegt. Die mittelalterliche und neuzeitliche Landwirtschaft und ihre Auswirkung auf die Vegetation ist in RÖSCH (1983) ausführlich beschrieben. Auch gelang es dort, die bis zur Gegenwart reichenden Sedimente des Profils Nu 8 durch Vergleiche des Pollendiagramms mit dem historisch belegten landwirtschaftlichen Wandel der letzten Jahrhunderte recht genau zu datieren.

7.2 Natürliche und menschlich bedingte Trophieveränderungen

Der Trophiegrad eines Sees bestimmt dessen Sedimentationsrate. Umgekehrt erlaubt die Sedimentationsrate Rückschlüsse auf den Trophiegrad. Die hier angeführten Sedimentationsraten sind eigentlich Sedimentmächtigkeiten pro Zeiteinheit, da die eigentliche Sedimentationsrate ohne Kenntnis der Kompression nicht angegeben werden kann. Graphische Darstellungen zur Sedimentation geben Fig.20-22. Weitere Hinweise zur Seegeschichte liefern Glühverlust und Kalkgehalt der Sedimente (Fig.18), die Schwermetallkonzentration (Fig.19) sowie der pollanalytische Nachweis von Wasserpflanzen (Fig.9). Die folgenden Aussagen zum Trophiegrad beziehen sich im wesentlichen auf das intensiv untersuchte limnische Profil Nu 8 aus dem Zentrum des Nussbaumersee-Ostbecken.

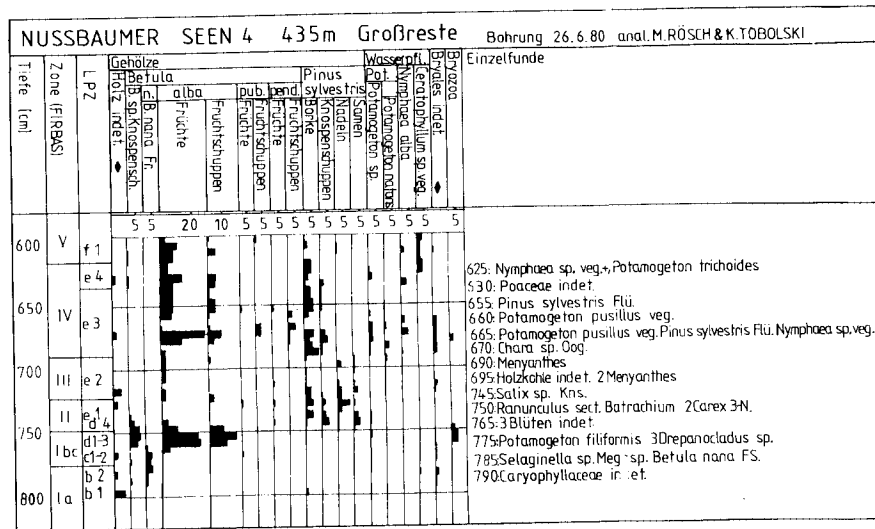


Fig.15. Grossrest-Diagramm von Profil Nu 4. Plant macro fossils in profile Nu 4.

In der Ältesten Dryas kam in einem oligotropen Schmelzwassersee Beckenton zur Ablagerung. Der Kalkgehalt dieses Sediments ist lithogen. Der See wurde allerdings schon in starkem Masse von Laichkräutern besiedelt, wohl von arktisch-alpinen Arten (Grossrestnachweis in Nu 4). Die Wassertiefe an der Profilentnahmestelle dürfte damals bei 12 m und mehr gelegen haben. Der Schwermetallgehalt entspricht dem Tongesteinsstandard.

Vom Bölling bis zum Boreal bleibt der See mehr oder weniger oligotroph. Während mehr als 5'000 Jahren wird eine nahezu kalkfreie Mudde von nur 65 cm Mächtigkeit abgelagert (allerdings stark komprimiert). Der See wurde nur in geringem Mass von Wasserpflanzen besiedelt.

Um 7'500 B.P., zu Beginn von Phase (c) des Atlantikums (Beginn der empirischen Faguskurve), kippen die Verhältnisse um: Der Kalkgehalt steigt von unter 5 auf über 60%, die Sedimentationsrate verdreifacht sich auf 0.4 mm/a, die Besiedlung durch Wasserpflanzen nimmt beträchtlich zu. Welche Ursachen können hinter diesem plötzlichen Wandel stehen? Erstens könnte die Schüttung kalkhaltiger Quellen am Seegrund (TANNER 1931) erst zu diesem Zeitpunkt eingesetzt haben (klimatische Ursachen? Vgl. Sauerstoffisotopenkurve, Fig.17 und Kap. 7.4). Zweitens könnte die Wassertiefe durch das

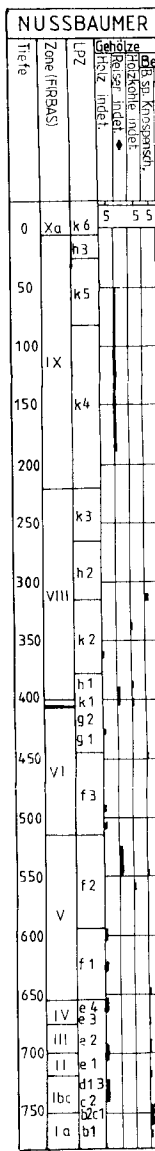


Fig.16. Gr profile Nu

CH & K. TOBOLSKI
trichoides
sylvensis Fil. Nymphaea sp. veg.
Carex 3-N.
nocladus sp.
nana FS.

macro fossils in

Schmelzwassersee
Sediments ist
arkem Masse von
arten (Grossrest-
llentnahmestelle
r Schwermetall-
r oder weniger
nahezu kalkfreie
allerdings stark
a Wasserpflanzen

antikums (Beginn
e um: Der Kalk-
limentationsrate
Wasserpflanzen
r diesem plötz-
ng kalkhaltiger
eitpunkt einge-
fisotopenkurve,
iefe durch das

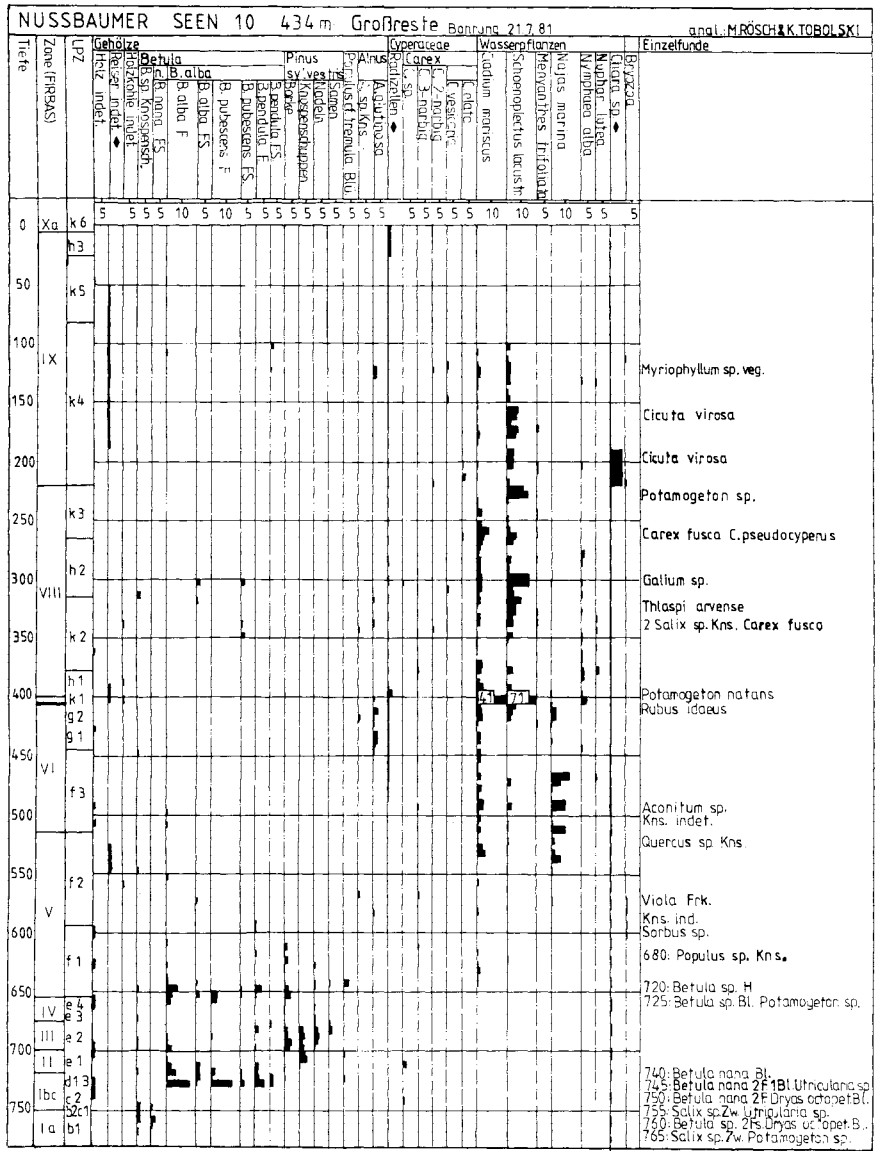


Fig.16. Grossrest-Diagramm von Profil Nu 10. Plant macro fossils in profile Nu 10.

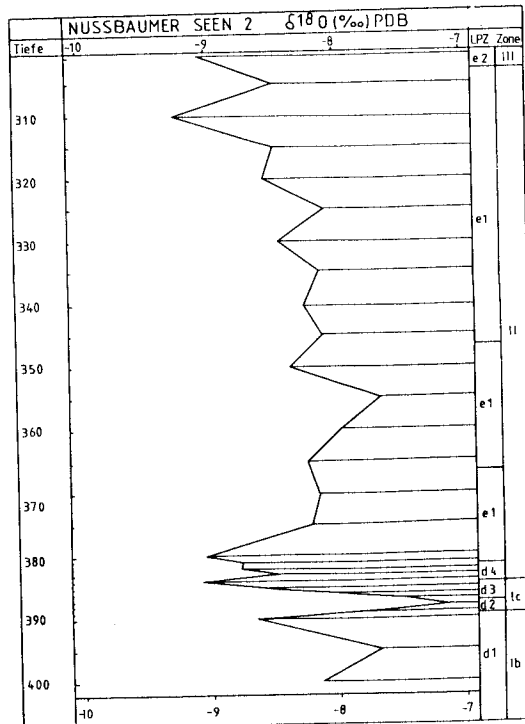


Fig.17. Sauerstoff-Isotopenanalysen in Profil Nu 2. Oxygen isotope analyses in profile Nu 2.

Zusammenspiel von Verlandung und Seespiegelsenkung (Kap. 7.3) eine kritische Grenze (etwa 8-10 m) unterschritten haben. Drittens könnte man an anthropogene Ursachen denken, doch sind diese eher unwahrscheinlich. Welche der Ursachen zutrifft, kann augenblicklich nicht beantwortet werden. Zur Überprüfung von Hypothese 1 könnte ein Vergleich des Mineralgehalts dieser unterseeischen Quellen mit dem Mineralgehalt des Sediment vor und nach 7'500 B.P. nützlich sein. Einen Hinweis in diese Richtung liefert die Mangankonzentration im Sediment, die nach dem Spätglazial unter die Nachweisgrenze sinkt und um 7'500 B.P. wieder einsetzt. Die Veränderungen des Gewässerhaushalts um 7'500 sind jedenfalls als Erhöhung des Trophiegrades zu betrachten. Die späteren Trophieveränderungen dürften dann menschlich bedingt sein.

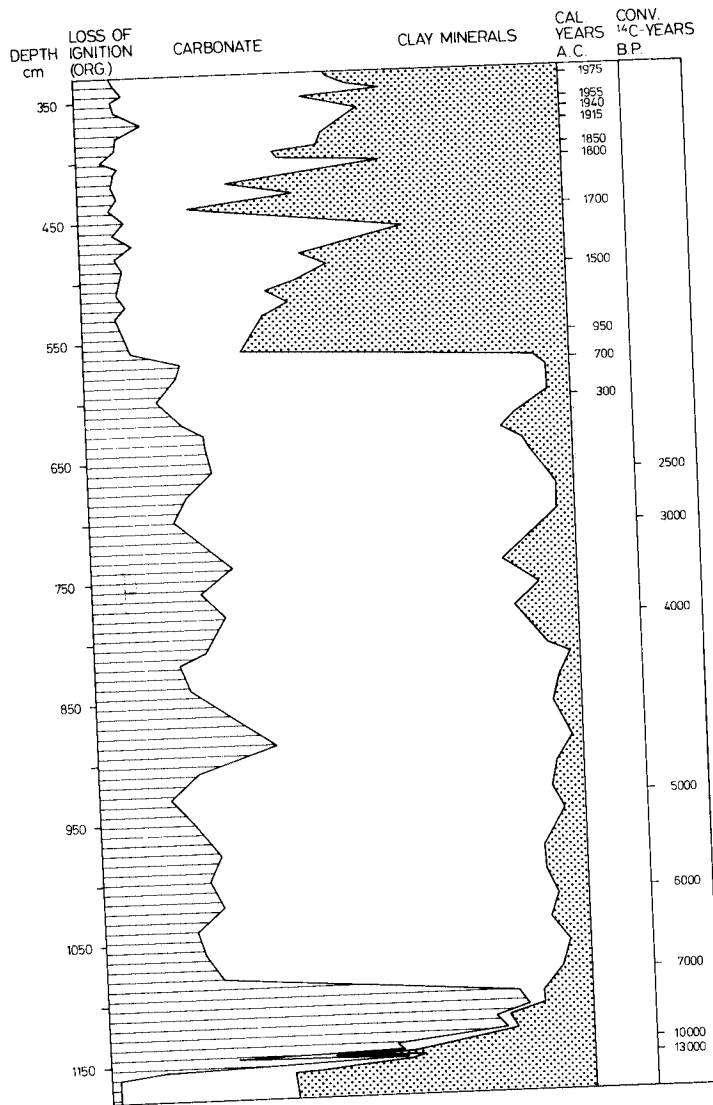


Fig.18. Glühverlust, Kalk- und Tongehalt in Profil Nu 8. Loss of ignition, content of carbonate and clay minerals in profile Nu8.

oxygen isotope

ap. 7.3) eine
rittens könnte
eher unwahr-
sichtlich nicht
1 könnte ein
ellen mit dem
nützlich sein.
konzentration im
sgrenze sinkt
des Gewässer-
tophiegrades zu
dann mensch-

Eine vorübergehende Verdoppelung der Sedimentationsrate in Phase (e) des Atlantikums (um 6'000 B.P., während des Fagusanstiegs) ist verknüpft mit dem Erstnachweis von *Plantago lanceolata* und einem sekundären Corylusgipfel. Stehen dahinter erste landschaftsverändernde menschliche Aktivitäten, die ja nicht unbedingt mit Landwirtschaft gleichzusetzen sind?

Während der Pfyner Kulturphase steigt die Sedimentationsrate von 0.4 mm/a auf 1 mm/a und sinkt danach auf nur 0.8 mm/a. Der Kalkgehalt des Sediments ist vorübergehend erhöht, der Bewuchs mit Wasserpflanzen verstärkt. Während der langgezogenen Horgener Kulturphase erreicht der Kalkgehalt wieder das Niveau der Pfyner Phase, die Sedimentationsrate jedoch steigt auf 4 mm/a. Im Tongehalt treten bis zu diesem Zeitpunkt keine signifikanten Veränderungen auf, bei den Schwermetallkonzentrationen bis zur Römerzeit nicht: Die Pufferzone naturnaher Vegetation zwischen See und Feldflächen war noch breit genug. Nach 4'000 B.P. sinkt die Sedimentationsrate wieder unter 1 mm/a, erreicht in der Bronzezeit (um 3'500 B.P.) 1 mm/a, und sinkt danach wieder auf 0.5 mm/a.

Der Beginn der Eisenzeit (nach 3'000 B.P.) bedeutete für den See eine deutliche Erhöhung des Trophiegrades (die Sedimentationsrate steigt auf 2 mm/a; wieder kommt es zu vermehrtem Wasserpflanzenwachstum). Die jeweils vermehrt nachweisbaren Taxa sind *Typha*, *Sparganium*, *Nuphar* und *Myriophyllum verticillatum/spicatum*. Um 3'000 B.P. steigt der Tongehalt im Sediment vorübergehend signifikant an, danach der Kalkgehalt (bis 75%). Ein Zusammenhang mit der wohl kurz nach 3'000 B.P. zu datierenden spätbronzezeitlichen Ufersiedlung (SITTERDING 1972) liegt nahe. Nachfolgend, ab 2'500 B.P. sinkt die Sedimentationsrate wieder auf 0.5 mm/a, vielleicht als Folge der Aufgabe der Seeufer als Siedlungsplatz. Zu einem mässigen Anstieg auf 0.9 mm/a kommt es in der Römerzeit. Völkerwanderungszeit und Frühmittelalter weisen mit 0.6 und 0.8 mm/a geringe Sedimentationsraten auf. In der Römerzeit ist eine deutliche Zunahme des Tongehalts und erstmals ein Anstieg der Schwermetallkonzentrationen zu beobachten (Nickel, Titan, Zinn, Blei, Cadmium). Der Ton als Lieferant der Schwermetalle scheidet aus, da erhöhter Tonanteil in früherer Zeit (vgl. oben) nicht mit erhöhten Schwermetallkonzentrationen verknüpft war.

Ab dem Frühmittelalter ändert sich die Sedimentzusammensetzung grundlegend: Der Tonanteil steigt auf 50%, wohl eine Folge der Bosenerosion an den nun durch Ackerbau ständig entblössten steilen Südhängen nördlich der Seen. Durch diesen mineralischen Eintrag der über die Zuflüsse erfolgte, steigen die Schwermetallkonzentrationen beträchtlich. Zugleich belegt das vermehrte Wasserpflanzenwachstum

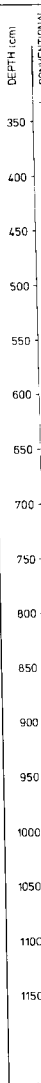


Fig.19. Sch...
Content of ...

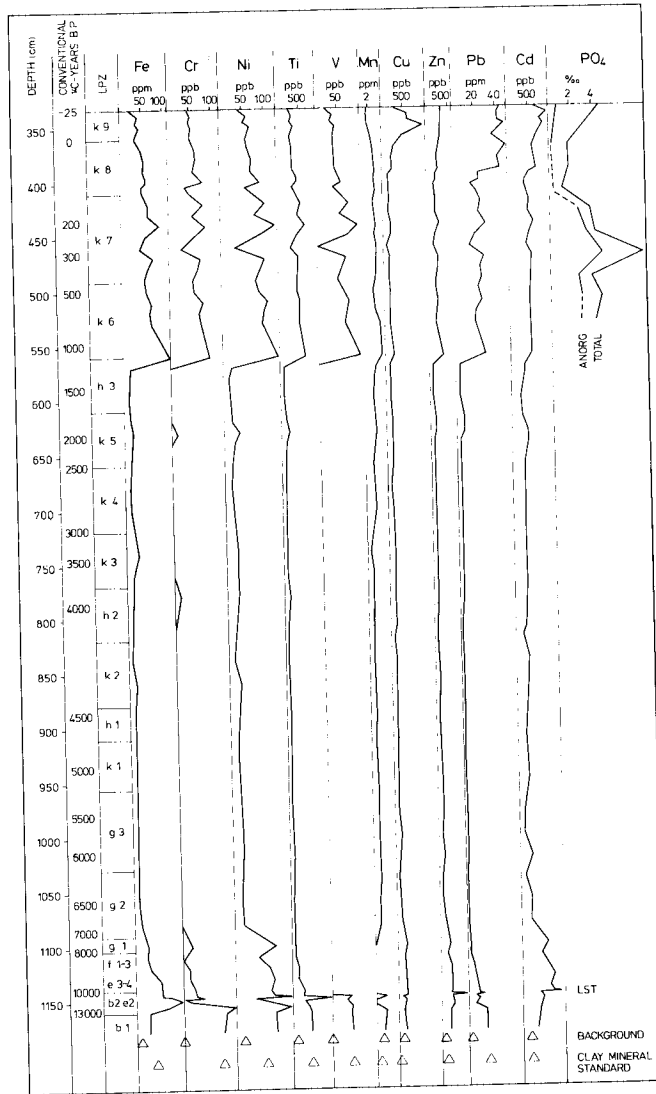


Fig.19. Schwermetallkonzentration und Phosphatgehalt in Profil Nu 8.
 Content of heavy metals and phosphate in profile Nu 8.

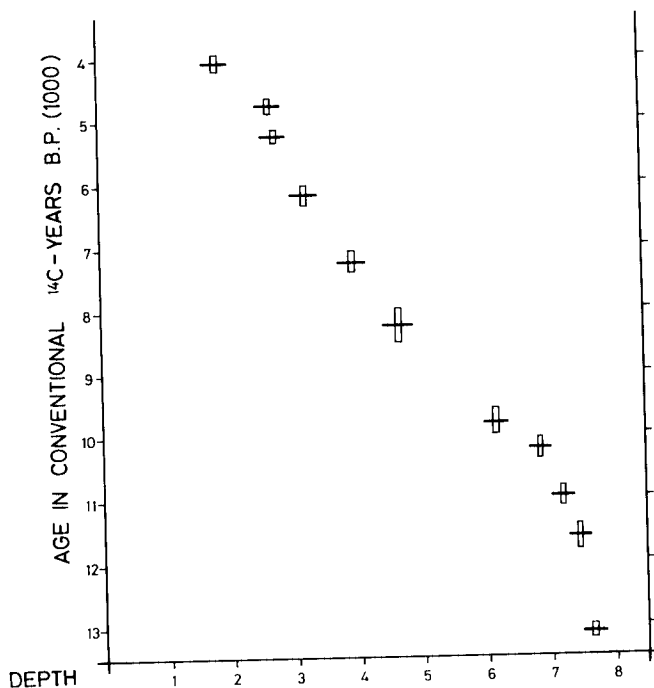


Fig.20. Alter-Tiefe-Beziehung der Radiokarbonaten von Profil Nu 8.
Age-depth-relation of the radiocarbon dates of profile Nu 8.

die fortschreitende Eutrophierung. Wenn dennoch die Sedimentationsrate im Mittelalter nur 1 mm/a beträgt, so liegt dies vermutlich an der dichten Lagerung des schweren Sediments. In frischem Zustand hat dieses Material eine schwarze Farbe, die nach Oxydation in ockergelb umschlägt, und starken H_2S -Geruch: Es handelt sich um tonreichen Faulschlamm als Bildung eines stark belasteten, kranken Gewässers. Ab dem 18. Jahrhundert erlaubt die Wassertrübe kein Wachstum submerser Makrophyten mehr. Über rezentes Vorkommen von *Myriophyllum* ist nichts bekannt.

Die Sedimentationsrate steigt von 2.5 mm/a im 15.-17. Jahrhundert über 4 mm/a im 18. Jahrhundert und 5 mm/a im 19. Jahrhundert auf 10 mm/a nach der Seefällung von 1945. Die Konzentrationen von Blei und Cadmium sind seit dem 20. Jahrhundert in einem Mass erhöht, das nur durch anthropogenen Eintrag erklärbar scheint. Der Rückgang der Schwermetallkonzentrationen nahe der Sedimentoberkante ist durch Rücklösung in reduktivem Milieu zu erklären.

AGE IN CONVENTIONAL ¹⁴C-YEARS B.P. (1000)

Fig.
Age-

D
letz
die
Klär
hera
Haupt
größ
scha
gebi
sow
Bäch
betr
durc

7.3

der
der
Ält

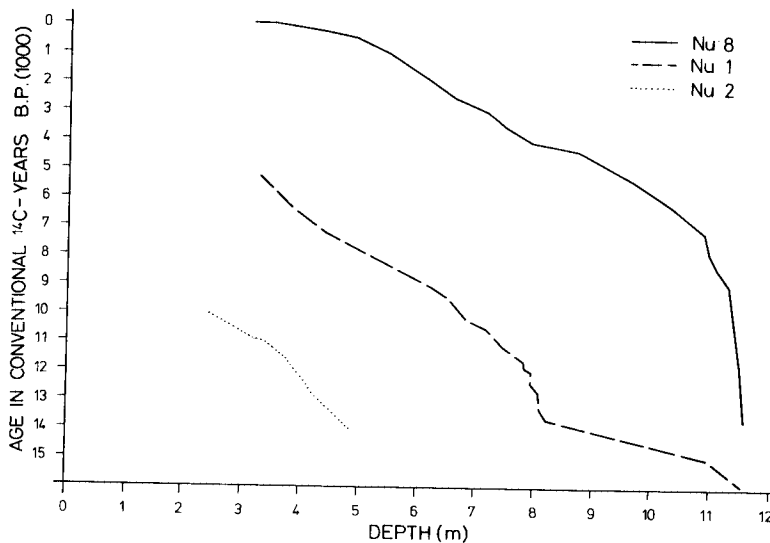


Fig. 21. Alter-Tiefe-Beziehung der Profile Nu 1, Nu 2 und Nu 8. Age-depth-relation of profiles Nu 1, Nu 2 and Nu 8.

Dass der Bau von Kläranlagen für die Anliegergemeinden in den letzten Jahren noch keine wesentliche Besserung gebracht hat, zeigen die Untersuchungen von HEIGL & SCHEIDEGGER (1979). Der Bau von Kläranlagen allein genügt nicht, um das, was seit 1'000 Jahren heraufbeschworen wurde, von heute auf morgen zu bannen. Zwei Hauptgefahren für die Seen bestehen nämlich weiter: Die erste, grössere ist die viel zu knappe Pufferzone zum intensiv landwirtschaftlich genutzten Umland, die Zerstörung der umliegenden Feuchtgebiete (ehemalige Seeflächen) durch Seefällung und Melioration, sowie der Eintrag von Erosionsmaterial von den Feldern durch die Bäche. Die zweite ist die Belastung durch Massentourismus und Badebetrieb. Die voraussichtliche Restlebensdauer der Seen hat sich durch die Entwicklung der letzten 1'000 Jahre auf 1/20 reduziert.

7.3 Seespiegelschwankungen

Der Spiegel des spätglazialen Eisstausees kann aufgrund der Höhe der Abflussschwelle im Westen und des höchstgelegenen Beckentones, der nachgewiesen wurde, bei 441 m angenommen werden. Noch in der Ältesten Dryas, und zwar beim Rückzug des Thurgletschers vom Stand

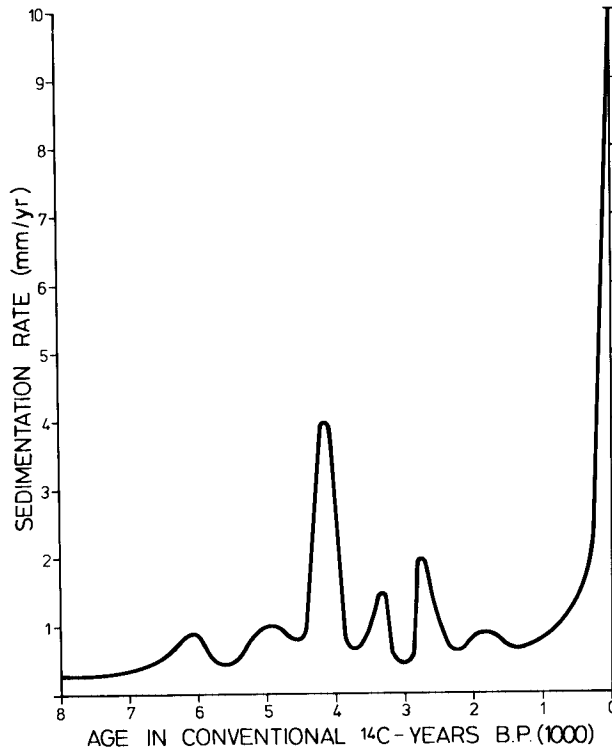


Fig.22. Sedimentationsraten in Profil in den letzten 8'000 Jahren. Sedimentation rates in profile Nu 8 during the last 8'000 years.

von Frauenfeld, wurde der Seeabfluss nach Südosten ins Thurtal frei. Zuvor waren die Schmelzwässer nach Nordwesten über die Endmoränenbögen des Zungenbeckens und die Schotterplatte von Stammheim/Waltalingen, die dieser Tatsache wohl ihre Entstehung verdankt, abgeflossen. Möglicherweise ist der Zeitpunkt der Abflussumkehr im Pollendiagramm Nu 1 (Fig.6) dort, wo die Cyperaceae zunehmen und die Potamogetonkurve vorübergehend ausfällt (a3/a4, Betula überflügelt Pinus). Diese spätglaziale Seespiegelabsenkung dürfte etwa 4 m betragen haben. Dadurch fiel die Hälfte der vorherigen Wasserfläche trocken. Der Seespiegel zwischen Bölling und Boreal dürfte sich im Bereich des heutigen bewegt haben. Über Schwankungen in dieser Zeit ist wenig bekannt.

Etw
mente
den M
heuti
in di
gewiss
1923)
Bodens
Se
dürfte
Subat.
heuti
Event
Kanal
17.
schwar

7.4 K.

AL
isoto
und V
terium
menha
erläu
logie
keit
werde
Seen
der E
die D
ledig
Beleg
Un
gipfl
nachg
Rücks
isoto
aber
schon
führt
A.BER

Etwas mehr Belege für Seespiegelschwankungen liefern die Sedimente im Atlantikum und Subboreal. Säkuläre Schwankungen von ± 1 m um den Mittelwasserstand, der durchschnittlich etwa 1 m unter dem heutigen lag, scheinen aufgetreten zu sein, wobei die Tiefenstände in die Zeit der neolithischen Kulturphasen fallen. Hierbei kam eine gewisse Analogie zu Pegelständen des Bodensees (GAMS & NORDHAGEN 1923) gesehen werden. Ein bronzezeitlicher Tiefstand, wie er vom Bodensee angenommen wird, konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Seit Phase (e) des Subboreals, die der Schnurkeramik entsprechen dürfte, scheint der Seespiegel ständig gestiegen zu sein, bis er im Subatlantikum, etwas nach 2'000 B.P., ein Niveau von 2 m über dem heutigen erreichte und bis zur Seefällung von 1945 beibehielt. Eventuell war eine Fällung kleineren Ausmasses schon mit der Kanalisierung der Verbindung Nussbaumer See - Hüttwiler See im 17. Jahrhundert verbunden. Die heutigen jahreszeitlichen Pegelschwankungen betragen bis zu 80 cm (TANNER 1913).

7.4 Klimaschwankungen

Als Zeugen vergangener Klimate kommen neben der Sauerstoffisotopenkurve und der Pegelchronologie bestimmte Änderungen in Flora und Vegetation in Frage. Die Problematik des letztgenannten Kriteriums ist bekannt (Zusammenfassung bei FRENZEL 1967). Den Zusammenhang zwischen Klima und Seespiegel hat DIGERFELDT (1972) erläutert. Um bei der klimatischen Interpretation von Pegelchronologien andere Ursachen ausschliessen zu können, sollte Gleichläufigkeit an mehreren hydrologischen Systemen eines Gebietes beobachtet werden können, wobei allerdings der Vergleich zwischen Nussbaumer Seen und Bodensee wegen der unterschiedlichen Grösse und Höhenlage der Einzugsgebiete problematisch ist. Im Spätglazial sollten nicht die Dynamik Pinus-Betula, sondern ausser der Sauerstoffisotopenkurve lediglich deutliche Influxänderungen und Waldauflichtungen als Belege für regressive Phasen herangezogen werden.

Unter dieser Prämisse scheint ein deutlicher, vielleicht zweigipfliger Klimarückschlag für die Ältere Dryas (Fig.7 und 17) nachgewiesen zu sein, ein etwas längerer und ebenfalls deutlicher Rückschlag für die Jüngere Dryas (Fig.6 und 10). Laut Sauerstoffisotopenkurve war der zweite Rückschlag gravierender, wirkte sich aber schwächer auf die Vegetation aus, die zu dem Zeitpunkt wohl schon einen stabilen Zustand erreicht hatte. Beide regressive Phasen führten im westlichen Bodenseegebiet, wie schon von LANG (1952) und A.BERTSCH (1961) erkannt, lediglich zu Waldauflichtung, nicht zu

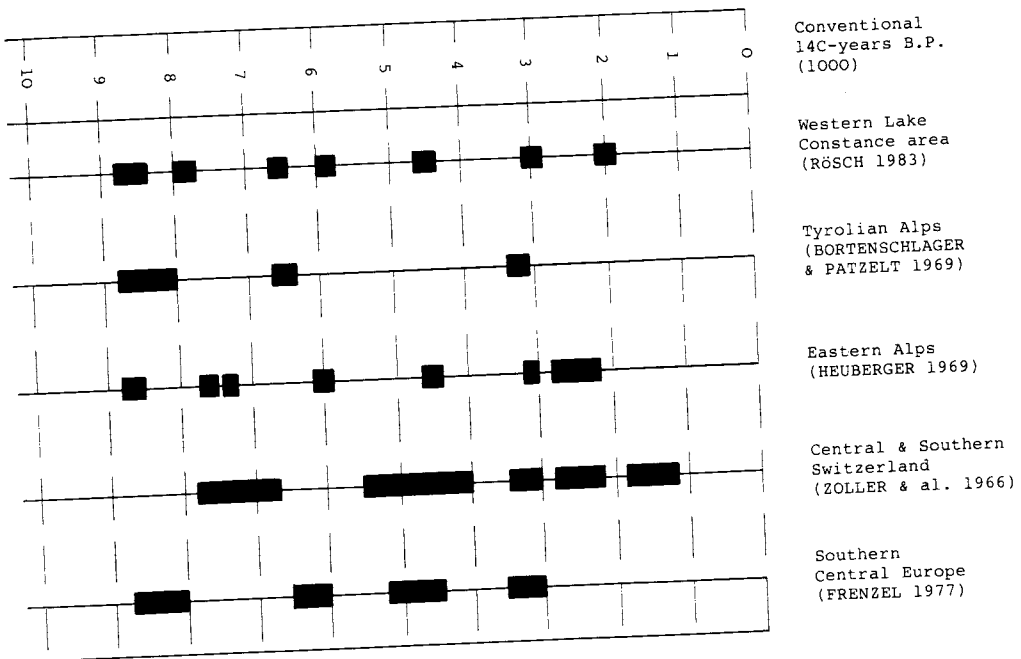


Fig.23. Klimaverslechterungen im mitteleuropäischen Holozän.
Climatic deteriorations during the Central European Holocene.

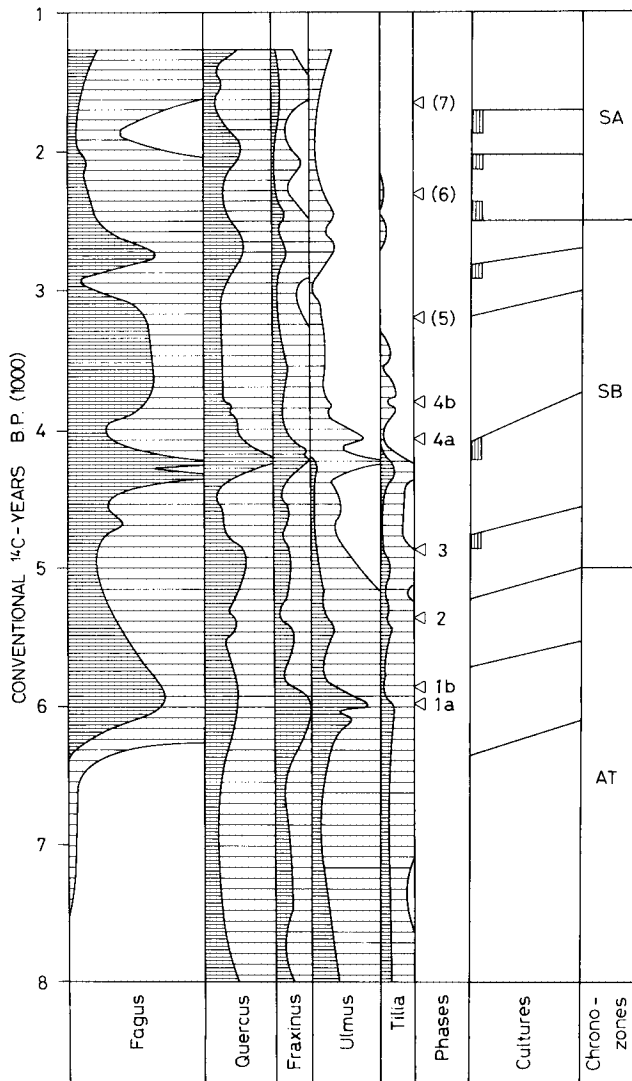


Fig.24. Polleninflux als Indikator holozäner Bewaldungsveränderungen. Polleninflux as indicator of holocene changes of forest cover.

Waldvernichtung. Berechnungen des Ausmasses der Temperatursenkungen sind anhand der Waldgrenzdepression z.B. im Schwarzwald (LANG 1954) versucht worden.

Bereits im Präboreal waren die Durchschnittstemperaturen offenbar etwas höher als heute (vgl. Sauerstoffisotopenkurve). Hinweise auf präboreale Klimaschwankungen fehlen. Dagegen zeichnen sich solche im Atlantikum zwischen 8'800 und 8'400, 8'000 und 7'700, sowie um 6'500 B.P. ab. Da die Isotopenkurve nach jeder Depression etwas unter dem Ausgangsniveau bleibt, nähert sich während des Atlantikums das Sauerstoffisotopenverhältnis vom Stand des Präboreals etwas dem des Subboreals an, hat aber um 6'200 B.P. noch ein deutlich höheres Niveau als später. Zwischen 6'200 und 4'400 B.P. weist Profil Nu 10, dem die Isotopenkurve entstammt, einen Hiatus auf. Von dessen Oberkante bis zum Ende der Isotopenkurve um 2'000 B.P. sind die Isotopenwerte signifikant niedriger als im Atlantikum. Zwischen 6'200 und 4'400 B.P. könnte also eine zunächst nicht genau lokalisierbare irreversible Klimaverschlechterung stattgefunden haben.

Die bekannten pflanzlichen Klimazeugen *Najas marina*, *Trapa natans*, *Cladium mariscus*, *Hedera helix*, *Viscum* und *Ilex aquifolium* haben zwar ihren zeitlichen Verbreitungsschwerpunkt in Boreal und Atlantikum, doch wird die Bedeutung dieser Tatsache dadurch eingeschränkt, dass von diesen Arten heute lediglich *Trapa natans* und *Najas marina* am Ort erloschen sind (*Najas* kommt im westlichen Bodenseegebiet noch vor), und dies vielleicht nicht einmal aus klimatischen Ursachen. Ausserdem wurde *Trapa* nur in Spuren nachgewiesen und *Najas* nur in Profil Nu 10 (Fig.16), wodurch es keine die Isotopenkurve ergänzende Information liefern kann. Mit dem Einsetzen von Rodungen fallen *Hedera*, *Viscum* und *Ilex ohnedies* als Klima-indikatoren aus.

Als letztes Indiz kann die Pegelchronologie herangezogen werden: Der erste boreale Rückschlag der Isotopenkurve dürfte demnach mit dem vorübergehenden borealen Pegelanstieg synchron sein, der Rückschlag im frühen Atlantikum mit der Pegelstagnation an der Wende Phase (a/b). Nimmt man an der Wende Atlantikum/Subboreal den Pegel als einziges Indiz, so wäre die mittelholozäne Klimaverschlechterung in zwei Schüben, um 6'000 und um 4'500 B.P., erfolgt (Pegelhochstände).

In Phase (h) des Subboreals (um 3'000) und in Phase (b) und (c) des Subatlantikums (2'000) weist die Isotopenkurve weitere Depressionen auf. Sie fallen mit dem nicht näher differenzierbaren subboreal-subatlantischen Pegelanstieg zusammen. Botanische Indizien sind aus den oben erwähnten Gründen wertlos. Solche Indizien können

aber für
angeführt v
Hasel-EMW z

In Fig.2
fassend da
gewonnenen
Vergleich
unter Klim
Dennoch ve
6'500, 4'50
Fassbares
glazialen K
Jahresmitte
Grenze von

8 Zusammenf

Sediment
wurden sedi
grossrestan
(Schwermeta

Folgendes

1. Die Nuss
- Zungenbecker
2. Der Pegel
- Niveau und
- über das h
- Absenkung er
3. Ältere ur
- Klimarücksch
- sive Phasen
- 4'500 und um
4. Die Wie
- Zwergbirkenp
- den nach der
- wälder des A
- wäldern abge
5. Die Ablag
- Schädigung d

aber für die borealen und atlantischen Klimaverschlechterungen angeführt werden: Mit ihnen sind Verschiebungen des Verhältnisses Hasel-EMW zugunsten des letzteren verknüpft.

In Fig. 23 sind die hier vorgestellten Klimaschwankungen zusammenfassend dargestellt und mit den teilweise durch andere Methoden gewonnenen Ergebnissen verschiedener Autoren verglichen. Der Vergleich ist schematisch, da aufgrund unterschiedlicher Ansätze unter Klimaschwankung nicht unbedingt dasselbe verstanden wird. Dennoch verstärkt diese Grafik den Eindruck, jeweils um 8'500, 6'500, 4'500 und 3'000 B.P. habe sich klimatisch etwas weiträumig Fassbares ereignet. Es ist natürlich bekannt, dass diese postglazialen Klimaschwankungen nur in der Grössenordnung von $\pm 1-2^\circ$ des Jahresmittels liegen. $1-2^\circ$ Temperaturunterschied können aber an der Grenze von Wuchsbezirken schon von entscheidender Bedeutung sein.

8 Zusammenfassung

Sedimentprofile von den Nussbaumer Seen im Kanton Thurgau, 434 m, wurden sedimentologisch, pollenanalytisch (Prozent und Influx) und grossrestanalytisch, radiometrisch (^{14}C , ^{18}O) und geochemisch (Schwermetallkonzentrationen) untersucht.

Folgendes sind die wichtigsten Ergebnisse:

1. Die Nussbaumer Seen entstanden in der Ältesten Dryas aus einem Zungenbeckensee durch Wasserspiegelabsenkung nach Abflussumkehr.
2. Der Pegel schwankte im Boreal und Atlantikum 1-2 m unter heutigem Niveau und stieg ab Mitte Subboreal bis Mitte Subatlantikum bis 2 m über das heutige Niveau, das er durch neuzeitliche künstliche Absenkung erreichte.
3. Ältere und Jüngere Dryas sind radiometrisch und palynologisch als Klimarückschläge erfasst. Für das Postglazial konnten fünf regressive Phasen geringeren Ausmasses, um 8'500, um 6'500, um 6'000, um 4'500 und um 3'000 B.P. wahrscheinlich gemacht werden.
4. Die Wiederbewaldung begann am Ende der Ältesten Dryas mit Zwergbirkenphase und Juniperusphase. Im Bølling wuchs Birkenwald, in den nach der Älteren Dryas die Kiefer eindrang. Die Birken-Kiefernwälder des Allerød wurden in der Jüngeren Dryas von reinen Kiefernwäldern abgelöst.
5. Die Ablagerung des Laacher See-Tuffs (LST) führte um 11'000 zur Schädigung der Kiefernbestände.

6. Am Ende der Jüngerer Dryas erfolgte erneut Birkenausbreitung, bevor im Präboreal Hasel und EMW einwanderten und sich ausbreiteten. Im Boreal herrschte die Hasel vor, im Atlantikum kam der EMW zur Vorherrschaft.

7. Um 7'500 wanderte die Buche ein und bildete ab 6'200 B.P. Mischwälder mit den EMW-Arten. An den Seeufnern hatte sich seit dem Atlantikum die Erle ausgebreitet.

8. Die weitere Waldentwicklung ist eng mit der menschlichen Besiedlungsgeschichte verknüpft, insbesondere die Dynamik Buche - EMW und das Phänomen des Ulmen-Linden-Eschen-Abfalls. So wurden Buchenwälder zwar im Subboreal zur Klimaxvegetation, doch wurde diese immer wieder durch Rodungen gestört, besonders seit der Eisenzeit und dem Mittelalter.

9. Anhand eines subaquatischen Profils konnte die Vegetationsgeschichte bis zur Gegenwart verfolgt werden. Sie zeigt seit dem Mittelalter eine dramatische Erhöhung von Sedimentationsrate und Trophiegrad, eine Entwicklung, die sich - in gemässiger Form und von Erholungsphasen unterbrochen - seit den frühesten Rodungsphasen beobachten lässt.

Summary

Lake sediment and peat profiles from Nussbaumer Seen (Swiss Plateau), near Lake Constance, were investigated by means of stratigraphy, pollen analysis (both: relative and absolute), macrofossil analysis, radiometry (^{14}C , ^{18}O) and geochemistry (heavy metals). These are the main results:

The Nussbaumer Seen originated in Oldest Dryas from a single glacier-dammed lake through the sinking of the water level and a change of outlet. Water level fluctuated in Boreal and Atlantic around a level 1-2 m below the recent one and rose from the middle of Subboreal until the middle of Subatlantic period when it was 2 m higher than in recent times. The recent level is a result of human activity about forty years ago. Pollen and oxygen isotope analysis have shown the Older and Younger Dryas to be regressive climatic periods. In the Holocene five other regressive climatic periods of less importance are probably at about 8'500 B.P., 6'500 B.P., 6'000 B.P.?, 4'500 B.P. and 3'000 B.P.

Late-glacial reforestation started in late Oldest Dryas with dwarf birch and subsequently Juniper. In Bølling there grew birch forests, into which in Older Dryas pine immigrated. The birch-pine

forests of
Dryas. De
mainly the

At the
Preboreal
dominated
immigrated
species fr
Atlantic
(especial
human col
lime and
Subboreal
especiall
too.

A subl
environme
depositio
that - mo
developme
at about

forests of Allerød were replaced by pure pine-forests in Younger Dryas. Deposition of Laacher Tuff at about 11'000 B.P. injured mainly the pines.

At the end of the Younger Dryas birch spread out again, then - in Preboreal - immigrated hazel and mixed oak forest. In Boreal hazel dominated, in Atlantic mixed oak forest. At about 7'500 B.P. beech immigrated and formed mixed forests together with mixed oak forest species from 6'000 B.P. (Alder spread out). At the lake shores since Atlantic alder spread out. The further development of forests (especially the dynamics), is closely connected with the history of human colonization: Beech - mixed oak forest and the decline of elm, lime and ash. Thus beech forest formation was at it's climax in Subboreal, but was continually disturbed by forest clearings, especially since the iron and middle ages but also in earlier times too.

A sublacustric profile shows the history of the lake and its environment until recent times. Since the middle ages sediment deposition rate and lake trophy has risen dramatically, a process that - more moderately and interrupted by phases of undisturbed lake development - can be recognized since the earliest clearing periods at about 5'000 B.P.

(Swiss
ns of
lute),
(heavy

single
and a
lantic
middle
as 2 m
human
lysis
matic
ds of
6'000

with
birch
-pine

Tabelle 5. Landschaftsgeschichte der letzten 15'000 Jahre im Gebiet der Nussbaumer Seen
Landscape history of the last 15'000 years in the Nussbaumer Seen area

Chronologie		Klima- und Erdgeschichte	Vegetationsgeschichte	Seegeschichte	Kultur- geschichte
A.C. B.C.	B.P. (¹⁴ C)				
1975	-25		k9		
	5	Jüngerer	k8		
1800	150		k7		
1500	400				
		SUB- ATLANTIKUM	k6	Extensive Nutzung	Eutrophierung
750	1200				
300	1600		h3		
		Alteres	k5		
0	2000			Seespiegel steigt	
500	2500		k4		
			k3		
1200	3200	SUB-	h2	Buchenwälder mit Eichen und Eschen	
	3700				
2000		BOREAL	k2	kleine Rodungen	
	4200		h1	Temperaturen gehen zurück auf heutige Grössenordnung	
	5000		k1	starke Haselausbreitung	Seespiegel erreicht Tiefstand
		Jüngerer			
	5300		g3	Eichenmischwald + Buche und Hasel	
		ATLANTIKUM			
	6200				

5300
6200
ATLANTIKUM

g3

Eichenmischwald +
Buche und Hasel

7300 7800	Alteres	g2 g1	wärmer als heute	EMW mit Sträuchern, Lianen, Epiphyten; Erlenbrüche EMW mit viel Hasel	Beginn der Kalk- fällung in den Seebecken	Mittelsteinzeit
8000		f3		Ul-Ei-Wälder mit Li, Ah, Ki viel Hasel		
	BOREAL	f2		Ul-Ei-W. m.Ki,Bi,Hasel		
9000	PRA- BOREAL	f1 e4	Zunehmende Erwärmung	Hasel, Ulme, Eiche wandern ein	Sed. organogen	
10000	JUNGERE DRYAS	e3 e2	kalt	Kiefern-Birken-Wald Kiefernwälder	Sed. minerogen	
11000		e1 d4	Eifelvulk. mässig warm	Kieferneinwanderung Birkenwälder	Sed. organogen	
11800	ALTERE DRYAS	d3 d2	kalt	Parktundra		
12000		d1		Birkenwälder	Beginn der organogenen Sedimentation	Altsteinzeit
12700	BÖLLING	c2 c1	mässig warm			
13000		b2 b1	zunehmende Er- wärmung	Zwergstrauchtundra	Seespiegelabsenkung von 5 m, Zerfall des Eisstausees	
	ALTESTE	a4 a3	Stadium von Frauenfeld	Tundren		
	DRYAS	a2 a1	sehr kalt und trocken	vegetationsfrei		

9 Literatur

- BERTSCH, A., 1961: Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. - *Flora* 151, 243-280.
- BERTSCH, K., 1923: Die Pflanzenreste der Pfahlbauten von Sipplingen und Langenrain am Bodensee. - *Bad. Fundber. z. Ur- u. Frühgesch.*, 305-320.
- BERTSCH, K., 1929: Wasserspiegelschwankungen des Bodensees in der älteren Nacheiszeit. - *Schriften Ver. f. Gesch. d. Bodensees u. s. Umgeb.* 56, 51-59.
- BORTENSCHLAGER, S. & G. PATZELT, 1969: Wärmezeitliche Klima- und Gletscherschwankungen im Pollenprofil eines hochgelegenen Moores (2270 m) der Venedigergruppe. - *Eiszeitalter u. Gegenw.* 20, 116-122.
- DIGERFELDT, G., 1972: The post-glacial development of lake Trummen. - *Folia Limnologica Scandinavica* 16, 1-96.
- FRENZEL, B., 1967: Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. - *Die Wissenschaft* 129, 296 pp.
- FRENZEL, B., 1977: Postglaziale Klimaschwankungen im südwestlichen Mitteleuropa. - In: *Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa. Erdwiss. Forschung* 13, 297-322.
- GALLAY, G. & K. SPINDLER, 1971: Eine Siedlung der Bandkeramik bei Singen im Hegau. - *Germania* 49, 169-175.
- GAMS, H., 1925: Aus der Geschichte der Flora und Fauna am Bodensee. - *Schriften Ver. f. Gesch. d. Bodensees u. s. Umgeb.* 53, 1-38.
- GAMS, H. & R. NORDHAGEN, 1923: Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. - *Mitt. geograph. Ges. München* 16/2, 336 pp.
- GEYH, M., H. MÜLLER & J. MERKT, 1971: Sediment-, Pollen- und Isotopenanalysen aus den jahreszeitlich geschichteten Ablagerungen im zentralen Teil des Schleinsees. - *Arch. Hydrobiol.* 69, 366-399.
- GEYH, M., J. MERKT, H. MÜLLER & H. J. STREIF, 1974: Reconstructions paléoclimatiques et paléocéologiques à partir de l'étude des sédiments lacustres de l'Allemagne méridionale. - *Soc. hydrotech. de France* 1/7, 1-7.
- GÖTTLICH, K., 1960: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Moore in Oberschwaben. Teil 1: Moore im Bereich der Altmoräne und äusseren Jungendmoräne. - *Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württemberg* 115, 93-174.
- GREIG, J., 1984: A preliminary report on the pollen diagrams and some macrofossil results from palafitta Fiavé. - In: PERINI, R. (Ed.): *Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fiavé-Carara. Servizio Beni Culturali della Prov. Autonoma di Trento*, 305-322.

- GROSSE-BRAUCKMANN,G., 1963: Zur Artenzusammensetzung von Torfen.
- Ber. Deutsch. Bot. Ges. 76,
- HANTKE,R., 1973-83: Eiszeitalter. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. - Thun, 468, 703 und 730 pp.
- HEIGL,A. & R.SCHEIDEGGER, 1979: Limnologische Untersuchungen des Hüttwiler-, Nussbaumer-, Hasen- und Bichelsees 1976-1979.
- Mitt. thurg. naturf. Ges. 43, 84-103.
- HEITZ-WENIGER,A., 1976: Zum Problem des mittelholozänen Ulmenabfalls im Gebiet des Zürichsees (Schweiz). - Bauhinia 5, 215-229.
- HEUBERGER,H., 1969: Die Alpengletscher im Spät- und Postglazial.
- Eiszeitalter u. Gegenwart 19, 270-275.
- HOFMANN,F., 1967: Erläuterungen zu Blatt 1052 Andelfingen des geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000. - 25 pp.
- KAISER,K., 1979: Ein späteiszeitlicher Wald im Dätttau bei Winterthur/Schweiz. - Diss. Zürich, 90 pp.
- KELLER,P., 1926: Pollenanalytische Untersuchungen an einigen thurgauischen Mooren. - Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 26, 1-21.
- KELLER,P., 1930: Untersuchungen am Pfahlbau "Bleiche"-Arbon.
- Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich 76, 304-315.
- LANG,G., 1952a: Zur späteiszeitlichen Vegetations- und Florensgeschichte Südwestdeutschlands. - Flora 139, 243-294.
- LANG,G., 1952b: Späteiszeitliche Pflanzenreste in Südwestdeutschland. - Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland 11, 89-110.
- LANG,G., 1954: Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. I. Der Hotzenwald im Südschwarzwald. - Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland 13, 3-42.
- LANG,G., 1973: Die Vegetation des westlichen Bodenseegebietes.
- Pflanzensoziologie 17, 451 pp.
- LIESE-KLEIBER,H., 1985: Pollenanalyse in urgeschichtlichen Ufersiedlungen. Vergleich von Untersuchungen am westlichen Bodensee und Neuenburgersee. - Ber. z. Ufer- u- Moorsiedlungen Südwestdeutschlands 2, Mat.h. z. Vor- u. Frühgeschichte in Bad-Württ. 7, (im Druck).
- LÜDI,W., 1951: Ein Pollendiagramm aus der neolithischen Moorsiedlung Weiher bei Thayngen (Kt. Schaffhausen). - Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel Zürich f. 1950, 96-107.
- MANGERUD,J., S.T.ANDERSEN, B.BERGLUND & J.DONNER, 1974: Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. - Boreas 3, 109-128.
- MÜLLER,E., 1979: Die Vergletscherung des Kantons Thurgau während der wichtigsten Phasen der letzten Eiszeit. - Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 43, 48-73.

- MÜLLER, H., 1962: Pollenanalytische Untersuchungen eines Quartärprofils durch die spät- und nacheiszeitlichen Ablagerungen des Schleinsees (Südwestdeutschland). - Geol. Jb. 79, 493-526.
- MÜLLER, I., 1947a: Über die spätglaziale Vegetations- und Klimaentwicklung im westlichen Bodenseegebiet. - Planta 35, 57-69.
- MÜLLER, I., 1947b: Der pollenanalytische Nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee- und Bodenseegebiet. - Planta 35, 70-87.
- RÜSCH, M., 1983: Geschichte der Nussbaumer Seen (Kanton Thurgau) und ihrer Umgebung seit dem Ausgang der letzten Eiszeit aufgrund quartärbotanischer, stratigraphischer und sedimentologischer Untersuchungen. - Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 45, 1-110.
- RÜSCH, M., 1985: Ein Pollenprofil aus dem Feuenried bei Überlingen am Ried: Stratigraphische und landschaftsgeschichtliche Bedeutung für das Holozän in Bodenseegebiet. - Ber. z. Ufer- u. Moorsiedlungen Südwestdeutschl. 2, Mat.h. z. Vor- u. Frühgesch. Bad.-Württ. 7, (im Druck).
- SANGMEISTER, E., 1965: Siedlungen der Rössener Kultur im Hegau. - Bad. Fundber. z. Vor- u. Frühgesch. 23, 9-28.
- SCHLICHTHERLE, H., 1979: Die Ausgrabung 1973-1977 in den Ufersiedlungen Hornstaad-Hörnle I. - Diss. Freiburg.
- SITTERDING, M., 1972: Eine spätbronzezeitliche Siedlung am Nussbaumersee. - Helvetia archaeologica 9/3, 13-20.
- STARK, P., 1923: Zur Entwicklungsgeschichte der badischen Bodenseemoore. - Ber. Deutsch. Bot. Ges. 41, 361-373.
- STARK, P., 1925: Die Moore des badischen Bodenseegebietes. I. Die nähere Umgebung von Konstanz. - Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br. 24, 1-123.
- STARK, P., 1927: Die Moore des badischen Bodenseegebietes. II. Das Areal um Hegne, Dettlingen, Kaltbrunn, Mindelsee, Radolfzell und Espasingen. - Ber. Naturf. Ges. Freiburg i.Br. 28, 1-238.
- TANNER, H., 1913: Der Hüttwiler- oder Steineggersee. - Mitt. Thurg. Naturf. Ges. 20, 169-226.
- TROELS-SMITH, J., 1955: Pollenanalytische Untersuchungen zu einigen schweizerischen Pfahlbauproblemen. - In: Das Pfahlbauproblem, Basel, 11-58.
- WATERBOLK, H.T. & W.VAN ZEIST, 1967: Preliminary report on the Neolithic bog settlement of Niederwil. - Paläohistoria 12, 559-580.
- WATERBOLK, H.T. & W.VAN ZEIST, 1978: Niederwil, eine Siedlung der Pfyner Kultur. Bd. I: Die Grabungen. - Bern, 186 pp.
- WEGMÜLLER, H.-P., 1976: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den Thuralpen und im Faningebiet (Kanton Appenzell, St.Gallen, Graubünden/Schweiz). - Bot. Jb. Syst. 97, 226-307.

WELTEN,
logi
- V
ZOLLER,
Glet
Vorc

Adress

Dr. M.
Paläoe
Institut
Univer
Fische
D-7766

- Quartär-
ungen des
26.
nd Klima-
57-69.
schlichen
5, 70-87.
rgau) und
aufgrund
ogischer
rlingen am
Bedeutung
u. Moor-
sch. Bad.-
im Hegau.
den Ufer-
am Nuss-
Bodensee-
s. I. Die
es. Frei-
s. II. Das
lfzell und
38.
tt. Thurg.
zu einigen
auptproblem,
rt on the
storia 12,
edlung der
chungen in
St.Gallen,
- WELTEN, M., 1944: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez.
- Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich 21, 201 pp.
- ZOLLER, H., C. SCHINDLER & H. RÜTHLISBERGER, 1966: Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. - Verh. Naturf. Ges. Basel 77, 97-164.

Adresse des Autors:

Dr. M. Rösch
Paläoethnobotanik Bodensee-Oberschwaben
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Universität Freiburg i.Br.
Fischersteig 9
D-7766 Hemmenhofen