

## Die Eifelmaare als erdgeschichtliche Fallen und Quellen zur Rekonstruktion des Paläoenvironments

JÖRG F. W. NEGENDANK & ACHIM BRAUER & BERND ZOLITSCHKA

**Kurzfassung:** In den verlandeten und wasserführenden Maaren der Westeifel läßt sich die jüngste Erdgeschichte Mitteleuropas anhand hoch zeitauflösender Sedimentsequenzen erfassen.

Die Arbeiten haben mit der Dokumentation des Hoch-, Spät- und Postglazials in den wasserführenden Maaren begonnen, deren Alter größer als 18-20 000 Jahre B. P. zu sein scheint, da eine heute 10 bis 12 m unter Wasser liegende Terrasse dem letzten, stark ariden hochglazialen Stadium zugewiesen wird. Für diese Aussage sprechen auch die alten morphologischen Formen. Eine seismische Vorsondierung im Meerfelder Maar hatte komplizierte Lagerungsverhältnisse ergeben, die auch in der 45 m tiefen „Sondierung“ angetroffen wurden.

Die im wesentlichen aus Turbiditen, Sideriten und jahreszeitlich geschichteten Diatomeengyttjen bestehende Gesamtabfolge in allen untersuchten Maarseen der Eifel wird durch zwei markante Tephrahorizonte gegliedert. Es handelt sich um einen hochglazialen „Basaltischen Aschentuff“ und um den Laacher Bimstuf.

Die Warvenstratigraphie im Meerfelder Maar und Holzmaar ergab für Mitteleuropa den ersten 13 000 Jahreskalender. Die Basis des Holozäns kann danach auf etwa 12 800 vor heute verlegt werden. Die Spektralanalyse an den Sedimentationsraten der organischen Warven im Holzmaar erbrachte die bekannten spektralen Perioden, die verschiedene Ursachen besitzen, so u. a. die Sonnenfleckenaktivität und andere astronomische Periodizitäten, die das Klima der Erde modifizieren.

**Abstract:** The young geological history of central Europe is documented in high resolution sedimentary sequences of Westeifel-maars.

Investigations started with studies of Pleistocene and Holocene lake sediments. According to terraces existing 10-12 m below the today water tables the lakes have an age older than 18 000-20 000 years. Seismic pre-studies revealed complicated „layerings“ which could be proved during drilling.

The sedimentary sequence consists of turbidites, siderites and annually laminated diatomaceous gyttja and is characterized by two tephrochronological marked horizons, an high glacial „Basaltic Tuff“ and the Laach Pumice Tuff.

Varvechronology of Meerfeld Maar and Holzmaar sediments allowed the assessment of the first 13 000 year calendar in central Europe. The base of the Holocene, therefore, can be fixed around 12 800 before today. Spectral analysis of the thickness of the organic varves revealed well-known sun spot cycles and astronomical periods modifying our climate on earth.

### 1. Einführung

Seit 10 Jahren untersucht unsere Arbeitsgruppe in Trier Maarsedimente der Eifel unterschiedlicher Altersstellung. Dabei handelt es sich einmal um tertiäre Vorkommen wie das

eoazäne Maar bei Eckfeld (NEGENDANK et al. 1982, NEGENDANK 1988), in dem heute intensive Fossil-Grabungen des Naturhistorischen Museums in Mainz durchgeführt werden, zum anderen um Maare des jungen Westeifler Vulkanfeldes mit einem Alter zwischen 700 000 und 20 000 Jahren vor heute. Die quartären Vorkommen sind Trockenmaare und noch heute wassergefüllte Maare. Die in der Weltliteratur seit STEININGER (1821) als Maare bekannten, wasserführenden „Krater“ haben ein höheres Alter als bisher angenommen wurde (STRAKA 1975). Ihr Alter dürfte zwischen 20 000 und 100 000 Jahren liegen. Damit erhöht sich auch das Alter der Trockenmaare entsprechend (IRION & NEGENDANK 1984, NEGENDANK 1983, 1984, 1988, 1989).

Die Maare haben sich als interessante erdgeschichtliche Fallen erwiesen, denn die in ihnen erhaltenen Sedimente reflektieren das Paläoklima wie die Vegetations- und Besiedlungsgeschichte und belegen Abläufe und Zeit ohne Unterbrechung. Die Auszählung der jahreszeitlich geschichteten Seesedimente (Warven) erlaubt es, den ersten 13 000 Jahreskalender von heute an gerechnet für Zentraleuropa zu erstellen (ZOLITSCHKA 1986, 1988, 1989a und b, ZOLITSCHKA & NEGENDANK 1987, 1988, 1989).

Ein mittelfristiges Ziel der Arbeiten ist es, eine auf Sedimentologie, Pollenanalyse und Paläosäkulavarvariation beruhende Zeitskala für die letzten 700 000 Jahre anhand der Maar-Seeablagerungen zu entwickeln. Gegenüber marinen Sedimentfolgen besteht der bedeutende Vorteil einer hohen Zeitauflösung aufgrund der viel höheren Sedimentationsraten und einer Vollständigkeit der Sedimentsequenzen in abgeschlossenen und geschützten limnischen Profundalbereichen, wie sie in der vorliegenden Form nur in Maarseen anzutreffen sind.

Die Ergebnisse, die in der Eifel gewonnen wurden, werden nun in verschiedenen anderen Regionen Europas angewandt, so im Massif Central (Frankreich) und in Italien (EG-Projekte Geomaar I und Euromaar). Grundgedanke dieser Projekte ist es, die Quartärstratigraphie entlang einer Nord-Süd-Traversal zu erfassen, um damit stratigraphische Korrelationen zwischen Nord- und Südeuropa sowie kontinentalen und marinen Sedimentfolgen zu ermöglichen. Ein ähnliches Projekt wird von uns in Mexiko (Chalco) durchgeführt.

Die Sedimentproben in den Maaren und Trockenmaaren wurden 1978/79 mit dem Piston-Corer nach MERKT & STREIF (1970) gestochen, alle späteren Kernentnahmen wurden mit der Usinger-Sonde durchgeführt. Durch die Fortentwicklung dieser Sonde ist es 1987 gelungen, unter 20 m Wasserbedeckung im Meerfelder Maar in 45 m Sedimenttiefe vorzustößeln. Weiterhin war es im Weinfelder Maar möglich, bei 52 m Wassertiefe noch 10 m Sedimentkerne zu stechen.

Die Ergebnisse wurden innerhalb von Projekten erarbeitet, die durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (NE 154/13-1-3) und durch das EEC Programm Geomaar I finanziert wurden. Ihnen gilt unser Dank.

## 2. Die Maare und ihre Position

In IRION & NEGENDANK (1984), NEGENDANK (1983, 1988, 1989), HANSEN et al. (1985) wird eingehend zur geologischen Situation der Eifelmaare im Westeifler Vulkanfeld Stellung genommen, was von zahlreichen Autoren erarbeitet wurde (s. u. a. MEYER 1989). Abb. 1 erläutert die Verbreitung der Maarkraterseen und einiger Trockenmaare der Westeifel. In die Untersuchungen wurden bisher vor allem das Meerfelder Maar (MFM), die Dauner Maargruppe mit Gemündener Maar (GMM), Weinfelder Maar (WFM) und Schalkenmehrener Maar (SMM), das Holzmaar (HZM) sowie einige Trockenmaare zu Testzwecken einbezogen.

Das Alter der untersuchten Maare ist auch heute noch ungewiß. Die von BÜCHEL (1984) angewandte Methode zur Abschätzung der Altersstellung über das Verhältnis von Kratertiefe zu Kraterdurchmesser lehnt sich an die Überlegung der Höhe/Breite-Verhältnisse bei Aschen- und Schlackenkegeln und deren Erosionszustand an. Die herangezogenen Parameter lassen

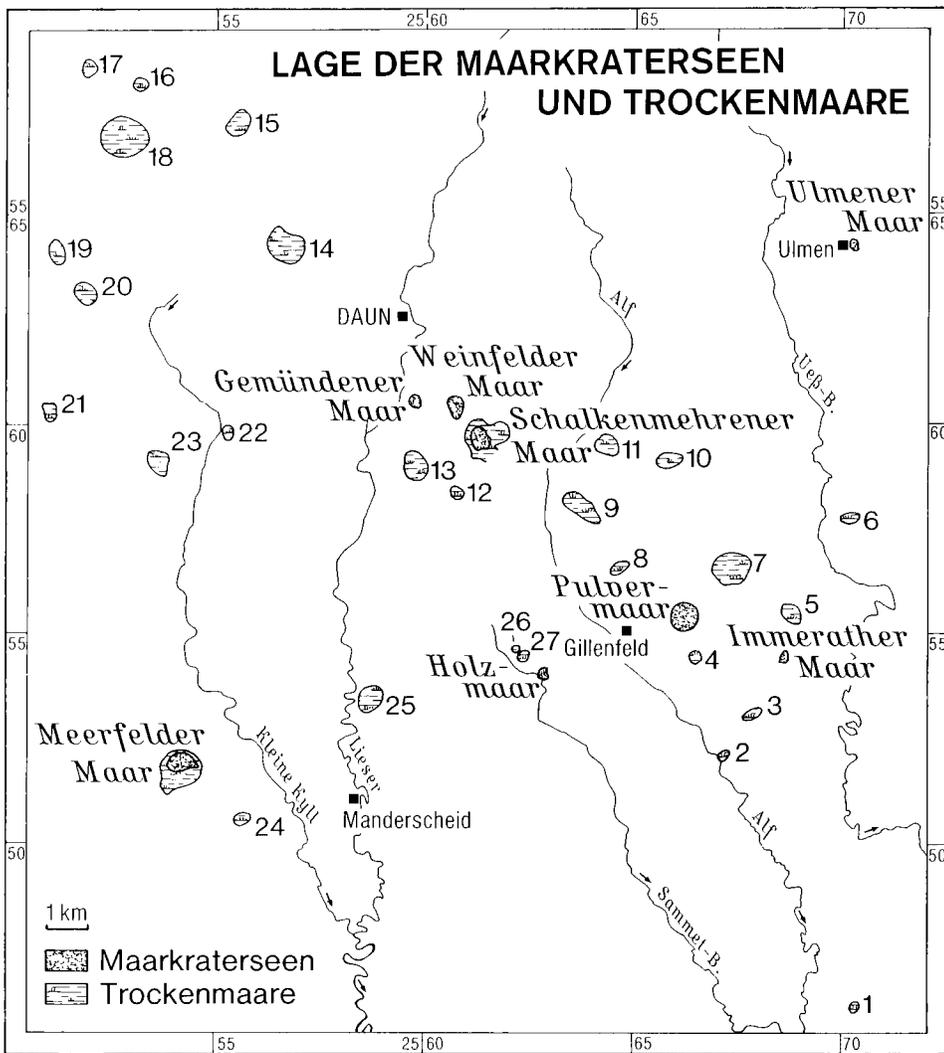


Abb. 1: Verbreitung der Maarkraterseen und einiger Trockenmaare der Westeifel.

- |                       |                                   |                             |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1: Wispelter Maar;    | 10: Steineberger Maar;            | 19: Geeser Maar;            |
| 2: Sprinker Maar;     | 11: Mehrener Maar;                | 20: Hengstweiler;           |
| 3: Trautzburger Maar; | 12: Maar am hohen List;           | 21: Wallenborner Maar;      |
| 4: Strohnner Maar;    | 13: Maar westlich des hohen List; | 22: Oberstadtfelder Maar;   |
| 5: Immerather Maar;   | 14: Steinborner Maar;             | 23: Niederstadtfelder Maar; |
| 6: Wollmerather Maar; | 15: In der Boos;                  | 24: Hinkelsmaar;            |
| 7: Oberwinkler Maar;  | 16: Maar am Römerhof;             | 25: Eckfeldmaar;            |
| 8: Ellscheider Maar;  | 17: Hohenfelser Maar;             | 26: Hitsche;                |
| 9: Mürmes;            | 18: Kirchweiler Maar;             | 27: Dürres Maar.            |

bei Maaren jedoch nur bedingt eine Aussage über das Alter zu. Grundsätzlich ist festzustellen, daß die morphologischen Formen der Maare eindeutig zeigen, daß es alte Formen sind, die mindestens ein Hochglazial überlebt haben. Berücksichtigt man die Talformen und deren Entwicklungsstand, dann wird dieser Eindruck noch verstärkt. Hinzu tritt, daß die Geschichte der einzelnen Maare sehr unterschiedlich verlaufen ist. So ist das Schalkenmehrener Maar tri- bzw. quadrilobat (der heutige Krater zeigt zwei sich überschneidende Kreise als Kraterbegrenzung), und diese Krater sind zu unterschiedlicher Zeit genutzt worden (BÜCHEL & KRAWCZYK 1986; NEGENDANK 1988); das Weinfelder Maar weist ebenso zwei sich überschneidende Kreise als Kraterbegrenzung auf; es ist demnach bilobat; das Meerfelder Maar scheint ebenso polygenetisch zu sein.

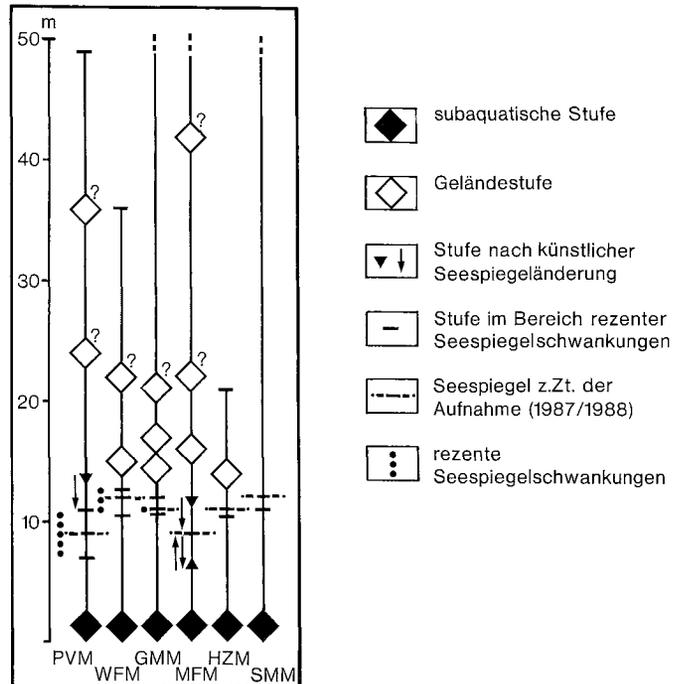


Abb. 2: Seespiegelterrassen der Eifelmaare. PVM = Pulvermaar; WFM = Weinfelder Maar; GMM = Gemündener Maar; MFM = Meerfelder Maar; HZM = Holzmaar; SMM = Schalkenmehrener Maar.

### 2.1. Morphologie und Seespiegelschwankungen

Die rezente Limnologie und die Umgebungsfaktoren wurden kürzlich von SCHARF (1987) eingehend beschrieben. Unsererseits wurden Kartierungen der subaquatischen und subaerischen Seespiegelterrassen durchgeführt (BRAUER 1988, BRAUER & NEGENDANK 1989 a). Sie wurden an Maaren mit Abfluß (Meerfelder Maar, Holzmaar und Schalkenmehrener Maar) sowie abflußlosen Maaren (Gemündener Maar, Weinfelder Maar und Pulvermaar) erarbeitet.

Wie Abb. 2 zeigt, haben sich im wesentlichen zwei Terrassen als signifikant herausgestellt. Die subaquatische Terrasse 10 bis 12 m unterhalb des heutigen Seespiegels wird der ariden Phase des Weichsel-Hochglazials (18 000-20 000 Jahre v. h.) zugeordnet, während die Terrasse 2 bis 3 m oberhalb des rezenten Seespiegels dem klimatischen Optimum des Atlantikums mit

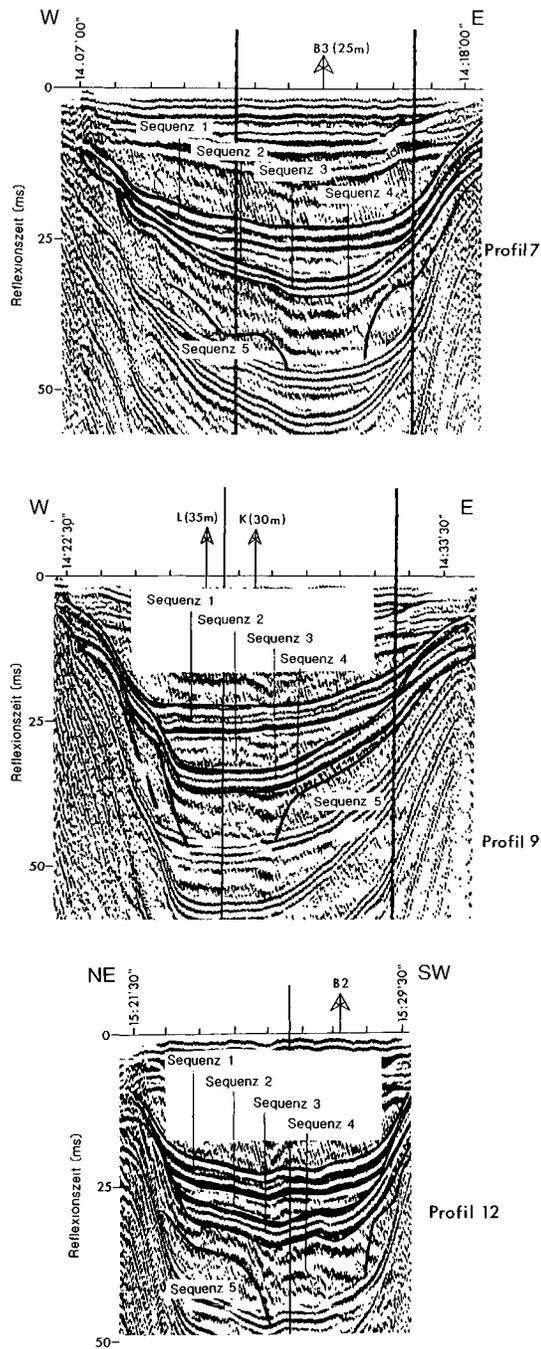


Abb. 3: Profile der Flachwasserseismik im Meerfelder Maar.

stärker humiden Bedingungen zugeschrieben wird. Dieses Resultat wurde gewonnen unter Berücksichtigung der morphologischen und hydrologischen Bedingungen der einzelnen Seen, der künstlich verursachten Seespiegelschwankungen und unter Heranziehung ähnlicher Befunde von RICHARDSON (1969), SARNTHEIN (1978), FRENZEL (1977, 1980), FLOHN (1980) und GIRAUDI (1989).

Abgesehen von diesen Terrassen gibt es an verschiedenen Maaren Einzelterrassen, so am Pulvermaar eine 5 m über dem heutigen Seespiegel befindliche Terrasse, die den Wasserstand vor 1942 reflektiert. Der Seespiegel wurde durch Wasserbombenversuche auf den heutigen Stand erniedrigt. Im Bereich des Meerfelder Maares existiert nach ZOLITSCHKA (1988) eine 2,5 bis 3 m über dem Seespiegel liegende Terrasse, die dem Stand von 1840 entspricht, und zwar vor der Absenkung zur Landgewinnung. Eine zweite Erniedrigung des Wasserstandes kam zwischen 1877 und 1880 zustande und ist durch eine subaquatische Terrasse 3 m unterhalb des heutigen Spiegels repräsentiert, die durch die junge Restauration der Seen (LAWA 1985; SCHARF 1987) rückgängig gemacht wurde.

Die Interpretation höherer Terrassen, wie sie von CIPA (1956) und BRAUER (1988) am Pulvermaar und Meerfelder Maar festgestellt wurden, ist schwierig. Klimatische Wechsel sind wahrscheinlich für einen so extrem hohen Wasserstand nicht verantwortlich zu machen, weshalb an andere hydrologische und morphologische Bedingungen der Seebecken während der frühen Seegeschichte zu denken ist.

Die Interpretation des tiefen Seespiegelstandes 10 bis 12 m unterhalb des heutigen Spiegels zu einer Zeit 18 000-20 000 Jahre v. h. involviert die Aussage, daß alle untersuchten Seen zu dieser Zeit schon existierten, was mit den zu Beginn des Abschnittes gemachten Beobachtungen hinsichtlich der Altersstellung der Maare übereinstimmt.

## 2.2. Vermessung und seismische Tiefensondierung

Aufgrund der Größe und Position der Seen konnten flachseismische Messungen nur im Meerfelder Maar durchgeführt werden. Ziel war es, einen Eindruck über die Lagerungsverhältnisse zu erhalten. SCHLÜTER (1987) berichtet über reflexionsseismische Flachwasseruntersuchungen, die 1986 in Zusammenhang mit bathymetrischen und trigonometrischen Messungen des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz durchgeführt wurden. Deshalb liegen die Ergebnisse in der ersten vermessungsgetreuen Tiefenlinienkarte des Meerfelder Maares vor. Die Profile 7, 9 und 12 (Abb. 3) dienen zur Lokalisierung der neuen 1987 vorgenommenen Tiefbohrungen Meerfelder Maar-A, B, C, um möglichst ungestörte Sequenzen zu erhalten. Sequenz 1 und 2 wurden den holozänen Sedimenten zugeschrieben, Sequenz 3 repräsentiert den Laacher Bimstuff, Sequenz 4 wurde dem darunter folgenden organomineralischen Sediment (Spätglazial-Hochglazial) und Sequenz 5 den wahrscheinlich würmzeitlichen Rutschungen zugeordnet. Diese Interpretation wurde im wesentlichen durch die Sedimente der Bohrungen MFM-A, B, C bestätigt (Abb. 4).

## 3. Die Sedimentfolgen im Meerfelder Maar, Holzmaar, Gemündener Maar, Weinfelder Maar und Schalkenmehrener Maar

Die erbohrten Sedimente der Eifel-Maare sind deutlich gegliedert (NEGENDANK 1989). Die Basis in allen Seen bildet bisher die hochglaziale Silt-/Tonlaminitfolge mit eingeschalteten Turbiditen, wie sie vor allem im Holzmaar, Schalkenmehrener Maar und Meerfelder Maar angetroffen wurde. Eine markante „Basaltische Aschentufflage“ (40-50 cm mächtig) in 38,5 m Tiefe wurde bisher nur im Meerfelder Maar erbohrt (Abb. 4, 5, 6). Der Wechsel Hochglazial zu Spätglazial ist durch den Übergang von minerogenen zu organogenen Sedimenten gekennzeichnet, während der Wechsel Spätglazial zu Holozän durch den Laacher Bimstuff

## SEDIMENTSEQUENZEN DER VERSCHIEDENEN MAARE

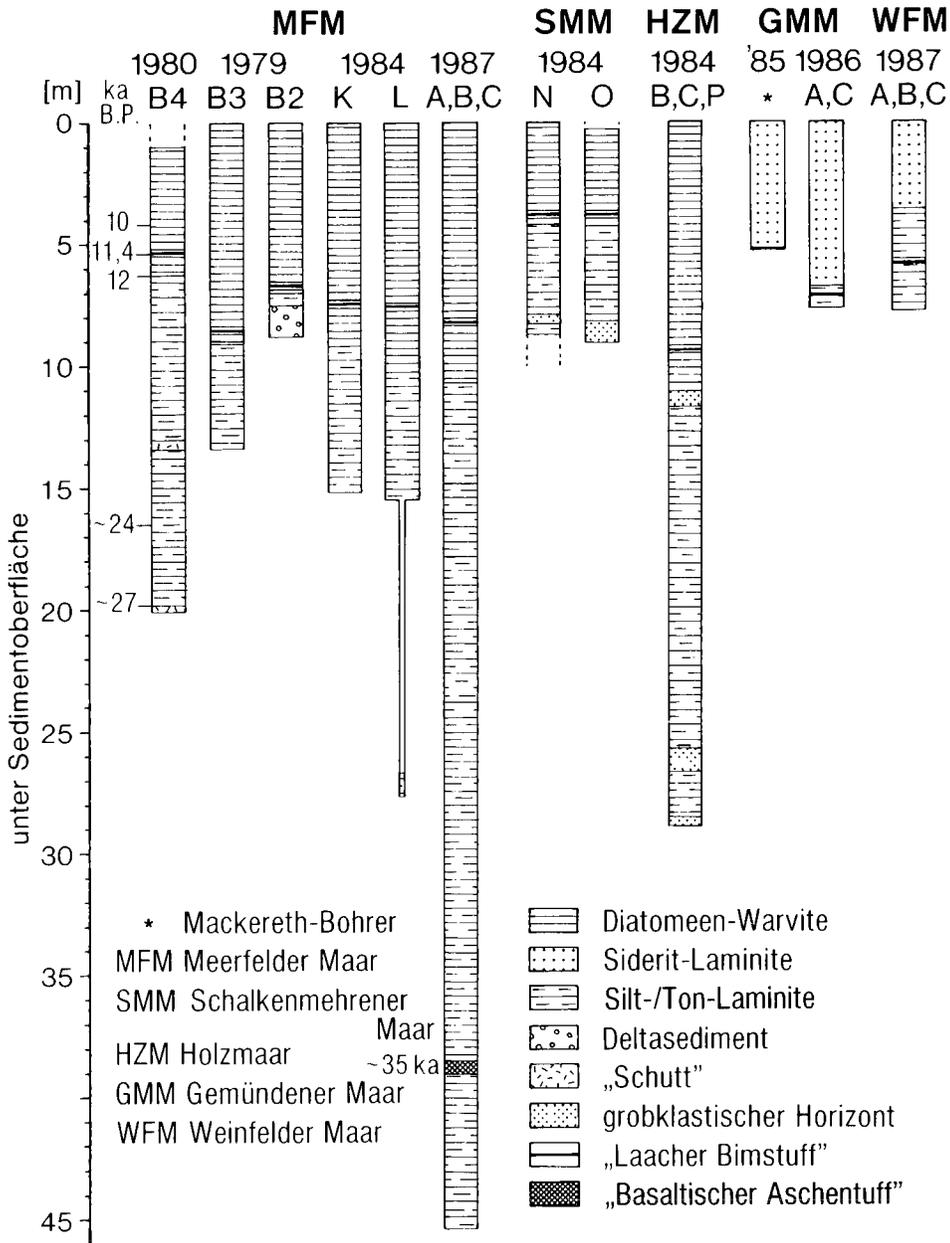


Abb. 4: Die Sedimentfolgen in den Eifelmaaren.

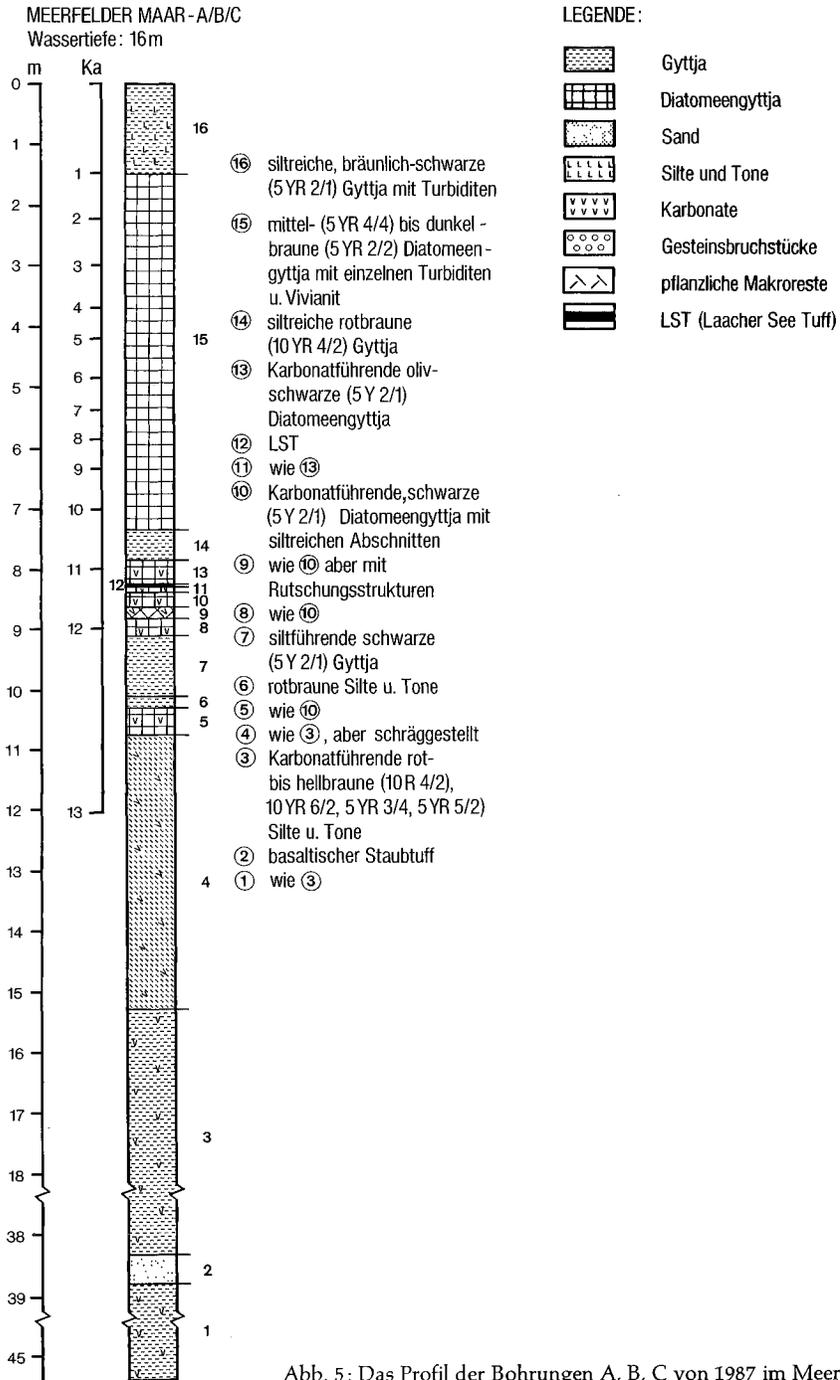


Abb. 5: Das Profil der Bohrungen A, B, C von 1987 im Meerfelder Maar.

(4-8 cm mächtig) markiert wurde. Die spätglazial-holozänen Folgen werden in den eutrophen Seen Meerfelder Maar und Holzmaar von jahreszeitlich geschichteten Diatomeenwarviten gebildet. Sideritlaminite treten im tiefen oligotrophen Gemündener und Weinfelder Maar auf. In diese Sequenzen sind häufig Turbidite eingeschaltet. Zwei tephrochronologische Leithorizonte, der Laacher Bimstuf (LBT) und der Basaltische Aschentuff (bisher nur im Meerfelder Maar), gliedern die Gesamtsequenz.

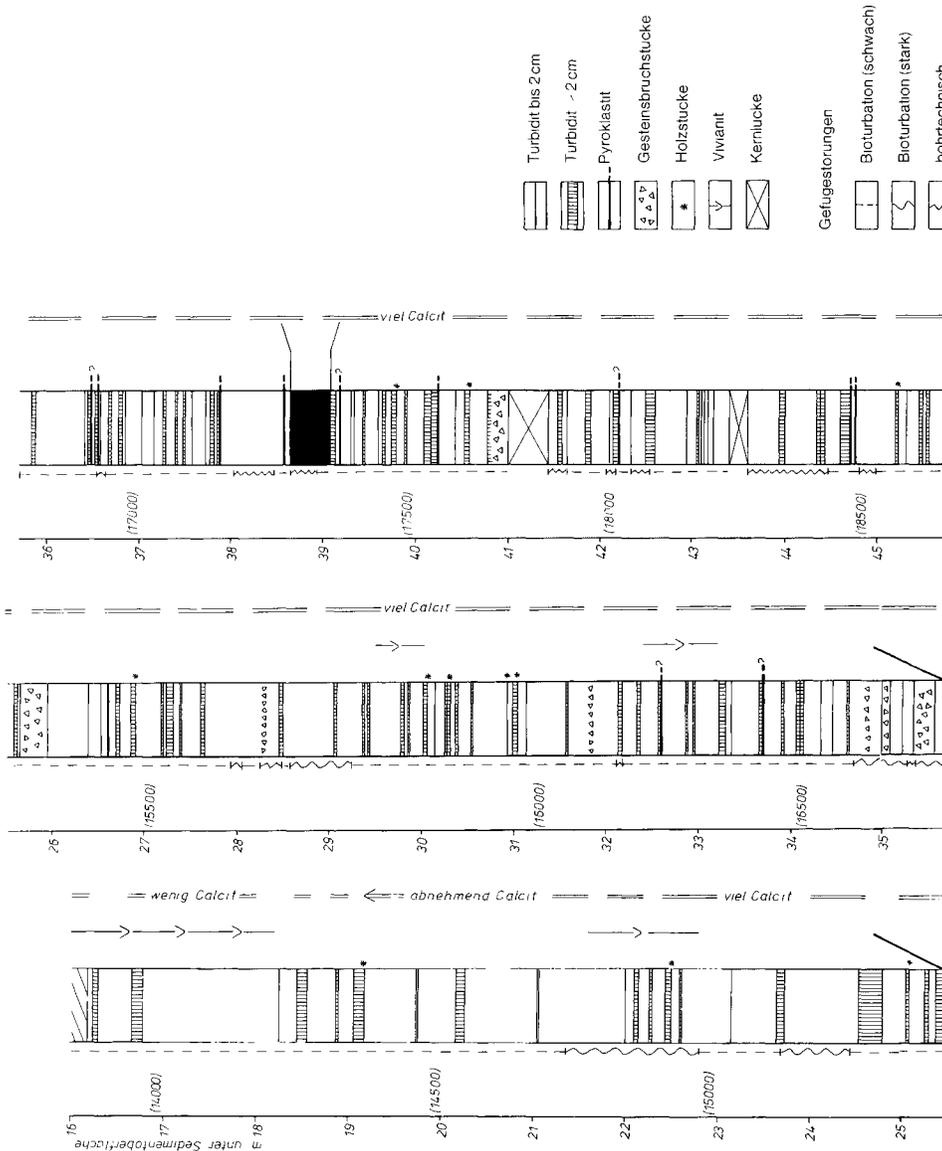


Abb. 6: Die Untergliederung der hochglazialen Folge im Meerfelder Maar.

### 3.1. Hoch- und spätglaziale Folgen

NEGENDANK (1989) berichtet bezüglich der Granulometrie und Mineralogie der Sedimente. Dünnschliff-Untersuchungen der gesamten Abfolge wurden vollständig nur an den Kernen des Meerfelder Maeres durchgeführt, erlauben aber die Aussage, daß die Sequenz im Holzmaar ähnlich aufgebaut ist. Folgende Ergebnisse lassen sich feststellen, die in Zukunft auch für das Holzmaar erwartet werden: Die Sedimente sind überwiegend klastisch und bestehen aus Ton-/Siltlaminiten und Turbiditen mit im unteren Teil eingeschalteten Pyroklastiten und Gesteinsbruchstücklagen (Dropstones). Organische Komponenten sind gering vertreten, Pollen wurden im oberen Profilbereich festgestellt. Vereinzelt Ostracodenschalen und Holzstücke wurden meist in Basislagen von Turbiditen beobachtet (häufig zwischen 30 und 31 m Tiefe, BRAUER 1989). Vivianit ist als diagenetische Bildung in einzelnen Zonen mit zum Liegenden abnehmender Tendenz (Abb. 6) vorhanden. Calcit nimmt im Profil nach oben ab. BRAUER (1989) nimmt an, daß der Calcit im wesentlichen äolisch in den See gelangt ist, da nur wenige authigene Calcitkristalle beobachtet werden konnten. Die Korngröße des Calcits schwankt zwischen Mittel- und Grobsilt.

Die Ton-/Siltlaminite waren Anlaß zu genauerer Untersuchung, da die Vermutung bestand, daß es sich um jahreszeitliche Lagen handeln könnte. Es wurden einschließlich der noch zu besprechenden Turbidite 4789 Lagenpaare gezählt und diese Ziffern in Abb. 6 eingetragen. Ihre Genese konnte nicht geklärt werden; deshalb ist sowohl eine vom jahreszeitlichen Rhythmus unabhängige Ereignisstratigraphie (LAMBERT & Hsü 1979) als auch eine jahreszeitlich bedingte Schichtung möglich. Würde man letztere Interpretation annehmen, dann ergäben die in Abb. 6 eingetragenen Zahlen die Jahresangaben. Der 40 bis 50 cm mächtige Basaltische

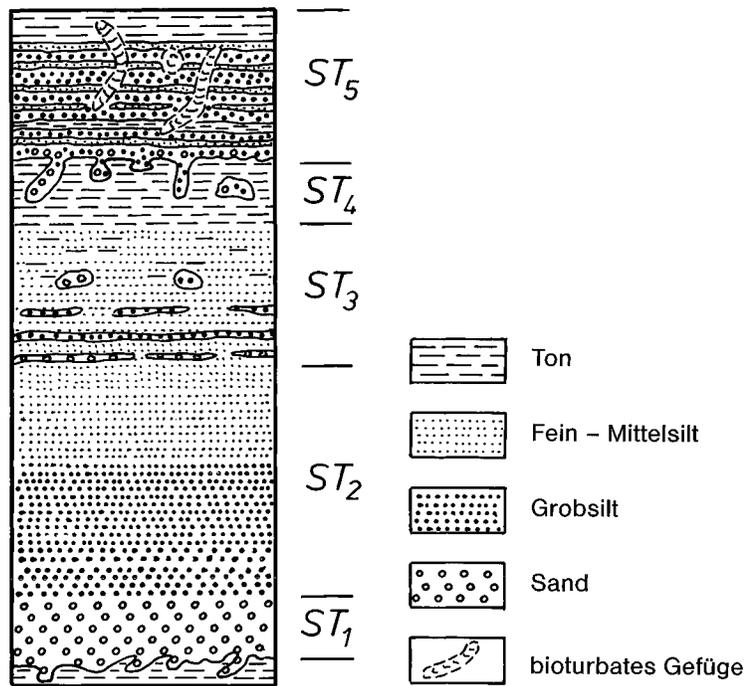


Abb. 7: Aufbau eines „idealen“ Turbidites.

Aschentuff hätte dann ein Alter von 17400 Jahren v. h., angehängt an die von ZOLITSCHKA (1988) vorgenommene Warvenstratigraphie für die holozän-spätglazialen Folgen im Meerfelder Maar.

Die Turbidite (NEGENDANK 1989) bestehen zum überwiegenden Teil aus Sand, Silt und Ton. Es wurden 146 Turbidite (BRAUER 1989) mit einer Gesamtmächtigkeit von 435 cm festgestellt. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen < 1 cm und 26 cm. Abb. 7 zeigt den Aufbau eines mittleren „idealen“ Turbidites aus dem Meerfelder Maar. Die Zeichnung wurde von BRAUER (1989) in Anlehnung an Turbidite anderer Faziesbereiche entworfen (BOUMA 1962, STOW & SHANMUGAM 1980). Die einzelnen Turbidite sind unterschiedlich aufgebaut; so fehlen häufig ST4 und ST5, während ST2 und ST3 fast immer ausgebildet sind. ST4 und ST5 treten bei mächtigeren Turbiditen auf, während das Vorhandensein der Basissandlage ST1 nicht mit der Mächtigkeit in Zusammenhang zu stehen scheint. An der Basis ST1 (Sandlage, z. T. auch Kies) treten „flame structures“ auf. Dort findet man häufig Gesteinsbruchstücke und kleinere Holzstücke. Charakteristisch in ST3 sind Intraklasten, die auch in ST4-Ton auftreten mit deutlichem „convolute bedding“. In ST5 tritt gehäuft bioturbates Gefüge auf (Abb. 8). Der Wechsel von vollständig aufgebauten und gekappten Turbiditen beruht auf unterschiedlichen grundberührenden und nicht grundberührenden Trübeströmen, wie sie von STURM & MATTER (1972) beschrieben wurden.

In Abb. 6 erkennt man den markanten „Basaltischen Aschentuff“, der von NEGENDANK (1989) eingehend beschrieben wurde, sowie mehrere mm-starke sichere und unsichere Tufflagen im unteren Teil des Profils. Gesteinsbruchstücklagen (Dropstonelagen) weisen auf einen zugefrorenen See hin (Abb. 6). Sie sind jedoch für die anzunehmende klimatische Situation des

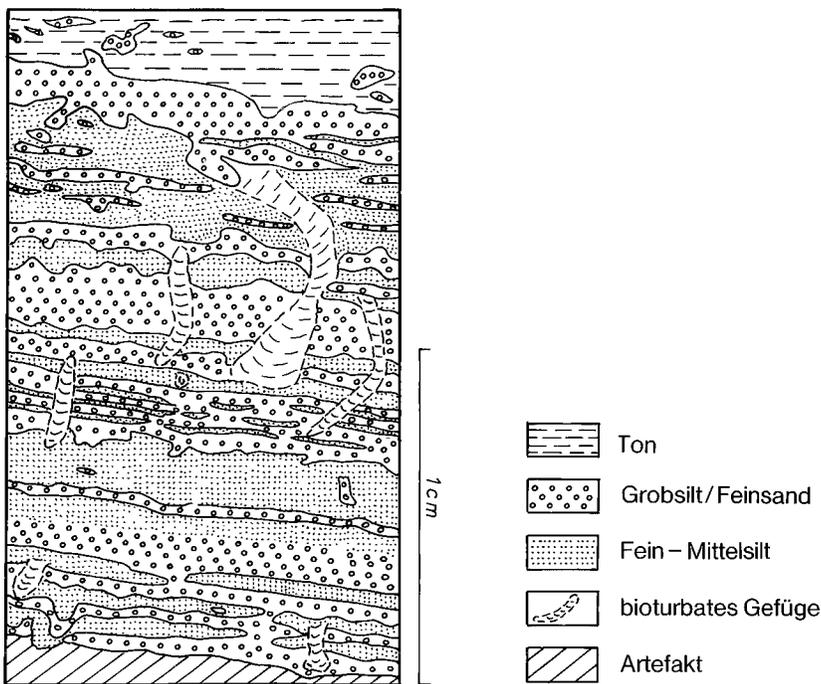


Abb. 8: Gefügestrukturen in Einheit ST5 eines Turbidites.



Abb. 9. Bioturbation (Meerfelder Maar, 24,85 m Teufe, 4,5 Einheiten der oberen Skala entsprechen 1 cm).

Sees während des Hochglazials ausgesprochen selten anzutreffen. Das kann auch an der Lage der Bohrung im Profundalbereich des Sees liegen, da in mehr randlichen Bereichen selbst im Holozän solche Lagen auftreten und zum Zentrum hin auskeilen (NEGENDANK 1989). Im Profil wurden von BRAUER (1989) auch Gefügestörungen vermerkt, einmal die schon beschriebenen bioturbaten Gefüge (Abb. 9) sowie die durch bohrtechnische Abläufe verursachten Scherungen, welche durch Kompressionen vertikal zur Schichtung hervorgerufen wurden (CARSON & BERGLUND 1986).

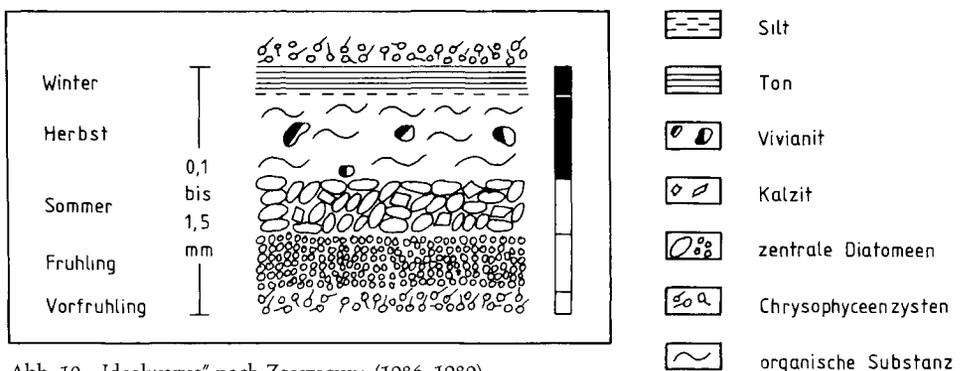


Abb. 10: „Idealwarve“ nach ZOLITSCHKA (1986, 1989).

### 3.2. Spätglazial-holozäne Folge

Diese jungen Sedimente sind leicht zu erbohren und sind in allen Seen erfaßt worden (Abb. 4). Es handelt sich je nach Trophie der Seen um Sideritlaminite (Gemündener Maar, Weinfelder Maar, beide oligotroph) und jahreszeitlich geschichtete Diatomeenwarvite (Meerfelder Maar, Holzmaar, Schalkenmehrener Maar, alle eutroph). ZOLITSCHKA (1989 a, b) hat diese Diatomeenwarvite beschrieben und ihren jahreszeitlichen Charakter belegt (Abb. 10).

Zur Entwicklung der Stratigraphie wurden die Bohrungen in allen Maarseen im Profundalbereich abgeteuft, da hier kaum Bioturbationen zu beobachten waren. Dieses Vorgehen hat sich als richtig erwiesen, da die über den gesamten See des Meerfelder Maares vorgenommenen Bohrungen bioturbate Schichtzerstörungen im randlichen ganzjährig aeroben (oxischen) Bereich aufweisen.

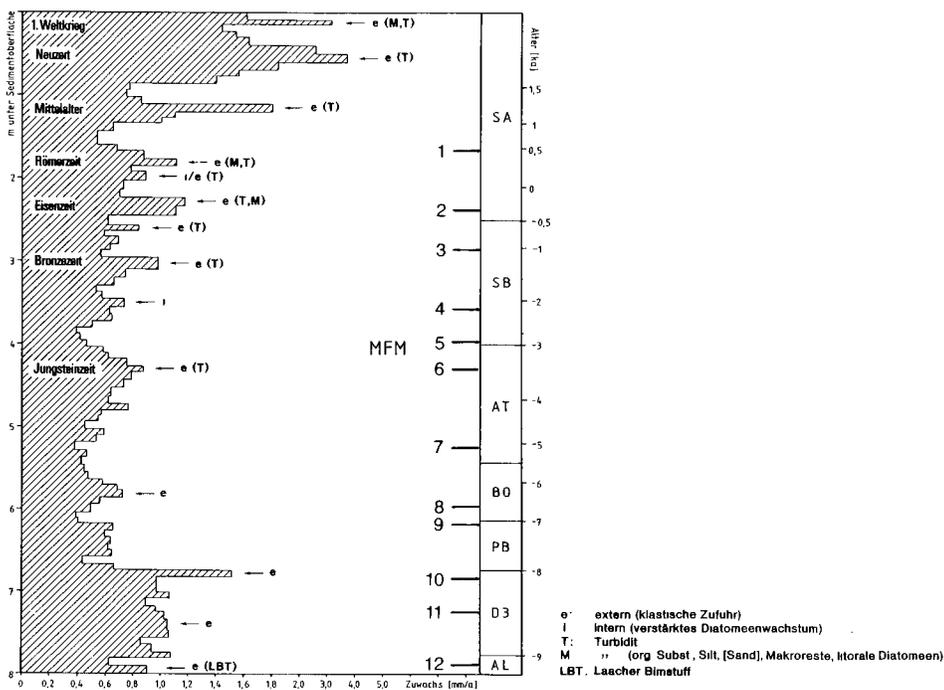


Abb. 11: Sedimentzuwachsdiagramm des Meerfelder Maars.

#### 3.2.1. Die Diatomeengyttjenfolgen im Meerfelder Maar und Holzmaar

ZOLITSCHKA (1986, 1988, 1989 a, b) und ZOLITSCHKA & NEGENDANK (1987, 1988, 1989) haben über den Aufbau der Folgen und den Erfolg der Warvenstratigraphie berichtet (Abb. 5 u. 13).

Ergebnis sind die beiden Sedimentzuwachsdiagramme für das Meerfelder Maar und Holzmaar (ZOLITSCHKA 1989 a) (Abb. 11 u. 12). In Abb. 11 sind zusätzlich 12 Korrelationshorizonte nach der Skala von ZOLITSCHKA (1989 a) eingetragen und datiert.

Korrelationshorizont	Alter in Jahren vor heute
1	1 600
2	2 400
3	3 100
4	4 300
5	5 000
6	5 400
7	7 100
8	8 500
9	9 100
10	10 100
11	10 500
12	11 200

Diese Korrelationshorizonte wurden von DROHMANN et al. (1988) im Meerfelder Maar in 37 überlappenden Bohrungen (Abb. 14) entdeckt und für die Korrelation der Abfolgen (Abb. 15) genutzt. Damit ist es erstmals möglich, ein genaues Faziesentwicklungsmuster im Meerfelder Maar nachzuzeichnen. Die Korrelationshorizonte sind innerhalb der in Abb. 16 dokumentierten Diatomeengyttja deutlich als ein bis wenige mm-dicke, helle Tonlagen erkennbar.

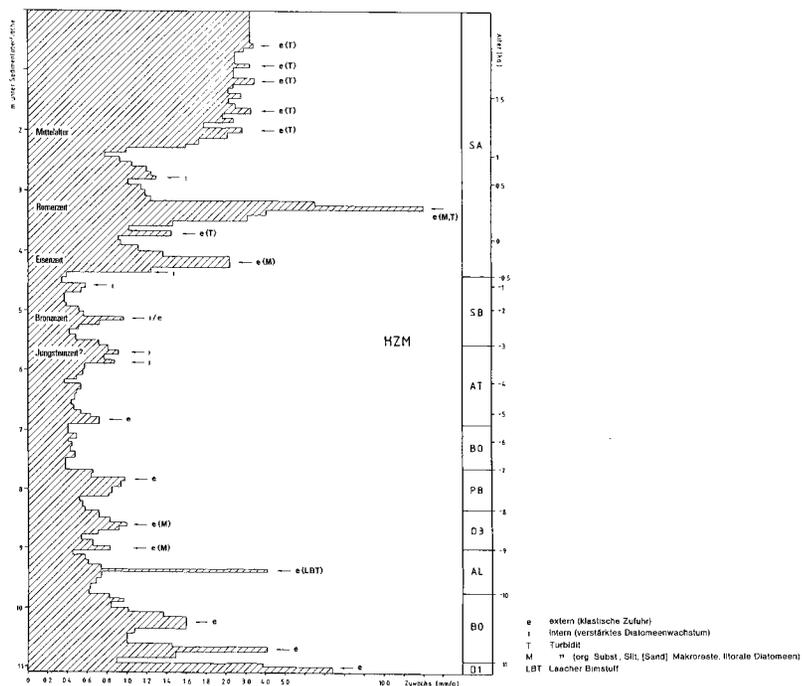


Abb. 12: Sedimentzuwachsdiagramm des Holzmaares.

HOLZMAAR-B/C/D

Wassertiefe: 19 m

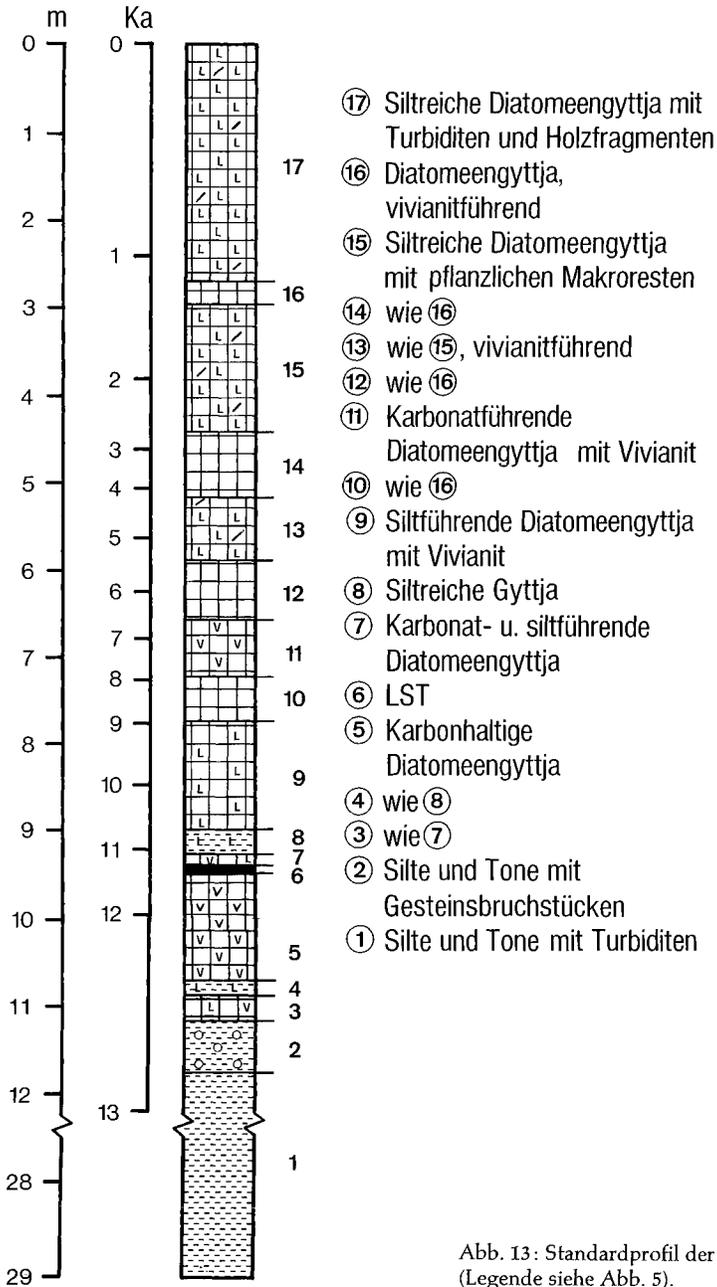


Abb. 13: Standardprofil der Bohrungen im Holzmaar (Legende siehe Abb. 5).

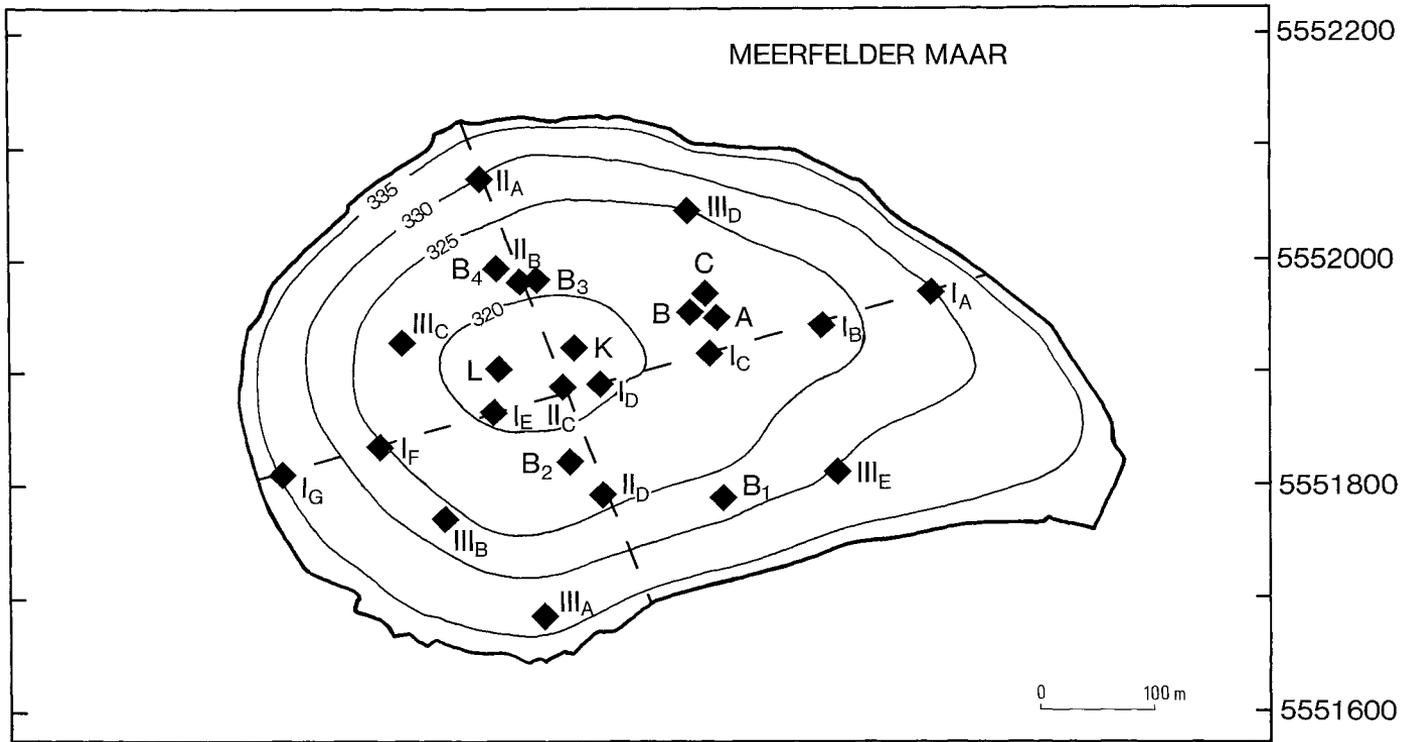


Abb. 14: Lage der Bohrungen im Meerfelder Maar.

## LEGENDE :



bräunlich-schwarze Gytjtja  
(5YR 2/1 bis 5YR 3/2)



dunkelbraune (10YR 2/2) Diatomeengytjtja  
mit hohem Gehalt an organ. Substanz



Diatomeengytjtja, feingeschichtet,  
mit Tonen und Silten



grau bis oliv-schwarze Diatomeengytjtja,  
feingeschichtet (N<sub>2</sub> bis 5Y 2/1)



Tone und Silte



Tonbändchen



markante organische Lage



Vivianit



Turbidit



Sandlage



Fein- und Grobkies



Laacher Bims Tuff (LBT)



Slumping

Abb. 15 a: Legende zu den Profilen im Meerfelder Maar.

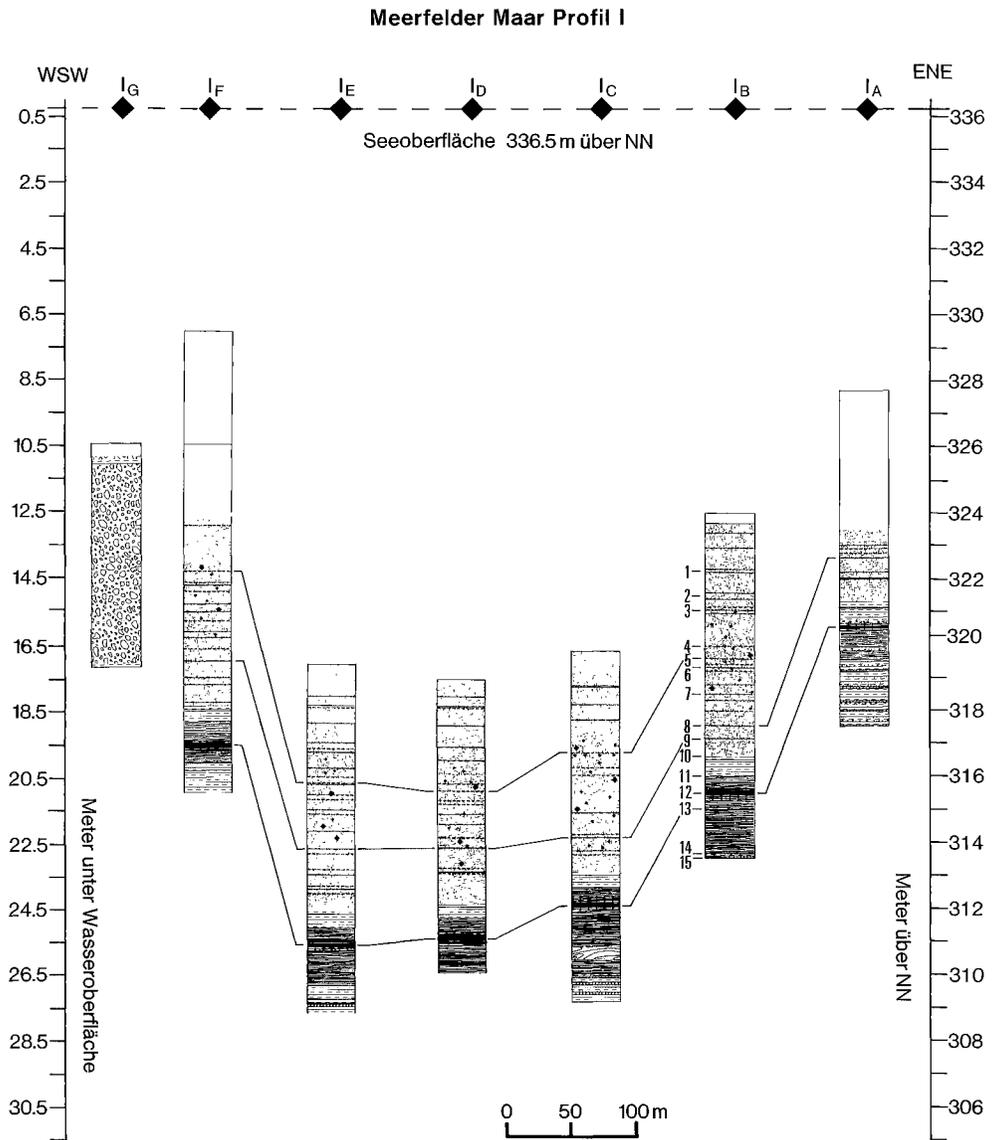
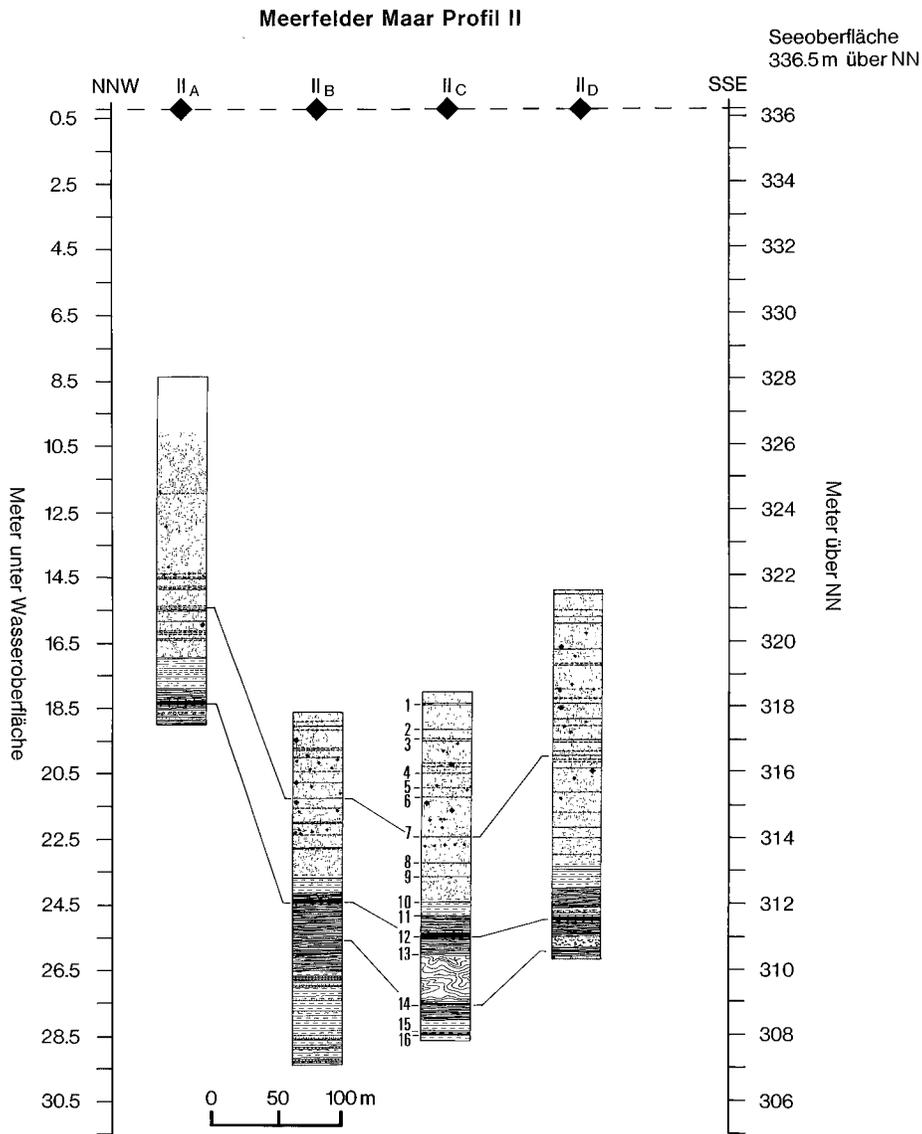


Abb. 15b und c: Charakteristische Profile im Meerfelder Maar (Numerierung s. Abb. 11).



Mit diesen Untersuchungen wurde für Zentraleuropa zum ersten Mal ein Holozänstandardprofil im Holzmaar und Meerfelder Maar erstellt, zugleich ein 13 000 Jahre zurückreichender Kalender. ZOLITSCHKA (1988) hat das genutzt, um die Grenzen der spät- und postglazialen Klima- und Vegetationsstufen warvenchronologisch zu ergänzen. Aufgrund der genauen Datierung und der Erfassung der jährlichen Sedimentzuwachsdaten konnte er Zeitreihenanalysen durchführen. Sie ergaben für einen Abschnitt von 512 einzeln vermessenen Warven an der Grenze Boreal/Atlantikum die in Tab. 1 dargestellten Zyklen. Man erkennt deutlich die gute Übereinstimmung der Daten und damit die exzellente Dokumentation der Auswirkungen der Sonnenfleckenaktivität in den Maaren der Eifel.

Tab. 1: Spektrale Perioden verschiedener Ursachen verglichen mit dem Spektrum der organischen Warven im Holzmaar.

SSI	OPD	HZM	SLL	HVT	LAN	CCI	TRI	PGR
10.2		10	10.2					
12.4	11.9	12	12.4	13.5	11			12.4
	18.6	18		17.3				
21.6	22.2	23	23.3	22	22			22.4
28.1	29.5	29	28.9	28	31			
39.9	40.0	42	40					
56.3	59.6	54	59				55	
	79.4				83	78	83	83
93	93.4	101					97	
		116	118				116	
	178.7	178				181		

SSI: sunspot index, 1780-1980 (SONETT & WILLIAMS 1985)

OPD: orbital periods (FAIRBRIDGE 1983, FAIRBRIDGE & SANDERS 1987)

HZM: Lake Holzmaar organic varves

SLL: Skilak Lake glacial varves (SONETT & WILLIAMS 1985)

HVT: Hudson Valley temperature (THALER 1987)

LAN: variation of sun's torque (LANDSCHEIDT 1987)

CCI: Camp Century ice core,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  data (DANSGAARD et al. 1971)

TRI: stable isotope variations in tree rings (LIBBY 1987)

PGR: Permocarboniferous glacial rhythmites (ERNESTO & PACCA 1981)

Unter zahlreichen Parametern, die bestimmt wurden, soll ein wichtiger, nämlich die  $C_{org}$ -Konzentration, herausgegriffen werden: die Verteilungskurve reflektiert im Meerfelder Maar und im Holzmaar den Gang des Klimas. Vergleicht man die  $C_{org}$ -Konzentration mit der Temperaturkurve von Camp Century, dann ist eine deutliche Übereinstimmung zu erkennen (Abb. 17).

### 3.2.2. Die Sideritlaminitfolgen im Gemündener und Weinfelder Maar

Die Sedimentfolgen in diesen tiefen und noch heute oligotrophen Seen sind unterschiedlich aufgebaut (Abb. 18 u. 19). Nach BRAUER (1988) sowie BRAUER & NEGENDANK (1989) besteht die Abfolge aus klastischen, feinkörnigen Sedimenten, unterteilt in zwei lithologische Einheiten, die das Holozän und Spätglazial repräsentieren. Die braune, obere 360 cm mächtige Sequenz (Abb. 19) mit einem höheren Anteil an organischer Substanz enthält Sideritlaminiten und

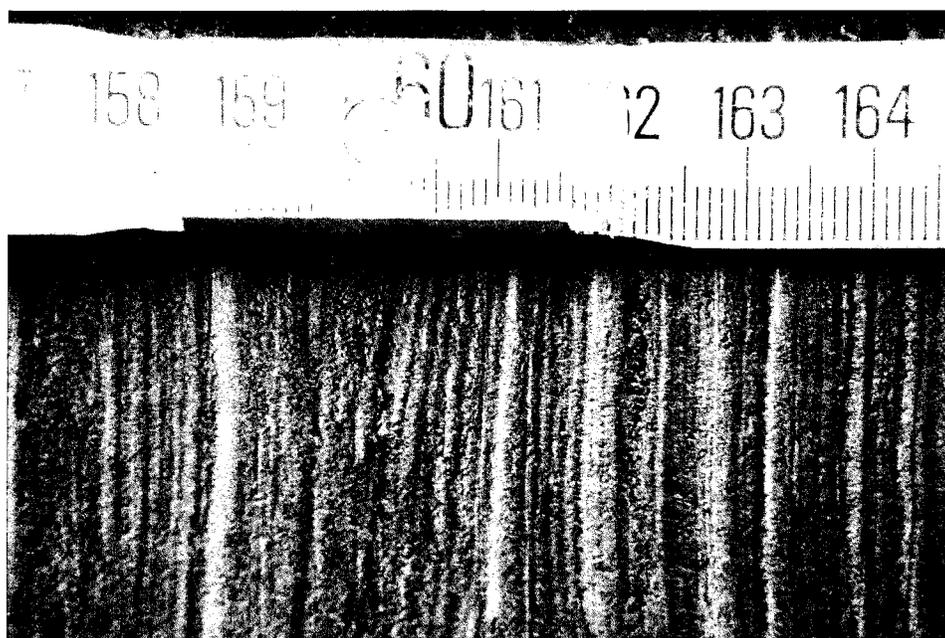


Abb. 16: Fotografie der Warven in einem Profil der Meerfelder Maar-Folge.

Vivianit. Der Laacher Bimstuf erscheint als eine distinkte Isochrone in der unteren minerogenen Sequenz. Die Zählung der Sideritlaminite und eine Abschätzung der Sedimentzuwachsrate in sideritfreien Abschnitten ergibt bis zur Referenzlage des Laacher Bimstufes das erwartete Alter und läßt vermuten, daß es sich bei den Sideritlaminaten um jahreszeitliche Ausscheidungen an der Grenze Sediment/Wasser handelt. Die graue, untere Sequenz (Abb. 19) wird durch grobkörniges, detritisches Material dominiert, das durch subaquatische Rutschungen in die Tiefe des Sees gelangt ist.

Demgegenüber ist die Abfolge im Gemündener Maar (BRAUER & ZOLITSCHKA 1989) komplexer strukturiert. Die feinlaminierten Ablagerungen zeigen wie im Weinfelder Maar Anzeichen eines jährlichen Zyklus mit Ausnahme eines kurzen Abschnittes zwischen 350 und 300 cm Sedimenttiefe. Zu diesem Zeitpunkt folgt Siderit den Lagen planktonischer Diatomeen. Sideritlagen reichen bis zur Sedimentoberfläche. Die obersten Laminaten sind an den Top von Turbiditen gebunden, ähnlich wie das für das Weinfelder Maar beobachtet wurde. Diese Turbidite werden menschlichen Aktivitäten zugeschrieben. Durch Auszählung aller Lagen bis zum Laacher Bimstuf und Abschätzung der Sedimentzuwachsrate in homogenen Abschnitten wurden 11 000 Laminaten erreicht. Daher kann auch für das Gemündener Maar eine im jahreszeitlichen Rhythmus erfolgende Sideritgenese als wahrscheinlich angenommen werden.

BRAUER & ZOLITSCHKA (1989) interpretieren die Sideritbildung auf zweierlei Weise. Für die jüngere Zeit nehmen sie an, daß ihre Bildung meist am Top von Turbiditen dadurch zustandekommt, daß die Turbidite u. a. hohe organische Anteile mitbringen, so daß der Sauerstoff am Seeboden aufgebraucht wird, damit das Milieu für kurze Zeit anoxisch wird und Siderit ausfällt. Die Sideritbildung während des Wechsels vom Spätglazial zum Holozän ist ein Indikator für eine schwache natürliche Eutrophierung (Mesotrophie) durch die Erwärmung des Klimas.

Sie hört auf, wenn der voll-eutrophe Zustand erreicht wird (Holzmaar, Meerfelder Maar). Diese klimabedingte Entwicklung hat in den tiefen, oligotrophen Seen nicht zur Sideritfällung geführt, wie man im Gemündener Maar und Weinfelder Maar beobachten kann. Vielmehr setzt dort die Sideritgenese erst zur Zeit des Klimaoptimums im Atlantikum ein, als auch in diesen Seen kurzfristig mesotrophe Verhältnisse vorherrschten, nachweisbar durch Lagen planktischer Diatomeen.

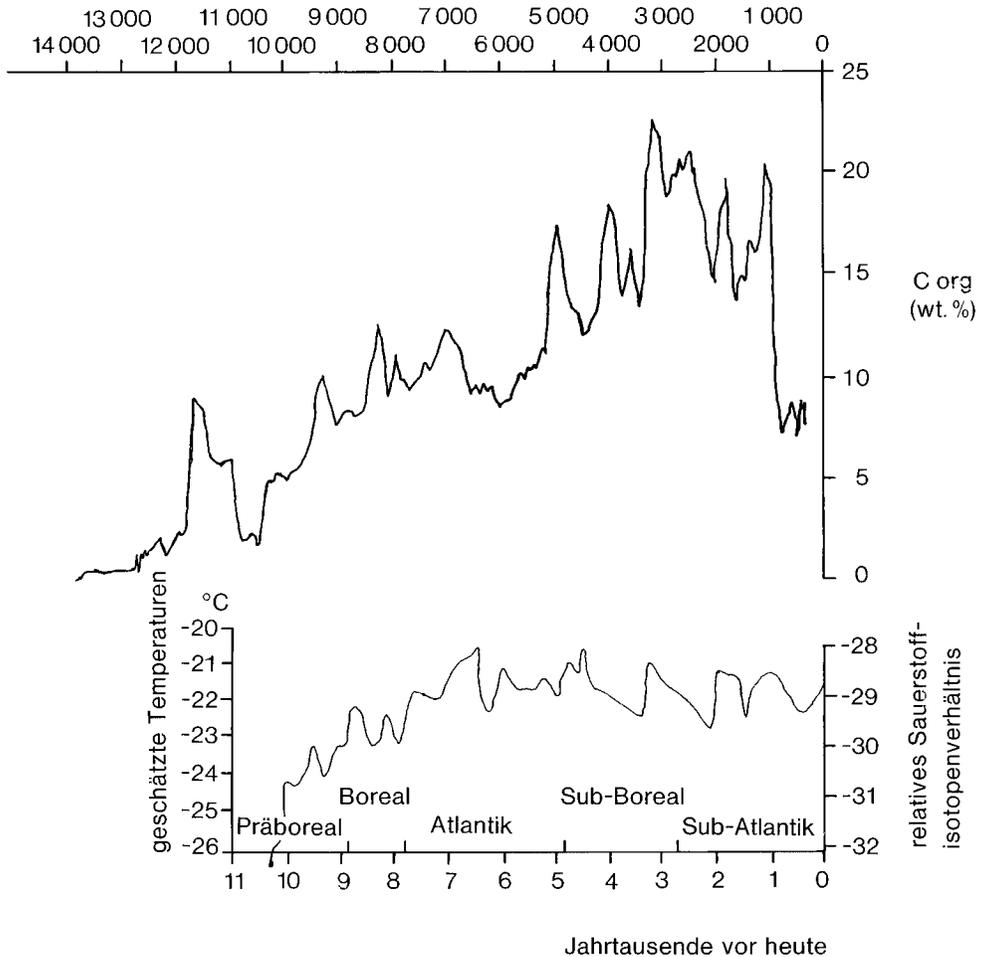


Abb. 17: C<sub>org</sub>-Kurven vom Meerfelder Maar und Vergleich mit der Kurve von Camp Century (DANSGAARD et al. 1971).

GEMÜDENER MAAR - A/B/C  
Wassertiefe: 38 m

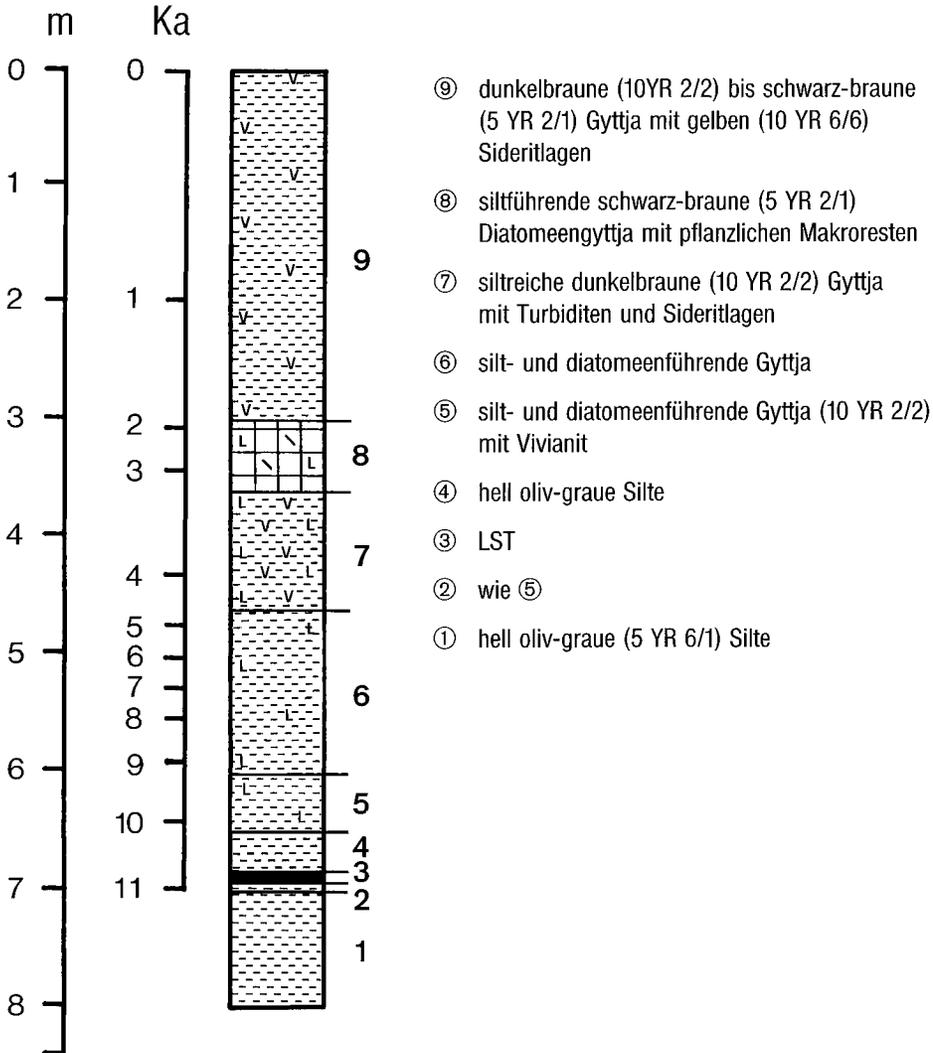


Abb. 18: Profil der Bohrungen von 1986 im Gemündener Maar (Legende siehe Abb. 5).

**4. Datierung der Sedimente**

ZOLITSCHKA (1986, 1988, 1989 a, b) konnte nachweisen, daß die Diatomeengyttjen jahreszeitlich geschichtet sind, somit spät- und postglaziale organische Warven darstellen. BRAUER (1988), BRAUER & NEGENDANK (1989) sowie BRAUER & ZOLITSCHKA (1989 a, b) konnten den indirekten Beweis führen, daß die Abzählung der Sideritlaminiten das erwartete Alter bis zum

WEINFELDER MAAR - A/B  
Wassertiefe: 51m

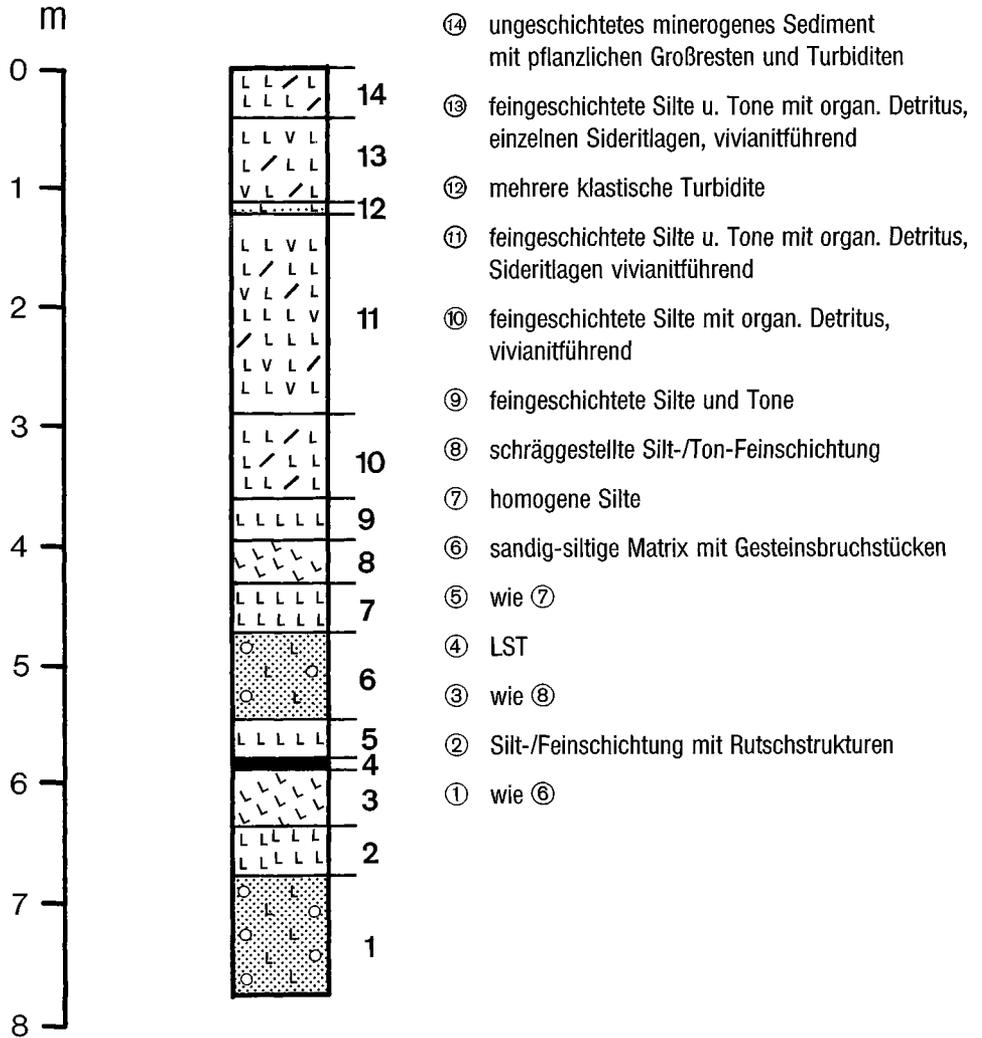


Abb. 19: Standardprofil Weinfelder Maar (Legende siehe Abb. 5).

Laacher Bimstuff ergab. Sideritlagen stellen somit jahreszeitliche Bildungen an der Sediment-/Wassergrenze unter besonderen Bedingungen dar. Für die älteren, minerogenen Sedimente versagt diese Methode. Deshalb ist es unsere Absicht, die Zeitskala für das Hochglazial in südlich der Alpen gelegenen Seen fortzuführen. Die dort zu erbohrenden Sedimentsequenzen könnten, bedingt durch das dort wärmere Klima im Hochglazial, organische Warven enthalten.

Der Versuch, die Ton-/Siltlaminiten der hochglazialen Serien als „periglaziale Warven“ zu interpretieren, führt zu dem Ergebnis, daß das gesamte 45 m Profil (Meerfelder Maar) lediglich 18 500 Jahre repräsentiert, ein Alter, das mit anderen Ergebnissen, z. B. der Paläomagnetik, nicht übereinstimmt. Da der jahreszeitliche Charakter nicht nachgewiesen werden kann, muß auch an eine Ereignisstratigraphie gedacht werden. Aufgrund von Thermolumineszenz-Datierungen (VELDE 1988) ergibt sich für die Sedimente unterhalb des „Basaltischen Aschentuffs“ ein Mindestalter von 25 000 Jahren. An dem 13 000 Jahre alten Standardprofil werden Pollenanalyse (USINGER & WOLF 1988) und Paläosäkularvariationskurven (HAVERKAMP 1988) kalibriert.

Ein wichtiges Hilfsmittel bei der Kontrolle der Zählung der jahreszeitlichen Diatomeen-Warven und der Sideritlaminiten stellt der Laacher Bimstuff (LBT) dar, der von ERLKENKUSER et. al. (1970) mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode datiert wurde. Damit ist ein zweites, wichtiges Instrument der zeitlichen Datierung durch Tephralagen angesprochen. Diese sind bedeutende Marker in den Sedimentfolgen, ihre Alter sind aber nur über die  $^{14}\text{C}$ -Methode bestimmbar, da sie zu jung für andere Methoden sind. Deshalb steht das Alter des „Basaltischen Aschentuffs“ und der geringmächtigen Vor- und Nachläufer noch aus. Generell ist jedoch die Gesamtabfolge durch die beiden Tephrahorizonte deutlich untergliedert und sollte in allen Seen anzutreffen sein (NEGENDANK 1989). Der Basaltische Aschentuff wird einmal auf 35 ka, mit Hilfe der Warven-/Ereignisstratigraphie auf etwa 18 ka geschätzt.

### Schriften

- BOUMA, A. (1962): *Sedimentology of some Flysch deposits*. 168 S., Amsterdam.
- BRAUER, A. (1988): Versuch einer Erfassung alter Seespiegelstände an ausgesuchten Eifelmaaren und mikrostratigraphische Untersuchungen an Sedimenten des Weinfelder Maares. Diplomarbeit, 117 S., 41 Abb., Trier. – [unveröff.].
- BRAUER, A. (1989): Aufbau der Sedimente und Mikrostrukturen im Sedimentgefüge (Ergebnisse der Dünnschliffauswertung der Meerfelder Maar Tiefbohrung MFM-A/B). EG-Projekt-Bericht, Trier. – [unveröff.].
- BRAUER, A. & NEGENDANK, J. F. W. (1989 a): Lake-level changes indicated by lake-level terraces in six maar lakes in the Eifel, FRG. – *Terra abstracts*, **1**, S. 226, Strasbourg.
- (1989 b): Rhythmical siderite laminations in the sediments of the Weinfelder Maar-Lake, Eifel (FRG). – *Terra abstracts*, **1**, S. 222, Strasbourg.
- BRAUER, A. & ZOLITSCHKA, B. (1989): Synsedimentary siderite formation in lake sediments as an indicator for mesotrophic conditions of lacustrine environments. *Abstract Volume, Vth. int. Symp. Paleolimnol.*, S. 14, Ableside, U.K.
- BÜCHEL, G. (1984): Die Maare im Vulkanfeld der Westeifel, ihr geophysikalischer Nachweis, ihr Alter und ihre Beziehung zur Tektonik der Erdkruste. Diss., 385 S., 196 Abb., 18 Tab., Mainz. – [unveröff.].
- BÜCHEL, G. & KRAWCZYK, E. (1986): Zur Genese der Dauner Maare im Vulkanfeld der Westeifel. – *Mainzer Geowiss. Mitt.*, **15**, S. 219-238, 11 Abb., Mainz.
- CARSON, B. & BERGLUND, P. L. (1986): Sediment deformation and dewatering under horizontal compression: experimental results. – *Geol. Soc. Am., Memoirs*, **166**, S. 135-150, 6 Abb., Boulder, Colo.

- CIPA, W. (1956): Der Vulkanismus in der Umgebung des Pulvermaares. – *Decheniana*, **109**, S. 53-57, 5 Abb., 1 Kt., Bonn.
- DANSGAARD, W. & JOHNSON, S. J. & CLAUSEN, H. B. & LANGWAY, C. C. (1971): Climatic record revealed by the Camp Century ice core. – In: TUREKIAN, K. (ed): *The late Cenozoic glacial ages*. S. 37-56, 9 Abb., 1 Tab., Hartford, Conn.
- DROHMANN, D. & POTH, D. & SEUL, CH. & WEGNER, F. & NEGENDANK, J. F. W. (1989): Sedimentology of Meerfeld Maar lake sediments (Westefel, FRG). – *Terra abstracts*, **1**, S. 226, Strasbourg.
- ERLENKEUSER, H. & STRAKA, H. & WILLKOMM, H. (1970): Neue C14-Datierungen zum Alter der Eifel-Maare. – *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **21**, S. 177-181, 1 Abb., Öhringen/Württ.
- ERNESTO, M. & PACCA, I. G. (1981): Spectral analysis of Permocarboriferous geomagnetic variation data from glacial rhythmites. – *Geophys. J. roy. astronimical Soc.*, **1981**, S. 641-647, 3 Abb., 3 Tab., Oxford.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1983): The Pleistocene-Holocene boundary. – *Quaternary Sci. Rev.*, **1**, S. 215-244, 10 Abb., Oxford.
- FAIRBRIDGE, R. W. & SANDERS, J. E. (1987): The sun's orbit, A. D. 750-2050: basis for new perspectives on planetary dynamics and earth-moon linkage. – In: RAMPINO, M. R. & SANDERS, J. E. & NEWMAN, W. S. & KÖNIGSSON, L. K. (eds.): *Climate-history, periodicity and predictability*. S. 446-471, 6 Abb., 2 Tab., New York, N. Y.
- FLOHN, H. (1980): Modelle der Klimaentwicklung im 21. Jahrhundert. – In: OESCHGER, H. & MESSERLI, B. & SVILAR, M. (Hrsg.): *Das Klima*. S. 3-17, 5 Abb., Berlin, Heidelberg, New York.
- FRENZEL, B. (Hrsg.) (1977): *Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa*. 330 S., Wiesbaden.
- (1980): Das Klima der letzten Eiszeit in Europa. – In: OESCHGER, H. & MESSERLI, B. & SVILAR, M. (Hrsg.): *Das Klima*. S. 45-63, 1 Abb., Berlin, Heidelberg, New York.
- GIRAUDI, C. (1989): Lake levels and climate for the last 30 000 years in the Fucino area (Abruzzo – Central Italy). A review. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **70**, S. 249-260, 5 Abb., Amsterdam.
- HANSEN, R. B. & IRION, G. & NEGENDANK, J. F. W. (1980): Geochemische und sedimentologische Untersuchungen an Sedimentkernen aus dem Meerfelder Maar (Eifel). – *Senckenbergiana maritima*, **12**, S. 269-280, Frankfurt a. M.
- HAVERKAMP, B. (1988): Arbeitsbericht: Paläomagnetische Untersuchungen. DFG-Bericht, 23 S., Trier. – [unveröff.]
- IRION, G. & NEGENDANK, J. F. W. (Hrsg.) (1984): *Das Meerfelder Maar. Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte eines Eifelmaares*. – *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, **65**, 101 S., Frankfurt a. M.
- LAMBERT, A. & HSÜ, K. J. (1979): Non-annual cycles of varve-like sedimentation in Walensee, Switzerland. – *Sedimentology*, **26**, S. 453-461, 4 Abb., Oxford.
- LANDSCHEIDT, T. (1987): Long-range forecasts of solar cycles and climate change. – In: RAMPINO, M. R. & SANDERS, J. E. & NEWMAN, W. S. & KÖNIGSSON, L. K. (eds.): *Climate history, periodicity and predictability*. S. 421-445, 16 Abb., New York, N. Y.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (Hrsg.) (1985): *Seen in der Bundesrepublik Deutschland*. 190 S., München.
- LIBBY, L. M. (1987): Evolution of historic climate and prediction of near-future climate from stable-isotope variations in tree rings. – In: RAMPINO, M. R. & SANDERS, J. E. & NEWMAN, W. S. & KÖNIGSSON, L. K. (eds.): *Climate history, periodicity and predictability*. S. 81-89, 1 Abb., 1 Tab., New York, N. Y.
- MERKT, J. & STREIF, H. J. (1970): Stechrohr-Bohrgeräte für limnische und marine Locker-sedimente. – *Geol. Jb.*, **88**, S. 137-148, 5 Abb., Hannover.

- MEYER, W. (1989): Geologie der Eifel. 614 S., 13 Tab., (Schweizerbart) Stuttgart.
- NEGENDANK, J. F. W. (1983): Trier und Umgebung. Sammlung geol. Führer, **60**, 2. Aufl., 195 S., 29 Abb., 6 Tab., 5 Kt., (Borntraeger) Berlin, Stuttgart.
- (1984): Die Untersuchung der Schwerminerale der Seesedimente des Meerfelder Maares und des „Laacher Bimstuffs“ in den Sedimenten des Meerfelder Maares, des Hinkelmaares und der Hitsche. – In: IRION, G. & NEGENDANK, J. F. W. (Hrsg.): Das Meerfelder Maar. Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte eines Eifelmaares. Cour. Forsch. Inst. Senckenberg, **65**, S. 41-47, Frankfurt a. M.
  - (1988): Zur Geologie der Umgebung von Manderscheid. – In: Vulkaneifel um Manderscheid. Reihe: Die schöne Eifel, 8. Aufl., S. 13-37, 7 Abb., Trier.
  - (1989): Pleistozäne und holozäne Maarsedimente der Eifel. – Z dt. geol. Ges., **140**, S. 13-24, 4 Abb., 4 Tab., Hannover.
- NEGENDANK, J. F. W. & IRION, G. & LINDEN, J. (1982): Ein eozänes Maar bei Eckfeld nordöstlich Manderscheid (SW-Eifel). – Mainzer geowiss. Mitt., **11**, S. 157-172, 12 Abb., 2 Tab., Mainz.
- NEGENDANK, J. F. W. & BÜCHEL, G. & HANSEN, R. B. & HOFMANN, W. & IRION, G. & HAVERKAMP, B. & LORENZ, V. & SCHARF, B. & SONNE, V. & USINGER, H. & WEILER, H. (1985): The Meerfeld Maar deposits. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeol., **21**, S. 67-70, Innsbruck.
- RICHARDSON, J. L. (1969): Former lake-level fluctuations. Their recognition and interpretation. – Commun. intern. Ass. of theor. and applied Limnology, **17**, S. 78-93, 5 Abb., Stuttgart.
- SARNTHEIN, M. (1978): Sand deserts during glacial maximum and climatic optimum. – Nature, **272**, S. 43-46, 2 Abb., London.
- SCHARF, B. W. (1987): Limnologische Beschreibung, Nutzung und Unterhaltung von Eifelmaaren. (Hrsg. Ministerium für Umwelt und Gesundheit von Rheinland-Pfalz), 117 S., 56 Abb., 9 Tab., Mainz.
- SCHLÜTER, H. U. (1987): Bericht über reflexionsseismische Flachwassermessungen im Meerfelder Maar, Eifel. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 15 S., 9 Abb., Hannover.
- SONETT, C. P. & WILLIAMS, G. E. (1985): Solar periodicities expressed in varves from glacial Skilak Lake, southern Alaska. – J. geophys. Res., **90**, S. 12019-12026, Washington, D.C.
- STEININGER, J. (1821): Neue Beiträge zur Geschichte der Rheinischen Vulkane. 116 S., (Kupferberg) Mainz.
- STOW, D. A. V. & SHANMUGAM, G. (1980): Sequence of structures in fine-grained turbidites: comparison of recent deep-sea and ancient flysch sediments. – Sedimentary Geology, **25**, S. 23-42, 7 Abb., 1 Tab., Amsterdam.
- STRAKA, H. (1975): Die spätquartäre Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. – Beitr. z. Landespflege in Rheinland-Pfalz, Beih., **3**, S. 1-163, 25 Abb., 4 Tab., Oppenheim.
- STURM, M. & MATTER, A. (1972): Sedimente und Sedimentationsvorgänge im Thunersee. – Eclogae Geol. Helv., **65**, S. 563-590, 10 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Basel.
- THALER, J. S. (1987): Hudson Valley reconstructed temperature data sets: history and spectral analysis. – In: RAMPINO, M. R. & SANDERS, J. E. & NEWMAN, W. S. & KÖNIGSSON, L. K. (eds.): Climate history, periodicity and predictability. S. 70-77, 8 Abb., 1 Tab., New York.
- USINGER, H. & WOLF, A. (1988): Bericht zum DFG-Projekt. DFG-Bericht, 9 S., Trier. – [unveröff.].
- VELDE, C. (1988): Thermolumineszenzbestimmungen an Seesedimenten der Eifelmaare. Diplomarbeit, 70 S., 44 Abb., Trier. – [unveröff.].
- ZOLITSCHKA, B. (1986): Warvenchronologie des Meerfelder Maares. Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen spätglazialer und holozäner Seesedimente. Diplomarbeit, 119 S., 14 Tab., 26 Abb., Trier. – [unveröff.].

- (1988): Spätquartäre Sedimentationsgeschichte des Meerfelder Maares (Westeifel). Mikrostratigraphie jahreszeitlich geschichteter Seesedimente. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **38**, S. 87-93, 1 Abb., 1 Tab., Hannover.
- (1989 a): Jahreszeitlich geschichtete Seesedimente aus dem Holzmaar und dem Meerfelder Maar (Westeifel). – Z. dt. geol. Ges., **140**, S. 25-33, 4 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Hannover.
- (1989 b): High precision absolute dating of late Quaternary lacustrine sediments by means of annual laminations. Abstract Volume, Vth. int. Symp. Paleolimnol., S. 117, Ableside, U.K.
- ZOLITSCHKA, B. & NEGENDANK, J. F. W. (1987): Annually laminated lake sediments of the Meerfeld Maar/Eifel (FRG) and their implications on the late Pleistocene and Holocene stratigraphy. – Terra cognita, **7**, S. 220-221, Strasbourg.
- (1988): A 13 000 year record of late-Glacial and Holocene annually laminated lake sediments from Holzmaar, Eifel (West-Germany) as a means for correcting paleomagnetic data. – EOS, **69**, S. 1161, Washington, D.C.
- (1989): Absolute dating of young Quaternary lake sediments of the Westeifel, Germany. – Terra abstracts, **1**, S. 222-223, Strasbourg.

Anschriften der Autoren:

Univ.-Prof. Dr. Dipl.-Geologe JÖRG F. W. NEGENDANK, Dipl.-Geograph ACHIM BRAUER,  
Dr. Dipl.-Geograph BERND ZOLITSCHKA, Abteilung Geologie, Fachbereich Geographie/  
Geowissenschaften, Universität Trier, D-5500 Trier.

Manuskript eingegangen am 7. 9. 1989