

 **documenta**  
n a t u r a e | n o . 1 7 2

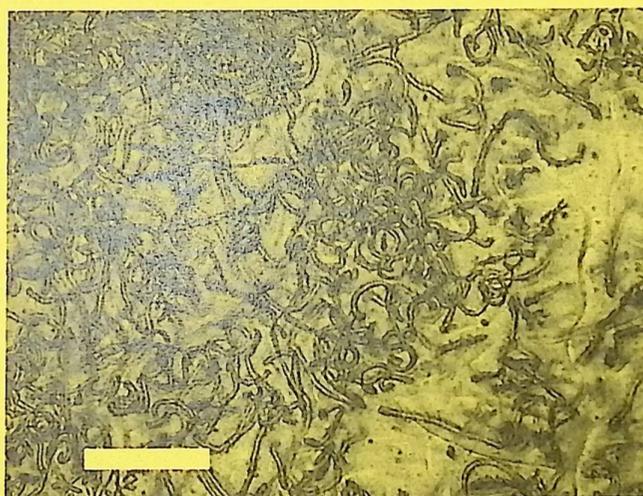
München 2008

**Zur Herkunft der**

**Suevit-Grundmasse des**

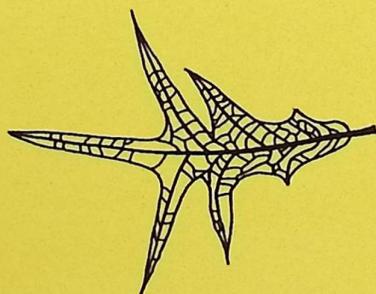
**Ries Impakt-Kraters**

**Johannes Baier**



**Die Lebewelt (Flora und Fauna)  
des Jungtertiärs in  
Süddeutschland  
unter Berücksichtigung der  
Meteoriteneinschläge  
Ries und Steinheim**

**Hans-Joachim Gregor**



# DOCUMENTA NATURAE

Nr. 172

2008

-----  
ISBN-13: 978-3-86544-172-0

ISSN 1433-1705

ISBN-10: 3-86544-172-6

Herausgeber der Zeitschrift Documenta naturae im  
Verlag (Publishing House) Documenta naturae - München (Munich)

Dr. Hans-Joachim Gregor, Daxerstr. 21, D-82140 Olching  
Dr. Heinz J. Unger, Nußbaumstraße 13, D-85435 Altenerding

Vertrieb: Dipl.-Ing. Herbert Goslowsky, Joh.-Seb.-Bach-Weg 2, 85238 Petershausen,  
e-mail: goslowsky@documenta-naturae.de

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge mit Themen aus den Gebieten  
Geologie, Paläontologie (Lagerstättenkunde, Paläophytologie, Stratigraphie usw.),  
Botanik, Anthropologie, Domestikationsforschung, Vor- und Frühgeschichte u.a.

Die Zeitschrift ist Mitteilungsorgan der Paläobotanisch-Biostratigraphischen Arbeitsgruppe  
(PBA) im Heimatmuseum Günzburg und im Naturmuseum, Im Thäle 3,  
D-86152 Augsburg

Die Sonderbände behandeln unterschiedliche Themen aus den Gebieten Kunst, antike  
Nahrungsmittel, Natur-Reiseführer oder sind Neuauflagen alter wissenschaftlicher Werke  
oder spezielle paläontologische Bestimmungsbände für ausgewählte Regionen.

Für die einzelnen Beiträge zeichnen die Autoren verantwortlich,  
für die Gesamtgestaltung die Herausgeber.

©copyright 2007 Documenta Verlag. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist  
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb des Urheberrechtsgesetzes  
bedarf der Zustimmung des Verlages. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder  
Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für Einspeicherungen in elektronische  
Systeme.

Gestaltung und Layout: Juliane Gregor und Hans-Joachim Gregor

Umschlagbild: Glasflädle und Blätter sowie Deinotherium-Kopf für die 2 Artikel

[www.palaeo-bavarian-geological-survey.de](http://www.palaeo-bavarian-geological-survey.de); [www.documenta-naturae.de](http://www.documenta-naturae.de)

München 2008

**Inhalt**

BAIER, J.: Zur Herkunft der Suevit-Grundmasse des Ries Impakt-Kraters.....1-11

Gregor, H.-J.: Die Lebewelt (Flora und Fauna) des Jungtertiärs in  
Süddeutschland unter Berücksichtigung der Meteoriteneinschläge  
(Ries und Steinheim).....13-29

# Zur Herkunft der Suevit-Grundmasse des Ries Impakt-Kraters

**Johannes Baier**

In memoriam Dr. GÜNTHER GRAUP (1940-2006)



**Adresse des Autors:**

Dr. Johannes BAIER  
Heinrichsweg 7  
D-72074 Tübingen  
e.mail: [baier-johannes@web.de](mailto:baier-johannes@web.de)

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Zusammenfassung	2
Abstract	2
1. Einleitung	3
2. Die Zusammensetzung der Grundmasse	4
3. Diskussion	5
4. Zusammenfassung	6
Danksagung	7
Schriften	7
Tafelerläuterung	10

### **Zusammenfassung**

Das Nördlinger Ries (Süddeutschland) stellt einen tertiären Impakt-Krater dar, der vor ca. 14,3 - 14,5 Millionen Jahren gebildet wurde. Die mineralogische Zusammensetzung der Suevit-Grundmasse belegt, dass die mesozoischen Ablagerungen des Deckgebirges das Ausgangsgestein waren. Dieser Befund steht im Einklang mit den Arbeiten von GRAUP (1999) und BAIER (2007), die gezeigt haben, dass die impaktbedingten Schmelzen ebenso aus den Ablagerungen des Deckgebirges gebildet wurden. Aufgrund der mineralogischen Befunde lassen sich zwei Alterationsphasen in der Suevit-Grundmasse unterscheiden:

1. Phase: Impaktbedingte hydrothermale Phase, die sehr kurzzeitig war (vgl. GRAUP 1999, BAIER 2007) und alle Suevitvorkommen betrifft.
2. Phase: Sekundäre Überprägung der Suevit-Vorkommen (Krater-Suevit), die vom postriesischen See überlagert wurden.

### **Abstract**

The Ries structure (Southern Germany) is an impact crater which was formed about 14,3 - 14,5 million years ago. Mineralogical composition of groundmass of Suevite indicates that Mesozoic sediments are the source rocks of groundmass. This evidence harmonises with the work of GRAUP (1999) and BAIER (2007) who have shown that the source rocks of impact-shock melt formation were also the rocks of sedimentary cover. Two alteration stages can be distinguished within groundmass of suevite:

- 1<sup>st</sup> stage: Impact-generated hydrothermal stage, which was of short duration (cf. GRAUP 1999, BAIER 2007). All suevite deposits show these characteristic features.
- 2<sup>nd</sup> stage: Secondary alteration of suevite deposits (crater suevite), which were overlain by post-impact crater lake.

## 1. Einleitung

Vor etwa 14,3 - 14,5 Ma (SCHWARZ & LIPPOLT 2002, LAURENZI et al. 2003) schlug ein von N bis NNW kommender Meteorit (ILLIES 1970, GRAUP 1999, BAIER 2007) im Bereich der Schwäbisch-Fränkischen Alb ein und bildete das heutige Nördlinger Ries. Hierbei wurden mehrere Auswurfprodukte gebildet, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind. Da jedoch bis heute keine Reste des Impaktors selbst gefunden wurden, lassen sich zu diesem keine Aussagen machen (vgl. SCHMIDT & PERNICKA 1991, 1994).

Mechanisch verändert, aber nicht geschmolzen		Mechanisch verändert und (zum Teil) aufgeschmolzen	
<b>Bunte Trümmermassen</b> 		<b>Polymikte Kristallinbreccien</b>  <b>Malmkalke des Brockhorizonts</b>	<b>Suevit</b>  <b>Moldavite</b>  <b>Bentonit- Gläser</b>  <b>Impakt- schmelz- fluss</b>
<b>Allochthone Schollen, Gries</b>	<b>Bunte Breccie</b>		

Tab. 1: Vereinfachtes Schema der Impaktgesteine (aus BAIER 2007).

In den letzten Jahrzehnten haben umfangreiche Untersuchungen zunehmend gezeigt, dass der Auswurfsuevit des Ries-Impakts in vielen Punkten pyroklastischen Ablagerungen ähnelt (u. a. GRAUP 1981, NEWSOM et al. 1986, 1990, BRINGEMEIER 1994), was auf gleichartige physikalische Bedingungen zurückgeführt werden kann (vgl. BAIER 2007). Lange Zeit war man davon ausgegangen, dass der Auswurfsuevit (fast) ausschließlich aus Gesteinen des kristallinen Untergrunds gebildet wurde (u. a. POHL et al. 1977, VON ENGELHARDT 1990, 2003, VON ENGELHARDT et al. 1995, VENNEMANN et al. 2001, KRING 2005). Allerdings resultierten aus dieser Deutung mehrere Ungereimtheiten, die sich nicht vereinen ließen. So war es beispielsweise unverständlich, warum die (fokussierte) Schmelzbildung erst im Kristallin erfolgen sollte, also in einem Bereich, in dem die Energie des Impaktors bereits abgeklungen war (vgl. ILLIES 1970: 156).

1999 erfolgte eine Wende in der Ries-Forschung: In diesem Jahr wurden erstmalig von GRAUP Strukturen aus dem Auswurfsuevit beschrieben, die belegen, dass während des Impakts große Mengen an Carbonatschmelzen entstanden (GRAUP 1999). Hierbei fungierten die mesozoischen Malmkalke des Einschlaggebiets als Carbonatquelle. Die

Carbonatgehalte können bis zu 50 % ansteigen. Ein paar Jahre später konnte gezeigt werden, dass die im Auswurfsuevit vorkommenden Glasbomben („Flädle“) aus mesozoischen Tonschiefern gebildet wurden (BAIER 2007). Die Flädle machen rund 11 bis 18 % der einzelnen Suevitvorkommen aus (ACKERMANN 1958: 161). In diesem Zusammenhang ist die bereits von SCHNELL (1926: 241) gemachte Beobachtung hervorzuheben, dass nur Mineraleinschlüsse und keine Mineralverbände in den Gläsern vorkommen. Ebenso kommen einzelne Minerale in den mesozoischen Tonschiefern des Einschlaggebiets vor und waren demnach bereits primär in den mesozoischen Ablagerungen vorhanden (vgl. GROISS et al. 2000, dort weiterführende Literatur). Zusätzlich kommen relativ häufig Quenchkristalle und Fluideinschlüsse in den Gläsern vor.

Aufgrund dieser Befunde stellte sich zwangsweise die Frage, ob nicht auch die feinkörnige Suevit-Grundmasse (76 bis 84 Vol.-%; vgl. ACKERMANN 1958: 161) zu einem erheblichen Anteil aus sedimentären Gesteinen gebildet wurde, wie es bereits 2007 vermutet wurde (BAIER 2007: 11). Die vorliegende Abhandlung soll einen ersten Lösungsansatz liefern. Dass die Schmelzbildung bereits in den allerobersten Schichten des Deckgebirges einsetzte ist anhand der Moldavite belegt (u. a. GRAUP et al. 1981, SHAW & WASSERBURG 1982, HORN et al. 1985, MEISEL et al. 1997).

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass in dieser Abhandlung nicht auf die zahlreichen Vorkommen des so genannten „Roten Suevits“ eingegangen wird, die um das Ries-Zentrum verstreut liegen (u. a. Polsingen, Rauhwinkel, Amerbach, Hermannsberg, Hochfeld, Heerhof; vgl. GRAUP 1999: Abb. 14). Diese Vorkommen stellen Schmelzflüsse und keine Suevitvorkommen dar (u. a. SCHOWALTER 1904, WEBER 1941, BAIER 2007).

## 2. Die Zusammensetzung der Grundmasse

Nach OBERDORFER (1905) und SCHNELL (1926) besteht die Grundmasse des (Auswurf-) Suevits aus einem Agglomerat feinsten Glasflitter, in der lose Mineralsplitter (u. a. Quarz, Feldspat, Hornblende, Diagenit, Biotit, Granat, Sillimanit, Apatit, Zirkon, Pyrit, Magnetit sowie Titanit; vgl. SCHNELL 1926: 242) liegen. Biotit und Hornblende kommen dabei mehr oder weniger zersetzt vor. Ebenso wurde von den Autoren in manchen Suevit-Vorkommen ein kalkiges und zeolithisches Bindemittel sowie oolithische Bildungen beschrieben. Größere Komponenten (u. a. Flädle, Gesteinsfragmente) sind in dieser Grundmasse eingeschlossen (Taf. 1, Fig. 1).

Der von WAGNER (1965: 206) untersuchte Feinschluff-Tonanteil setzt sich im Wesentlichen aus Montmorillonit zusammen, was auch später durch die pulverdiffraktometrischen

Untersuchungen von NEWSOM et al. (1986) bestätigt wurde. Die Montmorillonit-Illit Wechsellagerung konnte ebenso untergeordnet röntgenographisch nachgewiesen werden (u. a. FÖRSTNER 1967, NEWSOM et al. 1986), was Rückschlüsse auf die hydrothermale Montmorillonit-Bildung erlaubt. Ebenso ist Illit in der Tonmineralfraktion vorhanden (FÖRSTNER 1967).

Durch die Forschungsbohrungen Deiningen und Nördlingen 1973 wurde es möglich, auch die vertikale Verteilung der mineralogischen Zusammensetzung des Krater-Suevits zu untersuchen (u. a. FÖRSTNER 1967, Bayerisches Geologisches Landesamt 1977), der sich unter den postriesischen Seeablagerungen befindet. In diesen Arbeiten wurde auf die sekundären Verwitterungserscheinungen eingegangen, die durch den postriesischen See bedingt waren. Vor allem die Zeolithisierung der Gläser stellt ein Charakteristikum des Kratersuevits dar. Durch die umfangreichen Untersuchungen von STÄHLE & OTTEMANN (1977) konnte gezeigt werden, dass Analcim, Erionit, Klinoptilolit sowie Wellsit die häufigsten Mineralneubildungen sind. Untergeordnet konnten röntgenographisch (sowie mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops) auch Chabasit, Stilbit und Phillipsit nachgewiesen werden. In den relativ frischen Gläsern des Auswurfsuevits kommen hingegen oftmals Quenchkristalle als Neubildungen vor (vgl. Taf. 1, Fig. 2). Von SALGER (1977) wurde gezeigt, dass in der Tonfraktion des Kratersuevits Montmorillonit das häufigste Tonmineral darstellt.

Die postriesischen Seeablagerungen, die den Kratersuevit überlagern, waren selbst Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (u. a. WOLFF & FÜCHTBAUER 1976, Bayerisches Geologisches Landesamt 1977, RIDING 1979, COCKELL & LEE 2002, dort weitere Literaturhinweise), auf die hier verwiesen sein soll.

### 3. Diskussion

Die in der feinkörnigen Grundmasse nachgewiesenen Minerale lassen sich zwanglos aus den mesozoischen Ablagerungen des Einschlaggebiets ableiten, welches sich im Wesentlichen aus Tonsteinen, Sandsteinen sowie Kalken zusammensetzte. Der kristalline Untergrund ist als Ausgangsgestein nicht erforderlich und würde darüber hinaus komplexe Umwandlungs- und Bildungsmechanismen erfordern. Das Grundgebirge ist dennoch untergeordnet mit den kristallinen Einschlüssen (LÖFFLER 1912, ACKERMANN 1958, DRESSLER et al. 1969, GRAUP 1977, 1978) und den lithischen Chondren („lithic chondrules“, GRAUP 1981) im Suevit vertreten.

Der hohe primäre Volatilgehalt des Einschlaggebiets, der sich u. a. auch in den zahlreichen Fluideinschlüssen innerhalb der Riesgläser („Flädle“) nachweisen lässt (OBERDORFER 1905:

13; SCHNELL 1926: 240), führte während des Impakts zur hydrothermalen Bildung von Montmorillonit aus den vorhandenen Tonmineralen und den frisch entstandenen Gläsern, die selbst aus den mesozoischen Tonschiefern des Einschlaggebiets gebildet wurden (vgl. BAIER 2007). Die impaktbedingte hydrothermale Phase war jedoch nur von kurzer Dauer, wofür mehrere Evidenzen sprechen (vgl. GRAUP 1999, BAIER 2007). Sowohl der nachgewiesene Kaolinit als auch die vorhandenen Mineralfragmente (u. a. Quarz, Feldspat, Hornblende, Diallag, Biotit, Granat, Sillimanit, Apatit, Zirkon, Pyrit, Magnetit, Titanit) stammen größtenteils aus den sedimentären Ablagerungen des Einschlaggebiets selbst. Ebenso der Calcit, der größtenteils aus der impaktbedingten Carbonatschmelze wieder auskristallisierte (GRAUP 1999).

Die im Kratersuevit vorkommende Zeolithisierung der Gläser belegt eine zweite Alterationsphase, die mit dem postriesischen See in Verbindung steht. Dabei kann eine vertikale Veränderung in der Zeolithführung beobachtet werden. In den oberen Partien des Kratersuevits überwiegen die Alkalizeolithe Erionit und Klinoptilolith und in der unteren Partien Analcim (STÄHLE & OTTEMANN 1977, STÖFFLER et al. 1977). Dieser vertikale Trend kann mit ansteigender Salinität bei zunehmender Teufe begründet werden (vgl. STÄHLE & OTTEMANN 1977). Analcim ist darüber hinaus ein typisches Mineral, welches unter niedrigthermalen Bedingungen aus Gläsern gebildet werden kann (vgl. OKRUSCH & MATTHES 2005), so dass auch der Temperaturgradient einen Einfluss auf die Zeolithbildung bewirkt haben kann. Da die impaktbedingte hydrothermale Phase nur sehr kurzzeitig war (vgl. GRAUP 1999, BAIER 2007), muss bei der Interpretation der geothermische Gradient im Erdinneren berücksichtigt werden.

#### 4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die feinkörnige Grundmasse des Suevits im Wesentlichen aus den sedimentären Ablagerungen des Einschlaggebiets gebildet wurde. Dieser Sachverhalt wird zusätzlich durch die Untersuchungsergebnisse von GRAUP (1999) und BAIER (2007) gestärkt, die gezeigt haben, dass die impaktbedingte Schmelzbildung bereits in den sedimentären Ablagerungen erfolgte. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die bisherige Modellvorstellung nicht mehr haltbar, dass der Suevit im Wesentlichen aus dem kristallinen Untergrund gebildet wurde (vgl. POHL et al. 1977, VON ENGELHARDT 1990, 2003, VON ENGELHARDT et al. 1995, VENNEMANN et al. 2001, KRING 2005).

Es lassen sich bei den Suevit-Vorkommen zwei Alterationsphasen unterscheiden, die mit der geographischen Lage der einzelnen Suevit-Vorkommen verknüpft sind:

1. Phase: Impaktbedingte hydrothermale Phase, die sehr kurzzeitig war (vgl. GRAUP 1999, BAIER 2007) und alle Suevitvorkommen betrifft.
2. Phase: Sekundäre Überprägung von Suevit-Vorkommen, die vom postriesischen See überlagert wurden.

**Danksagung:** ELISABETH FRANK (Tübingen) sei für die kritische Durchsicht des Manuskripts gedankt.

### Schriften

- ACKERMANN, W. (1958): Geologisch-petrographische Untersuchungen im Ries. - Geol. Jb., 75, 135-182; Hannover.
- BAIER, J. (2007): Die Auswurfprodukte des Ries-Impakts, Deutschland. - Documenta naturae, 162, 1-18; München.
- (2008): Über die Tertiärbildungen im Ulmer Raum. - Documenta naturae, 168, 1-31; München.
- Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.) (1977): Ergebnisse der Ries-Forschungsbohrung 1973: Struktur des Kraters und Entwicklung des Kratersees. - Geologica Bavarica, 75, 1-470; München.
- BRINGEMEIER, D. (1994): Petrofabric examination of the main suevite of the Otting Quarry, Nördlinger Ries, Germany. - Meteoritics, 29, 417-422; Lawrence.
- COCKELL, C. S. & LEE, P. (2002): The biology of impact craters - a review. - Biol. Rev., 77, 279-310; Cambridge.
- DRESSLER, B., GRAUP, G. & MATZKE, K. (1969): Die Gesteine des kristallinen Grundgebirges im Nördlinger Ries. - Geologica Bavarica, 61, 201-228; München.
- FÖRSTNER, U. (1967): Petrographische Untersuchungen des Suevits aus den Bohrungen Deiningen und Wörnitzostheim im Ries von Nördlingen. - Contrib. Mineral. Petrol., 15, 281-301; Berlin, Heidelberg, New York.
- GRAUP, G. (1977): Die Petrographie der kristallinen Gesteine der Forschungsbohrung Nördlingen 1973. - Geologica Bavarica, 75, 219-229; München.

- (1978): Das Kristallin im Nördlinger Ries. Petrographische Zusammensetzung und Auswurfmechanismus der kristallinen Trümmersmassen, Struktur des kristallinen Untergrundes und Beziehungen zum Moldanubikum. - 190 S.; Stuttgart, Enke.
  - (1981): Terrestrial chondrules, glass spherules and accretionary lapilli from the suevite, Ries crater, Germany. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 55, 407-418; Amsterdam.
  - (1999): Carbonate-silicate liquid immiscibility upon impact melting: Ries Crater, Germany. - *Meteorit. Planet. Sci.*, 34, 425-438; Lawrence, Kansas.
- GRAUP, G., HORN, P., KÖHLER, H. & MÜLLER-SOHNUS, D. (1981): Source material for moldavites and bentonites. - *Naturwissenschaften*, 67, 616-617; Berlin.
- GROISS, J. T., HAUNSCHILD, H. & ZEISS, A. (2000): Das Ries und sein Vorland. - *Samml. Geol. Führer*, 92, 1-271; Berlin, Stuttgart.
- HORN, P., MÜLLER-SOHNUS, D., KÖHLER, H. & GRAUP, G. (1985): Rb-Sr systematics of rocks related to the Ries crater, Germany. - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 75, 384-392; Amsterdam.
- ILLIES, H. (1970): Nördlinger Ries und Steinheimer Becken als Einschlagskrater eines Kometen. - *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F.*, 52, 149-168; Stuttgart.
- KRING, D. A. (2005): Hypervelocity collisions into continental crust composed of sediments and an underlying crystalline basement: comparing the Ries (~24 km) and Chicxulub (~180 km) impact craters. - *Chemie Erde*, 65, 1-46; Amsterdam.
- LAURENZI, M. A., BIGAZZI, G., BALESTRIERI, M. L. & BOUŠKA, V. (2003):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  laser probe dating of the Central European tektite producing impact event. - *Meteorit. Planet. Sci.*, 38, 887-894; Lawrence, Kansas.
- LÖFFLER, R. (1912): Die Zusammensetzung des Grundgebirges im Ries. - *Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württ.*, 68, 107-153; Stuttgart.
- MEISEL, T., LANGE, J.-M. & KRÄHENBÜHL, U. (1997): The chemical variation of moldavite tektites: Simple mixing of terrestrial sediments. - *Meteorit. Planet. Sci.*, 32, 493-502; Lawrence, Kansas.
- NEWSOM, H. E., GRAUP, G., ISERI, D. A., GEISSMAN, J. W. & KEIL, K. (1990): The formation of the Ries crater, West Germany; Evidence of atmospheric interactions during a large cratering event. - In: SHARPTON, V. L. & WARD, P. D. (Hrsg.): *Global catastrophes in Earth history*. - *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 247, 195-206; Washington.
- NEWSOM, H. E., GRAUP, G., SEWARDS, T. & KEIL, K. (1986): Fluidization and hydrothermal alteration of the suevite deposit at the Ries crater, West Germany, and implications for Mars. - *Proc. 7<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf., Part 1*. - *J. Geophys. Res.*, 91, B13, E239-E251; Washington.

- OBERDORFER, R. (1905): Die vulkanischen Tuffe des Ries bei Nördlingen. - Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württ., 61, 1-40; Stuttgart.
- OKRUSCH, M. & MATTHES, S. (2005): Mineralogie. - 7. Aufl., 526 S.; Berlin, Heidelberg, Springer.
- POHL, J., STÖFFLER, D., GALL, H. & ERNSTSON, K. (1977): The Ries impact crater. - In: RODDY, D. J., PEPIN, R. O. & MERRILL, R. B. (Hrsg.): Impact and explosion cratering, 343-404; New York, Pergamon Press.
- RIDING, R. (1979): Origin and diagenesis of lacustrine algal bioherms at the margin of the Ries crater, Upper Miocene, southern Germany. - Sedimentology, 26, 645-680; Oxford.
- SALGER, M. (1977): Die Tonminerale der Forschungsbohrung Nördlingen 1973. - Geologica Bavarica, 75, 67-73; München.
- SCHMIDT, G. & PERNICKA, E. (1991): Geochemische Untersuchungen an Gesteinen des Nördlinger Ries mit besonderer Berücksichtigung der Forschungsbohrung Nördlingen 1973. - 45 S., DFG-Bericht, Az. PE 405/1-1; Heidelberg. - [unveröff.]
- (1994): The determination of platinum group elements (PGE) in target rocks and fall-back material of the Nördlinger Ries impact crater, Germany. - Geochim. Cosmochim. Acta, 58, 5083-5090; Amsterdam.
- SCHOWALTER, E. (1904): Chemisch-geologische Studien im vulkanischen Ries bei Nördlingen. - Diss. Univ. Erlangen, 65 S.; Erlangen.
- SCHNELL, T. (1926): Der bayerische Trass und seine Entstehung. - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 14, 222-279; Stuttgart.
- SCHWARZ, W. H. & LIPPOLT, H. J. (2002): Coeval Argon-40/Argon-39 ages of moldavites from the Bohemian and Lusatian strewn fields. - Meteorit. Planet. Sci., 37, 1757-1764; Lawrence, Kansas.
- SHAW, H. F. & WASSERBURG, G. J. (1982): Age and provenance of the target materials for tektites and possible impactites as inferred from Sm-Nd and Rb-Sr systematics. - Earth Planet. Sci. Lett., 60, 155-177; Amsterdam.
- STÄHLE, V. & OTTEMANN, J. (1977): Ries-Forschungsbohrung 1973: Zeolithisierung des Gläser im Suevit und Petrographie der Beckensuevite und Gangbreccien. - Geologica Bavarica, 75, 191-217; München.
- STÖFFLER, D., EWALD, U., OSTERTAG, R. & REINOLD, W.-U. (1977): Research drilling Nördlingen 1973: composition and texture of polymict impact breccias. - Geologica Bavarica, 75, 163-189; München.

- VENNEMANN, T. W., MORLOK, A., VON ENGELHARDT, W. & KYSER, K. (2001): Stable isotope composition of impact glasses from Nördlinger Ries impact crater, Germany. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 65, 1325-1336; Amsterdam.
- VON ENGELHARDT, W. (1990): Distribution, petrography and shock metamorphism of the ejecta of the Ries crater in Germany - a review. - *Tectonophysics*, 171, 259-273; Amsterdam.
- (2003): Struktur und frühe Morphologie des Rieskraters. - *Geologica Bavarica*, 108, 159-200; München.
- VON ENGELHARDT, W., ARNDT, J., FECKER, B. & PANKAU, H. G. (1995): Suevite breccia from the Ries crater, Germany: Origin, cooling history and devitrification of impact glasses. - *Meteoritics*, 30, 279-293; Lawrence, Kansas.
- WAGNER, G. H. (1965): Über Bestand und Entstehung typischer Riesgesteine. - *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg*, 7, 199-222; Freiburg.
- WEBER, E. (1941): Geologische Untersuchungen im Ries - Das Gebiet des Blattes Wemding. - *Abh. Naturkde.- u. Tiergartenver. Schwaben*, 3 (Geol.-paläont. R., H. 2), 1-248; Augsburg.
- WOLFF, M. & FÜCHTBAUER, H. (1976): Die karbonatische Randfazies der tertiären Süßwasserseen des Nördlinger Ries und Steinheimer Beckens. - *Geol. Jb.*, D14, 3-53; Hannover.

## Tafelerläuterung

### Tafel 1

**Fig. 1:** Ein Suevit-Handstück (Steinbruch Seelbronn; R: 3608145, H: 5300850). Die Bildbreite beträgt 8,5 cm (aus BAIER 2008).

**Fig. 2:** Wurmformige Pyroxenkristalle in einer stark entglasten Glasbombe aus dem Suevitbruch Seelbronn (R: 3608145, H: 5400850); Balkenlänge: 50 µm (aus BAIER 2008).

1



2



Documenta naturae	172	S. 13-29	3 Abb.	1 Tab.	München	2008
-------------------	-----	----------	--------	--------	---------	------

**Die Lebewelt (Flora und Fauna)  
des Jungtertiärs in Süddeutschland  
unter Berücksichtigung der  
Meteoriteneinschläge  
(Ries und Steinheim)**

**H.-J. Gregor**

**Zusammenfassung**

Es wird ein kleiner Überblick zur Flora und Fauna der Oberen Süßwassermolasse gegeben, um dem Laien die Möglichkeit zu geben, sich über Ökologie und Klima sowie einiger Probleme bei den Rekonstruktionen zu informieren. Die jüngere Molasse wird mit ihren Äquivalenten, den Ablagerungen aus Ries- und Steinheimer Becken gesehen.

**Adresse des Verfassers:**

Dr. Hans-Joachim Gregor, Palaeo-Bavarian-Geological-Survey, Daxerstr. 21, D-82140  
Olching  
e-mail : [h.-j.gregor@t-online.de](mailto:h.-j.gregor@t-online.de)

<b>Inhalt:</b>	<b>Seite</b>
1 Einleitung	14
2 Die Region und ihr Alter	14
3 Die Lebewelt	15
3.1 Die Flora	15
3.1.1 Die Exoten	15
3.1.2 Auwälder	16
3.2 Die Fauna	17
4 Das Nördlinger Ries	17
5 Das Steinheimer Becken	18
6 Paläoökologische Kriterien	18
6.1 Allgemeine Kriterien	18
6.2 Problematische Befunde	19
7. Paläoklima	20
Literatur	20
Abbildungsbelege	24

## **1. Einleitung**

Schon als Student war für mich die Molasse ein faszinierendes Thema - die Sedimente lagen direkt vor der Haustüre, man wusste nur wenig von den speziellen Bedingungen der vorzeitlichen Lebewelt und damals wurde gerade der Rieskrater als "Meteoriten-Krater" anerkannt (ca. 1965). Süddeutschland war also eine große "Spielwiese" für Geologen, Paläontologen, Paläoökologen usw. Seit dieser Zeit arbeite ich in der Molasse, in den Äquivalenten davon auf der Alb, in Baden-Württemberg oder im Elsaß. Vor allem die Flora, die Vegetation hat es mir angetan, da man daraus die wichtigsten Schlüsse zur Ökologie und zum Klima früherer Zeiten ziehen kann. Doch davon später. Obwohl das Ries sehr gut bekannt ist, wurde die Flora keineswegs in gebührender Weise bearbeitet, ebenso wenig die Fauna - nur "vorläufige" Artikel brachten einige z. T. noch dazu falsche Ergebnisse im Hinblick auf Humidität und Temperaturen. Auch die Blattfloren der Molasse bräuchten einen neuen Bearbeiter, vor allem die der westlichen Region.

## **2. Die Region und ihr Alter**

Als Region in Bayern (GEOBAVARIA 2004) für die wichtigsten Ablagerungen kommt die sog. Vorlandmolasse in Frage, das Gebiet nördlich der Alpen, südlich der Donau, westlich von Passau und östlich des Bodensees, wobei diese Region als eigentliche Molasse bezeichnet werden kann (Erläuterungen zur Geol. Kt. Bayern 1:500 000). Geologisch handelt es sich um Weichgesteine (lat. mollis = weich, molere = zermahlen) wie Tone, Mergel, Sande, Kiese und Schotter, die als "Schutt" von den sich heraushebenden Alpen kamen, sowie auch vom Grundgebirge des Bayerischen Waldes und z. T. auch von der Alb erodiert wurden (GREGOR 1982a).

Vor ca. 20-25 Mill. Jahren war ganz Süddeutschland ein Meeresarm der Tethys des Mittelmeeres und wird heute als "Paratethys" (= Fast-Tethys) bezeichnet. Dieser schmale Meeresarm hatte über das heutige Rhonetal und über die Enge bei Passau Verbindung mit dem Mittelmeer auf der westlichen Seite und über das Pannonische Becken mit dem Schwarzen Meer auf der östlichen Seite. Die Ablagerungen aus dieser Zeit heißen Obere Meeresmolasse, in denen wir Reste von Haifischen und Austern finden.

Von 20-17 Mill. Jahrmillionen zog sich das Meer in mehreren Stadien nach E und W zurück und hinterließ eine verbrackte Fläche, die Brackwassermolasse und darauf erfolgte das Aussüßen des Beckens zur sog. Oberen Süßwassermolasse, die durch riesige Flusssysteme mit Mäandern und dem sog. anostomosierenden System (braided river system, sich

netzförmig verzweigende Seitenäste) das Vorland prägten. Riesige Überschwemmungen mit bis zu 150 km Breite prägten dieses Land, in dem sich unzählige Tierherden in dichten Wäldern bewegten.

Im Weiteren werden wir uns speziell mit diesem Molassebecken und der nördlich anstoßenden Schwäbischen Alb beschäftigen (vgl. z.B. GREGOR, HOTTENROTT, KNOBLOCH & PLANDEROVA 1989). Letztere zeigt keine typischen "Molasseablagerungen" (vgl. z.B. UNGER 1986), aber "Spaltenfüllungen" und Sprudelkalke etc., in denen sich die paläontologischen Überreste bewahrten und so mit denen der Molasse zeitgleich verglichen werden können (vgl. z.B. GREGOR 1982a und 2007a).

### 3. Die Lebewelt

Die lebenden Organismen werden heute in Pilze, Pflanzen und Tiere eingeteilt, wobei wir hier die Pilze aufgrund ihrer Seltenheit vergessen können.

#### 3.1 Die Flora

Die Flora ist der artenmäßig erfasste Bestand der Vegetation und hat nur Arten, aber keine Individuenzahlen aufzuweisen. In einem Eichenwald haben wir zwar viele Einzelbäume, aber z.B. nur 1 Art, eben die "Eiche". Wir finden nun von einem System dieser Art nur wenige Überrest, einige Eicheln oder Blätter etc. und sollen nun aus dieser "Grabgemeinschaft" (Thanatozönose) eine Rekonstruktion vorlegen über die "Vegetation" in der Vorzeit, also eine „Taphozönose“ (Lebensgemeinschaft) rekonstruieren. Nur mit viel Erfahrung, auch die heutigen botanischen Vorgänge studierend (z.B. tauchen in Tümpeln etc.), kann man solche Dinge unternehmen und das Folgende soll einen Eindruck geben von eben diesen Erkenntnissen (vgl. z.B. GREGOR 1979a).

##### 3.1.1 Die Exoten

Die meisten Pflanzen, die wir seit der Zeit der Meeresmolasse finden, sind bei uns unbekannt, oder wenn, dann nur als Exoten in Parks oder Botanischen Gärten zu finden.

Das "berühmteste" Fossil dieser Art ist der Ginkgo (*Ginkgo biloba*), heute praktisch ausgestorben und nur noch in der Nähe von Heiligen Stätten in Japan und China zu finden. "Götterbaum" (*Ailanthus*), Zaubernuss (*Corylopsis*) oder Zürgel (*Celtis*), sind aus SE-Asien bekannt, Gleditschie (*Gleditsia*), Amber (*Liquidambar*) oder (Berg-) Zypresse (*Taxodium mucronatum*) im SE der Vereinigten Staaten zu finden.

Magnolie (*Magnolia*), *Schisandra* oder *Meliosma* sind im südlichen N-Amerika und in SE-Asien beheimatet und bei uns außer der Magnolie unbekannt.

Als typischer Sumpfbauum gilt in Süddeutschland im Jungtertiär die Chinesische Wasserkiefer (*Glyptostrobus*), nicht die Sumpfzypresse (*Taxodium distichum*) wie im Rheingebiet z.B..

Bekannte Formen wie Pappel (*Populus*), Ulme (*Ulmus*), Weide (*Salix*) oder Eiche (*Quercus*), Erle (*Alnus*), Ahorn (*Acer*) und Esche (*Fraxinus*) haben mit exotischen Arten in China und Florida zu tun, nicht mit unseren einheimischen Arten. So ist z.B. die Mehrheit der Eichenblätter im Miozän stachelspitz oder ganz glattrandig und nicht gebuchtet wie unsere einheimischen Arten.

Als Charakterpflanze der Molasse kann *Daphnogene* gelten, besser noch unter dem Namen Zimt bekannt (auch *Cinnamomum*). Diese Lorbeergewächse sind wichtige Formen in den gesamten Gebieten SE-Asiens in flussbegleitenden Wäldern.

In unseren Breiten gibt es heute nur noch einen bekannten Lorbeerwald, der als Vergleich mit den jungtertiären Wäldern in Frage kommt.

Er wächst auf den Kanarischen Inseln, vor allem auf Teneriffa, Gomera und La Palma und hat spezielle Exoten, die bei uns früher durchaus häufig waren, so *Visnea* (ein Teegewächs), *Ilex* (eine großblättrige Stechpalme) oder die *Ocotea* (ein Lorbeer) mit eichelähnlichen Früchten (vgl. zu allen GREGOR 1982a, 1984a, 1989b, WEBENAU 1995).

### 3.1.2 Auwälder

Die gesamte Brack- und Süßwassermolasse Süddeutschlands führt außer einer meist reichen Fauna auch dementsprechende Floren. Es lassen sich Karpo- und Phyllofloren (Frucht- und Blatt-Floren) unterscheiden, wobei erstere taxonomisch besser ansprechbar und somit auch besser interpretierbar sind, vor allem in ökologisch-soziologischer und klimatologischer Richtung. Die Xylofloren, also fossile Hölzer haben eine eigene Problematik, darunter häufige Umlagerungen (vgl. GREGOR VELITZELOS & GREGOR 2005).

Nun liegen aber in den Mergeln, Tonen und Silten der OSM (incl. BWM) meist Blätter vor, die außer den Umrissen und der Nervatur keinerlei Anhaltspunkte mehr für die systematische Zuordnung ergeben, d.h. es ist keine Kutikula mehr vorhanden. Trotzdem müssen natürlich die überaus reichen Funde interpretiert werden, was nur durch große Erfahrung und langjähriges Arbeiten mit dieser Problematik gelingt, immer im Hinblick auf taphonomische Probleme natürlich. Im Team wurden alle bisher verfügbaren Floren erfasst und können in Kürze zusammenfassend dargestellt und stratigraphisch interpretiert werden (vgl. auch GREGOR 1982b). Es zeichnet sich nun im Laufe dieser Untersuchungen ein vorläufiges Ergebnis ab, das vor allem die Soziologie der Floren und ihre Zugehörigkeit zu bestimmten Vegetationseinheiten betrifft.

Im Unter-Miozän, speziell im Ottang/Karpat, finden wir in der westlichen Molasse Floren mit dominant Weiden und Pappeln (*Salix lavateri*, *Populus balsamoides*), gemischt mit *Daphnogene polymorpha* (*Cinnamomum* p.) und Gleditschien (*Gleditsia byelliana*, *G. knorrii*, GREGOR & HANTKE 1980) und selteneren Begleitern wie Gagel (*Myrica vindobonensis*), Monocotyledonen oder Zürgel (*Celtis bignonioides*) sowie einer extrem stachelspitzigen Eiche (*Quercus cruciata*, vgl. GREGOR 1997). Dass die Floren auf Sonderstandorten wie im Randecker Maar sehr ähnliche Floren aufweisen zeigt, wie einheitlich die Pflanzendecke damals bereits war (heutige Verbreitung des Mixed mesophytic Forest in China über 1 Million km<sup>2</sup>).

Im Baden kommt die Erle (*Alnus julianaeformis*) hinzu, *Gleditsia* und *Daphnogene* bleiben, Weide und Pappel werden seltener (vgl. auch GREGOR 1984a).

Wenig später treten die ersten Ulmen (*Ulmus pyramidalis*) und Platanen (*Platanus leucophylla*) dominant auf, *Daphnogene* wird seltener, *Gleditsia* verschwindet langsam und Zerkowia (*Zelkova ungeri*) und Seifenbaum (*Sapindus falcifolius*) werden häufiger.

Großblättrige Pappeln, Ulmen und Platanen, Ginkgo, Esche (*Fraxinus*) und Walnussgewächse (Juglandaceen) verbreiten sich und geben wenig später im Sarmat Raum den dominanten Eichen (*Quercus pseudocastanea*) und Berg-Zypressen (*Taxodium hantkei*), Hainbuchen (*Carpinus grandis*) und dem Amberbaum (*Liquidambar europaea*). Einige Blattfloren, z.B. die von Achldorf und Aubenham oder Ebing wurden von KNOBLOCH (1986, 1988), KNOBLOCH & ZAHN (1991), KNOBLOCH & GREGOR (1986) und GREGOR (1986a) bearbeitet.

Diese Abfolge ist noch stark interpretationsbedürftig, doch lassen sich einige deutliche Kriterien herausfiltern:

Am Beginn der Abfolge liegen in der BWM/OSM **Weichholzaunen** (Weide, Pappel, Gleditschie) vor, die durch 9- und mehrmonatige Überflutungen charakterisiert sind. Erlen deuten **Bruchwälder** im Übergang an, die nur noch 6-9 Monate überflutet sind, Ulmen, Platanen, Eschen und Walnussgewächse verringern die Wasserbedeckung auf weniger als 6 Monate (3-6) in der **Hartholzaue** und schließlich haben wir nur noch sporadisch auftretende Überflutungen bis zu max. 3 Monaten, gekennzeichnet durch Eichen, Hainbuchen und Zypressen. Natürlich bleiben die Wälder wassernah im Standort, zeigen aber bereits allochthone Einschlüge (vgl. GREGOR & KNOBLOCH 2003). Es konnte gezeigt werden, dass die fossilen Pflanzenfunde sich zwanglos in die heutigen Vegetationen im Südosten der

USA und Chinas einfügen lassen – die Taxa zeigen eine ideale Mischung zwischen den beiden geographischen Großräumen (GREGOR & HANTKE 1980).

Wir können also soziologisch eine klare Abfolge von eindeutigen Auwäldern zu einer Verminderung der Überflutungsformen (Bruchwälder) und einer Vermehrung mehr grundwasser-abhängiger Formen und damit zu mesophytischen Wäldern, also niederschlagsabhängigen Wäldern, postulieren. Dies betrifft natürlich auch den Wassertransport der OSM-Flüsse, die sich höchstwahrscheinlich von „braided rivers“ zu „meandering rivers“ verändert haben. Auch Transportenergie und Wasserführung sowie Gefälle lassen sich in Zukunft vielleicht mit solchen Verfahrensweisen besser darstellen – abhängig natürlich vom Klima, das sich eindeutig im Cfa-Bereich (warm-gemäßigt sensu KÖPPEN 1931) bewegt, aber mit sinkenden Temperatur- und Niederschlags-weiten.

### 3.2 Die Fauna

Bei der Fauna sind die Vergleiche viel schwieriger zu ziehen, da viele Formen völlig ausgestorben sind. Vor allem die häufigen Elefantenvertreter sind hier zu erwähnen, so die mit 4 Stoßzähnen ausgestatteten Mastodonten wie *Gomphotherium angustidens* oder *Archaeobelodon* (vgl. GREGOR 2005).

Die gut bekannten Dinotherien mit 2 Arten (HEIZMANN 1984) gehören vielleicht nicht zu den Elefanten und hatten vermutlich keinen Rüssel. Ihre im Unterkiefer steckenden Stoßzähne oder Wehren waren nach hinten gebogen und ihr Gebrauch ist unklar (Rindenschäler?, in Bearbeitung GREGOR, KUHN & STORCH 2000 u. a.).

Hornlose Nashörner mit mindestens 3 Arten (HEISSIG 1984), Giraffen in Form von Okapis, Antilopen (Dik-Dik) und Klein-Hirsche (Kantschils, Muntjaks) und Hasen, Hirschferkel, Riesenschweine, Pekkaris, Affen (*Pliopithecus*, vgl. GREGOR 1993), Alligatoren, Riesensalamander (*Andrias*), Geckos, Chamäleons, Riesenschlangen, Krallentiere (*Chalicotherium*) und Riesenbiber, Flughörnchen (*Ailurus*), Hamster (*Cricetus*), Löwenbären (*Amphicyon*) und andere Carnivoren (HEIZMANN 1973), Ameisenbären, Pfeifhasen, Schuppentiere und Riesenfledermäuse, Urpferde (*Anchitherium*, später *Hipparion*) und Haarigel, Zibet-Katzen, Marder und sogar Säbelzahnkatzen (HEIZMANN et al. 1980). Papageien, Flamingos und Pelikane sowie Hörnchen runden das exotische Bild der Tierwelt in der Molasse ab. Die meisten genannten Tiere, wenn sie nicht ausgestorben sind, leben heute in Asien (Flughörnchen, Kantschil, Haarigel, Riesensalamander) oder im südlichen Nord - Amerika (Pfeifhasen, Alligatoren, Pekkaris).

Im Laufe der Zeit (Miozän bis Pliozän) wurden die Elefantenvertreter immer größer (Mastodonten wie *Gomphotherium* z.B.) - ebenso das *Deinotherium* mit *D. giganteum* und dürften den subtropischen Wald stark geschädigt haben, in dem sie lebten (vgl. zu allem GREGOR 1984a, GREGOR et al. 2000), also damals schon ein „Waldsterben“ besonderer Art. Dass auch andere Großsäugetiere als Waldzerstörer in Betracht kommen, ist bei der Menge der gefundenen Taxa kein Wunder (HEIZMANN et al. 1996).

Dass Insekten reichlich vorhanden waren, aber nur wenige Belege gefunden werden, liegt an der Erhaltung der zarten Reste (vgl. GREGOR 1984b, 2006d)

### 4. Das Nördlinger Ries

Gehen wir von der Molasse auf die Alb "herauf" und nähern wir uns dem Gebiet Nördlingen, können wir vielleicht folgende Kurzrekonstruktion vorlegen:

**vor 16-15 Mill. Jahren** - Waldlandschaft mit der Lebewelt wie aus der der Molasse bekannt.

**vor 14,6 Mill. Jahren** - Einschlag des Meteoriten - kurz danach glühende, zerstörte Umwelt, wenige Wochen dauernd, rauchend, dampfend, brennende Wälder ringsum - bis Augsburg.

nach 100 Jahren: ruhiger warmer See mit dichtem Schilf, reiche Vogelwelt und spärliche Vegetation rings um den See herum, aber reiche Wälder im Umkreis von 30-50 km wieder gewachsen.

**vor 13-10 Mill. Jahren** - ungestörte Bedingungen im Riesbereich wie vor dem Einschlag. Zu diesen Daten gibt es inzwischen genügend Literatur, so z.B. GREGOR 2003, 2007d, BÖHME, GREGOR & HEISSIG 2001.

Dies steht im Widerspruch zu den irreführenden Bemerkungen von SCHLEICH und Kollegen die zwischen Mittelmeer und Skandinavien für Millionen Jahre eine Wüste annahmen (vgl. auch SPITZLBERGER 1984). Auch HEISSIG konnte ja zeigen, dass es „no effect“ nach den Riesmeteoriten gab, d.h. keine großräumige und langzeitige Zerstörung der Erdoberfläche (1986)

Wie können wir sicher sein, was wirklich nach dem Einschlag des bzw. der Meteoriten passiert ist. Nun, wir haben ja ähnliche hochenergetische Erscheinungen in geschichtlicher Zeit. Denken wir an den Krakatau-Ausbruch 1896 - nach 100 Jahren sind 3/4 aller Arten von Pflanzen und Tieren zurückgekommen - sogar auf eine Insel! Also muss ohne Inselcharakter die Rückkehr der Fauna und Flora in der Nördlinger Gegend überhaupt kein Problem gewesen sein. Weitere Beispiele sind der Vesuv 79 v. Chr., der Mount St. Helens und der Pinatubo vor einigen Jahren oder die Vulkanausbrüche auf den Kanaren vor wenigen Jahrzehnten. Die Vegetation gerade bei letzterer ist zwar z. T. "angebrannt" aber voll in Blüte

Wir haben relativ wenige fossile Funde aus dem Ries vorliegen, bzw. sind publiziert, so speziell Fischchen (*Leuciscus*), Ostracoda (*Candona risgoviensis*), Diatomeen (Kieselalgen, vgl. SCHAUDERNA 1981), Hechtkraut (*Ruppia*). Götterbaum (*Ailanthus*) oder japanischer Pfeffer (*Zanthoxylon wemdingense*, vgl. GREGOR 1977). Bekannt sind natürlich die Vogelnester mit Eiern, Federn und Knochen von Vögeln (Flamingos, Raubvögel), Fledermäuse, Hörnchen, Cainotherien-Hirschverwandte u. v. m. Leider muss gesagt werden, dass der zuständige Bearbeiter der Riesflore, Prof. W. JUNG vom Institut f. Paläontologie u. hist. Geologie in München die Flora nie sauber bearbeitet und auch den exotisch-mesophytischen Charakter der Flora nie verstanden hat. So ist z.B. sein „Chenopodiaceenrest, eine Salzpflanze, eindeutig der Rest des Götterbaumes gewesen. Ein Vergleich mit gleich alten Floren hätte schon vor vielen Jahren interessante Ergebnisse geliefert.

Eine Besonderheit im Ries sind die im Negativ erhaltenen Zapfen von *Pinus aurimontana*, die sogar noch Abbissspuren von Hörnchen an den Zapfenschuppen zeigen (GREGOR 1982).

## 5. Das Steinheimer Becken

Das kleine Steinheimer Becken zeigt mehr und andere Probleme als das Ries, dürfte aber auch von einem Meteoriten herkommen - oder? (diese Fragestellung ist heute fast als blasphemisch zu bezeichnen). Es gibt unzählige Publikationen zum Thema (vgl. z.B. HEIZMANN 1976, HEIZMANN & REIFF 2002).

Die Fauna und Flora macht einen "jüngeren" Eindruck (MN 7/8) als dies im Ries der Fall (MN 6/7) ist. In Bohrkernen aus großen Tiefen wurden wieder erste Pflanzenreste gefunden, was zeigt, dass die Besiedlung noch während der Phase der "zerbrochenen Sedimente" relativ kurz nach dem Ereignis der Zerrüttung vor sich ging.

Wir haben hier speziell Gleditsia, Seifenbaum, Zerkova, Zürgel und Pappel, sowie im Wasser Armleuchter-Algen, deren Oogonien oder Sporenträger wir häufig in den Ablagerungen finden (GREGOR 1983). Die Tierwelt ist überaus reichhaltig, wie die Ausgrabungen von HEIZMANN (1973) seit vielen Jahren zeigen. Riesenschildkröten, Raubkatzen, Pferde, Rhinocerosse, Elefanten, Fische usw.

## 6. Paläökologische Kriterien

### 6.1 Allgemeine Kriterien

Was wissen wir nun über die "Ökologie" verschwundener Räume. Nun, wir wissen, dass alle Waldsysteme, in denen die genannten Exoten der Molasse lebten, heute noch vorhanden sind. Es handelt sich im Einzelnen um folgende Systeme (eine Auswahl, vgl. WANG 1961 und LITTLE 1971 u. a.):

Allen diesen Wäldern sind folgende Ökobedingungen gemeinsam: subtropisches Klima (= warm-gemäßigtem Virginia-Klimain den USA); mesophytische Verhältnisse - also nicht an Auen gebunden; reiche Komposition (statt wie 40 Arten in einheimischen Wäldern = 200-400 Arten); verschiedene Stockwerke in den Wäldern; kaum Bodenbewuchs (kein Gras, höchstens Farne, wenig Kräuter); der Wald ist locker und gestattet Tierherden mit Leichtigkeit, hindurchzulaufen.

Tabelle 1: Waldtyp und Weltregion im Vergleich zu den fossilen Funden

Lorbeerwald	Kanaren
"Mixed mesophytic Forest"	China (SE)
"Evergreen broad-leaved Forest"	China (SE)
"Deciduous broad-leaved Forests"	China (SE)
Shola forests	Indien - (GREGOR 2007)
Himalayan moist temperate forests	Indien
Littoral- and Swamp forest	Indien
Eichen - Buchen - Wälder	Japan
Evergreen broad-leaved forests	Japan
Deciduous forests	Japan
Hardwood forests	Nordamerika (SE)
Hardwood bottom formation	Nordamerika (SE)
Pocosins	Nordamerika (SE)
Immergrüne Eichen-Küsten-Wälder	Nordamerika (SE)

Die wichtigste Literatur zu den einzelnen Gebieten ist folgende:

USA: HARSHBERGER 1978; Japan: HARA 1959, Indien: CHAMPION & SETH 1968 und PURI 1960; CHINA: WANG 1961; Amerika-Asien-Disjunction: HARA 1939a,b

Die Luftfeuchtigkeit ist hoch (z.B. 5 x Kurz-Regen bei Nacht) und die Verwesung ist stark ausgeprägt bei abgestorbenen Bäumen.

Wichtig im Hinblick auf solche ökologischen Aussagen sind dementsprechende gute Bestimmungen fossiler Formen, wie z.B. *Campsis seehuberi*, *Punica kuhni* oder *Sorbus praetorminalis* (vgl. GREGOR 2006a,b,c). Auch die Familie der Rutaceen, zu denen Orange und Pfeffer gehören, sind durch deutliche Rezentvergleiche hervorragend geeignet, Ideen zur Vorwelt zu entwickeln (GREGOR 1979, 1989a).

## 6.2 Problematische Befunde

Es sollen hier Besonderheiten, Merkwürdigkeiten und spezielle Molasseprobleme kurz angerissen werden, die meist aufgrund falscher Vorstellungen und Vergleiche entstanden sind (vgl. GREGOR 2007c)

Bei der Tierwelt kommt es zu ökologischen Verschiebungen bei manchen Tiergruppen:

**Pfeifhasen** - kommen heute in großen Gebirgshöhen und kalten Steppen in Asien vor, waren früher aber in warmen subtropischen Wäldern zuhause.

**Elefanten** - leben heute im Dschungel Indiens und in der Savanne Afrikas, aber das Mammut lebte in Eis und Schnee. Ähnliches gibt es beim Tiger - wir haben also anatomisch keine Anhaltspunkte für ökologische Ansprüche und könnten so falsche Rekonstruktionen bei den Mastodonten entwickeln.

**Palmen** - waren nur zur Zeit der Meeresmolasse in Süddeutschland zuhause und evtl. noch in der Brackwassermolasse - in der Oberen Süßwassermolasse fehlen sie aber - es war bereits zu kühl für sie (GREGOR 1980b).

**Gras** wie wir es kennen (Süßgräser, Gramineae), gab es nicht im Tertiär, jedenfalls nicht in Süddeutschland. Nur Sauergräser nahe dem Wasser sind bekannt - das sind Cyperaceen. Typische Süßgräser, zu denen auch unser Weizen z.B. gehört, sind aus Tertiärablagerungen praktisch unbekannt - dies im Gegensatz zu den Behauptungen von Kollegen, dass sie im Sandelzhauser Bereich häufig gewesen seien.

Bei Formen wie *Hemitrapa heissigii* haben wir zwar ausgestorbene Formen vor uns, aber die Verwandtschaft mit heutigen Wasserpflanzen ist so eng und die geologische Fazies ist so eindeutig, dass hier sehr gute ökologische Vergleiche stattfinden können (GREGOR 1982c).

**Sumpfwald** - mit Sumpfyypressen (*Taxodium distichum*-Typ) - hatten wir nie, das war nur im Elsaß, im Rheingebiet und Polen der Fall - bei uns gab es die Chinesische Wasserkiefer (*Glyptostrobus europaeus*) als Ersatz.

**Mammutbäume** sind an heute in Nordamerika Küstenlinien zu finden (Niederrhein, Polen u. a. im Jungtertiär), aber in Süddeutschland herrschte ja immer kontinentales Klima - daher fehlen die Mammutbäume bei uns total (auch Relikt). Prinzipiell ist auch Vorsicht geboten, mit bestimmten Koniferen Rekonstruktionen zu wagen, was GREGOR & MELLER (2006) bei *Tetraclinis* schön nachweisen konnten.

**Steppen- oder Savannenpflanzen** fehlen in der Molasse ebenfalls, auch wenn sie hie und da von Laien irreführenderweise erwähnt werden (Ephedra, Gramineae, Acacia etc., vgl. z.B. Sandelzhausen, auch GREGOR 1982a) - ganz zu schweigen von der botanischen Definition für die Begriffe Steppe und Savanne (arktisch und tropisch!).

## 7. Paläoklima

Eines ist allen Pflanzen und Wäldern gemeinsam - das subtropische Klima. Es handelt sich aber nicht um ein Mediterranklima mit trockenen Sommern und feuchten Wintern, sondern um ein solches mit feuchte Sommern und trockenen Wintern, also typische Ostküstenklimate. Wir haben solche heute in den SE der USA (Florida, Illinois, Arkansas z.B. und in China (Taiwan), Japan und vor allem auch in Indien (Bergwälder).

Im effektiven Klima - System von KÖPPEN (1931) heißt das: ca. 2000 mm Niederschlag und ein Jahresmittel zwischen 13 und 18°C (Cfa oder Cw-Klima), heute in München ca. 9°C! Cfb-Klima).

Dies passt gut zum Vorkommen von Krokodilen, Riesensalamandern (Reptilien-Kaltblüter) und zu der reichen Tierwelt, die so nicht in arktischen Gebieten vorhanden ist.

Ich habe schon 1989 versucht, die Klimate der Vorzeit in unserem Gebiet mit heutigen Systemen in China zu korrelieren (GREGOR 1980a, 1989b). Da die Wälder in der Molasse und somit auch auf der Alb im Laufe der Zeit immer kühler subtropisch wurden, kann man in China von Süd nach Nord einen Trend beobachten, der heute klimatisch fassbar äquivalent ist (warm gemäßigtes Klima, JMT 20°C im Süden, bis im Norden ca. 12°C.).

## 8. Literatur

BÖHME, M., GREGOR, H.-J. & HEISSIG, K. (2001): The Ries- and Steinheim Meteorite Impacts and their effect on environmental conditions in time and space.- Impact Studies - Geological and Biological Effects of Impact Events (E. BUFFETAUT & C. KOEBERL eds.)- 217-235, 5 figs., 1 tab., app. With 3 tabs., Springer Verl., Berlin.

CHAMPION, H.G. & SETH, S.K. (1968): A revised survey of the forest types of India. - 402 S., 102 Taf., Verlag; Delhi.

ERLÄUTERUNGEN zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000 (Hrsg. Bayer. Geol. LA) (1981): 168 S., 29 Abb., 21 Tab., 6 Taf., 1 Beil., München

- GEOBAVARIA – 600 Millionen Jahre Bayern (2004): - 91 S., viele farb. Abb., Verl. Bayer. Geol. LA München
- GREGOR, H.-J. (1977): *Zanthoxylum wemdingense* nov. spec. aus untersarmatischen Riessee-Ablagerungen.- Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **17** 249-256, 3 Abb., 1 Taf.; München..
- GREGOR, H.-J. (1979a): Neue Ergebnisse zur Florengeschichte und Ökologie der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns.- Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **37**: 36-47, 3 Abb., 2 Tab.; Frankfurt a.M.
- GREGOR, H.-J. (1979b): Systematics, Biostratigraphy and Paleoecology of the genus *Toddalia* JUSSIEU (Rutaceae) in the European Tertiary.- Rev. Palaeobot. Palyn., **28**: 311-363, 71 figs., 5 tabs.; Amsterdam.
- GREGOR, H.-J. (1980a): Ein neues Klima- und Vegetationsmodell für das untere Sarmat (Mittelmiozän) Mitteleuropas unter spezieller Berücksichtigung floristischer Gegebenheiten. – Verh. geol. B.-A., **1979** (3): 337–353, 4 Tab., 1 Kt.; Wien
- GREGOR, H.-J. (1980b): Zum Vorkommen fossiler Palmenreste im Jungtertiär Europas unter besonderer Berücksichtigung der Ablagerungen der Oberen Süßwasser-Molasse Süddeutschlands.- Ber. Bayer. Bot. Ges., **51**: 135-144; München..
- GREGOR, H.-J. (1982a): Die jungtertiären Floren Süddeutschlands. Paläokarpologie, Phytostratigraphie, Paläoökologie, Paläoklimatologie.- 278 S., 34 Abb., 16 Taf., 7 S. mit Profilen und Plänen, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart..
- GREGOR, H.-J. (1982b): Eine Methode der ökologisch-stratigraphischen Darstellung und Einordnung von Blattfloren unter spezieller Berücksichtigung der Tertiär-Ablagerungen Bayerns.- Verh. Geol. B.-A. (Jg. 1982), **2**: 5-19, 3 Tab.; Wien
- GREGOR, H.-J. (1982c): Fruktifikationen der Gattung *Hemitrapa* MIKI (Trapellaceae) im mitteleuropäischen Jungtertiär unter spezieller Berücksichtigung der Ablagerungen der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns.- Feddes Rep., **93**, 5: 351-358, 3 Taf., 3 Abb.; Berlin.
- GREGOR, H.-J. (1982d): *Pinus aurimontana* n. sp. - eine neue Kiefernart aus dem Jungtertiär des Goldbergs (Ries).- Stuttg. Beitr. Naturk., B, **83**: 1-11, 3 Taf., 3 Abb.; Stuttgart
- GREGOR, H.-J. (1982e): Zur Ökologie der jungtertiären Säugetier-Fundstelle Sandelzhäusen.- Documenta naturae, **4**: 19-26; München..
- GREGOR, H.-J. (1983): Die miozäne Blatt- und Fruchtblora von Steinheim am Albuch (Schwäbische Alb).- Documenta naturae, **10**: 1-45, 8 Abb., 4 Taf.; München..
- GREGOR, H.-J. (1984a): Die jungtertiäre Florenabfolge der westlichen Vorlandmolasse (Günzburg-Biberach a.d. Riß) und die paläofloristische Bestätigung der DEHM'schen Serien.- Günzburger Hefte, **2** (Molasseforschung 84): 79-91, 1 Abb., 5 Tab., Anh.; Günzburg.
- GREGOR, H.-J. (1984b): Insektenreste aus jungtertiären Ablagerungen Bayerns und Baden-Württembergs.- Günzburger Hefte **2** (Molasseforschung 84): 75-78, div. Fig.; Günzburg.
- GREGOR, H.-J. (1986a): Die Früchte und Samen aus der Oberen Süßwassermolasse von Achldorf (Vilsbiburg, Niederbayern).- Documenta naturae, **30**: 49-59, Taf. 21-26, Anhang; München.
- GREGOR, H.-J. (1986b): Zur Flora des Randecker Maares (Miozän, Baden-Württemberg).- Stuttg. Beitr. Naturk., B, **122**, 17 S., 6 Taf.; Stuttgart.

- GREGOR, H.-J. (1989a): Aspects of the fossil record and phylogeny of the family Rutaceae (Zanthoxyleae, Toddalioideae).- Pl. Syst. Evol., **162**: 251-265, 6 Fig., Springer-Verl.; New York.
- GREGOR, H.-J. (1989b): Versuch eines neuen Klima-Modells für die Zeit der Oberen Meeres- und Süßwasser-Molasse in Bayern.- Documenta naturae, **46**: 34-47, 2 Tab., 19 Abb.; München..
- GREGOR, H.-J. (1992): Die Ries- und Steinheimer Meteoriten-Einschläge und ihre Folgen auf die Umgebung in Zeit und Raum.- Ber. Nat. wiss. Ver. Schwaben e.V., **96**, 4: 66-73, 4 Abb., Augsburg
- GREGOR, H.-J. (1993): Bemerkungen zum Molasse-Affen *Pliopithecus*.- Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben e.V., **97**,1: 21-24, 5 Abb., Augsburg
- GREGOR, H.-J. (1997): Bemerkungen zur fossilen „Eichenart“ *Quercus cruciata* A.BRAUN und ihrer Problematik in Molasse-Ablagerungen Süddeutschlands.- Documenta naturae, **110**: 89-101, 5 Abb., 1 Taf., München.
- GREGOR, H.-J. (2003): Impaktkrater der Süddeutschen Alb - Nördlinger Ries und Steinheimer Becken: ein Führer für Anfänger.- Documenta naturae, **SB 21**: 1-18, 9 Abb., München.
- GREGOR, H.-J. (2005): Ein Skelettrest von *Archaeobelodon* aus der Oberen Süßwassermolasse (Miozän) von Junkenhofen bei Gerolsbach (Krs. Pfaffenhofen a.d. Ilm).- Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben, 109: 5-25, 16 Abb., Augsburg
- GREGOR, H.-J. (2006a): *Campsis seehuberi* nov. spec. - Erstnachweis einer fossilen Trompetenblumen-Frucht in der Oberen Süßwassermolasse Bayerns (Untermiozän von Burtenbach).- Documenta naturae, **155**, 7: 21-37, 3 Abb., 3 Taf., München
- GREGOR, H.-J. (2006b): Eine neue Art des Granatapfels, *Punica kuhnii* nov. spec., aus der Oberen Süßwassermolasse von Unterwohlbach bei Hohenkammer (Freising/Bayern).- Documenta naturae, 155, 7: 9-17, 4 Abb., 2 Taf.,
- GREGOR, H.-J. (2006c): Erstfund des Elsbeerbaumes, *Sorbus praetorminalis* KRYSHTOF: & BAIKOVSK., in der Oberen Süßwassermolasse von Aubenham bei Oberbergkirchen (Kreis Mühldorf).- Documenta naturae, **155**, 8: 21-37, 6 Fig., 2 Taf., München
- GREGOR, H.-J. (2006d): Erstnachweis von fossilen Motten-Schildläusen, *Molassodina friedei* nov. gen. et spec. in Sedimenten der westlichen Oberen Süßwassermolasse bei Burtenbach (Bayern).- Documenta naturae, **155**, 8: 1-19, 4 Abb., 5 Taf., München
- GREGOR, H.-J. (2007a): Aubenham – eine jungtertiäre Fundstelle in der Oberen Süßwassermolasse Bayerns – Geologie, Flora und Fauna, Alter und Umwelt-Rekonstruktion.- Documenta naturae, SB 51, 76 S., viele farb. Fotos, München
- GREGOR, H.-J. (2007b): Der südindische Shola-Bergwald (Palni Hills, Western Ghats) und seine floristischen Beziehungen zum europäischen Neogen.- Documenta naturae, **160**: 1-67, 4 Abb., 2 Tab., 6 Taf., 3 Append., München
- GREGOR, H.-J. (2007c): Die Problematik paläoökologisch-paläoklimatischer Rekonstruktionen anhand geologisch-paläontologischer Beispiele.- Documenta naturae, 155, 9: 73 S., 2 Abb., 3 Tab., 4 Taf., München
- GREGOR, H.-J. (2007d): The Ries-Impact (Miocene, S-Germany) and its effect on the vegetation of the Suebian Alb and the Molasse Basin (Kurzmitteilung 5).- Documenta naturae, 164: 19-21, 1 tab., München

- GREGOR, H.-J. & HANTKE, R. (1980): Revision der fossilen Leguminosengattung *Podogonium* HEER (= *Gleditsia* LINNÉ) im europäischen Jungtertiär.- Feddes Repert., 91, 3: 151-182, Taf. 8-12, 7 Tab., 12. Abb.; Berlin.
- GREGOR, H.-J. & KNOBLOCH, E. (2003): Auwälder der Oberen Süßwassermolasse in Süddeutschland und ihre systematische Unterteilung (Kurzmitteilungen I): Documenta naturae, 149: 11-13, München.
- GREGOR, H.-J., KUHN, R. & STORCH, D.H. (2000): Gedanken zur taxonomisch-systematischen Stellung von *Deinotherium* auf Grund anatomisch-morphologischer Gegebenheiten.- Documenta naturae, 130: 1-141, 43 Abb., 7 Tab., 6 Taf., München.
- GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M., KNOBLOCH, E. & PLANDEROVA, E. (1989): Neue mega- und mikrofloristische Untersuchungen in der jungtertiären Molasse Bayerns.- Geologica Bavarica, 94: 281-369, 10 Abb., 5 Tab., 9 Taf.; München.
- GREGOR, H.-J. & MELLER, B. (2006): Tetraclinis MAST. – der Araarbaum als Modell für die Problematik paläoökologisch-paläoklimatischer Rekonstruktionen.- Documenta naturae, 155, 6: 1-33, 8 Abb., 2 Tab., 3 Taf., München
- GREGOR, H.-J., VELITZELOS, E. & HOLLEIS, P. (2005): Bemerkungen zu fossilen Hölzern und zum Begriff „Fossiler Wald“ weltweit und speziell von Griechenland - Diagenese und Umlagerung, xylotomische Probleme, stratigraphische Besonderheiten und ökologisch-klimatologische Interpretationen.- Documenta naturae, 154: 187 S., 11 Abb., 7 Tab., 40 Taf., München
- HARA, H. (1939a): I. Some notes on the botanical relation between North America and Eastern Asia. - Rhodora, 41, 489: 385-392, Boston 1939.
- HARA, H. (1939b): List of plants common to Japan and North America. (Ms.)
- HARA, H. (1959): The outline of the phytogeography of Japan. - 94 S., 61 Fig., Tokyo.
- HARSHBERGER, J.W. (1978): Phytogeographical Survey of North America. - 790 S., 18 Taf., 1 Karte. - Hafner Publ. Co, New York.
- HEISSIG, K. (1984): Nashornverwandte (Rhinocerotidae) aus der Oberen Süßwassermolasse und ihre Bedeutung für deren Lokalstratigraphie. - Günzburger Hefte, 2 (Molasseforschung 84) : z2-74, 3 Abb., 3 Taf., Günzburg.
- HEISSIG, K. (1986): No effect of the Ries impact event on the local mammal fauna. - Mod. Geol., 10: 171-179, 3 figs., Gordon & Breach, Sci. Publ., U.K.
- HEIZMANN, E.P.J. (1973): Die tertiären Wirbeltiere des Steinheimer Beckens , V. Die Carnivoren des Steinheimer Beckens. -Palaeontographia Suppl., VIII, Teil V, B: 1-95, 4 Taf., 33 Abb., Stuttgart.
- HEIZMANN, E.P.J. (1976): Die palaeontologische Erforschung des Steinheimer Beckens, in: Meteorkrater Steinheimer Becken: 29-45, 14 Abb., (Hrsg. Gem.Steinheim a.A.), Heidenheim.
- HEIZMANN, E.P.J. (1984): Deinotherium im Unter-Miozän von Langenau und seine Bedeutung für die Untergliederung der Molasse. - Günzburger Hefte, 2 (Molasseforschung 84) : 36-39,div. Fig., Günzburg.
- HEIZMANN, E.P.J. DURANTHON, F. & TASSY, P. (1996): Miozäne Großsäugetiere.- Stuttgarter Beiträge z.Naturkd., 39:1-60, 35 Abb., Stuttgart

- HEIZMANN, E.P.J., GINSBURG, L. & BULOT, CH. (1980): *Prosansanosmilus peregrinus*, ein neuer machairodontider Felide aus dem Miozän Deutschlands und Frankreich. - Stuttgarter Beitr.Naturk. B, 58: 1-24, 2 Taf., 6 Abb., Stuttgart.
- HEIZMANN, E.P.J. & REIFF, W. (2002): Der Steinheimer Meteorkrater.-160 S., 155 Abb., F.PFEIL Verl., München (Hrsg. Gem. Steinheim a.A.)
- KNOBLOCH, E. (1986): Die Flora aus der Oberen Süßwassermolasse von Achldorf bei Vilsbiburg (Niederbayern).- Documenta naturae, 30: 14-48, 20 Taf., München
- KNOBLOCH, E. (1988): Neue Ergebnisse zur Flora aus der Oberen Süßwassermolasse von Aubenham bei Ampfing (Krs. Mühldorf am Inn). - Documenta naturae, 42: 2-27, 14 Taf.; München.
- KNOBLOCH, E. - GREGOR, H.-J. (1986): Laub- und Nadelbäume. Die Flora von Achldorf. - Fossilien, 3,4: 165-169, 11 Fotos, Korb.
- KNOBLOCH, E. - ZAHN, H. (1991): Die Blattflora aus der Oberen Süßwassermolasse von Ebing (Waldkraiburg) - im Vergleich mit der Flora von Aubenham. - Documenta naturae 61: 15-21, 2 Taf., München.
- KÖPPEN, W. (1931): Grundriss der Klimakunde.- 388 S., 2. Aufl. von: Die Klimate der Erde 1923, Berlin.
- LITTLE, E. L. (1971): Atlas of United States trees, vol. 1: Conifers and important hardwoods. - U. S. Dept. Agricult., Misc. Publ. 1146, 9 p., 200 maps., U.S. Dept.Agricult., Washington
- PURI, G.S. (1960): Indian Forest Ecology, vol. I. - 318 S., 238 Fig., 93 Tab., New Delhi.
- SCHAUDERNA, H., 1981: Die Diatomeenflora aus den miozänen Seeablagerungen im Nördlinger Ries - Inaug. Diss. Univ. München, 197 S., 27 Taf., München
- SPITZLBERGER, G. (1984): Die Rieskatastrophe in ihrer Auswirkung auf die Florengeschichte Mitteleuropas. - Naturwiss.Zeitschr.Niederbayerns, 30: 173-177, Landshut.
- UNGER, H. J. (1986): Zur Geologie (Sedimentologie, Lithologie) des Obermiozäns von Achldorf /Niederbayern.- Documenta naturae, 30: 1-13, 7 Abb., 2 Tab., München
- WANG, CH.-W. (1961): The Forests of China, with a survey of grassland and desert vegetation. - Maria Moors Cabot Found. Publ. Ser., 5, 313 S., 22 Tab., 78 Fig.; (Harvard Univ.) Cambridge, Mass.

### Abbildungsbelege

#### Abb. 1:

1-1 *Salix*

1-2 *Cinnamomum*-Zimtblatt,

1-3 *Corylopsis*

1-4 *Ginkgo adiantoides*

1-5 *Zelkova*-Wasserulme

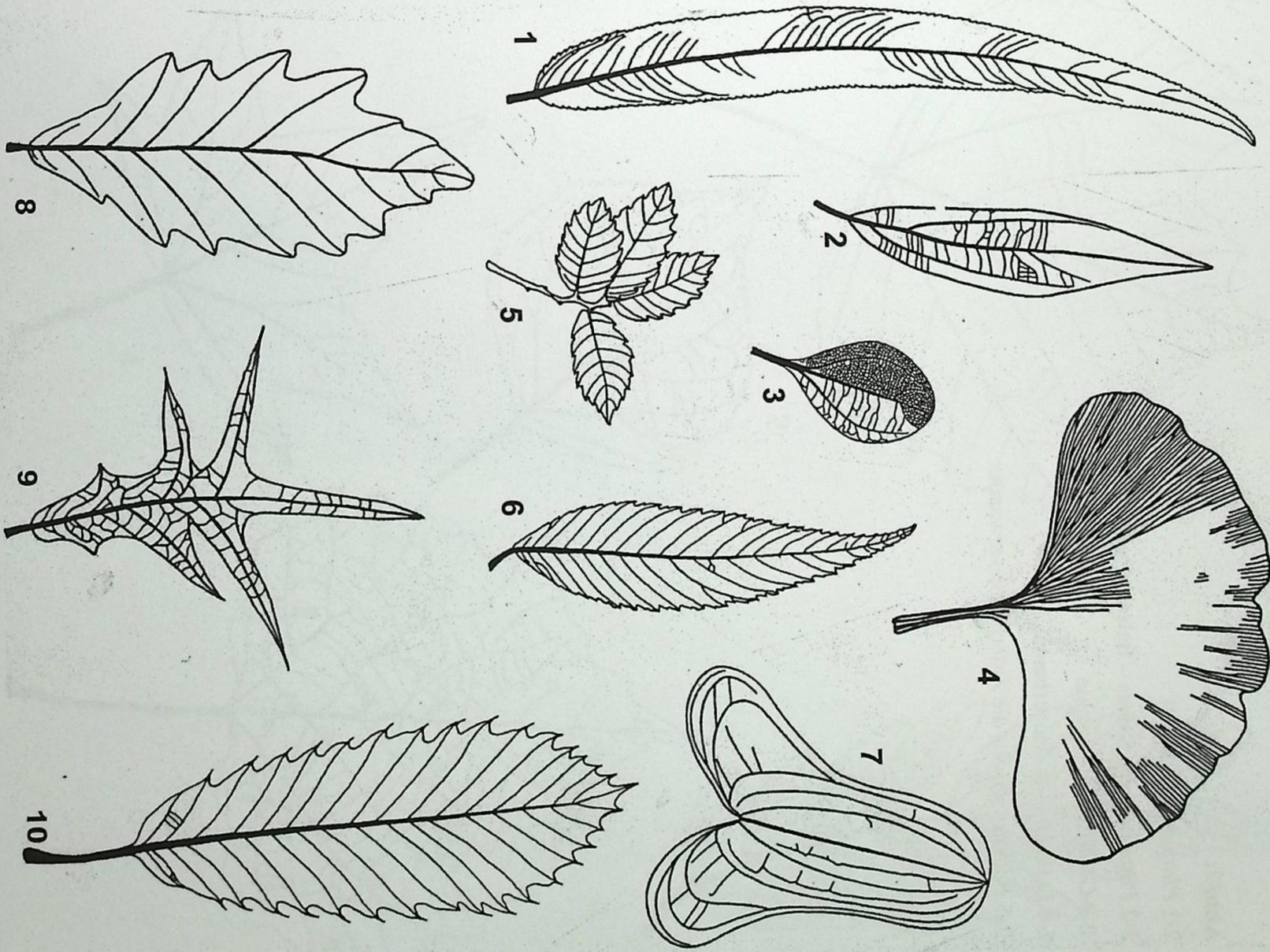
1-6 *Ulmus*-Ulme

1-7 *Smilax*-Stechwinde

1-8 *Quercus pseudocastanea*, die stachelspitzige Eiche mit mehr rundlichen Blattspitzen vom Typ *Qu. roburoides*

1-9 *Quercus cruciata*, die kreuzförmige Eiche

1-10 *Quercus pseudocastanea*, die stachelspitzige Eiche mit mehr spitzigen Blattspitzen



**Abb. 2:**

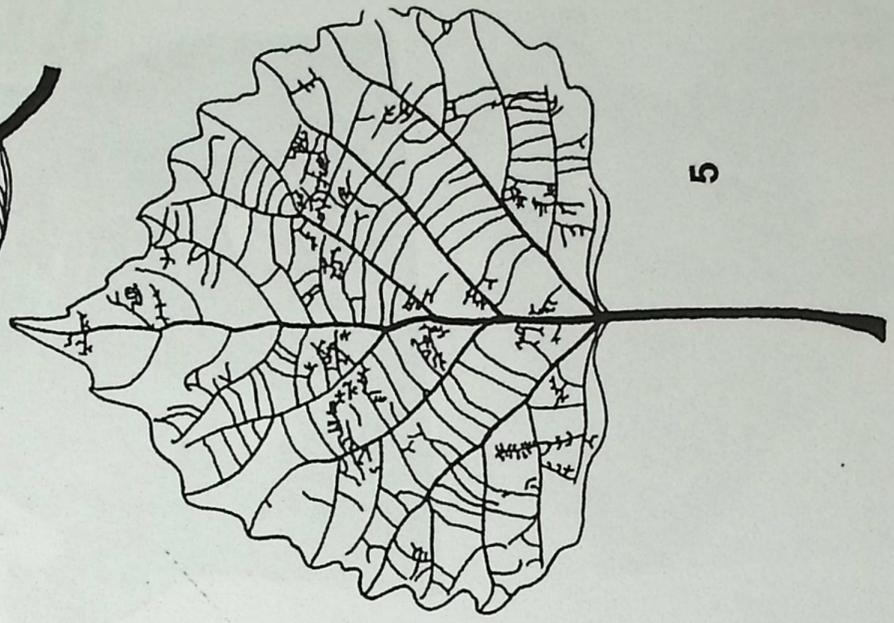
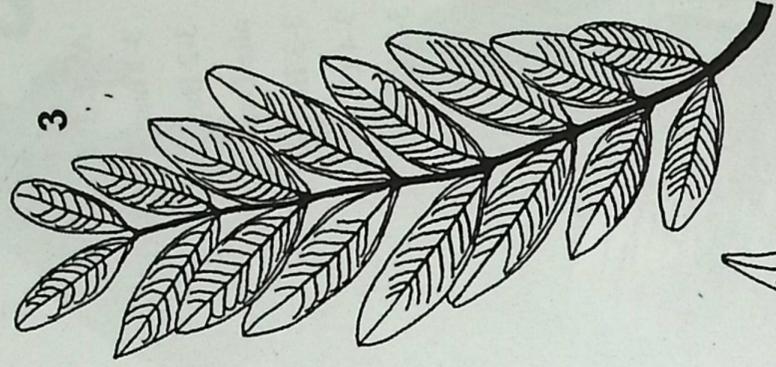
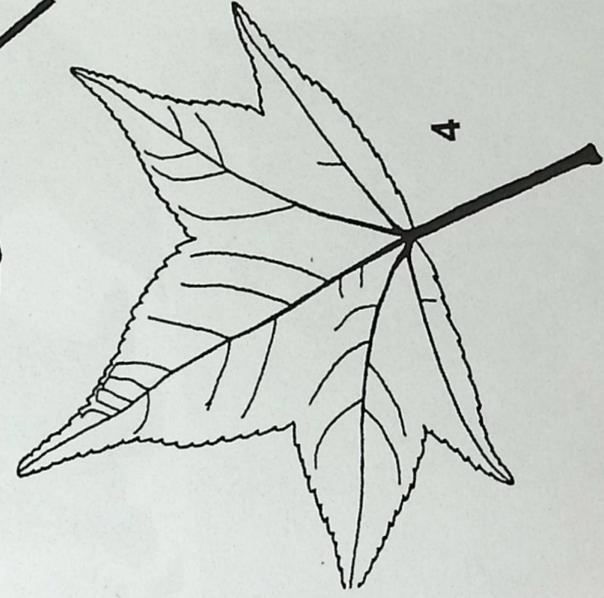
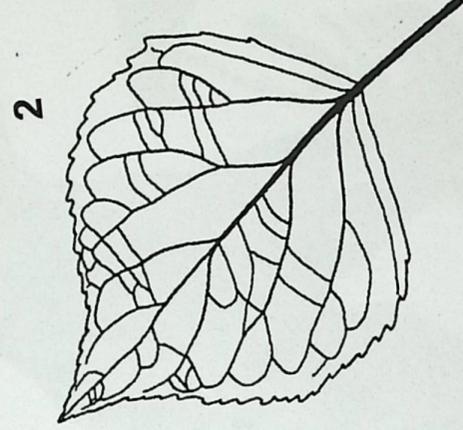
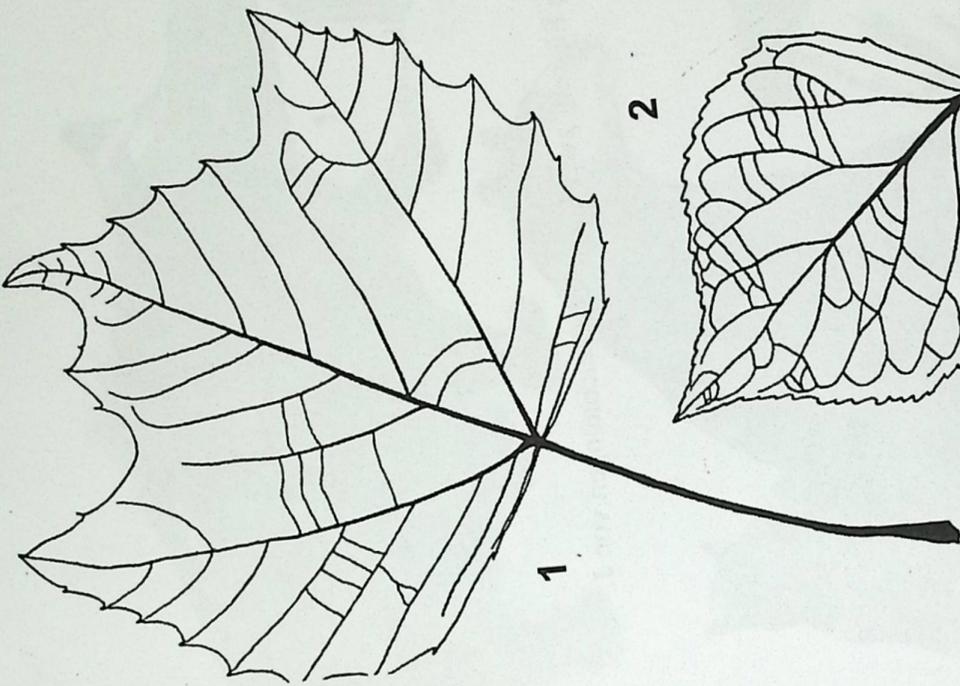
2-1 *Platanus*-Platane

2-2 *Populus balsamoides* – Balsam-Pappel

2-3 *Gleditsia*-Gleditschie

2-4 *Liquidambar*-Amberbaum

2-5 *Populus latior* - die Zitterpappelverwandte



**Abb. 3:**

3-1 hornloser Rhinoceros-Typ

3-2 Bayerisches Schreckenstier *Deinotherium bavaricum* mit Stoßzähnen im Unterkiefer –  
alte Darstellung mit Rüssel

3-3 Bärenhund Amphicyonide

3-4 *Chalicotherium*, ein ausgestorbenes Krallentier

3-5 Anchitherien-Urpferde

3-6 Kopf des *Deinotherium bavaricum* ohne Rüssel - zwei Versuche (Zeichnungen von J.  
Tiroch)

