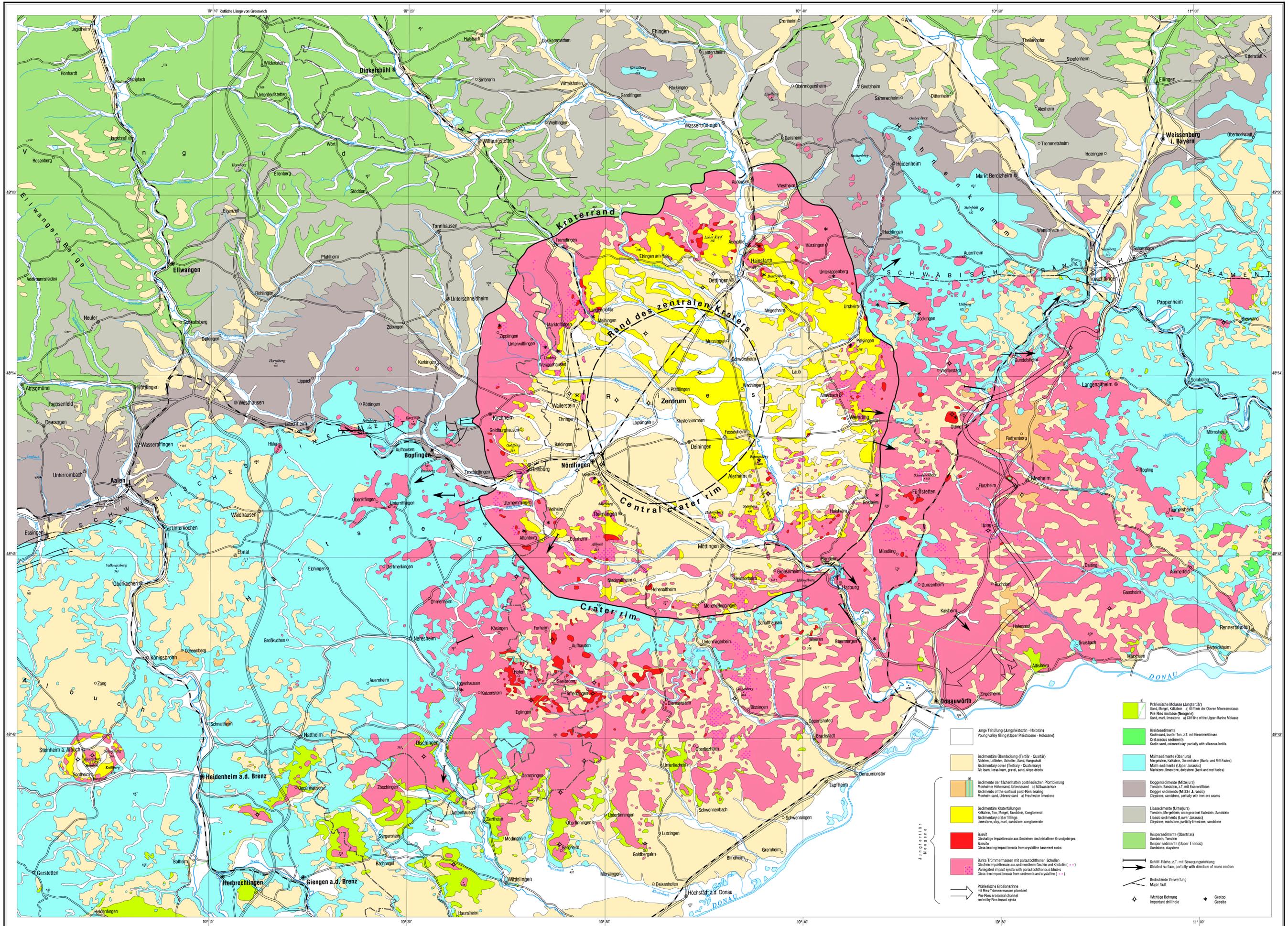


GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE DES METEORITENKRATERS NÖRDLINGER RIES 1:100000

Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt, München 2004

5., überarbeitete Auflage

Überarbeitet von HERMANN SCHMIDT-KALER
auf Grundlage der 4. Auflage, München 1992, sowie unter Berücksichtigung
der Geologischen Karte des Rieses 1:50000, München 1999



- Legende**
- Junges Tertiär (Angliozän - Holozän)
Young valley filling (Upper Pleistocene - Holocene)
 - Sedimentäre Überdeckung (Tertiär - Quartär)
Sedimentary cover (Tertiary - Quaternary)
All loam, loess loam, gravel, sand, slope debris
 - Sedimente der flächenhaften post-impactischen Promontierung
Monomer Höhengrand, Überstrand a) Eisenerzton
Sediments of the surficial post-impact sealing
Monomer sand, Upper sand a) Feiferter Limestone
 - Sedimentäre Kraterfüllungen
Kalkstein, Ton, Mergel, Sandstein, Konglomerat
Sedimentary crater fillings
Limestone, clay, marl, sandstone, conglomerate
 - Riesfallung
Glass-bearing impact breccia from crystalline basement rocks
 - Riesstein
Verregelted impact ejecta with parautochthonous blocks
Glass-free impact breccia from sediments and crystalline (---)
 - Präriessische Erosionsrinne
mit Ries-Tormentmassen pombiert
Pre-Ries erosional channel
sealed by Ries impact ejecta
 - Präriessische Molasse (Angliozän)
Sand, Mergel, Kalkstein a) Kiffner der Oberen Mesozoölasse
Pre-Ries molasse (Angliozän)
Sand, marl, limestone a) Cliff line of the Upper Marine Molasse
 - Kreide- und Paläozän-Sedimente
Kreide, Sandstein, Ton, z.T. mit Kieselsteinen
Cretaceous sediments
Kreide sand, coloured clay, partly with siliceous lentils
 - Malm- und Jura-Sedimente (Ober- und Mittelmalm)
Mergel, Kalkstein, Dolomiten (Bänk- und Rill-Fazies)
Malm sediments (Upper Jurassic)
Marlstone, limestone, oolite (bank and rill facies)
 - Dogger-Sedimente (Mittelmalm)
Tonstein, Sandstein, z.T. mit Eisenerzton
Dogger sediments (Middle Jurassic)
Claystone, sandstone, partly with iron-ore seams
 - Lias-Sedimente (Untermalm)
Tonstein, Mergelstein, untergegrübelter Kalkstein, Sandstein
Liasic sediments (Lower Jurassic)
Claystone, marlstone, partly limestone, sandstone
 - Kupferschiefer-Sedimente (Obertrias)
Sandstein, Tonstein
Kupfer sediments (Upper Triassic)
Sandstone, claystone
 - Schicht-Fläche, z.T. mit Bewegungsrichtung
Striated surface, partly with direction of mass motion
 - Bedeckende Verwerfung
Major fault
 - Wichtige Bohrung
Important drill hole
 - Geotop
Geotope

Nördlinger Ries und Steinheimer Becken

Das Nördlinger Ries ist der größte der gut erhaltenen Meteoriten-Krater auf der Erde. Nur etwa 40 Kilometer entfernt befindet sich ein weiterer, kleinerer Krater; das Steinheimer Becken. Beide Strukturen entstanden vor etwa 14,5 Millionen Jahren durch den Einschlag eines etwa 1 Kilometer großen Asteroiden und seines viel kleineren Begleiters (Durchmesser ca. 80 m). Mit einem Durchmesser von ca. 25 km durchbricht der Rieskrater den langgestreckten Zug der Schwäbisch-Fränkischen Alb. Die auffällige Erscheinung des Rieses und seine röhrenhaften Gesteine sowie deren Lagerung haben fast zwei Jahrhunderte hindurch Generationen von Forschern beschäftigt. Mit der Entdeckung von Mineralien, die nur unter extrem hohen Drücken und Temperaturen entstehen können, gelang schließlich 1961 den Wissenschaftlern E.M. Shoemaker und E.T.C. Chao der Nachweis, dass es sich beim Nördlinger Ries tatsächlich um einen Meteoritenkrater handelt.

Nach neueren Erkenntnissen hat sich diese gewaltige Katastrophe vor etwa 14,5 Millionen Jahren (Jungtertiär) innerhalb weniger Minuten abgespielt. Beim Einschlag des Großmeteoriten wurden ungefähr 150 km³ Gestein ausgeworfen. Bis in eine Entfernung von ca. 50 km lagerten sich die chaotisch durchgemerten Gesteinstrümmen ab. In wenigen Minuten haben diese sog. „Bunten Trümmernassen“ alte Talformen aufgefüllt und eine gänzlich neue Landschaft von nahezu 5000 km² Ausdehnung geschaffen. Im Umkreis von 100 km oder mehr löschte die gewaltige Druck- und Hitzewelle alles pflanzliche und tierische Leben aus.

Durch die enorme Wirkung des Impaktereignisses auf den Untergrund haben sich im Ries auch Schliff-Flächen auf massiven Malmkalen gebildet. Das sind glatte, ebene oder leicht bucklige Flächen mit auf das Kraterzentrum gerichteten Striemen. Man führt sie auf horizontale Bewegungen der überschobenen Bunten Trümmernassen zurück. Zeugen der hohen Verformungskräfte beim Einschlag sind unter anderem die Stützskelette (Rostron) von versteinerten Belemniten (Tintenfischen). Sie sind von zahlreichen Brüchen, die schräg zur Längsachse verlaufen, durchsetzt, zersplittert und wieder verheilt. Man nennt diese zerdrückten Fossilien auch „Riesbelemniten“. Unmittelbar nach dem Einschlag im Ries stieg eine mit Gesteinstrümmern und Schmelze beladene Explosionswolke bis in die obere Atmosphäre auf.



Abb. 2: SUEVIT-Block, Durchmesser ca. 1 m, Steinbruch Otting, Ries. Foto: E. Geiß, München.

Fig. 2: SUEVITE block, diameter approx. 1 m, Otting quarry, Ries. Photo: E. Geiß, Munich.

Steckbrief Ries-Impakt

Größe des Asteroiden: ca. 1 km Durchmesser
 Impaktenergie: ca. 10²⁰ J (entsprechend 250 000 Hiroshima Bomben)
 Geschwindigkeit des Asteroiden: ca. 70 000 km/h
 Maximaler Druck: bis 10 Mio. bar (10¹² Pa)
 Maximale Temperatur: einige 10 000 °C
 Höhe der Glutwolke: ca. 30 km
 Bewegte Gesteinsmassen: >1000 km³
 Dauer der Kraterbildung: 20 bis 30 Sekunden
 Ende aller schnellen Bewegungen: nach einigen Minuten
 Durchmesser des primären Kraters: ca. 12 km
 Tiefe des primären Kraters: max. ca. 4 km
 Durchmesser am Ende der Kraterbildung: ca. 25 km
 Tiefe am Ende der Kraterbildungsphase: mehr als 600 m
 Auswurfweite: Bunte Trümmernassen bis 50 km
 Reutererische Blöcke bis 120 km
 Moldavite bis 400 km

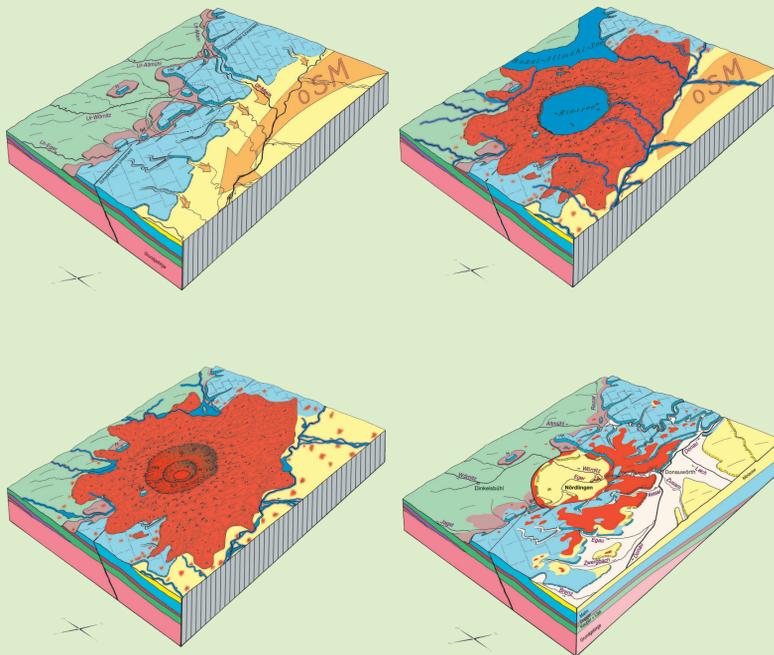
Abb. 4: Landschaftsentwicklung im Ries

4a: Rekonstruktion der Landschaft vor dem Einschlag. Der Abtlauf vor der zerlappten Malmkalk-Tafel (blau) läuft von Westen her ins spätere Kratergebiet (punktierte Linie). Davor breitet sich das Alborland aus (braun = Doggersedimente, grün = Keuper- und Liassedimente). Im Süden befindet sich die Sedimentationsraum der Oberen Süßwasserermolasse (OSM).

4b: Das Relief und Gewässernetz nach dem Einschlag sind durch den mehr als 600 m tiefen Krater und die ihn umgebenden Auswurfmassen geprägt. Die vorherigen Flussläufe sind verschüttet. Am Rand der Trümmernassen bilden sich kleine Wasserflächen durch den Aufstau der Urtafel.

4c: Durch den Aufstau des Ur-Mains (mit Ur-Altluß) bildet sich der sogenannte Rezat-Altluß-See mit einer dem heutigen Bodensee vergleichbaren Fläche. Im Krater entsteht ein salzhaltiger Kratersee. Beide dürften etwa 2 bis 2,5 Mio. Jahre bestanden haben. Allmählich bildet sich ein neues Gewässernetz und die Seen werden aufgefüllt.

4d: Die heutige Landschaft als Ergebnis der vorhergehenden Etappen. Die vorher verschüttete Kraterhohlförmung wird durch die anschließende Abtragung teilweise wieder freigelegt. Von der geschlossenen Trümmernassen-Decke rings um den Krater ist nur im Süden auf dem verkarsteten Malmkalk ein zusammenhängender Teil erhalten. Im Norden ist sie auf den weicheren Schichten des Alborlandes fast völlig entfernt worden. Ganz im Süden haben Donau und Lech große Terrassen und Flussauen aufgeschüttet.



H: Hesselberg, HK: Hahnenkamm

Aus/fremd von Hüttner & Schmidt-Kaler (2003)

Fig. 4: Development of the landscape in the Ries Crater

4a: Reconstruction of the territory before the impact. The Malm limestone plateau of the Alb (blue) runs from the west into what will become the crater area (dotted line). To the north of it we can see the Alb foreland spread (brown – Dogger sediments, green – Keuper and Liassic sediments) and to the south the sediments of the Upper Freshwater Molasse (OSM).

4b: The relief and watercourses after the impact are shaped by the more than 600 m deep crater and the surrounding ejected debris. The former stream courses are submerged. At the edge of the debris field, small lakes form because of the backwater in the original valleys.

4c: Because of the backwater of the original Main river (and the original Altluß river) the so-called Lake Rezat-Altluß is formed with a surface area comparable to that as supposed to have existed for about two million years. Finally a new set of watercourses developed. The lakes were filled up.

4d: Today's landscape as the result of the previous stages. The formerly submerged crater cavity has been partially uncovered by subsequent erosion. From the previously coherent debris cover a continuous area only remains on the karstified Malm limestone to the south of the crater.

Characteristics of the Ries impact

Size of the asteroid: about 1 km in diameter
 Energy conveyed by the impact: about 10²⁰ J (equivalent to 250 000 nuclear weapons of Hiroshima size)
 Velocity of the asteroid: about 70 000 km/h (43 700 m. p. h.)
 Maximum pressure: up to 10 mill. bar (10¹² Pa)
 Maximum temperature: some 10 000 °C
 Height of the blazing cloud: about 30 km
 Volume of transported rock: > 1000 km³
 Duration of crater genesis: 20 to 30 seconds
 End of all fast movements: after some minutes
 Diameter of the primary crater: about 12 km
 Depth of the primary crater: maximum about 4 km
 Diameter of the final crater: about 25 km
 Depth of the final crater: more than 600 m
 Range of ejected material: variegated impact ejecta up to 50 km
 Reuter blocks up to 120 km
 Moldavites up to 400 km

This change in the landscape of southern Germany led to a new scenery and a great modification of the drainage pattern: many watercourses were diverted and dammed up. New reservoirs developed, of which the largest one was Lake Rezat-Altluß. In the north it reached to the area of Nuremberg, its surface area was comparable to that of today's Lake Constance.

Directly after the event of the impact the craters filled with the help of flood-like rain falls. In the craters huge streams of mud and debris seethed. Especially the Ries crater lake probably had a very high salt content. At that time, there was no life in the warm, muddy and brackish lake. The salt originated from the soluble mineral material in the debris at the floor of the crater.

Later on the lakes lacking drainage where supplied from the precipitation within and closely around the craters. In the course of time, the salt content was reduced and the lakes became a habitat for fish, snails, hermit crabs and algae. They had all adapted themselves to the brackish environment. Finally, the craters were filled with fresh water lakes in and around which comprehensive vegetation and wildlife could feel at home.

Eine wissenschaftsgeschichtlich besondere Rolle spielten die im Steinheimer Becken in großer Zahl vorkommenden fossilen Schnecken. Der 1867 von Franz Hilgendorf aus der Variation ihrer Gehäuseformen abgeleitete Stammbaum der Steinheimer Tellerschnecken gilt als der weltweit erste paläontologische Beweis für die von Charles Darwin erkannte Veränderbarkeit der Arten. Schließlich waren die Seebecken praktisch vollständig aufgefüllt und die Krater unter den Sedimenten verschwunden. Erst durch die Abtragung während des Eisalters wurden die heutigen Kraterformen von Ries und Steinheimer Becken wieder sichtbar.



Abb. 5: „Riesbelemniten“ Durch die Druckwelle zerscherzte und nachträglich wieder verheilte Belemniten. Steinbruch Bschor, Ronheim. Bildbreite ca. 6 cm.

Fig. 5: „Ries belemnites“ Belemnites distorted due to the pressure wave and subsequently accreted again. Bschor quarry, Ronheim. Image width ca. 6 cm.

Umschlag: Vorderseite
 Das heutige Relief des Nördlinger Rieses mit Verteilung der Auswurfmassen (rosa) und der sedimentären Kraterfüllung (gelb). Datengrundlage der Reliefdarstellung: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Copyright DLR 2004.

Umschlag: Rückseite
 Charakteristische Impaktgesteine aus dem Nördlinger Ries und dem Steinheimer Becken: Impaktglas (sog. „Flädele“, Größe ca. 12 cm) aus dem Suevit von Heerhof im Ries und Strahlenkegel („Shatter Cone“, Größe ca. 21 cm) aus dem Malmkalk des Steinheimer Beckens.

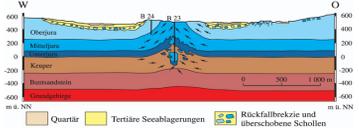


Abb. 8: Geologischer Schnitt durch das Steinheimer Becken Durch Ausgleichsbewegungen unmittelbar nach dem Impakt wurden Gesteinsschollen aus der Tiefe und von den Seiten hochgepresst und bilden einen charakteristischen „zentralen Hügel“. Abbildung aus Heizmann & Reiff (2002).

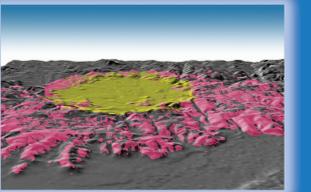
Fig. 8: Geological cross section through the Steinheim Basin Compensating movements right after the impact pressed clods of rock up from deeper regions and from the sides of the impact zone. These rocks form the characteristic „central uplift“. Figure from Heizmann & Reiff (2002).



Meteoritenkrater Nördlinger Ries

Meteorite crater Nördlinger Ries
 Geologische Karte - Geologic map
 1:100 000

Mit Kurzerläuterungen
 with brief description



Bayerisches Geologisches Landesamt

Weiterführende Literatur - Further reading

- Bayerisches Geologisches Landesamt (1999): Geologische Karte des Rieses 1: 50 000. – München. – Sehr detaillierte geologische Karte, mit Kurzerläuterungen und Verzeichnis von wichtigen Geotopen auf der Rückseite. Auch als CD-ROM-Version erhältlich.
- Groiss, J., Haunschild, H. & Zeiss, A. (2000): Das Ries und sein Vorland. – Slg. Geol. Führer, 92: 271 S., Berlin (Borntaeger).
- Heizmann, E.P.J. & Reiff, W. (2002): Der Steinheimer Meteoritenkrater. – 160 S., München (Pfeil). – Ausführlicher, gut bebildeter Museumsführer, der inhaltlich weit über die Beschreibung der ausgestellten Exponate hinausgeht.
- Hüttner, R. & Schmidt-Kaler, H. (2003): Wanderungen in die Erdgeschichte (10): Meteoritenkrater Nördlinger Ries. – 2. Aufl., 160 S., München (Pfeil). – Detaillierte Beschreibung des Ries-Kraters mit ausführlichen Exkursionsvorschlägen und Beschreibungen vieler wichtiger Aufschlüsse.
- Pösges, G. & Schieber, M. (1994): Das Rieskrater-Museum Nördlingen. – 112 S., München (Pfeil). – Sehr instruktiver Museumsführer, einschließlich Empfehlungen zur Gestaltung eines Aufenthalts im Ries.
- Kavatsch, J. (1996): Meteoritenkrater Ries. Ein geologischer Führer. – 12. Aufl., bearb. v. Kavatsch, W.D.: 88 S., Donaauwörth (Auer).
- Melosh, H.J. (1989): Impact Cratering. A Geological Process. – VII + 245 S., New York (Oxford University Press).

Gestaltung und Layout der Rückseite: E. Geiß, R. Reichel Textzusammenstellung: E. Geiß unter Verwendung von Beiträgen von H. Frank und H. Schmidt-Kaler. Translation: R. Bennett Redaktion: E. Geiß und K. Schwarder

Dem Rieskrater-Museum (M. Schieber und G. Pösges) sei für die fachliche Beratung gedankt. Besonderer Dank gebührt dem Verlag Dr. F. Pfeil, München (www.pfeil-verlag.de) für die Überlassung der Abbildungen 4 und 8.

©Bayerisches Geologisches Landesamt, eine Fachbehörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 2004
 Internet: www.geologie.bayern.de
 Druck: Bayerisches Landesvermessungsamt, München

Ries Crater and Steinheim Basin

The Ries crater is the largest and best preserved meteorite crater on Earth. Another smaller crater – the Steinheim Basin – can be found only about 40 kilometres southwestward. Both structures were formed circa 14,5 million years ago, presumably following the impact of an asteroid measuring 1 kilometre in diameter and its much smaller companion with a diameter of about 80 meters.

With a diameter of 25 km, the Ries crater breaches the limestone plateau of the Swabian-Franconian Alb. Both the eye-catching appearance of the Ries and its mysterious rocks and also their deposits occupied generations of scientists for almost two centuries. In 1961, the scientists E. M. Shoemaker and E. T. C. Chao managed to prove that the Ries crater actually is a meteorite crater. They were led by the discovery of minerals which can only be produced under high pressures and temperatures. According to current research, this mighty catastrophe took place within only a few minutes during the Neogene (about 14,5 million years ago).

The impact of a large meteorite ejected some 150 km³ of rock, and a caotic assortment of large rock debris was deposited up to 50 km away from the impact site. Within a few minutes these so-called „variegated impact ejecta“ filled old valleys and thus created a completely new landscape with an extent of almost 5000 km². In a distance of 100 km (or more) all plant and animal life had already been extinguished by the massive pressure and heat wave following the impact. The enormous effect of this event on the basement also produced polished surfaces on massive limestone: smooth, flat or slightly bumpy surfaces display striae which are oriented towards the centre of the Ries crater. These can be traced to horizontal movements of the sheeted variegated impact ejecta.

The skeletons of lithified belemnites (fossil squids) also bear evidence of the large strain during the impact. These have been riddled with numerous breakages which run angular to their longitudinal axis, sheared and then healed again. That is why these swatted remains are also called „Ries belemnites“.

Immediately after the impact a cloud loaded with rock debris and melt rose as far as the upper atmosphere. The material which fell down again wallowed over the destroyed landscape as a glowing cloud and formed a new rock – a mixture of sediment and crystalline rocks combined with frazzles of the melt (locally called „Flädele“). This type of rock (which was first described in connection with the Ries crater) has in the meantime been discovered in many big meteorite

craters on Earth and was named suevite (which is Latin for „Swabian stone“) after its discovery site. Also traces of microscopically small diamonds occur in suevite. In the 90 metres tall spire of St George's church, the landmark of the town of Noerdlingen (situated in the crater), approximately 600 to 900 g of diamonds are contained.

No formation of rock melt took place, however, in the neighbouring Steinheim Basin due to the smaller dimensions of the impacting body. Instead, so-called shatter cones (cf. figure on reverse side of folded map) were produced when the shock wave traversed the Jurassic limestones.

These were first described in connection with the Steinheim Basin. Meanwhile, they are known from many meteorite craters on Earth as being typical of impacts.

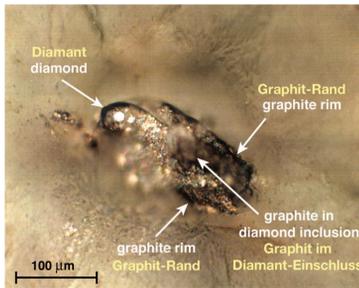


Abb. 3: Mikroskopische Aufnahme eines großen Kornes aus Schock-induziertem Diamanten (0,0-2 mm) mit stark deformiertem Graphit im Innern und am Rand des Diamanten. Im stark geschockten Gneis aus dem Suevit-Steinbruch Otting. Foto: A. El Goresy, MPI Mainz.

Fig. 3: Photomicrograph of a large composite grain of diamond (0,0-2 mm) and heavily deformed graphite in the interior and in the rim of the diamond. Heavily shocked gneiss fragment from the Suevite in Otting quarry. Photo: A. El Goresy, MPI Mainz.