



GESTEIN DES JAHRES 2024



SUEVIT

Herausgeber

Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e. V.
Paradiesstraße 208
12526 Berlin
Tel.: 030 / 616 957 - 32
Internet: www.uvmb.de

Mit freundlicher Unterstützung des

Bayerischen Industrieverbandes Baustoffe, Steine und Erden (BIV) e.V.
Beethovenstraße 8
80336 München
Tel.: 089 51403 - 0
www.biv.bayern

Redaktion

Dr. Stephanie Gillhuber – Bayerischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e.V. (BIV)
Bert Vulpus – Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e. V.

Layout/Satz

Regina Devrient

Fotos und Abbildungen

Die Rechte der Fotos liegen bei den Autoren, Abweichungen sind ausgewiesen.

Druck

WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

Umschlagfotos

St. Georgs-Kirche in Nördlingen (Foto: Dietmar Denger)
Suevit-Relief an der Post in Augsburg (Foto: Klaus Poschlod)

Bestellungen

Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e. V.
Wiesenring 11
04159 Leipzig
Tel.: 0341 / 520 466 - 0
Fax: 0341 / 520 466 - 40
E-Mail: leipzig@uvmb.de

Inhalt

Suevit ist das Gestein des Jahres 2024	4
Europas riesiger Meteoritenkrater – UNESCO Global Geopark Ries	10
RiesKraterMuseum Nördlingen (RKM) und ZERIN – Anlaufpunkt für interessierte Laien und Wissenschaftler im Rieskrater	19
Das Nördlinger Ries: Die Tat eines verirrten Paares – Bis heute ein nicht ganz gelöster Kriminalfall –	29
Per aspera ad astra – Von den Steinen zu den Sternen – Suevit – das himmlische Gestein	43
Suevit-Lagerstätten in Süddeutschland.....	54
Verwendung von Suevit als Naturwerkstein	62
Suevit – Anwendungen in der Baustoffindustrie	70
In der Welt des Suevit: Eine Schatzkammer der Artenvielfalt	82
Autorenverzeichnis	88

Suevit ist das Gestein des Jahres 2024

MANUEL LAPP, FREIBERG & ANDREAS GÜNTHER-PLÖNES, BONN

Im Jahre 1971 war es eine Premiere, als mit dem vom Aussterben bedrohten Wanderfalken erstmalig ein „Vogel des Jahres“ ernannt wurde. Die Idee, ein Lebewesen zur Pflanze oder zum Tier des Jahres zu küren, erfreut sich seitdem wachsender Beliebtheit. Es dauerte noch bis zum Jahr 2007, bis mit dem Granit ein Vertreter der unbelebten Natur zum Gestein des Jahres gewählt wurde. Es war der Beginn einer Erfolgsgeschichte.

Jährlich wird das Gestein des Jahres von einem Fachkuratorium unter Federführung des Berufsverbandes Deutscher Geowissenschaftler (BDG) e. V. ausgewählt. Die Initiative hat zum Ziel, über die Bedeutung von Gesteinen zu informieren, vor allem aber geowissenschaftliche Themen einer möglichst breiten Öffentlichkeit zu vermitteln.

Bei den zahlreichen Aktivitäten im Laufe des Jahres werden Gesteine als Produkte geologischer Prozesse wie Vulkanismus, Sedimentation oder Metamorphose vorgestellt. Sie sind aber auch prägende Elemente von Landschaften (Berge, Täler, Schluchten, Felsen, Klippen) und Ausgangsmaterial für die Bodenbildung und damit wesentlicher Einflussfaktor für die Entwicklung von Vegetation und Bodenfruchtbarkeit. Schon früh wurde klar, dass auch die Natursteinindustrie und die Rohstoffwirtschaft in die Aktivitäten rund um das Gestein des Jahres einbezogen werden müssen. Denn auch die Nutzung der Gesteine und ihre Bedeutung als Rohstoffe sind zu thematisieren. Gesteine sind für uns heute von zentraler Bedeutung als Werksteine für Bauwerke, als stoffliche Grundlage für Architektur und bildende Kunst (Skulpturen), als Zuschlagstoffe für das Bauwesen (Sand, Kies, Naturstein, Kalkstein, Gips) sowie als Grundstoffe für die verschiedensten Industriezweige (Chemie, Papier, Keramik, Kosmetik, Lebensmittel).

Mit der Nominierung des Suevits zum Gestein des Jahres 2024 soll das Gestein einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht und allgemein auf die Bedeutung der Geowissenschaften und Gesteine im täglichen Leben hingewiesen werden. Im Mittelpunkt steht dabei die Präsentation und Taufe. Im Jahr 2024 erfolgt diese in Kooperation mit folgenden Hauptpartnern: UNESCO Global Geopark Ries, RiesKraterMuseum in Nördlingen, Märker Zement GmbH, Bayerischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e. V. (BIV), Bayerischer Geologischer Dienst im Landesamt für Umwelt (LfU), SCHWENK Zement GmbH & Co. KG und Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden.



Abbildung 1: Suevit-Block mit „Fäde“ (Foto: Stephanie Gillhuber).

Zahlreiche Akteure machen mit eigenen Aktivitäten auf die Aktion aufmerksam. Neben Veranstaltungen, vorzugsweise zum Tag des Geotops am dritten Sonntag im September, handelt es sich um verschiedene Publikationen. Schönes Beispiel sind die populär geschriebenen und reich bebilderten Hefte des Unternehmerverbandes Mineralische Rohstoffe (UVMB) zu zahlreichen Gesteinen mit Bedeutung für die Steine- und Erden-Industrie www.uvmb.de/de/service/mediathek.html. Viele lokale Akteure haben die Gelegenheit in der Vergangenheit genutzt, um sich unter dem Slogan „Gestein des Jahres“ in den Vordergrund zu stellen. Dazu zählen: Universitäten, Geologische Dienste, Museen, Geoparks, Tourismusagenturen, Werkstein- und Steinmetzfirmer, rohstoffproduzierende und verarbeitende Unternehmen.

Bisher haben die Auszeichnung zum Gestein des Jahres erhalten:

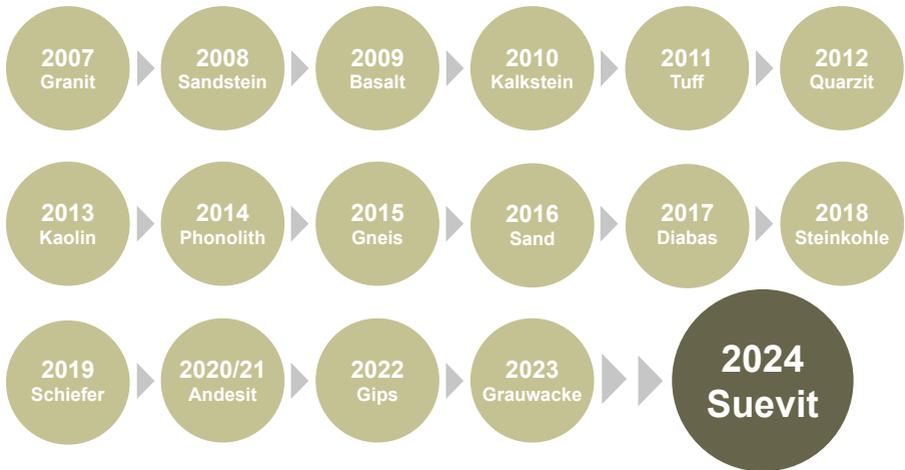


Abbildung 2: Seit 2007 präsentierte Gesteine des Jahres.

Die Motivation für die Wahl der Gesteine waren ganz unterschiedlich. Granit (2007), Basalt (2009), Gneis (2015) oder Schiefer (2019) sind bewusst keine seltenen Gesteine. Es ging darum, Aufmerksamkeit zu erlangen. Das Kuratorium hat sich auch nicht gescheut, Gesteine mit Konfliktpotenzial in den Fokus zu rücken. Der Abbau von Steinkohle (2018) wurde in Deutschland im Jahr der Auszeichnung eingestellt. Steinkohle ist Klimaindikator der Vergangenheit, schwarzes Gold der Wirtschaft oder Klimakiller der Gegenwart – je nach fachlichem Blickwinkel des Betrachters, aus naturwissenschaftlicher Sicht, wirtschaftshistorischem Blickwinkel oder vom aktuellem gesellschaftspolitischen Standpunkt. Sand (2016) ist in Deutschland zwar reichlich vorhanden, aber die Verteilung ist sehr regional konzentriert und die Interessenskonflikte sind enorm. Auch Gips (2022) stand seinerzeit besonders im Fokus der Öffentlichkeit, da der politische Beschluss zum Ausstieg aus der Braunkohleverstromung vorausgegangen war. Etwa die Hälfte des in Deutschland verarbeiteten Gipses stammt aus Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA-Gips) von Braunkohlekraftwerken.

Ganz anders sieht es bei der diesjährigen Wahl zum Gestein des Jahres aus. Der Suevit bietet keinen Stoff für Konflikte zwischen Interessengruppen. Das Gestein ist zwar selten, dafür ist aber seine spektakuläre Entstehung leicht nachvollziehbar und lässt sich überaus publikumswirksam in Szene setzen.



Abbildung 3: Die Taufe des Andesits in Mammendorf im Jahr 2022 im Tagebau der Cronenberger Steinindustrie Franz Triches GmbH & Co. KG (Foto: BDG).

Suevit ist ein Impaktit, das heißt ein Gestein, das durch den Einschlag eines Asteroiden entstanden ist. Es handelt sich um eine polymikte (= aus vielen verschiedenen Gesteinen zusammengesetzte) Breccie, die neben zahlreichen Gesteinsbruchstücken auch nennenswerte Anteile von ehemals durch den Asteroideneinschlag aufgeschmolzenem Material aufweist. Eine Besonderheit des Suevits sind die Minerale Stishovit und Coesit, die nur bei extrem hohen Drücken und Temperaturen entstehen. Der Suevit des Rieskraters ist eine graue, manchmal rötliche bis grünliche, oft mäßig verfestigte Breccie mit schwarzen glasigen Schlieren („Flädle“) und hellen Einsprenglingen, vor allem aus dem kristallinen Krateruntergrund.

Die Bezeichnung Suevit geht auf den Geologen Adolf Sauer zurück, der den Namen 1919 erstmals prägte. Der Name leitet sich vom lateinischen Suevia für Schwaben ab und bedeutet Schwabenstein. Lange Zeit wurde Suevit als vulkanisches Tuffgestein („Trass“) angesehen. Wobei die Hypothese einer Entstehung infolge eines Impaktes immer wieder diskutiert wurde. So war es 1936 der Freiburger Brennstoffgeologe Otto Stutzer, der auf der Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft nach einem Besuch des Arizona-Kraters für den „Meteor Crater“ eindringlich warb. Erst in den 1960er Jahren setzte sich die heutige Deutung des Rieskraters und damit auch des Suevits als Produkt eines



Abbildung 4: Suevit mit Quarzdruse im Flädle
(Foto: Klaus Poschlod).

der Vredefort-Krater in Südafrika (Alter: ca. 2 Mrd. Jahre, Durchmesser: 250 bis 300 km) oder der Chicxulub-Krater in Yucatan/Mexiko (Alter: 66 Mio. Jahre, Durchmesser: ca. 180 km). Letzterer wird unter anderem mit dem großen Aussterbeereignis am Ende der Kreidezeit in Verbindung gebracht.

Asteorideneinschlags durch. Mit einem nahezu kreisrunden Durchmesser von etwa 24 km zählt er zu den am besten erhaltenen Impaktkratern der Erde. Der Name Suevit wird inzwischen international auch für Gesteine in anderen Meteoritenkratern verwendet.

Der Asteorideneinschlag, der zur Entstehung des Nördlinger Ries führte, ereignete sich vor etwa 14,8 Mio. Jahren. Durch den Einschlag und die explosionsartige Verdampfung wurde das anstehende Gestein in einem Gemisch aus Bruchstücken, feinst zerkleinertem Material und Schmelzfetzen bis in eine Tiefe von 600 m ausgeworfen. Der Rückfall- oder Kratersuevit füllte den Einschlagskrater mit einer Mächtigkeit von etwa 300 bis 400 m weitgehend aus. Außerhalb des Kraters finden sich bis in über 20 km Entfernung Ablagerungen von Auswurfsuevit, der sich in Mächtigkeiten von durchschnittlich 12 m aus der Glutwolke auf die ebenfalls kurz zuvor abgelagerte Bunte Breccie legte.

Auf der Erde sind bisher über 200 Einschlagskrater bekannt. Mehr als 100 davon haben einen Durchmesser von über 5 km. Zu den bekanntesten zählen



Abbildung 5: Die Taufe der Grauwacke 2023 in Falkenstein im Vogtland fand unter Beisein der Vizepräsidentin des Deutschen Bundestages Yvonne Magwas MdB statt (Foto: BDG).

Die weltweite Bedeutung des Nördlinger Rieses mit seinen zahlreichen wissenschaftlichen Erstbeschreibungen führte letztlich auch zur Gründung des RiesKraterMuseums vor über 30 Jahren und der Geschäftsstelle des Geoparks Ries im Jahr 2004. Im Jahr 2022 wurde der Impaktkrater als bisher einziger weltweit als UNESCO Global Geopark anerkannt.

Weitere Informationen unter: www.gestein-des-jahres.de

Über den BDG Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e. V.

Der Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler (BDG) e. V. vertritt seit nahezu 40 Jahren die Interessen des Berufsstandes der deutschen Geowissenschaftler. Der BDG ist damit zentraler Ansprechpartner bei allen berufsständischen Belangen der verschiedenen Geo-Branchen, wie beispielsweise Umweltgeologie, Geotechnik, Rohstoffgeologie, Hydrogeologie, Schadstofferkundung, geophysikalische Erkundung, Geothermie, Wissenschaft oder Abfallwirtschaft. Derzeit hat der BDG 2.000 Mitglieder, darunter mehr als 140 Firmen und Unternehmen aus allen Bereichen der Geowissenschaften.



Europas Riesiger Meteoriten Krater – UNESCO Global Geopark Ries

HEIKE BURKHARDT, DONAUWÖRTH

UNESCO Global Geopark Ries - Eine Erfolgsgeschichte

„UNESCO Global Geopark“ – so lautet seit April 2022 die Auszeichnung für eine außergewöhnliche Landschaft. Die Anerkennung des Nationalen Geoparks Ries durch die UNESCO belohnte das Ergebnis jahrelanger und intensiver Entwicklungsarbeit. UNESCO Geoparks werden alle vier Jahre einer erneuten Qualitätsprüfung unterzogen. Das Qualitätssiegel Nationaler Geopark trägt der Geopark Ries seit 2006. Eine seiner wichtigsten Aufgaben ist es, das geologische Erbe der Region für Einheimische und Touristen zu erschließen und zu schützen. Aber auch die Förderung der Wissenschaft und wissenschaftlicher Kooperationen sowie die Bildung für nachhaltige Entwicklung gehören dazu.

Die Auszeichnung von Europas besterhaltenem und -erforschtem Meteoritenkrater bestätigte die rasante Entwicklung, die der Geopark Ries seit Gründung der Geschäftsstelle 2004 nimmt. Heute präsentiert der Geopark Ries stolz Besuchern aus aller Welt ein äußerst facettenreiches Geo-, Natur-, Kultur- und Freizeiterlebnis. Ein Organisationsteam, das hinter den Geopark Kulissen diese Entwicklung lenkt, ermöglicht ein gut durchdachtes, attraktives Auftreten. Zusammen mit den Menschen, die innerhalb dieses Gebiets leben, den Entwicklungsprozess mitgestalten und in Schwung halten, blickt der Geopark Ries auf zahlreiche Errungenschaften zurück – und zugleich einer spannenden Zukunft entgegen.

Der Impaktkrater, die galaktische Visitenkarte des Geoparks Ries

Seine Einmaligkeit verdankt der Geopark Ries dem ca. 15 Mio. alten Einschlagskrater Nördlinger Ries. Derzeit ist er der einzige UNESCO Global Geopark mit diesem Alleinstellungsmerkmal als geologisch, erdgeschichtlichem Erbe.

Der Rieskrater verdankt seine Besonderheit mehreren Tatsachen. Als 2. Ringstruktur nach dem Barringer Krater in Arizona, die man auf der Erde als Ergebnis eines kosmischen Einschlags interpretierte, erlangte er Weltruhm unter den Geologen. Diesem Umstand verdankt er auch die intensive wissenschaftliche Erforschung. Das Impaktgestein Suevit war es, das im Jahr 1960 das Rätsel um die Entstehung des Nördlinger Rieses löste – ein wissenschaftlicher Durchbruch. Bis heute ist er zudem der Einschlagskrater, mit der größten Masse an Suevitvorkommen. Dessen Entstehung ist bis heute nicht wirklich verstanden und deshalb Gegenstand weltweiter Forschungsarbeiten. Der Rieskrater ist mit 15 Mio. Jahren relativ jung und seine Struktur und geologischen Phänomene noch gut erhalten. Er ist über die Menschheitsgeschichte hinweg ununterbrochen Siedlungsgebiet für unsere Vorfahren und bis heute ein Kulturraum mit reicher Geschichte und eigener Kultur.

Der Rieskrater wurde wegen seiner Entstehungsgeschichte bereits früh zum Trainingsgebiet für amerikanische Astronauten: eine Vorbereitung, Gesteinsproben des Mondes zu erkennen und zu entnehmen. Im Juli 1969, gelang der bemannten



Abbildung 1 (links): Blick in den Rieskrater.

Abbildung 2 (oben): Suevit-Steinbruch Altenbürg
(Fotos: Dietmar Denger).

Raumfahrt mit dem Team der Apollo 11 die erste Mondlandung. In der Folge siedelte sich das Zentrum für Rieskrater- und Impaktforschung (ZERIN) in Nördlingen an, zuerst lange Jahre eine Außenstelle des Museums für Naturkunde der Berliner Humboldt-Universität, heute unter der Zuständigkeit der Stadt Nördlingen. So fand der Sprössling eines der weltweit führenden Kraterforschungsinstitute im heutigen UNESCO Global Geopark Ries seine Heimat. Ebenfalls in Nördlingen beheimatet, begeistert das RiesKraterMuseum als Museum von europäischem Rang seit über 35 Jahren Millionen von Besuchern indem es Aufschluss über das kosmische Ereignis vor rund 15 Mio. Jahren gibt.

Ein lebendiger Krater inmitten des Geoparks

Im Gebiet des Geoparks Ries leben über 150.000 Menschen. Teilgebiete fünf bayerischer und baden-württembergischer Landkreise gehören dazu, insgesamt sind es 53 Städte und Gemeinden. Der Geopark Ries erstreckt sich – streng nach geomorphologischen Gesichtspunkten – in alle Himmelsrichtungen weit über das Kraterbecken hinaus, im Norden bis in den mittelfränkischen Raum hinein. Ein Gebiet also, das neben dem Rieskessel Teile des Altmühltals, der schwäbischen Alb und des Donautals abdeckt – und mit knapp 1.750 km² – etwa sechsmal der Fläche Münchens entspricht. Der Geopark beschreibt daher einen kulturell, historisch, archäologisch und vor allem geologisch interessanten Raum. Vielfalt prägt das Gebiet des Geoparks Ries, die unterschiedlichen Dialekte seiner Bewohner, wie Schwäbisch, Fränkisch und Oberbayerisch, verdeutlichen dies.

Die Aufgaben des UNESCO Global Geoparks Ries

Es verwundert kaum, dass die Region um das Nördlinger Ries aufgrund seiner Vielfalt bereits intensiv erforscht wurde. Der Rieskrater gehört zu den am besten erhaltenen Einschlagskratern der Erde – er ist damit eine geologische Besonderheit ersten Ranges. Als solche hat er nicht nur auf Geologen eine magnetische Wirkung. Auch eine große und stetig steigende Zahl an GeoTouristen, Schulklassen, interessierter Ausflügler, Wanderer und Radfahrer aus aller Welt begeben sich im Ries auf die Suche nach den Spuren der „kosmischen Katastrophe“. Der Asteroiden Einschlag vor rund 15 Mio. Jahren hatte einen grundlegenden, bis heute bestehenden Einfluss auf das Landschaftsbild und die Beschaffenheit des geologischen Untergrunds. Der UNESCO Global Geopark Ries macht diese geologischen und geomorphologischen Prozesse und ihre weitreichenden Folgen sichtbar und erlebbar. Zahlreiche Geotope bieten – als „Fenster in die Erdgeschichte“ – Einblicke in



Abbildung 3: Suevit-Steinbruch Altenbürg (Foto: Dietmar Denger).

die Entstehungsgeschichte der Landschaft im Geopark. Fünf der hundert schönsten Geotope Bayerns beherbergt der Geopark Ries. Unter ihnen befinden sich die Steinbrüche Aumühle und Wengenhausen, sie enthalten das Impaktgestein Suevit. Neben den geologischen Erbstücken der Erdgeschichte macht der Geopark Ries auch den kulturellen Nachlass sichtbar. Von Allen ist noch etwas da: Steinzeitmenschen, Kelten, Römer, Fürsten, Bauern. Das Ries gilt als eine Schatzkammer der Vor- und Frühgeschichte und weist eine beeindruckende Besiedlungsgeschichte auf: Von der Altsteinzeit über die Kelten-, Römer- und Alamannenzeit bis hin zur Landesentwicklung des Mittelalters und der Frühen Neuzeit. So entstand eine facettenreiche kulturelle Vielfalt – das Ries weist mit die höchste Dichte an Klöstern, Kirchen und anderen historischen Bauwerken in ganz Bayern auf. Der UNESCO Global Geopark Ries beherbergt in großer Zahl vor- und frühgeschichtliche Bodendenkmale. Steinzeitliche Höhlen etwa zeugen von einer lebhaften Vergangenheit des Riesbeckens – ebenso keltische Fürstensitze, Wallanlagen und Brandopferstätten der Metallzeit. Zudem finden sich zahlreiche Überreste römischer und alamannischer Stätten im Geopark Ries. Die Überreste keltischer Verteidigungsanlagen, römischer Gutshöfe, sowie hervorragend erhaltene Kirchen und Klöster, herrliche Schlösser und beeindruckende Burganlagen, etwa die Harburg, gehören zum Fundus des „lebendigen Kraters“. Hier bietet der Geopark Ries eine exzellente Beschilderung und fachkundige Ausflüge an, begleitet von ausgebildeten Geopark Führern: Eine Einladung für erlebnishungrige Menschen, am konkreten Beispiel ihre Umwelt zu begreifen und bewundern zu lernen. An vielen Orten können Besucher zudem nachvollziehen, welchen Einfluss die geologischen Formationen auf die Bildung

von Böden und Lebensräumen haben, wie und weshalb sich etwa auf den Kraterrändern Magerrasen Biotope gebildet haben, wie diese Biotope durch Wanderschäfererei genutzt und erhalten werden, welche Faktoren frühe Siedler veranlassten, sich schon in der Steinzeit im Kraterkessel niederzulassen, und weshalb der Rieskrater bis heute eine der Kornkammern Bayerns ist. So unterstützt der Geopark Ries beispielsweise Projekte zum Erhalt traditioneller Wanderschäfererei und zum Schutz der ausgedehnten Wacholderheiden der Riesrandhöhen.

Der UNESCO Global Geopark Ries versteht sich zugleich als Bewahrer seiner Natur- und Kulturschöpfungen. Im Sinne der Nachhaltigkeit und eines „sanften Tourismus“ lenkt der Geopark die Aufmerksamkeit sowohl auf ökologische Besonderheiten als auch auf Natur- und Kulturschätze und animiert damit zu einem respektvollen Umgang mit dem einmaligen Erbe.

Den Geopark erleben

Der bisher einzige UNESCO Global Geopark mit Sitz der Geschäftsstelle in Bayern, verfügt heute über eine hervorragende Infrastruktur. Ein dichtes Netz an Rad- und Wanderwegen durchzieht das markante Gebiet und zeigt äußerst abwechslungsreiche und spannende Gegenden. Ausgeschilderte Wege bieten aufregende Streifzüge - immer nah am erdgeschichtlichen und kulturellen Erbe entlang. Von Lehrpfaden über erholsame Wanderrouten bis hin zu anspruchsvolleren Radeltouren: Sowohl Geotouristen als auch interessierte Laien können hier ihren individuellen Interessen nachgehen und zugleich ihre Gesundheit fördern.

Die spektakulärsten der über 20 zugänglichen, geologischen Aufschlüsse geben in den 8 Erlebnis-Geotopen als „Fenster in die Erdgeschichte“ direkten Einblick in die Geheimnisse der Geologie und des Ries-Einschlags. Mit Lehrpfaden, Picknickplätzen, toller Aussicht und Naturbesonderheiten.

Der Geopark Ries lässt sich wunderbar erwandern. Ein ausgedehntes Wegenetz offenbart den Reiz dieser außergewöhnlichen Landschaft: üppige Vegetation im Kraterbecken und karge Heidelandschaft auf dem Kraterrand. Fernwanderwege zeigen die einmalige Ries-Landschaft, die Geopark-Themenwanderwege wie der Schäferweg verknüpfen geologisch, besiedlungsgeschichtlich und naturkundlich relevante Besonderheiten und liefern vielschichtige Informationen auf Tafeln entlang der Wegverläufe. Wanderer werden häufig durch fantastische Ausblicke belohnt.

Rund um den gesamten Rieskrater wandern, das ist auf dem Ries-Panoramaweg möglich. Der rund 128 Kilometer lange Fernwanderweg ist in sieben Tagesetappen von maximal 21 Kilometern eingeteilt. So bleibt genug Zeit zum Entdecken, Schauen, Genießen und Einkehren. Jede der sieben Etappen beginnt mit einer Starttafel. Unterwegs erklären Infotafeln Sehens- und Wissenswertes rund um die Themenbereiche des UNESCO Global Geoparks Ries. Panoramatafeln beschreiben die jeweilige Aussicht.

Rundtouren bieten Radfahrern im UNESCO Global Geopark Ries abwechslungsreiche Routen. Der Radweg „Von Krater zu Krater“ verbindet auf insgesamt 190 Kilometern die beiden Einschlagskrater Nördlinger Ries und Steinheimer Becken. Der Weg ist als Rundweg, aufgeteilt in drei Etappen, konzipiert.

Der „GeoRadweg Altmühltal“ führt mit mehreren Tourvarianten von Nördlingen bis nach Kelheim – und mitten hinein in die Erdgeschichte.

Speziell ausgebildete, als Natur- und Landschaftsführer zertifizierte, Geoparkführerinnen und -führer halten ein umfangreiches Angebot bereit. So können Einheimische wie Gäste die spannendsten und „aufschlussreichsten“ Plätze des Geoparks in allen Facetten erleben. Gruppen können ihre Führung individuell buchen. Für Einzelpersonen und Familien werden auch eine große Anzahl sogenannter „offener“ Führungen zu festen Terminen angeboten.

Für Kinder hat der Geopark Ries eine eigene Angebotslinie entwickelt. Das Mädchen mit Namen Suevitchen und ihr jüngerer Bruder Riesitchen sind die Maskottchen und Leitfiguren für die jungen Geopark Besucher. Als Hüter der Steine im Geopark Ries erklären sie auf leicht verständliche Weise und zweisprachig bereits in zwei Geotopen die Besonderheiten für Kinder. Ihre Namen wurden aus dem Gestein Suevit und dem Hochdruckmineral Riesit



Abbildung 4: Suevit-Klopfstelle im Erlebnis-Geotop Lindle (Foto: Dietmar Denger).



Abbildung 5: Geopark Ries Infostelle bei Kirchheim am Ries (Foto: Dietmar Denger).

abgeleitet. Die Hüter Funktion stellt als Analogie zum Schaf Hirten oder Hüter heraus, dass Gesteine im UNESCO Global Geopark geschützt werden müssen. Memories und Klangsteine, Begleitbroschüren mit Rätseln, Postkarten zu Ausmalen ergänzen die Unterhaltung und den spielerischen Umgang mit den Themen.

Insgesamt umfasst das Angebot des Geoparks an Broschüren und Karten derzeit 10 deutsch, fünf englisch und zwei zweisprachige Produkte, die kostenlos bestellt oder aus der Website heruntergeladen werden können.

Die Wegverläufe können ebenfalls kostenlos aus der Website heruntergeladen werden.

Infozentren und Internetauftritt empfangen die Geopark Besucher

Die vier Indoor Geopark Infozentren und -stellen sind die „Besuchereingänge“ in den Geopark Ries. In den Städten Nördlingen, Oettingen, Treuchtlingen und Wemding sind sie Wissenszentren und Ausgangspunkte für die Erkundung des Geoparks. Animationen des Ries-Einschlags sowie der Erdgeschichte („Uhr der Erdgeschichte“) machen Geschehnisse und Zeiträume greifbar. Schautafeln erklären die Entstehung des Rieses, spannend bebildert und einfach beschrieben. Sechs Outdoor Infostellen vermitteln 24/7 kurz und knapp Wissenswertes über den UNESCO Global Geopark Ries.

Internetnutzern bietet der Geopark Ries eine brillante Möglichkeit, die Region bereits auf dem Bildschirm kennen zu lernen: Eine interaktive Karte lässt bereits von zu Hause aus Sehenswertes ergründen und individuelle Ausflüge planen. Über Social-Media-Kanäle können Follower die aktuellen Entwicklungen laufend verfolgen.

Geopark Ries kulinarisch

Der Geopark Ries führt Gastronomie, regionale Lebensmittelerzeugung und Veredlung auf hohem Niveau zusammen: Ein Netz engagierter Gastronomen, Produzenten und Veredler der Regional- und Marketing Initiative „Geopark Ries kulinarisch“ vermarktet „einschlagende Geschmackserlebnisse aus dem Krater“. Die Initiative hat zum Ziel, den regional-typischen Genuss zu bewahren. Ausflügler, Radler und Wanderer finden in ausgewählten Gasthäusern und Restaurants aus heimischen Zutaten erzeugte, naturbelassene Speisen vor. Eine Rückbesinnung der einstigen „Kornkammer Bayerns“ auf seine ureigene Küche und Produkte.

Geopark Ries und Wissen

Der Geopark Ries befasst sich auf viele Weisen mit Bildung und Wissenschaft. Als UNESCO Global Geopark (UGGp) ist er Motor und Träger vielfältiger Aktivitäten im Bereich Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Sehr umfassend ist das Kooperationsprogramm „Geopark Ries Schule“, das Anreize für Schulen bietet, sich im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) intensiver mit den Themen Erdgeschichte, Geologie und Bildung für nachhaltige Entwicklung – am besten jeweils mit Bezug zur einmaligen Entstehungsgeschichte der eigenen, ganz besonderen Heimat, dem Ries mit seiner einmaligen Geologie – auseinanderzusetzen. Der Blick in den Rieskrater und über den Kraterrand hinaus ist



Abbildung 6: Ofnethöhlen und römischer Gutshof Riesbürg „Villa Rustica“ (Foto: Dietmar Denger).

ein wichtiger Bestandteil der gemeinsamen Partnerschaft. Bislang sind innerhalb von zwei Jahren acht Schulen im Gebiet des UGGp Ries die Kooperation eingegangen.

Gemeinsam mit der Universität Augsburg, dem Lehrstuhl Geographie-Didaktik, wurden eigens umfassende Unterrichtsmaterialien entwickelt. Bereits zweimal hat der Geopark Ries erfolgreiche Lehrerfortbildungen mit Partnern organisiert und abgehalten.

UNESCO Global Geoparks – ein weltweiter Trend

Der Schutz einzigartiger Biotope ist in Deutschland schon lange geläufig. Dabei wurden häufig auch Geotope (geologische Sehenswürdigkeiten) einbezogen. Die Ausweisung von Geoparks ist weltweit auf dem Vormarsch: Die UNESCO rief sogar ein „Globales Geopark Netzwerk“ ins Leben, das 2024, genau wie der Geopark Ries, sein 20-jähriges Bestehen feiern kann. Seit 2015 gibt es das Label UNESCO Global Geopark. UNESCO Global Geoparks sind Regionen mit einzigartiger Geologie von besonderer wissenschaftlicher Bedeutung, Seltenheit oder Schönheit. Zusätzlich umfassen sie auch archäologische, ökologische, historische oder kulturelle Sehenswürdigkeiten. Ziel ist es, den Besuchern Wissen darüber zu vermitteln, wie unsere Erde entstanden ist, welche geologischen Prozesse sie formen und welche Einflüsse geologische und geomorphologische Vorgänge auf die Lebensräume haben. UNESCO Global Geoparks sensibilisieren für die Einzigartigkeit der Erde und dienen einem erklärten UNESCO-Ziel: dem Erhalt der Schöpfung.

RiesKraterMuseum Nördlingen (RKM) und ZERIN – Anlaufpunkt für interessierte Laien und Wissenschaftler im Rieskrater

STEFAN HÖLZL, NÖRDLINGEN

15 Mio. Jahre vor unserer Zeit schlägt ein großer Asteroid im Gebiet des heutigen schwäbisch-fränkischen Jura ein und schafft einen ca. 25 km messenden Krater: Das heutige Nördlinger Ries (Abb.1).



Abbildung 1: Nördlingen aus der Luft. Der Durchmesser der vollständig erhaltenen mittelalterlichen Stadtmauer entspricht ungefähr dem Durchmesser des Ries-Asteroiden. In der Bildmitte: Die Kirche St. Georg mit dem Turm Daniel, erbaut aus Suevit (Foto: Stefan Hölzl).

Rätsel Nördlinger Ries

Über die Ursachen der auffälligen, fast kreisrunden Struktur und die Entstehung der ungewöhnlichen Gesteine, die man dort finden kann – allen voran der „Schwabenstein“ Suevit – wird seit den Anfängen der geologischen Forschung gerätselt und spekuliert: Liegt unter dem Ries ein Vulkan (z. B. VON CASPERS, 1792...)?, war hier die formende Kraft von Gletschern im Spiel (z. B. DEFFNER, 1868...)? Im Jahr 1904 äußert Ernst Werner als erster den Gedanken, das Nördlinger Ries könne durch einen Asteroideneinschlag entstanden sein. *„In seiner Fremdartigkeit erinnert es an die merkwürdigen Ringgebirge auf dem Mond, und der Gedanke liegt nicht ferne, dass diese wie das Riesbecken gleichen Ursachen ihre Entstehung verdanken“*. Beweise kann Werner nicht vorlegen, seine These passt aber nicht in das naturwissenschaftliche Weltbild seiner Zeit und findet nur wenig Beachtung. Weiterhin wird die Bildung der Ries-Struktur und seiner Gesteine mit Vulkanismus (z. B. KRANZ, 1920) oder tektonischen Vorgängen (z. B. SEEMANN, 1939) in Verbindung gebracht.

Um 1960 finden die US-amerikanischen Wissenschaftler Eugene Shoemaker und Edward Chao im Ries-Suevit das Mineral Coesit und später auch Stishovit. Beides sind Hochdruck-Modifikationen des Minerals Quarz und Bildungen, die es an der Erdoberfläche eigentlich nicht geben darf. Sie belegen Drücke, die dort nicht mit „normalen“ geologischen Vorgängen erklärt werden können. Nur der Einschlag eines größeren kosmischen Körpers, der mit mehreren 10.000 km/h auf die Erde trifft, kann sie erzeugen. Damit ist der Beweis erbracht, dass es sich beim Nördlinger Ries um einen Asteroidenkrater handelt (SHOEMAKER & CHAO, 1961). Nach dem 50.000 Jahre alten Barringer-Krater in der Wüste von Arizona ist der Rieskrater damit der zweite(!) der mittlerweile etwa 200 bekannten Asteroidenkrater auf der Erde.

Es beginnt eine Zeit der intensiven Untersuchung, das Ries wird zu einem Mekka der internationalen Impaktforschung. Das Nördlinger Ries wird weltbekannt, als hier 1970 Astronauten der Apollo-Missionen 14 und 17 vor ihrem Flug zum Mond ein „*field training*“ absolvieren. Die Natur der zahllosen Mondkrater (Vulkanismus oder Impakt?) ist damals noch nicht geklärt. Der Suevit spielt eine wichtige Rolle, da in ihm die wesentlichen Belege für Impakte zu finden sind.

Einen großen Schub in der Riesforschung löst die Forschungsbohrung Nördlingen 1973 (FB73) aus. Ende Juli 1973 wird nahe Löpsingen, etwas abseits vom Zentrum des Rieskraters, mit der Kernbohrung begonnen, die Mitte Januar 1974 mit einer Endteufe von 1.206 m abgeschlossen wird. Die technische und wissenschaftliche Betreuung liegt beim damaligen

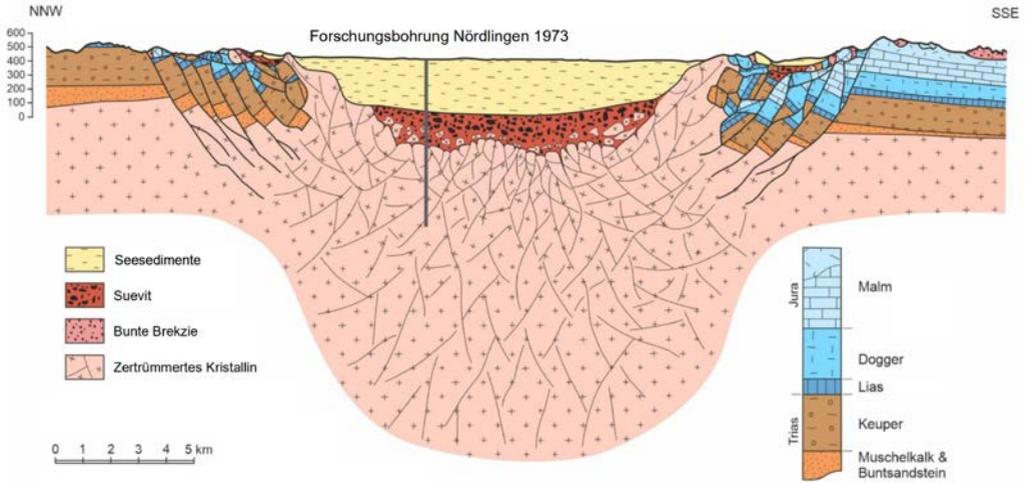


Abbildung 2: Profil durch den RiesKrater mit der Forschungsbohrung Nördlingen 1973
(Grundlage: Geologische Karte des Rieses 1:50.000, Bayerisches Geologisches Landesamt 2005).

Bayerischen Geologischen Landesamt. Die erbohrten Gesteine lassen sich nach Teufe und Lithologie drei Einheiten zuordnen (Abb. 2): Bis 314 m finden sich Sedimente des Riesesees (Tone, Mergel, Sandsteine). Bis zu 606 m findet sich vorwiegend Suevit, das wichtigste Impakt- und Schlüsselgestein des Rieses mit vorwiegend kristallinen Komponenten, die nach unten hin immer größer werden. Darunter und bis zur Endteufe von 1.206 m stehen zertrümmerte Kristallin-Gesteine des Grundgebirges mit suevitischen Kluft- und Spaltenfüllungen an. Messungen während der Bohrung und die anschließende wissenschaftliche Aufarbeitung führen zu zahlreichen Publikationen (u. a. in *Geologica Bavarica*, Band 72 und Band 75).

Der Weg zum RiesKraterMuseum

Im Nördlinger Ries ist es insbesondere Julius Kavasch, Rektor der Volksschule Mönchsdeggingen, der die Erkenntnisse zur Riesgeologie und die Impaktthematik in die Öffentlichkeit bringt. Nach seinem Tod 1978 übernimmt sein Sohn, Dr. Wulf-Dietrich Kavasch, diese Aufgabe. Er äußert 1983 erstmals öffentlich die Idee, der außergewöhnlichen Entstehung des Rieses ein eigenes Museum zu widmen. Zwei Jahre später wird unter der Regie

des Nördlinger Stadtbaumeisters Ottmar Strauß mit der Sanierung und dem Umbau des 500 Jahre alten Holzhofstadels begonnen. Das Gebäude wird durch den Erhalt der alten Strukturen, die Verwendung von Materialien aus der Erbauungszeit und die Ausführung der Holzkonstruktionen in alter Handwerkstechnik zum Vorzeigeprojekt für die fachgerechte Renovierung eines mittelalterlichen Gebäudes. Den statischen Bedürfnissen der neuen Nutzung wird durch Einzug einer Stützkonstruktion aus z. T. individuell handgeschweißten verzinkten Stahlträgern Rechnung getragen. Es entsteht ein äußerst stilvolles und zeitloses Gebäude, das seinen Zweck hervorragend erfüllt (Abb. 3).



Abbildung 3: Aussenansicht RieskraterMuseum (Foto: Karina Hagemann, SNSB).

Museums-Konzept

An der Erstellung des Museumskonzeptes für das entstehende Museum sind zahlreiche Wissenschaftler beteiligt (Dr. Richard Höfling, Prof. Dr. Dieter Stöffler, Prof. Dr. Gustav Angenheister, Dr. Erwin David, Dr. Kord Ernstson, Dr. Günther Graup, Dr. Rudolf Hüttner, Dr. Jean Pohl, Prof. Dr. Winfried Reiff). Diplom-Geologe Andreas Müller übernimmt die Ausarbeitung des Konzeptes und die wissenschaftliche Koordination.

Die Ausstellungsgestaltung wird nach einem Wettbewerb 1988 an die Arbeitsgemeinschaft Schober + Reinhardt Graphik-Design und HG Merz Architektur-Design (Stuttgart) vergeben. Die Führungslinie durch das Museum ist durch die Gebäudestruktur bestimmt (Rundgang durch sechs Räume mit insgesamt ca. 900 m² Ausstellungsfläche). Hell- und

Dunkelbereiche dienen der Strukturierung, im Vordergrund stehen beleuchtete Exponate, natürliches Licht wird weitgehend ferngehalten. Informationen werden in mehreren Ebenen angeboten, um Besucher mit unterschiedlichem Vorwissen anzusprechen. Audiovisuelle und interaktive Medien dienen der Auflockerung und Vertiefung einzelner Themen.

Zentraler Inhalt des RiesKraterMuseums ist naturgemäß die Darstellung und Erläuterung des Ries-Impakts vor 15 Mio. Jahren mit seinen vielen, bis heute sichtbaren Spuren und den noch immer andauernden Auswirkungen. Der Blick in Raum und Zeit wird geweitet und auf die Entstehung und Entwicklung unseres Sonnensystems mit Planeten, Asteroiden, Kometen, Meteoroiden und Meteoriten gerichtet. Erst in diesem Kontext erschließen sich die Ursachen des Ries-Impakts und die Bedeutung von Impact-Ereignissen ganz allgemein. Nebenbei werden Methoden und Erkenntnisse der Impaktforschung dargestellt und Einblicke in die Prinzipien naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen vermittelt. Insbesondere fachlich weniger Bewanderten soll ein packender und verlässlicher Überblick zum Thema und zum „Stand der Forschung“ geboten werden, wie ihn wohl nur ein Museum dieser Art geben kann.

Eröffnung und Betrieb

Am 6. Mai 1990, 30 Jahre nach der sensationellen „Entdeckung“, wird das RiesKraterMuseum unter der Trägerschaft der Stadt Nördlingen eröffnet. Um die notwendige Fachlichkeit zu gewährleisten, wird das Museum in Kooperation mit den Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayerns (SNSB), einer Behörde unter dem Dach des Wissenschaftsministeriums, betrieben. Erster Museumsleiter wird Dr. Michael Schieber. Die Leitung durch eine(n) Fachwissenschaftler(in) ist Teil des Konzepts und auch Bedingung mehrerer Leihgeber von Exponaten (Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz, Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart, NASA...). Das RiesKraterMuseum ist eines von heute fünf Regionalmuseen (Jura-Museum Eichstätt, Naturkundemuseum Bamberg, RiesKraterMuseum Nördlingen, Umwelt-Museum Oberfranken, Bionicum Nürnberg) der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen Bayerns (SNSB). Die Forschung am jeweiligen thematischen Schwerpunkt ist Teil des Museumskonzepts. Von Anfang an ist das Museum sehr gut besucht. Seine thematische Alleinstellung und seine Lage inmitten eines sehr gut erforschten Asteroidenkraters machen das RiesKraterMuseum zum beliebten Anlaufpunkt für interessierte Besucher aus der Region und der ganzen Welt. Die jährliche Besucherzahl steigt bis zur Jahrtausendwende auf über 50.000 Besucher an. Nach einem allmählichen Rückgang liegt die Zahl seit 2011, mit Einbrüchen während der Pandemiezeit, stabil bei 30.000 bis

35.000 pro Jahr, ein sehr hoher Wert für ein Museum dieser Größenordnung. Das Konzept der engen Verbindung von Museum und Wissenschaft geht auf. Insbesondere wer direkte Berührungspunkte zu den Themen des Museums hat oder in den Geowissenschaften unterrichtet, lehrt und / oder forscht, kommt und kommt immer wieder ins RiesKraterMuseum zurück. Besonders erfreulich ist, dass 2018 das RiesKraterMuseum und ZERIN feste Stationen des PANGAEA-Trainingsprogramms (Planetary Analogue Geological and Astrobiological Exercise for Astronauts) der European Space Agency (ESA) werden und auch bei den Geländeübungen mitwirken – quasi in Fortsetzung des NASA-Astronautentrainings von 1970.

RiesKraterMuseum – Impressionen



Abbildung 4:

In der Bildmitte: Meteorit Canyon Diablo, rechts oben: Meteorit Neuschwanstein-1 (Foto: Stefan Hölzl).



Abbildung 5: Unser Sonnensystem (Foto: Karina Hagemann).



Abbildung 6: Rieskrater und Impaktgesteine (Foto: Karina Hagemann).

Abbildung 7: Impaktfilm (Foto: Karina Hagemann).

Abbildung 8: Impakt Komet Shoemaker-Levy und Zeitstrahl (Foto: Stefan Hölzl).

Abbildung 9: Interaktives Ries-Relief (Foto: Karina Hagemann).

Abbildung 10: Das Mondgestein 66075,26 im RKM. Suevit vom Mond, entnommen durch den NASA-Astronauten Charles Duke im Rahmen der Apollo-16-Mission 1972 (Foto: Karina Hagemann).



Abbildung 11: Alexander Gerst (ESA) und Stephanie Wilson (NASA) mit Suevit-Bohrkern im Bohrkernlager des ZERIN (Foto: ESA).

Das ZERIN

1998 wird dem Museum im nahegelegenen Reihl'schen Haus das Zentrum für Rieskrater- und Impaktforschung ZERIN als Dokumentations-, Bildungs- und Forschungseinrichtung zur Seite gestellt. Die Einrichtung wird in Kooperation mit dem Museum für Naturkunde in Berlin gegründet und in den ersten Jahren wissenschaftlich von Berlin geleitet. 2014, ein Jahr nach der Neubesetzung der Museumsleitung, geht die Direktion an das Rieskrater-Museum über.

Eine zentrale Aufgabe des ZERIN ist die Sammlung, Archivierung und Erhaltung von wissenschaftlich bedeutsamem Material mit Bezug zur Ries-Thematik, allem voran die Bewahrung und wissenschaftliche Betreuung der „Forschungsbohrung Nördlingen 1973“. Dieses Material ist von herausragender wissenschaftlicher Bedeutung, da sie eine der weltweit ganz wenigen Möglichkeiten ist, um für Forschungszwecke an gut erhaltenes Material aus allen relevanten Tiefen eines Impaktkraters zu gelangen.

Im „Kernlager“ des ZERIN sind, neben der FB73, Kerne aus insgesamt 25 weiteren Bohrungen, in Summe 1.246 Kisten mit insgesamt 1.736 Bohrmetern, untergebracht. Des Weiteren lagern dort fast 4.000 Gesteinsproben aus teilweise nicht mehr oder schwer zugänglichen Aufschlüssen (Impaktgesteine aus dem Ries und dem Steinheimer Becken, Sedimentgesteine des Riesesees, Gesteine aus dem Umfeld, Fossilien und Impaktgesteine anderer Impaktkrater).

Für eigene Forschungen und zur Unterstützung von Gastforschern, aber auch für die Bildungsarbeit, stehen Gerätschaften (Gesteinssägen, Polarisationsmikroskope, Binokular...) zur Verfügung. Im ersten Stock des ZERIN befinden sich Arbeitsräume und ein Seminarraum für Museumsmitarbeiter, Gastforscher und Bildungsarbeit. Ebenso eine Bibliothek mit Ries- und Impaktrelevanter Literatur (Bücher, Zeitschriften, Sonderdrucke, Karten...), eine Sammlung mit ca. 2.700 Dünn- und Anschliffen von Gesteinen mit Impaktbezug sowie eine Sammlung mit mehr als 7.000 Diapositiven.

Seit 2013 verfügt das ZERIN über ein (Reinst-)Labor zur Analyse radiogener Isotope und seit 2018 über ein Röntgenfluoreszenzgerät zur Analyse von Haupt- und Spurenelementen bis in Kleinbereiche von einem Millimeter Durchmesser. Das Gerät ist für das RKM auch ausserhalb der Forschung von großem Nutzen, da es die Bestimmung von Fundstücken, mutmaßlichen Meteoriten etc. sehr erleichtern kann.



Abbildung 12: Isotopenlabor im ZERIN (Foto: Stefan Hölzl).

Literatur und Quellen

VON CASPERS, C. (1792): Den neu entdeckten bajrischen Traß betreffend – Entdeckung des Feuerduftsteins im Herzogthum Pfalz-Neuburg etc. J.W. Krüll, Ingolstadt, 47 S.

DEFFNER, C. (1868) in O. FRAAS 1878: Nekrolog des Carl Deffner. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 34, S. 68.

WERNER, E. (1904): Das Ries in der schwäbisch-fränkischen Alb. Blätter des Schwäbischen Albvereins, 5: 115–168.

KRANZ, W. (1920): Beitrag zum Nördlinger Ries-Problem. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. 384–391.

SEEMANN, R. (1939): Versuch einer vorwiegend tektonischen Erklärung des Nördlinger Rieses. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilagen, B, Band 81, 1939, S. 70–214.

SHOEMAKER, E. M. & E. C. CHAO (1961): New evidence for the impact origin of the Ries Basin, Bavaria, Germany. Journal of Geophysical Research, 66(10), 3371–3378.

GEOLOGICA BAVARICA (BAND 72): Die Forschungsbohrung Nördlingen 1973. Bayer. Geologisches Landesamt, München (1974).

GEOLOGICA BAVARICA 75 (BAND 75): Ergebnisse der Ries-Forschungsbohrung 1973: Struktur des Kraters und Entwicklung des Kratersees, Bayer. Geologisches Landesamt, München (1977).

Das Nördlinger Ries: Die Tat eines verirrten Paares – Bis heute ein nicht ganz gelöster Kriminalfall –

ROLAND EICHHORN, AUGSBURG

Um 1790 entdeckte Carl von Caspar im Ries ein Gestein, das offensichtlich durch einen Vulkanausbruch entstanden war. Und schon wenige Jahre danach (1805) sprach der Verfasser der ersten geologischen Karte von Bayern und Begründer der bayerischen Mineralogie und Geologie, Ritter Mathias von Flurl, von der „*wirklich vulkanischen Gegend um Otting bis Rehau.*“ Das Problem war nur: es gab keinen Vulkan – nur eine riesige kreisförmige Ebene.

Auch der bedeutendste Geologe Bayerns, Ritter Carl Wilhelm von Gümbel (1823–1898), versuchte den spektakulären Fall des Nördlinger Rieses zu lösen. Der mysteriöse Krater sei durch einen Vulkanausbruch entstanden, der Tathergang wie folgt zu rekonstruieren: Durch aufsteigendes Magma sei es zu einer kraftvollen Eruption gekommen, die das umliegende Gestein zerfetzte. Der vulkanische Tuff (heute: Suevit) sei vom Vulkanausbruch ausgeworfene Asche, durchmengt mit schlackeartigen Bruchstücken, glasigen Bomben („Flädle“) sowie Jura- und Grundgebirgs-Brocken (GÜMBEL, 1870).

Kein Vulkankegel, keine Lavaströme, eine ungewöhnlich weite Verteilung der Auswurfprodukte – all das focht ihn nicht an. Gümbel war sich seiner Sache sicher – Fall gelöst. Andere Forscher konnten seine Überzeugung nicht nachvollziehen.

„Das Ries ist eine tief in Sand und Schlamm versunkene Sphinx und gibt dem Forscher Rätsel auf, die nur durch anhaltende Bemühungen und nicht in kurzem Siegeslauf zu lösen sind“ (DEFFNER, 1870).

Irgendwann fiel auf: Es gab immer wieder Bereiche, wo die Gesteinsoberfläche in einer Richtung geschrammt und wie poliert erschien (Abb. 1). So etwas kannte man von den Gletscherschliffen der Alpen und des Voralpenlandes.



Abbildung 1: Schliff-Fläche, auf der die Gesteinspakete vom Zentrum des Kraters (unten rechts) nach außen (oben links) geschoben wurden.



Abbildung 2: Steinbruch Aumühle – eines von Bayerns schönsten Geotopen: hier ist die Grenze zwischen Bunter Breccie und dem später niedergegangenen hellgrauen Suevit gut erkennbar.

Und waren die Gesteine darüber nicht ebenso regellos und chaotisch gelagert wie die Moränen der Gletscher (Abb. 2)? So vermuteten einige Geologen Gletscher als Schöpfer dieser seltsamen Landschaft. Perfiderweise wäre der Berg, von dem sie herabgeflossen waren, anschließend durch eine große Vulkanexplosion weggesprengt worden oder in der Tiefe versunken. Weitere Untersuchungen lieferten Hinweise auf große Erdbeben. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts schließlich tendierten die meisten Geologen wieder zu der Auffassung, eine vulkanische Sprengung sei die Ursache.

Den Tätern auf der Spur

Unter Einsatz modernster Analysemethoden gelang es, den wirklichen Tathergang zu rekonstruieren. Den entscheidenden Hinweis fanden zwei Amerikaner: Eugene M. Shoemaker und Edward C. T. Chao. Sie untersuchten das Suevit-Gestein von Otting und fanden darin Coesit. Dieses Mineral, eine besonders dichte Variante des Allerweltsminerals Quarz,

kannte man in der Natur nur aus den Kratern von Nuklearexplosionen – und aus Meteoritenkratern (SHOEMAKER & CHAO, 1961). Daraufhin wurden weitere Hochdruckminerale und Veränderungen in Gesteinen entdeckt, wie sie nur unter extrem hohen Drücken entstehen können (Abb. 3). Allmählich nahm die Idee eines Meteoriteneinschlags Gestalt an.

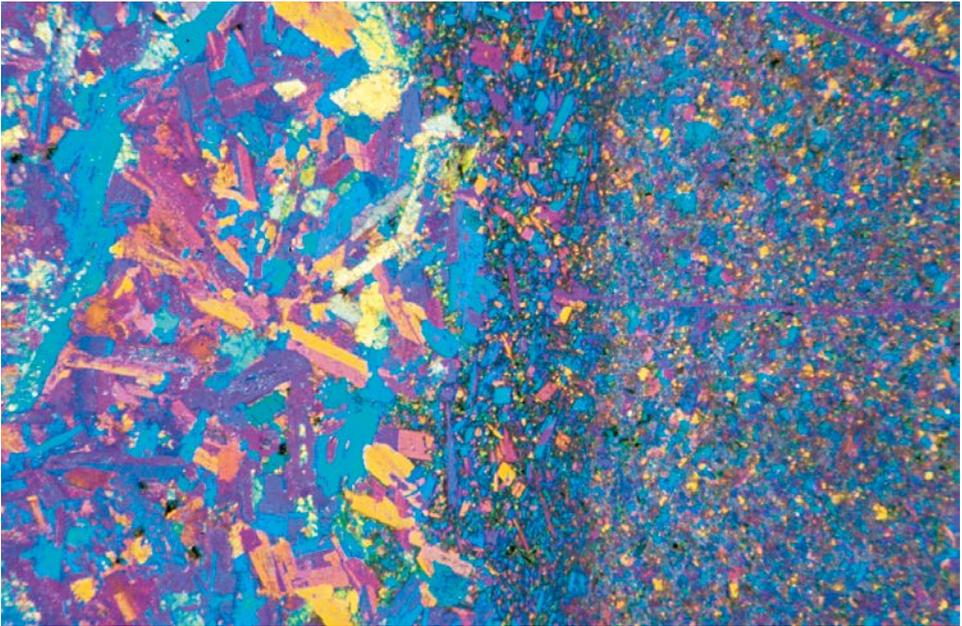


Abbildung 3: Suevit-Dünnschliff.

Der Tatort – vor 15 Millionen Jahren

Vor 15 Mio. Jahren sah die bayerische Landschaft anders aus als heute: Vom Hegau über die Schwäbische Alb zur Rhön und weiter nach Heldburg und in die Oberpfalz – immer wieder erbebt die Erde von heftigen Vulkanausbrüchen, Lavafontänen schossen in die Luft und bildeten neue Vulkane. Das Klima war vergleichbar mit den heutigen Subtropen, die Jahrestemperatur lag im Mittel bei 15 Grad Celsius und damit deutlich über der heutigen (8 Grad Celsius).

Die Alb war in trockene Hochflächen mit dichten Laubwäldern und sumpfige Täler mit Palmen, Ginkobäumen und Sumpfpfyzypressen gegliedert. Urtümliche Elefanten und Nashörner,



Abbildung 4: Rekonstruktion der Tier- und Pflanzenwelt im Tertiär
(aus: „Bayerns Meteorite“, LfU: S. 73; Horst Preibisch).

aber auch hasengroße Vorläufer unserer Hirsche mit winzigen Geweihen durchzogen das Land (Abb. 4). Bärenartige Tiere und Säbelzahnkatzen waren auf der Suche nach Beute, während in den sumpfigen Niederungen Flusspferde, Riesenschildkröten und Krokodile lebten.

Nichts deutete darauf hin, dass diese Landschaft unmittelbar vor einer Katastrophe riesigen Ausmaßes stand.

Bonnie und Clyde – ein mörderisches Duo

Millionen Jahre vor der Ries-Katastrophe, in weit entfernten Bereichen unseres Sonnensystems, nimmt das Unheil seinen Lauf. Bei einer Kollision zweier Asteroiden im Asteroidengürtel zwischen Jupiter und Mars wird ein unregelmäßig geformtes Teilstück von etwa 1,5 km Durchmesser in Richtung Erde geschleudert. Begleitet wird dieser monströse Brocken von einem weiteren kleinen Bruchstück von etwa 150 m Durchmesser. Die Masse von etwa 40 Mrd. Tonnen reicht aus, um diesen Begleiter im eigenen Schwerfeld als Mond an sich zu binden. Wie oft diese beiden Körper auf ihrer elliptischen Bahn um die Sonne bereits die Erdbahn gekreuzt haben, wissen wir nicht. Sicher ist nur, dass unser Planet sich auf seinem Jahreslauf jedes Mal gerade an einer anderen Stelle befunden hat. Einmal aber – vor fast genau 15 Mio. Jahren – war es anders. Es kam zum Showdown mit dem ungleichen Asteroidenpaar, einer Art Bonnie und Clyde des Universums. Mit etwa 72.000 Stundenkilometern rast das Duo auf die Erde zu. Zum Vergleich: Eine Gewehrkegel, die die legendären Bankräuber Bonnie und Clyde im Amerika der 1930er-Jahre auf ihre Opfer feuerten, flog nicht einmal 4.000 Stundenkilometer schnell.

Rekonstruktion des Tathergangs – die letzten Minuten

Nur sechs Stunden vor dem Aufschlag hat unser Asteroidenpaar die Mondentfernung erreicht. Dann geht es in Sekundenschnelle. Um die ungeheuer schnellen Prozesse etwas verständlicher zu machen, werden wir versuchen, sie quasi in „Stop-Motion-Technik“ in Einzelphasen zu zerlegen. Außerdem konzentrieren wir uns bei der Schilderung auf den Hauptkörper.

Minus 10 Sekunden

Beim Erreichen der obersten Atmosphäre beginnt der Körper aufzuleuchten. Im Südwesten des Zielgebietes erscheint auf etwa halber Höhe über dem Horizont ein gleißender Lichtblitz. Ungebremst rast der Körper mit vielfacher Schallgeschwindigkeit in 10 Sekunden durch die Lufthülle. Wegen der enormen Geschwindigkeit kann die Luft vor dem Körper nicht mehr schnell genug wegströmen, sie wird komprimiert und erreicht Millisekunden vor dem eigentlichen Körper als tausende Grad heißes Luftkissen den Boden. In der Atmosphäre beginnt sich eine Schock-(Überschall-) Welle auszubreiten und über die Landschaft hinwegzurasen.

0 Sekunden (Aufschlag)

Aus Südwesten in einem Winkel von etwa 30 Grad kommend, schlägt der größere Körper mit ungefähr 20 km/s in der Nähe des heutigen Ortes Klosterzimmern auf. Die freigesetzte Energie ist vergleichbar mit der Energie eines Erdbebens der Magnitude 8,2 bis 9,0 („Fukushima-Erdbeben“ 2011). Eine halbkugelförmige Stoßwelle beginnt sich im Gestein, aber auch im Asteroiden auszubreiten.

0,01 – 0,02 Sekunden

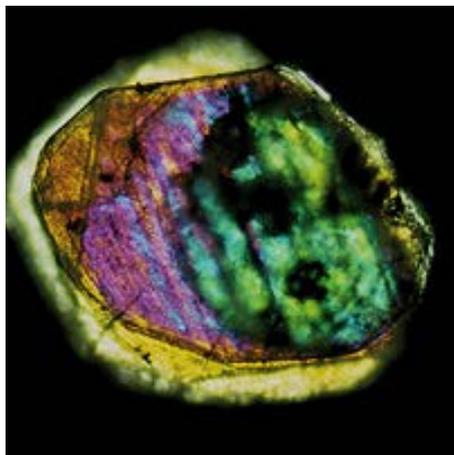
Der Druck hinter der Schockfront erreicht schlagartig 3–5 Mio. bar – das entspricht etwa dem Druck im Erdmittelpunkt, die Temperatur steigt auf 20.000 bis 35.000° Celsius, ein Vielfaches der Temperatur auf der Sonnenoberfläche (rund 6.000 °C). Unter diesen Bedingungen verliert unsere Vorstellung von „Gestein“ jede Bedeutung. Der Asteroid und das ihn umgebende Gestein werden auf die Hälfte ihres ursprünglichen Volumens zusammengepresst.

0,1 Sekunde

Nach etwa einer Zehntelsekunde hat der Körper ungefähr 600 m Sedimentgestein durchschlagen, das darunterliegende Grundgebirge erreicht und ist um seine eigene Größe (1–1,5 km) in den Untergrund eingedrungen. Durch die enormen Druck- und Temperaturverhältnisse ist das Material des Asteroiden wie auch das verdrängte Material in einem gasförmigen Zustand, auch wenn es noch eine Dichte hat, die weit über der von Gestein liegt.

Während die Schockwelle weiter in den Untergrund eindringt, wird die „Rückseite“ des hoch komprimierten, aber gasförmigen Impaktors schlagartig entlastet. Er explodiert. Gleichzeitig breitet sich die Stoßwelle weiter halbkugelförmig im Untergrund aus. Es kommt zur Bildung von typischen „Impaktmineralen“ wie Coesit und Stishovit, aber auch von Diamant.

Abbildung 5: Im Suevit kommen mikroskopisch kleine Diamanten vor – Durchmesser ca. 0,25 mm (Foto: Falko Langenhorst, Universität Jena).



Etwas weiter weg bilden sich „Strahlenkegel“ im Gestein (Shatter Cones, Abb. 6).

Fossilien in den Sedimentgesteinen werden in einem Moment zertrümmert und im nächsten schon wieder fest zusammengebacken, wie die bekannten „Ries-Belemniten“ (Abb. 7).

An der Oberfläche werden Brocken der obersten Malmkalk-Schichten mit sehr großer Geschwindigkeit weggerissen. Sie gehen in den nächsten Minuten als Steinhagel mit teilweise über kopfgroßen Blöcken in einem halbkreisförmigen Gebiet südwestlich bis südöstlich des Einschlagpunktes in bis zu 200 km Entfernung nieder. Diese bis zu fünf Tonnen schweren Jura-Brocken flogen als „Reutersche Blöcke“ bis nach Niederbayern und in das schweizerische St. Gallen. Benannt wurden sie nach dem Geologen Lothar Reuter aus München, der 1926 die exotischen Blöcke als Auswürflinge aus dem Ries deutete. Die „Reuterschen Blöcke“ und kleinere Gesteinsbrocken bilden in den Molasse-Sedimenten südlich der Donau an vielen Stellen eine charakteristische Lage: den so genannten Brockhorizont.

1–10 Sekunden (Beginn der Auswurfphase)

Aus der Verdampfung des Asteroiden und Teilen des Untergrundes entsteht eine rasant expandierende Explosionswolke aus Gasen und mitgerissenem geschmolzenen und zerbrochenem Material.

Nach 1,02 Sekunden hat sich in der Atmosphäre ein enormer Feuerball entwickelt. Der davon



Abbildung 6: Shatter Cones aus dem Ries (ca. 10 cm). Sogenannte Strahlenkegel oder Shatter Cones entstehen beim Durchlaufen der Stoßwelle durch das Gestein. (Foto: Gisela Pösges).



Abbildung 7: Die Belemniten-Tiere sind mit den heutigen Tintenfischen verwandt. Sie besiedelten zu Millionen das Jurameer; starben aber vor 65 Mio. Jahren aus – nach einem riesigen Meteoriteneinschlag in Mexiko. Ihr kalkiges Innenskelett, auch als „Donnerkeil“ bekannt, blieb nach dem Tod des Tieres meist als Einziges erhalten und ist heute häufig in Jura-Kalksteinen zu finden – heil und unzerbrochen. Als im Ries die durch die Schockwelle zerbrochene und wieder verheilte Version entdeckt wurde, war das Staunen und Grübeln erstmal groß. Heute sind sie als „Ries-Belemniten“ berühmt (Foto: cfk-fossilien, Wolfgang Claus).

ausgehende Hitzeimpuls breitet sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit aus und erreicht die Umgebung noch vor der Druckwelle (ähnlich wie Blitz vor Donner). Fast viereinhalb Minuten dauert die Bestrahlung – vergleichbar mit dem Atomblitz bei Atombomben-Explosionen. Ihre Folgen sind verheerend: noch in 100 km Entfernung (das wäre heute etwa München oder Stuttgart) ist ein Feuerball zu sehen, der 44 mal größer ist als die Sonne. Der Blick in den Feuerball lässt den Betrachter sofort erblinden. Alle brennbaren Stoffe wie Fell, Holz, Laub, Gras werden auf einen Schlag entzündet. Selbst in 300 km Entfernung können noch Waldbrände ausgelöst werden.

Auf der zur Einflugsrichtung gegenüberliegenden Seite wird Material in einem Winkel von etwa 70° aus dem Krater herausgeschleudert. Nach zwei Sekunden ist das ausgeworfene Material (Gas und Schmelze) schon bis in 12 km Höhe und 30 km Entfernung vom Einschlagsort aufgestiegen. Nach knapp einer Minute hat es eine Höhe von etwa 50 km erreicht.

Durch die Stoßwelle werden die Massen im Untergrund in Bewegung gesetzt. Sie fließen hinter der Stoßfront her. Sedimente, Granite, Gneise – alles wird nach unten, zur Seite und schließlich nach oben bewegt. Nach 2 Sekunden hat der Krater bereits einen Durchmesser von 5 km und ist etwa 2,5 km tief.

Gesteinsbrocken und Schmelze schießen mit Überschallgeschwindigkeit über den Rand des sich weiter vergrößernden Kraters und bilden einen immer höher werdenden kegelförmigen Vorhang aus Auswurfmaterial.

Mittlerweile hat sich die Stoßwelle im Untergrund etwa 15 km weit um das Zentrum ausgebreitet – sie verliert zusehends an Energie und wird mehr und mehr zu einer normalen Erdbebenwelle.

10 Sekunden

Nur 10 Sekunden nach dem Aufschlag hat der Krater seine größte Tiefe erreicht (sogeannter „transienter Krater“). Wo vor wenigen Augenblicken noch subtropisches Leben herrschte, klafft nun ein Loch, in dem bequem das Matterhorn Platz finden würde: 8 km Durchmesser und 4 bis 5 km Tiefe. Nach der Bildung des transienten Kraters beginnt aber auch das nach unten verdrängte Material zurückzuzießen, so dass der Kraterboden wieder ansteigt.

Nach 20 bis 40 Sekunden ist der Auswurf aus dem Krater weitgehend beendet. Sein Durchmesser ist auf 12 km gewachsen, seine Tiefe aber auf 1 km zurückgegangen.

60 Sekunden

Immer mehr Gesteinstrümmer stürzen auf die Kraterumgebung. Mit zunehmender Entfernung vom Impaktzentrum schlagen insbesondere jene Trümmer ein, die zu Beginn des Impakts mit hoher Energie ausgeworfen wurden. Dadurch wird viel lokales Lockergestein aufgewühlt und in die Trümmerflut gemischt. Die Front dieser steinernen Tsunamiwelle hat sich zunächst mit fast 500 m/s bewegt, jetzt verlangsamt sie sich auf etwa 100 m/s. Wie von einem riesigen Bulldozer angeschoben, schrammt eine Woge aus zum Teil hausgroßen Brocken über das Land. Was immer sich in den Weg stellt, wird abgehobelt, der Untergrund teilweise poliert. So entstehen Schliff-Flächen ähnlich den Gletscherschliffen.

Täler werden mit bis zu 100 m Trümmermaterial aufgefüllt. Spätere Geologen werden diese Katastrophenschicht, die sich im Umkreis von fast 40 km um den eigentlichen Krater findet, „Bunte Trümmermassen“ nennen. Diese Ablagerung ist nach etwa 5 Minuten beendet.

Auch in weiterer Entfernung vom Einschlagpunkt setzt sich das Inferno fort. Nach ungefähr einer Minute sind die seismischen Oberflächenwellen in den Alpen angekommen. Das Erdbeben löst Bergstürze aus.

2–5 Minuten

Die Kraterhohlform ist im Schwerefeld nicht stabil und das Material durch die durchlaufende Stoßwelle noch kurzzeitig entfestigt. Der Kraterboden steigt weiter auf und bildet eine zentrale Erhebung oder einen zentralen Ring ähnlich dem Zurückfließen der Wasseroberfläche nach dem Aufprall eines Tropfens (Abb. 8).

Dieser Innere Ring hat nach 2 Minuten einen Durchmesser von 12 km. Sein Boden ist mit einer rund 250 m dicken Schicht aus teilweise geschmolzenem Material bedeckt (Kratersuevit).



Abbildung 8: Bei Kratern kann es beim Einschlag eines Meteoriten zur Bildung eines Zentralbergs mit Ring beziehungsweise Ringen kommen, ähnlich der Wellenform, die kurzfristig ein Tropfen auf der Wasseroberfläche verursacht (Foto: Nadeem Saleem / Pixabay).

Zudem beginnt von außerhalb des Kraters Material einzurutschen, kilometergroße Blöcke werden verkippt, teilweise sinken terrassenförmig größere Bereiche ein. Diese an den Inneren Ring anschließende Zone wird auch als Megablockzone bezeichnet, sie hat schließlich einen Durchmesser von 24 km.

Doch richten wir unsere Aufmerksamkeit wieder auf das Geschehen im weiteren Umfeld: Als Folge des Einschlags fegt eine unvorstellbare Druckwelle über das Land: nach zweieinhalb Minuten ist sie 50 km weit gekommen. Der Luftdruck steigt sprunghaft auf 11 bar, der Wind erreicht fast dreifache Schallgeschwindigkeit (mehr als 830 m/s).

In hundert Kilometern Entfernung kommt die Druckwelle nach gut 5 Minuten an. Selbst hier steigt der Druck noch auf 3 bar und die Windgeschwindigkeit beträgt 340 m/s – Schallgeschwindigkeit. Noch in dieser Entfernung werden 90% aller Bäume umgerissen, die restlichen Bäume werden entastet und entlaubt. Innerhalb einer Todeszone von etwa 100 bis 200 Kilometern Durchmesser wird jegliches höhere Leben ausgelöscht.

5–30 Minuten

Eine Viertelstunde nach dem Einschlag erreicht die atmosphärische Druckwelle sogar in 300 km immer noch Orkanstärke (200 km/h).

Nach 5–30 Minuten geht noch gut 400 km östlich der Einschlagstelle, im heutigen Böhmen, aber auch in Mähren und in der Lausitz, ein Meteorschauer aus geschmolzenem grünen Glas nieder: die Moldavite oder „Moldausteine“, die sich aus Schmelzen der obersten Schichten des Kratergebietes gebildet haben, fallen als Tektite in einem Streuwinkel von etwa 75° zur Erde (Abb. 9).

Vermutlich ebenfalls nach etwa 5 Minuten lagert sich auf den Bunten Trümmermassen an vielen Stellen ein charakteristisches Gemisch aus Schmelzfetzen, Gesteinsstaub und -brocken ab (Abb. 10). So entsteht ein neues Gestein, das



Abbildung 9: Moldavit (Foto: RiesKraterMuseum Nördlingen).



Abbildung 10: Suevit-Block mit einem Durchmesser von zirka 1 m; Steinbruch Otting.

nach der Fundregion Schwaben (lat.: Suevia) Suevit genannt wird. Mittlerweile ist bekannt, dass der Suevit weltweit ein charakteristisches Gestein bei Impaktkratern darstellt. Der genaue Entstehungsprozess des Suevits ist auch nach 50 Jahren intensiver internationaler Forschung nicht geklärt – es gibt also durchaus noch etwas zu erforschen!

Nach 20 Minuten ist die Kraterbildung und Ablagerung der Auswurfmassen weitgehend abgeschlossen.

100–150 km³ Gestein wurden durch die Luft ausgeworfen, 800–1.000 km³ bewegt. Auf einer Fläche von 6.000 km² liegt eine geschlossene Decke aus Ablagerungen. Die noch vor einer halben Stunde vorhandene subtropische Landschaft ist verschwunden, die Tier- und Pflanzenwelt ausgelöscht. Sturzflutartige Regenfälle bilden den Schlussakkord des Dramas.

In den nächsten Jahren staut sich nördlich des Impaktgebietes ein See, der Rezat-Altmühl-See, der zeitweise größer ist als der heutige Bodensee. Auch im Krater selbst wird sich für etwa 2 Mio. Jahre ein abflussloser See bilden (Abb. 11). Er ist längst ausgetrocknet, doch seine fossilreichen Ablagerungen sind bis heute erhalten (DEHM et al. 1977).

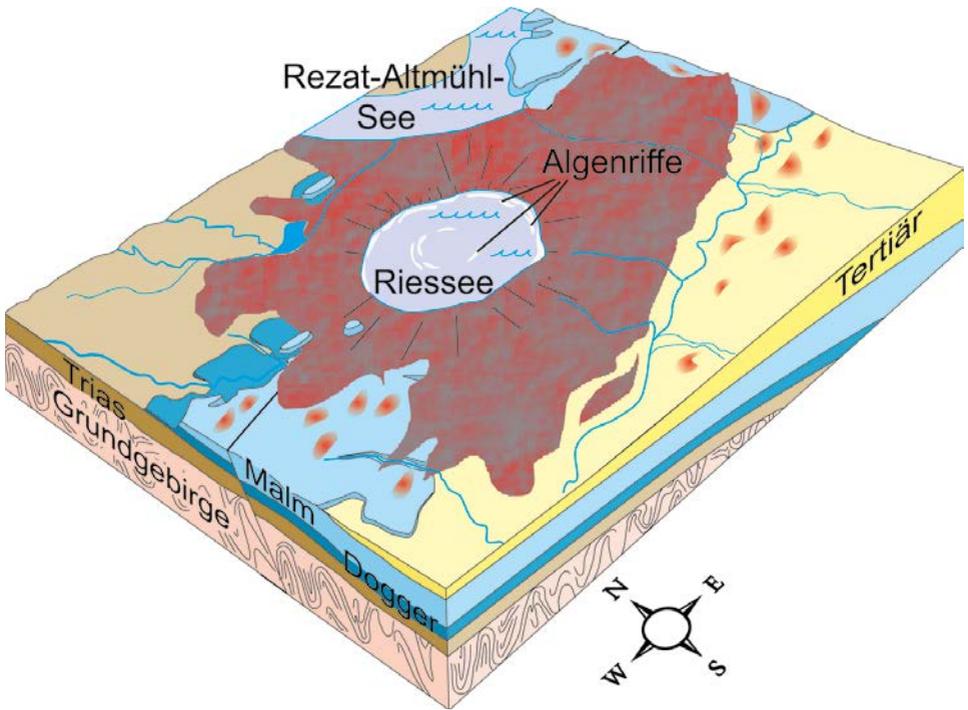


Abbildung 11: Der durch den Aufstau des Ur-Mains (mit Ur-Alt mühl) gebildete Rezat-Alt mühl-See. Im Krater entstand der salzhaltige Riessee.

Allerdings: globale Konsequenzen hat der Einschlag im Ries nicht. Die Erdachse wird nicht verlagert, kein „Impaktwinter“, es ergeben sich auch keine langfristigen Effekte auf die Biosphäre. Im Laufe der Zeit wandern – soweit bekannt – alle vorher vorhandenen Pflanzen und Tierarten wieder ein.

Der Ries-Krater ist für die Wissenschaft bis heute von größtem Interesse. Er ist ein Modell für Kraterbildung auf dem Mond und vermutlich sogar noch mehr für den Mars. Am 10. August 1970 kamen vier US-Astronauten ins Ries, um sich auf die Apollo-14-Mission vorzubereiten. Alan Shepard, Edgar Mitchell, Eugene Cernan und Joe Engle unterzogen sich einem geologischen Feldtraining. Sie übten, um unter anderem auf dem Mond Impaktgestein zu erkennen.

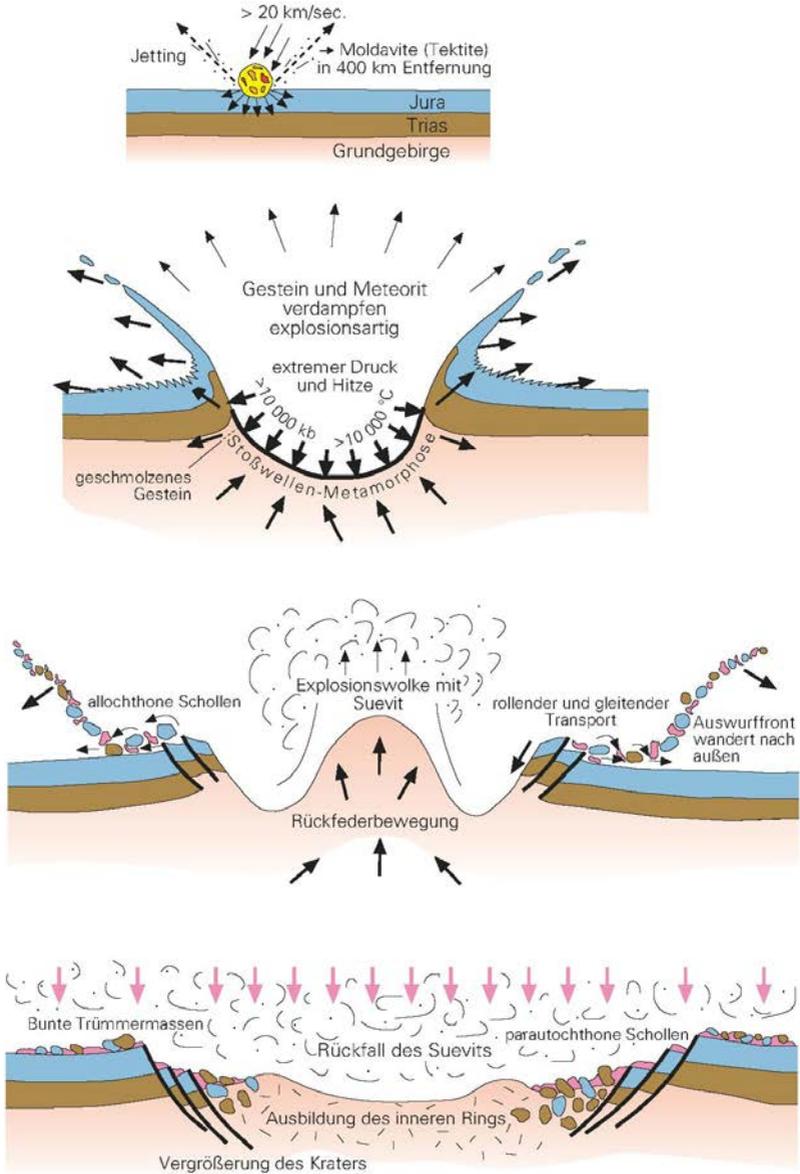


Abbildung 12: Entstehung des Rieskraters.

Weltbekannte Exkursionsziele

Das Nördlinger Ries und sein kleiner Bruder, das 40 km westlich in Baden-Württemberg liegende Steinheimer Becken, zählen zu den am besten erhaltenen und am intensivsten untersuchten Einschlagskratern der Erde.

Besonders wichtige und sehenswerte geologische Objekte im Nördlinger Ries sind zu Bayerns schönsten Geotopen ernannt worden. Dies sind unter anderem:

- Die Impaktgesteine aus einem ehemaligen Steinbruch bei Wengenhausen, wo die bereits erwähnten „shatter cones“ gefunden wurden;
- Suevit auf Bunter Breccie im Steinbruch Aumühle und
- die fossilführenden Seekalke aus Hainsfarth, die nach dem Impakt im Riessee entstanden sind.

Der vorstehende Text entstammt (leicht gekürzt) dem Buch „Nicht von dieser Welt – Bayerns Meteorite“ (2012), das unter www.bestellen.bayern.de käuflich erworben werden kann.

Per aspera ad astra – Von den Steinen zu den Sternen – Suevit – das himmlische Gestein

GISELA PÖSGES, DONAUWÖRTH & HARALD HIESINGER, MÜNSTER

Das geologische Training der Apollo-Astronauten im Rieskrater

Das Apollo-Programm hat seine Wurzeln unter anderen in der bahnbrechenden Rede von John F. Kennedy im US-Kongress am 25. Mai 1961, in der er versprach, dass die USA innerhalb eines Jahrzehnts bemannt zum Mond fliegen würden. Zuvor hatte die NASA am 9. April 1959 sieben Astronauten für kommende Raummissionen ausgesucht, die sogenannte Mercury 7 (Original 7 oder Astronaut Group 1, darunter auch Alan Shepard, der später im Nördlinger Ries an einem geologischen Training teilnahm).

Die Apollo-Astronauten besuchten bei ihren jeweiligen geologischen Trainingseinheiten viele eindrucksvolle geologische Stätten in den USA, u. a. den Grand Canyon (sehr tiefe und sehr steile, etwa 450 km lange Schlucht im Norden Arizonas) und den Sunset Crater (Vulkankrater in Arizona) sowie geologisch bedeutsame Strukturen auf Island, den Lofoten und auf Hawaii. Neben stratigraphischen Studien war es für bemannte Mondmissionen von großer Bedeutung, sich mit vulkanischen Gesteinen zu beschäftigen, da die großen dunklen Gebiete auf dem Mond aus basaltischem Material bestehen und man anfänglich davon ausging, dass es sich bei den Mondkratern hauptsächlich um Vulkankrater handle.

Der berühmte Astrogeologe Eugene Shoemaker, der für den USGS (United States Geological Survey) arbeitete, war einer der wesentlichsten geologischen Berater der NASA und betreute vor allem die Apollo-11-Crew. Entgegen der allgemeinen Lehrmeinung vermutete Shoemaker schon sehr früh, dass die meisten Krater auf dem Erdmond durch Einschläge entstanden waren. Deshalb trainierte er mit „seiner“ Apollo-11-Crew auch im Barringer Krater in Arizona, bei dem man schon sehr früh vermutete, dass es sich um einen Einschlagkrater handelt. Shoemaker konnte 1960 durch das Quarz-Hochdruckmineral Coesit den schlussendlichen Nachweis erbringen, dass der Barringer Krater durch den Einschlag eines kosmischen Körpers entstanden ist. Der Barringer Krater ist ca. 1,2 km im Durchmesser und ca. 50.000 Jahre alt. Coesit benötigt für seine Bildung enorme Druck- und Temperaturverhältnisse, wie sie typischerweise während des Einschlagsprozesses auftreten, und galt zu diesem Zeitpunkt als eindeutiges Indiz für einen Impaktkrater. Heute kennt man Coesit jedoch auch aus Erdmantelgesteinen, die durch tektonische Prozesse an die Erdoberfläche gekommen sind.

Noch im selben Jahr besuchte Shoemaker den Rieskrater in Süddeutschland und konnte auch dort durch den Nachweis von Coesit die Impaktkrater-Natur des Rieses nachweisen. Bis zu diesem Zeitpunkt vermutete man eine vulkanische Entstehung des Rieses. Die erste Beschreibung des im Ries vorkommenden Suevits im Jahr 1792 beschrieb den „Schwabenstein“ als ein nur im Ries vorkommendes, besonderes Vulkangestein.

Der Rieskrater ist ca. 25 km im Durchmesser und ist ein komplexer Krater mit einem sogenannten inneren Ring. Der innere Ring symbolisiert im Wesentlichen den sehr tiefen, aber kleineren Übergangskrater, der nur wenige Sekunden bestand. Da viele Impaktkrater auf dem Erdmond ähnliche Morphologien zeigen, ist das Ries ein wichtiger Krater, um detaillierte Analogiestudien durchzuführen. Aufgrund der hervorragenden Erhaltung des Rieskraters und seiner exzellent ausgeprägten Auswurfdecke wollte Shoemaker den Rieskrater unbedingt auch als Trainingsgelände für spätere Apollo-Missionen. Mit ca. 25 km Durchmesser ist der Rieskrater zudem ein relativ großer Impaktkrater und anders als der Barringer Krater ein komplexer Krater, der einen Inneren Ring und eine sogenannte Megablockzone aufweist. Das war für das geologische Training der Astronauten sehr wichtig, da Shoemaker auf dem Erdmond auch solche Kratertypen erwartete.

Die “Nördlinger“ Apollo-Astronauten Al Shepard, Ed Mitchell, Eugene Cernan und Joe Engle

Insgesamt vier Astronauten wurden im Rahmen des Apollo-Programms im Nördlinger Ries trainiert. So unternahmen die Apollo 14 und die Apollo 17 Crews in Vorbereitung auf ihre Missionen detaillierte Studien im Ries.

Die Apollo 14-Mission dauerte vom 31. Januar bis 6. Februar 1971 und brachte die Astronauten Al Shepard und Ed Mitchell auf die Mondoberfläche, wo sie zahlreiche Experimente durchführten, ca. 43 kg Mondproben sammelten und schließlich auf die Erde zurückbrachten. Für die Apollo 14 Mission war als Landestelle ein Gebiet nördlich des ca. 95 km großen Fra-Mauro Impaktkraters ausgewählt worden. Dieser Krater liegt im Zentrum der Fra-Mauro-Formation nordöstlich des Mare Cognitum (dt. bekanntes Meer) und südöstlich des Mare Insularum (dt. Inselmeer). Den südlichen Rand teilt sich der Fra-Mauro-Krater mit den jüngeren Mond-Impaktkratern Bonpland und Parry. Da die Fra-Mauro-Formation als Auswurfmaterial des 1.200 km großen Imbrium Beckens abgelagert wurde, ist speziell die gut erhaltene Auswurfdecke des Ries Kraters ein ideales Analog, um die Ablagerungsprozesse und die damit verbundenen Gesteine zu studieren.

Alan Bartlett Shepard wurde am 18. November 1923 in East Derry, Derry, New Hampshire, USA, geboren und verstarb am 21. Juli 1998 in Pebble Beach, Del Monte Forest, Kalifornien, USA. Er führte den ersten Suborbitalflug mit der Mercury-Redstone 3 durch und war der Commander der Apollo-14-Mission. Er wurde auch als erster Golfspieler auf dem Erdmond bekannt.

Sein Crew-Mitglied Edgar Dean Mitchell wurde am 17. September 1930, Hereford, Texas, USA, geboren und verstarb am 4. Februar 2016, West Palm Beach, Florida, USA. Er war Pilot der Landefähre Antares der Apollo-14-Mission.

Die Apollo-17-Mission dauerte vom 7. bis 19. Dezember 1972 und die Astronauten brachten 111 kg Mondgestein mit auf die Erde. Als Landegebiet dieser Mission wurde das Taurus-Littrow-Tal von der NASA ausgewählt, das sich im südöstlichen Teil des Mare Serenitatis (dt. Meer der Heiterkeit) befindet. Der genaue Zeitpunkt der Bildung des Serenitatis-Beckens ist auch heute noch umstritten; neuere Studien legen nahe, dass der Einschlag vor ca. 4,2 Mrd. Jahren stattgefunden haben könnte. Die Basalte, die das Becken verfüllten und auch an der Apollo 17 Landestelle gesammelt wurden, sind dagegen deutlich jünger und bezeugen vulkanische Aktivität, die über mehrere hundert Millionen Jahre auftrat.

Eugene Cernan wurde am 14. März 1934, Chicago, Illinois, USA geboren und verstarb am 16. Januar 2017 in Houston, Texas, USA. Er flog mit Gemini 9A, Apollo 10 und war Commander der Apollo-17-Mission. Er war der bisher letzte Mensch auf dem Erdmond.

Joe Engle wurde am 26. August 1932 in Chapman, Kansas, USA geboren. Er war Teil der Ersatz-Crew für Apollo-14 und danach für die Apollo-17-Mission vorgesehen. Auf Druck der Wissenschaft wurde er aber durch Harrison Schmitt, den ersten Wissenschaftsastronauten (Geologe), substituiert. Er flog zwei Missionen, die STS-2 (Space Transportation System) Mission mit dem US-amerikanischen Space Shuttle Columbia (OV-102) der NASA. Der Start erfolgte am 12. November 1981. Es war die zweite Space-Shuttle-Mission.

Des Weiteren flog er die STS-51-L Mission der NASA mit dem Space Shuttle Discovery. Der Start der 20. Space-Shuttle-Mission und der sechste Flug der Raumfähre Discovery erfolgte am 27. August 1985.



Abbildung 1: Empfang der Astronauten im Rathaus, stehend Oberbürgermeister Hermann Keßler, rechts von OB Keßler: Wolf von Engelhardt, Eugene Cernan, Edgar Mitchell; links von OB Keßler: Joe Engle, Al Shepard (Foto: mit freundlicher Genehmigung Fotohaus Hirsch, Nördlingen).

Das geologische Feldtraining der Apollo 14 und ihrer Ersatz-Crew im Nördlinger Ries

Das geologische Training der Apollo-Astronauten fand in der Zeit vom 12. bis 14. August 1970 statt. Die Apollo-Astronauten der zukünftigen Apollo 14 und 17 Missionen landeten am Montag, den 10. August am Flughafen Leinfelden-Echterdingen, um danach nach Tübingen zu reisen. Dort erhielten sie eine geologisch-mineralogische Einführung am Mineralogischen Institut der Universität durch Wolf von Engelhardt und Dieter Stöffler. Danach reisten sie weiter nach Nördlingen zum geologischen Training und übernachteten im damaligen ersten Haus am Platz, im Hotel Sonne-Kaiserhof.

Sie erhielten offizielle Empfänge durch die Stadt Nördlingen. Ein kleinerer Sektempfang fand im Rathaus statt (Abb. 1). Hier waren nur die Astronauten, ihre Betreuer sowie städtische Vertreter geladen. Im Rahmen des Empfangs trugen sie sich in das Goldene Buch der Stadt Nördlingen ein (Abb. 2).

Ein weiterer größerer Empfang erfolgte in der St. Georgskirche.

Ähnlich wie Shoemaker studierten die Astronauten das wichtigste Gestein des Kraters – den Suevit – zum ersten Mal an der St. Georgskirche. In Nördlingen besuchten sie auch den Turm der Kirche, den sogenannten Daniel. Dort genossen sie den einmaligen Blick auf die Stadt Nördlingen mit ihren Suevit-Gebäuden und in den Rieskrater. Von der Spitze des Daniel erhielten die Astronauten auch einen ersten geologischen Überblick, bevor das eigentliche geologische Training im Rieskrater begann.

Die Astronauten wurden von Seiten der NASA von ihrem geologischen Trainer Mike McEwen und seinem Assistenten Fred Hörz sowie Donald Gault begleitet. Die örtliche Betreuung erfolgte durch den Geologen und Mineralogen der Universität Tübingen, Wolf von Engelhardt und seinem Assistenten Dieter Stöffler.



Abbildung 2: Eugene Cernan (links) und Ed Mitchell (rechts) unterschreiben im Goldenen Buch der Stadt Nördlingen (Foto: mit freundlicher Genehmigung Fotohaus Hirsch, Nördlingen).

Ein wichtiges Ziel des geologischen Trainings im Ries war es, die Astronauten in die Geologie und Petrographie von Impaktgesteinen einzuführen, um es ihnen bei ihren späteren Mondmissionen zu ermöglichen, zwischen vulkanischen Gesteinen und Impaktgesteinen unterscheiden zu können.

Ein anderer, sehr wichtiger Punkt im Astronauten-Training war es, die geologische Probenentnahme zu trainieren. Der richtige Einsatz des Geologenhammers war von großer Bedeutung, da es keinesfalls auf dem Erdmond zu Absplitterung von Gesteinen kommen durfte. Im schlimmsten Fall hätte der Raumanzug beschädigt werden können, was lebensgefährlich gewesen wäre.



Abbildung 3: Die Apollo-Astronauten im Steinbruch Otting (v.r.n.l): Joe Engle, Dieter Stöffler (kariertes Hemd), Al Shepard, Wolf von Engelhardt (hockend), Eugen Cernan, Mike McEwen, Fred Hörz, Ed Mitchell und Donald Gault (Foto: mit freundlicher Genehmigung der NASA).

Das geologische Feldtraining fand in 13 Steinbrüchen des Rieskraters statt. Unter anderem besuchten die Astronauten verschiedene Orte des Inneren Ringwalls, in dem kristallines Grundgebirge aufgeschlossen ist: Zum einen den bei Nördlingen liegenden Aufschluss „Meyers Keller“ und zum anderen die Aufschlüsse bei der Kloster- und Langenmühle in Maihingen.

Natürlich wurde das wichtigste Gestein des Rieskraters besucht. Man hatte diverse Suevit-Steinbrüche (u. a. Seelbronn, Otting, Amerdingen) auf der Agenda, u. a. den berühmten Steinbruch bei der Altenbürg. Der Steinbruch Altenbürg ist wohl der berühmteste Suevit-Steinbruch des Rieses. Der Name weist auf eine alte Burganlage hin.

In diesem ehemaligen Steinbruch, in dem vermutlich auch die Gesteine für die St. Georgskirche in Nördlingen gewonnen wurden, machten sich die Astronauten mit dem wichtigsten Gestein des Rieskraters, dem Suevit vertraut. Einige Geowissenschaftler, vor allem Euge-

ne Shoemaker, der Entdecker des Impaktkraters Ries, vermutete ähnliche Gesteinsvorkommen auf dem Erdmond. Beim Suevit handelt es sich um eine sog. Impaktbreccie. Es ist ein Trümmergestein, das sich hauptsächlich aus Kristallingesteinen in unterschiedlichen Schockstufen zusammensetzt. Da bei einem Impaktereignis enorme Drücke und Temperaturen freigesetzt werden, werden die getroffenen Gesteine bis in ihren atomaren Aufbau verändert. Es entstehen Hochdruckminerale wie Coesit und Stishovit sowie Mikrodiamanten, die zur zweifelsfreien Identifizierung von Einschlagskratern dienen. Dieser Steinbruch ist auch aus wissenschaftshistorischer Sicht besonders wichtig, da er bis zur Entdeckung der Quarz-Hochminerale 1960 als Referenzsteinbruch für die Vulkantheorie des Rieskraters diente. Für die Astronauten war dieser Steinbruch speziell auch deshalb von großer Bedeutung, da sie bei ihrer zukünftigen Erkundung der Mondoberfläche zwischen vulkanischen Gesteinen und Impaktgesteinen unterscheiden und auch die „richtigen“ Proben nehmen mussten.

Der in Abb. 3 zu sehende Suevit-Steinbruch Otting ermöglichte es den Astronauten, die beiden wichtigsten Impakt-Gesteine Suevit und Bunte Breccie intensiv zu studieren. Die geologische Ausbildung in Otting erweiterte ihre Kenntnisse, zwischen sedimentären und kristallinen Impakt-Gesteinen zu unterscheiden.

Wichtig war für das Astronautentraining auch der Besuch von Megablöcken. Das sind vom Impakt versetzte gewaltige Gesteinsschollen. Sie zeigen die typischen Beanspruchungsspuren eines Impakts, die sogenannte Brecciierung. In den oberjurassischen Megablöcken „Lindle“ und „Siegling“ beschäftigten sich die Astronauten mit sedimentären Impaktbreccien und mit der inversen Lagerung von Gesteinen. Im „Lindle“ wird Oberjurakalk von Mitteljurasandstein überlagert und im benachbarten Steinbruch „Siegling“ wird Oberjurakalk von Tonen und Mergeln des Unter- und Mitteljuras überlagert. Diese inverse Lagerung ist typisch für Einschlagskrater.

Ein weiterer sehr imposanter Megablock ist der Riegelberg. Dort sind die beiden Karsthöhlen, kleine und große Ofnethöhlen, verortet. Hier am Riegelberg erhielten die Astronauten von den begleitenden Geowissenschaftlern eine Einführung in die Morphologie des Rieskraters. Ausgestattet mit fundierten Kenntnissen zur Impaktgeologie waren die Astronauten nun in der Lage, ihre im Ries erworbenen Kenntnisse auf dem Erdmond umzusetzen.

Leider fand nach dem sehr erfolgreichen Training der Apollo-14-Crew mit ihrer Ersatzmannschaft kein weiteres Apollo-Training mehr statt. Fred Hörz, der das Astronauten-Training im Ries als Geologe begleitete, hätte „seine“ Apollo-16-Crew sehr gerne weiter im Ries



Abbildung 4: Apollo-Astronauten am Riegelberg, mit freundlicher Genehmigung der NASA; Von rechts nach links: Dieter Stöffler, Wolf von Engelhardt, Ed Mitchell, Eugen Cernan, Al Shepard, Mike McEwen und Fred Hörz.

trainiert. Zum einen kannte er den Krater noch aus seinen Studententagen und zum anderen sah er, dass die Apollo-14-Crew mit ihrer Back-up-Crew sehr viel im Rieskrater gelernt hatte. Für ihn war der Rieskrater ein exzellentes Vorbereitungsgebiet. Leider konnte er trotz seines großen Einflusses als Geologie-Cheftrainer von Apollo 16 die NASA nicht überzeugen, ein weiteres Training durchzuführen. Glücklicherweise änderte sich dieser Umstand, denn seit ein paar Jahren trainieren wieder regelmäßig Astronauten der ESA, NASA und anderer Raumfahrtagenturen im UNESCO Global Geopark Ries.

Der Sprung ins 21. Jahrhundert: Das geologische Feldtraining im Ries im Rahmen PANGAEAs

Seit 2016 unternimmt die ESA im Rahmen des PANGAEA (Planetary Analogue Geological and Astrobiological Exercise for Astronauts) Programms jährliche Besuche im Rieskrater. Ziel PANGAEAs ist es, die heutigen Astronauten-Crews der ESA auf ihre möglichen Einsätze, z. B. auf dem Mond, vorzubereiten und sie in die Geologie planetarer Körper und deren Prozesse einzuführen. So besuchen die Astronauten neben dem Ries-Krater auch die Bletterbach-Schlucht in Italien, die Vulkaninsel Lanzarote und die Lofoten, da dort jeweils relevante geologische Vorkommen zugänglich sind und spezifische Fähigkeiten erlernt werden können. Die Astronauten sollen z. B. lernen, Gesteine und deren Stratigraphie zu erkennen und basierend auf den eigenen Beobachtungen, geologische Interpretationen vorzunehmen und Modelle zu entwickeln. Wie im Apollo-Programm geschieht dies durch eine Reihe von Exkursionen zu Aufschlüssen, die durch Vorlesungen und Übungen ergänzt werden. Geleitet werden diese Exkursionen durch lokale und ESA-Experten. Im Rieskrater sind dies z. B. Gisela Pösges (UNESCO Global Geopark Ries), Stefan Hölzl (Rieskrater Museum) und Harald Hiesinger (Universität Münster).

Einen ersten Anlaufpunkt für die Astronauten bietet die St. Georgskirche, wo man als Lehrender sehr schön die schnelle Verwitterung des Suevits vor Augen führen kann und auch die feinen Unterschiede zwischen natürlichem Suevit und dem künstlichen Suevit vergangener Restaurationsmaßnahmen erläutern kann. Der 90 m hohe Daniel versetzt die Astronauten in das Szenario eines „Landeanflugs“, währenddessen sie ihre Beobachtungen an das „Mission Control Center“ für die dortigen Experten beschreiben sollen. In dieser Simulation geht es vor allem darum, wichtige geologische Großstrukturen zu erkennen und in den Kontext des Kraterbildungsprozesses einzubetten. Mit diesem Wissen und dem Wissen aus den Vorlesungen kann es dann ins Gelände gehen.

Im Rieskrater werden die Aufschlüsse Wengenhausen, Gundelsheim (Abb. 5), Riegelberg und Aumühle besucht, um den Astronauten die jeweiligen Gesteine und deren Lagerungsverhältnisse nahe zu bringen. In Wengenhausen sind z. B. monomikte und polymikte Breccien aus kristallinem Grundgebirge sichtbar, das im Zuge des Einschlags aus mehreren hundert Metern Tiefe an die Oberfläche gebracht und dabei stark zerbrochen wurde. Die Astronauten lernen anhand dieses Aufschlusses über die Bildung von Zentralbergen bzw. Zentralringen, wie sie auch auf dem Mond bei größeren Kratern auftreten. Gundelsheim ist das wohl spektakulärste Beispiel, wie die Auswurfmassen radial vom Krater weg über die

dort aufgeschlossenen Oberjura-Kalke bewegt wurden und dabei deutliche Strömungen hinterlassen haben – im kleineren Maßstab nicht unähnlich zur Strömung des Imbrium-Beckens in Form der Fra-Mauro Formation. Der Riegelberg ist mit seinen ca. 1,5 km Länge einer der größten Megaböcke, die durch den Einschlag transportiert wurden und heute zwischen dem inneren Ring und dem strukturellen Ring anzutreffen sind. Er veranschaulicht den Astronauten in beeindruckender Weise, welche Kräfte beim Einschlag bzw. kurz danach auftraten.

Die Aumühle schließlich ist vermutlich einer der wichtigsten Aufschlüsse im Ries-Krater, da dort die zwei wesentlichen Gesteine des Impakts in unmittelbarem Kontakt miteinander auftreten, der Suevit und die Bunte Breccie. Die dort beobachtbaren Lagerungsverhältnisse müssen von den Astronauten erkannt und gemeinsam mit den Experten interpretiert werden. Die bunte Breccie wird mit einem sehr scharfen Kontakt vom Suevit überlagert. Der Suevit besteht hauptsächlich aus kristallinen Fragmenten und wurde bei höheren Temperaturen abgelagert als die Bunte Breccie, die hauptsächlich aus sedimentären Komponenten zusammengesetzt ist. Es bedarf somit eines komplexen Modells zur Ablagerungsgeschichte der zwei lithologischen Einheiten.

Im Kern steht dabei die Frage, wie die beiden Lithologien gebildet und abgelagert wurden. Die lokalen Experten leiten die Diskussion in der Aumühle und versuchen den Astronauten dabei auch die Grenzen unseres Wissens aufzuzeigen. Dies soll die Astronauten ermutigen, selbstständige Interpretationsmodelle zu entwickeln, eine Fähigkeit, die auf dem Mond von großer Bedeutung sein wird. Nur durch dieses geologische Training wird die „Maschine Mensch“ zu einem hervorragenden wissenschaftlichen Instrument, das den Wissensgewinn einer jeden Mission um ein Vielfaches steigern wird.

Das PANGAEA-Programm der ESA ist sehr erfolgreich und wurde mittlerweile von zahlreichen ESA-Astronauten durchlaufen. So waren unter anderen Thomas Reiter, Luca Parmitano, Samantha Cristoforetti, Matthias Maurer, Alexander Gerst, Thomas Pesquet, Pedro Duque und Andreas Mogensen im Ries-Krater. Auch NASA-Astronauten, wie z.B. Kate Rubins, Stephanie Wilson und Jessica Wittner wurden in die Geologie des Rieses eingeführt, ebenso wie der JAXA-Astronaut Takuya Onishi und der russische Kosmonaut Sergey Kud-Sverchkov.

Das Ries, speziell der Suevit und die Bunte Breccie, ist also mittlerweile wesentliche Komponente in der Ausbildung der unterschiedlichen Astronauten-Korps. Ihre detaillierte Kenntnis wird es den Astronauten heute, wie zu Zeiten des Apollo-Programms, ermöglichen,



Abbildung 5: Harald Hiesinger (mit geologischer Karte) erklärt den Steinbruch-Grundelsheim (Foto: ESA, Vittorio Crobu).

wesentliche und fundamental wichtige Beobachtungen auf dem Mond zu machen. In etwas weiterer Zukunft wird dieses Wissen auch auf dem Mars oder einem Asteroiden zur Anwendung kommen. In der Planetologie, speziell der Impaktgeologie, sowie in der Astronautenausbildung ist das Ries und seine Gesteine somit von zentraler Bedeutung und in ihrer Erhaltung und Zugänglichkeit einzigartig.

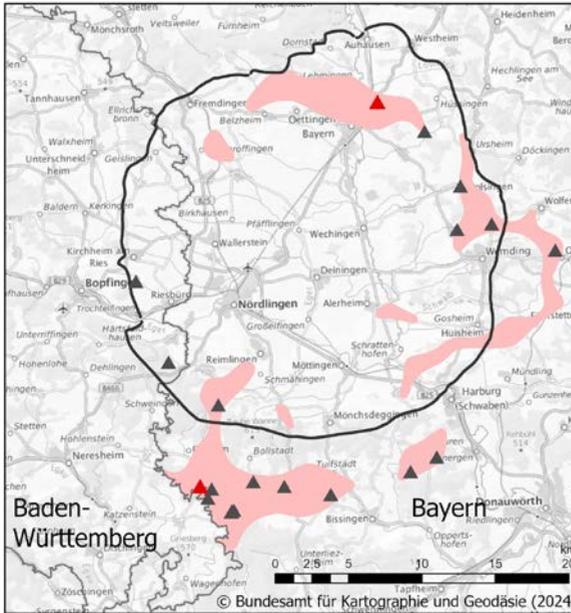
Der UNESCO Global Geopark Ries hat sich zum Ziel gesetzt, diese besonderen Gesteine weiterhin zu erhalten und ihre Zugänglichkeit auszubauen, indem er besonders wichtige Aufschlüsse und Steinbrüche als Geotope für die Öffentlichkeit entwickelt. Eine besondere Rolle spielt dabei auch der besonders gute Kontakt zu den Steinbrucheigentümern wie z.B. Märker Zement GmbH, Harburg, SSG (Solnhofen Stone Group), Solnhofen und SCHWENK Zement GmbH & Co. KG, Ulm.

Mit diesen positiven Aussichten wird das Nördlinger Ries hoffentlich weiterhin ein attraktiver Standort für noch folgende geologische Astronautentrainings bleiben.

Suevit-Lagerstätten in Süddeutschland

GEORG BÜTTNER, HOF; ANJA GEBHARDT, HOF; MARKUS KÜGLER, HOF & JENS WITTENBRINK, FREIBURG

Hauptverbreitung und Lagerstätte



- Gewinnungsstellen
- ▲ aktiv
- ▲ historisch
- HV_Suevit
- Rieskraterrand

Abbildung 1: Suevit Hauptverbreitung für Bayern und bedeutsame Gewinnungsstellen (s.a. UmweltAtlas Bayern).

Die Hauptverbreitung des Suevits (Abb. 1) befindet sich am Riesrand sowie im östlichen und südlichen Vorries. Als Hauptverbreitungsgebiet eines Rohstoffes wird ein großräumig unbegrenztes, geologisch heterogen aufgebautes Gebiet mit möglichen und wahrscheinlichen, bisher im Einzelnen noch nicht untersuchten oder bekannten Rohstoffvorkommen oder -lagerstätten bezeichnet.

Innerhalb dieses Gebietes befinden sich bedeutsame Suevit-Lagerstätten. In Bayern sind dabei als Lagerstätte „Hainsfarth-Aumühle“ im Nordosten des Rieses sowie im östlichen und südlichen Vorries die Lagerstätten bei Otting und im Raum Amerdingen – Aufhausen zu nennen. In Baden-Württemberg befinden sich bedeutende Rohstoffvorkommen bei Eglingen – Hofen.

Im Ries wird derzeit nur in Bayern, nämlich in Hainsfarth-Aumühle sowie südlich Aufhausen (bei Seelbronn) Suevit abgebaut; der ehemals große Abbau bei Otting ruht aktuell.

Geologie

Die Geologische Einheit „Suevit“ wird in der Geologischen Karte (LFU, 2024) wie folgt beschrieben: „Grundgebirgsgestein, brecciiert, mit dunklen Schmelzpartikeln und -fragmenten („Flädle“), selten Deckgebirgskomponenten“. Der Suevit legt sich als Fallout wie eine „Haut“ über die Riestrümmernmassen (Abb. 2).

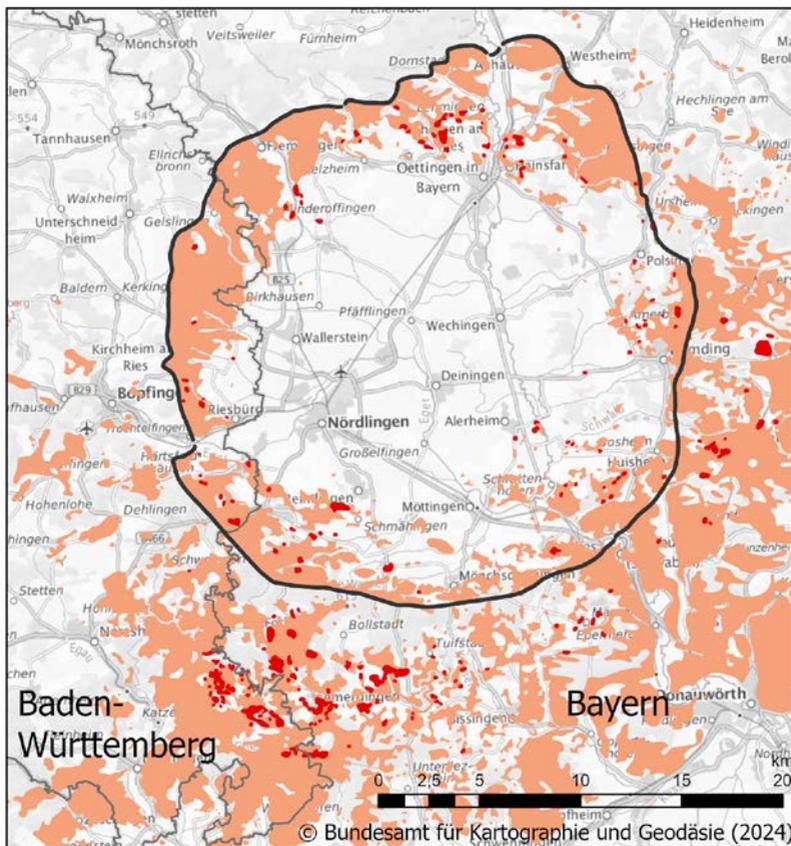


Abbildung 2: Auszug aus Geologische Karte Ries (BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT, 2004).

Petrographische Kennzeichnung

Das grünlich graue bis gelblich graublaue, teilweise aber auch beigefarbene Gestein (Abb. 3) ist massig, ungeschichtet, bzw. durch Klüftung und Absonderungsfugen von grobblockigem Aussehen und verwittert z. T. wollsackartig. Es weist eine feinkörnige Grundmasse auf, mit unterschiedlichen Mengen von Gesteinsgläsern („Flädle“, bis 15% und mehr) und Gesteinsbruchstücken (Granit, Diorit, Gneis, Kalkstein und Ton) sowie wenig sekundärem Montmorillonit. Ries-Suevite bestehen nach ENGELHARDT et al. (1995) aus 70–80% Grundmasse, 10–20% Gesteinsglas, 2–10% Kristallingesteinsklasten und 0,2–1% Sedimentgesteinsklasten. Der Suevit ist porös, rau, unregelmäßig brechend und meist nur mäßig verfestigt, weist aber eine hohe Zähigkeit auf, die ihn früher als Baustein auch großer Bauwerke begehrt machte. Teilweise können makroskopisch erkennbare Flädle fehlen (wie z. B. südlich Amerdingen Aufschluss am Friedhof) (s. a. EBEL et al. (1996), ENGELHARDT et al. (1995) und LGRB BADEN-WÜRTTEMBERG (2015)).

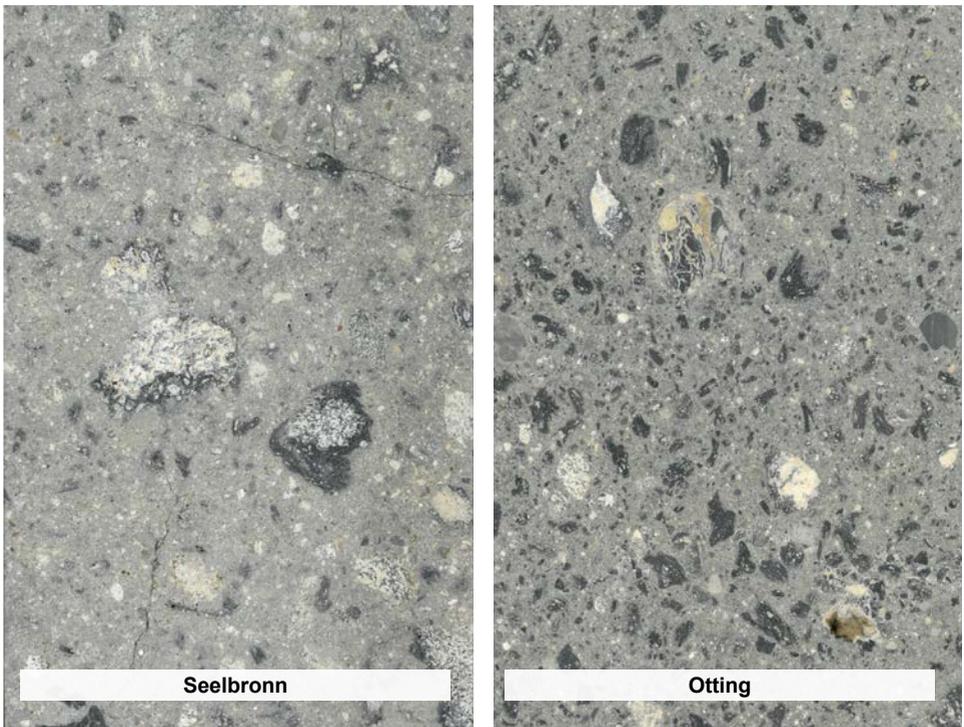


Abbildung 3: Gesteinsmusterplatten Suevit (Rohstoffgeologische Sammlung LfU).

Gesteinsphysikalische und geochemische Eigenschaften

Die Druckfestigkeit liegt bei dem als Baustein geeigneten Material in Bereich von 30 bis 40 N/mm². Er ist frostbeständig und säurefest.

Die Rohdichte liegt zwischen 1,5 und 2,1 g/cm³; die Porosität unterliegt starken Schwankungen (15–30 %) und kann bis zu 40 % erreichen. Die Wasseraufnahme schwankt zwischen 7 und 22 %. Die gesteinsphysikalischen Kennwerte wurden zusammengestellt aus LGRB BADEN-WÜRTTEMBERG (2013) und WEINIG (1984).

Abbausituation

Im Ries wird derzeit nur in Bayern, nämlich in Hainsfarth-Aumühle sowie südlich Aufhausen (bei Seelbronn) Suevit abgebaut; der ehemals große Abbau bei Otting ruht aktuell. Daneben existieren zahlreiche aufgelassene Steinbrüche, die i. d. R. weitestgehend renaturiert sind, teils auch bedeutende Geotope darstellen wie z. B. der Steinbruch „Altenbürg“.



Abbildung 4: Steinbruch Aumühle Suevit und Bunte Breccie.

In den meisten Altabbauen schwank(t)en die Abbauhöhen zwischen 5 und 10 m, seltener > 10 m. Bereits innerhalb kurzer Entfernungen treten große Mächtigkeitsschwankungen aufgrund des Entstehungsprozesses (Fallout) auf. Dies zeigt sehr anschaulich die aktive Gewinnungsstelle Hainsfarth-Aumühle (Abb. 4).

Des Weiteren ist der Suevit bereichsweise, insbesondere oberflächennah, stark verwittert bzw. zersetzt und somit nicht als Naturwerkstein nutzbar. In Tallage kann der Gesteinskörper, auch bedingt durch seine vergleichsweise hohe Porosität, grundwassererfüllt sein. Hier ist der Suevit erfahrungsgemäß ebenfalls zersetzt und kann dann nur eingeschränkt verwertbar sein. Optimal sind daher (insbesondere für die Naturwerksteingewinnung) Vorkommen, in welchen der Suevit oberhalb der Grundwasseroberfläche ansteht.



Abbildung 5: Ehemaliger Steinbruch nördlich Oberringingen.

Dass Suevit aber auch in Bereichen mit Grundwasser gewonnen wurde, zeigen „abgesofene“ ehemalige Abbaustellen (z. B. Steinbrüche (Teile von) Seelbronn und nördlich Oberringingen, Abb. 5). Hier ist für den Abbau eine Wasserhaltung nötig.

Untersuchungsgrad

Die in den amtlichen Geologischen Karten (GK25 (LFU, 2024), GK50, GK100) ausgewiesenen Suevitflächen beziehen sich z. T. auf historische Aufschlüsse, z. T. auf Lese-Steinkartierung oder Analogieschlüsse. Innerhalb eines mit Mitteln des Bayerischen Wirtschaftsministeriums finanzierten Forschungsvorhaben wurden einzelne Suevitvorkommen stichprobenartig untersucht (Abb. 6). Neben den 34 Bohrungen aus dem Forschungsvorhaben wurden außerdem 13 Steinbrüche beprobt, die abschließende Bewertung steht noch aus.

Im Rahmen der Arbeiten zur Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1:50.000 (KMR 50) wurden die Suevitvorkommen im Gebiet der Ostalb untersucht und es konnten 32 Rohstoffvorkommen ausgewiesen werden (LGRB BADEN-WÜRTTEMBERG,

2015). Im Herbst/Winter 2012 wurden in den aussichtsreichsten Bereichen bei Eggingen-Hofen sechs LGRB-Rohstofferkundungsbohrungen abgeteuft und die Zusammensetzung sowie die nutzbare Mächtigkeit ermittelt und veröffentlicht (LBRG, 2020).

Bezogen auf die Gesamtfläche und die Vielzahl der punktuellen Vorkommen sowie der oben geschilderten Unwägbarkeiten ist der Erkundungsgrad außerhalb der meisten, bisher detailliert erkundeten Lagerstätten für einen unmittelbaren wirtschaftlichen Abbau insgesamt nicht ausreichend. Daher muss vor einem Abbau seine tatsächliche wirtschaftliche Höffigkeit noch detaillierter untersucht werden.

Rohstoffsicherung

Im Zuge der mittel- bis längerfristigen Rohstoffsicherung werden in den Regionalplänen Bayerns Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Bodenschätze festgelegt, in denen der Abbau von Bodenschätzen (hier Suevit) vor anderen Nutzungen den Vorrang genießt (Vorranggebiet) oder ihm in der Abwägung ein besonderes Gewicht einräumt (Vorbehaltsgebiet).

Im aktuell gültigen bayerischen Regionalplan der Planungsregion 9 (Augsburg) sind derzeit für Suevit

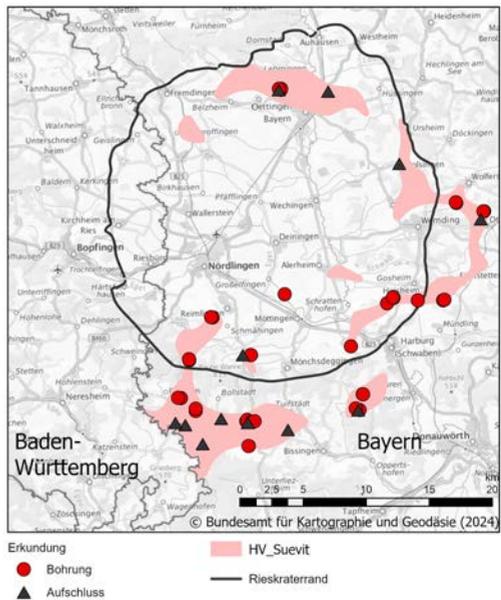


Abbildung 6: Erkundungen (Aufschlüsse und Bohrungen) auf Suevit.

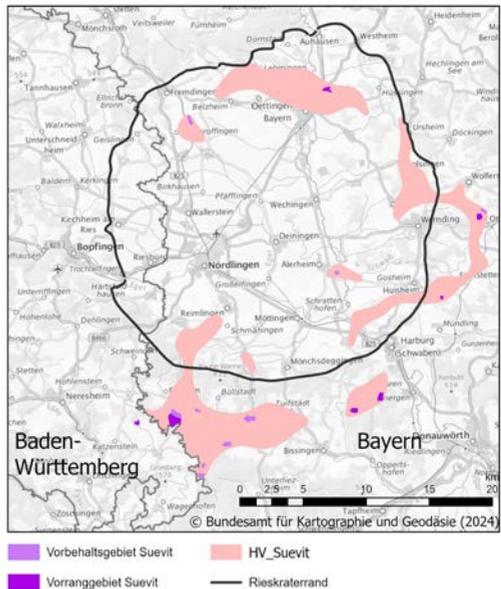


Abbildung 7: Rohstoffsicherungsgebiete (Vorrang/Vorbehaltsgebiete) für Suevit in Bayern (Stand: 2024).

sechs Vorranggebiete (ca. 162 ha Gesamtfläche) und neun Vorbehaltsgebiete (ca. 170 ha Gesamtfläche) ausgewiesen (Abb. 7). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass diese Flächen aufgrund des z. T. unzureichenden Untersuchungsgrades (s. o.) einer Unsicherheit bezüglich der tatsächlich nutzbaren Größe und Qualität unterliegen.

In Baden-Württemberg wurde mit der Teilfortschreibung Rohstoffe 2019 ein Suevitvorkommen als Vorranggebiet zur Sicherung von Rohstoffen in den Regionalplan Ostwürttemberg aufgenommen.

Eine Ausweisung als Rohstoffsicherungsgebiet ist jedoch noch nicht mit einer Abbaugenehmigung verbunden. Im Zuge von Genehmigungsverfahren sind ggf. Einschränkungen (in Fläche und Tiefe) möglich.

Volkswirtschaftliche Bedeutung

Hauptabnehmer für Suevit ist heute die Zementindustrie (insbesondere für die nahe dem Ries gelegenen Zementwerke in Harburg und im Raum Ulm), die ihn aufgrund seiner puzzolanischen Eigenschaften als Zuschlagsstoff für die Herstellung von Traßzementen und hydraulischem Mörtel einsetzt (EBEL et al., 1996).

Der Suevit wird in kleinen Steinbrüchen mittels Reißbagger gewonnen und mit LKW zu den Zementwerken transportiert. Die Genehmigung des Abbaus erfolgt als „Traß“ unter Bergrecht.

Aufgrund seiner Bedeutung für die Zementindustrie und der Einmaligkeit der Vorkommen ist der Suevit von überregionaler Bedeutung. Daher kommt der Sicherung von Suevitlagerstätten im Zuge der Rohstoffsicherung eine hohe Priorität zu.

Literatur und Quellen

BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (2004): Geologische Übersichtskarte des Meteoritenkraters Nördlinger Ries 1:100.000, München.

EBEL, R., DOBNER, A., LEIBER, J., MÜLLER, W., NÄHER, U., POSCHLOD, K. SCHLEGEL, M. & WEINIG, H. (1996): Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1:200 000 (KOR 200), Erläuterungen zu Blatt CC 7926 Augsburg, 77 S, München.

- ENGELHARDT, W.v., ARNDT, J., FECKER, B. & PANKA, H.G. (1995): Suevite breccia from the Ries crater, Germany: Origin, cooling history and devitrification of impact glasses. – *Meteoritics*, 30(3), S. 279–293.
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2013). ROHSTOFFBERICHT BADEN-WÜRTTEMBERG 2012/2013: Bedarf, Gewinnung und Sicherung von mineralischen Rohstoffen – Dritter Landesrohstoffbericht. – LGRB-Informationen, 27, S. 1–204.
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU BADEN-WÜRTTEMBERG (2015): Blatt L 7126/L 7128 Aalen/Nördlingen (Südteil) und L 7326/L 7328 Heidenheim a.d. Brenz/Höchstädt a.d. Donau, mit Erläuterungen. – Karte der mineralischen Rohstoffe von Baden-Württemberg 1:50.000, 207 S., 41 Abb., 10 Tab., 2 Kt., Freiburg i. Br.
- LFU (2024): Digitale Geologische Karte von Bayern 1:25.000 (dGK25), publiziert im © UmweltAtlas Bayern (www.umweltatlas.bayern.de), München.
- POSCHLOD, K., PFEIFFER, R., BITTNER, S., KRUG, R., LEHRBERGER, G., SUTTERER, V. (2017): Erfassung historischer Naturwerksteinvorkommen als Grundlage für deren umweltverträgliche Reaktivierung zwecks Restaurierung national bedeutender Kulturgüter in Bayern. DBU AZ 31549/01-45, Endbericht, 485 S.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, ABTEILUNG 9 LGRB LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (2020): LGRB Wissen – Trasszementrohstoff Suevit: Ries Suevit der östlichen Schwäbischen Alb. 5 S.
- WEINIG H. (1984): Suevit (004). S. 499-501. - In: DOBNER, A., LAGALLY, U., STEPHAN, W., STREIT, R., VIDAL, H. WEINELT, W., WEINIG, H.: Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern. *Geologica Bavarica mit Rohstoffkarte*, Band 86, Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

Verwendung von Suevit als Naturwerkstein

KLAUS POSCHLOD, TÜRKENFELD

Historische Nutzung

Die Erstnutzung von Suevit war die Verwendung als Baustein für Gebäude und Mauern. Die Verbauung von Suevit begann nachweislich in der Römerzeit.

Die ältesten Bauwerke, bei denen Suevit als Baustein verwendet wurde, sind vom Römerkastell Losodica am Ortsrand von Munningen bekannt (90–260 n.Chr.). Hier wurde bei Ausgrabungen u. a. ein behauener Gewölbestein aus Suevit sichergestellt. Weitere Suevite wurden in dem weit entfernten ehemaligen Kohortenkastell Abusina verbaut, das in Eining bei Neustadt a. d. Donau liegt und von 80 n. Chr. bis Mitte des 5. Jh. in Nutzung stand. Die Suevit-Gesteine wurden vermutlich über die Donau transportiert (FREI & KRAHE 1979, PÖSGES & SCHIEBER 2009).

Im Mittelalter lag der Schwerpunkt der Verwendung von Suevit-Werksteinen bei Kirchen und Klöstern. Dabei kam auch ein Problem des Suevits zutage, nämlich seine Inhomogenität. So kann ein 500 Jahre alter Quader noch vollständig mit originaler Oberfläche erhalten und der Quader daneben total rückgewittert sein.

Im Bereich der ehemaligen mittelalterlichen Benediktinerabtei Heidenheim am Hahnenkamm steht vor dem Münster der Gründungsstein aus Suevit von Wunibald aus dem Jahr 752. Das nach einem Brand zerstörte und 1180 wiederaufgebaute Münster beherbergt zudem Säulen, die aus Suevit und Burgsandstein erbaut sind (JUNG & KROEPELIN 2020).

Geschätzt aus dem Jahr 1000 ist die vollständig aus Suevit bestehende Burgkapelle der Alten Bürg bei Utmemmingen.

Aus Suevit ist auch der am Ende des 11. Jahrhunderts erbaute Bergfried der Burg Katzenstein bei Dischingen, eine der ältesten, romanischen Burganlagen in Süddeutschland.

Weitere Bauwerke mit Suevit als Werkstein sind zum einen der Bergfried und der Palas der 1153 erstmals erwähnten Ruine Niederhaus bei Hürnheim der Edelfreien von Hürnheim und zum anderen das Burgtor und die Burgmauern der Ruine Hochhaus (Ersterwähnung 1238), auch bei Hürnheim gelegen (BECK et al. 2016).

Gelegentlich wurde Suevit bei der Errichtung der Burg oberhalb Harburg verwendet, z.B. bei der Brunnenstube, die erstmals 1150 erwähnt wurde, möglicherweise aber 100 Jahre älter ist (FREI & KRAHE 1979).

1327 wird u. a. aus Suevit mit dem Bau der Stadtmauer und der Tore in Nördlingen begonnen, ca. 1400 fertiggestellt, die Stadttore wurden später nochmal errichtet am Ende des 16. Jahrhunderts.

Der Mönchschor des 1383 gegründeten Klosters Christgarten ist ebenfalls aus Suevit.

Der Torbogen am Eingang sowie die Gesimse des 1007 gegründeten Klosters Mönchsdeggingen bestehen aus Suevit, wann er aber verbaut wurde, ist unklar.

Erwähnenswert ist das schöne Rundbogenfries aus Suevit am Ostchor der St. Gallus-Kirche in Brenz an der Brenz, einer spätromanischen Säulenbasilika aus der Wende vom 12. zum 13. Jahrhundert (MERTENS 2019).

Das bekannteste Bauwerk aus Suevit ist die St. Georgskirche mit seinem Turm „Daniel“ in Nördlingen (Abb.1). Das spätgotische Gotteshaus und das Wahrzeichen der Stadt Nördlingen wurde im Zeitraum von 1427 bis 1505 erbaut. Hier macht u. a. die große Schwankungsbreite bei der Rohdichte des Suevits Schwierigkeiten und somit seine Festigkeit; das



Abbildung 1: Der aus Suevit erbaute Daniel, Turm der St. Georgskirche in Nördlingen (Foto: Klaus Poschlod).

wurde relativ früh erkannt und führte dazu, dass beim Bau der St. Georgskirche und vor allem bei der Errichtung des Daniels (der 90 m hohe Turm der Kirche) einige konstruktive Änderungen erforderlich wurden (SCHNEIDER 2000).

Ältere Suevit-Bauwerke in Nördlingen sind u. a. das jetzige Rathaus-Gebäude, das bereits 1313 in einer Verkaufsurkunde erwähnt und zunächst noch als Messekaufhaus genutzt wurde und die Kirche St. Salvator des ehemaligen Karmeliterklosters (Ende des 14. Jahrhunderts errichtet).

Es gibt noch weitere Bauwerke in der näheren und weiteren Umgebung des Rieses wie z. B. den Kirchturm Goldburghausen, die Stadttore in Monheim, das Schloss Reimlingen, die Kirchenburg Marktoffingen, das Kloster Kaisheim sowie ein Portal beim ehemaligen Priesterseminar in Dillingen (siehe auch STRAUB 1907). Des Weiteren sind viele Fenstereinfassungen aus Suevit an Kirchen im Ries und dem Schloss Höchstädt gefertigt worden.

Nicht zu vergessen ist eine der wenigen Innen-Treppen aus Suevit, die sich im gegen Ende des 17. Jahrhunderts erbauten Schlosses Oettingen befindet.

Ab Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Suevit in großem Umfang als Baustein in Verwaltungsbauten (u. a. das 1905 fertiggestellte und im 2. Weltkrieg zerstörte Verkehrsministerium) in München und Augsburg genutzt. Zu diesem Zweck wurden damals bei Aufhausen und Amerdingen größere Steinbrüche neu in Betrieb genommen, in denen mehrere Kubikmeter große Blöcke gewonnen wurden (vgl. Abb. 2). Die Produktion von Trass betrug im Jahre 1911 in 4 Betrieben 4.695 Tonnen im Wert von 93.910 Mark bei einer Arbeiterzahl von 50 sowie 97 Frauen und Kindern (!!!) (GÄBERT, STEUER & WEISS 1915).



Abbildung 2: Suevit-Block von 7 Kubikmeter Größe für den Postneubau (in der Grottenau) in Augsburg (Foto: aus STRAUB 1907).



Abbildung 3: Post in der Grottenau in Augsburg, EG und 1. OG aus Suevit, der Sockel besteht aus Nagelfluh, der nördlich von Augsburg gewonnen wurde (Foto: Klaus Poschlod).

Nachfolgend sind die bekanntesten aus dem 20. Jahrhundert stammenden Suevit-Bauwerke und Objekte außerhalb des Nördlinger Rieses aufgelistet, die während des 2. Weltkrieges nicht zerstört worden sind (mit Baujahr):

- Augsburg: das Postgebäude in der Grottenau (fertiggestellt 1908) (Abb. 3)
- Berlin: das ehemalige Haupttelegraphenamt (1916)
- Leipzig: der ehemalige Messepalast „Specks Hof“ in Leipzig (1909)
- München: der fast 4 Tonnen schwere Grundstein aus Suevit im Deutschen Museum (Einweihung durch Kaiser Wilhelm II. am 13.11.1906)
- München: die ehemalige Königlich-Bayerische Post am Ostbahnhof in München (1909/1910)
- München: die Zweigstelle des Eisenbahn-Bundesamts in München (1916), das für seine „schönen“ Flädle bekannt ist (vgl. Abb. 4 + 5)
- München: die evangelische Kirche St. Johannes am Preysingplatz (1916) (Abb. 6)
- München: der Grundstein der Halle für Luft- und Raumfahrt aus Suevit im Deutschen Museum (Einweihung durch Innenminister Werner Maihofer am 07.05.1978)



Abbildung 4: Eisenbahnbundesamt, Zweigstelle München (Foto: Klaus Poschlod).

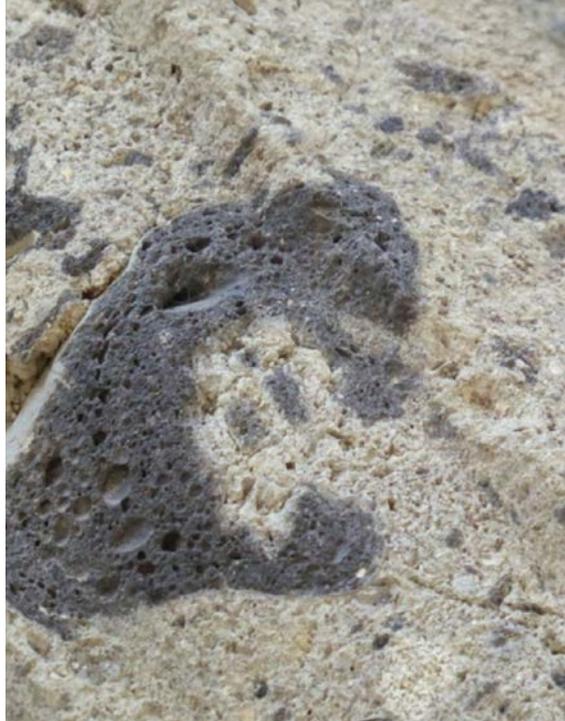


Abbildung 5: Auf der Fassade des Eisenbahn-Bundesamts: Fläche in Form eines Schlangenkopfs (Foto: Klaus Poschlod).



Abbildung 6: Bekrönung des Eingangsportals aus Suevit der Kirche St. Johannes in München am Preysingplatz (Foto: Klaus Poschlod).

Da nach dem 1. Weltkrieg kaum mehr Suevit-Steinbrüche mit Material für Werksteine in Abbau waren, wurden Ausbesserungen mit anderen Gesteinen und „Kunst-Suevit“ vorgenommen. Der Kunst-suevit kam von 1960 bis Anfang der 1980er Jahre zum Einsatz, um stark abgewitterte Quader „aufzudoppeln“. Hauptsächlich verwendet wurde er am „Daniel“ (Turm der St. Georgskirche) in Nördlingen sowie bei der Außenstelle München des Eisenbahn-Bundesamts. Auch wurden bis Anfang des 21. Jahrhunderts helle Coburger Bausandsteine aus Oberfranken (von Schönbrunn und vom Hahnbruch) für die Restaurierung der St. Georgskirche verwendet (vgl. Abb. 7) oder aber vulkanische Tuffe aus der Eifel bei der Königlich Bayerischen Post in München am Ostbahnhof.

Heutige Nutzung

In Absprache mit der Betreiber-Firma (Fa. SCHWENK) konnte aus dem Seelbronner Bruch für kleinere Denkmal-Restaurierungen (z.B. Vierungen) eine gewisse Menge an Material im Austausch mit dem verwitterten Stein entnommen werden. Auch wurden z.B. kleine Sockel aus dem Seelbronner Material für Pokale gefertigt. Im Steinbruch Seelbrunn wurde seit 1905 von der Fa. Vetter in größerem Maße Suevit für Naturwerksteinzwecke abgebaut. 1984 wurde der damals aufgelassene Steinbruch von der Fa. SCHWENK für die Trasszement-Herstellung übernommen und bis 2024 fortgeführt.

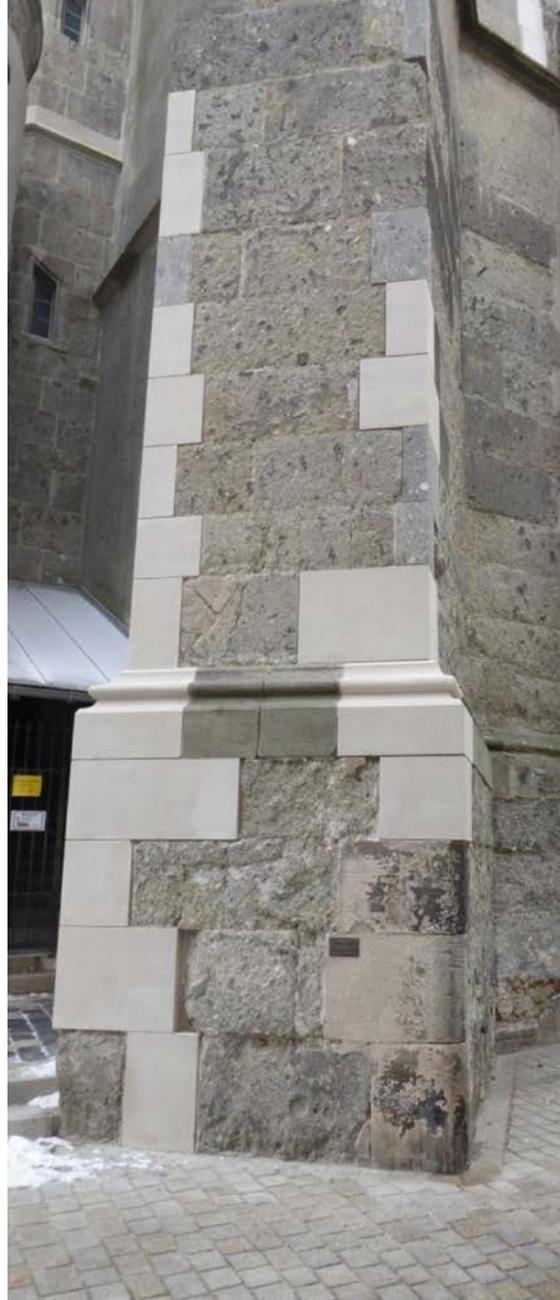


Abbildung 7: Unpassender heller Coburger Bausandstein als Ausbesserungsmaterial für Suevit an der St. Georgskirche in Nördlingen (Foto: Klaus Poschlod).



Abbildung 8: Profiliertes Stück aus Seelbronner Suevit aus der Werkstatt Matthias Wittner für den Einbau in der St. Georgskirche in Nördlingen (Foto: Klaus Poschlod).

Seit 2016 wurden aus dem Steinbruch Seelbronn auch größere Stücke von Suevit durch schonendes Reißen von einer Deininger Steinmetzfirma (Fa. Wittner) sowohl für Ausbesserungen an der St. Georgskirche (vgl. Abb. 8) als auch für die Restaurierung des ehem. Haupttelegraphenamts in Berlin entnommen.

Aus dem Seelbronner Material wurden auch Grabsteine und andere Objekte für den lokalen Bedarf gefertigt. In dem unter Bergrecht stehenden Steinbruch wird seit Mitte 2020 kaum mehr

abgebaut, der Hauptbetriebsplan läuft Ende Juli 2024 aus. Westlich des Steinbruchs Seelbronn wurde Ende 2015 eine neue Suevit-Gewinnungsstelle für Trass zur Zementherstellung aufgemacht: der Steinbruch Aufhausen Mitte West. Nach ersten Untersuchungen kann das dortige Material durchaus auch für Werksteinzwecke genutzt werden. Bis dato wurde allerdings noch kein Suevit für Werksteinzwecke aus diesem Steinbruch verwendet, da noch ausreichend Material vom Steinbruch Seelbronn für Restaurierungen bei Fa. Wittner „auf Lager“ ist. In den nächsten Jahren kann nach Rücksprache mit der Fa. SCHWENK in dem inzwischen 8 m mächtigen Steinbruch Aufhausen in einer Ecke, in der nicht gesprengt wird, werksteingeeignetes Material abgebaut werden.

Kürzlich wurde durch die Fa. Wittner ein für Restaurierungen geeigneter kompakter grüngrauer Suevit aus einer Baugrube in Hürnheim geborgen. Leicht grünlichen Suevit trifft man nicht häufig an, er ist z. B. beim Bau des Deininger Kirchturms im oberen Bereich verwendet

worden. In der Gesteinssammlung des Bayerischen Landesamts für Umwelt stammen übrigens alle drei vorhandenen grünlichen Suevit-Belegstücke von der baden-württembergischen Seite des Nördlinger Rieses.

Literatur und Quellen

- BECK, G., KROEPELIN, K., DOESEL, W. METZGER, F. , SPONSEL, W. & METZGER, C. (2016): Chronik Ederheim – Hürnheim – Christgarten.- 695 S., Ederheim (Gemeinde).
- FREI, H. & KRAHE, G. (1979): Archäologische Wanderungen im Ries.- 254 S., Stuttgart (Theiss).
- GÄBERT, C., STEUER, A., & WEISS, K. (1915): Die nutzbaren Gesteinsvorkommen Deutschlands.- 500 S.; Berlin (Union dt. Verlagsges.).
- JUNG, D. & KROEPELIN, K. (2020): Geologie des östlichen und nordöstlichen Rieskraterlands und -vorlands (Exkursion F am 17. April 2020). - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 102: 117–132; Stuttgart.
- MERTENS, L. (2019): Riessuevit. Konzeptentwicklung und Untersuchungen zur Behandlung von Rissen.- 126 S.; unveröffentl. Masterarbeit bei der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart.
- PÖSGES, G. & SCHIEBER, M. (2009): Das Rieskrater-Museum Nördlingen - Museumsführer und Empfehlungen zur Gestaltung eines Aufenthalts im Ries.- 128 S., München (Pfeil).
- POSCHLOD, K. & PFEIFFER, R. sowie BITTNER, S., KRUG, R., LEHRBERGER, G. & SUTTERER., V. (2017): Erfassung historischer Naturwerksteinvorkommen als Grundlage für deren umweltverträgliche Reaktivierung zwecks Restaurierung national bedeutender Kulturgüter in Bayern. (DBU AZ. 31549/01-45). – 485 S.; Augsburg (LfU) , <https://edocs.tib.eu/files/e01fn18/1025365240.pdf>
- SCHNEIDER, W. (2000): Suevit – der Schwabenstein,- 2 S., unveröffentl. Manuskript, München.
- STRAUB, C. (1907): Der Trachyttuff des bayerischen Rieses als Baustein. - 79 S., Eltmann am Main (Deutsche Steinwerke C. Vetter A.-G.).

Suevit – Anwendungen in der Baustoffindustrie

MARKUS SCHAUER, ULM & SABINE HEUSCHKEL, HARBURG

Petrographische, chemische und technische Eigenschaften

Der Schwabenstein „Suevit“ weist eine Reihe von besonderen petrographischen, chemischen und technischen Eigenschaften auf, die ihn für eine industrielle Nutzung in der Baustoffindustrie interessant machen.

Aufgrund seiner Entstehung als Impakt-Schmelze des kristallinen Untergrundes zeigt er eine dafür typische petrographische Zusammensetzung (Tab. 1). Er ähnelt hinsichtlich seiner chemischen und technischen Eigenschaften auf den ersten Blick den vulkanischen Tuffen Italiens oder der Eifel, die bereits seit der Römerzeit intensiv als Baustoff und Bindemittel genutzt wurden (Tab. 2).

Tabelle 1: Petrographie des Suevit (LGRB, 2015; V.ENGELHARDT, 1997).

Petrographie	Anteil [%]
Grundmasse	70–80
Gesteinsglas	30–50
Montmorillonit	30–40
Quarz	12–14
weitere Minerale (z. B. Zeolithe)	0,5–1,0
Komponenten aus	
Gesteinsglasfragmente	10–20
Kristallingesteine	2–10
Sedimentgesteine	0,2–1

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung des Suevit (Quelle: LGRB, 2015; V.ENGELHARDT, 1997).

Chemie	Minimum [%]	Maximum [%]
SiO ₂	55,39	67,57
TiO ₂	0,60	0,71
Al ₂ O ₃	13,25	16,57
Fe ₂ O ₃	4,52	5,17
MnO	0,04	0,14
MgO	1,84	2,97
CaO	1,72	8,06
Na ₂ O	0,43	3,2
K ₂ O	0,71	3,9
P ₂ O ₅	0,14	0,21
Glühverlust	7,49	12,67

Mit der sehr niedrigen Gesteinsrohichte und insbesondere der sehr hohen Wasseraufnahmefähigkeit (Tab. 3) zeigt er einige wesentliche Besonderheiten.

Tabelle 3: Technische Eigenschaften des Suevit im Vergleich (Quelle: VDZ, Handbuch Zement, 2008).

Gesteinsart	Rohdichte [t _o ./m ³]	Druckfestigkeit [N/mm ²]	Wasseraufnahme [Gew-%]
Bimsstein	< 1,0	20–30	2,4–4
Suevit	1,55–1,95	30–40	8–22
Dichte Kalksteine	2,65–2,85	80–180	0,2–0,6
Poröse Kalksteine	1,7–2,6	20–90	2–12
Sandstein	2,0–2,6	30–180	0,2–9
Granit	2,6–2,65	160–240	0,2–0,5
Diorit, Gabbro	2,8–3,0	170–300	0,2–0,4
Quarzporphyr	2,55–2,8	180–300	0,2–0,7
Basalt	2,9–3,05	250–400	0,5–4



Abbildung 1: Klosterruine Christgarten; Erstes Zeugnis für den Einsatz von Suevit als Baustein im Mittelalter (Foto: Memorino).

Obwohl bereits die Römer natürlichen, vulkanischen Puzzolan für die Produktion des Römischen Betons (*Opus Caementicium*, LAMPRECHT, 1984) entdeckten, so blieb ihnen doch verborgen, dass im Nördlinger Ries mit dem Suevit ein Gestein mit gleichartigen Eigenschaften wie die vulkanischen Trass-Lagerstätten vorhanden war. Seine Vorteile als Baustein wurde von den Römern im Nördlinger Ries allerdings schon erkannt. Das Römerkastell Munningen ist ein bekanntes Beispiel (PAA, 2009).

Im frühen Mittelalter begannen die damaligen Baumeister mit der intensiven Nutzung des Suevit.



Abbildung 2: Gotische St. Georgskirche in Nördlingen mit dem Kirchturm „Daniel“.

Suevit als Baustein

Das älteste bekannte Zeugnis des Mittelalters für die Nutzung des Suevit als Baustein ist das im Jahr 1383 errichtete Kloster Christgarten (RÜDEL, 1986).

Seit dem 15. Jahrhundert bis in das 18. Jahrhundert begann eine Phase mit intensiver Gewinnung des Suevit als Baustein. Viele heute noch als Geotope zugängliche Steinbrüche, wie z. B. Alte Bürg, Amerdingen oder Otting sowie der heute noch in Betrieb befindliche Steinbruch Aufhausen-Seelbronn wurden in dieser Zeit erschlossen (STRAUB, 1907).

Eine Vielzahl von Gebäuden im Nördlinger Ries wurden damals aus dem Suevit errichtet.

Das berühmteste Bauwerk ist wohl die zwischen 1427 und 1505 errichtete gotische St. Georgskirche in Nördlingen mit dem Kirchturm „Daniel“.



Abbildung 3: Suevit-Steinbruch Aufhausen-Seelbronn (Foto 3 bis 6: SCHWENK Zement GmbH & Co. KG).

Abbildung 4: Lager aus Rohblöcken im Suevit-Steinbruch Aufhausen-Seelbronn.





Abbildung 5: Gesägter Suevit-Rohblock vor der Bearbeitung.

Abbildung 6: Suevit-Werkstein während der Bearbeitung.





Abbildung 7: Einsatz von Suevit bei der Restaurierung des ehem. Haupttelegrafenamtes Berlin (Foto: Fridolin freudenfett).

Nach der ersten Blütezeit im Mittelalter geriet der Suevit, insbesondere als Folge des Niederganges der Region nach dem Dreißigjährigen Krieg, fast in Vergessenheit.

Die Wiederentdeckung und zweite Blütezeit der Nutzung des Suevit als Baustein ab 1905 ist dem Architekt Carl Hocheder und den Deutschen Steinwerken C. Vetter AG zu verdanken (STRAUB, 1907). Die schon im Mittelalter genutzten Steinbrüche in Alte Bürg, Amerdingen, Aufhausen-Seelbronn und Oberringingen wurden reaktiviert und fanden in der Folgezeit eine intensive Nutzung.

Der Suevit fand in dieser Zeit auch überregional über München bis nach Berlin eine Bedeutung als beliebter Baustein.



Aber auch diese Blütezeit fand nach dem 1. und schließlich dem 2. Weltkrieg ein Ende.

Lediglich im Denkmalschutz bei der Restaurierung schon bestehender Gebäude wird der Suevit neuerdings wieder intensiver genutzt.

Seit 2017 werden im Steinbruch Seelbronn (SCHWENK) wieder geringe Mengen an Werkstein gefördert und durch regional ansässige Steinmetzbetriebe verarbeitet.

Suevit als Bindemittel

Es ist bereits angeklungen, dass die Römer, als Erfinder des natürlichen Puzzolans, die Bindemittleigenschaften des Suevit nicht erkannten.

Ähnlich wie bei den vulkanischen Tuffen ist die puzzolanische Eigenschaft auf den relativ hohen Anteil an Gesteinsgläsern (im Durchschnitt > 50%) zurückzuführen (Tab. 1), und damit verbunden mit einem hohen Anteil an reaktiver Kieselsäure. Im Zusammenspiel mit gebranntem Kalk bzw. Zementklinker entwickelt er seine hydraulischen Eigenschaften.

Die Entdeckung des Suevit als hydraulischer Mörtel stammt von Carl von Caspers aus dem Jahr 1792. Er beschrieb seine Eigenschaften unter dem Namen „*Feuerduftstein*“ (VON CASPERS, 1792). In der Folgezeit entstanden im Nördlinger Ries und den angrenzenden Regionen Trassmühlen, die den Suevit als „*bayerisches Trassmehl*“ herstellten (LIEBL & HEUSCHKEL, 2009).

Nach der Einführung des modernen Portlandzementes ab 1824 fand der Suevit als puzzolanische Komponente im Trasszement eine bedeutende industrielle Anwendung.

1889 gründete August Märker in Harburg ein Stein- und Zementwerk. 1901 wurde das Zementwerk Mergelstetten der Firma SCHWENK gegründet. Für die beiden Zementwerke wird noch heute der Suevit aus den Steinbrüchen Aufhausen und Seelbronn (SCHWENK) sowie Aumühle (Märker) für die Produktion von Trasszement und Trassmörtel verwendet.

In den Jahren 1919–1922 fand im Zentrum des Nördlinger Ries der Bau der Bayerischen Portlandzement- und Trasswerke AG Möttingen statt. In der Folgezeit wurden am Standort insbesondere Trassmörtel und Trasszement mit Rohmaterial ausschließlich aus dem Steinbruch Bollstadt hergestellt. Das Werk wurde aufgrund der Weltwirtschaftskrise bereits 1931 wieder geschlossen und wenige Jahre später abgerissen (RÜDEL, 1986).

Um den Suevit für die industrielle Produktion von Trasszement nutzen zu können, muss dieser die Voraussetzungen der DIN EN 196-5: Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanementen und die der DIN 51043-2: Trass – Teil 1: Anforderungen und Prüfung erfüllen. Dabei wird z. B. geprüft, ob der puzzolanische Stoff mit den bei der alkalischen Reaktion entstehenden Calciumhydroxid-Ionen ausreichend reagiert.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der sog. Aktivitätsindex, der den Beitrag des Puzzolans zur Festigkeitsentwicklung im Vergleich zu einem Prüfzement beschreibt.



Abbildung 8: Zementwerk Mergelstetten der Firma SCHWENK (Foto: SCHWENK Zement GmbH & Co. KG).

Der Suevit erfüllt die Anforderungen nach der DIN.

Aufgrund des guten Wasserrückhaltevermögens führt der mit Suevit hergestellte Trasszement bzw. Trassmörtel zu verringerter Salzbildung, zu reduzierter Ausblühneigung und zu einer geminderten Durchfeuchtungsgefährdung. Darüber hinaus zeigt der mit Suevit hergestellte Trasszement die für Puzzolane typischen Eigenschaften, wie einer verlangsamten Festigkeitsentwicklung, einer guten Nacherhärtung und einem dichten Zementgefüge. Alle diese Eigenschaften machen ihn beliebt, sowohl im Denkmalschutz, als auch bei der Verlegung von Natursteinen.

Schließlich leistet der Suevit auch einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, indem er als Puzzolan einen Teil des Klinkers bei der Zementherstellung ersetzt und somit die bei der Klinkerherstellung unvermeidlichen CO₂-Emissionen reduziert.

Exotische Anwendungen von Suevit

Neben den Anwendungen in der Baustoffindustrie findet der Suevit auch Anwendungsfelder bei der Rauchgasreinigung, der Adsorption von Aerosolen und der Geruchsminderung (ELSNER, 2021). Dies ist aufgrund seiner speziellen petrographischen Zusammensetzung, wie z. B. dem hohen Gehalt an montmorillonitischen Tonmineralen und dem Vorhandensein von Zeolith-Mineralen möglich.

Literatur und Quellen

- ELSNER, H. (2021): Vulkanische Lockergesteine in Deutschland.- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.). 149 S., Hannover.
- LAMPRECHT, H. O.(1984): Opus caementitium. Bautechnik der Römer. 220 Seiten, Beton-Verlag, Düsseldorf.
- LGRB (HRSG.) (2015): Rohstoffgruppe: Trasszementrohstoff Ries-Suevit. LGRB-Rohstoffsteckbrief – Mineralische Rohstoffe aus Baden-Württemberg.- Freiburg.
- LIEBL, J. & HEUSCHKEL, S. (2009). DER SCHWABENSTEIN UND SEINE INDUSTRIELLE NUTZUNG. – IN: Rosendahl, W. & Schieber, M. (Hrsg.). Der Stein der Schwaben. Natur- und Kulturgeschichte des Suevits, S. 25 –27, Stuttgart (Kulturstein, 4).
- PAA, W. (2009): Ausreichend vorhanden und nicht zu hart – Der Suevit als historischer Baustein. – In: Rosendahl, W. & Schieber, M. (Hrsg.). Der Stein der Schwaben. Natur- und Kulturgeschichte des Suevits, S. 41–45, Stuttgart (Kulturstein, 4).
- RÜDEL, G. (1986): Kesseltaler Trass. – In: Nordschwaben 2/1986, S. 84–90 STRAUB, Carl (1907): Der Trachyttuff des bayerischen Rieses als Baustein.- Deutsche Steinwerke C. Vetter A.G. (Hrsg.), München. 76 S.
- STRAUB, C. (1907): Der Trachyttuff des bayerischen Rieses als Baustein.- Deutsche Steinwerke C. Vetter A.G. (Hrsg.), München. 76 S.
- VON ENGELHARDT, W. (1997): Suevite breccia of the Ries impact crater, Germany: Petrography, chemistry and shock metamorphism of crystalline rocks clasts. – Meteoritics & Planetary Science 32, 545–554.

- Abb. 1: Memorino (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christgarten_Kloster.jpg), „Christgarten Kloster“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>
- Abb. 2: Tilman2007 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nördlingen,_Kirche_St._Georg,_Ansicht_von_Süden-20160809-001.jpg), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>
- Abb. 7: Fridolin freudenfett (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mitte_MonbijoustraÙe_Telegrafenamnt_Panorama.jpg), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

In der Welt des Suevit – Eine Schatzkammer der Artenvielfalt

KIM ROHRBACH, MÜNCHEN

Der Suevit, geformt durch die Kräfte kosmischer Zusammenstöße, präsentiert sich als eine einzigartige Bühne für eine beeindruckende Vielfalt an Flora und Fauna. Im Fokus dieser geologischen Schatzkammer stehen nicht nur die eindrucksvollen Gesteinsformationen.

Die Suevit-Vorkommen im Bereich des Nördlinger Ries sind ebenso bemerkenswert wie die Artenvielfalt an Tieren und Pflanzen, die dort einen Lebensraum finden.

Eine der zahlreichen kleinen Besonderheiten stellt die Vegetation dar. Im Jahr 2022 wurde die Ackerwildkraut-Vegetation der Kalkäcker, der Verband Caucaledion, als Pflanzengesellschaft des Jahres auserkoren. Eine der letzten Schwerpunkregionen dieser Vegetation findet sich entlang des Baden-Württembergischen und des Bayerischen Riesrandes. Diese Caucaledion-Gesellschaft ist gekennzeichnet durch oft sehr farbenprächtige Erscheinungen mit über 50 Charakterarten, die in Deutschland noch vorkommen. Auch bekannt ist die Gesellschaft als „Klatschmohnacker“.

Die Ackerwildkraut-Vegetation auf Kalkäckern in Bayern ist ein faszinierendes Ökosystem, das eine Vielzahl von Pflanzenarten beherbergt, die sich an die spezifischen Bedingungen dieser Kulturlandschaft angepasst haben. Kalkäcker zeichnen sich durch ihren alkalischen, meist trockenen Boden aus, der eine einzigartige Flora begünstigt (RÖSCH, 2017). Nicht zuletzt spielen die Ackerwildkräuter, auch bekannt als Ackerbegleitflora, eine entscheidende Rolle in der Biodiversität und Ökologie der Region (MEYER et al., 2010).

In den Kalkäckern Bayerns, die als buntes Blütenmeer in der Landschaft liegen, finden sich unter anderem Arten wie Blauer Gauchheil (*Anagallis foemina*), Feld-Rittersporn (*Consolida regalis*), Acker-Leimkraut (*Silene noctiflora*) und Ranken-Platterbse (*Lathyrus aphaca*), alle auf der Roten Liste Deutschlands mit dem Status „gefährdet (3)“ verzeichnet. Diese Pflanzen haben sich in einem bestimmten Maß an die Bedingungen der Landbewirtschaftung angepasst und können inmitten von Getreidekulturen gedeihen (BERGMEIER et al., 2022).

Die Ackerwildkräuter erfüllen wichtige ökologische Funktionen, darunter die Förderung der Bestäubung von Nutzpflanzen durch Insekten wie Bienen und Schmetterlinge aber auch



Abbildung 1: In Mulden und Senken sammelt sich das Niederschlagswasser, so dass in kurzer Zeit Amphibien am Wasser zu beobachten sind (Foto: SCHWENK Zement GmbH & Co. KG).

Bodenorganismen sowie Vögel und Kleinsäuger (BERGMEIER et al., 2022). Sie tragen zur Erhaltung der Artenvielfalt bei und können darüber hinaus als natürliche Schädlingsbekämpfer dienen, indem sie Nützlingen Lebensraum und Nahrung bieten (MEYER et al., 2010).

Die Erhaltung der Ackerwildkraut-Vegetation auf Kalkäckern ist von zunehmender Bedeutung, da intensive landwirtschaftliche Praktiken und Monokulturen oft zu einem Rückgang der Artenvielfalt in den Kalkäckern führen (VAN ELSEN et al., 2005).

Besonders auch die Standorte der Rohstoffgewinnung rund um den Einflussbereich des Ries-Kraters offenbaren eine faszinierende Artenvielfalt, die meist übersehen wird. Durch die Gewinnung des Gesteins entstehen unvergleichliche Lebensräume, die für eine Vielzahl von Pflanzen und Tieren überlebensnotwendig ist (TRAUTNER & BRUNS, 1988).

Das zunächst karg und unbewohnt erscheinende Bild täuscht auf den ersten Blick. Bei genauerem Hinsehen kann man eine erstaunliche Artenvielfalt erkennen (Abb. 1). Hier siedeln sich Tier- und Pflanzenarten an, die in der Landschaft sonst kaum Überlebenschancen hätten. Sie sind auf die kargen und extremen Standortbedingungen bestens angepasst (GILCHER & TRÄNKLE, 2005).



Abbildung 2: Blauflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda caerulescens*) (Foto: Stephanie Gillhuber).

Der Titel „Schatzkammer der Artenvielfalt“ wurde gewählt, weil er eine Bedeutung bekommt, wenn man sich den Steinbrüchen in der Region widmet: Die Pflanzenwelt in Felswänden überrascht mit ihrer Anpassungsfähigkeit an die herausfordernden Bedingungen dieses Lebensraums. Zwischen den Gesteinsritzen blühen zarte Blumen in lebhaften Farben, während widerstandsfähige Gräser sich ihren Weg durch die steinige Umgebung bahnen. Jede Pflanzenart hat ihre eigene Überlebensstrategie entwickelt, um sich den einzigartigen Gegebenheiten anzupassen. Besondere Arten wie die Blauflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda caerulescens*) sind hier anzutreffen (Abb. 2). Überirdisch flattern farbenprächtige Schmetterlinge, während Vögel in den Lüften majestätisch ihre Kreise ziehen. Die exponierten Felsen und Felsnischen bieten Nistplätze für Greifvögel wie den Uhu (*Bubo bubo*), der mit rund der Hälfte aller Individuen seines Bestandes in Bayern in den dortigen Steinbrüchen lebt (BEZZEL et al., 2005). Kleine Säugetiere

und Amphibien bevölkern die Wasserstellen, die sich in den Vertiefungen des Gesteins gebildet haben, Spalten und Nischen in den Felsen bieten Versteckmöglichkeiten für verschiedene Reptilien wie die Zauneidechse (*Lacerta agilis*) oder die Blindschleiche (*Anguis fragilis*).

Die Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) ist gewissermaßen eine Besonderheit in den Steinbrüchen (Abb. 4). Sie wird seit 2003 in der Roten Liste Bayern mit dem Status „stark gefährdet (2)“ geführt (HANSBAUER & SCHREIBER, 2017) und zählt auch zu den streng geschützten Arten der FFH-Richtlinie, Anhang II und IV (DEUTSCHLANDS NATUR, 2023). Das Potenzial der Steinbrüche als wertvoller Sekundärlebensraum, auch für Amphibien allgemein, wurde jedoch erkannt und so existiert seit einigen Jahren das Projekt „Natur auf Zeit“, bei dem die rohstoffgewinnende Industrie gemeinsam mit dem Naturschutz mittels Lebensraummanagement in einigen Steinbrüchen einen wertvollen Beitrag zum Erhalt der Amphibien-Populationen in Rohstoffgewinnungsstätten leistet – inmitten von Baggern, Radladern und Muldenkippern (www.natur-auf-zeit.de).



Abbildung 3: Zauneidechsen beim Sonnenbaden (Foto: Michael Strauch).



Abbildung 4: Die Gelbbauchunke (*Bombina variegata*; links) ist eine der Bewohnerinnen solcher Pfützen und Kleinstgewässer (rechts). Diese Art tritt heute häufig in Rohstoffgewinnungsstätten auf, da sie hier die perfekten Bedingungen zum Leben findet (Fotos: Kim Rohrbach).



Abbildung 5: Steinbruch als Sekundärlebensraum für zahlreiche spezialisierte Arten (Foto: SCHWENK Zement GmbH & Co. KG).

Die Vielfalt endet jedoch nicht bei den Pflanzen und Tieren. Mikroorganismen, Pilze und Bakterien tragen ebenfalls zur Gesamtökologie bei. Ein Mikrokosmos im Gestein, der oft unbemerkt und ungesehen bleibt, aber eine zentrale Rolle im Kreislauf des Lebens spielt.

Der Erhalt dieser wertvollen Lebensräume ist von entscheidender Bedeutung. Menschliche Eingriffe in Form von Steinbrüchen sind hierbei ein wertvolles Instrument, um diese speziellen Lebensräume zu erhalten. Nicht immer sind menschliche Eingriffe in die Umwelt nur negativ zu bewerten. Nicht nur die unberührte Natur ist wertvoll und schützenswert, die es ohnehin in unserer heutigen Kulturlandschaft kaum noch gibt. Es muss auch die Landschaft betrachtet und überlegt werden, welche Strukturen genutzt werden können, um der Flora und Fauna einen Platz zu geben. Und genau dafür spielen die Sekundärhabitats eine wichtige Rolle.

Literatur und Quellen

- BERGMEIER, E., MEYER, S., PAPE, F., DIERSCHKE, H., HÄRDTLE, W., HEINKEN, T., HÖLZEL, N., REMY, D., SCHWABE, A., TISCHEW, S., SCHNEIDER, S. (2021): Ackerwildkraut-Vegetation der Kalkäcker (Caucalidion): Pflanzengesellschaft des Jahres 2022. *Tuexenia* 41: 299–350.
- DEUTSCHLANDS NATUR (2023): Liste der in Deutschland vorkommenden Arten des Anhangs IV und V der Fauna Flora Habitatrichtlinie.
- GILCHER, S. & TRÄNKLE, U. (2005): Steinbrüche und Gruben Bayerns und ihre Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz. In: Bayerischer Industrieverband Steine und Erden e. V., Augsburg.
- HANSBAUER, G. & SCHREIBER, R. (2017): Kammolch und Gelbbauchunke – die FFH-Flaggschiffe unter den Amphibien. *ANLiegen Natur* 39(2): 73–78, Laufen.
- MEYER, S., WESCHE, K., LEUSCHNER, C., VAN ELSSEN, T., METZNER, J. (2010): Schutzbemühungen für die Segetalflora in Deutschland – Das Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“. *Treffpunkt Biologische Vielfalt IX*, 59 - 64, BfN Bonn.
- BAYERISCHER INDUSTRIEVERBAND BAUSTOFFE, STEINE UND ERDEN E. V. (BIV) UND LANDESBUND FÜR VOGEL- UND NATURSCHUTZ IN BAYERN (LBV) (2023): *Natur auf Zeit*. www.natur-auf-zeit.de.
- RÖSCH, M. (2018): Evidence for rare crop weeds of the *Caucalidion* group in Southwestern Germany since the Bronze Age: palaeoecological implications. *Vegetation History and Archaeobotany* 27: 75–84.
- TRAUTNER, J. & BRUNS, D. (1988): Tierökologische Grundlagen zur Entwicklung von Steinbrüchen. In: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, 1988 12: 215 – 228.
- VAN ELSSEN, T., BERG, M., DRENCKHAHN, D., DUNKEL, F.-G., EGGERS, T., GARVE, E., KAISER, B., MARQUART, H., PILOTEK, D., RODI, D., WICKE, G. (2005): Ackerwildkrautschutz – Hintergründe, Entwicklungstendenzen und Perspektiven. Erläuterungen zum Karlstadter Positionspapier zum Schutz der Ackerwildkräuter.
- BEZZEL, E., GEIERSBERGER, I., LOSSOW, G. V. UND PFEIFER, R. (2005): *Brutvögel in Bayern. Verbreitung 1996 bis 1999*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 560 S. ISBN 3-8001-4762-9.

Autorenverzeichnis

Heike Burkhardt

Gisela Pösges

Geopark Ries e. V.
Pflegstraße 2
86609 Donauwörth
heike.burkhardt@geopark-ries.de
gisela.poesges@geopark-ries.de

Dr. Georg Büttner

Dr. Roland Eichhorn

Anja Gebhardt

Markus Kügler

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Dienststelle Hof
Hans-Högn-Str. 12
95030 Hof
anja.gebhardt@lfu.bayern.de
roland.eichhorn@lfu.bayern.de

Andreas Günther-Plönes

Dr. Manuel Lapp

Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler
e. V. (BDG),
Lessenicher Straße 1
53123 Bonn
ploenes@geoberuf.de

Dr. Sabine Heuschkel

Märker Zement GmbH
Oskar-Märker-Str. 24
86655 Harburg
s.heuschkel@maerker-gruppe.de

Prof. Dr. Harald Hiesinger

Universität Münster
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
hiesinger@uni-muenster.de

Prof. Dr. Stefan Hölzl

RiesKraterMuseum Nördlingen und ZERIN
Eugene-Shoemaker-Platz 1
86720 Nördlingen
hoelzl@snsb.de

Dr. Manuel Lapp

Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Halsbrücker Straße 31 a
09599 Freiberg
manuel.lapp@smekul.sachsen.de

Dr. Klaus Poschlod

Burgbachstr. 35
82299 Türkenfeld
klaus.poschlod@gmx.net

Dr. Markus Schauer

SCHWENK Zement GmbH & Co. KG
Hindenburgring 15
89077 Ulm
markus.schauer@schwenk.com

Kim Rohrbach

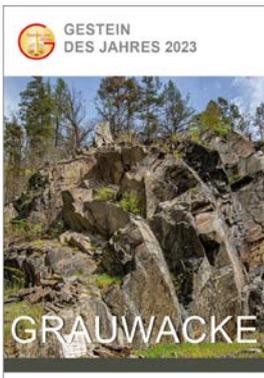
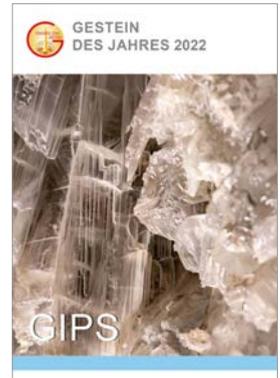
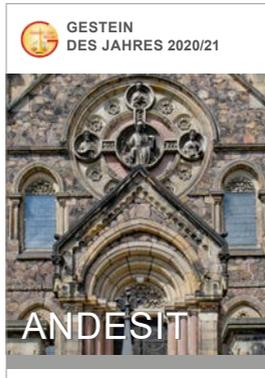
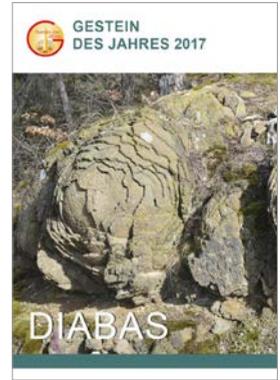
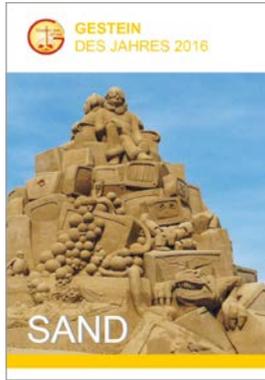
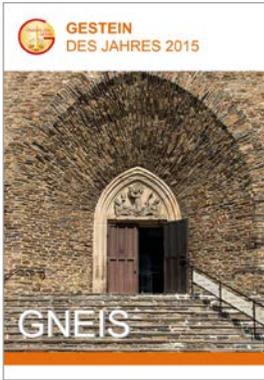
Bayersicher Industrieverband Baustoffe, Steine
und Erden e. V.
Beethovenstraße 8
80336 München
oekologie@biv.bayern

Jens Wittenbrink

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Albertstraße 5
79104 Freiburg im Breisgau
Jens.Wittenbrink@rpf.bwl.de

In der Schriftenreihe zum „Gestein des Jahres“ sind bisher erschienen:

Informationsbroschüren



Informationsflyer





Suevit – Gestein des Jahres 2024