

# HALLESCHES JAHRBUCH FÜR GEOWISSENSCHAFTEN



**BAND 44**



**HALLE (SAALE) 2021**



# HALLESCHES JAHRBUCH FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Herausgeber

Institut für Geowissenschaften und Geographie  
der Martin - Luther Universität Halle-Wittenberg

P. BAYER G. BORG C. CONRAD  
J. EVERTS C. FÜRST B. MICHEL  
H. PÖLLMANN M. STIPP

Schriftleitung

D. MERTMANN T. DEGEN S. STÖBER

---

## BAND 44

Halle (Saale) 2021

Institut für Geowissenschaften und Geographie  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg



## **Titelbild / Frontpage**

Pillowbasalt in Nebengestein am Bionikpfad im Giershagener Wald, Sauerland.

### **Anschrift von Herausgebern und Schriftleitung:**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Institut für Geowissenschaften und Geographie  
Von Seckendorff - Platz 3/4  
D-06120 Halle (Saale)

e-mail: [hjg@geo.uni-halle.de](mailto:hjg@geo.uni-halle.de)

### **Schriftleitung:**

D. Mertmann T. Degen S. Stöber

---

**ISSN 2193-1305**

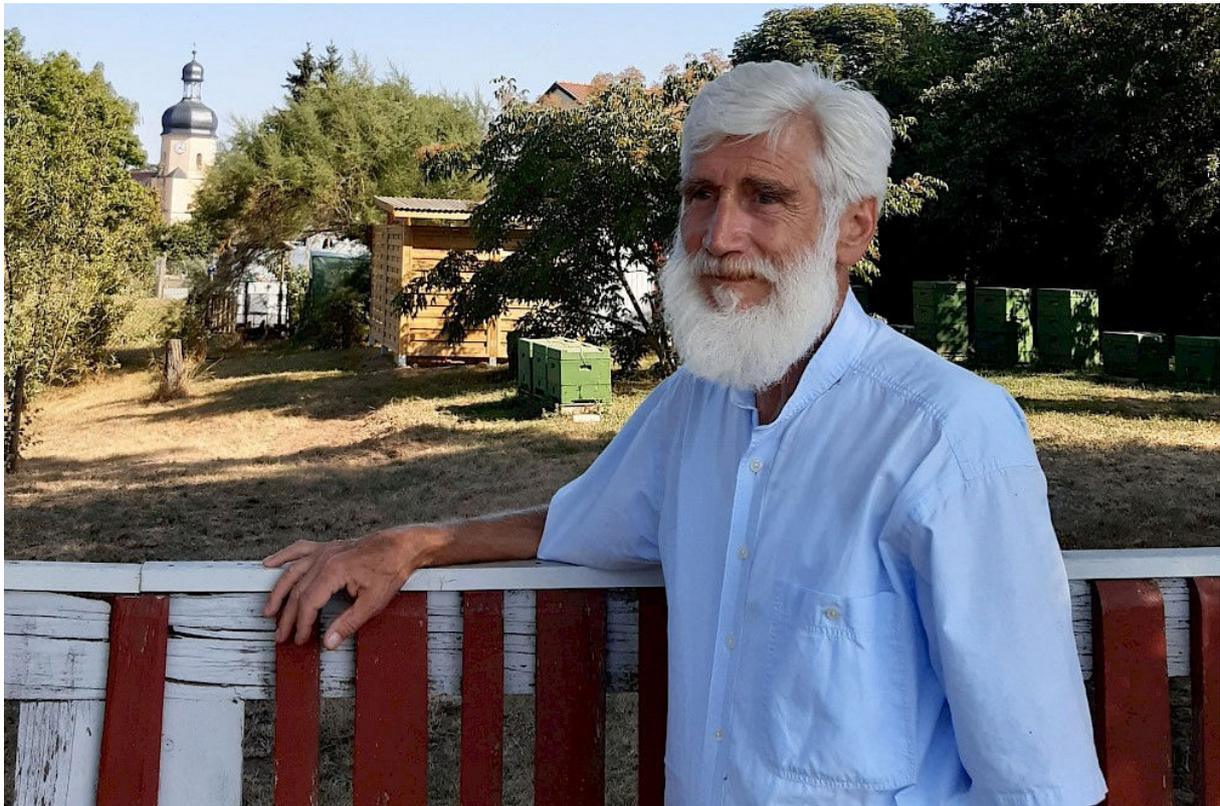
© 2021 im Selbstverlag des Institut für Geowissenschaften und Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Alle Rechte vorbehalten

## Nachruf

### DR. WILHELM ERNST BRUNO TAUCHÉ

MARTIN SCHEUPLEIN

Adresse: Institut für Geowissenschaften und Geographie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 3, 06120 Halle (Saale)



Am 30. Juli 2020 verstarb im Alter von 78 Jahren der Geograph Dr. Wilhelm Ernst Bruno Tauché, Mitbegründer und Organisator der „Initiativgruppe zur Erneuerung der Universität“. Als Sohn eines Bäckermeisters am 22. Oktober 1941 in Weißenfels geboren, besuchte er dort die Grundschule und dann als Internatsschüler ab 1956 die Oberschule in Lützen, wo er 1960 das Abitur ablegte. In demselben Jahr nahm er an der Martin-Luther-Universität das Studium zum Lehramt Geographie/Mathematik für POS auf (Polytechnische Oberschule, bis Klasse 10; in der DDR firmierten zu der Zeit alle allgemeinbildenden Schulen als „Oberschulen“, womit die Überlegenheit des Bildungssystems ausgedrückt werden sollte!). Das Studium schloss er planmäßig 1964 mit der mit „sehr gut“ bewerteten Staatsexamensarbeit „Die vertikale Landschaftsgliederung Äthiopiens“ ab. Damit war auch der Schwerpunkt seines Interesses gesetzt, obwohl er natürlich nun erst einmal im Schuldienst beide Fächer unterrichtete, zunächst von 1964 bis 1967 an der POS Oebisfelde, von 1967 bis 1970 an der POS „Bergschule“ in Weißenfels.

Bemerkenswert ist, dass er als junger Lehrer bereits 1965 mit der Universität einen Vertrag über eine Aspirantur für den Bereich Geographie abgeschlossen und diese dann auch erfolgreich 1970 mit der Promotion zum Thema „Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten der südwestlichen Altmark – Studie zur territorialen Prognosefindung eines Agrargebietes“ mit „magna cum laude“ beendet hat. Damit war für ihn auch der Weg zur Universität frei. Zum Wintersemester 1970 konnte er eine befristete Assistentenstelle an der Sektion Geographie übernehmen, wobei ihm für seine Tätigkeit zugutekam, dass er als Zweitfach Mathematik studiert hatte, so dass er auch solche Gebiete wie „Mathematische Methoden in der Raumplanung“ sowie „Graphentheoretische Methoden in der Geographie“ bearbeiten konnte. Darüber hinaus interessierten ihn besonders siedlungsgeographische Fragestellungen und in zunehmendem Maße Fragen der Historischen Geographie, hier nun besonders auf Mitteldeutschland konzentriert.

Nach Ablauf der Befristung wurde Bruno Tauché 1973 durch die Universität an das „Institut für Industriebau“ der Bauakademie der DDR in Halle delegiert. Dort war er im Forschungsbereich Industriegebiete als Teilthemenleiter für das Projekt „Hauptstadt der DDR Berlin – Analyse der Industrie und der Bauwirtschaft“ tätig. Hier bewies er neben dem geographischen Sachverstand ein großes Geschick bei den Verhandlungen mit vielen Dienststellen und Betrieben, so dass das „Ergebnis [...] beim Auftraggeber [...] hohe Anerkennung fand“ (aus der Abschlussbeurteilung der Bauakademie).

1978 wurde ihm dann eine unbefristete Stelle an der Sektion Geographie angeboten, die er bis zu seinem altersbedingten Ausscheiden 2006 innehatte. Er war für die historische Kartensammlung der Geographen zuständig und betreute diese mit großem Einsatz. Die schon im Zusammenhang mit der befristeten Stelle genannten Schwerpunkte beschäftigten ihn weiter, er versuchte immer wieder, mathematische Verfahren in der Geographie nutzbar zu machen, unter anderem das bereits in den Sozialwissenschaften erfolgreich eingeführte Entropiekonzept, um damit zum Beispiel den Ordnungsgrad von Siedlungssystemen zu charakterisieren. Daneben stand die Geographie Mitteldeutschlands weiterhin im Mittelpunkt seines Interesses, zu nennen sind besonders das Zeitz-Weißenfelder Braunkohlenrevier sowie das Geiseltal mit Mücheln und Braunsbedra, aber seine besondere Liebe galt dem Biosphärenreservat Drömling in der Altmark, das er, sooft es seine Zeit zuließ, aufsuchte und erkundete.

Immer wieder beschäftigten ihn Aspekte der Siedlungsforschung, in zunehmendem Maße die historische Situation in den Blick nehmend. Mit Studenten zusammen hat er ein mehrbändiges Werk zur Kellerforschung in Freyburg (Unstrut) erarbeitet. An der Untersuchung der historischen Landschaft zwischen Halle und Leipzig, der „Liebenau“, war er wesentlich beteiligt und nach seinem offiziellen Ausscheiden aus dem Universitätsdienst wandte er sich dem „Friesenfeld“ zu, der Landschaft zwischen Saale, Unstrut, Helme, Harz und Salza.

Die Siedlungsgeschichte Halles erweckte sein Interesse. Im Rahmen des Vorhabens „Halle – die Stadt am Fluss“ konnte er zeigen, dass der Hauptarm der Saale früher wesentlich dichter an der Stadt vorbeifloss als heute und sich dort vermutlich auch ein Stadthafen befand. So prägte der Fluss das Bild des Stadtinneren bis zu den Umbauarbeiten zwischen den Jahren 1885 und 1900 mit der Verlegung des erwähnten Hauptarmes nach Westen weitaus mehr als heute. Bruno Tauché setzte sich unter Einbeziehung historischer Aspekte wie auch aktueller ökologischer, klimatischer und die Attraktivität der Stadt betreffender Argumente dafür ein, sich durch vorsichtige Umbauarbeiten wieder diesem für die Stadt vorteilhaften Zustand zu nähern.

Bruno Tauché engagierte sich mit viel Begeisterung in der Lehre. Neben Lehrveranstaltungen zu theoretischen Problemen wie „Grundlagen der Kybernetik und Strukturtheorie“ und „Genese von Kulturlandschaften“ sowie „Angewandte Methoden der Raumplanung“ widmete er sich bevorzugt der praktischen Ausbildung der Studenten. So war er unter anderem für das Grundpraktikum „Topographische und thematische Kartographie“ zuständig, besonders am Herzen lag ihm aber die Organisation von Exkursionen zum Thema „Kulturlandschaften“. Hier liegt wohl auch die Ursache dafür, dass er bei den Studenten sehr beliebt war und manche Verbindung aus der Studienzeit die Zeitläufte überdauert hat.

Man kann Bruno Tauché mit gutem Gewissen als unangepasst bezeichnen, was gelegentlich auch zu Auseinandersetzungen führte und ihm nicht nur Freunde gemacht hat, doch letzten Endes war er kollegial und immer in der Sache engagiert.

Wohl nicht zuletzt durch seine Studien in der trostlosen Landschaft des mitteldeutschen Braunkohlenreviers mit seinen vernachlässigten Siedlungen hatte Bruno Tauché sehr früh ein Bewusstsein dafür entwickelt, dass Veränderungen notwendig seien. So engagierte er sich frühzeitig im „Neuen Forum“, sah aber auch, dass es an der Universität – in früheren Zeiten häufig Motor der Entwicklung – infolge der erfolgreichen „Kaderpolitik der SED“ schwer werden würde, Strukturen zu verändern. Doch es entsprach nicht seinem Naturell zu resignieren. Zusammen mit dem Indologen Dr. Johannes Mehlig – vermutlich auf dessen Anregung hin – gründete er die „Initiativgruppe zur Erneuerung der Universität“. Gemeinsam mit zunächst sechs weiteren Universitätsangehörigen kam es zu konspirativen Treffen in privaten Wohnungen, ehe er es durch geschicktes Taktieren erreichte, dass sich die nun ständig größer werdende Gruppe (im Januar 1990 waren es bereits 16 Personen aus zwölf Sektionen) in Räumen des damaligen Geographischen Instituts versammeln konnte. Ein erster Höhepunkt war die Initiierung einer Mitarbeiterversammlung für die gesamte Universität am 7. Februar 1990, auf der die Forderungen der Initiativgruppe vorgestellt und ausführlich diskutiert wurden – die Organisation lag zum größten Teil auf den Schultern von Bruno Tauché.

Man kann rückblickend sagen, wenn auch Johannes Mehlig, seinem Naturell entsprechend, nach außen hin dominierte, so war Bruno Tauché in seiner ruhigen und eher zurückhaltenden Art genau die Persönlichkeit, die in schwierigen Zeiten immer wieder die Gruppe zusammenhielt, auf aufreibende und aufwendige Sacharbeit drängte, dabei selbst immer an vorderster Stelle stehend. Es ist daran zu erinnern, wie er beharrlich immer wieder die in der ersten Zeit noch dominierenden und sich in ihrer Machtvollkommenheit sicher fühlenden Universitäts-Oberen – die zunächst zögerlich und immer wieder retardierend reagierten – anging und sie veranlasste, um nicht zu sagen zwang, Panzerschranke und bis dahin geheim gehaltene Verschlussachen, unter anderen die „Reisekaderakten“ sowie die Akten des „Sicherheitsbeauftragten der Universität“, der in engem Kontakt zur Staatssicherheit stand, zu öffnen, so dass die Initiativgruppe wirksam werden konnte. Es ist ganz erheblich ihm zu verdanken, dass in den Mühen des Alltags und bei laufendem Lehrbetrieb diese Kärnerarbeit konsequent betrieben und zum Erfolg gebracht werden konnte.

Mit Bruno Tauché ist ein aufrechter und stets streitbarer Mensch von uns gegangen, der neben seiner fachlichen Tätigkeit bei den Geowissenschaften der Universität im Zusammenhang mit der Erneuerung unschätzbare Dienste erwiesen hat. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Frau Karin Keller sowie Frau Anja Bugaiski vom Universitäts-Archiv Halle-Wittenberg sei herzlich für die Bereitstellung der Unterlagen sowie der Unterstützung bei der Recherche gedankt. Ebenso danke ich Frau Anna Gutt und Herrn Martin Beitz für Auskünfte und ergänzende Unterlagen.

Prof. Dr. Dr.-Ing. Gunnar Berg war von 1992 bis 1996 Rektor der Martin-Luther-Universität. Von 2010 bis 2020 ist der Physiker Vize-Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina gewesen.

Der Nachruf erschien zuerst in Campus Halensis, dem Onlinemagazin der Martin Luther Universität Halle Wittenberg

## Literatur

- TAUCHÉ, B. (2018): Farbtupfer für den Führer. Rezension zu: Konrad Schuberth: Ernst Vollbehr. Maler zwischen Hölle und Paradies. Junge Freiheit – Wochenzeitung für Debatte, 5, S. 20, Berlin.
- BERG, G. & TAUCHÉ, B. (2009): Freiheit für Forschung und Lehre: Umbruch und Erneuerung an der Martin-Luther-Universität. In: WAGNER, P. (Hrsg.): Schritte zur Freiheit: Die friedliche Revolution 1989/90 in Halle an der Saale, S. 188-198, Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (2008): Die Kirche zu Döllnitz. MÜLLER, W. (Hrsg.): Die "Liebenau" - Erkundungen zu einer Kulturlandschaft zwischen Halle und Leipzig, S. 289-301, Halle / Saale.
- STOLL-TUCKER, B. & TAUCHÉ, B. (2008): Die "Liebenau" und Döllnitz - eine historisch-geografische Einführung. MÜLLER, W. (Hrsg.): Die "Liebenau" - Erkundungen zu einer Kulturlandschaft zwischen Halle und Leipzig, S. 15-37, Halle / Saale.
- TAUCHÉ, B. (2004): Zusammenfassender Bericht über die Kellerkartierungen in Freyburg an der Unstrut. Verein zur Rettung und Erhaltung der Neuenburg (Hrsg.): Freyburg an der Unstrut: Beiträge zur Frühgeschichte der Stadt - Freyburg, Novum Castrum, 8, S. 57-63.
- TAUCHÉ, B. (2003): Die Entwicklung der Flächennutzung im Drömling seit 1800. In: WOLLEKOPF, H.-F. & DIEMANN, R. (Hrsg.): Historische Landnutzung im thüringisch-sächsisch-anhaltischen Raum: Vorträge der Tagung vom 19.-21.03.2002 in Halle (S.). S. 187-202, Frankfurt am Main.
- TAUCHÉ, B. & ZINKE, G. (2002): Die Achse Halle-Merseburg: industrielle und bergbauliche Vergangenheit, Umweltwandel und Zukunftsprojekte: In: FRIEDRICH, K. & FRÜHAUF, M. (Hrsg.): Halle und sein Umland: geographischer Exkursionsführer. S. 221-236, Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (2001): Die Insel Tas oder das urbane Fließgleichgewicht. 120 S., Bad Bibra.
- BEITZ M., CASPER M., FISCHER J. & TAUCHÉ, B. (2001): Genese der Stadt Freyburg : Kellerkartierung – Halle (Saale), 5 Bände.
- TAUCHÉ, B. (2001): Die Entstehung der Kulturlandschaft - Geiseltal, In: Maria Nühlen (Hrsg.): Geschichte und Geschichten; 1: Ein historischer Streifzug durch verschiedene Wissenschaftszweige. – Merseburg (= Merseburger Ringvorlesung Bd. 1), S. 119-134
- FIEBER, W. & TAUCHÉ, B. (2001): Preußische Meilensteine an der Bundesstraße B 6 zwischen Halle und Großkugel, In: Arbeitsmaterial / Forschungsgruppe Preußische, Mecklenburgische und Anhaltische Meilensteine - Genthin, Bd., 42, S. 4-9
- TAUCHÉ, B. & ZINKE, G. (2000): Das Recht zum Handeln: Erinnerungen an die "Wende" 1989 3. Teil. In: Universitäts-Zeitung/ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2, S. 5, Halle (Saale).

- TAUCHÉ, B. (2000): Die Tätigkeit der Initiativgruppe während der friedlichen Revolution an der Martin-Luther-Universität. RUIEPER, H.J. (Hrsg.): Die friedliche Revolution 1989/90 in Sachsen-Anhalt., S. 120-130, Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (1999): Kulturlandschaft - Entwicklungsleitbilder und Naturschutz. Jahrbuch BergbauFolgeLandschaft, 4, S. 157-163, Dessau.
- TAUCHÉ, B. (1998): Zur Herausbildung der Niederlausitzer Kulturlandschaft. Jahrbuch BergbauFolgeLandschaft, 3, S. 10-16, Dessau.
- TAUCHÉ, B. (1997): Der Geographische Garten, die Idee für den Landschaftspark auf dem Wünsch. Jahrbuch BergbauFolgeLandschaft, 2, S. 107-112, Dessau.
- TAUCHÉ, B. & SCHRÖTER, J. (1997): Die Entstehung der Kulturlandschaft an Geisel und Schwarzeiche. Jahrbuch BergbauFolgeLandschaft, 2, S. 12-23, Dessau.
- Kirchbau-Förderverein St. Gangolf e.V. (Hrsg.) (1996): St. Gangolf zu Pobles, Sachsen-Anhalt – Kreischau, 15 S. (Text von TAUCHÉ, B. & John, H.).
- TAUCHÉ, B. (1996): Der Drömling: zur Entstehung einer Kulturlandschaft (1770-1945). Zeitschrift für Heimatforschung: Geschichte, Tradition, 5, s. 66-78, Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (1995): Städtebauliche Entwicklungskonzeption für Mücheln-Stöbnitz (Geiseltal): Gestaltung einer Bergbaufolgelandschaft. Sächs. Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung (Hrsg.): Tagungsband der Veranstaltung / 1. Leipziger Symposium Stadtökologie in Sachsen am 31.8. und 1.9.1994, S. 117-120, Dresden.
- TAUCHÉ, B. (1995): Keine zweite Stalinallee dank Architekten aus Halle: Im Juni dieses Jahres verstarb kurz nach Vollendung seines 70. Lebensjahres der Architekt Hans Bonitz. Hallesches Tageblatt, 50, Nr. 151, S. 15, Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (1994): Erste topographische Aufnahme des preußischen Drömling-Gebietes (Bericht). In: SCHARFE, W. [Hrsg.]: Vorträge und Berichte / 6. Kartographiehistorisches Colloquium Berlin 1992, 8. - 10. Oktober 1992, 193-198, Berlin.
- TAUCHÉ, B. (1993): Mücheln, Geiseltalsee: Städtebauliche Analyse zur Einbindung des Ortsteiles Stöbnitz in die Stadt Mücheln. 20 S., Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (1986): Die Bevölkerungsentwicklung der Drömlingsgemeinden (Altmark) im 19. Jahrhundert unter dem Einfluß des Landesausbaus. In: Geographische Gesellschaft der Deutschen Demokratischen Republik / Arbeitskreis Historische Geographie [Hrsg.]: Historisch-geographische Forschungen in der DDR – Gotha. (= Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der Deutschen Demokratischen Republik, 17), S. 179-201.
- TAUCHÉ, B. (1983): Ein Beitrag zum zeichnerischen Werk von Carl Ritter. In: RICHTER, H.(Hrsg.): Carl Ritter. Werk und Wirkungen - Gotha. (= Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der Deutschen Demokratischen Republik, 16, S. 165-184.
- TAUCHÉ, B. (1980): Rezension zu: Nelken, Halina: Alexander von Humboldt. Bildnisse und Künstler. Petermanns Geographische Mitteilungen, 129, S. 291-292, Gotha.
- JÄNCKEL, R. & TAUCHÉ, B. (1977): Der Signaturmaßstab und seine Anwendungen in der thematischen Kartographie. Vermessungstechnik: Geodätisch-kartographische Zeitschrift der DDR für Wissenschaft und Praxis, 6. Jg., S. 201-204, Berlin.

- Jänckel, R. & TAUCHÉ, B. (1976): Der Signaturmaßstab zur Darstellung von Quantitäten auf thematischen Karten, In: Wissenschaftliche Zeitschrift. MLU Halle-Wittenberg, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe – Halle (Saale), 5. Jg., S. 119-124.
- MÖLLER, E. W. & TAUCHÉ, B. (1976): Die Anwendung der Verhältnisskalierung in der geographischen und siedlungsplanerischen Praxis. Geographische Berichte: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft der DDR, 21, S. 132-145, Gotha.
- BONITZ, H. & TAUCHÉ, B. et al. (1976): Hauptstadt der DDR - Berlin: Analyse der Industrie und der Bauwirtschaft - Halle (Kurzfassung, m. Kartenteil), 60 S.
- HARKE, H. & TAUCHÉ, B. (1973): Die Entwicklung des Siedlungssystems im Raum Halle-Merseburg. Forschungsbericht Untersuchungszeitraum 1970-1972, Halle (Saale).
- TAUCHÉ, B. (1970): Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten der südwestlichen Altmark. Studie zur territorialen Prognosefindung eines Agrargebietes, Diss. Univ. Halle-Wittenberg, 199 S.
- TAUCHÉ, B. (1957): Zu methodischen Problemen bei der Analyse und Gestaltung von Siedlungsnetzen unter Bezugnahme auf das Umland des Ballungskernes Halle/Halle-Neustadt. Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der Deutschen Demokratischen Republik., S. 99-110, Berlin.

# DEVONISCHER VULKANISMUS UND SEDIMENTATION IM GEBIET PADBERG UND GIERSHAGEN, NE RHEINISCHES SCHIEFERGEBIRGE.

STEPHAN SCHNAPPERELLE, GEORG KACHELRIEß, REBECCA KÜHN, SOPHIA METHNER,  
CHRISTIN SCHULZ & DOROTHEE MERTMANN

Adresse: Institut für Geowissenschaften und Geographie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 3, 06120 Halle (Saale)

**Schlüsselwörter:** Sauerland, Rheinisches Schiefergebirge, Devon, Vulkanismus, Fazies

**Keywords:** Sauerland, Rheinisches Schiefergebirge, Devon, Volcanism, Facies

## Zusammenfassung

Im Raum Padberg und Giershagen (Sauerland) sind devonische Vulkanite und zeitgleiche Sedimentgesteine verzahnt akkumuliert worden. Dabei ist zum einen die Hintergrundsedimentation im nördlichen rhenohercynischen Becken im Vorland des Briloner Riffs zu berücksichtigen. Zum anderen beeinflusst die episodische Ausbruchstätigkeit der Spaltenvulkane und die gravitative Verlagerung und Platznahme von Schutt im Vorriffbereich das Ablagerungsgeschehen. So wurde ein untermeerisches Paläorelief akzentuiert und modifiziert. Die resultierenden Faziesverzahnungen sind heute im variszisch angelegten Faltenbau nachvollziehbar erhalten geblieben.

## Abstract

In the Padberg and Giershagen area (Sauerland) Devonian volcanic rocks and contemporaneous sedimentary rocks have been accumulated in an interfingered manner. On the one hand, the background sedimentation in the northern Rhenohercynian basin in the foreland of the Brilon reef has to be considered. On the other hand, the episodic eruption activity of the fissure volcanoes and the gravitational density currents of debris into the wide forereef area influence the accumulation area. Thus, a submarine palaeo-relief was accentuated and modified. The resulting facies have been preserved in the Variscan fold system.

## 1. Einleitung

Das nordöstliche Rheinische Schiefergebirge ist Teil des variszisch strukturierten Rhenohercynikums und ein geologisch komplexes Gebiet mit vielgestaltigen Lithologien unterschiedlichster Formationen, die intensiv verfaltet, geschiefert und in gestörtem Verband ein fazielles Transekt vom Briloner Schelfkantenriff zum tieferen Becken erschließen. Die Schichtfolgen dieser Region werden überwiegend dem Mitteldevon (Givetium) bis Karbon (Namur) zugeordnet. Ein intensiver basaltischer Vulkanismus ist im Mittel- bis Oberdevon zu verzeichnen, der im Vorland des autochthonen Riffkörpers zur Bildung von Vulkankomplexen führte. In aufgelassenen Steinbrüchen, entlang von Wegrändern und an Abhängen lassen sich die Faziesverzahnungen zwischen Riff-beeinflussten Gebieten, den Vulkanregionen und den distal zum Riff gelegenen Beckenbereichen des Untersuchungsgebietes zwischen Padberg und Giershagen exemplarisch analysieren. Neben dem Nachweis eines weiteren vulkanischen Zentrums mit spezifischen Randbildungen östlich von Padberg lässt sich einerseits örtlich der allmähliche Übergang vom Tentaculiten- in die Flinz- oder Bänderschieferfazies unter Ausfall der Vulkanite sowie andererseits abwechselnde Bildung und Verzahnung zwischen Vulkaniten und Flinzen nachweisen. Damit ergibt sich ein komplexes paläogeographisches Szenario.

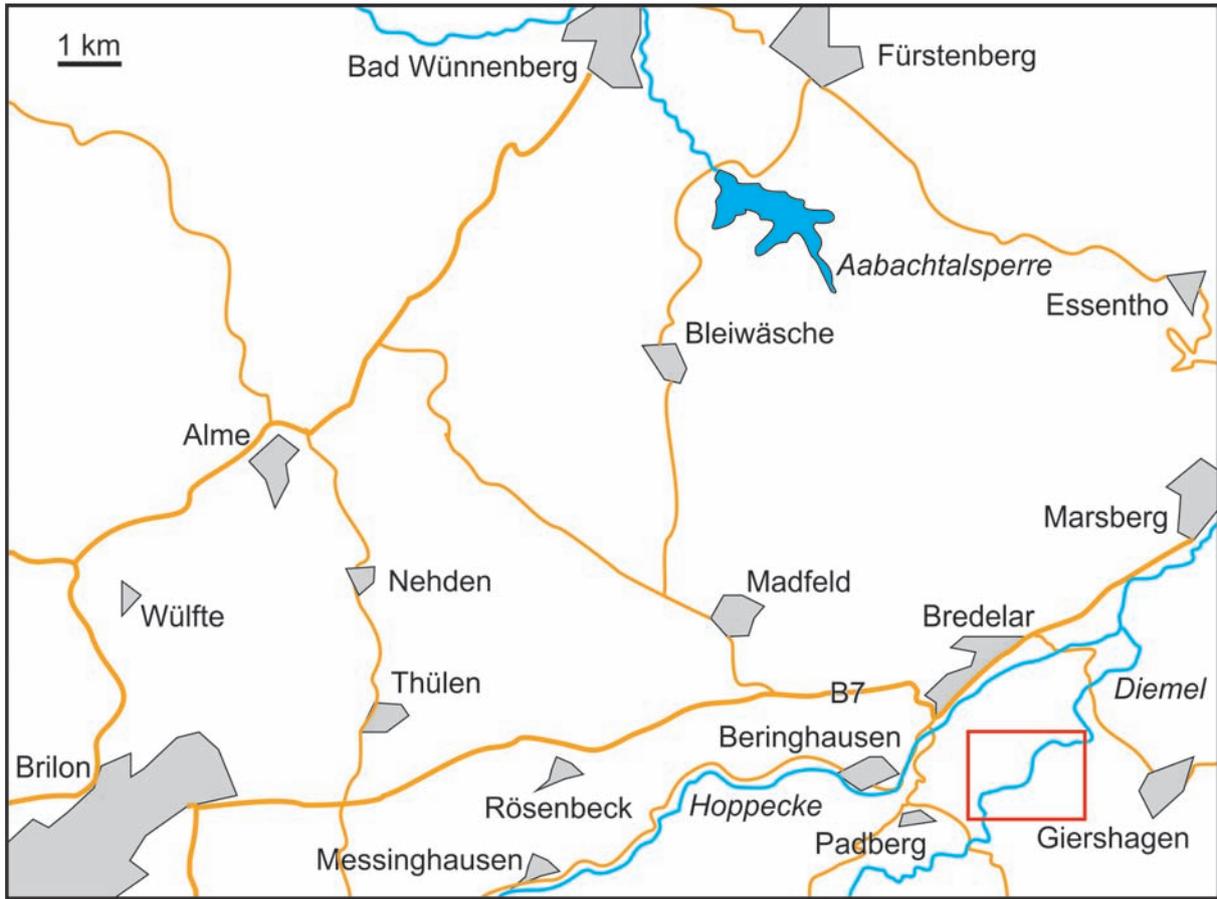


Abb. 1: Geographische Situation und Lage des Arbeitsgebietes (rotes Rechteck) im Sauerland.

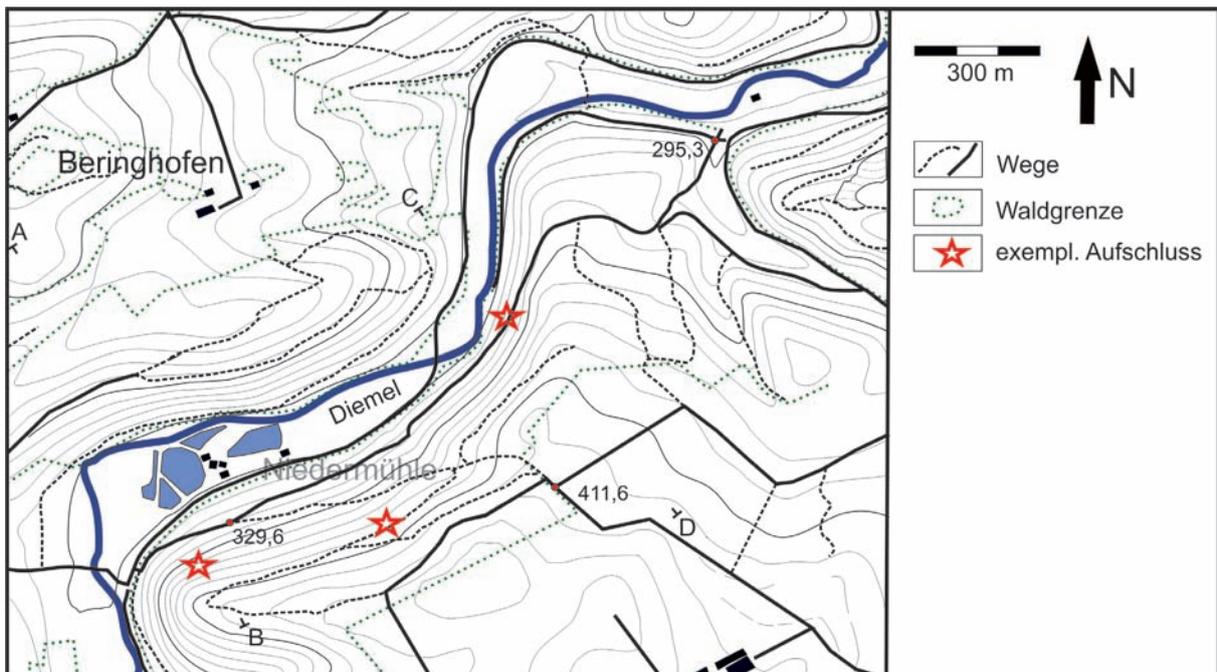


Abb. 2: Spezifische geographische Übersicht des Arbeitsgebietes mit der Lage von drei exemplarischen Aufschlüssen, welche die Faziesverzahnung deutlich zeigen. Die Lage der Profilverläufe (A-B; C-D) ist ebenfalls dargestellt.

## 1.1 Geographie

Das Untersuchungsgebiet ist südlich Madfeld, zwischen Padberg und Giershagen gelegen (Abb. 1). Benachbarte größere Ortschaften und Städte sind Brilon, Bad Wünnenberg, Marsberg. Die Region zählt zum Mittelgebirge südlich des Haarstrangs mit oftmals bewaldeten Höhen zwischen 300 m und 440 m (Abb. 2, Tafel 1). Diemel und Rhene sind die Vorfluter und weisen in ihrem mäandrierenden Verlauf teils ausgedehnte Auen auf. Die Prallhänge sind teils von steilen Hängen gesäumt. Die Region ist durch ein ausgedehntes Wanderwegenetz sehr gut erschlossen.

## 1.2 Geologie

Das Variszische Orogen entstand durch eine Kollision verschiedenster Terrane oder Mikroplatten und einiger schmaler Ozeane (FRANKE & ONCKEN 1990, 1995; FRANKE 2000; FRANKE et al. 2017). Die klassische Gliederung in Zonen orientiert sich an KOSSMAT (1927). Das Rhenohercynikum befindet sich im Nordwesten und es schließen sich das Saxothuringikum und Moldanubikum nach Südosten an. Die Mitteldeutsche Kristallinzone, definiert von BRINKMANN (1948), bildet die nördliche Begrenzung des Saxothuringikums hin zum Rhenohercynikum. Letzteres ist ein typischer Falten- und Überschiebungsgürtel, der den südlichen Schelf des Old Red-Kontinents und das rhenohercynische Becken (Ozean) repräsentiert und auf einem Basement liegt, dass zu Avalonia gezählt wird (FRANKE 2000). Initiale Stadien der Variszischen Orogenese waren mit der Schließung des Rheischen Ozeans verknüpft, die durch die Migration der Armorikanischen Terranassoziaton nach Norden während des oberen Silurs und unteren Devons ausgelöst wurde (FRANKE 1995; NANCE et al. 2010). In der Folge öffnete sich der Rhenohercynische Ozean (FRANKE et al. 2017). Ein älterer Eintrag von detritischem Material endete im Givetium mit der Bildung autochthoner Riffkomplexe verursacht durch Klimaschwankungen und Veränderungen des Verwitterungsregimes auf dem Old Red Kontinent (FRANKE 2000; JANSEN 2016; BECKER et al. 2016). Im Devon unterlag das Becken zudem einer Dehnung infolge einer Ausdünnung der kontinentalen Kruste. Magmatische Aktivitäten sind im südlichen Rheinischen Schiefergebirge im Emsium zu verzeichnen (KIRNBAUER 1991), während Emsium und Eifelium im Raum Siegen (LOSKE & MILLER 1987) und im Mittel- und Oberdevon im Sauerland (BOTTKE 1965, SUNKEL 1990) und im Lahn/Dill-Gebiet (NESBOR 2004). Seit dem Oberdevon bildete die Mitteldeutsche Kristallinzone den aktiven Subduktionsrand des rhenohercynischen Beckens. Die Sedimentite des Karbons repräsentieren zum einen Ablagerungen eines passiven Randes im Norden und zum anderen, im Gegensatz dazu, synorogene Bildungen, die nach Norden progradieren (KÖNIGSHOF et al. 2016).

## 1.3 Kenntnisstand

Die geologische Bearbeitung der Region begann u.a. mit ROEMER (1844), STEIN (1860), DECHEN (1845) und PAECKELMANN (1926, 1928). PAECKELMANN & KÜHNE (1936) legten die erste amtliche geologische Karte Madfeld mit Erläuterungen vor. Die Ammonoiten-reichen Ablagerungen des Frasniums und Famenniums bei Bredelar oder Adorf wurden ebenso intensiv stratigraphisch untersucht (u.a. KAYSER 1872, HOLZAPFEL 1882, WEDEKIND 1913, KULLMANN & ZIEGLER 1970, KORN 2002, HOUSE & ZIEGLER 1977, BECKER & HOUSE 2000). Später folgten zahlreiche weitere Arbeiten zu verschiedensten Themen. In den 70er und 80er Jahren kamen zahlreiche Diplomkartierungen und -arbeiten von Seiten der Ruhr-Universität Bochum hinzu (STRITZKE, LEIMBACH, KÜRSCHNER u.a.). RIBBERT et al. (2006) legten darauf aufbauend eine revidierte Geologische Karte Blatt Madfeld vor.

Bereits AHRENS et al. (1929) beschrieben Vulkanite des östlichen Sauerlandes. MEYER (1981) und darauf aufbauend WEDEPOHL et al. (1983) befassten sich intensiv mit den Meta-Alkalibasalten des Mittel- und Oberdevons und mit den tholeiitischen Metabasalten des Unterkarbons im NW-Harz und Sauerland. Im Lahn/Dill-Gebiet bearbeiteten sie auch die allochthonen MOR-Basalte an der Basis der Gießen-Decke und errechneten Durchschnittszusammensetzungen. Sie differenzierten so zwischen Intraplatten-Tholeiiten (NW-Harz und Sauerland) und Ozeanrücken-Basalten (Lahn/Dill-Gebiet). Metavulkanite der Lahn/Dill-Region wurden von HENTSCHEL (1970) untersucht. Er gliederte den Vulkanismus in mehrere Phasen. SUNKEL (1990) bearbeitete submarine vulkanische Zentren im Ostsauerland und charakterisierte sie nach lithologischen, petrologischen und geochemischen Gesichtspunkten. Die postmagmatischen Alterationsprozesse der paläozoischen Vulkanite wurden von HERRMANN & WEDEPOHL (1970), MEISL (1970), WEDEPOHL et al. (1983), SCHMINCKE & SUNKEL (1987), SUNKEL (1990) und FLICK et al. (1993) eingehend analysiert und diskutiert. Eine umfassende Bearbeitung der Metatrachyte und peralkalischen Metarhyolithe erfolgte von FLICK (1977). SCHMINCKE & SUNKEL (1987) und SCHMINCKE (1988) bearbeiteten Vulkanitvorkommen des Mitteldevons und Unterkarbons in der Dillmulde unter vulkanologischen und geochemischen Gesichtspunkten.

BOTTKE (1962, 1965, 1979) beschäftigte sich eingehend mit den exhalativ-sedimentären Roteisensteinlagerstätten des Ostsauerlandes, die mit dem Vulkanismus aufs engste verknüpft sind. Bei Brilon konnten die Roteisensteine in das obere Givetium (mittlere *Polygnathus varcus*-Zone eingestuft werden (KÜRSCHNER et al. 1999). Auch im Lahn/Dill-Gebiet sind Roteisensteine weit verbreitet und waren Ziel intensiven Bergbaus (LIPPERT 1953, 1954, KÜNZLER 2010).

Die mit den Vulkaniten assoziierten Sedimentgesteinsfolgen sind ebenso seit langem Gegenstand intensiver Forschungen. Im Liegenden werden im Raum Brilon-Altenbüren-Marsberg die Tentakulitenschiefer des mittleren Givetiums, anhand von Conodontenfunden zugeordnet, definiert. Sie verzahnen mit den Briloner Schiefern des oberen Eifeliums, unteren und mittleren Givetiums, die auch im Untergrund des Briloner Riffs vermutet werden (KÜRSCHNER et al. 1999). In Teilen zeitgleich zur Bildung der Vulkanite wuchs das Briloner Riff bis ins Frasnium. Charakteristische Faziestypen sind Stromatoporen-, Amphiporen- und Korallen-Boundstones, Loferite und Gastropoden-Wacke- bis Floatstones (KÜRSCHNER et al. 1999, MALMSHEIMER et al. 1991, BÄR 1968, WAHBA 1978). Das Riff wurde erst im Verlauf des Karbons ausgiebig mit Sediment bedeckt. Sedimente des Zeitraums vom Frasnium (Devon) bis Serpukhovium (Karbon) sind nur lückenhaft, episodisch anhand vermischter Conodontenassoziationen und anderer Fossilien in neptunischen Gangfüllungen belegt (HEUER et al. 2015). Eine Besonderheit ist der Fund eines kleinen Coelacanthiden in einer solchen Spalte in Schiefern (WITZMANN et al. 2010). Auf einzelnen vulkanischen Seebergen entstanden auch autochthon kleinere Atolle im Vorland des Briloner Riffs. Ausgehend von den autochthonen Riffkomplexen gelangte Riffschutt in den südöstlich vorgelagerten Beckenbereich und lagerte sich auf und neben den Vulkaniten ab (CLAUSEN et al. 1991). Conodontenfaunen belegen die Zeitspanne der unregelmäßig mächtigen Riffschuttdistribution zwischen dem oberen Givetium (mittlere *Polygnathus varcus*-Zone) und dem Frasnium (*Ancyrognathus triangularis*-Zone) (STRITZKE 1989, 1991, CLAUSEN et al. 1991). Der proximale Riffschutt verzahnt mit distalen Flinz- oder Bänderschiefern des Frasniums, die allmählich in die Schieferfazies des Famenniums übergehen (EDER et al. 1975, 1977).

## 2. Formation, Lithologien und Besonderheiten der Region zwischen Mittelberg und Niedermühle im Raum Padberg-Giershagen

Im Rahmen zweier Bachelorarbeiten (KACHELRIEB 2018, SCHULZ 2019) und weiterer Untersuchungen wurden Aufschlüsse zwischen Giershagen und Niedermühle detailliert dokumentiert (Tafel 2, 3, 4, 5, 6). Zusätzlich wurde eine geologische Karte der Region angefertigt (Abb. 3). Folgende Formationen sind für diese Region charakteristisch: Tentakulitenschiefer-, Vulkanit-, Padberg-/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer- und Nehden/Hemberg-Formation. Sie werden im Folgenden beschrieben.

### 2.1 Tentakulitenschiefer-Formation

Die Tentakulitenschiefer-Formation ist nördlich und südlich der Diemel in einem schmalen Streifen zwischen Niedermühle und Giershagener Wald verbreitet. Der Ausbiss ist durch den Versatz an einigen Störungen unterschiedlich breit. Grauschwarze bis dunkelgrau-grünliche, bräunlich verwitternde, mürbe Ton- und Siltschiefer sind typisch. Die Schichtung ist meist schwer auszumachen. Nur, wenn eine feine Lamination vorliegt, lassen sich Schichtung und Schieferung besser zuordnen. Auffällig sind am Wanderweg nördlich der Diemel (Bionik Pfad) Einschaltungen von Kalksteinbänken in Dicken von ca. 5 cm bis zu 30 cm. Die Kalksteine sind schwarz bis dunkelgrau, kompakt, mikritisch bis feinkristallin rekristallisiert. Biodetritus ist in einigen Bänken vorhanden. Bankinterne Strukturen wurden nicht beobachtet. Die namensgebenden Tentakuliten fanden sich nur in wenigen Forstweg-Anschnitten im Bereich der Niedermühle in Tonsteinen.

PAECKELMANN & KÜHNE (1936) und RIBBERT et al. (2006) beschrieben ebenso im weiteren Blattgebiet Madfeld neben siliziklastischen Gesteinen auch Kalksteinkonkretionen, Kalkknotenschiefer und Kalksteinbänke. Im Bereich der Schelfkante werden die Briloner Schichten mit Bryozoen, Brachiopoden und rugosen Korallen als Äquivalent der Tentakulitenschiefer-Formation angesehen (KÜRSCHNER et al. 1999, Geologischer Dienst 2016). Biostratigraphisch wird die Tentakulitenschiefer-Formation dem Mitteldevon, vom obersten Eifel bis in die *varcus*-Zone des Givets eingestuft.

### 2.2 Vulkanit-Formation

Die Vulkanit-Formation oder nach RIBBERT et al. (2006) der Hauptgrünstein ist vielgestaltig aufgebaut. Die Vulkanite sind bei der Höhe 423,4 und 400,4 bei Beringhofen, südlich des Gehelles, nordwestlich des Mittelbergs und südlich der Diemel zwischen Niedermühle und Giershagener Wald verbreitet. Im Allgemeinen sind Vulkanite in Klippen im Wald und an Weganschnitten gut erschlossen vorzufinden. Darüber hinaus sind allerdings einige Ausbisse nur durch vereinzelte Lesesteine nachvollziehbar. Die Verwitterungsfarbe ist bräunlich-grün bis rötlich-grün. Oft sind verwitterte Gesteine sehr porös. Im Anschlag sind graugrüne bis rötlich-violette Farben vorhanden. Neben makroskopisch dichten gibt es porphyrische Basalte mit bis zu 2 cm großen Feldspatleisten und schwarzen Amphibolen/Pyroxenen. Einige Erzkörnchen sind beigemengt. Vulkanische, oberflächennahe, mafische Sills sind örtlich an der Niedermühle zusätzlich vorhanden. Sie sind durch Abkühlungssäulen ausgezeichnet. Mandelsteine weisen eine hohe Porosität auf. Innen sind die Poren dann mit einem Saum aus grünem Chlorit und Calcit oder auch nur mit Calcit verfüllt. Die Poren sind zwischen 1 mm und 20 mm groß und teils in 1 - 2 cm breiten Zonen konzentrisch angeordnet. Damit ist der Bezug zu Pillow-Basalten gegeben. Die Pillowquerschnitte messen im Allgemeinen zwischen 20 cm und 2 m (Tafel 3). Größere können bis zu 5 m im Durchmesser erreichen. SUNKEL (1990) bezeichnete sie als Megapillows und interpretierte sie als Hauptfördersysteme bei den Effusionen (SCHMINCKE & SUNKEL 1987).

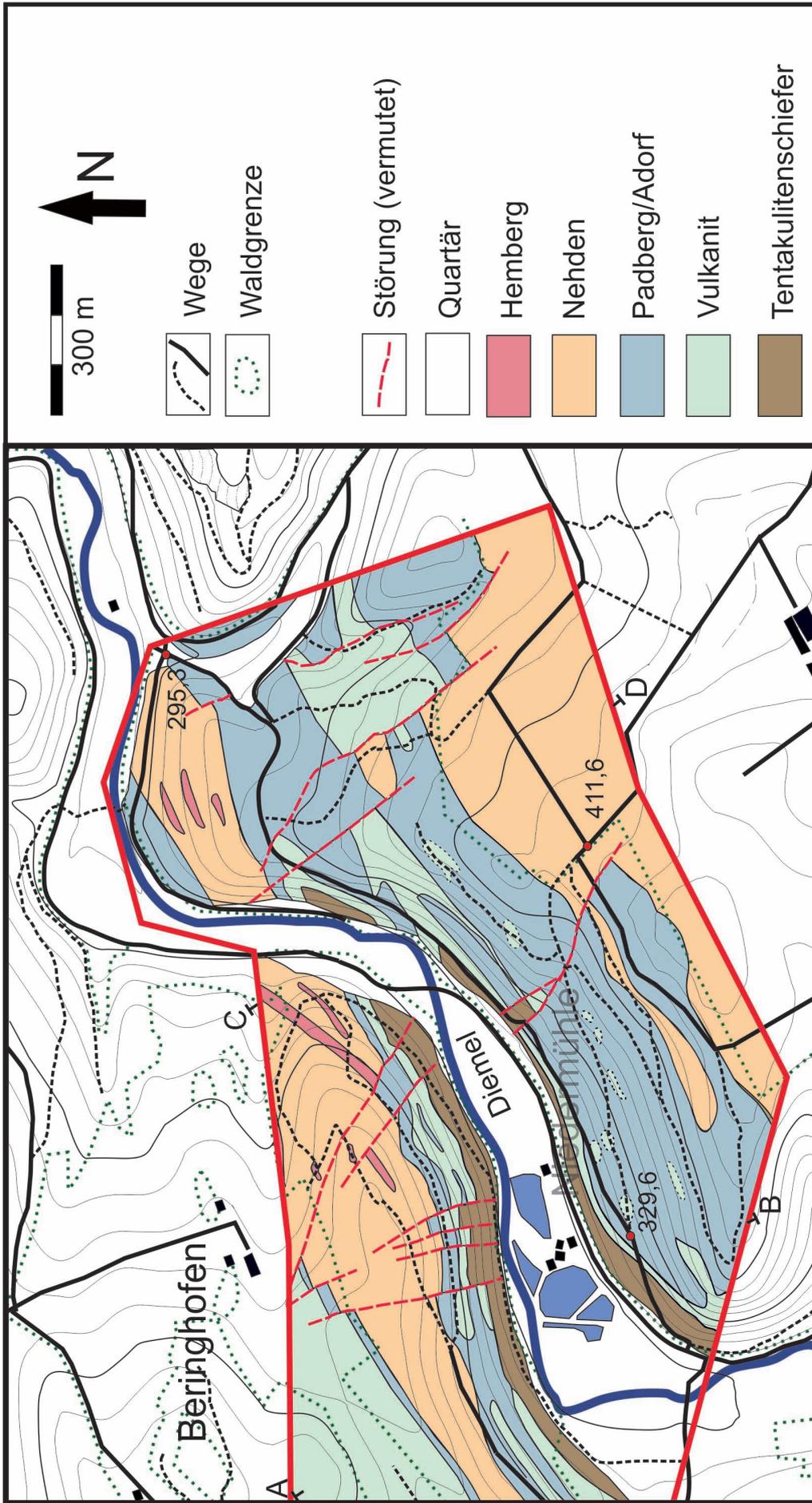


Abb. 3: Geologische Karte des Arbeitsgebietes. Die diversen Lithologien wurden zu Formationen zusammengefasst, basierend auf historisch gewachsenen Erkenntnissen zum regionalen Rahmen (siehe gesamtes Kapitel 2). Die Definitionen zu den Formationen sind in steter Weiterentwicklung begriffen.

Die Pillows sind als röhrenförmige Körper mit runden, ovalen und nierenförmigen Querschnitten ausgebildet. Sie weisen teils einen glasigen Saum auf und in zwischenliegenden Zwickeln finden sich abgeplatzte Bruchstückchen der Kruste. Es sind auch asymmetrisch eingedellte Kissen vorhanden.

Vulkanoklastische Brekzien sind ebenso vorhanden (Tafel 6). Ihre Oberfläche ist extrem rau und unregelmäßig. Eckige, bis zu 10er cm-große vulkanische Bruchstücke lagern in einer karbonatisch-tuffitischen Matrix. Solche Vorkommen sind westlich des Mittelbergs lokalisiert. Sie sind als umgelagerter proximaler Hangschutt im Umfeld von Vulkanbauten, hier das Mittelberg-Vulkanzentrum, zu deuten.

Vulkanoklastische Gesteine sind in Form von Lapillituffen verbreitet. Sie sind durch einen deutlichen Matrixgehalt gekennzeichnet und weisen neben Lapilli- und Aschepartikel vulkanische Gesteinsbruchstücke und Fremdgesteinsklasten auf.

Feingeschichtete, grünliche Tuffe bestehen aus vulkanischen Glaspartikeln und Kristallen oder deren Fragmenten. Sie sind feinstkörnig und bestens sortiert. Wenn Mischungen mit Sedimenten auftreten, sind feingeschichtete Tuffite zu klassifizieren. Beimengungen bestehen aus Karbonat und Tonmaterial. Der Anteil an Tuff schwankt von Lage zu Lage zusätzlich. Die Lagen können intern laminiert oder auch geflasert sein. Diese vulkanoklastischen und tuffitischen Serien konzentrieren sich im Arbeitsgebiet vorzugsweise südwestlich des Mittelberges. Die vulkanische Aktivität begann diachron in der *varcus*-Zone des Givetiums und endete diachron erst in der *asymmetricus*-Zone im Adorf (SUNKEL 1990). Ob eine kontinuierliche vulkanische Förderung vorlag oder eine solche mit Unterbrechungen lässt sich nicht ermesen.

### 2.3 Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert)

Die mittel- und oberdevonischen Kalksteinserien wurden sehr heterogen bezeichnet: Plattenkalke von Padberg (HOLZAPFEL 1895), Padberger Kalk und Flinz des Oberen Mitteldevons, Flinzfazies der Adorfer Schichten, Adorfer Kalk und Bänderschiefer der Adorf-Schichten (PAECKELMANN 1928, PAECKELMANN & KÜHNE 1936). EDER et al. (1975) erachteten die Differenzierung bereits als nicht zielführend. RIBBERT et al. (2006) fassten Karbonat-führende Ablagerungsfolgen unter den Begriffen Padberg-Schichten für das Givetium und Frasnium und Adorfer Bänderkalkstein für das Frasnium bis möglicherweise basale Famennium zusammen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Gliederung nicht durchgeführt, da die Faziesübergänge vertikal und lateral fließend sind. Die von RIBBERT et al. (2006) zur Grenzziehung herangezogene graue Kalksteinbank zwischen Padberger Schichten und Adorfer Bänderkalkstein konnte nicht identifiziert werden.

Für die Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert) sind hell bis dunkelgraue, dunkelgraublau bis schwarze Gesteinsfarben charakteristisch. Bankige und plattige Karbonate wechsellagern mit unstat bituminösen Tonsteinen und Mergeln. Das Verhältnis und die Dicke der Bänke variieren immens von Ort zu Ort (Tafel 1). Bei Padberg sind die Tonsteine auf wenige mm-dünne Lagen zwischen den markanten Kalksteinbänken reduziert. Nach Süden und Südosten nimmt der Anteil und die Dicke der Tonsteine zu, so dass sie bei Giershagen dominieren (Tafel 1). Allerdings sind im stratigraphischen Verband im Übergangsbereich zwischen diesen Orten Sequenzen zu beobachten, die partienweise zwischen Ton- und Kalkstein-dominierten Abschnitten wechseln. Auch zum stratigraphisch Hangenden nimmt im Allgemeinen der Tonsteinanteil zu, so dass er bei Adorf im höheren Teil dominiert und nur vereinzelt Kalksteinbänke vorzufinden sind.

Die Kalksteine, Bankdicken variieren zwischen 5 cm und 40 cm, sind im Allgemeinen reich an dicht gepacktem Crinoidenschutt. Die Bruchstücke sind als Einkristalle in Größen meist

zwischen 0,2 cm und 1 cm in unregelmäßiger Form gesteinsbildend. Teils sind sie innerhalb der Bänke gradiert; der Matrixanteil nimmt nach oben innerhalb der Bänke zu. Weitere Zweischaligerreste sind gelegentlich vorhanden. Lithoklasten und Pelioide können beigemengt sein. An den Bankunterseiten sind Belastungsmarken sowie Strömungs- und Schleifmarken vorhanden. Treten die Crinoiden in der Häufigkeit zurück, gibt es Bioklasten-führende Peloid-Kalksteine, die mikritisch gebunden sind, oder Bioklasten-haltige Mikrite.

Die Kalksteine wurden bereits von MEISCHNER (1964) als allodapische Kalke interpretiert, deren Bestandteile durch Suspensionsströme aus dem Riffbezirk in das weitere Vorriff und Becken transportiert wurden. Proximal sind im Raum Padberg dickere, grobkörnigere Bänke und gen Süden und Südosten dünnere und feinkörnigere Bänke vorhanden. Insgesamt repräsentieren diese Ablagerungen also Äquivalente des Riffs bzw. einer Schwellenfazies auf Seebergen im Vorriff.

Die Grenze zum Liegenden ist durch den Kontakt zwischen Vulkaniten und Kalksteinen gegeben. Allerdings gibt es hier einige Probleme, da es sowohl an der Basis eine Verzahnung von Kalkstein mit Tentakulitenschiefer-Formation gibt, die Vulkanit-Formation ausfallen kann und die Vulkanit-Formation auch im stratigraphisch höchsten Teil der Padberg-Formation/ Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation eingeschaltet sein kann.

Nach STRITZKE (1989, 1991) umfasst die Padberg-Formation/ Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert) die mittlere *Polygnathus varcus*-Zone des Givetiums bis *Palmatolepis jamieae* / *Palmatolepis triangularis*-Zone bis *Palmatolepis crepida*-Zone. Der Adorfer Bänderkalkstein setzte im Verlauf der *Palmatolepis rhenana*-Zone bis *Palmatolepis linguiformis*-Zone ein (STRITZKE 1989, 1991).

#### 2.4 Nehden- und Hemberg-Formation

Das jüngere Oberdevon des Famenniums besteht im Wesentlichen aus engständig geschieferten Peliten unterschiedlicher Farbe. Die Nehden-Formation oder die Nehden-Schichten (RIBBERT et al. 2006) sind in gräulich-grünlichen Farbtönen gehalten (Tafel 1). Einzelne rötliche Schiefer sind in mehreren Abschnitten vorhanden. Grobsilteinlagerungen sind zu beobachten und führen zur Ausbildung differenzierbarer Laminae. Lagen mit Kalksteinknollen können im unteren Teil der Nehden-Formation vorkommen. Die Knollen sind ca. 2 cm dick und etwa 4 cm lang.

Die Grenze zum Liegenden ist fließend. Die karbonatischen Bänke werden zu Kalkknollenlagen reduziert, deren Abstand zudem zugunsten der Pelite zunimmt. Größere siliziklastische Lagen, wie sie von RIBBERT et al. 2006 zur Grenzziehung zum Liegenden herangezogen werden, sind an der Basis nicht zu beobachten.

RIBBERT et al. (2006) beschrieben Ostrakoden, Muscheln und seltene Brachiopoden. Stratigraphisch datiert ist die Formation mittels Conodonten in die späte *Palmatolepis triangularis*/ frühe *Palmatolepis crepida* Zone bis *Palmatolepis marginifera*-Zone.

Die Hemberg-Formation (Hemberg-Schichten nach RIBBERT et al. 2006) zeichnet sich durch feuerrote bis violette, geschieferte Pelite aus, die nur mm-dünne, grünlich-graue Partien enthalten. Feinsandsteinlagen können in mm-dünnen Laminae in beiden Farbvarianten vorhanden sein. Charakteristisch sind immer wieder auftretende beige-rötlich gefärbte, mikritische Kalkknollen, die in Lagen angeordnet sind. Die Abstände der Lagen variieren zwischen einigen Metern und wenigen Zentimetern, so dass sie dann Kalk-betonte Partien bilden, die verwitterungsresistenter als ihre Umgebung sind.

Die Grenze zum Liegenden wird durch den Farbumschwung von grauen hin zu vorherrschend roten Peliten definiert. Zum Hangenden ist die Grenze durch einen weiteren Farbumschwung

erneut hin zur vorherrschend grauen Dasberg/Wocklum-Formation bestimmt.

Stratigraphisch wird die Hemberg-Formation nach Conodonten, die aus den Kalkknollen stammen, in die *Palmatolepis marginifera*-Zone bis in die *Palmatolepis trachytera*-Zone eingestuft (RIBBERT et al. 2006). Makrofossilien bleiben selten.

### 3. Laterale Faziesbeziehungen

#### 3.1 Kartenbild

Das Kartenbild zwischen Beringhausen, Niedermühle und Giershagener Wald/Mittelberg zeigt die Vielgestaltigkeit der Region exemplarisch auf (Abb. 3). Mit einer Reliefumkehr ist die Padberger Antiklinale mit Tentakulitenschiefer-Formation im Kern beidseits des Diemeltals erschlossen. Nach NW (Beringhofen) sowie SE schließen sich Synklinalen mit oberdevonischen Schichtfolgen an. Kleinfaltenstrukturen sind immer wieder zu beobachten. Die Schieferung ist konstant in einem WSW/ENE-Streichen zu verzeichnen. NNW/SSE und NW/SE-streichende Querstörungen gliedern das Gebiet weiter auf. Die Versatzbeträge sind aber meist gering. Nur am Mittelberg und bei Beringhofen sind die Schrägverschiebungen in ihrem Versatz größer.

Die Formationsgrenzen widerspiegeln das engräumige Verzahnungsmuster und die raschen Fazieswechsel innerhalb des Ablagerungsraumes. Die Vulkanit-Formation fällt westlich der Gehelle teilweise aus. Außerdem gibt es einen zweiten Zug Vulkanit-Formation eingeschaltet innerhalb der Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert). Nach Osten sind hingegen Kalksteine innerhalb der Vulkanit-Formation vorhanden. Auf der gegenüberliegenden südlichen Seite der Diemel begleitet die Vulkanit-Formation als schmales Band den Tentakulitenschiefer. Innerhalb der Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert) sind in Linsen verteilt immer wieder mehrere Quadratmeter-große Areale von Vulkanit-Formation in unterschiedlicher stratigraphischer Position zu beobachten. Der Ausbiss der Vulkanit-Formation nimmt zum Mittelberg hin deutlich zu. Einige exemplarische Aufschlüsse (1-3) zeigen die Verzahnung zwischen den Formationen sehr deutlich (Tafel 2, 3, 4, 5).

#### 3.2 Aufschluss 1 – Bionik Pfad

Der Aufschluss befindet sich oberhalb des Prallhangs der Diemel und erstreckt sich von NNE nach SSW über eine Aufschlusslänge (AL) von 36 m entlang der Biegung eines Forstweges (Bionik Pfad). Dabei erreicht er eine Höhe von fast 10 m im mittleren Bereich, während er im NNE etwa 3 m aufweist und im SSW bei einem halben Meter Höhe endet. Überlagert und unterlagert wird der gesamte Aufschluss von Schutt. Der Aufschluss enthält drei verschiedene Lithotypen wechselnder Mächtigkeiten und Häufigkeiten (Tafel 2, 3): Tonmergel und Mergel mit Kalkknollen, Kalkstein und Vulkanit. Zudem treten mehrere Störungen auf.

##### 3.2.1 Tonmergel und Mergel mit Kalkknollen

Die Tonmergel und Mergel variieren in ihrer Farbe von dunkelgrau bis mittelgrau. Sie treten sowohl in kompakterer Form, eher plattig, als auch sehr weich mit höherem Tonanteil auf. Die Horizontdicken variieren zwischen 40 cm bis 60 cm. Im nördlichen Teil des Aufschlusses ist eine Wechsellagerung von Tonmergeln und Mergeln vorhanden, die an einer Störung an Mergel mit Kalkknollen grenzt. Letztere sind auch im Rest des Aufschlusses charakteristisch. Die Kalkknollenführung variiert in ihrer Häufigkeit und Packungsdichte zwischen den verschiedenen Bereichen. Oberflächlich anstehend und äußerlich sind die Knollen entkalkt. Nach innen und frisch dem Gesteinsverband entnommen sind sie karbonatisch. Die Anordnung der Knollen zeichnet die Schichtung nach und passt sich auch Ausbuchtungen des Vulkanits an. Die Schieferung verläuft subparallel. Die Knollen sind zudem boudiniert.

Die Mergel zeigen im Dünnschliff ein feinkörniges Gefüge mit kantengerundeten Quarzen und in Lagen angereicherten, teils eingeregelt Tonmineralen neben Karbonat. In dunkleren, tonigen Horizonten finden sich eingeregelt Glimmer. Die Kalkknollen weisen eine fein rekristallisierte, mikritische Grundmasse auf. In dieser finden sich locker verteilt kantengerundete Monoquarze in Silt- bis Feinsandkorngröße. Auch Fossilreste sind im Kernbereich enthalten. Der Grenzbereich zwischen Knollen und Mergeln ist öfter von Styolithen akzentuiert.

Die Fossilreste umfassen Cricoconariden, Bryozoen, Brachiopoden, Reste von Zweischalern und Kalzispähren wie *Parathuramina dagmarae* (Suleimanov). Bioturbation ist auf Grund von stärker rekristallisierten Bereichen mit quarzreicherer Füllung angedeutet.

### 3.2.2 Kalksteine

Die 2 cm und 14 cm dicken, biomikritischen Kalksteinbänke sind mittel- bis dunkelgrau und körnig. Während der Kalkstein im NNE auskeilt, besteht derjenige im zentralen Bereich aus sieben Bänken in einer konstanten Dicke von insgesamt 56 cm. Die Schichtflächen sind wellig und mit mm-dünnen Tonlamina bedeckt. Intern sind die Bänke teils laminiert und von Calcit-gefüllten Rissen durchzogen.

In den Dünnschliffen (Tafel 7) lassen sich Längs- und Querschnitte von Cricoconariden beobachten, die in Lagen angereichert sein können. Crinoidenschutt ist anhand calcitischer Einkristalle zu identifizieren. Zweischalerreste und Pelloide sind vorhanden. Die Grundmasse ist ein Mikrit. Kantengerundete, gut sortierte, bis 1 mm messende Quarzkörner, detritische Glimmer und opake Erzkörnchen sind beigemengt.

### 3.2.3 Vulkanite

Die grünlich-grauen Vulkanite sind meist massig, hart und homogen, teilweise aber auch in Lagen von 20 cm bis 2 m gebankt. Sie zeichnen sich durch unterschiedlich große, meist runde bis ovale unregelmäßig verteilte Poren aus, so dass sie als Mandelsteine bezeichnet werden. Sie messen im Durchmesser bis zu 2 cm und sind an der Gesteinsoberfläche häufig hohl. Im frischen Bruch ist eine weiße Füllung aus Calcit oder Chalcedon erhalten. Gelegentlich gibt es einen schwarzen Außensaum mit einem weißen Innenbereich.

Weiterhin treten die Vulkanite als Fetzen und Pillows auf. Letztere können bis zu 50 cm im Durchmesser erreichen. Poren sind hier größer und sehr viel häufiger als in den massigen Bereichen, Eine konzentrische Ausrichtung der Poren ist gelegentlich zu beobachten.

Das für Basalte typische ophitische Gefüge wird im Dünnschliff deutlich sichtbar (Tafel 8). Die leistenförmigen Plagioklase heben sich von der schwarz-grünlichen, Chlorit-führenden Grundmasse deutlich ab. Weiterhin sind helle, rhomboedrische Minerale erkennbar, die als calcitisierte Pyroxene gedeutet werden. Neben diesen Mineralen findet sich Chalcedon in der Matrix. Besonders gut ist dieser bei der randlichen, aber auch vollkommenen Verdrängung von Calcit innerhalb der Poren erkennbar. Auch Chlorit ist als Porenfüllung vorhanden. Insgesamt sind die Basalte deutlich alteriert.

### 3.2.4 Kontaktbereiche Basalt Nebengestein (Tafel 2, 3, 9)

Im Aufschluss am Mittelberg lassen sich drei Typen von Kontaktbereichen zwischen Basalt und Umgebungsgestein verzeichnen. Zum einen können beide an Störungen aneinandergrenzen. Weitaus interessanter ist es, wenn der nicht-tektonische Kontakt scharf oder verzahnt ausgebildet ist.

Scharfe Kontaktflächen im NNE sind auf Grund einer prägnanten Trennfläche deutlich sichtbar (Tafel 2). Der Basalt ist im Grenzbereich feinkörniger, blasenärmer. Im Übergangsbereich zwischen Vulkanit und Sedimentit erscheinen die mergeligen und kalkigen Nebengesteine etwas splittiger; auch zeigt der Grenzbereich hier eine Brechung der Schieferung in allen Litho-

typen. Im NNE wird die scharfe lithologische Grenze durch eine Calcitlage markiert.

Die verzahnten Kontakte lassen sich in drei Erscheinungsformen untergliedern. Es treten Pillow-Basalte auf, deren Grenzen zum Teil noch direkt erkennbar sind. Dabei zeigt das Umgebungsgestein der Pillow-Basalte eine Abreicherung an Karbonat. Weitere Erscheinungsformen stellen winzige Basaltfetzen dar, welche ohne direkten Übergang im umgebenden Gestein eingestreut sind. Häufig kommen die Pillows direkt neben diesen Basaltfetzen vor. Zudem treten Basaltzungen auf, die spitz auslaufen und an ihren Enden teilweise auffingern. Dabei finden sich an deren Enden ebenfalls Basaltfetzen im Nebengestein. Ein weiteres Phänomen stellen nasenartige Ausstülpungen von Basalt in das Nebengestein dar.

### **3.3 Aufschluss 2 – Forstweg E Gipfelkreuz (Tafel 4)**

Am Forstweg südöstlich des Bionikpfades sind bankige, bis zu ca. 30 cm dicke Kalksteine mit Schrägschichtung und Gradierung erschlossen. Die Trennfugen bestehen aus Tonmergeln. Eingeschaltet sind mehrfach Lagergänge aus basaltischen Mandelsteinen mit unterschiedlich großen Poren in Mächtigkeiten bis zu ca. 45 cm.

### **3.4 Aufschluss 3 – Steinbruch Niedermühle (Tafel 5)**

Südlich der Ortschaft Padberg zweigt nach Osten ein asphaltierter Feldweg Richtung Niedermühle ab. Durch den am Diemelwehr gelegenen Parkplatz ist der Aufschluss dann über einen Waldweg in wenigen Minuten zu Fuß erreichbar. In unmittelbarer Nähe des Aufschlusses befinden sich die im Diemeltal gelegenen Gebäude der Ferien- und Fischzuchtanlage Niedermühle. Der Aufschluss liegt auf etwa 340 m ü. NN am Nordwesthang des Hüttenberges, welcher mit 439 m ü. NN eine der größten Erhebungen der Umgebung darstellt.

Der Aufschluss lässt sich in mehrere Bereiche unterteilen. Zuunterst finden sich söhlig lagernde Kalksteine und Tonmergel der Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert) in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 2,5 m. Die Wechsellagerung wird erosiv von einem ca. 3,5 Meter mächtigen Rutschkörper überlagert, der in der Mitte des Aufschlusses in eine zweite, 3 m mächtige Rutschung übergeht. Beide greifen erosiv ins Liegende ein. Die drei genannten Einheiten werden von der Vulkanit-Formation unter- und überlagert. So kartierten RIBBERT et al. (2006) eine „Padberg-Linse“ innerhalb der Vulkanit-Formation.

Die Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert) besteht aus einer Wechsellagerung von teils laminierten, gradierten, dunkelgrauen bis hellgrauen, 6 cm bis 50 cm dicken Kalksteinbänken mit Tonmergeln und Mergeln sowie Silt- und Sandsteinlagen. Eine Besonderheit ist eine Rutschfalte innerhalb der Kalksteinabfolge.

Mikroskopisch sind Biopelsparite mit zahlreichen Crinoidenresten, 5 µm bis 60 µm im Durchmesser, Zweischaler- und Criconaridenreste in Längs und Querschnitten bis 150 µm Länge sowie Mikroproblematica vorhanden. Biolithosparite weisen bis zu 30 % mikritische, bis 1 cm große Lithoklasten und Aggregatkörner auf. Bryozoen sind zusätzlich enthalten. Daneben treten detritische und authigene Quarze sowie Erzphasen auf. Mit bis zu 40 % detritischem Quarz sind auch siltige Pelsparite vorhanden. Die Quarzkörner darin messen 5 µm bis 30 µm.

Des Weiteren sind hellgraue, mergelige Tonschiefer bis Mergel mit Kalkknollen vorhanden. Beide finden sich sowohl im Liegenden als auch im Hangenden der Rutschmassen. In den Tonschiefern und Mergeln sind Fossilien (Criconariden, Zweischalerreste, Bryozoen) enthalten. Quarze und detritische Glimmer sind eingestreut.

Beide Rutschmassen zeigen ein inhomogenes Gefüge aus einer mergeligen Tonmatrix und darin enthaltenen Klasten. Die Rutschungen überlagern die darunterliegenden Schichten erosiv. Eine Erosionsrinne ist oberhalb der Mergel besonders deutlich. Die in den Rutschmassen ungeordnet enthaltenen Klasten weisen meist eine ovale, knollige bzw. fladenartige Form auf

und variieren in ihrer Größe zwischen 2 cm bis zu 70 cm. Im unteren Bereich der Rutschungen treten vermehrt die größeren Klaster auf. Die Lithologien der Klaster sind überwiegend mergelige Tonschiefer und Kalksteine des Unterlagers. Vulkanische Klaster sind vereinzelt zu beobachten. SALAMON (2003) sowie RIBBERT et al. (2006) beschrieben sie aber auch als Bestandteil der Padberger Fazies des Aufschlusses.

#### 4. Diskussion und Fazit

Die beschriebenen Phänomene beziehen sich auf die devonische Schichtenfolge des NE-Rheinischen Schiefergebirges, die an einer Schnittstelle zwischen Briloner Riff und S-vorgelagertem Becken während einer Extensionsphase der variszischen Entwicklung gebildet wurden (Abb. 4).

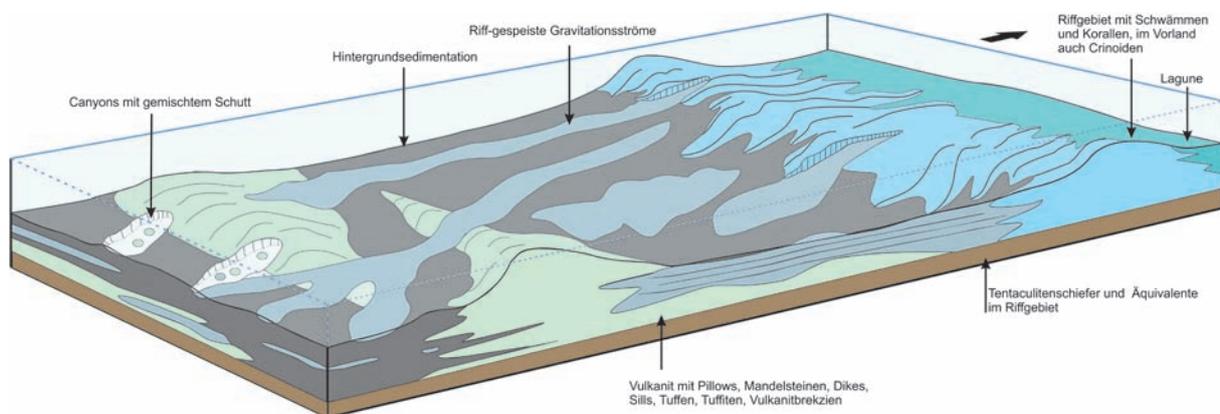


Abb. 4: Interpretation des devonischen Paläoreliefes und Akkumulationsraumes mit komplexer Faziesverzahnung im Bereich des Briloner Riffs und seiner vorgelagerten Schelf- und Beckensituation (Pfeilrichtung Norden).

Für die Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation ergibt sich eine unregelmäßig abwechselnde tonig-mergelige und auch karbonatische Hintergrundsedimentation. Im proximalen, dem Briloner Riff nahen Bereich, finden sich eingeschaltete, turbiditische Karbonate in mächtigerer und gröberer Ausprägung als im distaleren Bereich des Beckens, wo sie ausdünnen und fortschreitend feiner werden. Zum stratigraphisch Hangenden der Abfolge ergibt sich eine allmähliche Modifikation hin zu einer Dominanz der Hintergrundsedimentation.

Die Bildung der Vulkanite schafft ein zusätzliches Paläorelief, das seinerseits die Verteilung der zugelieferten Turbidite steuert. Neben verschiedenen, nicht weit voneinander entfernten Vulkanbauten und deren sie direkt umgebenden Schuttkränzen gibt es Tuffe und Tuffite in ihrer Umgebung. Die paläogeographisch morphologischen Vorprägungen beeinflussen darüber hinaus die Reliefenergie des Ablagerungsraumes und bedingen weitere Unterschiede bei der Sedimentation.

Diese Phänomene sind von diversen Autoren, unter anderem EDER et al. (1977) und in den Erläuterungen zur Geologischen Karte Madfeld (RIBBERT et al. 2006) diskutiert, lassen sich im Arbeitsgebiet jedoch viel kleingliedriger und detaillierter darstellen und entsprechend lokalisieren. Dies trifft vor Allem auf das Zusammenspiel von karbonatischen Schichten und den vulkanischen Ablagerungen zu.

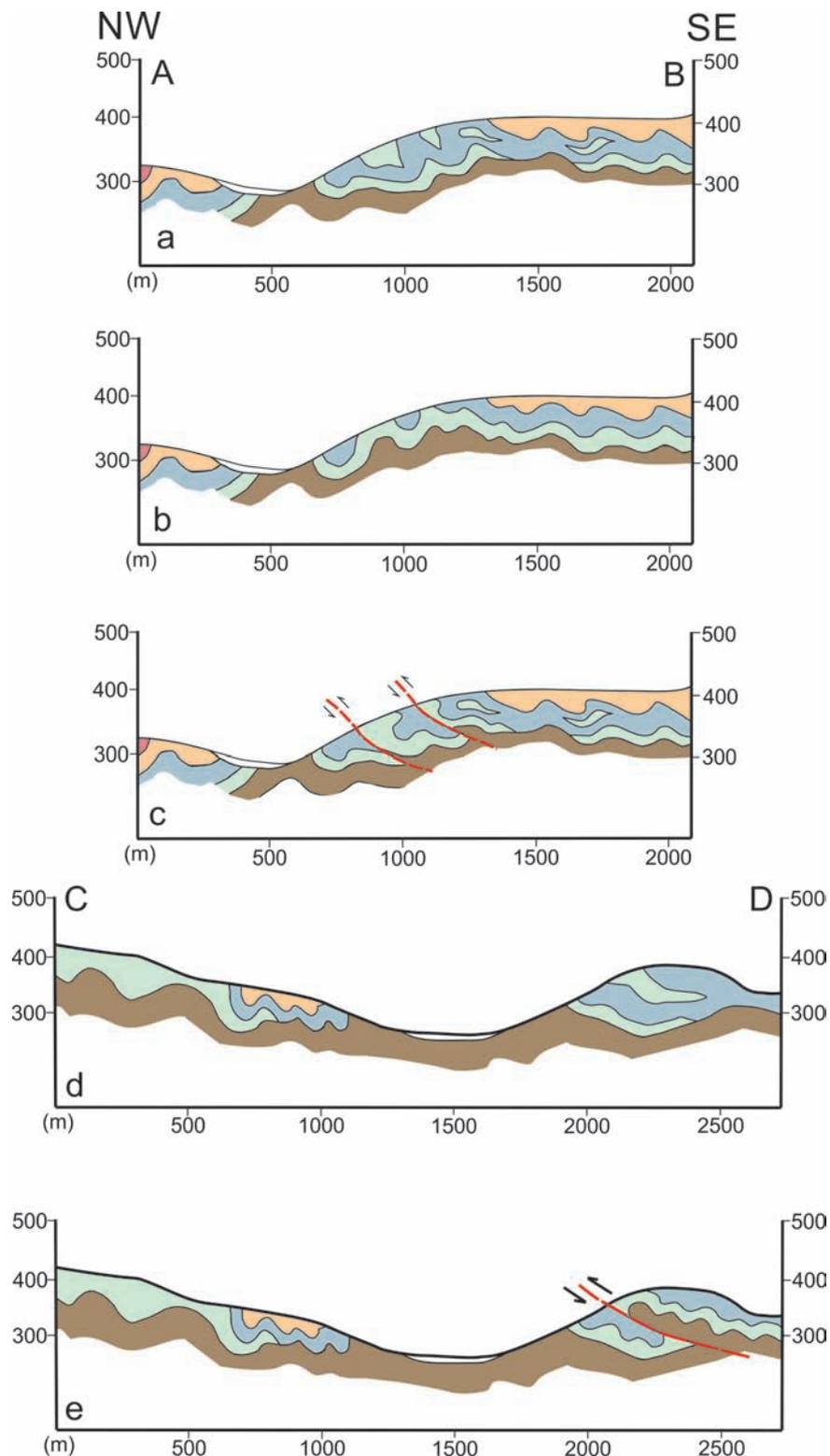


Abb. 5: Unterschiedliche Profilinterpretationen (siehe Kapitel Diskussion und Fazit). Profillage A-B, C-D siehe Abb. 2 und 3.

Profil A-B: a) Präferierte Version mit Faziesverzahnung und anschließender variszischer Überprägung. b) Profilversion mit variszischer Faltung als alleinige Interpretation der rezenten Auffindesituation. c) Profilversion mit Faziesverzahnungen, Faltung und tektonischer Interpretation in Form von Überschiebungen. Profil C-D: d) Präferierte Version mit Faziesverzahnung und anschließender variszischer Überprägung. e) Profilversion mit Faziesverzahnungen, Faltung und tektonischer Interpretation in Form von Überschiebung.

Es ergeben sich teils deutliche Unterschiede beim Vergleich dieser Kartierung mit der offiziellen geologischen Karte. Beispielsweise zeigt sich dies am nördlichen Diemelhang: lokal fehlt die Vulkanit-Formation. Die kalkreichen Tentakulitenschiefer am Top der Formation grenzen unmittelbar an Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation. Ob erstere bereits zur hangenden Formation zählen, bleibt zu hinterfragen (vgl. RIBBERT et al. 2006). Hinweise auf einen tektonischen Kontakt sind allerdings nicht gegeben. In Abbildung 5 werden die jeweiligen interpretativen Möglichkeiten der Schichtverläufe im Untergrund dargestellt. So zeigt sich in Abbildung 5a und 5d die in dieser Arbeit präferierte Version der Faziesverzahnung im Einklang mit der variszischen Faltung.

Auf dem Kartenblatt Madfeld besteht zudem das Problem, zwischen lateraler Faziesverzahnung und Phänomenen variszischer Faltung und somit tektonischer Ursächlichkeiten in der Darstellung zu unterscheiden. An den in dieser Arbeit beschriebenen Aufschlüssen ist die Situation zugunsten der Faziesverzahnung zu interpretieren. In den Waldstücken und Hängen mit schlechterer Aufschlusslage kann ein Auftreten der geologischen Einheiten aufgrund tektonischer Gegebenheiten nicht gänzlich ausgeschlossen werden. In den Profilen der Abbildung 5b, 5c und 5e wurde versucht, eine Lösung zugunsten einer rein tektonischen Genese zu erstellen. Allerdings finden sich in den genannten Arealen Lesesteine, die auf laterale Faziesverzahnungen, vergleichbar den exemplarischen Aufschlüssen, hinweisen. Ein weiteres Problem für die Kartendarstellung zeigt sich bei den paläozoischen Rutschmassen (Aufschluss 3), welche aufgrund der Verknüpfung der Lithologien keiner Formation klar zugeordnet werden können.

Die beschriebenen Formationen des Arbeitsgebietes mit ihren jeweils typischen Lithologien zeigen in ihrer Gesamtheit die hochkomplexe Entwicklung von Sedimentakkumulation an Schelfrändern auf, die zugleich von aktiver vulkanischer Aktivität geprägt sind. So erkennt man oftmals ein Muster an Faziesverzahnungen, die sowohl innerhalb der einzelnen Formationen laterale lithologische Diversitäten zeigen, als auch formationsübergreifend den Sedimentationsbereich strukturieren. Die Unterschiede zwischen den Formationen und Faziesbereichen, übergreifend und intern, sind also signifikant. Damit gehen auch variable Sedimentations- und Bildungsgeschwindigkeiten der Lithologien der verschiedenen Einheiten einher.

## 5. Dank

An- und Dünnschliffe fertigte Herr Gerald Berthold, Präparator Fachgruppe Petrologie und Lagerstättenforschung des Instituts für Geowissenschaften und Geographie. Prof. Dr. Michael Stipp Fachgruppe Geodynamik des Instituts für Geowissenschaften und Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg gab zahlreiche Hinweise. Im Gasthof „Zur Linde“ in Adorf verbrachten wir bei Bernd Becker unvergessliche Abende.

## 6. Literatur

- AHRENS, W. (1929): Die devonischen Eruptivgesteine des östlichen Sauerlandes. 1. Teil: Die Diabase des höheren Mittel- und Oberdevons. Geol. Jb., 2, 947-994.
- BÄR, P. (1968): Die oberdevonisch-unterkarbonische Schichtlücke über dem Massenkalk des Briloner und Messinghäuser Sattels (Ost-Sauerland). N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 131, 263-288.
- BECKER, R.T. & HOUSE, M.R. (2000): Devonian ammonoid zones and their correlation with established series and stage boundaries. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 220, 113-151.
- BECKER, R.T., KÖNIGSHOF, P. & BRETT, C.E. (2016): Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction. Geological Society, London, Special Publications, 423, 1-10. <https://>

doi.org/10.1144/SP423.15

- BOTTKE, H. (1962): Der Roteisenstein des östlichen Sauerlandes und seine Beziehungen zur Stratigraphie und Fazies des oberen Givets und der Adorfstufe. *Roemeriana*, 6, 17-86.
- BOTTKE, H. (1965): Die exhalativ-sedimentären devonischen Roteisensteinlagerstätten des Ostsauerlandes. *Beih. geol. Jb.*, 63, 47 S.
- BOTTKE, H. (1979): Die geologischen Grundlagen und die bergwirtschaftliche Bedeutung des Roteisensteinbergbaus im Kreis Waldeck-Frankenberg und in den angrenzenden Gebieten. *Geschichtsblatt für Waldeck*, 66, 7-99, Korbach.
- BRINKMANN, R. (1948): Die Mitteldeutsche Schwelle. *Geol. Rdsch.*, 36, 56-66.
- CLAUSEN, C.-D, KORN, D. & LUPPOLD, F.W. (1991): Litho- und Biofazies des mittel- bis oberdevonischen Karbonatprofils am Beringhäuser Tunnel (Messinghäuser Sattel, nördliches Rheinisches Schiefergebirge). *Geol. Paläont Westf.*, 18, 7-65.
- DECHEN, H. von (1845): Das Vorkommen des Roteisensteins und der damit verbundenen Gebirgsarten in der Gegend von Brilon. *Archiv für Mineralogie, Geognostik, Bergbau und Hüttenkunde*, 19, 453-582.
- EDER, W., ENGEL, W. & FRANKE, W. (1975): Facies distribution of the Middle/Upper Devonian Reef and contemporaneous limestone-turbidites. In: Flügel, E. (Hrsg.): *International Symp. Fossil Algae*, Erlangen 1975, Guide Book: 37-43, Erlangen.
- EDER, F. W., ENGEL, W., FRANKE, W., LANGENSTRASSEN, F., WALLISER, D. H. & WITTEN, W. (1977): Überblick über die paläogeographische Entwicklung des östlichen Rheinischen Schiefergebirges. In: BENDER, P. et al. (eds.): *Paläogeographische Entwicklung des östlichen Rheinischen Schiefergebirges, demonstriert an einem Querschnitt*. Exkursionsführer Geotagung '77, Exkursion A: 2-57, Göttingen.
- FLICK, H. (1977): Geologie und Petrographie der Keratophyre des Lahn-Dill-Gebietes (südliches Rheinisches Schiefergebirge). *Clausthaler Geol. Abh.*, 26, 231 S., Clausthal-Zellerfeld.
- FLICK et al. (1993): Fazielle und paläogeographische Entwicklung vulkanisch geprägter mariner Becken am Beispiel des Lahn-Dill Gebietes. *Geol. Abh. Hessen*, 98, 3-87.
- FRANKE, W. (1995): Rhenohercynian foldbelt: autochthon and nonmetamorphic nappe units—stratigraphy. In: Dallmeyer, D., Franke, W. & Weber, K. (eds) *Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe*, 33-49, Springer, Berlin.
- FRANKE, W. (2000): The mid-European segment of the Variscides: tectonostratigraphic units, terrane boundaries and plate tectonic evolution. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 179, 35-61.
- FRANKE, W. & ONCKEN, O. (1990): Geodynamic evolution of the northcentral Variscides—a comic strip. In: Freeman, R., Giese, P., Mueller, S. (eds): *The European Geotraverse*. European Science Foundation, pp 187-194.
- FRANKE, W. & ONCKEN, O. (1995): Zur prädevonischen Geschichte des Rhenohercynischen Beckens. *Nova Acta Leopoldina, Neue Folge*, 71, 53-72.
- FRANKE, W.; COCKS, L.R.M. & TORSVIK, T.H. (2017): The Palaeozoic Variscan oceans revisited. *Gondwana Research*, 48, 257-284.
- Geologischer Dienst (Hrsg., 2016): *Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen*. 157 S., Krefeld.
- HENTSCHEL, H. (1970): Vulkanische Gesteine. In: Lippert, H.-J., Hentschel, H. & Rabien, A. (eds.): *Erl. geol. Kt. Hessen 1:25000, Bl. 5215 Dillenburg*. 314-374, Wiesbaden (2. Aufl.).
- HERRMANN, A.G. & WEDEPOHL, K.H. (1970): Untersuchungen an spilithischen Gesteinen der variskischen Geosyncline in Nordwestdeutschland. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 29, 255-

274. <https://doi.org/10.1007/BF00373309>.
- HEUER, F., KORN, D., BELKA, Z. & HAIRAPETIAN, V. (2015): Facies, origin, and palaeontological inventory of an Early Carboniferous neptunian dyke in the Devonian reef limestone near Rösenbeck (Brilon Anticline, Rhenish Mountains). *Fossil Record*, 18, 57–72.
- HOLZAPFEL, E. (1882): Die Goniatitenkalke von Adorf in Waldeck. *Palaeontographica*, Neue Folge, 8, 225-261.
- HOLZAPFEL, E. (1895): Das Obere Mitteldevon im Rheinischen Gebirge. *Abh. Kgl. preuß. geol. L.-Anst.*, N. F. 16, 459 S., Berlin.
- HOUSE, M. & ZIEGLER, W. (1977): The goniatite and conodont sequences in the early Upper Devonian at Adorf, Germany. *Geologica et Palaeontologica*, 11, 69-108.
- JANSEN, U. (2016): Brachiopod faunas, facies and biostratigraphy of the Pridolian to lower Eifelian succession in the Rhenish Massif (Rheinisches Schiefergebirge, Germany). In: BECKER, R.T., KÖNIGSHOF, P. & BRETT, C.E. (eds): *Devonian climate, Sea Level and Evolutionary Events*. Geological Society, London, Special Publications, 423, 45–122.
- KACHELRIEß, M. (2018): Fazies der devonischen Padberg-Formation im Aufschluss Niedermühle bei Adorf (Sauerland). 44 S., B.Sc.-Arbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (unveröffentlicht).
- KAYSER, E. (1872): Studien aus dem Gebiet des rheinischen Devons III. - Die Fauna des Roteisensteins von Brilon in Westfalen. *Z. dt. geol. Ges.*, 24, 653-690, Berlin.
- KIRNBAUER, T. (1991): Geologie, Petrographie und Geochemie der Pyroklastika des unteren Ems/Unter-Devon (Porphyroide) im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. *Geol. Abh. Hess.*, 92,1-228.
- KÖNIGSHOF, P., BECKER, R.T. & HARTENFELS, S. (2016): The Rhenish Massif as a part of the European Variscides. *Münstersche Forsch. Geol. Paläontol.*, 108,1–13.
- KORN, D. (2002): Historical Subdivisions of the Middle and Late Devonian Sedimentary Rocks in the Rhenish Mountains by Ammonoid Faunas. *Senckenbergiana lethaea*, 82, 545-555.
- KOSSMAT, F. (1927): Gliederung des variszischen Gebirge Baues. *Abh. des Sächsischen Geol. Landesamtes*, 1, 1-39.
- KÜNZLER, K. (2010): Der historische Bergbau des Lahngbiets: Geschichte - Technik - Transport – Sozialsystem. *Heimatkundliche Buchreihe zum östlichen Rheinischen Schiefergebirge / Heimatkunde Westerwald & Taunus*, 160 S., Lahnbrück Verlag, Weilburg.
- KÜRSCHNER, W. & RIECK, T. & STRITZKE, R. (1999): Zur Geologie des Paläozoikum-Gebietes um Altenbüren und Brilon (östliches Rheinisches Schiefergebirge). *Münstersche Forsch. Geol. Paläont.*, 86, 11-24.
- KULLMANN & ZIEGLER, W. (1970): Conodonten und Goniatiten von der Grenze Mittel-/ Oberdevon aus dem Profil am Martenberg (Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges). *Geologica et Palaeontologica*, 4, 73-85.
- LIPPERT, H.J. (1953): Das Roteisen-Grenzlager von der Wende Mittel-Oberdevon in der Dillmulde. *Beobachtungen und Gedanken zur Entstehung von Erz und Nebengesteinen*. *Z. deutsch. Geol. Ges.*, 104, 260-276.
- LIPPERT, H.J. (1954): Aus dem Roteisensteinbergbau an Lahn und Dill. *Z. dt. geol. Ges.*, 105, 20-24.
- LOSKE, W.P. & MILLER, H. (1987): Heavy mineral analysis on lower Devonian rocks of the Ebbe-Anticline (Rheinisches Schiefergebirge). In: Vogel, A., Miller, H. & Greiling, R. (eds.) *The Rhenish Massif: Structure, evolution, mineral deposits and present geodynamics*. 37-

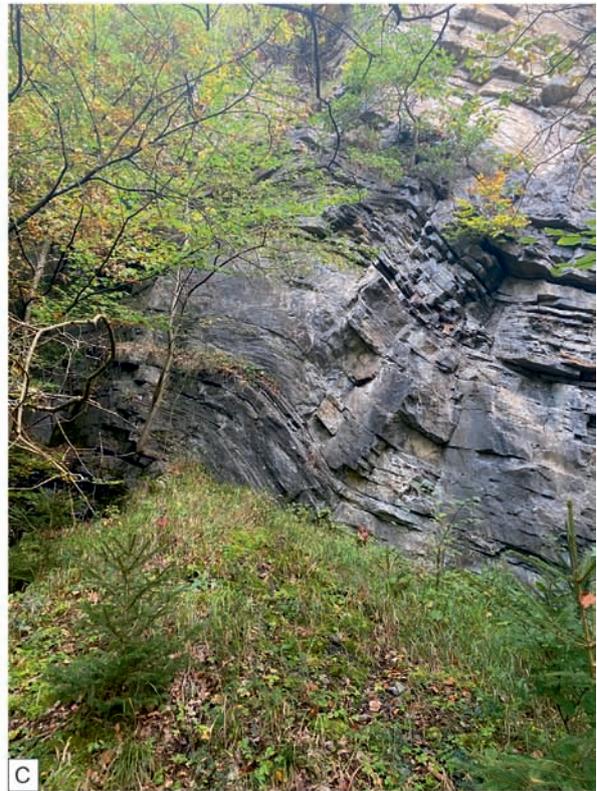
- 50, Vieweg Teubner, Wiesbaden.
- MALMSHEIMER, K.W., MENSINK, H. & STRITZKE, R. (1991): Gesteinsvielfalt im Riffgebiet um Brilon. *Geol. Paläont. Westf.*, 18, 67-83.
- MEISCHNER, K.-D. (1964): Allodapische Kalke, Turbidite in Riff-Nahen Sedimentations-Becken. *Developments in Sedimentology*, 3, 156-191.
- MEISL, S. (1970): Petrologische Studien im Grenzbereich Diagenese – Metamorphose. *Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, 57, 93 S.
- MEYER, K. (1982): Geochemische Untersuchungen an Spiliten, Pikrioten, Quarzkeratophyren und Keratophyren des Rhenohercynikums. Dissertation Universität Göttingen, 120 S.
- NANCE, R.D., GUTIÉRREZ-ALONSO, G., KEPPIE, J.D., LINNEMANN, U., MURPHY, B.J., QUESADA, C., STRACHAN, R.A. & WOODCOCK, N. (2010) Evolution of the Rheic Ocean. *Gondwana Res.*, 17, 194–222.
- NESBOR, H.D. (2004): Paläozoischer Intraplattenvulkanismus im östlichen Rheinischen Schiefergebirge – Magmenentwicklung und zeitlicher Ablauf. *Geol. Jb. Hessen*, 131, 145–182.
- PAECKELMANN, W. (1926): Der Briloner Massenkalksattel, die Devon-Carbonmulde von Nehden und das Oberdevon-Culmgebiet von Rixen, Scharfenberg und Wülffe. *Geol. Jb.*, 47, 19-35.
- PAECKELMANN, W. (1928): Der geologische Bau des Gebietes zwischen Bredelar, Marsberg und Adorf am Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges. *Geol. Jb.*, 49, 370-412.
- PAECKELMANN, W. & KÜHNE, F. (1936): Erläuterungen zu Blatt Madfeld. *Geol. Kt. Preußen und benachbarter dt. Länder*, 1:25000, 4518, 79 S., Berlin.
- RIBBERT, K.H.H., SKUPIN, K., OESTERREICH, B. (2006). Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25000 und Erläuterungen zu Blatt 4518 Madfeld. *Geologischer Dienst NRW*, 192 S., Krefeld.
- ROEMER (1844), *Das Rheinische Uebergangsgebirge : eine palaeontologisch-geognostische Darstellung*. 96 S., Verlag der Hahn'schen Hofbuchhandlung, Hannover.
- SALAMON, M. (2003): Grobklastische Beckensedimente (Olisthostrome) des Oberen Mitteldevons im Lahn-Dill-Gebiet, Zeugen einer aktiven Rift-Tektonik. *Geol. Abh. Hessen*, 111, 209 S., Wiesbaden.
- SCHMINCKE, H.-U. (1988): Devonischer und karbonischer Vulkanismus bei Dillenburg und Herbornseelbach (Exkursion F am 8. April 1988). *Jber. Mitt. oberrhein. Geol. Ver.*, NF. 70, 99–140.
- SCHMINCKE, H.-U. & SUNKEL, G. (1987), Carboniferous submarine volcanism at Herbornseelbach (Lahn-Dill area, Germany). *Geol. Rdsch.*, 76, 709-734.
- SCHULZ, C. (2019): Verflechtung von Vulkanismus und Karbonatsedimentation im Devon am rhenohercynischen Schelfhang: ein charakteristischer Aufschluss am Mittelberg bei Bredelar. 55 S., B.Sc.-Arbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (unveröffentlicht).
- STEIN, R. (1860): Geognostische Beschreibung der Umgebung von Brilon. *Z. dtsh. geol. Ges.*, 12, 208-272.
- STRITZKE, R. (1989): Stratigraphie, Faziesanalyse und Paläogeographie im Oberdevon des Briloner Vorriffgebiets (Ostsauerland). *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 35, 75-106.
- STRITZKE, R. (1991): Zur Geologie am Südrand des Briloner Riffs. *Geol. Paläont. Westf.*, 18, 85-91.

- SUNKEL, G. (1990): Devonischer submariner Vulkanismus im Ostsauerland (Rheinisches Schiefergebirge): Vulkanaufbau, Magmenzusammensetzung und Alteration. Bochumer Geol. Geotech. Arbeiten, 34, 250 S., Bochum.
- WAHBA, Y. (1978): Die Geologie des Briloner Massenkalksattels im östlichen Sauerland. Dissertation TU Clausthal-Zellerfeld, 219 S. Clausthal-Zellerfeld.
- WEDEKIND, R. (1913): Die Goniatitenkalke des unteren Oberdevon von Martenberg bei Adorf. Sammlungsberichte Ges. naturf. Fr. Berlin, 1, 23-77, Berlin.
- WEDEPOHL, K.H., MEYER, K. & MÜCKE, G.K. (1983) Chemical composition and genetic relations of meta-volcanic rocks from the Rhenohercynian Belt of Northwest Germany. In: MARTIN, H. & EDER, F.W. (eds.): Intracontinental Fold Belts - Case studies in the Variscan Belt of Europe and the Damara Belt in Namibia. 231-256, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- WITZMANN, F., DORKA, M. & KORN, D. (2010): A juvenile Early Carboniferous (Viséan) coelacanth from Rösenbeck (Rhenish Mountains, Germany) with derived postcranial characters. Fossil Record 13 (2), 309–316. DOI 10.1002/mmng.201000004.

## Tafeln

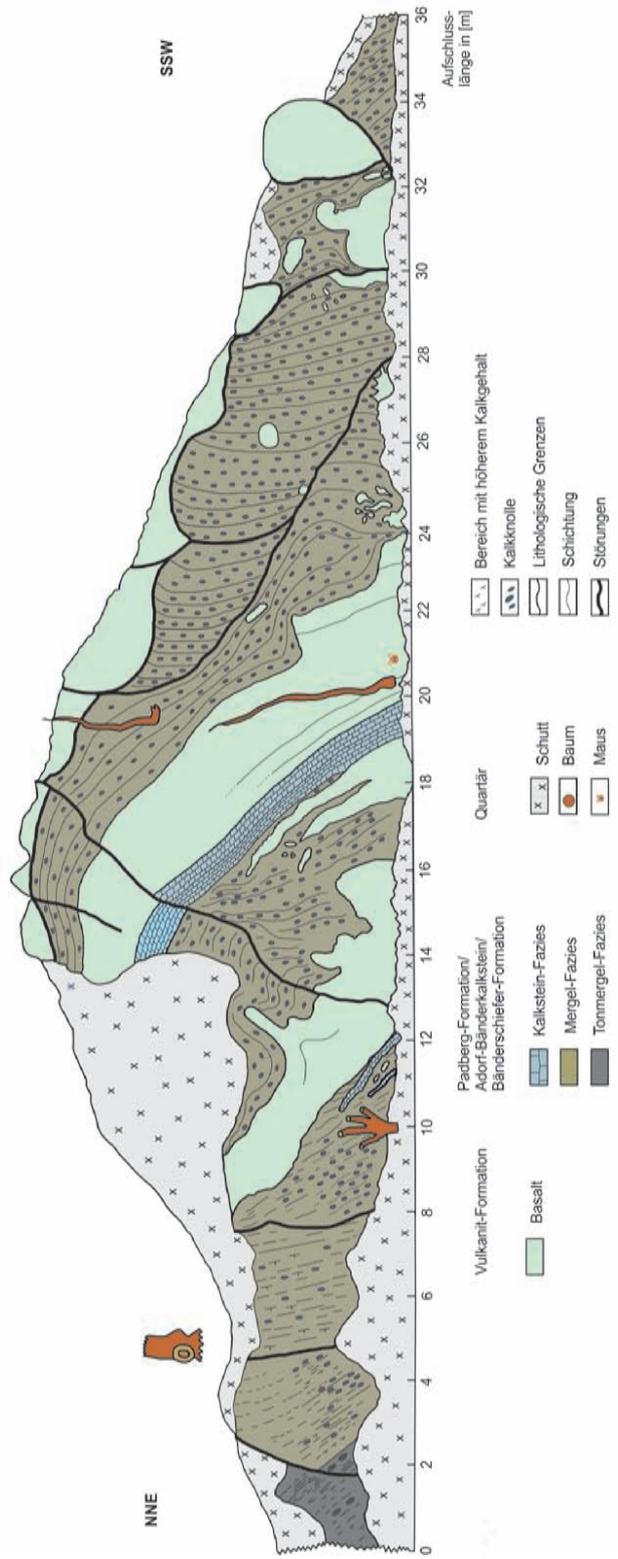
**Tafel 1) Landschaft und Gesteine**

- A) Die bewaldete Mittelgebirgslandschaft im Giershagener Wald bei Giershagen am Bionikpfad. Aufschlüsse sind an Weganschnitten und in Klippen versteckt im Wald zu finden.
- B, C) Aufgelassener Steinbruch nördlich der Diemel am Wanderweg zwischen Padberg und Kluskapelle bei Giershagen. Die Kalksteinfolge der Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert) des Mittel- und Oberdevons besteht aus gebankten Fossilkalksteinen mit Crinoiden und Wechselfolgen von solchen mit Mergeln und Peliten. Im Steinbruch ist eine Flexur der Schichtfolge zu beobachten (Fotos: Anna Wolgast) (vgl. Tafel 5).
- D) Aufschluss am Bionikpfad südlich der Diemel im Giershagener Wald. Die Zahl der Kalksteinbänke ist deutlich reduziert. Vorherrschend sind eng geschieferte Pelite. Eine Schieferungsbrechung ist zu beobachten.
- E) Aufschluss am Bionikpfad südlich der Diemel im Giershagener Wald. Die Schiefer des Nehdens (Oberdevon) sind graugrün und dünnplattig ausgebildet. Kalksteine sind gelegentlich in Knötchenlagen vorhanden. Diskrete Kalksteinbänke fehlen.



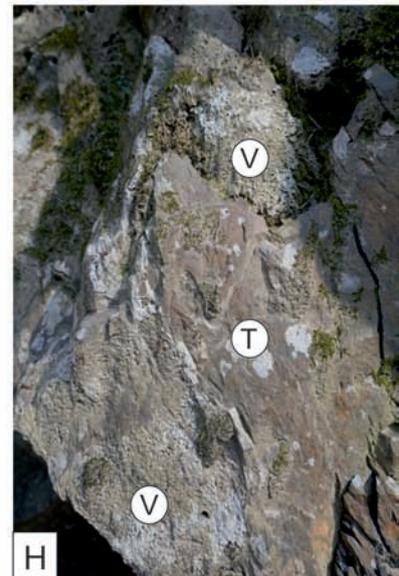
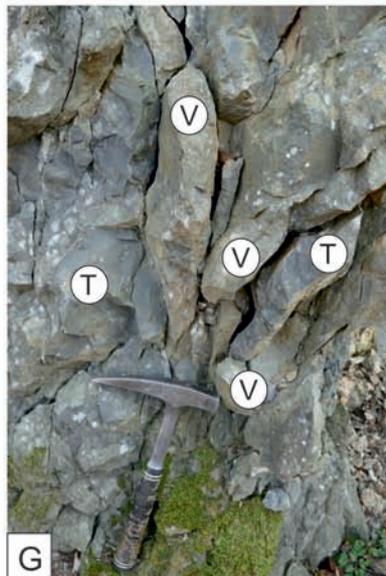
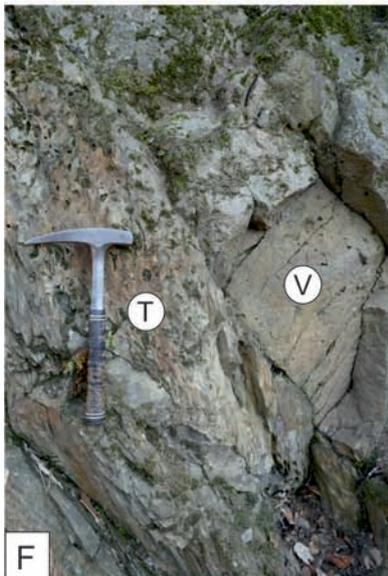
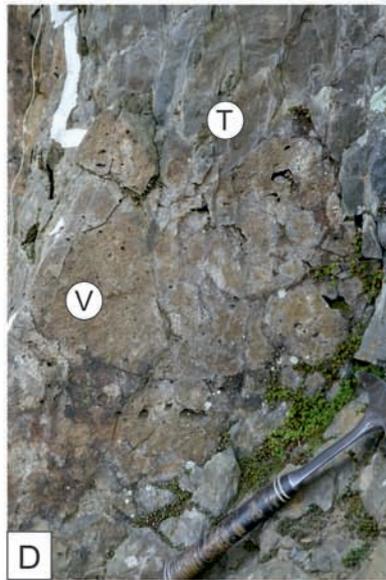
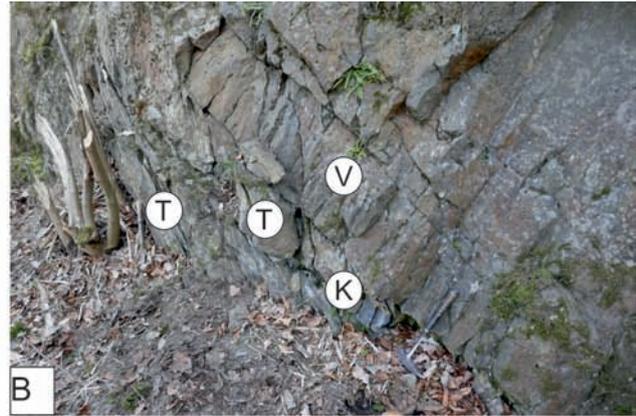
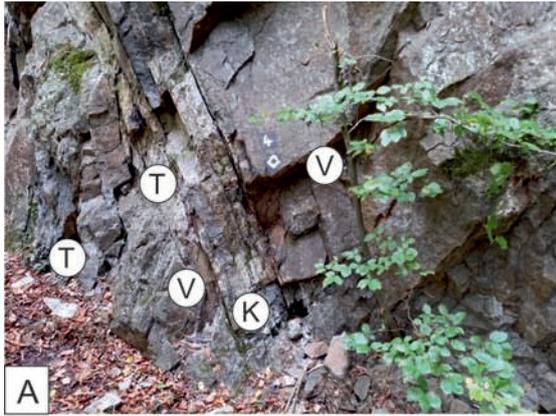
**Tafel 2) Aufschluss am Bionikpfad**

- 1) Übersicht des Aufschlusses am Bionikpfad. Die Darstellung ist verzerrt wiedergegeben, da an einer Wegbiegung gelegen.
- 2) Zeichnerische Darstellung des Aufschlusses mit den wesentlichen Lithologien (Bearbeitet nach CHRISTIN SCHULZ 2019).



**Tafel 3) Aufschluss am Bionikpfad**

- A) Basalthorizont (4 Raute, Wanderroute) südlich (rechts) neben gebankter Kalksteinfohle (K), weiteren ausfingernden Basalten (V) und Tonmergeln mit Kalkknollen (T).
- B) Auskeilende einzelne Kalksteinbank (K) in Tonmergel (T). Angrenzend befindet sich ein Basaltkörper (V).
- C) Basaltischer Pillow mit konzentrischer Anordnung der Blasen Hohlräume.
- D-H) Kissenförmig eingedrückte, zungenförmig ausgebildete oder fetzenartig umrissene Basaltbereiche (V), die von Nebengestein (T) umschlossen werden. Bildbreite H entspricht 25 cm.



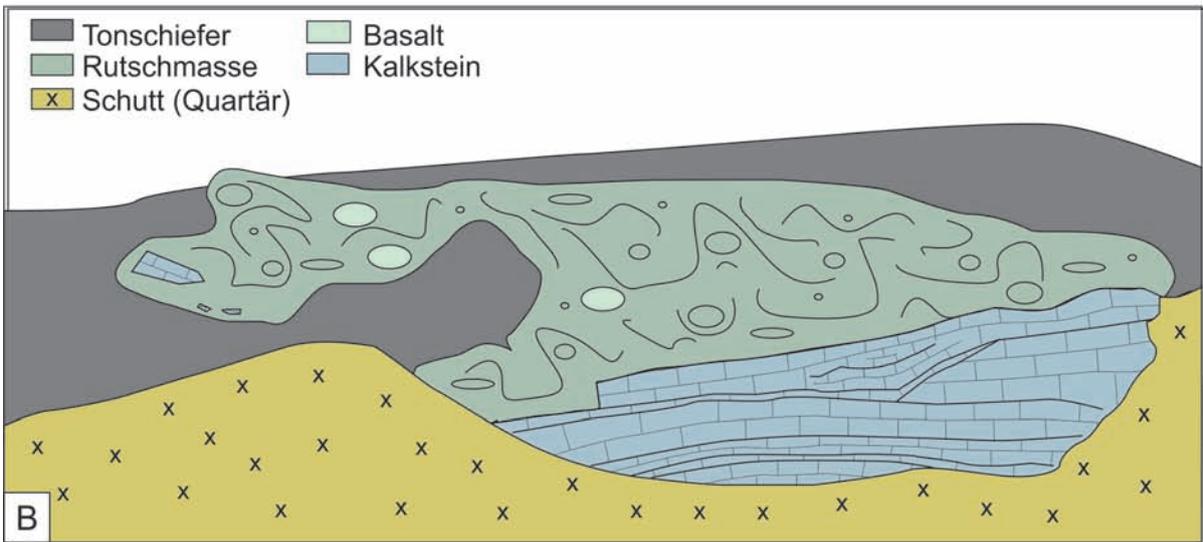
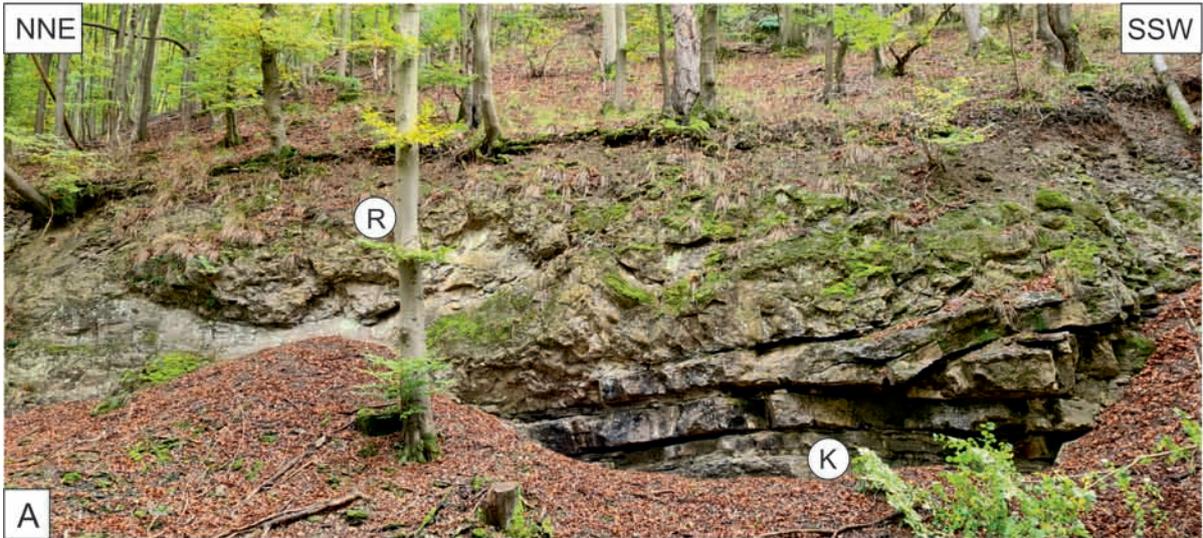
**Tafel 4) Aufschluss Forstweg E Gipfelkreuz**

- 1) Übersicht vom Aufschluss.
- 2) Es sind mehrere Lithologien zu beobachten: Schiefer (S) mit eingeschalteten Kalksteinbänken (K) und eine unregelmäßig mächtige Basaltlage (V).
- 3) Detail zum Kontakt Basalt/Schiefer, der hier scharf ausgebildet ist.



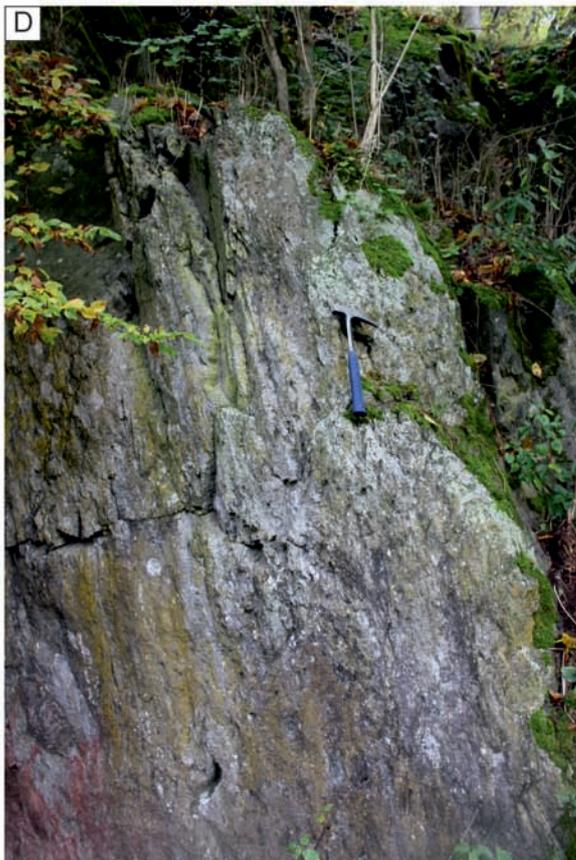
**Tafel 5) Aufschluss im Wald bei der Niedermühle**

- A) Übersicht des aufgelassenen Steinbruchs an der Niedermühle. K=gebankte Kalksteinsequenz, R=devonische Rutschmasse. Bildbreite etwa 23 m.
- B) Auffällig ist die Kalkstein-dominierte Folge der Padberg-Formation/Adorf-Bänderkalkstein/Bänderschiefer-Formation (ungegliedert)-Formation an der Basis des Aufschlusses, die von einer konglomeratischen Rutschmasse, die Basalt und Kalkstein enthält, überdeckt wird (vgl. A und Tafel 1).
- C) Im Liegenden sind im Waldhang Basalte aufgeschlossen, die Erstarrungssäulen aufweisen.
- D) Blick auf die konglomeratische Rutschmasse mit Basaltgeröllen (BG), die ca. 30 cm Länge erreichen können.
- E) Oberhalb des Aufschlusses im Hangenden sind weitere Mandelstein-Basalte (V) erhalten.



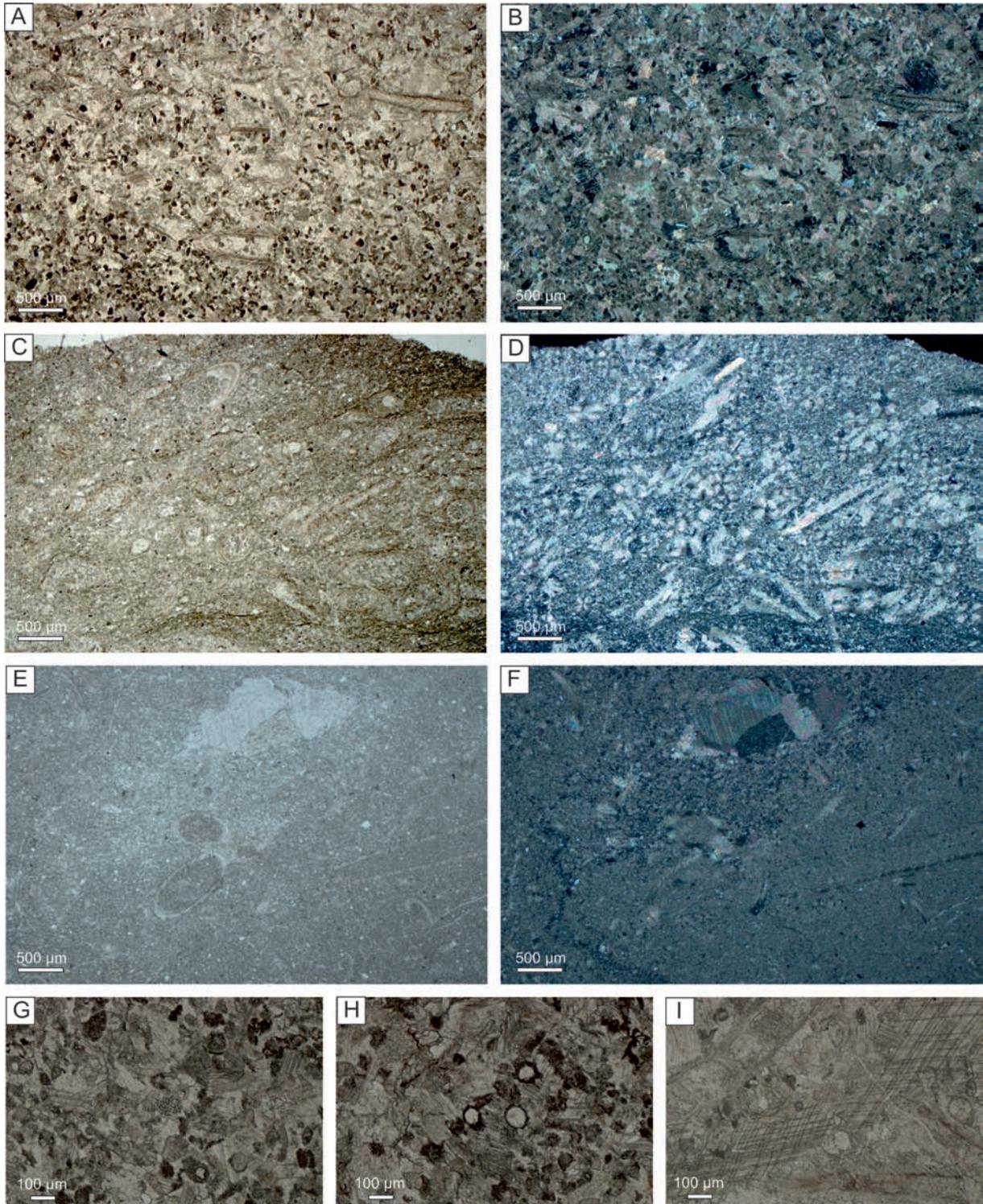
**Tafel 6) Vulkanite**

A-D) Vulkanische Brekzien mit basaltischen und kalkigen Bruchstücken unterschiedlicher Größen. Die Gesteine sind geschiefert. E) Geschichtete Tuffe in Wechsellagerung mit Karbonaten. Bildbreite 13 cm.



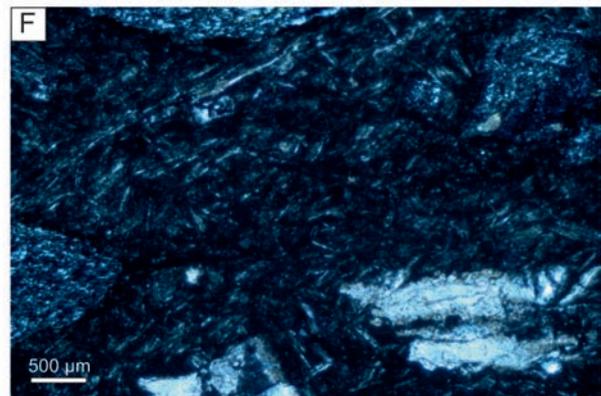
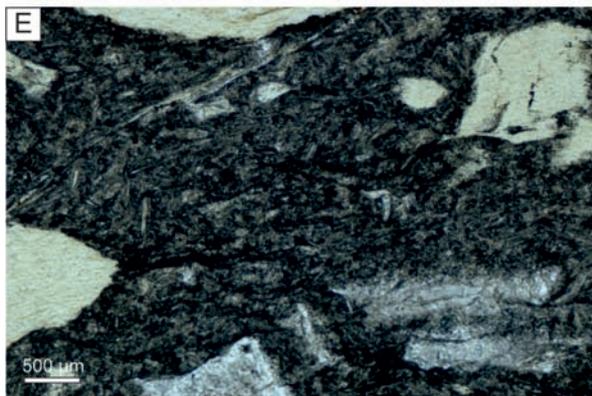
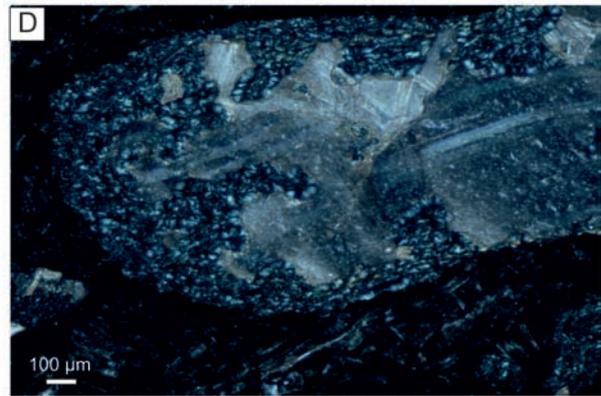
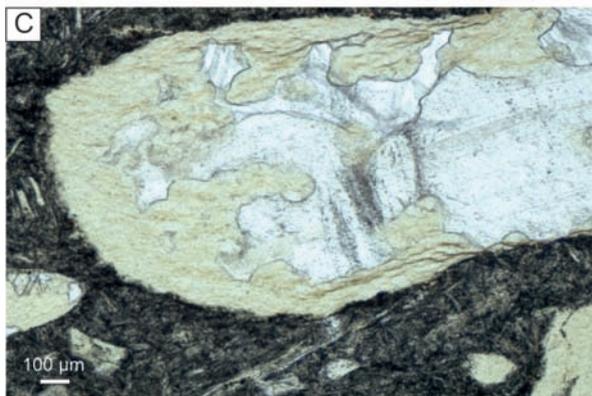
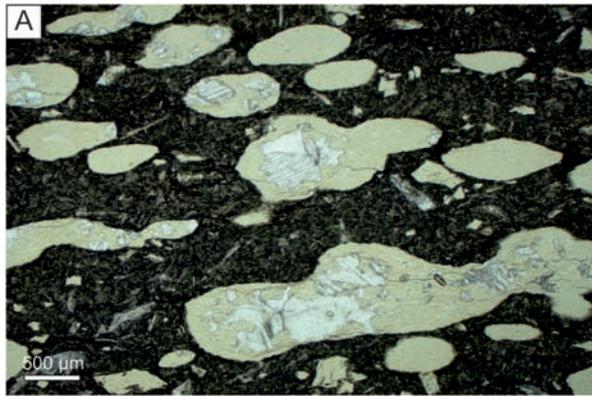
**Tafel 7) Karbonate**

- A, B) Biopelsparit mit Peloiden und Cricoconariden. Daneben sind auch Echinodermen und *Microproblematica* vorhanden. Aufschluss am Bionikpfad. (A einfach polarisiertes Licht =EPL, B gekreuzte Polarisatoren=XPL).
- C, D) Bioturbat durchwühlter, ausgewaschener, silifizierter Biomikrit mit zusammengeschwemmten Ansammlungen von Cricoconariden. Aufschluss am Bionikpfad. (C EPL, D XPL).
- E, F) Ausgewaschener Biomikrit mit Cricoconariden im Längs- und Querschnitt. Aufschluss am Bionikpfad. (E EPL, F XPL).
- G) Echinodermenreste (z.B. Bildzentrum) sind neben Peloiden in diesem Biopelsparit zu beobachten. Aufschluss am Bionikpfad. (EPL).
- H) Im Zentrum des Biopelsparits sind rundliche Anschnitte von *Microproblematica* angeschnitten. Peloiden sind des Weiteren vorhanden. Aufschluss am Bionikpfad. (EPL).
- I) Biosparit mit einem Bryozoenfragment (schräg oben links), das eine charakteristische Kammerung zeigt. Kreisschnitte von Cricoconariden sind zusätzlich vorhanden. Das Gestein ist mit einem calcitischen Zement versehen. Aufschluss am Bionikpfad. (EPL).



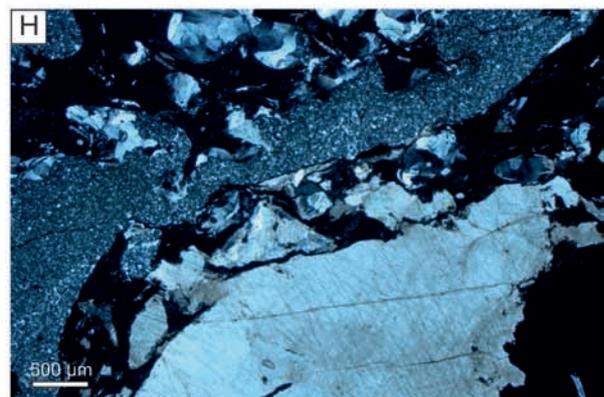
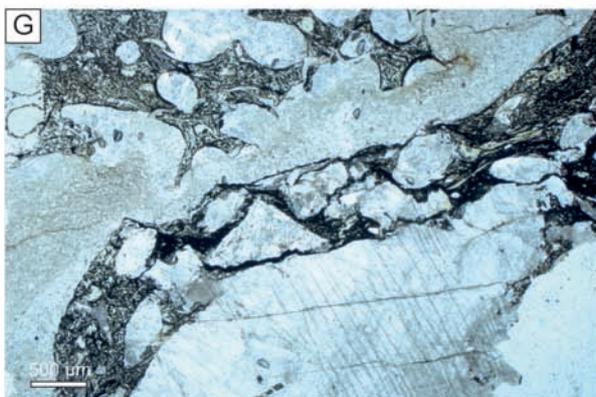
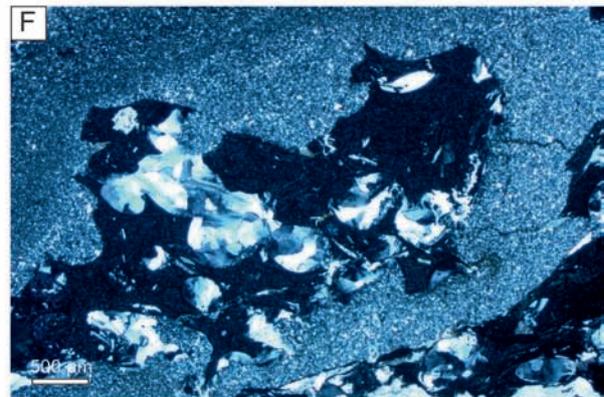
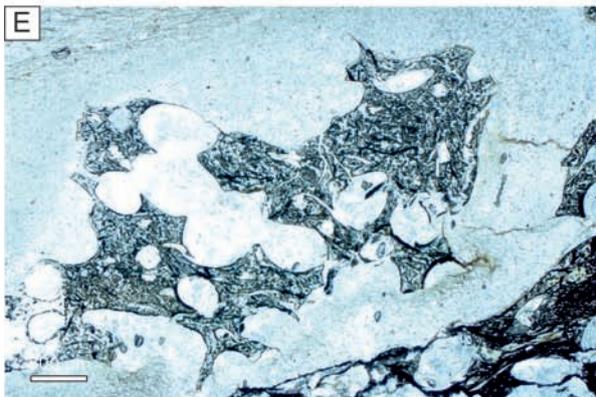
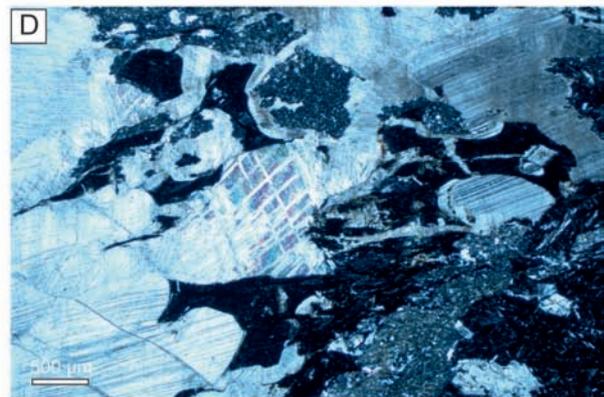
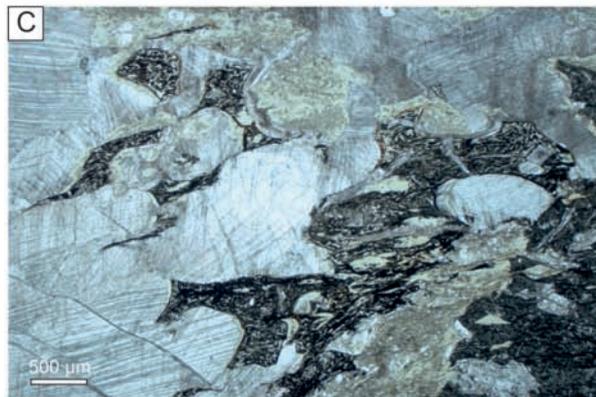
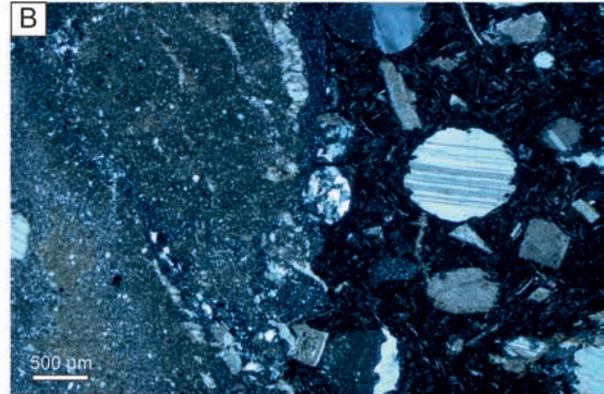
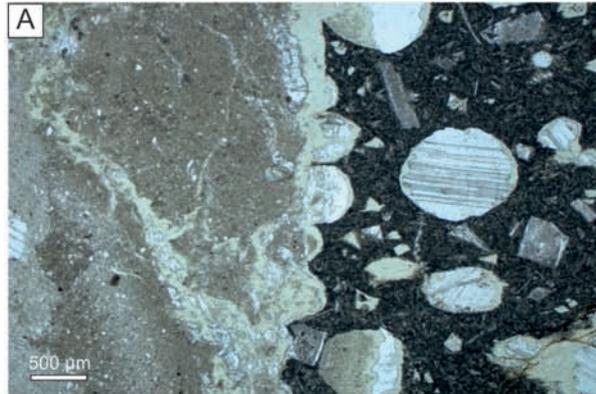
**Tafel 8) Vulkanite**

- A, B) Basalt-Mandelstein mit Schieferungsparallel orientiert angeordneten Blasenhöhlräumen, die mit Chalcedon und Calcit gefüllt sind. Dazwischen befindet sich Basalt mit einem intersertalen Gefüge. Die schmalen Feldspatleisten sind erkennbar. (A EPL, B XPL).
- C, D) Vergrößerung eines mit Chalcedon und Calcit gefüllten Blasenhohlraums. Die Chalcedonfüllung verdrängt den primär ausgefällten Calcit. (C EPL, D XPL).
- E, F) Basalt mit intersertalem Gefüge. (E EPL, F XPL).



**Tafel 9) Kontakte Basalt/Nebengestein**

- A, B) Lobate Front des basaltischen Magmas im Kontakt mit dem ursprünglich karbonatischen Nebengestein. Im Zuge der nachträglichen Chalcedonisierung der calcitischen Hohlräumfüllungen (siehe auch Tafel 8) wurde das Nebengestein im direkt angrenzenden Kontaktbereich nahezu vollständig silifiziert. Im Bild links unten ist ein noch teils Karbonatführender Bereich zu erkennen. Im Bild rechts zeigen sich eckige, karbonatische Xenolithe (A EPL, B XPL).
- C, D) Lobate Kontaktfront des basaltischen Magmas zu karbonatischem Nebengestein. In diesem Bereich ist deutlich weniger Silifizierung zu beobachten. Eine Einregelung der Minerale ist in C sehr gut zu erkennen. (C EPL, D XPL).
- E, F) Basaltische Enklave in inzwischen vollständig silifiziertem Nebengestein. Deutlich erkennbar der Unterschied von großkristalliner, ehemaliger calcitischer, nun Chalcedon-Hohlräumfüllung. Im Gegensatz dazu fallen die sehr kleinen Mineralgrößen von Quarz im Nebengestein auf. Die Bereiche innerhalb des Einschlusses zeigen ein unregelmäßiges Fließgefüge. (E EPL, F XPL).
- G, H) Bildausschnitt etwas unterhalb von E und F positioniert. Durch eindringendes Magma geöffneter Gang mit karbonatischen Bruchstücken. In dem mittleren Bereich des Ganges zeigen sich zwischen den Bruchstücken kaum Minerale, was auf eine Glasbildung durch Abschreckung hinweist. Weiter nach links unten (gut sichtbar in G) steigt der Anteil von Kristallen (G EPL, H XPL).











# Untersuchungen zur Pollen- und Sporenflora des Bitterfelder Bernsteins - Erste Ergebnisse

INGA ENDTMANN<sup>1)</sup>, ELISABETH ENDTMANN<sup>2)</sup> & IVO RAPPSILBER<sup>2)</sup>

Adressen: <sup>1)</sup> Wegscheiderstr. 6, 06110 Halle (i.endtmann@freenet.de);

<sup>2)</sup> Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 28, 06118 Halle (Elisabeth-Barbara.Endtmann@sachsen-anhalt.de, Ivo.Rappsilber@sachsen-anhalt.de)

**Schlüsselwörter:** Bitterfelder Bernstein, Pollen in Bernstein, Eozän, *Nyssa*

**Keywords:** Bitterfeld amber, pollen in amber, Eocene, *Nyssa*

## Zusammenfassung

Vorgestellt werden erste Ergebnisse palynologischer Untersuchungen an Bitterfelder Bernstein. Anhand von mindestens 18 Pollen- und Sporentypen „Höherer Pflanzen“ wird eine Rekonstruktion der Umweltbedingungen im Bernsteinwald vorgenommen. Erstmals konnte *Nyssa* (Tupelobaum) für den Bitterfelder Bernsteinwald nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung der stratigraphischen Reichweite einzelner Pollen- und Sporentypen wird versucht, das Bildungsalter der Bernsteine abzuleiten. Vermutlich datieren sie in das Bartonium bis Priabonium (SPP 17 bis SPP 18, ca. 41,3-33,9 Ma).

## Abstract

First results of palynological investigations on Bitterfeld amber are presented. A reconstruction of the environmental conditions in the amber forest is carried out on the basis of at least 18 types of pollen and spores of "Higher plants". For the first time, *Nyssa* (Tupelo) could be detected as a species of Bitterfeld amber forest. Taking into account the stratigraphic range of individual pollen and spore types, an attempt is made to derive the age at which amber was formed. Bitterfeld amber presumably date from Bartonian to Priabonian (SPP 17 to SPP 18, ca. 41,3-33,9 Ma).

## 1. Einleitung

Bitterfelder Bernstein (Sächsischer Bernstein) wurde von 1975 bis 1993 im Braunkohletagebau „Goitsche“ bei Bitterfeld bergmännisch gefördert. Während der Rekultivierung des Tagebaus wurde das Restloch geflutet und der Abbau von Bernstein eingestellt. Nach jahrzehntelanger Pause wird seit 2014 im neu entstandenen Gewässer „Großer Goitzschensee“ mit Hilfe eines Saugbaggers erneut Bernstein gefördert. Dabei stellt die Goitzsche Bernstein GmbH wissenschaftlich bedeutsames Material für neue Bearbeitungen zur Verfügung (RAPPSILBER & WENDEL 2019). Das wissenschaftliche Interesse bezieht sich derzeit einerseits auf seltene Bernsteinarten (vgl. FUHRMANN 2010). Andererseits ist der Bitterfelder Bernstein für seinen Inkluden-Reichtum bekannt. Bei den Einschlüssen dominieren Insekten und Spinnentiere. Nur ca. 2,5-5 % aller Inkluden sind größere pflanzliche Reste (HOFFEINS & HOFFEINS 2003, RAPPSILBER 2016). Es kommen selten Pilze, Moose und Flechten, wenig häufiger Holz-, Blatt- und Blütenreste „Höherer Pflanzen“ vor (z.B. SCHMIDT et al. 2013, KAASALAINEN et al. 2015, RAPPSILBER 2016). Da die Ausbreitung von Pollenkörnern durch den Wind gegenüber der Verbreitung durch tierische Bestäuber überwiegt, sollten männliche Keimzellen „Höherer Pflanzen“ auch in sog. äußeren Bernsteinformen (z.B. Schrauben, Stalaktiten) erhalten und in großer Anzahl nachweisbar sein. Dennoch wird nur gelegentlich über ihre Konservierung in Bernstein berichtet (z.B. KIESEL et al. 1980, HALBWACHS et al. 2021). Im Rahmen einer Projektarbeit des Wettbewerbs „Jugend forscht“ wurden nun pollenanalytische Untersuchungen an Bitterfelder Bernstein durchgeführt (ENDTMANN 2021). Schwerpunkt der Arbeit, welche durch das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt in Halle/S. fachlich betreut wurde, war zunächst die Extraktion der Palynomorphen aus Succinit sowie deren Bestimmung. Daraus ergaben sich Hinweise zur Artenzusammensetzung des Bitterfelder Bernsteinwaldes. Da die Bitterfelder Bernstein-Lagerstätte eine Sekundär-Lagerstätte darstellt, kann aus dem Alter der Sedimente, in denen der Bernstein lagert, nicht unmittelbar auf das Bildungsalter geschlossen werden. Vielmehr muss von einem höheren Bildungsalter ausgegangen werden. Unter

Nutzung der Angaben zur stratigraphischen Reichweite charakteristischer Pollen- und Sporentypen wurde daher versucht, das Bildungsalter des Bitterfelder Bernsteins zeitlich zu fixieren.

## 2. Methodik

KIESEL et al. (1980) versuchten bereits Pollen durch Auflösen von Succinit zu extrahieren. Dabei wurden verschiedene, laborativ anspruchsvolle Methoden mit eher geringem Erfolg angewandt. HALBWACHS (2019) legte eine gut handhabbare Methodik vor. Bei den hier vorgestellten Untersuchungen wurde im Wesentlichen gemäß der dortigen Anleitung vorgegangen. Ausgewählt wurden drei Schrauben-Bernsteine mit Sternhaaren und/oder Holzmulm. Bei diesen Formen war von einem äolischen Eintrag von Pollen und Sporen auszugehen. Weiterhin wurde ein Stück Brack, auf den Boden getropft Harz, ausgewählt. Jeder Bernstein wurde einzeln untersucht. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass in sekundärer Lagerstätte unterschiedlich alte Bernsteine gemeinsam abgelagert sein können. Mit der Untersuchung von Einzelstücken kann bestenfalls jedem Bernstein ein eigenes Bildungsalter zugewiesen werden. Zur weiteren Charakterisierung der Bernsteine wurde ihr Dichtebereich durch Beobachtung des Aufsteigens, Schwebens bzw. Absinkens der Bernsteine in Salzlösungen definierter Dichte bestimmt (Tab. 1; zur Methodik vgl. ENDTMANN 2017). Die Dichte der Salzlösungen wurde mit einer Spindel (Dichtebereich 1,01-1,12 g/cm<sup>3</sup>) bei Raumtemperatur (20 °C) eingestellt. Sie unterschied sich um jeweils 0,005 g/cm<sup>3</sup>. Zur Vermeidung von Verunreinigungen durch anhaftendes Sediment bzw. rezente Pollen und Sporen wurden geschliffene und polierte Bernsteine verwendet. Vorab erfolgte zusätzlich eine Säuberung mit Wasserstoffperoxid (30 %). Die anschließende mechanische Zerkleinerung führte zu Korngrößen von 0,5-2,5 mm. Jeweils ca. 1 g Bernsteingranulat wurden dann mit 25 ml Tetrahydrofuran bzw. 25 ml Nitroverdünnung versetzt und für 24 h geschüttelt. Größere ungelöste Bernsteinpartikel wurden mit einem Sieb (Maschenweite 125 µm) abgetrennt und einer erneuten Lösemittelbehandlung unterzogen. Anschließendes Zentrifugieren ergab ein Pellet. Dieses wurde mit wenig Lösungsmittel dünn auf Objektträger aufgetropft. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels erfolgte die Einbettung mit Glyceringelatine und die Abdeckung der Präparate. Für mikroskopische Untersuchungen stand ein Durchlichtmikroskop (Olympus CX 41) mit 400- bis 600-facher Vergrößerung zur Verfügung. Für die Fotodokumentation wurde das Programm CellSens Standard verwendet. Die Fotos entstanden bei einer einheitlichen 400-fachen Vergrößerung im Naturkundemuseum Mauritium Altenburg.

Die Bestimmung gefundener Pollen- und Sporentypen richtete sich nach Literaturangaben (u.a. KRUTZSCH 1970; KRUTZSCH & VANHOORNE 1977; THIELE-PFEIFFER 1988; NICKEL 1996; ZIEMBIŃSKA-TWORDZYDŁO et al. 1994; LENZ 2000; STUHLIK 2001, 2002, 2009 und 2014; HALBWACHS et al. 2021).

Tab. 1: Charakterisierung der untersuchten Bernsteine.

Nr.	Beschreibung	Dichtebereich (g/cm <sup>3</sup> )	Aussehen
B1	Schlaube mit Sternhaaren	1,060-1,065	klar, gelb
B2	Schlaube (Rest von Dickschliff)	1,060-1,065	klar, gelb
B3	Brack	1,035-1,040	undurchsichtig, dunkel
B4	Schlaube mit Bodenmulm und Holzresten	1,080-1,085	klar, rötlich

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Das Bernstein-Granulat löste sich sowohl in Tetrahydrofuran als auch in Nitroverdünnung. Beide Lösungsmittel erreichten keine vollständige Auflösung der Bernsteinpartikel. Obwohl sich der Bernstein in Tetrahydrofuran besser auflöste, konnte das von HALBWACHS (2019) beschriebene sehr gute Lösungsverhalten nicht bestätigt werden. In allen Bernsteinen wurden Palynomorphe nachgewiesen. Beim Brack erschwerten unzählige Holzpartikel die Suche nach eingeschlossenen Pollen und Sporen.

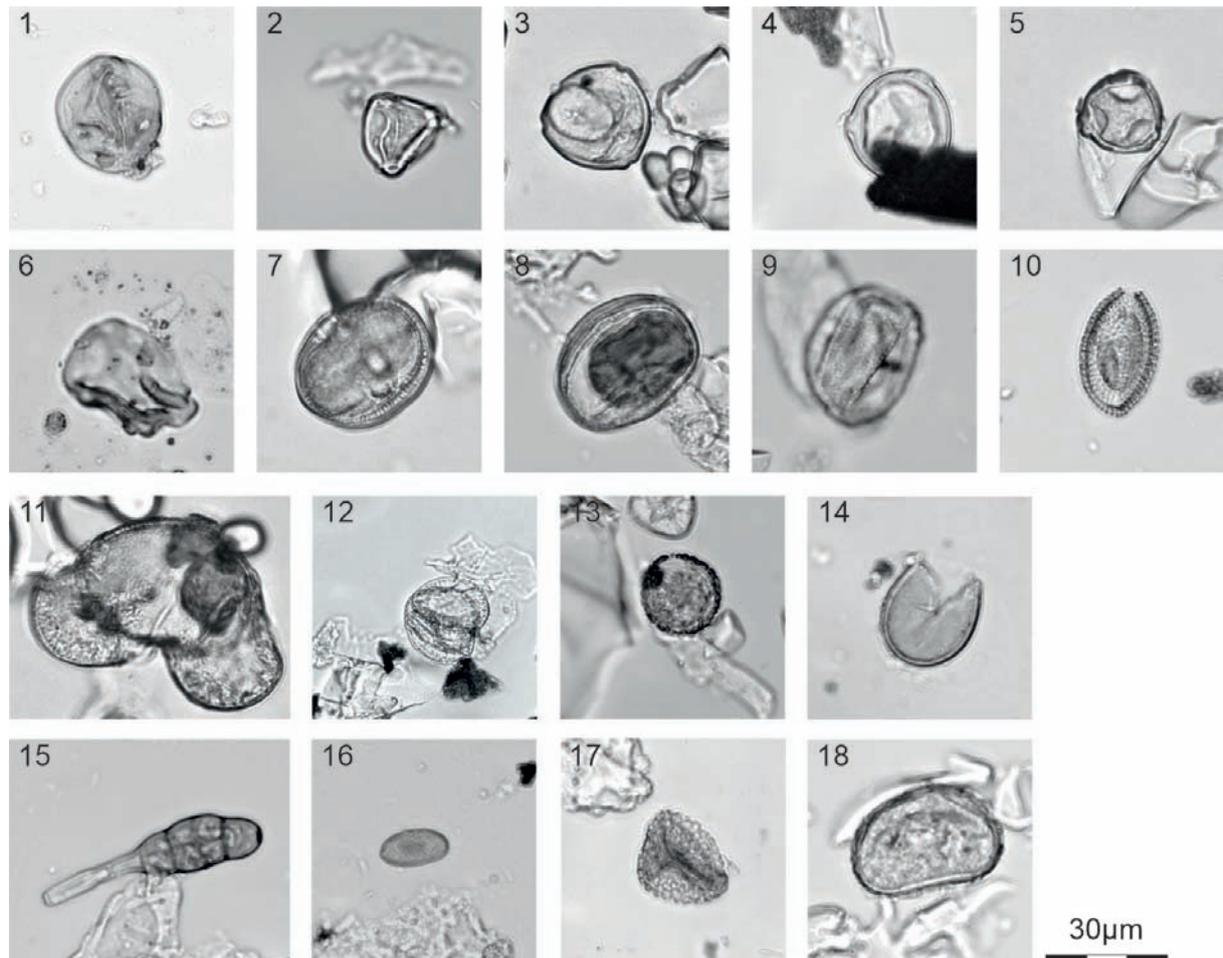


Abb. 1: Auswahl der in Bitterfelder Bernstein nachgewiesenen Pollen und Sporen:

- 1 – *Graminidites* (Bernstein B4, ca. 30  $\mu\text{m}$ ),
- 2 – cf *Interpollis microsullingensis* (Bernstein B4, ca. 20-25  $\mu\text{m}$ ),
- 3 – cf *Triporopollenites robustus* (Bernstein B1, ca. 25  $\mu\text{m}$ ),
- 4 – cf *Triporopollenites robustus* (Bernstein B4, ca. 30-35  $\mu\text{m}$ ),
- 5 – cf *Labrapollis labraferus* (Bernstein B1, ca. 20  $\mu\text{m}$ ),
- 6 – Alnoider Typ (Bernstein B1, ca. 30-35  $\mu\text{m}$ ),
- 7 – *Nyssapollenites* (Bernstein B1, ca. 40  $\mu\text{m}$ ),
- 8 – cf *Nyssapollenites*, mit Zellinhalt (Bernstein B2, ca. 40  $\mu\text{m}$ ),
- 9 – *Quercoidites* (Bernstein B1, ca. 40  $\mu\text{m}$ ),
- 10 – unbekannte Form (Bernstein B4, ca. 40  $\mu\text{m}$ ),
- 11 – *Pinuspollenites* (Bernstein B1, ca. 60  $\mu\text{m}$ ),
- 12 – *Pinuspollenites* (Bernstein B4, ca. 30  $\mu\text{m}$ ),
- 13 – cf *Sciadopityspollenites* (Bernstein B1, ca. 20  $\mu\text{m}$ ),
- 14 – *Inaperturipollenitis* (Bernstein B1, ca. 20  $\mu\text{m}$ ),
- 15 – cf *Alternaria* (Bernstein B3, ca. 35  $\mu\text{m}$ ),
- 16 – unbekannte Pilzspore (Bernstein B1, ca. 18  $\mu\text{m}$ ),
- 17 – unbekannte trilete Spore (Bernstein B4, ca. 25  $\mu\text{m}$ ),
- 18 – cf *Laevigatosporites* (Bernstein B4, ca. 35-40  $\mu\text{m}$ ).

Von den Bernsteinen B1 und B4 wurden mehr Präparate angefertigt als von den Bernsteinen B2 und B3. Damit liegen für die erstgenannten Bernsteine auch mehr Funde von Pollen und Sporen vor.

Bei der Untersuchung von insgesamt 19 Präparaten wurden 54 Pollen und Sporen „Höherer Pflanzen“ sowie zahlreiche Pilzsporen beobachtet. Es wurden zwei Sporentypen von Pilzen, drei Sporentypen von Sporenpflanzen sowie mindestens 16 Pollentypen von Samenpflanzen unterschieden (vgl. Tab. 2). Eine Auswahl nachgewiesener Palynomorphen zeigt Abb. 1. Hinsichtlich der Determination bestehen derzeit noch einige methodische Unsicherheiten, da diagnostisch wichtige Merkmale nicht immer vollständig erkennbar sind. Einerseits lassen sich die extrahierten Pollen- und Sporen nicht mittels nachgeschalteter Acetolyse mit Essigsäureanhydrid und konzentrierter Schwefelsäure (vgl. BEUG 1957) anfärben. Andererseits behindern Bernsteinscherben die Beobachtung. Wenige Pollen enthielten organisches Zellmaterial (vgl. Abb. 1). Diese Besonderheit wurde bereits für Pollen in Baltischem Bernstein und Bernstein aus dem Pariser Becken beschrieben (DEJAX et al. 2001).

Im Folgenden soll insbesondere auf Pollenfunde der Samenpflanzen eingegangen werden. Der Nachweis von *Pinuspollenites* (Kiefer), *Sciadopityspollenites* (Schirmtanne), *Inaperturipollenites* (Taxodiaceae, Sumpfympressengewächse) steht im Einklang mit Funden von größeren Bitterfelder Pflanzeninklusionen von Nadelgehölzen (vgl. RAPPSILBER 2016, RAPPSILBER & WENDEL 2019) bzw. pollenanalytischen Untersuchungen (KIESEL et al. 1980, HALBWACHS et al. 2021). So wurde beispielsweise *Sciadopitys* durch holzanatomische Untersuchungen bereits als Harzlieferant für Bitterfelder Succinit erkannt (*Sciadopityoxylon wettsteinii* Jurasky, DOLEZYCH 2019). Pollenanalytisch wurde diese Gattung im Bitterfelder Bernstein zuvor noch nicht nachgewiesen. Das Formenspektrum der Bedecktsamer ist reichhaltiger als das der Nadelhölzer. *Ilexpollenites* (Stechpalme), *Ericipites* (Heidekrautgewächse) sowie betuloiden und alnoiden Typen (Birkengewächse) sind für den Bitterfelder Bernstein bereits durch andere Autoren belegt (vgl. Angaben in RAPPSILBER 2016, HALBWACHS et al. 2021). Da im Bitterfelder Bernstein Sternhaare von Buchengewächsen (meist Eichen) zahlreich vorkommen, ist der Nachweis von *Quercoidites* nicht verwunderlich (pollenanalytischer Nachweis auch von HALBWACHS et al. 2021). Dagegen stellt der Fund von *Nyssapollenites* (Tupelobaum) für den Bitterfelder Bernstein einen Erstnachweis dar! Dass dieser erst jetzt gelang, ist insofern erstaunlich, da *Nyssa* in den Tertiärwäldern Mitteldeutschlands eine häufige Art war. Nach Angaben von MAI (1976) zählen Steinkerne von *Nyssa* vom Untereozän bis zum Pliozän zu den am besten bekannten und häufigsten Fossilien. KRUTZSCH (1976) beschreibt gleichfalls Massenvorkommen von *Nyssa*-Pollen und begründet diese mit dem Vorherrschen bestimmter Faziesbedingungen. So stocken die heute noch in Südostasien, Nord- und Mittelamerika vorkommenden sieben Arten der Gattung *Nyssa* auf sumpfigen bis feuchten Standorten (MAI 1976). Für Baltischen Bernstein erbrachten TARASEVICH & ALEKSEEV (2017) den pollenanalytischen Erstnachweis für *Nyssa*.

Das gefundene Pollenspektrum zeigt deutlich den auch von KIESEL et al. (1980) beschriebenen Mischwaldcharakter des Bitterfelder Bernsteinwaldes. Bei den Laubhölzern gab es sowohl sommergrüne (z.B. Birkengewächse; *Nyssa* – Tupelobaum) als auch immergrüne Arten (z.B. Heidekrautgewächse; *Ilex* – Stechpalme). Die Nachweise alnoider Pollen und Pollen von *Nyssa* deuten zusätzlich auf das Vorhandensein feuchter bis sumpfiger Bereiche bzw. möglicherweise sogar offener Gewässerflächen. Die von KIESEL et al. (1980) beschriebenen Süßwasserplankton-Formen bestätigen diese Annahme. In der Krautschicht traten Farne auf. Von großer Bedeutung sind die Funde von *Graminidites*. Sie unterstützen die Abkehr von Vorstellungen über einen geschlossenen, dunklen Bernsteinwald (vgl. Angaben in SADOWSKI et al. 2016 für Baltischen Bernstein). *Graminidites*-Pollen verweisen vielmehr auf die (zumindest bereichsweise) Existenz stärker lichtdurchfluteter Bereiche in der Vegetation. Eine Zuordnung der gefundenen Taxa zu geofloristischen Elementen liegt mit Tab. 3 vor. Die meisten Taxa gelten als Vertreter der arktotertiären Florengruppe mit einem warm-temperatem Schwerpunkt. Paläotropische Elemente werden als Relikte eozäner Klimagunst gewertet.

#### 4. Zeitliche Einstufung der Bernsteinbildung

Aufgrund des erst- bzw. letztmaligen sowie massenhaften Vorkommens bestimmter Pollen- und Sporentypen (sog. Leitformen) können für tertiäre Bildungen des Festlandes Altersabschätzungen vorgenommen werden. Für das mitteldeutsche Tertiär schufen LOTSCH (1969) und KRUTZSCH (z. B. 1970, 1976, 2011b) mit ihren umfassenden Analysen von Braunkohlen und deren Begleitsedimenten

Tab. 2: Beobachtete Pollen- und Sporentypen (ohne unbekannte Formen), B1-B4: Bernstein, in dem der Nachweis erfolgte.

Pilze	Sporenpflanzen (Farne/Bärlappe/Moosfarne)	Nacktsamer (Nadelhölzer)	Bedecktsamer (Laubhölzer & Krautpflanzen)
cf <i>Alternaria</i> (Schimmelpilze, Schwärzepilze) B1, B2, B3, B4	cf <i>Verrucatosporites/Polypodiidites</i> (Tüpfelfarngewächse) B1	<i>Pinuspollenites</i> (Kiefer; Kieferngewächse) B1, B4	<i>Nyssapollenites</i> (Tupelobaum, Hartriegelgewächse) B1, B2
	cf <i>Laevigatosporites</i> B4	<i>Inaperturipollenitis</i> (Sumpfyypressengewächse) B1	Alnoider Typ (Erlenartige, Birkengewächse) B1, B4
		cf <i>Sciadopityspollenites</i> (Schirmtanne, Schirmtannengewächse) B1	<i>Quercoidites</i> (Eichenartige, Buchengewächse) B1, B4
			<i>Graminidites</i> (Gräserartige, Süßgräser) B4
			cf Betuloider Typ (Birkenartige, Birkengewächse) B3
			cf <i>Interpollis microsupplingensis</i> (Pflanzenfamilie unbekannt) B4
			cf <i>Triporopollenites robustus</i> (Birkengewächse?) B1, B4
			cf <i>Labrapollis labraferus</i> (Weiderichgewächse?) B1
			cf <i>Trigonobalanus</i> (Buchengewächse) B4
			cf <i>Ilexpollenites</i> (Stechpalme, Stechpalmengewächse) B1
			cf <i>Ericipites</i> (Heidekrautgewächse) B1
			cf <i>Nupharipollenites</i> (Teichrosenartige, Seerosengewächse) B1
			(cf <i>Symplocospollenites anulus/rotundus</i> -Gruppe) B4

Tab. 3: Zuordnung nachgewiesener Taxa zu Florenggruppen (nach ZIEMBIŃSKA-TWORDZYDŁO et al. 1994), A – Arktotertiäre Elemente, A1: warm-temperat; P – Palaeotropische Elemente, P2: subtropisch.

Taxon	Geofloristisches Element
<i>Graminidites</i>	A
cf <i>Ericipites</i>	
<i>Pinuspollenites</i>	A1
cf <i>Sciadopityspollenites</i>	
<i>Inaperturipollenites</i>	
<i>Nyssapollenites</i>	
Alnoider Typ	
cf Betuloider Typ	
<i>Quercoidites</i>	A/P
cf <i>Labrapollis labraferus</i>	P
cf <i>Ilexpollenites</i>	P2

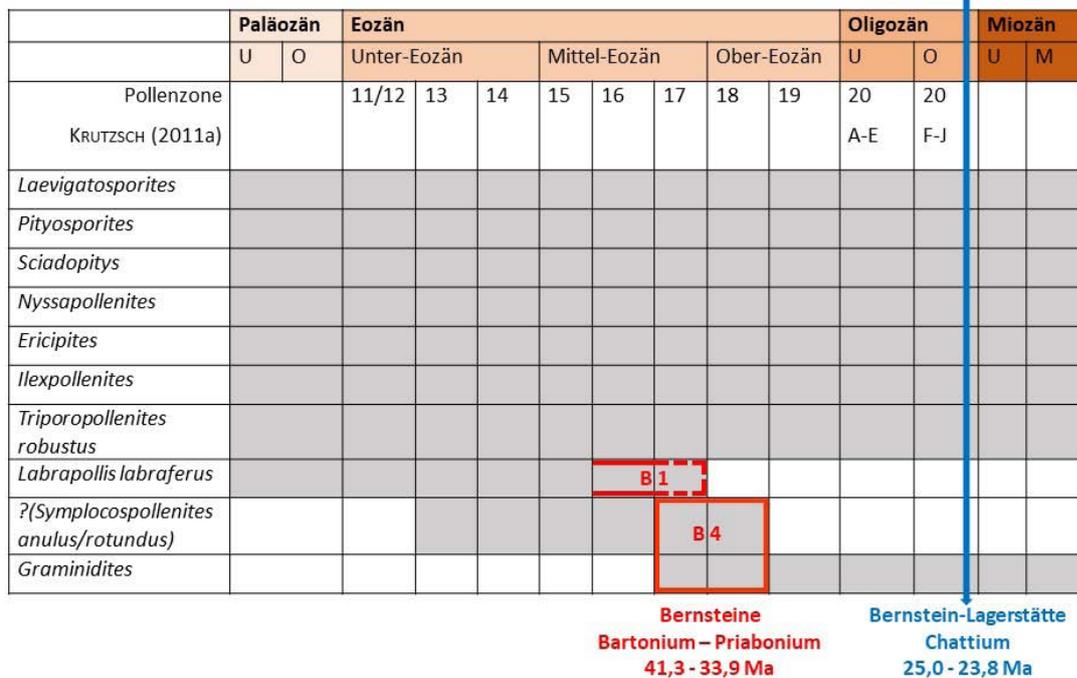


Abb. 2: Vorläufige Alterseinstufung der Bernsteine (B1, B4) aus der Bitterfelder Bernsteinlagerstätte (Angaben zur stratigraphischen Reichweite nach LOTSCH 1969, KRUTZSCH 1970 und PFEIFFER 2018; Altersangabe zur Bitterfelder Bernstein-Lagerstätte nach BLUMENSTENGEL & VOLLAND 1999; Zonierung in SPP nach KRUTZSCH 2011a).

die Voraussetzungen einer solchen relativen Datierung. Mit Hilfe palynologischer Untersuchungen datieren BLUMENSTENGEL & VOLLAND (1999) den Bernsteinschluff in das Neochattium (ca. 25,0-23,8 Ma; Sporen/Pollen-Zone SPN II, zur Bezeichnung der Sporenzonen vgl. KRUTZSCH 2011a). Da sich der Bernstein dort jedoch in sekundärer Lagerstätte befindet, kann nicht direkt auf sein Bildungsalter geschlossen werden. Es muss von einem höherem Bildungsalter ausgegangen werden. Den im Bernstein eingeschlossenen Pollen und Sporen kommt daher bei der Datierung eine große Bedeutung zu.

Bei den hier vorgelegten Untersuchungen zeigt sich, dass die eindeutig determinierten Pollentypen nicht als Leitformen fungieren. So sind *Ericipitis* und *Pinuspollenites* in Europa bereits seit der Kreidezeit nachweisbar. Im Eozän bildeten Kiefern einen wichtigen Bestandteil der Kiefern-Palmen-Lorbeer-Wälder, z.B. im Geiseltal (Sporen/Pollen-Zone Paläogen SPP 15). Das Vorkommen von *Nyssapollenites* erstreckt sich in Europa vom Paläozän bis in das Oberpliozän (alle Angaben nach MAI 1995). Damit gelten die erwähnten Pollentypen für den möglichen Bildungszeitraum als sog. Durchläufer. Sie erlauben keine zeitliche Einstufung. Bei Einbeziehung unsicher bestimmter Pollen entstehen dann auch gewisse Unsicherheiten bei der Altersstellung der Bernsteine. Nach KRUTZSCH (1976) gehört *Labrapollis labraferus* zu einer der regelmäßigsten Formen im Alttertiär. LOTSCH (1969) beschreibt in Ablagerungen des Bartonium bis SPP 16 ein regelmäßiges und für SPP 17 ein selteneres Auftreten dieses Pollentyps. Ab SPP 17/18 fehlt der Pollentyp. Der Nachweis von cf *Labrapollis labraferus* in Bernstein B1 deutet daher auf Harzfluss (Bernsteinentstehung) bis maximal im ausgehenden Bartonium (SPP 17, bis ca. 37,5 Ma, Altersangabe gemäß Deutsche Stratigraphische Kommission 2016, vgl. Abb 2), wobei ein älteres Bildungsalter wahrscheinlich ist. Das gemeinsame Vorkommen von Pollen von *Graminiditis* und cf *Symplocospollenites anulus/rotundus* in Bernstein B4 könnte möglicherweise auf seine Entstehung im Zeitraum Bartonium bis Priabonium (SPP 17 bis SPP 18, ca. 41,3–33,9 Ma, vgl. Abb. 2) hinweisen. So tritt *Symplocospollenites anulus/rotundus* seit dem Ypresium (SPP 12) auf. Von SPP 15 (Lutetium) bis SPP 18 (Priabonium) ist der Pollentyp regelmäßig, danach nur noch selten zu finden (LOTSCH 1969). Nach KRUTZSCH (1970) setzen graminoide Pollen in Mitteleuropa erst im ausgehenden Eozän bzw. im Oligozän ein. PFEIFFER (2018) beschreibt erste Pollen-Nachweise für SPP 17 (Bartonium, ab ca. 41,3 Ma). Allerdings finden sich bei SADOWSKI et al. (2016) Literaturangaben zu Makrofossil-Nachweisen deutlich älterer Grasähren, aus dem Übergang vom Paläozän zum Eozän. Die Autoren selbst beschreiben Grasähren in Baltischem Bernstein.

Hinweis: Die hier vorgestellte Alterseinstufung in das ausgehende Eozän kann aufgrund noch bestehender Unsicherheiten bei der Determination und fehlender statistischer Absicherung nur als vorläufiges Ergebnis gewertet werden.

## 5. Ausblick

Die vorgelegten Resultate wurden im Rahmen eines „Jugend forscht“-Projektes erstmals vorgestellt und nachfolgend spezifiziert. Sie stellen kein abgeschlossenes Ergebnis dar. Sie markieren jedoch den Beginn zwingend notwendiger, weiterführender palynologischer Bearbeitungen von Einzel-Bernsteinen. Mit Hilfe der beschriebenen Methodik kann das Bildungsalter der Bernsteine, also der Zeitpunkt des Harzflusses, fixiert werden. Zukünftig sollen auch die palynologischen Befunde von Bernsteinen und fossilen Harzen verschiedener Lagerstätten (z.B. Bitterfeld, Lausitz, Rovno, Samland) mit denen der Braunkohlen, Begleiter und Zwischenmittel bekannter Tertiärvorkommen (z.B. Mittel- und Ostdeutschland, Ukraine, Baltikum) sowie ihre stratigraphische Einstufung miteinander verglichen werden. So rückt die Beantwortung der Frage zur Herkunft des Bitterfelder Bernsteins in Reichweite.

## 6. Danksagung

Herr Andreas Wendel (Goitzsche Bernstein GmbH) stellte freundlicherweise das Untersuchungsmaterial für die vorliegende Arbeit zur Verfügung. Herr Lutz Gebhardt (Naturkundemuseum Mauritianum Altenburg) ermöglichte die mikroskopischen Fotoaufnahmen und unterstützte die Autoren mit Hinweisen zum Manuskript.

## 7. Literatur

- BEUG, H.-J. (1957): Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Floren- und Vegetationsentwicklung einiger Mittelgebirge (Fichtelgebirge, Harz, Rhön). *Flora B* 145, 167-211.
- BLUMENSTENGEL, H. & VOLLAND, L. (1999): Zur Stratigraphie und Fazies des Tertiärs im Bitterfelder Raum. Unveröff. Bericht Geologisches Landesamt Halle.
- DEJAX, J.; DE FRANCESCO, D.; LUGARDON, B.; DE PLOEG, G. & ARNOLD, V. (2001): Le contenu cellulaire du pollen fossilisé dans l'ambre, préservé à l'état organique. *Earth and Planetary Sciences* 332, 339-344.
- Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Redaktion, Koordination und Gestaltung: MENNING, M. & HENDRICH, A. (2016)): *Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016*. Potsdam (Geoforschungszentrum).
- DOLEZYCH, M. (2019): Holzanatomische Untersuchungen im Bitterfelder Bernstein. Unveröff. Ergebnisbericht, im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt. Hoyerswerda.
- ENDTMANN, I. (2017): Bernstein – Tränen der Götter. Unveröff. Projektarbeit „Jugend forscht/Schüler experimentieren“, ID 145722. Altenburg.
- ENDTMANN, I. (2021): Festgeklebt und Eingeschlossen für die Ewigkeit II. Pollen in Bitterfelder Bernstein. Unveröff. Projektarbeit „Jugend forscht“, ID 91760. Halle/S.
- FUHRMANN, R. (2010): Die Bitterfelder Bernsteinarten. *Mauritiana* 21, 13-58.
- HALBWACHS, H. (2019): Detecting fungal spores and other palynomorphs in amber and copal by solvent treatment. *Palynology*. <https://doi.org/10.1080.01916122.2019.1633436>.
- HALBWACHS, H.; BÄSSLER, C. & WOROBIEC, E. (2021): Palynomorphs in Baltic, Bitterfeld and Ukrainian ambers: a comparison. *Palynology*. <https://doi.org/10.1080.01916122.2020.1863274>.
- HOFFEINS, C. & HOFFEINS, H.W. (2003): Untersuchungen über die Häufigkeit von Inkluden in Baltischem und Bitterfelder Bernstein (Tertiär, Eozän) aus unselektierten Aufsammlungen unter besonderer Berücksichtigung der Ordnung Diptera. *Studia dipterologica* 10 (2), 381-392.
- KAASALAINEN, U.; HEINRICHS, J.; KRINGS, M.; MYLLYS, L.; GRABENHORST, H.; RIKKINEN, J. & SCHMIDT, A.R. (2015): Alectoroid Morphologies in Paleogene Lichens: New Evidence and Re-Evaluation of the Fossil *Alectoria succini* Mägdefrau. *PLoS ONE* 10 (6): e0129526. doi:10.1371/journal.pone.0129526.
- KIESEL, Y.; KRUTZSCH, W.; LIEBISCH, G.; PORSTMANN, C. & PAECH, W. (1980): Bericht Chemische Aufbereitungsmethode Bernstein (Teilbericht zum Forschungsthema „Regionale Vorlauftforschung Tertiär“). Unveröff. Bericht, Zentrales Geologisches Institut, Berlin.
- KRUTZSCH, W. (1970): Die stratigraphisch verwertbaren Sporen- und Pollenformen des mitteleuropäischen Alttertiärs. *Jb. Geol.* 3, 309-379.
- KRUTZSCH, W. (1976): Die Mikroflora der Braunkohle des Geiseltales, Teil IV: Die stratigraphische Stellung des Geiseltalprofils im Eozän und die sporenstratigraphische Untergliederung des mittleren Eozäns. – Abh. Zentrales Geologisches Institut 26, 47-89.
- KRUTZSCH, W. (2011a): Stratigraphie und Klima des Paläogens im Mitteldeutschen Ästuar im Vergleich zur marinen nördlichen Umrandung. *Z. dt. Ges. Geowiss.* 162 (1), 19-46.
- KRUTZSCH, W. (2011b): Auswahl wichtiger FAD- und LAD-Daten sowie gewisser Maxima-Marker. Unveröff. Manuskript, Berlin.
- KRUTZSCH, W. & VANHOORNE, R. (1977): Die Pollenflora von Epinois und Loksbergen in Belgien. *Palaeontographica B* 163, 1-10.
- LENZ, O. (2000): Paläoökologie eines Küstenmooses aus dem Eozän Mitteleuropas am Beispiel der Wulfersdorfer Flöze und deren Begleitschichten (Helmstedter Oberflözgruppe, Tagebau Helmstedt). Dissertation, 230 S. + Anhang, Univ. Göttingen.
- LOTSCH, D. (1969): Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der Deutschen Demokratischen Republik. *Abhandlungen Zentrales Geologisches Institut* 12, 1-483.
- MAI, D.H. (1976): Fossile Früchte und Samen aus dem Mitteleozän des Geiseltales. *Abhandlungen Zentrales Geologisches Institut* 26, 93-150.
- MAI, D. H. (1995): *Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas*. 691 S., 1. Aufl., Gustav Fischer, Jena.

- NICKEL, B. (1996): Die mitteleozäne Mikroflora von Eckfeld bei Manderscheid/Eifel. Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv, Beiheft 18, 1-121.
- PFEIFFER, N. (2018): Ergebnisbericht (Teil 1/2) zur palynologischen Bewertung von mikroskopischen Präparaten der Bohrung Nachterstedt GWM 22 Prä und deren Alterseinstufung. Unveröff. Ergebnisbericht der Fa. LAOP, im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle/S.
- RAPPSILBER, I. (2016): Fauna und Flora des Bitterfelder Bernsteinwaldes. 78 S., 1. Aufl., Ampyx-Verlag, Halle.
- RAPPSILBER, I. & WENDEL, A. (2019): Bernsteingewinnung aus dem Bernsteinsee bei Bitterfeld und erste wissenschaftliche Ergebnisse. *Mauritiana* 37, 87-112.
- SADOWSKI, M.; SCHMIDT, A.R.; RUDALL, P.J.; SIMPSON, D.A.; GRÖHN, C.; WUNDERLICH, J. & SEYFULLAH, L.J. (2016): Graminids from Eocene Baltic Amber. *Review of Palaeobotany and Palynology* 233, 161-168.
- SCHMIDT, A.R.; DÖRFELT, H.; GRABENHORST, H.; TUOVILA, H. & RIKKINEN, J. (2013): Fungi of the Bitterfeld amber forest. *Exkursionsführer und Veröff. DGG* 249: 54-60.
- SONTAG, E. (1966): Mikrobotanische (palynologische) Untersuchungen am 2. Niederlausitzer Flözhorizont. *Geologie, Beiheft* 54, 1-141.
- STUHLIK, L. (Ed.) (2001): Atlas of Pollen and Spores of the Polish Neogene, Vol. 1 – Spores. 158 S., 1. Aufl., Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Kraków.
- STUHLIK, L. (Ed.) (2002): Atlas of Pollen and Spores of the Polish Neogene, Vol. 2 – Gymnosperms. 237 S., 1. Aufl., Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Kraków.
- STUHLIK, L. (Ed.) (2009): Atlas of Pollen and Spores of the Polish Neogene, Vol. 3 – Angiosperms (1). 233 S., 1. Aufl., Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Kraków.
- STUHLIK, L. (Ed.) (2014): Atlas of Pollen and Spores of the Polish Neogene, Vol. 4 – Angiosperms (2). 466 S., 1. Aufl., Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Kraków.
- TARASEVICH, V.F. & ALEKSEEV, P.I. (2017): Inclusions of Angiosperm pollen in the Baltic amber (Late Eocene). *Botanicheskyy Zhurnal* 102 (2), 206-218.
- THIELE-PFEIFFER, H. (1988): Die Mikroflora aus dem mitteleozänen Ölschiefer von Messel bei Darmstadt. *Palaeontographica B* 211, 1-86.
- ZIEMBIŃSKA-TWORDZYDŁO, M.; GRABOWSKA, I.; KOHLMANN-ADAMSKA, A.; SKAWIŃSKA, K.; SŁODKOWSKA, B.; STUHLIK, L.; SADOWSKA, A. & WAŻYŃSKA, H. (1994): Taxonomical revision of selected pollen and spores taxa from Neogene deposits. *Acta Palaeobotanica Suppl.* 1, 5-30.



## Rezension: Braunkohlenbergbau und Umsiedlungen in Mitteldeutschland

**GÜNTHER SCHÖNFELDER**

Adresse: Prof. Dr. Günther Schönfelder, Ernst-von-Harnack-Hof 6, 06120 Halle (Saale)

**Bergbau und Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier, herausgegeben von Andreas Berkner und Kulturstiftung Hohenmölsen. Format: 28 x 24,5 cm, gebunden. (Sax-Verlag) Markkleeberg 2022, 528 Seiten mit 1.750 Abbildungen. ISBN: 978-3-86729-266-5 (Ladenpreis: 49,80 Euro)**

Der gewichtige und prächtige sowie höchst informative und sehr anschauliche Band (drei Kilogramm schwer und fünf Zentimeter dick) ist ein wahres Kompendium. Es ist einem bedeutsamen und durchaus schwierigem Kapitel unserer Regionalgeschichte im Zusammenhang mit der großindustriellen Gewinnung von Braunkohle gewidmet. Das vorzüglich ausgestattete Buch enthält anhand zahlreicher Daten, Fakten und Zahlen die umfassende Kennzeichnung aller seit 1925 bis zur Gegenwart (Jahresende 2020) verlorengegangenen Ortslagen in den Gegenden um Bitterfeld, Gräfenhainichen, Delitzsch, Leipzig, Borna, Altenburg, Zeitz, Weißenfels, dem Geiseltal, Halle (Saale), Röblingen und Amsdorf sowie Nachterstedt. Es sind insgesamt 147 Siedlungen, die ganz oder teilweise „überbaggert“ wurden. Davon waren über 54.000 Bewohner betroffen, die somit ihr Zuhause, ihre Wohnumgebung und ihre Heimat verloren. Ebenso kündigt der Inhalt des Buches von erfolgreichen Umsiedlungen der Betroffenen, welche dann möglich geworden sind, wenn gemeinsam und umfassend alle Beteiligten die Vorhaben mehr oder weniger einvernehmlich umgesetzt haben. Als Beispiel dafür kann jener Gebietsteil von Hohenmölsen gelten, welcher auf die im Jahr 1998 abgeschlossene Umsiedlung der Gemeinde Großgrimma zurückzuführen ist. Die hier vor Ort ansässige Kulturstiftung übernahm nicht nur die Mit-Herausgeberschaft für den gewichtigen Band, sondern konnte ebenfalls bedeutende Mittel bereitstellen, um 3.000 Exemplare der Publikation, die neun Tonnen Papier erforderten, qualitätsgerecht und preisgünstig drucken und binden lassen zu können. Mit der Vorlage dieses Buches wurde ebenfalls eine Lücke geschlossen, denn für die beiden anderen großen Braunkohlenreviere in Deutschland, das Lausitzer (140 Ortschaften, etwa 30.000 Betroffene) und das Rheinische (124 Ortschaften, etwa 43.000 Betroffene), liegen bereits derartige systematische Zusammenstellungen vor.

Da ein derartiger Wandel der Siedlungsstruktur und die umfassende Umgestaltung der Bergbaufolgelandschaft mit dem Ausstieg aus der Braunkohlenverstromung nicht nur in unserem Revier wohl spätestens bis zum Jahr 2040 schließlich Geschichte sein werden, bietet der vorliegende Band gewissermaßen am „Ende des Braunkohlenzeitalters“ in der Region eine abschließende Bilanz. Die Abgrabung dieses Bodenschatzes zur Energiegewinnung, zunächst oberflächennah durch Schürfe und in sogenannten Bauerngruben zuwege gebracht, reicht hier lange zurück. Bekanntlich gelang der früheste urkundliche Nachweis der Gewinnung des Rohstoffs auf Lieskauer Flur nordwestlich von Halle (Saale) für das Jahr 1382 und damit nicht nur in mitteldeutschen Revier, sondern wohl im gesamten Bundesgebiet. Eine Stele als ein Element des touristischen Straßenprojekts „Mitteldeutsche Braunkohlenstraße“ erinnert an den vermuteten einstigen Abbauort. Die Verwirklichung dieses Vorhabens des Kulturtourismus dient dem Erhalt von Sachzeugen des Bergbaus und bildungsorientierter Freizeitangebote. Vielerorts soll

an den einstigen Bergbau und die Folgeindustrien erinnert sowie exemplarisch und umfassend auf Elemente der Folgelandschaft als regionaltypisches Ensemble unserer Kulturlandschaft verwiesen werden. Zu all diesem bildet die Neuerscheinung einen reichhaltigen Fundus.

In den einleitenden und ergänzenden Kapiteln zur Übersicht in das Thema des Bandes über Mitteldeutschland wird zum einen der Bogen gespannt vom Braunkohlenbergbau mit der Siedlungsentwicklung und über die frühe Lagerstättensicherung bis hin zur aktuellen fach- und regionalplanerischen Braunkohlenplanung. Zum anderen fehlen fundierte Darlegungen zu notwendigen Entschädigungen und der Sozialverträglichkeit ebenso wenig wie zur Ausformung sowie Gestaltung der Umsiedlungen im Verlauf des zeitlichen Wandels über die Systeme hinweg. Ebenso werden in Übersichten Vergleiche gezogen zu bergbaubedingten Umsiedlungen im Rheinischen Revier, Lausitzer Revier, Helmstedter Revier, in der Oberpfalz und in Nordböhmen um Most (Brüx), der größten Bergbau-Umsiedlung in Mitteleuropa.

Gestützt auf umfangreiches Bild- und Kartenmaterial werden im Kernstück des Bandes zu jedem „verlorenen Ort“ in Mitteldeutschland detailreiche Angaben geboten zu den Umsiedlungen in allen Teilrevieren und Tagebaubereichen. Jede Umsiedlung wird auf einer oder mehr Doppelseiten mittels Text, Tabelle, Karte und Bild hinsichtlich der Charakteristik und Geschichte ausgewiesen. Auch Angaben zu Sachzeugen und zur Traditionspflege fehlen nicht. Die jeweiligen Ortsprofile weisen tabellarisch die Existenz der entsprechenden Siedlungen hinsichtlich ihrer Flächengröße, Orts- und Flurform, des zeitlichen Wandels der Ortsnamen sowie nach der Einwohnerentwicklung aus. Ebenso werden Meilensteine zur Ortsgeschichte von der urkundlichen Ersterwähnung bis zur gegenwärtigen Flurverfassung geboten. Besonders ansprechend und aussagefähig muten die Kartengegenüberstellungen an. Ausschnitte früherer Ausgaben von Blättern der TK 25 sind aktuelle gleichgroße farbige Luftbild-Kärtchen gegenübergestellt. Diese bieten in jeweils graphisch besonderer Art und Weise den Vergleich der einstigen Ortslage und ihre Umgebung von damals und heute.

Ideengeber, Autor, Koordinator und Schriftleiter des umfangreichen Vorhabens ist Prof. Dr. Andreas Berkner, ein langjähriger und profunder Kenner der Entwicklung von Bergbau und Folgelandschaft in den Braunkohlenrevieren Mitteleuropas. Der studierte Geograph an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg beschäftigte sich schon während seines Studiums mit dieser Thematik. Er wurde 1987 dort mit einer Arbeit zu Braunkohlenbergbau und Landschaftsdynamik promoviert und arbeitete ab 1992 als Referatsleiter für Braunkohleplanung der Planungsregion Leipzig. Seit 2000 trägt er als Leiter dieser Planungsstelle beim regionalen Planungsverband Leipzig-West Sachsen Mitverantwortung für die Regionalentwicklung. Nach seiner Habilitation an der Universität Leipzig 2001 ist er als Hochschullehrer gleichfalls an mehreren Hohen Schulen in Mitteldeutschland tätig.

Ihm und seinen vielen ehrenamtlichen Mitstreitern, über 30 an der Zahl, gelang es in einem Zeitraum von fast 9 Jahren, den gewichtigen Band der Öffentlichkeit darzubieten. Dieses produktive Netzwerk bürgerschaftlichen Engagements führte engagierte Heimatforscher, direkt Betroffene sowie traditionsbewusste Bergleute und diverse Wissenschaftler zusammen. Neben den präzisen fachkundigen Darlegungen zu allen Umsiedlungen im Revier sind ebenfalls die beispielhaft beigelegten Dokumente, z.B. manche dazu geschlossenen Verträge zwischen Staat/Kommune einerseits und dem Bergbauunternehmen andererseits auch zum Wohle der Betroffenen, sowie Verzeichnisse der verwendeten Archivstücke und Literatur bedeutsam. Die praktikabel verzeichneten Literaturangaben umfassen die wichtigen Titel zu Thema und Region. Seien dies nun wissenschaftliche Abhandlungen, Planungsdokumente oder regionalgeographische wie ebenso heimatkundliche Darlegungen einzelner Details im Revier.

Alles in allem ist eine umfassende Darstellung der Umsiedlungen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier gelungen. Dem vielfältigen Autorenkollektiv und nicht zuletzt dem sehr erfolgreich Netz-werkenden Schriftleiter Andreas Berkner verdanken wir eine vergleichbare, hoch informativ inhaltsreiche, treffend illustrierte und dennoch kurze und prägnante Form einer Chronik des Bergbaus auf Braunkohle und der Folgelandschaft in Mitteldeutschland. Dieser Fundus steht offenbar ganz im Gegensatz zu manchen, oft zu langen wortreichen historiographisch-landeskundlichen Erzählungen, welche manchmal gar im Übermaß persönliche Ansichten der Schreiber zu beinhalten pflegen.



# Das Brandungskonglomerat der Nordsee im Steinbruch Mammendorf (Sachsen-Anhalt)

ANNA-MARIA ZYGAR<sup>1)</sup>, DOROTHEE MERTMANN<sup>1)</sup> & THOMAS DEGEN<sup>1)</sup>

Adressen: <sup>1)</sup>Institut für Geowissenschaften und Geographie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 3, 06120 Halle

**Schlüsselwörter:** Brandungskonglomerat, Mammendorf, Sachsen-Anhalt

**Keywords:** Transgression conglomerate, Mammendorf, Sachsen-Anhalt

## Zusammenfassung

Im Steinbruch Mammendorf in Sachsen-Anhalt, Deutschland, sind konglomeratische Transgressionsedimente der paläogenen Nordsee (Latdorfium) erschlossen, die bankige Sandsteinsfolgen und Andesite des Karbons und Perms überlagern. Das Konglomerat besteht aus kantengerundeten bis gerundeten Geröllen aus Andesit, anderen Vulkaniten, Sand- und Schluffsteinen, die von verfestigten teils karbonatischen Zwischenfüllungen aus Sand und Fossilbruchstücken verbacken sind. Das Korngrößenspektrum erwies sich nach Messungen als breit gestreut.

## Abstract

In the Mammendorf quarry in Saxony-Anhalt, Germany, conglomeratic transgressional sediments of the Palaeogene North Sea (Latdorfian) are developed, overlying banked sandstone sequences and andesites of the Carboniferous and Permian. The conglomerate consists of edge-rounded to rounded boulders of andesite, other volcanic rocks, sandstones and siltstones cemented by a consolidated partly carbonate-bearing infill of sand and fossil fragments. The grain size spectrum proved to be broadly distributed according to measurements.

## 1. Einleitung

Im Raum Magdeburg und Umgebung finden sich Sedimente aus Ablagerungen der Urnordsee des späten Eozäns und frühen Oligozäns. Im Hartsteintagebau Cronenberger Steinindustrie Franz Triches GmbH & Co. KG (Abb. 1) ca. 15 km nordwestlich von Magdeburg sind die Sedimente der paläogenen Nordsee erschlossen. Dieses Gebiet gehörte zu einem ehemaligen mitteldeutschen Ästuar, welches im Einfluss von Meeresspiegelschwankungen stand und zeitweise überflutet wurde. Sedimentmaterial wurde aus Richtung Süden eingetragen (WALTER 2020). Das hier betrachtete Gebiet befindet sich am Südrand des schon im Perm angelegten Zentraleuropäischen Beckens, nördlich des Variscischen Gebirges. Der Flechtinger Höhenzug ist ein während der Kreide herausgehobenes Hochgebiet, das den Ablagerungsraum aufgliederte. Im Latdorfium wird der Flechtinger Höhenzug nach und nach überflutet, bis er im Rupelium eine Untiefe im Meer darstellt.

MÜLLER (2011, 2013) sowie MÜLLER et al. (2014, 2017) beschäftigten sich mit den transgressiven, tertiären Sedimentabfolgen der Region. Bei Atzendorf, 20 km südlich von Magdeburg, finden sich zwei Transgressionszyklen des Latdorfiums. Der erste beginnt mit einem Transgressionskies, gefolgt von sandigem Schluff, der nach oben hin grobkörniger wird. Der zweite Zyklus besteht aus fossilreichen glaukonitischen Grünsanden, gefolgt von Peliten. Die anschließende Zunahme des Sandanteils weist auf eine Regression hin (MÜLLER 2013, MÜLLER et al. 2014). In Mammendorf, ca. 15 km nordwestlich von Magdeburg, finden sich ebenso zwei Transgressionszyklen (MÜLLER 2011). Die Sedimente lagern auf dem Flechtinger Höhenzug und verfüllen teilweise taschenartige Vertiefungen und Klüfte des hier vorhandenen Andesits. Er unterschied einen Transgressionszyklus des späten Latdorfiums von einem des frühen Rupeliums. Den älteren gliederte er intern in die Intervalle M1 bis M3. Die Grünsande und *Isognomon*-Schille enthalten Haizähne, Solitärkorallen, Mollusken, Brachiopoden, Echiniden und Balaniden; die Organismen bevorzugen warmes Flachwasser. Abschließend gibt es einen Verwitterungshorizont mit Bodenbildung. Den zweiten Zyklus der Rupel-Haupttransgression mit kühlerem Wasser gliederte MÜLLER (2011) in die Intervalle M4 bis M7. Eine Blocklage zuunterst wird von fos-

silreichen Septarientonen und fossilreichen, glaukonitischen Tonen überlagert.

Im Stadtgebiet Magdeburg überlagern die Sedimente der Nordseetransgression Zechsteinsedimentite (MÜLLER et al. 2014). Während des älteren Latdorfiums lagerte sich ein Transgressionshorizont mit Geröllen ab. Im Süden Magdeburgs und in den Elbauen finden sich als Sedimente der jüngeren Latdorftransgression geringmächtige Grünsande und Schluffe, die von Septarienton bedeckt werden. Durch einen Hiatus unterbrochen folgt der Rupelbasissand und der Rupelton. Schlussendlich zog sich die Nordsee im Oberoligozän durch Regression aufgrund der Abkühlung des Klimas und zunehmender Eisbildung in der Antarktis auf das heutige Nordseebecken zurück (Böse et al. 2018).

Tabelle 1: Stratigraphische Einteilung des Oligozäns.

Periode	Epoche	Stufe	Regionale Stufe
Paläogen	Oligozän	Chatt	Neochatt
			Eochatt
		Rupel	Rupel
			Latdorf
	Eozän	Priabon	

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Sedimente hinsichtlich ihrer Lithologie zu untersuchen und nach Korngröße zu klassifizieren und einzuteilen. Eine erneute Untersuchung der Fossilien ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Im Vergleich zur Arbeit von Müller (2011) wird hier der südwestliche Abschnitt des Steinbruchs betrachtet. Das Sediment liegt nicht direkt dem Andesit auf, sondern plattigen Sandsteinschichten des Rotliegend II (LUTHARDT et al. 2020). Diese siliziklastische Abfolge repräsentiert nach LEGLER (2006) und LEGLER et al. (2011) den fluviatilen Ablagerungsraum eines Wadisystems am südlichen Rand des südlichen Permischen Beckens.

## 2. Material und Methoden

Die Probenahme erfolgte am südlichen Abbaurand des Steinbruchs Mammendorf an zwei 30 m voneinander entfernten Profilen (Profil 1 und 2) (Abb. 1, 2, 3). Im Liegenden sind Schichtfolgen des Rotliegend über Andesit angeschnitten. Im Hangenden lagern pleistozäne Sedimente, die für die Aufnahme abgebaggert wurden. Die Transgressionsedimente waren damit optimal angeschnitten. Die Profile wurden zudem per Hand ebenmäßig vertikal nachbearbeitet. Die Probenahme erfolgte dann mithilfe einer Maurerkelle; auf einer Breite von 20 cm wurde das Sediment ca. 10 cm tief in zuvor festgelegten Abschnitten des Profils entnommen.

Die Proben wurden durch Vortrennung in eine grobe Fraktion größer 4 mm und eine feine Fraktion kleiner 4 mm geteilt. Von den groben Geröllen wurde das teils stark anhaftende Feinmaterial abgewaschen; die Gerölle wurden getrocknet, nach Korngröße sortiert, gewogen, beschrieben und lithologisch bestimmt. Das abgewaschene Feinmaterial wurde getrocknet und zusammen mit der restlichen Feinfraktion in einer Retsch AS 200 control Vibrationssiebmaschine nach Korngrößen getrennt. Der resultierende Anteil < 0,063 mm wurde anschließend im Malvern Mastersizer 3000



Abb. 1: Blick auf den Steinbruch Mammendorf mit den Abbausohlen des Andesits. Eiszeitliche Moräne (im Bild rechts und links, oberste Sohle) überlagert sowohl den Andesit als auch Sedimentite des Rotliegend oder das tertiäre Konglomerat. Letzteres überlagert seinerseits ebenso den Andesit oder das Rotliegend.

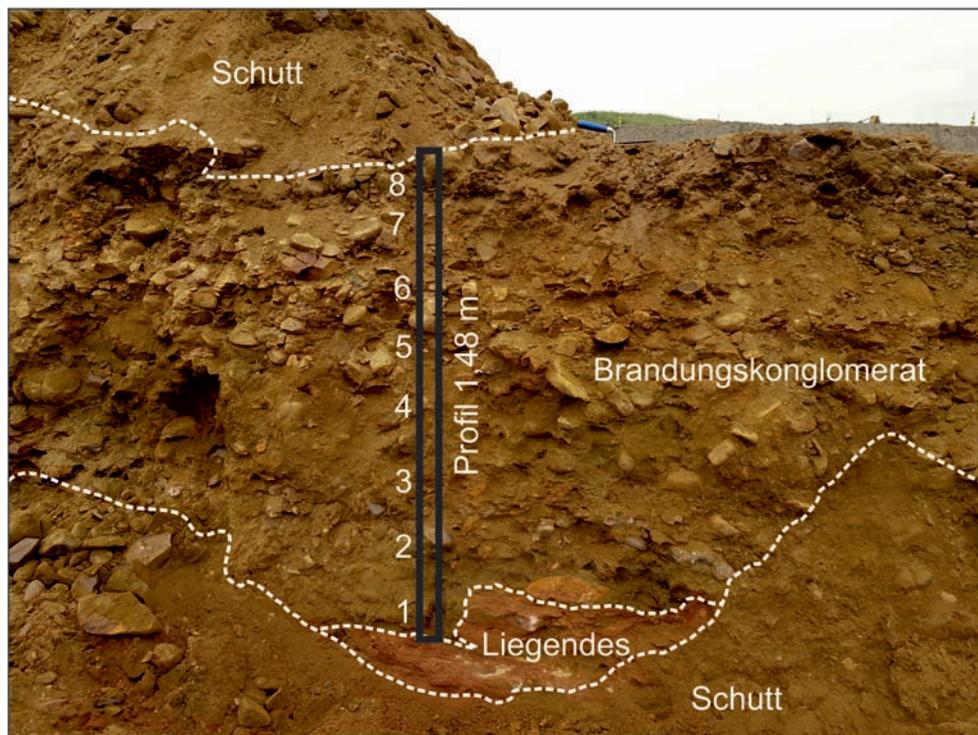


Abb. 2: In Profil 1 lagert das Konglomerat über Rotliegend-Sedimentiten (Liegendes).

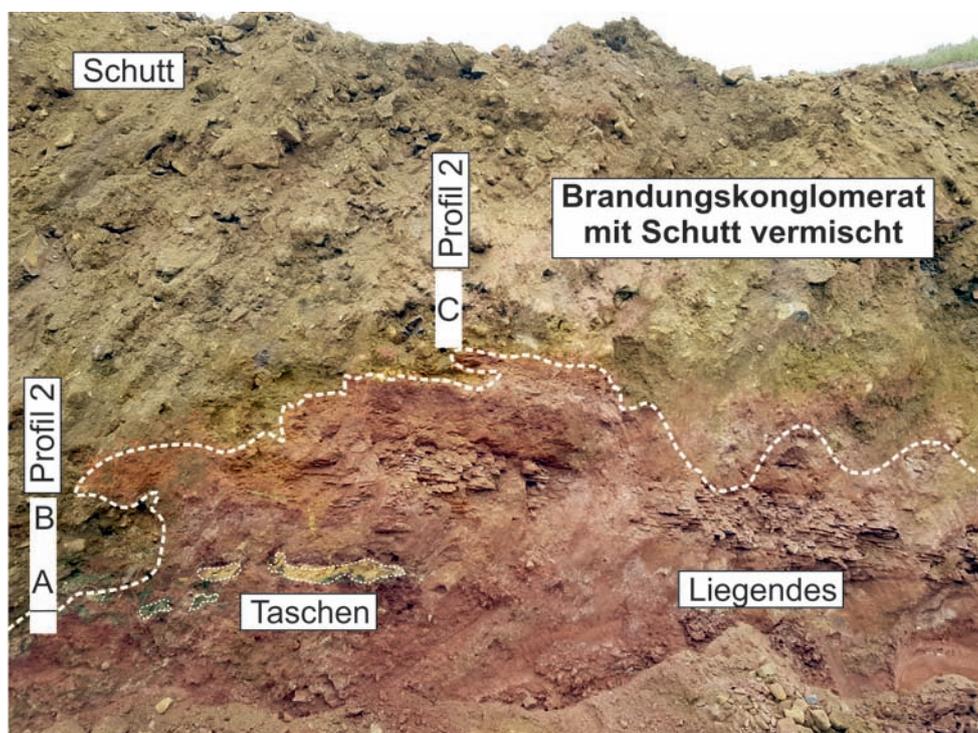


Abb. 3: In Profil 2 ist die Situation gleich. Allerdings ist das Relief deutlicher akzentuiert und Taschen von Tertiär greifen in das Liegende ein.

Laser-Particle-Sizer nass analysiert mit jeweils 20 Messungen pro Probe und weiteren 20 Messungen nach zehn Sekunden Ultraschallbehandlung.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Profile

Profil 1 ist 148 cm dick und besteht aus acht Abschnitten. Die Dachfläche des Liegenden ist unregelmäßig, erosiv reliefiert. Gerölle (> 4 mm), meist aus Andesit, sind häufig, meist unregelmäßig verteilt, aber auch bei 100 cm und 40 cm angereichert (Tafel 1). Die Gerölle sind teils abgeflacht und lagern meist dicht gepackt in dem mit 10° bis 15° einfallenden Horizont. Ein Teil zerfällt durch jüngere Verwitterung in kantige Einzelteile. Hier wurde darauf geachtet, das Gesamtgeröll zu bergen. Zwischen den Geröllen sind aus Sand und Fossilschalenbruchstücken bestehende Zwischenfüllungen zu finden (Tafel 1), die, ebenso wie in Profil 2, nicht separiert in die Probennahme integriert wurden.

Das Profil 2 wurde 30 m weiter westlich angelegt. Es ist insgesamt 160 cm dick. Die plattigen, verfestigten, roten Sandsteinschichten fallen mit 13° nach Westen ein. In Höhen von 45 cm bis 53 cm kann in Taschen eingelagerter Grünsand zusammen mit beigefarbenem Sand gefunden werden (Tafel 1). Der Anteil an Sandsteingeröllen ist hier größer als in Profil 1.

#### 3.2 Gerölle und Zwischenfüllungen

Im Profil 1 schwankt der Anteil der kantengerundeten bis gerundeten Geröllfraktion größer 4 mm zwischen 73 % und 92 %. Die Gerölle erreichen maximale Korngrößen von bis zu 22 cm. Im Profil 2 beträgt der Anteil an Geröllen größer 4 mm 70 % bis 77 %.

Die auftretenden Lithologien sind im Folgenden aufgeführt. Die am häufigsten auftretende Gerölllithologie ist Andesit mit einer rötlich-grauen Matrix und Einsprenglingen von schwarzen, bis 2 mm langen Amphibol- oder Pyroxennadeln, bis zu 5 mm großen Plagioklasen, 1 mm großen Biotitblättchen und vereinzelt bis zu 3 mm großen Quarzen. Die Hohlräume von Entgasungsblasen können mit Kalzit verfüllt sein. Vereinzelt sind auch Rhyolithe oder Basalte zu beobachten, die meist kleiner und gerundet sind. Einige Vulkanite sind intensiv alteriert, so dass sie eine bis mehrere Zentimeter dicke, beige, weiche Alterationshaut aufweisen und nicht weiter bestimmbar sind. Als weitere Gesteinsgruppe finden sich rötliche, beige sowie graue, feinkörnige, mäßig sortierte Sandsteine, die intern teils gradiert sind. Es sind Quarzarenite sowie Matrix-haltige, Feldspat-führende Subarkosen bis Subgrauwacken. Eine Kies-führende Arkose mit höherem Feldspatanteil und feine Siltsteingerölle sind ebenso vorhanden (Tafel 1). Quarzgerölle bis zu cm-Größe sind in einigen Abschnitten eingestreut. Eine Besonderheit sind silifizierte, gemaserte Gerölle, die Holzreste sein könnten (Tafel 1).

Einige Gerölle sind mit bis zu 4 mm messenden Anbohrungen von Bohrmuscheln versehen, die sich als ovale bis runde Trichter auf den Geröllen zeigen (Tafel 1). Andere Gerölle sind schon vor der Ablagerung zerbrochen und sodann mit hohem Passgrad neu mit Sedimentmaterial verkittet worden. Die Füllungen zwischen den Geröllen bestehen aus siliziklastischem, sandigem Material, das auch karbonatische Fossilreste, Gastropoden, Korallen, Muschelreste und Haifischzähne (Tafel 1) enthalten kann. Es ist fein bis grobkörnig. Die Partikel sind meist kantengerundet bis gerundet. Besonders die feinen Zwischenfüllungen sind karbonatisch zementiert. Allerdings ist der Verfestigungsgrad durch die Verwitterung oder den primär unterschiedlichen Zementationsgrad sehr unterschiedlich, so dass die Füllungen in ihre Bestandteile zerfallen.

#### 3.3 Korngrößenverteilungen

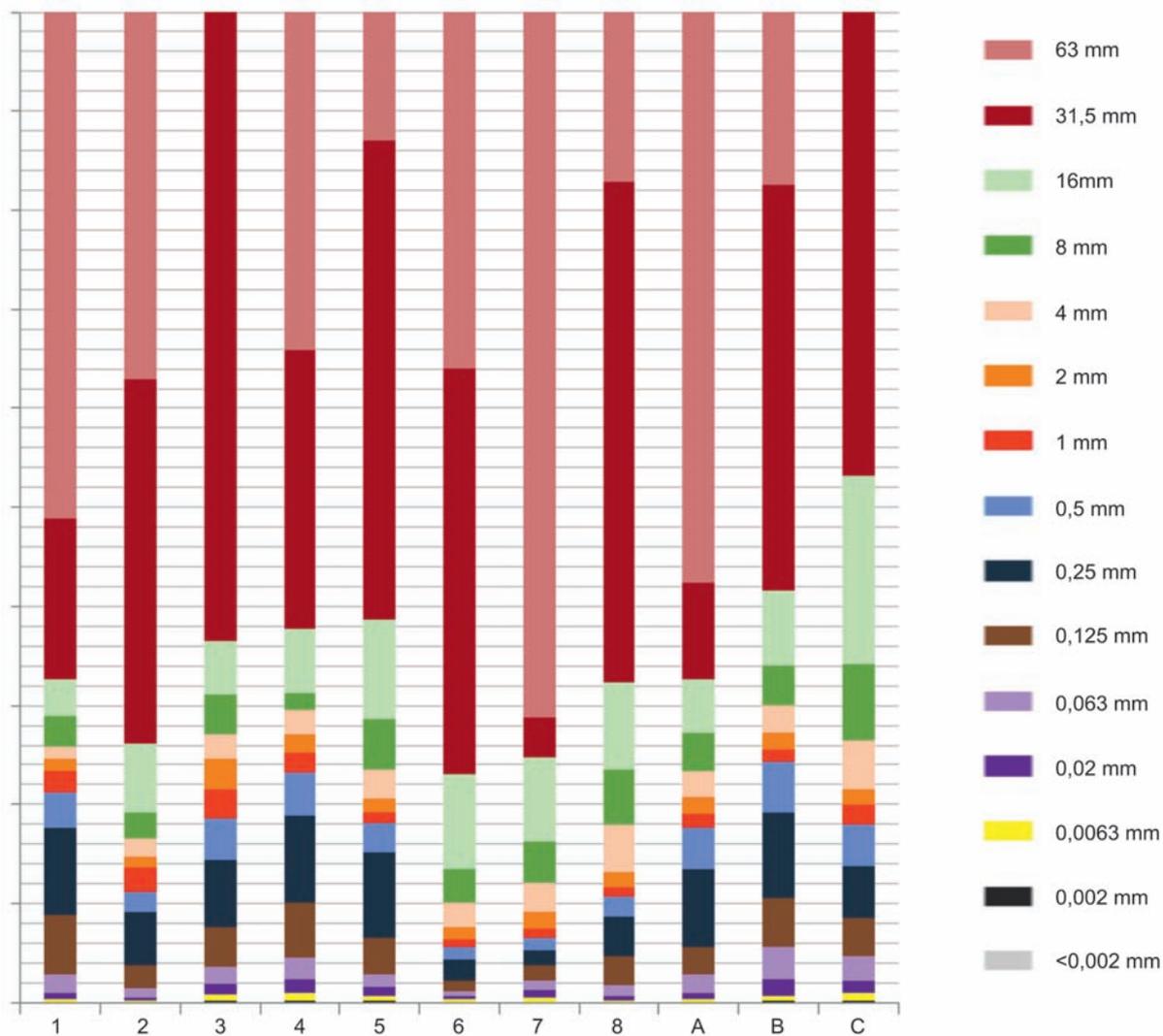
Der Anteil der Feinfraktion kleiner 4 mm beträgt in Profil 1 zwischen 8 % und 27 %. Der Anteil größer 0,25 mm ist dabei in allen Abschnitten außer zwischen 20 bis 30 cm am größten (mit 2 % bis 9 % Anteil an der Gesamtprobe). In den Abschnitten 50 bis 70 cm, 70 bis 90 cm und 130 bis 148 cm ist diese Fraktion mit jeweils rund 9 % Anteil am relevantesten (Abb. 4, Anlage 7.2, 7.3). Es sind vor allem kantengerundete bis gerundete Quarzkörner, dunkelgraue, lithische Bestandteile und Karbonatkörner als Fossilreste. Nur im höchsten Abschnitt sind die Körner schlecht gerundet.

Im Profil 2 summiert sich der Matrixanteil kleiner 4 mm auf 21 % bis 27 %. Auch hier ist die Fraktion größer 0,25 mm mit 5 % bis 9 % Anteil an der Gesamtprobe am größten, im Abschnitt 50 cm bis 70 cm



Tafel 1: Zwischensediment und Gerölle des Brandungskonglomerats.

A Gesamteindruck des Gesteinsverbandes; B sandiges Füllsediment mit Haifischzahn, C kiesiges Füllsediment aus Quarzkörnern in kalkiger Grundmasse; D Basaltgeröll; E Geröll einer Arkose, F Andesitgeröll mit Anbohrungen, die mit Füllsediment versehen sind; G zweifarbiges Sandsteingeröll; H Taschenfüllungen aus Glaukonit- und gelbem Sand in geschichtetem Rotliegend-Sandstein.



	Proben										
	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C
63 mm	51,14	37,04	0	34,17	12,91	35,95	71,17	17,10	57,57	17,47	0
31,5 mm	16,26	36,78	63,48	28,05	48,37	40,99	4,02	50,52	9,72	40,92	46,77
16 mm	3,61	6,99	5,41	6,48	10	9,59	8,57	8,89	5,53	7,49	19,06
8 mm	3,20	2,67	3,95	1,79	5,24	3,41	4,10	5,48	3,87	4,14	7,74
4 mm	1,23	1,73	2,58	2,35	2,82	2,47	2,95	4,87	2,55	2,70	4,88
2 mm	1,14	1,12	3,07	1,84	1,48	1,13	1,68	1,47	1,72	1,72	1,59
1 mm	2,15	2,41	2,83	2,01	1,10	0,78	0,93	0,88	1,43	1,31	2,01
0,5 mm	3,61	2,14	4,29	4,33	2,93	1,37	1,25	2,14	4,13	4,97	4,06
0,25 mm	8,85	5,38	6,68	8,89	8,57	2,13	1,55	3,98	7,88	8,69	5,33
0,125 mm	5,98	2,29	4,14	5,59	3,66	1,02	1,53	2,96	2,78	4,97	3,92
0,063 mm	1,80	0,85	1,68	2,07	1,35	0,56	1,02	1,06	1,82	3,32	2,49
0,02 mm	0,69	0,38	1,11	1,38	0,88	0,30	0,76	0,45	0,66	1,56	1,09
0,0063 mm	0,24	0,16	0,60	0,78	0,51	0,21	0,39	0,15	0,24	0,57	0,78
0,002 mm	0,07	0,04	0,13	0,18	0,15	0,07	0,07	0,03	0,07	0,15	0,21
<0,002 mm	0,03	0,01	0,03	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04

Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Korngrößen (in %).

dabei am relevantesten mit 9 %. Auch hier dominieren kantengerundete bis gerundete Quarzkörner und lithische Bestandteile aus Sandsteinen, die dann eine rötliche Farbe aufweisen. Der Anteil grauer lithischer Bestandteile ist gering. Fossilreste entsprechender Korngrößen kommen vor.

Der Feinanteil ist im Profil 1 im Bereich 50 bis 70 cm mit 2,3 % am größten und in den Bereichen 20 bis 30 cm, 90 bis 110 cm und 130 bis 148 cm mit jeweils rund 0,6 % am geringsten (Anlage 7.4). Grobsilt (Korngröße 20 bis 63  $\mu\text{m}$ ) ist mit bis zu 1,4 % Anteil an der Gesamtprobe im Bereich 50 bis 70 cm am stärksten vertreten, bildet aber auch in allen anderen Proben den größten prozentualen Anteil in der Feinfraktion kleiner 63  $\mu\text{m}$ .

Im Profil 2 ist der Siltanteil mit 2,3 % im Bereich 50 bis 70 cm am größten und im Bereich 20 bis 50 cm mit 1 % am geringsten. Hier beträgt der maximale Anteil Grobsilt 1,6 % im Bereich 50 bis 70 cm.

Alle Proben haben einen sehr geringen Tonanteil (Korngröße kleiner 2  $\mu\text{m}$ ) von 0,01 bis 0,07 %. Die kleinste gemessene Korngröße im Profil 1 beträgt 0,09  $\mu\text{m}$  nach der Ultraschallanwendung in der Probe aus dem Bereich 70 bis 90 cm. Im Profil 2 beträgt die kleinste gemessene Korngröße 0,314  $\mu\text{m}$  im Bereich 120 bis 160 cm.

#### 4. Diskussion

Die Kornverteilungskurven weisen eine charakteristische Form auf (Abb. 5). Sie zeigen zwei steilere Anstiege und einen flacheren Anstieg im mittleren Bereich. Damit ergibt sich eine Zweigipfligkeit, die den Unterschied zwischen Matrix und Komponentengehalt darstellt.

Die Verteilung der Lithologien im Profil sind in Abbildung 6 dargestellt. Sie spiegeln das Herkunftsgebiet der Gerölle direkt wieder. Im Untergrund finden sich anstehende Andesite sowie Sandsteine und Grauwacken/Sandsteine des Rotliegend und Karbons als Ausgangsgesteine der Gerölle. Während in den beiden betrachteten Profilen die Anteile von Sandstein deutlich sind, nehmen sie nach Osten (MÜLLER 2011) ab. Da diese Bestandteile tendenziell verwitterungsanfälliger sind als die Andesite, sind sie kleiner,

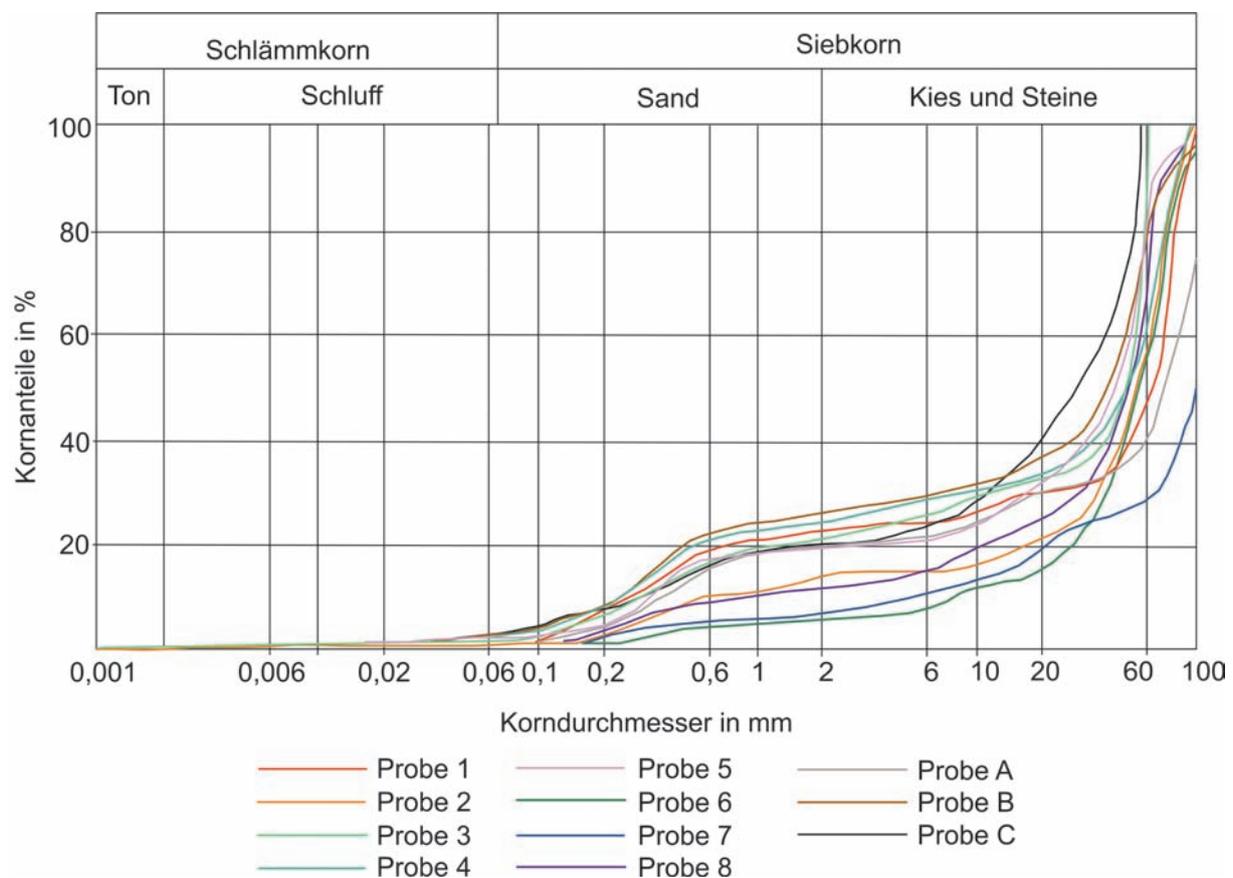
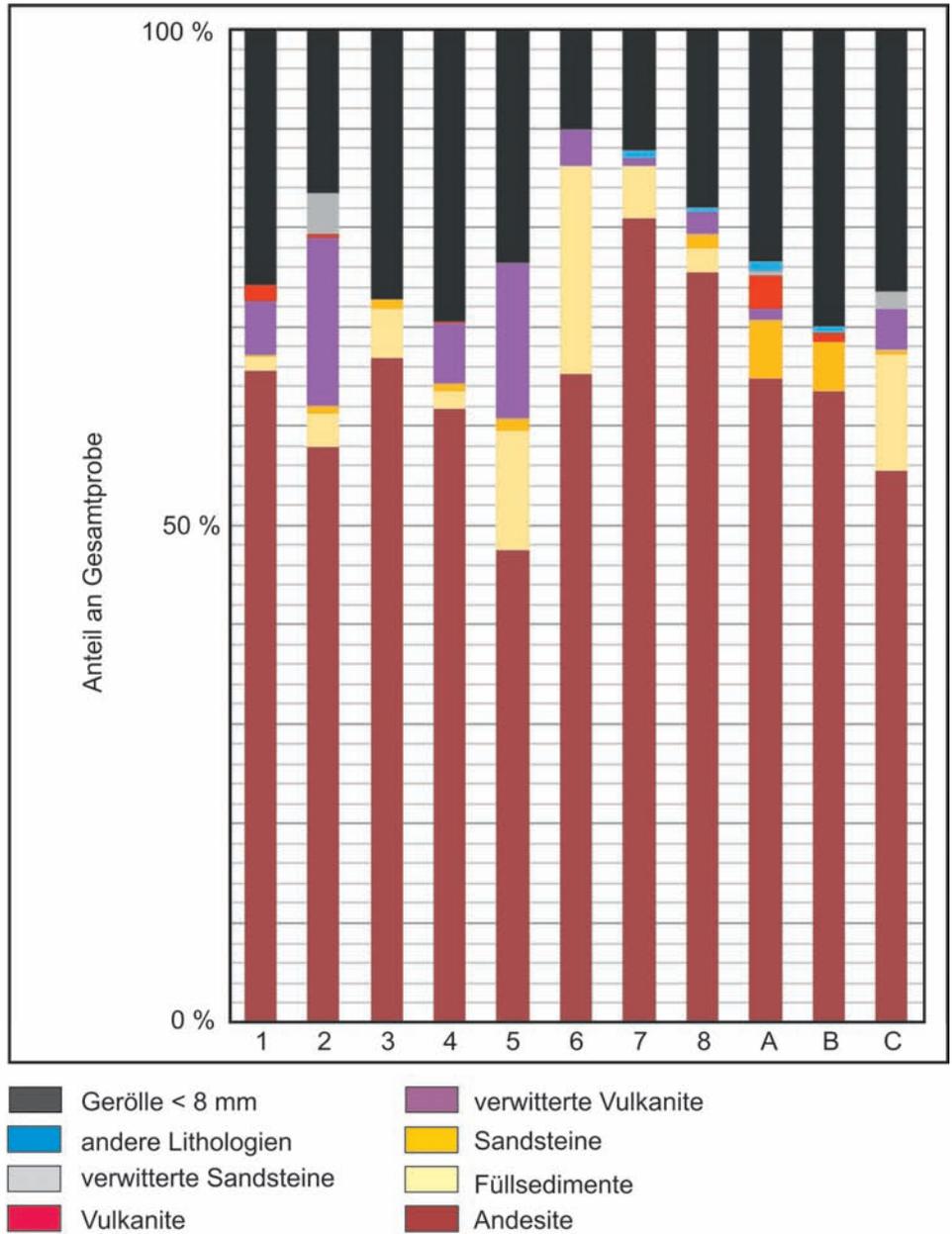


Abb. 5: Kornsummenkurven zu den Proben (vgl. Anlage 1-4).



	Proben										
	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C
< 8 mm	25,8	16,5	27,2	29,5	23,5	10,1	12,1	18	23,3	30	26,4
Andere Lithologien	0	0	0	0	0	0	0,8	0,4	1	0,6	0
Verwitterter Sandstein	0	4,1	0	0	0	0	0	0	0,6	0	1,7
Diverse Vulkanite	1,6	0,3	0	0,1	0	0	0	0	3,4	1	0
Verwitterte Vulkanite	5,4	17	0	6	15,8	3,7	0,8	2,3	1,1	0	4,2
Sandstein	0,1	0,7	1	0,8	1,3	0	0	1,3	5,8	4,9	0,4
Füllsediment	1,5	3,4	5	1,8	12	20,9	5,3	2,5	0	0	11,8
Andesit	65,6	57,9	66,8	61,8	47,5	65,3	80,9	75,5	64,9	63,5	55,5

Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Lithologien der Gerölle > 8 mm in den Proben.

gerundeter und stellen zudem Einzelkörner der Matrix dar. Ihr Transportweg ist daher eher kurz. Die aufgearbeiteten Andesite sind gerundet bis kantengerundet. Da sie verwitterungsresistenter sind, ist hier mit weiterem Transportweg bzw. vielfacher Umlagerung zu rechnen, die bei den Sandsteinen zudem auf Kosten der Erhaltungsfähigkeit gingen. So dominieren die Andesite das Geröllspektrum in allen Profilhöhen. Die Konglomerate sind in Lagen dicht gepackt. Die Gerölle lagen frei und weichere Gesteine, Sandsteine und bereits alterierte Andesite konnten besiedelt und angebohrt werden. Die Strömungsenergie muss zur Formung und Ablagerung der Gerölle enorm hoch gewesen sein. Entsprechende Bedingungen sind auf einer Brandungsplattform am Rande des Meeres zu erwarten. Im Untergrund anstehende Gesteinsbruchstücke werden abgetragen, durch die Strömungsenergie zugerundet und abgelagert. In den Zwischenräumen sammelt sich feineres Sediment, das als Abrasionsmaterial der größeren Gerölle, seien es Andesite oder Sandsteine, sowie als Zufuhrmaterial aus dem angrenzenden Meeresbezirk stammt. So lässt sich zum einen der in Porenräume zwischen Geröllen eingelagerte feinere Fossilschutt sowie zum anderen der in Hohlräumen eingelagerte Glaukonit erklären. Als Fossilanteil finden sich Gastropoden, Mollusken, Korallen, Bryozoen, Seeigelstacheln sowie weitere nicht bestimmbar Bioklasten. Es ist zu vermuten, dass die Karbonatzufuhr auch zu der Verfestigung des Matrixmaterials führte. Eine bereichsweise zusätzliche Silifizierung ist zu beobachten und lässt sich mit späteren Verwitterungsprozessen erklären.

Im höheren Profilteil A ist eine Veränderung in der Farbgebung und im Tongehalt zu beobachten, die als Verbraunung Anzeichen einer Regression des Meeres sein könnte. Da pleistozäne Ablagerungen direkt auflagern, muss vermutet werden, dass weitere Horizonte des Tertiärs erosionsbedingt fehlen (vgl. MÜLLER 2011). Die Gesteine unterlagen aber bis heute der Verwitterung, die zur Bildung von Travertin- und Eisenkrusten führten. Sie umgeben die Gerölle und befinden sich in Spalten sowie Klüften des Gesteins.

Der Aufschluss kann somit als ein transgressiver Geröllhorizont des Latdorfiums aus unterschiedlich stark gerundeten Steinen und Kies in einer Karbonatführenden bis -reichen Matrix aus Mittel- und Feinsand bezeichnet werden. Es zeigt sich, dass selbst auf eine kurze Distanz im Steinbruch Mammendorf über ca. 100 m Unterschiede in der Profilverfolgung aufgrund einer Varianz des Untergrundes und des erosiven Eingreifens des Pleistozäns zu beobachten sind. Insgesamt liegen dort die Profile, die einen größeren marinen Einfluss aufweisen.

## 5. Dank

Unser Dank gilt insbesondere Herrn Sascha Wienbrock (Cronenberger Steinindustrie Franz Triches GmbH & Co.) für die Genehmigung zur Durchführung der Arbeit und seine Hilfe vor Ort. Herr Dr. Michael Buchwitz und Herr Frank Trostheide (Museum für Naturkunde Magdeburg) gaben Hinweise zu den Bohrmuschelspuren. Sie ermöglichten auch die Besichtigung der Fossilspuren und Lackabzüge im Museum.

## 6. Literatur

- BÖSE, M., EHLERS, J., LEHMKUHL, F. (2018): Deutschlands Norden - Vom Erdaltertum zur Gegenwart. 201 S., Springer Verlag, Berlin.
- LEGLER, B. (2006): Faziesentwicklung im Südlichen Permbecken in Abhängigkeit von Tektonik, eustatischen Meeresspiegelschwankungen des Proto-Atlantik und Klimavariabilität (Oberrotliegend, Nordwesteuropa). Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 47, 1-108.
- LEGLER, B., SCHNEIDER, J.W., GEBHARDT, U., MERTEN, D. & GAUPP, R. (2011): Lake deposits of moderate salinity as sensitive indicators of lake level fluctuations: Example from the Upper Rotliegend saline lake (Middle-Late Permian, Northeast Germany). *Sediment Geology*, 234, 56-69.
- LUTHARDT, L., BREITKREUZ, C., SCHNEIDER, J.W., GAITZSCH, B., BRINK, J., STANEK, K.P., LINNEMANN, U., HOFMANN, M. & EHLING, B.C. (20): An andesitic sill complex in the Southern Permian Basin: volcanogenetic model and stratigraphic implications. *International Journal of Earth Sciences*, 109, 2447-2466. <https://doi.org/10.1007/s00531-020-01911-y>
- MÜLLER, A. (2011): Der Steinbruch Mammendorf NW Magdeburg – ein Felslitoral der unteroligozä-

nen Nordsee. *Geologica Saxonia Journal of Central European Geology*, 57, 3-120.

MÜLLER, A. (2013): Exkursionsführer zur Sitzung der Subkommission Tertiär-Stratigraphie, Leipzig.

MÜLLER, A., LEDER, R. M., HENNINGER, M. & BACH, F. (2014): Die Silberberg-Formation im Profil von Atzendorf bei Stassfurt (Egelter Nordmulde, Sachsen-Anhalt, Deutschland). *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, 36, 73-136.

MÜLLER, A., STOTTMEISTER, L., BLUMENSTENGEL, H. & ENDTMANN, E. (2017): Oligozäne Schichtenfolge und Biostratigraphie an der Bundesautobahn A14 bei Halle-Mödera. *Mauritiana (Altenburg)*, 31, 44-70.

WALTER, R. (2020): *Erdgeschichte*. 511 S., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

## 7. Anhang

### Anlage 7.1: Zuordnung der Probennummern

Probenbezeichnung	Abschnittshöhe in Profil 1 (cm)
1	0-20
2	20-30
3	30-50
4	50-70
5	70-90
6	90-110
7	110-130
8	130-148
Probenbezeichnung	Abschnittshöhe in Profil 2 (cm)
A	20-50
B	50-70
C	120-160

Anhang 7.2

Probe	Gewicht (g)	Maschenweite der Siebe (mm) und Siebrückstand (g)													Gewicht	
		63	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	<0,063	Summe (g)	Siebver- lust (g)	
1	2195	1120	356	70	27	25	47	79	194	131	131	37	25	2190	5	
2	3417	1261	1252	238	91	59	38	82	73	183	78	27	22	3404	13	
3	2058	0	1302	111	81	53	63	58	88	137	31	31	42	2051	7	
4	3585	1223	1004	232	64	84	66	72	155	318	67	67	94	3579	6	
5	4261	550	2060	426	223	120	63	47	125	125	53	53	71	4259	2	
6	5394	1938	2210	517	184	133	61	42	74	74	28	28	34	5391	3	
7	5304	3769	213	454	217	156	89	49	66	66	50	50	70	5296	8	
8	6267	1070	3161	556	343	305	92	55	134	134	62	62	45	6257	10	
A	3493	2008	339	193	135	89		50	144	275	97	60	38	3488	5	
B	4603	802	1879	344	190	124	79	60	228	399	228	140	119	4592	11	
C	5619	0	2624	1069	434	274	89	113	228	299	220	131	129	5610	9	

Anlage 7.3

Probe	Gewicht (g)	Maschenweite der Siebe (mm) und Siebrückstand (%)													Summe (%)
		63	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	< 0,063		
1	2190	51,14	16,26	3,61	3,20	1,23	1,14	2,15	3,61	8,86	5,98	1,69	1,14	100	
2	3404	37,04	36,78	6,99	2,67	1,73	1,12	2,41	2,14	5,38	2,29	0,79	0,65	100	
3	2051	0	63,48	5,41	3,95	2,58	3,07	2,83	4,29	6,68	4,14	1,51	2,05	100	
4	3579	34,17	28,05	6,48	1,79	2,35	1,84	2,01	4,33	8,89	5,59	1,87	2,63	100	
5	4259	12,91	48,37	10	5,24	2,82	1,48	1,10	2,93	8,57	3,66	1,24	1,67	100	
6	5391	35,95	40,99	9,59	3,41	2,47	1,13	0,78	1,37	2,13	1,02	0,52	0,63	100	
7	5296	71,17	4,02	8,57	4,10	2,95	1,68	0,93	1,25	1,55	1,53	0,94	1,32	100	
8	6257	17,10	50,52	8,89	5,48	4,87	1,47	0,88	2,14	3,98	2,96	0,99	0,72	100	
A	3488	57,57	9,72	5,53	3,87	2,55	1,72	1,43	4,13	7,88	2,78	1,72	1,09	100	
B	4592	17,47	40,92	7,49	4,14	2,70	1,72	1,31	4,97	8,69	4,97	3,05	2,59	100	
C	5610	0	46,77	19,06	7,74	4,88	1,59	2,01	4,06	5,33	3,92	2,34	2,30	100	

Anlage 7.4

Probe	Anteil je Korngröße [%] in Feinfraktion					Σ [%]	Anteil an Gesamtprobe [%]				
	>63 μm	>20 μm	>6,3 μm	>2 μm	<2 μm		>63 μm	>20 μm	>6,3 μm	>2 μm	<2 μm
1	9,46	60,13	20,98	6,41	2,33	99,31	0,11	0,69	0,24	0,07	0,03
2	9,23	58,70	24,10	5,80	1,55	99,38	0,06	0,38	0,16	0,04	0,01
3	8,13	53,98	29,17	6,46	1,70	99,44	0,17	1,11	0,60	0,13	0,03
4	7,57	52,37	29,82	6,86	2,81	99,43	0,20	1,38	0,78	0,18	0,07
5	6,26	52,84	30,51	8,73	1,02	99,37	0,10	0,88	0,51	0,15	0,02
6	5,65	47,13	34,03	10,58	2,16	99,54	0,04	0,30	0,21	0,07	0,01
7	5,59	57,81	29,18	5,51	1,37	99,45	0,07	0,76	0,39	0,07	0,02
8	9,98	63,21	21,09	4,33	0,72	99,32	0,07	0,45	0,15	0,03	0,01
A	9,14	60,18	21,82	6,70	1,50	99,34	0,10	0,66	0,24	0,07	0,02
B	10,43	60,26	22,02	5,73	0,90	99,34	0,27	1,56	0,57	0,15	0,02
C	6,68	47,61	34,12	9,21	1,92	99,54	0,15	1,09	0,78	0,21	0,04





