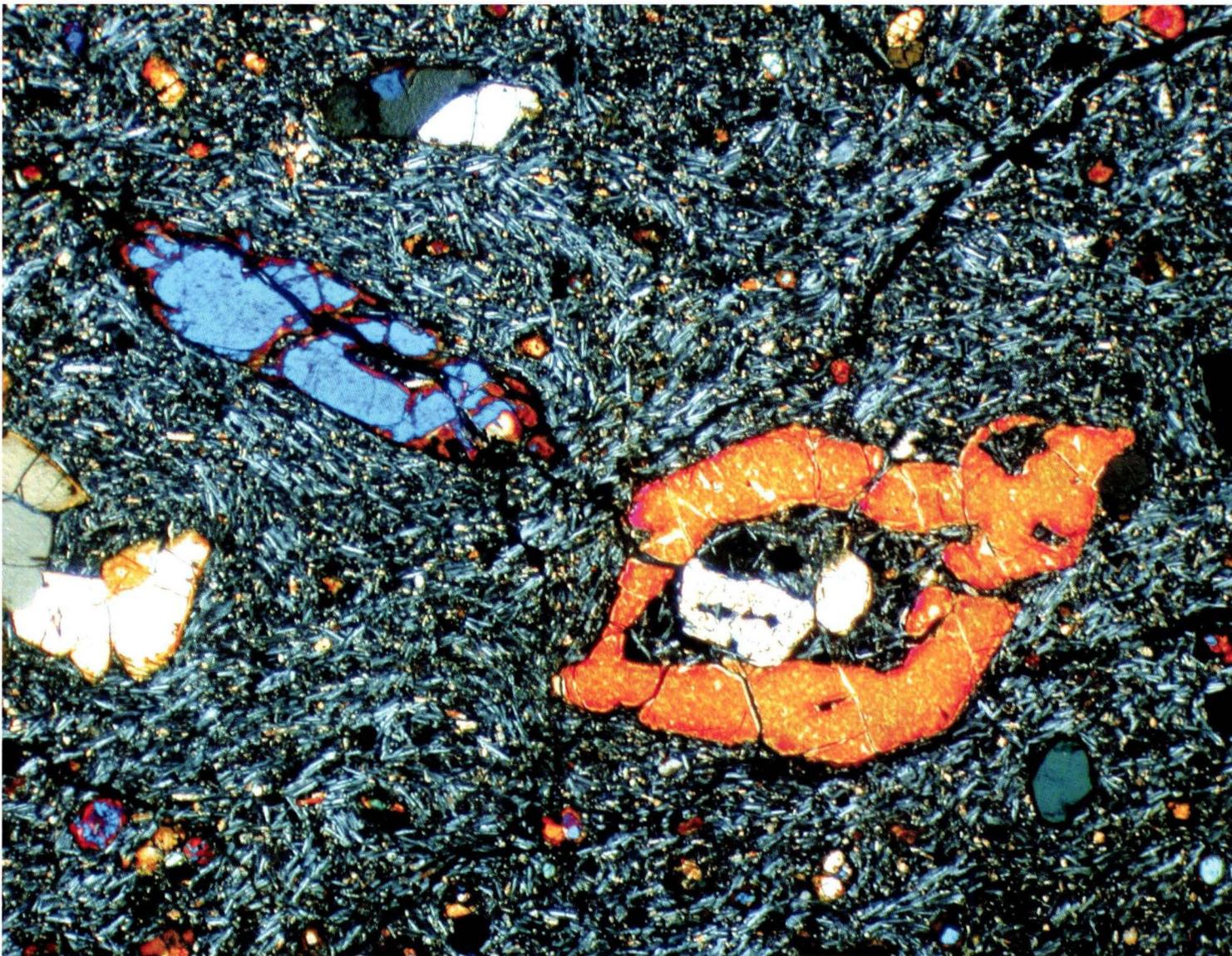




Band 138

# Geologisches Jahrbuch Hessen



Band 138

142 Seiten, 89 Abbildungen, 10 Tabellen, 1 Tafel, 2 Karten, 5 Anlagen; Wiesbaden 2014

ISSN 0341-4027

# Geologisches Jahrbuch Hessen



Hessisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie

*Für eine lebenswerte Zukunft*

[www.hlug.de](http://www.hlug.de)

Schriftleitung  
Dr. Fred Rosenberg  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingaustr. 186, 65203 Wiesbaden

Titelbild aus dem Beitrag EBERHARD KLEIN & THOMAS SCHINDLER  
Idiomorphe Olivin- und Pyroxenkristalle  
(Aufnahme: Dr. Schertl, Bochum)

Hinweis für Autoren  
Manuskripte sind entsprechend den „Bonner Anweisungen“ abzufassen:  
Richtlinie für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen.  
Ausgearbeitet von S. Horatschek und T. Schubert, 51 S.; Hannover 1998.  
Zu beziehen durch E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung  
(Nägele und Obermiller), Johannesstraße 3A, 70176 Stuttgart.

© Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2014  
ISSN 0341-4027

Printed in Germany

Für den Inhalt der Arbeiten sind die Autorinnen und Autoren allein verantwortlich.

Die in diesem Jahrbuch veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without permission of the publisher.

Redaktion: Prof. Dr. Adalbert Schraft, Monika Retzlaff

Layout: Monika Retzlaff

Vertrieb: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden  
Telefon: 06 11 6939-111  
Telefax: 06 11 6939-113  
E-Mail: [vertrieb@hlug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlug.hessen.de)

# Inhalt

HARALD ELSNER & UWE LEHMANN Das Gold der Eder – Geschichte mit Zukunft? .....	5
BENJAMIN HOMUTH, GEORG RÜMPKER & MATTHIAS KRACHT Mikroseismisches Monitoring im nördlichen Oberrheingraben, die Pilotstudie MonaSeis .....	15
HELGA GROOS-UFFENORDE & ARNOLD RABIEN † Zur Verbreitung pelagischer Ostracoden im Devon Deutschlands .....	37
HENNING UFFENORDE & GUDRUN RADTKE <i>Eucytherura myrsinae</i> n. sp. (Ostracoda, Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894) im Bereich des Bolboformen- Horizontes der Bohrung Wallau B98-BK5 (Unter-Oligozän, Mainzer Becken, Hessen) .....	49
CHRISTIAN HOSELMANN & ROUWEN LEHNÉ Die quartärgeologische Entwicklung und ein geologisches 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens .....	57
DOMINIK PECORONI, KLAUS FRIEDRICH, JANINA SEHR & MARKUS FUCHS Phosphorgehalte in hessischen Böden und Bodenausgangsgesteinen .....	75
EBERHARD KLEIN & THOMAS SCHINDLER Harmotom-besetzte Wurzeln im Oberoligozän von Breitscheid/Westerwald .....	95
GUDRUN RADTKE Nachruf Hans-Jürgen Anderle .....	109
KARL-JOSEF SABEL Nachruf Ernst Bargon .....	117
FRED ROSENBERG & HEINZ-DIETER NESBOR Nachruf Karl-Heinz Ehrenberg .....	121
FRED ROSENBERG & HEINER HEGGEMANN Nachruf Martin Hottenrott .....	125
HELGA GROOS-UFFENORDE & GUDRUN RADTKE Nachruf Arnold Rabien .....	131
STEPHAN HANNAPPEL & JOHANN-GERHARD FRITSCHÉ Nachruf Dietrich Rambow .....	135
INGA SCHLÖSSER-KLUGER Nachruf Witigo Stengel-Rutkowski .....	139

HARALD ELSNER<sup>1</sup> & UWE LEHMANN<sup>2</sup>

# Das Gold der Eder – Geschichte mit Zukunft?

## Kurzfassung

Die Goldgewinnung aus der nordhessischen Eder reicht bis in das Mittelalter zurück. Im 18. und 19. Jahrhundert wurden aus der Eder jährlich bis zu 500 g Gold ausgewaschen, die, sofern nicht außer Landes geschmuggelt, in der Münze zu Kassel zu Münzen verprägt wurden. Ein erster Versuch der kommerziellen Goldgewinnung in den Jahren 1832 bis 1835 scheiterte an falschen lagerstättengeologischen Ansätzen. 1991 wurde zum ersten Mal aus Kieswerken Edergold gewaschen.

Historische Daten weisen darauf hin, dass das Edergold in relativ großen Flittern auftritt und auch die Gehalte gegenüber anderen deutschen Flüssen deutlich erhöht sind. Jüngste Untersuchungen von aus Kieswerken in altpleistozänen Flussablagerungen in der Region Fritzlar gewonnenem Edergold bestätigen die historischen Daten und weisen auf teils abbauwürdige Goldkonzentrationen hin.

## Abstract

Alluvial gold has been extracted from the river Eder in northern Hesse since the Middle Ages. In the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> century up to 500 grams of gold were washed out annually. Those amounts not smuggled out of the country were minted to coins in Kassel. A first trial to commercialise gold mining between 1832 and 1835 was not successful due to a wrong understanding of the local economic geology. In 1991 for the first time Eder gold was washed out in active gravel works.

Historical data show that the Eder gold comes in coarse flakes and that the concentrations are much higher than in other German rivers. More recent studies of Eder gold washed out from sediments of Early Pleistocene age extracted in active gravel works in the Fritzlar region prove that the historic data are correct. Obviously locally concentrations are high enough to allow feasible mining of gold as a by-product.

## Inhaltsverzeichnis

1 Geschichte	5
2 Nutzung	8
3 Lagerstättengeologie	10
4 Die Kiessande im Raum Fritzlar	11
5 Ausblick	12
6 Schriftenverzeichnis	12

## 1 Geschichte

Die Eder entspringt auf rund 621 m ü. NN am Ederkopfe im Rothargebirge. Sie fließt von dort durch Nordhessen, unter anderem durch den zwischen 1908 und 1914 erbauten Stausee Edersee, um schließlich unweit Guntershausen nach 177 km Fließstrecke in die Fulda zu münden. Ab der Einmündung der

Lengel unterhalb der Burg Hessenstein (JÄGER 1997) bzw. der Orke bei Ederbringhausen, über ca. 55 km Fließstrecke, ist die Eder Gold führend.

Die Gewinnung von Gold aus der Eder reicht wahrscheinlich sehr weit zurück. Einige Forscher setzen hierfür sogar

<sup>1</sup> Dipl.-Geol. Dr. Harald Elsner (e-mail: harald.elsner@bgr.de), Fachbereich Geologie der Mineralischen Rohstoffe, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover

<sup>2</sup> Dipl.-Min. Dr. Uwe Lehmann (e-mail: Uwe.Lehmann2@smul.sachsen.de), Referatsleiter Rohstoffgeologie, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Halsbrücker Straße 31, 09599 Freiberg

die Zeit Karls des Großen an (GUTBERLET 1854). Sicherlich waren die Goldwäschen an der Eder älter, als die hierdurch angeregte Entdeckung der Primärlagerstätte, des Eisenbergs bei Korbach (s. Lagerstättengeologie), die in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts (1244) schon in Abbau stand. Die eluvialen Goldseifen am Osthang des Eisenbergs sollen bereits im 11. oder 12. Jahrhundert gewaschen worden sein. 1308 wurden sie erstmals urkundlich erwähnt. Vollständig gesichert sind Goldwäschereien an der Eder, aber auch an zahlreichen ihrer Zuflüsse, im 15. und 16. Jahrhundert, als auch der Höhepunkt der Berggoldgewinnung aus dem Eisenberg lag (FREIMUTH 1910, MASLING 1911, SCHNEIDER 1931).

GROTEFEND (1898) nennt Details über die Goldwäschereien an der Eder aus den Jahren 1461, 1462, 1471, 1580, 1581, 1609, 1677, 1689, 1694, 1753 und 1767. Nach MARCUS (1890) werden in Urkunden Goldwäschen an der Eder in den Jahren 1600, 1645, 1699, 1703, 1707 und 1708 erwähnt.

Die Mehrheit der Waschplätze befand sich in der Grafschaft Waldeck (1712–1918 Fürstentum) und im östlich an sie grenzenden Gebiet der Landgrafschaft Hessen-Kassel (1803–1806 sowie 1813–1866 Kurfürstentum Hessen). Sie lagen vom Austritt der Eder aus dem Gebirge an flussabwärts, begannen also etwa an der jetzigen Sperrmauer des Eder(stau)sees, wo die Strömungsgeschwindigkeit nachläßt, das Flußbett sich verbreitert und vielfach Schleifen sowie Inseln entstanden. Hier

fand eine natürliche Anreicherung der Goldflitterchen in den Sand- und Geröllbänken, den sog. Klanken, statt. Vor dem Bau der Edertalsperre sollen die Anwohner auch feinste Goldflitter im Gras der Ederwiesen gefunden haben, wo es nach Überschwemmungen hängen geblieben war.

Die Geschichte aller Orte von Affoldern an über Bergheim, Wellen, Wega u.a. auf waldeckschem Gebiet, sowie Fritzlar, Niedermöllrich und nicht zuletzt Altenburg bis Felsberg im Kurhessischen war eng mit dem Goldwaschen verknüpft (Abb. 1). Von den Einmündungen der Schwalm und der Ems an wurden die Ablagerungsbedingungen infolge der zunehmenden Verdünnung und der immer kleiner werdenden Goldflitter ungünstiger. Weiter oberhalb, im Bereich des heutigen Edersees, war das Flußbett zu eng, um größere Sandmengen abzulagern. Nur oberhalb Herzhausen weitet sich das Ittertal, der nördliche Zubringer des Goldes, etwas aus. Hier weist an der westlichen Bachseite der Name Scheuermühle (scheuern = waschen) auf eine alte Goldwäsche hin, wo 1709–1711 ein erfahrener Bergoberinspektor letztmalig erfolglos versucht hat, eine Goldgewinnung einzurichten (SPRUTH 1956).

Im Jahr 1729 besaß auch der Kurfürst von Köln eine Goldwäsche in der Region und zwar an der Hoppecke. Das hier gewonnene Waschgold wurde zur Verzierung eines aus einem Straußenei gefertigten Pokals genutzt, der im Kloster zu Breidelar aufbewahrt wurde (PAUL 1914).

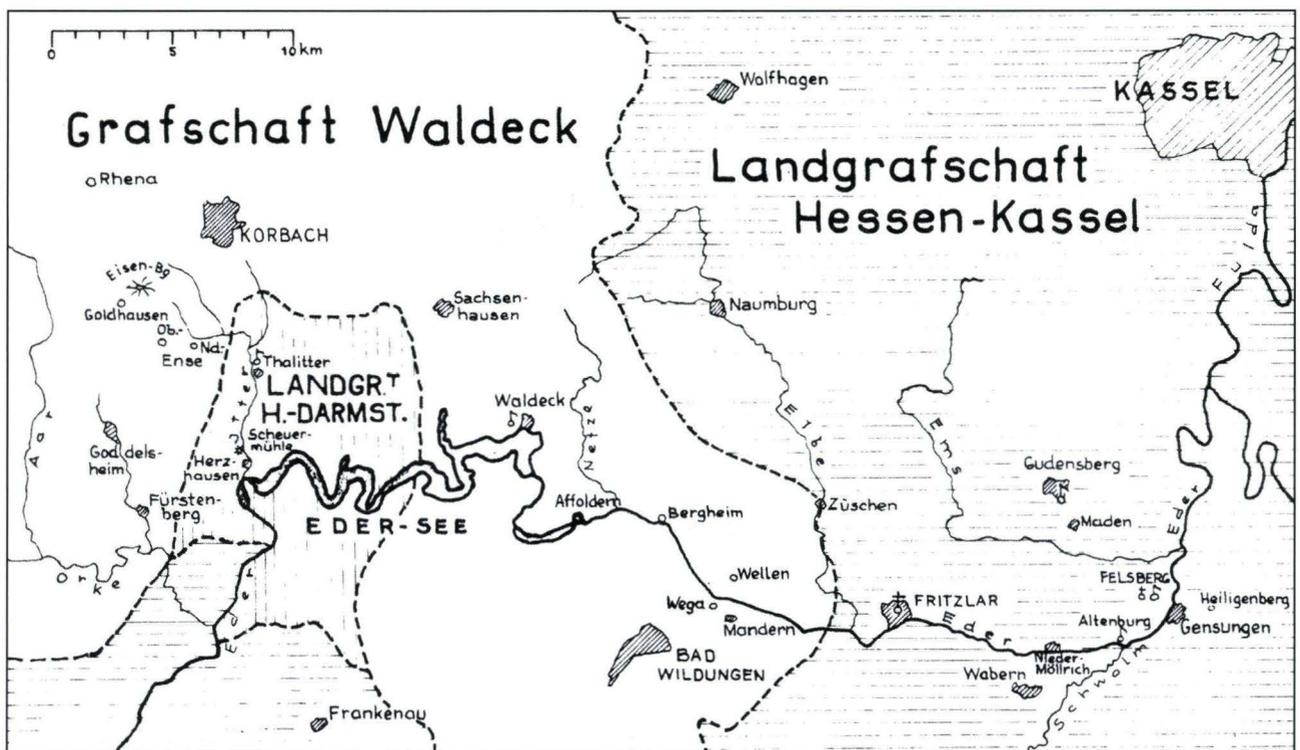


Abb. 1. Goldwaschstandorte an der Eder und Lage des Eisenbergs südwestlich Korbach (SPRUTH 1956).

Die Wäschereien an der Eder wurden sowohl von Einzelpersonen als auch kleinen Gewerkschaften betrieben. Besonders bekannt waren die „Sandwäscher“ von Affoldern, Altenburg und Wega, wo auch die ergiebigsten Waschplätze lagen. Die Gewerkschaften, deren Arbeiterzahl maximal 5–6 Personen betrug, hatten ihre Sitze hauptsächlich in Kassel, auch wenn sie auf waldeckischem Gebiet arbeiteten. Der Zehnte wurde an die jeweilige Landesregierung, das Gold aber nach Kassel eingeliefert (s. Nutzung). Die Gewinnung des Edergoldes erfolgte mittels einfacher Waschbänke oder -rinnen. Quecksilber zur Amalgamation wurde ab dem 12. Jahrhundert benutzt.

Aus einer alten Abrechnung (SCHÄFER 1993) geht hervor, dass innerhalb von 10 Wochen zwischen Mitte Juli bis Anfang Oktober 1708 von Goldwäschern zwischen Anraff und Bergheim im Waldeckischen an Flußbänken insgesamt 84 Pfund (= 39,29 kg) Schwermineralkonzentrat ausgewaschen wurden, die insgesamt  $6 \frac{1}{4}$  Lot (= 91,4 g) Gold enthielten. In der 2. Hälfte des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts sollen jährlich 5 bis 6 Lot Gold (a' 14,616 g) aus der Eder gewonnen und in die Münze nach Kassel abgeliefert worden sein. ENGELBRECHT (1760), immerhin ein Zeitzeuge, führt dagegen an, dass ein Goldwäscher allein in guten Jahren sogar 6–9 Lot Gold auswaschen könne. KIRCHHEIMER (1972) geht von maximalen Jahresausbeuten von einigen 100 g entlang der gesamten Eder aus. Auch andere Schätzungen belaufen sich auf durchschnittlich insgesamt 500 g jährliche Goldausbeute vom gesamten Flusslauf der Eder. Aus obigen Zahlen ableitend ist daher zu vermuten, dass – äquivalent zu allen anderen deutschen Goldwaschgebieten – nur ein Teil des in der Region ausgewaschenen Goldes die Münze des örtlichen Landesherren erreichte.

Das zeitweilig nur geringe Ansehen der Goldwäscherei an der Eder durch die Bevölkerung – was natürlich von den Landesherren ganz anders gesehen wurde – ergibt sich aus der Tatsache, dass während der Regierung des Landgrafen Carl von Hessen-Kassel (s. Nutzung) die Strafe der „Turmhaft“ durch „Arbeit in der Goldwäsche“ abgegolten werden konnte. Das von diesem Landgrafen erstmalig zu einem Ausbeutedukaten vermünzte Gold stammte von Obermöllrich; die oberhalb der Altenburg an der Eder betriebene Wäsche lieferte einige Jahre später, 1689, mit 160 g den höchsten für das 17. Jahrhundert nachweisbaren Einzeltrug (KIRCHHEIMER 1972).

Zur wirtschaftlicheren Ausbeute des Edergoldes wurde am 1. Mai 1832 durch den Königlich Portugiesischen Ingenieur-Obersten und Oberberghauptmann Wilhelm Ludwig Freiherr von Eschwege (1777–1855) in Kassel die „Hessisch-Waldeckische Compagnie zur Gewinnung des Goldes aus dem Edder-Flusse“ (auch: „... aus dem Edder-Flussgebiete“) gegründet (ESCHWEGE 1832). Freiherr von Eschwege hatte zuvor viele Jahre in Südamerika verbracht und dort auch die Gewinnung von Goldnuggets durch die Indianer und Siedler an den Flüssen Brasiliens beobachtet. Goldnuggets sind meist an der Basis des Geröllbetts der Flüsse angereichert, so dass

er davon überzeugt war, dass die in seiner Heimat betriebene Goldwäscherei durch Waschrinnen wenig produktiv war und verbessert werden konnte. Mit einem vorgesehenen Kapital von 400 000 Talern sollte das damals größte Unternehmen der Goldwäscherei in Mitteleuropa gegründet werden. Gezeichnet wurden rund 1 500 Aktien zu je 100 Talern, auf die jährlich 5 Taler Einzahlung erfolgen sollte. Als Aktionäre beteiligten sich der Fürst von Waldeck und der Kurprinz-Mitregent von Hessen als „höchste Protektoren“, viele Mitglieder des Hofes, hessische und waldeckische Adelige sowie angesehene Bürger der Region. Aufgrund völlig falscher lagerstättegeologischer Ansätze – das Edergold tritt fast nur in Form von fein verteilten Flittern und nur in sehr seltenen Ausnahmen in Form von Nuggets auf – ging die Gesellschaft schon im Mai 1835 in Liquidation. Nach Waschversuchen zwischen Bergheim und Mehlen im Gründungsjahr 1832 war ein Jahr später bei Bergheim in Waldeck ein mit über 60 Mann belegter maschineller Betrieb mit Pumpen zur Entwässerung von Gruben eingerichtet worden. Dieser erbrachte jedoch nicht den erhofften hohen Ertrag, sondern gewann aus 2 500 m<sup>3</sup> ausgewaschenem Sand insgesamt nur rund 330 g Waschgold (nach BEYSLAG & SCHRIEL (1923): 7 080 m<sup>3</sup> Sand bzw. 307 g Gold), das zur Ausprägung von Medaillen (s. Nutzung) verwendet wurde. Von dieser Gesamtmenge wurden allein im Hauptbetriebsjahr 1833 von der Gesellschaft nachweislich 18 Lot  $1 \frac{1}{4}$  Quentchen (= 302,1 g) Gold gewonnen (HOFFMEISTER 1857–1880).

Erwähnt werden sollte, dass zur Zeit der Belehnung aller Waschgründe an der Eder an die „Hessisch-Waldeckische Compagnie zur Gewinnung des Goldes aus dem Edder-Flusse“ zwei Waschgründe im Fürstentum Waldeck hiervon ausgenommen werden mussten, da zwei Familien aus Affoldern und aus Mandern ältere und weiterhin gültige Rechte nachweisen konnten.

Im gleichen Zeitraum, 1834, führte auch das Rheinisch-Westfälische Oberbergamt Bonn durch Oberbergat Nöggerath an der Diemel Goldwaschversuche aus (NOEGERRATH 1834). In einem Bericht dazu heißt es: „Das Gold ist in kleinen, sehr dünnen Blättchen in den Geschieben dieser Flußbette sehr verbreitet: Indeß ist es noch sehr zweifelhaft, ob die Quantität so groß sey, daß sie eine ökonomisch vortheilhafte Gewinnung zulassen wird.“ (WICKEREN 1958: S. 21). Aus 9,3 m<sup>3</sup> Kiessand konnten damals nur 144 mg Gold ausgewaschen werden.

Zumindest im Jahr 1854 sollen in Kurhessen noch private Goldwäscher aktiv gewesen sein (SCHNEEGANS 1909). Um 1860 ist dann auch die von einer Anglo-Waldeckischen Gesellschaft und einzelnen Anwohnern seit 1852 ohne wirtschaftlichen Erfolg bei Wega fortgesetzte Goldwäscherei – die nach MARCUS (1890: S. 162) Goldextraktionsversuche auch mittels Quecksilber durchführte – beendet worden und damit nach weit über 600jähriger Dauer die gewerbliche Goldgewinnung an der Eder insgesamt erloschen.

Letztmalig wurde eine „Probe von Gold aus dem Flusssand der Eder“ auf der Gewerbe-Ausstellung Gießen im Jahr 1914

gezeigt. Heute sind Proben von Edergold im Museum der Stadt Korbach zu bewundern.

Im Jahr 1991 prägte das Naturkundemuseum Dortmund in Zusammenarbeit mit den Kiesabbauunternehmen Irma Oppermann GmbH, Edertal und KIMM Sand-Kies-Betonherzeugnisse Fertigtbeton GmbH & Co. KG, Kassel, eine Ausbeutemedaille aus Edergold, das in den Jahren zuvor vornehmlich bei der versuchsweisen Aufbereitung von Feinanteilen aus den Kieswerken Niedermöllrich und Uttershausen (Abb. 2) angefallen war (s. Nutzung).

Hobby-Goldwaschen an der Eder ist auch heute noch möglich und wird in privaten Goldkursen gelehrt, die vornehmlich auf der Höhe von Mehlen stattfinden.

## 2 Nutzung

Die erste nachweisbare Nutzung von hessisch-waldeckischem Gold, nicht trennbar in Berggold aus dem Eisenberg bzw. Seifengold aus der Eder, lag in der Anfertigung von sakralen Kunstgegenständen sowie zur Ausprägung von Münzen durch die regionalen Landesherren (GAETTENS 1925, SCHMIEDER 1815).

Münzgeschichtlich ist dabei ein Dokument aus dem Jahr 1537 von Bedeutung, in dem es heißt: „*die muntze des goldes sol uns, Landgraf Philippsen, allein zustehn*“, ein Hinweis darauf, dass die Münzausprägung des Goldes aus dem Eisenberg und sicherlich auch aus der Eder stets nur in der Münze zu Kassel erfolgte. Die Grafen und späteren Fürsten zu Waldeck, die den Regenten in Hessen-Kassel huldigten, haben dagegen nur geringe Mengen für die Anfertigung von Schmuck und Tafelgeschirr behalten dürfen. Literaturangaben, wonach Graf Philipp II. von Waldeck bereits 1480 oder auch später, 1782, Fürst Friedrich Karl August von Waldeck, eigene Edergold-Dukaten schlagen ließen, sind nicht zutreffend. GRÖNEGREGG (1977) konnte jedoch nachweisen, dass zumindest die Ausprägung eines Edergold-Dukaten anlässlich des Baubeginns von Schloss Arolsen im Jahr 1713 durch Fürst Friedrich Anton Ulrich von Waldeck (1706–1728) geplant war, dann aber doch nicht verwirklicht wurde.

Erst 1677 wurde die erste Münze geprägt, auf der die Materialherkunft eindeutig vermerkt ist. Es handelt sich um den, soweit bekannt, nur in einem einzigen Exemplar überlieferten, sog. doppelten Golddukat des Landgrafen Carl von Hessen-Kassel (1670–1730). Diese Münze besitzt ein Gewicht von ca. 6,45 g, hat einen Durchmesser von 22,5 mm und zeigt auf der Rückseite, auf den hessischen Wappenschild gestützt, einen Flussgott im Schilf des Edertales liegend. Die Umschrift oben lautet: AN GOTTES SEGEN IST ALLES GELEGEN und unten im Abschnitt steht: AEDERA AVRIFLVA (= die Gold führende Eder). Auf der Vorderseite findet sich zudem: MONETA PRIMA AVREA AEDERAE AVRIFLVAE (= Erstes Geld aus Gold aus der Gold führenden Eder).



Abb. 2. Edergold aus dem Kieswerk Uttershausen (Foto: Ingo Löffler/Korbach).

Landgraf Carl ließ auch halbe und viertel Edergold-Dukaten schlagen, von denen heute aber keine Exemplare mehr erhalten sind. Diese Prägungen trugen auf der Rückseite die Bezeichnung: EDDER GOLD.

Der Sohn des Landgrafen Carl, Landgraf Friedrich I. (1730–1751), ließ 1731 ebenfalls halbe Edergold-Dukaten in drei Varianten prägen, und zwar aus Anlass der Erbhuldigung in seinen Stammlanden, nachdem er 1720 bereits zum König von Schweden gewählt worden war. Ob aus diesem Anlass auch Vierteldukaten aus Edergold geprägt wurden, ist unsicher. Die Schlagzahl des halben Edergold-Dukaten wird auf nur 500 Stück geschätzt, was der Jahresausbeute an Edergold eines Zeitraums von fünf Jahren entsprochen haben könnte. Die Herkunft aus Edergold ist eindeutig durch die Inschrift EDDER GOLD vermerkt (Abb. 3).

Obwohl Landgraf Wilhelm VIII., Nachfolger seines kinderlosen Bruders, Landgraf Friedrich I., keine Edergold-Dukaten ausprägen ließ, sind die Waschbetriebe sicherlich nicht unterbrochen worden. Erst Landgraf Friedrich II. (1760–1785) setzte dann 1775 die Prägung von Münzen aus Edergold fort. Die Rückseite des 3,45 g schweren Edergold-Dukaten aus diesem Jahr zeigt das Edertal zwischen Niedermöllrich und Felsberg



Abb. 3. Halber Edergold-Dukat von 1731, Foto: Fritz Rudolf Künker GmbH Co. KG/Osnabrück.

mit der Ruine Altenburg. Erneut ist der sich auf das hessische Wappen stützende Flussgott mit einem sich entleerenden Wasserkrug zu sehen. Die Umschrift lautet: SIC FULG(ent) LITORA AD RANAE AURI FLVAE (= So glänzen die Ufer der Gold führenden Eder) (Abb. 4).



Abb. 4. Edergold-Dukat von 1775 (www.coinarchives.com).

KIRCHHEIMER (1972) hat ermittelt, dass auf Befehl des Landgrafen vom 24. April 1775 insgesamt 405 Stück von 23 Karat 5 ½ Grän (977 ‰) aus etwa 1,5 kg des seit 1767 angesammelten Waschgoldes geschlagen wurden. Landgraf Friedrich II. hatte zuvor, im Jahr 1770, sogar noch 300 Taler zur Anschaffung neuer Gerätschaften für die Goldwäscher bewilligt, ohne dass hierdurch jedoch die Ausbeute wesentlich erhöht werden konnte (GROTEFEND 1898). Der für 1775 ebenfalls angedachte halbe Edergold-Dukat ist daher nicht ausgeprägt worden und nur nach Silber-, Kupfer- und Bronzeabschlägen bekannt.

Ein Jahr später, 1776, wurden aus dem restlichen Edergold dann auch noch winzige Miniaturdukaten (sog. Linsendukaten) im Werte von 1/32 Dukat (= 0,120–0,151 g Gewicht) und einem Durchmesser von nur 6,2–6,8 mm geprägt. Auf der Rückseite findet sich erneut die abgekürzte Umschrift SIC FVL LI AD A (= So erstrahlen die Ufer der Gold führenden Eder). Mit der Prägung dieser Miniaturdukaten endet bereits die Ausprägung von Münzen aus Edergold.

Zu den Medaillen aus Edergold zählt als Bekannteste eine private Ausprägung der „HESSISCH-WALDECKISCHE COMPAGNIE ZUR GEWINNUNG DES GOLDES AUS DEM EDDER-FLUSSE“ (s.o.), die im Mai 1835 in Liquidation ging (s. Geschichte). Die Gesellschaft hatte in den drei Jahren ihres Betriebes nur 330 g Waschgold gewinnen können, die nun der Kurprinz und Mitregent Friedrich Wilhelm von Hessen in der kurfürstlichen Münze zu Kassel zu einer Medaille im Gewicht eines halben Edergold-Dukaten (= 1,69 g) ausprägen ließ. Die Prägung des durch das atekundige Unterbleiben der Amalgamation („bloßes Feinwaschen“) von den Schwermineralien nicht völlig gereinigten Waschgoldes bereitete Schwierigkeiten und erforderte die Zumischung fremden Goldes. Letztendlich wurden 127 Stück dieser Medaille (Abb. 5) geschlagen und an die Aktionäre der Gesellschaft zu einem Preis von je 1 Taler

18 Groschen verkauft. Von dieser Medaille existieren auch Abschläge in Messing, Bronze und Kupfer.



Abb. 5. Edergold-Medaille von 1835 (www.coinarchives.com).

Die bisher letzte Medaille aus Edergold wurde 1991 in einer Schlagzahl von 106 Stück und einem „Dukatengewicht“ von 3,44 g durch das Naturkundemuseum Dortmund als Ausbeutemedaille geprägt (Abb. 6). Das hierfür benutzte Waschgold, ca. 350 g (HOMANN 2011), stammte aus der Wäsche von rund 160 t Feinanteilen aus Anlagenteilen (Sandschnecke, Schwingenschieber, Förderschnecke, Sandeindicker) der Aufbereitungsanlagen der Kieswerke Niedermöllrich und Uttershausen (s.o.). In diesen Kieswerken wurden jedoch nicht Kiessande aus der Ederau, sondern altpleistozäne Ederablagerungen (s.u.) verarbeitet. Die Eigentümerin des Kieswerks Uttershausen hatte schon früh Interesse an einer Analyse des Goldgehaltes in ihren Gruben gezeigt und ein Kasseler Ing.-Büro mit Untersuchungen beauftragt. Diese wurden dann später vom Naturkundemuseum Dortmund unter Leitung von Dr. Wolfgang Homann fortgesetzt und mit seiner Publikation im Jahr 2011 abgeschlossen.



Abb. 6. Edergold-Medaille von 1991 (VÖLCKER-JANSSEN 2002).

Edergold ist im Gegensatz zu Rheingold zurzeit (noch) nicht in größerem Umfang käuflich erwerbbar. Liebhaber sollen bis zu 200 € pro Gramm bezahlen. Aufgrund ihrer Seltenheit sind die Preise für Edergolddukaten – so sie denn überhaupt auf Auktionen angeboten werden – ebenfalls sehr hoch und liegen zwischen 1 500 bis 7 500 € für die Münzen und bei ca. 2 000 € für die Medaille von 1835.

### 3 Lagerstättengeologie

Das Edergold stammt vorwiegend, aber wie besonders HOMANN (1989, 2011) nachweisen konnte, keineswegs nur vom Eisenberg bei Korbach, bei dem es sich um eine der größten primären Goldlagerstätten Deutschlands handeln dürfte (KULICK et al. 1997). Auch im weiteren Umkreis des Eisenbergs sind primäre Goldvererzungen bekannt, so z.B. in den Zechsteinkonglomeraten der nördlich gelegenen Silberkuhle (JÄGER 1997). Auch die jüngeren eluvialen und alluvialen Seifen rund um den Eisenberg sind Gold führend und wurden in der Vergangenheit abgebaut.

Als wichtigste Gold führende Bäche rund um den Eisenberg nennen WICKEREN (1958) und KULICK (1968) die Netze, die Itter, die Wunne, die Mombecke, den Grenzbach bei Schmittlotheim, die Orke, die Aar, die Hoppecke und die Diemel. Nach SCHRAMMEL (1996) existierten vormals Goldwaschanlagen an der Orke, der Aar, der Mombecke, dem Winnenbach und der Rhena. Vornehmlich über die Itter als nördlichem und die zunächst in die Orke mündende Aar als westlichem Zubringer gelangte das Gold in die Eder, wo es besonders im rund 55 km langen Abschnitt zwischen Herzhausen-Altenbrunslar und Einmündung in die Fulda angereichert war und ausgewaschen wurde (Abb. 7).

Als durchschnittliche Gehalte an Gold in Ederablagerungen werden in der Literatur genannt:

- ESCHWEGE (1833): 260–775 mg Au/m<sup>3</sup> in den Ederkiesen, davon 7/8 gut auswaschbar, 37 mg Au/m<sup>3</sup> in den ärmsten Ederkiesen
- PAUL (1914): 62,9 g Au/m<sup>3</sup> im Edersand, ausgewaschen 1833

- BEYSCHLAG & SCHRIEL (1923): 43 mg Au/m<sup>3</sup>, ausgewaschen 1832–1835 bei Bergheim
- BEYSCHLAG & SCHRIEL (1923), RAMDOHR (1932), JÄGER (1987): 159–954 mg Au/m<sup>3</sup> in holozänen Ablagerungen der Eder
- SPRUTH (1956): 132 mg Au/m<sup>3</sup> in der Sandfraktion, ausgewaschen 1832–1835 bei Bergheim
- KIRCHHEIMER (1972): 42 mg Au/m<sup>3</sup> in der Sandfraktion
- PICKEL (1983) zitiert in HOMANN (2011): 7–209 mg Au/t in den unteren Eder-Schottern und 78–291 mg Au/t in den Deckschottern in den Aufsuchungsfeldern „Uttershausen“ und „Felsberg“
- SCHRAMMEL (1997): 20–40 mg Au/t in den Ederkiesen
- VÖLCKER-JANSSEN (2002): ca. 40 mg Au/m<sup>3</sup> in den Ederkiesen
- KIRCHHEIMER (1972): 2,13 % Au in einer Seife, ausgewaschen 1854 nördlich Wega
- SCHÄFER (1993): 0,23 % Au in Seifenkonzentrat, ausgewaschen 1708 zwischen Anraff und Bergheim bzw.
- BEYSCHLAG & SCHRIEL (1923): 15 mg Au/m<sup>3</sup> in Kiessand der Diemel, ausgewaschen 1833

Da die meisten der o.g. Autoren voneinander abgeschrieben haben dürften bzw. Umrechnungsfehler und Verwechslungen (t – m<sup>3</sup>) nicht auszuschließen sind, dürften die wahren Gehalte an Gold in den jungquartären Ablagerungen der Eder bei durchschnittlich 40 mg Au/m<sup>3</sup> Kiessand bzw. maximal 1 g Au/m<sup>3</sup> Kiessand liegen. Dies sind im Vergleich zu anderen deutschen Flüssen stark erhöhte Gehalte!

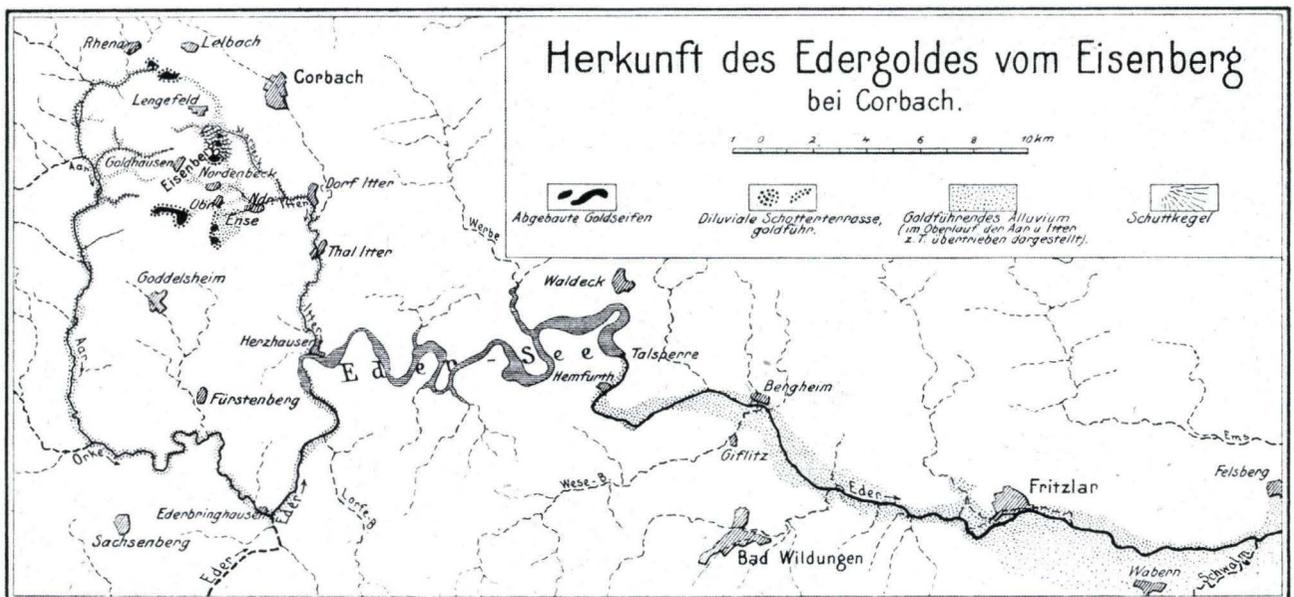


Abb. 7. Goldseifen im Entwässerungsgebiet des Eisenbergs bei Korbach (BEYSCHLAG & SCHRIEL 1923).

Ein Gehalt von 20 kg Au/t Schwermineralkonzentrat (Seife) erscheint dagegen aus heutiger Sicht unglauwbüdig.

Die GröÙe der Goldflitter in der Eder erreicht 0,640 mm, ihr durchschnittliches Gewicht soll 0,01 mg betragen (KIRCHHEIMER 1972). Nach HOMANN (frdl. mdl. Mitt.) können nur Goldflitter > 30 µm auf mechanischem Wege ausgewaschen werden – am Oberrhein liegt ein Großteil der Goldflitter unter diesem Grenzwert, an der Eder darüber! Dr. Homann selbst konnte in seinen Großwaschversuchen in den Kieswerken Uttershausen und Niedermöllrich (s.o.) sehr wenige Goldnuggets bis 4,2 mm Durchmesser feststellen (HOMANN 2011).

## 4 Die Kiessande im Raum Fritzlar

Von den alten Goldwäschern völlig unbeachtet blieben die altpleistozänen Ablagerungen der Eder. Diese lagern heute vor allem in dem bis zu 18 km breiten Senkungsgebiet der Nordhessischen Tertiärsenke, das sich zwischen Alfeld und Kassel erstreckt. Zu diesem Senkungsgebiet gehört auch die Zennerner Senke im Gebiet der Gemeinden Fritzlar – Felsberg – Wabern – Borken. Im Bereich dieser lokalen Senke befinden sich zu beiden Seiten der heutigen Eder zwei morphologisch auffällige Kiesterrassen mit Mächtigkeiten bis zu 60 m, die nördlich der Eder und westlich von Felsberg als Gudensberger Hügelland und südlich der Eder und westlich der Schwalm als Großenengliser Platte bezeichnet werden. Die hier lagernden, hochwertigen, in mehreren Gruben seit langem in Abbau stehenden Kiessande der Ur-Eder, aber auch der Ur-Schwalm, sind von überregionaler Bedeutung. Das 1991 zur Ausprägung von Edergoldmedaillen genutzte Edergold stammte aus diesen Kiessanden.

HOMANN (2011) zitiert unveröffentlichte Bergamtsberichte von PICKEL (1983), wonach dieser die Goldgehalte der Unteren Schotter und der Deckenschotter der Eder in den zwei bergrechtlichen Erlaubnisfeldern „Uttershausen“ und „Felsberg“ untersuchte. Hierbei wurden Gehalte von 7 bis 291 mg/t festgestellt.

Aus mehreren Kieswerken in dieser Region wurden nun erneut Proben auf ihren Goldgehalt hin untersucht. Die Aufbereitung der Proben erfolgte durch den Zweitautor in Freiberg/Sachsen, die Analyse der angereicherten Mineralkonzentrate in der BGR in Hannover.

Als Ergebnisse wurden sehr stark unterschiedliche Goldgehalte von wenigen Flittern bis 300 mg/t Kiessand ermittelt. Diese Varianz weist auf extrem unterschiedliche Sedimentations- und Ablagerungsbedingungen hin. In einigen Kieswerken ist jedoch offensichtlich eine Abbauwürdigkeit des Goldes – natürlich nur als Nebenprodukt der Kiessandgewinnung – gegeben, wie sie auch schon von Dr. Homann, s.o., vermutet wurde.

Als mineralogische Ergebnisse konnten in den neuen Untersuchungen festgestellt werden:

Die frühe Goldwäscherei an der Eder ging ausschließlich auf Seifen um. Diese bildeten sich vor allem in den Wintermonaten und nach Hochwässern an Kiesbänken, auf Inseln, in Buchten und in Altarmen neu. Die abbauwürdigen Seifen erreichten – wohl analog zum Rhein – bis 10 cm, maximal 20 cm Mächtigkeit sowie bis 200, maximal 300 m<sup>2</sup> Fläche. Das in den Seifen enthaltene Gold stammte aus der Erosion und Aufarbeitung älterer Ederablagerungen und dabei natürlich auch aus fossilen Seifen. Seit dem Abschluss der Bauarbeiten für den Ederstausee gelangt kein neues Gold in den unteren Flussabschnitt der Eder.

- Die aus den Kiessanden ausgewaschenen Goldflitter sind plattig, stengelig und isometrisch mit wulstigen Umrissen; vor allem kleinere Flitter sind zunehmend stengelig-wulstig bis isometrisch-wulstig (s. Abb. 8).
- Die Goldflitter besitzen zwischen ca. 20 und 550 µm maximale Länge; der Schwerpunkt der Korngrößenverteilung liegt zwischen 150 und 200 µm.
- Das durchschnittliche Flittergewicht beträgt 0,004 mg; die mittlere Flitterdicke 25 µm.
- Der Silbergehalt im Gold liegt unterhalb 0,5 M.-%.
- Die Schwermineralfraktion setzt sich aus sehr viel Zirkon (58 %), Ilmenit und Pyrophanit (23 %) sowie untergeordnet Chromit (7 %), Monazit (5 %) sowie Rutil (4 %) zusammen. Als weitere Schwerminerale treten, meist nur in Spuren (< 1 %) auf: Magnetit, Titanomagnetit, Xenotim, Gahnit, Cassiterit, Granat sowie Schörl.

In den Primärlagerstätten am Eisenberg liegt das Berggold in irregulärer, dendritischer oder isometrischer Form vor (KULICK et al., 1997). Während des langen fluviatilen Transportes bis zur Zennerner Senke wurden vor allem die größeren Gold-

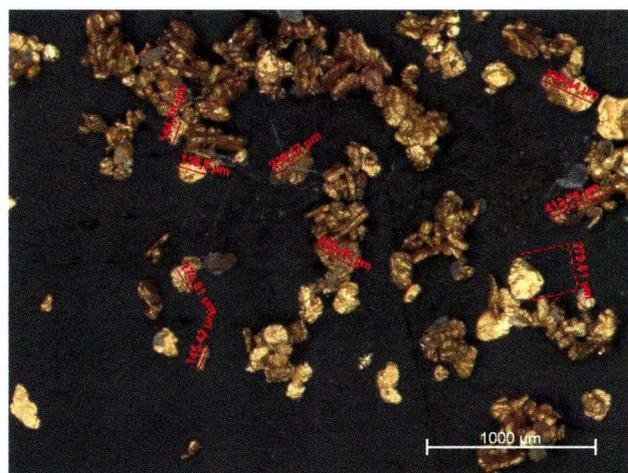


Abb. 8. Vermessung von Goldflittern aus den Kiessanden der Zennerner Senke unter dem Binokular (Foto: BGR).

partikel durch mechanische Einwirkung zu Goldflittern „breit gehämmert“ und plattig-wulstig verformt. Die oben erwähnten stengeligen und isometrischen Formen kleinerer Exemplare mit wulstigen Umrissen bei gleichzeitig weitgehendem Fehlen eckiger Umrisse deuten darauf hin, dass diese später durch Abschleifen/Anstoßen abgerundet wurden. Mit zunehmender Länge des Transportweges war auch eine Abnahme des mittleren Flittergewichts von 0,01 mg (s.o.) zu 0,004 mg verbunden. Der sehr geringe Silbergehalt des Goldes in den Kiessanden im Raum Fritzlar steht in Übereinstimmung mit den wenigen publizierten Analysen aus den letzten Jahrhunderten zur Silberführung des Edergoldes. Dieses enthält, je nach Entfernung vom Eisenberg, zwischen 95,7 % und 97,1 % (durchschnittlich 96,2 %) Au und 4,3 % (Berggold) bis abnehmend auf 2,9 % Ag. Für eine weitere wichtige Primärgoldlagerstätte im Raum Eisenberg, der Silberkuhle, ermittelte JÄGER (1997) sogar mittlere Gehalte von 11 % Ag.

Die Schwermineralführung in den Kiessanden der Zennerner Senke ist nur zum Teil durch ihr Liefergebiet, jedoch

stärker durch ihren hohen Verwitterungsgrad bestimmt. JÄGER (1997) führt Magnetit, Ilmenit, Hämatit, Limonit, Manganit, Jarosit, Granat, Zirkon (Hyazinth), Augit und Topas als Schwerminerale in den Edersandkonzentraten an. Nach RAMDOHR (1932) ist mit dem Auftreten von Clausthalit (einem wichtigen Begleiterzmineral im Eisenberg) und Sphalerit, den Fe-Mineralen Hämatit, Limonit, Goethit, Lepidokrokit und Magnetit sowie den Cu-Mineralen Bornit, Chalkopyrit und Chalkosin zu rechnen. JÄGER (1987) nennt als Schwerminerale in den Sanden der Eder Zinnober, Bravoit, Ilmenit, Markasit, Pyrit und Baryt bzw. Apatit, Granat, Turmalin, Epidot, Hornblende, Rutil, Staurolith, Titanit und Zirkon. HOMANN (2011) fand in der Eder bzw. den Ederkiesen: Hämatit, Granat, Olivin, Zirkon (Hyazinth), Titanit, Ilmenit, Turmalin, Limonit, Magnetit, Leukoxen, Rutil, Baryt, selten Epidot, Martit, Goethit, Augit, Hornblende, Anatas, Brookit, Cinnabarit, Gahnit, Galenit, selten Cassiterit sowie teils Jagdblei, magnetische Schlacken, Glasschlacken und Quecksilber.

## 5 Ausblick

Die Eder war über viele Jahrhunderte nicht unbedingt ein bedeutender, aber einer der bekanntesten Gold liefernden Flüsse Deutschlands. Die kommerzielle Gewinnung von Gold direkt aus der Eder ist jedoch schon vor über 150 Jahren eingestellt worden. Vor rund 20 Jahren konnte Dr. W. Homann vom Naturkundemuseum Dortmund aus altpleistozänen Ederkiesen im Raum Fritzlar zum ersten Mal Gold gewinnen und noch einmal zu Medaillen verprägen. Er nutzte dabei die einfache Tatsache, dass in heutigen Kieswerken im Vergleich zu früher viel größere Mengen an Kiessanden gewonnen, und

durch Waschung und Klassierung aufbereitet werden und sich dabei das feine Flussgold in einigen Anlagenteilen hoch anreichert. Neue Untersuchungen der altpleistozänen Ederkiese bestätigen, dass das dort vorkommende Edergold nicht nur gut abtrennbar, sondern in einigen Lokationen auch in bauwürdigen Mengen angereichert ist. Dabei sind die Gehalte deutlich höher als am Rhein, wo bereits in Rheinzabern bei Karlsruhe eine wirtschaftliche Goldabtrennung aus Kiessanden stattfindet, und damit auch die zu erwartende Ausbeute von weit höherer betriebswirtschaftlicher Bedeutung.

## 6 Schriftenverzeichnis

- BEYSCHLAG, F. & SCHRIEL, W. (1923): Das Gold der Eder. – Archiv für Lagerstättenforschung, **32**: 29 S., 5 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- ENGELBRECHT, J.P. (1760): Nachricht, auf was für Art und Weise in dem Fürstenthume Waldeck aus dem Sande des Edderflusses das feinste Gold gewaschen wird. – Hannoversche Beyträge zum Nutzen und Vergnügen, **17**: 257–272; Hannover.
- ESCHWEGE, W.L. v. (1832): Einladung zur Theilnahme an der Hessisch-Waldeckischen Compagnie zur Gewinnung des Goldes aus dem Edderflusse: 8 S., 1 Abb., 3 Anh.; Kassel.
- ESCHWEGE, W.L. v. (1833): Schreiben an den Herausgeber. – N. Jb. für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, Jg. **1833**: 320–321; Stuttgart.
- FREIMUTH, (1910): Das Vorkommen und die Gewinnung des Goldes im Fürstentum Waldeck und den angrenzenden preussischen Landesteilen. – Der Bergbau, **23**, 13: 145–147; Gelsenkirchen.
- GAETTENS, R. (1925): Die Münzen aus Edergold. – Festgabe den Teilnehmern am 4. Deutschen Münzforschertag zu Halle (Saale): 15–17, 1 Taf., Halle (Saale).
- GROTEFEND, W. (1898): Gold im Lande zu Hessen. – Z. für die Kulturpflege des Bezirksverbandes Hessen, **12**: 155–157, 6 Abb.; Marburg/Lahn.
- GRÖNEGRESS, H. (1977): Der Edergold-Dukaten des Fürsten Friedrich Anton Ulrich. – Waldeckischer Landeskalendar: 84–87, 4 Abb.; Korbach (Wilhelm Bing).
- GUTBERLET, W.K.J. (1854): Über das Vorkommen und die Aufbereitung des Edder-Goldes. – N. Jb. für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, Jg. **1854**: 15–25; Stuttgart.
- HOFFMEISTER, J.C.C. (1857–1880): Historisch-kritische Beschreibung aller bis jetzt bekannt gewordenen Hessischen Münzen, Medaillen und Marken in genealogisch-chronologischer Folge, 4 Bd.; Kassel-Paris-Hannover.
- HOMANN, W. (1989): Die sedimentären Goldvorkommen im Variszischen Gebirge, Teil 1: Zur Verbreitung und Herkunft des Seifengoldes im Nordteil des Ostrheinischen Schiefergebirges. – Dortmunder Beiträge zur Landeskunde: naturwissenschaftliche Mitteilungen, **23**: 49–92, 7 Abb., 2 Tab.; Dortmund.

- HOMANN, W. (2011): Die Goldvorkommen im Variszischen Gebirge, Teil IV: Gold und Schwerminerale aus dem Eisenberg-Edergebiet und benachbarten Regionen des Ostrheinischen Schiefergebirges. – Dortmund Beiträge zur Landeskunde: naturwissenschaftliche Mitteilungen, Beiheft **4**: 268 S., 121 Abb., 1 Anl.; Dortmund.
- JÄGER, B. (1987): Gold aus dem Eisenberg. Über die Goldvorkommen vom Eisenberg/Korbach und von der Eder. – Emser Hefte, **8**, 3: 39–48, 16 Abb.; Haltern.
- JÄGER, B. (1997): Eine hydrothermale Goldmineralisation im Zechsteinkonglomerat der Silberkuhle bei Korbach. – Geol. Jb. Hessen, **125**: 17–41, 14 Abb., 12 Tab.; Wiesbaden.
- KIRCHHEIMER, F. (1972): Erläuterter Katalog der deutschen Flussgold-Gepräge. – 100 S., 117 Abb.; Freiburg i. Br. (Kricheldorf-Verlag).
- KULICK, J. (1968): Erl. zur Geol. Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt Nr. 4179 Korbach: 272 S., 32 Abb., 8 Diagr., 15 Tab., 8 Taf., 2 Beibl.; Wiesbaden.
- KULICK, J., MEISL, S. & THEUERJAHR, A.-K. (1997): Die Goldlagerstätte des Eisenberges südwestlich von Korbach. – Geol. Abh. Hessen, **102**: 139 S., 47 Abb., 38 Tab., 18 Taf.; Wiesbaden.
- MARCUS, A. (1890): Beschreibung der Bergreviere Arnsberg, Brilon und Olpe sowie der Fürstenthümer Waldeck und Pyrmont: 250 S., 2 Karten, 6 Taf.; Bonn.
- MASLING, K. (1911): Die Erzlagerstätten des Fürstentums Waldeck. – Z. für Praktische Geologie, **19**: 375–377; Berlin.
- NOEGGERATH, J. (1834): Ueber das Vorkommen des Goldes in der Eder und in ihrer Umgebung. – Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Huettenkunde, **7**: 149–166; Berlin.
- PAUL, C. (1914): Vom Goldbergbau am Eisenberg und an der Eder. – Waldeckische Landes-Zeitung, **28**, 134 S.; Korbach.
- PICKEL, H.J. (1983): 1. Ergebnisbericht vom 25.4.1983 über die bisher durchgeführten Aufsuchungsmaßnahmen (zum Eder-Seifengold). – Berichtsentwurf für das Bergamt Kassel: 72 S., 7 Abb., 2 Tab., Kartenbeil.; Kassel (unveröff.).
- RAMDOHR, P. (1932): Die Goldlagerstätte des Eisenbergs bei Corbach.– Abh. zur praktischen Geologie und Bergwirtschaftslehre, **21**: 39 S., 4 Abb., 8 Taf.; Halle (Saale).
- SCHÄFER, K. (1993): Die Geschichte des Goldbergbaus am Eisenberg bis zum Ende des 17. Jahrhunderts: 120 S., 7 Abb.; Korbach (Selbstverlag).
- SCHMIEDER, C.C. (1815): Ederdukaten. – in: Nachtrag zu dem Handwörterbuch der gesammten Münzkunde für Münzliebhaber und Geschäftsleute: 49–50; Halle und Berlin.
- SCHNEEGANS, E. (1909): Eder-Gold. – Mitteilungen aus Geschichte und Heimatkunde des Kreises Biedenkopf, **3**, 7: 25–26 u. 36; Biedenkopf (Geschichtsverein).
- SCHNEIDER, L. (1931): Das Edergold vom Waldecker Eisenberg. – Z. für die Kulturpflege des Bezirksverbandes Hessen, **42**: 114–118; Marburg/Lahn.
- SCHRAMMEL, M. (1996): Der Goldbergbau an der Eder. – Beiträge zur Stadtgeschichte, **11**: 32 S., 23 Abb.; Fritzlar (Geschichtsverein).
- SCHRAMMEL, M. (1997): Der Goldbergbau an der Eder. – in: Magistrat der Stadt Borken (Hrsg.): 2. Montanhistorisches Kolloquium – Die hessisch-lateinamerikanischen montanhistorischen Beziehungen vom 16. bis zum 20. Jahrhundert: 82–86; Borken (Magistrat).
- SPRUTH, F. (1956): Die Edergold-Dukaten. – Beiträge zur Münzkunde in Hessen-Kassel, **3**: 11 S., 9 Abb.; Kassel (Numismatische Gesellschaft).
- VÖLCKER-JANSSEN, W. (2002): Geologie und Bergbaugeschichte im Museum Korbach. – in: LEHRBERGER, G. & VÖLCKER-JANSSEN, W. (Hrsg.): Gold in Deutschland und Österreich. Beiträge der Arbeitstagung im Museum Korbach am 9. und 10. September 2000. – Museumshefte Waldeck-Frankenberg, **21**: 29–59, 32 Abb.; Korbach.
- WICKEREN, K.V. (1958): Über den Goldbergbau in Waldeck und Westfalen. – Der Anschnitt, **10**, 1: 19–21, 4 Abb.; Bochum.

Manuskript eingegangen am 24.7.2012, angenommen am 28.8.2012.

BENJAMIN HOMUTH<sup>1</sup>, GEORG RÜMPKER<sup>2</sup> & MATTHIAS KRACHT<sup>3</sup>

# Mikroseismisches Monitoring im nördlichen Oberrheingraben, die Pilotstudie MonaSeis

## Kurzfassung

Im Rahmen der MonaSeis-Pilotstudie konnten geeignete Stationsstandorte in der dicht besiedelten Rhein-Main-Region gefunden und erste Aussagen über die lokale Seismizität getroffen werden. Zur Registrierung der lokalen Seismizität wurden zwischen November 2010 und September 2011 im nördlichen Oberrheingraben 12 seismische Stationen betrieben. Das Netzwerk deckte eine Region von ca.  $50 \cdot 60 \text{ km}^2$  südlich des Taunus ab. Es konnten insgesamt 41 Ereignisse lokalisiert werden, von denen etwa 14 in unmittelbarer Nähe des Stationsnetzes liegen. Die Detektionsschwelle lag etwa bei einer Lokalmagnitude von 1,0; es konnten Erdbeben mit Magnituden von 0,9 bis 4,4 registriert werden. Über 60 % der Epizentren liegen nordwestlich des Untersuchungsgebietes, im Raum Wiesbaden/Taunus und im Bereich der östlichen Grabenschulter des Oberrheingrabens. Die Seismizität erstreckt sich bis in

eine Tiefe von 21 km mit einem ausgeprägten Schwerpunkt im Bereich von 10 bis 15 km. Die zugehörigen Herdflächenlösungen weisen überwiegend Blattverschiebungen (*Strike-slip*) auf. Es wurden  $V_p/V_s$ -Verhältnisse anhand von Wadati-Diagrammen erstellt und ein mittlerer Wert von  $1,74 \pm 0,07$  ermittelt. Untersuchungen der Rauschbedingungen zur Bewertung der Eignung der Stationsorte für das Aufzeichnen der natürlichen Seismizität lieferten bei den Stationen auf felsigem Untergrund sehr gute spektrale Eigenschaften, während alle Stationen im Sediment des Oberrheingrabens deutlich höhere Rauschanteile aufzeigten. Für die beiden stärksten Ereignisse im Aufzeichnungszeitraum konnten eine makroseismische Untersuchung anhand von Erfahrungsberichten und Rückmeldungen auf Fragebögen durchgeführt und Intensitätskarten erstellt werden.

## Abstract

In the framework of the MonaSeis pilot study appropriate locations of seismic stations in the densely populated Rhine-Main region were found and initial statements on the local seismicity could be drawn. 12 seismic stations operating in the northern Upper Rhine Graben were used for the registration of the local seismicity between November 2010 and September 2011. The network covered an area of about  $50 \cdot 60 \text{ km}^2$  south of the Taunus Mountains. A total of 41 events were located, of which about 14 events occurred within the immediate vicinity of the station network. The detection threshold amounts to approximately a local magnitude of 1.0, earthquakes with magnitudes of 0.9 to 4.4 were recorded. About 60 % of the epicenters are located northwest of the study area, as well as in the Wiesbaden/Taunus area and along the eastern graben shoulder of

the Upper Rhine Graben. The seismicity extends to a depth of 21 km with a pronounced maximum in the range between 10 and 15 km. The associated fault plane solutions show predominantly strike-slip mechanisms.  $V_p/V_s$  ratios were calculated based on Wadati diagrams and an average value of  $1.74 \pm 0.07$  was derived. Investigations of the noise conditions to assess the suitability of the station locations for the recording of natural seismic events delivered very good spectral properties at stations on solid ground, while all stations on the sediments of the Upper Rhine Graben show significantly higher noise ratios. For the two strongest events during the recording period, a macroseismic investigation based on field reports and questionnaires was conducted and intensity maps were created.

<sup>1</sup> B. Homuth (e-mail: homuth@geophysik.uni-frankfurt.de), Facheinheit Geophysik, Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, Altenhöferallee 1, 60438 Frankfurt am Main

<sup>2</sup> Prof. Dr. G. Rümpker (e-mail: rumpker@geophysik.uni-frankfurt.de), Facheinheit Geophysik, Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, Altenhöferallee 1, 60438 Frankfurt am Main

<sup>3</sup> Dr. M. Kracht (e-mail: matthias.kracht@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	16
1.1	Verwendete Messgeräte	16
1.2	Stationsnetzwerk	17
1.2.1	Standortwahl	17
1.2.2	Aufbau der Messstationen	17
1.2.3	Stationsbetrieb	17
2	Datenanalyse	18
2.1	Messwertaufnahme	18
2.2	Datenbearbeitung	19
3	Ergebnisse	20
3.1	Lokale Erdbeben	20
3.1.1	Lokalisierung	20
3.1.2	Herdflächenlösungen	24
3.1.3	$V_p/V_s$ -Verhältnis	26
3.2	Untersuchung der lokalen Bodenunruhe	26
3.3	Makroseismik	31
4	Schlussfolgerung und Ausblick	34
5	Schriftenverzeichnis	35

## 1 Einleitung

Detaillierte Kenntnisse zur natürlichen Seismizität sind notwendig, um Rückschlüsse auf aktive Störungszonen und Spannungsverhältnisse im Untergrund zu ziehen. Ausgangspunkt des hier beschriebenen Pilotprojekts MonaSeis (**M**onitoring der **n**atürlichen **S**eismizität) ist das zunehmende Interesse an der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens. MonaSeis war eine gemeinsame Vorstudie der Johann-Wolf-

gang-Goethe-Universität Frankfurt (Institut für Geowissenschaften, Facheinheit Geophysik) und dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (Hessischer Erdbebendienst) zu dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekt SiMoN („Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens“).

### 1.1 Verwendete Messinstrumente

Für die Messungen der natürlichen Seismizität im nördlichen Oberrheingraben wurden Mark L-4C-3D Sensoren und EDL-Datenlogger (Earth Data Logger) des GFZ-GIPP (GeoForschungsZentrum – Geophysikalischer Instrumenten Pool Potsdam) verwendet.

Beim Mark L-4C-3D Seismometer handelt es sich um einen kurzperiodischen 3-Komponenten-Sensor mit einer Eigenfrequenz von 1 Hz (Abb. 1).

Die PR6-24-Datenlogger des Herstellers Earth Data (Abb. 2) dienen zur Datenaufzeichnung und beinhalten eine 40-GB-Festplatte zum Abspeichern der Wellenformdaten.



Abb. 1. Mark L-4C-3D Sensor.



Abb. 2. EDL-Datenlogger.

Sie befinden sich in wetterbeständigen Gehäusen und gelten als äußerst robust. Über eine Ethernet-Schnittstelle kann per PC

auf diverse Einstellungen des Datenloggers zugegriffen und die aktuellen Messungen können überwacht werden.

## 1.2 Stationsnetzwerk

### 1.2.1 Standortwahl

Die Wahl eines geeigneten Standorts für die Messung der Bodenbewegung ist von großer Bedeutung, um etwaige Störeinflüsse zu minimieren und eine möglichst exakte Messung zu gewährleisten. Bei der Standortwahl sollten die folgenden Faktoren berücksichtigt werden: Temperatur, Luftdruck, Magnetfelder, Luftbewegungen im Gehäuse und anthropogene Einflüsse wie Verkehr oder Frequentierung des Messraumes. Temperatur und Luftdruck sollten über den Messzeitraum konstant sein. Das Gehäuse sollte evakuiert sein, um den Effekt der Brownschen Wärmebewegung der seismischen Masse zu minimieren. Im Idealfall sollte der Sensor vor magnetischen Feldern abgeschirmt werden. All diese Einflussgrößen können Auswirkungen auf die Messungen haben und somit Einflussgrößen erzeugen.

### 1.2.2 Aufbau der Messstationen

Um die Störsignale so gering wie möglich zu halten, wurden abgelegene Standorte zur Installation der Messgeräte gesucht. Der Sensor (Mark L-4C-3D) wurde in Nordrichtung ausgerichtet und austariert. An den Sensor wurde dann der EDL-Datenlogger über ein Seismometerkabel angeschlossen.

Außerdem erfolgte noch eine GPS-Installation, um die genauen Zeiten zur Synchronisation mit anderen Stationen zu registrieren. Der Datenlogger wurde mit einer Spannung von 12 V über einen Akkumulator versorgt, welcher wiederum über ein Ladegerät mit dem örtlichen Stromnetz verbunden war (Abb. 3).

Die Daten des Sensors wurden im EDL-Datenlogger auf eine Festplatte gespeichert und in regelmäßigen Abständen ausgelesen. Die Abtastrate für die Registrierungen wurde auf 200 Hz gesetzt.

### 1.2.3 Stationsbetrieb

Die seismologischen Stationen der MonaSeis-Pilotstudie wurden im Zeitraum von November 2010 bis September 2011 betrieben. Es wurden Daten von 12 seismologischen Stationen ausgewertet, die ein  $50 \cdot 60 \text{ km}^2$  großes Gebiet überdeckten, vom Taunus im Norden über das dicht besiedelte Rhein-Main Gebiet bis hin zum hessischen Ried (Abb. 4). Zusätzlich wurden Daten der Permanentstation TNS (Station des deutschen Regionalnetzes GRSN) auf dem Feldberg im Taunus ausgewertet, welche von der Goethe-Universität Frankfurt und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) betrieben wird.

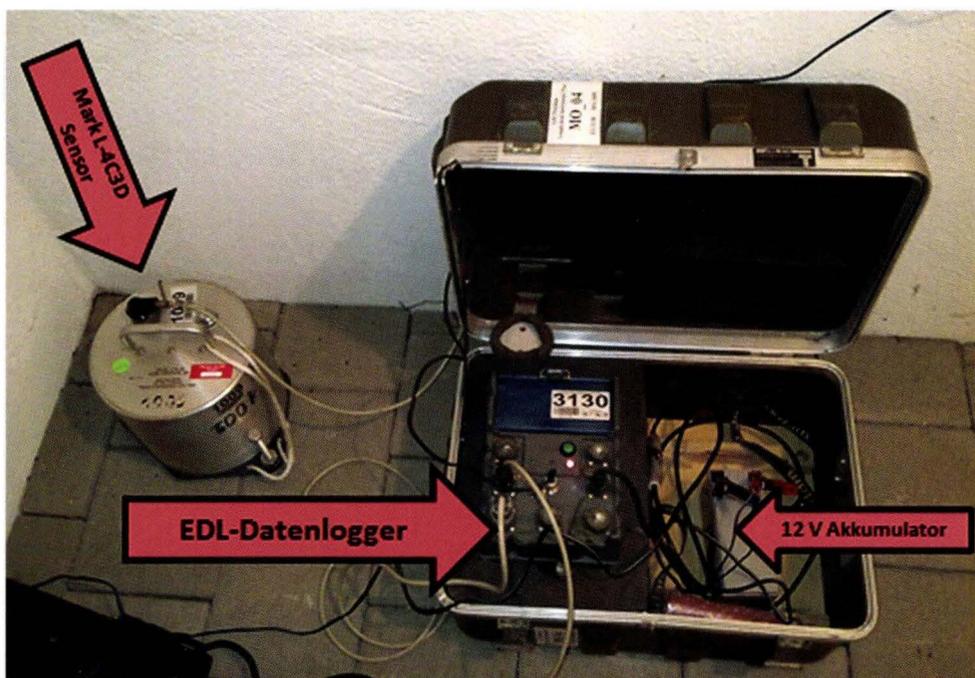


Abb. 3. Typischer Aufbau einer Messstation der MonaSeis-Pilotstudie.

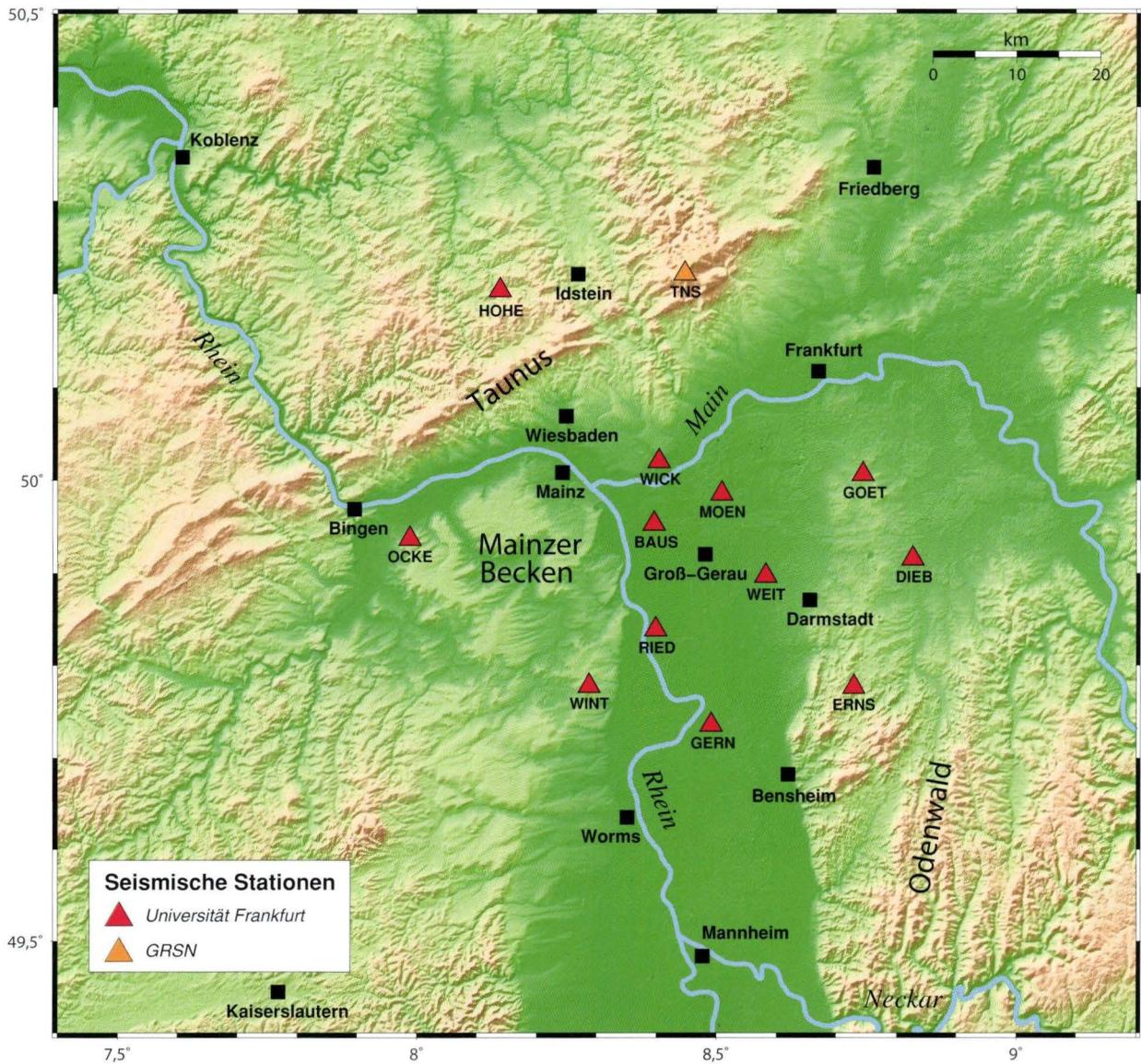


Abb. 4. Seismologisches Netzwerk im Bereich des nördlichen Oberrheingrabens, November 2010 bis September 2011 (rote Dreiecke: MonaSeis-Messstationen, oranges Dreieck: GRSN-Station TNS).

## 2 Datenanalyse

### 2.1 Messwertaufnahme

Die Daten der 12 Messstationen wurden in regelmäßigen Abständen von 1 bis 2 Monaten von den Festplatten ausgelesen und an der Universität Frankfurt archiviert. Sie wurden dann an das GFZ in Potsdam weitergeleitet, um dort in das GEOFON Datenarchiv unter der Netzwerkbezeichnung X6 eingebunden zu werden. Mittels einer *breqfast*-Anfrage beim GFZ konnten

die Daten angefordert und vom FTP-Server des GFZ geladen werden. Zusätzliche Daten der GRSN-Permanentstation TNS auf dem Feldberg im Taunus konnten ebenfalls per *breqfast*-Anfrage angefordert werden. Diese Anfrage musste an die Datenbank der BGR gestellt werden. Hier lagen die Daten im GSE2.0 Format vor.

## 2.2 Datenbearbeitung

Die Durchsichtung der Wellenformdaten nach lokalen Erdbeben erfolgte mit einem Triggerprogramm. Dabei wurde ein STA-LTA (*Short Time Average über Long Time Average*) Trigger verwendet, der die Vertikalkomponente nach lokalen Ereignissen abtastet. Dieser Triggeralgorithmus basiert auf einem Vergleich der kurzzeitigen durchschnittlichen Amplitude (STA = 3 Sekunden langes Zeitfenster) mit der langfristigen durchschnittlichen Amplitude (LTA = 30 Sekunden langes Zeitfenster). Erreicht der so bestimmte Wert einen vorgegebenen Mindestwert (hier 2,0), so löst der Trigger aus, und es wird ein ca. 2 Minuten langes Zeitfenster um den getriggerten Zeitpunkt aus den Wellenformdaten ausgeschnitten. Um die lokalen Erdbeben besser mit dem Trigger zu erfassen, wurden die Daten mit einem Bandpassfilter mit den Eckfrequenzen 5 Hz und 50 Hz gefiltert. Nach manueller Durchsicht aller

getriggerten Ereignisse wurden die als Erdbeben identifizierten Ereignisse einer Routineauswertung mit dem Programmpaket SeisAn (HAVSKOV & OTTEMÖLLER 1999) unterzogen, welches den Lokalisierungsalgorithmus HYPOCENTER nach LIENERT & HAVSKOV (1995) implementiert hat. Dazu werden die jeweiligen P- und S-Phaseneinsätze für jede Station und jedes Ereignis bestimmt. Für eine spätere Magnitudenberechnung werden zusätzlich die Amplituden der simulierten Wood-Anderson-Wellenformen der horizontalen Komponenten des Seismogramms benötigt. Abbildung 5 veranschaulicht die Datenqualität. Es wird das Seismogramm eines Erdbebens einer Lokalmagnitude von  $M_L = 1,9$  in einer Entfernung von 15,25 km an der Station DIEB dargestellt, mit eindeutigen P- und S-Einsätzen.

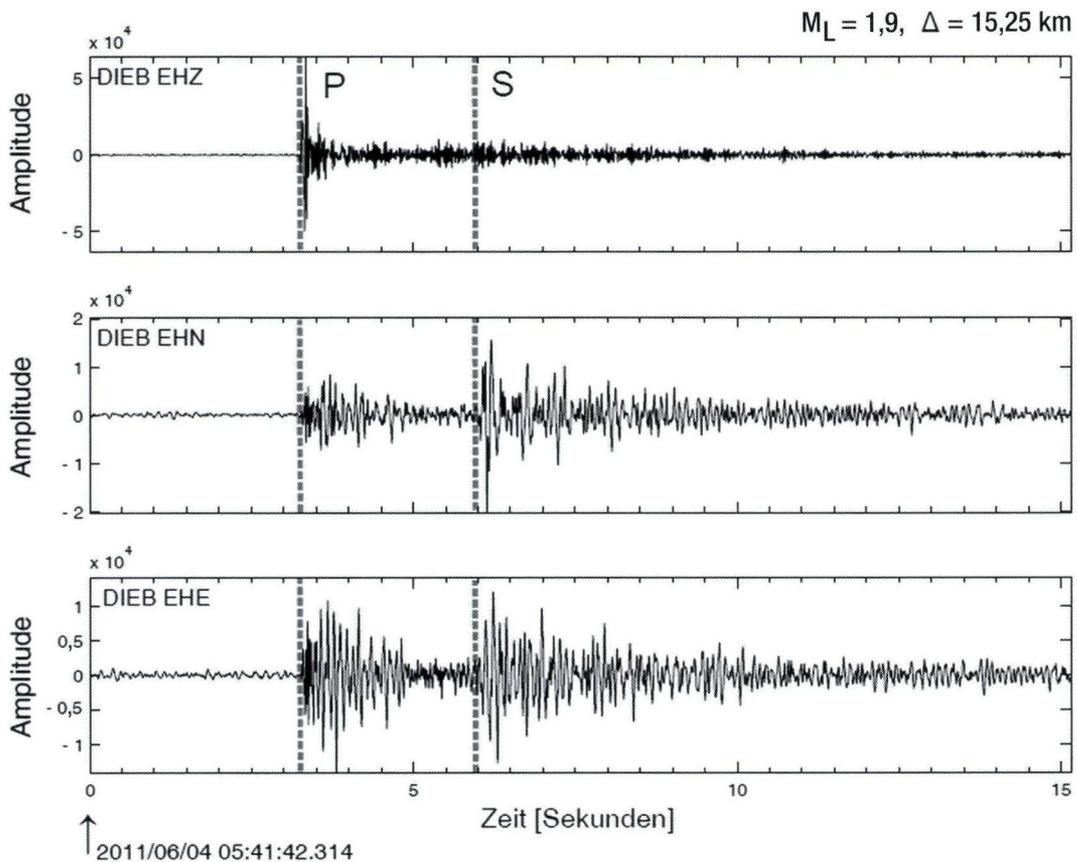


Abb. 5. Datenbeispiel eines Bebens vom 4. Juni 2011 in der Nähe von Dietzenbach, registriert an der Station DIEB; Lokalmagnitude  $M_L = 1,9$  in einer Entfernung von 15,25 km.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Lokale Erdbeben

#### 3.1.1 Lokalisierung

Nachdem für alle getriggerten Erdbeben die Phaseneinsätze gepickt und die Amplituden bestimmt wurden, konnte unter Verwendung des IASPEI91-Geschwindigkeitsmodells (KENNETT & ENGDahl 1991) eine Lokalisierung der lokalen Erdbeben mit SeisAn durchgeführt werden (siehe Abb. 6).

Von 69 detektierten Ereignissen konnten 41 Beben lokalisiert werden, deren Epizentralverteilung in Abbildung 7 dargestellt ist. Sprengungen wurden aus dem Datensatz auf Grund ihrer charakteristischen Wellenformen heraus genommen. Von diesen Beben liegen etwa 14 im unmittelbaren Bereich des Stationsnetzes (siehe Tabelle 1). Die 28 Beben, die nicht lokalisiert werden konnten, waren zum größten Teil Beben mit sehr geringen Magnituden, die nur an einzelnen Stationen detektiert wurden.

Um eine verlässliche Lokalisierung zu gewährleisten, müssen jedoch mindestens drei Stationen ein verwertbares Signal aufgezeichnet haben. Zur Lokalisierung wurden die Ankunftszeiten der P-Wellen auf der Vertikalkomponente und der S-Wellen auf den Horizontalkomponenten manuell auf den

ungefilterten Seismogrammen (zur Vermeidung von Phasenverschiebungen) bestimmt. Bei der Bestimmung des P-Einsatzes war es möglich, die Einsatzzeiten mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,05$  s zu bestimmen, bei den S-Wellen konnte ein Wert von  $\pm 0,1$  s erreicht werden. Dieser Unterschied hängt mit dem geringeren Frequenzgehalt der S-Wellen und nicht immer eindeutigen Phaseneinsätzen aufgrund der P-Wellen-Coda zusammen. Das Programmpaket SeisAn berechnet einen Lokalisierungsfehler (RMS) basierend auf der Netzwerkgeometrie und den Residuen der berechneten Ankunftszeiten. Für die Ereignisse in Netzwerknähe erreicht dieser RMS Werte von 0,2 bis 0,4 Sekunden, für die Ereignisse außerhalb des Netzwerkes steigt dieser Wert an. Die Anzahl an verwendeten Messstationen zur Lokalisierung nimmt mit steigender Magnitude zu. Die schwächsten Ereignisse ( $M_L = 1,0$ ) konnten meist nur mit 3 bis 5 Stationen detektiert werden, stärkere Ereignisse ( $M_L = 2,0$ ) konnten fast immer mit allen Stationen lokalisiert werden.

Die Magnitudenbestimmung erfolgte nach der Formel von HUTTON & BOORE (1987):

$$M_L = a \cdot \log(\text{amp}) + b \cdot \log(\text{dist}) + c \cdot \text{dist} + d$$

wobei *amp* die maximale horizontale Amplitude in nm einer Wood-Anderson-Simulation des aufgezeichneten Seismogramms und *dist* die Hypozentraldistanz in km ist. Da für das Untersuchungsgebiet bisher keine eindeutigen Kalibrierungsparameter (*a*, *b*, *c* und *d*) bekannt sind, wurden die in SeisAn vorgegebenen Standardwerte nach ALSAKER et al. (1991) verwendet:

$$a = 1,0, \quad b = 0,91, \quad c = 0,00087 \quad \text{und} \quad d = 1,67.$$

Die Detektionsschwelle lag etwa bei einer Lokalmagnitude von 1,0; es konnten Erdbeben mit Magnituden von 0,9 bis 4,4 registriert werden. Die Mehrheit der Epizentren liegt nordwestlich des Untersuchungsgebietes außerhalb Hessens in der Nähe von Koblenz, im Raum Wiesbaden/Taunus und im Bereich der östlichen Grabenschulter des Oberrheingrabens. Im Februar 2011 ereignete sich bei Nassau ein Beben der Magnitude 4,4, das zu 27 Nachbeben führte, die stark genug waren, um vom Netzwerk detektiert zu werden. Insgesamt gab es deutlich mehr Nachbeben, wie im Datenkatalog des Erdbebedienstes Rheinland-Pfalz ([www.lgb-rlp.de/erdbeben.html](http://www.lgb-rlp.de/erdbeben.html)) erkennbar ist, die jedoch aufgrund geringerer Magnituden und einer Entfernung vom Epizentrum zum MonaSeis-Netzwerk von über 50 km nicht lokalisiert werden konnten. Ein weiteres stärkeres Beben fand am 23. Dezember 2010 bei Mainz

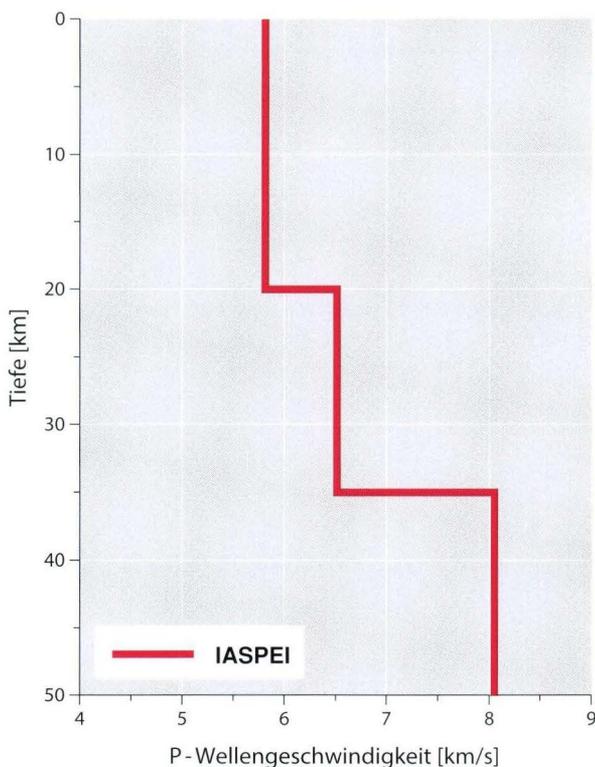


Abb. 6. IASPEI91-Geschwindigkeitsmodell nach KENNETT & ENGDahl (1991) für die P-Wellengeschwindigkeit bis zu einer Tiefe von 50 km.

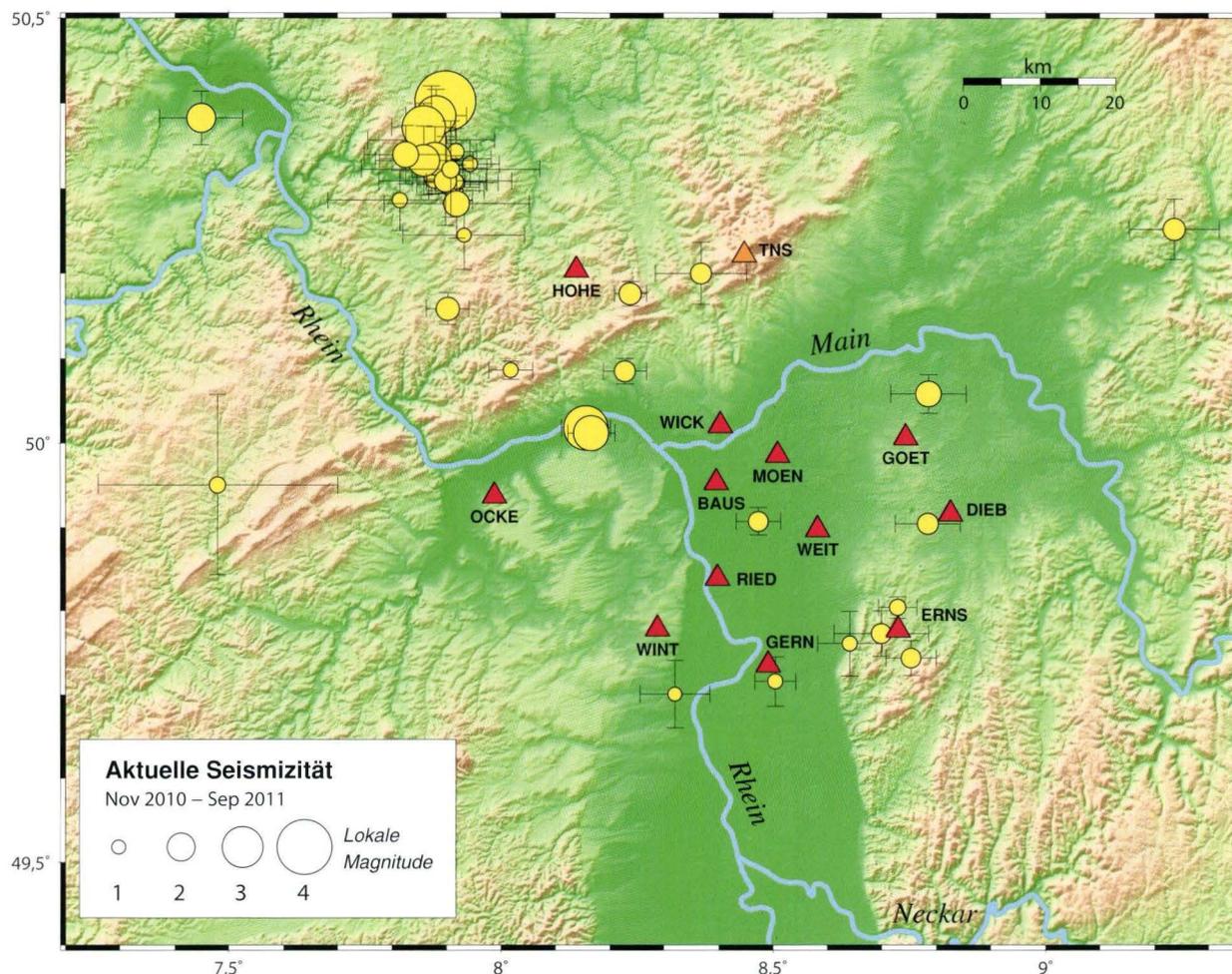


Abb. 7. Karte mit Epizentren der lokalen Erdbeben und ihren Unsicherheiten (Standardabweichungen).

statt mit einer Magnitude von 3,2. Wenige Stunden danach ereignete sich ein Nachbeben der Magnitude 2,5. Die meisten Beben wiesen Magnituden zwischen 1,0 und 2,0 auf (siehe Abb. 8 und 9). Anhand dieser Beben konnte eine kumulative Häufigkeitsverteilung erstellt werden, die nach der Methode von GUTENBERG & RICHTER (1954) zu einem  $b$ -Wert von 0,6 führt. Dieser ist deutlich kleiner als der in der Literatur für den Oberrheingraben gelistete Wert von ca. 1,0 (HELM 1996 bzw. HINZEN & REAMER 2007). Der geringe  $b$ -Wert lässt sich wahrscheinlich mit einer statistisch nicht ausreichenden Anzahl an Erdbeben im Aufzeichnungszeitraum erklären.

Die Hypozentren erstrecken sich bis in eine Tiefe von 21 km und weisen ein ausgeprägtes Maximum im Tiefenbereich von 10 bis 15 km auf.

Ähnlich tiefe Beben konnten von RITTER et al. (2009) während einer Untersuchung von natürlichen Erdbeben in der Region Heidelberg/Speyer (südlich des MonaSeis-Untersuchungsgebietes) lokalisiert werden. Für den oberen Bereich der unteren Erdkruste wird allgemein ein duktileres Verhalten

angenommen (SCHWARZ & HENK 2005). Im südlichen Teil des Oberrheingrabens und im Schwarzwald wurden hingegen Hinweise auf ein sprödes Verhalten in dieser Tiefenlage festgestellt (BONJER 1997). Mögliche Auslösemechanismen dieser tiefen Beben müssen im Verlauf des an die MonaSeis-Pilotstudie anschließenden Projektes SiMoN noch genauer untersucht werden.

Im Vergleich mit den Lokalisierungen des Erdbebendienstes Südwest ist eine recht gute Übereinstimmung festzustellen. Die Epizentren des Erdbebendienstes Südwest liegen fast immer im Fehlerbereich der Lokalisierungen der MonaSeis-Stationen. Die Fehler der Lokalisierungen innerhalb des Netzwerkes sind mit 2 bis 4 km (lateral) und 2 bis 5 km (vertikal) recht gut in Anbetracht der Verwendung des globalen Geschwindigkeitsmodells. Die Lokalisierungsgenauigkeit nimmt bei Erdbeben außerhalb des Netzwerkes jedoch stark ab und erreicht Werte über 10 km. Für das Projekt SiMoN wird dieses Geschwindigkeitsmodell durch ein lokales Modell ersetzt werden. Die beste Lokalisierung konnte bei den beiden Beben im Raum Mainz vom

23.12.2010 erreicht werden mit einer Genauigkeit von 2 bis 3 km. Dies hat zum einen mit den größeren Magnituden zu tun und einer damit genaueren Bestimmung der Phaseneinsätze, zum anderen aber vor allem mit der Anzahl der Stationen, die

die Beben registriert haben. Für diese Lokalisierung konnten Daten von insgesamt 40 Stationen verwendet werden, darunter Stationen des GRSN (Deutsches Regionalnetz, German Regional Seismic Network), des Erdbebendienstes Südwest,

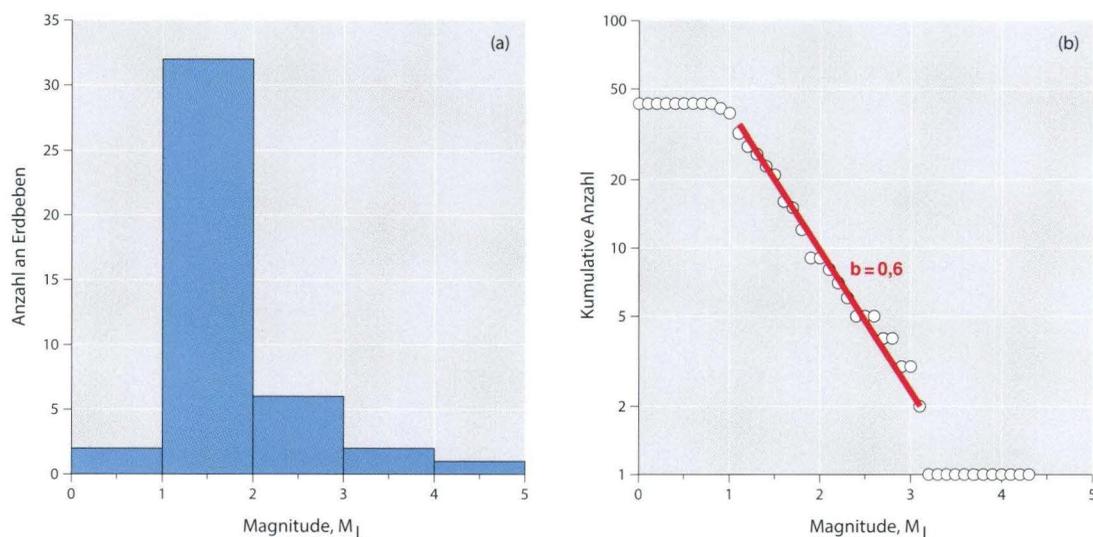


Abb. 8. Magnitudenhäufigkeitsverteilung und kumulative Magnitudenverteilung.

Tab. 1. Lokalisierte Beben im Bereich des MonaSeis-Stationsnetzes.

Herdzeit (UTC)	Nördl. Breite [°]	Östl. Länge [°]	Lokation	Tiefe [km]	Magnitudo $M_L$	
18.12.2010	22:26:38	49,733	8,569	Hähnlein	22,5	1,1
23.12.2010	01:35:58	49,992	8,141	Heidesheim	12,4	3,2
23.12.2010	05:52:46	50,023	8,180	Budenheim	12,3	2,7
30.12.2010	06:36:06	49,796	8,668	Nieder-Beerbach	19,1	1,2
19.02.2011	16:53:36	50,169	8,313	Niedernhausen	9,5	1,5
08.03.2011	18:19:25	49,923	8,432	Trebur	15,2	1,4
02.04.2011	20:04:09	50,083	8,221	Wiesbaden	9,4	1,5
28.04.2011	12:32:24	49,909	8,784	Dieburg	9,3	1,6
04.06.2011	05:41:42	50,043	8,711	Neu-Isenburg	16,5	1,9
16.06.2011	01:05:00	50,172	8,235	Neuhof	3,2	1,6
18.06.2011	22:46:35	50,161	7,892	Weidenbach	3,7	1,7
07.07.2011	21:52:24	49,701	8,320	Osthofen	20,3	1,0
14.07.2011	10:27:01	49,735	8,716	Lautertal	8,9	1,4
07.08.2011	20:08:15	49,715	8,480	Groß-Rohrheim	16,4	1,1

des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen und der Erdbebenstation Bensberg. Der Erdbebendienst Südwest hat das Hauptbeben ( $M_L = 3,2$ ) zu einem späteren Zeitpunkt zusammen mit den Daten der MonaSeis-Stationen unter Verwendung eines anderen Geschwindigkeitsmodells relokaliert. Das Epizentrum des Bebens wurde etwa 3 km weiter südöstlich lokalisiert (STANGE 2011). Die Fehlerangaben sind etwas geringer, die Tiefe von ca. 13 km stimmt überein. Jedoch ist die Azimutüberdeckung (GAP) bei der Lokalisierung des Erdbebendienstes Südwest mit  $56^\circ$  geringfügig größer als die von der Universität Frankfurt durchgeführte Lokalisierung mit  $41^\circ$  (siehe Tabelle 2).

Bei diesem Vergleich ist außerdem zu erkennen, dass viele lokale Ereignisse nicht im Katalog des Erdbebendienstes Südwest erfasst sind. Dies ist wahrscheinlich auf die geringe Stationsdichte in dieser Region zurück zu führen. Hier konnte das MonaSeis-Netzwerk eine deutlich höhere Auflösung erreichen (siehe Abb. 10).

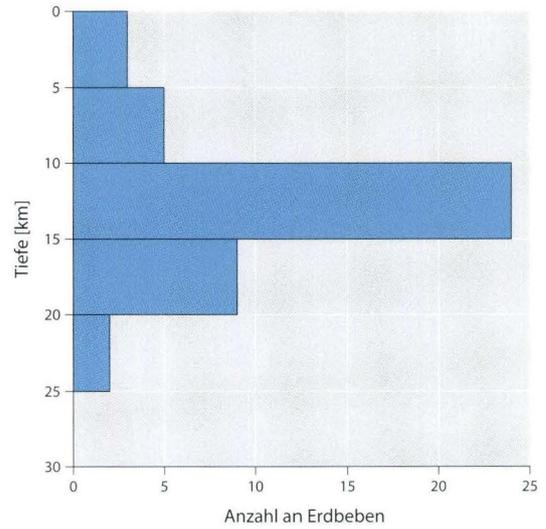


Abb. 9. Verteilung der Tiefe der Hypozentren.

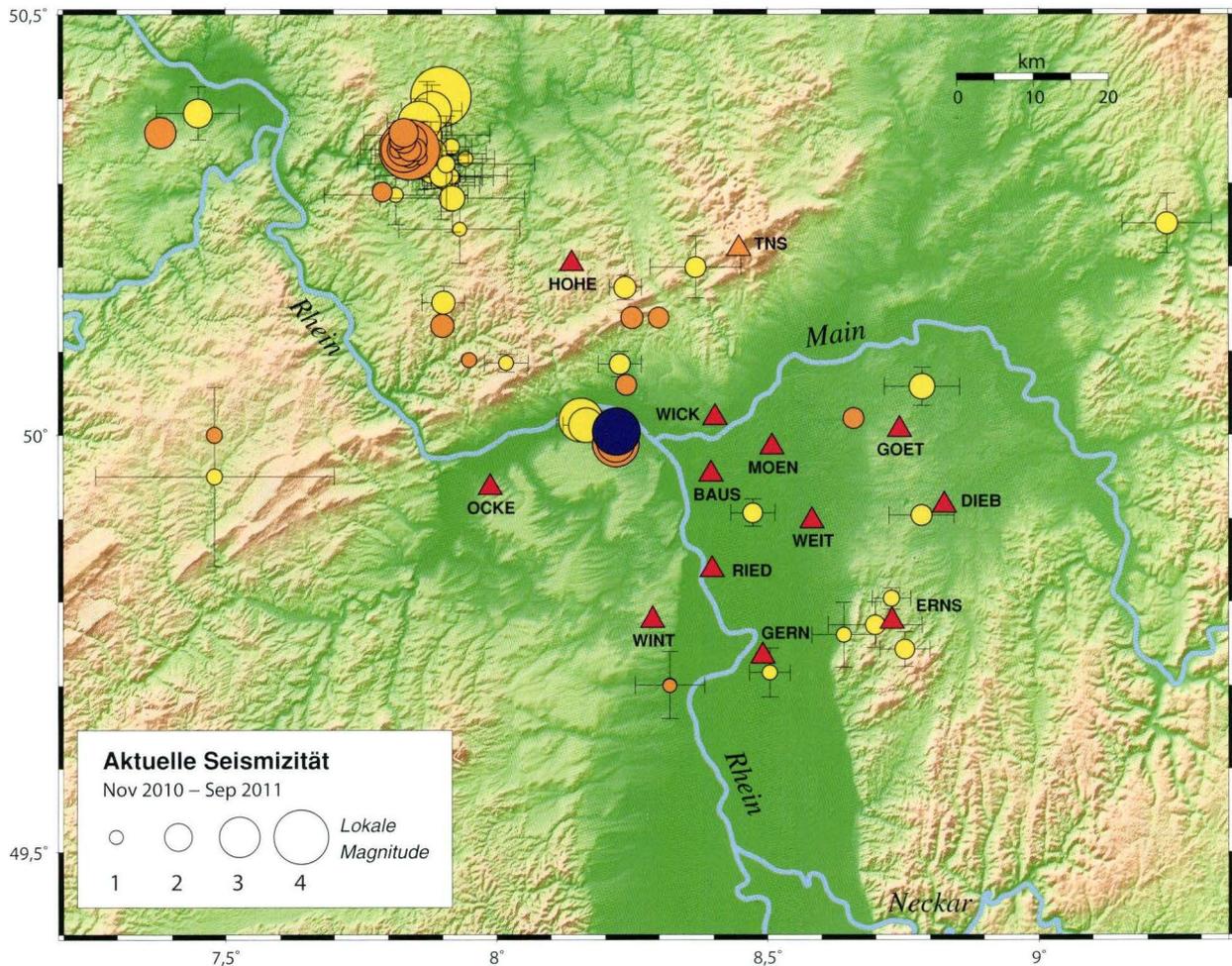


Abb. 10. Vergleich der Lokalisierungen (gelbe Symbole: Lokalisierung Universität Frankfurt; orange Symbole: Erdbebendienst Südwest; blaues Symbol: Lokalisierung nach STANGE, 2011).

**Tab. 2.** Vergleich der Lokalisierungen des Mainzer Bebens vom 23.12.2010 um 2:36 Uhr (MEZ)

Lokalisierung durchgeführt von	Nördl. Breite [°]	Östl. Länge [°]	Tiefe [km]	GAP [°]
Universität Frankfurt	50,018N	8,156E	12,7	41
Erdbebendienst Südwest	49,993N	8,224E	9,0	94
STANGE (2011)	50,004N	8,222E	13,0	56

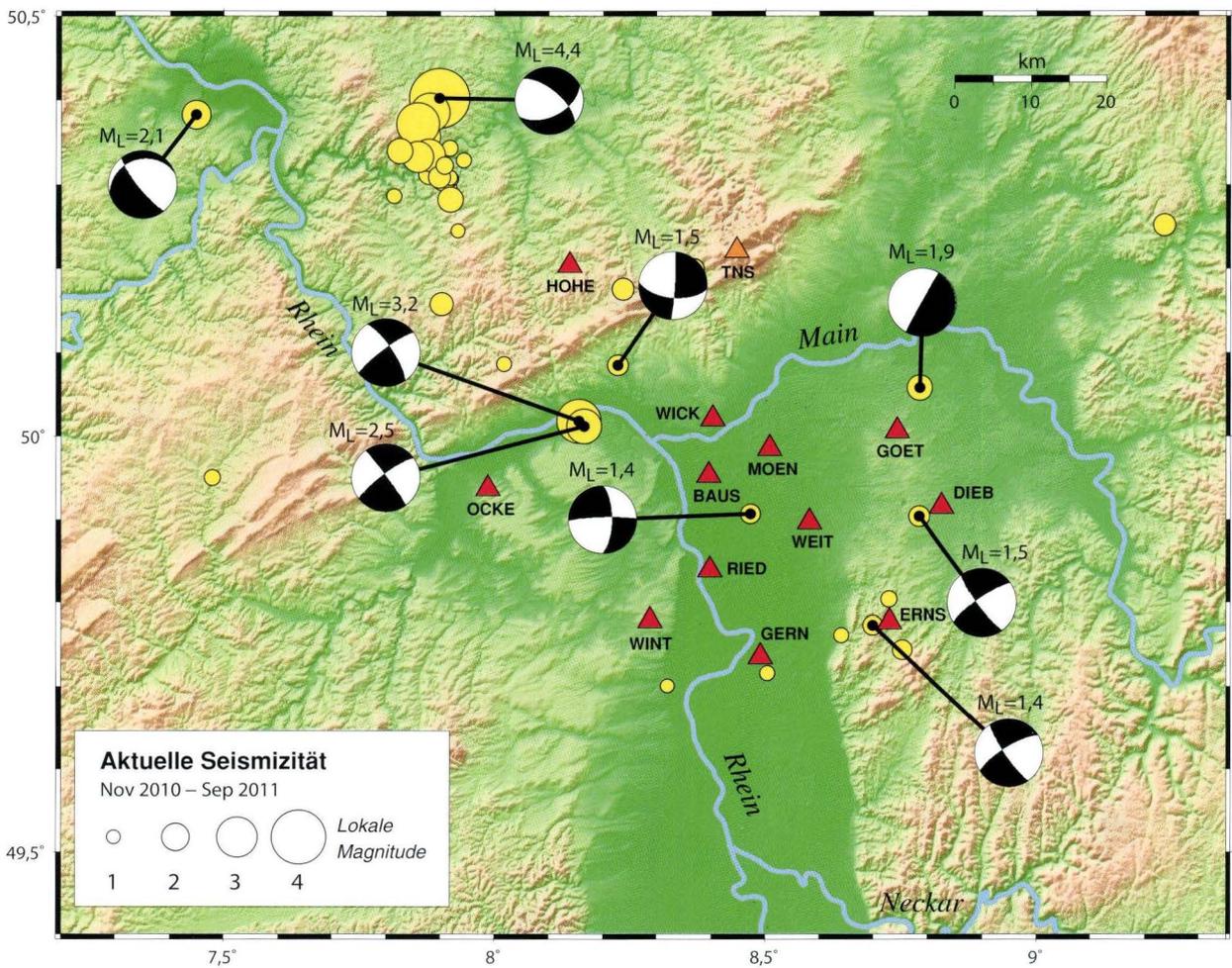
**3.1.2 Herdflächenlösungen**

Um Aussagen über die Herdmechanismen und Auslösemechanismen der Erdbeben treffen zu können, wurden die Polaritäten der P-Einsätze in SeisAn bestimmt und mittels des FOCMEC-Gridsearch Algorithmus nach SNOKE et al. (1984)

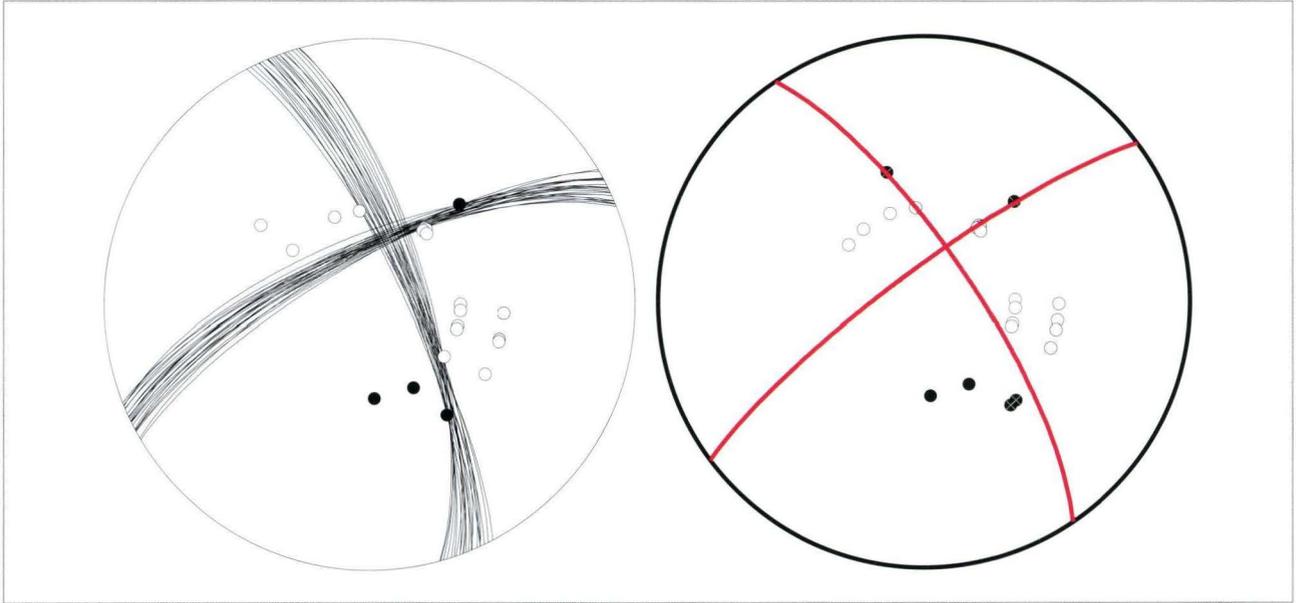
Herdflächenlösungen erstellt. Bei vielen Beben reichte dies jedoch nicht aus, um eindeutige Lösungen zu erhalten. Deshalb wurden zusätzlich zu den P-Polaritäten noch die SV/P-Amplitudenverhältnisse (Amplitudenverhältnis von S- zu P-Welle auf der vertikalen Komponente) bestimmt. Damit war es nun möglich, für eine Vielzahl der Erdbeben Herdflächenlösungen guter Qualität zu erstellen. Einige ausgewählte Beispiele sind in Abbildung 11 dargestellt.

Es handelt sich bei den Mechanismen vor allem um Blattverschiebungen (*strike-slip*). Das Beben bei Nassau weist eher eine Schrägabschiebung auf.

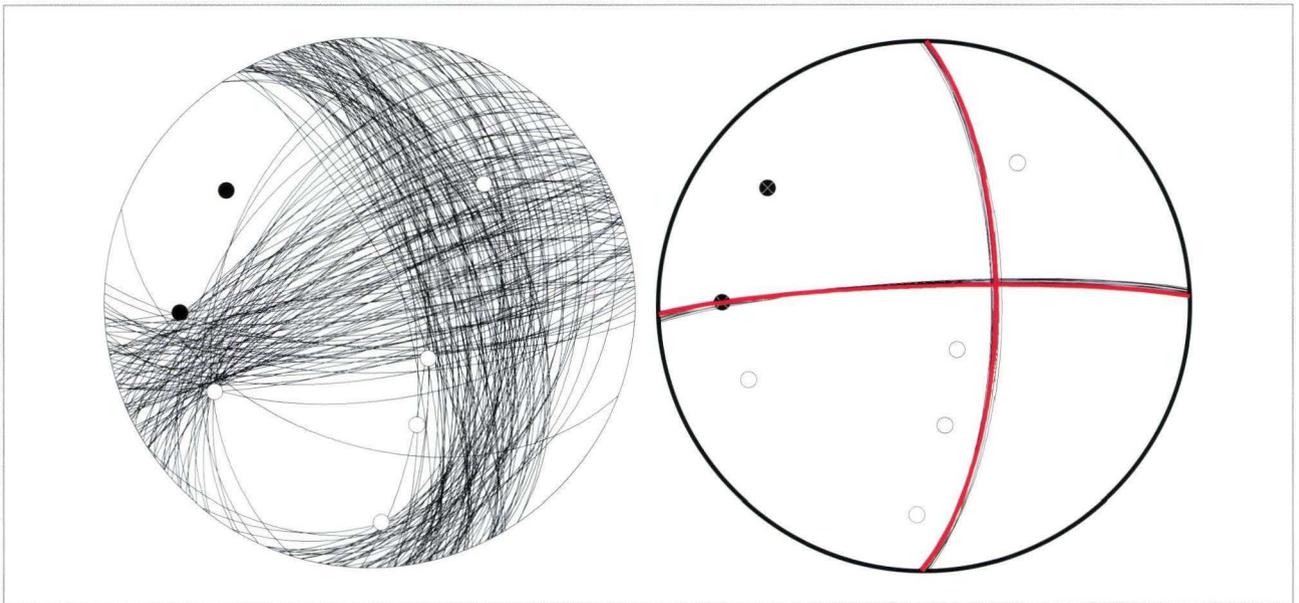
Abbildung 12 zeigt die Herdflächenlösung des Erdbebens bei Mainz vom 23.12.2010, basierend auf P-Polaritäten und unter Einbeziehung von SV/P-Amplitudenverhältnissen. Abbildung 13 zeigt ein Datenbeispiel des Bebens vom 08.03.2011 bei Groß-Gerau. Durch die Verwendung der SV/P-Amplitudenverhältnisse ergibt sich eine eindeutige Herdflächenlösung.



**Abb. 11.** Herdflächenlösungen ausgewählter Erdbeben im Zeitraum November 2010 bis September 2011 (weiße Flächen: Dilatation, schwarze Flächen: Kompression).



**Abb. 12.** Herdflächenlösung des Bebens vom 23.12.2010 bei Mainz. Links: basierend auf P-Polaritäten; rechts: zusätzlich mit SV/P-Amplitudenverhältnissen.



**Abb. 13.** Herdflächenlösung des Bebens vom 08.03.2011 bei Groß-Gerau. Links: basierend auf P-Polaritäten; rechts: zusätzlich mit SV/P-Amplitudenverhältnissen.

Vergleicht man die Herdflächenlösungen mit Ergebnissen für Ereignisse des Zeitraums 1977–1981, zusammengefasst von PLENEFISCH & BONJER (1997), so findet man dort vermehrt Abschiebungen, während die Analysen mit Daten des MonaSeis-Netzwerkes größtenteils *Strike-Slip*-Mechanismen aufzeigen

(Abb. 14), wie man es z.B. auch im südlichen Teil des Oberrheingrabens beobachtet hat. Eine ausführliche Untersuchung des Spannungsfeldes des nördlichen Oberrheingrabens wird ein Hauptforschungspunkt im Projekt SiMoN sein.

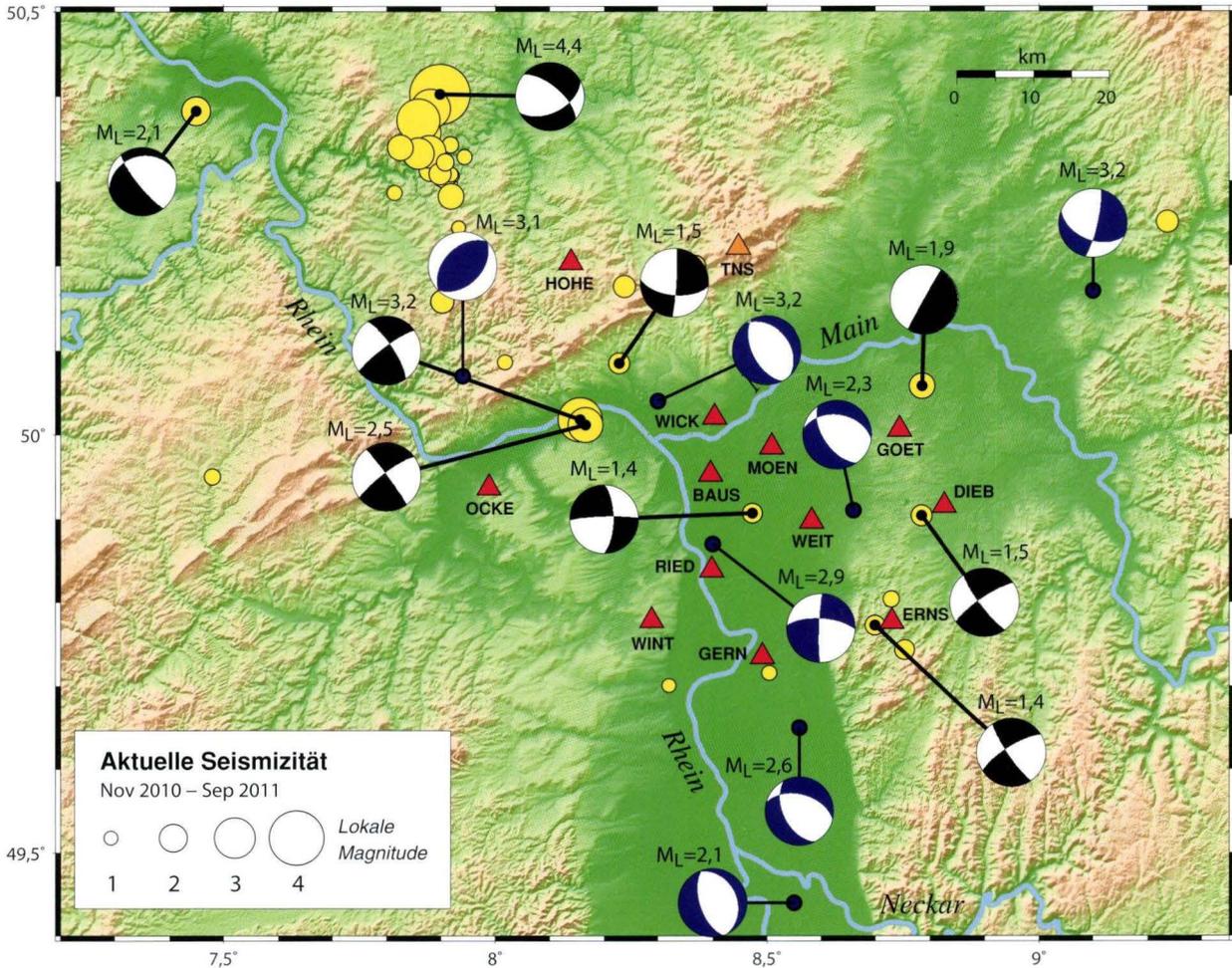


Abb. 14. Vergleich der Lösungen dieser Studie (schwarze Herdflächenlösungen) mit den Lösungen aus der Veröffentlichung von PLENEFISCH & BONJER (1997, blaue Herdflächenlösungen).

### 3.1.3 $V_p/V_s$ -Verhältnis

Es wurden für die lokalisierten Erdbeben mit Hilfe der Erstellung von Wadati-Diagrammen die Geschwindigkeitsverhältnisse von P- zu S-Welle bestimmt als wichtiger Materialparameter für das Geschwindigkeitsmodell. Dabei entspricht dieses  $V_p/V_s$ -Verhältnis der Steigung der Geraden des Wadati-Diagramms addiert um den Wert 1. Der Schnittpunkt der Geraden mit der x-Achse gibt dabei die Herzzeit  $t_0$  wieder. Da zur Bestimmung des  $V_p/V_s$ -Verhältnisses keine Annahmen über die

Krustenstruktur gemacht werden müssen ( $V_p/V_s = \text{const}$ ), ist diese Bestimmung völlig unabhängig. Abbildung 15 zeigt ein Beispiel eines solchen Wadati-Diagramms und die Häufigkeitsverteilung aller berechneten  $V_p/V_s$ -Verhältnisse aus dem gesamten Bebenkatalog. Daraus lässt sich ein Mittelwert für  $V_p/V_s$  von  $1,74 \pm 0,07$  bestimmen. Der Standardwert, der für die Lokalisierungen benutzt wurde, lag bei 1,73 und liegt damit im Fehlerbereich des berechneten Wertes.

## 3.2 Untersuchung der lokalen Bodenunruhe

Zur Untersuchung der Eignung der Stationsorte zur Durchführung von seismologischen Messungen wurden Spektren der lokalen Bodenunruhe (Noisespektren) der verschiedenen Stationsorte über einen längeren Zeitraum (6 Monate) erstellt,

um den Einfluss langperiodischer Effekte zu minimieren. Die Erstellung der Noisespektren erfolgte in SeisAn unter Verwendung des Unterprogrammes SPEC, welches das Noisespektrum als Spektraldichtefunktion (*power spectral density*) in dB

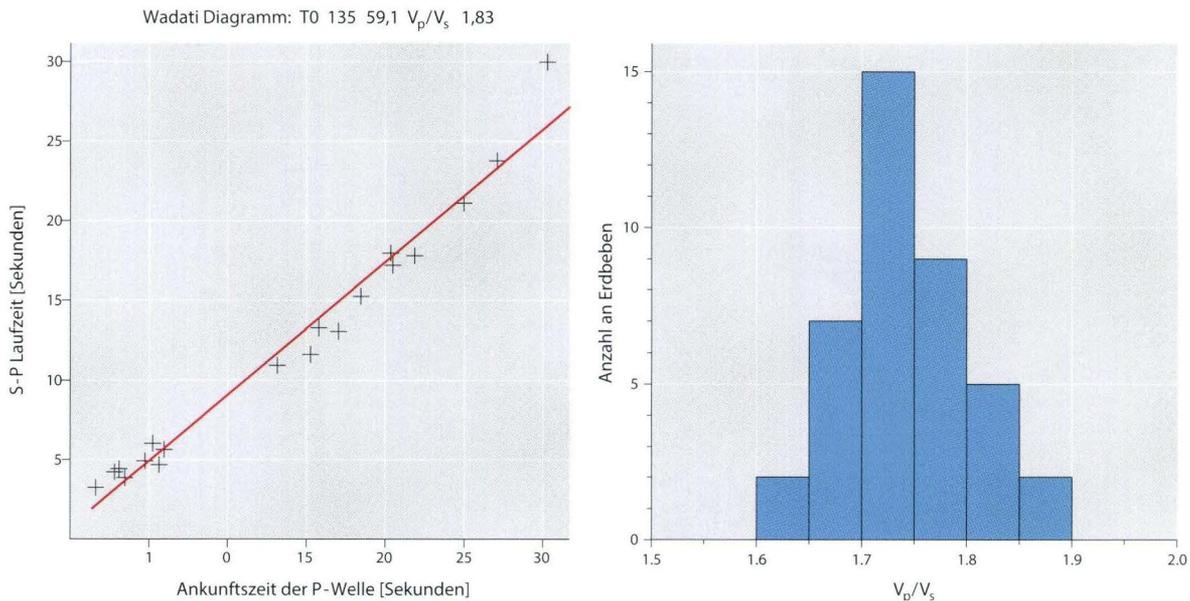


Abb. 15. Wadati-Diagramm des Bebens vom 23.12.2010 bei Mainz (links) und Häufigkeitsverteilung aller berechneten Werte (rechts).

(Dezibel) aus den Rohdaten berechnet. Bei der Auswahl der Rohdaten sollte darauf geachtet werden, dass in den untersuchten Zeiträumen keine Beben enthalten sind, da dies die Ergebnisse deutlich verfälschen würde. Es wurden insgesamt für alle 12 Stationen 90 verschiedene Zeitfenster einer Länge von 140 s über einen Zeitraum von 6 Monaten ausgewertet. Dabei konnte festgestellt werden, dass alle Spektren der Stationen unterhalb des *New Global High Noise Models* (NHNM) nach PETERSEN (1993) liegen. Ebenfalls auffällig ist, dass die Stationen im Oberrheingraben auf den Sedimenten deutlich höhere Rauschwerte aufzeigen, als die Stationen mit felsigem Untergrund. Im Vergleich zur Station TNS, die allgemein als sehr gute Station angesehen wird, können ebenfalls nur die Stationen mit felsigem Untergrund ähnliche Werte erzielen (siehe Abb. 16). Bei allen Stationen ist ein deutlicher Anstieg ab 1 Hz zu beobachten, der u.a. mit anthropogenen Einflüssen (Auto-, Flug- und Zugverkehr) in Verbindung gebracht werden kann. Bei 2,1 Hz und 2,8 Hz sind zwei deutliche Spitzen (Peaks) in den Spektren zu erkennen, die mit der Verwendung von Generatoren und industriellen Maschinen erklärt werden können (BOKELMANN & BAISCH 1999, GROOS 2010).

Diese Unterteilung in gute und weniger gute Stationsstandorte konnte auch durch eine spektrale Analyse in MATLAB (MATLAB 7.9, The MathWorks Inc., Natick, MA, 2009) bestätigt werden. Hierzu wurde eine Wellenformdatei mit einer Länge von 1 Stunde (Vertikalkomponente) für mehrere Stationen in MATLAB eingelesen, die das Beben vom 14.02.2011 bei Nassau und ein Nachbeben beinhaltet. Es wurde dann ein Spektrogramm (Spektraldichte in Abhängigkeit der Frequenz) erstellt. Die Station HOHE, laut Noisespektrum die beste der

MonaSeis-Stationen, kann beide Beben sehr gut auflösen und sie sind deutlich im Spektrogramm zu erkennen (Abb. 17). Bei der Station MOEN (Abb. 18) ist dies nicht der Fall. Hier war bereits das Noisespektrum relativ schlecht und auch im Spektrogramm ist es schwierig die Beben zu erkennen. Lediglich das Hauptbeben ( $M_L = 4,4$ ) ist annähernd zu erkennen, das Nachbeben ( $M_L = 2,9$ ) ist nicht zu sehen. Bei diesen Beben handelte es sich immerhin um zwei der stärksten im Aufzeichnungszeitraum lokalisierten Beben. Erdbeben geringerer Magnitude waren an dieser Station noch schwieriger zu detektieren. Damit ist die Lokation MOEN für eine Station nicht geeignet und sollte in Zukunft nicht wieder verwendet werden. Im Vergleich dazu sind die beiden Beben im Spektrogramm der GRSN-Station TNS ganz eindeutig zu erkennen (Abb. 19). Wie bereits im Noisespektrum zu sehen, ist das Hintergrundrauschen hier aufgrund der Abgeschiedenheit der Station deutlich geringer als bei der „besten“ MonaSeis-Station HOHE. Bei den beiden Spektrogrammen der MonaSeis-Stationen ist zusätzlich bei 50 Hz ein eindeutiges Signal zu erkennen. Dies sind die Auswirkungen des lokalen Stromnetzes aufgrund der Verwendung eines Netzgerätes.

Die Stationen wurden ebenfalls nach den im Positionspapier „Empfehlungen zur Überwachung induzierter Seismizität“ des FKPE (2012) genannten Kriterien beurteilt. In diesem Positionspapier werden zur Beurteilung einer seismischen Station 195-Amplitudenwerte verwendet. Dabei handelt es sich um Amplitudenwerte der Bodengeschwindigkeit, wobei 95 % aller gemessenen Amplitudenwerte in einem bestimmten Zeitfenster, welches nur das Hintergrundrauschen an einer Messstation enthält, unter einem Wert von  $2 \mu\text{m/s}$  liegen müssen, um

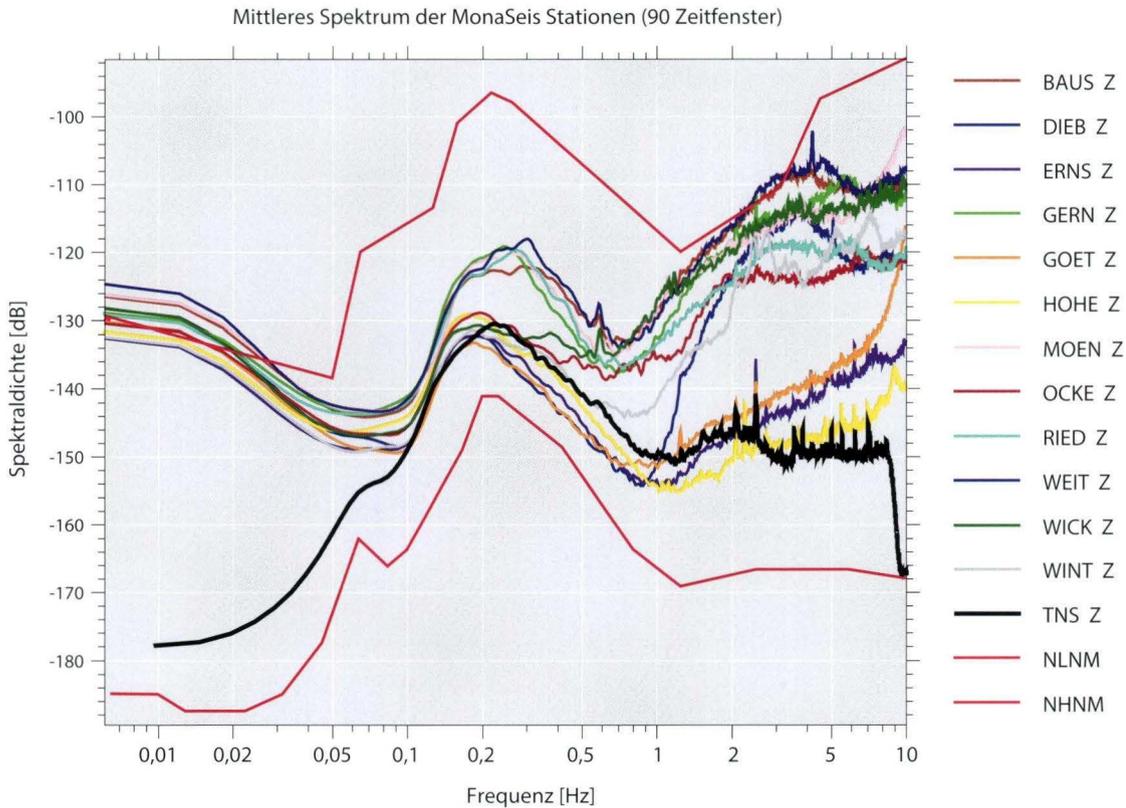


Abb. 16. Noisespektren der einzelnen Stationen zusammen mit dem *New Global High/Low Noise Model* (NHHM/NLNM) nach PETERSEN (1993).

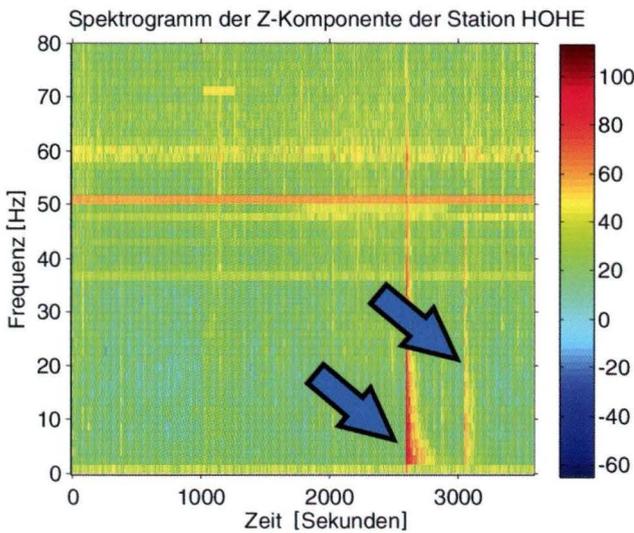


Abb. 17. Spektrogramm der Station HOHE für den Zeitraum von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr am 14.02.2011. Die Farbskala ist in dB angegeben. Die Pfeile weisen auf die aufgezeichneten Erdbeben um 13:43 Uhr und 13:50 Uhr hin (Zeiten in MEZ).

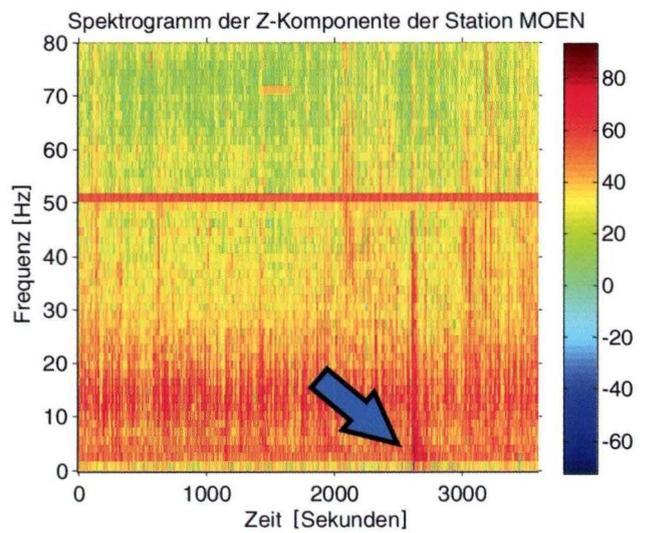
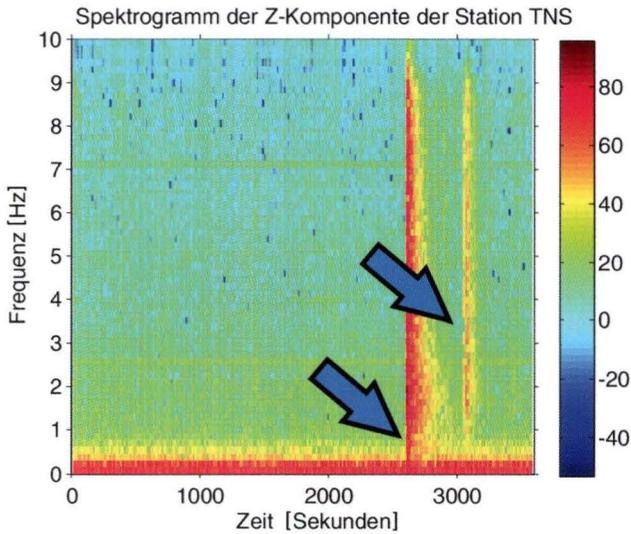
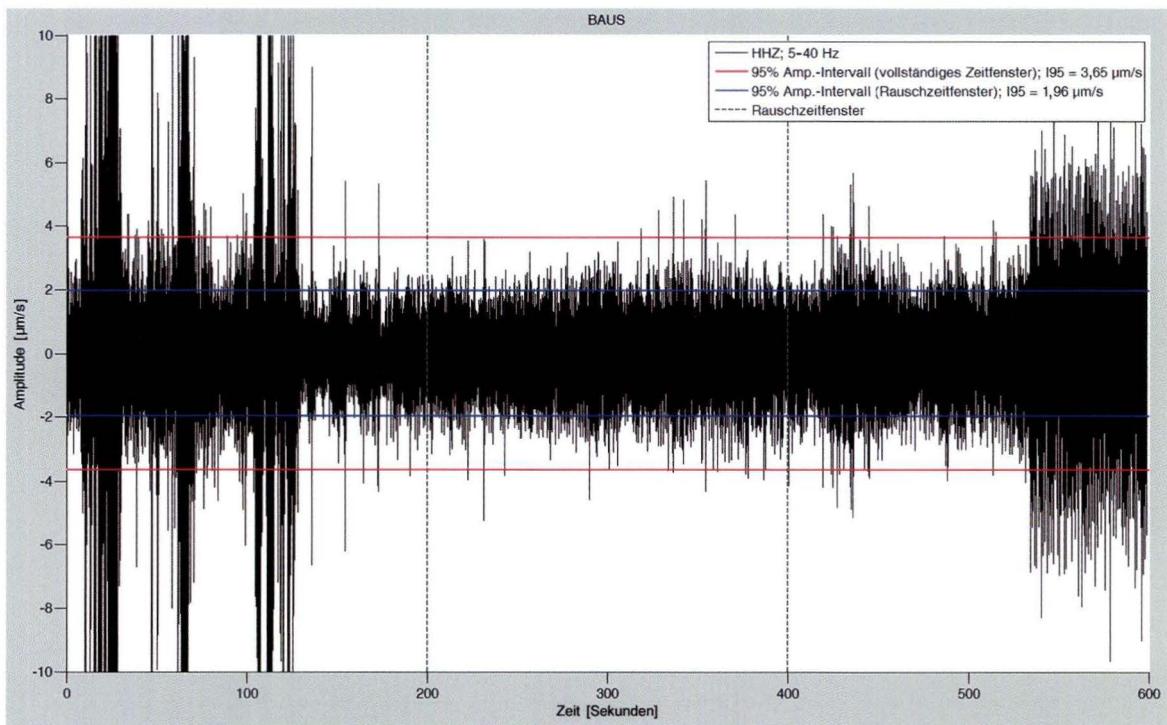


Abb. 18. Spektrogramm der Station MOEN für den Zeitraum von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr am 14.02.2011. Die Farbskala ist in dB angegeben. Der Pfeil weist auf das aufgezeichnete Erdbeben um 13:43 Uhr hin. Das Nachbarbeben um 13:50 Uhr ist nicht zu erkennen (Zeiten in MEZ).

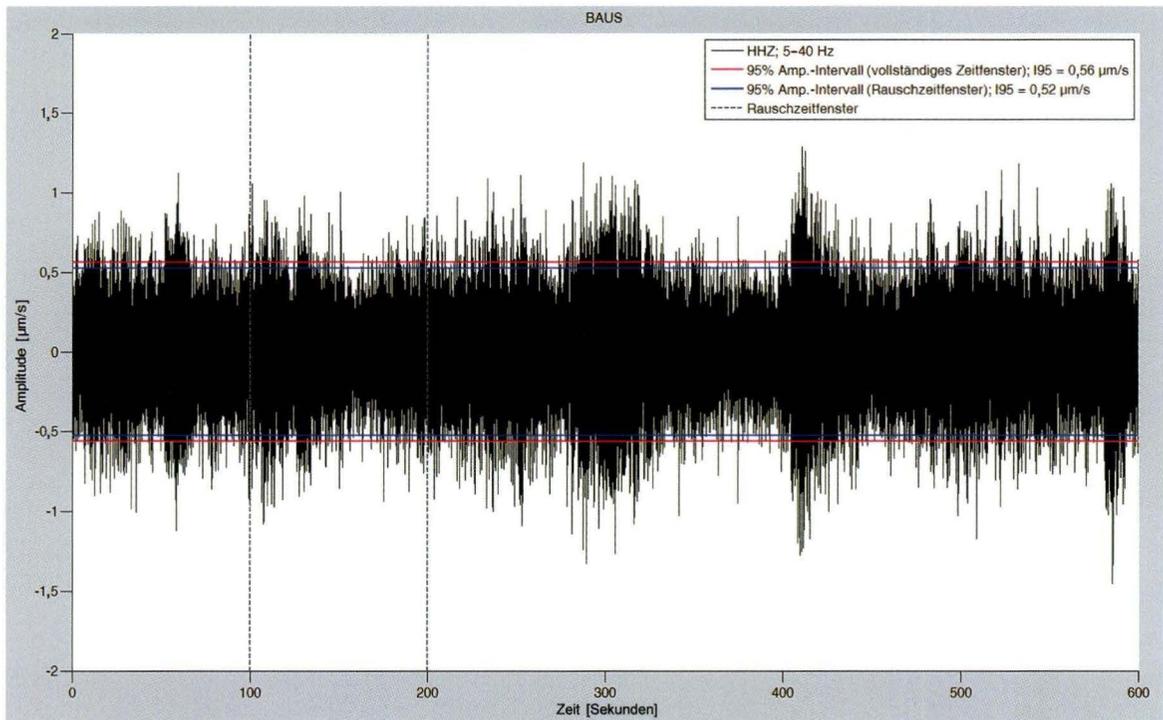


**Abb. 19.** Spektrogramm der GRSN-Station TNS für den Zeitraum von 13:00 Uhr bis 14:00 Uhr am 14.02.2011. Die Farbskala ist in dB angegeben. Die Pfeile weisen auf die aufgezeichneten Erdbeben um 13:43 Uhr und 13:50 Uhr hin (Zeiten in MEZ).

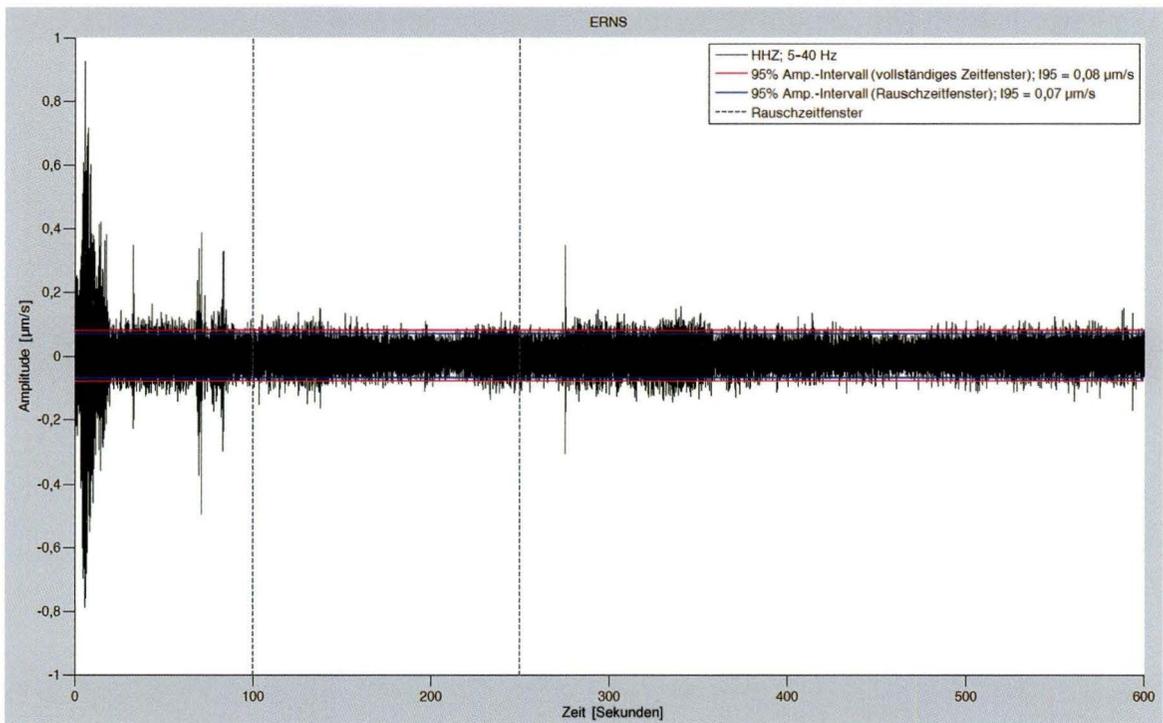
eine ausreichende Überwachung (alle Ereignisse mit  $M_L \geq 1,0$  sollten erfasst und lokalisiert werden) eines Standortes zu erreichen. Dieses Kriterium konnte mit Ausnahme der Station MOEN ( $I95 = 4,5 \mu\text{m/s}$ ) bei allen Stationen erreicht werden. Auch hier ist wieder eine klare Unterscheidung zwischen Stationen im Grabenbereich (auf Sedimenten) und den Stationen auf Festgestein zu erkennen, die um den Faktor 10 geringere Werte aufzeigen als die Stationen im Graben. Die  $I95$ -Werte der Stationen im Graben schwanken im Bereich von  $0,4$  bis  $1,6 \mu\text{m/s}$  (ohne Berücksichtigung der Station MOEN), die Stationen auf Festgestein weisen  $I95$ -Werte von  $0,05$  bis  $0,2 \mu\text{m/s}$  auf. Die Abbildungen 20 und 21 zeigen Beispiele der Rauschverhältnisse für die Station BAUS, tagsüber und während der Nacht. In der Nacht nimmt die Bodenunruhe deutlich ab, hier sind eindeutig die Auswirkungen der anthropogenen Einflüsse wie z.B. Verkehr auf die Messungen zu erkennen. Abbildung 22 zeigt zum Vergleich die Station ERNS im Odenwald abseits jedweder Verkehrswege mit einem deutlich geringeren Rauschpegel. Dies verdeutlicht erneut, dass die mächtigen Sedimente des Oberrheingrabens sämtliche Bodenbewegungen (ausgelöst durch Verkehr etc.) verstärken und es damit zu einer Erhöhung des Rauschpegels kommt.



**Abb. 20.** 10-minütiges Zeitfenster (tagsüber) während eines Werktages der Vertikalkomponente der Station BAUS im Frequenzbereich von 5 bis 40 Hz. Zur Berechnung des  $I95$ -Wertes wurde ein Zeitfenster ohne Störereignisse ausgewählt (graue Linien) und der  $I95$ -Wert ( $1,96 \mu\text{m/s}$ ) für dieses Zeitfenster wird als blaue Linien dargestellt. Die roten Linien repräsentieren den  $I95$ -Wert für das gesamte Zeitfenster von 10 Minuten. Transiente Rauschereignisse können diese Amplitudenwerte kurzfristig übertreffen.



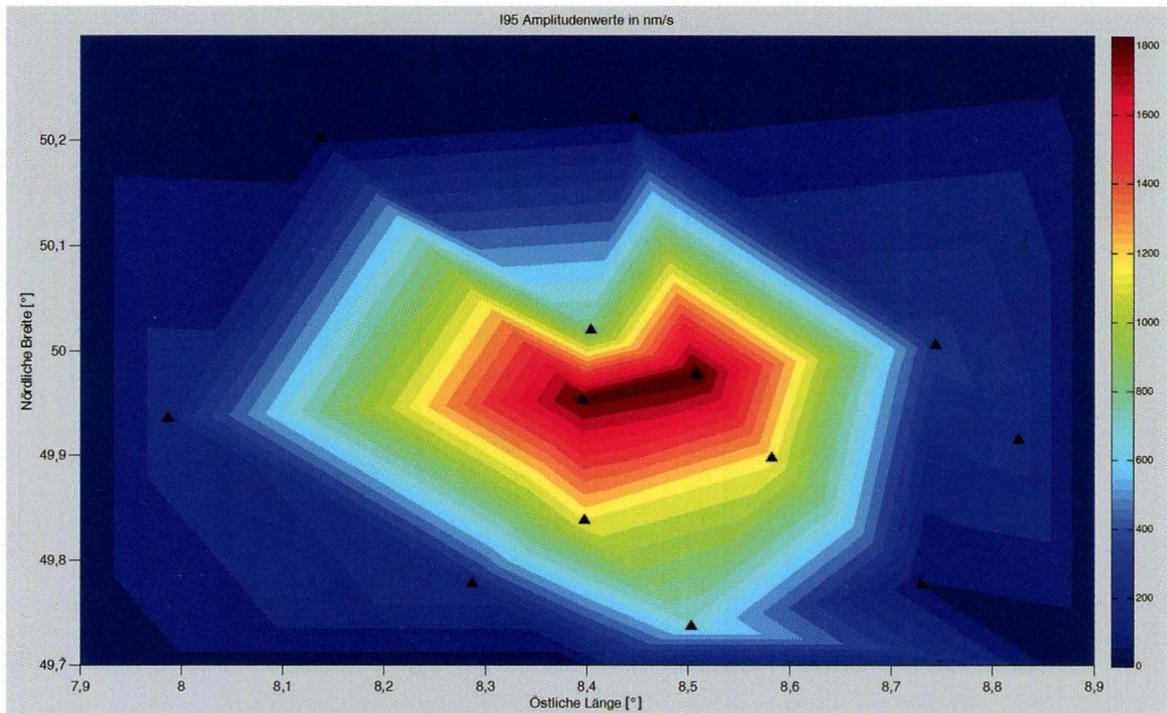
**Abb. 21.** 10-minütiges Zeitfenster (nachts) der Vertikalkomponente der Station BAUS im Frequenzbereich von 5 bis 40 Hz. Zur Berechnung des I95-Wertes wurde ein Zeitfenster ohne Störereignisse ausgewählt (graue Linien) und der I95-Wert ( $0,52 \mu\text{m/s}$ ) für dieses Zeitfenster wird als blaue Linien dargestellt.



**Abb. 22.** 10-minütiges Zeitfenster (tagsüber) während eines Werktages der Vertikalkomponente der Station ERNS im Frequenzbereich von 5 bis 40 Hz. Zur Berechnung des I95-Wertes wurde ein Zeitfenster ohne Störereignisse ausgewählt (graue Linien) und der I95-Wert ( $0,07 \mu\text{m/s}$ ) für dieses Zeitfenster wird als blaue Linien dargestellt. Die roten Linien repräsentieren den I95-Wert für das gesamte Zeitfenster von 10 Minuten. Transiente Rauschereignisse können diese Amplitudenwerte kurzfristig übertreffen.

Abbildung 23 zeigt eine Übersichtskarte der Rauschbedingungen im Untersuchungsgebiet. Die Werte zwischen den einzelnen Stationen wurden linear interpoliert. Auch hier sind

die Unterschiede zwischen den Untergrundverhältnissen und deren Auswirkungen auf die Rauschbedingungen deutlich zu erkennen.



**Abb. 23.** 195-Rauschlevel im Untersuchungsgebiet. Schwarze Dreiecke repräsentieren die Messstationen, rote Flächen entsprechen Flächen hoher Bodenunruhe (Oberrheingraben), blaue Flächen entsprechen Flächen geringer Bodenunruhe. 195-Werte sind in nm/s angegeben.

### 3.3 Makroseismik

Am Morgen des 23. Dezember 2010 erschütterten zwei Erdbeben mit einer Stärke von 3,2 bzw. 2,5 auf der Richterskala um 2:36 bzw. 6:53 Uhr (MEZ) die Region um Mainz/Wiesbaden. Gespürt wurden die Beben von vielen Menschen in den Städten Wiesbaden und Mainz. Das erste Beben wurde dabei meist als Grummeln, das zweite Beben als kleiner „Rums“ wahrgenommen. Mehr als 120 Meldungen zu dem Beben wurden auf der Internetseite des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) in den dort bereitgestellten Fragebogen eingetragen. Die meisten der Meldungen waren verwertbar und wurden zu einer makroseismischen Karte (Abb. 24) zusammengetragen.

Die Beben wurden von vielen deutlich wahrgenommen. Das stärkere Beben um 2:36 Uhr ist dabei als Kreis auf der Karte dargestellt und das folgende schwächere Beben als Dreieck. Manche Beobachter, denen hiermit nochmals gedankt wird, haben beide Beben gemeldet. Man kann auf der Karte für das Stadtgebiet Wiesbaden (Abb. 25) gut sehen, dass die

Beobachtungen der Erdbebenstärke für beide Beben mit den gemessenen Werten übereinstimmen. Dem HLUG sind keine Schadensmeldungen bekannt gegeben worden.

Eine gemeinsame makroseismische Auswertung über die Landesgrenze hinweg wurde mit dem Landesamt für Geologie und Bergbau in Rheinland-Pfalz bearbeitet (siehe auch [www.lgb-rlp.de/aktuelles.html](http://www.lgb-rlp.de/aktuelles.html) sowie bei SCHMIDT et al. 2011).

Ein Erdbeben der Stärke 4,4 auf der Richter-Skala erschütterte am 14. Februar 2011 um 13:43 Uhr (MEZ) die Region zwischen Bad Ems und Nassau (Rhein-Lahn-Kreis) in einer Tiefe von 12 km. Das Erdbeben wurde bei Winden im Rhein-Lahn-Kreis lokalisiert (geographische Koordinaten: Länge: 7,84 Grad Ost und Breite: 50,34 Grad Nord). Das Ereignis war in einem Umkreis von 150 km um das Epizentrum spürbar. Als Vorläufer zu dem Beben wurde ein kleines Ereignis mit einer Lokalmagnitude von 1,4 am Vorabend aufgezeichnet. Am gleichen Tag gab es noch 11 weitere schwächere, zum Teil spürbare, Nachbeben. Das erste Nachbeben wurde 7 Minuten

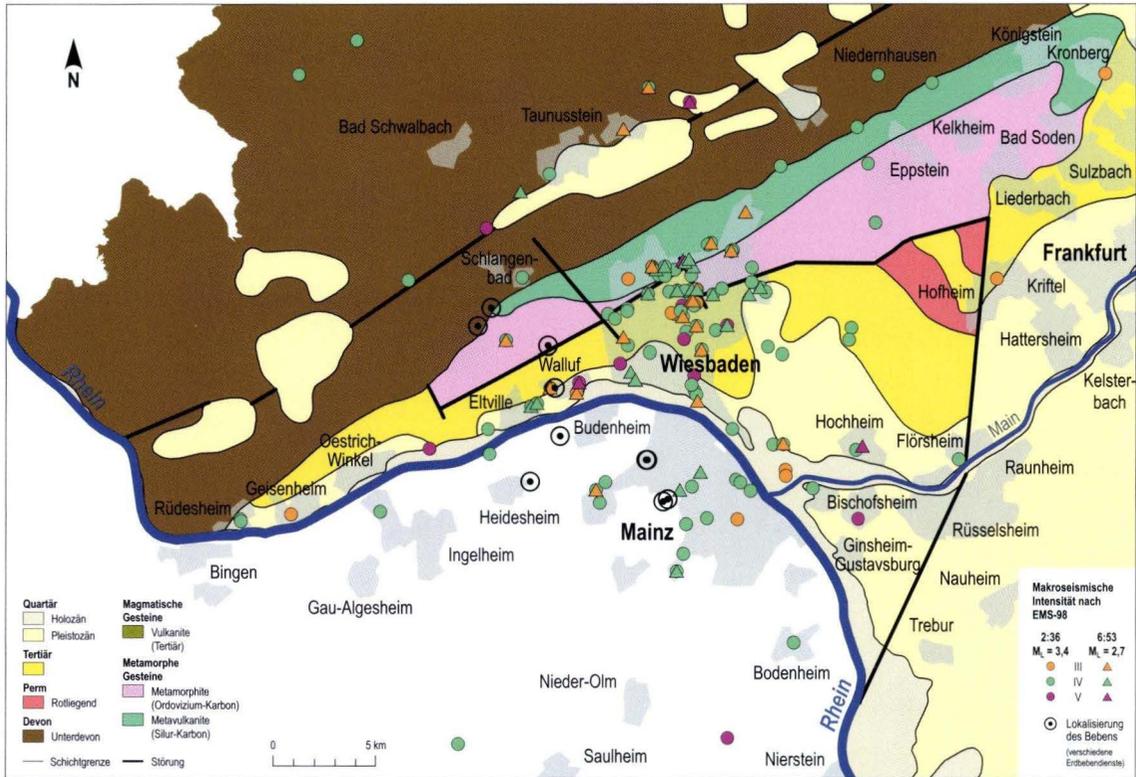


Abb. 24. Makroseismische Karte des Erdbebens vom 23.12.2010.  
 Topo. Grundlage: ATKIS®DLM1000; © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

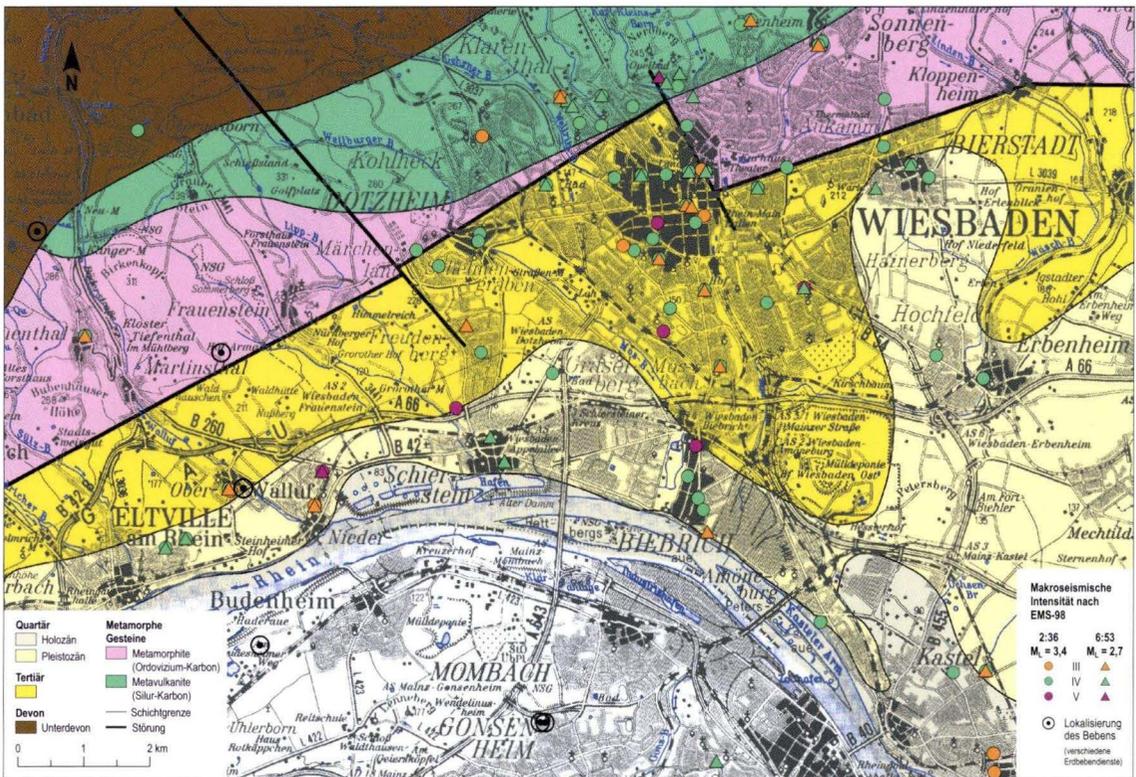


Abb. 25. Makroseismische Karte des Erdbebens vom 23.12.2010 (Stadtgebiet Wiesbaden).  
 Topo. Grundlage: TK100 der HVBG

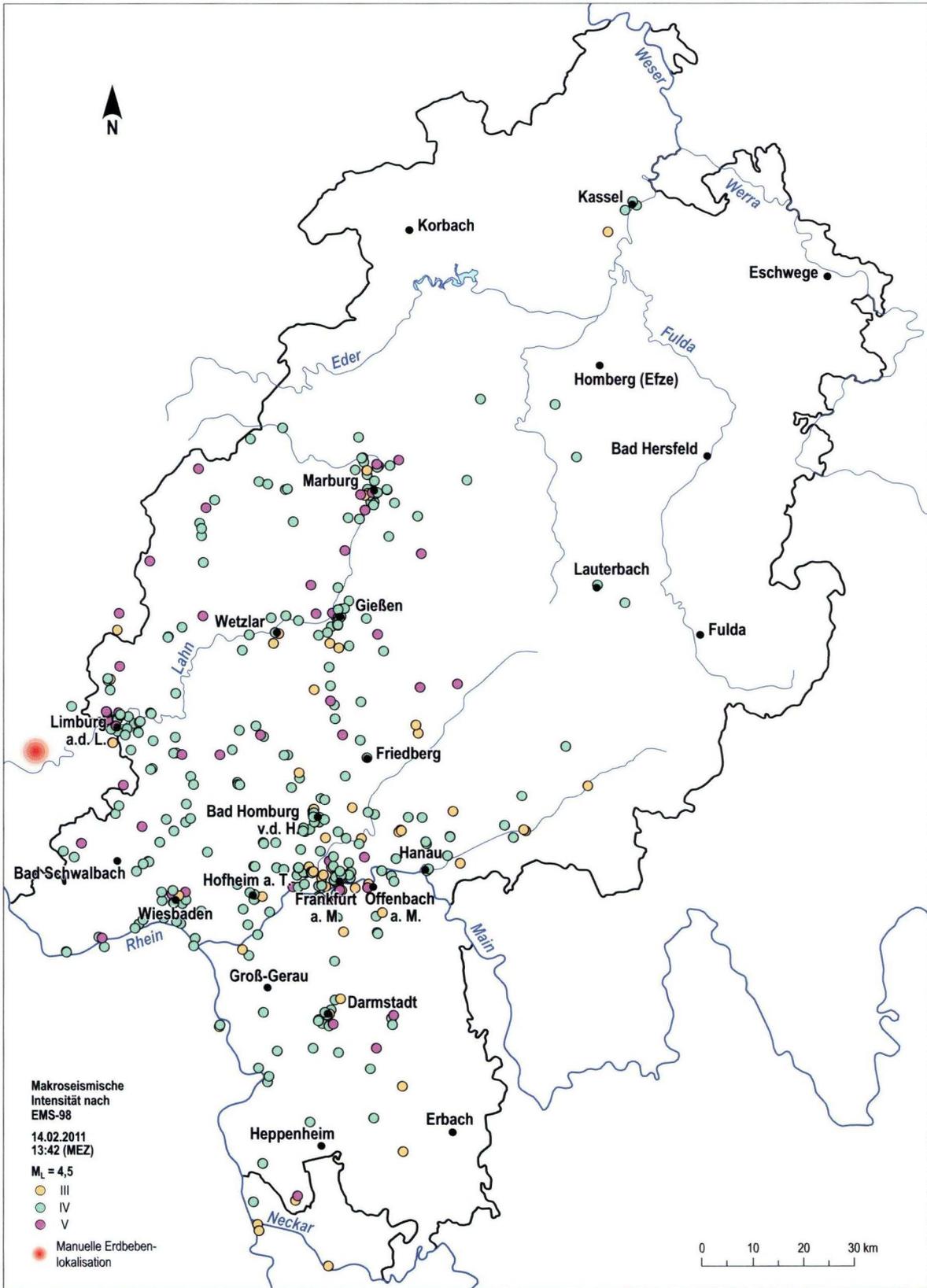


Abb. 26. Makroseismische Karte des Erdbebens vom 14.2.2011.  
Kartengrundlage: ATKIS@DLM1000; © BKG, 2006

später, um 13:50 Uhr, mit einer Magnitude von 2,9 registriert. Am frühen Abend gab es dann um 18:23 Uhr noch ein Beben mit einer Magnitude von 3,2.

Am Nachmittag des 14. Februar stand dann das Telefon beim Hessischen Erdbebendienst nicht mehr still. Besorgte Bürger, die Medien und öffentliche Vertreter riefen an, um sich zu erkundigen. Einer der ersten Anrufer war der Bürgermeister von Breitscheid, der sich besorgt nach den Auswirkungen des Bebens auf das Breitscheider Herbstlabyrinth erkundigte. Meldungen aus Gießen, Wiesbaden, Frankfurt und Offenbach bestätigten, dass das Erdbeben in weiten Teilen von Hessen wahrgenommen wurde. Die Beschreibungen der Anrufer gingen von „es wackelte der Wäscheständer“, bis hin zu „mit dem Zittern ein grollendes, tiefes Geräusch“ oder „mit den Bewegungen ein lauter Knall“ oder „der Tisch zitterte horizontal in Ost-West-Richtung“. Es wurde ebenfalls folgendermaßen beschrieben: „Ich habe Angst gespürt und überlegte, ob es ein Erdbeben war“ und „Meine fünf Monate alte Tochter schreckte aus ihrem Schlaf“.

Schäden an Gebäuden in Hessen sind dem HLOG nicht gemeldet worden. Nach Berichten aus dem Westerwald war das Ereignis dort spürbar. Parallel zu den Anrufen beantworteten fast 500 Beobachter den Fragebogen, der unter [www.hlug.de/start/geologie/erdbeben/kontakt.html](http://www.hlug.de/start/geologie/erdbeben/kontakt.html) zu finden ist. Mittlerweile gibt es ein neues Meldeformular, was mit weni-

gen Angaben und Klicks schnell die beobachtete Stärke und Auswirkungen an den Hessischen Erdbebendienst übermittelt.

Aus diesen Daten, die vertraulich behandelt werden, können die Intensitäten auf der 12-teiligen Europäischen Makroseismischen Skala (EMS-98) zugeordnet werden (siehe Abbildung 26).

Dabei ergibt sich ein heterogenes Bild. Die Intensitätszuordnungen hängen stark vom geologischen Untergrund, der Besiedlungsdichte und den Empfindungen der Beobachter ab. Da die Auswirkungen von Beben verstärkt oder abgeschwächt werden, kann man auch über die Beobachtungen Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Untergrundes ableiten. Auch bei den benachbarten Erdbebendiensten in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz gingen ähnlich viele Meldungen ein.

Geplant ist eine gemeinsame makroseismische Auswertung mit den benachbarten Erdbebendiensten. In diesem Fall kann man gut sehen, dass Erdbeben nicht an der Landesgrenze halt machen. Das rheinlandpfälzische Beben im Drei-Ländereck, was für unsere Gegend als ein starkes Beben eingestuft wurde, wurde deutlich im benachbarten Hessen und Nordrhein-Westfalen gespürt. Da das Erdbeben nachmittags stattfand, ist es von den meisten Anwohnern auf der hessischen Seite in den naheliegenden Landkreisen Limburg-Weilburg, Lahn-Dill-Kreis, Rheingau-Taunus-Kreis und Hochtaunuskreis gespürt worden.

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem hier beschriebenen MonaSeis-Netzwerk kann die natürliche Seismizität des nördlichen Oberrheingrabens charakterisiert werden. Die Datenqualität unterscheidet sich erheblich zwischen den einzelnen Stationen, trotzdem ist eine gute Detektionsschwelle von einer lokalen Magnitude von 1,0 und eine passable Lokalisierungsgenauigkeit erreicht worden. Außerdem konnte getestet werden, ob die Verwendung eines solchen Netzwerkes in einer dicht besiedelten Region wie dem Rhein-Main Gebiet sinnvoll ist, mit der klaren Aussage, dass dies der Fall ist. Um eine noch höhere Detektionsgenauigkeit zu erreichen, sollte (wie im SiMoN-Projekt durchgeführt) das Netzwerk hin zu geringeren Stationsabständen überarbeitet werden. Der aktuelle Stand des SiMoN-Projektes kann unter [www.simon.hlug.de](http://www.simon.hlug.de) eingesehen werden. Die Goethe-Universität Frankfurt leitet das Forschungsvorhaben SiMoN in Kooperation mit dem Hessischen Landesamt für Umwelt und

Geologie. Weitere Projektpartner sind die Universität Stuttgart, das Institut für geothermisches Ressourcenmanagement aus Bingen und die Überlandwerk Groß-Gerau GmbH sowie die GeoThermal Engineering GmbH als lokale Industriepartner.

**Danksagung:** Wir danken dem Geophysikalischen Instrumenten Pool Potsdam (GIPP) für die Bereitstellung der seismologischen Messinstrumente und GEOFON für die Archivierung der Daten der MonaSeis-Pilotstudie. Dank gilt auch den Landeserdbebendiensten in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen für die Bereitstellung der Daten zum Mainzer Beben vom 23.12.2010 sowie zum Beben bei Nassau vom 14.02.2011. Weiterhin sei auch Herrn Dr. Klaus Lehmann für die konstruktiven Hinweise bei der Durchsicht des Manuskriptes gedankt.

## 5 Schriftenverzeichnis

- ALSAKER, A., KVAMME, L.B., HANSEN, R.A., & DAHLE, A. (1991): The ML scale in Norway, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **81**: 379–398.
- BOKELMANN, G. H. & BAISCH, S. (1999): Nature of narrow-band signals at 2.083 Hz, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**: 156–164.
- BONJER, K.P. (1997): Seismicity pattern and style of seismic faulting at the eastern borderfault of the southern Rhine Graben, *Tectonophysics*, **275**: 41–69.
- FKPE Positionspapier (2012): Empfehlungen zur Überwachung induzierter Seismizität, *Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft*, **3/2012**: 17–31.
- GROOS, J.C. (2010): Broadband Seismic Noise: Classification and Green's Function Estimation, Dissertation an der Fakultät Physik des Karlsruher Instituts für Technologie.
- GUTENBERG, B. & RICHTER, C.F. (1954): *Seismicity of the Earth and Associated Phenomena*, 2nd ed., Princeton, N.J., Princeton University Press.
- HAVSKOV, J. & OTTEMÖLLER, L. (1999): SeisAn Earthquake Analysis Software, *Seis. Res. Lett.*, **70**, 1999.
- HELM, J.A. (1996): The natural seismic hazard and induced seismicity of the European Hot Dry Rock geothermal energy project at Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin, France), Thèse de Doctorat, Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre, Université Louis Pasteur (Strasbourg I), 197 p.
- HINZEN, K.G. & REAMER, S.K. (2007): Seismicity, seismotectonics, and seismic hazard in the northern Rhine area, *The Geological Society of America, Special Paper* **425**.
- HUTTON, L. K. & BOORE, D. M. (1987): The ML scale in southern California, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **77**: 2074–2094.
- KENNETT, B.L.N. & ENGDahl, E.R. (1991): Travel times for global earthquake location and phase association, *Geophys. J. Int.*, **105**: 429–465.
- LIENERT, B. R. E. & HAVSKOV, J. (1995): A computer program for locating earthquakes both locally and globally, *Seismol. Res. Lett.*, **66**: 26–36.
- PETERSON, J. (1993). Observations and modeling of seismic background noise, U.S. Geol. Survey Open-File Report 93–322, 95 pp.
- PLENEFISCH, T. & BONJER, K.P. (1997): The stress field in the Rhine Graben area inferred from earthquake focal mechanisms and estimation of frictional parameters, *Tectonophysics* **275**: 71–97.
- RITTER, J. R. R., WAGNER, M., BONJER, K.P. & SCHMIDT, B. (2009): The 2005 Heidelberg and Speyer earthquakes and their relationship to active tectonics in the central Upper Rhine Graben, *Int. J. Earth. Sci.*, **98**: 697–705.
- SCHMIDT, B., REINHEIMER, L. & WEHNIGER, A. (2011): Makroseismische Bearbeitung des Erdbebens vom 23.12.2010 in Mainz, *Mainzer geowiss. Mitt.* **39**:143–156.
- SCHWARZ, M. & HENK, A. (2005): Evolution and structure of the Upper Rhine Graben: insights from three-dimensional thermomechanical modeling, *Int. J. Earth. Sci.*, **94**: 732–750.
- SNOKE, J. A., MUNSEY, J. W., TEAGUE, A. G. & BOLLINGER, G. A. (1984): A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and SV-P amplitude data, *Earthquake Notes*, **55**, 3, p. 15.
- STANGE, S. (2011): Mainz oder Wiesbaden? Die Beben vom 23.12.2010, Persönliche Mitteilung, Erdbebendienst Südwest.

Manuskript eingegangen am 15.3.2013, angenommen am 9.9.2013.

HELGA GROOS-UFFENORDE<sup>1</sup> & ARNOLD RABIEN<sup>2</sup> †

# Zur Verbreitung pelagischer Ostracoden im Devon Deutschlands

## Kurzfassung

Die Verbreitung pelagischer Ostracoden im Oberdevon Deutschlands wird kurz zusammengefasst. Im Anhang werden durch GROOS-UFFENORDE die nach A. Rabien benannten Taxa kurz beschrieben.

*Kuzminaella arabiensis* n.sp. wird für *Richterina* (*Maternella*) ? n.sp. A sensu RABIEN (1954) aufgestellt.

## [Remarks on the occurrences of pelagic ostracodes in the German Devonian]

## Abstract

The stratigraphical distribution of Late Devonian entomozoid ostracodes of Germany is summarized. Within the appendix Groos-Uffenorde characterizes the taxa named after Arnold Rabien.

*Kuzminaella arabiensis* n.sp. is erected for *Richterina* (*Maternella*) ? n.sp. A sensu RABIEN (1954).

## Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort	37
2 Einleitung	38
3 Stratigraphie	38
4 Entomozoen-Zonierung	38
5 Anhang (GROOS-UFFENORDE)	39
5.1 <i>Kuzminaella</i>	39
5.2 <i>Rabienites</i>	42
5.3 <i>Waldeckella</i>	43
5.4 <i>Rabienella</i>	43
5.5 <i>Bisulcoentomozoe</i>	44
5.6 <i>Franklinella</i>	45
5.7 <i>Entomoprimitia</i>	46
6 Schriftenverzeichnis	46

## 1 Vorwort

Die vorliegende Publikation ohne den paläontologischen Anhang ist eine leicht erweiterte Fassung der Tischvorlage, die schon im Februar 1996 auf der Sitzung der deutschen Subkommission für Devon-Stratigraphie (SDS) in Frankfurt vorgelegt wurde. Zur damaligen Zeit fanden zwei Diskussionen statt:

1. Stratigraphische Tabellen mit Skizzen der wichtigen Leitformen (z.B. Conodonten, Trilobiten, Brachiopoden und Ostracoden) für den Devon-Band in der Serie Stratigraphie von Deutschland (herausgegeben von der Deutschen Stratigraphischen Kommission 2008 als Band VIII ohne die damals diskutierten Zusammenfassungen).

<sup>1</sup> Dr. H. Groos-Uffenorde (e-mail: hgroos@gwdg.de), Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen (GZG), Goldschmidt-Str. 3, 37077 Göttingen

<sup>2</sup> Dr. A. Rabien, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), vormals Hessisches Landesamt für Bodenforschung (HLfB); verstorben am 13.8.2011

2. Grenzen und Inhalte der in Mitteleuropa gebräuchlichen Oberdevon-Stufen (Nehden-, Hemberg-, Dasberg- und Wocklum-Stufe bzw. tn, th, td und tw in RABIEN [1954], die z.Z. international als Famenne-Stufe zusammengefasst werden) zu präzisieren und zu definieren, um sie für internationale

Korrelationen besser nutzen zu können. Die internationale Unterteilung des höheren Oberdevons wird heute immer noch diskutiert und ist noch nicht abschließend entschieden, die deutschen Stufen-Bezeichnungen werden aber nur noch lokal Verwendung finden.

## 2 Einleitung

Unter pelagischen Ostracoden werden im Folgenden die bisher als Entomozoen bezeichneten Ostracoden verstanden. Der Name ‚Entomozoen‘ bzw. Entomozoacea für die sogenannten „Fingerabdruck“-Ostracoden („finger-print ostracodes“) wird vermieden, da die Typus-Gattung *Entomozoe*

keine Rippenskulptur zeigt und zu den Bolbozoidae bzw. Bolbozoacea gestellt werden muss. Bisher unterblieb die von David J.S. Siveter (Leicester) angekündigte nomenklatorische Revision mit der nötigen Umbenennung.

## 3 Stratigraphie

Pelagische Ostracoden sind schon lange aus tonigen Gesteinen des hohen Unterdevons bis tiefen Mitteldevons (Fazies der Wissenbach-Schiefer) und des höchsten Mitteldevons bis tiefen Unterkarbons (besonders in der Fazies der „Cypridinenschiefer“ und der Kellwasserkalke, seltener in Cephalopodenkalken) aus dem Rheinischen Schiefergebirge, dem Harz und Thüringen bekannt. Aus dem tieferen Unterdevon (Lochkov- bis tiefere Ems-Stufe) und Mitteldevon (höhere Eifel-Stufe und tiefere Givet-Stufe) Deutschlands fehlen bisher gut erhaltene und biostratigraphisch sicher eingestufte Funde (zusätzlich anhand sicher datierte Conodonten-Zonierungen geeicht).

Unterhalb der tiefsten Frasn-Stufe gibt es in Deutschland (also unterhalb der tiefen „Adorf-Stufe“ in der Nomenklatur regionaler Stufen) noch keine Zonierung mit pelagischen

Ostracoden. Eine Zonierung ist bisher nur aus China (vgl. Korrelation in GROOS-UFFENORDE & WANG 1989) bekannt. Die reichen Funde von *Richteria fragilis* (F.A. ROEMER 1850) aus den Wissenbach-Schiefen (damals noch in die Eifel-Stufe gestellt, heute aber in die Oberems-Stufe, also höchstes Unterdevon, eingestuft) wurden nach der Beschreibung in GROOS (1969: 77–78) noch nicht näher bearbeitet.

Die von RABIEN (1954) für das Oberdevon aufgestellte Zonierung hat im Prinzip noch heute Gültigkeit und wird nicht nur in Mitteleuropa, sondern z.B. auch in England, Spanien, den GUS-Staaten und China angewendet. Sie wurde nur geringfügig verfeinert (vgl. RABIEN 1970 und BUGGISCH et al. 1986), eine tabellarische Zusammenfassung findet sich in BLESS et al. (1996: Fig. 1) (s.a. GROOS-UFFENORDE & RADTKE 2014).

## 4 Entomozoen-Zonierung (Tab. 1: Seite 40 u. 41)

Die Ostracoden-Zonen sind ‚partial range zones‘ und keine ‚total range zones‘ (taxon range zones) im Sinne HEDBERG (1976). Der Beginn der meisten Zonen wurde durch das erste Auftreten einer neuen Art definiert, z.T. aber leider auch durch das Aussterben einer Art.

Die enge Zonierung in der hohen Frasn-Stufe (früher „Adorf-Stufe“) stellt Phylo-Zonen (lineage zones) dar, die jeweils durch das Auftreten einer neuen Art der Gattung *Rabienella* [= *Waldeckella* RABIEN 1954 bzw. *Bertillonella* (*Rabienella*) GRÜNDEL 1962] definiert wurden. Man sollte diese kurzen Zonen als Subzonen auffassen, die den größten Teil der *Entomoprimitia* (*E.*) *sartenaeri*-Zone sensu CASIER (1975) umfassen, die der bisherigen *Entomoprimitia variostrata*-Zone entspricht.

Die Frasn-/Famenne-Stufengrenze wird wie in GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER 1990 an die Obergrenze der Verbreitung von *Entomoprimitia splendens* gelegt. Im Gegensatz dazu führen BUGGISCH et al. (1978: 66, 68) *E. splendens* und

*Homoctenus ultimus* als sehr selten im höheren Teil der unteren *sigmoidale*-Zone auf und legen die Obergrenze der *splendens*-Zone in die mittlere *triangularis*-Zone der Conodonten-Zonierung (BUGGISCH et al. 1978: Tab. 12, S. 109). *Franklinella sigmoidale* wurde schon von MÜLLER-STEFFEN (1965: Abb. 10, Schicht 9) mit *E. splendens* in einer Probe gemeldet, der Beginn der *sigmoidale*-Zone wurde allerdings höher gelegt und durch das Fehlen von *E. splendens* gekennzeichnet. Oberhalb der *sigmoidale*-Zone erscheinen nach RAIETH (1968) ohne Überlappung die für die Nehden-Stufe typischen Ostracoden (= *Entomozoe*-Zeit in RABIEN 1954) der *serratostrata-nehdensis*-Gruppe und *Entomoprimitia* ? *sandbergeri* (MATERN 1929). In der Dillmulde wurde aber eine Überlappung nachgewiesen und daher beginnt mit dem Auftreten von *E. (R.) serratostrata* neben *F. sigmoidale* nach RABIEN (1970: 154) und BUGGISCH et al. (1986: 68) die obere *sigmoidale*-Zone, während *F. sigmoidale* in der *serratostrata-nehdensis*-Zone nicht mehr auftritt.

Mit dem massenhaften Vorkommen der Gattung *Richterina* (= Ältere *Fossirichterina*-Zeit in RABIEN 1954) beginnt die *intercostata*-Zone, die in BUGGISCH et al. (1978: 109) an die Basis der mittleren *Scaphignathus velifer*-Zone (= fein gestrichelte Linie in Tab. 1 (Ostracoden-Zonen) in der frühen *Palmatolepis trachytera*-Zone) und seit BUGGISCH et al. (1986: 28) etwas tiefer (= grob gestrichelte Linie), d.h. in die späte *Palmatolepis marginifera*-Zone gelegt wird.

Nur in der unteren *hemisphaerica-dichotoma*-Zone (= Ältere *Maternella*- bzw. Jüngere *Fossirichterina*-Zeit in RABIEN 1954) kommen noch vor allem *R. (Fossirichterina) semen* und *R. (F.) moravica* neben *Maternella hemisphaerica* und *M. dichotoma* vor.

In Schiefen und Verwitterungsrinden von Kalkknollen der höheren *Siphonodella praesulcata*-Zone (= obere *Bispathodus costatus*-Zone) gibt es Massenvorkommen von *Richterina (R.) striatula* und *R. (R.) costata*, die bei Fehlen von *Maternella hemisphaerica* in das *hemisphaerica/lator*-Interregnum [= unt. *hem./lator*-Interregnum sensu BLESS & GROOS-UFFENORDE (1984: 26) im höchsten Oberdevon] eingestuft

werden. Im Bereich des Stockumer Kalkes [= ob. *hemisphaerica/lator*-Interregnum in BLESS & GROOS-UFFENORDE (1984: 27) im tiefsten Unterkarbon, nach KORN et al. (1994: 91) aber noch allerhöchstes Oberdevon] tritt dann *Maternella (Zagoruendella)* auf, bevor die artenreichen unterkarbonischen Faunen der *Richterina (R.) lator*-Zone einsetzen.

Die Tabelle 1 ist eine leicht veränderte Fassung der Fig. 4 in GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER (1990: 109) bzw. der Abb. 3 in GROOS-UFFENORDE et al. (2000) und der für Thüringen geltenden Abb. 3 in BARTZSCH et al. (2008: 64). Sie zeigt den derzeitigen Kenntnisstand der stratigraphischen Verbreitung pelagischer Ostracoden-Gattungen im Devon Deutschlands. Die Gattungen, die bisher nur aus China (wie z.B. *Paraungerella* WANG 1986) oder den GUS-Staaten (*Rabienites* TSCHIGOVA 1977) beschrieben wurden, sind in der Tabelle 1 nicht aufgeführt.

Die Korrelation mit den Conodonten-Zonen kann nicht immer exakt durchgeführt werden. Reiche Ostracoden-Faunen stammen häufig aus Schiefen, in denen oft keine ganz genaue Datierung mit Conodonten möglich ist.

## 5 Anhang (HELGA GROOS-UFFENORDE)

Arnold Rabien stand auch nach seiner Pensionierung noch jedem an der Biostratigraphie und Geologie des Rheinischen Schiefergebirges Interessierten mit vielfältigem Rat zur Seite. Er mochte aber nicht mehr publizieren, und so unterblieb leider die oft gewünschte englischsprachige Publikation seiner umfangreichen Untersuchungen oberdevonischer Ostracoden.

Im Folgenden werden einige der in der Tab. 1 genannten Gattungen kommentiert bzw. die nach Arnold Rabien benannten Taxa kurz skizziert und z.T. abgebildet. In Anerkennung seiner detaillierten und sehr sorgfältig dokumentierten Arbeiten

möchte ich ihm hiermit noch die von ihm entdeckte pelagische Ostracoden-Art *Kuzminaella arabieni* n.sp. widmen.

Im Text werden für das angegebene Material die folgenden Sammlungs-Abkürzungen benutzt:

**GZG Gö** = Sammlung des Geowissenschaftlichen Zentrum der Universität Göttingen (früher IMGP)

**NIGPAS** = Nanking Inst. Geol. Palaeont., Acad. Sinica/China

**SMF Xe** = Senckenberg Museum Frankfurt a.M., Mikropaläontologische Sammlung.

### 5.1 *Kuzminaella* TSCHIGOVA 1977

**Typusart:** *Kuzminaella venusta* TSCHIGOVA 1977 (vgl. GROOS-UFFENORDE & TSCHIGOVA 1994)

**Diagnose:** Relativ große entomozoide Ostracode ohne Furche. Die irregulär wirbelförmige Berippung mit Querrippchen wird von einem großen Muskelfleck unterbrochen.

**Stratigraphische Verbreitung** (nach GROOS-UFFENORDE & SCHINDLER 1990: 109, Fig. 4): Im höchsten Oberdevon (Obere Famenne-Stufe) bis tiefsten Unterkarbon.

**Vorkommen:** Deutschland, GUS-Staaten, S-China, fraglich aus SW-England.

*Kuzminaella arabieni* n.sp. (Abb. 1)

- v. 1954 *Richterina (Maternella)* ? n.sp. A – RABIEN: 149, Taf. 5, Fig. 34
- pv. 1960 *Richterina (Maternella)* ? n.sp. A sensu RABIEN 1954 – RABIEN: 86, 88, 90, 93, 95, 98
- v. 1974 *Maternella* ? n.sp. A RABIEN 1954 – GROOS-UFFENORDE: 79
- v. 1984 *Kuzminaella* n.sp. A (RABIEN 1954) – BLESS & GROOS-UFFENORDE: 27
- 1984 *Maternella* ? n.sp. A RABIEN 1954 (? = *Kuzminaella* TSCHIGOVA 1977) – BARTZSCH & WEYER: 34
- v. 1993 *Kuzminaella* n.sp. A (RABIEN 1954) – GROOS-UFFENORDE: 118, Taf. 12, Fig. 3 und Taf. 13, Fig. 1–2
- ? 1989 *Kuzminaella venusta* TSCHIGOVA 1977 ? – WANG: 63, Taf. 16, Fig. 2–4
- v. 1994 *Kuzminaella* sp. A – GROOS-UFFENORDE: 84, Tab. 1



Tab. 1. Die stratigraphische Reichweite pelagischer Ostracoden-Gattungen im Devon Deutschlands. Skizzen der Genotypen von H. Groos-Uffendorde.

- Richteria* JONES 1874 [= *Entomozoe* (*Richteria*): Paratypus von  
*R. serratostrata* (SANDBERGER 1845), Naturhist. Mus. Wiesbaden 339; Weilburg.  
*Bisulcoentomozoe* WANG & ZHANG 1983: *B. tuberculata* WANG & ZHANG 1983,  
 Holotypus NIGPAS Nanking 76090 Lf-40a; Guangxi/China.  
 [? = *Entomis* (*Richteria*) n.sp. (aff. *torta*) KEGEL 1934].
- Franklinella* STEWART & HENDRIX 1945 (= *Ungerella* LIVENTHAL 1948):  
*F. novocosta* STEWART & HENDRIX 1945, Ohio State Univ. Mus. 18863, USA.
- Entomoprimitia* (*Entomoprimitia*) KUMMEROW 1939: *E. splendens* (WALDSCHMIDT 1885),  
 GZG Gö 373-Rb 1611b; Willingen.
- Waldeckella* RABIEN 1954 [= *Waldeckella* (*Waldeckella*): *W. erecta* RABIEN 1954,  
 Holotypus GZG Gö 373-Rb 643a; Usseln.
- Nehdentomis* MATERN 1929 [= *Entomozoe* (*Nehdentomis*): *N. nehdensis* MATERN 1929,  
 Holotypus, SMF Xe 1a; Nehden.
- Richterina* (*Volkina*) RABIEN 1954: *R. zimmermanni* (VOLK 1939),  
 GZG Gö 373-Rb 1680; Altenau.
- Entomoprimitia* (*Reptiprimitia*) GRÜNDEL 1962: *E. rabieni* BLUMENSTENGEL 1959,  
 Freiburger Forsch.-H. C, **72**: Taf. 2, Fig. 3; Buchbachtal.
- Nandania* WANG 1989 [= *Entomozoe* (*Nandania*): *N. asymmetrica* (KOCH 1967),  
 Abdr. L, Slg. GPI Münster B 741; Recklinghausen.
- Rabienella* GRÜNDEL 1962 [= *Waldeckella* (*Rabienella*): *R. reichi* (MATERN 1929),  
 SMF Xe 24b; Donsbach.
- Richterina* (*Fossirichterina*) MATERN 1929: *R. (F.) intercostata* MATERN 1929,  
 SMF Xe 34c2; Grube Königszug.
- Richterina* (*Richterina*) GÜRICH 1896: *R. costata* (Rh. RICHTER 1869),  
 GZG Gö 1052-1490; Stockum.
- Maternella* (*Maternella*) RABIEN 1954: *M. dichotoma* (PAECKELMANN 1913),  
 GZG Gö 373-Rb 1085a (vgl. RABIEN 1954: Taf. 5, Fig. 41).
- Kuzminaella* TSCHIGOVA 1977: *K. venusta* TSCHIGOVA 1977, Paratypus,  
 Palaeont. Mus. Akad. Nauk Moskau 4501/3048/1; Praetiman, Russland.
- Maternella* (*Zagoruendella*) GROOS-UFFENDORDE 1993 [= *Maternella* (*Steinachella*) GRÜNDEL 1979]: *M. steinachensis*  
 (GRÜNDEL 1961), GPI Freiberg 21/109b; Schönsweg/Steinach.

Die kompletten Namen der Ostracoden-Zonen im Oberdevon von oben nach unten lauten:

- Maternella* (*M. hemisphaerica*)/*Richterina* (*R. latior*)-Interregnum  
*Maternella* (*M. hemisphaerica*)/*Maternella* (*M. dichotoma*)-Zone  
*Richterina* (*Fossirichterina*) *intercostata*-Zone  
*Richteria serratostrata*/*Nehdentomis nehdensis*-Zone  
*Franklinella* (*F. sigmoidale*)-Zone  
*Entomoprimitia sartenaeri*-(Super)-Zone  
*Entomoprimitia splendens*-(Sub)-Zone  
*Rabienella reichi*/*Entomoprimitia splendens*-Interregnum  
*Rabienella reichi*-(Sub)-Zone  
*Rabienella schmidtii*-(Sub)-Zone  
*Rabienella volki*-(Sub)-Zone  
*Rabienella materni*-(Sub)-Zone  
*Rabienella ? barrandei*-(Sub)-Zone  
*Waldeckella cicatricosa*/*Rabienella ? barrandei*-Interregnum  
*Waldeckella cicatricosa*-Zone  
*Waldeckella cicatricosa*/*Franklinella torleyi*-Interregnum  
*Franklinella* (*F. torleyi*)-Zone

**Derivatio nominis:** Zu Ehren von Arnold Rabien benannt in Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen.

**Holotypus:** GZG Gö 373-Rb 947 (Belegmaterial zu RABIEN 1954), Wissinghausen a l l.

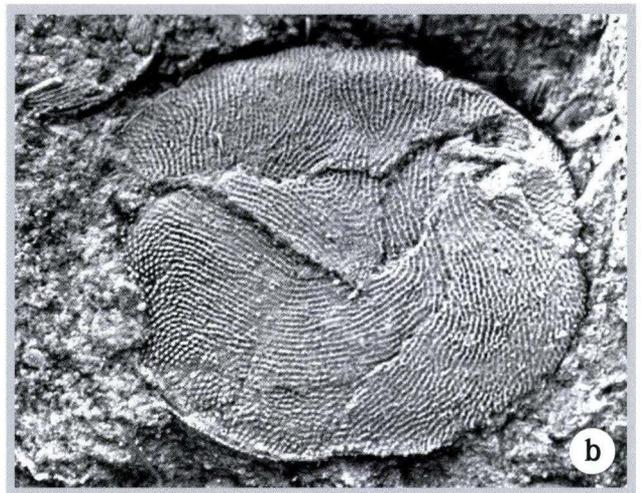
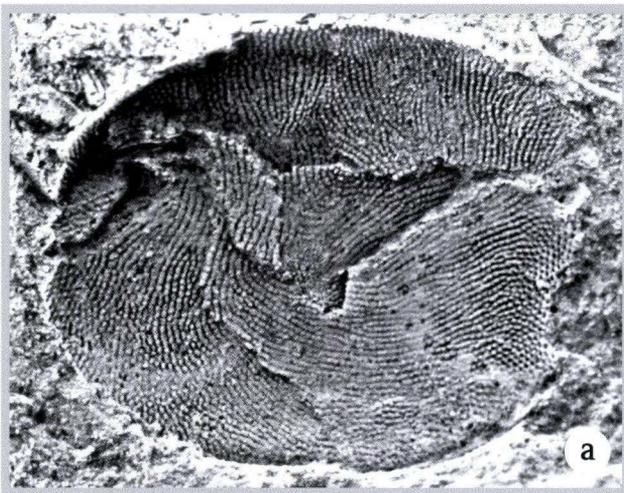
L = > 3,0 mm, H = 2,4 mm (vgl. Stereo-Aufnahme in GROOS-UFFENORDE 1993: Taf. 12, Fig. 3a = Latex Abguss von Rb 947, Fig. 3b = Abdruck Rb 947).

**Material:** Mehr als 26 meist randlich unvollständige Abdrücke aus hochoberdevonischen Schiefen aus dem Rheinischen Schiefergebirge, d.h. 11 Exemplare im Material RABIEN (1954) und mehr als 15 Exemplare aus Schurf II von Stockum, TK 25 Blatt 4714 Endorf (GROOS-UFFENORDE 1994: 84).

**Diagnose:** *Kuzminaella* mit gedrunen eiförmigen Umriss und feiner wirbelförmiger Berippung, im dorsalen Teil senkrecht zum Dorsalrand, im ventralen Teil parallel zum Ventralrand verlaufend mit Wirbel im hinteren Klappenteil. Engständige Querrippchen vorhanden.

**Beziehungen:** Die vorliegende Art unterscheidet sich von *Kuzminaella venusta* TSCHIGOVA 1977 durch die feinere, d.h., engständigere Berippung und den weniger deutlichen Schließmuskelfleck.

**Vorkommen:** Im höchsten Oberdevon des Rheinischen und Thüringischen Schiefergebirges und fraglich in China (WANG 1989).



**Abb. 1.** *Kuzminaella arabieni* n.sp., Holotypus

**a** = Abdruck auf Schiefer **b** = Latex-Abguss

L = > 0,85 mm, H = > 0,6 mm

GZG 373-Rb 947, R (rechte Klappe) leicht beschädigt und randlich unvollständig, Belegmaterial zu RABIEN (1954), Fundpunkt: Wissinghausen a l l.

## 5.2 *Rabienites* TSCHIGOVA 1977 ?

**Typusart:** *Rabienites decorus* TSCHIGOVA 1977 (vgl. GROOS-UFFENORDE 2004: 201, 203, Taf. 8, Fig. 1–2).

**Diagnose:** Ovaler Umriss mit fast geradem Dorsalrand (DR) und stärker gekrümmten Ventralrand (VR) und deutlicher Längsberippung mit Querrippchen, die von einer Schließmuskelflecke unterbrochen ist. Sulcus ( $S_2$ ) undeutlich, Dorsalgrübchen vorhanden.

Die Seitenansicht wurde schon in GROOS-UFFENORDE (2004) gegenüber TSCHIGOVA (1977: Taf. 2a) um 180° gedreht, dadurch ändert sich die Diagnose gegenüber der Originaldiagnose, d.h. der Ventralrand ist stärker gekrümmt als der fast gerade Dorsalrand und die Berippung verläuft oberhalb der Schließmuskelflecke fast gerade und ist nur unterhalb der Grube stärker gekrümmt.

**Bemerkung:** *Rabienites* wurde ohne Berücksichtigung von Variationsbreiten mit mehr als 12 Arten aus dem höheren

Oberdevon (Famenne-Stufe) Russlands (Timan-Petchora Region), Weißrussland (Pripyat Senke) und der Ukraine (Dnjepr-Donz Becken) beschrieben. Eine Abgrenzung dieser meist vollkörperlich erhaltenen Taxa gegen die altersgleichen, häufig in Schiefererhaltung vorkommenden deutschen Taxa wie z.B. *Fossirichterina* und *Richterina* ist noch nicht erfolgt. Die Eigenständigkeit der Gattung ist unsicher und die Aufspaltung in viele Arten sicherlich nicht gerechtfertigt.

***Rabienites decorus* TSCHIGOVA 1977 (Abb. 2)**

Als Ergänzung und zum Vergleich wird hier ein Stereoscan-Photo des unbedampften Holotypus der Typusart *Rabienites decorus* TSCHIGOVA 1977 abgebildet.

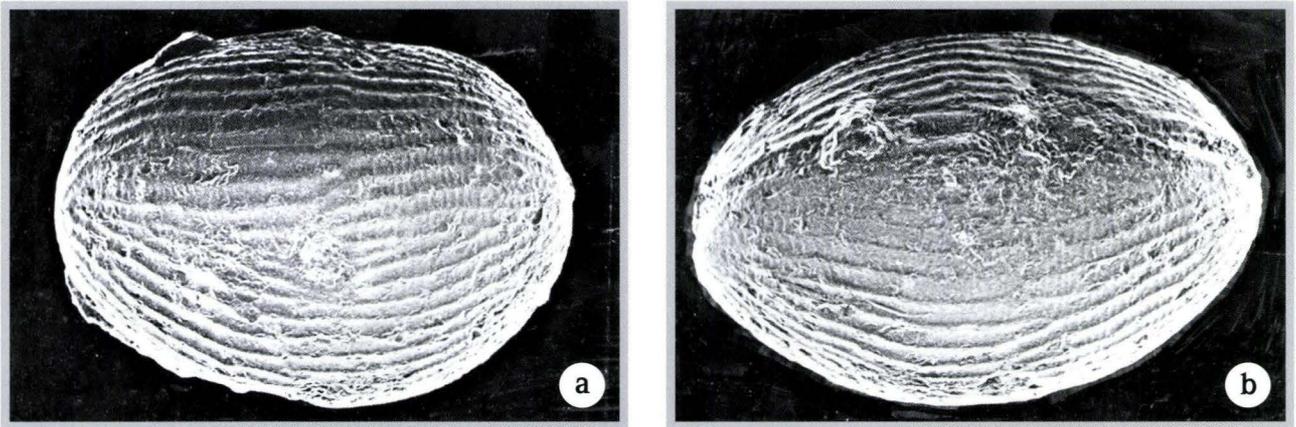


Abb. 2. *Rabienites decorus* Tschigova 1977

a = Gehäuse von rechts b = Gehäuse schräg dorsal

L = 1,4 mm, H = 1,0 mm, D = 0,9 mm; Bohrung Davydovka 11 in der Pripyat Senke (VNII neft, Nr. 4501/031-1/1).

### 5.3 *Waldeckella* RABIEN 1954

Typusart: *Waldeckella erecta* RABIEN 1954

Die Gattung *Waldeckella* RABIEN 1954 bzw. *Bertillonella* STUART & HENDRIX 1945 wurde von GRÜNDEL (1962) aufgrund unterschiedlichem Seitenumriss und nach dem Verlauf der Berippung in die Untergattungen *W.* (*Waldeckella*) und *W.* (*Rabienella*) aufgeteilt. Seit CASIER (1982: 9) wird die Berechtigung der Gattung *Bertillonella* angezweifelt. Wie u.a. in GROOS-UFFENORDE & WANG (1989: 69) werden die Untergattungen als selbständige Gattungen *Rabienella* und *Waldeckella* geführt.

*Waldeckella erecta* RABIEN 1954 (Abb. 3)

RABIEN beschrieb diese Art zuerst aus Bänderschiefern der mittleren Adorf-Stufe (tam, jetzt Frasn-Stufe, unteres Oberdevon) des Waldecker Uplands im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. Ein unvollständiges Exemplar aus seiner Belegsammlung wird hiermit abgebildet.



Abb. 3. *Waldeckella erecta* RABIEN 1954 Latex-Abguss (REM-Foto), R (rechte Klappe), Orig.-Nr. GZG Gö 373-Rb 639

L = > 0,85 mm, H = > 0,6 mm

Belegmaterial zu RABIEN (1954), Fundpunkt: Usseln e4.

### 5.4 *Rabienella* GRÜNDEL 1962

Typusart: *Rabienella reichi* (MATERN 1929)

Die schnelle Entwicklung der Gattung *Rabienella* in der oberen Frasn-Stufe (Adorf-Stufe, tao) wurde von A. RABIEN im östlichen Rheinischen Schiefergebirge entdeckt, aber nur kurz in der Arbeit RABIEN & RABITZ (1958) beschrieben. Die

Abfolge mit *Rabienella*-Arten (Zonierung definiert mit dem ersten Auftreten einer neuen Art, nicht mit deren Reichweite) konnte inzwischen bis nach China nachgewiesen werden (GROOS-UFFENORDE & WANG 1989).

*Rabienella reichi* (MATERN 1929) (Abb. 4)

\* 1929 *Primitiella reichi* n.sp. – MATERN: 21–22, Taf. 1, Abb. 9a–c

1958 *Waldeckella reichi* (MATERN) – RABIEN & RABITZ: 174, Abb. 5, Fig. 4

1975 *Bertillonella (Rabienella) reichi* (MATERN 1929) – CASIER: 15–16, Taf. 3, Fig. 4 (mit Synonymie-Liste)

v. 1989 *Rabienella reichi* (MATERN 1929) – GROOS-UFFENORDE & WANG: 69, Taf. 4, Fig. 25–27, 29

*Rabienella reichi* ist durch eine viereckige, weitständige Berippung gekennzeichnet, während die Vorläufer (*R. materni* und *R. volki*) noch eine dreieckige Berippung zeigen. Die Orientierung der *Rabienella*-Klappen ist schwierig, nach MATERN (1929: 21) ist der Holotypus ein Abdruck mit Steinkern einer linken Klappe, die von RABIEN (1954: 159) als rechte Klappe gedeutet wird.

Die Berippung der *Rabienella*-Arten wird besonders deutlich, wenn man die im Rheinischen Schiefergebirge so häufigen Abdrücke mit Latex abgießt, was nochmals mit Abb. 4 gezeigt werden soll.

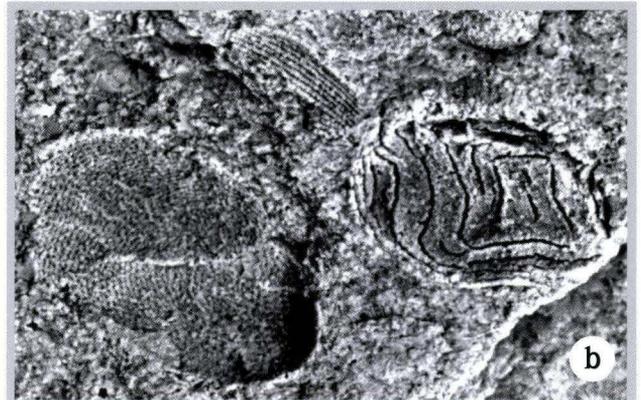
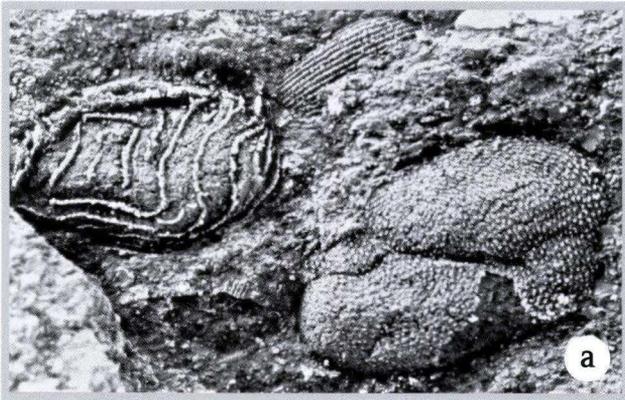


Abb. 4. *Rabienella reichi* (MATERN 1929) schräg oberhalb *Entomoprimitia* (*Reptiprimitia*) ? *paeckelmanni* (MATERN 1929)

a = Außenansicht (REM-Foto, Latex-Abguss) b = Abdruck (Aristophot-Foto)

L = > 1,2 mm, H = > 0,8 mm

Belegmaterial zu MATERN (1929, auf SMF Xe24b) im Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt, Gemeindesteinbruch Donsbach/Dillmulde, tiefes Oberdevon (hohe Frasn-Stufe), locus typicus von *Primitiella reichi* MATERN 1929 (weitere Abb. aus Donsbach siehe GROOS-UFFENORDE & WANG 1989: Taf. 4).

## 5.5 *Bisulcoentomozoe* WANG & ZHANG 1983

Typusart: *Bisulcoentomozoe tuberculata* WANG & ZHANG 1983 (Abb. 5a)

Diese Gattung aus dem hohen Unterdevon und Mitteldevon Chinas ist durch 2 dorsale Furchen und eine deutliche antero-ventrale Schaleneinziehung charakterisiert.

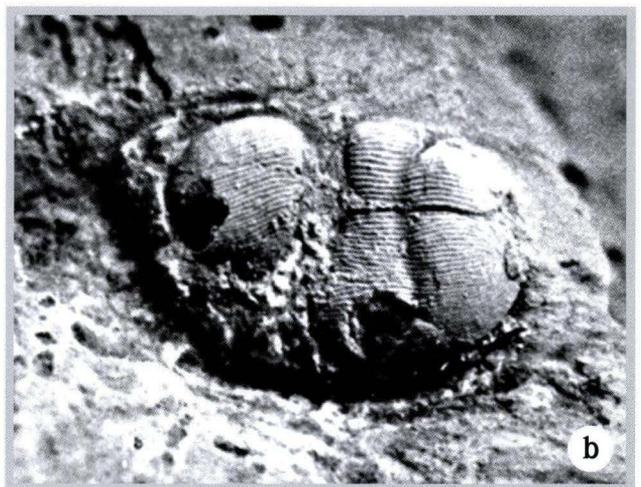
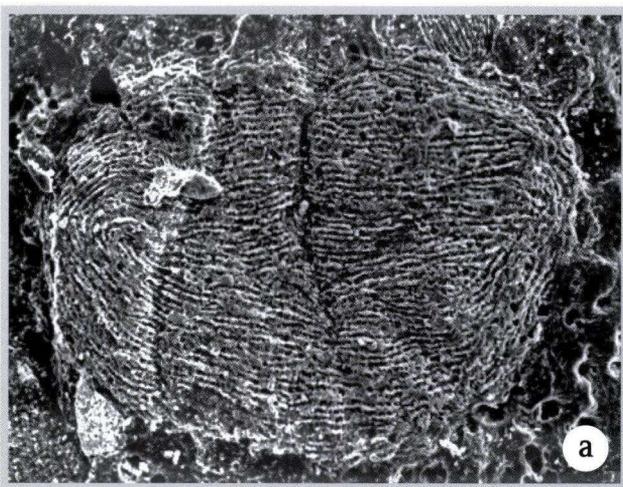


Abb. 5a. *Bisulcoentomozoe tuberculata* WANG & ZHANG 1983

L = 2,32 mm, H = 1,6 mm

Aufsicht auf rechte Klappe, Latex vom Holotypus

(Foto dankenswerterweise von Wang Shang-Qi, Nanking überlassen).

Abb. 5b. *Bisulcoentomozoe tuberculata* WANG & ZHANG 1983 ?

L = 2,85 mm, H = 1,9 mm

Aufsicht auf linke Klappe

aus Material zu KEGEL (1934), Museum für Naturkunde Berlin.

***Bisulcoenotomozoe tuberculata* WANG & ZHANG 1983 ?**  
(Abb. 5b)

Das pyritisierte, eng berippte Exemplar auf Abb. 5b fand sich im Belegmaterial zu KEGEL (1934) neben der leeren Schachtel

von *Entomis (Richteria)* n.sp. (aff. *torta*) KEGEL 1934 aus den Wissenbach-Schiefern vom Rammelsberg/Harz. Das Exemplar ist zwar verdrückt, die beiden langen dorsalen Furchen sind aber zu erkennen, zusätzlich auch das posterodorsale Dörnchen.

**5.6 *Franklinella* STEWART & HENDRIX 1945**

**Typusart:** *Franklinella novecosta* STEWART & HENDRIX 1945

**Bemerkungen:** Die rhynchonellide Brachiopoden-Gattung *Franklinella* LENZ 1973 und die nur unzureichend beschriebene pleurotomatiide Muschel *Franklinella* NELSON 1973 sind Homonyme und *Ungerella* LIVENTAL 1948 ein Synonym. Die Orientierung der Ostracoden-Gattung wechselte von der Erstbeschreibung von *Franklinella* (STEWART & HENDRIX 1945) und z.B. der Beschreibung des Synonyms *Ungerella* durch SYLVESTER-BRADLEY im Treatise (MOORE 1961) mit anterodorsalem und posteroventralen Dorn zu einem posterodorsalen und anterentralen Dorn.

Diese relativ große, rhomboentomozoide Gattung wurde von GOZALO (1994) in 2 Untergattungen aufgegliedert und dabei die neue Untergattung zu Ehren von Dr. Arnold Rabien benannt.

**Stratigraphische Verbreitung:** Ab Mitteldevon (höhere Eifel-Stufe) bis Unterkarbon (tieferes Mississippian) nachgewiesen.

**Vorkommen:** Europa, N-Amerika, GUS-Staaten, S-China, ? N-Afrika.

***Franklinella (Franklinella)* STEWART & HENDRIX 1945**

**Typusart:** *Franklinella novecosta* STEWART & HENDRIX 1945  
(Abb. 6)

Der Geschlechtsdimorphismus und die Larvalentwicklung dieser Untergattung wurde von OLEMPSKA (2002) ausführlich an der Art *F. (F.) lysogorensis* OLEMPSKA 2002 dargestellt.

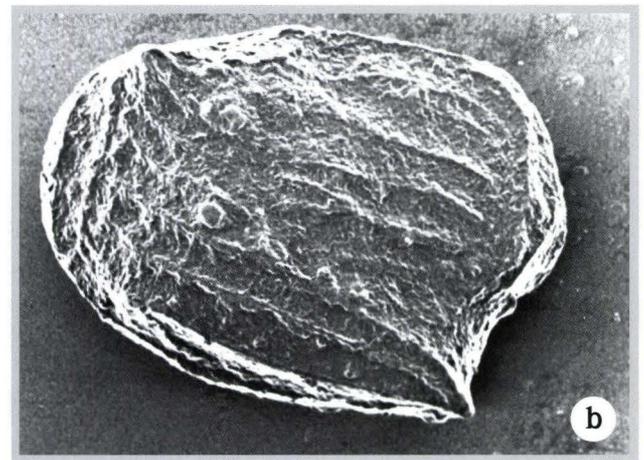
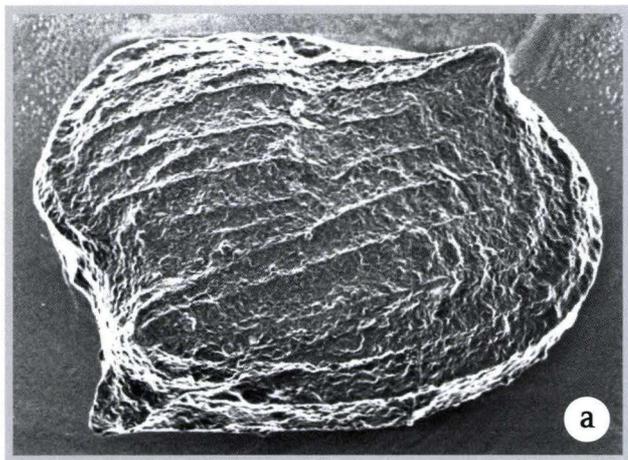
***Franklinella (Arnoldella)* GOZALO 1994**

- 1954 *Franklinella*? aff. *calcarata* (RHEIN. RICHTER 1865) – RABIEN: 61
- 1994 *Ungerella (Arnoldella) trispinosa* n.subgen., n.sp. – GOZALO: 159–162

**Typusart:** *Ungerella (Arnoldella) trispinosa* GOZALO 1994

**Diagnose:** Große, feinberippte, dimorphe *Franklinella* mit subquadratischem bis subtriangulärem Umriss, langem Sulcus ( $S_2$ ) und zusätzlich zu dem anteroventralen und posterodorsalen Dorn von *Franklinella (Franklinella)* noch einem dritten Dorn anterodorsal.

**Vorkommen:** Tiefes Oberdevon (Adorf- bzw. Frasn-Stufe) von Spanien und ganz selten im östlichen Rheinischen Schiefergebirge (Material zu RABIEN 1954 im GZG Gö 373-Rb 228 und Rb 391).



**Abb. 6.** *Franklinella novecosta* STEWART & HENDRIX 1945, Holotypus Ohio State Univ. Geol. Mus. 18863, loc 2a, Olentangy Shale. a = Gehäuse von links b = Gehäuse von rechts L = 1,25 mm, H = 0,9 mm

## 5.7 *Entomoprimitia* KUMMEROW 1939

Von RABIEN (1954: 61–65) wird die Skulptur-Vielfalt der in dieser Gattung zusammengefassten Arten diskutiert und eine Unterteilung empfohlen, die er aber aufgrund der unterschiedlichen Erhaltung (Kellwasserkalk- und Schiefererhaltung) nicht nomenklatorisch vornimmt. Erst GRÜNDEL (1962: 1199) unterscheidet dann aufgrund des Rippenplans und der Deutlichkeit der Furche ( $S_2$ ) die beiden Untergattungen *Entomoprimitia* und *Reptiprimitia*.

Die eingehenden Untersuchungen von ORLOV (unpublizierte Dissertation in St.-Petersburg) über die Ontogenie und Phylogenie der Entomoprimitiinae sind leider nur in einer Kurzfassung (ORLOV 1996) skizziert. Die Gattung *Entomoprimitia* wurde aber noch nicht revidiert.

### *Entomoprimitia (Entomoprimitia)* KUMMEROW 1939

**Typusart:** *Primitia hattingensis* MATERN 1929: Taf. 1, Fig. 11 = *Entomoprimitia nitida* (A. ROEMER 1850)

[*Primitia hattingensis* MATERN 1929: 24 = *Entomoprimitia splendens* (WALDSCHMIDT 1885)]

**Diagnose:** Konzentrisch verlaufende Rippen, Skulpturachse senkrecht oder parallel zur Gehäuselängsachse,  $S_2$  schwächer als bei *E. (Reptiprimitia)*.

**Bemerkung:** Das relativ große, von MATERN (1929) auf Taf. 1, Fig. 11 (SMF Xe 36a) gezeichnete Exemplar [schon von RABIEN 1954 zu *E. (E.) nitida* gestellt] zeigt zwar eine

Schließmuskelgrube und  $S_2$ , die Berippung ist aber viel weniger deutlich, zusätzlich ist ein anterodorsales Dörnchen zu erkennen.

### *Entomoprimitia (Reptiprimitia)* GRÜNDEL 1962

**Typusart:** *Entomoprimitia* ? n.sp., aff. *paeckelmanni* MATERN 1929 sensu RABIEN 1954

= *Entomoprimitia (Reptiprimitia) rabieni* BLUMENSTENGEL 1959

**Diagnose:** Rippen parallel zum Freien Rand und schräg zum Dorsalrand und zur kräftigen Furche ( $S_2$ ) verlaufend, eine Schließmuskelgrube fehlt.

**Bemerkung:** Aufgrund der unterschiedlichen Erhaltung bevorzugte RABIEN (1954: 64) nur offene Nomenklatur (= *Entomoprimitia* ? n.sp., aff. *paeckelmanni* MATERN 1929).

**Danksagung:** Die Anregung zur vorliegenden Publikation gab dankenswerter Weise Gudrun Radtke (HLUG). Meinem Mann Henning Uffenorde (GZG, Universität Göttingen) danke ich herzlich für die Digitalisierung meiner Fotos und hilfreiche Diskussionen. Für die Korrektur-Vorschläge gilt mein Dank außerdem den Referenten Gudrun Radtke (Wiesbaden) und Eberhard Schindler (Frankfurt).

## 6 Schriftenverzeichnis

- BARTZSCH, K., BLUMENSTENGEL, H. & WEYER, D. (2008): Oberdevon des Thüringischen Schiefergebirges. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VIII. Devon. – Schr.-R. dt. geol. Ges., **52**: 59–87, 10 Abb.; Hannover.
- BARTZSCH, K. & WEYER, D. (1984): Zur Stratigraphie des Untertournai (*Gattendorfia*-Stufe) von Saalfeld im thüringischen Schiefergebirge. – Abh. Ber. Naturkde. Vorgesch. für 1982, **12** (4): 3–54, 14 Abb., 6 Taf.; Magdeburg.
- BLESS, M.J.M., CRASQUIN, S., GROOS-UFFENORDE, H. & LETHIERS, F. (1996): Late Devonian to Dinantian Ostracodes (Comments on Taxonomy, Stratigraphy and Paleogeography). – Ann. Soc. géol. Belg., **109**: 1–8, 3 figs; Liège.
- BLESS, M.J.M. & GROOS-UFFENORDE, H. (1984): Ostracodes at the Devonian-Carboniferous Boundary. – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **67**: 23–28, 3 figs.; Frankfurt a.M.
- BLUMENSTENGEL, H. (1959): Über oberdevonische Ostracoden und ihre stratigraphische Verbreitung im Gebiet zwischen Saalfeld und dem Kamm des Thüringer Waldes. – Freiburger Forsch.-H., C **72**: 53–107, 4 Tab., 2 Taf.; Berlin.
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1978): Biostratigraphische Parallelisierung und Faziesvergleich von oberdevonischen Becken- und Schwellen-Profilen E Dillenburg. – Geol. Jb. Hessen, **106**: 53–115, 9 Abb., 12 Tab., 6 Taf.; Wiesbaden.
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1986): Stratigraphie und Fazies von Oberdevon/Unterkarbon-Profilen im Steinbruch ‚Beuerbach‘ bei Oberscheld. – Geol. Jb. Hessen, **114**: 5–60, 12 Abb., 11 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- CASIER, J.-G. (1975): Les ostracodes des Schistes à aspect ‚Matagne‘ de la partie supérieure du Frasnien de l’affleurement protégé de Bousu-en-Fagne, Belg. – Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg., **51**: 1–33, 2 figs., 3 pls.; Bruxelles.
- CASIER, J.-G. (1982): Les Entomozoacea (Ostracodes) du Frasnien de l’extrémité occidentale du bord sud du Bassin de dinant, Belgique. – Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg., **53** (5): 1–20, 1 tab., 1 pls.; Bruxelles.
- Deutsche Stratigraphische Kommission [Hrsg.] (2008): Stratigraphie von Deutschland VIII. Devon. – Schr.-R. dt. geol. Ges., **52**: 578 S., 154 Abb., 24 Tab., 1 Taf., 3 Kt.; Hannover.
- GOZALO, R. (1994): Geologia y Palaeontologia (ostracodos) del Devonico Superior de Tabuenca (NE de la cadena Iberica Oriental). – Memorias del Mus. Paleont. Univ. Zaragoza, **6**: 1–291, 80 figs., 76 tabs., 29 pls.; Zaragoza.
- GROOS, H. (1969): Mitteldevonische Ostracoden zwischen Ruhr und Sieg (Rechtsrheinisches Schiefergebirge). – Göttinger Arb. Geol. Paläont., **1**: 1–110, 48 Abb., 3 Tab., 20 Taf., 8 Beil.; Göttingen.
- GROOS-UFFENORDE, H. (1974): Ostracoden. – In: GROOS-UFFENORDE, H. & UFFENORDE, H. (1974): Zur Mikrofauna im höchsten Ober-

- devon und tiefen Unterkarbon im nördlichen Sauerland (Conodonts, Ostracoda, Rheinisches Schiefergebirge). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 58–87, 7 Abb., 5 Tab., 4 Taf.; Wiesbaden.
- GROOS-UFFENORDE, H. (1993): Ostracodes from the Devonian/Carboniferous boundary and their representation in stereo pairs. – Göttinger Arb. Geol. Paläont., **58**: 115–122, 2 Abb., Taf. 12–14; Göttingen.
- GROOS-UFFENORDE, H. (1994): Ostracoden. – In: CLAUSEN, C.-D., KORN, D., FEIST, R., LEUSCHNER, K., GROOS-UFFENORDE, H., LUPPOLD, F.W., STOPPEL, D., HIGGS, K. & STREEL, M. (1994): Die Devon/Karbon-Grenze bei Stockum (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Paläont. Westfalen, **29**: 82–84, Abb. 5, Tab. 1; Münster.
- GROOS-UFFENORDE, H. (2004): Late Famennian ostracodes from the Refrath 1 Borehole (Bergisch Gladbach-Paffrath Syncline; Ardennes-Rhenish Massif, Germany). – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **251**: 185–236, 4 figs., 4 tabs., 13 pls.; Frankfurt a.M.
- GROOS-UFFENORDE, H., LETHIERS, F. & BLUMENSTENGEL, H. (2000): Ostracodes and Devonian Stratigraphy. – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **220**: 99–111, 5 figs., 1 tab.; Frankfurt a.M.
- GROOS-UFFENORDE, H. & RADTKE, G. (2014): Nachruf Arnold Rabiens. – Geol. Jb. Hessen, **138**: 131–134, 2 Abb.; Wiesbaden.
- GROOS-UFFENORDE, H. & SCHINDLER, E. (1990): The effect of global events on entomozocean Ostracoda. – In: WHATLEY, R. & MAYBURY, C. (eds.): Ostracoda and global events: 101–112, 4 figs.; London.
- GROOS-UFFENORDE, H. & TSCHIGOVA, V. (1994): On *Kuzminaella venusta* TSCHIGOVA. – Stereo-Atlas of Ostracod Shells, **21**: 47–50, pl. 21; London.
- GROOS-UFFENORDE, H. & WANG, S.-Q. (1989): The entomozocean succession of South China and Germany (Ostracoda, Devonian). – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **110**: 61–79, 4 figs., 1 tab., 4 pls.; Frankfurt a.M.
- GRÜNDEL, J. (1962): Zur Phylogenetik und Taxionomie der Entomozooidae (Ostracoda) unter Ausschluß der Bouciinae. – Geologie, **11**: 1184–1202, 11 Abb.; Berlin.
- HEDBERG, H.D. (ed.) (1976): International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure: 1–200; New York (Wiley).
- KEGEL, W. (1934): Zur Kenntnis paläozoischer Ostracoden. – 4. Über die Gattung *Entomis* und ihre mitteldevonischen Arten. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., **54**: 409–420, 10 Abb.; Berlin.
- KORN, D., LUPPOLD, F.W. & CLAUSEN, C.-D. (1994): Das stratigraphische Alter des Stockumer Kalkes. – In: CLAUSEN, C.-D., KORN, D., FEIST, R., LEUSCHNER, K., GROOS-UFFENORDE, H., LUPPOLD, F.W., STOPPEL, D., HIGGS, K. & STREEL, M. (1994): Die Devon/Karbon-Grenze bei Stockum (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Paläont. Westfalen, **29**: 89–93, Abb. 9; Münster.
- KUMMEROW, E. (1939): Die Ostracoden und Phyllopoden des deutschen Unterkarbons. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **194**: 1–107, 20 Abb., 7 Taf.; Berlin.
- MATERN, H. (1929): Die Ostracoden des Oberdevons. – 1. Teil: Aparchitidae, Primitiidae, Zygobolbinae, Beyrichiidae, Kloedenellidae, Entomidae. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F. **118**: 5–100, 3 Abb., 2 Tab., 5 Taf.; Berlin.
- MOORE, R.C. (ed.) (1961): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part Q, Arthropoda 3, Crustacea, Ostracoda: Q1–Q442; Lawrence, Kans. (Univ. Pr.).
- MÜLLER-STEFFEN, K. (1965): Das Oberdevon des nördlichen Oberharzes im Lichte der Ostracoden-Chronologie. – Geol. Jb., **82**: 785–846, 11 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- OLEMPSKA, E. (2002): Ontogeny and sexual dimorphism in the Middle/Late Devonian rhomboentomozoid ostracod *Franklinella*. – J. Micropalaeont., **21**: 9–16, 2 figs, 3 pls.; London.
- ORLOV, A. (1996): Phylogenetic scheme of the subfamily Entomoprimitiina GRÜNDEL, 1962. – 3<sup>th</sup> European Ostracodologists Meeting Paris-Bierville 1996, Abstract p. 60, 1 fig.; Paris.
- RABIEN, A. (1954): Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**: 1–268, 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1960): Zur Ostracoden-Stratigraphie an der Grenze Devon/Karbon im Rheinischen Schiefergebirge. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., **3** (1): 61–106, 4 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- RABIEN, A. (1970): Oberdevon. – In: LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg. – 2. Aufl.: 78–83, 103–235; Wiesbaden.
- RABIEN, A. & RABITZ, A. (1958): Das Ober-Devon von Meschede. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 159–184, 5 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- RAITH, M. (1968): Vorläufige Mitteilung über *Ungerella*-Formen (Ostracoda) aus der Nehden-Stufe (Oberdevon) des Schaumbergprofils bei Östlich im Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1968**: 481–495, 8 Abb.; Hannover.
- STEWART, G.A. & HENDRIX, W.E. (1945): Ostracoda of the Olentangy Shale, Franklin and Delaware counties. – J. Paleont., **19**: 96–115, 2 pls.; Menasha (Wisc.).
- TSCHIGOVA, V.A. (1977): Stratigraphy and correlation of Devonian and Carboniferous oil- and gasbearing deposits of the European part of the USSR and foreign countries. – 263 p., 3 figs., 8 tabs., 47 pls.; Leningrad (Nedra) [russ.].
- WANG, S.-Q. (1989): Pelagic Ostracods from Givetian to Tournaisian in South China. – Bull. Nanjing Inst. Geol. Palaeont. Acad. Sinica, **9**: 1–80, 12 figs., 6 tabs., 16 pls.; Nanjing [chin. mit engl. abstract].
- WANG, S.-Q. & ZHANG, X.-B. (1983): Ostracodes from Lower and Middle Devonian of Luofu and other areas, Guangxi Province. – Acta Micropalaeont. Sinica, **22** (5): 551–563, 5 figs., 1 tabs., 3 pls., Beijing [chin. mit engl. abstract].

HENNING UFFENORDE<sup>1</sup> & GUDRUN RADTKE<sup>2</sup>

# ***Eucytherura myrsinae* n. sp. (Ostracoda, Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894) im Bereich des Bolboformen-Horizontes der Bohrung Wallau B98-BK5 (Unter-Oligozän, Mainzer Becken, Hessen)**

## **Kurzfassung**

Aus der Bohrung Wallau B98-BK5 im NE Mainzer Becken wird aus den unteren Mittleren Pechelbronn-Schichten (Unter-Oligozän) die neue Ostracoden-Art *Eucytherura myrsinae* aus der Familie der Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894 beschrieben. Obwohl die Eucytheruriden verbreitet in marinen und meist sogar Tiefwasser-Milieus leben, wurde die Art zusammen mit anderen Tiefwasser-Anzeigern als relativ kurzzeitige Bewohner

in einem lagunären Paläo-Milieu entdeckt. Die während der Rupelium 1-Transgression entstandenen Sedimente zeichnen sich durch eine Verzahnung von marinem und brackischem, vom nahen Festland zugeführten Material aus, wie paläontologische als auch isopenchemische und organisch-geochemische Methoden belegen.

## **[*Eucytherura myrsinae* (Ostracoda, Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894), a new species linked to the *Bolboforma* horizon of the borehole Wallau B98-BK5 (Early Oligocene, Mainz Basin, Hesse)]**

## **Abstract**

A new species of Ostracoda, *Eucytherura myrsinae* n. sp., family Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894, is described from lower Middle Pechelbronn strata (Early Oligocene) in the borehole Wallau B98-BK5, Northeastern Mainz Basin. The new species inhabited – together with other deep-water indicators – la-

goonal sediments during a relatively short period. These sediments were deposited during the Rupelian-1 transgression, causing an inter-fingering of marine and brackish, terrestrially derived muds as documented by further palaeontological, isotopic-chemical and organic-geochemical evidence.

## **Inhaltsverzeichnis**

1 Einleitung	49
2 Material und Methoden	50
3 Taxonomie (H. UFFENORDE)	51
4 Palökologische Interpretation	53
5 Ergebnis	55
6 Schriftenverzeichnis	55

## **1 Einleitung**

Im Eozän und Oligozän Deutschlands ist *Eucytherura* G.W. MÜLLER 1894 mit einer Reihe von Arten belegt. Den ersten Beschreibungen von *E. macropora* durch LIENENKLAUS (1894) aus

dem nordwestdeutschen Tertiärbecken und *E. dentata* durch LIENENKLAUS (1905) aus dem Hanau-Offenbacher Becken folgten Funde neuer Arten aus dem Altmark-Brandenburg Becken,

<sup>1</sup> Dr. H. Uffenorde (e-mail: huffeno@gwdg.de), Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen (GZG), Goldschmidt-Str. 3, 37077 Göttingen

<sup>2</sup> Dr. G. Radtke (e-mail: gudrun.radtke@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustr. 186, 65203 Wiesbaden

der Hessischen Senke und der Niederrheinischen Bucht (PIETRZENIUK 1969, MOOS 1973, FAUPEL 1975, ZIEGLER 1999).

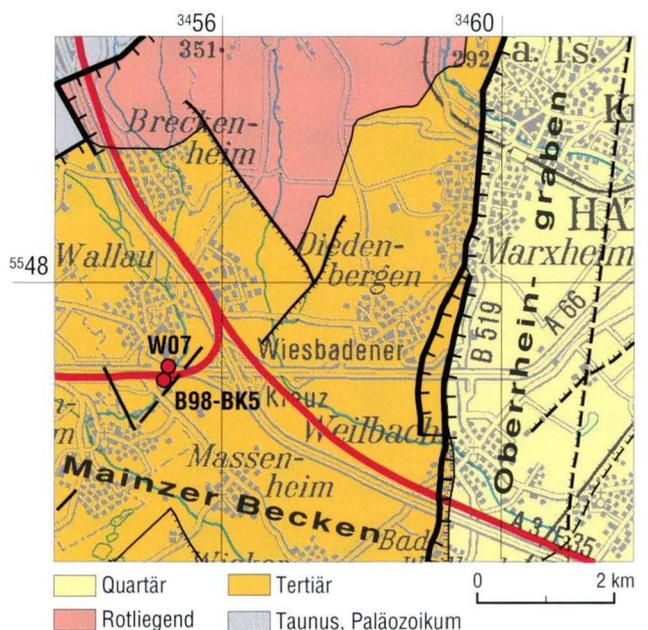
Leider unveröffentlicht blieben Funde von *Eucytherura* aus dem Unter- und tiefen Ober-Oligozän des Mainzer Beckens (KAMMERER 1993).

Bei Voruntersuchungen beim Bau der ICE-Trasse Köln – Rhein/Main, Abzweigung Wiesbaden wurden bis dahin unbekannte Schichtenfolgen erbohrt (u.a. in der Bohrung W07: 80,20 m), die daraufhin die Forschungsbohrung Wallau B98-BK5 initiierte (Abb. 1). Mit der Bohrung Wallau B98-BK5 östlich von Wiesbaden wurde erstmals eine 143 m mächtige Abfolge der Pechelbronn-Gruppe (Untere, Mittlere und Obere Pechelbronn-Schichten, Ober-Eozän bis tieferes Unter-Oligozän) im nordöstlichen Mainzer Becken nachgewiesen (MARTINI & RADTKE 2007: Abb. 2). Das Liegende bilden paläozoische Rotliegend-Sedimente (Perm); im Hangenden sind wenige Meter der Bodenheimer-Formation (Rupelton) aufgeschlossen. Die 170 m tiefe Bohrung Wallau B98-BK5 wird von RADTKE et al. (2007) detailliert beschrieben. Der außergewöhnliche Fossilreichtum, insbesondere in den Mittleren Pechelbronn-Schichten (39,55–93,75 m, Unter-Oligozän), der die 1. Ingression in den Oberrheingraben belegt, hat zu einem intensiven Untersuchungsprogramm paläontologischer, sedimentologischer, mineralogischer und geochemischer Schwerpunkte und einer Zusammenstellung der umfangreichen Ergebnisse geführt (RADTKE & MARTINI 2007). Die Sedimente konnten in drei weitere Fossilzonen (von unten nach oben), in Zone fossilifère à *Mytilus* (ZFM)/à Bryozonaires (ZFB)/à Hydrobies (ZFH) gegliedert werden.

Die Sedimente in diesem Bereich bilden einen Wechsel von dünnbankigen Mergeltonen und geringmächtigen Schwarzpeliten, teils feinste Quarzschluffe enthaltend. Die Mergeltonen bzw. die karbonatischen Tone sind mehr oder weniger deutlich geschichtet, feinlaminiert und besitzen nur einen niedrigen Karbonatgehalt. Nach unten folgt ein Abschnitt mit teils kalkhaltigen, teils kalkfreien Tonen, die sogar eine dünne Quarzfeinkies-Lage enthalten (Abb. 2).

In dieser ZFM belegen verschiedene Fossilfunde wie Foraminiferen, Ostracoden etc. die erste marine Ingression im

Unter-Oligozän in den nördlichen Oberrheingraben bzw. in das nordöstliche Mainzer Becken. Funde von Bolboformen in einer einzigen Lage (84,00–84,05 m), die mit Horizonten aus Borken korreliert werden konnten (GRIEBEMER 2002), zeigen die Richtung der Meeresverbindung nach Norden zur Paläo-Nordsee an. In diesem sogenannten Bolboformen-Horizont (GRIMM et al. 2007) ist die höchste Marinität innerhalb des Rupelium 1 Transgressionsgeschehens (= Ru1 Transgressive Systems Tract 2, TST2) nachgewiesen (GRIEBEMER et al. 2007: Abb. 2, Beilage 4). Die in diesem eng begrenzten Teufenbereich der Bohrung Wallau B98-BK5 entdeckten reichen und exzellent erhaltenen Funde einer neuen *Eucytherura*-Art sind Gegenstand dieser Arbeit.



**Abb. 1.** Ausschnitt aus der Geologischen Karte (GÜK 300, Geologische Übersichtskarte 1 : 300 000, dig. Ausgabe) mit der Lage der Bohrung Wallau an der Abzweigung Wiesbaden der ICE-Neubaustrecke Köln – Rhein/Main (in rot).

## 2 Material und Methoden

Die fünf Proben, in denen die neue Art gefunden wurde, entstammen der Bohrung Wallau B98-BK5 (hier: 84,00–84,30 m) des Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (Bl. 5916 Hochheim am Main, R 34 55 234, H 55 46 705 [Gauß-Krüger], 50°3'17.77" = 50.054936° N Breite, 8°22'25.83" = 8.373842° E Länge [geogr. Koordinaten]) (MARTINI & RADTKE 2007). Die jeweils 5 laufende Bohrcm umfassenden Proben wurden im HLUG (Wiesbaden) im mikropaläontologischen Routineverfahren mit Wasserstoffperoxid und Siebung mit 90 µm-Sieb aufbereitet und unter dem

Binokular ausgelesen. Der wegen seiner Bolboformen besonders wichtige Bereich 84,00–84,05 m wurde nachbeprobt. Bei einer weiteren Nachbeprobung wurde 7 m über diesem Massenvorkommen zwei weitere Klappen gefunden (vgl. Tab. 1).

Die Proben sind in der Sammlung des HLUG hinterlegt (HLUG Labornummern 15.330, 15.951, 16.172–16.175, MARTINI & RADTKE 2007: 36).

Verwendete Kürzel:

G = Gehäuse, KL = Klappen, LK = Linke Klappe, RK = Rechte Klappe, Lb-Nr. = Labor-Nummer.

### 3 Taxonomie (Henning UFFENORDE)

Superfamilie Cytheroidea BAIRD 1850  
 Familie Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894  
 Gattung *Eucytherura* G.W. MÜLLER 1894  
 Typusart *Cythere complexa* BRADY 1866

#### *Eucytherura myrsinae* n. sp.

Taf. 1, Fig. 1–10

non 1975 *Eucytherura* sp. A. – FAUPEL: 39, Taf. 11, Fig. 5a–b

non 1993 *Eucytherura faupelae* n. sp. – KAMMERER: 89, Taf. 14, Fig. 7, 10 (Nomen nudum)

v. 2007 *Eucytherura* sp. 2. – GRIEBEMER et al.: 191, Beil. 4

**Locus typicus:** Bohrung Wallau B98-BK5.

**Stratum typicum:** 84,00–84,30 m, Mittlere Pechelbronn-Schichten: oberer Teil der Zone fossilifère à *Mytilus* (ZFM), unteres Rupelium.

**Derivatio nominis:** Nach Frau Dr. Myrsini Faupel für ihren Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung oligozäner Arten der Gattung *Eucytherura* G.W. MUELLER 1894 in Deutschland.

**Holotypus:** Linke Klappe, Tafel 1, Fig. 3.

**Paratypoid:** Rechte Klappe, Tafel 1, Fig. 4.

**Material:** mehr als 200 Klappen (Taf. 1, Tab. 1).

B98-BK5: 76,90–77,00 m (LB-Nr. 15.930), 84,00–84,05 m (LB-Nr. 15.330, 15.951), 84,05–84,10 m (LB-Nr. 16.172), 84,10–84,15 m (LB-Nr. 16.173), 84,25–84,30 m (LB-Nr. 16.175). Relative Häufigkeitsverteilung siehe Tab. 1, Abb. 2.

**Diagnose:** Eine kleine Art der Gattung *Eucytherura* mit Augenhöckern, charakteristischer siebporiger Grübchen-Skulptur, markantem Verlauf von sechs Hauptrippen, komplex gebauten Flügelenden, die aus zwei randparallelen Nebenrippen beste-

hen, deutlichem Kaudalfortsatz und vielfach gestielten Porenhöckern. Die Siebporen pausen sich in auffälliger Weise auf die Klappeninnenseite durch.

**Beschreibung:** Eine kleine Art der Gattung *Eucytherura* mit über 100 ovalen bis gerundeten Grübchen (Fossae). Die sechs Hauptrippen sind:

(1) eine markante submarginale Anteroventralrippe, die lateral von der Mitte des Vorderrandes (Porenconus!) bis unter den Flügel verläuft.

(2) Die Anterolateralrippe läuft vom Vorderrand des Augenhöckers in leichtem konkavem Bogen zum oberen Ende der Anteroventralrippe.

(3) Die Medianrippe geht vom Hinterrand des Augenhöckers in leichter konvexer Krümmung nach hinten in die Flügelrippe über.

(4 und 5) Die wulstige Dorsolateralrippe beginnt hinter dem Augenhöcker, läuft leicht wellig parallel zum Dorsalrand und verbindet sich hinter der Mitte mit der Dorsalrippe.

(6) Die S-förmig geschwungene Posterolateralrippe trennt den Kaudalfortsatz vom Hauptfeld der Schale. Sie vereinigt sich unter dem eigentlichen Flügelende mit der Medianrippe.

Die unterhalb des Flügels befindliche zweite Rippe ist in Lateralansicht nicht zu sehen. In Ventralansicht ist sie aber so breit, dass auch hier eine siebporige Grübchen-Skulptur nachweisbar ist. Daneben gibt es Rippen, die das Vorderende der Anteroventralrippe mit der Dorsalrippe verbinden, sowie ein kurzes Rippenstück, das kurz vor dem Ende der Flügelrippe senkrecht zu einem Porenkegel zieht. Hinterende der Flügelrippe und unteres Ende der Posterolateralrippe sind durch ein Porengrübchen getrennt.

Auf der relativ breiten anteroventralen Außenleiste befinden sich 4–6 kurze Stege, die in Zähnchen münden. Zwischen den Stegen zeigt die Außenleiste eine Feinststreifigkeit (Striae). Das Kaudalfeld ist polygonal retikuliert und fein punktat.

Die Porenhöcker befinden sich meist auf den Netzstegen (Muri), aber auch – besonders auffällig – an oder hinter der Posterolateralrippe.

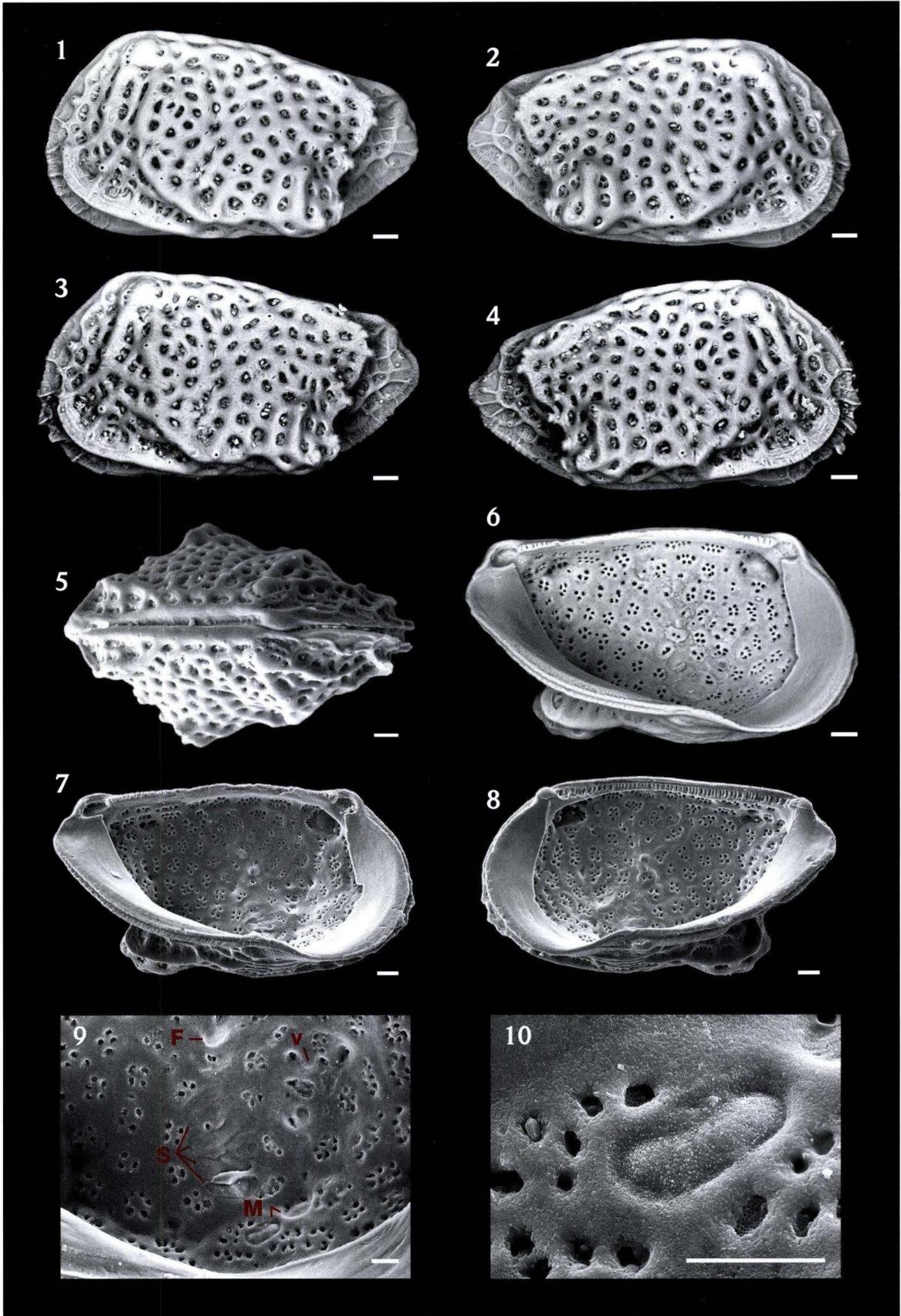
In Dorsalansicht zeigt das Vorderende eine doppelte Zuspitzung durch Vorderrand- und submarginale Anteroventralrippe. Eine leichte Vorwölbung ist durch die Rippe unterhalb des Augenhöckers sichtbar. Die Position der Schließmuskelflecken wird leicht konkav nachgezeichnet. Die stärkste Vorwölbung liegt am Hinterende des Flügels, hinter dem Porenhöcker der Posterolateralrippe sichtbar sind. Der Kaudalfortsatz der linken und rechten Klappe bildet einen stumpfen Winkel.

Die Innenlamelle ist für die Gattung relativ breit, das Schloss lophodont. Die vier Schließmuskel-(Adduktor-)narben sind unregelmäßig oval. Die Frontalnarbe ist flach v-förmig und wenig auffällig. Vor der untersten Schließmuskelnarbe liegen zwei gut sichtbare Mandibularnarben (Taf. 1, Fig. 9). Die sonstige

**Tab. 1.** Relative Häufigkeitsverteilung von *Eucytherura myrsinae* n. sp. in der Bohrung Wallau B98-BK5.

LB-Nr.	Tiefe [m]	Anzahl der Klappen (KL)
15.930	76,90–77,00	2
15.330	84,00–84,05	88
15.951*	84,00–84,05	45
16.172	84,05–84,10	25
16.173	84,10–84,15	77
16.174	84,15–84,20	0
16.175	84,25–84,30	1

\* Nachbeprobung mit wenig Material



Innenschale ist mit auffälligen Porengruben (gruppiert jeweils zu drei bis neun Poren) besetzt. Die Außenleiste zeigt posteroventral deutliche Striae.

**Bemerkungen und Beziehungen:** Die neue Art scheint die Vorläuferin der ober-oligozänen *Eucytherura* sp. A FAUPEL 1975 und der *Eucytherura „faupelae“* KAMMERER 1993 (unveröff., deshalb Nomen nudum) zu sein, mit denen sie Ähnlichkeiten in der Ornamentation hat. Jedoch scheint das bei FAUPEL (1975) auf Tafel 11, Fig. 5b abgebildete Stück schlecht erhalten und – was die anteroventralen Zähnen und der abgeschliffene oder weggebrochene Anteroventralrand und der abgebrochene Kaudalfortsatz anbetrifft – für die artliche Bestimmung nur noch mit Vorbehalt verwendbar zu sein. *Eucytherura myrsinae* n. sp. unterscheidet sich von *Eucytherura* sp. A deutlich im Umriss wie auch in Dorsalansicht. *Eucytherura* sp. A ist schlank pfeilförmig, *Eucytherura myrsinae* rhomboedrisch.

Bei KAMMERER (1993) findet sich weder eine Abbildung noch Beschreibung der Dorsalansicht von *E. „faupelae“*. Unterschiede in der Ornamentation zwischen *Eucytherura myrsinae* n. sp. und *E. „faupelae“* bestehen vor allem in der posterodor-

salen und posteroventralen Position der Fossae. Die Posterolateralrippe ist bei *Eucytherura myrsinae* n. sp. stärker entwickelt und trägt auffällige Porenhöcker. Der Kaudalfortsatz der neuen Art ist breiter entwickelt, retikuliert und mit feinen marginalen Striae versehen.

Die neue Art ist geringfügig kleiner als die ober-oligozäne Form. Ihr vorderer Kardinalwinkel ist stärker gerundet. Die flügelähnliche Vorwölbung ist bei der neuen Art komplexer durch das Vorhandensein von zwei welligen randparallelen Rippen abgestumpft, von denen nur die obere in Lateralansicht unter dem Flügelende sichtbar ist.

♂♂ sind bislang unbekannt.

**Maße:** Länge (L): 0,272–0,305 mm  
Höhe (H): 0,146–0,17 mm  
Breite (B): 0,18 mm

**Stratigraphische Verbreitung:** Unter-Oligozän, bislang nur aus dem unteren Teil der Mittleren Pechelbronn-Schichten des Mainzer Beckens bekannt (Zone fossilifère à *Mytilus* = ZFM).

## 4 Palökologische Interpretation

Die Begrenzung der Funde von *Eucytherura myrsinae* n. sp. auf den Teufenbereich 84,00–84,30 m weist auf das zusammenfassend in MARTINI & RADTKE (2007: 23) herausgestellte „Maximum an Marinität“ im Zuge der 1. Rupelium-Transgression (Abb. 2). Wie in GRIEBEMER et al. (2007: 181) beschrieben, kündigt sich dieses Maximum bereits 20–25 cm unterhalb des Bolboformen-Horizontes (84,00–84,05 m) mit weiteren Ostracoden marinen Ursprungs an. Diese sind (mit Häufigkeitsanga-

ben) *Lienenklausicythere camelus* (MOOS 1965, neue Gattung siehe UFFENORDE et al. 2012; früherer Name in GRIEBEMER et al. 2007: *Grinioneis camelus*), *Grinioneis triebeli* (STCHEPINSKY 1960) (beide häufig), *Paracypris* aff. *propinqua* TRIEBEL 1963 (verbreitet) und *Cardobairdia boldi* PIETRZENIUK 1969 (nach GRIEBEMER et al. 2007: beschränkt auf 84,00–84,20 m, häufig). Letztere drei dieser Ostracoden-Arten sind auch in Borken gefunden worden (GRIEBEMER 2002), was auf äh-

### ← Taf. 1. Fig. 1–10. *Eucytherura myrsinae* n.sp.

Alle Exemplare aus Bohrung Wallau B98-BK5, Zone fossilifère à *Mytilus* (ZFM), Mittlere Pechelbronn-Schichten, Unter-Oligozän.

**Maßstab:** Fig. 1–8: 20 µm; Fig. 9 und 10: 10 µm. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen (REM).

**Proben:** Fig. 1–2 und 6–10: 84,10–84,15 m (HLUG, LB-Nr. 16.173), Fig. 3–5: 84,00–84,05 m (HLUG, LB-Nr. 15.330).

**Fig. 1.** LK, Außenansicht. Länge (L): 272 µm, Höhe (H): 149 µm.

**Fig. 2.** RK, Außenansicht. L: 277 µm, H: 149 µm.

**Fig. 3.** LK, Außenansicht, Holotypus. L: 274 µm, H: 149 µm.

**Fig. 4.** RK, Paratypoid. L: 277 µm, H: 146 µm.

**Fig. 5.** G, Dorsalansicht. L: 285 µm, Breite (B): 180 µm.

**Fig. 6.** LK, Innenansicht. L: 274 µm.

**Fig. 7.** LK, Innenansicht. L: 296 µm.

**Fig. 8.** RK, Innenansicht. L: 292 µm.

**Fig. 9.** Detail von Fig. 8 mit 4 Schließmuskelnarben (S), darüber heller Fulkrälpunkt (F), davor flache v-förmige Frontalarbe (v), unten 2 Mandibularnarben (M), siehe Fig. 10.

**Fig. 10.** Detail von Fig. 9: Hintere Mandibularnarbe mit siebporigen Grübchen.

liche palökologische Bedingungen schließen lässt sowie die Existenz eines Meerwasserzustroms aus dem Norden durch die Hessische Senke weiter erhartet.

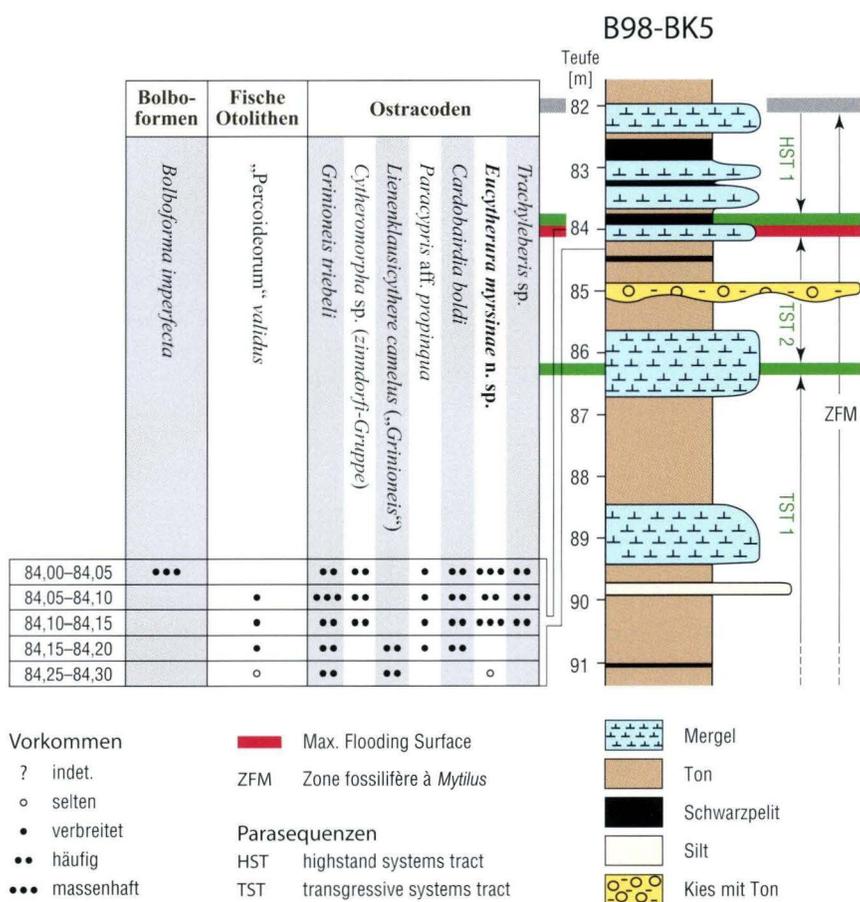
Aufgrund der relativen Häufigkeit der neuen Art und anderer Tiefwasser-Ostracoden scheint deren Verbreitung dem Prinzip der Relativität der bionomischen Tiefenzonierung im Sinne H. SCHMIDT (1935) zu entsprechen.

Blickt man sowohl auf die abgelagerten Sedimente als auch auf die Fossilfunde, so lässt sich folgendes Szenarium aufstellen (vgl. Abb. 3):

Die Mittleren Pechelbronn Schichten (MPS) beginnen mit einem transgressiven Ablagerungssystem (TST, Abb. 2), das in zwei Parasequenzen unterteilt ist.

In der Parasequenz 1 (TST1) wird der Ablagerungsraum, geprägt noch von den vormaligen alluvialen und fluviatilen Bedingungen der Unteren Pechelbronn Schichten (UPS), in mehreren Schüben überflutet. Eine kleine Siltlage bei ca. 90 m Teufe sowie mehrere foraminiferen- und ostracodenfreie Lagen dokumentieren minimale regressive Tendenzen.

In der Parasequenz 2 (TST2) stabilisiert sich der neu geschaffene Ablagerungsraum. Hier herrschen ruhige Sedimentationsbedingungen. Am Topp dieser Parasequenz wird der Meereshöchststand erreicht. Es ist größte Diversität von Foraminiferen und Tiefwasser-Ostracoden mit höchster Marinität zu verzeichnen. Dieser Höchststand ging einher mit der maximalen Überschwemmung der Küstenbereiche (sequenzstratigraphisch entsprechend dem „Maximum Flooding Surface“), die kurzfristig zahlreiche Planktonen wie *Turbotalia* und Bolboformen einschwemmte (GRIMM et al. 2007). In diesen tieferen Ablagerungsraum sind aller Wahrscheinlichkeit nach auch die Tiefwasser-Ostracoden durch transgressive, bodennahe Strömungen begünstigt „eingewandert“, haben dort vergleichbare ruhige Lebensbedingungen vorgefunden und als Lebensraum angenommen. Ein so differenzierter Ablagerungsraum zeigt sich auch in der Vermischung von weiteren vor Ort lebenden Organismen wie die Fische der letztmalig vorkommenden Art „Percoideorum“ *validus* und die aus landnahen Bereichen eingebrachten Ostracoden der polyhalinen *Cytheromorpha* sp. 2 (*zinnordfi*-Gruppe, i.S.v. GRIEBEMER et al. 2007). Im Hangenden der kleinen Siltlage bei 90 m Teufe dokumentieren Massenvorkommen von Bolivinen und Bulimi-



**Abb. 2.** Rechts: Ausschnitt aus dem Profil Wallau B98-BK5, unterer Teil der Mittleren Pechelbronn-Schichten (aus: GRIEBEMER et al. 2007: Beilage 4, verändert).

Links: Relative Häufigkeit von *Eucytherura myrsinae* n. sp. und Auswahl wichtiger Arten aus Profilintervall 84,00–84,30 m im Bereich der 1. Rupelium-Transgression.

nen sowie hohe Planktonraten auch bei den Foraminiferen den Höchststand der Marinität (GRIMM et al. 2007), der im weiteren Verlauf der Sedimentation nie mehr erreicht wird.

In dem darüber folgenden Hochstandsablagerungssystem (HST) verflacht und verfüllt sich der Sedimentationsraum und küstennahe Auenwälder im Hinterland spielen zunehmend eine Rolle, was sich mit der vermehrten Ablagerung von Schwarzpeliten und der Zunahme von Brackwasser-Ostracoden, zunächst ohne, dann mit Buckelbildung – ein Hinweis auf Verbrackung – dokumentiert (UFFENORDE & RADTKE 2008).

Dies deckt sich auch mit geochemischen Befunden von LIPPMANN et al. (2007) über die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und von DERSCH-HANSMANN (2007) über die Wasserstoff-Indizes (HI). Nach LIPPMANN et al. (2007: 107–109) zeigen die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zwischen  $-25$  und  $-26$  ‰ „die typische Signatur von Landpflanzen und damit terrestrischen Ursprung...“. DERSCH-HANSMANN (2007: 120) weist darauf hin, dass „die niedrigen HI-Werte ... ein wichtiges zusätzliches Indiz für den starken Einfluss lateraler Zufuhr terrestrischen organischen Material“ seien.

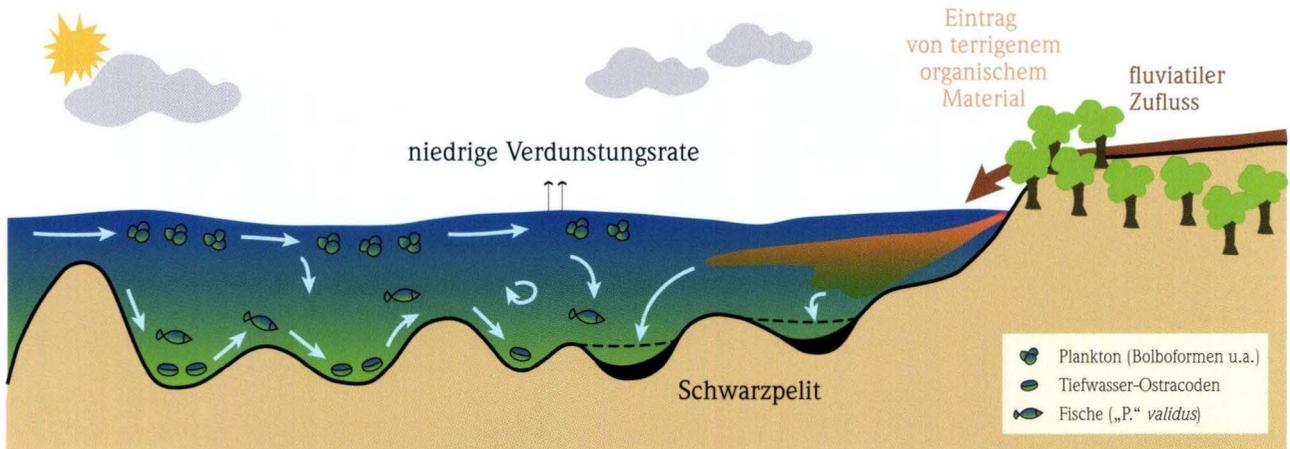


Abb. 3. Ablagerungsmodell für den Bereich der maximalen Marinität in den Mittleren Pechelbronn-Schichten der Bohrung Wallau B98-BK5 mit durch Meerwasserströmung eingebrachte Fauna von Tiefwasser-Ostracoden und Planktonen. Als relativ ortsgebundene Bewohner der unmittelbaren Küstengewässer sind die Fische „P.“ *validus* anzusehen (Vorlage DERSCH-HANSMANN 2007: Abb. 5 unterer Teil, verändert).

## 5 Ergebnis

Die oben beschriebene Ostracoden-Art *Eucytherura myrsinae* n. sp. scheint ein weiterer Beleg für den Zustrom tiefmariner Wässer zu sein, die von Norden durch die Hessische Senke im Zuge des ersten größeren Transgressionsgeschehens das unter-oligozäne Mainzer Becken erreichte.

Die neue Art wird als Vorläuferin der ober-oligozänen *Eucytherura* sp. A FAUPEL 1975 und der *Eucytherura* „*faupelae*“ KAMMERER 1993 angesehen.

**Danksagung:** Besonderen Dank schulden die Autoren: Dipl.-Geol. T.W. Griebemer (Schifferstadt) und Prof. E. Martini (Kronberg i.Ts.) für Auslese und teilweise Präparation des Bohrmaterials (neben HLOG: Herrn J. Dengler), Dr. T. Hein-

richs (GZG, Göttingen), Prof. A.R. Lord und Frau C. Franz (beide Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt a.M.) für die Hilfe bei rasterelektronenmikroskopischen Ausnahmen (REM).

Dr. P. Schäfer (Mainz) machte uns dankenswerterweise die unveröffentlichte Dissertation von KAMMERER (1993) zugänglich und half beim Auffinden von *Eucytherura* „*faupelae*“ KAMMERER 1993, deren abgebildete Exemplare im Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg (Frankfurt a.M.) und weiteres Material im Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (Mainz) eingesehen werden konnten, nachdem Dr. T. Kammerer (Jena) Probleme bei der Identifizierung ausräumen konnte. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts danken wir herzlich PD Dr. P. Frenzel (Jena).

## 6 Schriftenverzeichnis

DERSCH-HANSMANN, M. (2007): Organisch-geochemische Untersuchungen an unteroligozänen Sedimenten der Bohrung Wallau B98-BK5. – In: RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 113–126, 5 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.

FAUPEL, M. (1975): Die Ostrakoden des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) in Nordhessen. – Göttinger Arb. Geol. Paläont., **17**: 1–77, 3 Abb., 1 Tab., 13 Taf.; Göttingen.

GRIEBEMER, T.W. (2002): The *Bolboforma* signal – a distinct level for correlating Lower Oligocene deposits (NP 22), the Melania Clay Formation of Northern Hesse (Hessian Depression) with the Middle Pechelbronn Formation of the Mainz Basin (Rhineland-Palatinate,

Germany). – In: GÜRS, K. (ed.): Northern European Cenozoic Stratigraphy. – Proc. 8<sup>th</sup> Biann. Meet. RCNNS/RCNPS: 57–66, 6 figs., 1 pl.; Flintbek.

GRIEBEMER, T.W., UFFENORDE, H. & RADTKE, G. (2007): Die Ostracoden der Mittleren Pechelbronn-Schichten (Unter-Oligozän) in der Bohrung Wallau B98-BK5 (nordöstliches Mainzer Becken). – In: RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 173–192, 3 Abb., 1 Taf., Beil. 4; Wiesbaden.

GRIMM, K.I., RADTKE, G. & SPIEGLER, D. (2007): Foraminiferen und Bolboformen aus der Mittleren Pechelbronn-Formation (tiefes Unter-Oligozän) der Bohrung Wallau B98-BK5. – In: RADTKE, G.

- & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 157–171, 1 Abb., 2 Taf., Beil. 3; Wiesbaden.
- KAMMERER, T. (1993): Ostracoden aus dem Oberen Rupelton, Schleichsand und Cyrenenmergel (Zwischenschichten, Rupelium bis unteres Chattium) des Mainzer Beckens. – Diss., Univ. Mainz: 1–113, 12 Abb., 16 Taf., 1 Anh.; Mainz (unveröff.).
- LIENENKLAUS E. (1894): Monographie der Ostrakoden des nordwestdeutschen Tertiärs. – Z. dt. geol. Ges., **46**: 158–268, 1 Tab., Taf. 13–18, 5 Textfig.; Berlin.
- LIENENKLAUS E. (1905): Die Ostrakoden des Mainzer Tertiärbeckens. – Ber. senckenberg. naturforsch. Ges., **1905**: 3–67, 1 Tab., 4 Taf.; Frankfurt a.M.
- LIPPMANN, R., GAUPP, R., GLEIXNER, G. & RADTKE, J. (2007): Petrographische und isotopenchemische Untersuchungen ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) der Mittleren Pechelbronn-Schichten in der Bohrung Wallau B98-BK5. – In: RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 99–111, 4 Abb. 1 Tab.; Wiesbaden.
- MARTINI, E. & RADTKE, G. (2007): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation) – Einführung und Synthese. – In: RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 7–36, 10 Abb., 1 Tab., Beil. 1; Wiesbaden.
- MOOS, B. (1973): Einige *Eucytherura*-Arten aus Eozän und Oligozän. – Geol. Jb., **A 6**: 83–95, 1 Taf.; Hannover.
- PIETRZENIUK, E. (1969): Taxonomische und biostratigraphische Untersuchungen an Ostracoden des Eozän 5 im Norden der Deutschen Demokratischen Republik. – Paläont. Abh., Abt. A (Paläozoologie) **4** (1): 1–162, 24 Abb., 2 Tab., 28 Taf.; Berlin.
- RADTKE, G., LIPPMANN, R. & GAUPP, R. (2007): Neues Vorkommen der Pechelbronn-Gruppe im Mainzer Becken (Ober-Eozän – tiefes Unter-Oligozän, Deutschland) – Lithologie und Sedimentologie der Bohrungen Wallau B98-BK5 und W07. – In: RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 37–72, 17 Abb., Beil. 2; Wiesbaden.
- RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.) (2007): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheim-Formation). – Geol. Abh. Hessen, **116**: 273 S., 64 Abb., 15 Tab., 17 Taf., 5 Beil.; Wiesbaden.
- SCHMIDT, H. (1935): Die bionomische Einteilung der fossilen Meeresböden. – In: SOERGEL, W. (Hrsg.): Fortschr. Geol. Palaeont., **12** (38): 1–154, 24 Textfig.; Berlin (Gebr. Borntraeger).
- UFFENORDE, H., MONOSTORI, M. & TÓTH, E. (2012): The *acuticosta*-group (Ostracoda, Cytheroidea) in the Mid-European Eocene and Oligocene, with description of *Lienenklausicythere* n. gen. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **266** (3): 337–358, 11 Abb.; Stuttgart.
- UFFENORDE, H. & RADTKE, G. (2008): On nodding in *Serroclytheri*-*idea* and *Hemiclytheri* (Cytheroidea) from the Early Oligocene (Mainz Basin, SW Germany). – Senckenbergiana lethaea, **88** (1): 77–92, 6 Text-Fig., 3 Taf.; Frankfurt a.M.
- ZIEGLER, F.-K. (1999): *Eucytherura erkelensis* n. sp. (Ostracoda). – Über Ökologie und Verbreitung einer neuen Art aus dem Oberoligozän der Grube Sophia Jacoba, Schacht 8 (SW Erkelenz, NW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1999** (3): 151–160, 1 Abb.; Stuttgart.

Manuskript eingegangen am 14.12.2012, angenommen am 20.3.2013.

CHRISTIAN HOSELMANN<sup>1</sup> & ROUWEN LEHNÉ<sup>2</sup>

# Die quartärgeologische Entwicklung und ein geologisches 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens

## Kurzfassung

Im nördlichen Oberrheingraben wurden in Hessen und den benachbarten Bundesländern seit 2000 eine Vielzahl neuer Bohrungen geologisch aufgenommen und interpretiert. Dazu gehörten einige Forschungsbohrungen verschiedener Institutionen. Die Forschungsbohrung Heidelberg UniNord hat mit 500 m die größte Endteufe erreicht. Insbesondere die UniNord Bohrung in Heidelberg sowie die Forschungsbohrung Viernheim mit einer Endteufe von 350 m und drei Bohrungen im Bereich Ludwigshafen-Parkinsel mit Endteufen von jeweils 300 m wurden systematisch sedimentologisch, sedimentpetrographisch und paläontologisch untersucht. Weiterhin wurden verschiedene Akkumulationsalter mit Hilfe der Optisch-stimulierten Lumineszenz-Methode und mit Infrarot-Radiofluoreszenz-Datierungen ermittelt. An Sedimenten der Forschungsbohrung Viernheim wurden Alter zwischen  $9,2 \pm 1,1$  ka und  $643 \pm 28$  ka datiert (LAUER et al. 2010, 2011). Sämtliche Ergebnisse sind in ein neues lithostratigraphisches Konzept für den nördlichen Oberrheingraben eingegangen. Die Definitionen für die neuen plio- und pleistozänen Einheiten der Iffezheim-, Viernheim-, Ludwigshafen- und Mannheim-Formation sind nach Abstimmung mit der Stratigraphischen Subkommission Quartär in das Lithostratigraphische Lexikon ([www.bgr.bund.de/litholex](http://www.bgr.bund.de/litholex)) eingearbeitet worden.

Der petrographische Aufbau der pleistozänen Grabenfüllung wird durch eine Wechselfolge von grobklastischen Sanden und Kiesen sowie feinklastischen Tonen, Schluffen und Torfen gekennzeichnet und insbesondere für hydrogeologische Frage-

stellungen von besonderer Bedeutung. Für die Verbreitung und Raumlage dieser Schichten ist eine 3D-Modellierung der geologischen Körper eine wichtige Grundlage zur Beurteilung der lokalen und regionalen geologischen Situation. Anhand von 9 798 qualitätsgeprüften Bohrschichtenverzeichnissen und Informationen aus der Kohlenwasserstoffexploration wurden Erkenntnisse zur Tiefenlage der Quartärbasis abgeleitet, die eine Modifikation der bisher angenommenen Geometrie des quartären Sedimentkörpers erfordern. Demnach ist die Quartärbasis tektonisch beeinflusst, was die Unterteilung des Betrachtungsraumes in mindestens fünf Homogenitätsbereiche erlaubt. Unter Berücksichtigung des tektonischen Inventars zeigt sich weiterhin, dass die Quartärbasis insgesamt, besonders im südlichen Teil des Projektgebietes, deutlich tiefer liegt als bisher angenommen und nach Westen durch Störungen treppenartig versetzt ist. Damit haben die neuen Erkenntnisse zur Geometrie des Quartärs einen großen Einfluss auf aktuelle Fragestellungen, insbesondere im Bereich Grundwasser und damit in Verbindung stehenden Modellierungen. Alle Ergebnisse des noch laufenden Projektes stehen dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) auf verschiedenen Plattformen (GeODin, ArcGIS, gOcad) in unterschiedlichen Formaten (Vektor- und Rasterdaten) zur Verfügung und sollen bei der Erstellung von Gutachten und Stellungnahmen im Hinblick auf den zunehmenden Nutzungsdruck und den daraus resultierenden Nutzungskonflikten die Mitarbeiter unterstützen.

## Abstract

Since the year 2000 in Hessen and the neighboring federal states a huge number of wells geologically have been documented and interpreted, including a couple of research wells whereby the research well Heidelberg UniNord with 500 m showed the maximum final depth. In particular the wells Heidelberg UniNord, Viernheim (final depth 350 m) as well as three wells in the area of Ludwigshafen-Parkinsel, showing

final depths of 300 m each, have been analysed systematically regarding sedimentology, sedimental petrography, and paleontology. Furthermore several accumulation ages have been determined using both the optically stimulated luminescence (OSL) and infrared radiofluorescence dating (IR-RF). According analyses on sediments found in the research well Viernheim revealed ages between  $9.2 \pm 1.1$  ka and  $643 \pm 28$  ka

<sup>1</sup> Dr. Ch. Hoselmann (e-mail: [christian.hoselmann@hlug.hessen.de](mailto:christian.hoselmann@hlug.hessen.de)), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

<sup>2</sup> Dr. R. Lehné (e-mail: [lehne@geo.tu-darmstadt.de](mailto:lehne@geo.tu-darmstadt.de)), Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Geo-Ressourcen & Geo-Risiken, Schnittpahnstraße 9, 64287 Darmstadt

(LAUER et al. 2010, 2011). All results have found their way into a new lithostratigraphic concept for the northern Upper Rhine Graben. Definitions of the Plio- and Pleistocene units, i.e. the Iffezheim-, Viernheim-, Ludwigshafen-, and Mannheim-Formation have been, in coordination with the German Stratigraphic Subcommittee of Quaternary, implemented into the Lithostratigraphic Lexicon ([www.bgr.bund.de/litholex](http://www.bgr.bund.de/litholex)).

The petrographic composition of the Graben fill with Pleistocene sediments is characterized by an alternation of coarse grained sands and gravels with clays, silts, and peats. Appearance and distribution of these horizons, especially the aquitards, is critical to hydrogeological questions. Hence, 3D-modelling for visualization of geological bodies is an important basis to assess the local and regional geological setting as reliable as possible. Therefore a GIS and gOcad based 3D-model of the Quaternary has been developed for the northern Upper Rhine Graben. With 9,798 quality checked wells and information from hydrocarbon exploration insights regarding the depth level of the base Quaternary could be derived, which require a

modification of the up to now assumed geometry of the quaternary sediment body. Thus the base Quaternary is affected tectonically, leading to a differentiation of the study area in at least five homogeneity regions. Considering the tectonic inventory the base Quaternary, especially in the southern part of the study area, is located significantly lower than assumed up to now. In addition, caused by tectonic faults, in the western part of the study area the base Quaternary shows stepwise offsets. An up to now assumed crop out of the Quaternary in that area could not be verified. New knowledge about the geometry of the Quaternary has significant influence on current issues, particularly groundwater and related modelling. All data and results of the ongoing project are available for the Hessian Agency for the Environment and Geology (HLUG) on several platforms (GeODin, ArcGIS, gOcad) as both vector- and raster data and support daily decision making at the survey in order to address the increasing pressure to utilize resources and resulting conflicts over utilization.

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	58
2 Das neue lithostratigraphische Konzept im nördlichen Oberrheingraben	59
3 Aufgaben eines geologischen 3D-Modells im nördlichen Oberrheingraben	63
4 Das geologische 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens	66
5 Diskussion	70
6 Stand und Ausblick	72
7 Schriftenverzeichnis	73

## 1 Einleitung

Seit dem Jahr 2000 wird der nördliche Oberrheingraben (NORG) durch die Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) von Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sowie dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) in Hannover detailliert geowissenschaftlich untersucht. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen bildet die quartäre Sedimentfüllung des NORG. Die neuen Erkenntnisse helfen, um Fragen zur Entstehung, Klimaentwicklung, Tektonik und Verbreitung einzelner geologischer Einheiten besser beantworten zu können.

Die Entstehung des Oberrheingrabens begann im Eozän vor rund 40 Millionen Jahren. Seitdem hat eine Absenkung von gut 4 000 m stattgefunden. In einzelnen Gebieten, wie dem Heidelberger Becken, ist eine noch stärkere Absenkung nachgewiesen worden, so dass hier im Quartär Sedimentmächtigkeiten von über 500 m auftreten (ELLWANGER et al. 2008 und GABRIEL et al. 2013). Hohe Sedimentmächtigkeiten bedeuten

eine hohe, dokumentierte Auflösung der Erdgeschichte. Somit versprechen Sedimente, die in Kernen des NORG erbohrt werden, detaillierte Aussagen zur jüngsten Erdgeschichte des Raumes. Der Rhein als einer der größten europäischen Flusssysteme verbindet im Pleistozän das alpine und nordische Vereisungsgebiet, so dass Erkenntnisse aus dem zentralen Bereich des Oberrheingrabens auch von überregionaler Bedeutung sind (ELLWANGER et al. 2012, PREUSSER 2008).

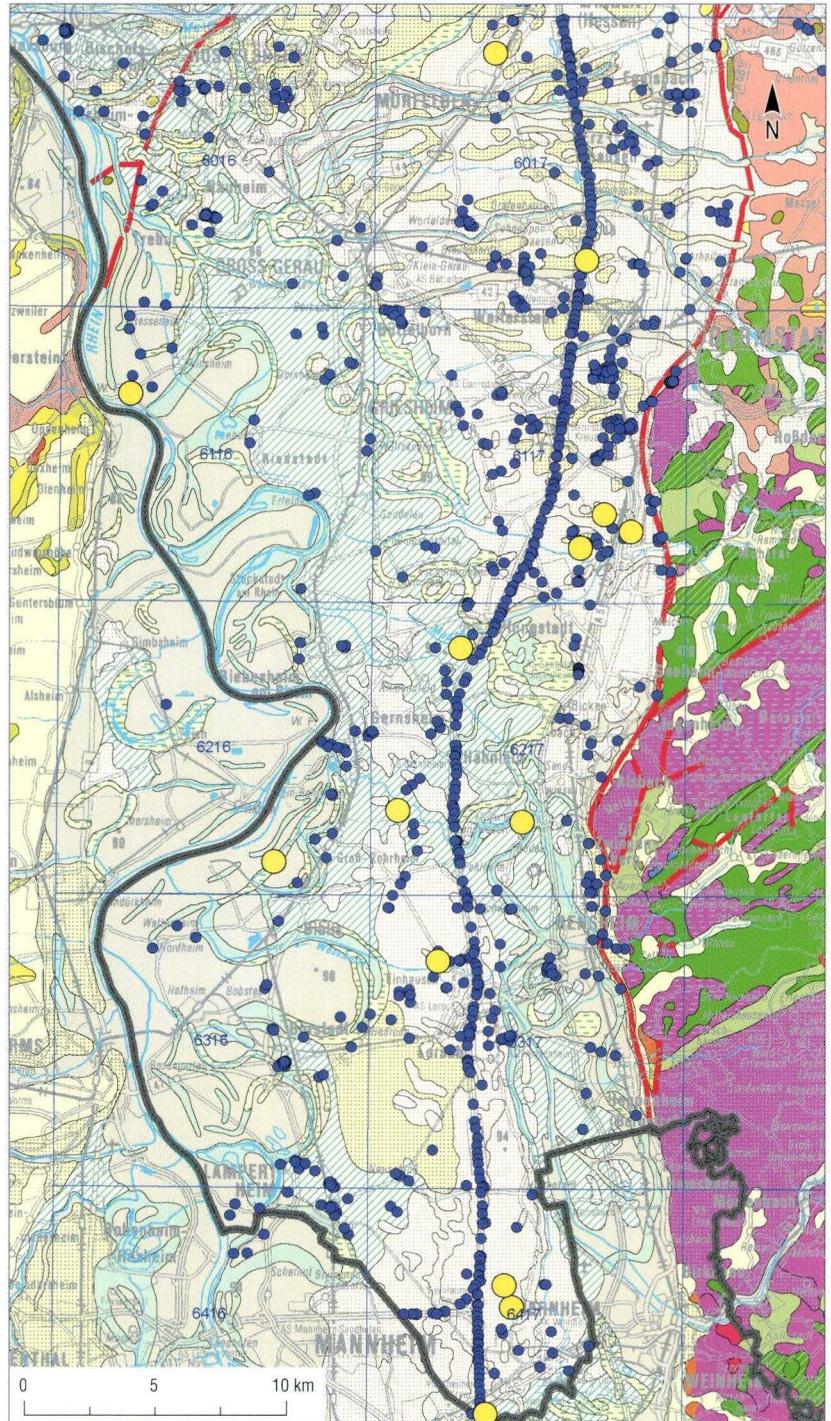
Der NORG ist ein dicht besiedelter Raum, im Süden gekennzeichnet durch die Metropolregion Rhein-Neckar sowie im Norden durch die Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main mit zusammen knapp 8 Millionen Einwohnern. Somit werden die Geo-Ressourcen des NORG intensiv genutzt und nicht selten kann es daher zu Nutzungskonflikten kommen. Eine detaillierte Kenntnis über den oberflächennahen Untergrund verspricht somit bessere Argumentationshilfen zur Lösung von Interessenskonflikten.

## 2 Das neue lithostratigraphische Konzept im nördlichen Oberrheingraben

Begonnen haben die derzeit laufenden Untersuchungen im hessischen Ried im Jahr 2000 mit einer hydroseismischen Messfahrt, bei der die obersten 600 m der sedimentären Grabenfüllung unter dem Rhein, Main und Neckar erkundet wurden. Ergebnisse dieser Messungen und deren geologischer Interpretation wurden von HAIMBERGER et al. (2005) vorgestellt. Desweiteren wurde seit dem Jahr 2000 durch das HLOG mehrere Forschungsbohrungen im NORG niedergebracht, an deren Kernmaterial eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt wurde.

Die hessischen Forschungsbohrungen lagen u.a. bei Groß-Rohrheim, Klein-Rohrheim, Rodau, Einhausen, Gräfenhausen, Walldorf, Viernheim und Pfungstadt-Hahn (Abb. 1). Die größte Endteufe erreichte 2006 die Bohrung Viernheim (350 m) rund zwei Kilometer nördlich der Stadt im Viernheimer Wald (R 3469080, H 5492215) (Abb. 2a). Erste Untersuchungsergebnisse (Abb. 2b) wurden zwischenzeitlich veröffentlicht (HOSELMANN 2008, LAUER et al. 2010 & 2011 und WEDEL 2008). Weiterhin haben eine Vielzahl kommerzieller Bohrungen der Wasserwirtschaft, Geothermie, Lagerstättenkunde sowie die Erkundungsbohrungen zur geplanten ICE-Trasse Rhein/Main–Rhein/Neckar das Wissen über den geologischen Aufbau des NORG erheblich erweitert. So wurden seit dem Jahr 2000 knapp 1 000 Bohrungen (Abb. 1) durch das HLOG geologisch aufgenommen, in die Hessische Bohrdatenbank überführt und allgemein verfügbar gemacht ([www.geologie.hessen.de](http://www.geologie.hessen.de)).

Ebenso sind bei den SGD von Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz verschiedene Forschungsbohrungen wissenschaftlich bearbeitet sowie eine Vielzahl kommerzieller Bohrungen geologisch aufgenommen worden. Ergebnisse dieser Aktivitäten sind bei ELLWANGER et al. (2008, 2012), ELLWANGER & WIELANDT-SCHUSTER (2012), HAHNE et al. (2012), SIMON (2012), WEIDENFELLER & KÄRCHER (2008) sowie WEIDENFELLER & KNIPPING (2008) veröffentlicht worden. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen die Bohrungen



**Abb. 1.** Geologische Übersichtskarte des hessischen Anteils des nördlichen Oberrheingrabens mit Bohrungen (blaue Punkte), die seit 2000 durch das HLOG geologisch aufgenommen worden sind. Die größeren gelben Punkte markieren Forschungsbohrungen, an denen weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt wurden und werden.

Datengrundlage: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation  
Geofachdaten: © Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie – alle Rechte vorbehalten

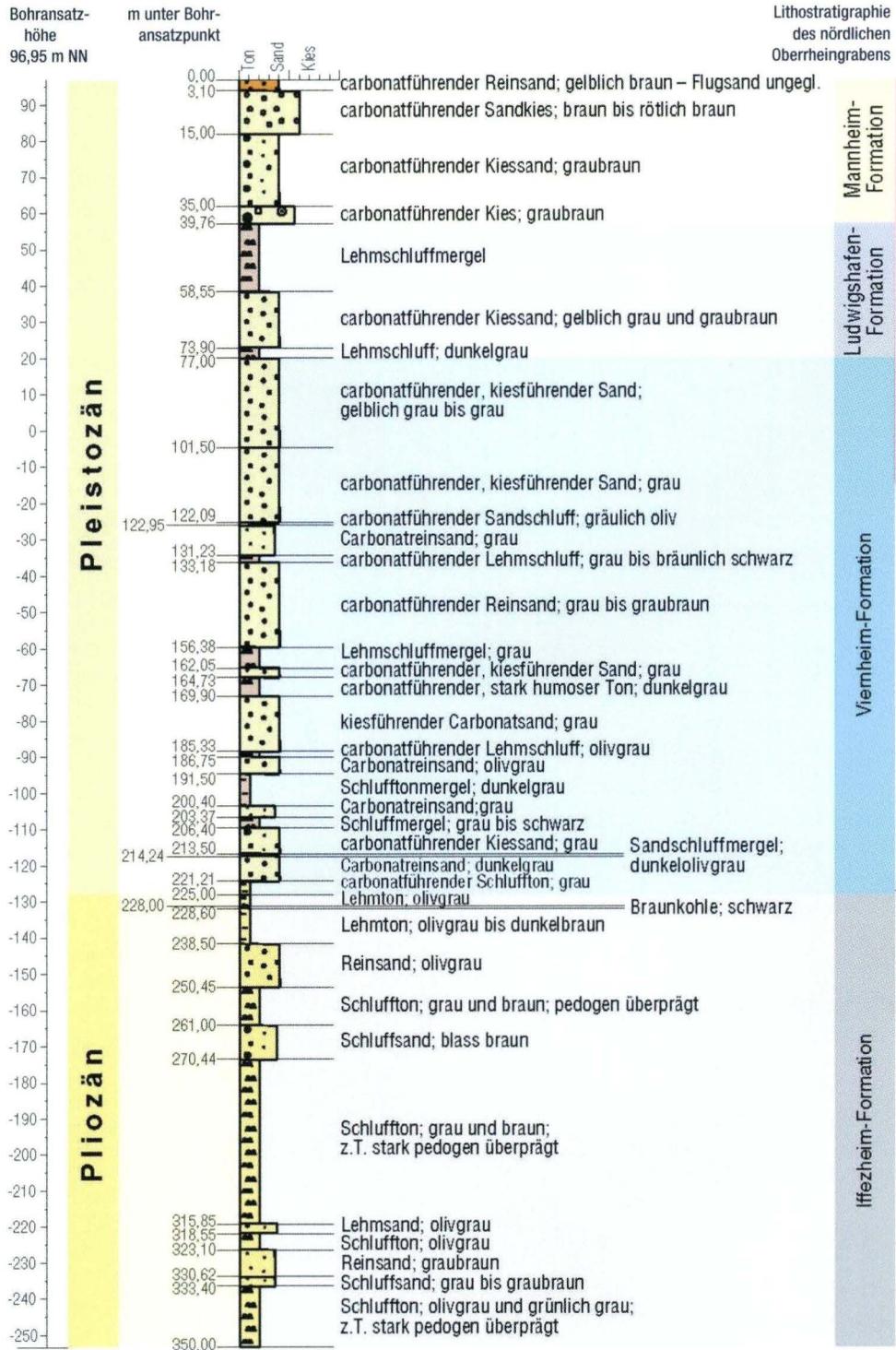


Abb. 2a. Stark generalisiertes Profil der Forschungsbohrung Viernheim rund 2 km nördlich der Stadt im Viernheimer Wald.

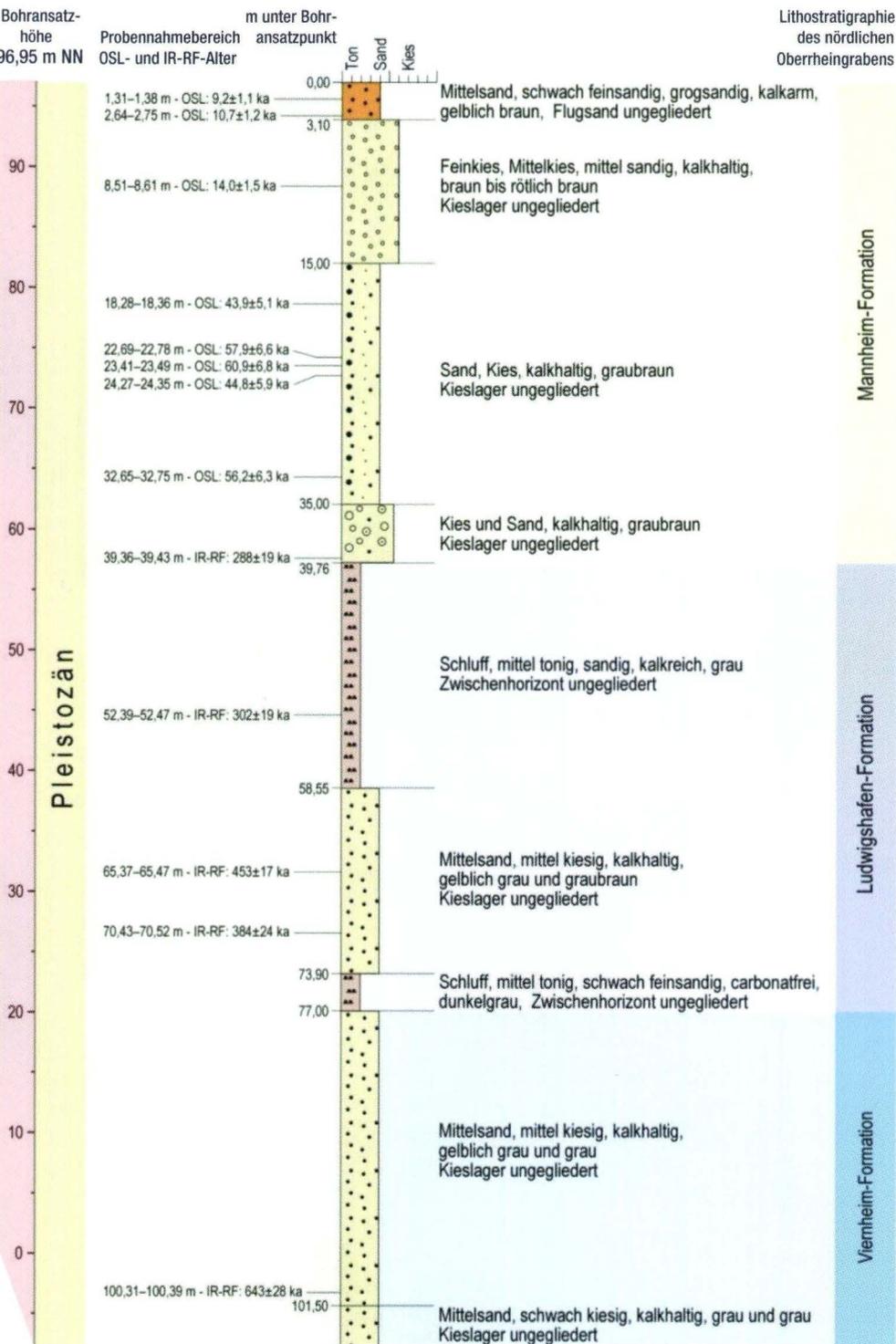


Abb. 2b. Ausschnitt der obersten gut 100 m der Forschungsbohrung Viernheim. In die Abbildung sind die Akkumulationsalter der Datierungen eingetragen, die mit Hilfe der Optisch-stimulierten Lumineszenz-Methode bzw. Infrarot-Radiofluoreszenz-Methode datiert worden sind (LAUER et al. 2010, 2011).

Lithostratigraphische Einheit	Lithologie	Mächtigkeit	Chronostratigraphie	Beispiel
<b>Mannheim-Formation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beginnt im Liegenden mit charakteristischem Grobsediment-Impuls</li> <li>• mehrere fluviatile Schüttungszyklen</li> <li>• graue, kalkige Sande und Kieslagen</li> <li>• feinkörnige Hochflut- und Altarmablagerungen; häufig nicht erhalten</li> <li>• an der Neckarmündung und Grabenrand mit Massenablagerungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rund 30 m</li> <li>• max. 56 m im Heidelberger Becken</li> </ul>	<b>Mittel- bis Oberpleistozän</b>	
<b>Ludwigshafen-Formation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fluviatil und limnisch geprägte Sequenzen aus Sanden bis Schluffen/Tonen und organischen Horizonten</li> <li>• meist grau bis dunkelgrau, karbonatisch</li> <li>• lokal: Schwemmfächersedimente und gröber klastische Sedimente am Neckar-Schwemmfächer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• max. rund 70 m im Heidelberger Becken</li> <li>• meist wenige Meter bis 50 m</li> </ul>	<b>Mittelpleistozän</b>	
<b>Viernheim-Formation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechselfolge von Fein- und Mittelsanden, z. T. kiesig und untergeordnet Schluffe bis Tone sowie Torfe</li> <li>• grünlich-graue Sande mit Helglimmer, Kohlenstoffgehalt bis 30 %, gut sortiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• max. rund 170 m im Heidelberger Becken</li> <li>• meist einige Zehner Meter</li> </ul>	<b>Oberpliozän bis Mittelpleistozän</b>	
<b>Iffezheim-Formation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrere fluviatile Schüttungszyklen</li> <li>• kalkfreie, kaolinisierte Sande</li> <li>• z. T. stark pedogen überprägte Bunttone; in Nestern mit Karbonatanreicherungen</li> <li>• z. T. mit diamiktischer Zusammensetzung mit Feinkies und Grobsand</li> <li>• z. T. humose Feinsedimente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maximal 750 m im Heidelberger Becken</li> <li>• zum Teil nur wenige Meter mächtig</li> </ul>	<b>Pliozän bis Unterpleistozän</b>	

Abb. 3. Kurzdefinitionen der neuen lithostratigraphischen Einheiten im nördlichen Oberrheingraben.

UniNord in Heidelberg im Subsidenzzentrum des Heidelberger Beckens, die mit einer Endteufe von 500 m die Quartärbasis nicht erreicht hat (ELLWANGER et al. 2008). Drei Bohrungen im Bereich Ludwigshafen-Parkinsel mit Endteufen von jeweils 300 m konnten detailliert geologisch untersucht werden. Mit sämtlichen Kernbohrungen, die eine Wechselfolge kalt- und warmzeitlicher Ablagerungen in Superposition aufgeschlossen haben, konnten viele neue Erkenntnisse über den NORG gewonnen und ein neues geologisches Bild des Ablagerungsraums entworfen werden (GABRIEL et al. 2013).

In der Vergangenheit wurden im NORG meist schematische geologische Untergliederungen verwendet, die hydrogeologischen Kriterien folgten. Ausschlaggebend war hierbei eine systematische Untergliederung in Grundwasserleiter und Grundwassernichtleiter (HGK 1999). Räumliche Untergliederungen, stratigraphische Aspekte und fazielle Änderungen wurden dabei nur eingeschränkt berücksichtigt. Zwischenzeitlich ist von der Subkommission Quartär der Deutschen Stratigraphischen Kommission ein neues lithostratigraphisches Konzept angenommen worden und im Lithostratigraphischen Lexikon (LithoLex) veröffentlicht. Die lithostratigraphische Charakterisierung der vier neuen Einheiten des NORG ist Abbildung 3 zu entnehmen. Die Definitionen der Mannheim-Formation (ELLWANGER 2010a), der Ludwigshafen-Formation (WEIDENFELLER 2010), der Viernheim-Formation (HOSELMANN 2010) und der Iffezheim-Formation (ELLWANGER 2010b) finden sich in der Online-Datenbank des LithoLex unter [www.bgr.bund.de/litholex](http://www.bgr.bund.de/litholex). Die neue Untergliederung lässt sich auf die Ablagerungen im Hessischen Ried anwenden.

Für die Sedimente des nördlichen Oberrheingrabens fehlen weitgehend zuverlässige radiometrische Altersbestimmungen. Erst in jüngster Zeit gibt es Untersuchungen mit Hilfe der Optisch-stimulierten Lumineszenz-Methode (OSL), mit der Akkumulationsalter äolischer und fluviatiler Sedimente datiert werden können. Untersuchungen an Sedimenten der Forschungsbohrung Viernheim zeigen für die fluviatilen Ablagerungen der Mannheim-Formation (Abb. 2b) OSL-Alter, die drei Aggradationsperioden in der Weichsel-Kaltzeit aufzeigen (LAUER et al. 2010). Diese Ereignisse liegen bei rund 60, 44 und 14 ka. Das Quarzsignal tiefer liegender Proben (zwischen 35 m und 39,76 m der Forschungsbohrung Viernheim) ist aufgrund des hohen Alters in der Sättigung und nicht mehr auszuwerten, so dass ein erheblich höheres Alter angenommen werden muss. Für die älteren Sedimente wurden von LAUER et al. (2011) Datierungen mit der Infrarot-Radiofluoreszenz-Methode (IR-RF) vorgenommen. Eine Probe aus dem untersten Teil

der Mannheim-Formation hat ein Alter von rund 288 ka. Die IR-RF-Alter der Ludwigshafen-Formation liegen zwischen 288 und 453 ka, was eine Korrelation mit der Holstein-Warmzeit bzw. Elster-Kaltzeit nahe legt. Eine IR-RF-Probe aus einer Teufe von 100,5 m innerhalb der Viernheim-Formation ergab ein Alter von rund 643 ka und sollte somit dem Cromer-Komplex zugerechnet werden.

Die Ludwigshafen-Formation wurde pollenanalytisch untersucht (u. a. HAHNE et al. 2012, KNIPPING 2008 und WEIDENFELLER & KNIPPING 2008). Die Pollenanalysen wie auch Molluskenuntersuchungen von WEDEL (2008) ergaben eine Einstufung in den Cromer-Komplex, was im Widerspruch mit den IR-RF-Altern von LAUER et al. (2011) steht. Die IR-RF-Ergebnisse von LAUER et al. (2011) weisen in der Forschungsbohrung Viernheim auf eine Einstufung in die Holstein-Warmzeit hin. Dies macht eine zeitliche Diskrepanz von rund 300 ka aus.

### 3 Aufgaben eines geologischen 3D-Modells im nördlichen Oberrheingraben

Eine große Bedeutung haben im Hessischen Ried die hydraulischen Eigenschaften der Gesteine. Die Grundwasserleiter bestehen im Wesentlichen aus Sanden und Kiesen; die Grundwassernichtleiter setzen sich aus Tonen und Schluffen zusammen und haben somit für das Grundwasser eine hydraulisch stauende Wirkung.

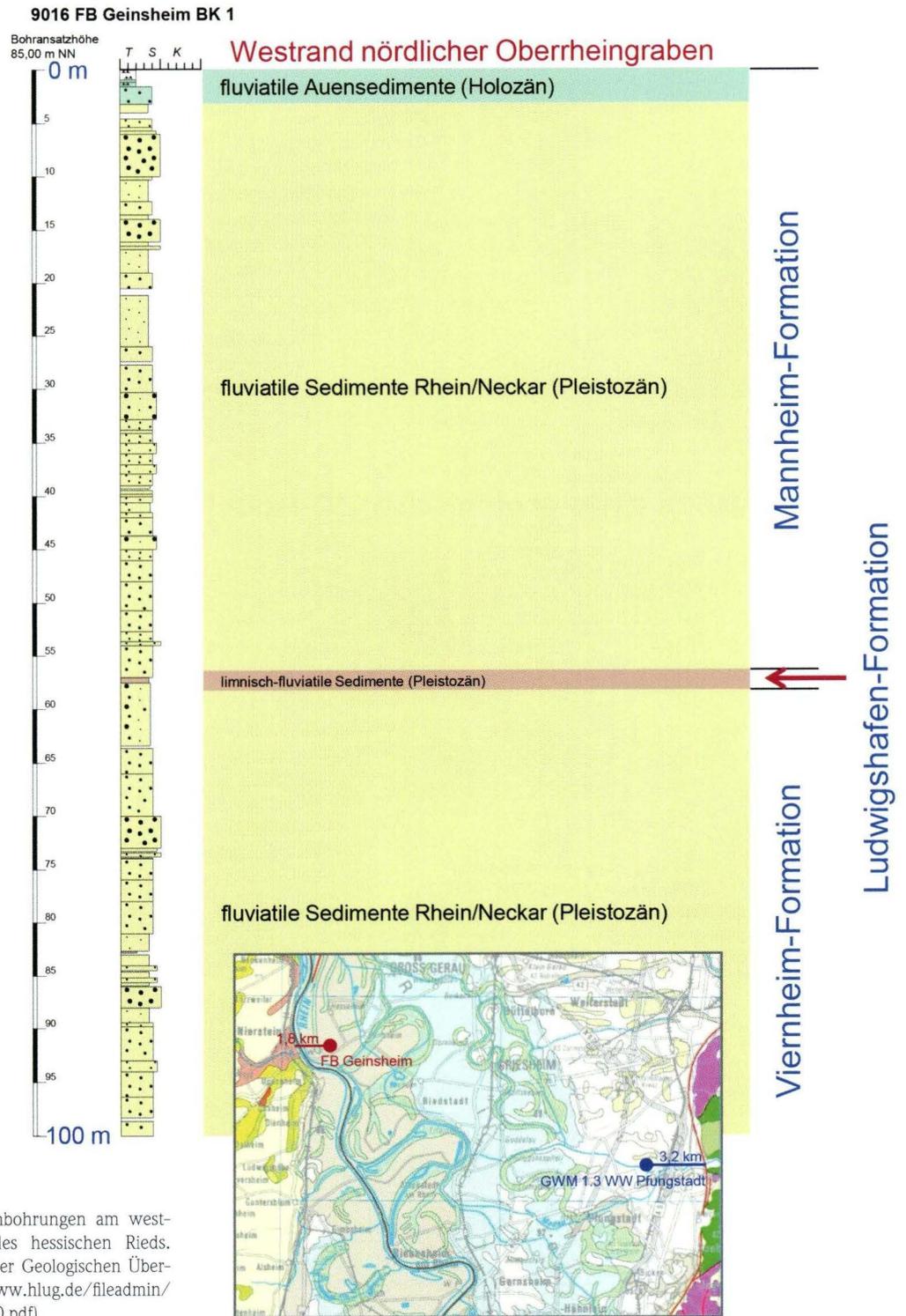
Für die Wasserwirtschaft ist der tonig, schluffig ausgebildete Obere Zwischenhorizont (OZH nach HGK 1999) ein wichtiger, flächig weit verbreiteter Horizont, der den oberen vom mitt-

leren Grundwasserleiter trennt. Der OZH ist in dem neuen lithostratigraphischen Konzept Teil der Ludwigshafen-Formation (Abb. 4). Eine Vielzahl von Bohrungen zeigt, dass der OZH im hessischen Ried nicht durchgehend ausgebildet ist und somit bereichsweise eine hydraulische Verbindung zwischen oberem und mittlerem Grundwasserleiter besteht. Eine genaue Auskartierung des OZH ist somit für viele Planungsfragen von großer Bedeutung. Auf Grundlage einer Teilmenge von Bohrungen aus der Bohrdatenbank des HJUG wurde daher eine

Verbreitungskarte des OZH erstellt. Bei der Erstellung der Karte stellte sich heraus, dass die Tiefenlage des OZH in der 2D-Darstellung nur unzureichend visualisiert werden kann. Laterale Veränderungen zum Grabenrand können wenig berücksichtigt werden; weiterhin ist es nicht durchführbar, den Gesamtfundus an Bohrdaten auf diese Weise adäquat aus-

Hydrogeologische Kartierung Rhein-Neckar-Raum (1997–1999)		Neue lithostratigraphische Gliederung für den nördlichen Oberrheingraben
Lithostratigraphische Gliederung	Hydrogeologische Gliederung	
Jungquartär	Deckschichten	Deckschichten
	Oberes Kieslager (OKL)	oOKL OGWLo uOKL OGWLu
	Oberer Zwischenhorizont (OZH)	Oberer Grundwasserleiter (OGWL)
	Mittlere sandig-kiesige Abfolge	Oberer Zwischenhorizont (OZH)
		MGWLo MGWLo MGWLu MGWLu
Altquartär	Unterer Zwischenhorizont (UZH)	Unterer Zwischenhorizont (UZH)
	Untere sandig-kiesige Abfolge	Untere Grundwasserleiter (UGWL)
(Pliozän)		
Miozän	Aquifersohlschicht	

Abb. 4. Der lithostratigraphischen und hydrogeologischen Gliederung des Rhein-Main-Neckar-Raums (HGK 1999) wird die neue lithostratigraphische Gliederung des nördlichen Oberrheingrabens gegenübergestellt.

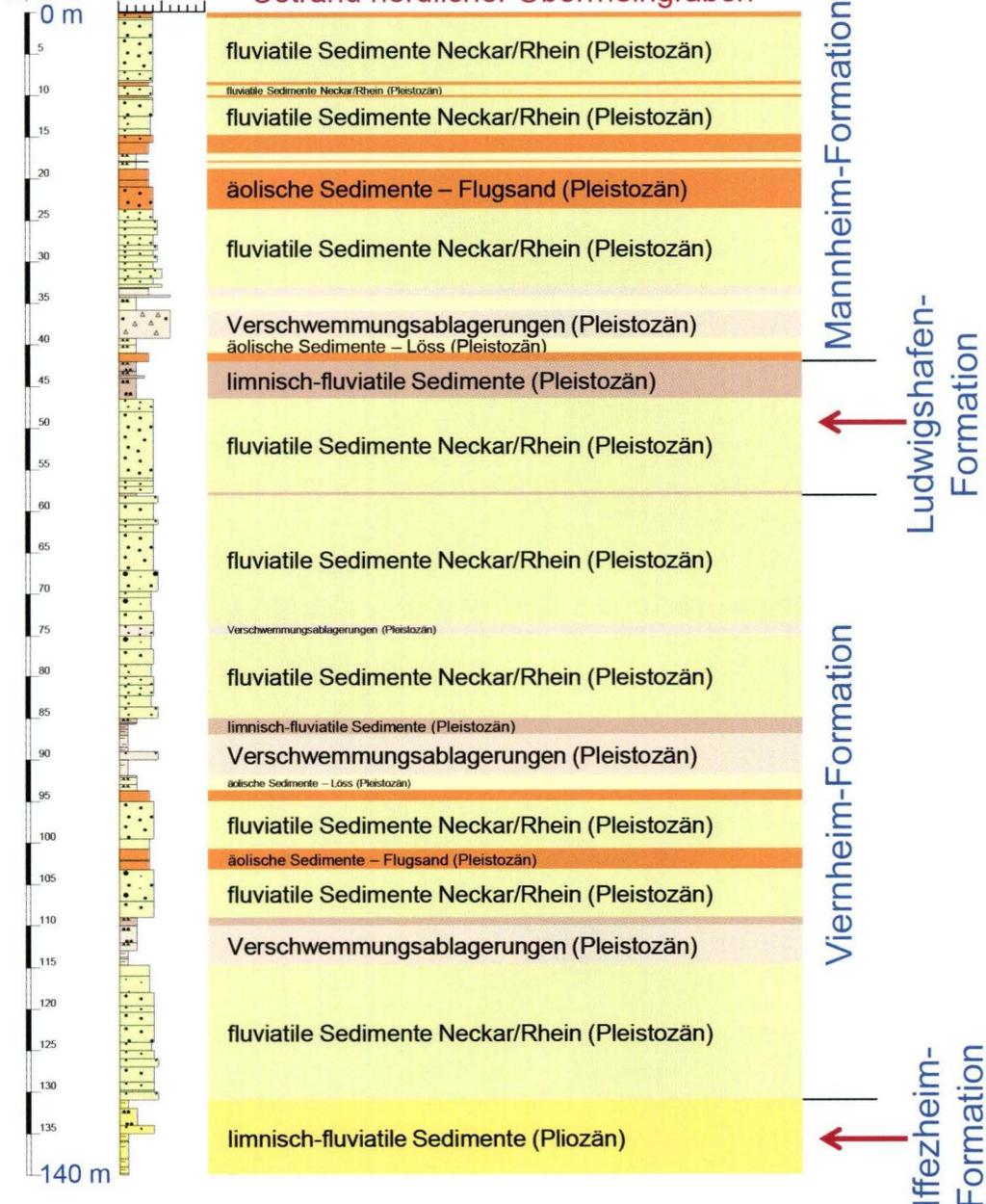


**Abb. 5.** Bohrprofile von zwei Kernbohrungen am westlichen und östlichen Grabenrand des hessischen Rieds. In der Indexkarte sind die Einheiten der Geologischen Übersichtskarte GÜK 300 eingetragen ([www.hlug.de/fileadmin/dokumente/geologie/geologie/guek300.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/geologie/geologie/guek300.pdf)).

9063 WW Pfungstadt GWM 1.3 SWP-PF-H03

Bohransatzhöhe  
105,73 m NN

Ostrand nördlicher Oberrheingraben



Datengrundlage Indexkarte: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation  
Geofachdaten: © Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie – alle Rechte vorbehalten

zuwerten (HOSELMANN & LEHNÉ 2013). Auf diese Weise ist es kaum möglich, Störungen zu berücksichtigen, die teilweise noch rezent aktiv sind. Ähnliche Probleme treten bei der Erstellung eines Plans zur Quartärmächtigkeit auf, der auch nur eine Teilmenge aller zur Verfügung stehenden Geoinformationen berücksichtigen kann. Aufgrund dieser Unzulänglichkeiten wurde ein geologisches 3D-Modell der quartären Ablagerungen des nördlichen Oberrheingrabens erstellt (HOSELMANN & LEHNÉ 2013).

Bei diesem Modell muss die Heterogenität der Ablagerungen im NORG berücksichtigt werden. In Abbildung 5 werden die Bohrprofile zweier grabenrandnaher Bohrungen vorgestellt, die eine sehr unterschiedliche fazielle Ausbildung aufweisen. Die Bohrung Geinsheim BK1 (R 3454742, H 5526082) zeigt einen sehr homogenen geologischen Aufbau mit fast ausschließlich fluviatilen Sanden und untergeordneten Kieslagen. Ein geringmächtiger feinklastischer Horizont ist eingeschaltet und stellt vermutlich den Erosionsrest der Ludwigshafen-Formation dar. Lithoklasten des Rotliegend, das ca. 1,8 km westlich im Bereich des Grabenrandes ansteht, sind als Umlagerungsprodukte nicht in dem Bohrkern zu beobachten. Dies bedeutet,

dass der Rhein in diesem Bereich des NORG stärker fluviatil aktiv war. Bei einer Endteufe von 100 m hat die Bohrung die liegende Iffezheim-Formation nicht erreicht. Eine Auswertung umliegender Bohrungen lässt auf ein lokales Subsidenzzentrum mit einer Mächtigkeit der quartären Ablagerungen von gut 300 m schließen. Anders ist die geologische Entwicklung in einer Bohrung nordöstlich von Pfungstadt (R 3471972, H 5520211) rund 3,2 km vom östlichen Grabenrand entfernt. Das Profil ist sehr heterogen aufgebaut (Abb. 5) und zeigt eine Wechselfolge von fluviatilen, limnisch-fluviatilen und äolischen Sedimenten sowie Verschwemmungsablagerungen. Die Verschwemmungsablagerungen setzen sich im Wesentlichen aus Umlagerungsprodukten kristalliner Gesteine des Odenwaldes zusammen. Der laterale Einfluss durch die östlich anstehenden Gesteine des Odenwaldes ist fast in der gesamten Profillabfolge zu erkennen. Diese Abfolge zeigt eine geringe rheinische fluviatile Aktivität während des Pleistozäns an. Die Quartärbasis (Grenze zur Iffezheim-Formation) wurde in einer Teufe von 131 m angetroffen. Ein gutes und detailliertes 3D-Modell muss diese faziellen Unterschiede berücksichtigen und darstellen können.

## 4 Das geologische 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens

Das Projektgebiet der 3D-Modellierung im hessischen Ried reicht von Rüsselsheim im Norden bis Mannheim im Süden sowie von Worms im Westen bis Darmstadt im Osten und erstreckt sich somit über eine Fläche von rund 1 265 km<sup>2</sup>. Maßgebliche Anforderungen an das Modell lassen sich mit den Begriffen Qualität, Transparenz und Kundenorientierung zusammenfassen. Die Projektdurchführung basiert auf drei Programmplattformen. Für Bohrdatenablage und -management wird GeODin genutzt (Fugro, Version 7.5). Dort abgelegte Informationen können über Abfragen komfortabel gefiltert und in die anderen Anwendungen überführt werden. ArcGIS (ESRI, Version 10.1) wird benutzt um projektspezifische Daten wie z.B. geologische Karten, topographische Karten, tektonisches Inventar, Luft- und Satellitenbilder vorzuhalten. Weiterhin werden die in GeODin abgefragten Informationen implementiert und räumlichen und statistischen Auswertungen sowie der Kartierung der Zielhorizonte zugeführt. Für die Ableitung von geologischen Körpern relevante Daten werden dann mit der 3D-Modellierungssoftware gOcad (Paradigm, Version 2011.2) weiterverarbeitet. Mit dem Interpolationsalgorithmus Discrete Smoothing Interpolation (DSI) (MALLETT 1992 & 1997) werden Oberflächen interpoliert, die dann u.a. benutzt werden um stratigraphische Grids, sogenannte SGrids zu erstellen. Diese dienen der Attributierung des Betrachtungsraumes. Die Kombination der verschiedenen Programmplattformen führt zu einer signifikanten Effizienzsteigerung.

Weiterhin reflektiert die Kombination der verschiedenen Anwendungen auch die spezifischen Bedürfnisse eines geolo-

gischen Landesdienstes. Die Ergebnisse der 3D-Modellierung sollen auch Mitarbeitern zugänglich sein, die nicht mit der entsprechenden Software vertraut sind. Der Großteil der Mitarbeiter wird kurz- bis mittelfristig keine fundierten Kenntnisse im Umgang mit 3D-Modellierungssoftware, wie z.B. gOcad, haben. Auf der anderen Seite gewinnen geowissenschaftliche 3D-Modelle zunehmend an Bedeutung. So entstanden in jüngerer Vergangenheit 3D-Modelle, die auch den hier betrachteten Raum einschließen (z.B. ARNDT et al. 2011, BÄR et al. 2011), allerdings nicht hoch genug auflösen bzw. andere Zielteufen und Fragestellungen haben. Um diese Lücke zu schließen und die Reichweite des 3D-Modells zu maximieren, wurden die Ergebnisse aufbereitet und in das projektspezifische GIS, das von nahezu jedem Arbeitsplatz aus zugänglich ist, implementiert. Zusätzlich entspricht dieses Vorgehen den Bedürfnissen von Kunden, die in den meisten Fällen über keine Infrastruktur zum Umgang mit geowissenschaftlichen 3D-Modellen verfügen.

Um eine qualitativ hochwertige Datengrundlage zu gewährleisten, wurden alle in GeODin verfügbaren Bohrungen für das Projektgebiet, ca. 16 000, auf Fehler überprüft. Die Überprüfung wurde in enger Abstimmung mit dem HLOG durchgeführt und zeigt, dass in ca. 30 % der Bohrungen Korrekturbedarf existiert. Weiterhin zeigte sich, dass mehr als 6 000 Bohrungen nicht für die Fragestellung geeignet sind. Somit reduzierte sich die Anzahl der geeigneten Bohrungen auf 9 568. Auf die Größe des Projektgebietes bezogen ergibt sich eine durchschnittliche Dichte von 7,8 Bohrungen/km<sup>2</sup>. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Verteilung der Bohrungen sehr heterogen

ist. Bezogen auf ein 100 x 100 m Raster schwankt die Anzahl zwischen 0 und 143 Bohrungen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass auch die vertikale Auflösung stark schwankt. Die Endteufen der Bohrungen reichen von 0,7 m unter Geländeoberkante (GOK) bis 2 880 m unter GOK. Der größte Teil der verfügbaren Bohrungen schwankt in einem Endteufenbereich von 10–50 m unter GOK. Diese Heterogenität muss hinsichtlich der Aussagekraft und Interpretation von interpolierten Flächen berücksichtigt werden.

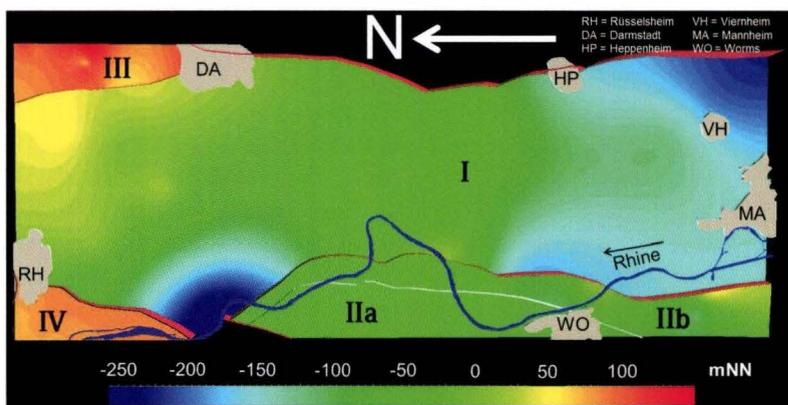
Als zu modellierende Zielflächen wurden die Grundwassergeringleiter definiert. Zusätzlich sollte die bisher angenommene Lage der Quartärbasis überprüft und ggf. korrigiert werden. Abgeleitete Flächen sollten im Kontext der neuen Lithostratigraphie (vgl. Abb. 3) für den nördlichen Oberrheingraben in das Modell implementiert werden.

Zur Lage der Quartärbasis finden sich insgesamt 135 direkte und indirekte Hinweise in den Bohrungen. Die Tiefenlage der Quartärbasis schwankt zwischen 297 m unter GOK (= -240 m NN) und 6 m unter GOK (= 116,5 m NN). Diese große Schwankungsbreite, wie auch das Verteilungsmuster der Tiefenlagen impliziert einen tektonischen Einfluss. Metadaten von seismischen Untersuchungen und Explorationsbohrungen der Kohlenwasserstoffindustrie unterstützen diese Annahme. Die Bohrungsplanungen z.B. der Bohrungen 6316\_1099, 6316\_0084 und 6316\_0472 beziehen sich auf tektonische Strukturen im jüngeren Tertiär, die in seismischen Sektionen für das Gebiet dokumentiert sind. Konkrete Hinweise dafür, dass diese Störungen auch das Quartär versetzen, fehlen, aber die Extrapolation der Strukturen in den quartären Sedimentkörper sowie das Korrelieren mit den Bohrungsstützstellen zur Lage der Quartärbasis führen zu einem konsistenten Gesamtbild. Dabei zeigt sich, dass die Tiefenlage der Basis Quartär im Projektgebiet tektonisch beeinflusst ist und damit in mindestens fünf Homogenitätsbereiche unterteilt werden kann (Abb. 6), die Hauptscholle (Abb. 6 I, ca. 960 km<sup>2</sup>), die beiden Westschollen (Abb. 6 IIa,

ca. 97 km<sup>2</sup> und IIb, ca. 104 km<sup>2</sup>), die Darmstadt-Scholle (Abb. 6 III, ca. 46 km<sup>2</sup>) sowie ein Teil des Mainzer Beckens (Abb. 6, IV), der im Nordwesten des Projektgebietes liegt und ca. 43 km<sup>2</sup> umfasst. Bei den Trennflächen zwischen den Schollen handelt es sich um Nord-Süd streichende Abschiebungen mit steilen Einfallswinkeln um 80°.

In den jeweiligen Homogenitätsbereichen schwankt die Tiefenlage der Quartärbasis signifikant. Mit -240 m NN (= 325 m unter GOK) ist der tiefste Bereich der Quartärbasis für die Hauptscholle dokumentiert. Die interpolierte Oberfläche zeigt hier für den südlichen Teil eine generell sehr tiefe Lage der Quartärbasis mit einem lediglich leichten Anstieg nach Westen. Nach Norden steigt die Basis Quartär im Bereich der Hauptscholle, bis auf ein Depotzentrum westlich von Groß-Gerau, kontinuierlich bis auf 49 m NN an (= 50 m unter GOK). Die Geometrie der Quartärbasis ist bi-direktional. Während der nördliche Teil der Hauptscholle nach Westen einfällt, fällt der südliche Teil nach Osten ein. Im Bereich der beiden Westschollen schwankt die Tiefenlage der Basis Quartär zwischen -100 m und -13 m NN. Beide interpolierten Oberflächen sind treppenartig zueinander versetzt und fallen nach Westen ein. Im Bereich des Mainzer Beckens (gemittelt um 80 m NN) sowie der Darmstadt-Scholle (zwischen 90 und 120 m NN) liegt die Basis Quartär hingegen deutlich höher. Während die Quartärbasis im Mainzer Becken keine klare Einfallrichtung zeigt, fällt die Darmstadt-Scholle nach Nordwesten ein. Die daraus resultierende modifizierte Geometrie des quartären Körpers beeinflusst auch die Ableitung der Zielhorizonte.

Der Versuch, die in den Schichtenverzeichnissen abgelegten Informationen zu Lithologie und Stratigraphie/Chronostratigraphie zur Ableitung des flächenhaften Auftretens von Grundwassergeringleitern innerhalb des quartären Körpers zu nutzen, zeigte, dass dies aufgrund großer Inkonsistenzen nur unzureichend möglich ist. Eine laterale Korrelation von punktuellen Informationen zum Auftreten von Grundwassergeringleitern ist nur lokal, nicht regional, möglich. Um dennoch qualitative Aussagen zum räumlichen Auftreten von Grundwassergeringleitern treffen zu können, wurden die verfügbaren Informationen generalisiert und von bisherigen stratigraphischen/chronostratigraphischen Interpretationen entkoppelt. Dazu wurden die Bohrungen in insgesamt 75 043 Schichten aufgelöst und im 3D-Raum visualisiert. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 0,01 m und 2 314,8 m. Der Mittelwert beträgt ca. 6 m. Da viele Sequenzen aus Folgen von bindigen oder nicht-bindigen Schichten bestehen, wurden diese zu 9 546 bindigen und 6 241 nicht-bindigen Paketen zusammengeführt (Abb. 7). Die Mächtigkeit der bindigen Schichtpakete schwankt zwischen 0,5 m und 782,5 m, bei einem Mittelwert von 5,3 m. Die Mächtig-



**Abb. 6.** Tiefenlage der Basis Quartär unter Berücksichtigung von tektonischem Inventar, das den Betrachtungsraum in fünf Homogenitätsbereiche unterteilt. Die Tiefenlage schwankt von 140 m über NN nördlich von Darmstadt bis -240 m unter NN südöstlich von Viernheim.

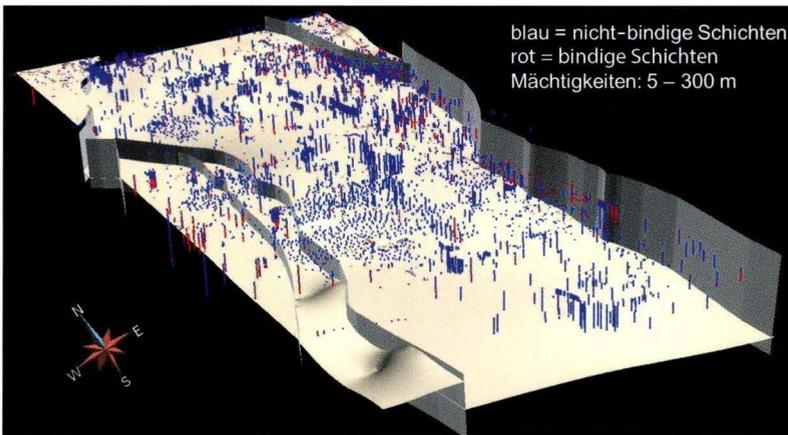
keit der nicht-bindigen Schichtpakete schwankt zwischen 5 m und 805 m, bei einem Mittelwert von 18,4 m. Die räumliche Verteilung von bindigen und nicht-bindigen Paketen zeigt, dass die Ludwigshafen-Formation im südlichen Bereich des Projektgebietes großflächig, aber nicht flächendeckend auftritt (Abb. 8). Demnach wurde die Ludwigshafen-Formation in zentralen Teilen des Projektgebietes nach ihrer Ablagerung durch fluviatile Prozesse des Rheins wieder erodiert. Ein flächenhaftes Auftreten von Geringleitern oberhalb der Ludwigshafen-Formation ist nicht gegeben. Regelmäßig werden hier Bereiche, in denen bindige Schichtpakete auftreten, von Gebieten in denen ausschließlich nicht-bindige Pakete anstehen, begrenzt. Damit

ist eine hydraulische Funktion von Grundwassergeringleitern nur lokal gegeben.

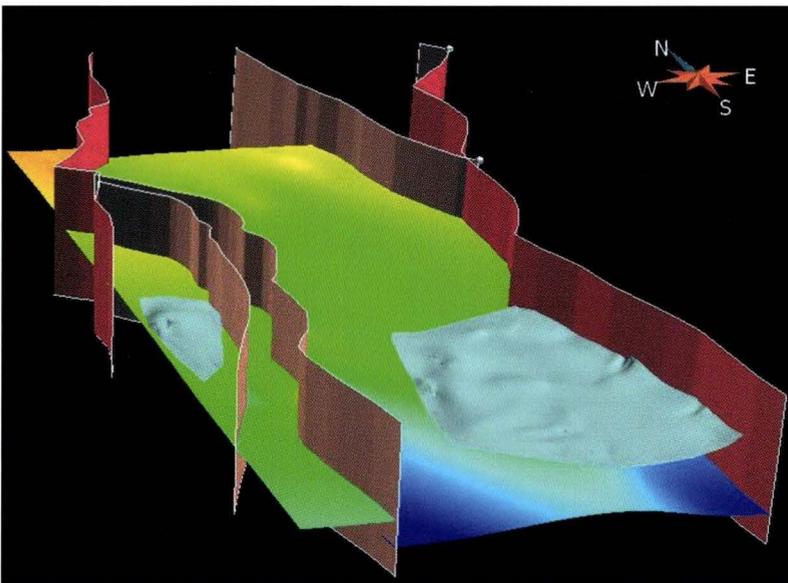
Basierend auf der modifizierten Geometrie des quartären Ablagerungsraumes wurde in gOcad ein stratigraphisches Grid (SGrid) erstellt. Während die modellierten geologischen Körper primär der Visualisierung dienen, ermöglichen die SGrids das Speichern, Visualisieren und Abfragen von Attributen. Um eine maximale Auflösung zu gewährleisten, wurde eine Voxelgröße von (x,y,z) 100 x 100 x 1 m gewählt, was in der Summe einer Gesamtzahl von mehr als 14,7 Millionen Voxel entspricht. 3D-Abfragen erlauben nun das Filtern der Voxel, bei denen das jeweilige Abfragekriterium erfüllt ist, z.B. bestimmte Mächtig-

keiten. Bisher erfolgte die Attributierung des SGrids für die Lithologie, d.h. Korngrößen, bindige und nicht-bindige Schichtpakete. Weitere Attribute sollen zugewiesen werden, z.B. Farbe, Stratigraphie, Grundwasserdaten, Bohrlochgeophysik. Nach der Einbindung punktueller Informationen in ein SGrid können diese in jedes einzelne Voxel interpoliert werden, was zu einer 3D-Visualisierung von Auftreten und Verbreitung der zugrunde liegenden Eigenschaft führt. Dies ist ein großer Vorteil im Vergleich zu den Möglichkeiten, die sich beim Arbeiten mit Geoinformationssystemen ergeben. Eine Dateninteroperabilität zwischen den eingesetzten Plattformen ist essenziell. Informationen, die in SGrids abgelegt sind können aufbereitet und migriert werden.

Zur lateralen, stratigraphieunabhängigen Korrelation von bindigen und nicht-bindigen Bereichen wurde der Betrachtungsraum in Tiefenscheiben unterteilt, die je 5 m umfassen. Das Konzept, auf dem die laterale Korrelation basiert, ist in Abb. 9 dargestellt. Demnach werden bindige Bereiche mit mind. 1 m Mächtigkeit (entsprechend des Tiefenintervalls maximal 5 m) dann von nicht-bindigen Bereichen begrenzt, wenn eine Bohrung im gesamten Bereich der betrachteten Tiefenscheibe nur nicht-bindiges Material enthält. Zusätzlich wurden Top und Basis dieser nicht-bindigen Bereiche um einen Puffer von je 1 m erweitert, so dass ein nicht-bindiges Schichtpaket mindestens 7 m Mächtigkeit haben muss, um einen bindigen Bereich zu begrenzen. Insgesamt sind für das Projektgebiet derzeit 17 Tiefenscheiben verfügbar. Aufgrund der vertikalen Auflösung der Eingangsdaten beschreibt die tiefste Scheibe den Bereich tiefer 110 m. Die Daten sind sowohl für den internen als auch den externen Ge-



**Abb. 7.** Räumliche Verteilung von Grundwassergeringleitern (rot) und Grundwasserleitern (blau). Deutlich ist zu erkennen, dass ein flächenhaftes Auftreten von Geringleitern mit einer hydraulischen Funktion nur lokal gegeben ist.

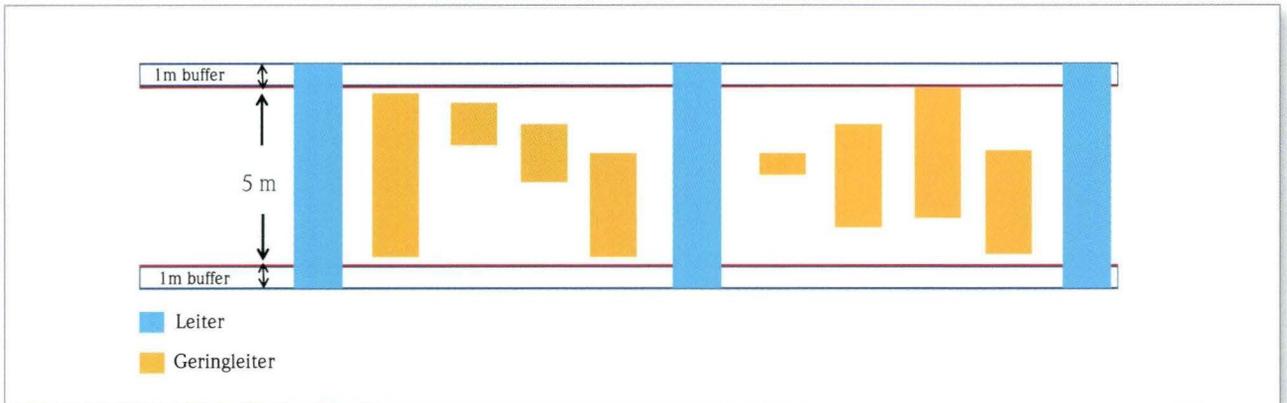


**Abb. 8.** Im südlichen Bereich des Projektgebietes ist die ursprünglich flächendeckend abgelagerte Ludwigshafen-Formation (grau) nur noch in zwei Gebieten flächenhaft verbreitet. Im nördlichen Bereich des Projektgebietes sind die Arbeiten zur Ausgliederung von Homogenkörpern noch nicht abgeschlossen.

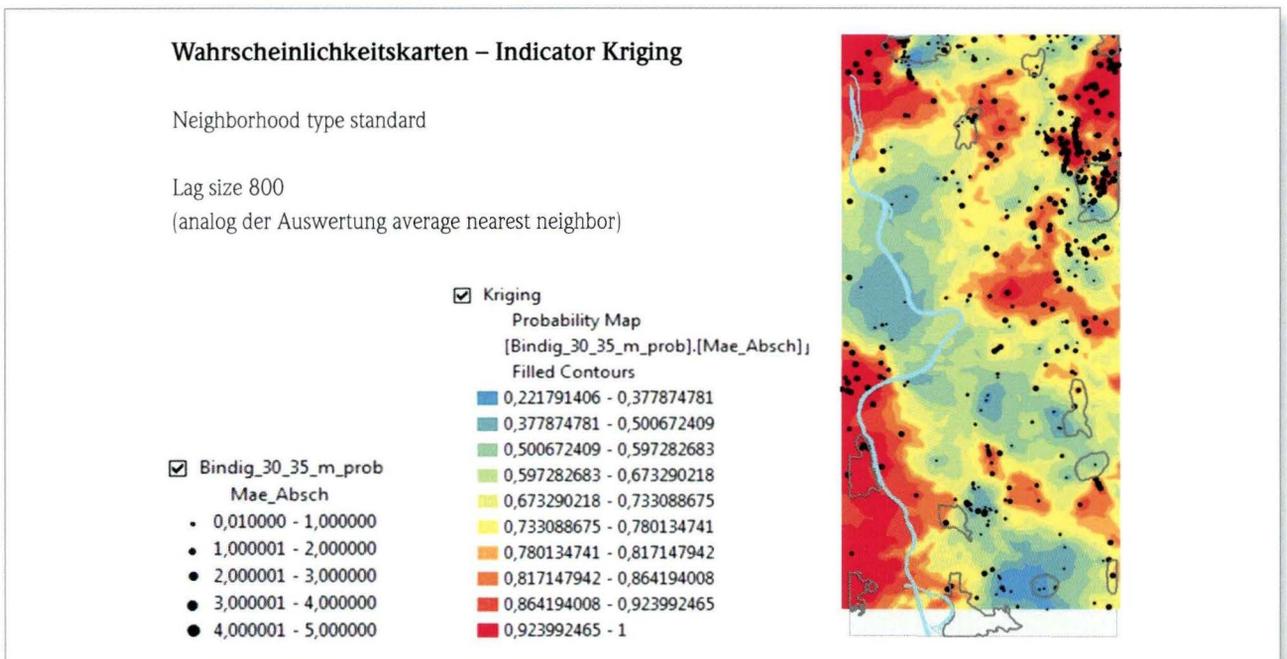
brauch auf der Plattform ArcGIS (ESRI) als Vektordaten verfügbar.

Um auch qualitative Aussagen zum flächenhaften Auftreten von Geringleitern treffen zu können, wurden auf Basis der verfügbaren Informationen GIS-basiert Wahrscheinlichkeiten mit Hilfe von geostatistischen Methoden berechnet. Im Ergebnis stehen für jede definierte Tiefscheibe Rasterdaten zur Verfügung, die eine statistische Aussage zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens von bindigen Bereichen mit einer Mindestmächtigkeit von 1 m (= hydraulisch aktiv) angeben. Der Vergleich

berechneter Wahrscheinlichkeiten mit der auf Basis von Expertenwissen interpretierten Genese/Geologie des Projektgebietes zeigt eine gute Übereinstimmung (Abb. 10). Demnach ist das Auftreten von hydraulisch aktiven Geringleitern im Tiefenbereich 30–35 m unter GOK insbesondere im zentralen Bereich des Grabens unwahrscheinlich. Die für alle Tiefscheiben berechneten Wahrscheinlichkeitskarten sind ebenfalls für den internen und externen Gebrauch auf der Plattform ArcGIS als Rasterdaten verfügbar. Ein Beispiel für eine Detailkarte wird für den Raum Viernheim in Abb. 11 vorgestellt.



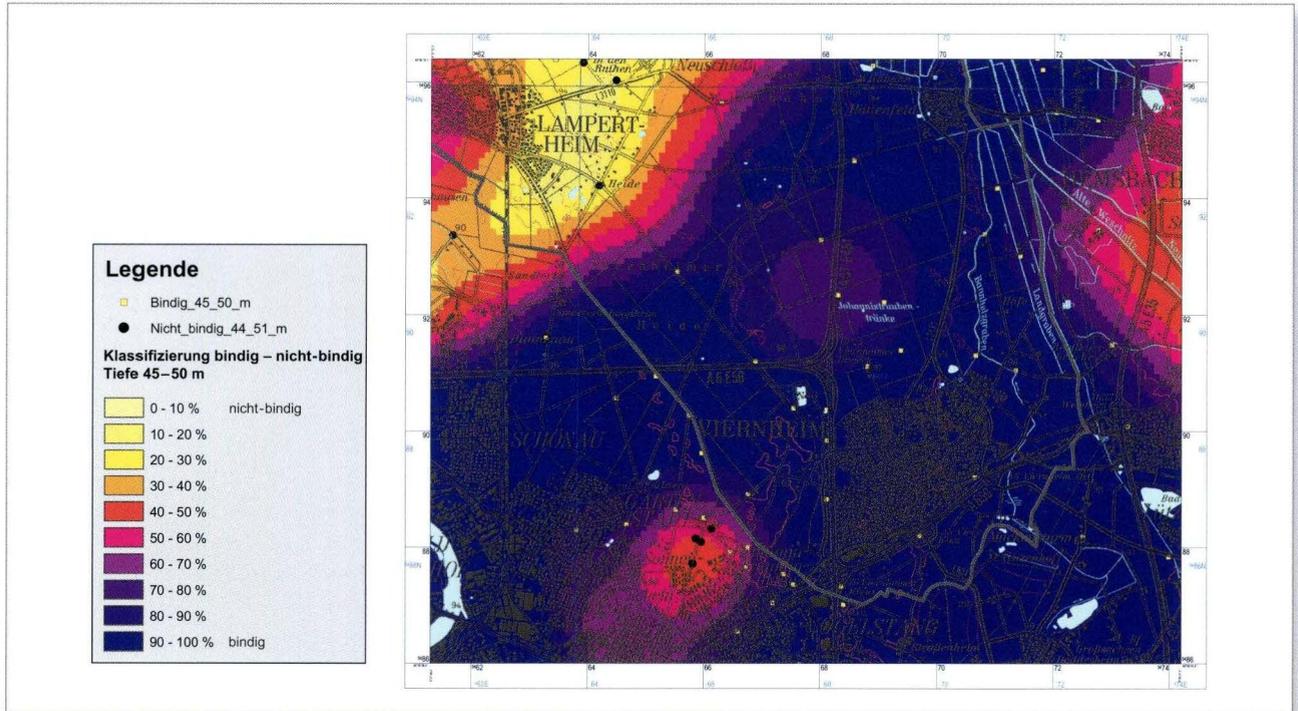
**Abb. 9.** Konzept zur räumlichen Korrelation von Grundwassergeringleitern mit Grundwasserleitern in 5 m Tiefscheiben. Ein Bereich bindigen Materials (= Geringleiter) wird dann von nicht-bindigem Material (Leiter) begrenzt, wenn dieser konsistent über die gesamte betrachtete Tiefscheibe auftritt. Ein zusätzlicher Puffer von 1 m oberhalb und 1 m unterhalb der betrachteten Tiefscheibe dient zur Erhöhung der Belastbarkeit der Aussage.



**Abb. 10.** Mit Hilfe von geostatistischen Methoden berechnete Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Grundwassergeringleitern mit hydraulischer Funktion (= Mächtigkeit mindestens 1 m). Auf Basis der für die Tiefscheibe verfügbaren Stützstellen (schwarze Punkte) wird abgeleitet, mit welchen lithologischen Bedingungen an beliebigen X-Y-Lokationen zu rechnen ist. Der mit der Verteilung der Eingangsdaten einhergehenden Unsicherheit wird mit dem Ableiten von Wahrscheinlichkeiten begegnet. Die Wahrscheinlichkeitskarten sind für jede Tiefscheibe berechnet und intern wie extern nutzbar.

In der aktuellen Projektphase wird inhaltlich insbesondere der nördliche Bereich des Projektgebietes betrachtet. Ziel ist es, die dort abgelagerten Sedimente im Hinblick auf ihre Genese zu differenzieren, und damit die Ableitung weiterer, fluvial entstandener Geringleiter zu ermöglichen. Um dabei auch besser zwischen Ablagerungen des Rheins und Ablagerungen des Mains unterscheiden zu können, wird das Projektgebiet auf die

Untermainebene erweitert. Methodisch steht in der aktuellen Projektphase die Implementierung aller bisher gewonnenen Informationen in die drei Arbeitsplattformen GeODin, ArcGIS und gOcad im Vordergrund. Im Fokus stehen hierbei die Entwicklung von Lösungen zur Unterstützung des Tagesgeschäftes im HLUG sowie die Präsentation der Ergebnisse im Internet.



**Abb. 11.** Beispiel einer Wahrscheinlichkeitskarte für den Raum Viernheim. In der Karte wird für den Tiefenbereich von 45 bis 50 m unter Geländeoberkante die Wahrscheinlichkeit abgebildet, mit der ein hydraulisch stauender Horizont von mindestens einem Meter Mächtigkeit auftritt. Im Raum Viernheim ist das in diesem Tiefenbereich die Ludwigshafen-Formation bzw. nach HGK (1999) der Obere Zwischenhorizont. Die Karte zeigt auch, dass der Horizont im Raum Lampertheim in diesem Tiefenbereich nicht mehr als Trennhorizont auftritt.

## 5 Diskussion

### Eingangsdaten

Das Modell basiert auf ca. 10 000 qualitätsgeprüften Bohrungen und ist daher im Hinblick auf die berücksichtigten Informationen zuverlässig. Jedoch beschränkt sich die Beurteilung der Qualität auf die in der Datenbank abgelegten Informationen. Neben der schwankenden x,y,z Dichte/Auflösung der Schichtinformationen und der daraus resultierenden unterschiedlichen Aussagekraft interpolierter Oberflächen müssen auch die zugrundeliegenden Bohrverfahren, die zu Proben unterschiedlicher Qualität führen, berücksichtigt werden. Nur ein kleiner Teil der verfügbaren Bohrschichtverzeichnisse basiert auf Kernbohrungen, welche die zuverlässigste geologische Beschreibung erlauben. Der Großteil der abgelegten Informationen beruht auf Spülbohrungen, wo in einem regelmäßigen Abstand Proben zur Beschreibung gewonnen werden, die oft-

mals nicht die tatsächliche Zusammensetzung der durchteuften Schichten repräsentieren. In Abhängigkeit z.B. von dem eingesetzten Spülmittel können hier bestimmte Korngrößen über- bzw. unterrepräsentiert sein. Weiterhin beinhalten die Spülproben oft inkonsistente Korngrößenzusammensetzungen, z.B. Kies und Ton, was darauf hindeutet, dass in der Probe Material unterschiedlicher Horizonte vermischt ist. Nur durch Expertenwissen vor Ort können solche Informationen richtig interpretiert werden. Da das Expertenwissen in den Bohrschichtenverzeichnissen jedoch oft nicht ausreichend berücksichtigt wurde, müssen die betroffenen Bohrungen und daraus abgeleitete Schichtenfolgen entsprechend behandelt werden. Aus diesem Grund werden derzeit alle Bohrungen im Hinblick auf ihre Bohrqualität beurteilt, inklusive ihrer Lagegenauigkeit,

des genutzten Bohrverfahrens und der Qualität der Analysen. Grundlage hierfür sind die Richtlinien für die Qualitätseinstufungen von Bohrungen der Ad-hoc-AG Geologie der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). So klassifizierte Bohrungen können dann sehr einfach im Kontext der spezifischen Fragestellung gefiltert werden.

### Geometrie des quartären Sedimentkörpers

Die bisherigen Ergebnisse der Modellierung umfassen hauptsächlich neue Erkenntnisse zur Geometrie des quartären Sedimentkörpers. Wenngleich frühere Arbeiten vereinzelt eine tektonische Beeinflussung des Quartärs in Betracht zogen (z.B. HOPPE et al. 1996) zeigen die im Rahmen der 3D-Modellierung gewonnenen Erkenntnisse ein fundamental anderes Bild des quartären Ablagerungsraumes. Bisher wurde der Betrachtungsraum als ein von Tektonik nahezu unbeeinflusster großer Akkumulationsraum für quartäre Sedimente betrachtet. In der Annahme einer tektonisch nahezu ungestörten Quartärbasis und unter Berücksichtigung von Bohrinformationen aus dem westlichen Teil des Projektgebietes wurde die Quartärbasis bisher als nach Westen kontinuierlich ansteigende Fläche mit einem N-S gerichteten Ausbiss auf der Höhe von Worms interpretiert (HOSELMANN 2010). Diese Geometrie konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht verifiziert werden, was auf drei Aspekte zurückzuführen ist.

1) Frühere Arbeiten basierten überwiegend auf 2D-Applikationen, insbesondere ArcGIS. Auch wenn GIS-Anwendungen umfangreiche Funktionalitäten zur Verfügung stellen, bieten sie nicht bzw. nur eingeschränkt die Möglichkeit, geologische Körper zu visualisieren und zu attributieren. Zusätzlich konnten tektonische Störungen und deren räumliche Ausdehnung nicht ausreichend berücksichtigt werden. Damit war das bisherige Verständnis des quartären Sedimentkörpers teilweise beeinflusst durch Software-Limitierungen.

2) Zahlreiche Bohrungen, die in den letzten Jahren abgeteuft wurden, ergaben neue Informationen zum Aufbau des Untergrundes. Insbesondere im Westteil des Projektgebietes verstärkte sich dabei der Kontrast zwischen der für die Bohrplanung angenommenen Quartärbasis und den realen Bedingungen. Demnach liegt die Quartärbasis im westlichen Teil des NORG signifikant tiefer.

3) Zusätzlich konterkarieren jüngst niedergebrachte Bohrungen im Westteil des Projektgebietes Informationen, die mit benachbarten, älteren Bohrungen assoziiert sind. Diese älteren Bohrungen zeigen den Quartär-Tertiär Übergang deutlich näher an der Oberfläche. Pollenanalysen erlauben eine analoge Interpretation. Da ausgewählte Bohrkern langfristig in Bohrchiven gelagert werden, konnten zur Beleuchtung der Diskrepanzen nachgelagerte Untersuchungen angestellt werden. Demnach handelt es sich bei den so stratifizierten Sedimenten in der Tat um Ablagerungen quartären bzw. tertiären Ursprungs. Jedoch implizieren sowohl die Schichtübergänge wie auch die Zu-

sammensetzung des tertiären Materials, dass es sich nicht um in-situ Ablagerungen, sondern um quartärzeitlich umgelagertes Material handelt. Die Bohrungen, die den Tertiär-Quartär Übergang nahe an der Oberfläche anzeigen, sind allesamt in der Nähe der westlichen Haupttrandverwerfung des Oberrheingrabens gelegen, so dass angenommen werden kann, dass tertiäre Sedimente während des Quartärs von der westlichen Grabenschulter eingetragen, und damit lateral umgelagert wurden. Ähnliche laterale Umlagerungen sind auch für den östlichen Grabenrand belegt.

Der angenommene tektonische Einfluss und die daraus resultierende Geometrie entsprechen weiterhin den Ergebnissen anderer Arbeiten, die für das Projektgebiet verfügbare seismische Daten ausgewertet haben (HAIMBERGER et al. 2005) oder rezente geodynamische Prozesse im nördlichen Oberrheingraben evaluiert haben (PETERS & VAN BAHLEN 2007a, b). Derzeit werden im Projektgebiet Radonmessungen in der Bodenluft vorgenommen. Erste Ergebnisse erlauben die Korrelation von Radon-Peaks mit der vermuteten Lage tektonischer Störungen an der Oberfläche, was eine rezente Aktivität der Störungen anzeigen würde.

### Auftreten/Verteilung von Grundwasserleitern/Grundwassergeringleitern

Während die Ableitung der Quartärbasis unter Berücksichtigung verschiedener Eingangsdaten zu einem konsistenten Gesamteindruck führt, ist die Ableitung von Auftreten und Ausdehnung der Zielformationen ungleich schwieriger. Die verfügbaren Bohrschichtverzeichnisse umfassen keine Informationen, die z.B. eine laterale Korrelation von bindigen Schichten zu Grundwassergeringleitern auf regionalem Maßstab erlauben. Zusätzlich stellt die modifizierte Geometrie des quartären Sedimentkörpers, inklusive eines tektonischen Inventars, Korrelationen, die in der Vergangenheit angestellt wurden, in Frage, z.B. die „Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar Raum“ (HGK 1999). Die Ergebnisse der hydrogeologischen Kartierung beschreiben eine großflächige räumliche Ausdehnung verschiedener Zwischenhorizonte (= Grundwassergeringleiter), dem Oberen Zwischenhorizont (OZH), der entsprechend der neuen Lithostratigraphie für den nördlichen Oberrheingraben in weiten Teilen deckungsgleich ist mit der Ludwigshafen-Formation, sowie des Zwischenhorizontes 1, der nunmehr zur Mannheim-Formation gehört. Die so beschriebenen Ausdehnungen der Geringleiter stehen im Widerspruch zu den vorliegenden Ergebnissen. Auf Basis der Schichtenfolgen sowie der daraus resultierenden Schichtmächtigkeiten kann nur im südlichen Teil des Projektgebietes das Auftreten der Ludwigshafen-Formation für zwei Bereiche zweifelsfrei nachgewiesen werden (Abb. 8). Diese befinden sich westlich bzw. östlich des heutigen Verlaufs des Rheins und implizieren, dass die Ablagerungen der Ludwigshafen-Formation im zentralen Teil des NORG postsedimentär durch den Rhein abgetragen

wurden. Diese Annahme beeinflusst Form und Ausdehnung der im Hangenden folgenden Mannheim-Formation signifikant. Für den zentralen Bereich des Grabens kann die Mächtigkeit der abgelagerten Sande und Kiese der Mannheim-Formation als wesentlich größer betrachtet werden, was sowohl für die Evaluierung von Massenrohstoffen, wie auch für Bohrplanungen, von großer Bedeutung ist. Weiterhin ist die proklamierte extensive Ausdehnung des Zwischenhorizonts 1 (ZH1)

innerhalb der Mannheim-Formation (HGK 1999) nicht gegeben. Tatsächlich treten die bindigen Horizonte nur lokal auf und sind regelmäßig durch Sande und Kiese begrenzt. In der Konsequenz ist eine regionale hydraulische Funktion der bindigen Ablagerungen nicht gegeben. Die Ergebnisse der 3D-Modellierung werden zukünftige Arbeiten maßgeblich beeinflussen, insbesondere im Bereich der Grundwassermodellierung im NORG.

## 6 Stand und Ausblick

Am nördlichen Oberrheingraben konnte ein neues lithostratigraphisches Konzept erarbeitet werden, das künftig für die Untergliederung der quartären Ablagerungen des Raums verwendet werden soll. Zusammen mit rund 10 000 Bohrdaten konnte aus diesen Überlegungen heraus ein geologisches 3D-Modell des NORG entwickelt werden, das es internen und externen Nutzern ermöglicht, auf Fragen zum geologischen Aufbau eines beliebigen Projektgebiets im NORG kurzfristig verlässliche Aussagen treffen zu können. Die Bearbeitung dieses geologischen Körpers erbrachte ganz neue Einblicke in die Geometrie des Ablagerungsraumes. Die Inhalte des Modells können mit GIS-Werkzeugen sowie 3D-Modellierungssoftware bearbeitet werden und somit eine wichtige Entscheidungshilfe darstellen. Neue Bohrungen sowie die Einbindung geophysikalischer Daten aus Bohrlochmessungen und seismischen Messungen (u.a. aus HAIMBERGER et al. 2005) werden das geologische Modell des NORG fortlaufend optimieren.

Darüber hinaus gilt es, bisher nur unzureichend verstandene tektonische und sedimentäre Prozesse insbesondere im nördlichen Teil des Projektgebiets verstärkt zu adressieren. Dort sind Auftreten und Verteilung der plio- und pleistozänen Formationen weiterhin fraglich. Die Verzahnung von Rhein- und Mainablagerungen sowie deren Wechsel mit lateralen Einträgen erschweren das Verständnis. Aus diesem Grund wurde das Untersuchungsgebiet im Rahmen eines Folgeprojektes auf die Untermainebene ausgeweitet, was eine Betrachtung des gesamten Ablagerungsraumes ermöglicht.

Im Hinblick auf angenommene Aktivität einiger tektonischer Störungen im Projektgebiet muss die zugrundeliegende Datenbasis erweitert werden. Neben den bereits erwähnten Informa-

tionen aus den seismischen Messungen soll insbesondere das systematische Kartieren von Radon in der Bodenluft fortgesetzt und ausgeweitet werden. Zusätzlich müssen die Arbeiten zur natürlichen Strahlung der Sedimente/Böden intensiviert, wie auch der Effekt des anthropogenen Eintrags von Radionukliden durch Kunstdünger untersucht werden.

**Danksagung:** Die geowissenschaftlichen Arbeiten im nördlichen Oberrheingraben wurden sehr stark durch die ausgezeichnete Zusammenarbeit mit den benachbarten geologischen Diensten von Baden-Württemberg (Dr. Dietrich Ellwanger, Prof. Dr. Theo Simon und Dr. Ulrike Wielandt-Schuster), Rheinland-Pfalz (Dr. Michael Weidenfeller) sowie dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik in Hannover (Dr. Hermann Bunes, Dr. Gerald Gabriel, Prof. Dr. Manfred Frechen, Dr. Tobias Lauer (jetzt Universität Leipzig), Dr. Christian Rolf, Dr. Thomas Wonik und Kathrin Worm) geprägt. Für die konstruktive und freundschaftliche Zusammenarbeit sei ganz herzlich gedankt. Herr Dipl.-Geol. Roman Haimberger (jetzt GDF SUEZ E&P Deutschland GmbH) wird für die lange Zusammenarbeit und vielen Diskussionen gedankt. Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Andreas Hoppe (TU Darmstadt), der als Amtsleiter des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (jetzt HLU) die hydroseismischen Messfahrten auf dem Rhein, Main und Neckar initiiert hat und jetzt die geologische 3D-Modellierung weitreichend unterstützt. An der TU Darmstadt sei weiterhin Alexandra Littkeitz, Marie Luise Mayer, Marie Mohr, Hanna Reinheimer und Melanie Werner für die tatkräftige und ausdauernde Unterstützung bei der Qualitätskontrolle der Daten gedankt.

## 7 Schriftenverzeichnis

- ARNDT, D., BÄR, K., FRITSCH, J.-G., KRACHT, M., SASS, I. & HOPPE, A. (2011): 3D structural model of the Federal State of Hesse (Germany) for geo-potential evaluation. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **162**(4): 353–369.
- BÄR, K., ARNDT, D., FRITSCH, J.-G., GÖTZ, A.E., HOPPE, A., KRACHT, M. & SASS, I. (2011): 3D-Modellierung der tiefergeothermischen Potenziale von Hessen – Eingangsdaten und Potenzialausweisung. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **162**(4): 371–388.
- ELLWANGER, D. (2010a): Mannheim-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 3.11.2010. [cited 14.04.2011]. Record No. 1000011. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- ELLWANGER, D. (2010b): Ifezheim-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 3.11.2010. [cited 14.04.2011]. Record No. 1000014. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- ELLWANGER, D., FRANZ, M. & WIELANDT-SCHUSTER, U. (2012): Zur Einführung: Heidelberg Becken, Oberschwaben-Oberrhein, Geosystem Rhein. LGRB-Informationen, **26**: 7–24.
- ELLWANGER, D., GABRIEL, G., SIMON, T., WIELANDT-SCHUSTER, U., GREILING, R.O., HAGEDORN, E.-M., HAHNE, J. & HEINZ, J. (2008): Long sequence of Quaternary Rocks in the Heidelberg Basin Depocentre. – *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)*, **57**/3–4: 316–337.
- ELLWANGER, D. & WIELANDT-SCHUSTER, U. (2012): Fotodokumentation und Schichtenverzeichnis der Forschungsbohrungen Heidelberg UniNord I und II. – LGRB-Informationen, **26**: 25–86.
- GABRIEL, G., ELLWANGER, D., HOSELMANN, C., WEIDENFELLER, M. & WIELANDT-SCHUSTER, U. (2013): The Heidelberg Basin, Upper Rhine Graben (Germany): a unique archive of Quaternary sediments in Central Europe. – *Quaternary International*, **292**: 43–58; DOI: 10.1016/j.quaint.2012.10.044.
- HAHNE, J., ELLWANGER, D., FRANZ, M., STRITZKE, R. & WIELANDT-SCHUSTER, U. (2012): Pollenanalytische Untersuchungsergebnisse aus dem baden-württembergischen Rheinsystem Oberrheingrabens, Hochrhein, Oberschwaben – eine Zusammenfassung des aktuellen Kenntnisstandes. – LGRB-Informationen, **26**: 119–154.
- HAIMBERGER, R., HOPPE, A. & SCHÄFER, A. (2005): High-resolution seismic survey on the Rhine River in the northern Upper Rhine Graben. – *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, **94**(4): 657–668.
- HGK (1999): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum. Fortschreibung 1983–1999. – Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz: 155 S.; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz.
- HOPPE, A., KÖTT, A., MITTELBACH, G. & ULMER, D. (1996): Ein Raumbild quartärer Grundwasserleiter und Grundwassernichtleiter im nördlichen Oberrheingrabens. – *Geologisches Jahrbuch Hessen*, **124**: 149–158.
- HOSELMANN, C. (2008): The Pliocene and Pleistocene fluvial evolution in the northern Upper Rhine Graben based on results of the research borehole at Viernheim (Hesse, Germany). – *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)*, **57**/3–4: 286–315. URL: [http://quaternary-science.publiss.net/system/articles/pdfs/787/original\\_original\\_vol57\\_no3-4\\_a03.pdf?1286009778](http://quaternary-science.publiss.net/system/articles/pdfs/787/original_original_vol57_no3-4_a03.pdf?1286009778).
- HOSELMANN, C. (2010): Viernheim-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 3.11.2010. [cited 14.04.2011]. Record No. 1000013. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- HOSELMANN, C. & LEHNÉ, R. (2013): Neue Lithostratigraphie und ein geologisches 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens. – *Jahresbericht 2012 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie*: 77–87.
- KNIPPING, M. (2008): Early and Middle Pleistocene pollen assemblages of deep core drillings in the northern Upper Rhine Graben, Germany. – *Netherlands Journal of Geosciences*, **87**/1: 51–65.
- LAUER, T., FRECHEN, M., HOSELMANN, C. & TSUKAMOTO, S. (2010): Fluvial aggradation phases in the Upper Rhine Graben – New insights by quartz OSL dating. – *Proceedings of the Geologists' Association*, **121**/2: 154–161; doi:10.1016/j.pgeola.2009.10.006.
- LAUER, T., KRBETSCHKE, M.R., FRECHEN, M., TSUKAMOTO, S., HOSELMANN, C. & WEIDENFELLER, M. (2011): Infrared Radiofluorescence (IR-RF) dating of Middle Pleistocene fluvial archives of the Heidelberg Basin (Southwest Germany). – *Geochronometria*, **38**: 23–33; doi: 10.2478/s13386-011-0006-9.
- MALLET, J.L. (1992): Discrete Smooth Interpolation in geometric modelling. – *Computer Aided Design*, **24**/1: 30–41.
- MALLET, J.L. (1997): Discrete modelling for natural objects. – *Mathematical Geology*, **29**/2: 199–219.
- PETERS, G. & VAN BALEN, R.T. (2007a): Pleistocene tectonics inferred from fluvial terraces of the northern Upper Rhine Graben, Germany. – *Tectonophysics*, **430**: 41–65.
- PETERS, G. & VAN BALEN, R.T. (2007b): Tectonic geomorphology of the northern Upper Rhine Graben, Germany. – *Global Planetary Change*, **58**: 310–334.
- PREUSSER, F. (2008): Characterisation and evolution of the River Rhine system. – *Netherlands Journal of Geosciences*, **87**(1): 5–17.
- SIMON, T. (2012): Herkunft und Transport der Sedimente in der Forschungsbohrung Heidelberg UniNord. – LGRB-Informationen, **26**: 107–118.
- WEDEL, J. (2008): Pleistocene molluscs from research boreholes in the Heidelberg Basin. – *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)*, **57**/3–4: 382–402. URL: [http://quaternary-science.publiss.net/system/articles/pdfs/791/original\\_original\\_vol57\\_no3-4\\_a07.pdf?1286010333](http://quaternary-science.publiss.net/system/articles/pdfs/791/original_original_vol57_no3-4_a07.pdf?1286010333).
- WEIDENFELLER, M. (2010): Ludwigshafen-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 2.11.2010. [cited 14.04.2011]. Record No. 1000012. Available from: <http://www.bgr.bund.de/litholex>.
- WEIDENFELLER, M. & KÄRCHER, T. (2008): Tectonic influence on fluvial preservation: Aspects of the architecture of Middle and Late Pleistocene sediments in the northern Upper Rhine Graben, Germany. – *Netherlands Journal of Geosciences*, **87**(1): 31–38.
- WEIDENFELLER, M. & KNIPPING, M. (2008): Correlation of Pleistocene sediments from boreholes in the Ludwigshafen area, western Heidelberg Basin. – *Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)*, **57**/3–4: 270–285.

DOMINIK PECORONI<sup>1</sup>, KLAUS FRIEDRICH<sup>2</sup>, JANINA SEHR<sup>3</sup> & MARKUS FUCHS<sup>4</sup>

# Phosphorgehalte in hessischen Böden und Bodenausgangsgesteinen

## Kurzfassung

Phosphor (P) im Boden spielt für viele Fragestellungen eine wichtige Rolle. Der Aufbau neuer und Zugriff auf spezifische Datenbestände ermöglichte nun erstmals einen Gesamtüberblick zu Phosphat- und Gesamtphosphorgehalten in hessischen Böden. Die zeitliche und räumliche Varianz von Phosphatgehalten in Ackerböden wurde herausgearbeitet und zeigt tendenziell eine optimale P-Versorgung, unabhängig von den Bodenverhältnissen.

Die Gesamtphosphorgehalte wurden im Schwerpunkt hinsichtlich Bodenparametern, Bodennutzung, Ausgangsgestein und Relief untersucht. Bodennutzung und Bodenausgangsgestein dominieren im Wesentlichen die Gesamtphosphorgehalte.

Als wichtiges Ergebnis konnte eine hessenweite Karte der potenziellen Phosphorgehalte in Oberböden ackerbaulich genutzter Standorte herausgearbeitet werden.

## Abstract

A newly developed data base and access to existing data pools give an overview of phosphorus and phosphate contents in soils of Hesse (Germany). The temporal and spatial variability of phosphorus concentrations of farmland is described and regardless of soil properties, we could observe a tendency to optimal P-supply for plants.

Correlations between total phosphorus contents and soil parameters, land use, parent rock material and topography were analyzed. Land use and the parent rock material are the most influencing factors on total P-content.

As a crucial result of this work, a map of potential phosphorus contents of farmland in Hesse (Germany) was derived.

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	75
2 Phosphor im Boden	76
3 Phosphorgehalte in den Böden Hessens	77
3.1 Pflanzenverfügbare Phosphat-Gehalt ( $P_{CAL}$ -Gehalt) in ackerbaulich genutzten Oberböden	77
3.2 Gesamtphosphor-Gehalt ( $P_{ges}$ -Gehalt)	81
4 Zusammenfassung	93
5 Schriftenverzeichnis	93

## 1 Einleitung

Neben den klassischen Themen im Pflanzenbau sind flächenhafte Kenntnisse über Phosphat- und Phosphorgehalte in Böden zunehmend von Interesse. Zum einen sind die mineralischen Phosphorvorräte endlich und nehmen in der Pflanzenernährung eine Schlüsselfunktion ein. Die langfristige Ver-

sorgungssicherheit mit mineralischen Phosphorrohstoffen ist nicht exakt voraussehbar. Trotz jüngerer Erfolge im Nachweis neuer Vorkommen ist mit einer Verknappung, insbesondere bei steigender Weltbevölkerung, zu rechnen (Landwirtschaftliches Wochenblatt 2013: 34, CORDELL et al. 2011: 747ff). Dieser

<sup>1</sup> D. Pecoroni (dominik.pecoroni@geogr.uni-giessen.de), Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Geographie, Schlossgasse 7, 35390 Gießen

<sup>2</sup> Dr. K. Friedrich (klaus.friedrich@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dezernat Bodenschutz, Bodeninformation, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

<sup>3</sup> J. Sehr, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Physische Geographie, Altenhöferallee 1, 60438 Frankfurt

<sup>4</sup> Prof. Dr. M. Fuchs (markus.fuchs@geogr.uni-giessen.de), Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Geographie, Schlossgasse 7, 35390 Gießen

Sachverhalt erfordert einen nachhaltigen Umgang mit den mineralischen Phosphorvorkommen.

Andererseits ist vor allem das pflanzenverfügbare Phosphat ein Hauptstörfaktor in der Gewässerökologie und wird neben den Frachten aus den Kläranlagen über verschiedene, sogenannte „diffuse Quellen“, in die Gewässersysteme eingetragen. Dort beeinträchtigt es maßgeblich die Gewässergüte (CORREL 1998: 261, MANIAK 2010: 566).

## 2 Phosphor im Boden

Phosphor gehört zu den essenziellen Makronährelementen für Pflanzen. Es ist einerseits durch Verwitterung von Gesteinsmaterial natürlich im Boden vorkommend, andererseits wird es mit Düngern auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht (BLUME et al., 2010: 412).

### Phosphorquellen

Phosphor kommt auf drei unterschiedlichen Wegen in den Boden. Die natürliche Phosphorquelle ist die Gesteinsverwitterung. Hier ist vor allem das phosphorhaltige Mineral Apatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{CO}_3)$  entscheidend (BLUME et al. 2010: 28). Je nach Apatitgehalt des Ausgangsgesteins ist ein entsprechender Phosphorgehalt im Boden zu erwarten. Die natürliche Nachlieferung richtet sich nach dem geogenen P-Vorrat.

Bei landwirtschaftlicher Bodennutzung ist der P-Entzug durch die Nutzpflanzen sehr hoch und muss im Hinblick auf die Ertragsfähigkeit des Standortes durch Düngung auf einer möglichst optimalen Versorgungsstufe gehalten werden. Hierbei kann Phosphor sowohl als organischer Wirtschaftsdünger (Stallmist, Gülle), als auch in Form mineralischer Dünger, der wiederum aus Apatitlagerstätten gewonnen wird, ausgebracht werden.

Als weiterer Eintragspfad ist die atmosphärische Deposition zu nennen (MANIAK 2010: 555f, BEHRENDT et al. 1999: 76). Sie spielt allerdings eine untergeordnete Rolle.

### Phosphorverbindungen

Das Element Phosphor (P) kommt im Boden grundsätzlich als Orthophosphat-Ion ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) in unterschiedlicher chemischer und physikalischer Form vor. Die Form der Phosphatverbindungen bestimmt über ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften die Löslichkeit, Pflanzenverfügbarkeit und Mobilität des Phosphors im Boden.

Der Gesamtphosphorgehalt ( $\text{P}_{\text{ges}}$ -Gehalt) eines Bodens kann grundsätzlich in gelöstes Phosphat und gebundenes, partikuläres Phosphat unterteilt werden. Im Bodenwasser sind nur geringe Anteile an gelöstem Phosphat vorhanden, das für die Pflanzenernährung jedoch essenziell ist. Der überwiegende Teil des Phosphats ist im Boden gebunden und kann weiter in anorganische Phosphate, sorbiertes Phosphat und organisch

für die Bewertung des Phosphorbestandes in den Böden Hessens und dem Eintragspotenzial in Gewässer sind Kenntnisse über Phosphat- und Gesamtphosphorgehalte unerlässlich. In den letzten Jahren konnte hierzu die Datenbasis für Hessen deutlich verbessert werden. Mit der vorliegenden Auswertung werden die Ergebnisse im Hinblick auf Bodennutzung und Substratzusammensetzung der Böden präsentiert.

gebundenes Phosphat unterschieden werden (BLUME et al. 2010: 413). Abbildung 1 zeigt die im Boden vorkommenden Phosphatformen schematisch.

Die anorganischen Phosphatverbindungen sind meist an Eisen- ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), Aluminium- ( $\text{Al}^{3+}$ ) oder Calciumionen ( $\text{Ca}^{2+}$ ) gebunden. Die Fe-, Al- und Ca-Phosphate sind jeweils weiter differenzierbar. Für die Düngung werden vor allem Ca-Phosphate als Mono-Ca-Phosphat ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), Di-Ca-Phosphat und Tri-Ca-Phosphat (z.B. Fluorapatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ) eingesetzt. Bekannte Vertreter der Al- und Fe-Phosphate sind Variscit ( $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) und Strengit ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (MORGAN 1997: 138). Grundsätzlich sind die anorganischen Phosphate schwer löslich, so dass eine kurzfristige Pflanzenverfügbarkeit nicht gegeben ist (SHARPLEY & REKOLAINEN 1997: 6, BLUME et al. 2010: 416).

Sorbierte Phosphate bilden eine weitere Gruppe des  $\text{P}_{\text{ges}}$  im Boden. Hierbei wird das Orthophosphat-Ion an Oberflächen vor allem von Al- und Fe-Oxiden sowie an Schichtsilikaten (z.B. Tonen) adsorbiert. Diese Bindungsformen sind instabiler als die anorganische P-Fixierung. Sorbiertes Phosphat steht im Gleichgewicht mit der Bodenlösung und reagiert somit auf Zufuhr oder Abfuhr von gelöstem P (HORN 2011: 125). Zudem ist die P-Sorption stark von äußeren Faktoren abhängig. Der pH-Wert spielt dabei eine entscheidende Rolle. Bei pH-Werten  $< 7$  steigt die P-Sorptionsfähigkeit der Böden durch Al- und Fe-Oxide als Sorbenten an (HORN 2011, BLUME et al. 2010 und 2011).

Die organischen Phosphate bilden eine weitere Fraktion. Einerseits sind dies Phytate, Nukleotid-Phosphate und Phospholipide in der abgestorbenen organischen Substanz, andererseits ist auch ein Teil in lebenden Boden-Mikroorganismen gebunden. Die Anteile von organischem Phosphat am  $\text{P}_{\text{ges}}$ -Gehalt können dabei je nach Standortverhältnissen von  $< 5$  bis 80% variieren (BLUME et al. 2010, MORGAN 1997: 138).

Je nach Fragestellung steht der Phosphor- oder Phosphatgehalt im Boden im Vordergrund. Für geochemische Fragestellungen wird häufig der  $\text{P}_{\text{ges}}$ -Gehalt eines Bodens herangezogen, während hinsichtlich der ökologischen und landwirtschaftlichen Bewertung der pflanzenverfügbare Anteil wichtig ist, der i.d.R. über den Calcium-Acetat-Laktat-Auszug bestimmt

wird (CAL-extrahierbarer Anteil,  $P_{CAL}$ ). Grundsätzlich macht der pflanzenverfügbare Anteil ( $P_{CAL}$ ) am  $P_{ges}$ -Gehalt nur wenige Prozent aus (FUCHS & SCHWARZ 2007: 37). Prozesse und Ein-

flüsse, die auf  $P_{CAL}$  im Boden wirken, müssen nicht die anderen P-Formen betreffen.

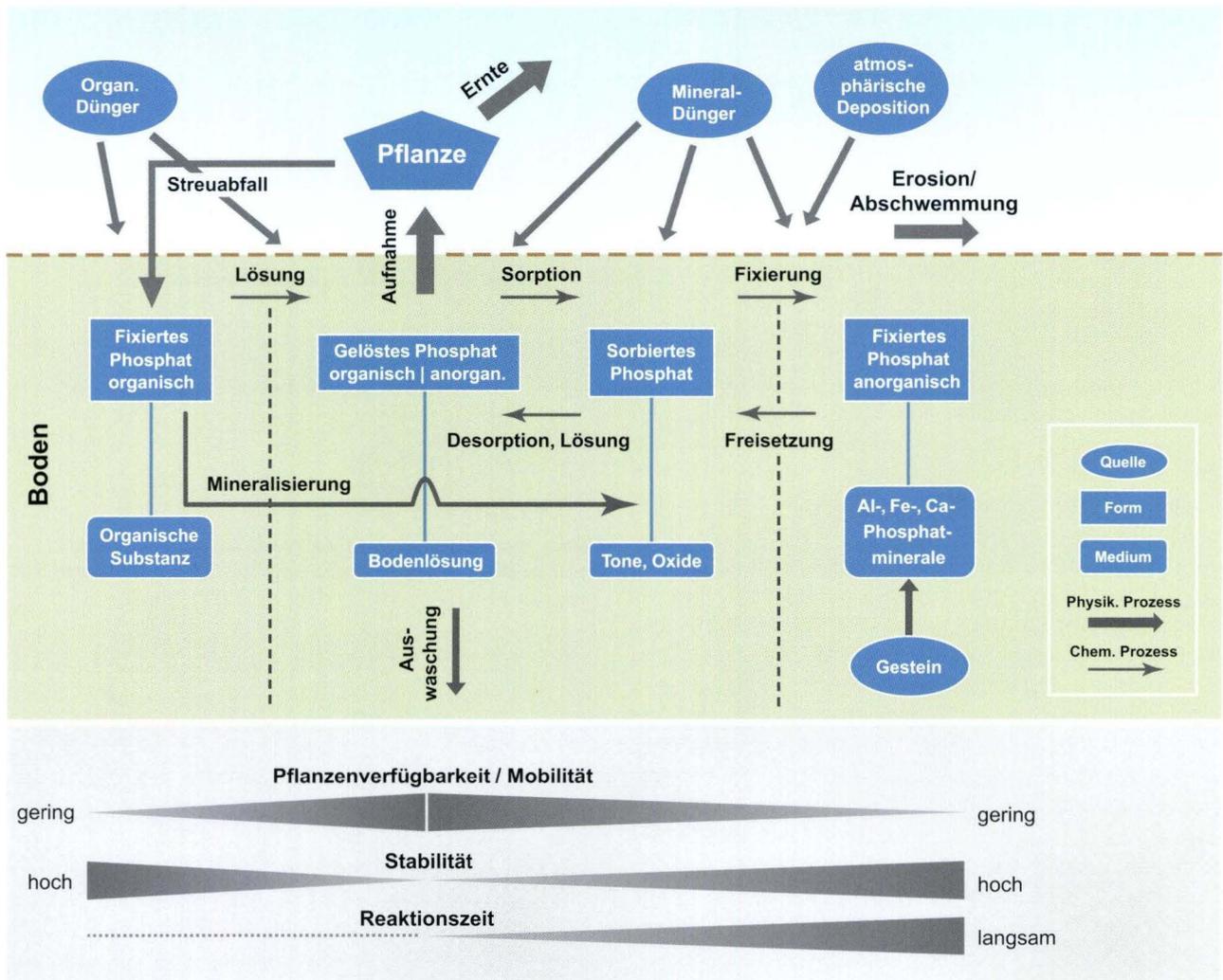


Abb. 1 Phosphatformen und Prozesse. Quelle: eigene Darstellung nach: SHARPLEY et al. (1993), SHARPLEY & REKOLAINEN (1997), BLUME et al. (2010).

### 3 Phosphorgehalte in den Böden Hessens

#### 3.1 Pflanzenverfügbare Phosphat-Gehalt ( $P_{CAL}$ -Gehalt) in ackerbaulich genutzten Oberböden

Der pflanzenverfügbare Phosphatgehalt ( $P_{CAL}$ -Gehalt) wird im Wesentlichen durch den Entzug der Pflanzen gesteuert. Über die Aufnahme durch Pflanzenwurzeln wird der Gehalt verringert. Dabei steuert die Pflanzenart mit ihrem spezifischen P-Bedarf das Ausmaß des Entzuges aus dem Boden. Beispielsweise ist bei Hackfrüchten ein höherer Phosphatentzug zu beobachten als bei Getreide (KERSCHBERGER et al. 1997: 7).

Die Bodenart steuert über die Wasserdurchlässigkeit und die spezifische Oberfläche die Sorption des Phosphates. Analog zum  $P_{ges}$ -Gehalt sind unter natürlichen Bedingungen auf tonigeren Standorten höhere pflanzenverfügbare Phosphatgehalte zu erwarten als auf sandigeren (MOORE et al. 1993: 448). Weitere wichtige Einflussfaktoren sind die organische Substanz und der pH-Wert. Das Maximum pflanzenverfügbaren

Phosphates ist bei pH-Werten von 5,5 bis 6,5 zu erwarten. Der pH-Wert regelt somit entscheidend die Pflanzenverfügbarkeit und auch die Löslichkeit des Phosphates (BLUME et al. 2010: 146).

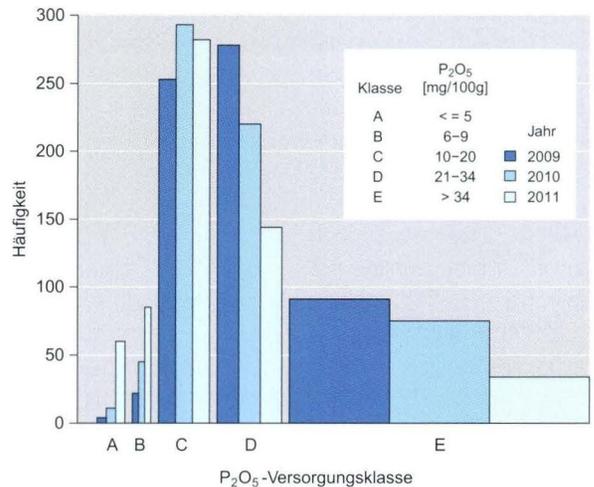
Reliefaktoren sind ebenfalls bedeutsam, da durch reliefinduzierte Landschaftsprozesse eine differenzierte Verteilung zu erwarten ist. Bei stärkeren Hangneigungen konnten MOORE et al. (1993: 448f) signifikant niedrigere Phosphatmengen nachweisen. Bei komplexen, sekundären Reliefaktoren wird in der gleichen Studie von einer Zunahme des Phosphates mit einer Zunahme des Wetness-Index (TWI) berichtet, der Aufschluss über die räumliche Verteilung lateraler bodenhydrologischer Prozesse und damit auch der Phosphatdynamik gibt.

### Datengrundlagen

Im Rahmen der Besonderen Ernteterminnung (BEE) wird jährlich auf ca. 700 Ackerschlägen in Hessen neben der Erhebung des Ertrags auch eine Bodenbeprobung durchgeführt (LLH 2010). Die Untersuchungsstandorte wechseln jedes Jahr. Beprobte werden ausschließlich Standorte mit den Fruchtarten Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste und Wintertraps. Jährlich wechselnd kommt Wintertriticale, Hafer oder Sommergerste hinzu. Die Beprobung aus der Ackerkrume (Ap-Horizont) erfolgt kurz vor der Ernte an fünf Stellen auf einer Diagonalen über den Schlag. Aus diesen Einzelproben wird eine Mischprobe erstellt, um eine schlagrepräsentative Bewertung zu erhalten. Im Labor wird neben anderen Pflanzennährstoffen auch pflanzenverfügbares Phosphat (als  $P_2O_5$  in mg/100g TS) bestimmt. Dies erfolgt mit dem CAL-Extraktionsverfahren (vgl. SCHÜLLER 1969: 52). Die Bodenproben repräsentieren somit den pflanzenverfügbaren P-Status zum Erntezeitpunkt. Zusätzlich werden in den Datensätzen auch Informationen zum pH-Wert der Proben und eine grobe Einteilung der Bodentextur bereitgestellt. Für die vorliegende Auswertung standen Datensätze der Jahre 2009 bis 2011 mit 1953 verwendbaren Untersuchungsstandorten zur Verfügung.

### Ergebnisse zu $P_{CAL}$ -Gehalten in ackerbaulich genutzten Oberböden Hessens

Im gesamten Betrachtungszeitraum schwanken die  $P_{CAL}$ -Gehalte (ausgedrückt als  $P_2O_5$ ) in den beprobten Oberböden von 2,0 bis 121,0 mg  $P_2O_5$ /100g TS mit einem Median von 19,0 mg  $P_2O_5$ /100g TS und einem Mittelwert von 20,7 mg  $P_2O_5$ /100g TS. Die Darstellung in Abbildung 2 zeigt die  $P_{CAL}$ -Gehalte als Jahreshistogramme. Die Gruppierung erfolgte nach den Versorgungsklassen für  $P_2O_5_{CAL}$  des VDLUFA (vgl. KERSCHBERGER et al. 1997: 8). Die Versorgungsklassen (von A – sehr niedriger Gehalt bis E – sehr hoher Gehalt) gelten als Orientierung hinsichtlich einer Optimierung der Phosphatversorgung der Pflanze. Die Gehaltsklasse C (10–20 mg/100g TS) ist der anzustrebende Zustand. Die Zeitreihen von 2009–2011 zeigen deutlich, dass sich der Schwerpunkt bezüglich der Versorgungsklassen verlagert hat. Im Jahr 2009 lag der größte



**Abb. 2.** Histogramm der  $P_{CAL}$ -Gehalte in  $P_2O_5_{CAL}$ -Versorgungsklassen der Jahre 2009–2011. Die Breite der Säulen entspricht den Versorgungsklassenspannen. Datengrundlage: Besondere Ernteterminnung, BEE (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen).

**Tab. 1.** Statistische Kennwerte der  $P_{CAL}$ -Gehalte [mg  $P_2O_5$ /100g TS]. Datengrundlage: Besondere Ernteterminnung, BEE (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen).

Jahr	Median	Mittel	Min	Max	Std.	n
2009	22,0	23,8	4,0	95,0	11,64	657
2010	20,0	21,4	3,0	121,0	12,49	655
2011	14,0	16,5	2,0	99,0	11,00	641

Anteil der beprobten Schläge (42,3 %) in der Gehaltsklasse D. Im Jahr 2011 hingegen befand sich die Mehrheit der Werte in der anzustrebenden Klasse C (44,0 %). Zudem sind deutlich mehr Schläge als unterversorgt (Klasse A) eingestuft. Das Jahr 2010 bildet einen Übergang (vgl. Abb. 2 und Tab. 1).

Die Betrachtung der  $P_{CAL}$ -Gehalte in Bezug auf die Fruchtart zeigt ein indifferentes Bild. Ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Getreidesorten ist nicht erkennbar, wie in Abbildung 3 beispielhaft für das Jahr 2011 dargestellt. Die Mediane liegen auf einem ähnlichen Niveau und sind entsprechend mit dem Jahresmedian aus Tabelle 1 zu vergleichen.

Die Bodenart zeigt einen schwachen Einfluss auf den  $P_{CAL}$ -Gehalt (vgl. Abb. 4). Den BEE-Daten wurde jeweils die flächenmäßig bedeutendste Bodenart (Hauptbodenart) der Bodenschätzung auf dem beprobten Schlag zugeordnet. Auffällig ist vor allem der hohe  $P_{CAL}$ -Gehalt bei sandigen Böden. Besonders ersichtlich ist dies am Datensatz des Jahres 2009. Im Vergleich dazu zeigen die lehmigeren und tonigeren Bodenarten niedrigere Gehalte. Das Ergebnis für die Bodenart Ton ist auf Grund des sehr geringen Stichprobenumfangs nicht ausreichend abgesichert. Innerhalb der Bodenarten ist die Streuung

der  $P_{CAL}$ -Gehalte groß. Speziell bei den lehmigen Bodenarten ist diese Streuung besonders ausgeprägt. Eine Rangkorrelationsanalyse, die mit einer Dummy-Variable für den Parameter Bodenart durchgeführt wurde, ergibt einen äußerst schwachen negativen Zusammenhang mit  $\rho < -0,2$ . Mit einer Zunahme der abschwemmbareren Teilchen ist somit eine schwache Abnahme des  $P_{CAL}$ -Gehaltes verbunden. Eine Filterung auf Beprobungsflächen mit homogenen Bodenarten auf einem Ackerschlag brachte vergleichbare Ergebnisse.

Eine Betrachtung der pH-Werte in Bezug auf die Bodenart ergab, dass die lehmigen und tonigen Böden pH-Werte von  $> 6,5$  aufweisen. Die sandigeren Böden hingegen haben mittlere pH-Werte von  $6,0-6,5$ . Dies deutet darauf hin, dass auf lehmigen und tonigen Standorten das Phosphat als Ca-Phosphat gebunden und somit weniger pflanzenverfügbar ist. Die sandigeren Standorte liegen hinsichtlich der pH-abhängigen Pflanzenverfügbarkeit im optimalen Bereich. Somit ließen sich die höheren Gehalte erklären.

Bei der Gegenüberstellung von  $P_{CAL}$ -Gehalten und pH-Werten zeigt sich eine sehr schwache Zunahme des P-Gehaltes mit dem pH-Wert. Die absolut höchsten Messwerte treten in allen Jahren im neutralen bis basischen Bereich,  $pH \geq 7,0$ , auf. Dieser schwache Zusammenhang ist tendenziell bewirtschaftungsbedingt.

Der BEE-Datenbestand ermöglichte auch einen Vergleich nach Bewirtschaftungsart und Bodenbearbeitung. Die Bewirtschaftungsart (konventionell oder ökologisch) hat einen geringen Einfluss auf den  $P_{CAL}$ -Gehalt. Die höchsten Werte sind auf Schlägen mit konventioneller Bewirtschaftung zu finden. Der Unterschied ist für das Jahr 2010 signifikant. Hinsichtlich konventioneller oder konservierender Bodenbearbeitung zeigen sich keinerlei Gehaltsunterschiede im Datenbestand.

Der von MOORE et al. (1993: 448f) postulierte Zusammenhang mit dem Bodenfeuchteindex (TWI) kann in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden.  $P_{CAL}$ -Gehalt und TWI sind danach unabhängige Größen.

Grundsätzlich lassen sich keine standortspezifischen oder systematischen Regionalisierungen des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes über die hier betrachteten Boden- und Standorteigenschaften feststellen. Für Teilregionen sind aber in Karte 1 (siehe S. 80) räumliche Cluster des P-Status ersichtlich. Deutlich zeigt sich, dass die Phosphatgehalte im hessischen Ried und der nördlichen und östlichen Umgebung des Oden-

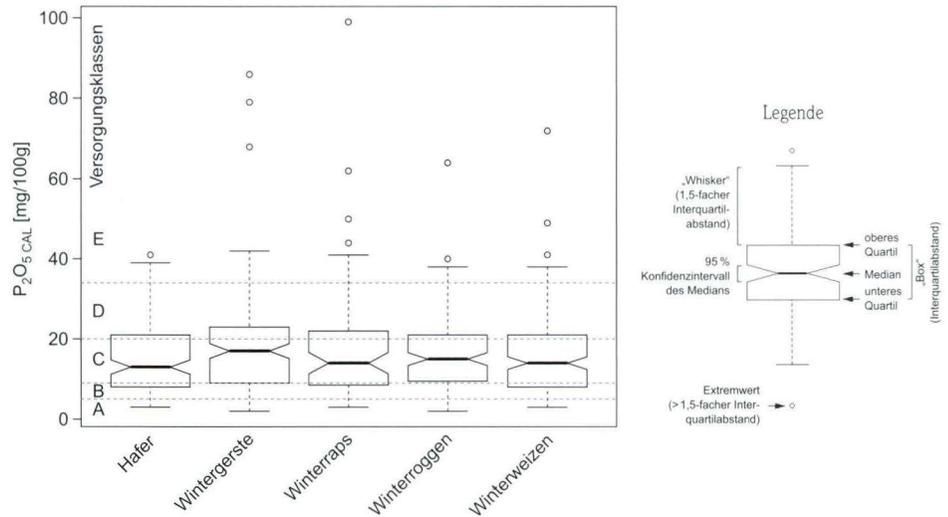


Abb. 3. Boxplot der  $P_{CAL}$ -Gehalte in Abhängigkeit der Fruchtart (Jahr 2011). Datengrundlage: Besondere Ernteterminung, BEE (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen).

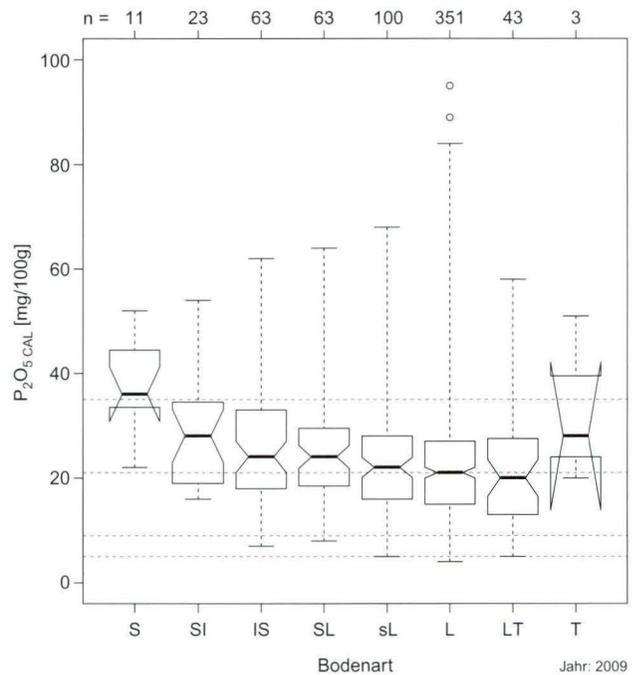
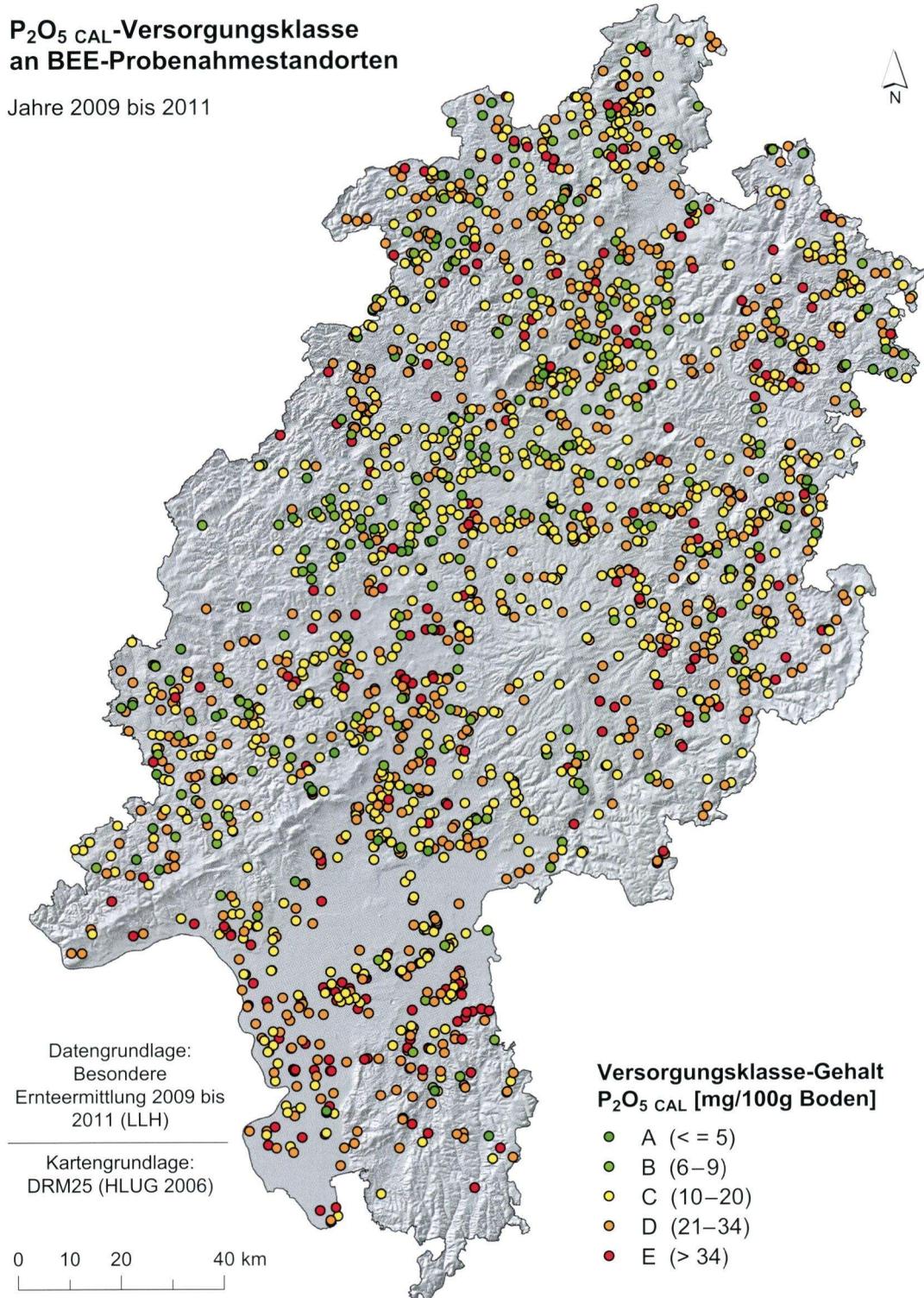


Abb. 4.  $P_{CAL}$ -Gehalte in Abhängigkeit der Bodenart (2009). Datengrundlage: Besondere Ernteterminung, BEE (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen).

waldes vergleichsweise hoch sind. Kleine räumliche Gebiete zeigen tendenziell eine Unterversorgung auf. Dies findet sich insbesondere im Rheinischen Schiefergebirge und besonders nördlich der Lahn. Die Gehaltsunterschiede sind mit großer Wahrscheinlichkeit durch die unterschiedliche Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung und die regionalen Fruchtfolgen bedingt. Eine systematische, regionale Gliederung der  $P_{CAL}$ -Gehalte kann nicht erstellt werden.

## $P_2O_5$ CAL-Versorgungsklasse an BEE-Probenahmestandorten

Jahre 2009 bis 2011



**Karte 1.**  $P_{CAL}$ -Gehalte auf beprobten Schlägen (Jahre 2009 bis 2011). Die gezeigten Gehalte der BEE-Beprobung sind nach  $P_2O_5$  CAL-Versorgungsklasse klassifiziert (n = 1953). Datengrundlage: Besondere Ernteermittlung, BEE (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen).

### 3.2 Gesamtphosphor-Gehalt ( $P_{ges}$ -Gehalt)

Der Gehalt von  $P_{ges}$  in Böden ist im Vergleich zu den durch Düngeroptimierung gesteuerten  $P_{CAL}$ -Gehalten räumlich sehr variabel. Er wird von mehreren natürlichen und anthropogenen Standortfaktoren beeinflusst und gesteuert. Solche Faktoren können grundsätzlich dazu dienen den  $P_{ges}$ -Gehalt in Böden abzuleiten und somit eine flächendeckende Differenzierung des potenziellen P-Status abzubilden.

Von anthropogenen Einträgen abgesehen, ist der  $P_{ges}$ -Gehalt maßgeblich vom Anteil phosphorhaltiger Minerale im Bodenausgangsgestein abhängig. Da Böden in einer Mittelgebirgslandschaft häufig aus quartären Sedimenten wie Solifluktsdecken, Auenablagerungen oder Kolluvien gebildet wurden, kommt dem Bodenausgangssubstrat als Einflussfaktor eine entscheidende Bedeutung zu. Bodengenetische Entwicklungen verändern weiterhin den Stoffbestand und sind selbst häufig wiederum von spezifischen Substrateigenschaften abhängig. Somit ist das Bodenausgangssubstrat nicht allein hinsichtlich des Mineralbestandes bedeutsam, sondern charakterisiert auch die für den Phosphorbestand wichtigen Bodeneigenschaften wie Bodenart, Acidität, Kationenaustauschkapazität und Transport- bzw. Verlagerungsprozesse innerhalb des Bodens.

Die Eigenschaften Bodenart (v.a. Tongehalt), Humusgehalt und Ausstattung mit Eisen, Aluminium und Calciumcarbonat beeinflussen den  $P_{ges}$ -Gehalt durch ihr Sorptions- und Fixierungspotenzial, wie in Abschnitt 2 angedeutet (SCHACHTSCHABEL & HEINEMANN 1965: 6f, QUINTON et al. 2001: 540, HALBFASS & GRUNEWALD 2003: 199, BLUME et al. 2010: 418). Somit ist ein Zusammenhang dieser Faktoren mit der Ausstattung an  $P_{ges}$  zu erwarten.

Weitere Einflüsse werden topographischen Aspekten zugeschrieben. So beschreiben HALBFASS & GRUNEWALD (2003) einen Zusammenhang des  $P_{ges}$ -Gehaltes mit der Reliefposition. In Hangfuß- und Tiefenbereichen ist durch Sedimentation von erodiertem Material ein höherer P-Gehalt im Oberboden festzustellen als in erosionsanfälligen Mittelhangbereichen. Des Weiteren wurde in exponierten Landschaftsbereichen ein erhöhter Gehalt festgestellt. Erklärt wird diese Differenzierung, die auch DUTTMANN (1999) aufzeigt, mit dem selektiven Erosionsprozess, bei dem vorwiegend phosphatreiches Feinmaterial transportiert wird.

#### Datengrundlagen

Die Datengrundlagen zur Beschreibung von  $P_{ges}$  basieren im Schwerpunkt auf Laboruntersuchungen von Bodenproben, die im Rahmen von bodenkundlichen Profilaufnahmen zu unterschiedlichen Projekten durchgeführt wurden. Profilaufnahmen und Labordaten sind im hessischen Bodenzustandskataster (BZK) eingepflegt, das sich zur Datenverwaltung dem Datenbankinstrument Bodenformenarchiv (BOFA) bedient (SCHMANKE & FRIEDRICH, 2002). Die Ablage der Daten in BOFA erfolgt nach dem Erfassungsstandard Boden/Bodenschutz

Hessen (FRIEDRICH et al., 2003), der sich an der Bodenkundlichen Kartieranleitung 4. Auflage (KA4) orientiert.

Aus diesem Bestandsdatensatz wurden zunächst alle Profile ausgewählt, bei denen Analyseergebnisse für Phosphor als  $P_{ges}$  oder  $P_2O_{5ges}$  vorliegen. Diese insgesamt 1 258 Profile mit 6 703 Einzelproben wurden anschließend in einem Aufbereitungsprozess bereinigt. Die Aufbereitung umfasste zunächst eine Auswahl der Proben mit vergleichbarer Labormethodik. Für die Auswertung wurden an der Oberfläche anstehende Ah- oder Ap-Horizonte verwendet (Oberboden). Für eine Betrachtung des gesteinsnahen Unterbodens dienten die untersten Horizonte mit dem Hauptsymbol C. Auswertbar waren danach 719 Profile (331 Acker-, 187 Forst- und 201 Grünlandstandorte).

Für die Analyse fanden folgende Parameter Verwendung:

**Gesamt-Phosphor ( $P_{ges}$ ):** gesamter im Boden enthaltener Phosphor (Königswasser-Extrakt; Die Analyse erfolgte nach DIN 38405 D11-4 oder DIN EN ISO 11885)

**Gesamt-Phosphat ( $P_2O_{5ges}$ ):** gesamter im Boden enthaltener Phosphor, ausgedrückt als  $P_2O_{5ges}$  (Umrechnung:  $P_2O_{5ges} * 0,4364 = P_{ges}$ ) (Analyse photometrisch nach HF/HClO<sub>4</sub>-Druckaufschluss; Riley1958a oder Shapiro1956)

**Gesamt-Aluminium- und Gesamt-Eisengehalt:** gesamter Königswasser-extrahierbarer Aluminiumgehalt und Eisengehalt im Boden (Analyse nach DIN 38406 und DIN EN ISO 11885)

**CaCO<sub>3</sub>-Gehalt:** prozentualer Calciumcarbonatgehalt des Bodens (Analyse nach DIN 18129, DIN 19684-5 oder DIN ISO 10693)

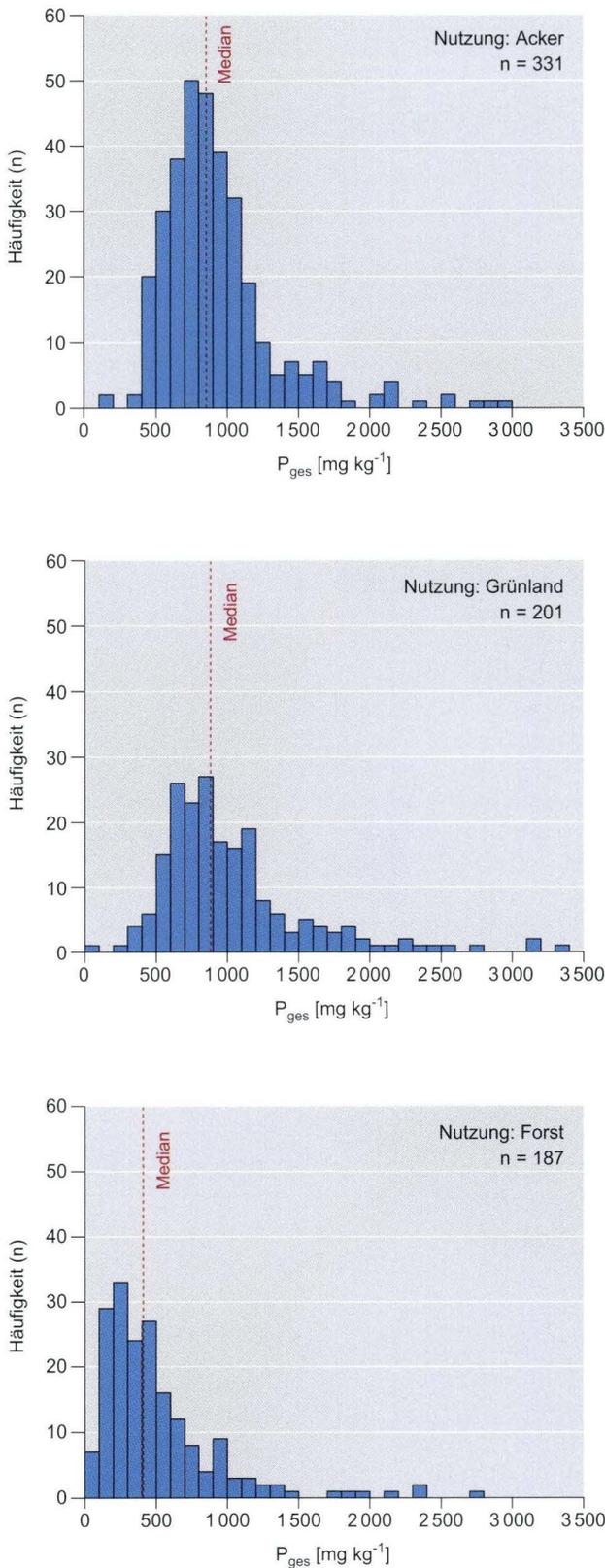
**Tongehalt:** prozentualer Tongehalt am Feinboden (Analyse nach DIN 19683-1,2,3)

**potenzielle Kationenaustauschkapazität:** Summe der negativen Ladungen bei einem pH-Wert von 7–7,5 (BLUME et al., 2010: 141), beschreibt das Sorptionsvermögen durch Humus- und Tongehalt (Analyse nach DIN 19684-8)

**Humusgehalt:** prozentualer Anteil der organischen Substanz (Analyse nach DIN 19684-2 oder berechnet aus  $C_{org}$  s.u.)

**$C_{org}$ :** prozentualer, organischer Kohlenstoffgehalt (Analyse nach DIN 19684-2 oder DIN ISO 10694); aus  $C_{org}$  kann der Humusgehalt abgeschätzt werden ( $Humus = C_{org} * 1,72$ ) (AD-HOC-AG BODEN 2005: 111)

Für eine räumliche und substratsystematische Zuordnung von potenziellen  $P_{ges}$ -Gehalten wurde analog der räumlichen Zuordnung von Hintergrundwerten von Spurenstoffen in hessischen Böden nach FRIEDRICH et al. (2011) eine substratspezifische Aggregation der Bodenflächendaten 1 : 50 000 (BFD50) verwendet.



**Abb. 5.** Histogramme der P<sub>ges</sub>-Oberbodengehalte auf Acker-, Grünland- und Forststandorten. Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

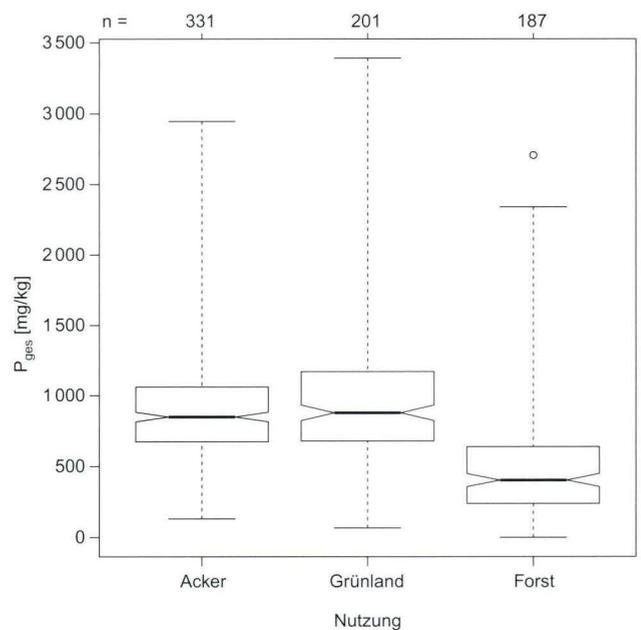
### Ergebnisse zu P<sub>ges</sub>-Gehalten in Oberböden Hessens

Die Gesamtposphorgehalte in Oberböden (Ah-, Ap-Horizonte) in Hessen variieren von < Bestimmungsgrenze (Waldprofil auf Flugsand) bis maximal 3 390,0 mg P/kg TS (Grünlandprofil auf vulkanischem Substrat). Der Median beträgt 785,5 mg/kg TS, der Mittelwert 849,8 mg/kg TS.

Aufgrund der anthropogenen Überprägung muss eine weitere Betrachtung der P<sub>ges</sub>-Gehalte unbedingt nutzungs-spezifisch erfolgen. Die Abbildungen 5, 6 und Tabelle 2 geben hierzu einen Überblick der Verteilung der Phosphorgehalte auf Acker-, Grünland- und Forststandorten. Auffällig sind die deutlichen mittleren Gehaltsunterschiede zwischen Forstnutzung sowie den landwirtschaftlichen Nutzungen Acker und Grünland. Die Mediane des P<sub>ges</sub>-Gehaltes betragen auf Acker- und Grünlandstandorten 848,0 mg/kg TS bzw. 877,0 mg/kg TS, während der Median auf Forststandorten bei 402,8 mg/kg TS liegt.

Basierend auf den theoretischen Grundlagen war zu erwarten, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen P<sub>ges</sub> und den Bodenparametern gibt, die Sorption und Fixierung des Phosphors beeinflussen. Die Scatterplots in Abbildung 7 zeigen den Zusammenhang mit den wichtigsten Bodenparametern auf.

Der Vergleich der P<sub>ges</sub>- mit den Aluminium- und Eisengehalten auf Ackerstandorten zeigt einen tendenziellen, positiven Zusammenhang. Die Rangkorrelationsanalyse ergibt  $\rho = 0,5493$  für KW-extrahiertes Aluminium und  $\rho = 0,5960$  für den Eisengehalt (beide hoch signifikant:  $p < 0,001$ ). Ähn-



**Abb. 6.** Boxplot der P<sub>ges</sub>-Oberbodengehalte in Abhängigkeit der Nutzung. Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

liches gilt für den Parameter Humus. Hier ist ebenfalls ein positiver Zusammenhang zu erkennen mit  $\rho = 0,5666$  ( $p < 0,001$ ).

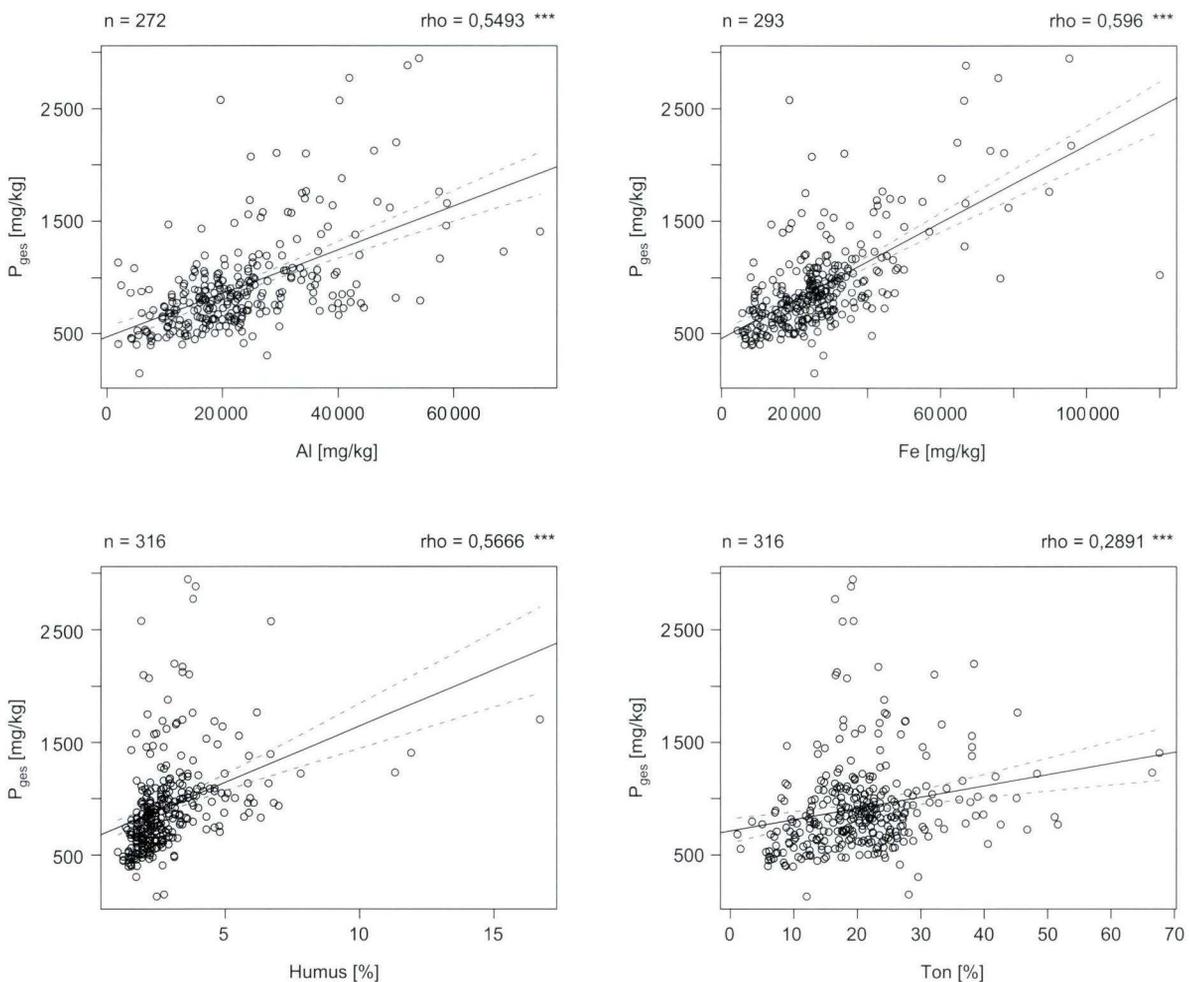
Bei den Datensätzen ist entgegen der Erwartung nur ein geringer Zusammenhang von Tongehalt und  $P_{ges}$  festzustellen. Die Punktwolke des Scatterplots zeigt jedoch schon an, dass hier unterschiedliche Cluster mit geringem und starkem Anstieg des  $P_{ges}$ -Gehaltes bei steigendem Tonanteil vorliegen. Das Probenspektrum umfasst hier Tone mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften von tertiären Mergeln, quartären Hochflutsedimenten bis hin zu tertiären und permischen Saprolithen aus unterschiedlichen Ausgangsgesteinen mit stark variierenden Apatitanteilen. Spezifische Tonmineraluntersuchungen liegen jedoch für eine weiterführende Betrachtung nicht vor. Jedoch kann hier die  $KAK_{pot}$  herangezogen werden, die die Sortitionseigenschaften unterschiedlicher Tonminerale indirekt erfasst.

**Tab. 2.** Statistische Kennwerte des  $P_{ges}$ -Oberbodengehaltes [mg P/kg TS] bei unterschiedlicher Flächennutzung.

Nutzung	Min	1. Quartil	Median	Mittel	3. Quartil	Max	Std	n
Acker	130,9	673,0	848,0	932,4	1062,0	2946,0	419,2	331
Grünland	67,2	678,7	877,0	1026,4	1172,0	3390,0	526,0	201
Forst	< BG	237,5	402,8	513,6	637,6	2705,7	441,0	187

Die  $KAK_{pot}$  ist positiv mit dem  $P_{ges}$ -Gehalt korreliert ( $\rho = 0,5256$ ,  $p < 0,001$ ). Deutlich wird der Charakter der potenziellen KAK als Summenparameter, wenn man die Zusammenhänge mit den anderen Parametern vergleicht. Die  $KAK_{pot}$  ist mit allen betrachteten Bodenparametern positiv korreliert.

Ein Zusammenhang von  $P_{ges}$ - und  $CaCO_3$ -Gehalten kann erwartungsgemäß nicht nachgewiesen werden. Ein Großteil der Bodenprofile ist entkalkt und weist somit kein Calcium-



**Abb. 7.** Zusammenhänge der  $P_{ges}$ -Oberbodengehalte auf Ackerstandorten mit anderen Bodenparametern. Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

carbonat auf. Auch eine Gegenüberstellung von carbonathaltigen und carbonatfreien Bodensubstraten lässt keinen Zusammenhang erkennen. Gleiches gilt für das Element Calcium.

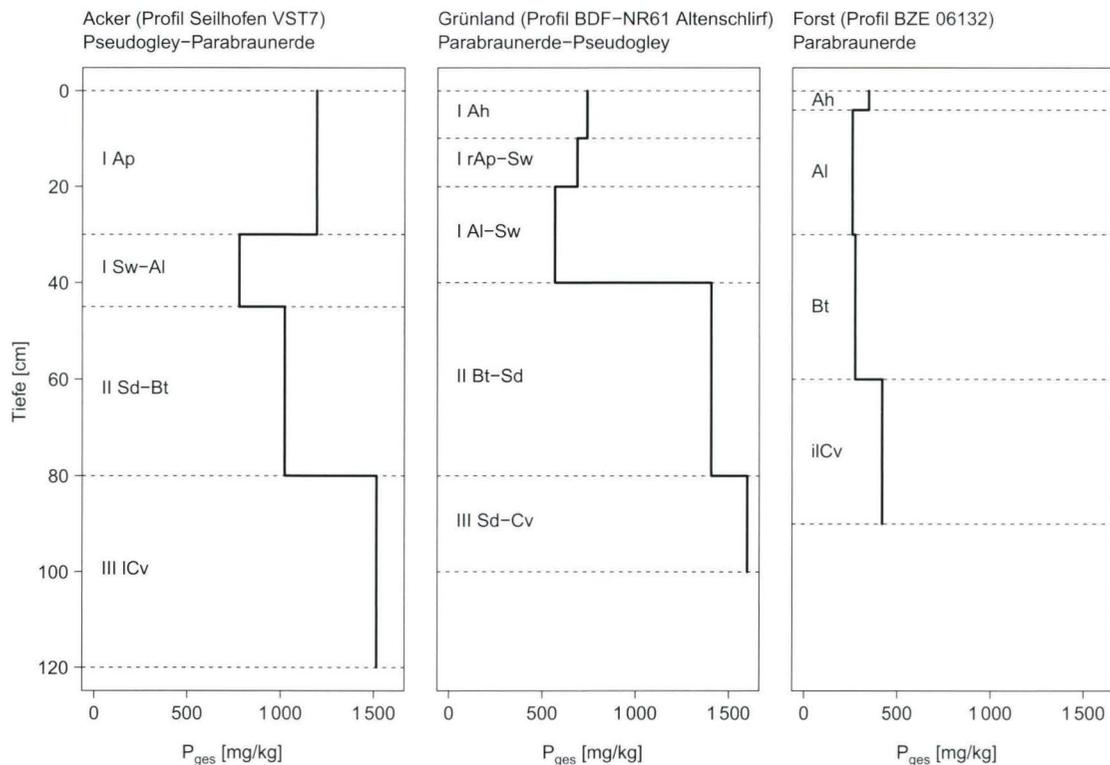
Auf Grünland- und Forststandorten sehen die Zusammenhänge von  $P_{ges}$  und den Bodenparametern vergleichbar aus (vgl. PECORONI 2013: 160f). Im Unterschied zu Ackerstandorten sind die Korrelationen bei Grünland allerdings schwächer. Aufgrund der geringeren anthropogenen Überprägung bei forstlicher Bodennutzung korrelieren die Aluminium- und Eisengehalte unter Wald deutlich stärker mit dem Phosphorgehalt. Die Korrelationskoeffizienten betragen  $\rho = 0,8038$  für Aluminium und  $\rho = 0,8114$  für Eisen (Signifikanz:  $p < 0,001$ ). Auch der Zusammenhang mit dem Tongehalt ist hier stärker ausgeprägt ( $\rho = 0,7611$ ;  $p < 0,001$ ), die Korrelation mit dem Humusgehalt dahingegen schwach.

Der  $P_{ges}$ -Gehalt in den Profilen verändert sich mit zunehmender Teufe. Die humosen Oberböden sind in der Regel deutlich reicher an  $P_{ges}$  als die Unterböden. Abhängig ist dies sehr wahrscheinlich vom Ausgangssubstrat (siehe unten). Wie in den Beispielprofilen der Abbildungen 8 und 9 deutlich wird, sind die Unterbodengehalte auf apatitreichen Vulkaniten höher als die Oberbodengehalte. Betrachtet man Standorte mit vergleichbarem, apatitarmem Ausgangssubstrat unter ver-

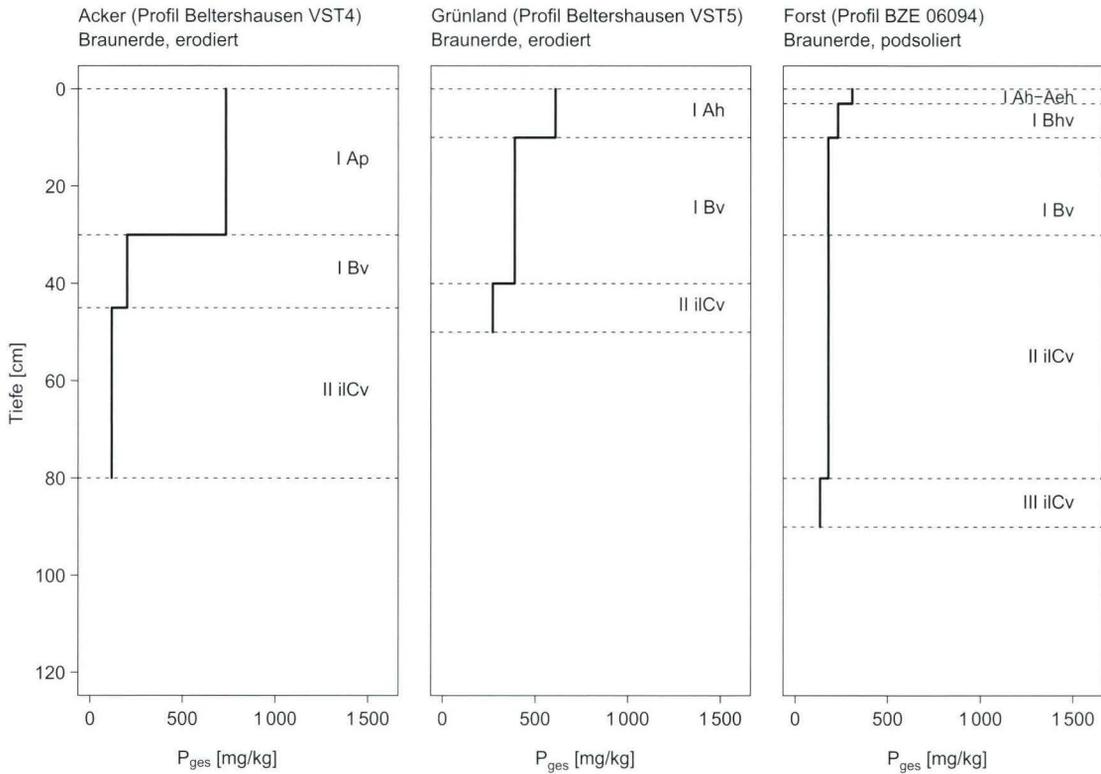
schiedener Nutzung, zeigen sich die anthropogen erhöhten  $P_{ges}$ -Gehalte im Oberboden vor allem auf gedüngten Acker- und Grünlandstandorten, wie in Abbildung 9 zu sehen.

Als weiterer Einflussfaktor auf den  $P_{ges}$ -Gehalt wurde die Rolle des Reliefs untersucht. Die Horizontbeschreibungen nach Erfassungsstandard Boden geben Aussage über die Lage des Profils im Relief und die Reliefform. Beide Auswertungen zeigen keine eindeutigen Ergebnisse, aber es sind einige Tendenzen erkennbar (vgl. Abb. 10). Bei der Lage im Relief zeichnen sich etwas niedrigere  $P_{ges}$ -Gehalte im Kulminations- und Sattelpbereich ab. Am Hangfuß und in Tiefenlagen kommen dagegen leicht erhöhte Gehalte vor. Im Verlauf des Hanges ergibt sich, dass der  $P_{ges}$ -Gehalt vom Oberhang zum Mittelhang abnimmt und zum Unterhang wiederum ein leichter Anstieg erkennbar ist. Dieser leichte Trend ist aber statistisch nicht signifikant. Die nach HALBFASS & GRUNEWALD (2003) zu erwarteten Unterschiede im  $P_{ges}$ -Gehalt durch die Reliefform können mit der vorliegenden Auswertung nicht grundsätzlich nachvollzogen werden.

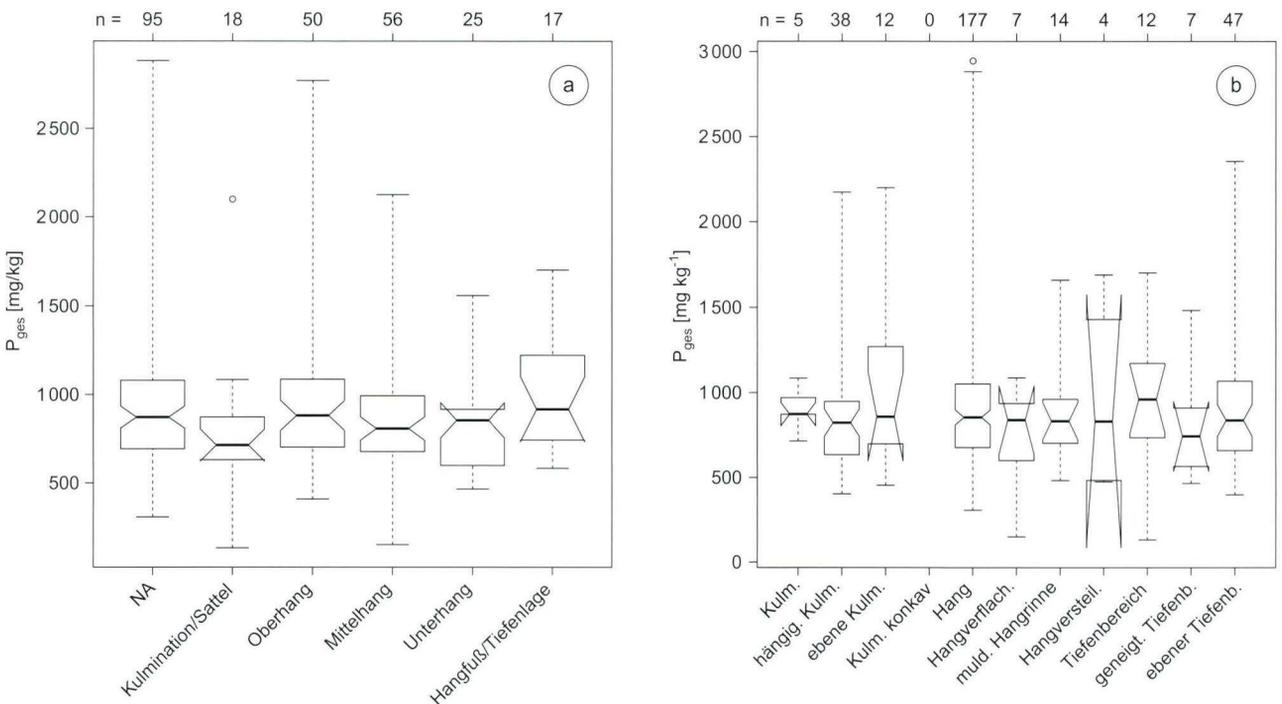
Dieses indifferente Ergebnis ist jedoch nicht unerwartet. Bei der Betrachtung von  $P_{ges}$  spielt die mineralogische Substratzusammensetzung eine wesentliche Rolle. Untersucht man regional vergleichbare Catenen, so lassen sich Zusammenhänge



**Abb. 8.**  $P_{ges}$ -Gehalt in ausgewählten Profilen auf lössreichem, vulkanischen Ausgangssubstrat (Soliflutionsdecken). Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.



**Abb. 9.**  $P_{ges}$ -Gehalt in ausgewählten Profilen auf lössreichem, psephitischem Ausgangssubstrat (Soliflutionsdecken, mittlerer Bundsandstein). Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

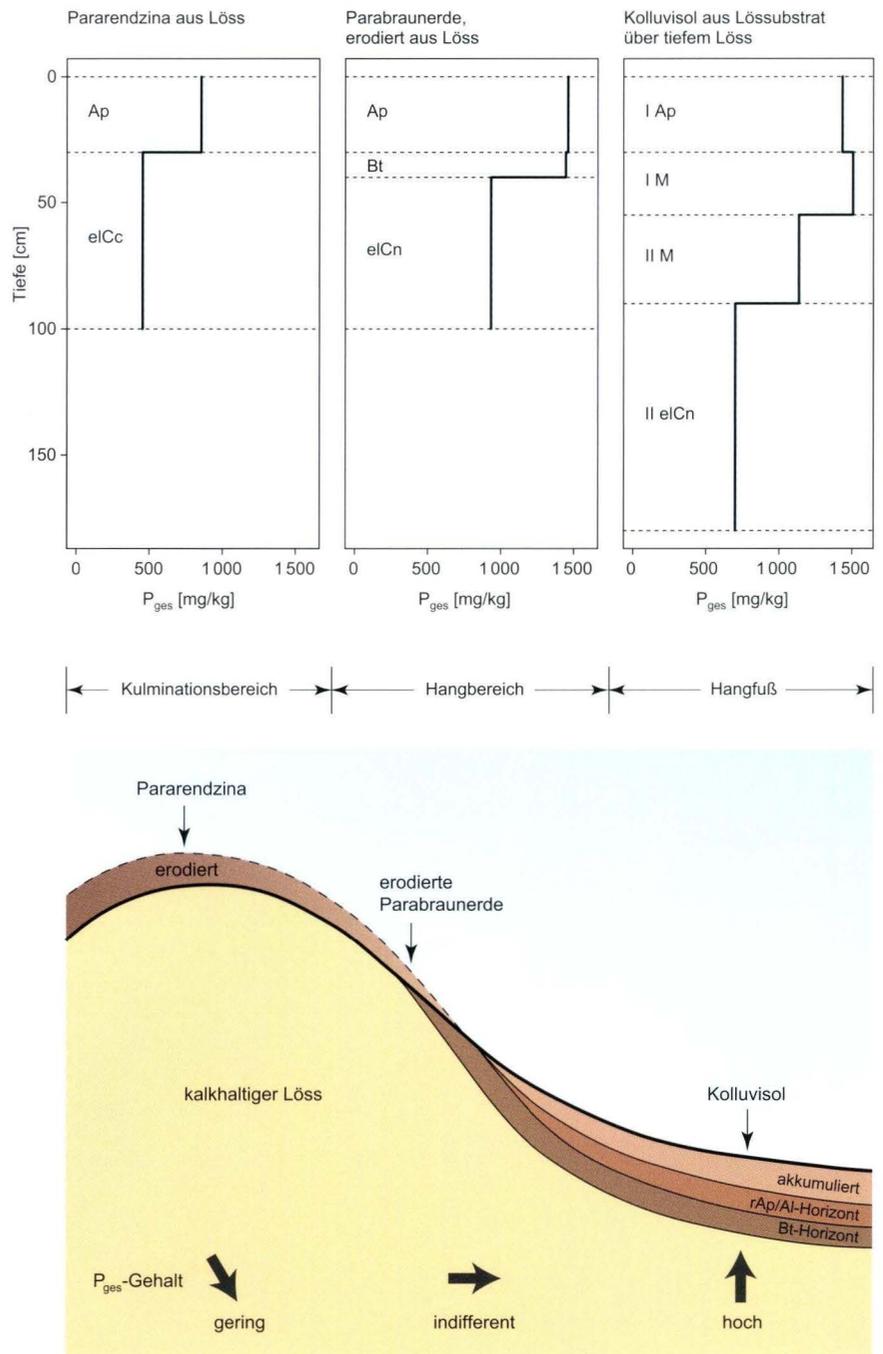


**Abb. 10.**  $P_{ges}$ -Gehalt von Ackerstandorten in Abhängigkeit der Lage im Relief (a) und des Reliefformtyps (b). NA = keine Zuweisung der Reliefhöhe. Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

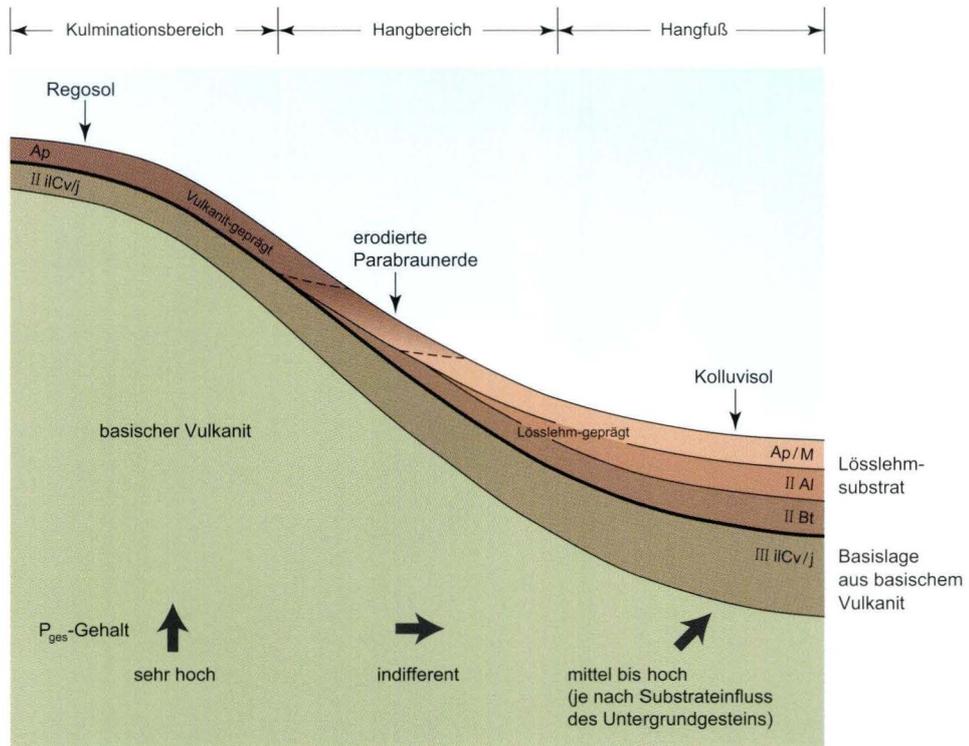
zur Reliefposition direkt herausarbeiten. Im vorliegenden Datenpool sind aber sehr unterschiedliche Substratgruppen unabhängig des räumlichen Zusammenhangs und ohne Catenenbezug untersucht worden. In einer Löss-Catena mit Pararendzina am Oberhang, erodierter Parabraunerde am Mittelhang und Kolluvisol im Bereich des Unterhangs ist grundsätzlich ein Ansteigen der Gehalte zum Unterhang hin festzustellen (vgl. Abb.11). Dies gilt insbesondere wenn man  $P_{CAL}$  oder  $P_{ges}$  für den gesamten durchwurzelbaren Bodenraum bilanziert. In Regionen z.B. mit basischen Vulkaniten hingegen kann sich dieser Zusammenhang umkehren. Ein Rigisol aus Basislage (basischer Vulkanit) zeigt aufgrund der hohen Apatitgehalte sehr hohe  $P_{ges}$ -Gehalte auf, die deutlich über den Gehalten der lösslehmbeeinflussten Standorte am Mittel- und Unterhang liegen (vgl. Abb. 12). Der Einfluss des Lösslehms bedingt hier eine stoffliche „Verdünnung“ der  $P_{ges}$ -Gehalte des Untergrundgesteins. Dieses aus Untersuchungen der Schwermetallgehalte in Soliflukationsdecken bekannte Phänomen (vgl. HINDEL et al. 1998, FRIEDRICH et al. 2011) lässt sich so auch grundsätzlich auf die räumliche Verteilung von  $P_{ges}$  übertragen.

Neben der anthropogenen Überprägung natürlicher  $P_{ges}$ -Gehalte durch Phosphatdüngung kommt somit dem Bodenausgangssubstrat eine entscheidende Bedeutung zu. Für eine räumliche Standortcharakterisierung von  $P_{ges}$ -Gehalten wurden analog zu FRIEDRICH et al. (2011) zunächst Substratgruppen gebildet und statistisch verglichen. Hinsichtlich der Beschreibung der Substratgruppen sei auf diese Arbeit verwiesen. Durch die Vielfältigkeit der Eingangsdaten aus Untersuchungen mit unterschiedlicher Zielsetzung, Fehlern bei der Substratbeschreibung (z.B. Angabe des Lössanteils) u.a. war grundsätzlich mit Unwägbarkeiten bei der Abgrenzung der Substratgruppen bezüglich der  $P_{ges}$ -Gehalte zu rechnen. Trotz dieser Unschärfen konnten aber grundsätzliche Gehaltstrends herausgearbeitet werden. Um eine regionalisierte Aussage der berechneten Phosphorkennwerte

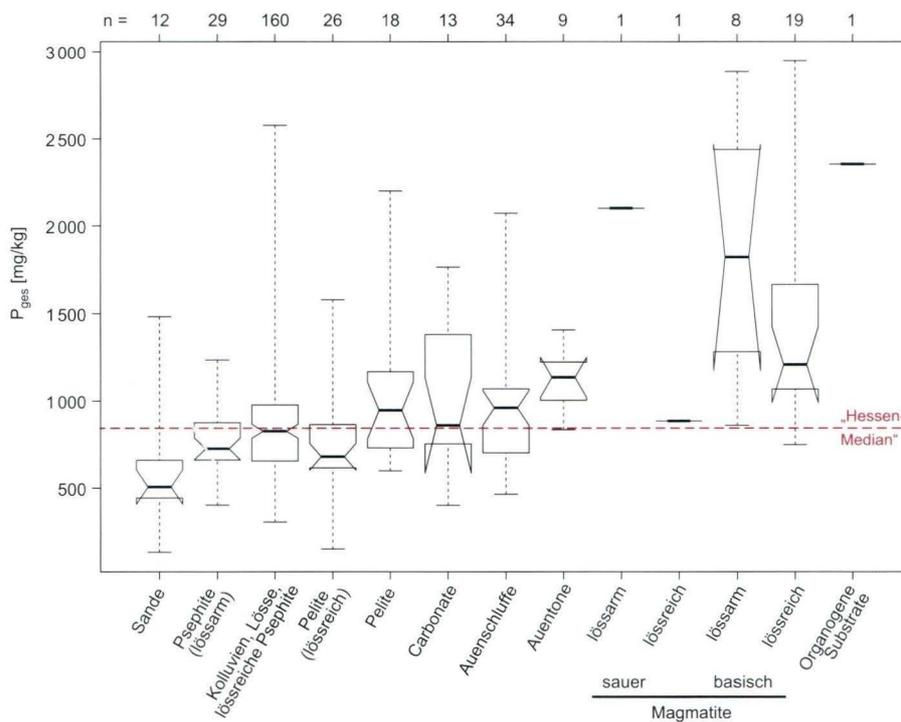
auf Ackerland zu erreichen, wurde eine Aggregation der sehr differenzierten Substratgruppen vorgenommen. Das Ergebnis für  $P_{ges}$ -Gehalte in Oberböden auf Ackerstandorten ist in Abbildung 13 als Boxplot dargestellt. Die statistischen Kennwerte sind in Tabelle 3 aufgelistet.



**Abb. 11.** Bedeutung der oberflächennahen Bodensubstrate aufgrund der Substratgenese und Bodenerosion für die  $P_{ges}$ -Gehalte am Beispiel einer Löss-Catena. Datengrundlage der Profile: BZK Hessen, Stand 9.2012.

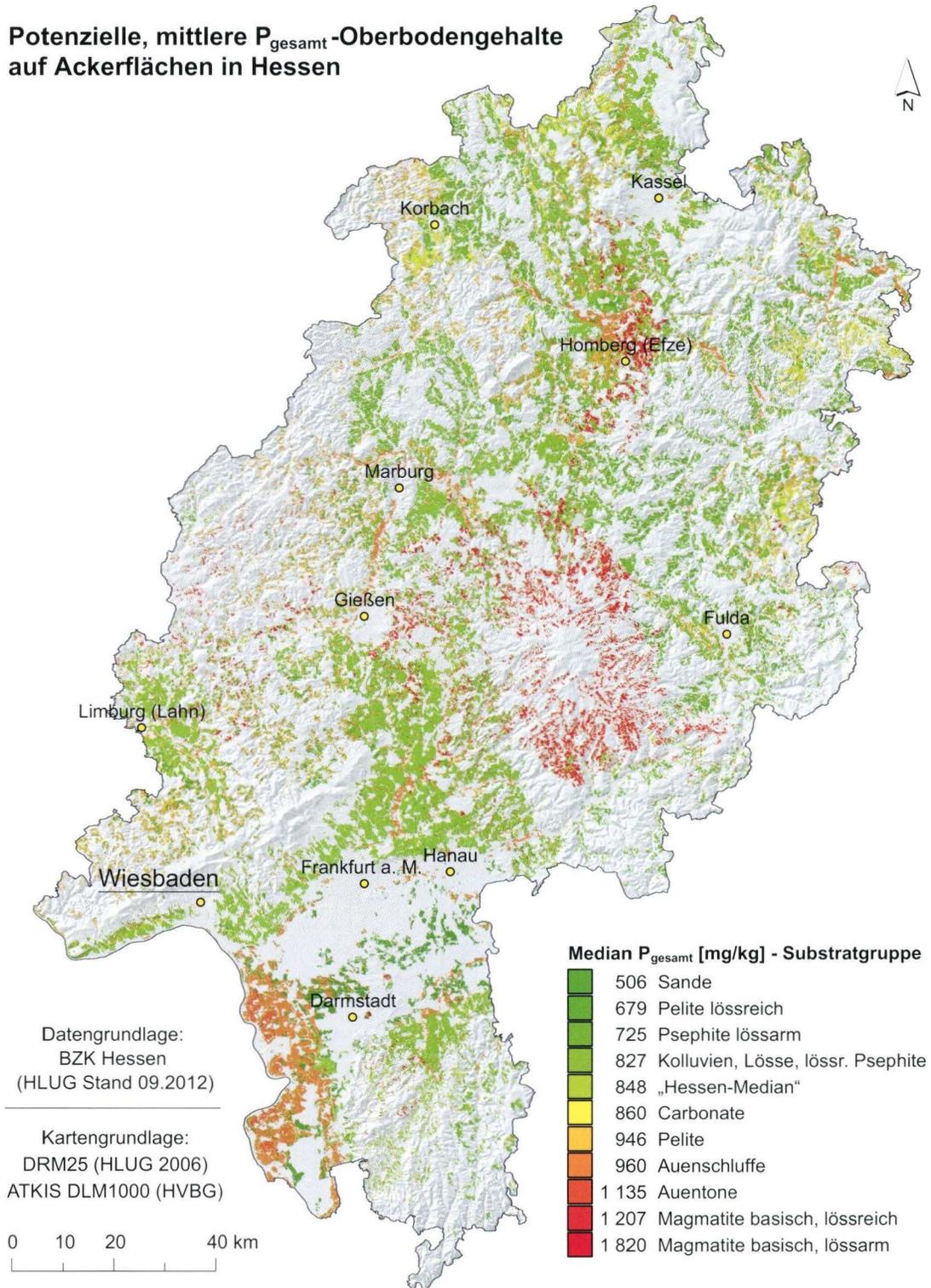


**Abb. 12.** Bedeutung der oberflächennahen Bodensubstrate aufgrund der Substratgenese und Bodenerosion für die  $P_{ges}$ -Gehalte am Beispiel einer Catena mit vulkanischem Substrat.



**Abb. 13.**  $P_{ges}$ -Oberbodengehalt in Abhängigkeit der aggregierten Substratgruppen (Nutzung: Acker). Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

## Potenzielle, mittlere $P_{\text{gesamt}}$ -Oberbodengehalte auf Ackerflächen in Hessen



**Karte 2.** Mittlere, potenzielle, substratabhängige  $P_{\text{gesamt}}$ -Oberbodengehalte auf Ackerstandorten. Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

**Tab. 3.** Statistische Kennwerte zum  $P_{ges}$ -Oberbodengehalt [mg P/kg TS] in Abhängigkeit der Substratgruppe (Nutzung: Acker).  
Datengrundlage: BZK Hessen, Stand 9.2012.

Substratgruppen	Min	1. Quartil	Median	Mittel	3. Quartil	Max	Std	n
Sande	130,9	448,8	506,0	613,2	647,8	1 482,4	359,8	12
Psephite (lössarm)	402,9	660,0	725,0	755,7	876,0	1 234,0	208,3	29
Kolluvien, Löss, lössreiche Psephite	306,0	654,6	826,8	866,9	976,5	2 577,0	313,9	160
Pelite (lössreich)	149,0	615,2	679,0	739,6	860,8	1 578,9	256,9	26
Pelite	598,0	742,2	945,9	1 022,4	1 141,8	2 200,0	387,3	18
Carbonate	402,0	753,5	860,0	1 023,9	1 380,0	1 764,5	452,5	13
Auenschluffe	465,0	718,8	960,1	950,1	1 064,7	2 072,0	328,6	34
Auentone	836,0	1 003,7	1 134,6	1 100,7	1 221,9	1 407,1	180,5	9
Magmatite (sauer, lössarm)	2 100,0	2 100,0	2 100,0	2 100,0	2 100,0	2 100,0	-	1*
Magmatite (sauer, lössreich)	885,0	885,0	885,0	885,0	885,0	885,0	-	1*
Magmatite (basisch, lössarm)	861,0	1 365,5	1 820,3	1 853,0	2 271,8	2 883,2	724,5	8
Magmatite (basisch, lössreich)	749,1	1 067,8	1 207,0	1 438,8	1 665,9	2 946,0	586,4	19
Organogene Substrate	2 354,0	2 354,0	2 354,0	2 354,0	2 354,0	2 354,0	-	1*

\* zu wenige Proben. Hier wurde der hessenweite Median von 848,0 mg/kg TS („Hessen-Median“) verwendet.

Böden aus sandigen Ausgangssubstraten, wie beispielsweise Flusssanden, Flugsanden und Auensanden, weisen mit einem Median von 506,0 mg/kg TS die geringsten mittleren  $P_{ges}$ -Gehalte auf. Kolluvien, Löss und lössreiche Psephite bilden eine große Gruppe, die einen mittleren Gehalt von 826,8 mg/kg TS haben. Böden aus Tongesteinen, Carbonaten, Auenschluffen und Auentonen zeigen tendenziell höhere  $P_{ges}$ -Gehalte als der „Hessen-Median“ von 848,0 mg/kg TS. Die höchsten mittleren  $P_{ges}$ -Gehalte treten bei basischem magmatischen Ausgangssubstrat auf. Hier ist je nach Lössbeimischung ein Median von 1207,0 mg/kg TS (lössreich) und 1820,3 mg/kg TS (lössarm) festzustellen. Die sauren Magmatite und organogenen Substrate können aufgrund der fehlenden Untersuchungsstandorte nicht bewertet werden.

Bemerkenswert ist der Effekt des Lösses, der bei pelitischen und magmatischen Ausgangssubstraten als Verdünnungs- und bei sandigeren Substraten als Anreicherungsfaktor auftritt. Der Median der  $P_{ges}$ -Gehalte von Lösslehmsubstraten liegt dabei knapp unterhalb des „Hessen-Medians“. Der hohe Anteil der beprobten Lösslehmsubstrate hat aber auch einen starken Einfluss auf den berechneten „Hessen-Median“.

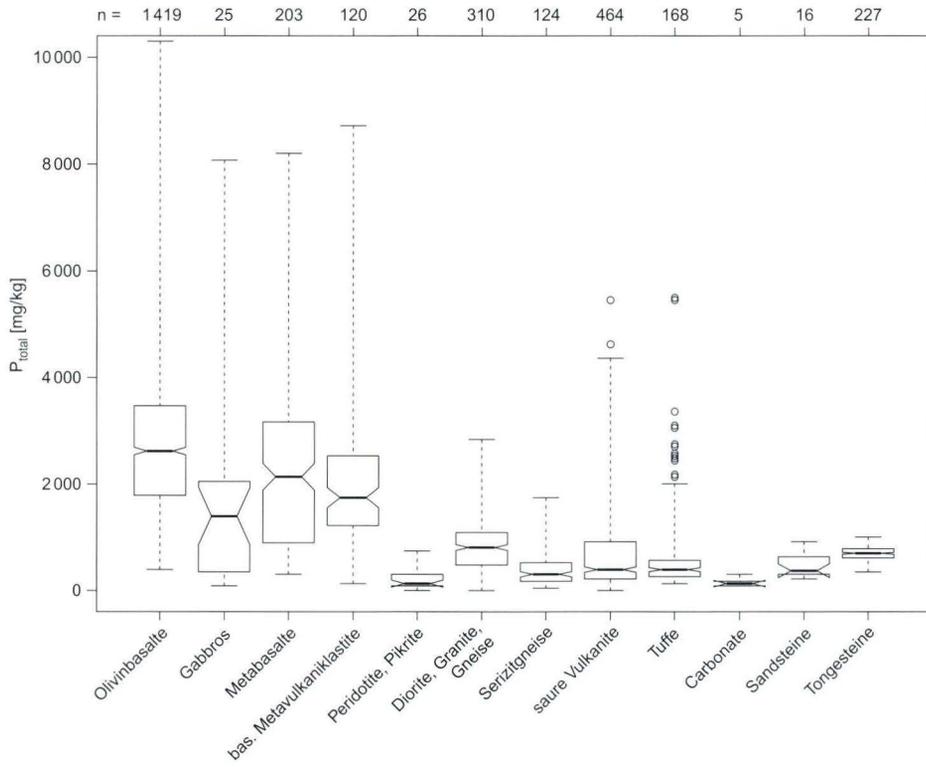
Auch wenn bei Grünland- und Forststandorten durch geringere Stichprobenumfänge die Aussagekraft stark eingeschränkt ist, können hier die gleichen Niveauunterschiede zwischen den Substratgruppen beobachtet werden. Bei forstlicher Nutzung liegen die Gehalte allerdings insgesamt niedriger.

Die Ergebnisse der substratbezogenen Auswertung flossen in Karte 2 ein, die potenzielle Oberbodengehalte für  $P_{ges}$  auf Ackerstandorten zeigt. Die in Tabelle 3 gekennzeichneten, unterrepräsentierten Gruppen bekamen dabei den hessenweiten Median von 848,0 mg/kg TS zugewiesen.

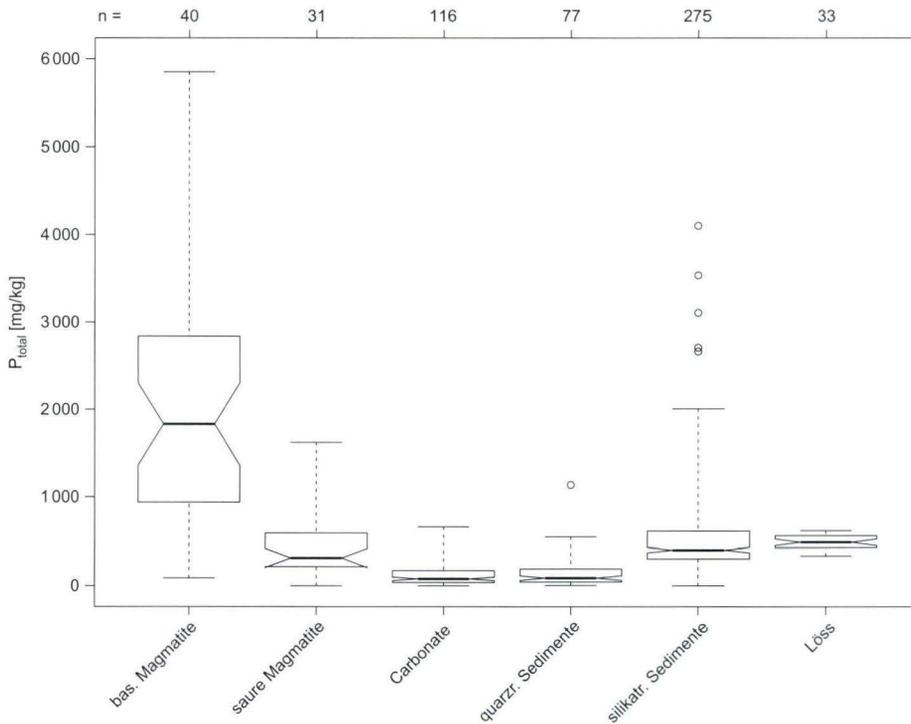
### Ergebnisse zu $P_{total}$ -Gehalten in Bodenausgangsgesteinen

Neben den bodenkundlichen Befunden wurden parallel die geochemischen Daten der Petrologischen Belegammlung des HLUg hinsichtlich der Phosphorgehalte ausgewertet. Zudem standen Ergebnisse aus der Untersuchung zur Karte „Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens“ von ROSENBERG & SABEL (1996) zur Verfügung. Die Daten aus beiden Quellen stellen Totalgehalte ( $P_{total}$ -Gehalt) dar, die mit Hilfe von RF-Analysen erhoben wurden. Ein direkter Vergleich mit den königswasserbestimmten  $P_{ges}$ -Gehalten des Bodens ist nicht möglich, allerdings sind  $P_{total}$ - und  $P_{ges}$ -Gehalte sehr eng korreliert. Der  $P_{ges}$ -Gehalt macht etwa 80–90 % des  $P_{total}$ -Gehaltes aus (HORNBERG & LÜER 1999: 731, BGR 2003: 157).

Die Abbildungen 14 und 15 sowie Tabellen 4 und 5 zeigen die Auswertungsergebnisse der  $P_{total}$ -Gehalte aus den geochemischen Gesteinsanalysen im Hinblick auf aggregierte Gesteinsgruppen. Erwartungsgemäß zeigt sich der auffälligste Unterschied zwischen den basischen und den sauren Gesteinen bzw. Sedimenten. Die basischen Magmatite liegen mit



**Abb. 14.**  $P_{\text{total}}$ -Gehalt von Gesteinsgruppen. Datengrundlage: Petrologische Belegsammlung Hessen (HLUG, Stand 12.2012).



**Abb. 15.**  $P_{\text{total}}$ -Gehalt von Gesteinsgruppen. Datengrundlage: Daten zur Karte „Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens“ von ROSENBERG & SABEL (1996).

**Tab. 4.** Statistische Kennwerte des  $P_{\text{total}}$ -Gehalts für Gesteinsgruppen. Datengrundlage: Petrologische Belegsammlung Hessen (HLUG, Stand 12.2012).

Gesteinsgruppe	Min	1. Quartil	Median	Mittel	3. Quartil	Max	Std	n
Olivinbasalte	392,8	1 789,2	2 618,4	2 716,0	3 469,4	10 299,0	1 247,9	1 419
Gabbros	87,3	349,1	1 396,5	1 555,3	2 051,1	8 073,4	1 674,6	25
Metabasalte	305,5	894,6	2 138,4	2 222,5	3 163,9	8 204,3	1 503,4	203
Bas. Metavulkaniklastite	130,9	1 221,9	1 745,6	2 217,6	2 531,1	12 873,8	1 962,6	120
Peridotite, Pikrite	0,0	87,3	130,9	188,0	294,6	741,9	176,6	26
Diorite, Granite, Gneise	0,0	491,0	807,3	840,1	1 091,0	2 836,6	479,0	310
Serizitgneise	43,6	174,6	305,5	379,7	523,7	1 745,6	274,0	124
saure Vulkanite	0,0	218,2	392,8	625,7	916,4	5 455,0	620,9	464
Tuffe	130,9	261,8	392,8	730,7	567,3	10 473,6	1 127,0	168
Carbonate	87,3	87,3	130,9	157,1	174,6	305,5	90,5	5
Sandsteine	218,2	305,5	370,9	474,6	578,2	916,4	229,8	16
Tongesteine	349,1	611,0	698,2	681,7	785,5	1 003,7	111,5	227

**Tab. 5.** Statistische Kennwerte des  $P_{\text{total}}$ -Gehalts für Gesteinsgruppen. Datengrundlage: ROSENBERG & SABEL 1996.

Gesteinsgruppe	Min	1. Quartil	Median	Mittel	3. Quartil	Max	Std	n
basische Magmatite	87,3	949,2	1 830,7	2 141,3	2 814,8	5 852,1	1 566,2	40
saure Magmatite	0,0	213,8	309,8	451,3	589,1	1 619,0	383,9	31
Carbonate	0,0	38,2	78,6	120,3	168,0	659,0	131,8	116
quarzreiche Sedimente	4,36	43,6	87,3	145,8	187,7	1 134,6	156,9	77
silikatreiche Sedimente	0,0	298,9	397,1	541,4	611,0	4 102,2	503,8	275
Löss	331,7	423,3	484,4	488,1	558,6	615,3	72,2	33

dem  $P_{\text{total}}$ -Gehalt im Median über 1 000 mg/kg TS, die Metabasalte sogar bei 2 138,4 mg/kg TS und die ultrabasischen Olivinbasalte bei 2 618,4 mg/kg TS. Die sauren Magmatite weisen mittlere  $P_{\text{total}}$ -Gehalte von 309,8 bis 392,8 mg/kg TS auf. Die Gruppe mit Graniten, Gneisen und Dioriten hat dagegen einen höheren  $P_{\text{total}}$ -Gehalt von 807,3 mg/kg TS. Saure Magmatite liegen auf einem Niveau mit den Sandsteinen aus der Petrologischen Belegsammlung. Die quarzreichen Gesteine (also Sandsteine, Sand, Quarzite) der Analysen von ROSENBERG & SABEL zeigen jedoch mit 87 mg/kg TS einen deutlich geringeren Gehalt an. Carbonatische Gesteine enthalten im Mittel mit 78,6 mg/kg TS am wenigsten Phosphor.

In Tabelle 6 ist eine Gegenüberstellung der  $P_{\text{total}}$ -Gehalte aus den beiden Quellen mit Literaturwerten vorgenommen. Die

meisten Gehalte nach Gesteinsart bewegen sich auf vergleichbarem Niveau. Die unterschiedlichen Datenpools zeigen aber auch zu Hessen abweichende Gehalte auf. Dies gilt vor allem für die Sedimentgesteine.

Ein Vergleich der geochemischen Gesteinsanalysen mit den Königswasseranalysen nach DIN 38414 oder DIN ISO 11466 der Oberbodengehalte zeigt einige Parallelen. Zunächst fällt auf, dass die Phosphorgehalte unter Ackernutzung deutlich höher liegen als im Ausgangsgestein. Beispielsweise geben die Gesteinsanalysen für Rohlöss einen mittleren Totalgehalt von 484,0 mg/kg TS an, hingegen liegt der Median der Oberbodengehalte bei 825,8 mg/kg TS. Sehr groß ist der Unterschied bei carbonatischem Gestein bzw. Substrat. Die relativen Gehaltsunterschiede sind aber in beiden Auswertungen vergleichbar.

**Tab. 6.** Statistische Kennwerte zu  $P_{\text{total}}$ -Gehalten [mg/kg TS] in Gesteinen – Vergleich mit Literaturwerten. Die beiden rechten Spalten zeigen die für die vorliegende Arbeit ausgewerteten und zugeordneten Gesteinsgruppen (Medianwerte) aus den Datenquellen des HLUG. Datengrundlage: [1] BLUME et al. 2010; [2] BLUME et al. 2011; [3] LfUG Sachsen 2000; [4] ROSENBERG & SABEL 1996; [5] Petrologische Sammlung Hessen (HLUG, Stand 12.2012).

Gesteinsgruppe	[1]	[2]	[3]		[4]	[5]
Granite	785,5	-	1 527,4		-	807,3
Granodiorite	916,4	-	-		-	-
Gabbros	1 047,4	-	-		-	1 396,5
Peridotite	218,2	-	-		-	130,9
Rhyolithe	305,9	-	-		309,8	392,8
Andesite	1 221,9	-	-		-	-
Olivinbasalt	-	-	-		-	2 618,4
Metabasalte	-	-	1 178,3		-	2 138,4
Tholeiit-Basalte	1 003,7	-	-		1 830,7	-
Sandsteine	436,4	170	17,5		87,3	370,9
Grauwacken	872,8	870	-		-	-
Tongesteine	698,2	700	392,8		397,1	698,2
Carbonatgesteine	305,5	400	-		78,6	130,9
Flugsand	-	900	-		-	-
Löss	-	480	-		484,4	-
Geschiebemergel	480,0	480	-		-	-

Substratgruppen, die aus Sedimenten bzw. Gemischen bestehen, z.B. Kolluvien und Auensubstrate, können schlecht mit den Gesteinsanalysen verglichen werden. Hier wären jeweils Informationen zum Ausgangsmaterial im Einzugsgebiet nötig, aus dem die Sedimente zusammengesetzt sind.

Vergleicht man die Gesteinsanalysen mit den Unterbodengehalten, so nähern sich  $P_{\text{ges}}$ -Gehalte in Böden den  $P_{\text{total}}$ -Gehalten in den Gesteinen an. Beispielsweise hat Lösssubstrat im Unterboden einen Median von 448,0 mg  $P_{\text{ges}}$ /kg TS im Vergleich zu 484,0 mg  $P_{\text{total}}$ /kg TS bei Löss nach RFA. Pelitische Bodenausgangssubstrate (487,5 mg  $P_{\text{ges}}$ /kg TS) liegen etwas unter dem  $P_{\text{total}}$ -Gehalt der zuzuordnenden Gesteinsgruppen Tongesteine (698,2 mg  $P_{\text{total}}$ /kg TS) bzw. silikatreiche Sedimentgesteine (541,4 mg  $P_{\text{total}}$ /kg TS). Der Gehalt im Unterboden bei lössarmen, psephitischen Substraten (252,6 mg  $P_{\text{ges}}$ /kg TS) ordnet sich zwischen den Ergebnissen der Gesteinsgruppe Sandsteine (370,9 mg  $P_{\text{total}}$ /kg TS) und quarzreiche Sedimentgesteine (87,3 mg  $P_{\text{total}}$ /kg TS) ein. Die oben angedeutete Diskrepanz bei Carbonatgestein/-substrat bleibt im Unterboden beste-

hen. Der mittlere Unterbodengehalt ist hier jedoch mit den Literaturwerten von 305,5 bzw. 400 mg/kg TS vergleichbar (Tabelle 6).

Die beprobten Unterböden repräsentieren dabei meist Basislagen, die präquartäre Residualsubstrate aufgearbeitet haben. Dabei kommt es mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer Anreicherung der Spurenstoffe (vgl. auch BLUME et al. 2010: 317).

Unterschiede zwischen Oberbodengehalten und dem Ausgangsgestein resultieren im Wesentlichen aus Nährstoffenträgen durch Düngung. Im Vergleich liegen die  $P_{\text{ges}}$ -Gehalte bei forstlicher Nutzung deutlich unter denen von Acker und Grünland und sind mit den geogenen Gesteinsgehalten nahezu vergleichbar. Unterschiede können auch mit der Pedogenese erklärt werden. Ein Beispiel dafür ist Carbonatgestein und die daraus entstandenen Böden. Durch die relative Anreicherung von Residualtonen bei Verwitterung von Carbonatgestein (BLUME et al. 2010: 317) kann es zu einer Erhöhung des  $P_{\text{ges}}$ -Gehaltes kommen.

## 4 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wird eine Kenntnislücke über Phosphorgehalte in hessischen Böden geschlossen. Mittels Auswertung unterschiedlicher Datenbestände werden hessische Böden sowohl hinsichtlich des Phosphorversorgungszustandes ackerbaulich genutzter Böden als auch des Gesamtphosphorgehaltes und seiner räumlichen Differenzierung charakterisiert.

Die Ergebnisse der Auswertung der pflanzenverfügbaren Phosphatgehalte zeigen eine weitgehend optimierte Düngung bei Ackeroberböden im Hinblick auf die Versorgungsklasse C. Eine partielle hohe P-Versorgung wurde dabei von 2009 bis 2011 verringert, wobei gleichzeitig aber auch ein Anstieg bei geringer versorgten Schlägen festzustellen ist. Aufgrund der substratunabhängigen P-Versorgung lässt sich keine Regionalisierung des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes über die hier betrachteten Boden- und Standorteigenschaften feststellen. Für Betrachtungen des Phosphataustrages aufgrund von Bodenerosion kann von mittleren Gehalten der Versorgungs-

klasse C zuzüglich einer aktuellen Düngung ausgegangen werden.

Die Auswertungen der  $P_{ges}$ -Gehalte in hessischen Oberböden zeigen eine deutliche Nutzungsabhängigkeit. Gedüngte Acker- und Grünlandstandorte haben im Niveau höhere Gehalte als Forststandorte. Die in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge mit Bodenparametern wie pH-Wert, Bodenart, Humusgehalt u.a. lassen sich mit dem vorliegenden Datensatz nur teilweise nachvollziehen. Die Zusammenhänge sind meist schwach ausgeprägt und es können damit keine grundsätzlichen Pedotransferfunktionen für den  $P_{ges}$ -Gehalt abgeleitet werden. Dem gegenüber konnte aber eine deutliche Substratabhängigkeit herausgearbeitet werden, die eine räumlich differenzierte Darstellung potenzieller  $P_{ges}$ -Gehalte zulässt. Die daraus resultierende Karte kann als Grundlage für weitere Fragestellungen, beispielsweise zur Abschätzung des erosiven Phosphorverlustes von Ackerflächen, verwendet werden.

## 5 Schriftenverzeichnis

- AD-HOC-AG BODEN [Hrsg.] (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- BEHRENDT, H., HUBER, P., OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G. & UEBE, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Umweltbundesamt [Hrsg.]: UBA Texte 75/99.
- BGR, BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2003): Agricultural soils in Northern Europe. A geochemical atlas – Geologisches Jahrbuch Sonderhefte Reihe D – SD 5; Stuttgart (Schweizerbart).
- BLUME, H.-P. (2011): Böden als Naturkörper. – In: BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUHN, S. [Hrsg.]: Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und Bodenbelastung – Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl.; Weinheim (WILEY-VCH Verlag).
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G. W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K., WILKE, B.-M., THIELE-BRUHN, S. & WELP, G. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. – 16. Aufl.; Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- CORDELL, D., ROSEMARIN, A., SCHRÖDER, J. J. & SMIT, A. L. (2011): Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. – Chemosphere, **84** (6): 747–758.
- CORRELL, D. L. (1998): The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters: A Review. – Journal of Environmental Quality, **27** (2): 261–266.
- DUTTMANN, R. (1999): Partikuläre Stoffverlagerungen in Landschaften. Ansätze zur flächenhaften Vorhersage von Transportpfaden und Stoffumlagerungen auf verschiedenen Massstabsebenen unter besonderer Berücksichtigung räumlich-zeitlicher Veränderungen der Bodenfeuchte. – Geosynthesis **10**; Hannover.
- FRIEDRICH, K., KASEL, H., LÜGGER, K., SCHMANKE, M. & VORDERBRÜGGE, T. (2003): Erfassungsstandard Boden. – 1. Aufl. (Stand 11.11.2003). Wiesbaden.
- URL: <http://www.hlug.de/static/medien/boden/fisbo/erfst/index.html>
- FRIEDRICH, K., LÜGGER, K. & SEHR, J. (2011): Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden. – HLUG-Bericht: 144 S.; Wiesbaden.
- FUCHS, S. & SCHWARZ, M. (2007): Ableitung naturraumtypischer Anreicherungs-faktoren zur Bestimmung des Phosphor- und Schwermetalleintrages in Oberflächengewässer durch Erosion – Abschlussbericht. Programm „Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung“ (BWPLUS). Universität Karlsruhe.
- HALBFASS, S. & GRUNEWALD, K. (2003): Räumliche Variabilität der Phosphorgehalte im Oberboden landwirtschaftlich genutzter Flächen in kleinen Einzugsgebieten. – Journal of Plant Nutrition and Soil Science, **166** (2): 197–203.
- HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie [Hrsg.] (2002): Bodenflächendaten 1 : 50 000 von Hessen. – 1. Aufl.; Wiesbaden.
- HINDEL, R., GEHRT, E., KANTOR, W. & WEIDNER, E. (1998): Spurenelementgehalte in Böden Deutschlands: Geowissenschaftliche Grundlagen und Daten. – In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN G., KÖNIG, W. & EINSELE, G. [Hrsg.]: Bodenschutz. – Ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Kapitel 1520, 41 S.; Berlin (Erich Schmidt Verlag).
- HORN, R. (2011): Böden als Pflanzenstandorte. – In: BLUME, H.-P., HORN, R., THIELE-BRUHN, S. [Hrsg.]: Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und Bodenbelastung – Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl.; Weinheim (WILEY-VCH Verlag).
- HORNBURG, V. & LÜER, B. (1999): Vergleich zwischen Total- und königswasserextrahierbaren Elementgehalten in natürlichen Böden und Sedimenten. – Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, **162** (2): 131–137.
- KERSCHBERGER, M., HEGE, U. & JUNGK, A. (1997): Standpunkt – „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“.

- Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) [Hrsg.]; Darmstadt.
- Landwirtschaftliches Wochenblatt (2013): Phosphat reicht vermutlich länger als angenommen. – **21**/2013; Friedrichsdorf.
- LfUG, LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE SACHSEN [Hrsg.] (2000): Bodenatlas des Freistaates Sachsen. Teil 3 – Bodenmessprogramm.
- LLH, LANDESBETRIEB LANDWIRTSCHAFT HESSEN (2010): Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) 2010. Arbeitsanweisung für die Beauftragten.
- MANIAK, U. (2010): Hydrologie und Wasserwirtschaft. – 6. Aufl.; Heidelberg u. a. (Springer).
- MOORE, I. D., GESSLER, P. E., NIELSEN, G. A. & PETERSON, G. A. (1993): Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis. – *Soil Science Society of America Journal*, **57** (2): 443–452.
- MORGAN, M. (1997): The Behaviour of Soil and Fertilizer Phosphorus. – In: TUNNEY, H., CARTON, O., BROOKES, P. & JOHNSTON, A. [Hrsg.]: Phosphorus Loss from Soil to Water; Oxon und New York (CAB International).
- PECORONI, D. (2013): Auswertungen zu Phosphorgehalten aus Bodenbestandsdaten in Hessen und Vergleich methodischer Ansätze zur Modellierung des erosionsbedingten P-Eintrags in Fließgewässer. Diplomarbeit. Universität Gießen.
- QUINTON, J. N., CATT, J. A. & HESS, T. M. (2001): The Selective Removal of Phosphorus from Soil. – *Journal of Environmental Quality*, **30** (2): 538–545.
- ROSENBERG, F. & SABEL, K.-J. (1996): Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens. Übersichtskarte 1 : 300 000. Hessisches Landesamt für Bodenforschung [Hrsg.]; Wiesbaden.
- SCHACHTSCHABEL, P. & HEINEMANN, G. (1964): Beziehungen zwischen P-Bindungsart und PH-Wert bei Lößböden. – *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, **105** (1): 1–13.
- SCHMANKE, M. & FRIEDRICH, K. (2002): Das Bodenformenarchiv als zentrale Datenbankanwendung des Erfassungsstandards Boden/Bodenschutz in Hessen. – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, **98**: 15–16.
- SCHÜLLER, H. (1969): Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden. – *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, **123** (1): 48–63.
- SHARPLEY, A. N., DANIEL, T. C. & EDWARDS, D. R. (1993): Phosphorus Movements in the Landscape. – *Journal of Production Agriculture*, **6** (4): 492–500.
- SHARPLEY, A. N. & REKOLAINEN, S. (1997): Phosphorus in Agriculture and its Environmental Implications. – In: TUNNEY, H., CARTON, O., BROOKES, P. & JOHNSTON, A. [Hrsg.]: Phosphorus Loss from Soil to Water; Oxon und New York (CAB International).

Manuskript eingegangen am 11.10.2013, angenommen am 2.12.2013.

EBERHARD KLEIN<sup>1</sup> & THOMAS SCHINDLER<sup>2</sup>

# Harmotom-besetzte Wurzeln im Oberoligozän von Breitscheid/Westerwald

## Kurzfassung

In der Bentonitgrube Elfi bei Breitscheid-Gusternhain (nord-östlicher Westerwald) treten eozäne Tone und zu Bentonit alterierte Pyroklastika mit eingelagerten Braunkohlen der oligozänen Breitscheid-Formation auf. Zwischen dem eozänen Ton und den oligozänen Pyroklastika ist ein basisches vulkanisches Ergussgestein eingeschaltet. In Ruhephasen des vulkanischen

Geschehens entwickelte sich eine Pflanzenbedeckung, deren Wurzeln in Blasen und Spalten der liegenden basischen Lava eindringen. Im Zuge von späteren Intrusionen erfolgte die Bentonitisierung der Pyroklastika und der Wurzeln. Gegen Ende dieses Prozesses entwickelten sich Harmotom-Kristalle auf den Wurzeln.

## Abstract

The opencast mining Elfi near Breitscheid (northeastern Westerwald Mountains, Germany) exploits a Bentonit deposit. An Eocene clay deposit is overlain by a basic volcanite and Oligocene volcanic ash and brown coal deposits. The volcanic ash is altered to Bentonit. Between times of ash deposition plants

are growing, their roots penetrating bubbles and clefts of the volcanite. During later volcanic intrusions the ash and the plant roots becomes bentonitized. At the end of this process, Harmotom crystals developed on the roots.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	96
2	Analytik	96
3	Geologie	97
3.1	Der Bentonit-Tagebau Elfi der Jungbecker GmbH	97
3.2	Vulkanite	100
3.3	Harmotom-besetzte Wurzeln	101
4	Diskussion	103
4.1	Zeitliche Entwicklung der Abfolge und Deutung der Wurzeln	103
4.2	Genese der Mineralbildungen	103
5	Schriftenverzeichnis	104
6	Anlagen	105
	Anlage 1 Profile 1 und 2 in Breitscheid-Gusternhain, Grube Elfi der Jungbecker GmbH	105
	Anlage 2 EDX-Spektrum der Wurzeln (äußerer Teil des Querschnittes)	106
	Anlage 3 EDX-Spektrum des Mittelteils des Wurzelquerschnittes	106
	Anlage 4 Beispielhaftes EDX-Spektrum eines Harmotom-Kristalles	106
	Anlage 5 Mikrosonden-Analyse	107

<sup>1</sup> Eberhard Klein (e-mail: eberhardklein@freenet.de), Dürerstraße 18, 42119 Wuppertal

<sup>2</sup> Dipl.-Geol. T. Schindler (e-mail: thomas.schindler@gdke.rlp.de), Büro für Paläontologie, Stratigraphie und Geotopschutz, Am Wald 11, 55595 Spabrücken

# 1 Einleitung

Der Westerwald gehört zum Rheinischen Schiefergebirge und baut sich vorwiegend aus devonischen marinen bis rand-marinen Ablagerungen auf. Im gesamten Hohen Westerwald und in Senken im übrigen Gebiet wurden darüber, unter überwiegend terrestrischen Bedingungen, tertiäre Sedimente und Vulkanite gebildet (Abb. 1). Im Raum Breitscheid kam es dabei zu vulkaniklastischen Ablagerungen unter palustrinen bis lakustrinen Bedingungen. Hier liegt das Typusgebiet der ober-oligozänen Breitscheid-Formation (SCHÄFER et al. 2011). Basaltische Deckenergüsse, vielfach aber auch flache Intrusionen durchsetzen die Sedimente.

Bis 1960 wurden im Hohen Westerwald Braunkohlen unter Tage abgebaut. Sie gehören evtl. teils zur eozänen Bubenheim-Formation und hauptsächlich zur oligozänen Breitscheid-Formation. Bei Breitscheid wurden eozäne und oligozäne Braunkohlen zusammen mit eozänen Tonen gewonnen und die Braunkohle zum Brennen der Keramiken verwendet. Eozäner Ton, oligozäne Süßwasserquarzite und oligozäne Pyroklastika (Bentonit) werden noch heute abgebaut.

Die Abbaustellen bei Breitscheid sind schon früh für ihre oligozänen Fossilfunde bekannt geworden (SANDBERGER 1853

u.v.a.). Algen, Pflanzen (Stängel, Blätter, Samen), aquatische und terrestrische Gastropoden, Muscheln, Ostracoden, Insekten, Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger sind bekannt, teils erst durch Aufsammlungen und Grabungen der letzten Jahre (SCHINDLER 2007, SCHINDLER & KOLB 2010, SCHÄFER et al. 2011, SCHINDLER 2011). Die Fossilien findet man sowohl in der Braunkohle als auch in den Pyroklastika der Breitscheid-Formation.

Der Braunkohlenbergbau dauerte in Breitscheid von 1585 mit Unterbrechungen bis 1958 (STECKHAN 1973). Bei Breitscheid-Gusternhain baute man auf den Feldern Gusternhain, Kohlensegen, Wohlfahrt, Hermann und Schenkenhain.

Mineralisierte Wurzeln sind im Tertiär des Westerwaldes in Form von autochthonen Wurzelböden in Markasiterhaltung in der eozänen Bubenheim-Formation (SCHINDLER 2011: Abb. 6) sowie Harmotom-besetzten Wurzeln in der Breitscheid-Formation bekannt (HÖHLE 2011 nach einem Fund von E. Klein). Letztere werden nachfolgend zusammen mit dem Profil und den Fossilien des Aufschlusses beschrieben und deren Genese interpretiert.

# 2 Analytik

Die petrologische Beschreibung des basaltischen Gesteins wurde mittels Dünnschliff und einem Polarisationsmikroskop der Fa. Polam (P-312) ermittelt. Das REM-Bild erfolgte an der Ruhr-Universität Bochum an dem Rasterelektronenmikroskop Leitz 1530 Gemini mit einer Anregungsspannung von 20,00 kV und einem Elektrodenabstand von 28 mm. Die EDS-Messungen erfolgten am selben Rasterelektronenmikroskop mittels des Oxford Instruments „Inca“. Die Standards können bei einem der Autoren (E. Klein) abgefragt werden. Die Mikrosondenanalysen erfolgten am Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre der RWTH Aachen an der Elektronenstrahl-Mikrosonde des Typs JEOL JXA-8900R mittels wellenlängendispersiver Analyse (WDS) mit einer Anregungsspannung von 15 kV und (aufgrund der Messung von Zeolithen) einem Elektronenstrahl-Durchmesser von 10 µm. Die Standards können ebenfalls bei E. Klein erfragt werden.

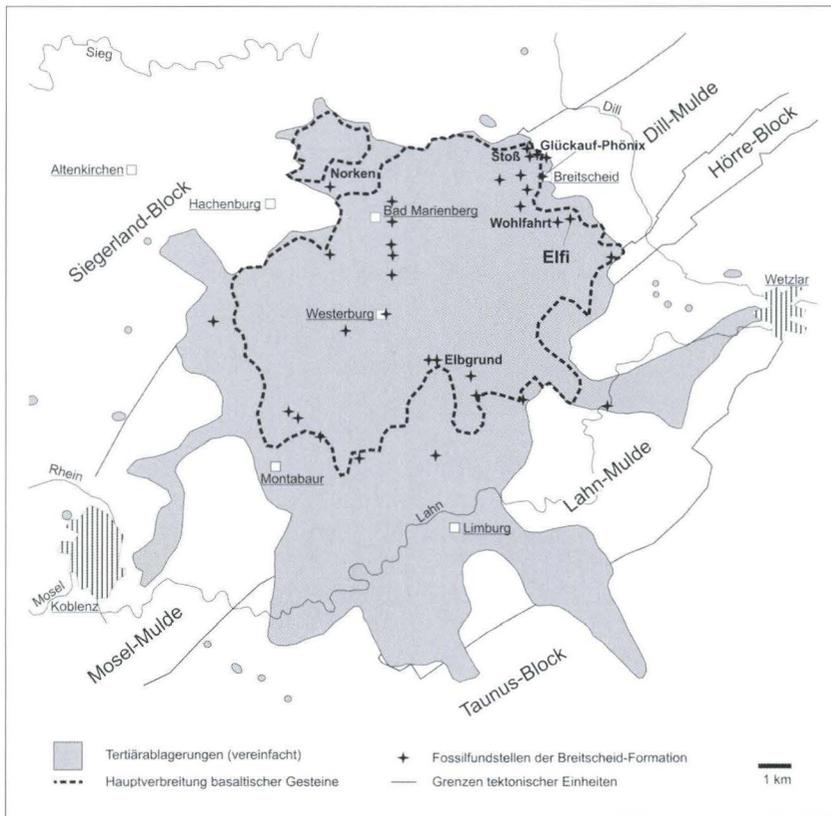


Abb. 1. Verbreitung tertiärer Ablagerungen und Vulkanite im Westerwald (verändert nach SCHINDLER & WUTTKE 2009) mit Fossilfundstellen der Breitscheid-Formation.

### 3 Geologie

#### 3.1 Der Bentonit-Tagebau Elfi der Jungbecker GmbH

Südwestlich Breitscheid-Gusternhain liegt der Bentonit-tagebau der Herborner Jungbecker GmbH (TK25 Bl. 5215 Dillenburg, R 3443468, H 5614005). Abgebaut werden Pyroklastika (Ca-/Mg-Bentonit) der Breitscheid-Formation. Der Tagebau erschließt weiterhin basaltische Ergussgesteine (Basalte, Basanite) sowie lakustrine Ablagerungen, die als Abraum abgeräumt werden. Er liegt im südlichen Bereich des ehemaligen Braunkohlefelds Schenkenhain und dicht am Abbaurevier der benachbarten ehemaligen Braunkohlen-grube Wohlfahrt.

Im Tagebau waren verschiedene Profile angeschnitten. Am Grubeneingang war im August 2012 eine Intrusion eines basischen Vulkanits in die Pyroklastika der Breitscheid-Formation sichtbar (Abb. 2).

Etwas weiter westlich standen 2007 geschichtete Basalttuffe an, die selten Holzstücke enthielten. Eine dünne lakustrine Einschaltung (weit laminiertes Ton) enthielt Pflanzensprossen und kohlige Lagen (Abb. 3).

Etwas weiter lateral (Profil 1; Anhang 1, Abb. 4 und Abb. 6) standen 2007 Pyroklastika mit einer 20 cm mächtigen lakustri-



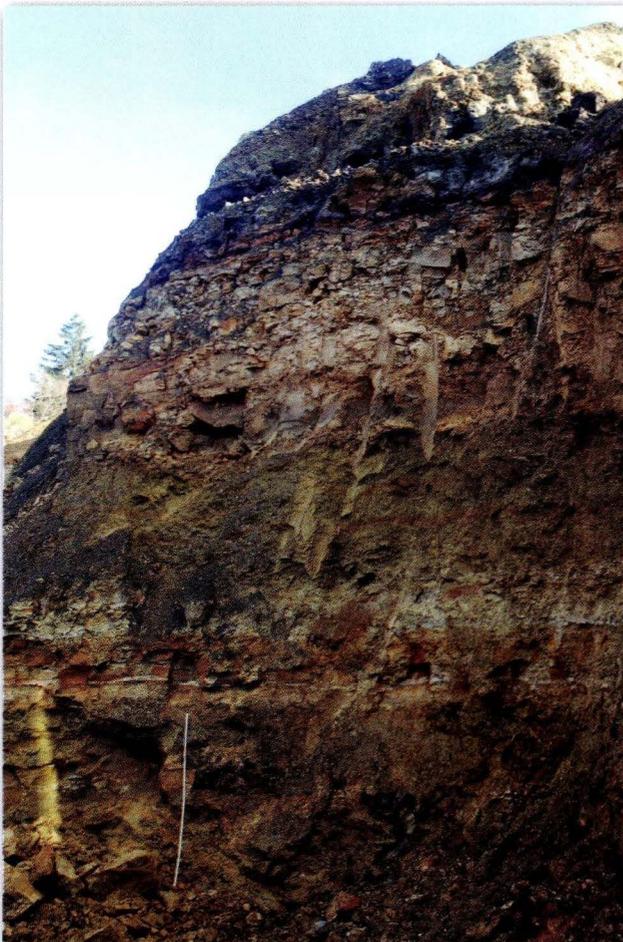
**Abb. 2.** Basische Intrusion in Pyroklastika am Grubeneingang (Zustand August 2012; Foto: E. Klein).



**Abb. 3.** Laminiertes Ton mit Braunkohlelagen im Eingangsbereich, Zustand Oktober 2007; Maßstab 20 cm (Foto: T. Schindler).



**Abb. 4.** Profil 1, Zustand April 2010; der Bagger steht auf dem blasenreichen Gestein (Schicht C) (Foto: E. Klein).



nen Dysodil-Lage (mit Blättern, Pflanzensprossen und Samen) sowie Braunkohle-Lagen an (Abb. 5).

Rotbraune Aschentuff-Lagen unterhalb der Braunkohle führten 2009 Blattfragmente. Der feinkiesige Lapilli führende Basaltuff, in dem auch Kieselholz auftrat, enthielt Pflanzensprossen. Im Hangenden davon waren lignitische Holzreste sichtbar. Die Abfolge wird von einem basaltischen Gestein unterlagert, welches oberflächlich blasenreich ist. Hier treten die zu beschreibenden dünnen Wurzeln mit Harmotom auf. Im hinteren Teil der Grube (Profil 2; Anhang 1 und Abb. 6) steht ein teils blaugrün vertonter basaltischer Pyroklastit mit zwei palustrin-lakustrinen Abfolgen aus Braunkohle und hangendem Dysodil an (Abb. 7). Hier treten auch Wirbeltiere auf (Kaulquappen, karpfenartige Fische). Beide Horizonte sind von einem Wurzelboden unterlagert. Der vertonte blaugrüne basaltische Aschentuff führt Pflanzensprossen (Abb. 8). Das Profil wird von einem Solifluktionshorizont mit einem kugelig verwitterten vulkanischen Gestein überlagert. Die Korrelation beider Profile und der Vergleich mit dem alten und von uns überarbeiteten Schachtprofil der Grube Wohlfahrt (Abb. 6) zeigt sowohl den starken lateralen Wechsel der Abfolge als auch die leicht unterschiedliche Höhenlage des liegenden basaltischen Gesteins.

**Abb. 5.** Profil 1, Zustand Oktober 2007; im oberen Teil sind kohlige Lagen erkennbar (Schicht 4); Maßstab 100 cm (Foto: T. Schindler).

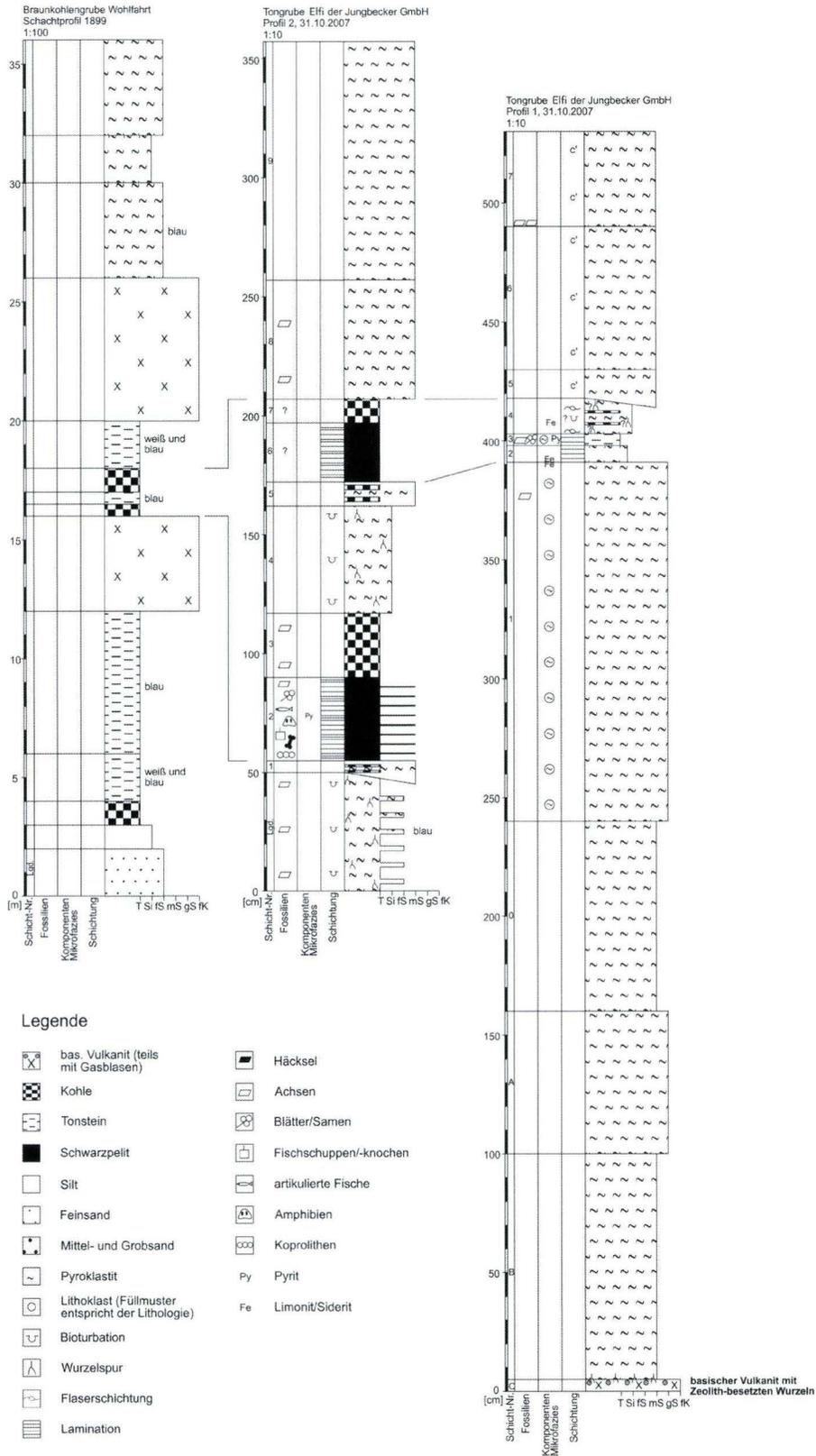


Abb. 6. Profil Schacht Wohlfahrt sowie – in anderem Maßstab – die Profile 1 und 2 des Tagebaus Eifl und deren Korrelation.



**Abb. 7.** Dysodil zwischen Pyroklastika; Maßstab 100 cm (Foto: T. Schindler).



**Abb. 8.** Vertontter blaugrüner basischer Aschentuff unter Dysodil mit Pflanzensprossen (Foto: T. Schindler).

### 3.2 Vulkanite

Das basaltische Ergussgestein im Liegenden der Tongrube „Elfi“ war nur oberflächlich aufgeschlossen. Die entnommene Probe entstammt daher dem Topp des basaltischen Gesteins und ist entsprechend der Position unterhalb der bentonisierten Pyroklastika ebenso teilweise alteriert. Daher sind regelmäßig Sekundärbildungen (palagonitisches Glas, smectische Tonminerale) im Schliff erkennbar. Das Gestein enthält bis zu 2 mm große idiomorphe, teilweise angelöste Pyroxen- und Olivinkristalle. Größere Kristalle sind randlich alteriert, kleinere komplett umgewandelt. Diese liegen in einer Grundmasse aus kleinen Pyroxen-, Olivin-, Plagioklas-, Apatit-, Erz-

kristallen und vulkanischem Glas. Die Erzminerale sind fleckenweise und schlierig im Schliff verteilt. Vulkanisches Glas, Zeolithe und amorphe Eisenoxide bilden die Füllung zahlreicher Risse, die die Probe durchsetzen. In den zahlreichen Blasen treten Zeolithe auf (Harmotom, Chabasit, Erionit/Offretit).

Aufgrund der Alterierung des Topps des basaltischen Gesteins erfolgte keine quantitative Analyse und daher auch keine entsprechende petrologische Benennung des basaltischen Gesteins (Abb. 9).



**Abb. 9.** Idiomorphe Olivin- und Pyroxenkrystalle schwimmen in einer Grundmasse, die neben zahlreichen Kristallen auch aus vulkanischem Glas besteht. Zahlreiche Risse, die u.a. mit Palagonit verheilt sind, durchziehen das Gestein. Länge des größten Kristalls: 1,5 mm. Aufnahme unter gekreuzten Polarisatoren (Aufnahme: Dr. Schertl, Bochum).

### 3.3 Harmotom-besetzte Wurzeln

Die Blasen Hohlräume des basaltischen Ergussgesteins sind von weißen bis braunen mineralisierten Wurzeln durchzogen (Abb. 10). Die Wurzeln zeigen eine feine Streifung auf der Außenseite und sind faserig aufgebaut. Teils sind sie verzweigt. Sie bilden ein auffallend lockeres Wurzelgeflecht und weisen Durchmesser zwischen 0,5 und 2,5 mm auf. EDS-Analysen zeigen, dass die biologische Substanz der Wurzeln vorwiegend durch smectitische Mineralien ersetzt wurde (Anhang 2). Die Wurzeln zeigen einen dreigliedrigen Aufbau (Kern, Mittelteil und „Rinde“), wobei im Mittelteil auch eine limonitische Mineralisation nachgewiesen wurde (Abb. 11, Anhang 3). Die bräunliche Verfärbung der vertonten Wurzeln ist durch spätere Verwitterung eisenhaltiger Mineralien in Limonit/Goethit begründet. Auf den Wurzeln sind radialstrahlig Harmotom-Kristalle gewachsen.

Harmotom ist ein eigenständiger Zeolith und eng verwandt mit Phillipsit. Eine Identifikation erfolgt ausschließlich über eine quantitative Elementanalyse, da Harmotom und Phillipsit mittels RFA nicht zu unterscheiden sind (GOTTARDI & GALLI 1985; TSCHERNISCH 1992). Da Barium hauptsächlich Kalium aufgrund ähnlicher Ionenradien ersetzt, taucht es vorwiegend in K-Feldspäten, in Hornblenden und in Glimmer auf (WILSON 1993). Bei Basalten besteht daher das Problem, dass er vorwiegend Na- und Ca-Feldspäte führt, die nur vernachlässigbar Kalium einbauen. Dennoch sind im Basalt mehrere hundert ppm Barium nachweisbar (WILSON 1993). In Basalt und Basanit des Westerwaldes findet sich Barium in Gehalten von 358 ppm bis 522 ppm (SCHREIBER 1996). Dies müsste für die Bildung

lokaler geringfügiger Mengen eigenständiger Bariummineralien ausreichen. Außerdem kann es auch zu einer Anreicherung von Barium durch pflanzliches Material kommen. So wurden in Braunkohle einige tausend ppm Barium nachgewiesen (PUCHELT 1967). Im Harmotom, der eigentlich Phillipsit-Ba nach der neuesten Nomenklatur genannt werden müsste, wird das Kalium durch Barium (mindestens zu 50 % der austauschbaren Kationen; TSCHERNISCH 1992) ersetzt.

In der Grube Elfi findet sich Harmotom ausschließlich in der obersten, stark blasigen Dachzone des liegenden extrusiven Gesteins. Andere, intrudierte Vulkanite, obwohl sie ebenfalls blasenreich sind, enthalten weder Wurzeln noch sind sie mineralisiert. Hin und wieder wird Harmotom begleitet von Chabasit und Erionit/Offretit, sowie von Calcit. Die letzten beiden Mineralien treten häufig in den Blasen ohne weitere Begleiter auf. Mehrere halbquantitative EDS-Analysen (Anhang 4), verteilt über einige Jahre, belegen die durchgängige Präsenz von Barium als dominierendes Kation. An einer, mittels EDS abgesicherten Probe erfolgte eine Mikrosonden-Analyse (Werte vgl. Anhang 5). Dabei zeigte sich, dass Barium alle anderen analysierten Kationen bei weitem überwiegt. Bezogen auf 24 Sauerstoffionen finden sich immer mindestens 12 Bariumionen. Alle anderen gemessenen Kationen (Ca, K, Mg, Na, Sr) verbleiben zusammen immer unter ca. 0,5 Ionen. Nur im Zentrum eines gemessenen Kristalles steigen die Ca- und K-Ionen leicht an, ohne aber Werte zu erreichen, die für die Bildung eines Phillipsit-Kristalles notwendig wären. Harmotom erreicht in den Blasen eine Größe von drei Millimeter und



**Abb. 10a.** Profil 1, Schicht C, liegender alterierter blasenreicher Vulkanit mit gelblichen Wurzeln und Harmotom-Kristallen in den Blasen Hohlräumen; Bildbreite: 10 cm (Slg. E. Klein, Foto: F. Höhle).

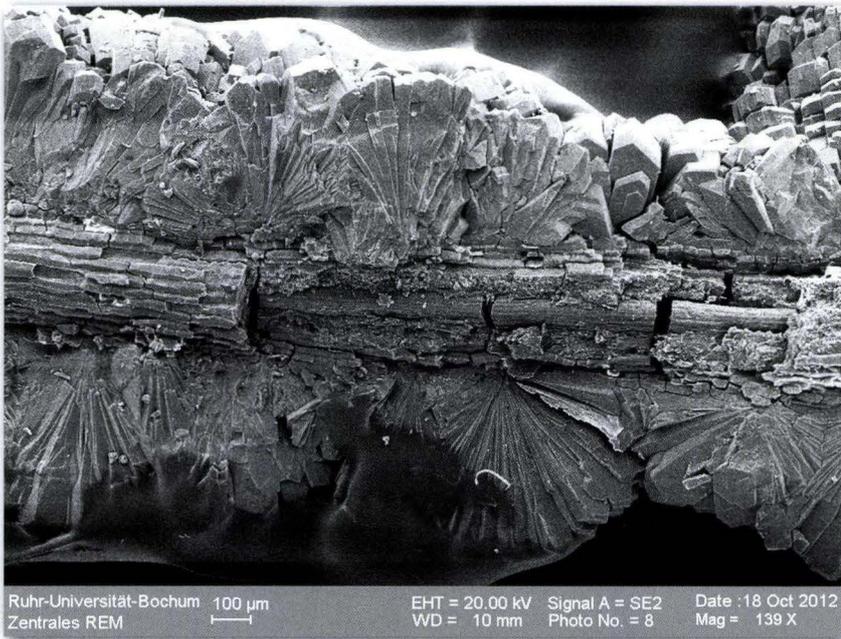


**Abb. 10b.** Profil 1, Schicht C, Blasen Hohlräum mit vertonten, teils verzweigten Wurzeln mit konzentrisch-radial aufgewachsenen Harmotom-Kristallen; Maßstab 1 mm (Landessammlung für Naturkunde Rheinland-Pfalz, M2012/5000-LS; Foto: T. Schindler).

kleidet die Blasenwände teils komplett aus oder ist als Einzelkristall aufgewachsen. Dort, wo Wurzeln in die Blasen eindringen, werden diese von Harmotom teils ummantelt oder optisch attraktiv von einzelnen Kristallen überwachsen. Dabei tritt Harmotom ausschließlich als Morvenit-Zwilling mit den Formen 001, 010 und 110 auf. Sehr selten findet sich auch die einfachere Form 001,010 und 100. Letztere bilden radialstrahlige, radförmige Aggregate.

Ergänzend sei noch erwähnt, dass auch in den bentonisierten Pyroklastika in der Tongrube Franziska bei Guckheim, südwestlich von Westerburg und in der Grube Mahlrain bei Breit-

scheid, Harmotom mittels EDS-Analysen nachgewiesen werden konnten. Bei erstgenannter Grube ist die Nähe zum dort eingeschalteten Braunkohlenflöz erwähnenswert, bei der letzteren Grube fällt auf, dass der Harmotom in einer Schicht mit zahlreichen millimetergroßen Muscheln und Ostracoden auftritt. PUCHELT (1967) erwähnt, dass auch Muscheln (obwohl die Schalen aus Calcit bzw. Aragonit aufgebaut sind) einige hundert ppm Barium einbauen können. Vom nahegelegenen Basalt-Steinbruch „Lautzenbrücken“ bei Bad Marienberg wird ebenfalls Harmotom erwähnt, ohne dies allerdings analytisch zu belegen (TSCHERNISCH 1992).



**Abb. 11.** Deutlich erkennbarer dreifach gegliederter Aufbau einer Wurzel mit aufgewachsenen Harmotom-Kristallen. Maßstab vgl. Aufnahme (Aufnahme: Dr. Neuser).

## 4 Diskussion

### 4.1 Zeitliche Entwicklung der Abfolge und Deutung der Wurzeln

Da das liegende basaltische Gestein am Kontakt zu den hangenden Pyroklastika keine Frittung erzeugte und am Topp blasenreich ist, wird er von uns als Lavastrom angesehen, ist daher älter als die hangenden Pyroklastika. Darüber wurden weitere Lagen Pyroklastika und Tuffite abgesetzt. In dieser Abfolge entwickelten sich auch mehrere Horizonte geringmäch-

tiger Seeablagerungen. In der Hochstandsphase wurde Dysodil gebildet, in dem teilarthikulierte Wirbeltiere überliefert sind. Auf den Pyroklastika wuchsen immer wieder Samenpflanzen, die ihre Wurzeln auch bis auf das liegende basaltische Gestein und in dessen Blasen sandten.

### 4.2 Genese der Mineralbildungen

In der Spätphase der Breitscheid-Formation kam es zu basaltischen Intrusionen, die eine Aufheizung der wasserreichen Pyroklastika bewirkte. Es kam zu einer Ver-tonung (Ca-/Mg-Bentonit) der Pyroklastika. Entlang der ehemaligen Pflanzenfasern migrierten Lösungen, die zu einer Ver-tonung (Smectit) der Wurzeln führte. In einer späteren Phase kam es zur Kristallabscheidung von Harmotom auf den Wurzeln und in Bla-

senhohlräumen des Gesteins. Parallel kam es zur Ausfällung von kolloidaler Kieselsäure und Calciumphosphat in den Pyroklastika. Insbesondere um die Intrusionen zeigten sich häufig solche Mineralisationen. Das Barium im Harmotom stammt aus den Bestandteilen des basaltischen Gesteins und aus dem Glas der Pyroklastika.

**Danksagung:** Wir danken der Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz/Direktion Landesarchäologie/Referat Erdgeschichte für finanzielle Unterstützung der Untersuchungen. Wir bedanken uns bei den Mitarbeitern der Ruhr-Universität Bochum, Herrn Dr. Neuser für die REM-Aufnahme und EDS-Analysen, Herrn Dr. Schertl für die Dünnschliff-Aufnahme und Herrn Dettmar (ehemaliger Mitarbeiter) für die Anfertigung

des Dünnschliffes, Frau PhD Dziggel von der TH Aachen für die Mikrosonden-Analyse. Herrn Höhle danken wir für das Foto mit den Harmotom-besetzten Wurzeln. Für die Erlaubnis, das Betriebsgelände begehen zu dürfen, bedanken wir uns bei der Fa. Jungbecker GmbH (Breitscheid). Desweiteren bedanken wir uns beim Reviewer Herrn Dr. Hottenrott† für hilfreiche Kommentare zu dieser Arbeit.

## 5 Schriftenverzeichnis

- GOTTARDI, G. & GALLI, E. (1985): *Natural Zeolithes*. – 409 S.; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo (Springer).
- HÖHLE, F. (2011): Aus den Bild-Sammlungen unserer VFMG-Mitglieder: Harmotom-Kristalle überziehen tertiäre Wurzeln. – *Der Aufschluss*, **62** (4/5: Der Westerwald): 303; Heidelberg.
- PUCHELT, H. (1967): *Zur Geochemie des Bariums im exogenen Zyklus*. – 205 S.; Heidelberg (Springer).
- SANDBERGER, F. (1853): *Untersuchungen über das Mainzerbecken*. – 91 S.; Wiesbaden.
- SCHÄFER, P., SCHINDLER, T., HOTTENROTT, M. & WUTTKE, M. (2011): 5.10. Westerwald. – In: *Deutsche Stratigraphische Kommission* (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1: Ober-rheingraben und benachbarte Tertiärgebiete*. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **75**: 355–376; Stuttgart.
- SCHINDLER, T. (seit 2007): *Der Bestand des festländischen Tertiärs des Westerwaldes*. – <http://www.nws-wiesbaden.de/samml118.html>.
- SCHINDLER, T. (2011): *Das Tertiär des Westerwaldes – Paläogeografie, Fossilien und neue Forschungsansätze*. – *Der Aufschluss*, **62** (4/5: Der Westerwald): 241–256; Heidelberg.
- SCHINDLER, T. & KOLB, C. (2010): *Paläontologische Notbergung in einer Tongrube im Lahn-Dill-Kreis. Pflanzen, Fische und Kaulquappen aus tertiären Vulkanablagerungen*. – *hessenARCHÄOLOGIE*, **2009**: 19–29; Wiesbaden.
- SCHINDLER, T. & WUTTKE, M. (2009 online, 2010 print): *Geology and limnology of the Enspel Formation (Chattian, Oligocene; Westerwald, Germany)*. – *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **90** (1): 21–27; Heidelberg etc.
- SCHREIBER, U. (1996): *Tertiärer Vulkanismus des Westerwaldes*. – *Terra Nostra*, **96** (7): 187–212; Köln.
- STECKHAN, W. (1973): *Die Braunkohlen des Westerwaldes*. – *Hess. Lagerstättenarchiv*, **6**: 114 S.; Wiesbaden.
- TSCHERNICH, R. W. (1992): *Zeolites of the World*. – 563 S.; Phoenix, Arizona (Geoscience Press, Inc.).
- WILSON, M. (1993): *Igneous Petrogenesis*. – 466 S.; London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne (Chapmann & Hall).

Manuskript eingegangen am 13.2.2013, angenommen am 18.4.2013.

## 6 Anlagen

### Anlage 1

Profil 1 in Breitscheid-Gusternhain, Grube Elfi der Jungbecker GmbH.

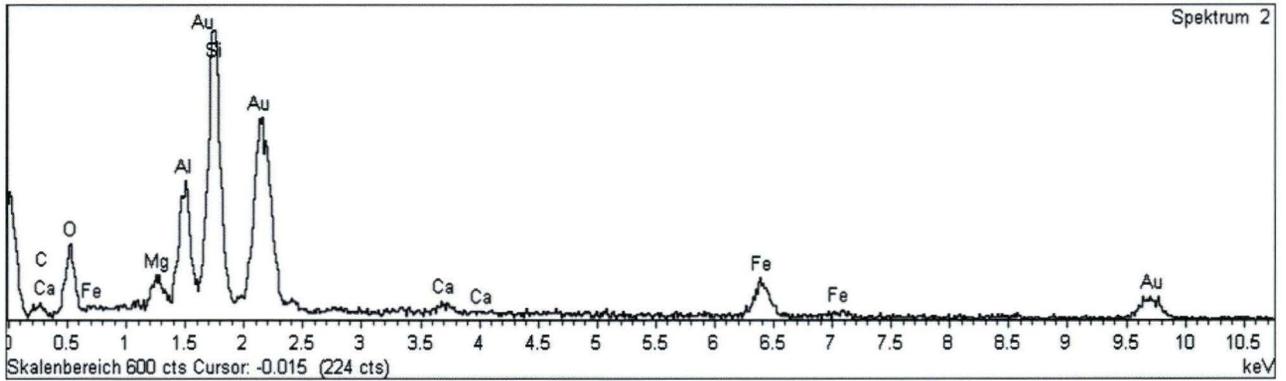
Nr.	Teufe [cm]	Gestein	Kornabstufung	Farbe	Schichtung	Komponenten	Mikrofazies	Fossilführung
Lgd.	>50	Basalt	-	-	-	-	-	Topp Wurzelspuren
B	95	Tuff	s'	gelb	-	-	-	-
A	60	Tuff	gS'	gelbgrau	gebant	-	-	-
0	80	Tuff	s'	gelb	-	-	-	-
1	121	Tuff	gS'	gelbgrau	gebant	Bimse	Fe an Top	vertonte cm-Achsen
2	7	Staubtuff	t'	gelbgrau	weit lam.	-	Fe an Basis	-
3	3-8	T	-	braun	weit lam.	selten mm-Bimse	teils Pyrit in Blättern und Achsen	Blätter, dm- und cm-Achsen, Samen
4	12-15	Tuff	Kohlelagen	rosagrau und schwarz	flaserig, ?bioturbat	-	Siderit/Goethit-Lage in Kohle	?Wurzelspuren
5	12-16	Tuff	mS'	grau	gebant	-	kohlig	-
6	ca. 60	Tuff	Mittelsand	grüngrau	gebant	-	kohlig	-
7	ca. 40	Tuff	s'	gelb, basal schwarz	gebant	-	kohlig	dm-Stämme an Basis (Lignit)

Profil 2 in Breitscheid-Gusternhain, Grube Elfi der Jungbecker GmbH.

Nr.	Teufe [cm]	Gestein	Kornabstufung	Farbe	Schichtung	Komponenten	Mikrofazies	Fossilführung
Lgd.	>50	Tuff	wechselnd t' bis fs'	grünblau	gebant, bioturbat	-	-	Wurzelspuren, dm-Achsen (Lignit)
1	5-10	Tuff	mS', kohlige Lagen	gelbgrau	fein	-	-	-
2	35	T	Sandlagen	schwärzlich	weit bis eng lam.	Bimse etc. aus Sandlagen	Pyrit in Achsen	dm-Achsen, Samen (teils lagig), Blätter, Kaulquappen-Knochen, artik. Kaulquappen, Fischknochen, Cypriniden-Schlundzahn, artik. Teleosteer, sandige Koproolithen mit Kaulquappen-Knochen
3	27	Kohle	t'	schwarz	fein	-	-	dm-Achsen
4	ca. 45	Tuff	-	grünblau, oben schwärzlich	gebant, bioturbat	-	-	Wurzelspuren
5	ca. 10	Tuff	mS', kohlige Lagen	gelbgrau	fein	-	-	-
6	ca. 25	T	-	schwärzlich	weit bis eng lam.	-	-	?
7	ca. 10	Kohle	-	schwarz	fein	-	-	?
8	ca. 50	Tuff	mS'	bläulich	gebant	-	-	dm-Stämme (kohlig)
9	>100	Tuff	mS'	gelbbraun	-	-	-	-

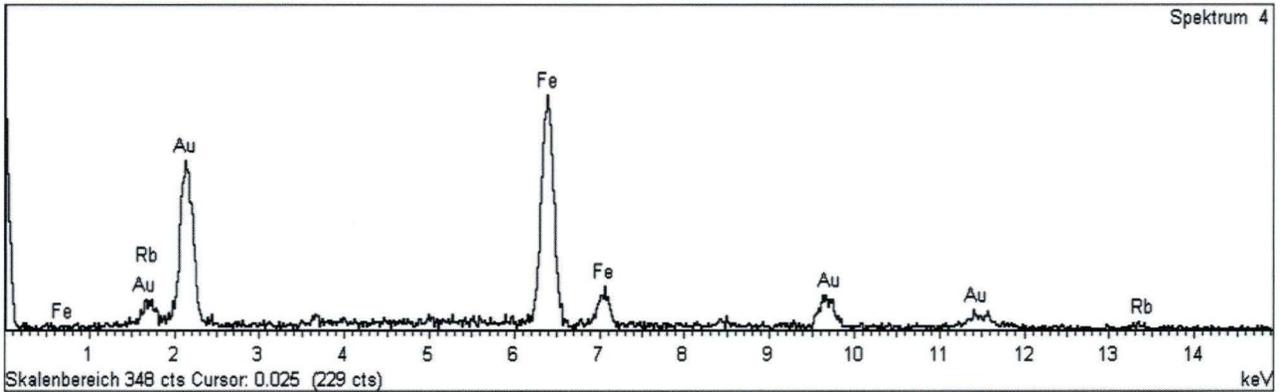
### Anlage 2

EDX-Spektrum der Wurzeln (äußerer Teil des Querschnittes).



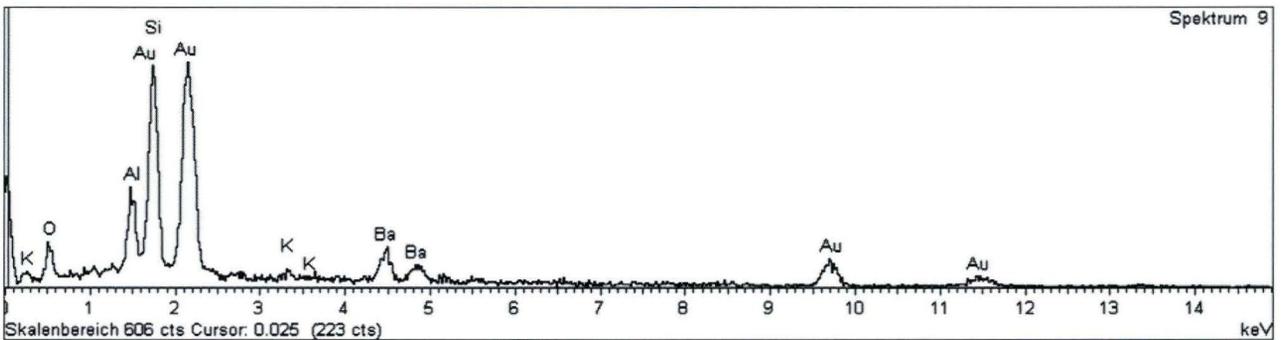
### Anlage 3

EDX-Spektrum des Mittelteils des Wurzelquerschnittes.



### Anlage 4

Beispielhaftes EDX-Spektrum eines Harmotom-Kristalles.



**Anlage 5**

Mikrosonden-Analyse.

Gesamt-Kationen berechnet auf O = 24,0    Bearbeiterin: Dziggel    Probe: 041212Zeo									
Nr.	Mg	Na	Ca	K	Al	Ba	Si	Sr	Total
1	0,0307	0,0549	0,1541	0,1431	37,781	13,496	83,432	0,0130	138,667
2	0,0010	0,0656	0,1068	0,1162	37,087	13,853	84,190	0,0150	138,176
3	0,0102	0,0646	0,0987	0,0711	36,936	14,123	84,275	0,0156	137,936
4	0,0086	0,1289	0,1028	0,1716	37,473	13,794	83,606	0,0168	139,160
5	0,0097	0,0715	0,1172	0,1412	38,321	13,640	83,210	0,0127	138,694
6	0,0104	0,0735	0,2590	0,1668	37,238	12,357	83,895	0,0101	138,688
7	0,0134	0,0462	0,2603	0,1349	37,582	12,156	83,831	0,0168	138,285
8	0,0126	0,0403	0,2836	0,1385	37,561	12,169	83,746	0,0141	138,368
9	0,0026	0,0397	0,2571	0,1268	38,013	12,249	83,600	0,0102	138,226
10	0,0123	0,0593	0,2428	0,1790	37,312	12,567	83,807	0,0109	138,729
11	0,0111	0,0576	0,2373	0,1429	36,761	12,644	84,298	0,0131	138,323

GUDRUN RADTKE \*

## Nachruf Hans-Jürgen Anderle

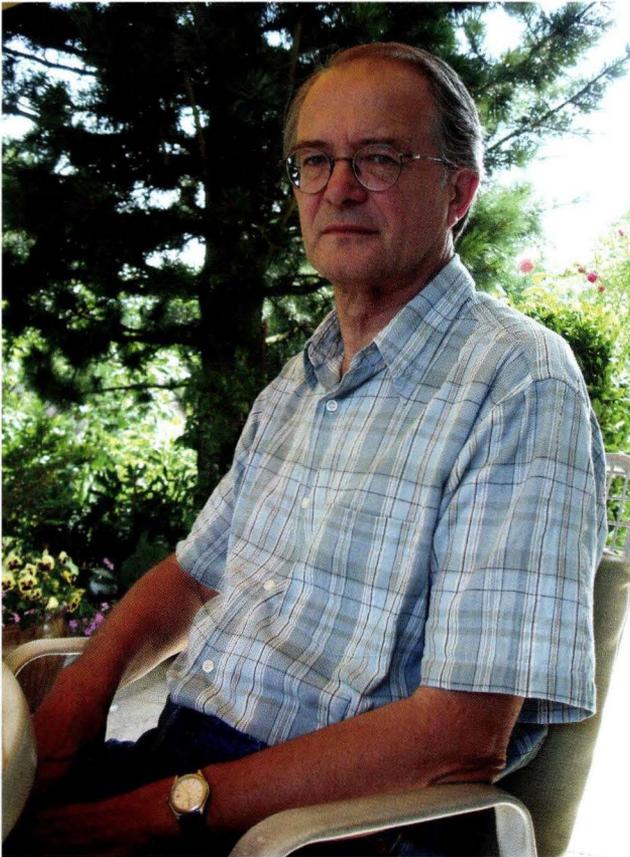


Abb. 1. Hans-Jürgen Anderle.

Am 22. Januar 2012, einen Tag vor seinem 73. Geburtstag, verstarb Dipl.-Geol. Hans-Jürgen Anderle nach schwerer Krankheit. Eine große Trauergemeinde von Freunden aus der Politik, des Nassauischen Vereins für Naturkunde, aus der Jazzmusik- und Kunst-Szene sowie dem geowissenschaftlichen Freundes- und Kollegenkreis, gaben Hans-Jürgen Anderle auf dem Südfriedhof in Wiesbaden zusammen mit seiner Familie das letzte Geleit.

Hans-Jürgen Anderle wurde am 23. Januar 1939 in Reichenberg im Sudetenland, dem heutigem Liberec in Tschechien, geboren. 1945, nach Vertreibung und Flucht, fand die Familie Aufnahme bei Verwandten im ca. 30 km entfernten Zittau (Sachsen), wo Hans-Jürgen Anderle bis zum 5. Schuljahr die Volksschule besuchte. 1951 siedelte die Familie in die BRD über, wo sie in Frankfurt a.M. eine neue Heimat fand. Dort

legte Hans-Jürgen Anderle 1960 am Ziehen-Gymnasium das Abitur ab.

Sein anschließendes Studium der Geologie/Paläontologie an der Johann-Wolfgang-Goethe Universität Frankfurt a.M. schloss er 1966 mit Auszeichnung bei Prof. Dr. Hans Murawski mit den „Geologischen Untersuchungen (U-Devon) im Loreley-Gebiet (Bl. 5812 St. Goarshausen)“ ab. Diese strukturgeologischen Studien gingen später in das von Prof. Murawski initiierte DFG-Projekt „Geotraverse Rhenoharzynikum“ durch das Rheinische Schiefergebirge, durch das die berufliche Entwicklung von Hans-Jürgen maßgeblich geprägt wurde, ein. Der Taunus nördlich von Wiesbaden war dann auch die gemeinsame Heimat mit seiner Frau Dr. Marija Dragica Anderle, Kunsthistorikerin, die er 1976 heiratete.

Eigentlich sollte sich eine Promotion bei Prof. Murawski anschließen, jedoch führte Hans-Jürgen Anderle ab 1967 als wissenschaftlicher Angestellter des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, HLfB (heute: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, HLUg) weitere Untersuchungen, im DFG-Projekt „Unternehmen Erdmantel – das Nordende des Oberrheingrabens“ zu diesem Themenkomplex durch. Ab 1972 mündete dies in eine Festeinstellung im HLfB, zunächst in der Ingenieur- und Rohstoff-Geologie mit der Aufnahme der Oberflächennahen Rohstoffe im Rheinischen Schiefergebirge. Später wechselte er zunächst in die Luftbildgeologie, fand dann aber seine eigentliche Berufung in der Kartierung, der Geologischen Landesaufnahme, wo er sich schnell als Strukturgeologe und als der Spezialist für die Geologie des Taunus etablierte. 1973 wurde er in das Beamtenverhältnis übernommen und schied im Januar 2004 als Geologiedirektor aus dem Amt aus.

Ein neuer Anlauf zu einer Promotion mit einem strukturgeologischen Thema an der Technischen Universität Darmstadt kam durch den frühzeitigen Tod des Doktorvaters Prof. Dr. Gerhard Solle nicht mehr zum Tragen.

Hans-Jürgen Anderle war ein national wie international hoch anerkannter und gefragter Geologe, spezialisiert auf Strukturgeologie und (Platten)Tektonik, Modell- und Faziesentwicklung im mitteleuropäischen Devon und älteren Einheiten des Rheinischen Schiefergebirges. So kam z.B. Prof. Dr. John F. Dewey, Geologie-Professor in Oxford (England), FRS (Fellow of the Royal Society in London) und Davies (USA), ein führender Vertreter der Plattentektonik-Theorie, extra aus England, um sich von Hans-Jürgen die Geologie des Taunus erläutern zu lassen. Daraus hat sich eine langjährige Freundschaft entwickelt.

\* Dr. G. Radtke (e-mail: gudrun.radtke@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

Hans-Jürgen Anderle zählte zu der heute „seltener“ werdenden Zunft der kartierenden Geologen, einer der sein Feld souverän beherrschte. Er war – wie man heute sagt – ein Allrounder, der sowohl zu Neuerkenntnissen in der Stratigraphie des Taunus beigetragen hat – und dabei eine neue Einheit entdeckte, den Bierstadtphyllit, als auch zu Ablagerungen im Tertiär und zu Fossilien des Mainzer Beckens etwas zu sagen hatte. Sein Studienfeld war das Gelände, er führte zahlreiche Exkursionen, verfasste Exkursionsführer, hielt Vorträge und schrieb sowohl als Experte in anerkannten Zeitschriften als auch sehr anschaulich für den interessierten Laien. Viele seiner Erkenntnisse gewann er durch sein großes Verständnis im Gelände und basierend auf guter Beobachtungsgabe kombiniert mit zeichnerischem Talent. Dabei setzte er komplizierteste geologische Verhältnisse gekonnt in strukturgeologische Profilzeichnungen um. Diese Darstellungen und Karten waren ihm wichtig, um eine komplizierte Geologie anschaulich zu machen. Seine große Kenntnis kam in mehr als 120 wissenschaftlichen Publikationen, z.T. in renommierten Fachzeitschriften, zum Ausdruck.

In den 80er Jahren war Hans-Jürgen Anderle intensiv im DEKORP1 Programm (Deep Seismic Investigations in the western part of the Rhenish Massif, Rhenohercynian) involviert. Dort waren sein Wissen und seine Interpretationen seismischer Reflektionen zur Schuppentektonik gefragt.

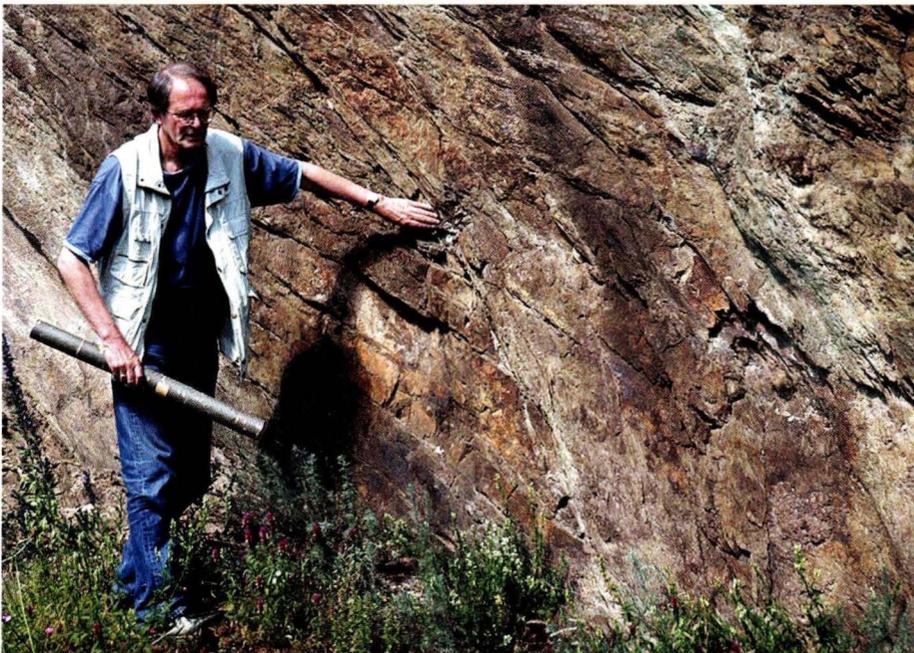
Neben vielen Beiträgen zur Geologie, Tektonik (Klüfte) als auch Lagerstätten in mehr als 17 Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000 war er selbst Autor von zwei geologischen Kartenwerken: Bl. 5715 Idstein (diese mit Erläuterungen) und Bl. 5714 Kettenbach. Die Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000 Frankfurt a.M. West und die

Strukturgeologische Karte des Taunus mit Vorland (Bl. 5817 Frankfurt a.M. West) gehen ebenfalls auf ihn zurück. Unterbrochen wurde seine Kartierung auf Bl. Kettenbach durch ein weiteres, ihn ganz in Anspruch nehmendes Großprojekt Mitte der 90er Jahre: Der Bau der ICE-Trasse Köln-Rhein/Main durch das Rheinische Schiefergebirge von der Moselmulde bis in das Rhein-Main-Gebiet mit zahlreichen tiefen Bohrungen, sowie diversen Brücken- und Tunnelbauten. Hier konnte Hans-Jürgen Anderle mit den detaillierten geologischen Aufnahmen der Tunnelbereiche wichtige Ergebnisse zum internen Bau des Rheinischen Schiefergebirges entlang der ICE-Trasse Köln-Rhein/Main liefern.

Ab Mitte der 90er Jahre betreute Hans-Jürgen Anderle die Dr.-Arbeit von Thomas KLÜGEL (1997): „Geometrie und Kinematik einer variszischen Plattengrenze – der Südrand des Rhenohercynikums im Taunus“. Im Rahmen dieses von Prof. Dr. O. Oncken (GFZ Potsdam) initiierten DFG-Projektes bestand für Hans-Jürgen Anderle die Möglichkeit, große Teile seines Wissens über den Taunus in die Arbeiten einfließen zu lassen. Daraus entstand eine hervorragende Publikation in den Geologischen Abhandlungen von Hessen Bd. 101. Thomas Klügel dankte Hans-Jürgen speziell für die Unterstützung mit seiner enormen Literaturkenntnis, auf die er zurückgreifen konnte.

Hans-Jürgen Anderles Fähigkeiten waren darüber hinaus in den verschiedensten Arbeitskreisen gefragt. So war er langjähriges Mitglied der Deutschen Subkommission für Devon-Stratigraphie, hier sogar international zum „Titular Member“ gewählt. Ebenso war er Mitglied in der Deutschen Subkommission Riphäikum–Silur. Als Mitglied der Subkommissionen verfasste er wichtige Beiträge zum Rheinischen Schiefergebirge im Allgemeinen, speziell zu Taunus, Lindener Mark, Marburg und Kellerwald. Auch in der Stratigraphie von Deutschland IX, Tertiär Teil I, erläuterte er die Tertiär-Stratigraphie des Taunus.

Neben seinen beruflichen Aktivitäten war Hans-Jürgen Anderle gesellschaftspolitisch sehr engagiert. So z.B. widersetzte er sich heftig der geplanten Mülldeponie Messel und lieferte einen Beitrag zum Erhalt der Grube, die inzwischen UNESCO Weltnaturerbe wurde. Seinen Kollegen hat er



**Abb. 2.** Exkursionsleiter Hans-Jürgen Anderle an einem Aufschluss am Fuß der Loreley.

mit dem Report des Club of Rome (1988) „Global 2000“ die Grenzen des Wachstums schon damals nahegebracht.

Die Vielseitigkeit seiner Interessen und Aktivitäten zeigten sich u.a. in seinem über 20jährigen politischen Engagement im Ortsparlament von Wiesbaden-Naurod (1985–2006) und seit 1988 im Stadt-Parlament für die Wiesbadener Bündnis90/Die Grünen-Fraktion.

Hans-Jürgen Anderle war seit 1996 der 1. Vorsitzende des Nassauischen Vereins für Naturkunde (NVN) – einer der renommiertesten Vereine Wiesbadens – und damit auch Herausgeber der Jahrbücher, Exkursionshefte und Mitteilungen etc., die er darüber hinaus intensiv mit mehr als 45 wissenschaftlichen Beiträgen bereicherte. Dieses enorme Engagement erfüllte er unermüdlich und mit großem Pflichtbewusstsein bis zu seinem Tod. Das Erscheinungsbild des NVN trägt deutlich seine persönliche Handschrift. So brachte er viele neue Ideen ein, wie z.B. das sehr beliebte gemeinsame Exkursionsprogramm mit dem Kurier Wiesbaden „KURIER NATUR“. Sein Engagement für die breite Öffentlichkeit belegte er mit vielen Artikeln und Exkursionen zu diversen Themen, wie z.B. „Tiefste Bohrung Wiesbadens“ oder „der Goethe-Stein“ und viele, viele andere.

Zum 175jährigen Bestehen des Vereins initiierte er den Sonderband „Streifzüge durch die Natur von Wiesbaden und Umgebung“ (2004). Die Herausgabe der 2. verbesserten und erweiterten Auflage (2012) hat er noch in die Wege geleitet, sie leider aber nicht mehr erleben dürfen. Der Verein hat sie ihm zu Ehren gewidmet. Darin beschrieb er das Kapitel „Untergrund und Erdgeschichte von Wiesbaden“ und untermauerte seinen Beitrag mit detaillierten geologischen Karten. Er erkannte früh die Bedeutung von Sammlungen „das Rückgrat eines jeden Museums“, so z.B. die der Aufsammlungen der berühmten Gebrüder SANDBERGER im Museum Wiesbaden. Aus ihr heraus organisierte er zum 175jährigen Jubiläum die sehenswerte Ausstellung „ZeitReise“, wofür der Verein im Rahmen der Feier-

lichkeiten ein zweites Mal die Ehrenplakette der Stadt Wiesbaden erhalten hat. Im Namen des Nassauischen Vereins kämpfte er lange gegen die Schließung der Naturwissenschaftlichen Sammlung (NWS) und gegen die Vereinnahmung des Dreisparten-Museums (Altertümer, Naturwissenschaftliche Sammlung, Kunst) ausschließlich durch Kunstobjekte. Letztendlich war er mit der Wiedereröffnung der jetzt benannten „Naturhistorischen Sammlung“ als Dauerausstellung im Museum Wiesbaden sehr erfolgreich.

Ein großes Hobby war auch die Musik, speziell der Jazz. Als ausgewiesener Experte schrieb er Kritiken zu Konzerten und Platten/CDs der Jazz-Musik und besaß eine sehr umfangreiche private Sammlung an Tonträgern. Eines seiner letzten Projekte war eine Filmdokumentation über „Jazz in Wiesbaden“, die nun leider ohne ihn fertig gestellt wird.

Für sein gesellschaftspolitisches Engagement wurde er für den Ludwig-Beck-Preis für Zivilcourage der Landeshauptstadt Wiesbaden nominiert.

Hans-Jürgen Anderle gehörte zu den kritischen, gesellschaftspolitisch einflussnehmenden Menschen. Oft beschäftigten ihn umweltpolitische Themen, die stark durch sein naturwissenschaftliches Denken geprägt waren. Er kämpfte für seine Überzeugungen, sehr viele kritische Leserbriefe aber auch konstruktive Verbesserungsvorschläge gehen auf ihn zurück. Die Geologie war seine ganze Leidenschaft, die er mit Beharrlichkeit und großer Akribie ausfüllte. Sein geliebter Taunus wird mit seinen Beiträgen sowohl in „Geologie in Hessen“ als auch umfassend in der Reihe „Sammlung Geologischer Führer“ durch ihn noch eine moderne geowissenschaftliche Beschreibung erhalten.

Mit Hans-Jürgen Anderle haben wir einen sehr sympathischen, zurückhaltenden, stets hilfsbereiten und ausgesprochen zuverlässigen Strukturgeologen und Kollegen verloren. Er hinterlässt eine tiefe und schmerzhaft Lücke im Freundes- und Kollegenkreis.

## Veröffentlichungen von Hans-Jürgen Anderle

- ANDERLE, H.-J. (1966): Geologische Untersuchungen (U-Devon) im Lorelei-Gebiet (Bl. 5812 St. Goarshausen). – Unveröff. Dipl.-Arbeit, Geol.-Paläont. Inst. Univ. Frankfurt a.M.: 97 S., 20 Abb., 4 Tab., 1 Taf., 2 Kt., Anhang; Frankfurt a.M.
- ANDERLE, H.-J. (1967): Neufassung der Spitznack-Schichten des Lorelei-Gebietes (Unter-Ems, Rheinisches Schiefergebirge). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 45–63, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1968): Die Mächtigkeiten der sandig-kiesigen Sedimente des Quartärs im nördlichen Oberrhein-Graben und der östlichen Untermain-Ebene. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 185–196, Taf. 8; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & THEWS, J.-D. (1969): Grabgänge dekapoder Krebse in oligozänen Sanden am Geiskopf bei Wiesbaden-Frauenstein (Bl. 5915 Wiesbaden). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 76–80, Taf. 6; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1970): Outlines of the structural development at the northern end of the Upper Rhine Graben. – In: ILLIES, J.H. & MUELLER, S. (Hrsg.): Graben Problems: 97–102, 1 fig.; Stuttgart (Schweizerbart).
- ANDERLE, H.-J., EHRENBERG, K.-H. & MEISL, S. (1972): Metamorphe Zone und Unterdevon im Taunus. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **54**: 123–139, 2 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. & MEISL, S. (1973): Geologisch-Mineralogische Exkursion in den Südtanunus (Exkursion A1, 1.10.1973). – Exkursionsführer Geowiss. Tagung Frankfurt a.M.: 1–34, 2 Abb., 3 Tab.; Frankfurt a.M.
- ANDERLE, H.-J. (1974): Block tectonic interrelations between northern Upper Rhine Graben and southern Taunus Mountains. – In: ILLIES, J.H. & FUCHS, K. (Hrsg.): Approaches to Taphrogenesis: 243–253, 1 fig.; Stuttgart (Schweizerbart).

- ANDERLE, H.-J. (1974): Lagerstätten. – In: SCHMITT, O. & STEUER, A.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 6016 Groß-Gerau. – 2. Aufl.: 49–52; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. & MEISL, S. (1974): Geologisch-Mineralogische Exkursion in den Südtanus. Exkursion A1 am 1.10.1973. Geowissenschaftliche Tagung in Frankfurt a.M. – Fortschr. Mineral., **51** (2): 137–156, 2 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. (1976): Der Südrand des Rhenoharzynikums im Taunus. Vorläufige Mitteilung der Ergebnisse tektonischer Untersuchungen. – Geol. Jb. Hessen, **104**: 279–284; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & ECKERT, H.-U. (1976): Tektonik des Taunus. – In: KÜMMERLE, E.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5618 Friedberg: 88–96, 3 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. (1977): Lagerstätten. – In: SCHARPFF, H.-J.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 6316 Worms: 97–104, 1 Abb.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J., BEHR, H.-J., LANGHEINRICH, G., MEISL, S. & SCHREINER, M. (1977): Tektonische Entwicklung des östlichen Rheinischen Schiefergebirges (Verformungsanalyse, Kinematik der Orogenese). Metamorphose-Bedingungen am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges (Taunus). – Exkursionsführer Geotagung, 77, I, Exkursion B: 59–92, 9 Abb.; Göttingen (Geol.-Paläont. Inst. u. Mus.).
- AHRENDT, H., ANDERLE, H.-J., BEHR, H.-J., MEISL, S. & WEBER, K. (1977): Tektonische Entwicklung des östlichen Rheinischen Schiefergebirges. – Exkursionsführer Geotagung, 77, I, Exkursion G: 93–169, 39 Abb.; Göttingen (Geol.-Paläont. Inst. u. Mus.).
- ANDERLE, H.-J. (1980): Lagerstätten. – In: GOLWER, A. & SEMMEL, A.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5917 Kelsterbach. – 3. Aufl.: 80–83; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. & GOLWER, A. (1980): Tektonik. – In: GOLWER, A. & SEMMEL, A.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5917 Kelsterbach. – 3. Aufl.: 50–64, 5 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. & MEISL, S. (1980): Outline of the geology and mineralogy of the southern Taunus Mountains. – In: WEBER, K. (ed.): Guide to Excursion Rheinisches Schiefergebirge, International Conference on the Effect of Deformation on Rocks, April 12–14, 1980: 50–55, 1 fig., 1 tab.; Göttingen.
- ANDERLE, H.-J. (1981): Klüfte. – In: KUPFAHL, H.-G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 4723 Oberkaufungen. – 2. Aufl.: 112–114, 1 Tab.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- MEISL, S., ANDERLE, H.-J. & STRECKER, G. (1982): Niedrigtemperierte Metamorphose im Taunus und im Soonwald. – Fortschr. Mineral., **60** (Beih. 2): 43–69, 4 Abb.; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. (1983): Jungkimmerisch rotierte Kluffgefüge aus hessischen Grabenzonen. – Geol. Jb. Hessen, **111**: 251–260, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1984): Postvaristische Bruchtektonik und Mineralisation im Taunus – Eine Übersicht. – Schr.-R. Ges. dt. Metallhütten- u. Bergleute, **41**: 201–217, 2 Abb.; Weinheim (Verl. Chemie).
- ANDERLE, H.-J., BARGON, E., THIEL, E. & WEIDNER, E. (1984): Ein zersetzter Basaltgang in Wiesbaden-Sonnenberg – seine geologische Stellung und bodenkundliche Bedeutung. – Geol. Jb. Hessen, **112**: 199–217, 3 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1985): Klüfte. – In: KUPFAHL, H.-G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5018 Wetter (Hessen): 84–88, 1 Abb.; Wiesbaden. (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. (1985): The evolution of the southern Hunsrück borderzone [Vortragskurzfassung]. – Terra cognita, **5** (2–3): 106; Straßburg.
- ANDERLE, H.-J. (1987): Das „unbekannte“ Unterdevon im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Zbl. Geol. Paläont., I: 2–3; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. (1987): Entwicklung und Stand der Unterdevon-Stratigraphie im südlichen Taunus. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 81–98, 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1987): Klüfte. – In: MOTZKA-NÖRING, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 4925 Sontra. – 2. Aufl.: 140–148, 2 Abb.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. (1987): Flußspat. – In: MOTZKA-NÖRING, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 4925 Sontra. – 2. Aufl.: 193–194; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. (1987): The evolution of the South Hunsrück and Taunus Borderzone. – In: ZIEGLER, P.A. (Ed.): Compressional Intra-Plate Deformations in the Alpine Foreland. – Tectonophysics, **137**: 101–114, 6 figs.; Amsterdam.
- ANDERLE, H.-J. & MITTMAYER, H.-G. (1988): Unterems im Taunus zwischen Aartal und Idsteiner Senke (Exkursion E am 8. April 1988). – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **70**: 87–98, 6 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. (1989): Klüfte. – In: BECKER, R.E.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5023 Ludwigseck: 152–156, 1 Abb.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. (1990): Schuppenbau und Gegenvergenz am Südrand des Rhenoharzynikums im Taunus (Rheinisches Schiefergebirge). – TSK III – 3. Symposium für Tektonik, Strukturgeologie, Kristallinologie im deutschsprachigen Raum. Kurzfassungen der Vorträge und Poster, Graz 19.–21. April 1990: 6–8; Graz.
- ANDERLE, H.-J., MASSONE, H.-J., MEISL, S., ONCKEN, O. & WEBER, K. (1990): Southern Taunus Mountains. – In: FRANKE, W. (ed.): Field-Guide to pre-conference excursion: Mid-German Crystalline Rise & Rheinisches Schiefergebirge. – Int. Conference on Paleozoic Orogens in Central Europe, Göttingen–Giessen, Aug.–Sept. 1990: 125–148, 17 figs.; Göttingen.
- ANDERLE, H.-J. mit Beiträgen von ABEL, H., BÄRWALD, R., BLUM, R., FICKEL, W., HOLTZ, S., HOTTENROTT, M., KIRNBAUER, T., LUX, P., MITTMAYER, H.-G., QUADFLIEG, A., REITZ, E., ROSENBERG, F., STENGEL-RUTKOWSKI, W. & WOLF, M. (1991): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5715 Idstein. – 2. Aufl., 239 S., 32 Abb., 21 Tab., 1 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- EBERT, A. & ANDERLE, H.-J. (1991): Geologische Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5715 Idstein, 2. Aufl.; Wiesbaden.
- DEKORP Research Group, ANDERLE, H.-J., BITTNER, R., BORTFELD, R., BOUCKAERT, J., BÜCHEL, G., DOHR, G., DÜRBAUM, H.-J., DURST, H., FIELITZ, W., FLUH, E., GUNDLACH, T., HANCE, L., HENK, A., JORDAN, F., KLASCHEN, D., KLÖCKNER, M., MEISSNER, R., MEYER, W., ONCKEN, O., REICHEL, C., RIBBERT, K.-H., SADOWIAK, P., SCHMINCKE, H.-U., SCHMOLL, J., WALTER, R., WEBER, K., WEIHRACH, U. & WEVER, T. (1991): Results of the DEKORP 1 (BELCORP-DEKORP) deep seismic reflection studies in the western part of the Rhenish Massif. – Geophys. J. Int., **106**: 203–227, 24 figs., 1 tab.; Oxford.
- ANDERLE, H.-J. & TIEDEMANN, J. (1992): Die Taunusquerung der geplanten DB-Neubaustrecke Köln-Rhein/Main – Strukturgeologie

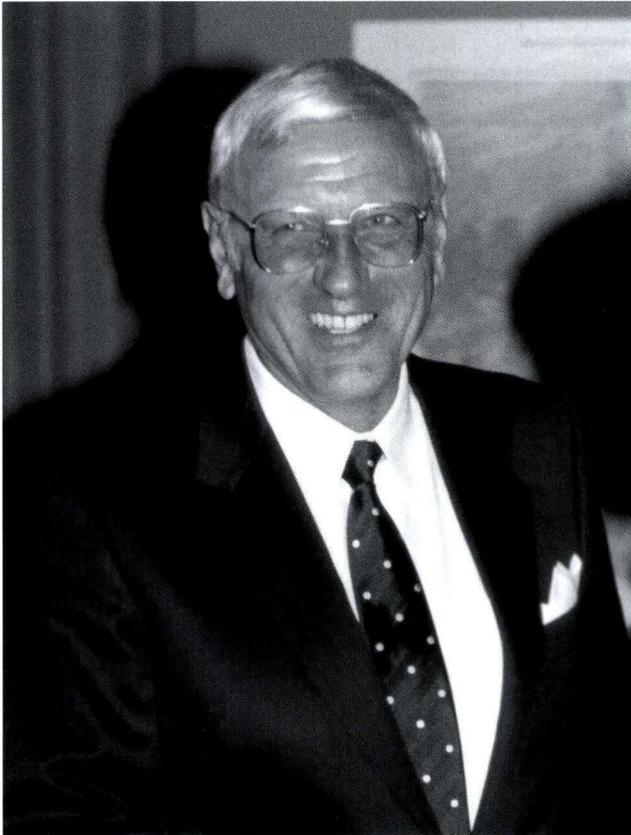
- und Prognose der Teilkörperbeweglichkeit. – Felsbau, **10**: 120–127, 16 Abb.; Essen.
- ANDERLE, H.-J. & KIRNBAUER, T. (1993): Das Schwespat-Vorkommen von Naurod im Taunus (Bl. 5815 Wehen) – eine prävaristische Gangmineralisation. – Geol. Jb. Hessen, **121**: 91–123, 10 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1994): Klüfte, Querplattung, Querrippung und Falten. – In: EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen. – 2. Aufl.: 232–236, 2 Abb.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- SOMMERMANN, A.-E., ANDERLE, H.-J. & TODT, W. (1994): Das Alter des Quarzkeratophyrs der Krausau bei Rüdesheim am Rhein (Bl. 6013 Bingen, Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **122**: 143–157, 5 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & HOTTENROTT, M. (1995): Ältestes Tertiär im Rheinischen Schiefergebirge – Ein Paläozän-Vorkommen bei Limburg an der Lahn. – Terra Nostra, **4**: 16–17; Bonn.
- ANDERLE, H.-J. & KIRNBAUER, T. (1995): Geologie von Naurod im Taunus. – In: 650 Jahre Naurod 1346–1996. Nauroder Chronik bis zur Gegenwart: 85–103, 6 Abb.; Wiesbaden-Erbenheim (Marianne Breuer Verl.).
- ANDERLE, H.-J., FRANKE, W. & SCHWAB, M. (1995): Rhenohercynian foldbelt: metamorphic units (northern phyllite zone) – stratigraphy. – In: DALLMEYER, R.D., FRANKE, W. & WEBER, K. (eds.): Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe: 99–107, 4 figs.; Berlin (Springer).
- FRANZKE, H.J. & ANDERLE, H.-J. (1995): Rhenohercynian foldbelt: metamorphic units (northern phyllite zone) – metallogenesis. – In: DALLMEYER, R.D., FRANKE, W. & WEBER, K. (eds.): Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe: 138–150, 7 figs.; Berlin (Springer).
- REITZ, E., ANDERLE, H.-J. & WINKELMANN, M. (1995): Ein erster Nachweis von Unterordovizium (Arenig) am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges im Vordertaunus: Der Bierstadt-Phyllit (Bl. 5915 Wiesbaden). – Geol. Jb. Hessen, **123**: 25–38, 5 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- SKERSTUPP, B., YE, Y., KIRNBAUER, T., ANDERLE, H.-J. & URBAN, H. (1995): Precious metals (Au, Ag, Pd) in the southern Rhenish Massif (Taunus, Hunsrück). – Ber. dt. mineral. Ges., Beih. eur. J. Min., **7** (1): 233; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. (1996): Grube Messel Weltnaturerbe. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **38**: 3–4; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1996): Museum Wiesbaden. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **38**: 10; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1997): Museum Wiesbaden – Ein Zwischenbericht. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **39**: 15–16; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1997): Neufunde von Basalten im Taunus. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **118**: 103–104, Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1997): Unsere Messel-Exkursion am 12. Juli 1997. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **40**: 26; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1997): Naturwissenschaftliche Sammlung des Museums Wiesbaden – 2. Zwischenbericht. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **40**: 27–28; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., KIRNBAUER, T. & KÜMMERLE, E. (1997): Geologische Stadtwanderung Wiesbaden. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **2**: 1–3, 1 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., BENDER, P., LIPPERT, H. & NESBOR, H.-D. (1997): Tektonik. – In: BENDER, P., LIPPERT, H.-J. & NESBOR, H.-D. (1997): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5216 Obersched. – 2. Aufl.: 208–225; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. (1998): Die Aufschlüsse beim Bau der Schnellbahn-Trasse Köln-Rhein/Main in Hessen. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **41**: 17–18; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1998): Die Gründung des Vereins Lahn-Marmor-Museum und die Lahn-Marmor-Tagung in Villmar. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **41**: 23–24; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1998): Geologische Exkursion zur Neubaustrecke der Deutschen Bahn AG im Taunus. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **5**: 1–3, 1 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1998): Geologischer Rundgang durch Idstein. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **11**: 2–3, 1 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1998): Taunus. – In: KIRNBAUER, T.: Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., Sonderbd. **1**: 28–33; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., REITZ, E. & WINKELMANN, M. (1998): A piece of Lower Ordovician Gondwana sediments in the Southeast Avalonia Taunus Mts.: The Bierstadt Phyllite. – Schr. staatl. Mus. Min. Geol. Dresden, **9**: 96; Dresden. [Abstract für gleichnamiges Poster zur Tagung „Pre-Variscan Terrane Analysis of ‘Gondwanan’ Europe“, 28.4.–4.5.1998 in Dresden]
- ANDERLE, H.-J. (1999): Ein Pyritwürfel im Schiefer macht Bewegung an der Grenze Vordertaunus/Taunuskamm sichtbar. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **120**: 141–145, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1999): Goethes „Urbreccie“ und die Geologie des Rochusberges bei Bingen. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **16**: 1–7, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1999): 170 Jahre Nassauischer Verein für Naturkunde. Schiffstour auf dem Rhein nach Kaub. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **17**: 1–3, 1 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1999): 170 Jahre Nassauischer Verein für Naturkunde. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **43**: 8–9; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1999): Gemeinsame Exkursionen mit der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover: Der Besuch im Nationalpark Müritz – Serrhan. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **42**: 9–10; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1999): Was hat Goethe mit dem Museum Wiesbaden zu tun? – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **43**: 28; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (1999): Klüfte und Kleintektonik im Grund- und Deckgebirge. – In: BECKER, R.E. & KULICK, J. †: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 4923 Altmorschen. – 2. Aufl.: 226–232, 4 Abb.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Bodenforsch.).
- ANDERLE, H.-J. & RADTKE, G. (1999): Die ICE-Neubaustrecke in Hessen: Neue Ergebnisse zur Geologie. – Schr.-R. dt. geol. Ges., **7**: 19; Hannover. [Vortragskurzfassung 151. Hauptversammlung, 2.–10.10.1999, Wiesbaden]
- ANDERLE, H.-J. & RADTKE, G. (1999): Geologische Aufnahme entlang der ICE-Neubaustrecke Köln-Rhein/Main. – In: Tätigkeitsbericht des HfLB 1996–1999. – Geologie in Hessen, **5**: 12–14, Abb. 12–15; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1999): Rundgang um Zollhaus mit Erläuterungen zu Geologie, altem Bergbau und Sauerbrunnen. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **18**: 1–7, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2000): Gezeitsedimente in der Hermeskeil-Formation (Siegen-Stufe, Unterdevon) von Niedernhausen im Taunus (Bl. 5815 Wehen, Rheinisches Schiefergebirge). – Jb. nass. Ver. Naturkde., **121**: 83–94, 5 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & RADTKE, G. (2000): Die ICE-Neubaustrecke Köln-Rhein/Main in Hessen: Ein geologisches Schaufenster. – Mitt. Ges.

- Geol. Bergbaustud. Österr., **43**: 19–20; Wien. [Kurzfassung für gleichnamiges Poster zur Tagung Sediment 2000, 21.–23.6.2000 in Leoben]
- ANDERLE, H.-J., REITZ, E. & WINKELMANN, M. (2000): First evidence of Early Ordovician Gondwana sediments in the Southeast Avalonia Taunus Mts.: The Bierstadt Phyllite. – Acta Univ. Carolinae Geologica 1998, **42**: 375–379, 5 figs.; Prag.
- ANDERLE, H.-J. (2001): Der Blick in Baugruben zeigt die Geologie Wiesbadens. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **46**: 15; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2001): Blatt Frankfurt a.M.-West der Geologischen Übersichtskarte 1 : 200 000 (GÜK 200) erschienen. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **48**: 21–22; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2001): Die Naturwissenschaftlichen Sammlungen des Museums Wiesbaden. – scriptum, **8**: 7; Krefeld.
- ANDERLE, H.-J. (2001): Die Situation der Naturwissenschaftlichen Sammlung des Museums Wiesbaden. – Geowissenschaftl. Mitt., **6**: 83–85; Hannover.
- ANDERLE, H.-J. (2001): Vordertaunus – Westfortsetzung NPZ [Nördliche Phyllit-Zone]. – In: Stratigraphische Kommission Deutschlands (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland II. Ordovizium, Kambrium, Vendium, Riphäikum. – Teil II: Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Nordthüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **234**: 121–128, 1 Abb.; Frankfurt a.M.
- ANDERLE, H.-J. & RADTKE, G. (2001): Beobachtungen zur oligozänen Meeresküste in Wiesbaden – Küstensedimente beiderseits von Nero- und Rambachtal. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **122**: 23–42, 13 Abb.; Wiesbaden.
- FRANKE, W.R. & ANDERLE, H.-J. (2001): Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000, CC 6310 Frankfurt a.M.-West; Hannover.
- HORN, M. & ANDERLE, H.-J. (2001): Lindener Mark bei Gießen/Vogelsberg. – In: Stratigraphische Kommission Deutschlands (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland II. Ordovizium, Kambrium, Vendium, Riphäikum. – Teil II: Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Nordthüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **234**: 129–134, 1 Abb.; Frankfurt a.M.
- ANDERLE, H.-J. (2002): Die Idsteiner Senke. Geologie und Landschaft. – Jb. Rheingau-Taunus-Kreis 2003, **54**: 116–119, 1 Abb.; Bad Schwalbach.
- ANDERLE, H.-J. (2002): Die Situation der Naturwissenschaftlichen Sammlung des Museums Wiesbaden. – scriptum, **9**: 7–10, 3 Abb.; Krefeld.
- ANDERLE, H.-J. (2002): Georg Dahmers Spuren in der Welt. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **49**: 12–13; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2002): Geologischer Spaziergang im Goldsteintal in Wiesbaden. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **26**: 1–6, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2002): Zur Geologie des Hunsrückschiefers im Aartal bei Bad Schwalbach. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **29**: 7–9, 1 Abb.; Wiesbaden.
- ENGEL, D.O., WEIDENFELLER, M. & ANDERLE, H.-J. (2002): Geologie und Landschaft im Neuwieder Becken am Mittelrhein. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **28**: 1–16, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2003): Hunderte Meter dicke Gesteinspakete. Zur Geologie des Hunsrückschiefers im Aartal bei Bad Schwalbach. – Jb. Rheingau-Taunus-Kreis 2004, **55**: 52–54, 1 Abb.; Bad Schwalbach.
- ANDERLE, H.-J., HEIDELBERGER, D. & HOTTENROTT, M. (2003): Das Kalkwerk Schaefer in Hahnstätten. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **34**: 1–19, 3 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., HOTTENROTT, M., KIESEL, Y. & KIRNBAUER, T. (2003): Das Paläozän von Hahnstätten im Taunus (Bl. 5614 Limburg a.d. Lahn): Untersuchungen zu Tektonik, Paläokarst, postvaristischer Mineralisation und Palynologie. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **241**: 183–207, 4 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Frankfurt a.M.
- ANDERLE, H.-J. (2004): Untergrund und Erdgeschichte Wiesbadens. – In: Streifzüge durch die Natur von Wiesbaden und Umgebung. Herausgegeben vom Nassauischen Verein für Naturkunde anlässlich seines 175-jährigen Bestehens. – Jb. nass. Ver. Naturkde., Sonderbd. **2**: 1–9, 4 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2004): Die Subkommission Proterozoikum–Silur der Stratigraphischen Kommission Deutschlands und die Glossare für Riphäikum, Vendium, Kambrium, Ordovizium und Silur. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **52**: 27–28; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & SABEL, K.-J. (2004): Erd- und Landschaftsgeschichte Wiesbadens – mit dem ESWE-Bus durch Zeit und Raum. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **35**: 1–7, 2 Abb., 1 Kt.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2004): Geologie und Geschichte im Nassauer Land – zentraler Taunus und südliches Limburger Becken. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **36**: 1–7, 2 Abb., 1 Kt.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., BENDER, P. & NESBOR, H.-D. (2004): Neuaufnahme des Oberdevon-Profiles von Freindiez (Bl. 5614 Limburg an der Lahn). – Geol. Jb. Hessen, **131**: 183–189, 7 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2005): Geologische Exkursion an den Oberen Mittelrhein – Weltkulturerbe. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **37**: 1–10, 5 Abb., 2 Tab., 1 Kt.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2006): Joachim Barrande und der Nassauische Verein für Naturkunde. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **55**: 10–15, 2 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2006): Projekt Deponielehrpfad. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **55**: 17; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2006): Taunus – Vordertaunus – Taunuskamm. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VII. Silur. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., **46**: 45–48, Abb. 20; Hannover.
- ANDERLE, H.-J. (2006): Ostrand Rheinisches Schiefergebirge – Lindener Mark bei Gießen – Damm-Mühle bei Marburg – Kellerwald. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VII. Silur. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., **46**: 49–56, Abb. 21–23; Hannover.
- KÜMMERLE, E. & ANDERLE, H.-J. (2006): Geologischer Rundgang durch Frauenstein. – Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde., **44**: 1–6, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2007): Die aktuelle Situation im Museum Wiesbaden. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **57**: 17; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2007): Einblicke in die Geologie des Taunus zwischen Limburg und Wiesbaden (Exkursion B am 12. April 2007). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **89**: 123–149, 10 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- ANDERLE, H.-J. (2007): Neues Mindestalter für die postvaristischen Quarzgänge des Taunus: Obereozän. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **128**: 145–147; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2008): Südtaunus. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VIII. Devon. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., **52**: 118–130, 2 Abb., 1 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- ANDERLE, H.-J. (2009): Zeitsprünge. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **61**: 10; Wiesbaden.

- ANDERLE, H.-J. (2009): Goethestein in Bingen neu gestaltet. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **61**: 10–11; Wiesbaden.
- ANDERLE (2009): Jüdische Mitglieder des Nassauischen Vereins für Naturkunde in der Zeit des Nationalsozialismus. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **128**: 5–42; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2009): Basaltgänge. – In: KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5817 Frankfurt a.M. West. – 3. Aufl.: 28–30, 1 Tab.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Umwelt Geol.).
- ANDERLE, H.-J. (2009): Variscische Tektonik und Metamorphose im Vordertaunus. – In: KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5817 Frankfurt a.M. West. – 3. Aufl.: 80–86, 3 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Umwelt Geol.).
- ANDERLE, H.-J. mit Beiträgen von KOWALCZYK, G., KÜMMERLE, E. & STRECKER, G. (2009): Paläozoikum. – In: KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5817 Frankfurt a.M. West. – 3. Aufl.: 12–28, 7 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Umwelt Geol.).
- ANDERLE, H.-J. & KÜMMERLE, E. (2009): Postvariscische Tektonik. – In: KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5817 Frankfurt a.M. West. – 3. Aufl.: 86–88; Wiesbaden (Hess. L.-Amt Umwelt Geol.).
- ANDERLE, H.-J. (2010): Absage an vergitterte Felswände in Taunustälern. – Mitt. nass. Ver. Naturkde., **62**: 34–36, 2 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (2010): Lage und Bedeutung der bisher tiefsten Bohrung Wiesbadens. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **131**: 77–86, 5 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & MICHELS, F. (2010): Geologische Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5714 Kettenbach. – 2. Aufl.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., SCHINDLER, T., WUTTKE, M. & ZINKERNAGEL, U. (2011): Goethes „Urbreccie“ – ein verkieselter Hangschutt im nordwestlichen Mainzer Becken (Tertiär, Paläogen; SW-Deutschland) und seine Genese. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **132**: 61–107, 28 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. & HOTTENROTT, M. (2011): Taunus. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., **75**: 344–353, 4 Abb.; Hannover.
- ANDERLE, H.-J. (2012): Heftpflaster statt Ganzkörperverband. Im Aar- und Wispertal vernichten Stahlnetze wertvolle Biotope auf Felsen. – Jb. Rheingau-Taunus-Kreis, **63**: 83–85, 3 Abb.; Bad Schwalbach.
- ANDERLE, H.-J. (2012): Der alte Untergrund Wiesbadens. – In: Streifzüge durch die Natur von Wiesbaden und Umgebung. Herausgegeben vom Nassauischen Verein für Naturkunde. – Jb. nass. Ver. Naturkde. – 2. Aufl., Sonderbd. **2**: 1–9, 4 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. (in Vorber.): Der Taunus. – In: BECKER, R.E. & REISCHMANN, T. (Hrsg.): Geologie von Hessen; Stuttgart (Schweizerbart).
- ANDERLE, H.-J. & HOTTENROTT, M. (in Vorber.): Tertiär im Taunus. – In: BECKER, R.E. & REISCHMANN, T. (Hrsg.): Geologie von Hessen; Stuttgart (Schweizerbart).
- ANDERLE, H.-J. (in Vorber.): Taunus. – Sammlung Geologischer Führer; Stuttgart (Borntraeger).

KARL-JOSEF SABEL\*

## Nachruf Ernst Bargon



Im Alter von 87 Jahren verstarb am 28. Februar 2013 Prof. Dr. Ernst Bargon in Wiesbaden. Er war bis zu seiner Pensionierung 1991 über 16 Jahre Leiter des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (HLfB).

Geboren am 09. Oktober 1926 in Bad Godesberg musste er noch vor Abschluss der gymnasialen Schulausbildung ab Februar 1943 zum Einsatz als Luftwaffenhelfer. Nach dem Abitur und einer Landwirtschaftslehre von Juni 1947 bis Oktober 1949 schrieb er sich ab dem Wintersemester 49/50 an der Universität Bonn für Agrarwissenschaften mit Schwerpunkt Bodenkunde und den Nebenfächern Geologie und Mineralogie ein und schloss das Studium mit einer Promotion im Sommer 1955 erfolgreich ab. Zu seinen akademischen Lehrern zählte u.a. Eduard Mückenhausen.

Schon ein Jahr zuvor war er – anfangs befristet – beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung als wissenschaftlicher Mitarbeiter für die bodenkundliche Kartierung der landwirt-

schaftlichen Sonderkulturen Weinbau und später auch gewerblicher Obstbau eingestellt worden. Maßgeblich war er an der Weinbergsbodenkartierung und der Erstellung der Weinbaustandortkarten Hessen 1 : 5 000 beteiligt, die bis heute als wichtige Grundlage für die Förderung und Entwicklung des Qualitätsweinbaus in Hessen dienen. Zudem wurde Ernst Bargon für viele Jahre in den Sachverständigenausschuss für die Durchführung des Weinwirtschaftsgesetzes berufen und vertrat dort bodenkundliche Belange.

Später setzte bundesweit die Bodenkundliche Landesaufnahme 1 : 25 000 ein, und er übernahm z.T. in Zusammenarbeit mit den Kollegen aus Rheinland-Pfalz die Kartierung der Messtischblätter 6217 Zwingenberg, 5915 Wiesbaden und 5817 Frankfurt-West und später noch die Blätter 5819 Frankfurt-Ost und 5820 Hanau sowie die Bearbeitung der Erläuterungen. Ernst Bargon arbeitete in seiner Laufbahn an einer Vielzahl weiterer bodenkundlicher Fragestellungen wie z.B. den Lockerbraunerden im Odenwald, beschäftigte sich mit den Problemen der Bodenerosion oder mit bodenkundlichen Fragen bei wasserwirtschaftlichen Planungsvorhaben. Von besonderem umweltpolitischen Interesse waren seine Forschungen zur Kultivierung von Niedermooren, die, analog zu Maßnahmen in Norddeutschland, auch in Hessen erprobt, die aber wegen der ablehnenden gutachterlichen Beurteilung Bargons nicht großflächig umgesetzt wurden. Seine wissenschaftliche Arbeit hat sich in 56 Publikationen niedergeschlagen.

Aus dieser Arbeitsphase befinden sich noch weitere „sehenswerte“ Produkte in größerer Zahl im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie. So wurden in den 60er Jahren in Zusammenarbeit auch mit Ernst Bargon Lackabzüge von repräsentativen Bodenprofilen Hessens genommen, die noch heute einige Büroräume zieren und bei verschiedenen Veranstaltungen vorgestellt werden.

Im Jahr 1969 übernahm Ernst Bargon einen Lehrauftrag für Bodenkunde an der Technischen Universität Darmstadt, den er bis 1991 fortführte. 1980 wurde sein Engagement mit der Ernennung zum Honorarprofessor geehrt. Auch auf sein weiteres außerberufliches Engagement sei verwiesen. So war er von 1968 bis 1971 Beisitzer der Disziplinarkammer beim Verwaltungsgericht in Wiesbaden und ab 1970 für 4 Jahre zum ehrenamtlichen Richter am Hessischen Finanzgericht Kassel bestellt.

Auch wenn der Kontakt zur Geländearbeit nie abbricht, so hatte sich aber das Arbeitsfeld längst dahingehend verändert, dass zunehmend Verwaltungs- und Leitungsaufgaben seinen

\* Prof. Dr. K.-J. Sabel (e-mail: Kj.sabel@onlinehome.de), Kassernstr. 8, 65179 Hofheim am Taunus

beruflichen Alltag prägten, u.a. war er 1962–1964 Mitglied und Vorsitzender des Personalrates. 1963 übernahm Ernst Bargon die Leitung der damaligen Abteilung Allgemeine Aufgaben und war zugleich stellvertretender Amtsleiter. Nach dessen Ausscheiden aus dem Dienst übernahm er 1976 kommissarisch dessen Funktionen. 3 Jahre später ernannte dann der Hessische Wirtschaftsminister Ernst Bargon offiziell als Leiter des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung.

Gerade in dieser Übergangsphase wurde das HLfB vom Hessischen Rechnungshof einer umfassenden Organisations- und Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen. Als Folge dieser Untersuchung wurde eine weitgehende Umstrukturierung des Organisationsplanes und Aufgabenkataloges des Amtes erforderlich, die sich als sehr tragfähig und erfolgreich bewährte und die Selbstständigkeit des Amtes noch viele Jahre gewährleistete.

Das Amt und ganz wesentlich natürlich der neue Amtsleiter mussten sich gänzlich neuen Herausforderungen trotz restriktiver Ausgabenpolitik und ohne personelle Aufstockung stellen. Analog zum wachsenden Umweltbewusstsein in der Gesellschaft und der zunehmenden Erkenntnis über Umweltbelastungen änderten sich die Blickrichtung und die Aufgaben des Amtes. So standen jetzt Fragestellungen wie die Sanierung von Grundwasserverunreinigungen, das Beweissicherungsverfahren Startbahn West, die Problematik eines umweltverträglichen und flächenschonenden Lagerstättenabbaus sowie fachliche Beiträge zur Raumordnung und Flächenplanung im Fokus. In der geologischen Landesaufnahme wurden zunehmend geochemische Untersuchungen durchgeführt, die sich als Backgrounddaten von großer Bedeutung für Umweltfragen bewährten. Das Bohrkernlager Limbach wurde im Jahre 1983 erworben, um- und ausgebaut und dabei mit Einrichtungen zur Aufbereitung von Proben ausgestattet.

Gerade die Bodenkunde ist in vielfältige angewandte Aufgaben hineingewachsen und ein wichtiger Partner der Landesregierung in Umweltfragen geworden. Zu den Themen zählten

u.a. die Reduzierung des Nitratreintrages bei der konventionellen Düngung, die Schwermetallbelastung von Böden in der Umgebung von Industriebetrieben und das hessische Dioxinmessprogramm.

So stellte sich immer wieder die Frage, ob tagesaktuelle Beratungen die Priorität gewinnen oder den auch für den Umweltsektor so eminent wichtigen geologischen und bodenkundlichen Kartierungen, die überhaupt erst flächendeckende Grundlagen erarbeiten, der Vorrang eingeräumt werden sollte.

Zu den Innovationen zählte unzweifelhaft die Teilnahme an Forschungsprojekten, in deren Zusammenhang viele neue Mitarbeiter über Drittmittel finanziert wurden. In diesem Zusammenhang sei u.a. auf die Beratung der Deutschen Bundesbahn beim Ausbau der Neubaustrecken, die Kennzeichnung der Schwermetallempfindlichkeit von Böden, das Bundesbohrprogramm Kupferschiefer, die Hydrogeologische Karte Hessen und die Rohstoffkarte Hessen verwiesen.

1985 erfolgte dann auch eine Umressortierung des HLfB vom Wirtschafts- zum neuen Umweltministerium. Die Verabschiedung Bargons in den Ruhestand erfolgte seinerzeit dann auch durch den zuständigen Umweltminister Joschka Fischer.

Den Menschen im Amtsleiter Ernst Bargon haben wir als zuverlässigen und stets gerechten Partner kennen und schätzen gelernt. Sein ruhiger und besonnener Habitus und seine rheinisch geprägte, lockere Mentalität waren kein Widerspruch, sondern ergänzten sich vorteilhaft. Auch lebte er uns, seinen Mitarbeitern, vor, wie man Probleme sachlich und vor allem unaufgeregt löst. Vornehme Aufgabe eines Amtleiters ist, das Haus gegenüber dem vorgesetzten Ministerium richtig zu positionieren; hier sind Strategie und Taktik gefragt. Ernst Bargon hat dafür gesorgt, dass die oberste Verwaltungsebene immer kompetent beraten wurde. Er traf stets den richtigen Ton. Uns bewegt nicht nur der Verlust eines Menschen, sondern auch der Dank, den wir ihm schulden.

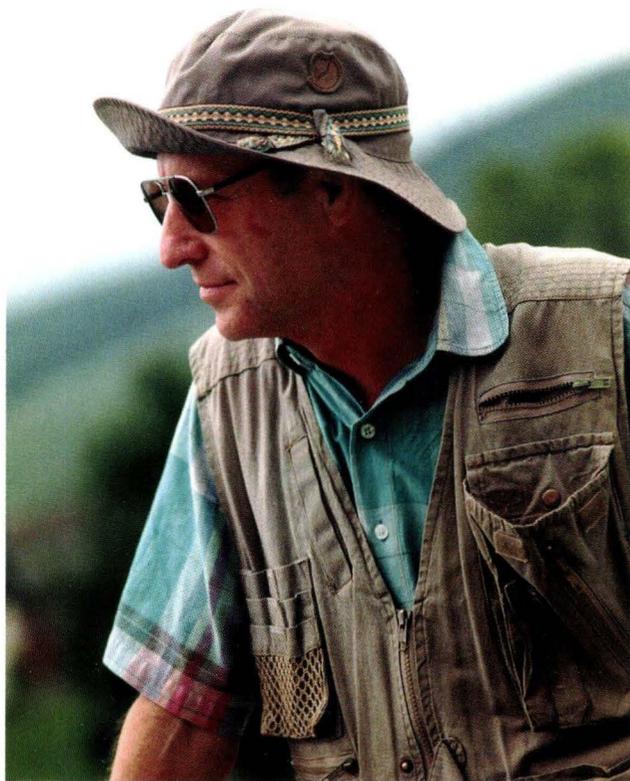
Es gilt, ihm ein ehrendes Andenken zu bewahren.

## Publikationen von Ernst Bargon – Auswahl

- BARGON, E. (1955): Der Einfluß der wichtigsten Bodenbildungen auf den Humuszustand in Nordrhein-Westfalen. Diss., 156 S.; Bonn.
- BARGON, E. (1956): Der Humuszustand landwirtschaftlich und weinbaulich genutzter Lößböden im Rheingau. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**: 380–384; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1957): Bodenkartierung und Obstbau. – Mitt. Bl. Kreisobstbauverband Erbach/Odw., **21/22**: 5–6; Erbach.
- BARGON, E. (1960): Über die Entwicklung von Lockerbraunerden aus Solifluktionsmaterial im vorderen Odenwald. – Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk., **90**.
- BARGON, E. (1961): Die Böden des Odenwaldes. – Z. deutsch. Geol. Ges., **112**, 3: 589–590; Hannover.
- BARGON, E. (1962): Bodenerosion. Ihr Auftreten, ihre Erkennung und Darstellung. – Geol. Jb., **79**: 479–492, 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- BARGON, E. (1963): Herrichten und Konservieren von bodenkundlichen Schauprofilen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 356–358; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1964): Die Bodenkartierung 1 : 25 000 unter besonderer Berücksichtigung des Blattes Wiesbaden. – Z. deutsch. Geol. Ges., **114**, 3: 719–721; Hannover.
- BARGON, E. (1964): Boden. – In: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Weschnitz, S. 16, 1 Kte. 1 : 100 000 (Kte. 7), 1 Tab., Wiesbaden (Hess Min. Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft).
- BARGON, E. mit Beiträgen von STÖHR, W. & ZIMMERMANN, H (1967): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Blatt 5915 Wiesbaden. – 118 S., 43 Tab., 41 Textprofilen; Wiesbaden.
- BARGON, E. & RAMBOW, D. (1967): Ein lößbedecktes Lateritprofil in Nordhessen. – Z. deutsch. Geol. Ges., **116**, 3: 1014–1019, 2 Abb.; Hannover.
- BARGON, E. mit einem Beitr. von ASTHALTER, K. (1969): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Blatt 6217 Zwingenberg. – 60 S., 21 Tab., 21 Textprofilen; Wiesbaden.
- BARGON, E. & NUBER, H.U. (1970): Bodenaufschlüsse und paläolithische Funde aus dem Bereich des römischen Steinkastells Hofheim (Maintaunuskreis). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 270–273, 3 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H. (1971): Zur Genese und Nomenklatur braunerde- und parabraunerdeähnlicher Böden in Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 361–372; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1972): Genese und Mineralbestand verschieden alter Basaltböden in Oberhessen. – Fortschr. Geol. Rheinl. U. Westf., **21**: 59–65, 2 Tab.; Krefeld.
- BARGON, E. mit Beiträgen von ASTHALTER, K. & THIELICKE, G., (1975): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 25000, Blatt 5817 Frankfurt am Main-West. – 59 S., 10 Tab., 10 Prof.; Wiesbaden.
- BARGON, E. mit Beiträgen von ASTHALTER, K. & THIELICKE, G. (1979): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost. – 94 S., 15 Tab., 15 Prof.; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1983): Möglichkeiten der Bodenkunde zur Lösung von Umweltproblemen. – Geoökodynamik, **4**: 1–18, 1 Abb., 2 Fig.; Darmstadt.
- ANDERLE, H.-J., BARGON, E., THIEL, E. & WEIDNER, E. (1984): Ein zersetzter Basaltgang in Wiesbaden-Sonnenberg – seine geologische Stellung und bodenkundliche Bedeutung. – Geol. Jb. Hessen, **112**: 199–217, 3 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- BARGON, E. mit Beitr. von ASTHALTER, K., SCHRADER, L. & THIELICKE, G. (1984): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Blatt 5819 Hanau. – 117 S., 10 Tab., 10 Prof.; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1987): 40 Jahre Landesamt für Bodenforschung. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 473–507, 2 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1988): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1 : 5 000, Blatt Massenheim/Wicker; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1988): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1 : 5 000, Blatt Kostheim/Hochheim am Main-S.; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1988): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1 : 5 000, Blatt Hochheim a. Main-O./Rüsselsheim-NW; Wiesbaden.
- BARGON, E. (1989): Weinbau-Standortkarte Rheingau 1 : 5 000, Blatt Rauenthal; Wiesbaden.

FRED ROSENBERG\* & HEINZ-DIETER NESBOR\*\*

## Nachruf Karl-Heinz Ehrenberg



Im Alter von 73 Jahren verstarb am 14. April 2011 in Wiesbaden Dr. Karl-Heinz Ehrenberg. Seine Beisetzung fand im engsten Familienkreis statt.

Karl-Heinz Ehrenberg wurde am 21. Februar 1938 in Bad Kreuznach geboren. Er besuchte dort die Volksschule, danach das Gymnasium und legte am 21. Februar 1957 die Reifeprüfung ab. Anschließend begann Ehrenberg das Studium der Geologie an der Johannes-Gutenberg Universität in Mainz und bestand dort am 10. Juli 1959 das Vorexamen. Danach verließ er Mainz, um an einer anderen Universität in einer anderen Landschaft seine Kenntnisse zu vertiefen. Sein Weg führte ihn nach München, wo er für zwei Semester weiterstudierte. Zum Wintersemester 1960 kehrte Ehrenberg nach Mainz zurück und legte am 23. Juli 1962 seine Diplomprüfung ab. Zuvor hatte er seine Diplomarbeit über das Rotliegend der Umgebung von Kirchheimbolanden angefertigt.

Noch 1962 begann Ehrenberg seine stark petrographisch ausgerichtete Dissertation mit dem Thema „Petrographische Untersuchungen an Magmatiten des „Grenzlagers“ und des

„Hochsteiner Lagers“ in der Umgebung des Donnersberges/Pfalz“ bei Prof. H. Falke. Diese Arbeit über die Rotliegend-Vulkanite sollte für seinen weiteren wissenschaftlichen Werdegang prägend sein. Schon vor dieser Zeit sammelte er weitere praktische Erfahrungen im Gelände, indem er von August bis Oktober 1958 den Eleusis Bauxit in Griechenland kartierte und von Juli bis Oktober 1959 in Norwegen Kartierungen für Aktieselskapet (sic) Røros Kobberwerk durchführte. Am 23. Juli 1964 wurde Ehrenberg im Alter von gerade 26 Jahren mit Magna Cum Laude promoviert.

Schon zuvor, am 1. April 1964, erhielt Ehrenberg aufgrund seiner petrographischen Qualifikation eine Anstellung am Hessischen Landesamt für Bodenforschung. Er wurde der von Herrn Kutscher geleiteten Abteilung I: Regionale Geologie, Paläontologie und Geophysik zugeordnet und war für die geologische Kartierung der Vogelsberg-Region vorgesehen. Aber der Einstieg sollte nicht so einfach sein, denn es kam völlig anders. Da zu dieser Zeit im Ernstbach- und Wispertal eine Talsperre geplant war und in politischen Kreisen heftig diskutiert wurde, ergab sich die Notwendigkeit, eine aktuelle geologische Karte des betreffenden Gebietes zu erarbeiten. Somit erhielt Ehrenberg den Auftrag, das Blatt Presberg zu kartieren. Das war nicht unbedingt sein Arbeitsbereich. So musste er sich anstatt mit dem miozänen Vulkanismus mit Schiefen und Quarziten des Unterdevons auseinandersetzen, die zudem eine intensive Tektonik aufweisen. Ehrenberg arbeitete sich jedoch mit Zielstrebigkeit und großem Engagement rasch in diese schwierige Thematik ein. Aber nicht nur die Thematik war schwierig, sondern auch das Gelände war mit seinen schroffen Felsformationen für hessische Verhältnisse äußerst anspruchsvoll. Teilweise mussten die Klippen im Rheintal erklettert werden, um den Lagerungsverhältnissen der Gesteinsabfolgen auf die Spur zu kommen. Ehrenberg bewältigte all diese Schwierigkeiten souverän und legte bereits 1967 die druckfertige Manuskriptkarte vor. Kümmerle und Kupfahl hatten als Ko-Autoren das Tertiär im Süden bzw. den Hunsrückschiefer im Nordteil des Blattes aufgenommen.

Neben den Kartierarbeiten hatte Ehrenberg aber noch weitere Aufgaben zugewiesen bekommen. So war er bereits am 1. Dezember 1965 in die Abteilung II versetzt worden, die von Herrn Lippert geleitet wurde. Sein Tätigkeitsfeld lag dort im Bereich der Steine und Erden. Somit hatte er geologische Gutachten über Vulkanitvorkommen im Vogelsberg zu erstellen und Bohrungen zu bearbeiten. Hinzu kam die für seinen weiteren beruflichen und wissenschaftlichen Werdegang ent-

\* Dr. F. Rosenberg (e-mail: fred.rosenberg@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

\*\* Dr. H.-D. Nesbor (e-mail: heinz-dieter.nesbor@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

scheidende Aufgabe der Kartierung der vulkanischen Gesteine des Vogelsbergs. So nahm er sich zunächst die Vulkanite auf Blatt Schlüchtern vor, das 1971 erschien. Es folgten Gelnhausen (1977), Ortenberg (1978), Steinau (1982), Wenings (1988) und schließlich Blatt Salmünster, das bereits 1970 kartiert war, aber erst 1998 publiziert werden konnte. Hinzu kamen die Basaltanteile vieler weiterer Blätter einschließlich der Erläuterungsbeiträge.

In diesen Jahren hat sich Ehrenberg zu einem gefragten Spezialisten für die tertiären Vulkanite in Hessen und alle damit verknüpften Fragen entwickelt. So führte er zum Beispiel 1980 im Rahmen des Internationalen Geologischen Kongresses in Paris zusammen mit Brousse, Schmincke und Wimmenauer eine Exkursion zum Mitteleuropäischen Vulkanismus sowie 1986 bei der Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft eine Exkursion in den Vogelsberg. Weiterhin verfasste er zahlreiche Publikationen über den Vulkanismus im Vogelsberg, wobei er die sich in dieser Zeit gerade entwickelnden modernen Arbeitsmethoden der Vulkanologie berücksichtigte. Besonders zu nennen sind die Arbeiten über Forschungsbohrungen im Vogelsberg 1972/73, die Lage der Basaltbasis und der Übersichtsartikel über die vulkanischen Bildungen im Vogelsberg.

Ehrenberg wurde am 1. Juli 1969 in das Beamtenverhältnis übernommen und am 25. März 1974 zum Geologieoberrat befördert. Ab 1. Januar 1992 übernahm er die Leitung des Dezernats Mineralogie und Petrologie. Am 23. September 1992 folgte die Ernennung zum Geologiedirektor. Schon zuvor, Ende der 80er Jahre, hatte Ehrenberg sich der geologischen Bearbeitung der Rhön zugewandt. Er kartierte den vulkanischen Anteil von Blatt Kleinsassen, den Sedimentgesteinsanteil

übernahm sein Kollege Hickethier, mit dem er schon im Vogelsberg vertrauensvoll zusammengearbeitet hatte. Die Karte mit Erläuterungen wurde 1994 gedruckt. Sie gilt als Standardwerk für die Geologie und Vulkanologie der Rhön. Dabei ist hervorzuheben, dass Ehrenberg für seine Kartierung modernste aktualistische Betrachtungsweisen heranzog. Dazu bereiste er zahlreiche junge Vulkangebiete, um an zum Teil aktiven Vulkanen zu studieren und zu verstehen, durch welche Prozesse die verwirrende Vielfalt vulkanischer Gesteine entsteht. Reiseziele waren neben Hawaii und Neuseeland, u.a. die Kanaren, die Äolischen Inseln, Santorin, die Azoren, Mexiko und solch ausgefallene Regionen wie Vanuatu. Die dort gewonnenen Erkenntnisse wendete er dann für eine präzise Ansprache der in der Rhön vertretenen Gesteinsvarietäten an. Voraussetzung dafür war natürlich die umfassende Kenntnis der modernen Literatur zur Vulkanologie. Zudem waren seine Kontakte zu führenden Vulkanologen wie Lorenz, Negendank und Schmincke sehr hilfreich.

Sein umfangreiches Wissen hat Ehrenberg stets gerne weitergegeben, besonders an Kolleginnen und Kollegen im Arbeitsalltag, aber auch in zahlreichen Publikationen, auf Fachtagungen und geologisch-vulkanologischen Exkursionen. Auch konnte er Fachinhalte in verständlicher Form populärwissenschaftlich darstellen, wie z.B. in der gemeinsam mit Hickethier erarbeiteten Spezialkarte der Wasserkuppenrhön, die 2002 zusammen mit einer Kurzerläuterung erschienen ist. Wer Karl-Heinz Ehrenberg persönlich kannte, wusste seine positive Art und Kollegialität zu schätzen. Seine Menschenfreundlichkeit und Hilfsbereitschaft wird uns stets in Erinnerung bleiben.

## Auswahl wichtiger Veröffentlichungen von Karl-Heinz Ehrenberg

- EHRENBERG, K.-H. (1964): Petrographische Untersuchungen an den Magmatiten des „Grenzlagers“ und des „Hochsteiner Lagers“ in der Umgebung des Donnersberges/Pfalz. – Diss. Univ. Mainz; Mainz.
- EHRENBERG, K.-H., KÜMMERLE, E., KUTSCHER, F., & MITTMAYER, H.-G. (1965): Darustwald-Schichten am Angsfels zwischen Bodenthal und Bächergrund (Unter-Devon, Mittelrheintal). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**: 334–337; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G., & KÜMMERLE, E. (1968): Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5913 Presberg; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., KUPFAHL, H.-G., & KÜMMERLE, E. (1968): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5913 Presberg, 2. Aufl.: 1–201, 22 Abb., 9 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- MEISL, S. & EHRENBERG, K.-H. (1968): Turmalinfels- und Turmalinschiefer-Fragmente in den Konglomeraten der Bunten Schiefer (Obergedinne) im westlichen Taunus. – Jb. Nass. Ver. Naturkde., **99**: 43–64, 1 Abb., 3 Tab., 6 Taf., Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1969): Vulkanische Gesteine. – In: HORN, M. & KULICK, J.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4720 Waldeck: 120–121; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1971): Vulkanische Gesteine. – In: EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2., neu bearbeitete Aufl.: 85–128, 10 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J., EHRENBERG, K.-H. & MEISL, S. (1972): Metamorphe Zone und Unterdevon im Taunus. – Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **54**: 123–139, 2 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. & KULICK, J. (1973): Breccientuff. – In: HORN, M., KULICK, J. & MEISCHNER, D.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4820 Bad Wildungen: 178–182; Wiesbaden
- DIEDERICH, G., & EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H., (1975): Der Buntsandstein am Südwestrand des Vogelsberges. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **103**: 187–228, 2 Abb.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1977): Vulkanische Gesteine. – In: DIEDERICH, G. & EHRENBERG, K.-H.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5721 Gelnhausen, 2., neu bearbeitete Aufl.: 70–107, 10 Abb., 6 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., HARRE, W. & KREUZER, H. (1977): Datierungen nach der K/Ar-Methode. – In: DIEDERICH, G. & EHRENBERG, K.-H.:

- Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25.0000, Bl. 5721 Gelnhausen, 2., neu bearbeitete Aufl.: 107–110; Wiesbaden.
- DIEDERICH, G., & EHRENBERG, K.-H. (1977): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5721 Gelnhausen, 2., neu bearbeitete Aufl.: 256 S., 35 Abb., 14 Tab., 1 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1978a): Exkursion A in den südlichen Vogelsberg am 30. März 1978. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **60**: 33–54, 8 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. (1978b): Vulkanische Gesteine. – In: EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5620 Ortenberg: 88–137, 10 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1979): The Vogelsberg Volcanism. – In: BROUSSE, R., WIMMENAUER, W. & Coll.: Le volcanisme alcalin lié aux distensions cénozoïques de l'Ouest Européen (Massif Central, Fossé Rhénan), Livret-guide d'excursion. – Sciences de la Terre, **23** (3): 32–33, 55–57; Nancy.
- EHRENBERG, K.-H. (1981): Ergebnisse der petrographischen Untersuchung und kurzer Vergleich mit Bohrerergebnissen aus dem SW-Teil des Unteren Vogelsberges. – Geol. Abh. Hessen, **81**: 120–122, 1 Taf.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., FROMM, K., GRUBBE, K., HARRE, W., HENTSCHEL, G., HÖLTING, B., HOLTZ, S., KREUZER, H., MEISL, S., NÖRING, F., PLAUMANN, S., PUCHER, R., STRECKER, G., SUŠIĆ, M. & ZSCHAU, H.-J. (1981): Forschungsbohrungen im Hohen Vogelsberg (Hessen), Bohrung 1 (Flösser-Schneise), Bohrung 2/2A (Hasselborn). – Geol. Abh. Hessen, **81**: 166 S.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., HARRE, W., & KREUZER, H. (1981): K-Ar-Datierungen an den Vulkaniten. – Geol. Abh. Hessen, **81**: 159–162; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1982): Petrographie der basaltischen Gesteine. – In: HORN, M.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4520 Warburg: 110–111; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1985): Die Basaltbasis im Vogelsberg. Schollenbau und Hinweise zur Entwicklung der vulkanischen Abfolge. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 97–135; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1986a): Vulkanische Bildungen im Vogelsberg. – Fortschr. Mineral., **64**, Beih. 2: 1–34, 3 Abb., 18 Tab.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. (1986b): Ein tertiärer Vulkankrater bei Hungen-Langd (Vogelsberg). – Geol. Jb. Hessen, **109**: 103–113; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & BECKER, R.E. (1989): Vulkanische Gesteine. – In: BECKER, R.E.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5023 Ludwigseck: 97–115, 6 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., KULICK, J. & HOTTENROTT, M. (1991): Basalt, Pliozän und Pleistozän bei Fritzlar. (Exkursion B am 2. April 1991). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **73**: 49–56, 1 Tab.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H., ROSENBERG, F., STRECKER, G., SUŠIĆ, M. & WENZEL, G. (1992): Neue Ergebnisse zum tertiären Vulkanismus der Rhön (Wasserkuppenrhön und Kuppenrhön). – Beih. Eur. J. Mineral., Vol. **4**(2): 47–102; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. (1993): Vulkanische Gesteine. – In: KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5818 Frankfurt a.M. Ost, 3., neu bearbeitete Aufl.: 49–51; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1994): Tertiärer Vulkanismus der Wasserkuppenrhön und Kuppenrhön (Exkursion D1 am 7. und Exkursion D2 am 8. April 1994). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **76**: 83–146, 16 Abb., 10 Tab.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLER, M. (1994): Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLER, M. (1994): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen, 2., neu bearbeitete Aufl.: 385 S., 55 Abb., 16 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1998): Vulkanische Bildungen in den Forschungsbohrungen Sieblos 1994/1 und 1994/2, mit Hinweisen auf prä-unteroligozänen Vulkanismus in der Rhön. – In: MARTINI, E. & ROTHE, P. (Hg.): Die alttertiäre Fossilagerstätte Sieblos an der Wasserkuppe/Rhön. – Geol. Abh. Hessen, **104**: 77–84, 3 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- DIEDERICH, G. & EHRENBERG, K.-H. (1998): Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5722 Salmünster; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1999a): Vulkanische Gesteine. – In: KOWALCZYK, G., KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A. (1999): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5918 Neu-Isenburg, 3., neu bearbeitete Aufl.: 73–81, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1999b): Zeitliche und genetische Entwicklung der tertiären vulkanischen Abfolge in der Kuppenrhön und Wasserkuppenrhön. – Schriftenreihe dt. geol. Ges., **7**: 33–34; Hannover.
- EHRENBERG, K.-H. & BECKER, R.E. (1999): Vulkanische Gesteine. – In: BECKER, R.E. & KULICK, J.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4923 Altmorschen, 2., neu bearbeitete Aufl.: 144–159, 3 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- DERSCH-HANSMANN, M., EHRENBERG, K.-H., HEGGEMANN, H., HOTTENROTT, M., KAUFMANN, E., KELLER, T., KÖNIGSHOF, P., KÖTT, A., NESBOR, H.-D., THEUERJAHR, A.-K. & VORDERBRÜGGE, T. (1999): Geotope in Hessen. – In: HOPPE, A. & STEININGER, F.F. (Hg.): Exkursionen zu Geotopen in Hessen und Rheinland-Pfalz sowie zu naturwissenschaftlichen Beobachtungspunkten Johann Wolfgang von Goethes in Böhmen. – Schriftenreihe dt. geol. Ges., **8**: 69–126, 42 Abb.; Hannover.
- EBHARDT, G., EHRENBERG, K.-H., HOTTENROTT, M., KÖTT, A., LESSMANN, B. & NESBOR, H.-D. (2001): Geologie und Hydrogeologie des südwestlichen Vogelsberges und seiner Umrahmung (Exkursion C am 19. April 2001). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **83**: 65–87, 11 Abb.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (2002): Vulkanologische Karte der Wasserkuppenrhön 1 : 15 000 mit Erläuterungen. Mit Vergleichen zur Kuppenrhön. – 28 S., 21 Abb., 2 Tab., 1 Kte.; Wiesbaden (HLUG).

FRED ROSENBERG\* & HEINER HEGGEMANN\*\*

## Nachruf Martin Hottenrott



Im Alter von 57 Jahren verstarb am 29. September 2013 in Wiesbaden Dr. Martin Hottenrott. Seine Beisetzung fand am 22. Oktober 2013 im Kreise von Familie und Freunden in Wetzlar statt.

Martin Hottenrott war über 20 Jahre im Geologischen Landesdienst des Hessischen Landesamts für Bodenforschung, ab 2000 des neu gegründeten Landesamts für Umwelt und Geologie tätig. Er hat hier als Geologe/Paläontologe und Wissenschaftler, als Kollege und Freund Spuren hinterlassen.

Martin Hottenrott wurde am 22.03.1956 in Wetzlar geboren. Er besuchte dort die Volksschule, danach das Gymnasium und schloss am 25. Mai 1976 seine Schulbildung mit dem Abitur ab. Im Anschluss erfolgte von August 1976 bis November 1977 der Militärdienst, wo Martin Hottenrott den Grad Unteroffizier der Reserve erreichen konnte.

Anschließend begann er 1977 das Studium der Geologie und Paläontologie an der Justus-Liebig-Universität in Gießen und legte dort am 2. November 1982 seine Diplomprüfung ab. Das Thema seiner Diplomarbeit war „Geologische Aufnahme entlang der neuen B457 Ortsumgehung Steinbach-Lich“.

Martin Hottenrott qualifizierte sich weiter und spezialisierte sich in Gießen als Doktorand bei Prof. Pflug auf dem Gebiet der Palynologie. In seiner Zeit als Doktorand war er zwei Jahre wissenschaftlicher Mitarbeiter im DFG-Projekt „Palynologie Jungtertiär in Hessen“.

1987 promovierte er. Seine Dissertation hatte den Titel: „Palynologie, Stratigraphie und Paläogeographie im Tertiär von Mittelhessen und Umgebung“. Er untersuchte mittel- und südhessische Tertiär-Profile auf die vorhandenen Sporenspektren und nahm eine biostratigraphische Neueinstufung dieser Profile vor. Mit seiner Arbeit war es ihm gelungen, biostratigraphische Verbindungen von der marinen Fazies des Mainzer Beckens mit den kontinentalen Sedimenten, z.B. im Vogelsberg, Niederhessen, der Rhön und dem Westerwald herzustellen. Diese führten zu detaillierten paläogeographischen Verbreitungskarten einzelner Abschnitte im Tertiär von Hessen.

Die speziellen Kenntnisse, die sich Martin Hottenrott in dieser Zeit aneignete, sollten Grundlage für seinen weiteren beruflichen und wissenschaftlichen Werdegang sein.

Mit seinem Wissen war Martin Hottenrott in den folgenden Jahren ein gefragter Geologe/Paläontologe für die BEB. Hier sammelte er Berufserfahrung durch den Einsatz bei der stratigraphischen Bearbeitung von Erdölbohrungen und als Sampler auf der Bohranlage. Sehr früh kam er dabei auch mit der Förderung von geothermischer Energie in Berührung. Schon 1987 war er beauftragt, für die Firma Geotherm GmbH Gießen-Allendorf Geothermie-Bohrungen zu begleiten.

Als Postdoc bei Prof. Rothausen in Mainz befasste er sich auch weiterhin mit palynologischen Fragestellungen.

Bereits Ende der 80er Jahre war Martin Hottenrott zwei Jahre befristet beim damaligen Landesamt für Bodenforschung in der geologischen Landesaufnahme tätig gewesen. Ein Fokus des Landesamtes lag zu der Zeit auf der Erkundung der hessischen Braunkohlelagerstätten. Martin Hottenrott war genau der richtige Mann dafür. Im Rahmen der geologischen Landesaufnahme nahm er diverse Geländebefunde, Profile und Bohrkernkerne auf und beurteilte diese biostratigraphisch.

1992 kam er auf Grund seiner speziellen Qualifikation dauerhaft an das Landesamt, um die Kartierung und vor allem das Dezernat Biostratigraphie/Paläontologie zu verstärken. Als Palynologe war er in der Lage, bestimmte Fragen zur Stratigraphie zu beantworten. Heute würde man sagen, diese Spezialisierung war sein Alleinstellungsmerkmal. Er konnte durch Bestimmung von Pollen und Sporen ein Sediment oder Sedimentgestein stratigraphisch einordnen. Die Pollen und Sporen gaben zusätzliche Hinweise über die Vegetation im Einzugsgebiet der Sedimente und damit über das Paläoklima. Ein Thema, das heute aktueller denn je ist.

\* Dr. F. Rosenberg (e-mail: fred.rosenberg@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

\*\* Dr. H. Heggemann (e-mail: heiner.heggemann@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

Die Palynostratigraphie, besonders im Tertiär und Quartär Hessens, wurde dann auch eines seiner Hauptarbeitsfelder als Landesgeologe, der er nun war. Martin Hottenrott kartierte in den hessischen Tertiärgebieten, wie z.B. auf den Topographischen Karten (TK25) Staden, Fritzlar und Frankfurt a.M. Ost, und er schrieb die Erläuterungsbeiträge zu verschiedenen Erläuterungen der Geologischen Karte (GK25) von Hessen.

In diesen Jahren hat sich Martin Hottenrott zu einem gefragten Spezialisten für die tertiären Pollen und Sporen in Hessen und alle damit verknüpften Fragen entwickelt. Er verfasste zahlreiche Publikationen über die tertiären Sedimentabfolgen in Hessen und deren Biostratigraphie. Vor allem die tertiären Sedimente in Mittelhessen waren sein bevorzugtes Forschungsgebiet.

Martin Hottenrott trug dazu bei, dass die im Landesamt erreichten Arbeitsergebnisse in der Fachwelt bekannt wurden. Sein wissenschaftliches Renommée lässt sich kurz zusammenfassen: Weit über Hessen hinaus, deutschlandweit und international anerkannt und gefragt. Er verfasste eine Vielzahl von Publikationen, hielt Fachvorträge und führte in jedem Jahr geologische Exkursionen für Fachleute, aber auch gerne für interessierte Laien.

Auch in der angewandten Geologie war er fallweise tätig. So arbeitete er maßgeblich an einem Gutachten über das umstrittene Potenzial von unkonventionellem Erdgas in Nordhessen mit. Er war auch bis zuletzt Mitglied eines aktuell tätigen bundesweiten Arbeitskreises, der die geologischen Grundlagen einer Raumplanung im tieferen Untergrund erarbeitet.

Qualifiziert durch sein umfassendes Wissen über das Tertiär nicht nur in Hessen, sondern darüber hinaus auch in ganz Mitteleuropa, war Martin Hottenrott langjähriges ordentliches Mitglied der Subkommission Tertiär der Deutschen Stratigraphischen Kommission und 8 Jahre lang ihr Vorsitzender. Er hat somit über viele Jahre die Geschicke der Subkommission Tertiär geleitet und die Subkommission engagiert in der Deutschen Stratigraphischen Kommission vertreten. In dieser Funktion war es sein Verdienst, die so wichtige und umfangreiche Tertiärmonographie Teil I, gedruckt im August 2011, der Stratigraphie von Deutschland bis zur Publikationsreife voranzutreiben. Er selbst als Autor bzw. Mitautor war allein an 13 Beiträgen dieser Monographie beteiligt.

Sein Expertenwissen war vielerorts gefragt. Auch in der Grube Messel, dem hessischen Unesco-Weltnaturerbe, war er oft und gerne als Fachmann gesehen und hier federführend eingebunden in die Forschungsbohrung, die 2001 zweifelsfrei ergab, dass es sich bei der Grube Messel um ein Maar handelt.

Martin Hottenrott gab sein profundes Wissen gerne weiter: In unzähligen Gesprächen mit Fachleuten und Anwendern, die seine Hinweise und seine Beratung zu schätzen wussten. Sein Spezialwissen über die Pollen und Sporen im Tertiär wurde immer wieder von zahlreichen Wissenschaftlern in Anspruch

genommen. Probenmaterial aus zahlreichen Bohrungen wurde ihm mit der Bitte um eine fachliche Expertise übersandt.

Neben seiner Arbeit im Landesamt war Martin Hottenrott immer auch bemüht, am Puls der Wissenschaft mitzuwirken und hat daher viele Jahre lang Lehraufträge wahrgenommen. Seit 1994 war er über mehr als 12 Jahre Lehrbeauftragter der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, er las „Mikropaläontologie I+II“ und er war 2004/2005 Lehrbeauftragter der Justus-Liebig-Universität Gießen mit der Vorlesung „Erdgeschichte“. Im Rahmen dieser Lehrtätigkeit wurden von ihm drei Diplomarbeiten betreut.

Sein Weg im Landesamt entwickelte sich parallel: Er wurde 1993 ins Beamtenverhältnis übernommen, 1995 auf Lebenszeit, und schon drei Jahre später zum Geologieoberrat befördert. Er war viele Jahre stellvertretender Dezernatsleiter und engagierte sich ab 2005 zudem in der Personalvertretung.

Den Menschen Martin Hottenrott, der für viele gleichermaßen Kollege und Freund war, haben seine Mitmenschen als zuverlässig, beständig und vor allem kommunikativ zu schätzen gelernt. Sein spezieller hinter sinniger Humor machte ihn allseits beliebt. Er war auch ein wenig schrullig und er selbst kultivierte seine Besonderheiten. Die Summe seiner kollegialen Eigenschaften machte Martin Hottenrott zu einem Original im positiven Sinne.

Die Geologie war für Martin Hottenrott auch außerdienstlich, in der Freizeit, wichtig. Aber er hatte ebenso andere Themen, die ihn intensiv beschäftigten: Tennis, Alpenverein, seine häufigen und auch langen Reisen, die ihn in praktisch alle Kontinente führten, meist mit dem Ziel, möglichst hohe Berge zu erwandern. Einer seiner Reiseberichte beginnt folgendermaßen (Zitat Martin Hottenrott): „Liebe Nepal-Freunde, wenn man so gerade aus dem Bürofenster auf den Rhein bei Regen blickt und das Ganze hier doch als etwas trübe und traurig empfindet, dann erinnert man sich doch gerne an unsere schöne Himalaya-Tour im November. Ich hatte ja noch ein paar Tage verlängert, um den Chitwan-Nationalpark im Süden an der Grenze zu Indien zu besuchen und um noch etwas Zeit in Kathmandu zu haben.“

Er hatte auch ein profundes historisches, insbesondere manchmal verblüffendes militärhistorisches Wissen, das er sich angelesen hatte. In diesen Tagen wäre er sicher gern in Leipzig bei der 200-Jahr-Feier der Völkerschlacht dabei gewesen.

Die letzten Jahre waren für Martin Hottenrott schwer. Eine heimtückische Krankheit quälte ihn, in Schüben, die aber mit medizinischer Hilfe immer wieder in den Griff zu bekommen waren. Auch der letzte Schub in diesem Sommer schien weitgehend überstanden. Martin Hottenrott war auf dem Weg der Besserung und wieder zeitweise im Dienst. In der letzten Septemberwoche hatte er sogar die Tagung der Paläontologischen Gesellschaft in Göttingen besucht, sicher mit dem Ziel, viele seiner Freunde und Kollegen aus der Fachwelt wiederzusehen. Umso größer war die Bestürzung, als die Nachricht von seinem Ableben bekannt wurde.

Martin Hottenrott ist weit gereist und war trotzdem fest in seiner Heimat verwurzelt. Wetzlar, das Lahntal, überhaupt Mittelhessen. Gerne verbrachte er die Wochenenden „daheim“. Der diesjährige Betriebsausflug, Anfang September, ging zum Kanufahren an die Lahn. Es ging ihm nicht wirklich gut, aber mit den Kolleginnen und Kollegen Paddeln auf der Lahn, hier in seinem Revier, das wollte, das konnte er sich nicht

entgehen lassen. Martin Hottenrott war dabei und viele von seinen Kolleginnen und Kollegen haben ihn an diesem Tag zum letzten Mal gesehen. In seinem Wetzlar findet Martin Hottenrott die letzte Ruhe.

Wir haben einen Kollegen und Freund verloren. Er fehlt uns. Wir werden Martin ein ehrendes Andenken bewahren.

## Auswahl wichtiger Veröffentlichungen von Martin Hottenrott

- HOTTENROTT, M. (1985): Palynologie und Stratigraphie im Vogelsberg mit besonderer Berücksichtigung der Tiefbohrung Salzhausen. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 75–82, 3 Abb.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. (1987): Palynologie und Stratigraphie im Tertiär von Mittelhessen und Umgebung. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **175** (1): 65–79, 4 Abb.; Stuttgart.
- HOTTENROTT, M. (1987): Excursion No. 07. Fossil floras of the Tertiary (FRG and Netherlands). – In: GREGOR, H.-J. with contributions from BERGER, J.P., BURG, J. v. D., DOPPLER, G., GOSSMANN, R., GOTTWALD, H., HAGN, R., HOTTENROTT, M., KNOBLOCH, E., LIENAU, H.W., MEYER, K.M., PLANDEROVA, E., REICHENBACHER, B., RÖDER, H., UNGER, H.J. & WUTZLER, B.: XIVth International Botanical Congress. – Guide to Excursion No. 07: 45, 47, 52; Berlin.
- HOTTENROTT, M. (1988a): Palynologie, Stratigraphie und Paläogeographie im Tertiär von Mittelhessen und Umgebung. – Geol. Jb. Hessen, **116**: 113–168, 20 Abb.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. (1988b): Zur Geologie des Braunkohlenvorkommens von Climbach. – In: 750 Jahre Climbach. Chronik eines kleinen Dorfes: 50–55, 4 Abb.; Climbach.
- HOTTENROTT, M. (1988c): Palynostratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Sieblos/Rhön. – Beitr. Naturkde. Osthessen, **24**: 93–98, 2 Taf.; Fulda.
- KELBER, K.-P., BAUMHAUER, P., GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M. & SCHMIDT, K. (1988): Fossilführendes Braunkohlentertiär am Südrand der Langen Rhön. Exkursionspunkt: Bauersberg bei Bischofsheim v.d. Rhön. – DEUQUA, 24. Tagung. – Exkursionsführer, **C**: 28–30; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (1989a): Zur Pollen-Führung der früh-mittelpleistozänen Sedimentfolge von Alzenau in Unterfranken. – Jber. wetterau. Ges. ges. Naturkunde, **140–141**: 133–141, 3 Abb.; Hanau.
- HOTTENROTT, M. (1989b): Palynologische Untersuchungen in Sedimenten der OSM. – In: GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M., KNOBLOCH, E. & PLANDEROVA, E. (1989): Neue mega- und mikrofloristische Untersuchungen in der jungtertiären Molasse Bayerns. – Geologica Bavarica, **94**: 314–317; München.
- HOTTENROTT, M. (1989c): Tagebau Rohrhof II. Tagebau Hofenstetten. – In: GREGOR, H.-J. mit Beiträgen von HOTTENROTT, M., MEYER, K.-J. & THIELE-PFEIFFER, H. (1989): Neue Geologisch-Paläontologische Ergebnisse aus den Tagebauen der „Oberpfälzer Braunkohle“ (Naab-Molasse, Miozän). – Documenta Naturae, **55**: 18–23; München.
- HOTTENROTT, M. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1990): Pliozän in einer Brunnenbohrung im Lahntal N Limburg-Eschhofen – ein Beitrag zur Pliozänstratigraphie in Hessen und zur jüngsten Vertikaltektonik im Limburger Becken. – Geol. Jb. Hessen, **118**: 155–166, 3 Abb.; Wiesbaden.
- ANDERLE, H.-J. mit einem Beitrag von HOTTENROTT, M. (1991): Ablagerungen in den Tälern. – In: ANDERLE, H.-J.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5715 Idstein (2. Aufl.): 79–82; Wiesbaden (HLfB).
- EHRENBERG, K.-H., KULICK, J., & HOTTENROTT, M. (1991): Basalt, Pliozän und Pleistozän bei Fritzlar (Exkursion B am 2. April 1991). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **73**: 49–56, 1 Tab.; Stuttgart.
- HOTTENROTT, M. (1992): Die stratigraphische Position des tertiären Braunkohlenflözes vom Bauersberg bei Bischofsheim a.d. Rhön. – Giessener geol. Schriften (Stibane-Festschrift), **48**: 61–72, 2 Abb., 1 Taf.; Gießen.
- HOTTENROTT, M. (1993a): Zur Palynologie im „Kalktertiär“ des Mainzer Beckens. – In: DABER, R., RÜFFLE, L. & WENDT, P.B. (Hrsg.) (1993): Pflanzen der geologischen Vergangenheit. Festschrift Herrn Professor Wilfried Krutzsch zur Vollendung des 65. Lebensjahres am 6.4.1993 gewidmet. – Museum für Naturkunde Berlin, **1993**: 133–144, 2 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- HOTTENROTT, M. (1993b): Mikrofloristische Gliederung und Charakterisierung der Tertiärschichten von Frankfurt a.M. – In: KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G. (1993): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5818 Frankfurt a.M. Ost (3. Aufl.): 54–69, 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden (HLfB).
- HOTTENROTT, M. (1993c): Paläobotanik. – In: WEIDENFELLER, M. & REQUADT, H. mit Beiträgen von HOTTENROTT, M., KRAUSE, CH. & SCHÄFER, P. (1993): Das Marienfels (Miehleener) Becken im Känozoikum (Hintertaunus, Rheinisches Schiefergebirge). – Mainzer geowiss. Mitt., **22**: 112–114; Mainz.
- HOTTENROTT, M. (1993d): Die Mikroflora aus dem Miozän vom Strand von Mimarsinan Köyü und ihre Altersstellung. – In: RÜCKERT-ÜLKÜMEN, N. & KAYA, O. (1993): Neue Beiträge zur Tertiär-Stratigraphie und Otolithenfauna der Umgebung von Istanbul (Küçükçekmece- und Büyükçekmece-See) Türkei (mit einem mikrofloristischen Beitrag von Hottenrott, M.). – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **33**: 79–80, 1 Taf.; München.
- BREDE, R., HOTTENROTT, M. & SCHUSTER, C. (1993): Zur Keuper-Stratigraphie im Netraer Graben (Bl. 4926 Herleshausen; Nordhessen/Thüringen). – Geol. Jb. Hessen, **121**: 61–81, 3 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- KIRNBAUER, T. & HOTTENROTT, M. (1994): Die Braunkohle bei Ober-Erlenbach/Wetterau (Bl. 5718 Ilbenstadt). – Geol. Jb. Hessen, **122**: 49–73, 3 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- JUVIGNÉ, E., GEERAERTS, R., GEISSERT, F., GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M., HUS, J.J., SEIDENSCHWANN, G. & WALTER, R.C. (1994): A Pleistocene stratotype at Alzenau (Vorspessart, Germany). – Proc. 29th International Geological Congress., Part B: 237–249; Kyoto.

- ANDERLE, H.-J. & HOTTENROTT, M. (1995): Ältestes Tertiär im Rheinischen Schiefergebirge – Ein Paläozän-Vorkommen bei Limburg an der Lahn. – *Terra Nostra*, **4**: 16–17; Bonn.
- HOTTENROTT, M., KÄRCHER, T. & SCHILL, I. (1995): Zur Pliozän/Pleistozän-Grenze im nördlichen Oberrheingraben bei Eich (Bl. 6216 Gernsheim) anhand neuer Bohrergergebnisse. – *Jb. nass. Ver. Naturk.*, **116**: 41–64, 6 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- FREILING, H.-J. & HOTTENROTT, M. (1995): Mitteilung über zwei Vorkommen jüngeren Tertiärs (Ober-Oligozän, Pliozän) in Baugrunderkundungsbohrungen bei Limburg-Lindenhof (Limburger Becken). – *Jber. wetterau. Ges. ges. Naturkunde*, **146–147**: 169–183, 3 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Hanau.
- HOTTENROTT, M., KULICK, J., SCHAARSCHMIDT, F. & WILDE, V. (1996): Paläobotanische Untersuchungen zur Altersstellung der Kiese der Zennerner Senke bei Fritzlar. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **200** (1/2): 183–200, 41 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- HOTTENROTT, M. (1998a): Eine eozäne Mikroflora aus dem Eisenberger Becken (Nordpfalz, Deutschland). – In: GRIMM, K.I., GRIMM, M. & MORLO, M. (Hrsg.) (1998): Festschrift zum 70. Geburtstag von Karlheinz Rothausen. – *Mainzer Naturwissenschaftl. Archiv/Beiheft*, **21**: 65–69, 1 Taf.; Mainz.
- HOTTENROTT, M. (1998b): Mikroflora aus den Bohrprofilen Sieblos 1994/1 und Sieblos 1994/2 an der Wasserkuppe/Rhön (Eozän – Unter-Oligozän). – In: MARTINI, E. & ROTHE, P. (Hrsg.) (1998): Die alttertiäre Fossilagerstätte Sieblos an der Wasserkuppe/Rhön. – *Geol. Abh. Hessen*, **104**: 201–213, 1 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M., MARTINI, E. & SCHILLER, W. (1998): Profilbeschreibungen der Forschungsbohrungen Sieblos 1994/1 und 1994/2 an der Wasserkuppe/Rhön. – In: MARTINI, E. & ROTHE, P. (Hrsg.): Die alttertiäre Fossilagerstätte Sieblos an der Wasserkuppe/Rhön. – *Geol. Abh. Hessen*, **104**: 53–69, 1 Abb., 5 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M., MARTINI, E. & NICKEL, B. (1998): Palynologische Datierung der Kühnstein-Schichten der Rhön in das Ober-Oligozän. – *Geol. Jb. Hessen*, **126**: 37–45, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. & BECKER, R.E. (1999): Tertiär. Sedimentgesteine. – In: BECKER, R.E. & KULICK, J.: *Erl. geol. Kt. Hessen 1*: 25 000, Bl. 4923 Altmorschen (2. Aufl.): 128–143, 2 Abb.; Wiesbaden (HLfB).
- DERSCH-HANSMANN, M., EHRENBERG, K.-H., HEGGEMANN, H., HOTTENROTT, M., KAUFMANN, E., KELLER, T., KÖNIGSHOF, P., KÖTT, A., NESBOR, H.-D., THEUERJAHN, A.-K. & VORDERBRÜGGE, T. (1999): Geotope in Hessen. – In: HOPPE, A. & STEININGER, F.F. (Hrsg.): *Exkursionen in Hessen und Rheinland-Pfalz sowie zu naturwissenschaftlichen Beobachtungspunkten Johann Wolfgang von Goethes in Böhmen*. – *Schr.-R. dt. geol. Ges.*, **8**: 69–126, 42 Abb.; Hannover.
- HARMS, F.-J., HOTTENROTT, M. & WALLNER, H. (2000): Neues Vorkommen der Messel-Formation bei Eppertshausen entdeckt. – *Natur und Museum*, **130** (5): 161–163, 2 Abb.; Frankfurt am Main (Fossilienfundstätte Messel Nr. 143).
- HOTTENROTT, M. (2000): Palynologische Altersdatierungen im Tertiär des Eisenberger Beckens (Nordpfalz). – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N.F., **82**: 261–277, 1 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Stuttgart.
- HOTTENROTT, M. (2001): Palynostratigraphische Datierung der „Ölschiefer“ der Erlenwiese bei Eppertshausen (Lagerstättenbohrung A/76-B 19; Mittel-Eozän, Messel-Formation). In: FELDER, M., HARMS, F.-J. & LIEBIG, V. mit Beiträgen von WONIK, T. & HOTTENROTT, M.: *Lithologische Beschreibung der Forschungsbohrungen Groß-Zimmern, Prinz von Hessen und Offenthal sowie zweier Lagerstättenbohrungen bei Eppertshausen (Messel-Formation, Sprenglinger Horst, Südhessen)*. – *Geol. Jb. Hessen*, **128**: 78–82, 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- EBHARDT, G., EHRENBERG, K.-H., HOTTENROTT, M., KÖTT, A., LESSMANN, B. & NESBOR, H.-D. (2001): Geologie und Hydrogeologie des südwestlichen Vogelsberges und seiner Umrahmung (Exkursion C am 19. April 2001). – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N.F., **83**: 65–87, 11 Abb., Stuttgart.
- HOTTENROTT, M., MARTINI, E., GRIMM, K.I., PROSS, J. & RADTKE, G. (2001): Fossilführende Rupelton-Klasten (Mittel-Oligozän) aus dem Untergrund des Hohen Vogelsberges bei Ulrichstein (Forschungsbohrung Vogelsberg 1996). – In: HOPPE, A. & SCHULZ, R. (Hrsg.): *Die Forschungsbohrung Vogelsberg 1996 – Einblicke in einen miozänen Vulkankomplex*. – *Geol. Abh. Hessen*, **107**: 171–188, 2 Abb., 4 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- FEIST-BURKHARDT, S. & HOTTENROTT, M. (2001): Ein fossilführender Klast des Oberen Muschelkalks (Trias) aus dem Untergrund des Hohen Vogelsberges bei Ulrichstein (Forschungsbohrung Vogelsberg 1996). – In: HOPPE, A. & SCHULZ, R. (Hrsg.): *Die Forschungsbohrung Vogelsberg 1996 – Einblicke in einen miozänen Vulkankomplex*. – *Geol. Abh. Hessen*, **107**: 189–196, 1 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. (2002a): Neue palynologische Daten zur stratigraphischen Einstufung der älteren Tonserie (Unteres Tonlager; Mittel-Eozän) im Westerwald. – In: REICHENBACHER, B. (Hrsg.) (2002): *Festschrift zu Ehren von Prof. Dr. Erlend Martini*. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **237**: 69–75, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Frankfurt am Main.
- HOTTENROTT, M. (2002b): Age determinations of palynological assemblages from lower Tertiary of the Eisenberg Basin (Northern Palatinat, Germany). – *Acta Palaeontologica Sinica*, **41** (4): 565–575, 2 textfigs., 3 plates; Beijing.
- HOTTENROTT, M. & PRZYROWSKI, R. (2002): Forschungsbohrung Grube Messel 2001. – *Jahresbericht 2001 HLUG*: 95–101, 6 Abb.; Wiesbaden.
- GRIMM, M.C. & HOTTENROTT, M. (2002): Tertiär. Oberrheingraben. – In: *Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): – Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002*; Potsdam (Geoforschungszentrum Potsdam).
- ANDERLE, H.-J., HOTTENROTT, M., KIESEL, Y. & KIRNBAUER, TH. (2003): Das Paläozän von Hahnstätten im Taunus (Bl. 5614 Limburg a.d. Lahn): Untersuchungen zu Tektonik, Paläokarst, postvaristischer Mineralisation und Palynologie. – In: WILDE, V. (ed.): *Studies on fossil and extant plants and floras, dedicated to Friedemann Schaarschmidt on the occasion of his 65th birthday*. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **241**: 183–207, 5 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Frankfurt am Main.
- ANDERLE, H.-J., HEIDELBERGER, D. & HOTTENROTT, M. (2003): Das Kalkwerk Schaefer in Hahnstätten. – *Exkursions-H. nass. Ver. Naturkde.*, **34**: 1–19, 3 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. (2004): Über kalkfreies „Kalktertiär“ im Untergrund von Wiesbaden. – *Geol. Jb. Hessen*, **131**: 11–25, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. (2004): Zur Altersstellung der tertiären Deckschichten und der Seesedimente im Profil der Forschungsbohrung Baruth 1/98 (Lausitz). – *Z. geol. Wiss.*, **31** (4–6): 353–361, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Berlin.
- HARMS, F.-J., HOTTENROTT, M. & MICKLICH, N. (2005): The Messel Pit. – *Kaupia*, **14**: 107–112, 4 figs.; Darmstadt.

- BRÜCKNER, H., HOTTENROTT, M., KELTERBAUM, D., MÜLLER, K.-H., RITTWEGER, H., ZANDER, A. & ZANKL, H. (2005): Karst und Paläoboden im Limburger Becken (Exkursionsführer). – Dt. bodenkdl. Ges., **105**: 105–114, 10 Abb.; Oldenburg.
- GRIMM, M. & HOTTENROTT, M. (2005): Das Tertiär des Oberrheingrabens in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – In: MENNING, M. & HENDRICH, A.: Erläuterungen zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2005 (ESTD 2005). – *Newsletters on Stratigraphy*, **41** (1–3): 351–358, 1 Abb.; Berlin-Stuttgart (Borntraeger).
- MOTZKA-NÖRING, R., HOTTENROTT, M., EHRENBERG, K.-H. & KOWALCZYK, G. (2006): Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5619 Staden; Wiesbaden (HLUG).
- BRÜCKNER, H., HOTTENROTT, M., KELTERBAUM, D., MÜLLER, K.-H., RITTWEGER, H., ZANDER, A. & ZANKL, H. (2006): Samstag, 27.05.2006: Karst und Paläoboden im Limburger Becken. – In: 25. Jahrestagung des Arbeitskreises Paläopedologie vom 25.–27. Mai 2006 in Limburg/Lahn, Exkursionsführer: 42–51; Gießen (Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Justus-Liebig-Universität Gießen), Marburg (Fachbereich Geographie, Philipps-Universität Marburg).
- HOTTENROTT, M. & PROSS, J. (2007): Terrestrische und aquatische Mikroflora aus den Mittleren Pechelbronn-Schichten der Bohrungen WO7 und B98-BK5 bei Wallau (nordöstliches Mainzer Becken). – In: RADTKE, G. & MARTINI, E. (Hrsg.): Die Bohrungen Wallau im nordöstlichen Mainzer Becken (Rotliegend, Pechelbronn-Gruppe, Bodenheimer-Formation). – *Geol. Abh. Hessen*, **116**: 127–139, 1 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- HOTTENROTT, M. (2008a): Palynomorphen aus der tertiären Dolinenfüllung von Oberleichtersbach (Unterfranken). – In: MARTINI, E. (Hrsg.) (2008): Fossilgemeinschaften der Doline Oberleichtersbach (Oligozän). – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **260**: 11–19, 1 Abb., 1 Taf., 1 Tab.; Frankfurt am Main.
- HOTTENROTT, M. (2008b): Exkursion No C5. Geology and Paleobotany of the Tertiary in the Wetterau Depression (Hesse) including aspects of Roman and Medieval history, September 2, 2008: 1–18, 10 figs. – 12th International Palynological Congress IPC-XII 2008, 8th International Organisation of Palaeobotany Conference IOPC-VIII, 2008 August 30 – September 5; Bonn, Germany.
- MANCHESTER, S.R. & HOTTENROTT, M. (2009): Large-fruited *Salicaceae* s.l from the Miocene tuff of the Eichelskopf, northern Hessen, Germany. – *Feddes Repertorium*, **120** (7–8): 373–378; Weinheim.
- ROSENBERGER, W., WEIDNER, E. & HOTTENROTT, M. (2009): Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 6216 Gernsheim; Wiesbaden (HLUG).
- HOTTENROTT, M., GREGOR, H.-J. & OSCHKINIS, V. (2010): Die eozänen Braunkohlenschichten aus dem Untertagebau Stolzenbach bei Kassel (Preußenelektra, Niederhessen). VII Die Mikroflora. – *Documenta naturae*, **181**: 29–43; 4 Tab., 3 Taf.; München.
- HOTTENROTT, M. (2011a): Paläozän. – In: GRIMM, K.I. & HOTTENROTT, M. (2011): Erdgeschichtlicher Überblick. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 31–32; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (2011b): Pollen und Sporen. – In: GRIMM, K.I., RADTKE, G., KÖTHE, A., REICHENBACHER, B., SCHWARZ, J., MARTINI, E., KADOLSKY, D., HOTTENROTT, M. & FRANZEN, J.L. (2011): Regionale Biostratigraphie. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 44–48; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (2011c): Ried-Gruppe. – In: GRIMM, M., WIELANDT-SCHUSTER, U., HOTTENROTT, M., GRIMM, K.I., RADTKE, G. mit Beiträgen von BERGER, J.-P., ELLWANGER, D., HARMS, F.-J., HOSELMANN, CH., PICOT, L. & WEIDENFELLER, M. (2011): Regionalgeologische Darstellungen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 105–106; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (2011d): Groß-Rohrheim-Formation. – In: GRIMM, M., WIELANDT-SCHUSTER, U., HOTTENROTT, M., GRIMM, K.I., RADTKE, G. mit Beiträgen von BERGER, J.-P., ELLWANGER, D., HARMS, F.-J., HOSELMANN, CH., PICOT, L. & WEIDENFELLER, M. (2011): Regionalgeologische Darstellungen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 106–109, 1 Abb.; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (2011e): Weiterstadt-Formation. – In: GRIMM, M., WIELANDT-SCHUSTER, U., HOTTENROTT, M., GRIMM, K.I., RADTKE, G. mit Beiträgen von BERGER, J.-P., ELLWANGER, D., HARMS, F.-J., HOSELMANN, CH., PICOT, L. & WEIDENFELLER, M. (2011): Regionalgeologische Darstellungen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 110–113, 1 Abb.; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (2011f): Schulberg-Formation. – In: GRIMM, K.I., RADTKE, G., KADOLSKY, D., SCHÄFER, P., FRANZEN, J.L., SCHINDLER, TH. & HOTTENROTT, M. (2011): Mainzer Becken. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 180–182; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (2011g): Weißes Mio-Pliozän. – In: GRIMM, K.I., RADTKE, G., KADOLSKY, D., SCHÄFER, P., FRANZEN, J.L., SCHINDLER, TH. & HOTTENROTT, M. (2011): Mainzer Becken. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 189–191; Hannover.
- ANDERLE, H.-J. & HOTTENROTT, M. (2011): Taunus. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 344–353, 4 Abb.; Hannover.
- HOTTENROTT, M. & GRIMM, K.I. (2011): Pliozän. – In: GRIMM, K.I. & HOTTENROTT, M.: *Erdgeschichtlicher Überblick.* – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 36–38; Hannover.
- HOTTENROTT, M. & MARTINI, E. (2011a): Wetterau-Senke. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2011): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 263–278, 5 Abb.; Hannover.
- HOTTENROTT, M. & MARTINI, E. (2011b): Vogelsberg. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2011): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 288–287, 3 Abb.; Hannover.
- RITZKOWSKI, S. mit Beiträgen von GRIMM, M.C. & HOTTENROTT, M. (2011): Niederhessische Tertiärsenke. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1.* – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 303–343, 1 Abb.; Hannover.

- ELLWANGER, D., GRIMM, M.C., HOSELMANN, C., HOTTENROTT, M. & WEIDENFELLER, M. (2011): Iffeheim-Formation. – In: GRIMM, M., WIELANDT-SCHUSTER, U., HOTTENROTT, M., GRIMM, K.I., RADTKE, G. mit Beiträgen von BERGER, J.-P., ELLWANGER, D., HARMS, F.-J., HOSELMANN, C., PICOT, L. & WEIDENFELLER, M.: Regionalgeologische Darstellungen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 113–116, 1 Abb.; Hannover.
- SCHÄFER, P., SCHINDLER, T., HOTTENROTT, M. & WUTTKE, M. (2011): Westerwald. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss. (SGDD), **75**: 355–375, 5 Abb.; Hannover.

## Vortragskurzfassungen

- HOTTENROTT, M. (1983): Vorläufige Ergebnisse palynologischer Untersuchungen im Tertiär von Frankfurt/Main. – Paläontologische Gesellschaft, 53. Jahrestagung in Mainz. – Programm und Kurzfassungen der Vorträge: 39; Mainz.
- SEIDENSCHWANN, G., GREGOR, H.-J., HOTTENROTT, M. & JUVIGNÉ, E. (1988): Neue Untersuchungen zum Quartär des Kinzig- und Kahl-Gebietes mit besonderer Berücksichtigung des Cromer-Komplexes (Talverschüttung). – DEUGUA, 24. wissenschaftliche Tagung – Vortragskurzfassungen; Hannover.
- HOTTENROTT, M. (1989): Palynostratigraphie im hessischen Tertiär. Methoden und Ergebnisse. – Arbeitskreis für Paläobotanik und Palynologie, 19. Jahrestagung, Krefeld, Kurzfassung der Vorträge; Krefeld.
- HOTTENROTT, M. (1990): Palynostratigraphie und Paläogeographie im Tertiär von Mittelhessen und angrenzenden Gebieten. – Nachr. dt. geol. Ges., **43**: 46; Hannover.
- GIULA, G., GEERAERTS, R., GEISSERT, F., GREGOR, H.-J., HORVATH, E., HOTTENROTT, M., HUS, J., JUVIGNÉ, E., SEIDENSCHWANN, G. & WALTER, R. (1992): Tephra layers in lower Pleistocene Loess of Middle Europe. – 29. International Geological Congress Kyoto, Japan, Abstract Volume 2/3: 405; Kyoto.
- HOTTENROTT, M. (1994): Palynologie im „Kalktertiär“ (Oberoligozän/Untermiozän) des Mainzer Beckens. – Arbeitskreis für Paläobotanik und Palynologie, Rundbrief 1. März 1994: 5–6; Göttingen.
- HOTTENROTT, M. (1995): Zur Palynologie des miozänen Braunkohlenlagers von Ostheim (Frielendorfer Schichten; Nordhessen). – Arbeitskreis für Paläobotanik und Palynologie, Rundbrief 1. November 1995: 11–12; Münster.
- ANDERLE, H.-J. & HOTTENROTT, M. (1995): Ältestes Tertiär im Rheinischen Schiefergebirge – Ein Paläozän-Vorkommen bei Limburg an der Lahn. – Terra Nostra, **4/95**: 16–17; Bonn.
- HOTTENROTT, M. (2000): Palynostratigraphy of the older Tertiary at the western shoulder of the Rhinegraben (Germany). – In: WANG, W., OUYANG, S., SUN, X. & YU, G. (eds.) – Abstracts, 10th. International Palynological Congress, June 24–30, 2000: 66; Nanjing, China.
- HOTTENROTT, M. (2001): Palynostratigraphische Gliederung im Alttertiär des Eisenberger Beckens (Nordpfalz) und regionaler Vergleich. – 29. Jahrestagung des Arbeitskreises für Paläobotanik & Palynologie (APP Tagung 2001, 25. Mai 2001), Programm und Beitragskurzfassungen: 13; Utrecht.
- DIEHL, M., DREHER, F., SIROCKO, F. & HOTTENROTT, M. (2002): The ELSA-cores Dö I–Dö III from the Dry Maar near Döttingen/Eifel: A high resolution record of stage 9 or 11? – DEKLIM-EEM workshop, March 2002, 18th to 21st – Leipzig, 1st workshop, Abstracts: 17–18, 1 fig.; Mainz.
- SIROCKO, F., DREHER, F., KRIBETSCHKE, M., HOTTENROTT, M. & REIN, B. (2002): The ELSA-Project (Eifel Laminated Sediment Archive): First results from the dry maar Jungfernweiher at Ulmen/Eifel. – DEKLIM-EEM workshop, March 2002, 18th to 21st – Leipzig, 1st workshop, Abstracts: 69–70, 1 fig.; Mainz.
- DIEHL, M., DREHER, F., SIROCKO, F. & HOTTENROTT, M. (2003): The core ELSA-DÖ III, from the Döttinger Dry Maar (Eifel, Germany) – first results from pollen counting. – DEKLIM-EEM 2. workshop, March 2003, 24th–28th in Heidelberg, Abstracts: 65–66, 1 fig.; Mainz.
- RADTKE, G., GRIESSEMER, T.W., GRIMM, K.I., HOTTENROTT, M., JANSSEN, R., LIPPMANN, R., KÜMMERLE, E., MARTINI, E., REICHENBACHER, B., SCHOLZ, J., SPIEGLER, D. & VAVRA, N. (2003): First Marine Ingression in the Upper Rhinegraben system – Sedimentation, biodiversity, paleogeography of the Pechelbronn Formation (Upper Eocene–Lower Oligocene). – 9th Biannual Joint Meeting of RCNNS/RCNPS, Abstracts: 23; Mainz.
- RADTKE, G., GRIESSEMER, T.W., GRIMM, K.I., HOTTENROTT, M., LIPPMANN, R., MARTINI, E., REICHENBACHER, B., SPIEGLER, D. & VAVRA, N. (2003): Erster Meereseinbruch im Oberrheingraben – Entwicklung, Biodiversität, Paläogeographie (Pechelbronn-Schichten, Obereozän–Unterozigozän) – Ausgewählte Fossilgruppen. – Terra Nostra, **5/2003**: 125; Berlin.
- HOTTENROTT, M. (2003): Palynostratigraphische Gliederung und Korrelation des Jungtertiär I und Jungtertiär II im nördlichen Oberrheingraben. – Terra Nostra, **5/2003**: 72–73; Berlin.

HELGA GROOS-UFFENORDE\* & GUDRUN RADTKE\*\*

## Nachruf Arnold Rabien

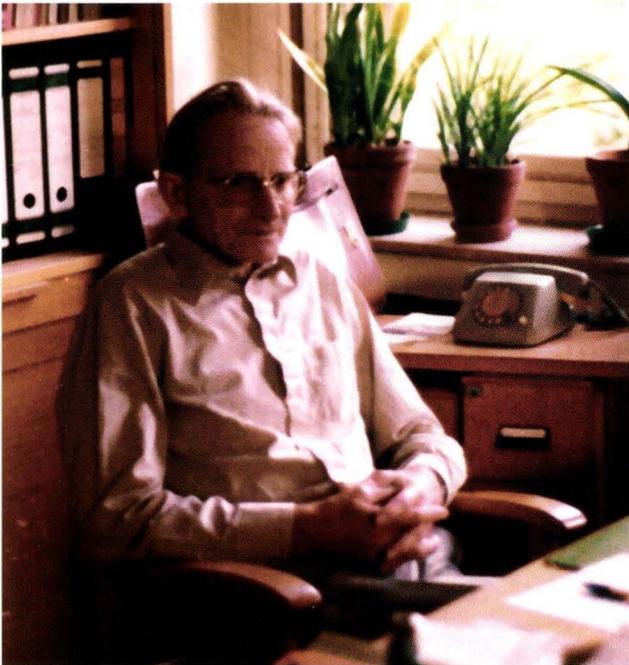


Abb. 1. Arnold Rabien an seinem Schreibtisch im HLFb.

Im Alter von 93 Jahren verstarb am 13. August 2011 Dr. rer. nat. Arnold Rabien in Hochheim a.M. Geboren am 26.10.1918 in Potsdam als fünfter Sohn des letzten *Kaiserlichen Hofkonditors* Ernst Rabien (Café seit 1878) legte er am Victoria-Gymnasium 1938 das Abitur ab. Gleich danach wurde er zum Arbeitsdienst und anschließend zur Wehrmacht eingezogen. Im September 1945 entließ man ihn aus britischer Gefangenschaft.

Noch zu Kriegszeiten hat er das Studium der Geologie/Paläontologie an der Georg-August-Universität in Göttingen aufgenommen. Dort lernte er auch seine Frau, Dr. Ilse Rabien kennen, mit der er 3 Kinder hat.

Zu Arnold Rabiens Wesenszügen zählte besonders Zurückhaltung und Bescheidenheit. Er erlangte hohes Ansehen und war ein international geschätzter Kenner paläozoischer, insbesondere devonischer Ostracoden – kleine zu den Crustaceen zählende Muschelkrebse. Seine Arbeitsschwerpunkte lagen auf der devonischen Biostratigraphie und Fazies, deren Grundlage auf detaillierten Profilaufnahmen im östlichen Rheinischen Schiefergebirge und Aufsammlung sowohl der Makro- als auch der Mikrofaunen basierte.

Die Mikropaläontologie als wesentliche Grundlage der Biostratigraphie sowie die Interpretation von Lebensbedingungen im Sedimentationsraum als sedimentär-fazieller Indikator bekam Ende der 40er, Anfang der 50er Jahre durch die Prospektion auf Erdöl und Erdgas immer mehr Gewicht und große Bedeutung. In diese Zeit wurde Arnold Rabien mit seinen Ostracoden-Studien immer tiefer eingebunden.

Zunächst befasste er sich aber in seiner Diplom-Arbeit mit der unterschiedlichen Gesamt-Fauna, Sedimentologie und Fazies des Ober-Devon („Stratigraphie und Fazies des Ober-Devon in der Waldecker Hauptmulde“; später veröffentlicht unter RABIEN 1956). Erst mit der Promotion („Zur Taxionomie und Chronologie der oberdevonischen Ostracoden“) bei seinem sehr verehrten Lehrer Prof. Dr. Hermann Schmidt, Göttingen, stieg er schon intensiv in die Feinstratigraphie zur Korrelation von internationalen Abfolgen und in die Erforschung oberdevonischer Ostracoden ein, für die er früh seine große Leidenschaft entwickelte und die ihn nicht mehr loslassen sollte (RABIEN 1954, schon in den Abhandlungen des hessischen LA-Bodenforschung, Band 9 erschienen). Grundlage dafür waren detaillierte Profilaufnahmen im Rheinischen Schiefergebirge.

Nach der Promotion 1954 wurde Arnold Rabien Assistent am Geologischen Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Schon im Frühjahr 1955 wechselte er, seinem Wunsch entsprechend, die Rheinseite und ins damalige Hessische Landesamt für Bodenforschung, HLFb (heute Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, HLUG). In der Paläontologie – einem Teilbereich der Geologischen Landesaufnahme – konnte er sich wieder ganz seinen Lieblingen, den paläozoischen Ostracoden, widmen.

Arnold Rabien oblagen bedeutende editoriale Arbeiten. So redigierte er die Hermann Schmidt-Festschrift (Paläontologische Zeitschrift 1962: 265 S.). Im Landesamt hatte er die wichtige Aufgabe der Schriftleitung der wissenschaftlichen Veröffentlichungen – unter Mitarbeit von Albert Karschny (+ 15.2.2012). Diese waren die *Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung* (ab 1976 *Geologische Abhandlungen Hessen*) und das *Notizblatt des hess. Landesamtes für Bodenforschung* (ab 1975 *Geologisches Jahrbuch Hessen*), beide bis 1979. Seine Handschrift bei diesen Arbeiten war deutlich zu erkennen. So war er sehr an einer einheitlichen, aber leicht verständlichen äußeren Form der Manuskripte interessiert. Daher war er auch Mitverfasser der bis heute gültigen Richtlinien für das Verfassen geowissenschaftlicher

\* Dr. H. Groos-Uffenorde (e-mail: hgroos@gwdg.de), Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen (GZG), Goldschmidt-Str. 3, 37077 Göttingen

\*\*Dr. G. Radtke (e-mail: gudrun.radtke@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

Veröffentlichungen (LANG, RABIEN, STRUVE & WIEGEL 1976).

Lange Jahre war Rabiens Wissen auch in der deutschen Subkommission für Devon-Stratigraphie (1972–1988) gefragt. Dort war er auch seit 1970 in den von Prof. Willi Ziegler (Senckenberg-Museum) organisierten ‚Rundgesprächen über Devon-Probleme‘ ein wichtiger Diskussionspartner.

Viele seiner mikropaläontologischen Ergebnisse halfen bei der Klärung von Fragen der Stratigraphie und Sedimentologie (vgl. z.B. BUGGISCH et al. 1978–1986) und flossen besonders ausführlich in die Erläuterungen zur Geologischen Karte Bl. 5515 Dillenburg ein (RABIEN 1970 in LIPPERT et al.). Zu seinen Ehren wurden etliche Fossilien benannt (s.u.).

Zum 31. Oktober 1983 schied Arnold Rabien als Geologiedirektor (ab 1972) aus dem aktiven Dienst aus.

Im Hess. Landesamt hat er durch seine detaillierten Aufnahmen und biostratigraphischen Zuordnungen zum Entstehen mehrerer Geologischer Karten beigetragen, wie 5215 Dillenburg, 5216 Oberscheld, 5214 Burbach, 5315 Herboren, 5316 Ballersbach, 5416 Braunfels, 4920 Armsfeld, 4820 Bad Wildungen. Sein Detailwissen war national als auch international gefragt, was sich in etlichen Exkursionen und Führungen zu den speziellen Profilen widerspiegelte. Im Landesamt hat er die Paläontologische Sammlung mit auf- und weiter ausgebaut (über 8 500 Belegstücke). Er erkannte früh die Bedeutung von Sammlungen; so schon zu seiner Göttinger Zeit (Geowissenschaftliches Zentrum Göttingen GZG, früher GPI bzw. IMGPI Gö), wo die Originale und Belegstücke (GZG Gö 373) der umfangreichen Ostracoden-Sammlung zu seiner Dissertation hinterlegt sind. Seine Belegfauna wird bis heute international genutzt, auch weil auf Grund der sehr sorgfältigen, konsequenten Art des Autors, die Stücke bis heute bestens identifizierbar sind.

Die Paläontologie war seine ganze Leidenschaft, die er mit Ruhe und großer Akribie ausfüllte. Arnold Rabien war ein herausragender Wissenschaftler, aber auch ein bescheidener, eher in zurückhaltender Weise arbeitender, äußerst hilfsbereiter Kollege.

Wir werden ihm ein ehrenvolles Andenken bewahren.

In Anerkennung der wissenschaftlichen Leistung von Arnold Rabien sind zu seinen Ehren die unterschiedlichsten Taxa



**Abb. 2.** Exkursionsleiter Arnold Rabien im Profil Donsbach, 1984 bei der Führung der chinesischen Delegation zum ‚Sino-German Cooperation Program: Palaeontology of the Devonian‘.

benannt worden (siehe auch Groos-Uffenorde 2014: S. 39 im vorliegenden Band):

#### Ostracoden-Gattungen bzw. Untergattungen:

*Rabienella* GRÜNDEL 1962

*Rabienites* TSCHIGOVA 1977

*Franklinella* (*Arnoldella*) GOZALO 1994

*Rabinoscapha* BECKER 1989 (Bairdiacea aus dem Oberdevon der Dillmulde)

#### Ostracoden-Arten:

*Entomoprimitia rabieni* BLUMENSTENGEL 1959

*Richterina* (*Maternella*) *rabieni* GRÜNDEL 1961

*Sulcuna rabieni* BECKER & BLESS 1987

*Thlipsurella rabieni* K. ZAGORA 1968

*Kuzminaella arabieni* GROOS-UFFENORDE 2014

#### Trilobiten-Gattung:

*Rabienops* STRUVE 1989

#### Dacryoconariden-Art (Tentakuliten):

*Nowakia rabieni* G.K.B. ALBERTI 1993

## Publikationen von Arnold Rabien

- RABIEN, A. (1954): Zur Taxonomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**: 1–268, 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1956): Zur Stratigraphie und Fazies des Ober-Devon in der Waldecker Hauptmulde. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **16**: 1–83, 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1956): Die stratigraphische Bedeutung der oberdevonischen Ostracoden. – Z. dt. geol. Ges., **106**: 217–226, 2 Abb.; Hannover.
- RABIEN, A. (1958): Beiträge – In: Bericht über die Exkursionen anlässlich der 110. Hauptversammlung in Marburg a. d. Lahn vom 1.–9.9.1958. – Z. dt. geol. Ges., **111**: 259–264, 285–287, Tab. 1; Hannover.
- RABIEN, A. & RABITZ, A. (1958): Das Ober-Devon von Meschede. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 159–184, 5 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1959): Stratigraphische und fazielle Probleme im Paläozoikum der nordwestlichen Dillmulde. – Z. dt. geol. Ges., **110**: 629–633; Hannover.
- RABIEN, A. (1960): Zur Ostracoden-Stratigraphie an der Devon/Karbon-Grenze im Rheinischen Schiefergebirge. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3** (1): 61–105, 4 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- RABIEN, A. (Hrsg.) (1962): Festband HERRMANN SCHMIDT zur Vollendung des 70. Lebensjahres am 3. Nov. 1962. – Paläont. Z., Sonderband: 265 S., 56 Abb., 6 Tab., 29 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart).
- KREBS, W. & RABIEN, A. (1964): Zur Biostratigraphie und Fazies der Adorf-Stufe bei Donsbach Conodonten- und Ostracoden-Chronologie, Oberdevon I, Rheinisches Schiefergebirge, Dillmulde). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**: 75–119, 3 Abb., 3 Tab., Taf. 6–7; Wiesbaden.
- RABIEN, A. & SCHRICKE, W. (1966): Biostratigraphischer Nachweis und Petrographie von Adorf-Sandsteinen in der Dillmulde/Rheinisches Schiefergebirge (Ober-Devon I, Ostracoden- und Conodonten-Stratigraphie). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 278–301, 2 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. & KULICK, J. (1968): Devon. – In: KULICK, J. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 4719 Korbach: 19–21; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1969): Geologie. – In: STRENGE, B. v.: Landschaftsrahmenplan Naturpark Diemelsee. – Schr.-R. Inst. Naturschutz Darmstadt, **9** (3): 11–17, 1 Kte.; Darmstadt.
- LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg. – 2. Aufl.: 550 S., 18 Abb., 56 Tab., 6 Taf., 3 Beibl.; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1970): Mitteldevon. – In: LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 54–71, Abb. 2, Tab. 3–4, Taf. 1 Fig. 1; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1970): Oberdevon. – In: LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 78–83, 103–235, Abb. 3–7, Tab. 5–18, Taf. 1 Fig. 2, Taf. 2–3, 5; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1970): *Gattendorfia*-Stufe. – In: LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 241–255, Abb. 8, Tab. 21, Taf. 4; Wiesbaden.
- LIPPERT, H.-J. & RABIEN, A. (1970): – In: LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Schriftenverzeichnis. – Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 526–549; Wiesbaden.
- LANG, H.D., RABIEN, A., STRUVE, W. & WIEGEL, E. (1976): Richtlinien für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen. – 1–36; Hannover (Schweizerbart).
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1978): Biostratigraphische Parallelisierung und Faziesvergleich von oberdevonischen Becken- und Schwellen-Profilen E Dillenburg (Conodonten- und Ostracoden-Chronologie, Oberdevon I-V, Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **106**: 53–115, 9 Abb., 12 Tab., Taf. 6; Wiesbaden.
- RABIEN, A. (1979): Südwestliche Dillmulde. – In: Exkursion A5 (16.–18. Sept. 1979) in das Lahn-Dill-Gebiet (Rheinisches Schiefergebirge): 27–29, 30–60, Abb. 15–21, Tab. 3; Marburg (Inst. Geol. Paläont. Philipps-Univ.).
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1980): Das Oberdevon im Rinkenbach-Tal S Oberscheld. – Geol. Jb. Hessen, **108**: 43–94, 5 Abb., 12 Tab.; Wiesbaden.
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1981): Zum Alter des unterkarbonischen Deckdiabases (Effusiv-Diabas) bei Oberscheld (Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **109**: 37–55, 3 Abb., 2 Tab.; Wiesbaden.
- HENNINGSEN, D. & RABIEN, A. (1982): Die hochoberdevonischen Feldspat-Sandsteine (Dasberg- bis Wocklum-Stufe) der mittleren Dillmulde (Rheinisches Schiefergebirge, Bl. 5216 Oberscheld). – Geol. Jb. Hessen, **110**: 67–90, 9 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1983): Stratigraphie und Fazies des kondensierten Oberdevon-Profiles „Diana“ nördlich Oberscheld. – Geol. Jb. Hessen, **111**: 93–153, 10 Abb., 6 Tab., 6 Taf.; Wiesbaden.
- BUGGISCH, W., RABIEN, A. & HÜHNER, G. (1986): Stratigraphie und Fazies von Oberdevon/Unterkarbon-Profilen im Steinbruch „Beuerbach“ bei Oberscheld. – Geol. Jb. Hessen, **114**: 5–60, 12 Abb., 11 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- GROOS-UFFENORDE, H. & RABIEN, A. (1996): Devon-Korrelationstabelle Bo90ds96: Oberdevon-Ostracoden, Entomozoen-Zonen. – Senckenbergiana lethaea, **76**: 283; Frankfurt a.M.
- GROOS-UFFENORDE, H. & RABIEN, A. † (2014): Zur Verbreitung pelagischer Ostracoden im Devon Deutschlands. – Geol. Jb. Hessen, **138**: 37–47, 6 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden 2014.

## Sammlungs-Nummern des Belegmaterials von Arnold Rabiën

Das wichtigste Belegmaterial befindet sich in den folgenden Sammlungen:

- **Göttingen:** Geowissenschaftliches Zentrum der Universität (heute GZG, früher GPI bzw. IMGP Gö): Original-Nr. – Probennummer/Individuen-Nr.
- **Wiesbaden:** Slg. (HLfB) HLUG: 4719/1 (Nr. des Kartenblattes/laufende Sammlungs-Nr.)  
Sammlung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (HLfB) (heute Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, HLUG), Wiesbaden.

1) RABIEN, A. (1954): Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **9**: 1–268, 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Wiesbaden.

Das gesamte Belegmaterial (Gesteinsstücke und Frankzellen) wurden fortlaufend numeriert (z.B. Rb 1001). Das Material zur Dissertation erhielt später zusätzlich die Original-Nummer **GZG GÖ 373** als Vorspann zur Rb-Nr., also z.B. Orig.-Nr. GZG Gö 373-1001

2) RABIEN, A. & RABITZ, A. (1958): Das Ober-Devon von Meschede. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **86**: 159–184, 5 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.

Laut Angabe (S. 167) ist das gesamte Material in der **Sig. Geol. LA Krefeld** hinterlegt, im Sammlungskatalog des HLUG sind folgende Nummern angegeben:

<i>Waldeckella materni</i> (VOLK)		
4615/185	Hypotypoid	Abb. 5 Fig. 1
<i>Waldeckella</i> n. sp. <i>a</i> , aff. <i>materni</i> (VOLK)		
= <i>Waldeckella volki</i> RABIEN 1958		
4615/198	<b>Holotypus</b>	Abb. 5 Fig. 2
<i>Waldeckella</i> n. sp. <i>b</i> , aff. <i>reichi</i> (MATERN)		
= <i>Waldeckella schmidti</i> RABIEN 1958		
4615/8	<b>Holotypus</b>	Abb. 5 Fig. 3

3) RABIEN, A. (1960): Zur Ostracoden-Stratigraphie an der Devon/Karbon-Grenze im Rheinischen Schiefergebirge. – Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **3**: 61–106, 4 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Krefeld.

Abgebildet wurden folgende Ostracoden, in der Slg. HLUG hinterlegt:

<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) <i>latior</i> n. sp.			
4615/159a	<b>Holotypus</b>	Taf. 1	Fig. 1
	Paratypoid	Taf. 1	Fig. 2
4608/8	Paratypoid	Taf. 1	Fig. 3
4609/122a+b	Paratypoid	Taf. 1	Fig. 4
4615/161	Paratypoid	Taf. 2	Fig. 6
4609/6		Taf. 2	Fig. 7
<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) <i>circumcostata</i> n. sp.			
4615/143	Paratypoid	Taf. 2	Fig. 9
4615/146b	<b>Holotypus</b>	Taf. 2	Fig. 10
4615/144a	Paratypoid	Taf. 3	Fig. 12
<i>Richterina</i> ( <i>Richterina</i> ) cf. <i>tenuistriata</i> (KUMMEROW)			
4615/147a		Taf. 3	Fig. 13
<i>Richterina</i> ( <i>Maternella</i> ) <i>grammica</i> (KUMMEROW)			
4608/10a		Taf. 3	Fig. 15

Die Fauna aus dem Profil Meschede ist in Tab. 4 (S. 92–93) aufgelistet inkl. der Slg.-Nr. des HLUG 4615/79a–218h.

4) KREBS, W. & RABIEN, A. (1964): Zur Biostratigraphie und Fazies der Adorf-Stufe bei Donsbach. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**: 75–119, 3 Abb., 3 Tab., Taf. 6–7; Wiesbaden.

Hier sind keine Arten abgebildet, Taf. 6 = Verbreitung der Ostracoden-Leitarten, Taf. 7 = Säulenprofil Donsbach Conodontenfunde im Geol. Inst. TU Darmstadt und weitere paläont. und petrogr. Proben und Dünnschliffe in der Slg. HLUG hinterlegt (S. 77).

STEPHAN HANNAPPEL\* & JOHANN-GERHARD FRITSCHÉ\*\*

## Nachruf Dietrich Rambow



Am 23. April 2013 verstarb Herr Dr. Dietrich Rambow nach kurzer, schwerer Krankheit im Kreis seiner Familie in Wiesbaden. Er hinterließ seine Frau, drei Söhne und drei Enkelkinder.

Dietrich Rambow wurde am 29.07.1933 als dritter Sohn des Rechtsanwalts Heinz Rambow in Greifenhagen/Hinterpommern im heutigen Polen geboren. Im Jahr 1945 floh die Familie nach Demmin im heutigen Mecklenburg-Vorpommern, wo er nach dem Verlust beider Eltern durch Typhus bei einer Tante aufwuchs und 1952 das Abitur ablegte. Im gleichen Jahr nahm er an der Bergakademie in Freiberg/Sachsen das Studium der Geologie auf. Hier lernte er auch seine spätere Frau Brigitte kennen. Nach drei Studienjahren musste Dietrich Rambow aus politischen Gründen Freiberg verlassen. Er reiste über West-Berlin nach Clausthal aus, um dort 1958 an der dortigen Bergakademie mit einer Arbeit über die Stratigraphie und Tektonik

des Mittleren Buntsandsteins im südlichen Niedersachsen das Diplom zu erwerben. Der Buntsandstein sollte ihn Zeit seines Lebens begleiten. Zunächst jedoch strebte er die Promotion an, die im Juli 1960 bei Professor Pilger in Clausthal erfolgte. Der Titel seiner Dissertation war: „Kleintektonische Untersuchungen im westlichen Vestischen Hauptsattel: ein Beitrag zur Frage der Schichten der Kohlenflöze des Ruhrkarbons“. Diese Arbeit im Ruhrkarbon war mit Stoßkartierungen unter Tage bei Bochum verbunden.

Im Oktober 1960 begann Dietrich Rambow seine Arbeit als Hydrogeologe – zunächst als wissenschaftlicher Angestellter – beim damaligen Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden, das er bis zum Ausscheiden aus dem aktiven Dienst im Juli 1998 als leitender Geologiedirektor nicht mehr verließ. Seit 1993 leitete er das Dezernat, das sich mit den Problemen der Entsorgung der Rückstände der Kaliindustrie und mit unterirdischen Speichern beschäftigte. Ab Juni 1995 übernahm er – nach dem Ausscheiden von Prof. Dr. Hölting – zunächst kommissarisch und dann ab Mai 1996 regulär die Leitung der Abteilung Angewandte Geowissenschaften, Hydrogeologie und Ingenieurgeologie.

Der Wirkungsraum von Dietrich Rambow erstreckte sich vor allem auf Nordhessen. Hier verfasste er zahlreiche hydrogeologische Gutachten und Stellungnahmen zu Themen wie Wasserschutzgebietsabgrenzungen, Wasserrechte, Grundwassererschließungsmaßnahmen, hydrogeologische Bewertung von Tunnelbauten, Altlasten, Schadensfälle oder Kaliabwasser- versenkung. Dietrich Rambow nahm unzählige Bohrungen geologisch selbst auf, beschrieb sie lithologisch akribisch und bewertete sie hydrogeologisch. Im Gutachtenarchiv des heutigen Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie ist seine umfangreiche Arbeit dokumentiert. Sie bildet auch heute noch eine wertvolle Hilfe für alle, die in Nordhessen geologisch tätig sind. Zudem war er über viele Jahre hinweg bis nach seiner Pensionierung Mitglied der Subkommission Perm-Trias der Deutschen Stratigrafischen Kommission.

Als langjähriges, aktives Mitglied in der FH-DGG war er von 1981 bis 1987 in deren Vorstand als Schriftführer tätig.

Dietrich Rambow war ein begeisterter Eisenbahn-Fahrer mit einem ausgeprägten Interesse an Tunnelbauwerken. Einen Höhepunkt seines Berufslebens stellten deshalb die beratenden Tätigkeiten im Rahmen des Baus der ICE-Trasse Hannover–Würzburg dar. Auch nach dem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst ging er dieser Leidenschaft weiter nach. So fuhr er

\* Dr. S. Hannappel (e-mail: hannappel@hydor.de), HYDOR Consult GmbH, Am Borsigturm 40, 13507 Berlin

\*\* Dr. J.-G. Fritsche (e-mail: johann-gerhard.fritsche@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

gern auf die jährlichen Tunnelfachtagungen der AlpTransit in Luzern und berichtete Freunden und ehemaligen Kollegen regelmäßig über die dortigen Entwicklungen.

In der Sektion Wiesbaden des Deutschen Alpenvereins engagierte er sich ehrenamtlich in verantwortlicher Position und nahm, solange es ihm möglich war, an ausgedehnten Touren und Wanderungen teil.

Wir trauern um einen geologisch und hydrogeologisch universell interessierten Kollegen und Freund mit umfassendem Wissen und großer Erfahrung und um einen immer objektiven und verständnisvollen Vorgesetzten.

## Zusammenstellung der Veröffentlichungen

- RAMBOW, D. (1961): Kleintektonische Untersuchungen im westlichen Vestischen Hauptsattel. – Clausthaler Tektonische Hefte, Beiheft 4: 1–56, 15 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.
- RAMBOW, D. (1963): Scherflächen in steilstehenden Kohlenflözen. – Z. dt. geol. Ges., **114**: 85–91, 5 Abb.; Hannover.
- RAMBOW, D. (1967): Die Solling-Folge und der untere Röt (Buntsandstein) in der Niederhessischen Senke. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 83–101, 2 Abb.; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1967): Die Hardegsen-Folge (Buntsandstein) in den Bohrungen Beberbeck und Haarhausen (Hessen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 76–82, Taf. 4; Wiesbaden.
- RAMBOW, D. (1966): Zur Geologie des Kreises Hünfeld. – Heimatkalender für den Landkreis Hünfeld 1967: 24–30, 2 Abb.; Hünfeld.
- RAMBOW, D. (1967): Hydrogeologie und Wassererschließung im Kreis Hünfeld. – Heimatkalender für den Landkreis Hünfeld 1968: 24–30, 3 Abb.; Hünfeld.
- RAMBOW, D. & RÖSING, F. (1966): XII. Bohrungen. – In: RÖSING, F.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4621 Wolfhagen: 216–229; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1969): Die Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 226–228, Taf. 7; Wiesbaden (HLfB).
- DÜRBAUM, H.J., MATTHESS, G. & RAMBOW, D. (1969): Untersuchungen der Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit des Buntsandsteins in Nordhessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 258–274, 10 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden (HLfB).
- NIELSEN, H. & RAMBOW, D. (1969): S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 352–366, 2 Abb., Taf. 14–15; Wiesbaden (HLfB).
- HEYL, K.E., NIELSEN, H. & RAMBOW, D. (1970): Zur S-Isotopenverteilung im Sulfatschwefel von Mineralwässern aus dem Moselgebiet, dem Mainzer Becken, dem westlichen Oberrheingraben und dem Nahegebiet. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 249–254, Taf. 15.; Wiesbaden (HLfB).
- BUSSE, E., RAMBOW, D. & RÖSING, F. (1970): Ein Profil durch den Nordteil des Kasseler Grabens bei Burghasungen, Nordhessen (Blatt 4621 Wolfhagen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 146–150, Taf. 7.; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1971): VIII. Hydrogeologie. – In: HORN, M.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4721 Naumburg: 158–169, Abb. 19–20, Tab. 8–10, Taf. 1; Wiesbaden (HLfB).
- HORN, M. & RAMBOW, D. (1971): XII. Bohrungen. – In: HORN, M.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4721 Naumburg: 217–279; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1971): Die natürlichen Grundlagen des Kreises. – In: Der Kreis Hünfeld: 17–31, 1 Abb.; Stuttgart und Aalen (Konrad Theiss Verlag).
- RAMBOW, D. (1971): Zur Geologie des Kreises Melsungen. – Jb. d. Kreises Melsungen, **1972** (41. Jg.): 100–104, 1 Abb.; Melsungen (A. Bernecker Verlag).
- NÖRING, F., MATTHESS, G. & RAMBOW, D. (1972): Probleme der Bestimmung des gewinnbaren Grundwasserdargebotes in Festgesteinen für wasserwirtschaftliche Rahmen- und Sonderpläne. – Z. dt. geol. Ges., **123**: 65–80, 2 Abb.; Hannover.
- RAMBOW, D. (1972): Hydrogeologie und Trinkwassererschließung im Kreis Melsungen. – Jb. d. Kreises Melsungen, **1973** (42. Jg.): 107–110; Melsungen (A. Bernecker Verlag).
- RAMBOW, D. (1973): Profile durch den Mittleren Buntsandstein am West- und Ostrand der Niederhessischen Senke. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **101**: 277–283, 4 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (HLfB).
- BERNHARD, H., RAMBOW, D., RITZKOWSKI, S. & RÖSING, F. (1972): Die Subrosionssenke von Kassel-Waldau. – Vortrag: 124. Hauptversammlung DGG in Braunschweig.
- HÖLTING, B., KULICK, J. & RAMBOW, D. (1974): Stratigraphische und hydrogeologische Ergebnisse von Brunnenbohrungen in Schichtfolgen des Unteren Buntsandsteins und Zechsteins im Nordteil des Kreises Waldeck/Hessen. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 229–269, 3 Abb., 2 Tab., Taf. 12–13; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1975): VII. Hydrogeologie. – In: KUPFAHL, H.-G.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4823 Melsungen, 2. neu bearb. Aufl.: 111–126, Abb. 19–21, Tab. 7–10; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1975): X. Bohrungen. – In: KUPFAHL, H.-G.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4823 Melsungen, 2. neu bearb. Aufl.: 165–180, Abb. 27; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1976): Der Altmorschen-Lichtenauer Graben im Gebiet Retterode (Nordhessen). – Geol. Jb. Hessen, **104**: 177–179, 1 Abb.; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1976): Die Westfortsetzung des Grabens von Wickensrode (Nordhessen). – Geol. Jb. Hessen, **104**: 181–182, 1 Abb.; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1976): Profile durch den Mittl. Buntsandstein an der Ostflanke des nordhessischen Teilbeckens (Gebiet östlich Kassel). – Geol. Jb. Hessen, **104**: 43–49, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1977): Grenzen der Grundwassernutzung in Nordhessen. – Z. dt. geol. Ges., **128**: 297–304, 2 Abb.; Hannover.
- BÜHMANN, D. & RAMBOW, D. (1979): Der Obere Buntsandstein (Röt) bei Borken/Hessen, Stratigraphie und Tonmineralogie. – Geol. Jb. Hessen, **107**: 125–138, 1 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- BACKHAUS, E., KAEVER, M., LEPPER, J., LOHMANN, H. H., MEIBURG, P., RAMBOW, D., REGENHARDT, H. & RITZKOWSKI, S. (1980): Geol. Karte des Reinhardswaldes 1 : 50 000, mit Erl.: 32 S., 10 Abb.; Wiesbaden (HLfB).

- RAMBOW, D. (1981): IX. Hydrogeologie. – In: KUPFAHL, H.-G.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4723 Oberkaufungen, 2. neu bearb. Aufl.: 132–146, 3 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden (HLfB).
- RAMBOW, D. (1983): VIII. Hydrogeologie. – In: MEIBURG, P.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4521 Liebenau: 126–135, 2 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden (HLfB).
- SCHRAFT, A. & RAMBOW, D. (1984): Vergleichende Untersuchungen zur Gebirgsdurchlässigkeit im Buntsandstein Ost Hessens. – Geol. Jb. Hessen, **112**: 235–261, 18 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- RAMBOW, D. (1986): Großräumige Grundwasserabsenkungen im Buntsandstein durch einen Braunkohlenabbau und ein Wasserwerk und die Wiederauffüllung des Entnahmetrichters nach Einstellung des Braunkohlenabbaues (Borken, Hessen). – Z. dt. geol. Ges., **137**: 241–251, 4 Abb.; Hannover.
- RAMBOW, D. (1991): Die Wirkung einer Stauanlage auf das Grundwasser, gezeigt am Beispiel der Stauanlage Wahnhausen an der Fulda. – In: Wasser- und Windmühlen in Kurhessen und Waldeck-Pyrmont; Kaufungen (Verlag Axel Eiling).
- DIEDERICH, G., FINKENWIRTH, A., HÖLTING, B., KAUFMANN, E., RAMBOW, D., SCHARPF, H.-J., STENGEL-RUTKOWSKI, W. & WIEGAND, K. (1991): Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1 : 300 000. – Geol. Abh. Hessen, **95**: 83 S., 3 Abb., 4 Tab., 5 Kt.; Wiesbaden.
- RAMBOW, D. (1993): Geologie der Stadt Zierenberg. – In: Zierenberg 1293–1993. Ausgewählte Aspekte aus 700jähriger Geschichte; Zierenberg.
- LEMMER, F. & RAMBOW, D. (1994): Die Höhenlage der Rötbasis im Raum Kassel und über Zechsteinaufpressungen an nordhessischen Gräben. – Geol. Jb. Hessen, **122**: 13–21, 1 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden (HLfB).
- LEMMER, F. & RAMBOW, D. (1996): Abgedeckte geologische Karte, Höhenlage der Quartärbasis und Mächtigkeitsverteilung von pleistozänen Terrassenkiesen im Raum Kassel (Nordhessen), insbesondere im Gebiet östlich der Fulda (Bettenhausen und Waldau). – Geol. Jb. Hessen, **124**: 137–148, 4 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (HLfB).
- GEYH, M. A. & RAMBOW, D. (1997): Isotopenhydrogeologische Untersuchungen an Grundwässern aus dem Buntsandstein Nordhessens. – Geol. Jb. Hessen, **125**: 43–62, 6 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (HLfB).
- SKOWRONEK, F., FRITSCH, J.-G., ARAGON, U. & RAMBOW, D. (1999): Die Versenkung von Salzabwasser im Untergrund des Werra-Kaligebietes. – Geol. Abh. Hessen, **105**; Wiesbaden (HLfB).
- SCHRAFT, A., FRITSCH, J.-G., HEMFLER, M., MITTELBACH, G., RAMBOW, D. & TANGERMANN, H. † (2002): Die hydrogeologischen Einheiten Nordhessens, ihre Grundwasserneubildung und ihr nutzbares Grundwasserdargebot (Ldkrs. Waldeck-Frankenberg, Kassel, Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg, Fulda und Stadt Kassel). – Geol. Jb. Hessen, **129**: 27–54; Wiesbaden (HLUG).
- RAMBOW, D. & LEMMER, F. (2003): Zur Genese der Tertiärsenken südöstlich von Kassel – Tektonik oder Subrosion? – Geol. Jb. Hessen, **130**: 73–89, 10 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden (HLUG).

INGA SCHLÖSSER-KLUGER\*

## Nachruf Witigo Stengel-Rutkowski



Unser langjähriger Kollege Dr. Witigo Stengel-Rutkowski starb am 21.01.2012. Nach seiner Dienstzeit im Hessischen Landesamt für Bodenforschung hatte er weiterhin regelmäßig seine Kollegen und Kolleginnen im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie besucht, um aktuelle Informationen zu seinen Interessensgebieten unter anderem zu Heilquellen- oder Thermalwassererschließungen in Hessen zu erhalten.

Herr Stengel-Rutkowski wurde am 25.05.1935 in Jena (Thüringen) geboren. Nach dem Besuch der Volksschule in den Jahren 1941–1945 ging seine Familie nach Marburg. Dort besuchte er das Humanistische Gymnasium Philippinum und schloss seine Schullaufbahn mit dem Abitur im Jahr 1954 ab. Im gleichen Jahr begann er sein Geologiestudium an der Philipps-Universität in Marburg. Nach dem Vordiplom verbrachte er im Jahr 1956 ein Semester an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen. Seine Diplomprüfung legte er 1960 in Marburg ab. Seine akademischen Lehrer waren u.a. in Marburg Prof. C.W. Kockel (Geologie), H. Winkler (Mineralogie) und in Tübingen

E. Seibold und G. Wagner (Geologie). Seine Dissertation zum Thema „Die Geologie der Umgebung von Lech/Vorarlberg“ an der Philipps-Universität in Marburg fertigte er noch im gleichen Jahr an.

Im Jahr 1960 heiratete er seine Frau Marianne geb. Götzfried. Sie bekamen drei Kinder, Sohn Bernhard wurde 1961, seine Töchter Bettina 1963 und Barbara 1965 geboren.

Seine berufliche Laufbahn begann mit der Einstellung im Hessischen Landesamt für Bodenforschung als Angestellter mit den Aufgaben eines Hydrogeologen, der Gutachten und Stellungnahmen zu Fragen der Grundwassererschließung, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten, Wasserrechten, Grundwasserschadensfällen und Altlasten vor allem in den westlichen hessischen Landkreisen im Rheinischen Schiefergebirges und der Wetterau verfasste. Vom Jahr 1978 an war er auch in Osthessen für den Landkreis Fulda der zuständige Gebietshydrogeologe. Er konnte durch seine sorgfältige Fachdatendokumentation für die verschiedenen Trinkwasser- und Heilquellengewinnungsanlagen oder auch Grundwasserschadensfälle immer schnell und umfangreich auf die an ihn gerichteten Aufgaben reagieren. Zwischen 1966–1970 war er Personalratsvorsitzender. Im August 1966 wurde er auf Lebenszeit verbeamtet, im Februar 1969 zum Geologieoberrat und im November 1983 zum Geologiedirektor ernannt. Neben seiner Tätigkeit als Hydrogeologe erhielt er ab 1981 die Funktion des Dezernatsleiters für die Archive, die Bibliothek und die EDV des HLFb.

Neben seinem Fachwissen gehörte sein umfangreiches historisches Wissen zu seinen Fähigkeiten, das er mit seinen Aufgaben zu verknüpfen wusste. Er konnte stets kulturhistorisches Hintergrundwissen liefern, ob es sich nun um Heilquellen, Bergbau oder auch Landesgeschichte handelte.

Ich habe ihn als umgänglichen, hilfsbereiten Kollegen, der sein Wissen gerne teilen und weitergeben wollte, insbesondere auch an uns junge Kollegen, kennengelernt. Er besaß darüber hinaus eine angenehm gesellige und aufrechte Art.

Neben seinem beruflichen Aufgabenfeld im HLFb war er in mehreren Auslandsaufenthalten in Afrika (Demokratische Republik Kongo/früher Republik Zaire, 8 Länder in der Sahel-Zone und Marokko), die er für die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, die KfW und die Fa. Salzgitter AG durchführte, u.a. zur Sicherstellung der Grundwasserversorgung und Bewässerung zwischen den Jahren 1974–1983 tätig. Für diese Aufgaben ließ er sich zeitweise bis zu 14 Monate beurlauben.

\* I. Schlösser-Kluger (e-mail: Inga.Schloesser-Kluger@hlug.hessen.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden

Neben seinen beruflichen Aufgaben engagierte er sich ehrenamtlich in mehreren geologischen Vereinigungen, im Deutschen Beamtenbund und als Schöffe am Landgericht Wiesbaden. Er war Vorsitzender des Oberrheinischen Geologischen Vereins von 1989–1998 und im Nassauischen Verein für Naturkunde von 2003–2011. Im Jahr 2009 erhielt er das Bundesverdienstkreuz am Bande für seine zahlreichen ehrenamtlichen Tätigkeiten.

Ein weiteres Wirkungsfeld waren seine zahlreichen Veröffentlichungen zur Geologie und Hydrogeologie beginnend mit Themen zu den Lechtaler Alpen (Österreich) über hydrogeologische Untersuchungen (Tracer-Versuche) in der Dill-Mulde des Rheinischen Schiefergebirges und Beiträgen zur Erd- und Landschaftsgeschichte einzelner Regionen des Rheinischen Schiefergebirges. Zu verschiedenen Kartenblättern der GK 25 verfasste er die hydrogeologischen Erläuterungen. Es liegen rd. 70 Veröffentlichungen, an denen er mitgewirkt hat, vor. Diese Veröffentlichungen waren nicht nur für die Fachkollegen bestimmt, sondern ebenso für interessierte Bürger, die einen geowissenschaftlichen Einblick in den Aufbau

des Naturraumes, insbesondere des Rheinischen Schiefergebirges in Hessen, erhalten wollten. Er vermittelte sein Wissen ebenfalls über Exkursionen, die z.B. zu den Heilquellen von Wiesbaden oder Bad Wildungen führten oder die Geologie des Taunus oder der Wetterau veranschaulichten. Neben geologischen und hydrogeologischen Erläuterungen lag sein Bestreben darin, einen Einblick in die kulturhistorischen Zusammenhänge zu geben.

In seiner Freizeit war er neben diesen Aktivitäten noch aktiver Chorsänger, passionierter Historiker und Hobbygärtner.

Mit Herrn Stengel-Rutkowski ist ein vielfältig interessierter und befähigter Kollege gegangen, der flächendeckend in Hessen seine Spuren hinterlassen hat. Seine vielfältigen Veröffentlichungen bleiben uns erhalten und zeigen deutlich die Zusammenhänge zwischen den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen und der kulturhistorischen Entwicklung einzelner hessischer Regionen auf.

Wir trauern um einen hoch engagierten Hydrogeologen, der sich hessenweit für den Grundwasserschutz verdient gemacht hat.

## Publikationen von Witigo Stengel-Rutkowski

- KOCKEL, F. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1956): Übersichtskartierung 1 : 25 000, Bl. 4620 Arolsen als Beitrag für eine geologische Neukartierung von Bl. Arolsen im Maßstab 1 : 100 000. – Unveröff. Manuskript Archiv HLFb; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1959): Zur Geologie der Hasenfluh bei Zürs am Arlberg (Lechtaler Alpen). – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **87**: 192–201; Wiesbaden.
- KOCH, K.E. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1959): Faziesuntersuchungen in Jura und Unterkreide der westlichen Lechtaler Alpen. – Verh. geol. Bundesanst., **H. 2**: 179–201; Wien.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1960): Die Geologie der Umgebung von Lech (Vorarlberg). – Unveröff. Diss. Philipps-Universität Marburg; Marburg/Lahn.
- HÜCKEL, B., JACOBSHAGEN, V. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1960): Über den Bau des Allgäuer Hauptkammes und der Hornbachkette (nördliche Kalkalpen). – Z. deutsch. geol. Ges., **112**; Hannover.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1962): Der Bau des Gebirges um Lech (Vorarlberg). – Z. deutsch. geol. Ges., **113**: 535–556; Hannover.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1964): Die Geologie der Umgebung von Lech. – Jb. Vorarlberger Landesmuseumverein: 115–124; Bregenz.
- HÖLTING, B. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1964): Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. – Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **47**: 37 S.; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1965): Grundwassererschließung im hess. Anteil des Rheinischen Schiefergebirges in den letzten 15 Jahren. – Z. deutsch. Geol. Ges., **117**: 913–914; Hannover.
- Karte der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen 1 : 300 000 (1966); Wiesbaden (HLfB).
- MATTHES, G. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1967): Färbeversuche mit Uranin AP im oberdevonischen Rifffalkstein (Iberger Kalk) von Erdbach und Breitscheid (Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge). – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 181–189; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1967): Geologische Untersuchung in der Senkgrube am Fuß des Werkplatzes von Stammheim, Krs. Friedberg – In: WURM, K.: Der paläolithische Werkplatz in Stammheim, Krs. Friedberg. – Fundberichte aus Hessen, 7. Jg.; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1967): Einige neue Vorkommen von Natrium-Chlorid-Wasser im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 190–212; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1970): Bruch- und Dehnungstektonik im östlichen Rheinischen Schiefergebirge als Auswirkung des Oberrheingrabens. – Z. dt. geol. Ges., **121**: 129–141; Hannover.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1970): IX. Hydrogeologie. – In: LIPPERT, H.-J. unter Mitarbeit von HENTSCHEL, H. & RABIEN, A.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 436–452; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1971): Die Neufassung der Römerquelle in Schlangenbad, Untertaunuskreis. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 334–340; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1973): Die anthropogene Umweltkatastrophe. – Wirklichkeit und Wahrheit. Vierteljahrszeitschrift f. Forschung, Kultur u. Bildung, **H. 3**: 156–165; Nordenham (Druckerei Drees).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1973): Bad Salzhausen. – In: SCHNEIDER, H.: Die Wassererschließung, 2. Aufl.; Essen (Vulkan-Verlag); (auch in 3. Aufl., 1990).
- Hydrologischer Atlas von Deutschland (1973). – DFG; Freiberg/Brsg.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1975): Erd- und Landschaftsgeschichte des Gebietes von Oberbrechen, Lagerstätten und Hydrogeologie. – In: GENSIKKE, H. & EICHHORN, E.: Geschichte von Oberbrechen: 11–22; Limburg/Lahn.

- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1976): Ergebnisse von Abflußmessungen im Krofdorfer Forst (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **104**: 233–244; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1976): Idsteiner Senke und Limburger Becken im Licht neuer Bohrergebnisse und Aufschlüsse (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **104**: 183–224; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1979): VII. Neue Erkenntnisse zur Geologie auf Blatt Wetzlar, X. Hydrogeologie, XII. Bohrungen. – In: KEGEL, W.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5417 Wetzlar, 2. Aufl.: 59, 79–98, 112–132; Wiesbaden (HLfB).
- DILLMANN, W. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1978): VIII. Hydrogeologie. – In: MITTMEYER, H.-G.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5813 Nastätten, 2. Aufl.: 93–108; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1979): VIII. Hydrogeologie. – In: HENTSCHEL, H. & THEWS, J.-D.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5514 Hadamar, 2. Aufl.: 116–135; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1979): I. Vorwort, VI. Geologische Neuerkenntnisse, IX. Hydrogeologie, XI. Bohrungen. – In: KEGEL, W.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5517 Cleeburg, 2. Aufl.: 5–6, 36–39, 50–65, 69–81; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1980): Die hydrogeologischen Verhältnisse im basaltischen Tertiär des östlichen Westerwaldes. – Geol. Jb. Hessen, **108**: 177–195; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1980): IX. Hydrogeologie. – In: SCHOTTLER, W.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5418 Gießen, 2. Aufl.: 111–125; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1980): Entwicklungshilfe zwischen Wissenschaft, Humanität und Politik. – In: Perspektiven und Grenzen der Naturwissenschaft. – Freie Akademie, **1**: 11–22; ISBN 3-923834-00-4.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1981): Erd- und Landschaftsgeschichte sowie Bodenschätze, Wasser und Baugrund. – In: Camberg - 700 Jahre Stadtrechte: 11–16 sowie 155–158; Camberg.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1981): Wandern im Taunus - Wandern über 300 Millionen Jahre Erdgeschichte. – Wander-Almanach „Wiesbaden wanderbar“: 94–96; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1983): Geologie und Wasserversorgung im Gebiet des früheren Herzogtums Nassau. – Jb. Nass. Ver. Naturkde., **106**: 14–26; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1984): Die eisenhaltigen Kohlsäuerlinge von Bad Schwalbach. – In: Bad Schwalbach, 400 Jahre Heilbad: 10–14; Eltville a. Rh.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1984): Die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Eisenbach. – In: 750 Jahre (1234–1984) Eisenbach, Heimatbuch Gemeinde Selters: 6–9; Meinerzagen.
- Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1984): Standortkarte von Hessen mit Erl., Hydrogeologische Karte 1 : 50 000 (Blätter 5514 Wiesbaden, 5912 Kaub, 5714 Limburg, 5518 Gießen, 5516 Wetzlar, 5514 Weilburg, 5316 Gladenbach, 5314 Dillenburg); Wiesbaden.
- DIEDERICH, G., FINKENWIRTH, A., HÖLTING, B., KAUFMANN, E., RAMBOW, D., SCHARPFF, H.-J., STENDEL-RUTKOWSKI, W. & WIEGAND, K. (1985): Erläuterungen zu den Übersichtskarten 1 : 300 000 der Grundwasserergiebigkeit, der Grundwasserbeschaffenheit und der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers in Hessen. – Geol. Abh. Hessen, **87**: 3 Kt.; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1985): Karst- und Höhlenbildung in Hessen aus hydrogeologischer Sicht. – Karst und Höhle **1984/85**: 57–69; München.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1987): Die Säuerlinge des Westtaunus – Nachzügler eines neogenen Vulkanismus oder Vorboten künftiger tektonischer Aktivität? – Geol. Jb. Hessen, **115**: 331–340; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1988): Geologie und Landschaftsgeschichte. – In: CASPARY, E. & ZABEL, N.: 600 Jahre Haintchen (1388–1988): 11–19; Selters.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1988): Zur Geschichte Limburgs und seiner Umgebung. – Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **70**: 15–17; Stuttgart.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1988): Die Geologie der näheren Umgebung von Limburg a. d. L. – Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **70**: 19–27; Stuttgart.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W., DILLMANN, H. & HOHBERGER, K.H. (1988): Hydrologie des Limburger Beckens und seiner östlichen und westlichen Randgebiete. – Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **70**: 201–213; Stuttgart.
- HOTTENROTT, M. & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1990): Pliozän einer Brunnenbohrung im Lahntal nördlich Limburg-Eschhofen – ein Beitrag zur Pliozänstratigraphie in Hessen und zur jüngsten Vertikaltektonik im Limburger Becken. – Geol. Jb. Hessen, **118**: 155–166; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1991): Geschichtlicher Überblick über das Land Waldeck und den Tagungsort Bad Wildungen. – Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **72**: 37–39; Stuttgart.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1991): X. Hydrogeologie. – In: ANDERLE, H.-J.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5715 Idstein, 2. Aufl.: 180–198; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1992): Gisbert Diederich, Nachruf. – Geol. Jb. Hessen, **120**: 207–211; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1993): Eckhard Böke, Nachruf. – Geol. Jb. Hessen, **121**: 229–231; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1993): Trinkwasserversorgung aus Grubengebäuden des ehemaligen Roteisensteinbergbaus im Lahn-Dill-Kreis (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **121**: 125–140; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1993): Erd- und Landschaftsgeschichte des Gebietes von Lindenhofzhausen, Lagerstätten und Hydrogeologie. – In: Lindenhofzhausen, Beiträge zur Geschichte (772–1993): 11–20; Lindenhofzhausen (Verschönerungsverein Lindenhofzhausen e.V.).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1994): Erd- und Landschaftsgeschichte des mittleren Taunus und Niederselters. – In: Geschichte von Niederselters: 13–24; Niederselters (Seltersdruck u. -verlag).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. & HOLTZ, S. (1994): Hydrogeologie – Tal-sperrengeologie – Umweltgeologie im Hessischen Rhöngebiet (Exkursion C der Tagung des Oberrheinischen geologischen Vereins 1994 in Bad Kissingen). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **76**: 67–82; Stuttgart.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1994): VII. Hydrogeologie. – In: EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLER, M.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen: 249–265; Wiesbaden.
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1996): Erd- und Landschaftsgeschichte der Stadt Taunusstein. – In: Taunusstein, Landschaft, Natur und Geschichte, **Bd. 1**: 11–23; Taunusstein (Schellenberg'sche Verlagsbuchhandlung).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1997): 11. Hydrogeologie. – In: BENDER, P., LIPPERT, H.-J. & NESBOR, H.-D.: Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5216 Oberscheld: 337–360; Wiesbaden (HLfB).
- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1998): Die Bedeutung der Karsterscheinungen im Erdbach-Breitscheider Riff für die Erkenntnis neogener

- Bruchtektonik im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **119**: 55–61; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1998): Vorkommen von basaltischem Schlackenagglomerat bei Heidenrod-Laufenselden, Rheingau-Taunus-Kreis (Rheinisches Schiefergebirge). – Jb. nass. Ver. Naturkde., **119**: 63–70; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. & EHRENBERG, K.-H. (1999): Manfred Horn, Nachruf. – Geol. Jb. Hessen, **127**: 149–152; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2000): Die Dornburg bei Dornburg-Wilsenroth im Westerwald. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **121**: 67–81; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2000): Otto Schmitt, Nachruf. – Geol. Jb. Hessen, **128**: 127–129; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2001): Sonnenberg und sein Untergrund – Ein erdgeschichtlicher Überblick. – In: Festschrift 875 Jahre Sonnenberg; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2001): Erich Lacker, Nachruf. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **83**: 23–24; Stuttgart.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2002): Die Mineralquellen im Rheingau – Ursprung und Wirkung. – Rheingau-Forum, **11(2)**: 15–25.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2002): Trinkwasserversorgung aus Grubengebäuden des ehemaligen Bergbaus im Rheingau-Taunus-Kreis (Rheinisches Schiefergebirge). – Jb. nass. Ver. Naturkde., **123**: 125–138, 3 Abb.; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2003): Die Dornburg bei Dornburg-Wilsenroth. – In: Wilsenroth und die Dornburg-Chronik eines Westerwalddorfes: 11–18, 6 Abb.; Wilsenroth (Verkehrs- und Verschönerungsverein).
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2003): Die lösungsarmen „starken“ Thermen von Schlangenbad – Schlangenbad und seine Quellen, 75 Jahre Thermalfreibad. – Förderverein Thermalfreibad Schlangenbad e.V.: 6–14, 1 Abb., 2 Tab., Geisenheim (Lotz).
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2004): Eisenhaltige Sauerlinge und Thermalquellen im Gebiet von Bad Schwalbach und Schlangenbad. – Jahrbuch 2004, Rheingau-Taunus-Kreis: 58–62; Idstein/Ts. (Grandpierre KG).
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2004): Von Bächen, Quellen, Thermen und Stollen. – In: Streifzüge durch die Natur von Wiesbaden und Umgebung. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **Sb 2**: 59–70; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2005): Nachruf für Franz Rösing. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **87**: 29–31; Stuttgart.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2008): „Schlangenbad“ und „Bad Schwalbach“. – In: KÄSS, W. und H.: Deutsches Bäderbuch, 2. Aufl.: 883–911; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2008): Hydrogeologischer Führer zu den Kochsalz-Thermen von Wiesbaden. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **129**: 103–116, 7 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2009): Hydrogeologischer Führer zu den Kochsalz-Thermen von Wiesbaden (with English summary). – Nass. Verein f. Naturkunde; Wiesbaden.

# Inhalt

## Seite 5

HARALD ELSNER & UWE LEHMANN  
Das Gold der Eder – Geschichte mit Zukunft?

## Seite 15

BENJAMIN HOMUTH, GEORG RÜMPKER & MATTHIAS KRACHT  
Mikroseismisches Monitoring im nördlichen Oberrheingraben, die Pilotstudie MonaSeis

## Seite 37

HELGA GROOS-UFFENORDE & ARNOLD RABIEN †  
Zur Verbreitung pelagischer Ostracoden im Devon Deutschlands

## Seite 49

HENNING UFFENORDE & GUDRUN RADTKE  
*Eucytherura myrsinae* n. sp. (Ostracoda, Cytheruridae G.W. MÜLLER 1894) im Bereich des Bolboformen-Horizontes der Bohrung Wallau B98-BK5 (Unter-Oligozän, Mainzer Becken, Hessen)

## Seite 57

CHRISTIAN HOSELMANN & ROUWEN LEHNÉ  
Die quartärgeologische Entwicklung und ein geologisches 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens

## Seite 75

DOMINIK PECORONI, KLAUS FRIEDRICH, JANINA SEHR & MARKUS FUCHS  
Phosphorgehalte in hessischen Böden und Bodenausgangsgesteinen

## Seite 95

EBERHARD KLEIN & THOMAS SCHINDLER  
Harmotom-besetzte Wurzeln im Oberoligozän von Breitscheid/Westerwald

## Seite 109

GUDRUN RADTKE  
Nachruf Hans-Jürgen Anderle

## Seite 117

KARL-JOSEF SABEL  
Nachruf Ernst Bargon

## Seite 121

FRED ROSENBERG & HEINZ-DIETER NESBOR  
Nachruf Karl-Heinz Ehrenberg

## Seite 125

FRED ROSENBERG & HEINER HEGGEMANN  
Nachruf Martin Hottenrott

## Seite 131

HELGA GROOS-UFFENORDE & GUDRUN RADTKE  
Nachruf Arnold Rabien

## Seite 135

STEPHAN HANNAPPEL & JOHANN-GERHARD FRITSCHÉ  
Nachruf Dietrich Rambow

## Seite 139

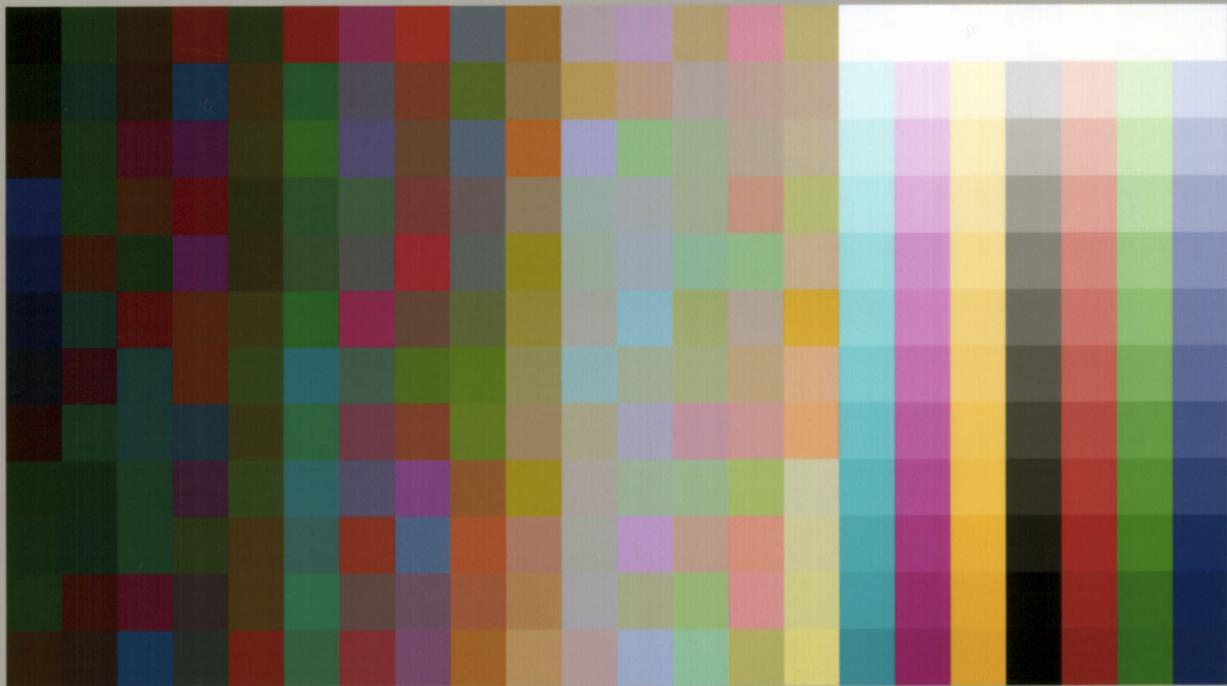
INGA SCHLÖSSER-KLUGER  
Nachruf Witigo Stengel-Rutkowski



Hessisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie

**Für eine lebenswerte Zukunft**

[www.hlug.de](http://www.hlug.de)



SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0