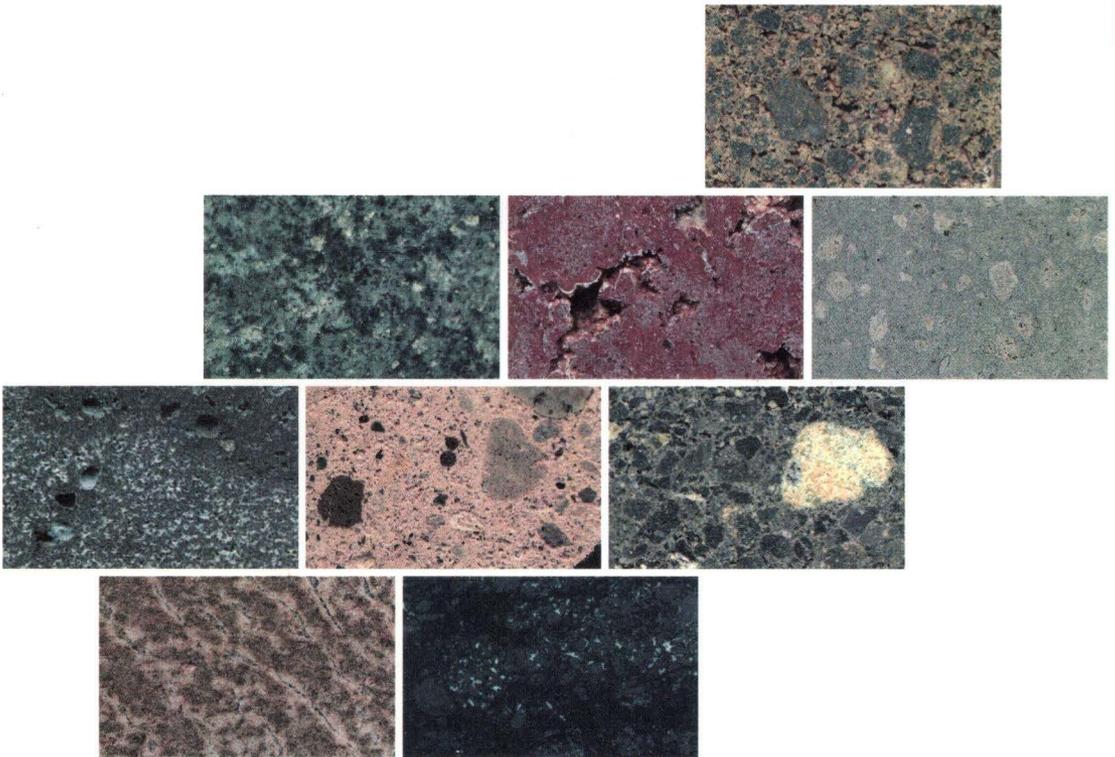




Geologische Abhandlungen Hessen, Band 110

Vulkanische Gesteine aus Hessen und ihre Eigenschaften als Naturwerksteine



VON ENNO STEINDLBERGER



Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Geologische Abhandlungen Hessen, Band 110: 167 Seiten, 25 Abb., 6 Tab., Bildteil (53 Tafeln mit Erläuterungen); Wiesbaden 2003
ISBN 3-89531-812-4
ISSN 0341-4043

Vulkanische Gesteine aus Hessen und ihre Eigenschaften als Naturwerksteine

VON ENNO STEINDLBERGER



Hessisches Landesamt
für Umwelt und Geologie

Schriftleitung
Dr. Roland E. Becker
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186, D-65203 Wiesbaden

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Titelbilder:

Exemplarische Werkstein-Varietäten, Bildausschnitte von Musterplatten in Originalgröße

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 u. Obermiller), Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart.

© Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2003

ISBN 3-89531-812-4

ISSN 0341-4043

Printed in Germany

Für den Inhalt der Arbeit ist der Autor allein verantwortlich.

Dieses Werk ist 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: Monika Retzlaff, Dr. Adalbert Schraft, Dagmar Tangermann

Herausgeber,

© und Vertrieb: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186, D-65203 Wiesbaden
Telefon: 06 11/70 1034; e-mail: vertrieb@hlug.de
Telefax: 06 11/9740 813

Vulkanische Gesteine aus Hessen und ihre Eigenschaften als Naturwerksteine**

Kurzfassung

In Hessen sind verschiedene Vulkanprovinzen bekannt, in denen vulkanische Gesteine als Naturwerksteine abgebaut wurden oder bis heute abgebaut werden. Vor allem historische Gebäude verdeutlichen eine ehemals z.T. große Popularität des regional vorkommenden Gesteinsmaterials als Bau- und Dekorationsstein.

Eine Auswahl an repräsentativen Gesteinsvarietäten wird mit Musterplatte, mit mikroskopischen Aufnahmen von Dünnschliffen und mit Referenzobjekten vorgestellt sowie petrographisch und petrophysikalisch eingehend analysiert.

Neben einer ausführlichen Klassifikation der Vulkanite und Vulkaniklastite wird auch eine regionalgeologische Übersicht speziell über das vulkanische Geschehen gegeben.

Auf die allgemeinen Ursachen und Abläufe der Gesteinsverwitterung wird ebenso hingewiesen wie auf gesteinspezifische Verwitterungsmechanismen und resultierende Schadensbilder der jeweiligen Varietäten.

In besonderer Weise ist diese Arbeit als Nachschlagewerk für den denkmalpflegerischen und restauratorischen Bereich konzipiert, z.B. um eine Zuordnung der Baumaterialien zu historischen Gewinnungsstellen zu ermöglichen oder vergleichbare Ersatzgesteine ausfindig zu machen. Weiterhin dienen die gesteintechnischen Kennwerte dazu, eingehende Voruntersuchungen an den jeweiligen Gesteinsvarietäten während restauratorischer und konservatorischer Begleitmaßnahmen bei verwitterungsbedingten Schadensfällen zu reduzieren.

Abstract

Volcanic rocks of several Hessian volcanic areas have been used as building materials.

Especially many historical buildings prove the former popularity of these stones as building and decorative material.

A selection of characteristic varieties is documented with rock samples, photographs of microscopic thin sections and typical buildings. Also the results of petrographical and petrophysical analysis are presented.

A classification of the volcanic and volcanoclastic rocks as well as a regional geological overview concerning the development of the volcanic activities is given.

Common causes and processes of decay are shown, followed by discussion of the individual processes and forms of deterioration relevant to diverse varieties of volcanic rocks.

This publication is designed to be a reference-book for preservation and conservation purposes,

* Dr. E. Steindlberger, Institut für Steinkonservierung e. V., Große Langgasse 29, D-55116 Mainz.
e-mail: ifs.mainz@t-online.de, internet: www.denkmalpflege-hessen.de/IFS

** Als Dissertation an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main am 18.01.2002 angenommen.

for example to find the original sources of building materials or to find proper substitutional materials, if the original is not available anymore.

Technological reports may be used to minimise the need of own examinations during preparation of conservation work.

Résumé

Des zones volcaniques sont connues dans la région de la Hesse (en Allemagne), où des pierres volcaniques furent exploitées – et le sont toujours – en tant que pierre de taille naturelle. Les bâtiments historiques sont les témoins principaux de l'importante popularité, à l'époque de ce matériel régional de construction et de décoration.

Dans cette étude une sélection représentative des variétés de roches est présentée sous la forme d'une plaquette d'échantillons, avec des photos microscopiques des lamelles et des objets de référence. C'est dans le détail que ces variétés ont été analysées au niveau pétrographique et pétrophysique.

De plus une classification précise des roches volcaniques et des roches composites d'origine volcanique est donnée, ainsi qu'une vue d'ensemble sur le plan géologique de la région, spécialement au niveau des phénomènes volcaniques.

Cette étude montre les causes et les processus généraux de l'effritement des roches d'une part, ainsi que les mécanismes d'effritements et les types de dommage spécifiques selon chaque espèce de roche d'autre part.

Particulièrement intéressante est cette étude puisqu'elle est conçue comme un ouvrage de référence pour le travail dans les domaines de protection des monuments historiques et de leurs restaurations. Elle permettra, par exemple, d'attribuer un matériel de construction à un gisement historique d'extraction ou de trouver des pierres de rechange similaires. En outre, lors des mesures de restauration et de conservation, en cas de dommage causé par l'effritement, les paramètres techniques des roches serviront à éviter des pré-examens minutieux des variétés de pierres, sachant que ceux-ci ont déjà été effectués lors de cette étude.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1 Hintergrund und Zielsetzung	5
1.2 Definition und Verwendung von Naturwerksteinen	6
1.3 Auswahl der Gesteine	7
1.4 Klassifikation und Nomenklatur der vulkanischen Gesteine	9
1.4.1 Vulkanite	9
1.4.2 Vulkaniklastite	13
1.5 Regionalgeologische Grundlagen	17
1.5.1 Rheinisches Schiefergebirge mit Lahn-Dill-Gebiet und Taunus	19
1.5.2 Odenwald	21
1.5.3 Vogelsberg	23
1.5.4 Hessische Senke mit Habichtswald und Knüllgebirge	25
1.5.5 Rhön	26
1.5.6 Westerwald	26

2. Verwitterung von Natursteinen	27
2.1 Einleitung	27
2.2 Verwitterungsfaktoren	28
2.2.1 Gesteinseigenschaften	28
2.2.2 Klimatische Einflüsse	29
2.3 Verwitterungsprozesse	30
2.3.1 Physikalische Verwitterung	30
2.3.2 Chemische Verwitterung	31
2.4 Schadensbilder	32
2.5 Verwitterungsverhalten der untersuchten Gesteine	32
3. Gesteinsphysikalische Untersuchungen	38
3.1 Einleitung	38
3.2 Untersuchungen in Zusammenhang mit der Wasseraufnahme	38
3.2.1 Kapillare Wasseraufnahme, Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten	39
3.2.2 Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und unter Vakuum	40
3.2.3 Dichte und Trockenrohddichte	41
3.2.4 Sättigungswert	41
3.2.5 Porosität	42
3.2.6 Hygrische Dehnung	42
3.3 Einaxiale Druckfestigkeit	43
3.4 Dynamischer Elastizitätsmodul, Ultraschallmessungen	44
4. Aufbau der Datenblätter des Bildteiles	47
5. Danksagung	50
6. Schriftenverzeichnis	50
7. Bildteil mit Auflistung der untersuchten vulkanischen Gesteine	64

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Zielsetzung

Ein regional verfügbares Natursteinangebot verdeutlicht sich in charakteristischer Weise anhand von Bauwerken und Denkmälern.

Hessen ist in besonderer Weise durch seine weit verbreiteten Vulkangebiete gekennzeichnet. Dementsprechend reicht die Tradition der Gewinnung und Verarbeitung der verschiedenartigen vulkanischen Natursteine weit zurück.

An historischen Baudenkmalern und Skulpturen ist eine fortschreitende Zerstörung festzustellen. Die Ermittlung charakteristischer Gesteinseigenschaften und daraus abgeleitet das Verständnis des Verwitterungsverhaltens der ver-

wendeten Baumaterialien ist daher von besonderer Bedeutung, um gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zur Konservierung und Restaurierung von steinernen Objekten gewährleisten zu können. Geschieht dies nicht, geht mit deren fortlaufendem Zerfall von Bauwerken und Skulpturen die architektonische Vielfalt vergangener Epochen mitsamt ihrer charakteristischen bildhauerischen Handwerkskunst unwiederbringlich verloren. Um diese Zeitzeugen jedoch erhalten zu können, liegt eine Ausarbeitung von langfristigen Konservierungskonzepten im allgemeinen Interesse.

Mit der Darstellung ausgewählter vulkanischer Gesteine aus Hessen, die ehemals als Naturwerkstein Verwendung fanden oder noch bis heute finden, soll ein Überblick über die Vielfalt an den z.T. recht unterschiedlichen Baumaterialien gegeben werden, die oft nicht oder nur unzureichend bekannt sind. Entsprechend den Arbeiten von GRIMM (1990) und MÜLLER (1990) wird somit eine katastermäßige Erfassung von Naturwerksteinen in einer regional und thematisch ausgewählten Weise fortgesetzt.

Ein Vergleich der aufgezeigten Gesteinsvarietäten soll helfen, eine vereinfachte Zuordnung der Gesteinsgruppen oder -arten mit verbauten Gesteinen an Objekten zu erlauben, geeignete

Austauschgesteine im Zuge von Restaurierungsmaßnahmen zu finden oder bei konservatorischen Maßnahmen zeit- und kostenintensive Einzeluntersuchungen zu vermeiden. Hinsichtlich der ermittelten mineralogisch-petrographischen und petrophysikalischen Charakteristika der Einzelgesteine kann der Bildatlas als Grundlage für geeignete Sanierungskonzepte dienen.

Von diesem Hintergrund ausgehend erfolgte die Erfassung, Dokumentation und Auswertung ausgewählter, repräsentativer vulkanischer Natursteine zu diesem Bildatlas, der die regionaltypischen Bau- und Dekorationssteine weitestgehend abdeckt.

1.2 Definition und Verwendung von Naturwerksteinen

Naturwerksteine werden durch Sägen oder Behauen aus dem rohen Gesteinsblock gewonnen. Sie zeigen dann stets mehr oder weniger deutliche Bearbeitungsspuren und zeichnen sich im Endprodukt durch z.T. geometrische und deutlich begradigte Formen und Oberflächen aus. Im Unterschied dazu stehen die **Bruchsteine**, die ihre unregelmäßige oder rein durch Bruch- oder Spaltflächen begrenzte äußere Form im Wesentlichen beibehalten.

Bereits bei der Gewinnung von Naturwerksteinmaterial müssen spezielle Techniken im Steinbruch eingesetzt werden. Da durch Sprengung eine weitgehende Zerkleinerung der Gesteine verursacht wird, müssen vielmehr durch Sägen oder Herausbrechen größer dimensionierte Gesteinsblöcke gefördert werden, die dann nachfolgend entsprechend weiterverarbeitet werden können.

Für die Verwendung von Natursteinen im Straßen-, Bahn-, Wasser- und Betonbau werden die Ausgangsprodukte zumeist als Schotter, Splitt, Brechsande und Stücksteine eingesetzt. Hierfür eignen sich im Gegensatz zu den Naturwerksteinen auch zerklüftete oder schiefrige Ausgangsgesteine.

Das Haupteinsatzgebiet von Naturwerksteinen liegt in der heutigen Zeit in der Bauindustrie und im Grabmalbereich (EGGERT et al. 1986).

Als typische Verwendungszwecke können dabei nach SINGEWALD (1992) folgende genannt werden:

- **Monumentalsteine** für Monumente, Denkmäler, Grabsteine und die Gestaltung von Skulpturen und Statuen
- **Dekorationssteine** wie z.B. Steinmöbel oder für das Kunsthandwerk
- **Gehwegplatten**
- **Bordsteine**
- **Mühlsteine**
- **den Garten gestaltende Steine** wie Brunnen, Blumentröge, Beeteinfassungen
- **Bausteine** im Außen- und Innenbereich als Wände, Verblendmauersteine oder Fassadenplatten, Fußböden, Treppenstufen, Fensterbänke, Wandverkleidungen, Fliesen etc.
- **Pflastersteine**
- **Schiefer** als Fassaden- oder Dachplatten

Durch wirtschaftlichere und schnellere Transportmöglichkeiten kommen heutzutage verstärkt ausländische Naturwerksteine zum Einsatz, während regional charakteristische Gesteine in den meisten Fällen weitgehend verdrängt wurden. Zu bedenken ist dabei jedoch auch die Eignung der entsprechenden Gesteinsvarietäten für den jeweiligen Einsatzbereich, wobei regionale Produkte oft nicht das gewünschte Farbenspiel und die qualitativen Voraussetzungen erfüllen sowie auch oft nicht die geforderten Lieferdimensionen erreichen können.

Bis Anfang/Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts ist dagegen i.d.R. auf regionales oder örtliches Material zurückgegriffen worden, was an historischer Bausubstanz bis in die heutige Zeit deutlich ablesbar ist (STEINDLBERGER 2000). Lediglich für sakrale und feudale Prestigeobjekte (Kirchen und Schlösser) wurden auch aus weiter entfernten Abbaugebieten Baumaterialien über den Wasserweg angeliefert.

Vor der Herstellung von Zement als Massenprodukt lag der Schwerpunkt des Einsatzgebietes von Naturwerksteinen in der Errichtung von Mauerwerken.

Das Mauerwerk wird nach DIN 1053-1 (1990) entsprechend Bearbeitung und Verband bzw. Anordnung der Mauersteine folgendermaßen unterschieden:

- **Trockenmauerwerk**
- **Zyklopenmauerwerk**
- **Bruchsteinmauerwerk**

1.3 Auswahl der Gesteine

Schwerpunkt dieser Arbeit ist, ein weites Spektrum an verschiedenen vulkanischen Gesteinsarten und -varietäten sowie deren räumliche Verteilung über das gesamte Bundesland Hessen wiederzugeben (Abb. 1). Dabei wird der Dokumentation der optischen und genetischen Variationsbreite, der Intensität der (ehemaligen) Nutzung und der Möglichkeit zu weiterführender Literaturobachtung Rechnung getragen.

- **Quadermauerwerk**
- **hammerrechtes Schichtmauerwerk**
- **unregelmäßiges Schichtmauerwerk**
- **regelmäßiges Schichtmauerwerk**
- **Verblendmauerwerk**

Bruchsteinmauerwerk und Zyklopenmauerwerk weisen hierbei das am wenigsten oder gar nicht bearbeitete Material auf.

Die Mauersteinoberflächen beim Quader- und Schichtmauerwerk können **bruchrau, scharriert, bossiert, gekrönel, gestockt, gebeilt, gezahnt, geschliffen, poliert, gefräst, geflammt** oder **gesägt** sein. Die Lager- und Stoßfugen sind z.T. in ihrer ganzen Tiefe bearbeitet, und die Werksteine erhalten eine bestimmte Maßhaltigkeit.

Über die Bearbeitungstechniken der Naturwerksteine auch unter historischer Betrachtung gibt z.B. REINSCH (1991) Auskunft.

Standen in früherer Zeit lokale Gesteinsvorkommen und eine leichte Gesteinsgewinnung im Vordergrund, werden heutzutage an die Naturwerksteine verstärkte Qualitätsanforderungen gestellt. So müssen verschiedene Voruntersuchungen eine Beständigkeit gegenüber verschiedenen Verwitterungsfaktoren wie Frost oder chemischen Angriffen bestätigen.

Gerade die mangelhaften Werksteinqualitäten, wie sie zahlreich an historischen Objekten sichtbar werden, lassen dagegen eine längerfristige Eignung als Naturwerkstein vermissen.

Eine mehr oder weniger vollständige Auflistung von Gesteinsarten, die sich sowohl farblich als auch vom Gefüge her kaum von einander unterscheiden (z.B. Basalte), ist dagegen nicht angestrebt.

Neben klassischen, über die regionalen Grenzen hinaus bekannten Werksteinen werden auch weniger bekannte Gesteine aufgenommen, die nur untergeordnet oder lokal Verwendung fanden.

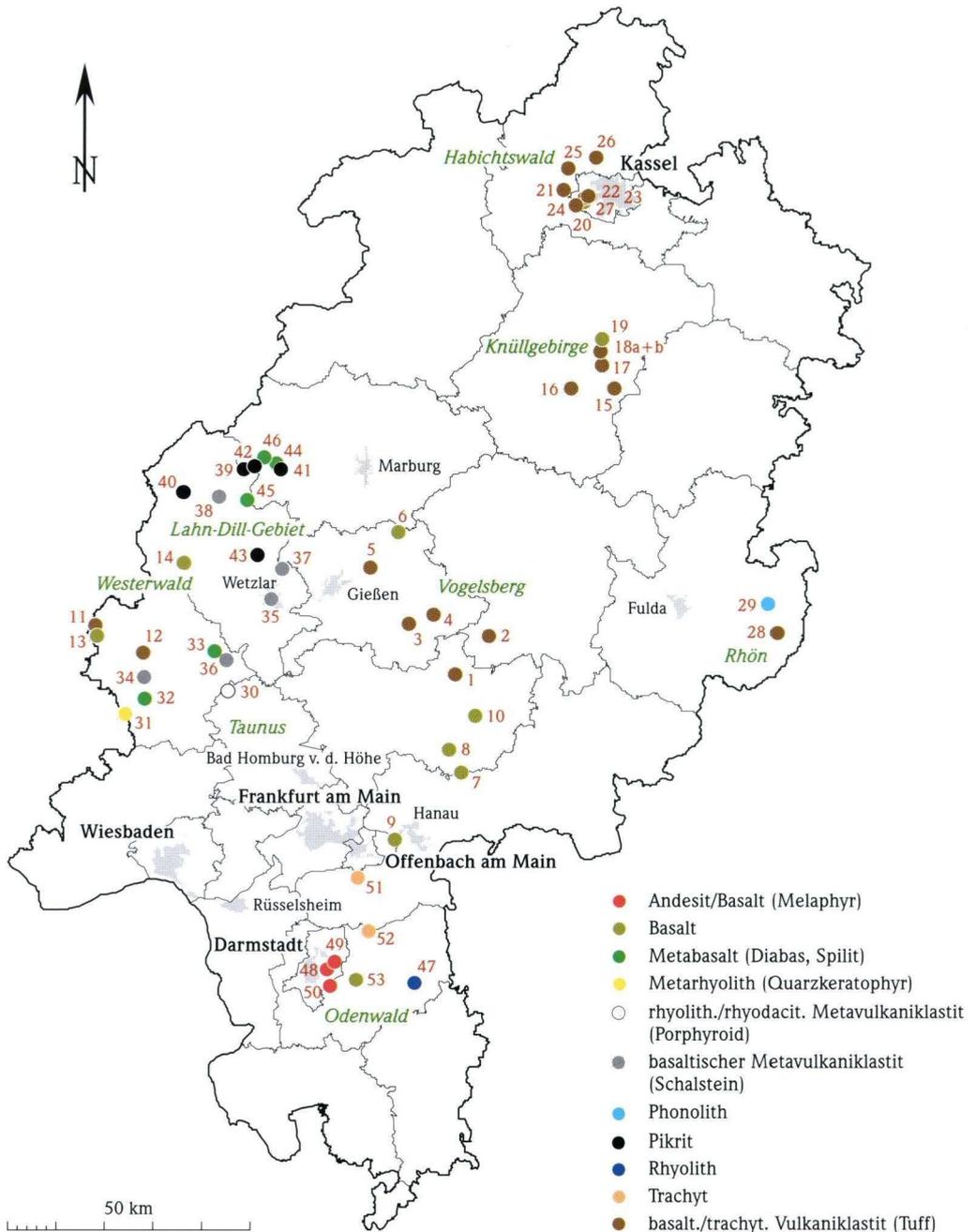


Abb. 1. Lageplan der Steinbrüche nachfolgend aufgeführter vulkanischer Gesteine mit Angabe der Gesteinsart und durchlaufender Gesteinsnummer (1–53, vgl. Bildteil).

Gerade die Basalte werden noch bis heute in zahlreichen Steinbrüchen in weiten Gebieten von Hessen intensiv abgebaut, wenngleich auch fast nur noch zur Schotter- und Splittgewinnung. Die nahezu identische Ausbildung in Farbe und Gefüge aller Basalte, bedingt durch eine vergleichbare Genese, macht es somit überflüssig, eine Vielzahl an Einzelgesteinen aufzulisten. Daher beschränkt sich die Auswahl der Basalte auf geographisch verteilt liegende, bedeutende Vorkommen oder auf exemplarische Besonderheiten (Absonderung, Chemismus) der Gesteine.

Eine Auflistung zahlreicher Tuffsteine im Bildteil basiert auf der Tatsache, dass diese in früherer Zeit auf Grund ihrer leichten Gewinnungs- und Verarbeitungsmöglichkeit (GÄBERT et al. 1915; DIENEMANN & BURRE 1929) intensiv als Mauerstein Verwendung fanden. Zahlreiche Kirchen, Burgen, Privatgebäude und Mauern verdeutlichen bis heute die ehemals große Popularität

der Tuffe und belegen somit die klassische Verwendung eines Natursteins als Werkstein.

Weiterhin dient die petrographische und petrophysikalische Erfassung der Tuffe als Grundlage für eingehende Untersuchungen über das Verwitterungsverhalten und die Verwitterungsursachen hessischer Tuffsteine (STEINDLBERGER 2002a).

Da in den allermeisten Fällen eine verbaute historische Gesteinsvarietät nicht mehr gewonnen werden kann, ist die Kenntnis über mögliches Ersatzmaterial, das sowohl von der Optik als auch von den gesteintechnischen Eigenschaften vergleichbar ist, von nicht unerheblichem Interesse. Die Arbeit kann jedoch nicht für die vorgestellten Gesteine alle vergleichbaren Alternativen auflisten. Speziell die in Betrieb befindlichen Steinbrüche, die heute ausschließlich zur Splitt- und Schottergewinnung konzipiert sind, können häufig durchaus vergleichbares Mauersteinmaterial liefern.

1.4 Klassifikation und Nomenklatur der vulkanischen Gesteine

Unter dem Begriff „vulkanische Gesteine“ werden sowohl die Vulkanite i.e.S., also die vulkanischen Hartgesteine, als auch die Vulkaniklastite (Tuffe i.w.S.) zusammengefasst. Im Er-

scheinungsbild, im Gefüge und in der Struktur sind zumeist deutliche Unterschiede zwischen beiden Gesteinsgruppen festzustellen, weshalb differenzierte Einteilungen nötig sind.

1.4.1 Vulkanite

Als Vulkanite werden diejenigen Gesteine bezeichnet, die infolge vulkanischer Aktivitäten direkt an der Erdoberfläche subaerisch oder subaquatisch oder zumindest oberflächennah aus Schmelze erstarren. Die Gesteine liegen dann als Effusivgesteine z.B. in Form von ausgedehnten Basaltdecken mit einzelnen Fließeinheiten/Lavaströmen vor oder können als Kuppen, Stiele oder Stöcke als direkt im Schlotbereich verfestigte Gesteine aufgeschlossen sein. Oberflächennah sind die Vulkanite als Gänge oder Lagergänge (sills) im angrenzenden Nebengestein erhalten. Die Lagergänge sind im Gegensatz zu

den effusiven Vulkaniten deutlich grob kristalliner ausgebildet und zeigen ein doleritisches Gefüge.

Blasenreiche Basalte (Lungsteine, Mandelsteine) sind ein Indiz für effusiv geförderte Laven, da die Blasenbildung nur bei relativ geringem Außendruck wie z.B. im Dachbereich eines Basaltstromes entstehen kann.

Eine Klassifikation und Nomenklatur von Vulkaniten wird üblicherweise nach mineralogischen und/oder geochemischen Gesichtspunkten vorgenommen, wobei der modale und normative Mineralbestand eine ausschlaggebende

Rolle spielt. Diese Grundlage gilt jedoch nur für junge, stofflich nicht veränderte Vulkanite.

In Abhängigkeit vom Kristallisationsgrad wurden zwei grundlegende Klassifikationsprinzipien entwickelt:

- Vom Mineralbestand ausgehende Einteilungsprinzipien wurden von TRÖGER (1935) und STRECKEISEN (1966, 1967, 1978, 1980) vorgestellt.

Nach Vorschlägen der IUGS- (International Union of Geological Sciences) Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks (LE MAITRE 1989; STRECKEISEN 1978, 1980) sollte die Klassifikation von magmatischen Gesteinen durch mikroskopisch ermittelten quantitativen Mineralbestand (sog. Modus oder Modalbestand) vorgenommen werden. Die anschließende Zuordnung erfolgt im **STRECKEISEN-Diagramm** (Abb. 2).

- Für Vulkanite mit mikro- bis kryptokristallinem oder glasigem oder glashaltigem Gefüge ist eine Klassifikation basierend auf der chemischen Zusammensetzung entwickelt worden. Über einen normativen Mineralbestand sollte eine abschließende Zuordnung ebenfalls im STRECKEISEN-Diagramm erfolgen. Dieses Prinzip ist jedoch nicht frei von Fehlinterpretationen, da ausgehend von einer rein chemisch ermittelten Zusammensetzung nicht immer zwangsläufig auf die tatsächlich zu bildenden Minerale geschlossen werden kann (Heteromorphie der Gesteine).

Auf chemischen Analysen basieren z.B. die Klassifikationen von CROSS, IDINGS, PIRSSON & WASHINGTON (**CIPW-System**, 1903), NIGGLI (**System nach Magmentypen**, 1923), RITTMANN (**Rittmann-Norm**, 1973), LE BAS et al. (1986), COX et al. (1979), LE MAITRE (1989) und WINCHESTER & FLOYD (1977).

Der Gesteinschemismus wird anhand der Haupt-, Spuren- und Seltenen Erden-Elemente angegeben. Den chemischen Hauptanteil eines jeden Gesteins stellen folgende Hauptelemente dar: SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MnO , MgO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 und H_2O .

Eine vereinfachte binäre Darstellung im sog. TAS (**Total Alkali-Silica**)-Diagramm nach LE MAITRE (1989) beruht auf einer Grundlage von COX et al. (1979). Sie soll die oben erwähnten Fehlinterpretationen ausschließen. Dabei wird der SiO_2 -Gehalt dem $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ -Gehalt gegenübergestellt (Abb. 3).

Basaltische Gesteine sind die weltweit am weitesten verbreiteten Vulkanite. Sie werden zur weitergehenden Klassifikation im **Basalt-tetraeder** nach YODER & TILLEY (1962) untergliedert (Abb. 4).

Vor allem die paläozoischen (devonischen und karbonischen) basischen Gesteine des Lahn-Dill-Gebietes werden neben charakteristischen vulkanischen Mineralphasen auch von Mineralen aufgebaut, die nicht mit der üblichen magmatisch-vulkanischen Kristallisationsabfolge erklärt werden können bzw. erst unterhalb dieser gebildet werden. Einige Autoren gingen zur Erklärung dieses Mineralbestandes von mit Wasser angereicherten und niedrig temperierten Magmen z.T. mit kontinuierlicher Gesteinsdifferenzierung aus, die dann zu einem solchen primären Stoffbestand führen sollten (vgl. HENTSCHEL 1953a, b, 1961b, 1970, 1979; LEHMANN 1941, 1953a, b; QUADE 1970; VOSSOUGH-ABEDINI 1979).

Vielmehr aber führen die syn- bis postmagmatischen Veränderungen (Diskussion in SCHMINCKE 1988b) der basischen Vulkanite (und auch der Vulkaniklastite, s.u.) in Abhängigkeit von der ursprünglichen Zusammensetzung zu unterschiedlich starken metasomatischen Mineralumwandlungen und Mineralneubildungen (FLICK 1977; HENTSCHEL 1953a, b, 1956, 1961b; VOSSOUGH-ABEDINI 1979). Dabei werden die Plagioklase weitgehend albitisiert, die mafischen Minerale wie Olivin und Pyroxen sowie auch evtl. glasige Grundmasse chloritisiert und Titanomagnetit in Leukoxen umgewandelt. Weitere Sekundärminerale wie Albit, Analcim, Kalzit, Prehnit, Stilpnomelan und andere kommen z.T. ergänzend hinzu (FLICK & NESBOR 1988a; FLICK et al. 1988;

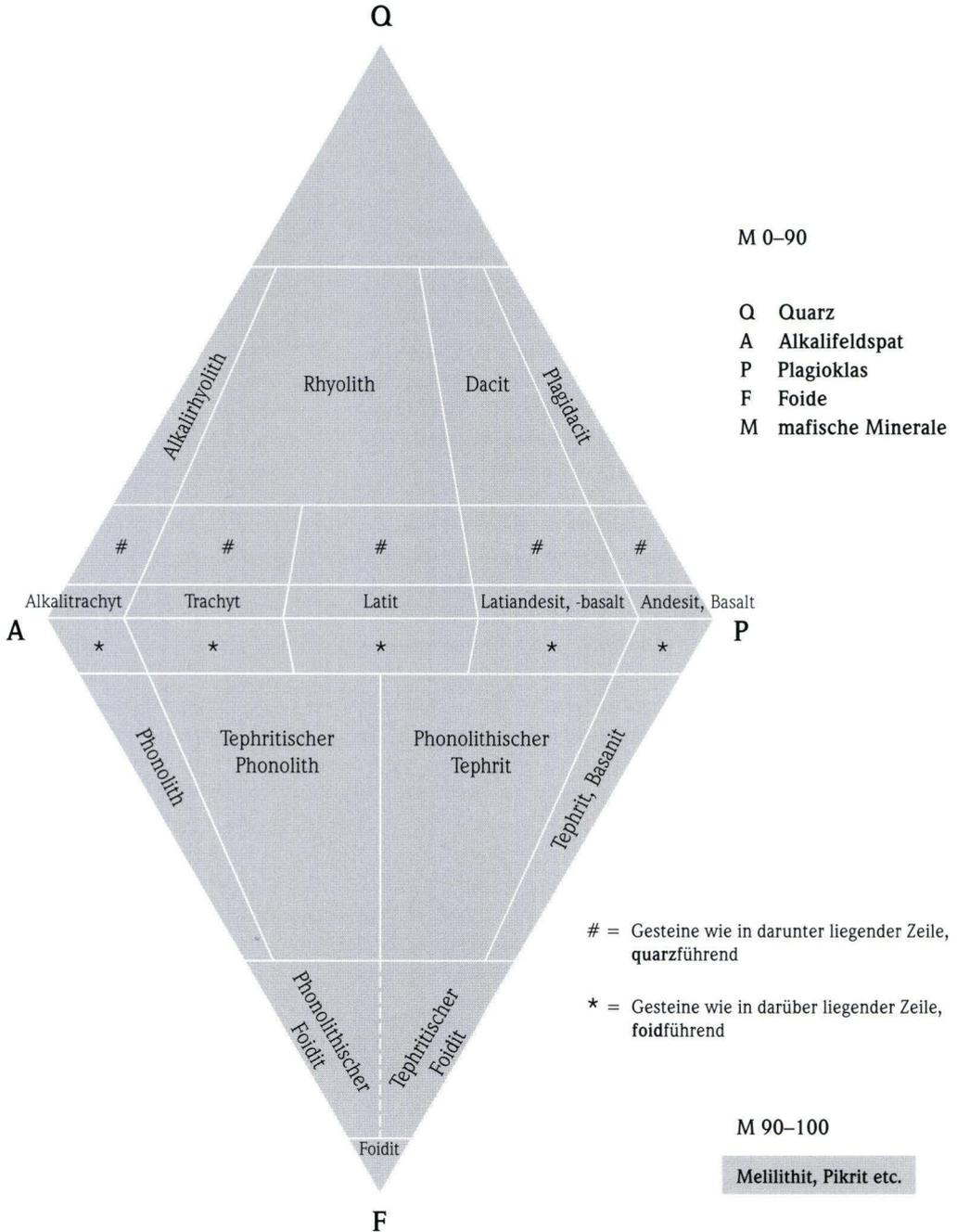


Abb. 2. Einteilung der Vulkanite im STRECKEISEN-Diagramm (1966, 1967, 1978, 1980) auf Grundlage quantitativer Ermittlung von Normmineralen (Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas, Foide).

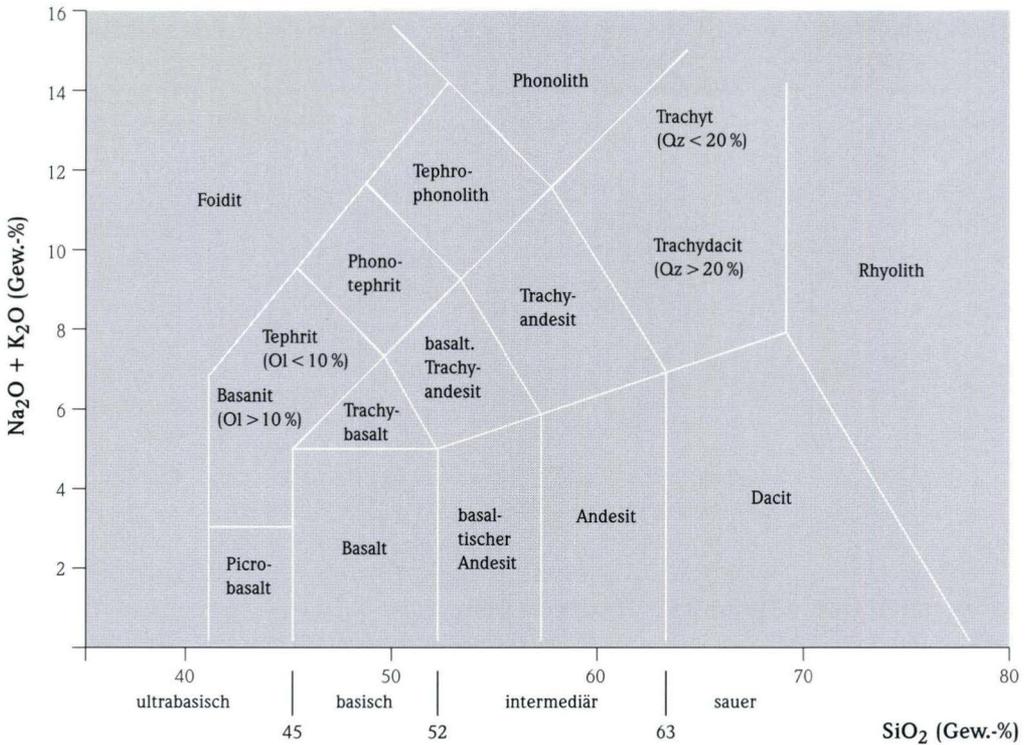


Abb. 3. Gesamt Alkali/SiO₂-Diagramm nach LE MAITRE (1989).

NESBOR 1997; TANUMIHARDJA et al. 1986). Dieser Vorgang wird als **Spilitisierung** bezeichnet und äußert sich schon rein optisch durch eine Vergrünung der Gesteine.

Verantwortlich für diese Gesteinsveränderungen sind einerseits diagenetische und hydrothermale Prozesse in Verbindung mit Austauschvorgängen zwischen den untermeerisch ausgeflossenen Vulkaniten und dem sie umgebenden Meerwasser (Diskussion z.B. in HENTSCHEL 1953a, 1961b) und andererseits die variszische Anchimetamorphose, der auch das heutige Lahn-Dill-Gebiet unterlag (MEISL et al. 1982; NESBOR & FLICK 1988b).

Diese vergrünten basaltischen Gesteine sind daher nicht als primärmagmatische Kristallisate, sondern vielmehr als ehemalige tholeiitische Ba-

salte oder Alkali-Olivinbasalte anzusehen (FLICK et al. 1991).

In gleicher Weise sind die trachytischen und alkalirhyolithischen Vulkanite metasomatisch verändert worden. Diese kieselsäurereichen Gesteine zeigen jedoch nur relativ geringe Umwandlungsprozesse (FLICK & NESBOR 1988a).

Nach der neueren Literatur werden die spilitisierten basischen Vulkanite als **Metabasalte** und die überprägten Trachyte und Rhyolithe als **Metatrachyte** bzw. **Metarhyolithe** bezeichnet (z.B. NESBOR et al. 1993; THEWS 1996). Metabasalte mit doleritischem Gefüge sind auch als **Metadolerite** anzusprechen.

Ältere Namengebungen wie **Spilit** und **Diabas** für ursprüngliche Basalte sowie **Kerato-**

phyr und **Quarzkeratophyr** für ehemalige Trachyte bzw. Rhyolithe (FLICK & NESBOR 1988a, b; WIMMENAUER 1985) sind nicht mehr gebräuchlich.

Die **Pikrite** stellen den ultrabasischen „Bodensatz“ basaltischer Magmenkammern dar. In der Literatur wird für die Gesteinsvorkommen im Lahn-Dill-Gebiet auf die Vorsilbe **meta** auf Grund der allgemein schwächeren Alteration verzichtet (NESBOR et al. 1993). Für die in dieser Arbeit analysierten Varietäten scheint diese Vorsilbe jedoch nicht unangebracht, unterlagen sie doch einer weitgehenden mineralischen Umwandlung. Vor allem sind es die Olivine, die nun großenteils als serpentinisierte Pseudomorphosen vorliegen, während die Mesostasis, d.h. die zwickelfüllende mikrokristalline Grundmasse, nahezu vollständig in Chlorit-Mineralen umgewandelt wurde.

Auch die permokarbonischen Vulkanite werden häufig mit eigenen Termini versehen. Im Mineralbestand veränderte basaltische und andesitische Gesteine werden allgemein als **Melaphyre** bezeichnet, Rhyolithe tragen die Bezeichnung **Porphyre** oder **Quarzporphyre**. Auch diese Vulkanite erfuhren durch diagenetische Prozesse eine gewisse Umkristallisation sowohl der primären Kristallphasen als auch der ehemals evtl. vorhandenen glasigen Mesostasis. So wurden in den Melaphyren die Olivine und Pyroxene weitgehend chloritisiert oder opacitisiert (in Erz umgewandelt), die Feldspäte dagegen albitisiert. In den Porphyren ist eine Zersetzung der Feldspäte zu Serizit und Kaolinit zu beobachten. Im Vergleich zu den devo-

nischen und karbonischen Vulkaniten erscheinen diese Umwandlungen der Gesteine aber geringer.

Die stofflich veränderten devonischen und karbonischen Vulkanite werden üblicherweise und so auch in dieser Arbeit nach ihrem ursprünglichen Mineralbestand zugeordnet und mit dem Präfix **meta** als metamorph-metasomatisch überprägte Gesteine charakterisiert (STRECKEISEN 1978) (z.B. tholeiitischer Metabasalt).

Die Melaphyre werden als Andesit/Basalt bezeichnet, wie z.B. in NEGENDANK (1968) gefordert.

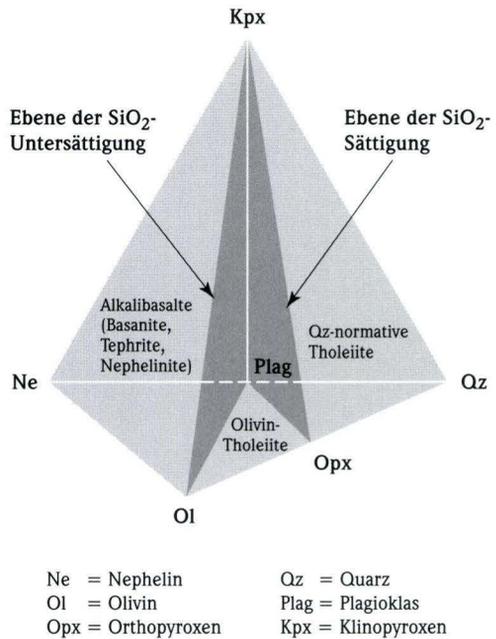


Abb. 4. Basalttetraeder nach YODER & TILLEY (1962).

1.4.2 Vulkaniklastite

Ein allgemeingültiger Überbegriff für aus vulkanogenen klastischen Ablagerungen hervorgegangene Gesteine ist **Vulkaniklastite** oder **vulkaniklastische Gesteine** (FISHER 1961, 1966; FISHER & SMITH 1991). Die Bezeichnungen **Tuff** oder **Tuffstein** werden häufig als Sammel-

begriffe für alle Vulkaniklastite verwendet. Im eigentlichen Sinne beschreiben sie jedoch eine eng definierte Gesteinsart (s.u.).

Die vielfältigen Fragmentierungsprozesse und die Art der geförderten Partikel innerhalb der vulkaniklastischen Gesteinsgruppe machen eine

weitergehende Unterteilung in **pyroklastische**, **(hydroklastische)**, **hyaloklastische**, **autoklastische** und **epiklastische** Gesteine notwendig (Tab. 1).

Auf Grund der Anwesenheit von externem Wasser als auslösender Faktor können die pyroklastisch-phreatomagmatischen und hyaloklastischen sowie auch die phreatischen (s.u.) Prozesse als hydroklastische Fragmentierungen zusammengefasst und somit den (magmatisch-)pyroklastischen Vorgängen gegenübergestellt werden (FISHER & SMITH 1991).

Eine Klassifikation der Pyroklastite kann sowohl nach beschreibenden Merkmalen wie Korngröße, Zusammensetzung und Gefüge als auch nach ihrer Genese (pyroklastische oder hydroklastische Fragmentierung, Ablagerungsmechanismus wie z.B. fall out oder Fließtransport am Boden) und ihrem Ablagerungsmilieu (subaerisch oder subaquatisch) vorgenommen werden. Eine überschaubare und (auch im Gelände oder am Bauwerk) leicht anzuwendende Klassifikation erfolgt nach granulometrischen Gesichtspunkten (Tab. 2, Abb. 5). Die vorherrschende Korngrößenfraktion bei gut sortierten Gesteinen ist dabei namengebend (z.B. **Lapilli-**

tuff). Wird das Gestein von mehr als einer dominierenden Korngröße aufgebaut, wird die relativ untergeordnete Korngrößenfraktion bei der Nomenklatur der prägenden Korngröße vorangestellt (z.B. **Bomben-Lapillituff**).

Die autoklastischen Vulkaniklastite, wie sie z.B. aus Pillowlaven während Fließvorgängen hervorgehen, werden hinsichtlich einer regelnden Klassifikation nicht erfasst (LE MAITRE 1989). Von SCHMINCKE (1988a, b) und SCHMINCKE & SUNKEL (1987) werden sie aber weitergehend untergliedert und analog zu den Pyroklastiten granulometrisch klassifiziert.

Eine Übersicht über die verschiedenen Fragmentierungsprozesse wird nachfolgend gegeben:

- Bei **pyroklastischen Eruptionen** wird die aufsteigende Schmelze im Vulkanschlot durch explosionsartiges Entweichen der in der Schmelze enthaltenen Gasphasen (z.B. H₂O, CO₂) infolge Druckentlastung fragmentiert. Die Pyroklasten sind dementsprechend blässig oder aufgeschäumt ausgebildet (Bims, Schlacke). Die ausgeworfenen Partikel werden als Fallablagerungen (fall out) subaerisch

Tab. 1. Fragmentierungsmechanismen vulkaniklastischer Gesteine (nach CAS & WRIGHT 1987; FISHER & SMITH 1991; NESBOR et al. 1993).

Fragmentierung	pyroklastisch: magmatisch	pyroklastisch: phreatomagmatisch	hyaloklastisch	autoklastisch	epiklastisch
Vorgang	explosive Entgasung	Granulation und Dampfexplosion	Granulation	mechanisches Zerschneiden	Erosion
auslösender Faktor	magmatische Gase	externes Wasser	externes Wasser	Fließvorgang	gravitative Massenverlagerung
fragmentiertes Material	Schmelze	Schmelze und Nebengestein	Lava	erhaltene Lavakrusten	ältere vulkanische und sedimentäre Gesteine
Klastentypen	Pyroklasten	Pyroklasten und xenolithische Lithoklasten	Hyaloklasten	Hyaloklasten, Pillow- und Deckenlavafragmente	Pillow- und Deckenlavafragmente, Hyaloklasten, Pyroklasten
Blasengehalt	hoch	gering	gering	gering	gering bis hoch

oder subaquatisch sedimentiert oder können durch kollabierende Eruptionssäulen über dem Ausbruchspunkt oder in direkter Weise seitlich ausgestoßen als pyroklastische Ströme (s.u.) abgehen.

- **Phreatomagmatische Eruptionen** setzen für die Fragmentierungsprozesse eine Wechselwirkung von magmatischen Schmelzen mit

externem Wasser (wasserhaltige Sedimente, Eis, Gewässer) voraus. Dabei wird die Schmelze durch explosives Verdampfen von Wasser bei gleichzeitigem thermischen Schock granuliert. Neben den direkt aus der Schmelze entstandenen juvenilen **Hydroklasten** werden

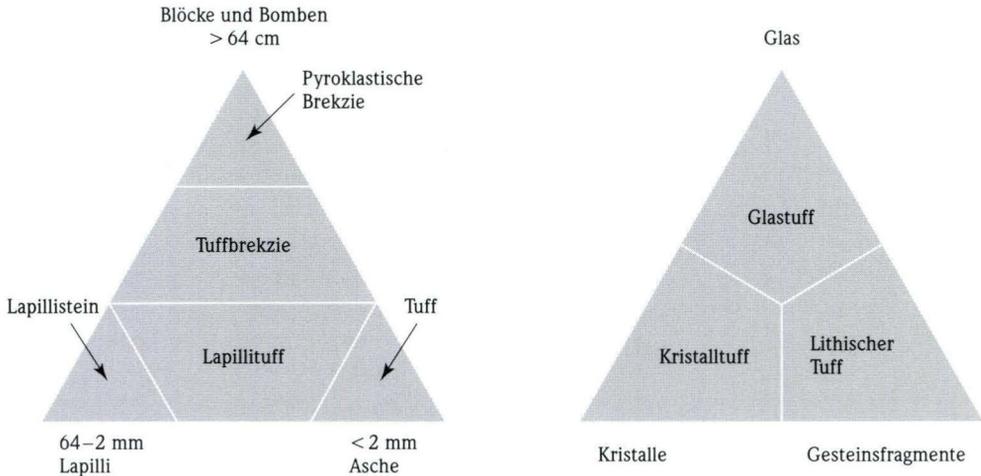


Abb. 5. Klassifikation der Pyroklastite:
a) nach Korngröße (nach FISHER 1966),

b) nach Hauptklastypen (nach SCHMID 1981).

Tab. 2. Granulometrische Klassifikation von Pyroklasten und Pyroklastiten (nach Vorschlägen der IUGS, in SCHMID 1981).

Korngröße [mm]	pyroklastische Fragmente	überwiegend unverfestigte Tephra	pyroklastische Gesteine
> 64	Blöcke (eckig), Bomben (rund)	Agglomerat, Block- und Bombenlage	Agglomerat, pyroklastische Brekzie
64–2	Lapilli	Lapillilage	Lapillistein, Lapillituff
< 2–0,06	grobe Aschekörner	grobe Asche	(grober) Aschentuff
< 0,06	feine Aschekörner	Aschenstaub	Staubtuff

auch z.T. große Mengen an Nebengesteinsbruchstücken gefördert. Diese **Lithoklasten** können komagmatisch demselben Vulkansystem entstammen oder als **Xenolithe** mit oft völlig anderer Zusammensetzung aus unterlagerndem Nebengestein mitgerissen worden sein. Die entstehenden Pyroklastite sind entsprechend polymikt zusammengesetzt. Im Gegensatz zu den Pyroklasten sind die Hydroklasten blasenarm oder blasenfrei.

- Als Initialstadium für phreatomagmatische und pyroklastische Eruptionen kann die sog. **phreatische Phase** angesehen werden. Dabei wird oberhalb magmatischer Wärmequellen aufgeheiztes Grundwasser explosionsartig verdampft. Die Förderprodukte bestehen deshalb allein aus fragmentiertem Nebengestein, jedoch nicht aus magmatischen Bestandteilen.
- **Pillowbrekzien** bestehen aus partiell zerbrochenen Pillows (einer schlauchartigen, im Querschnitt kissenförmigen Absonderungsform untermeerisch eruptierter Basaltlava). Sie „können syneruptiv gebildet werden, z.B. wenn der übersteilte Hang eines wachsenden Pillowvulkans kollabiert“ (SCHMINCKE 1988a: 765).
- **Pillowfragmentbrekzien** werden aufgebaut aus mehr oder weniger gerundeten Bruchstücken von Pillows, die sich in unterschiedlicher Transportweite von den anstehenden Pillowlaven ansammeln und abschließend verfestigen konnten.
- **Pillowrandbrekzien** bestehen aus den glasigen bis tachylitischen (s.u.) Randschichten von Pillowlaven, die infolge Abschreckung durch Meerwasser oder durch die Bildung einer Blasenschicht unterhalb dieser Randschicht leicht vom Kernbereich der Pillows abgesprengt werden.
- **Hyaloklastite** ist die Bezeichnung für Pillowrandbrekzien, die überwiegend aus glasigen Fragmenten bestehen. Infolge Umwandlungsprozessen der sideromelanischen (s.u.) Partikel gehen aus ihnen die **Palagonittuffe** hervor (PENCK 1879).

Das Lockermaterial und die unverfestigte Ablagerung der eruptierten pyroklastischen Partikel wird unabhängig von der Korngröße als **Tephra** (griech.: Asche) bezeichnet.

Primäre Fragmentierungsmechanismen des Magmas liefern juvenile oder essentielle Pyroklasten bzw. Hydroklasten (SCHMINCKE 1988a), die sowohl vulkanische Gläser als auch Kristallphasen umfassen. Die basaltischen Gläser werden zusätzlich untergliedert in helles, gelbliches bis hellbräunliches Sideromelan, aus dem infolge Alteration oder hydrothermalen Umwandlung die amorphe Gelsubstanz Palagonit (BERNS 1915; MENGEL 1983) hervorgeht sowie in Tachylit, ein charakteristischerweise durch mikrolithische Fe/Ti-Oxide opak erscheinendes, schwarzes Glas (CAS & WRIGHT 1987). Palagonit ist eine glasähnliche, isotrope Substanz, die sich durch höhere Wassergehalte und höheren Oxidationsgrad des Eisens von reinem Glas unterscheidet (FISHER & SCHMINCKE 1984; WIMMENAUER 1985). Als Endprodukte entstehen bei fortschreitender Umwandlung Zeolithe, Smectite und Fe-Mn-Oxide.

Als kieselsäurereiches pyroklastisches Glas ist der hochporöse und aufgeschäumte Bims anzusprechen. Hochporöse kieselsäurearme Pyroklasten heißen dagegen Schlacke.

Tephra wird nicht nur über die Atmosphäre verdriftet, sondern kann auch als kollabierende Eruptionssäule oder direkt als seitlich ausgestoßene Eruptionswolke in Bodennähe zu Tal gehen. Diese pyroklastischen Ströme oder Glutlawinen werden mit dem Begriff **Ignimbrit** versehen. Dabei wird Ignimbrit sowohl für lockere oder verschweißte Ablagerungen als auch für das fließende System verwendet. Der Begriff **Traß** beschreibt unverschweißte, lockere Fließablagerungen. Er wird auch heute noch in der zementverarbeitenden Industrie verwendet. Erreichen diese Gas-Partikel-Ströme das Meer, fließen sie als submarine, wassergestützte Massenströme weiter und lagern sich als pyroklastische Schuttstromablagerungen (pyroclastic debris flow deposits, CAS & WRIGHT 1991) ab.

Vulkanische Schlamm- und Schuttströme werden als **Lahars** bezeichnet. Sie entstehen, wenn pyroklastische Ablagerungen durch Wasser (z.B. Starkregen, geschmolzene Gletscher) mobilisiert werden und dann als Wasser-Partikel-Ströme zu Tal gehen.

Häufig werden pyroklastische Ablagerungen umgelagert und dabei gewisse Mengen an sedimentärem Stoffbestand beigemischt. Bei einem Sedimentanteil von mehr als 25 Vol.-% wird das betreffende Gestein als **Tuffit** bezeichnet (Tab. 3). Übersteigt der Sedimentanteil 75 Vol.-%, handelt es sich um Epiklastite, die als Sedimentgesteine entsprechend klassifiziert werden (z.B. FÜCHTBAUER 1988; GRIMM 1990; SCHMID 1981).

Tab. 3. Granulometrische Klassifikation von Tuffiten (nach SCHMID 1981).

Korngröße	tuffitische Gesteine
24–2 mm	Konglomerat und Tuffbrekzie
2–0,063 mm	tuffitischer Sandstein
63–3,9 µm	tuffitischer Siltstein
< 3,9 µm	tuffitischer Tonstein

Die im Stoffbestand und im Gefüge veränderten (HENTSCHEL 1951a, b, 1952) basaltischen **Metavulkaniklastite** (in Analogie zu den Metabasalten, vgl. Kap. 1.4.1 **Vulkanite**) des Lahn-Dill-Gebietes lassen sich in Pillowbrekzien, Pillowfragmentbrekzien und Hyaloklastite sowie in pyroklastische Ablagerungen untergliedern. Sie werden mit dem aus dem naussaischen

Roteisensteinbergbau stammenden Terminus **Schalstein** belegt (in die Literatur eingeführt von BECHER 1789). Das Bindemittel des Schalsteins besteht zumeist aus Kalzit-, selten auch aus Quarz- oder Albitzement. Die Klasten und deren Mineralgehalt sind weitgehend in Chlorit, Leukoxen und Albit umgewandelt. Diese intensive Spilitisierung beruht auf einer hohen Reaktivität des ursprünglich glasigen Materiales eben hin zu diesen Sekundärmineralen. Hinzu kommt nicht selten ein ausgeprägtes Schieferungsgefüge.

Mit dem heute nicht mehr gebräuchlichen Ausdruck **Diabastuff** (u.a. AHLBURG 1918a) wird auf die genetische Zugehörigkeit dieser klastischen Gesteine zu den effusiven Diabasen (= Metabasalten) hingewiesen.

Trachytische bis rhyolithische Metavulkaniklastite dieser Region werden allgemein als **Keratophyrtuff** bezeichnet.

Als **Porphyroide** werden unterdevonische Gesteine bezeichnet, die aus rhyolithischem bis rhyodacitischem pyroklastischem Material, häufig zusammen mit sedimentärem und auch organischem Stoffbestand hervorgegangen sind (KIRNBAUER 1991). Nach o.g. Klassifikation sind sie je nach anteilmäßiger Zusammensetzung als Pyroklastite, Tuffite oder Epiklastite anzusprechen. Ebenso wie der Schalstein unterlagen auch sie weitgehenden Umwandlungsprozessen und können daher ebenfalls als Metavulkaniklastite angesprochen werden.

In dieser Arbeit werden die tertiären Vulkaniklastite granulometrisch und nach dem Stammagma (basaltisch, trachytisch etc.) klassifiziert.

Die überprägten basaltischen Metavulkaniklastite werden generell als Schalstein bezeichnet.

1.5 Regionalgeologische Grundlagen

In der geologischen Entwicklung Hessens kam es wiederholt zu vulkanischen Aktivitäten, die das heutige Landschaftsbild entscheidend mitge-

prägt haben. Zeiten intensiven Vulkanismus erstreckten sich auf das Devon, Unterkarbon, Permokarbon und auf das Tertiär (Abb. 6).

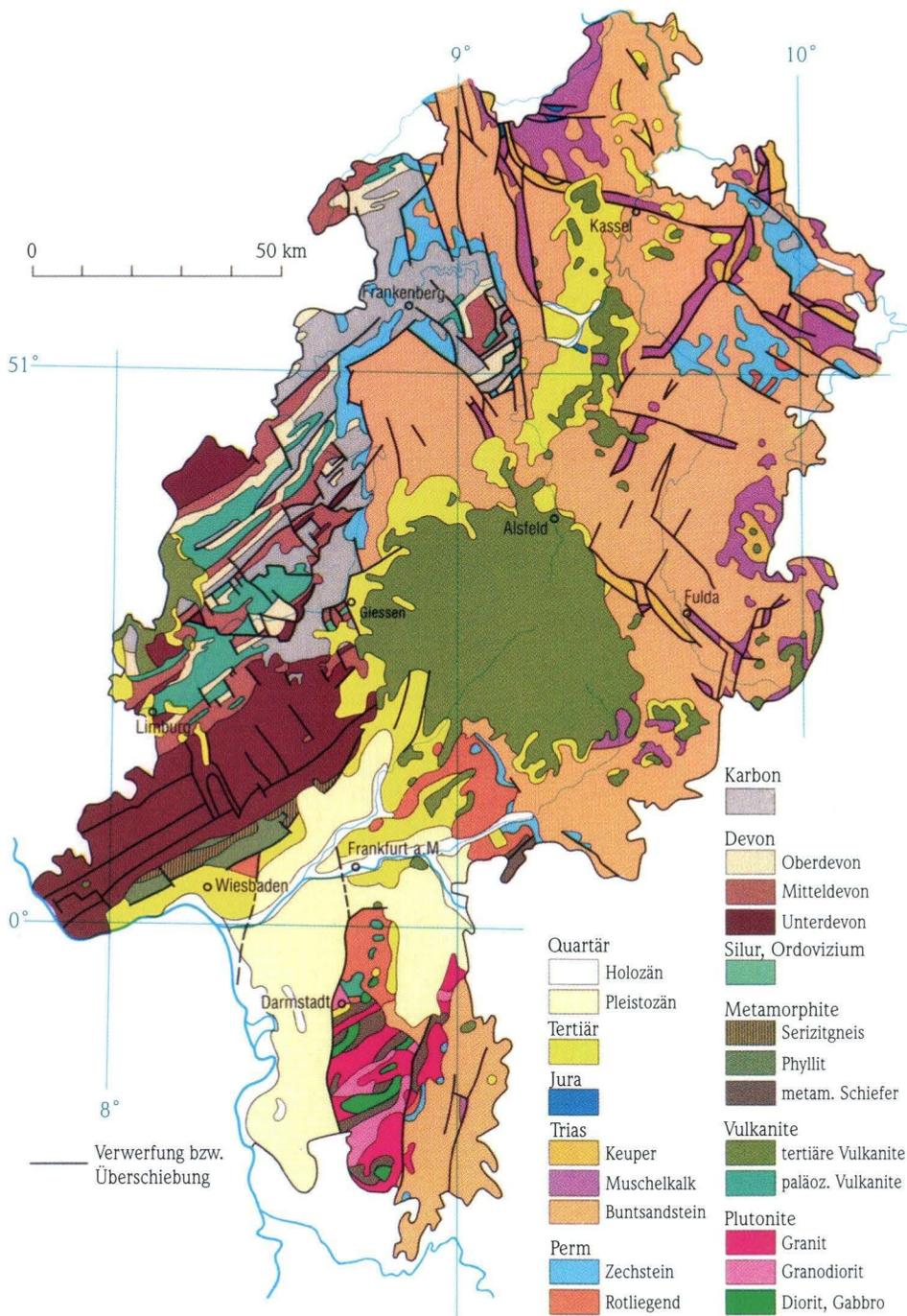


Abb. 6. Geologische Übersichtskarte von Hessen (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie).

Gesteine älterer vulkanischer Geschehen sind ebenfalls bekannt, liegen jedoch als Metamorphite vor und werden in dieser Arbeit nicht behandelt.

Die Ableitung des Vulkanismus sowie zeitliche Abfolgen und Förderprodukte innerhalb der einzelnen Vulkangebiete sollen nachfolgend erläutert werden.

1.5.1 Rheinisches Schiefergebirge mit Lahn-Dill-Gebiet und Taunus

Das Rheinische Schiefergebirge ist ebenso wie Harz und die paläozoischen Aufbrüche in der Hessischen Senke gekennzeichnet durch devonische und karbonische Sedimentgesteinsabfolgen, denen saure und basische Vulkanitserien zwischengeschaltet sind. Die Gesteine sind durch eine intensive Falten- und Schuppentektonik sowie unterschiedlich starke Schieferung und anchimetamorphe Überprägung des ursprünglichen Mineralbestandes charakterisiert (NESBOR & FLICK 1987; QUADE et al. 1981).

Vor der Gebirgsbildung war dieses Gebiet der Rheohercynischen Zone des mitteleuropäischen Variszikums Teil des südlichen Schelfs des Old-Red-Kontinentes, der als Liefergebiet des klastischen Sedimentmaterials fungierte (MEISL et al. 1982). Eine Dehnungstektonik und Ausdünnung der kontinentalen Kruste bedingte im jüngeren Paläozoikum eigenständige Entwicklungen von Becken und Schwellen (DERSCH-HANSMANN et al. 1999) mit einer zeitweisen Begleitung der klastischen Sedimentation durch einen intensiven bimodalen Vulkanismus (NESBOR & FLICK 1988a, b), der sich in vier zeitlich getrennten Phasen auf das Unterdevon (Ems/Eifel), auf das obere Mitteldevon bis untere Oberdevon (Givet/Adorf), auf das höhere Oberdevon (Nehden/Wocklum) und schließlich noch einmal auf das Unterkarbon (FLICK et al. 1991, 1998b) verteilte.

Während des Känozoikums kam es zur Bildung eines Vulkangürtels, der im Bereich des Rheinischen Schiefergebirges mit den Vulkanprovinzen des Westerwaldes (s.u.), des Siebengebirges und der Eifel vertreten ist.

Das **Lahn-Dill-Gebiet** im SE des Rheinischen Schiefergebirges setzt sich aus den Teilbereichen der Dillmulde im Norden und der

Lahnmulde im Süden zusammen (Abb. 7). Beide Mulden werden durch die dazwischen liegende Hörre-Struktur voneinander getrennt, die sich vor allem durch das Fehlen vulkanischer Gesteine auszeichnet (BENDER 1978; BENDER et al. 1997; THEWS 1996). Auf Grund der geologischen Entwicklungsgeschichte speziell aus vulkanotektonischer Sicht im Devon und Unterkarbon unterlagen beide Mulden vergleichbaren Prozessen und werden daher als einheitliche paläozoische Vulkanprovinz zusammengefasst. Als nordöstliche Verlängerung der Dillmulde treten auch im Kellerwald entsprechende vulkanische Gesteine auf.

Die im **Taunus** und im Hunsrück vorkommenden Porphyroide der Emsstufe werden von rhyolithischen bis rhyodacitischen Vulkaniten aus dem nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirge abgeleitet, die petrographische und geochemische Übereinstimmungen mit den Lenne-Vulkaniten aufweisen (KIRNBAUER 1991).

Mit Beginn der Ausbildung der Senkungsstrukturen infolge Krustendehnung in der Lahn- und Dillmulde setzte gleichzeitig zur klastischen Sedimentation vom hohen Unterdevon an ein Vulkanismus mit der Förderung trachytischer und rhyolithischer Magmen ein, die hauptsächlich subaerisch und an morphologische Hochlagen gebunden austraten und Vulkaninseln aufbauten (FLICK 1979; NESBOR et al. 1993).

Die bedeutendsten Vulkanaktivitäten sind aus dem Givet bis Adorf überliefert (HENTSCHEL 1970, 1979). Es entstanden bis mehrere hundert Meter mächtige Vulkankomplexe (RIETSCHEL 1961; THEWS 1996), die sich aus vorwiegend basaltischen Vulkaniklastiten (Schalstein), Laven (z.T. Pillowlaven), Gängen und Lagergängen aufbauten

Abfolge im Lahn-Dill-Gebiet

Sedimente

- Unterkarbon
- Riffrinne des Mittel- bis Oberdevon
- Mittel- und Oberdevon (+ lokal Unterdevon)

Vulkanite

- Unterkarbon-Phase 1 (+ lokal Unterkarbon-Phase 2) (basisch)
- Givet-Adorf-Phase (+ lokal Oberdevon-Phase) (i. w. basisch)
- Ems-Eifel-Phase (sauer)

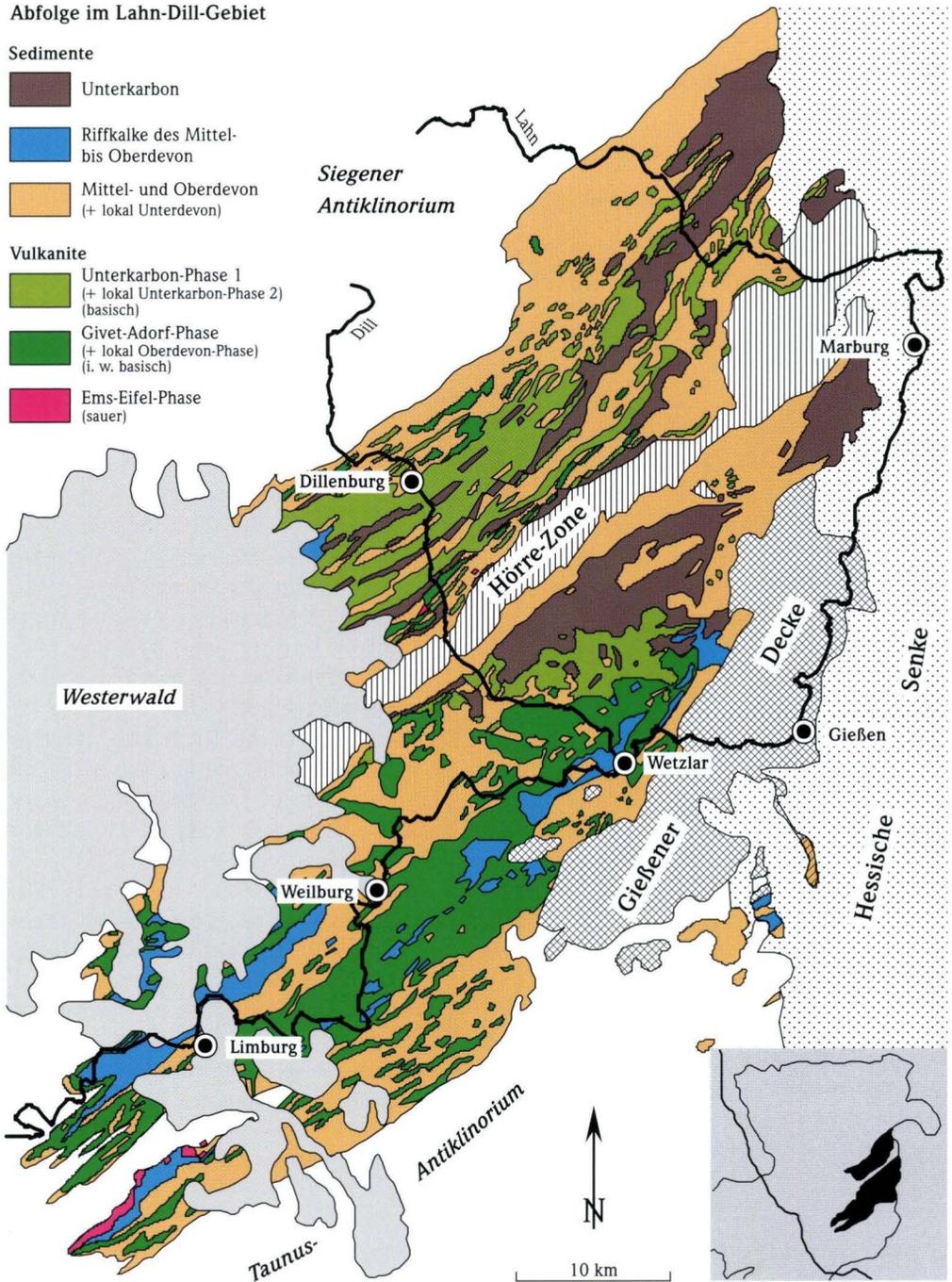


Abb. 7. Geologische Übersichtskarte des Lahn-Dill-Gebietes mit Verbreitung der paläozoischen Vulkanite (aus FLICK et al. 1998b).

(BEHNISCH 1993; FLICK et al. 1991; SCHMINCKE 1988b). Die Vulkanbauten entwickelten sich vorrangig im submarinen Bereich und erreichten nur selten die Meeresoberfläche oder überragten diese.

Trachytische bis rhyolithische Magmen wurden in weitaus geringerem Umfang gefördert (MEISL et al. 1982; STIBANE 1963). Die Gesteine liegen in großer Vielfalt vor und stellen Teile ehemaliger Vulkaninseln dar, die häufig den submarinen basaltischen Vulkanen aufsaßen (FLICK 1978, 1979; FLICK & SCHMIDT 1987; NESBOR et al. 1993). Da diese Inseln einer intensiven Aufarbeitung durch das Meer ausgesetzt waren, sind große Anteile dieser Vulkanite als Umlagerungsprodukte nunmehr in den Epiklastiten zu finden (FLICK & NESBOR 1988a).

In Zusammenhang mit den vulkanischen Ereignissen stehen auch die Roteisensteinvererzungen vom Typus Lahn-Dill (FLICK et al. 1990; QUADE 1970), die in der Vergangenheit intensiv im Untertagebergbau gewonnen wurden. So wird der Abbau dieser Grenzlagervererzung (Grenze Mittel-/Oberdevon) vom 14. Jahrhundert an für das Dillgebiet und bereits vom 8. Jahrhundert an für das Lahnggebiet beschrieben (LIPPERT 1953).

Die darauf folgende Phase vulkanischer Aktivität im höheren Oberdevon war deutlich weniger intensiv und kann als eine Art Nachphase

der vorangegangenen angesehen werden (HENTSCHEL 1979; GOLDMANN & KEGLER 1968). Auch hier entstanden Pillowvulkane, die lateral in Hyaloklastite und Pillowfragmentbrekzien übergingen. In den Beckenbereichen wurden mächtige Abfolgen aus umgelagerten Vulkaniklastiten (Schalstein) sedimentiert (NESBOR et al. 1993).

Im Unterkarbon erreichte der paläozoische Vulkanismus im Lahn-Dill-Gebiet einen zweiten Höhepunkt und fand zugleich auch sein Ende mit der Förderung großer Mengen zumeist tholeiitbasaltischer Magmen, die untermeerisch ausflossen und zahlreiche Pillowvulkane aufbauten oder als doleritische Lagergänge in die devonischen und unterkarbonischen Abfolgen intrudierten (HENTSCHEL 1956; STRAUSS 1983). Die basaltischen Laven wurden von KAYSER (z.B. 1900) zunächst ins Oberdevon gestellt und als „Deckdiabas“ bezeichnet. Bis heute wird diese Benennung der Metabasalte als lithostratigraphischer Begriff beibehalten (THEWS 1996). Vulkaniklastite kamen dagegen nur untergeordnet zur Ablagerung (SCHMINCKE & SUNKEL 1987). Aus dem Unterkarbon sind zahlreiche intrusive Pikritvorkommen bekannt; sie stellen das ultramafische Kumulat basaltischer Magmenkammern dar und zeichnen sich durch primären Reichtum an Olivin aus (als Werksteine werden sie daher auch – fälschlich – unter der Bezeichnung „Olivin-Diabas“ gehandelt).

1.5.2 Odenwald

Im Bereich des Saar-Nahe- und des hessischen Beckens und somit auch im Bereich des Odenwaldes kam es im Permokarbon (hohes Karbon und Unterperm) zu vulkanischen Aktivitäten (FALKE 1959; HABICHT 1966; KLÜPFEL 1955; STOLLHOFEN 1994a, b).

Im nördlichen und vor allem im südlichen Odenwald entlang einer Linie von Heidelberg bis Groß-Umstadt wurden Rhyolithe (Quarzporphyre) gefördert (Abb. 8), die als z.T. mächtige Decken, Schlotte und Spaltenfüllungen zu

Tage treten (AMME 1977; ARIKAS 1986; EBERLE 1967; FUCHS & FLICK 1986; KLEMM 1905; REIMANN 1977; SPIELER 1993). Entsprechende Pyroklastika sind ebenfalls bekannt (PRIER 1975).

Begrenzt auf die nördlichen Ausläufer des Odenwaldes und im Bereich des Sprendlinger Horstes bis in die südliche Wetterau hinein lassen sich auch Reste von andesitischen/basaltischen Deckenergüssen und Lavaströmen (KLEMM 1903a; NEGENDANK 1968) verfolgen, die heute im Stoffbestand verändert sind und daher früher

als Melaphyre bezeichnet wurden. Das Alter der Melaphyre kann analog zu den Melaphyren des Saar-Nahe-Gebietes mit ca. 280 Millionen Jahren (Perm) angegeben werden (LORENZ 1973), während das Alter der Rhyolithen bei 286–290 Millionen Jahren (Karbon) liegt (HESS & LIPPOLT 1996; LIPPOLT & HESS 1989). Diese Alter entsprechen der Altersstellung des permokarbonischen Vulkanismus Mitteleuropas (ECKHARDT 1979).

Bereits von der obersten Kreide an bis ins Pliozän hinein, mit einem Maximum vom Eozän

bis ins Miozän, kam es erneut zu Vulkanismus. Es wurden zumeist alkalibasaltische Gesteine gefördert, die als Schlote, Kuppen, Gänge oder Decken vorliegen (HORN et al. 1972; LIPPOLT et al. 1975). Im Sprendlinger Horst sind zudem einige Trachyte aufgeschlossen (KLEMM 1905, 1910). Etwas entfernt vom eigentlichen Oberrhein Graben treten diese Vulkanite an Störungszonen gebunden auf, wobei eine Häufung der Förderzentren im Bereich des nördlichen und östlichen Odenwaldes sowie entlang der reaktivierten Oetzberg-Zone zu vermerken ist.

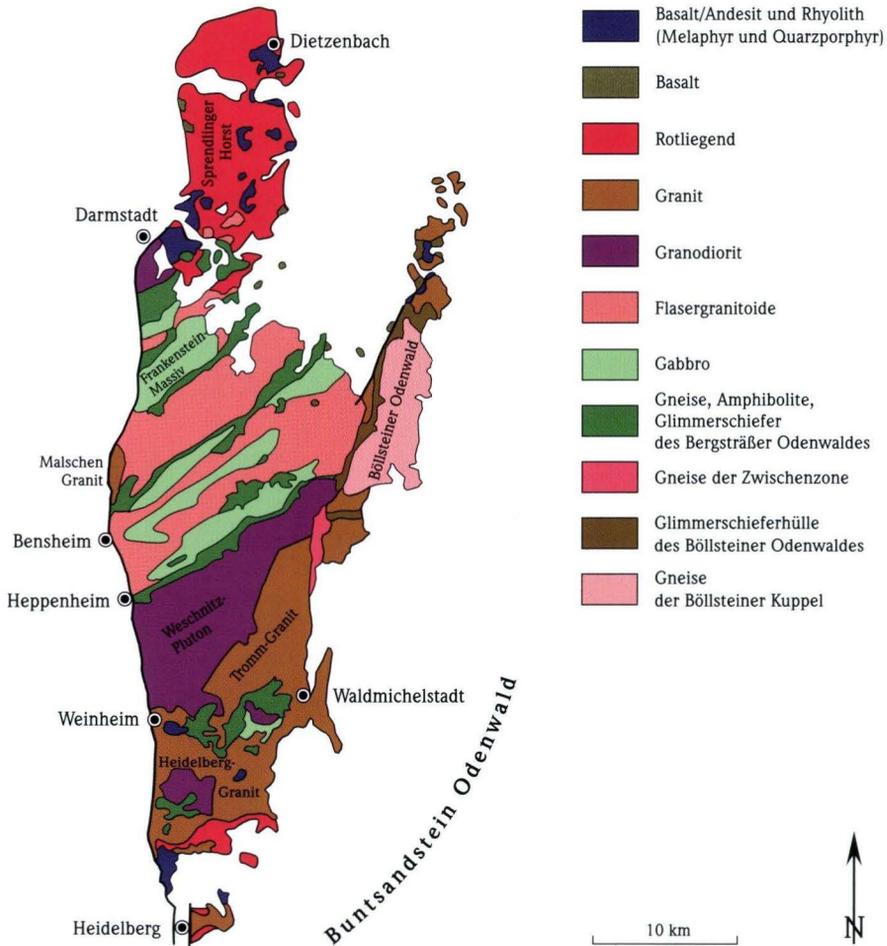


Abb. 8. Geologische Übersichtskarte des Odenwaldes (nach WALTER 1995).

1.5.3 Vogelsberg

Die hessischen Vulkanprovinzen mit Vogelsberg, Westerwald, Rhön, Knüllgebirge und Habichtswald sind Teilbereiche des känozoischen Intraplattenvulkanismus Mitteleuropas, dessen nördlicher, etwa 700 km langer Vulkanbogen sich von der Eifel bis nach Schlesien erstreckt. Dieser Vulkanbogen wird sowohl mit einer Lithosphärenaufwölbung (EHRENBERG & HICKETHIER 1985; SCHMINCKE 1982) als auch mit einem von den Alpen ausgehenden horizontalen Druckspannungsfeld in Zusammenhang gebracht (ILLIES 1974, 1975; NEUGEBAUER 1981; SCHWAB et al. 1982), ist aber in seiner Kausalität noch nicht abschließend geklärt. Die Magmen entstammen dem oberen Erdmantel aus einer Tiefe von 50–100 km und werden von peridotitischen Teilschmelzen abgeleitet (WEDEPOHL & RITZKOWSKI 1980; WITTENBECHER 1992). In allen känozoischen Vulkangebieten enthalten die basaltischen Vulkanite Xenolithe (meistens Lherzolithen) aus dem oberen Erdmantel (MENGEL et al. 1983; SCHÜTZ 1967).

Der Vogelsberg markiert den südlichen Teil der Hessischen Senke, einem Grabensystem mit Nord–Süd gerichteter Erstreckung (vgl. Abb. 9). Mit einer Fläche von annähernd 2 500 km² ist er das größte zusammenhängende Vulkangebiet Mitteleuropas (EHRENBERG 1986).

Morphologisch bildet der Vogelsberg heute einen durch Verebnungsflächen und ein radialstrahlig vom Hohen Vogelsberg ausgehendes Talnetz untergliederten flachen Schild von rundlichem Umriss, dessen Kulminationspunkt im exzentrisch gelegenen Oberwald 774 m über NN liegt, während der Westrand um 200 m und der Ostrand um 400 m über NN (EHRENBERG et al. 1982) liegen.

Die vulkanischen Gesteine überdecken einen vielgestaltigen Untergrund aus tertiären, mesozoischen und paläozoischen Gesteinen, der durch intensive Bruchtektonik geprägt ist und einen Schollenbau erkennen lässt (EHRENBERG 1986). Ein etwas schwächer entwickelter, aber dennoch

deutlich gegliederter Schollenbau ist auch innerhalb des vulkanischen Deckgebirges zu beobachten (DREHER 1996a, b; EHRENBERG & HICKETHIER 1985). Ausgehend von der Höhenlage der Basaltbasis können dabei unterschiedlich hoch liegende „Niveauschollen“ untergliedert werden. Von der zentralen, SW–NE verlaufenden „Hungen-Schotten-Tiefscholle“, deren tiefste Basaltbasis bei 98 m unter NN liegt (EHRENBERG 1986), steigen die „Niveauschollen“ treppenartig nach außen hin an. Der Strukturbau ist zudem anhand einer Aufreihung von vulkanischen Förderzentren belegt (SCHOTTLE 1931).

Die Gesamtmächtigkeit des vulkanischen Deckgebirges im zentralen, abgesenkten Bereich wird durch (nicht bis ins prävulkanische Gestein durchteufte) Bohrungen mit mehr als 490 m belegt (EHRENBERG et al. 1981) und könnte bei 700–800 m liegen (EHRENBERG & HICKETHIER 1985). Die von SCHOTTLE (z.B. 1937) vertretene Auffassung einer herausgehobenen „Oberwald-Horst-Scholle“ mit nur geringer Vulkanitbedeckung ist somit widerlegt.

Entgegen alter Auffassungen (z.B. DIEFFENBACH 1856) entstammen die vulkanischen Gesteine des Vogelsberges nicht einem einzigen Förder schlot, ebenso wenig wie der Vogelsberg als eine mit Basaltlava vollgelaufene „Schüssel“ zu interpretieren ist (KLÜPFEL 1930). Vielmehr setzt er sich aus einer Vielzahl von Einzelvulkanen zusammen, deren Förderprodukte sich während verschiedener Phasen bis zur o.g. Mächtigkeit übereinander stapelten.

Der Beginn der vulkanischen Aktivität setzte im Untermiozän (Aquitane) ein und dauerte bis ins untere Obermiozän (Torton) an (HOTTENROTT 1985; SCHOTTLE 1937), wobei die Hauptaktivität im oberen Untermiozän und im Mittelmiozän (Burdigale, Helvet) lag (EHRENBERG et al. 1977; HARRE et al. 1975; HORN et al. 1972; KREUZER et al. 1973). Gefördert wurden tholeiitische, alkali-basaltische und trachytische, zumeist subaerische Laven und Pyroklasten (HENTSCHEL 1971;

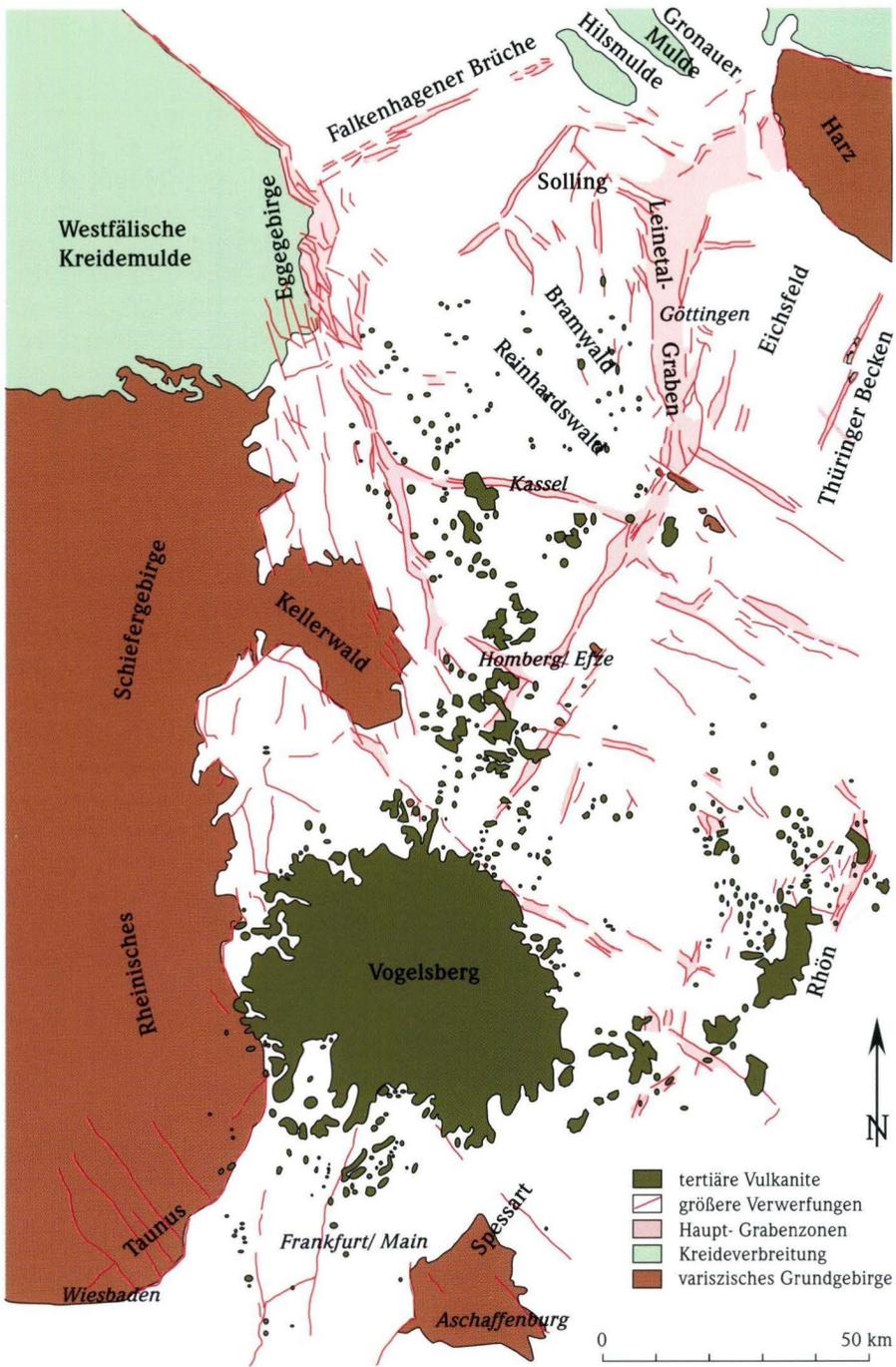


Abb. 9. Geotektonische Übersichtskarte der Hessischen Senke (nach MURAWSKI 1960).

EHRENBERG 1986; EHRENBERG et al. 1977, 1981, 1982; EHRENBERG & HICKETHIER 1985; WITTENBECHER 1992), wobei sich die jeweiligen Gesteine wechsellagernd überdecken können. Eher untergeordnet drangen die Schmelzen dagegen als Intrusionen bzw. als Subfusionen in umgebendes Nebengestein ein (SACHER 1967; SCHENK 1964).

Die heutige Form des Vogelsberges mit einem zentralen Hochgebiet und allseitiger randlicher Abdachung geht auf tief greifende Erosion unmittelbar nach dem Ende der vulkanischen Tätig-

keiten zurück. Durch flächenhafte Abtragungen entstanden ausgedehnte Verebnungsflächen, in die sich die Flusstäler einschnitten.

Die Basaltdecken des sog. Maintrapps (GOLWER 1968; HORN et al. 1972; MURAWSKI 1939), die bis in das Untermaingebiet um Hanau und Frankfurt vordringen konnten, belegen als südliche, heute isolierte Ausläufer eine ehemals weitaus größere zusammenhängende Ausdehnung vulkanischer Gesteine des Vogelsberg-Vulkanismus.

1.5.4 Hessische Senke mit Habichtswald und Knüllgebirge

Die Hessische Senke verläuft annähernd in N–S-Richtung durch Teile Hessens und Niedersachsens. Der Vogelsberg verdeckt mit seinen vulkanischen Gesteinsmassen weite Teile des mittleren bis südlichen Abschnittes (Abb. 9).

Eine Vielzahl von bruchtektonischen Strukturen ist verantwortlich für das heutige Bild einer in Schollen und Gräben zergliederten Landschaft (MARTINI 1936, 1937).

Im Miozän entwickelte sich in der Hessischen Senke, vor allem im Gebiet der Niederhessischen Senke mit Habichtswald und Knüllgebirge, aber auch im Meißner und im Reinhardswald ein lebhafter Vulkanismus. Diese Vulkanzentren zeichnen sich im Gegensatz zu Vogelsberg, Rhön oder Westerwald durch das Fehlen saurer Vulkanite aus (z.B. FROMM 1891; HENTSCHEL 1969; SCHLOSSMACHER 1911; WEDEPOHL 1983). Als Relikte einer ehemals umfangreicheren vulkanischen Abfolge sind tholeiitische Basalte, Alkali-Olivinbasalte, Basanite und Nephelinite in Form von basaltischen Decken, Durchbrüchen und intrusiven Lagergängen sowie dazugehörige Vulkaniklastite erhalten geblieben. Alkali-olivin-basaltische Förderprodukte herrschen dabei deutlich vor (WEDEPOHL 1968). Im gesamten Vulkangebiet der nördlichen Hessischen Senke, den Vogelsberg nicht mitgerechnet, sind über 1 000 Vorkommen von Einzelvulkanen bekannt (WEDEPOHL & RITZKOWSKI 1980). Zudem sind im

Habichtswald und Knüllgebirge noch ausgedehnte und z.T. mächtige vulkaniklastische Gesteine erhalten, die als Erosionsreste ehemals weit größerer Vorkommen überliefert sind. Eine Vielzahl alter Steinbrüche (BERNHARD 1991; BEYSCHLAG 1909; MATTLER 1990; RÖSING 1962, 1969; HENTSCHEL & RÖSING 1962; STEINDLBERGER 1996a, 2002a) bezeugt bis heute einen ehemals intensiven Abbau des leicht zu bearbeitenden Naturwerksteins in diesen Gebieten.

Der Zeitraum der vulkanischen Tätigkeiten reichte vom mittleren Miozän bis ins Obermiozän (20–7 Millionen Jahre) hinein (KREUZER et al. 1973; MENGEL 1983; WEDEPOHL 1982) mit einem Maximum zwischen 13–12 Millionen Jahren (WEDEPOHL 1978). Seit dieser Zeit unterlag das Gebiet tektonischer Hebung (RÖSING 1971), was eine beginnende und bis heute andauernde Erosion zur Folge hatte.

Bereits BEYSCHLAG (1908) und BLANCKENHORN (1903) vertraten die Annahme, dass die zahlreichen, oft mächtigen Vulkaniklastitablagerungen ein vorhandenes Paläorelief weitgehend zudeckten. Durch intensive Erosion vor allem in den Schichtenfolgen des Tertiärs, aber auch bis hinab zu triassischen oder jurassischen Gesteinen (RÖSING 1957) liegen die vulkanischen Gesteine unmittelbar einem entsprechend vielgestaltigen Untergrund auf. Besonders die Quarzsandkörner aus den tertiären limnisch-fluviatilen

und marinen Lockersedimenten (BROSIUS & GRAMANN 1957), aber auch Sandsteinfragmente aus dem Buntsandstein sind häufige und zahlreiche Beimengungen innerhalb der Vulkaniklastitablagerungen und belegen einen entspre-

1.5.5 Rhön

Die Mittelgebirgslandschaft der Rhön wird in die drei Landschaftstypen des **Rhönvorlandes**, der **Kuppenrhön** und der **Hohen Rhön** untergliedert (vgl. KLAUSING 1988), wobei die Landschaftsformen vom geologischen Aufbau bestimmt werden (LAEMMLEN 1994).

Im Rhönvorland im SW, Süden und Osten treten im Wesentlichen Gesteine des Buntsandsteins zu Tage. Keuper und Muschelkalk sind z.T. in Grabeneinbrüchen überliefert. Vereinzelt Kuppen vulkanischer Gesteine überragen die sedimentären Gesteinsabfolgen.

In der nordwestlichen Kuppenrhön sind nur noch Überreste einer ehemals weitaus größeren vulkanischen Bedeckung erhalten geblieben (BÜCKING 1916). Dort sind häufig die Vulkanunterbauten wie Schloten und Gänge sowie Intrusionskörper (EHRENBERG et al. 1992) durch eine tief greifende Erosion angeschnitten. Unterlagert werden die Vulkanite von triassischen Gesteinen.

Die zentral gelegene Hohe Rhön ist charakterisiert durch mächtige und ausgedehnte Lavadecken, Gänge und Durchbrüche.

Als zentraler Teil verbindet die Wasserkuppenrhön die ausgedehnten Basaltvorkommen der Hohen Rhön im Osten mit den basaltischen und phonolithischen Einzelvorkommen im Norden und Westen und mit den überwiegend basischen Eruptionen der südlichen Rhön (FICKE 1960).

1.5.6 Westerwald

Ein Großteil des östlichen Westerwaldes wird von känozoischen vulkanischen Gesteinen aufgebaut, die das heutige Erscheinungsbild wesentlich geprägt haben.

chend zusammengesetzten unmittelbaren bis tieferen Untergrund (z.B. BLANCKENHORN 1919, 1920; HENTSCHEL 1957a; RÖSING 1969; STEINDLBERGER 1996a, b).

Sie zeichnet sich durch eine fast vollständige Abfolge von subaerischen vulkanischen Gesteinen (Vulkanite und Vulkaniklastite) aus (EHRENBERG et al. 1992).

Bereits im oberen Oligozän, also vor ca. 25 Millionen Jahren (LIPPOLT 1978, 1982), sind die ersten vulkanischen Ereignisse zu verzeichnen. Die Hauptaktivität des Rhön-Vulkanismus endete vor ca. 18 Millionen Jahren im Untermiozän, während jüngere Aktivitäten noch bei 14–11 Millionen Jahren, d.h. im Mittelmiozän, festgestellt worden sind (LIPPOLT 1982). Als Aufstiegsbahnen dienten den aus dem oberen Erdmantel abgeleiteten Magmen tiefreichende, z.T. reaktivierte Bruchstrukturen (ENDERS & LAEMMLEN 1994).

Die effusiven und intrusiven Vulkanittypen sowie zahlreich vorkommende Vulkaniklastite (z.B. MARTINI & MENTZEL 1967) umfassen ein vielfältiges Spektrum von primitiven Olivin-Nepheliniten und Basaniten über schwach fraktionierte Alkali-Olivinbasalte bis hin zu hoch differenzierten Derivatmagmen wie Trachyten und Phonolithen sowie auch syenitischen Kumulgesteinen (EHRENBERG et al. 1994).

Das weite mineralische und chemische Spektrum der vulkanischen Gesteine ist aus der Kristallfraktionierung als ausschlaggebendem Differentiationsprozess abzuleiten (EHRENBERG et al. 1992).

Im allgemeinen Sprachgebrauch bezieht sich der Begriff „Westerwald“ zumeist nur auf diesen vulkanischen Teilbereich. In dieser Art wird er auch hier verwendet, wodurch zudem eine Ab-

grenzung der jungvulkanischen Gesteine des Westerwaldes von den paläozoischen vulkanogenen Gesteinen des Lahn-Dill-Gebietes (s.u.) ermöglicht wird.

Im Westerwald sind geochemisch abgegrenzte, eigenständige Vulkanitfelder entwickelt: Im SW ist ein trachytisches Feld ausgebildet, das im Zentrum die am höchsten differenzierten Vulkanite wie Phonolithe und Trachyte aufweist (AHRENS & VILLWOCK 1966; NAIRN 1962; SCHNEIDERHÖHN 1910; STEINDLBERGER 2000); im NE schließt sich ein größeres basaltisches Feld an (AHRENS 1938; HENTSCHEL & PFEFFER 1954; NAIRN 1962); intermediäre Trachybasalte und Trachyandesite (WINKLER 1957) liegen dazwischen; tholeiitische Magmen konnten nicht nachgewiesen werden.

Eine Theorie für das magmatische Geschehen wird von SCHREIBER (1994, 1996) aufgezeigt: Danach sind Riftprozesse, die in Zusammenhang mit der Nordatlantiköffnung im Tertiär mit Vorläufern im Jura und in der Kreide stehen, hauptverantwortlich für den ausgeprägten Vulkanismus. Die Ausbildung der unterschiedlichen Vulkanfelder wird auf eine Wanderung der Kruste in Richtung SW über einen aktiven Manteldiapir zurückgeführt, der zur Aufheizung des oberen Mantels beiträgt und das Schmelzmaterial stellt. Durch Überführung dieses Diapirs bei gleichzeitig anhaltender Magmendifferentiation wurden daher im NE die basaltischen und im SW die trachytischen Vulkanite abgelagert. Mit einer hot-

spot-Spur werden die Vulkanfelder dagegen nicht in Zusammenhang gebracht.

Der Vulkanismus erstreckte sich zeitlich über drei Phasen auf das Oberoligozän/Untermiozän, das Pliozän und auf das Pleistozän (AHRENS 1957; AHRENS & VILLWOCK 1966; LIPPOLT & TODT 1978).

Nach ANGELBIS (1883) und später auch noch von KLÜPFEL (1929) weitestgehend übernommen, sollte die Altersabfolge mit der Förderung eines älteren Basaltes beginnen, darauf folgte die Ablagerung von trachytischen Vulkaniklastiten, worauf sich Trachyt, Andesit und die jüngeren Basalte in zeitlicher Reihe anschlossen. AHRENS & VILLWOCK (1966) dagegen fixierten den Beginn des vulkanischen Geschehens im südwestlichen Teil des Westerwaldes mit der Eruption von trachytischen Vulkaniklastiten im mittleren Chatt. Auf dieser folgte die Förderung von Trachyt und Andesit, während im Osten etwa zeitgleich im Ober-Chatt/ältestes Untermiozän basaltische Vulkaniklastite abgelagert wurden. In diese wiederum drangen Basalte als lagergangartige Subeffusiva ein. Neuere Altersbestimmungen (LIPPOLT & TODT 1978) bestätigen im Wesentlichen die Vorstellungen von AHRENS & VILLWOCK und datieren die Alter der vulkanischen Gesteine mit 28–0,4 Millionen Jahren.

Jungpleistozäne Überdeckungen mit Bimsstufen entstammen dem Vulkanismus der westlich anschließenden Eifel (z. B. MEYER 1988).

2. Verwitterung von Natursteinen

2.1 Einleitung

Die Verwitterung von Natursteinen ist ein natürlicher Prozess, der eintritt, sobald die Gesteine ungeschützt den atmosphärischen Bedingungen (also der Witterung) ausgesetzt sind.

Als Verwitterung werden dabei alle Vorgänge verstanden, die zu einer Veränderung der äußeren Erscheinung, der mineralischen Zusammensetzung und des Gefüges im Gestein führen.

Das sichtbare Bild der Verwitterungsschäden ist der Ausdruck von physikalischen und chemischen Prozessen und Reaktionen innerhalb des Gesteins. Die „biologische Verwitterung lässt sich in Ursache und Ergebnis auf physikalische und chemische Vorgänge zurückführen, die durch pflanzliche und tierische Lebewesen verursacht werden“ (FITZNER 1970: 208).

In den meisten Fällen ist eine Anwesenheit von bzw. Interaktion mit Wasser Voraussetzung für den Ablauf der Verwitterungsprozesse.

Zusätzliche anthropogene Einflüsse in Form baukonstruktiver Mängel, Eintrag von Luft- und Bodenbelastungen, mangelnde Wartung, unsachgemäße Nutzung und Einsatz unsachgemäßer Restaurierungs- und Konservierungsmittel verstärken die natürlichen Verwitterungsprozesse von Naturwerksteinen (FITZNER et al. 1993).

Besonders eine zunehmende Industrialisierung und die damit einhergehenden veränderten Umwelteinflüsse verursachen eine beschleunigte Zerstörung von Bauwerken (ZEHNDER 1982).

Die Art und die Intensität der Verwitterungsprozesse stehen in enger Abhängigkeit von den charakteristischen Gesteinseigenschaften und

den klimatischen äußeren Einflüssen. Da i.d.R. mehrere chemische wie physikalische Einflüsse auf das Gestein einwirken, ist die Verwitterung als eine komplexe Erscheinung anzusehen (KOWNATZKI & FITZNER 1999). Je nach Gesteinseigenschaften laufen aber bevorzugte Verwitterungsprozesse ab, die als Hauptschadensursachen angesehen werden müssen.

Die Kenntnisse des Verwitterungszustandes und der Verwitterungsursachen sind Grundvoraussetzungen zur Konzeption geeigneter Konservierungsmaßnahmen.

Eine nachfolgende Darstellung der Verwitterungsfaktoren und Verwitterungsprozesse zeigt die Komplexität der Einflüsse auf die Gesteine, die letztendlich zu den charakteristischen Schadensbildern führen, wie sie am Bauwerk sichtbar werden.

2.2 Verwitterungsfaktoren

Nach KOWNATZKI (1997) können als Verwitterungsfaktoren passive und aktive Faktoren unterschieden werden.

Die Gesteinseigenschaften charakterisieren dabei die passiven Faktoren, während die exoge-

nen Einflüsse als aktive Faktoren fungieren. Zu letzteren zählen das Klima und die Biosphäre. Der Einfluss der Schadstoffbelastung aus Luft und Niederschlägen steht in direktem Zusammenhang mit den klimatischen Gegebenheiten.

2.2.1 Gesteinseigenschaften

Die Gesteinseigenschaften werden bestimmt durch das mineralische Spektrum und das Gefüge. Bei den Gefügeeigenschaften spielen vor allem die effektive Porosität und die Porenradialverteilung eine ausschlaggebende Rolle, da hierdurch die Feuchttransporteigenschaften kontrolliert werden.

Wie erwähnt sind die meisten chemischen und physikalischen Verwitterungsprozesse an die Anwesenheit von Wasser gebunden. Gesteine, die so gut wie keine Porosität aufweisen (z.B. Basalte), werden somit auch kaum von wasserabhängigen Verwitterungserscheinungen betrof-

fen, während bei saugenden Gesteinsarten (z.B. Tuffe) stets ein gewisses Gefahrenpotential vorhanden ist.

Gegenüber mechanischen Belastungen müssen die Gesteine durch innere Festigkeiten Widerstand entgegensetzen, um die zerstörenden Kräfte z.B. durch Frosteinwirkung, Salzkristallisationsdruck oder hygrisches Quellen aufzufangen.

Nach DE QUERVAIN (1967) und PESCHEL (1983) sind folgende primäre Faktoren für die Festigkeitseigenschaften von ausschlaggebender Bedeutung:

- **Festigkeit der Kornbindung**
- **Festigkeit der Einzelminerale**
- **Korngröße und Korngrößenverteilung**
- **vorhandene Mikrorisse**
- **Orientierung und Verteilung der Komponenten**

- **Poren- und Hohlraumgefüge**
- **Porenhalt**
- **Inhomogenitäten**
- **primäre Spannungszustände**

2.2.2 Klimatische Einflüsse

Die exogenen Klimatelemente gelten als auslösender Faktor für Verwitterungsabläufe, da sie in direkter Weise auf das Gestein einwirken oder verwitterungsauslösende Agenzien aktivieren (FITZNER 1970). Der klimatische Einfluss wird durch die Exposition einzelner Mauersteine oder ganzer Gebäudeteile wesentlich gesteuert.

Grundsätzliche Klimatelemente sind Temperatur, Strahlung, Luftdruck, Wind, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Verdunstung und deren zeitliche Verteilung.

Wasser als Hauptklimaelement wird dabei durch die restlichen o.g. Klimatelemente regulierend beeinflusst. Auch bestimmen die o.g. Klimatelemente die Art und Menge des Niederschlages (Regen, Schnee) und die Verdunstung. Der Aggregatzustand des Wassers (fest–flüssig–gasförmig bzw. Eis–Wasser–Wasserdampf) in den Gesteinsporen und damit zusammenhängende Verwitterungsabläufe sind in erster Linie auf den Einfluss der Temperatur zurückzuführen.

Die Schadstoffbelastung aus Niederschlägen und aus der Luft kommt als klimatischer Einfluss ergänzend hinzu und spielt auf Grund aktueller Umweltproblematiken eine nicht unerhebliche Rolle.

Nach KOWNATZKI (1997) lassen sich direkte und indirekte verwitterungswirksame Abläufe durch Niederschlagswasser ableiten:

1. direkt:

- **Erosion**
- **hygrische Dehnung**
- **Korrosion leicht löslicher Gesteine oder Gesteinskomponenten**

2. indirekt:

- **Einbringen von Verwitterungsagenzien als feste, gelöste oder gasförmige Stoffe**
- **Einbringen von im Wasser gelösten Bestandteilen wie Salzen aus dem Boden oder benachbarten Baustoffen (Mauerstein oder Mörtel)**
- **Wasserzufuhr als Voraussetzung für biologische Besiedlung**

HILSDORF et al. (1987) und SCHWARZ (1986) zeigen verschiedene Möglichkeiten auf, wie Feuchtigkeit an Gebäudeteile gelangt und vom Mauerwerk aufgenommen wird (vgl. Abb. 10).

Eine Gliederung nach SCHWARZ (1986) wird nachfolgend dargestellt:

- **Schlagregen** trifft infolge Windeinwirkung auf vertikale Gebäudeteile wie Fassaden oder architektonische Elemente. Ausschlaggebend ist dabei die Windexposition.
- **Winddruckwasser** ist Schlagregenwasser, das infolge Winddrucks in Mauerwerksvertiefungen von Fugen, Poren und Rissen hinein gepresst wird.
- **Ablaufwasser** ist an der Fassade herablaufendes Schlagregenwasser, das i.d.R. vorgegebenen Wasserablaufbahnen folgt.
- **Stau- und Bodenwasser** staut sich als Ablaufwasser an auskragenden Gebäudeteilen oder im Bodenbereich auf.
- **Sickerwasser** wird rein physikalisch durch die Schwerkraft in das Mauerwerk eingebracht.
- **Kapillarwasser** wird im Gegensatz zum Sickerwasser durch reine Kapillarkräfte ins

Gesteinsinnere transportiert. Von Bedeutung ist vor allem die kapillare Stau- und Bodenwasseraufnahme.

- **Tropfwasser** ist von überstehenden Gebäudeteilen herabtropfendes Ablaufwasser.
- **Spritzwasser** ist herabfallendes Tropfwasser, das beim Aufprall auf tiefer gelegenen Bauteilen oder dem Boden erneut Gebäudeteile bespritzt und befeuchtet.

Eine Wasseraufnahme ins Gestein kann auch durch Kapillarkondensation oder Adsorption direkt aus der Luftfeuchtigkeit erfolgen.

Ausführungen über die Art der Luftfeuchtigkeitsaufnahme und den Einfluss des Porenwassers auf die Verwitterung sind z.B. in KRAUS (1985), MENG (1993), POSCHLOD (1990), SCHWARZ (1986), STEINDLBERGER & AURAS (1999) gegeben.

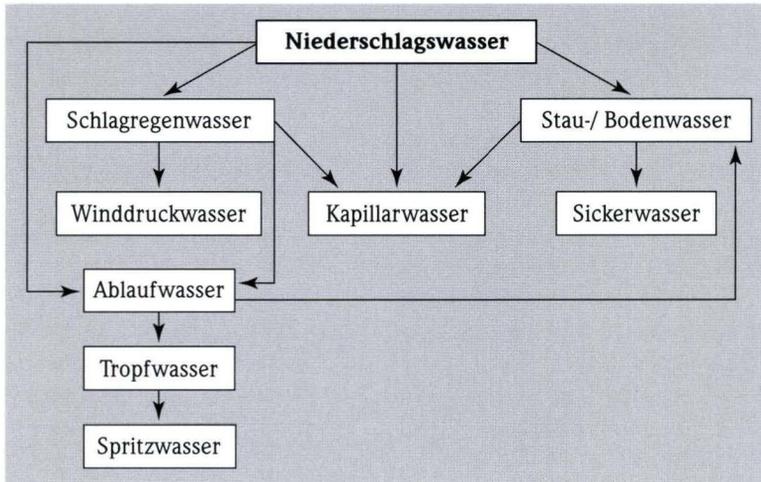


Abb. 10. Zusammenhänge zwischen an Gebäuden auftretenden Wasserarten (nach KOWNATZKI 1997).

2.3 Verwitterungsprozesse

2.3.1 Physikalische Verwitterung

Die physikalische Verwitterung bewirkt eine mechanische Zerstörung des Gesteins. Dabei wird zunächst das Gefüge aufgelockert und bei weiterer Belastung auch vollständig und irreparabel zerstört.

Von VILLWOCK (1966) sind folgende Arten der physikalischen Zerstörung unterschieden worden:

- **Temperaturverwitterung** infolge Volumenänderung einzelner Komponenten
- **Frostverwitterung** durch Eissprengung
- **Salzverwitterung** durch Salzsprengung
- **physikalisch-biologische Verwitterung**

infolge Wachstumsdruck von Wurzeln

- **mechanische Verwitterung** durch z.B. Wind- oder Wassererosion

Ergänzend kommen die hygrische Dehnung als ein wesentlicher Faktor sowie auch das Induzieren von Spannungen bzw. Entlasten durch konstruktive Baumaßnahmen hinzu.

Auf die besondere Gefährdung der hessischen Tuffsteine durch Frostsprengung und hygrische Dehnung wird in AURAS et al. (2000), STEINDLBERGER (2002a) und STEINDLBERGER & AURAS (1999) hingewiesen.

2.3.2 Chemische Verwitterung

Im Gegensatz zur mechanischen Zerstörung wird beim chemischen Verwitterungsprozess eine stoffliche Umwandlung der mineralischen Komponenten oder eine mineralische Neubildung (innerhalb des Porenraumes) bewirkt (Abb. 11). Eine chemische Reaktion findet dabei stets als Wechselwirkung von zirkulierenden Porenlösungen und dem primären Mineralbestand im Gesteinsinneren statt. Die Porenlösungen erhalten ihren „Nachschub an Reaktionspartnern“ durch gasförmigen Eintrag aus der Atmosphäre (z.B. SO_2) oder in Form von kapillar aufsteigenden wässrigen Lösungen aus Niederschlag oder Erdreich.

Typische Reaktionsprodukte sind die Schadsalze in Form von Sulfaten, Nitraten oder Chloriden, die direkt an der Außenfläche ausblühen oder sich in der Mürbzone oder hinter Schalen anreichern.

Die Salze bewirken durch ihre Auskristallisation oder durch Hydratation eine Volumenver-

größerung und üben somit Sprengkräfte auf das Gesteinsgefüge aus.

Nach (FITZNER 1970) können folgende chemische Verwitterungsabläufe zur Zerstörung von Gesteinen führen:

- **Lösungsverwitterung** in Abhängigkeit von der Löslichkeit der jeweiligen Stoffe
- **Oxidationsverwitterung** durch im Wasser gelösten Luftsauerstoff
- **Hydratationsverwitterung** durch Überführung wasserfreier oder wasserarmer Minerale in wasserreichere
- **Kohlensäureverwitterung** an Karbonaten durch Lösungerscheinungen CO_2 -haltigen Wassers
- **Hydrolytische Verwitterung** führt zur Zersetzung der Silikate durch dissoziiertes Wasser
- **chemisch-biologische Verwitterung** durch tierische und pflanzliche Ausscheidungs- und Zersetzungsprodukte

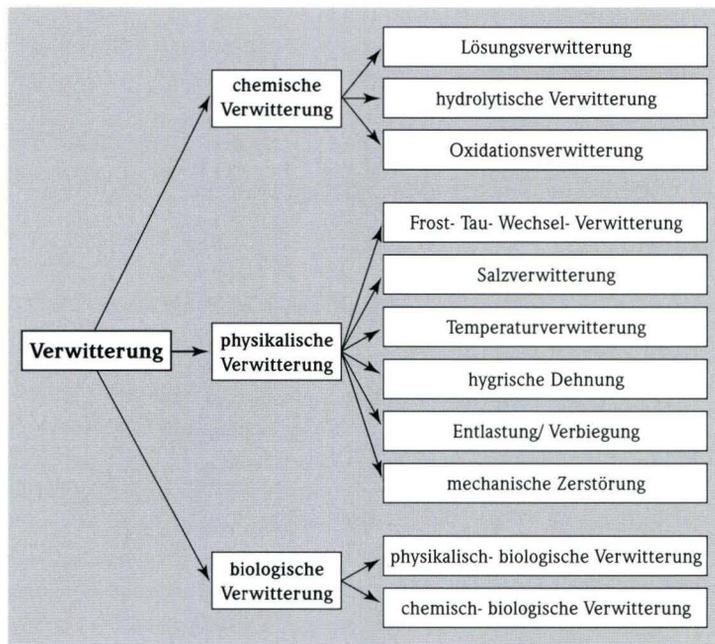


Abb. 11. Unterschiedliche Arten der Verwitterung von Natursteinen (nach KOWNATZKI 1997).

2.4 Schadensbilder

Die eingangs erwähnten Verwitterungsprozesse bedingen eine Gefügezerstörung im Gestein oder eine Materialanlagerung an der Gesteinsoberfläche, die sich in unterschiedlichen Schadensbildern äußern. Als Schäden sind dabei alle Veränderungen am oder im Gestein anzusehen, die vom ursprünglichen Zustand abweichen. Je nach Gesteinseigenschaften und klimatischen Randbedingungen, aber auch durch anthropogene Zusatzbelastungen z.B. in Form von Salzeintrag oder konstruktiven Mängeln, verdeutlicht sich die Verwitterung als singulärer Schaden oder als Kombination verschiedener Verwitterungsschäden.

Eine detaillierte Übersicht über Verwitterungszustandserfassung und Schadensbilder geben FITZNER et al. (1995, 1997), KOWNATZKI (1997) und KOWNATZKI & FITZNER (1999). Zusammenfassend lassen sich daraus folgende Gesteinsschäden an Gebäuden wiedergeben:

- **Gesteinsanlagerung:**
 - **Verfärbung**
 - **Bleichung**
 - **Verschmutzung**
 - **Verzalzung**

- **Verkrustung**
- **biologische Besiedlung** durch Mikroorganismen oder höhere Pflanzen
- **Gesteinsablösung:**
 - **Abmehlen**
 - **Abgrusen**
 - **Absanden**
 - **Abbröckeln**
 - **Abschalen**, ein- oder mehrlagig
 - **Abschuppen**
 - **Aufblättern**
 - **Aufspalten**
 - **Reliefbildung** durch Zurundung/Eintiefung, Alveolarverwitterung, texturfolgender Auswitterung, Herauspräparierung oder Auswitterung von Komponenten, Aufrauung
 - **Krustenablösung**
- **Gesteinsdeformation:**
 - **Rissbildung** texturfolgend oder nicht texturfolgend
 - **Verbiegung**

Übergänge zwischen den einzelnen Verwitterungsformen vor allem innerhalb einer „Formengruppe“ sind am Bauwerk häufig zu beobachten.

2.5 Verwitterungsverhalten der untersuchten Gesteine

Innerhalb der vulkanischen Gesteine, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, lassen sich markante Unterschiede im gesteinstypischen Verwitterungsverhalten feststellen.

Nachfolgend werden charakteristische Verwitterungsformen für die jeweiligen Gesteinsgruppen aufgezeigt:

Tuffe, Schalstein und Porphyroid (Vulkaniklastite)

Die känozoischen Vulkaniklastite (Tuffe) sind in ihrer Allgemeinheit gegenüber Witterungseinflüssen äußerst anfällige Gesteine (z.B. EGLOFF-

STEIN 1998; EGLOFFSTEIN et al. 1999; MAUSFELD & GRASSEGER 1995; MÖLLENKAMP 1996; SCHUBERT et al. 1992; STEINDLBERGER 2000).

In besonderer Weise gilt dies für die untersuchten hessischen Tuffe (AURAS 1998; AURAS et al. 1996, 2000; STEINDLBERGER 1996a).

Vor allem die tonmineralisch zementierten Varietäten unterliegen häufig schon nach recht kurzer Exposition einer intensiven Gesteinsschädigung.

Infolge Frostanfälligkeit – bedingt durch ungünstige Porengeometrien und Porengrößen sowie infolge hygrischer Quell- und Schwindvorgänge (STEINDLBERGER & AURAS 1999) – zeichnen

sie sich durch Absanden, Bröckelzerfall, Rissbildung, Aufschuppen und Abschalen aus (Abb. 12 und 13, Abb. im Bildteil). Eine Anfälligkeit für Salzkristallisation und biogenen Bewuchs ist durch die hohe Porosität bei gleichzeitiger hoher Durchfeuchtung zudem gegeben.

Eingehende Untersuchungen über das Verwitterungsverhalten speziell der hessischen Tuffe werden in STEINDLBERGER (2002a) diskutiert.

Über die Verwitterungsprozesse des Schalsteins und des Porphyroids ist aus der Literatur kaum etwas zu entnehmen. Diese Werksteine sind am Gebäude in ihrer Mehrheit langfristig aber wenig haltbar und unterliegen dann intensiven Verwitterungserscheinungen (Abb. 14 und 15). HIRSCHWALD (1908) unterteilte die Schal-

steine hinsichtlich ihrer Eignung als Werksteine in verschiedene Qualitätsgruppen, die in Abhängigkeit vom chloritischen und kalzitischen Bindemittel und deren Mengenverhältnissen sowie deren textueller Anordnung beurteilt werden.

Eigene Untersuchungen ziehen für den Schalstein zudem ungünstige Sättigungswerte (= Frostanfälligkeit), gewisse hygrische Quellprozesse durch Anteile an Tonmineralen sowie auch das schalig-schiefrige Gefüge in Betracht. Die komplexen Schieferungsflächen der Schalsteine schneiden sich insofern, als daraus die charakteristischen linsenartigen „Schalen“ resultieren. Diese wiederum stellen natürliche Schwächezonen im Gestein dar, besonders wenn sie auf Spalt verbaut sind (Abb. 15).



Abb. 12. Heckershausen evangelische Kirche: Rückwitterungen der Lapillituff-Mauersteine durch Absanden und Schalenbildung an exponiertem Strebebfeiler.

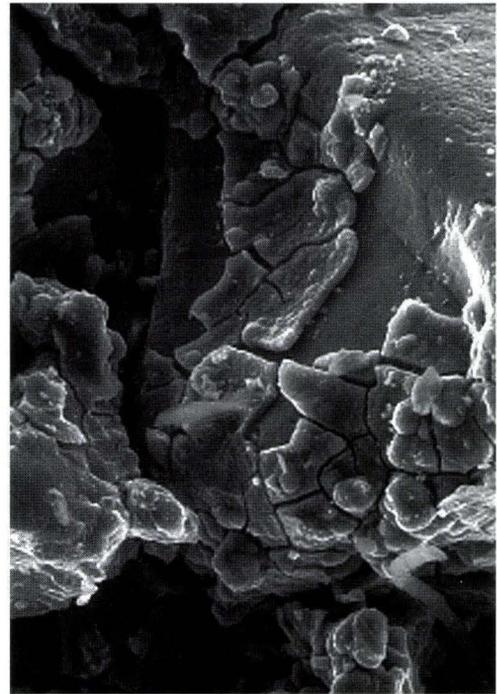


Abb. 13. Heckershausen, evangelische Kirche, Mauerstein: Schollenartige Bruchmuster im Tonmineralzement infolge hygrischer Wechselbeanspruchung; ESEM-Aufnahme, Bildhöhe $\hat{=}$ 200 μm .



Abb. 14. Dom zu Wetzlar: Starker Verlust der historischen Architekturelemente aus Schalstein.

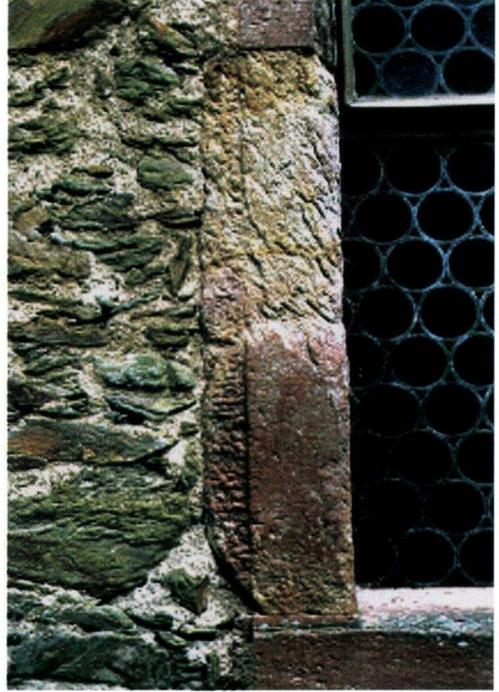


Abb. 15. Hermannstein, evangelische Kirche: Rotbraune und gelbgrüne, stark aufgeblätterte Schalstein-Werksteine als Fensterlaibung und grüne Varietäten als Bruchsteinmauerwerk.

Neben einer Verfärbung an der Oberfläche von grünen und grauen zu bräunlichen Farben durch Oxidation des Eisens zeigen sowohl Schalstein als auch Porphyroid Aufspalten und Aufschiefen in dünne Plättchen, Absanden, Rissbildungen sowie Rückwitterung und Reliefbildung durch Bröckelzerfall und Ausbruch einzelner Komponenten.

Basalt und Melaphyr (Basalt/Andesit)

Die kompakten Basalte zeigen i.d.R. keine gravierenden Verwitterungserscheinungen. Lediglich eine Verfärbung an der Oberfläche hin zu helleren oder rötlichbraunen Farben durch Oxidation von eisenhaltigen Mineralkomponenten kann beobachtet werden.

Eine besondere Art der Verwitterung ist der sog. **Sonnenbrand**, der vor allem bei analcimhaltigen Alkali-Olivinbasalten, Basaniten und Nepheliniten auftreten kann (Abb. 17). Dabei zeigen sich zunächst an der Gesteinsoberfläche hellere graue Flecken, von denen recht schnell feinste Rissbildungen ausgehen (KLÜPFEL 1953a), was letztendlich im fortgeschrittenen Stadium zum grusigen Zerfall des ganzen Gesteins führt (vgl. Gestein Nr. 19 im Bildteil).

Die Flecken sind auf eine partielle Anhäufung von Analcim zurückzuführen (ERNST 1960). Nach SCHREIBER (1990) wird für die Bildung von Analcim zunächst eine Aufnahme von Quarz z.B. aus Nebengestein während des Aufstiegs der basaltischen Schmelze vorausgesetzt. Diese Quarz-

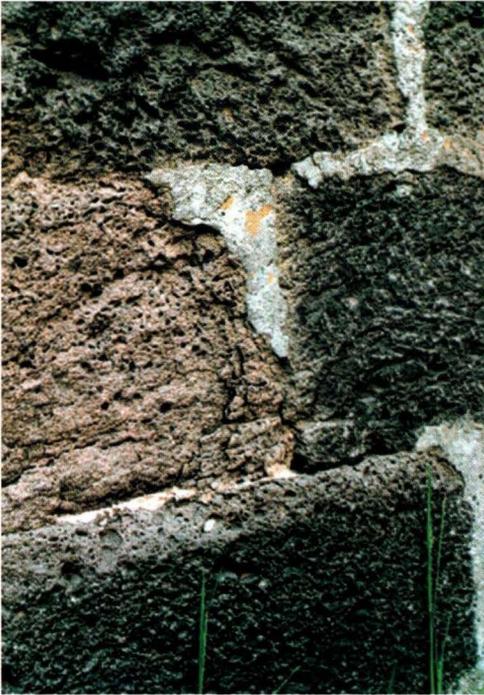


Abb. 16. Steinbach, evangelische Kirche: Basaltlava vom Londorfer Typus mit tiefgründigen Verwitterungsschäden in Form von Absanden, Aufschuppen und Abschalen.



Abb. 17. Homberg/Efze, evangelische Kirche: Basaltischer Sonnenbrand mit fleckenartiger, grauer Verfärbung an der Oberfläche und nachfolgender Vergrusung.

körner werden angelöst oder aufgelöst, und das nun partiell überschüssige SiO_2 reagiert mit bereits kristallisiertem Nephelin und Wasser zu Analcim. Die relativ zur Basaltschmelze kühleren Quarze dienen als Kristallisationskeime und führen zu einer lokalen, charakteristischen Mineralneubildung in sog. Globuliten, die neben Analcim vor allem Pyroxen aber auch Anorthoklas umfasst.

Eine Ausbildung der Mikroklüfte wird durch die Kristallisation des Magmas zuerst zwischen benachbarten Globuliten begünstigt, was zu resultierenden Zugbeanspruchungen mit abschließender Rissbildung senkrecht zu dieser Zone nach abgeschlossener Hauptkristallisation führt.

Bei den sog. Basaltlaven, d.h. den blasig-porösen Deckenbasalten, können qualitative Unterschiede gemacht werden, wie dies an verbauten Werksteinen gut zu studieren ist. Je nach chemisch-mineralogischer Zusammensetzung und Gefüge sowie evtl. vorhandener „Gesteinsvorverwitterung“ im geologischen Verband weisen sie entweder auch nach längerer Exposition und Bewitterung so gut wie keine ernstesten Schädigungen auf (Londorfer Basaltlava wird bis heute als qualitativ hochwertiger Naturwerkstein im Hochbau und für die Denkmalpflege eingesetzt), oder aber sie zeigen im Extremfall Rückwitterungen von mehreren Zentimetern, Rissbildungen, Aufschuppen und Abschalen (Abb. 16). Allgemein bieten die Basaltlaven jedoch durch ihre

hohe Porosität besonders bei feuchtebelasteten Gebäudeteilen ideale Besiedlungsmöglichkeiten für Organismen, was schnell zur Vergrünung dieser Bauteile führt.

Die Melaphyre neigen in ihrer Mehrheit zu Absanden, Aufschuppen, Schalenbildung und Bröckelzerfall (Abb. 18), besonders wenn weniger frische Partien aus dem geologischen Verband verbaut wurden. Bedingt durch einen weitgehenden Abbau bzw. eine Umwandlung der Primärminerale in weniger stabile Sekundärminerale (z.B. Tonminerale, Kalzit, Chlorit) sowie eine z.T. starke Zerklüftung unterliegen die Melaphyre oft tief greifenden Verwitterungsprozessen.

Eine markante Verwitterungsform ist das Freilegen von Mandeln bei gleichzeitiger Rückwitterung der Grundmasse bei amygdaloiden Gesteinsvarietäten (Abb. 19).

Diabas (Metabasalt), Pikrit, Quarzkeratophyr (Metarhyolith)

Diese paläozoischen Vulkanite weisen so gut wie keine effektive Porosität auf und unterliegen somit kaum einer porositätsabhängigen, feuchteabhängigen Verwitterung von innen heraus. An den Außenflächen können aber Verfärbungen und Herauspräparieren bzw. Rückwintern von Mineralkomponenten, die zu einer Aufrauung

der Oberfläche führen (Abb. 20), gewisse Beeinträchtigungen bewirken (BALLERSTÄDT 1990).

Bei den Diabasen und Pikriten ist erst nach längerer Bewitterung z.T. ein grusiger Zerfall festzustellen. Da Olivin in den Pikriten relativ zu den restlichen Mineralphasen leichter der atmosphärischen Verwitterung unterliegt, entstehen im Laufe der Zeit zunächst „rostige“ Oberflächen, die dann narbig oder grusig zurückwintern.

Phonolith, Trachyt, Quarzporphyr (Rhyolith)

Bei den Quarzporphyren ist ein kavernöses Herauswintern bestimmter Feldspateinsprenglinge und Zurückwintern der Matrix bei gleichzeitigem Herausstehen der verbleibenden Einsprenglingskomponenten (Quarz, Feldspat) sowie untergeordnet leichtes Aufschuppen an der Oberfläche zu erkennen.

Die Trachyte aus dem Odenwald zeigen am Bauwerk z.T. Verfärbungen und Aufschuppungen (Abb. 21). Nicht selten wintern die Feldspäte kavernös heraus.

An der untersuchten Phonolith-Varietät wurden keine gravierenden Schädigungen festgestellt. Durch eine starke primäre Zerklüftung des Gesteins kann es jedoch zum Abbröckeln einzelner Partien kommen.



Abb. 18. Darmstadt, Mathildenhöhe, Umfassungsmauer: Rissbildung und Gefügeflockung im Melaphyr führt zu Bröckelzerfall mit Ausbrechen größerer Gesteinsfragmente.

Abb. 19. Darmstadt, Mathildenhöhe, Umfassungsmauer: Herausstehen resistenter chalcedon- oder kalzitgefüllter Mandeln bei gleichzeitigem Abwittern der weicher Grundmasse.

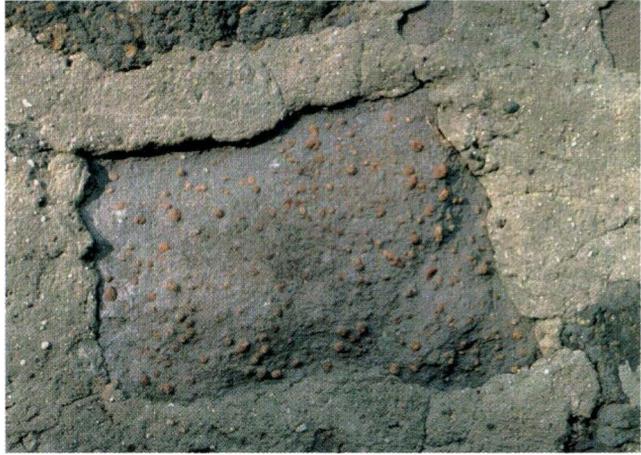


Abb. 20. Niederscheld, Privathaus: Pikrit-Mauerstein mit aufgeschuppter und verfärbter Oberfläche.



Abb. 21. Heusenstamm, Mauer an evangelischer Kirche: Anlagerung dunkler Krusten und Aufschuppungen an Dietzenbacher Trachytvarietät.



3. Gesteinsphysikalische Untersuchungen

3.1 Einleitung

Für die Beurteilung eines Natursteins hinsichtlich seiner Eignung als Werkstein ist die Kenntnis seiner physikalisch-technischen Eigenschaften von besonderem Interesse. So können auf Grund dieser Kennwerte schon erste Aussagen über die Dauerhaftigkeit bzw. über die zu erwartenden Verwitterungsschäden am Gestein getroffen werden. Auch lassen sich viele Schadensabläufe durch charakteristische Kennwerte z.B. über die Porosität, die hygrische Dehnung oder das Wasseraufnahmeverhalten erklären (STEINDLBERGER 2002a).

• Dichte und Trockenrohichte	DIN 52 102 (1988)
• kapillare Wasseraufnahme, Wasseraufnahmekoeffizient	DIN 52 617 (1987)
• Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und unter Vakuum	DIN 52 103 (1988)
• Sättigungswert	DIN 52 103 (1988)
• effektive Porosität	
• hygrische Dehnung	DIN 52 450 (1984)
• Druckfestigkeit	DIN 52 105 (1988)
• dynamischer Elastizitätsmodul (E-Modul)	

Als Untersuchungsmaterial wurden je aufgeführten Gesteins und Versuchsanordnung mindestens drei Probenwürfel der Kantenlängen 5 cm verwendet, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. In den Datenblättern sind die Gesteinskennwerte als arithmetische Mittelwerte

Als Voraussetzung für eine sachgerechte Planung und Durchführung von Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen müssen neben der Erhebung der Bauwerkgeschichte und des Bauwerkzustandes auch die ermittelten Kennwerte beachtet werden (SCHUBERT et al. 1992).

Folgende Kennwerte werden nach aufgeführten DIN und nach den Richtlinien für das Kataster des Institutes für Steinkonservierung e.V. (IFS), Mainz, ermittelt:

angegeben. Besonders innerhalb der Tuffvarietäten schwanken die ermittelten Kennwerte durch Inhomogenitäten (Änderung in Gefüge und Struktur, wie z.B. Schichtung, Porosität und Klustengröße) oft in weiten Bereichen. Sie können daher nur als Richtungswerte angesehen werden.

3.2 Untersuchungen in Zusammenhang mit der Wasseraufnahme

Wie erwähnt stehen die meisten Verwitterungsprozesse in enger Abhängigkeit mit dem Wasserhaushalt der Gesteine. Je nach Gefüge und Porositätsmerkmalen spiegeln sich in den verschiedenen Gesteinstypen unterschiedliche Wasseraufnahmen, Wassertransportmechanismen und Wasserabgaben wider, die durch die ermittelten Kennwerte vergleichende Zahlenwerte erhalten. Aus den Kennwerten lassen sich Rückschlüsse zum Verwitterungsverhalten ableiten.

Ermittelt wurden die kapillare Wasseraufnahmefähigkeit mit Berechnung des Wasseraufnahmekoeffizienten (w -Wert), die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und die Wasseraufnahme unter Vakuum. Daraus abgeleitet lassen sich Dichte und Trockenrohichte, Porosität und Sättigungswert bestimmen.

Die hygrische Dehnung steht ebenfalls in direktem Zusammenhang mit der Wasseraufnahme.

3.2.1 Kapillare Wasseraufnahme, Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten

Der Wassertransport ins Gesteinsinnere kann durch Diffusion, laminare Strömung und kapillare Wasseraufnahme erfolgen. Ergänzend kann durch Adsorption und Kapillarkondensation (z.B. WEIDIG 1991) ebenfalls Feuchtigkeit ins Gesteinsinnere eingebracht werden.

Der kapillaren Wasseraufnahme kommt dabei unter Bauwerksbedingungen eine besondere Rolle zu.

Die Kapillarität beruht auf der spezifischen Oberflächenspannung von Flüssigkeiten gegenüber dem Festgestein innerhalb von Kapillaren wie z.B. engen Poren. Dabei ist für den Aufstieg der Flüssigkeiten in den Kapillaren die Grenzflächenspannung zwischen Flüssigkeit, Porenwandung und Luft entscheidend. Diese Faktoren stehen in Abhängigkeit von Porenraumanteil, Porenverteilung, Porengröße und Porengestalt (HOLZWARTH 1995). Über die verschiedenen Mög-

lichkeiten, wie Wasser kapillar in das Gesteinsinnere transportiert werden kann, wurde im Kap. 2.2.2 bereits hingewiesen.

Die kapillare Saugfähigkeit eines Gesteins wird durch den Wasseraufnahmekoeffizienten (w -Wert) charakterisiert. Er beschreibt die aufgenommene Wassermenge in Abhängigkeit von Zeit und Saugfläche.

Die kapillare Wasseraufnahme erfolgt nach einem \sqrt{t} -„Gesetz“ ($t = \text{Zeit}$), d.h. wenn man die Wasseraufnahmemenge gegen die Wurzel aus der Zeit aufträgt, verläuft die „Saugkurve“ linear. Bei Wassersättigung des Gesteins wird die kapillare Wasseraufnahme eingestellt.

Der Sättigungspunkt verdeutlicht sich in der entsprechenden Saugkurve durch einen markanten Knick im Kurvenverlauf und zeigt an, dass eine nahezu vollkommene Durchfeuchtung im Gestein erfolgt ist (Abb. 22).

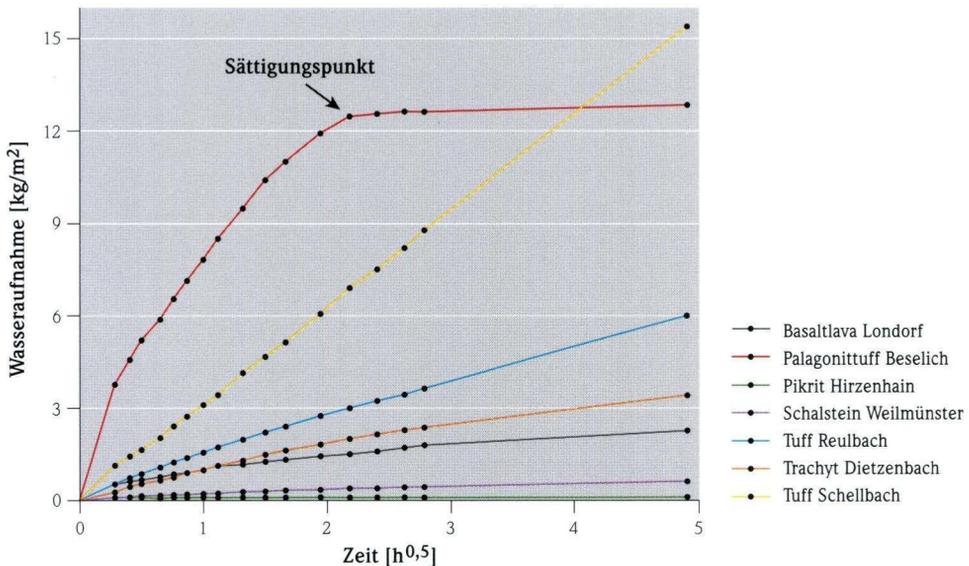


Abb. 22. Graphische Darstellung der kapillaren Wasseraufnahme ausgewählter Gesteine über einen Zeitraum von einem Tag.

Bei anisotrop aufgebauten Gesteinen wie z.B. geschichteten Tuffen wurde der w-Wert senkrecht zur Schichtung ermittelt. Bei parallel zur Schichtung gemessenen Wasseraufnahmeko-

effizienten ist aber allgemein von größeren w-Werten als senkrecht zur Schichtung gemessenen auszugehen (STEINDLBERGER 1996a).

Berechnung des Wasseraufnahmekoeffizienten:

$$w - \text{Wert} = \frac{m}{A\sqrt{t}} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})] \quad (1)$$

Abkürzungen: m: Wassermasse [kg]
A: Saugfläche [m²]
t: Zeit [h]

3.2.2 Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und unter Vakuum

Bei dem Versuch zur Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck bzw. Normaldruck werden auf Grund spezieller Porengröße und Porengeometrie evtl. nicht alle frei zugänglichen, miteinander in Verbindung stehenden (= kommunizie-

renden) Poren mit Wasser gefüllt. Unter Vakuum können diese Poren dagegen gefüllt werden.

Die Kenndaten zu Dichte, Trockenrohddichte, Porosität und Sättigungswert lassen sich über die Wasseraufnahmeversuche ermitteln (s.u.).

Berechnung der Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck:

$$WA_a = \frac{mWA_a - md}{md} \cdot 100 \quad [\text{Ma.}\%] \quad (2)$$

Abkürzungen: WA_a: Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck [Ma.-%]
mWA_a: Masse der wassergesättigten Probe unter Atmosphärendruck [g]
md: Trockenmasse der Probe [g]

Berechnung der Wasseraufnahme unter Vakuum:

$$WA_v = \frac{mWA_v - md}{md} \cdot 100 \quad [\text{Ma.}\%] \quad (3)$$

Abkürzungen: WA_v: Wasseraufnahme unter Vakuum [Ma.-%]
mWA_v: Masse der wassergesättigten Probe unter Vakuum [g]
md: Trockenmasse der Probe [g]

3.2.3 Dichte und Trockenrohddichte

Nach DIN 52 102 (1988) wird die Dichte (= Reindichte, spezifisches Gewicht) als der Quotient aus der Trockenmasse eines Natursteines und seines Volumens ausschließlich des

Porenraumes definiert, während die Trockenrohddichte aus der Trockenmasse eines Natursteines und seines Volumens einschließlich des Porenraumes hervorgeht.

Berechnung der Dichte:

$$\rho_0 = \frac{md}{md - (mWv - mua)} \cdot \rho_{H_2O} \text{ [g/cm}^3\text{]} \quad (4)$$

Abkürzungen: ρ_0 : Dichte [g/cm³]
md: Trockenmasse der Probe [g]
mWv: Masse der wassergesättigten Probe unter Vakuum [g]
mua: Masse der wassergesättigten Probe unter Auftrieb [g]
 ρ_{H_2O} : Dichte von Wasser (= 1 g/cm³)

Berechnung der Trockenrohddichte:

$$\rho_R = \frac{md}{mWv - (mWv - mua)} \cdot \rho_{H_2O} \text{ [g/cm}^3\text{]} \quad (5)$$

Abkürzungen: ρ_R : Trockenrohddichte [g/cm³]
md: Trockenmasse der Probe [g]
mWv: Masse der wassergesättigten Probe unter Vakuum [g]
mua: Masse der wassergesättigten Probe unter Auftrieb [g]
 ρ_{H_2O} : Dichte von Wasser (= 1 g/cm³)

3.2.4 Sättigungswert

Der Sättigungswert verdeutlicht das Verhältnis der Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck zur Wasseraufnahme unter Vakuum. Da die Wasseraufnahme unter Vakuum größer oder mindestens gleich hoch wie die unter Atmosphärendruck ist, muss der Sättigungswert immer ≤ 1 sein. Er stellt ein Maß für die Frostanfälligkeit bzw. für die Frostbeständigkeit von Natursteinen dar.

Beim Übergang der flüssigen (Wasser) in die feste Phase (Eis) vergrößert Wasser sein Volu-

men um ca. 9 %. Dementsprechend muss in einem Gestein der nicht-wassergefüllte, d.h. luftgefüllte Porenraum ebenso groß sein, um die Expansion des gefrierenden Wassers aufzunehmen.

Neben dem Sättigungswert spielen aber noch weitere Faktoren wie die Porengeometrie oder der Temperaturverlauf eine wichtige Rolle bei der Beurteilung einer Frostgefährdung von Gesteinen (WEIDIG 1991). Für die Tuffe wird in STEINDLBERGER (2002a) auf die Auswirkung der

Porenradialverteilung auf die Verwitterung eingegangen.

Liegt der Sättigungswert bei $< 0,75$, gilt das Gestein grundsätzlich als frostunempfindlich,

und der Naturstein ist als Werkstein verwendbar (DIN 52 106, 1994; HIRSCHWALD 1908), bei Werten $\geq 0,75$ müssen weitere Versuche eine Eignung bestätigen.

Berechnung des Sättigungswertes:

$$S = \frac{W_{Aa}}{W_{Av}}$$

(6)

Abkürzungen: S: Sättigungswert, dimensionslos
 WAa: Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck [Ma.-%]
 WAv: Wasseraufnahme unter Vakuum [Ma.-%]

3.2.5 Porosität

Die Porosität bzw. die wasserzugängliche oder effektive Porosität (= Porosität ohne den in sich geschlossenen Porenraum) stellt eine wichtige Kenngröße dar, da sie in unmittelba-

rem Zusammenhang mit der Wasseraufnahme steht. Daraus lässt sich bereits mögliches Verhalten bei der Verwitterung ableiten.

Berechnung der effektiven Porosität:

$$P_{\text{eff}} = \frac{mW_v - m_d}{mW_v - m_{ua}} \cdot 100 \text{ [Vol.-%]}$$

(7)

Abkürzungen: P_{eff} : effektive Porosität [Vol.-%]
 mWv: Masse der wassergesättigten Probe unter Vakuum [g]
 md: Trockenmasse der Probe [g]
 mua: Masse der wassergesättigten Probe unter Auftrieb [g]

3.2.6 Hygrische Dehnung

Als hygrische Dehnung wird das Quellen eines Gesteinskörpers unter dem Einfluss von Feuchtigkeit bezeichnet. Sie ist als komplexe Funktion der Porenstruktur und der am Gefügebau beteiligten Minerale eines Gesteins aufzufassen.

Die Quellung in den Gesteinen ist zumeist ursprünglich auf Hydratationsprozesse innerhalb von quellfähigen Schichtsilikaten (Tonmineralen) oder hygroskopischer Salze zurückzuführen:

- Quellfähige Tonminerale (Smectite, mixed-layer-Tonminerale) können Wassermoleküle an ihren Oberflächen oder in ihren Zwischenschichten an- bzw. einlagern, dabei kommt es zu einer Aufweitung der Gitterstruktur (HEIM 1990; JASMUND & LAGALY 1993). Durch osmotischen Druck wird bei weiterem Wasserangebot Wasser zwischen die Tonmineralteilchen eingelagert, was zwangsläufig zu zusätzlicher Aufweitung der Teilchenabstände führt. Die

Volumenvergrößerung der Tonminerale wird auf das Gesteinsgefüge übertragen. Das Maß der Längenausdehnung hängt von der Qualität und der Quantität der vorhandenen quellfähigen Tonminerale ab.

- Salze können ähnlich Tonmineralen eine Volumenvergrößerung bei Feuchtigkeitsaufnahme erfahren. Entsprechend der Umgebungsfeuchte lagern sie dabei Kristallwasser an bzw. ein (= Hygroskopizität), wodurch gewisse Dehnungsprozesse im Gestein eingeleitet werden.
- Wesentlich komplexere Abläufe an den Tonmineralen in Bezug auf Geschwindigkeit und Ausmaß der hygri-schen Dehnung laufen ab, wenn anstatt reinen Wassers Salzlösungen in Gesteinen zirkulieren (SNETHLAGE & WENDLER 1998). Da dies am Bauwerk jedoch oft der Fall ist, kann die hygri-sche Dehnung entspre-

chend erhöht oder erniedrigt werden (vgl. WEISS 1992).

- Eine Anlagerung eines dünnen Wasserfilms in Zwickelräumen zwischen einzelnen Mineralen bzw. auf deren Oberflächen verursacht ebenfalls eine gewisse Ausdehnung im Gestein. Die Minerale selbst müssen dabei nicht zwangsläufig als quellfähig einzustufen sein. SCHUH (1987) beschreibt z.B. das Auseinanderdrücken von direkten Quarz-Quarz-Kornkontakten bei Sandsteinen.

Bedingt durch ständigen Wechsel von Quellung bei Feuchtigkeitsaufnahme und anschließendem Schwinden bei Austrocknung können Spannungszustände auftreten, die langfristig zu starken Schädigungen des Gesteinsgefüges führen können (STEINDLBERGER & AURAS 1999).

3.3 Einaxiale Druckfestigkeit

Die Festigkeit von Gesteinen gegenüber mechanischen Spannungen lässt sich unter Laborbedingungen durch die Ermittlung der Druck-, Zug-, Biege- und Scherfestigkeit zum Ausdruck bringen. In dieser Arbeit wurde der Druckfestigkeitsversuch durchgeführt, der Auskunft über die maximale Widerstandskraft des Mauersteins gegenüber Druckbelastung gibt.

Die primären Parameter, die für die Festigkeitseigenschaften eines Natursteins verantwortlich sind, wurden bereits in Kapitel 2.2.1 Gesteinseigenschaften aufgezeigt. Auf den direkten Zusammenhang zwischen (steigender) Porosität und (sinkender) Druckfestigkeit (DE QUERVAIN 1967) sei an dieser Stelle noch einmal besonders hingewiesen (Tab. 4).

Eine Abnahme der Festigkeitswerte, die sog. **Druckerweichung** an durchfeuchteten gegenüber trockenen Proben ist bereits von HIRSCHWALD (1908) festgestellt worden. Zurückzuführen ist diese Abnahme der Festigkeit auf die Anlagerung von Wasserfilmen um die Gesteinskomponenten (Klasten, Minerale etc.) bzw. Ein-

lagerung von Wassermolekülen innerhalb der Tonminerale, wodurch die Haftung herabgesetzt und eine gewisse Gleitwirkung erzielt wird. Auch werden die Wechselwirkungsmechanismen zwischen den Festkörperoberflächen wegen der vergrößerten Teilchenabstände in ihrer Wirkung verringert.

Das Verhältnis von „Trocken- zu Nassfestigkeit“ bezeichnet man als **Erweichungsziffer** (MIRWALD 1997).

Tab. 4. Zusammenhang zwischen Porosität und Druckfestigkeit am Beispiel karbonatisch gebundener tertiärer Sandsteine (nach PESCHEL 1983).

Porosität [Vol.-%]	Druckfestigkeit [MPa]
12–20	10–40
4–8	8–110
1,5–3	180–270



Abb. 23. Diagonal durch die Probekörper laufende Bruchstrukturen (von links nach rechts: Habichtswälder Tuffstein, Steinheimer Basaltlava, Holzhäuser Diabas); Originalhöhe der Probekörper: 5 cm.

Physikalische oder chemische Verwitterungsangriffe induzieren über das Gefüge selbst oder über den Porenraum eine Belastung auf das Gefüge von Natursteinen (SCHIESSL & ALFES 1991; WEISS 1992). Langfristig führen diese Spannungszustände zu Gefügeschädigungen bis hin zur völligen Zerstörung des Gesteins.

Mit der Ermittlung der Druckfestigkeit ist eine Möglichkeit gegeben, die Belastbarkeit und Haltbarkeit von Materialien mit Hilfe von Zahlenwerten zu vergleichen.

Eine auf das Gestein durch z.B. Auflast angelegte Spannung resultiert zunächst in einer Verformung (Querdehnung, Stauchung). Bei Überschreiten des Spannungsaufnahmemaximums

reagiert das Gestein mit Bruch. Aus dem so bestimmten Wert kann die Druckfestigkeit ermittelt werden. Der Begriff Druckfestigkeit ist dabei nicht ganz korrekt, da es nicht durch das Zusammendrücken des Gesteins zum Bruch kommt, sondern dadurch, dass die durch Querdehnung erzeugte Querkzugspannung größer als die Zugfestigkeit wird (WEIDIG 1991). Der Bruch tritt also vielmehr auf Grund von Querdehnungen und Ableitungsvorgängen auf (DAVID & VOGLER 2000; Abb. 23).

Nach DIN 52 105 (1988) ist die Druckfestigkeit definiert als Quotient der maximal aufgewendeten Kraft zur Fläche des Probekörpers bis zum Bruch:

$$\beta_D = \frac{F_{\max}}{A_0} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

(8)

Abkürzungen: β_D : Druckfestigkeit [MPa] bzw. [N/mm²]
 F_{\max} : Höchstkraft [N]
 A_0 : Belastungsfläche der Probekörper [mm²]

3.4 Dynamischer Elastizitätsmodul, Ultraschallmessungen

Der Elastizitätsmodul (E-Modul) ist ein Maß für die Steifigkeit eines Materiales und folgt unter Voraussetzung eines elastischen Verhaltens (d.h. Be- und Entlastungslinie decken sich und

eine bleibende Verformung tritt nicht auf) und linearem Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung dem HOOKE'schen Gesetz:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow E = \sigma/\varepsilon = \tan \alpha$$

(9)

Abkürzungen:	E:	E-Modul [N/mm ²]
	σ :	Spannung [N/mm ²]
	ε :	relative Längenänderung, dimensionslos
	$\tan \alpha$:	Steigung der σ - ε -Geraden

Der E-Modul entspricht somit der Steigung der Spannungs-Dehnungs-Geraden (Abb. 24).

Gesteine stellen jedoch keine ideal elastischen Materialien dar. Im Spannungs-Dehnungs-Diagramm äußert sich dies auf Grund eines Anteils an plastischen Deformationen insofern, dass keine Gerade, sondern vielmehr eine Kurve mit nur anfänglicher linearer Steigung resultiert. Aus dieser Anfangssteigung lässt sich ebenfalls der E-Modul ableiten.

Prinzipiell sind zwei verschiedene E-Module zu unterscheiden:

Der **statische** E-Modul wird aus der Spannungs-Verformungs-Linie des Druck-, Zug- oder Biegeversuchs errechnet. Bei der Ermittlung des **dynamischen** E-Moduls wird der Naturstein im Impulslaufzeitverfahren (s.u.), Resonanzfrequenzverfahren (näheres in MILITZER & WEBER 1987) oder GRINDOSONIC-Verfahren (vgl. WEISS 1992) in dynamische Schwingungen versetzt.

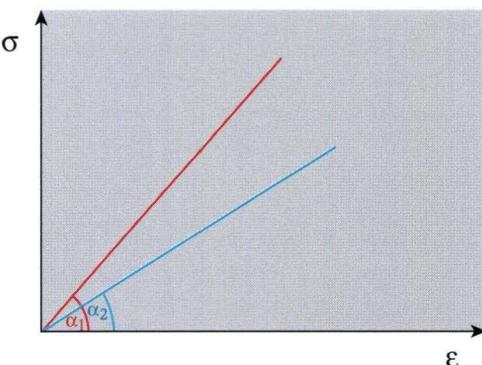


Abb. 24. Spannungs-Dehnungs-Diagramm: Elastisches Material mit α_1 zeigt gegenüber α_2 erhöhte Steifigkeit und entsprechend geringere Verformbarkeit bei Belastung.

Ausgewertet werden dann Ausbreitungsgeschwindigkeit bzw. Frequenz dieser Wellen.

Zur Feststellung des statischen E-Moduls werden die Probekörper im Versuchsablauf zerstört; die Verfahren beim dynamischen E-Modul sind zerstörungsfrei.

Auf Grund o.g. nicht ideal elastischer Deformationseigenschaften ist es von großer Bedeutung, ob ein Gestein mit statischen oder dynamischen Methoden gemessen wird:

Bei statischen Untersuchungsmethoden erfolgt eine längerfristige Krafteinwirkung, die durch plastische Deformationen zwangsläufig andere Auswirkungen auf das „Ergebnis“ hat als die kurzfristige dynamische und im Wesentlichen elastische Krafteinwirkung.

Um E-Module sinnvoll vergleichen zu können, ist die Angabe der Messmethodik also als Voraussetzung anzusehen.

Der dynamische E-Modul ist in dieser Arbeit durch **Ultraschallmessungen** ermittelt worden:

Von einem Ultraschallsender werden Ultraschallwellen angeregt, die durch die Probekörper laufen und am gegenüberliegenden Ende von einem Empfangsgerät aufgenommen werden. Die hierbei eingesetzte Wellenform ist die Longitudinalwelle (= Dichte-, Druck-, Kompressionswelle; DGZfP-AUSSCHUSS 1993). In Abhängigkeit von vorhandenen Rissen oder Hohlräumen und somit abhängig von der Porosität durchlaufen diese Wellen das Gestein in unterschiedlich hoher Laufzeit (Abb. 25, Tab. 5). Aus der Laufzeit und dem Abstand zwischen Sender und Empfänger (= Durchmesser der Proben) kann die Durchschallungsgeschwindigkeit bestimmt werden.

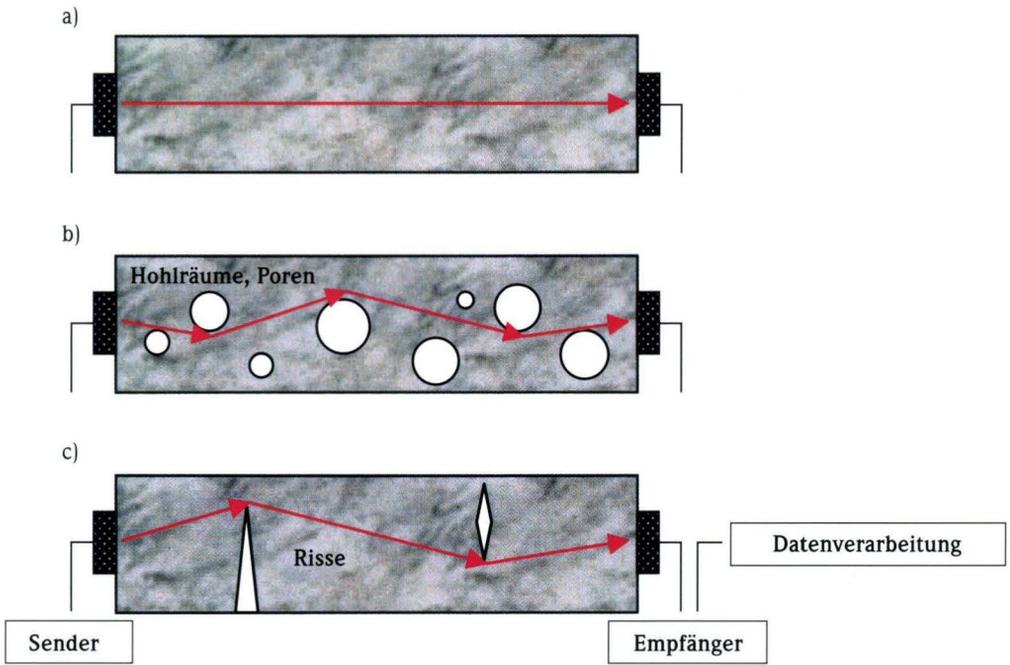


Abb. 25. Unterschiedliche Durchschallungsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Dichtigkeit bzw. Porosität: a) Hohe Geschwindigkeiten bei dichten, kompakten Gesteinen auf Grund direkten Durchschallungsweges. b) Niedrige Geschwindigkeiten bei porösen Gesteinen durch Umwege der Wellen um Hohlräume herum. a, c) Abgrenzung verwitterter und aufgelockerter Bereiche von intakten Partien durch Vergleichsmessungen innerhalb einer Gesteinsart.

Tab. 5. Kennwerte für dynamische Elastizitätsmodule und Druckfestigkeiten von vulkanischen Gesteinen (nach PESCHEL 1983).

Gesteinsart	Elastizitätsmodul (dyn.) [GPa]	Druckfestigkeit [MPa]
Rhyolith	30–75	90–300
Trachyt	35–75	110–240
Basalt	60–100	160–400
Basalttuff und Basaltlava	40–90	25–220
trachytische Tuffe	5–20	45–100
Pikrit	100–175	150–270

Aus der Durchschallungsgeschwindigkeit, der Trockenrohddichte und einem Korrekturfaktor, dem eine gesteinsabhängige Querkontraktions-

zahl μ zugrunde liegt, kann der dynamische E-Modul berechnet werden:

$$v_l = \sqrt{\frac{E_{\text{dyn}}}{\rho}} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu) \cdot (1-2\mu)} \text{ [km/s]} \quad (10)$$

wobei:

$$\mu = \left(\frac{1}{2} - \left(\frac{v_t}{v_l} \right)^2 \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{v_t}{v_l} \right)^2 \right)^{-1} \quad (11)$$

Nach Umstellung der Formel ergibt sich:

$$E_{\text{dyn}} = v_l^2 \cdot \rho \cdot k \text{ [GPa] bzw. [kN/mm}^2\text{]} \quad (12)$$

wobei:

$$k = \frac{(1+\mu) \cdot (1-2\mu)}{(1-\mu)} \quad (13)$$

Abkürzungen:	E_{dyn} :	dynamischer E-Modul [GPa] bzw. [kN/mm ²]
	ρ :	Trockenrohddichte [g/cm ³]
	μ :	POISSON'sche Querkontraktionszahl, dimensionslos
	v_l :	Durchschallungsgeschwindigkeit der Longitudinalwelle [km/s]
	v_t :	Durchschallungsgeschwindigkeit der Transversalwelle [km/s]
	k :	Korrekturfaktor, dimensionslos

Für poröse Baustoffe wird zumeist ein μ -Wert von 0,26 als Berechnungsgrundlage gewählt (vgl. WEIDIG 1991), damit ergibt sich für den Korrekturfaktor $k = 0,8173$.

4. Aufbau der Datenblätter des Bildteiles

Kopfzeile

Im linken Bereich der Kopfzeile sind die Gesteine mit ihren handelsüblichen oder aus der Literatur übernommenen Bezeichnungen mit fortlaufenden Nummern (1–53) aufgelistet. Die am rechten Rand gelegenen Angaben beziehen sich auf die Gesteinsgruppe (Vulkanit/Vulkaniklastit),

auf die verschiedenen hessischen Vulkanprovinzen (z.B. Vogelsberg, Odenwald etc.) und auf das geologische Alter (z.B. Devon, Tertiär etc.).

Die Gesteine innerhalb einer Vulkanprovinz sind nach Alter geordnet, wobei stets mit dem älteren Gestein begonnen wurde.

Datenblatt

• Klassifikation

Die Klassifikation der Gesteine erfolgt in erster Linie nach jüngeren Literaturangaben basierend auf chemischen Analysen sowie nach eigenen petrographischen Auswertungen, wobei hierfür maßgeblich der Modalbestand bei der Zuordnung der Vulkanite im STRECKEISEN-Diagramm genutzt wird. Die tertiären Vulkaniklastite (Tuffe) werden nach dem Ausgangskemismus und granulometrisch klassifiziert (vgl. Kap. 1.4.2 Vulkaniklastite).

• Lokalität

Die Beschreibungen beziehen sich auf den jeweiligen Steinbruch oder auf ein Steinbruchgelände, in dem das entsprechende Gestein abgebaut wird/wurde und wo auch das Probenmaterial entnommen wurde.

Als erste Angabe wird Bezug auf die geologische bzw. topographische Karte im Maßstab 1 : 25 000 (GK/TK 25) mit entsprechender Blattnummer und Blattnamen genommen. Es folgt die dem Steinbruch nächstgelegene Ortschaft oder Gemeinde. Fallweise werden zusätzlich Berge oder naturräumliche Gegebenheiten genannt.

Durch Angabe der R- und H-Werte ist eine genaue Zuordnung der Steinbrüche/Entnahmestellen im Gelände bzw. auf der Karte möglich.

Unterschieden wird zudem, ob der Steinbruch in Betrieb befindlich ist oder stillgelegt und dann verfüllt, aufgeforstet, zugewachsen oder durch verschiedene Maßnahmen (Freizeitanlagen, Städtebau, Landwirtschaft etc.) rekultiviert wurde. Der Beobachtungszeitraum im Zuge von Probennahmen hierzu fällt in die Jahre 1997–1998; einige wenige (Nach-)Untersuchungen wurden auch später durchgeführt.

• Stratigraphisches Alter

Die Altersstellungen sind aus Literaturangaben übernommen worden.

• Gesteinsbeschreibung

Um eine Einhaltung in übersichtlicher Dop-

pelseite mit Text und Bild gewährleisten zu können, muss die Gesteinsbeschreibung mehr oder weniger in gestraffter, stichpunktartiger Form eingehalten werden. Die wichtigsten makroskopischen und (polarisations) mikroskopischen Erkennungsmerkmale der Gesteine wie Farbe, Textur, Struktur und gesteinsaufbauende Minerale sind aber stets wiederzugeben.

Wie alle natürlichen Materialien unterliegen auch die Gesteine je nach räumlicher Lage, Gesteinseinheit und Verwitterungsstadium gewissen Schwankungen in Farbe und Ausbildung (z.B. Porosität, Fließgefüge) und im mineralogischen Gesteinsaufbau. Daher sind Abweichungen der hier vorgestellten Varietäten von verbauten oder im Steinbruch vorkommenden Vergleichsmaterialien möglich.

Der Modalbestand und die Angabe der den Gesteinsaufbau bestimmenden Komponenten bei den Tuffen basieren auf der Auszählung von 1 000 Punkten mittels pointcounter.

Die Abgrenzung der Korngrößen erfolgt nach TEUSCHER (1933, Tab. 6).

• Gesteintechnische Kenndaten

In tabellarischer Übersicht sind die wichtigsten physikalisch-technischen Gesteinskennwerte aufgeführt. Sie sollen einen Überblick über die Eignung und über das charakteristische Verhalten des jeweiligen Gesteins als Werkstein geben. Im Einzelnen wurden Dichte, Trockenroh-dichte, Wasseraufnahmekoeffizient (w-Wert), Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck und unter Vakuum, Sättigungswert, hygrische Dehnung, Druckfestigkeit und dynamischer E-Modul ermittelt.

Bedingt durch natürliche Unregelmäßigkeiten z.B. im Frischzustand und im Gefüge unterliegen auch die ermittelten Daten der untersuchten Proben z.T. größeren Schwankungen. Die Zahlenwerte sind stets als arithmetische Mittelwerte aus mindestens drei Einzelmessungen für das jeweilige Gestein aufgeführt. Vergleiche mit Kennwerten aus der Literatur (z.B. GRIMM 1990;

Tab. 6. Korngrößeneinteilung für kristalline Gesteine (nach TEUSCHER 1933).

Korngröße	Korngrößendurchmesser [mm]
riesenkörnig	>33
großkörnig	33–10
grobkörnig	10–3,3
mittelkörnig	3,3–1,0
kleinkörnig	1,0–0,3
feinkörnig	0,3–0,1
sehr feinkörnig	0,1–0,01
dicht	<0,01

MÜLLER 1990) zeigen häufig gewisse Abweichungen, die zum einen auf evtl. unterschiedliche Messverfahren, in erster Linie aber auf die natürliche Schwankungsbreite von Gesteinen zurückzuführen sind.

Die Untersuchungen zu dieser Arbeit erfolgten nach DIN-Vorgaben (s.o.) und nach den Richtlinien des Katasters des Institutes für Steinkonservierung e.V. (IFS), Mainz.

Die einzelnen Parameter wurden bereits in Kap. 3 Gesteintechnische Untersuchungen näher beschrieben.

• **Verwendungsmöglichkeiten**

Charakteristische Verwendungs- und Nutzungsmöglichkeiten der vulkanischen Gesteine als Bau- und Dekorationssteine werden aufgezeigt. Je nach Verarbeitungsmöglichkeit (z.B. Polierfähigkeit), Verwitterungsbeständigkeit und gewinnbarer Blockgröße können die Gesteine zu den verschiedensten Produkten weiterverarbeitet werden.

Die wichtigsten Verwendungsmöglichkeiten sind dabei folgende (vgl. Kap. 1.2):

- **Mauersteine als Werksteine in gesägtem oder behauenen Zustand**
- **Bruchmauersteine in unbehauenen oder nur grob zurechtgehauenen Zustand**
- **Pflaster-, Bord- und Begrenzungssteine**
- **Verkleidungs-, Boden- und Wandplatten, Fensterbänke und Treppenstufen**
- **Grab-, Denkmal- und Dekorationssteine**
- **Werksteine für architektonische Elemente/ Bauzier (Säulen, Gesimse, Skulpturen)**

• **Verwendungsbeispiele**

Nach Möglichkeit werden regional oder überregional bekannte oder charakteristische Objekte, erbaut aus den jeweiligen Gesteinsvarietäten, aufgeführt. Häufig können jedoch auch nur Mauersockel oder einzelne Bruchmauersteine an Profanbauten gezeigt werden.

Unterschieden wird, ob ein Gestein überregionale Bedeutung erlangt hat (z.B. Londerfer Basaltlava, Michelnauer Schlackenagglomerat, Holzhäuser Diabas „Hessisch Neugrün“, Hirzenhainer Pikrit), in einer Region weitläufig verbaut wurde (Wetzlarer Schalstein, Dornburger Tuffstein) oder lediglich auf örtlicher Ebene untergeordnet und mit nur einem oder wenigen Referenzobjekten Verwendung fand (Beselicher Palagonittuff, Rupsrother Phonolith, Reulbacher Tuffstein).

• **Literaturhinweise**

Die wichtigste Literatur zu den jeweiligen Gesteinen wird aufgelistet. Die Erläuterungen zu den geologischen Karten erlangen dabei als Nachschlagewerke zu weiterführender Literatur eine besondere Bedeutung. Auch sind darin mehr oder weniger ausführliche Gesteinsbeschreibungen sowie Hinweise auf Vergleichsmaterial und Steinbrüche aufgeführt. Eine Übersicht der regional typischen Gesteine geben zudem entsprechende geologische Karten, die in verschiedenen Maßstäben angeboten werden.

Das Schriftenverzeichnis befindet sich am Ende des Textteiles. Autoren, die allein im Bildteil aufgeführt sind, werden aber in diesem Schriftenverzeichnis mit aufgeführt.

• **Abbildungen**

Bei der fotografischen Dokumentation ist aus Gründen der Übersichtlichkeit und Vereinheitlichung zumeist auf eine Viertelung innerhalb der

Bildseite zurückgegriffen worden. Abgebildet werden ein exemplarisches Objekt aus dem entsprechenden Gestein, eine polierte Musterplatte (die Lapillituffe können nicht poliert werden), Dünnschliffphotos unter parallelen und gekreuzten Polarisatoren in unterschiedlichen Vergrößerungsstufen sowie z.T. auch Steinbrüche und elektronenmikroskopische Aufnahmen (ESEM, **E**nvironmental **S**canning **E**lectron **M**icroscope).

5. Danksagung

Diese Arbeit entstand als Kooperationsprojekt zwischen dem Institut für Steinkonservierung e.V. (IFS) in Mainz und der Universität Frankfurt a. M. in enger Zusammenarbeit mit dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in Wiesbaden. Mein Dank gilt all denjenigen, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, insbesondere:

• Herrn Prof. Dr. G. Kowalczyk für die Ver-

gabe und stetige Unterstützung der Arbeit;

- den Mitarbeitern des IFS namentlich Frau Dr. Karin Kraus, Frau Dr. Petra Egloffstein und Herrn Dr. Michael Auras;
- dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in Wiesbaden, hier Herrn Dr. W. Barth und Herrn Dr. H.-D. Nesbor
- sowie dem IFS für die Bereitstellung finanzieller Mittel.

6. Schriftenverzeichnis

ABEL, H. (1979): Lagerstätten. – In: HENTSCHEL, H. & THEWS, J.-D.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5514 Hadamar, 2. Aufl.: 108–115; Wiesbaden.

AHLBURG, J. (1918a): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **208**, Bl. Weilburg, 153 S.; Berlin.

AHLBURG, J. (1918b): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **208**, Bl. Weilmünster, 76 S.; Berlin.

AHLBURG, J. (1918c): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **208**, Bl. Braunsfels, 120 S.; Berlin.

AHRENS, W. (1938): Geologische Untersuchungen über die Basalte des Westerwaldes. – Z. dt. geol. Ges., **90**: 381–383; Berlin.

AHRENS, W. (1957): Exkursion im südwestlichen Westerwald: Überblick über den Aufbau des Westerwälder Tertiärs, mit besonderer Berücksichtigung der stratigraphischen Stellung der vulkanischen Gesteine.

– Fortschr. Miner., **35** (1): 109–116; Stuttgart.

AHRENS, W. (1960): Die Lagerstätten nutzbarer Steine und Erden im Westerwald. – Z. dt. geol. Ges., **112**: 238–252; Hannover.

AHRENS, W. & VILLWOCK, R. (1966): Exkursion in den Westerwald am 6. September 1964. – Fortschr. Miner., **42** (2): 303–320; Stuttgart.

AMME, D. (1977): Petrographie und Geochemie der permischen Rhyolithe von Groß-Umstadt und von Weinheim. – Diplomarbeit Univ. Hamburg, 96 S.; Hamburg [unveröff.].

ANGELBIS, G. (1883): Über die Kartierung des Blattes Montabaur. – Jb. königl. preuß. geol. L.-A. und Bergakad., f. **1882**: XLIV–XLV; Berlin.

ANGELBIS, G. (1891): Erl. geol. Spezialkarte Preussen u. Thüring. Staaten, Lfg. **41**, Bl. Hadamar, 41 S.; Berlin.

ARIKAS, K. (1986): Geochemie und Petrologie der permischen Rhyolithe in Südwestdeutschland (Saar-Nahe-Pfalz-Gebiet, Odenwald, Schwarzwald) und in

- den Vogesen. – Pollichia-Buch Nr. **8**, 313 S.; Bad Dürkheim.
- AURAS, M. (1998): Der Habichtswald-Lapillituff als Naturwerkstein. – Denkmalpflege und Kulturgeschichte, **2**: 48–57; Wiesbaden.
- AURAS, M., GÖDICKE-DETTMERING, T. & STRÜBEL, G. (1996): Restaurierungskonzepte für Baudenkmäler aus nordhessischem Lapillituff – Mörteltechnische Empfehlungen zur Restaurierung der ehemaligen Klosterkirche von Spieskappel. – In: WITTMANN, F.H. & GERDES, A. (Hrsg.): Werkstoffwissenschaften u. Bauinstandsetzen – Berichtsband zum 4. internat. Kolloquium Esslingen vom 17.–19.12.1996: 891–907; Freiburg.
- AURAS, M., EGLOFFSTEIN, P. & STEINDLBERGER, E. (2000): Vulkanische Tuffsteine - Entstehung, Verwitterung, Konservierung. – IFS-Bericht (Festschrift), **10**: 35–52; Mainz.
- BALLERSTÄDT, N. (1990): Die Naturwerksteine des Landes Hessen und ihr Verwitterungsverhalten sowie Untersuchungen zur Entwicklung der Rauheit von Gesteinsoberflächen. – Diss. Univ. München, 227 S.; München.
- BARTH, W. (1994): Mineralische Rohstoffe (Lagerstätten). – In: EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen, 2. Aufl.: 243–248; Wiesbaden.
- BARTH, W., EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1978): Lagerstätten. – In: EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5620 Ortenberg: 161–165; Wiesbaden.
- BECHER, P. (1789): Mineralogische Beschreibung der Oranien-Nassauischen Lande nebst einer Geschichte des Siegenschen Hütten- und Hammerwesens. – 624 S.; Marburg.
- BEHNISCH, R. (1993): Vulkanismus im Devon des Rhenohercynikums – Faziesabhängige Ablagerungsprozesse devonischer Vulkaniklastite im Schalstein-Hauptsattel (mittlere Lahn-Mulde). – Geol. Abh. Hessen, **98**: 89–149; Wiesbaden.
- BENDER, P. (1978): Die Entwicklung der Hörre-Zone im Devon und Unterkarbon. – Z. dt. geol. Ges., **129**: 131–140; Hannover.
- BENDER, P., LIPPERT, H.-J. & NESBOR, H.-D. (1997): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5216 Oberscheld, 2. Aufl., 421 S.; Wiesbaden.
- BERNHARD, H. (1991): Geologisch bedingte Schäden an historischen Bauwerken aus Naturstein (Basalt-Tuff) im Staatspark Kassel-Wilhelmshöhe und deren Sanierung (Exkursion I am 6. April 1990). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **73**: 177–186; Stuttgart.
- BERNS, A. (1915): Beiträge zur Petrographie der Basalttuffe des Habichtswaldes bei Cassel. – Cbl. Mineral. Jg. **1915**: 483–500 u. 517–524; Stuttgart.
- BEYSCHLAG, F. (1908): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **92**, Bl. Wilhelmshöhe [= Kassel-West], 28 S.; Berlin.
- BEYSCHLAG, F. (1909): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **92**, Bl. Besse [= Niederrhein], 28 S.; Berlin.
- BIRKELBACH, M., DÖRR, W., FRANKE, W., MICHEL, H., STIBANE, F. & WECK, R. (1988): Die geologische Entwicklung der östlichen Lahnmulde (Exkursion C am 7. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **70**: 43–74; Stuttgart.
- BLANCKENHORN, M. (1903): Geologie und Topographie der näheren Umgebung Cassels. – Festschrift zur 75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte: 57–139; Cassel.
- BLANCKENHORN, M. (1919): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **198**, Bl. Schwarzenborn, 136 S.; Berlin.
- BLANCKENHORN, M. (1920): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **198**, Bl. Homberg a.d.Efze, 125 S.; Berlin.
- BRUNNS, R. (1904): Der oberdevonische Pikrit und die aus ihm hervorgegangenen Neubildungen. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., Beil.-Bd. **18**: 285–334; Stuttgart.
- BROSIOUS, M. & GRAMANN, F. (1957): Eine Oligozänbohrung im südlichen Habichtswald bei Kassel. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **85**: 206–217; Wiesbaden.
- BÜCKING, H. (1903): Über Porphyroidschiefer und verwandte Gesteine des Hinter-Taunus. – Ber. Senckenberg. Naturforsch. Ges., **1903**: 155–170; Frankfurt a. M.
- BÜCKING, H. (1907): Über die Phonolithe der Rhön und ihre Beziehung zu den basaltischen Gesteinen. – Sber. Kgl. Preuß. Akad. Wiss., math.-phys. Klasse, **36** (2): 669–699; Berlin.
- BÜCKING, H. (1909): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **171**, Bl. Kleinsassen, 43 S.; Berlin.
- BÜCKING, H. (1916): Geologischer Führer durch die Rhön. – Samml. geol. Führer **XXI**, 262 S.; Berlin.
- CAS, R.A.F. & WRIGHT, J.V. (1987): Volcanic succession – modern and ancient. – 528 S.; London.
- CAS, R.A.F. & WRIGHT, J.V. (1991): Subaqueous pyro-

- clastic flows and ignimbrites: an assessment. – *Bull. Volcanol.*, **53**: 357–380; Berlin.
- CHELIUS, C. (1886a): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, **I. Lfg.**, Bl. Rossdorf, 104 S.; Darmstadt.
- CHELIUS, C. (1886b): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, **I. Lfg.**, Bl. Messel, 68 S.; Darmstadt.
- CHELIUS, C. (1891): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, **II. Lfg.**, Bl. Darmstadt, 81 S.; Darmstadt.
- CHELIUS, C. & VOGEL, C. (1894): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, **III. Lfg.**, Bl. Groß-Umstadt, 52 S.; Darmstadt.
- CORRENS, C.W. (1934): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **272**, Bl. Buchenau, 46 S.; Berlin.
- CORRENS, C.W. (1935): Die paläovulkanischen Eruptivgesteine. – In: REICH, H., KEGEL, W., EBERT, A. & CORRENS, C.W.: Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **272**, Bl. Eibelshausen: 19–24; Berlin.
- COX, K.G., BELL, J.D. & PANKHURST, R.J. (1979): The interpretation of igneous rocks. – 450 S.; London.
- CROSS, W., IDDINGS, J.P., PIRSSON, L.V. & WASHINGTON, H.S. (1903): Quantitative classification of igneous rocks. – 286 S.; Chicago.
- DAVID, C. & VOGLER, W.S. (2000): Buntsandstein im Stress. – Zur Bruchflächenanalyse axial verformter Bausandsteine aus Marburg und Umgebung. – IFS-Bericht (Festschrift), **10**: 127–135; Mainz.
- DEHIO, G. (1982): Handbuch der deutschen Kunstdenkmäler – Hessen. – 2. Aufl., 997 S.; München.
- DERSCHE-HANSMANN, M., EHRENBURG, 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.: 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; Hannover.
- DGZFP-AUSSCHUSS FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG IM BAUWESEN (AB), UNTERAUSSCHUSS ULTRASCHALLPRÜFUNGEN (1993): Merkblatt für das Ultraschall-Impuls-Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile. – 11 S. und Bildanhang; Berlin.
- DIEHL, O. (1934): Über basaltische Tuffe im Vogelsberg. – Notitzbl. Ver. Erdkde. hess. geol. L.-A., (V) **16**: 10–20; Darmstadt.
- DIEFFENBACH, E. (1856): Geologische Specialkarte des Grossherzogthums Hessen und der angrenzenden Landesgebiete im Maßstab 1 : 50 000, 2. Section Giessen. – Mittelrh. geol. Ver.; Darmstadt.
- DIENEMANN, W. & BURRE, O. (Hrsg.) (1929): Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten mit Ausnahme der Kohlen, Salze und Erze. – 485 S.; Stuttgart.
- DIN 1053-1 (1990): Rezeptmauerwerk; Berlin.
- DIN 52 102 (1988): Bestimmung von Dichte, Trockenhohl-dichte, Reindichte, Dichtigkeitsgrad und Gesamtporosität; Berlin.
- DIN 52 103 (1988): Bestimmung von Wasseraufnahme und Sättigungswert; Berlin.
- DIN 52 105 (1988): Druckversuch; Berlin.
- DIN 52 106 (1994): Untersuchungsverfahren zur Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit; Berlin.
- DIN 52 450 (1984): Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern; Berlin.
- DIN 52 617 (1987): Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten von Baustoffen; Berlin [als Neuauflage 1996: EN ISO 15 148; Brüssel].
- DIRKSEN, F. (1997): Diplomkartierung auf Blatt 5918 Neu-Isenburg. – Diplomkartierung Univ. Frankfurt a. M., 70 S.; Frankfurt a. M. [unveröff.].
- DREHER, S. (1996a): Totalfeldmessungen des Erdmagnetfeldes im Vorderen Vogelsberg und ihre Interpretation in Hinblick auf Förderzonen der tertiären Vulkane und den Schollenbau der Basaltbasis. – Frankfurter geowiss. Arb., **A 14**, 194 S.; Frankfurt a. M.
- DREHER, S. (1996b): Magmatismus, Bruchstrukturen und Schollenbau im Vorderen Vogelsberg: Eine Interpretation geomagnetischer Daten. – Geol. Jb. Hessen, **124**: 123–135; Wiesbaden.
- EBERLE, W. (1967): Neue Beobachtungen an den Quarzporphyren von Groß-Umstadt im NE Odenwald. – Geol. Rdsch., **57**: 199–203; Stuttgart.
- ECKHARDT, F.J. (1979): Der permische Vulkanismus Mitteleuropas. – Geol. Jb., **D 35**: 3–84; Hannover.
- EGGERT, P., HÜBENER, J.A., PRIEM, J., STEIN, V., VOSSEN, K. & WETTIG, E., unter Mitarbeit von SCHRÖDER, N. & ZIMMER, R. (1986): Steine und Erden in der Bundesrepublik Deutschland – Lagerstätten, Produktion und Verbrauch. – Geol. Jb., **D 82**: 3–879; Hannover.
- EGLOFFSTEIN, P. (1998): Vulkanische Tuffsteine als Werksteine an historischen Bauwerken in Ungarn und Deutschland – Verwitterungsverhalten und Konservierungskonzepte. – 154 S.; Köln [zugl. Diss. Univ. Karlsruhe].

- EGLOFFSTEIN, P., KERTÉSZ, P. & ALTHAUS, E. (1999): Vulkanische Tuffe als Werksteine – Zerfallsprozesse und Konservierungsmöglichkeiten. – In: Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, SFB 315, Jb. **1996**: 183–190; Karlsruhe.
- EHRENBERG, K.-H. (1978a): Vulkanische Gesteine. – In: EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5620 Ortenberg: 88–137; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. (1978b): Exkursion A in den südlichen Vogelsberg am 30. März 1978. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **60**: 33–54; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. (1986): Vulkanische Bildungen im Vogelsberg. – Fortschr. Miner., **64**, Beih. 2: 1–34; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. (1999): Vulkanische Gesteine. – In: KOWALCZYK, G., KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5918 Neu-Isenburg, 3. Aufl.: 73–81; 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 : 25 000, Bl. 5721 Gelnhausen: 107–110; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1978): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5620 Ortenberg, 351 S.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H., FROMM, K., GRUBE, K., HARRE, W., HENTSCHEL, G., HÖLTING, B., HOLTZ, S., KREUZER, H., MEISL, S., NÖRING, F., PLAUMANN, S., PUCHER, R., STRECKER, G., SUSIC, 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., HENTSCHEL, G., SCHRICKE, W. & STRECKER, G. (1982): Vogelsberg-Vulkanismus (Exkursion E2). – Fortschr. Miner., **60**, Beih. 2: 17–42; Stuttgart.
- 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., HICKETHIER, H., ROSENBERG, F., STRECKER, G., SUSIC, M. & WENZEL, G. (1992): Neue Ergebnisse zum tertiären Vulkanismus der Rhön (Wasserkuppenrhön und Kuppenrhön). – Eur. J. Mineral. **4** (2): 47–102; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M. (1994): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen, 2. Aufl., 385 S.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1994a): 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; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1994b): Vulkanische Abfolge. – In: EHRENBERG, K.-H., HANSEN, R., HICKETHIER, H. & LAEMMLEN, M.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5425 Kleinsassen, 2. Aufl.: 102–215; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & KOWALCZYK, G. (1999): „Melaphyr“. – In: KOWALCZYK, G., KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5918 Neu-Isenburg, 3. Aufl.: 73–78; Wiesbaden.
- ENDERS, M. & LAEMMLEN, M. (1994): Ein Glutwolken-tuff in der südlichen Kuppenrhön. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **76**: 273–293; Stuttgart.
- ERNST, T. (1960): Probleme des „Sonnenbrandes“ basaltischer Gesteine. – Z. dt. geol. Ges., **112**: 178–182; Hannover.
- ERNST, T. & MÖRTEL, H. (1969): Die Restausscheidung tholeiitischer Basalte des „Maintrapps“, einer Gruppe tholeiitischer Basalte des Vogelsberges. – N. Jb. Mineral. Mh., **3**: 108–130; Stuttgart.
- ERNST, T. & SCHORER, G. (1969): Die Pyroxene des „Maintrapps“. – N. Jb. Mineral. Mh., **8**: 362–379; Stuttgart.
- FALKE, H. (1959): Neue Erkenntnisse über die Grenz-lagergruppe des Saar-Nahe-Rotliegenden. Der Einfluß des permischen Vulkanismus auf die Sedimentation und Tektonik im Rotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes. – Geol. Rdsch., **48**: 66–76; Stuttgart.
- FICKE, B. (1960): Die tertiären Vulkanite im Gebiet der Wasserkuppe. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **88**: 361–379; Wiesbaden.
- FISHER, R.V. (1961): Proposed classification of volcaniclastic sediments and rocks. – Bull. Geol. Soc. Amer., **72**: 1409–1414; Boulder, Colorado.
- FISHER, R.V. (1966): Rocks composed of volcanic fragments. – Earth-Sci. Rev., **1**: 287–298; Amsterdam.
- FISHER, R.V. & SCHMINCKE, H.-U. (1984): Pyroclastic rocks. – 472 S.; Berlin.
- FISHER, R.V. & SMITH, G.A. (1991): Volcanism, tectonics and sedimentation. – In: FISHER, R.V. & SMITH, G.A. (Hrsg.): Sedimentation in volcanic settings. – Soc. Sed. Geol. Spec. Publ., **45**: 1–5; Tulsa, Oklahoma.
- FITZNER, B. (1970): Die Prüfung der Frostbeständigkeit von Naturbausteinen. – Geol. Mitt., **10**: 205–296; Aachen.

- FITZNER, B., HEINRICHS, K. & KOWNATZKI, R. (1993): Natursteinbauwerke – Materialanalyse und Schadensdiagnose. – Das Bauzentrum 1993, **7**: 41–48; Aachen.
- FITZNER, B., HEINRICHS, K. & KOWNATZKI, R. (1995): Weathering forms – classification and mapping. Verwitterungsformen – Klassifizierung und Kartierung. – Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung **I**: 41–88; Berlin.
- FITZNER, B., HEINRICHS, K. & KOWNATZKI, R. (1997): Weathering forms at natural stone monuments – classification, mapping and evaluation. – Int. Journal for Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 3, **2**: 105–124; Stuttgart.
- FLICK, H. (1977): Geologie und Petrographie der Keratophyre des Lahn-Dill-Gebietes (südliches Rheinisches Schiefergebirge). – Clausthaler Geol. Abh., **26**, 231 S.; Clausthal-Zellerfeld.
- FLICK, H. (1978): Die chemischen Parameter der Keratophyre und Quarzkeratophyre des Lahn-Dill-Gebietes. – Z. dt. geol. Ges., **129**: 161–170; Hannover.
- FLICK, H. (1979): Die Keratophyre und Quarzkeratophyre des Lahn-Dill-Gebietes. Petrographische Charakteristik und geologische Verbreitung. – Geol. Jb. Hessen, **107**: 27–43; Wiesbaden.
- FLICK, H. (1987): Geotektonische Verknüpfung von Plutonismus und Vulkanismus im südwestdeutschen Variscicum. – Geol. Rdsch., **76** (3): 699–707; Stuttgart.
- FLICK, H. & SCHMIDT, J. (1987): Eine Vulkaninsel mit Saumriff im Devon des südlichen Rheinischen Schiefergebirges. – Facies, **17**: 67–71; Erlangen.
- FLICK, H., NESBOR, H.-D., NIEMANN, J., REQUADT, H. & STAFF, K.R.G. (1988): Das Devon der südwestlichen Lahnmulde auf Bl. 5613 Schaumburg (Exkursion H am 9. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **70**: 161–190; Stuttgart.
- FLICK, H. & NESBOR, H.-D. (1988a): Der Vulkanismus in der Lahnmulde. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **70**: 411–475; Stuttgart.
- FLICK, H. & NESBOR, H.-D. (1988b): Neue chemische Analysen paläozoischer Vulkanite der Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). – Heidelberger geowiss. Abh., **20**: 199–235; Heidelberg.
- FLICK, H., NESBOR, H.-D. & BEHNISCH, R. (1990): Iron ore of the Lahn-Dill type formed by diagenetic seeping of pyroclastic sequences – a case study on the Schalstein section at Gänsberg (Weilburg). – Geol. Rdsch., **79** (2): 401–415; Stuttgart.
- FLICK, H., HORN, M., NESBOR, H.-D. & WENGERT, N. (1991): Eine subvulkanische Magmenkammer des devonischen Vulkanismus (Givet/Adorf-Phase) am Nordwestrand der Dillmulde, Rheinisches Schiefergebirge. – Geol. Jb. Hessen, **119**: 45–76; Wiesbaden.
- FLICK, H., KIRNBAUER, T. & WENNDORF, K.-W. (1998a): Lahnmulde III: Südwestliche Lahnmulde. – In: KIRNBAUER, T. (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisation im rechtsrheinischen Schiefergebirge. – Jb. Nass. Ver. Naturkd., Sonderbd. 1, S. 284; Wiesbaden.
- FLICK, H., LIPPERT, H.-J., NESBOR, H.-D. & REQUADT, H. (1998b): Lahn- und Dillmulde. – In: KIRNBAUER, T. (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisation im rechtsrheinischen Schiefergebirge. – Jb. Nass. Ver. Naturkd., Sonderbd. 1: 33–62; Wiesbaden.
- FRENZEL, G. (1975): Die Nephelिंगesteinsparagenese des Katzenbuckels im Odenwald. – In: AMSTUTZ, G.C., MEISL, S. & NICKEL, E. (Hrsg.): Mineralien und Gesteine im Odenwald. – Aufschluß, Sonderb. **27**: 213–228; Heidelberg.
- FREYBERG, B. VON (1928): Eine mitteldeutsche Traflagerstätte. – Die Steinindustrie, **23**: 163–164; Berlin.
- FROMM, O. (1891): Petrographische Untersuchungen von Basalten aus der Gegend von Cassel. – Z. dt. geol. Ges., **43**: 43–76; Berlin.
- FUCHS, K. & FLICK, H. (1986): Ein permokarboner Ignimbrit-Förderschlot im Wachenberg bei Weinheim/Bergstraße. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **28**: 31–42; Freiburg/Br.
- FÜCHTBAUER, H. (Hrsg.) (1988): Sediment-Petrologie Teil II: Sedimente und Sedimentgesteine. – 4. Aufl., 1141 S.; Stuttgart.
- FUHRMANN, U. & LIPPOLT, H.J. (1987): K-Ar-Datierungen an Maintrapp-Basalten aus Bohrungen in Frankfurt a. M. nach der $^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$ -Stufenentgantungstechnik. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 245–257; Wiesbaden.
- GÄBERT, C., STEUER, A. & WEISS, K. (Hrsg.) (1915): Die nutzbaren Gesteinsvorkommen Deutschlands. – 500 S; Berlin.
- GÖDICKE-DETMERING, T. (1997): Mineralogische und technologische Eigenschaften von hydraulischem Kalk als Bindemittel von Restaurierungsmörteln für Baudenkmäler aus Naturstein. – IFS-Bericht, **6**, 322 S.; Wiesbaden.
- GOLDMANN, K.-J. & KEGLER, J. (1968): Zum ober-devonischen Vulkanismus in der Lahn-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1968**: 705–719; Stuttgart.

- GOLWER, A. (1968): Paläogeographie des Hanauer Beckens im Oligozän und Miozän. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 157–184; Wiesbaden.
- GRAMSE, M. (1971): Der Chemismus basaltischer Gläser: Untersuchungen mit der Elektronenmikrosonde. – Fortschr. Miner., **49**, Beih. 1: 97–98; Stuttgart.
- GRAULICH, M. & MARTIN, C.W. (1997): Zur Geschichte der Kloster- und Wallfahrtsstätte Beselich. – Beselicher Schriften, **10**, 26 S.; Lehr.
- GRIMM, W.-D. (Hrsg.) (1990): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. – Bayer. L.-Amt Denkmalpflege, Arbeitsh. **50**, 255 S., Bildtafeln und Erläuterungen; München.
- HABICHT, H. (1966): Die permo-karbonischen Aufschlußbohrungen der Nahe-Senke, des Mainzer Beckens und der Zweibrücker Mulde. – Z. dt. geol. Ges., **115**: 631–649; Hannover.
- HARRE, W., KREUZER, H., MÜLLER, P., PUCHER, R. & SCHRICKE, W. (1975): Datierungen nach der K/Ar-Methode und Paläomagnetik. – In: SCHRICKE, W.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 3519 Londorf: 67–73; Wiesbaden.
- HEIM, D. (1990): Tone und Tonminerale. – 157 S.; Stuttgart.
- HEINRICH, H. (1972): Mineralbestand und Chemismus der Alkali-Olivinbasalte aus der Umgebung von Homberg a.d.Efze (Hessen). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **100**: 164–176; Wiesbaden.
- HELAS, V. (1992): Erhaltung einer künstlichen Ruine. – Naturstein, **2/92**: 22–25; Ulm.
- HENTSCHEL, H. (1951a): Über die Tuffnatur der Schalsteine. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**: 122–137; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1951b): Die Umbildung basischer Tuffe zu Schalsteinen. – N. Jb. Mineral. Abh., **82**: 199–230; Stuttgart.
- HENTSCHEL, H. (1951c): Die Schalsteine. – Z. dt. geol. Ges., **102**: 390–391; Hannover.
- HENTSCHEL, H. (1952): Zum Chemismus der Schalsteine der Lahnmulde. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**: 191–198; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1953a): Zur Petrographie des Diabas-Magmatismus im Lahn-Dill-Gebiet. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 238–246; Hannover.
- HENTSCHEL, H. (1953b): „Weilburgit“ und „Schalstein“ – Erweiterung auf die Diskussionsbemerkung von Herrn E. Lehmann. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 257–259; Hannover.
- HENTSCHEL, H. (1956): Der lagendifferenzierte intrusive Diabas aus der Bohrung Weyer I. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **84**: 252–284; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1957a): Typen tertiärer Basalttuffe im Raum des Habichtswaldes und ihre Lagebestimmungen. – Z. dt. geol. Ges., **108**: 268–269; Hannover.
- HENTSCHEL, H. (1957b): Über Pseudotuffe. Ein Beitrag zur Petrographie und Nomenklatur der pyroklastischen Gesteine. – Z. dt. geol. Ges., **109**: 667–668; Hannover.
- HENTSCHEL, H. (1961a): Der Schalstein, ein durch Plättung geformter Tektonit. – N. Jb. Mineral. Abh., **96**: 305–317; Stuttgart.
- HENTSCHEL, H. (1961b): Basischer Magmatismus in der Geosynklinale. – Geol. Rdsch., **50**: 33–45; Stuttgart.
- HENTSCHEL, H. (1968): Die „Flammung“ der Pikrite des Lahn-Dill-Gebietes. – Jb. Nass. Ver. Naturkd., **99**: 65–85; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1969): Die vulkanischen Gesteine. – In: RÖSING, F.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl.: 83–110; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1970): Vulkanische Gesteine. – In: LIPPERT, H.-J.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl.: 314–374; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1971): Das Basaltprofil aus der Bohrung Ludwigsegen 1, bei Merlau im Vogelsberg. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 269–285; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. (1979): Vulkanische Gesteine. – In: HENTSCHEL, H. & THEWS, J.-D.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5514 Hadamar, 2. Aufl.: 57–103; Wiesbaden.
- HENTSCHEL, H. & MICHELS, F. (1953): Geologisch-petrographische Exkursion in die Lahnmulde am 24. Mai 1952. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 306–313; Hannover.
- HENTSCHEL, H. & PFEFFER, P. (1954): Chemisch-petrographische Untersuchungen an Basalten des Westerwaldes. – Geol. Jb., **69**: 361–378; Hannover.
- HENTSCHEL, H. & RÖSING, F. (1962): Geologische Halbtagsexkursion in das Dörnberg-Gebiet am 23. Mai 1961. – Decheniana, **114** (2): 187–190; Bonn.
- HENTSCHEL, H. & THEWS, J.-D. (1979): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5514 Hadamar, 2. Aufl., 169 S.; Wiesbaden.
- HESS, J.C. & LIPPOLT, H.J. (1996): Numerische Stratigraphie permokarbonischer Vulkanite Zentraleuropas. Teil III: Odenwald. – Geol. Jb. Hessen, **124**: 39–46; Wiesbaden.
- HILSDORF, H.K., KROPP, J. & GARRECHT, H. (1987): Ursachen und Wege der Feuchtigkeit in Baukons-

- truktionen. – In: Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, SFB 315, Jb. **1986**: 249–271; Berlin.
- HIRSCHWALD, J. (1908): Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. – 675 S.; Berlin.
- HOLZWARTH, D. (1995): Werksandsteine der Region Vorderpfalz (westlicher Grabenrand des Oberrheingrabens) und ihre petrographischen sowie geotechnischen Eigenschaften. – Diss. Univ. Mainz, 163 S.; Mainz.
- HORN, P., LIPPOLT, H.J. & TODT, W. (1972): Kalium-Argon-Altersbestimmungen an tertiären Vulkaniten des Oberrheingrabens – I. Gesamtgesteinsalter. – *Eclogae geol. Helv.*, **65** (1): 131–156; Basel.
- HORNSTEIN, F.F. (1867): Über die Basaltgesteine des unteren Mainthales. – *Z. dt. geol. Ges.*, **19**: 297–372; Berlin.
- HOTTENROTT, M. (1985): Palynologie und Stratigraphie im Vogelsberg mit besonderer Berücksichtigung der Tiefbohrung Salzhausen. – *Geol. Jb. Hessen*, **113**: 75–82; Wiesbaden.
- ILLIES, H. (1974): Intra-Plattentektonik in Mitteleuropa und der Rheingraben. – *Oberrhein. geol. Abh.*, **23**: 1–24; Karlsruhe.
- ILLIES, H. (1975): Intraplate tectonics in stable Europe as related to plate tectonics in the Alpine System. – *Geol. Rdsch.*, **64**: 677–699; Stuttgart.
- JASMUND, K. & GALAGY, G. (Hrsg.) (1993): Tonminerale und Tone (Struktur, Eigenschaften, Anwendung und Einsatz in Industrie und Umwelt). – 490 S.; Darmstadt.
- KAYSER, E. (1896): Erl. geol. Spezialkarte Preussen u. Thüring. Staaten, Lfg. **31**, Bl. Limburg, 52 S.; Berlin.
- KAYSER, E. (1900): Über den Nassauischen Culm. – *N. Jb. Mineral. Geol. Paläont.*, **1**: 132–134; Stuttgart.
- KAYSER, E. (1907a): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **101**, Bl. Dillenburg, 119 S.; Berlin.
- KAYSER, E. (1907b): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **101**, Bl. Herborn, 73 S.; Berlin.
- KAYSER, E. (1907c): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **101**, Bl. Ballersbach, 70 S.; Berlin.
- KAYSER, E. (1907d): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten, Lfg. **101**, Bl. Oberschedl, 127 S.; Berlin.
- KEGEL, W. (1922): Abriß der Geologie der Lahnmulde. Erläuterungen zu einer von Johannes Ahlburg hinterlassenen Übersichtskarte und Profildarstellung der Lahnmulde. – *Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F.* **86**: 1–81; Berlin.
- KEGEL, W. (1933a): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **317**, Bl. Rodheim, 48 S.; Berlin.
- KEGEL, W. (1933b): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **317**, Bl. Gladenbach, 28 S.; Berlin.
- KEGEL, W. (1971): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5317 Rodheim-Bieber, 2. unveränd. Aufl., 48 S.; Wiesbaden.
- KEGEL, W. (1976): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5417 Wetzlar, 2. Aufl., 137 S.; Wiesbaden.
- KIRNBAUER, T. (1991): Geologie, Petrographie und Stratigraphie der Pyroklastika des Unteren Ems/Unterdevon (Porphyroide) im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. – *Geol. Abh. Hessen*, **92**, 228 S.; Wiesbaden.
- KIRNBAUER, T. & LIPPERT, H.-J. (1997): Lagerstätten: Steine und Erden. – In: BENDER, P., LIPPERT, H.-J. & NESBOR, H.-D.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5216 Oberschedl, 2. Aufl.: 291–301; Wiesbaden.
- KIRNBAUER, T., HEIN, U.F., SCHÖNIG, P. & SCHWENZER, S.P. (1998): Fluoritparagenese in Metarhyolithen. – In: KIRNBAUER, T. (Hrsg.): Geologie und hydrothermale Mineralisation im rechtsrheinischen Schiefergebirge. – *Jb. Nass. Ver. Naturkd., Sonderbd. 1*: 156–165; Wiesbaden.
- KLAUSING, O. (1988): Die Naturräume Hessens. – *Schr. hess. L.-Anst. Umwelt*, **67**, 43 S.; Wiesbaden.
- KLEMM, G. (1899): Über die Trachyte der Gegend nördlich von Darmstadt. – Separatabdr. aus: *Ber. 32. Versamml. oberrhein. geol. Ver.*, 2 S.; Stuttgart.
- KLEMM, G. (1901a): Über Blasenzüge (sog. „Stein-nägel“) im Melaphyr von Darmstadt. – *Notizbl. Ver. Erdkde. u. großh. geol. L.-A., (IV)* **22**: 4–9; Darmstadt.
- KLEMM, G. (1901b): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, Lfg. **6**, Bl. Kelsterbach und Neu-Isenburg, 75 S.; Darmstadt.
- KLEMM, G. (1903a): Über die sog. „Contraktions-cylinder“ aus dem Melaphyr von Darmstadt. – *Cbl. Min., Geol. und Paläont., Jg. 1903*: 217–228; Stuttgart.
- KLEMM, G. (1903b): Über einen bemerkenswerten Aufschluß im Melaphyr bei Messel. – *Notizbl. Ver. Erdkde. u. großh. geol. L.-A., (IV)* **24**: 9–16; Darmstadt.
- KLEMM, G. (1905): Die Trachyte des nördlichsten Odenwaldes. – *Notizbl. Ver. Erdkde. u. großh. geol. L.-A., (IV)* **26**: 4–33; Darmstadt.
- KLEMM, G. (1907): Über einige Basalte und basaltähnliche Gesteine des nördlichsten Odenwaldes. – *Notizbl. Ver. Erdkde. u. großh. geol. L.-A., (IV)* **28**: 33–48; Darmstadt.

- KLEMM, G. (1910): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, Bl. Messel, 2. Aufl., 46 S.; Darmstadt.
- KLEMM, G. (1912): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, Bl. Roßdorf, 2. Aufl., 111 S.; Darmstadt.
- KLEMM, G. (1938): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. Roßdorf, 3. Aufl., 114 S.; Darmstadt.
- KLÜPFEL, W. (1929): Der Westerwald – Eine Einführung in seine Geologie und Morphologie. – Sonderdr. aus: Ber. Versamml. Niederrhein. geol. Ver., 60 S.; Bonn.
- KLÜPFEL, W. (1930): Zur Geologie des Vogelsberges. – 50 S.; Gießen.
- KLÜPFEL, W. (1953a): „Basaltgeologie“ – Ein Beitrag zur Kenntnis der tertiären Basalte. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 326–353; Hannover.
- KLÜPFEL, W. (1953b): Diskussionsbemerkungen zu Problemen im Devon und Karbon der Rheinischen Masse. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 247–253; Hannover.
- KLÜPFEL, W. (1955): Die Stadien des Tektonisch-Magmatischen Einheitszyklus im westdeutschen Perm und ihre methodische Auswertung zur Analyse eines Gebirges. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**: 131–152; Wiesbaden.
- KOCH, C. (1886): Erl. geol. Specialkarte Preussen u. Thüring. Staaten, Lfg. **31**, Bl. Limburg, 52 S.; Berlin.
- KOCH, H. (1892): Die natürlichen Bausteine Deutschlands. – 120 S.; Berlin.
- KOCKEL, C.W. (1958): Schiefergebirge und Hessische Senke um Marburg/Lahn. – Samml. geol. Führer, **37**, 248 S.; Berlin.
- KOUGOULIS, C. (1974): Über die vulkanischen Gesteine von Londorf und Kesselbach im nordwestlichen Vogelsberg. – Diss. Univ. Gießen, 188 S.; Gießen.
- KOWALCZYK, G., KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A. (1999): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5918 Neu-Isenburg, 3. Aufl., 208 S.; Wiesbaden.
- KOWNATZKI, R. (1997): Verwitterungszustandserfassung von Natursteinbauwerken unter besonderer Berücksichtigung phänomenologischer Verfahren. – Aachener geowiss. Beitr., **22**, 256 S.; Aachen.
- KOWNATZKI, R. & FITZNER, B. (1999): Verwitterungszustandserfassung an Natursteinbauwerken. – Z. dt. geol. Ges., **150** (3): 543–564; Stuttgart.
- KRAUS, K. (1985): Experimente zur immissionsbedingten Verwitterung der Naturbausteine des Kölner Doms im Vergleich zu deren Verhalten am Bauwerk. – Diss. Univ. Köln, 208 S.; Köln.
- KREBS, W. (1960): Stratigraphie, Vulkanismus und Fazies des Oberdevons zwischen Donsbach und Hirzenhain (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **33**, 119 S.; Wiesbaden.
- KREUZER, H., BESANG, C., HARRE, W., MÜLLER, P., ULRICH, H.-J. & VINKEN, R. (1973): K/Ar-Datierungen an jungtertiären Basalten aus dem Vogelsberg und aus dem Raum zwischen Kassel und Göttingen. – Fortschr. Miner., **50**, Beih. 3: 10–11; Stuttgart.
- LAEMMLER, M. (1994): Schutzwürdige geologische Objekte in der Rhön (Exkursion H1 am 8. und Exkursion H2 am 9. April 1994). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **76**: 199–217; Stuttgart.
- LE BAS, M. J., LE MAITRE, R. W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. (1986): A chemical classification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica-Diagram. – J. Petrol., **27**: 745–750; Oxford.
- LEHMANN, E. (1941): Eruptivgesteine und Eisenerze im Mittel- und Oberdevon der Lahnmulde. – 391 S.; Wetzlar.
- LEHMANN, E. (1953a): Beitrag zur Beurteilung der paläozoischen Eruptivgesteine Westdeutschlands. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 219–237; Hannover.
- LEHMANN, E. (1953b): Diskussionsbemerkung zum Thema „Weilburgit“ und „Schalstein“. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 255–256; Hannover.
- LEONHARD, K.C. VON (1827): Die Phonolithberge der Rhön. – Zeitschr. f. Min., **1**: 97–148; Frankfurt a. M.
- LIPPERT, H.-J. (1953): Das Roteisenstein-Grenzlager von der Wende Mittel-Oberdevon in der Dillmulde – Beobachtungen und Gedanken zur Entstehung von Erz und Nebengestein. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 260–276; Hannover.
- LIPPERT, H.-J., HENTSCHEL, H. & RABIEN, A. (1970): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5215 Dillenburg, 2. Aufl., 550 S.; Wiesbaden.
- LIPPOLT, H.J. (1978): K-Ar-Untersuchungen zum Alter des Rhön-Vulkanismus. – Fortschr. Miner., **56**, Beih. 1: 85; Stuttgart.
- LIPPOLT, H.J. (1982): K/Ar age determinations and the correlation of tertiary volcanic activity in central Europe. – Geol. Jb., **D 52**: 113–135; Hannover.
- LIPPOLT, H.J., BARANYI, I. & TODT, W. (1975): Die Kalium-Argon-Alter der postpermischen Vulkanite des nordöstlichen Oberrheingrabens. – In: AMSTUTZ, G.C., MEISL, S. & NICKEL, E. (Hrsg.): Mineralien und Gesteine im Odenwald. – Aufschluß, Sonderb. **27**: 205–212; Heidelberg.
- LIPPOLT, H.J. & TODT, W. (1978): Isotopische Altersbestimmungen an Vulkaniten des Westerwaldes. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1978**: 332–352; Stuttgart.
- LIPPOLT, H.J. & HESS, J.C. (1989): Isotopic evidence for

- the stratigraphic position of the Saar-Nahe Rotliegende volcanism – III. Synthesis of results and geological implications. – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **1989** (9): 553–559; Stuttgart.
- LÖWER, E. (1897): Über die Basalttuffe vom Habichtswald und von Homberg, Rg.-Bez. Kassel. – *Abh. u. Ber. Ver. Naturk. Kassel*, **42**: 51–68; Kassel.
- LORENZ, V. (1973): Zur Altersfrage des Kreuznacher Rhyolithes unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie und Überschiebungstektonik in seiner südlichen Umrandung (Saar-Nahe-Gebiet, SW-Deutschland). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **142**: 139–164; Stuttgart.
- LOTZ, H. (1907a): Nutzbare Lagerstätten. – In: KAYSER, E.: *Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten*, Lfg. **101**, Bl. Dillenburg: 56–119; Berlin.
- LOTZ, H. (1907b): Nutzbare Lagerstätten. – In: KAYSER, E.: *Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten*, Lfg. **101**, Bl. Oberscheld: 51–127; Berlin.
- MAITRE, R.W. LE (1989): A classification of igneous rocks and glossary of terms. – Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the systematics of igneous rocks. – Blackwell Scientific Publications, 193 S.; Oxford.
- MARELL, D. (1989): Das Rotliegende zwischen Odenwald und Taunus. – *Geol. Abh. Hessen*, **89**, 128 S.; Wiesbaden.
- MARTINI, E. & MENTZEL, R. (1967): Über einige Basalt- und Tuffvorkommen in der westlichen Rhön. – *Natur und Museum*, **97** (5): 177–185; Frankfurt a. M.
- MARTINI, H.J. (1936): Die Grabenzonen westlich Kassel als Trennungsfugen großer Schollen. – *Z. dt. geol. Ges.*, **88**: 580; Berlin.
- MARTINI, H.J. (1937): Großschollen und Gräben zwischen Habichtswald und Rheinischem Schiefergebirge. – *Geotekt. Forsch.*, **1**: 70–123; Berlin.
- MATTLER, D. (1990): Die vulkanischen Gesteine des Herkules-Bauwerkes bei Kassel (Bericht über Diplomkartierung und Diplomarbeit). – 97 S.; Bochum [unveröff.].
- MAUSFELD, S.A. & GRASSEGER, G. (1995): Chemische und biologische Verwitterung von Kaiserstuhltuffen am Breisacher Münster durch die Exposition als Bausteine. – *Nachr. dt. geol. Ges.*, **54**: 128–130; Hannover.
- MEISL, S., LIPPERT, H.-J. & STRECKER, G. (1982): Geosynklinalvulkanismus im Lahn-Dill-Gebiet. – *Fortschr. Miner.*, **60**, Beih. 2: 3–15; Stuttgart.
- MENG, B. (1993): Charakterisierung der Porenstruktur im Hinblick auf die Interpretation von Feuchte-transportvorgängen. – *Aachener Beitr. z. Bauforsch.*, **3**: 280 S.; Aachen.
- MENGEL, K. (1983): Petrographie und Geochemie der Tuffe des Habichtswaldes und seiner Umgebung (Nördliche Hessische Senke). – *N. Jb. Miner. Abh.*, **147** (1): 1–20; Stuttgart [zugl. Diss. Univ. Göttingen 1981].
- MENGEL, K., KRAMM, U., WEDEPOHL, K.H. & GOHN, E. (1983): Sr-Isotope miozäner Basalte und Peridotiteinschlüsse der nördlichen Hessischen Senke. – *Fortschr. Miner.*, **61**, Beih. 1: 147–149; Stuttgart.
- MERTZ, D.F. (1986): Isotopische Datierung des Pikrits von Sechshelden nach der K/Ar-Methode – ein Beitrag zur Altersstellung des variszischen Magmatismus im Rheinischen Schiefergebirge. – *Geol. Jb. Hessen*, **114**: 201–207; Wiesbaden.
- MEYER, W. (1988): *Geologie der Eifel*. – 2. Aufl., 615 S.; Stuttgart.
- MILITZER, H. & WEBER, F. (1987): *Angewandte Geophysik*. – Bd. 3, 420 S.; Berlin.
- MIRWALD, P.W. (1997): *Physikalische Eigenschaften der Gesteine*. – In: *Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege* (Hrsg.: Berufsbildungswerk des Steinmetz- und Bildhauerhandwerks e. V.): 283–308; Ulm.
- MÖLLENKAMP, E. (1996): *Möglichkeiten der Tuffsteinkonservierung – Die Portalfiguren des Kölner Rathauses*. – *Kölner Beitr. Restaur. u. Konserv. von Kunst- und Kulturgut*, **4**, 74 S.; München.
- MOHR, M. (1974): Die unterkarbonischen Intrusivdiabase des Lahn-Dill-Gebietes. – *Diss. Univ. Mainz*, 186 S.; Mainz.
- MÜLLER, F. (1990): *Internationale Naturstein-Kartei*. – 3. Aufl.; Ulm.
- MÜLLER, F. (1991): *Gesteinskunde*. – 3. Aufl., 252 S.; Ulm.
- MÜLLER, F. (1998): *Deutsche Naturwerksteine vulkanischen Ursprungs*. – *Naturstein*, **8/98**: 56–61; Ulm.
- MURAWSKI, H. (1939): Die „Blasenzüge“ des Steinheim-Dietesheimer Basaltvorkommens. – *Geol. Rdsch.*, **30**: 659–664; Stuttgart.
- MURAWSKI, H. (1960): Das Zeitproblem bei der Tektonogenese eines Großgrabensystems – Ein taphrogenetischer Vergleich zwischen Hessischer Senke und Oberrheingraben. – *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **88**: 294–342; Wiesbaden.
- NAIRN, A.E.M. (1962): *Paleomagnetic investigation of the Tertiary and Quaternary igneous rocks. 1. Preliminary collections in the Eifel, Siebengebirge and*

- Westerwald. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **90**: 412–424; Wiesbaden.
- NEGENDANK, J. (1968): Zur Petrographie permischer Magmatite im Bereich des nördlichen Oberrheingrabens. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **96**: 236–249; Wiesbaden.
- NEGENDANK, J. (1969): Über permische und tertiäre Magmatite im Untergrund des Mainzer Beckens. – Geol. Rdsch., **58** (2): 502–512; Stuttgart.
- NEGENDANK, J. (1975): Permische und tertiäre Vulkanite im Bereich des nördlichen Odenwaldes. – In: AMSTUTZ, G.C., MEISL, S. & NICKEL, E. (Hrsg.): Mineralien und Gesteine im Odenwald. – Aufschluß, Sonderb. **27**: 197–204; Heidelberg.
- NESBOR, H.-D. (1997): Petrographie der vulkanischen Gesteine. – In: BENDER, P., LIPPERT, H.-J. & NESBOR, H.-D.: Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5216 Oberscheld, 2. Aufl.: 159–207; Wiesbaden.
- NESBOR, H.-D. & FLICK, H. (1987): Nachweis effusiver Vulkanite und Neuinterpretation des Vulkanismus in der südlichen Randfazies der Lahnmulde. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **69**: 395–407; Stuttgart.
- NESBOR, H.-D. & FLICK, H. (1988a): Alkalibasaltische Intrusionen im Devon der Lahnmulde (südliches Rheinisches Schiefergebirge). – Mainzer geowiss. Mitt., **17**: 31–52; Mainz.
- NESBOR, H.-D. & FLICK, H. (1988b): Das Schalsteinprofil vom Gänsberg bei Weilburg. Aufbau und fazielle Entwicklung einer submarinen pyroklastischen Abfolge im Devon der Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **116**: 189–205; Wiesbaden.
- NESBOR, H.-D., BUGGISCH, W., FLICK, H., HORN, M. & LIPPERT, H.-J. (1993): Vulkanismus im Devon des Rhenoharzynikums – Fazielle und paläogeographische Entwicklung vulkanisch geprägter mariner Becken am Beispiel des Lahn-Dill-Gebietes. – Geol. Abh. Hessen, **98**: 3–87; Wiesbaden.
- NEUGEBAUER, H.J. (1981): Zur Entstehung und Entwicklung von kontinentalen Riftsystemen. – Geol. Rdsch., **70**: 231–243; Stuttgart.
- NICKEL, E., unter Mitarbeit von FETTEL, M. (1985): Odenwald – Vorderer Odenwald zwischen Darmstadt und Heidelberg. – Samml. geol. Führer, **65**, 2. Aufl., 193 S.; Berlin.
- NIGGLI, P. (Hrsg.) (1923): Gesteins- und Mineralprovinzen – Band 1: Einführung. – 602 S.; Berlin.
- PENCK, A. (1879): Über Palagonit- und Basalttuffe. – Z. dt. geol. Ges., **31**: 504–577; Berlin.
- PESCHEL, A. (1983): Natursteine. – 2. Aufl., 448 S.; Leipzig.
- POSCHLOD, K. (1990): Das Wasser im Porenraum kristalliner Naturwerksteine und sein Einfluß auf die Verwitterung. – Münchner Geowiss. Abh., (B) **7**, 62 S.; München.
- PRIER, H. (1975): Tuffe und Sedimente des Rotliegenden im Odenwald. – In: AMSTUTZ, G.C., MEISL, S. & NICKEL, E. (Hrsg.): Mineralien und Gesteine im Odenwald. – Aufschluß, Sonderb. **27**: 285–298; Heidelberg.
- QUADE, H. (1970): Der Bildungsraum und die genetische Problematik der vulkano-sedimentären Eisenzerze. – Clausthaller Hefte, **9**: 27–65; Berlin.
- QUADE, H., NYK, R. & WALDE, R. (1981): Überschiebungstektonik in der Eisenerzlagerstätte Fortuna bei Berghausen/Dill (Rheinisches Schiefergebirge). – Z. dt. geol. Ges., **132**: 29–41; Hannover.
- QUERVAIN, F. DE (1967): Technische Gesteinskunde. – 2. Aufl., 261 S.; Basel.
- REICH, H. (1935): Nutzbare Lagerstätten. – In: REICH, H., KEGEL, W., EBERT, A. & CORRENS, C.W.: Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **272**, Bl. Eibelshausen: 29–31; Berlin.
- REICH, H., KEGEL, W., EBERT, A. & CORRENS, C.W. (1935): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **272**, Bl. Eibelshausen, 34 S.; Berlin.
- REIMANN, C. (1977): Petrochemie und Mineralogie des Dossenheimer Rhyoliths. – Diplomarbeit Univ. Hamburg, 99 S.; Hamburg [unveröff.].
- REINACH, A. VON (1899a): Erl. geol. Spezialkarte Preussen u. benachb. Thüring. Staaten, Lfg. **77**, Blatt Hanau nebst Theilblatt Gross-Krotzenburg, 87 S.; Berlin.
- REINACH, A. VON (1899b): Erl. geol. Spezialkarte Preussen u. benachb. Thüring. Staaten, Lfg. **77**, Blatt Hüttengesäß [= Büdingen], 63 S.; Berlin.
- REINSCH, D. (1991): Natursteinkunde – Eine Einführung für Bauingenieure, Architekten, Denkmalpfleger und Steinmetze. – 315 S.; Stuttgart.
- RENFTEL, L.-O. (1983): Die Basaltdecke des „Maintrapps“ von Steinheim am Main. – Aufschluß, **34**: 407–412; Heidelberg.
- RENFTEL, L.-O. (1992): Geologische Kartierungen auf Blatt 5819 Hanau mit besonderer Berücksichtigung vulkanischer Bildungen. – Diplomarbeit Univ. Frankfurt a. M., 156 S.; Frankfurt a. M. [unveröff.].
- RENFTEL, L.-O. (1994): Geologische Entwicklung der quartärgeprägten Umgebung von Hanau (Hessen) und hydrogeologische Studien zur Grundwasser-

- situation. – Diss. Univ. Frankfurt a. M., 184 S.; Frankfurt a. M.
- RIETSCHEL, S. (1961): Das Oberdevon-Unterkarbon-Profil von Kirschhofen bei Weilburg (Lahnmulde, Rheinisches Schiefergebirge). Bemerkungen zum oberdevonischen und unterkarbonischen Vulkanismus in der Weilburger Mulde. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **89**: 170–177; Wiesbaden.
- RITTMANN, A. (1973): Stable mineral assemblages of igneous rocks. – 262 S.; Berlin.
- RÖSING, F. (1952): Die geologischen Verhältnisse des Dörnberges westlich Kassel. – Z. dt. geol. Ges., **104**: 189–190; Hannover.
- RÖSING, F. (1957): Das prätauffische Relief im Tertiär des Habichtswaldes und seiner Umgebung. – Z. dt. geol. Ges., **108**: 267–268; Hannover.
- RÖSING, F. (1962): Geologische Halbtagesexkursion durch den Habichtswald und den Kasseler Graben am 24. Mai 1961. – Decheniana, **114** (2): 190–194; Bonn.
- RÖSING, F. (1969): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 4622 Kassel-West, 3. Aufl., 205 S.; Wiesbaden [unveränd. Nachdruck der 2. Aufl. von 1958].
- RÖSING, F. (1971): Zur Geologie der Langen Berge und ihrer Randgebiete südwestlich von Kassel. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 240–245; Wiesbaden.
- ROTH, H.J. (1993): Siegerland, Westerwald, Lahn und Taunus. – 176 S.; Stuttgart.
- RUMPF, K. (1985): Der Abbau von Londorfer Basaltlava. – Naturstein, **9/85**: 818–823; Ulm.
- RUMPF, K. (1986): Der Abbau von Olivin-Diabas in Hessen. – Naturstein, **2/86**: 118–123; Ulm.
- RUMPF, K. (1991): Greifensteiner Säulenbasalt: Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung. – Naturstein, **7/91**: 28–32; Ulm.
- SACHER, L. (1967): Beobachtungen an einem Tuffkörper im Basalt des Vogelberges bei Schotten – Ein Beitrag zur Kenntnis der Mechanik von Basalt-Subfusionen. – Oberrhein. geol. Abh., **16**: 27–36; Karlsruhe.
- SANDBERGER, F. (1849): Palagonit vom Hof Beselich bei Limburg. – Jber. Ver. Naturkde. Herzogt. Nassau, **4**: 227–229; Wiesbaden.
- SCHENK, E. (1964): Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basaltes. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **46**, 31 S.; Wiesbaden.
- SCHIESSL, P. & ALFES, C. (1991): Festigkeit und Verformbarkeit von Sandstein – Bedeutung für die Verwitterungsresistenz und Meßmethoden. – Bauenschutz und Bausanierung, **14**: 34–38; Köln.
- SCHLOSSMACHER, K. (1911): Die Eruptivgesteine des Habichtswaldes bei Kassel und seiner Vorberge. – N. Jb. Mineral., Beil.-Bd. **31**: 641–683; Stuttgart.
- SCHLOSSMACHER, K. (1928): Erl. geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Ländern, Lfg. **253**, Bl. Grävenwiesbach, 47 S.; Berlin.
- SCHMID, R. (1981): Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. – Geol. Rdsch., **70**: 794–799; Stuttgart.
- SCHMINCKE, H.-U. (1982): Vulkane und ihre Wurzeln. – Rhein.-Westf. Akad. Wiss., Vorträge, N **315**: 35–68; Opladen.
- SCHMINCKE, H.-U. (1988a): Pyroklastische Gesteine. – In: FÜCHTBAUER, H. (Hrsg.): Sediment-Petrologie Teil II: Sedimente und Sedimentgesteine, 4. Aufl.: 731–778; Stuttgart.
- SCHMINCKE, H.-U. (1988b): Devonischer und karbonischer Vulkanismus bei Dillenburg und Herbornoelbach (Exkursion F am 8. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **70**: 99–140; Stuttgart.
- SCHMINCKE, H.-U. & SUNKEL, G. (1987): Carboniferous submarine volcanism at Herbornoelbach (Lahn-Dill area, Germany). – Geol. Rdsch., **76** (3): 709–734; Stuttgart.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1910): Die nichtbasaltischen Eruptivgesteine zwischen Wirges, Boden und Ettinghausen im südwestlichen Westerwald. – Jb. preuß. geol. L.-A., **30** (2): 249–311; Berlin.
- SCHOTTLE, W. (1913): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, Bl. Allendorf (a.d.Lumda), 117 S.; Darmstadt.
- SCHOTTLE, W. (1918): Erl. geol. Kt. Grossherzogth. Hessen 1 : 25 000, Bl. Laubach, 108 S.; Darmstadt.
- SCHOTTLE, W. (1924): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Blätter Nidda und Schotten, 131 S.; Darmstadt.
- SCHOTTLE, W. (1931): Der Bau des Vogelsberges erläutert an einem geologischen Querschnitt durch den Vogelsberg im Maßstab 1 : 75 000 und einer Karte der vulkanischen Durchbrüche des Hohen Vogelsberges im Maßstab 1 : 100 000 (Tafel 2). – Notizbl. Ver. Erdkde. u. hess. geol. L.-A., (V) **13**: 16–61; Darmstadt.
- SCHOTTLE, W. (1937): Der Vogelsberg (mit einem Geleitwort von Walter Schottler). – Notizbl. hess. geol. L.-A., (V) **18**: 4–86; Darmstadt.
- SCHREIBER, U. (1990): Neue Untersuchungsergebnisse über die charakteristische fleckige Verwitterungserscheinung basaltischer Gesteine (basaltischer „Sonnenbrand“). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **6**: 353–366; Stuttgart.

- SCHREIBER, U. (1994): Die tertiären Vulkanite des Westerwaldes im Rahmen der magmatotektonischen Entwicklung Mitteleuropas. – Habilitationsschrift Univ. Bonn, 126 S.; Bonn.
- SCHREIBER, U. (1996): Tertiärer Vulkanismus im Westerwald. – In: THEIN, J. & SCHÄFER, A. (Hrsg.): Terra Nostra, Exkursionsführer 148. JHV, DGG: 187–212; Berlin.
- SCHRICKE, W. (1975): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5319 Londorf, 192 S.; Wiesbaden.
- SCHUBERT, P., FITZNER, B., SCHWAB, O. & ZALLMANZIG, J. (1992): Mauerwerk aus Tuffstein – Empfehlungen für Erhaltungsmaßnahmen an historischen Gebäuden. – Landesinst. für Bauforsch. u. angew. Bauschadensforsch. (LBB) NRW, 70 S.; Aachen.
- SCHÜTZ, D. (1967): Petrographisch-geochemische Untersuchungen an Olivinknollen verschiedener Vorkommen. – N. Jb. Mineral. Abh., **106** (2): 158–190; Stuttgart.
- SCHUH, H. (1987): Physikalische Eigenschaften von Sandsteinen und ihren verwitterten Oberflächen. – Münchner Geowiss. Abh., (B) **6**, 66 S.; München.
- SCHULTZ, W. (1903): Beiträge zur Kenntnis der Basalte aus der Umgebung von Homberg an der Efze. – N. Jb. Mineral. Geol., Beil.-Bd., **16**: 241–291; Stuttgart.
- SCHWAB, G., BENEK, R., JUBITZ, K.-B. & TESCHKE, H.-J. (1982): Intraplattentektonik und Bildungsprozeß der Mitteleuropäischen Senke. – Z. geol. Wiss., **10** (3): 397–413; Berlin.
- SCHWARZ, U. (1986): Bestandsaufnahme der Naturwerksteine und ihres Verwitterungszustandes in der Innenstadt Münchens. – Diss. Univ. München, 239 S.; München.
- SCHWATE, W. (2000): Naturstein Deutschland 2000 – Die Vulkanite. – Stein, **12/2000**: 58–59; München.
- SINGEWALD, C. (1992): Naturwerkstein: Exploration und Gewinnung; Bewertung – Verfahren – Kosten. – 260 S.; Köln.
- SNETHLAGE, R. & WENDLER, E. (1998): Steinzerfall und Steinkonservierung – neueste Ergebnisse der Münchner Forschungen. – Münchner geol. Hefte, **A 23**: 177–201; München.
- SPIELER, O. (1993): Die Herkunft von Quarzporphyrmahlsteinen des Neolithikums im Frankfurt-Dieburger Raum und Erläuterung zur geologischen Kartierung auf Blatt Groß-Umstadt NE. – Diplomarbeit und Diplomkartierung Univ. Frankfurt a. M., 153 S.; Frankfurt a. M. [unveröff.].
- STEINDLBERGER, E. (1996a): Lapillituff als Naturwerkstein – Petrographische, petrophysikalische und geochemische Untersuchungen an Werksteinen der nördlichen Hessischen Senke. – Diplomarbeit Univ. Frankfurt a. M., 170 S.; Frankfurt a. M. [unveröff.].
- STEINDLBERGER, E. (1996b): Erläuterungen zur geologischen Karte des Gebietes zwischen Hoof und Elgershausen – Blatt 4722 Niederzwehren. – Diplomkartierung Univ. Frankfurt a. M., 62 S.; Frankfurt a. M. [unveröff.].
- STEINDLBERGER, E. (2000): Das Natursteinkataster des IFS und dessen Bedeutung in der Praxis. – IFS-Bericht (Festschrift), **10**: 119–126; Mainz.
- STEINDLBERGER, E. (2002a): Untersuchungen zum physiko-chemischen Verwitterungsverhalten hessischer Tuffsteine. – Frankfurter geowiss. Arb., **A 20**, 67 S.; Frankfurt a. M.
- STEINDLBERGER, E. (2002b): Untersuchungen zum Werksteinmaterial der Klosterkirche Marienstatt. – In: Denkmalpflege in Rheinland-Pfalz – Jahresberichte; Worms [im Druck].
- STEINDLBERGER, E. & AURAS, M. (1999): Hessische Tuffsteine und ihr Verwitterungsverhalten am Bauwerk. – In: WITTMANN, F.H. & GERDES, A. (Hrsg.): Werkstoffwissenschaften u. Bauinstandsetzen V – Berichtsband zum 5. internat. WTA-Kolloquium Esslingen vom 30.11.–02.12.1999: 1483–1494; Freiburg.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1988): Die Geologie der näheren Umgebung der Stadt Limburg a.d.Lahn (Exkursion A am 5. April 1988). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **70**: 19–27; Stuttgart.
- STIBANE, F. (1959): Zur Geologie des Oberdevons in der nordöstlichen Dillmulde – Das Bottenhorner Becken. – Z. dt. geol. Ges., **111**: 323–365; Hannover.
- STIBANE, F. (1963): Stratigraphie und Magmatismus des Mittel- und Ober-Devons bei Werdorf-Berghausen (Lahnmulde, Rhein. Schiefergebirge). – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 119–142; Wiesbaden.
- STOLLHOFEN, H. (1994a): Synvulkanische Sedimentation in einem fluviatilen Ablagerungsraum: Das basale „Oberrotliegend“ im permokarbonen Saar-Nahe-Becken. – Z. dt. geol. Ges., **145**: 343–378; Hannover.
- STOLLHOFEN, H. (1994b): Vulkaniklastika und Siliziklastika des basalen Oberrotliegend im Saar-Nahe-Becken (SW Deutschland): Terminologie und Ablagerungsprozesse. – Mainzer geowiss. Mitt., **23**: 95–138; Mainz.
- STRAUSS, K.W. (1983): Geologie und Petrologie der Vulkanite des Hohensolmser Deckdiabas-Gebietes/

- Lahnmulde. – Clausthaler Geol. Abh., **43**, 110 S.; Clausthal-Zellerfeld.
- STRECKEISEN, A. (1966): Die Klassifikation der Eruptivgesteine. – Geol. Rdsch., **55**: 478–491; Stuttgart.
- STRECKEISEN, A. (1967): Classification and nomenclature of igneous rocks. – N. Jb. Mineral. Abh., **107** (2): 144–214; Stuttgart.
- STRECKEISEN, A. (1978): Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. Recommendations and suggestions. – N. Jb. Mineral. Abh., **134** (1): 1–14; Stuttgart.
- STRECKEISEN, A. (1980): Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. – Geol. Rdsch., **69** (1): 194–207; Stuttgart.
- TANUMIHARDJA, S., STRAUSS, K.W. & MÜLLER, G. (1986): Petrologie unterkarbonischer Spilitte der NE-Lahnmulde/Rheinisches Schiefergebirge. – Z. dt. geol. Ges., **137**: 465–487; Hannover.
- TEUSCHER, E. (1933): Methodisches zur quantitativen Strukturgliederung körniger Gesteine. – Tschermaks mineral. petrograph. Mitt., **44**: 410–421; Wien.
- THEWS, J.-D. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte von Hessen 1 : 300 000 (GÜK 300 Hessen) – Teil I: Kristallin, Ordoviz, Silur, Devon, Karbon. – Geol. Abh. Hessen, **96**, 237 S.; Wiesbaden.
- TOEPFFER, W. (1997): Bildhauer im Basalt. – Naturstein, **10/97**: 54–59; Ulm.
- TROGER, W.F. (1935): Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. – Dt. Mineral. Ges., 90 S.; Berlin [unveränd. Nachdruck 1969; Stuttgart].
- TURK, P.-G., LOHSE, H.-H., SCHÜRSMANN, K., FUHRMANN, U. & LIPPOLT, H.J. (1984): Petrographische und Kalium-Argon-Untersuchungen an basischen tertiären Vulkaniten zwischen Westerwald und Vogelsberg. – Geol. Rdsch., **73** (2): 599–617; Stuttgart.
- VILLWOCK, R. (1966): Industriegesteinskunde. Eine Einführung in die technische Petrographie der nutzbaren Gesteine. – 280 S.; Offenbach a. M.
- VOGEL, C. (1891): Die Quarzporphyre der Umgegend von Gross-Umstadt. – Abh. grossherzog. hess. geol. L.-A., **2**, 55 S.; Darmstadt.
- VOSSOUGH-ABEDINI, M. (1979): Die porphyrischen basischen Vulkanite des Oberen Mitteldevons und Unteren Oberdevons der Lahnmulde (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Jb. Hessen, **107**: 45–92; Wiesbaden.
- WALTER, R. (1995): Geologie von Mitteleuropa. – 6. Aufl., 566 S.; Stuttgart.
- WATZKE, R. (2001): Totgesagte leben länger. – Stein, **5/2001**: 40–41; München.
- WEDEPOHL, K.H. (1968): Die tertiären basaltischen Gesteine im nördlichen Hessen und südlichen Niedersachsen. – Aufschluß, Sonderh. **17**: 112–120; Heidelberg.
- WEDEPOHL, K.H. (1978): Der tertiäre basaltische Vulkanismus nördlich des Vogelsberges. – Aufschluß, Sonderh. **28**: 156–167; Heidelberg.
- WEDEPOHL, K.H. (1982): K-Ar-Altersbestimmungen an basaltischen Vulkaniten der nördlichen Hessischen Senke und ihr Beitrag zur Diskussion der Magmen-genese. – N. Jb. Mineral. Abh., **144**: 172–196; Stuttgart.
- WEDEPOHL, K.H. (1983): Die chemische Zusammensetzung der basaltischen Gesteine der nördlichen Hessischen Senke und ihrer Umgebung. – Geol. Jb. Hessen, **111**: 261–302; Wiesbaden.
- WEDEPOHL, K.H. (1987): Kontinentaler Intraplatten-Vulkanismus am Beispiel der tertiären Basalte der Hessischen Senke. – Fortschr. Miner., **65** (1): 19–47; Stuttgart.
- WEDEPOHL, K.H. & RITZKOWSKI, S. (1980): Die nördliche Hessische Senke (Tertiär-Vulkanite, Kupferschiefer und variskischer Spilit). – Fortschr. Miner., **58**, Beih. 2: 3–31; Stuttgart.
- WEDEPOHL, K.H., MENGEL, K. & RITZKOWSKI, S. (1983): The Tertiary basalts of the northern Hessian Depression and their mantle xenoliths (Excursion E 4). – Fortschr. Miner., **61**: 117–134; Stuttgart.
- WEIDIG, G. (1991): Bestimmung porenraumbezogener und gesteinsphysikalischer Kennwerte an Sandsteinen des saarländisch-pfälzischen Raumes – Ein Beitrag zur Beurteilung des Verwitterungsverhaltens von Naturbausteinen. – Diss. Univ. des Saarlandes, 108 S.; Saarbrücken.
- WEISS, G. (1992): Die Eis- und Salzkristallisation im Porenraum von Sandsteinen und ihre Auswirkungen auf das Gefüge unter besonderer Berücksichtigung gesteinspezifischer Parameter. – Münchner Geowiss. Abh., (B) **9**, 118 S.; München.
- WEYL, R. (1967): Geologischer Führer durch die Umgebung von Gießen. – 184 S.; Gießen.
- WILKE, H.-J. (1981): Mineral-Fundstellen – Bd. 7: Hessen. – 2. Aufl., 240 S.; München.
- WIMMENAUER, W. (1985): Petrographie der magmatischen und metamorphen Gesteine. – 382 S.; Stuttgart.
- WINCHESTER, J.A. & FLOYD, P.A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile

- elements. – *Chemical Geology*, **20**: 325–348; Amsterdam.
- WINKLER, H.G.F. (1957): Foidführender Andesin-Trachyt von Moschheim. – *Fortschr. Miner.*, **35** (1): 116–117; Stuttgart.
- WITTENBECHER, M. (1992): Geochemie tholeiitischer und alkali-olivinbasaltischer Gesteine des Vogelsberges. – *Geol. Abh. Hessen*, **97**, 52 S.; Wiesbaden.
- YODER, H.S. & TILLEY, C.E. (1962): Origin of basaltic magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. – *J. Petrol.*, **3**: 342–532; Oxford.
- ZEHNDER, K. (1982): Verwitterung von Molassesandsteinen an Bauwerken und in Naturaufschlüssen. – *Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser.*, **61**, 130 S.; Bern.

7. Bildteil mit Auflistung der untersuchten vulkanischen Gesteine

(vgl. Abb. 1):

Gesteins- nummer:	Herkunft, Gesteinsbezeichnung:
	Vogelsberg:
01	Michelnauer Schlackenagglomerat
02	Schottener Schlackenagglomerat
03	Nonnenrother Schlackenagglomerat
04	Laubacher Tuffstein
05	Großen-Busecker Tuffstein
06	Londorfer Basaltlava
07	Ronneburger Basaltlava
08	Büdingen Basaltlava
09	Steinheimer Basaltlava
10	Ortenberger Basalt
	Westerwald:
11	Dornburger Tuffstein
12	Beselicher Palagonittuff
13	Dornburger Basalt
14	Greifensteiner Säulenbasalt
	Knüllgebirge:
15	Wallensteiner Tuffstein
16	Großropperhäuser Tuffstein
17	Schellbacher Tuffstein
18a, 18b	Homberger Tuffstein
19	Mörshäuser Basalt
	Habichtswald:
20	Kasseler Tuffstein
21–24	Habichtswälder Tuffsteine
25	Dörnberger Tuffstein
26	Heckershäuser Tuffstein
27	Kasseler Basalt

**Gesteins-
nummer:**

Herkunft, Gesteinsbezeichnung:

Rhön:

- 28 Reulbacher Tuffstein
- 29 Rupsrother Phonolith

Taunus:

- 30 Windener Porphyroid

Lahn-Dill-Gebiet:

- 31 Mensfeldener Quarzkeratophyr
- 32 Niederbrechener Diabas
- 33 Ernsthäuser Diabas
- 34 Runkeler Schalstein
- 35 Wetzlarer Schalstein
- 36 Weilmünsterer Schalstein
- 37 Blasbacher Schalstein
- 38 Oberschelder Schalstein
- 39 Hirzenhainer Pikrit
- 40 Dillenburger Pikrit
- 41 Rachelshäuser Pikrit
- 42 Bottenhorner Pikrit
- 43 Aßlarer Pikrit
- 44 Holzhäuser Diabas
- 45 Eisemrother Diabas
- 46 Steinperfer Diabas

Odenwald:

- 47 Groß-Umstädter Quarzporphyr
- 48 Darmstädter Melaphyr I
- 49 Darmstädter Melaphyr II
- 50 Traisaer Melaphyr
- 51 Dietzenbacher Trachyt
- 52 Eppertshäuser Trachyt
- 53 Roßdorfer Basalt

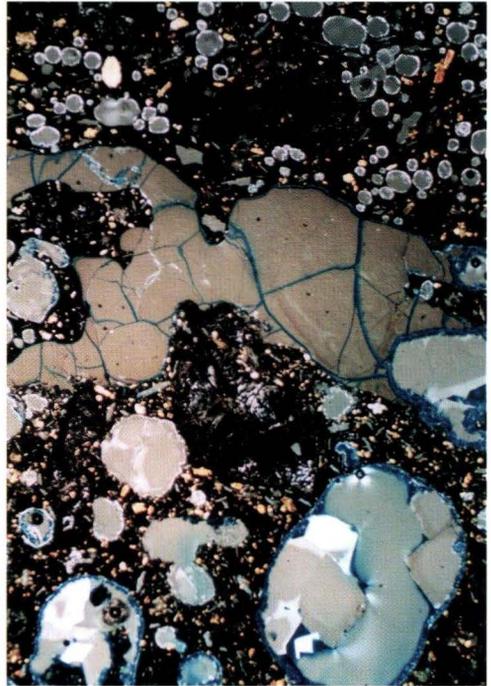
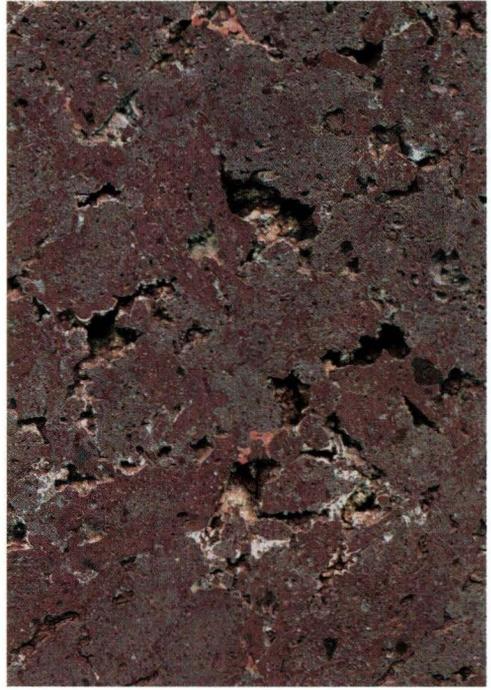
Michelnauer Schlackenagglomerat

Vogelsberg

Klassifikation: basaltisches Agglomerat**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5520 Nidda, nordwestlich Michelnau; R 3502860, H 5587240; Steinbruch mit gelegentlichem Abbau, vorgelagerter Lager- und Aufarbeitungsbereich, Haldenmaterial
Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** ziegelrotes bis violettrotes Gestein; einzelne Pyroklasten blasig oder schlackigporös, häufig mit Fluidaltextur; in Hohlräumen hellgraue, weiße und durchsichtige, länglich-nadelige oder rautenförmige Zeolithminerale bis max. 3 mm Größe, stellenweise auch orangegelbe Tonminerale; nur untergeordnet sind einzelne blasenfreie Basaltfragmente als Xenolithe in den Schlacken eingebettet**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* Gefüge: vitrophyrisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (überwiegend Augit): bis 3,0 mm Größe, hypidiomorph bis idiomorph, Kristalle oft mit Schmelzeinschlüssen; Olivin: reliktsch unter verstärkter Erzneubildung (Hämatitisierung, s.u.), bis 0,5 mm groß; Plagioklas: meist nur als idiomorphe Hohlräume überliefert oder durch Kalzit verdrängt (Pseudomorphosen), bis 0,2 mm Länge; Hämatit: pseudomorph nach Olivin; *Grundmasse:* glasig bis alteriert, infolge feinst verteilten Hämatits opak;*Inter- und Intrapartikelraum:* *Zement:* Zeolithe: Phillipsit als dünner Saum, Chabasit als rautenförmige Kristalle mit 0,1–0,5 mm Kristallgröße; Smectit nur bereichsweise als zusätzliche Hohlraumfüllung; Kalzit als dünner Saum; Hohlraumminerale: Goethit und Hämatit als wenige μm große, idiomorphe Kristalle, akzessorisch; Porenraum innerhalb der Klasten: 30–80 Vol.%, Blasengröße: 0,01–1 mm; Porenraum innerhalb des Gesamtgesteins: ehemals ca. 50 Vol.%, durch Sekundärminerale großenteils ausgefüllt**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 58 Vol.%, Bindemittel (Zement) 23 Vol.%, Porosität 19 Vol.%**Modalbestand der Pyroklasten:** Grundmasse 78 Vol.%, Klinopyroxen 11 Vol.%, Olivinrelikte 8 Vol.%, Plagioklasrelikte 2 Vol.%, Akzessorien 1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,63	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,67	[g/cm ³]
- w-Wert:	4,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	17,09	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	21,72	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,79	[-]
- effektive Porosität:	35,09	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,01	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	21,22	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	7,68	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Grab-, Denkmal- und Dekorationsstein, Mauerstein, Verkleidungsplatten für innen und außen, Kaminaufsätze**Verwendungsbeispiele:** Grabsteine und bildhauerische Arbeiten auf dem Michelnauer Friedhof, Fassadenverkleidung an der Wandelhalle im Kurpark Bad Homburg, Mauersteine in Nidda und näherer Umgebung, als bildhauerische Arbeiten auch überregional**Literaturhinweise:** DIENEMANN & BURRE (1929), EHRENBERG (1978b, 1986), GÄBERT et al. (1915), GRIMM (1990), MÜLLER (1990), SCHOTTLER (1924), STEINDLBERGER (2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)**Abbildungen:****l.o.:** Oberursel: Skulptur aus Michelnauer Schlackenagglomerat**r.o.:** Musterplatte: Durch Hämatit rot gefärbtes Agglomerat; Gasblasen und Intergranularräume mit Zeolithen (weiß und grau) und Smectiten (rosabraun bis orangegelb) gefüllt; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Grauweiße, rautenförmige Zeolithminerale in Hohlräumen, Kristallgrößen bis 0,5 mm (unterer Bildrand); bunte Pyroxeneinsprenglinge mit Schmelzeinschlüssen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Dunkle, erzimprägnierte, ursprünglich rein glasige Grundmasse, innerhalb Gasblasen Kristallisation von Sekundärmineralen; Smectitzement durch Schrumpfungsrisse schollenartig zerlegt; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



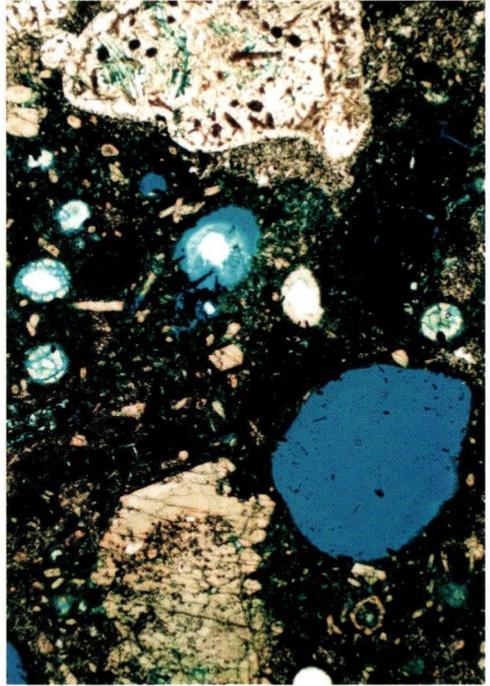
Schottener Schlackenagglomerat

Vogelsberg

Klassifikation: basaltisches Agglomerat**Lokalität:** GK/TK 25; Bl. 5520 Nidda, südöstlich Schotten, an der *Alten Burg*; R 3509730, H 5594990; weitgehend rekultiviertes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** rötlichbraunes, graues oder grauschwarzes Gestein, geschichtete und ungeschichtete Partien; Klaster blasig bis schlackig-porös mit gelegentlicher Fluidaltextur; in Hohlräumen hellgraue und weiße Zeolithminerale bis max. 1 mm Größe; bis 3 mm große, rotbraune Hämatitpseudomorphosen nach Olivin sind zahlreich; Xenolithe: allgemein 2 mm bis 6 cm groß, weiße und gelbe Sandstein- und bunte Tonsteinfragmente, z.T. gefrittet, metamorphes Grundgebirgsmaterial (Gneis), Basaltfragmente**mikroskopisch:** **Pyroklasten:** Gefüge: vitrophyrisch; **Mineralbestand:** Klinopyroxen: serialporphyrisch bis max. 2,0 mm Größe, hypidiomorph bis idiomorph, zoniert oder mit Sanduhrstruktur, größere Kristalle auch mit Schmelzeinschlüssen; Olivin: bis max. 2,1 mm Kantenlänge, pseudomorph, in Hämatit umgewandelt; **Grundmasse:** glasig bis alteriert, durch feinste Erzbestäubung dunkelbraun bis opak, kleinste Erzkörnchen oft noch erkennbar; **Inter- und Intrapartikelraum:** **Zement:** Zeolithe: Chabasit und Phillipsit: rautenförmige oder büschelartige Kristalle in Hohlräumen und Blasen, diese z.T. vollständig ausfüllend, 0,1–0,5 mm Kristallgröße; Tonminerale nur untergeordnet; Hohlraumminerale: gelbbraune Goethitnadeln (10–300 µm) und rote Hämatitplättchen (10–80 µm), akzessorisch; Porenraum innerhalb der blasigen Schlacken: 20 bis >50 Vol.%, durch Sekundärminerale bereits weitgehend ausgefüllt, Blasengröße: 0,01–1 mm; **Xenolithe:** gerundeter, korrodierter Plagioklas (0,7 mm) und Kalifeldspat (3,0 mm Größe)**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 53 Vol.%, Bindemittel (Zement) 19 Vol.%, Xenolithe 8 Vol.%, Porosität 20 Vol.%**Modalbestand der Pyroklasten:** Grundmasse 77 Vol.%, Klinopyroxen 12 Vol.%, Olivinrelikte 11 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,62	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,62	[g/cm ³]
- w-Wert:	2,6	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	19,09	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	23,59	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,81	[-]
- effektive Porosität:	38,17	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	2,18	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	30,52	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	7,07	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** nur lokal verwendet: ehemals Innenausbau der Liebfrauenkirche in Schotten (Kirche wurde jedoch bereits vor dem 1. Weltkrieg mit Michelnauer Schlackenagglomerat und Londerfer Basaltlava restauriert)**Literaturhinweise:** SCHOTTLER (1924)**Abbildungen:****l.o.:** Musterplatte: Optische Abgrenzung einzelner Schlackefragmente untereinander auf Grund intensiver „Verbackung“ erschwert, anhand verschiedener Farbstufen jedoch unterscheidbar; rotbraune Hämatitpseudomorphosen nach Olivin bis 3 mm Kristallgröße; Originalgröße**r.o.:** Musterplatte: Zeolithkristallisation innerhalb Gasblasen der Schlackefragmente; bereichsweise Anhäufung von während der Eruption mitgerissenem xenolithischem Material aus unterlagernden Gesteinsserien; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Zeolithminerale in dunkel erscheinende Gesteinshohlräume gesprosst; kleine Pyroxene und größere, vollständig hämatitisierte Pseudomorphosen nach Olivin durchsetzen glasige Pyroklasten (schwarze, idiomorphe Kristalle oben und unten rechts); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Vollständig auskristallisierter basaltischer Lithoklast innerhalb eines Schlackefragments (oberer Bildrand); von Schmelzeinschlüssen durchsetzter Klinopyroxen (unterer Bildrand), kleinere Pyroxenkristalle z.T. auch glomerophyrisch zu Aggregaten zusammengeschlossen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Nonnenrother Schlackenagglomerat

Vogelsberg

Klassifikation: basaltischer Lapillituff bis basaltisches Agglomerat

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5419 Laubach, südsüdwestlich Nonnenroth, nördlich *Am Hitzelberg*;
R 3493280, H 5597430; voll verfüllter Steinbruch

Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: gelblichbraunes, graues, orangefarbenes bis violettrotes, bei erhöhtem Tonmineralgehalt auch gelbliches, schlackig-poröses Gestein; Pyroklasten: stark blasig, schwarze, grünlichbraune bis ziegelrote Farbe, <1 mm bis >15 cm Korngröße, Blasengröße 0,5 mm bis >1 cm Durchmesser, gelegentlich Fluidaltextur sichtbar, hellgraublau Sekundärminerale kleiden oftmals Intrapartikelräume aus; in Hohlräumen als Zement orangefarbene Tonminerale (Smectit) sowie untergeordnet weißer Kalzit

mikroskopisch: *Pyroklasten:* deutlich gerundete Klasten und zerbrochene, eckige Fragmente; *Gefüge:* vitrophyrisch, häufig Fluidaltextur; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (Augit): serialporphyrisch bis 4,1 mm Länge, idiomorph, größere Kristalle zumeist mit Schmelzeinschlüssen, z.T. glomerophyrische Aggregate, häufig Sanduhrstrukturen; Olivin: pseudomorphe Relikte mit auffälliger Hämatitisierung in Form federartiger Strukturen, max. 1,5 mm Kristallgröße; *Grundmasse:* glasig bis alteriert, hell gelblichbraun, rotbraun oder durch feinste Erzeinlagerung nahezu opak;

Inter- und Intrapartikelraum: *Zement:* Smectit: als Hauptbindemittel des Gesteins, auch als Blasenfüllung innerhalb der Schlacken, zumeist mit polygonalen Schrumpfungsrissen; Kalzit: als dünner Saum an Blasenwandungen oder als Interpartikelfüllung; Zeolithe: akzessorisch in Blasen Hohlräumen; sichtbarer Gasblasenanteil innerhalb der Schlackepartikel: 20–75 Vol.%, Blasengröße: 10 µm bis 4 mm

Gesteinsaufbau: Pyroklasten 59 Vol.%, Bindemittel (Zement) 12 Vol.%, Porosität 29 Vol.%

Modalbestand der Pyroklasten: Grundmasse 79 Vol.%, Klinopyroxen 9 Vol.%, Olivinrelikte 12 Vol.%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,61	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,49	[g/cm ³]
- w-Wert:	12,7	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	20,58	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	28,82	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,71	[-]
- effektive Porosität:	46,74	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,08	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	7,42	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	3,32	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: lokaler Werkstein: nur noch an einigen wenigen alten Gebäuden im Ortskern von Ettingshausen erhalten

Literaturhinweise: SCHOTTLER (1918)

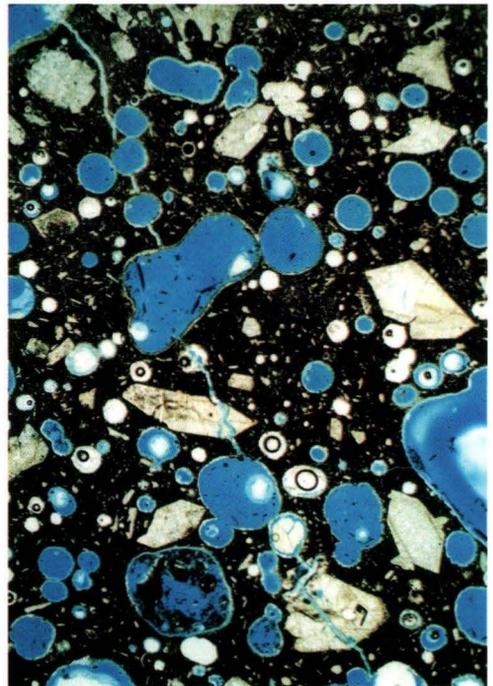
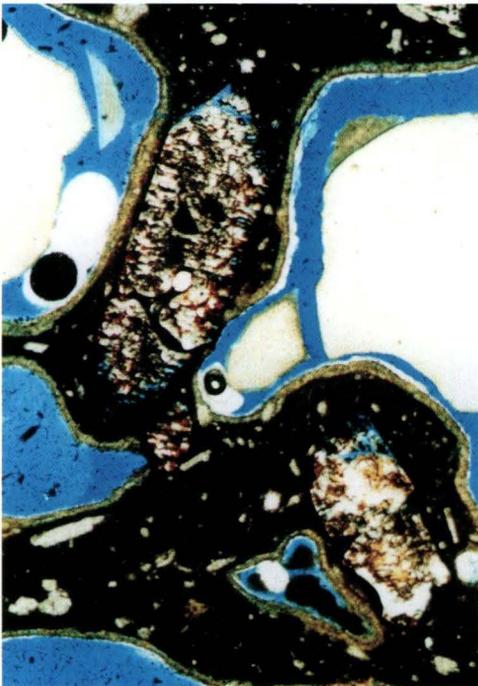
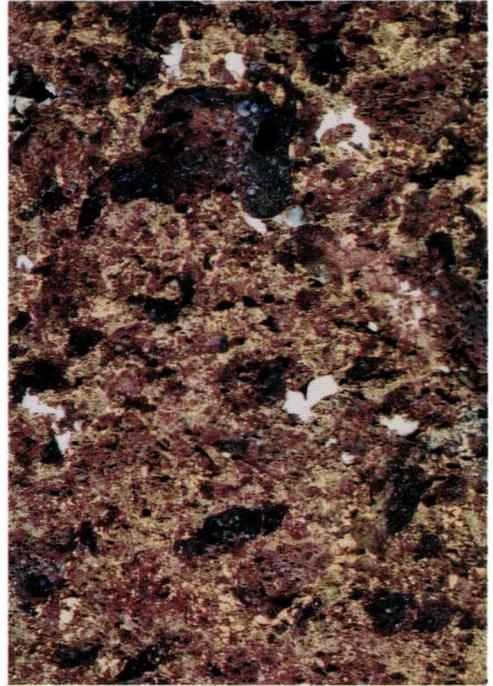
Abbildungen:

l.o.: Ettingshausen, historisches Privathaus, Gebäudesockel: Verbaute Mauersteine mit Farbspektrum der Gesteinsvarietät von rot über gelbgrau bis hin zu dunkelgrau

r.o.: Musterplatte: Feinerkörnige Gesteinspartie mit Korndurchmessern in Asche- und Lapilligröße; an gelber Farbe hoher Anteil an smectitischem Bindemittel erkennbar, zusätzlich auch weiße, kalzitische Porenfüllungen; Gasblasen ungefüllt oder mit Kalzit oder Zeolithen ausgekleidet; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Detailaufnahme mit weitgehend hämatitisierten Olivinkristallen, während Umwandlung z.T. federartige Strukturen annehmend; hell erscheinende leistenförmige Kristalle sind Klinopyroxene; dünner Saum aus Tonmineralen kleidet Gasblasenräume aus; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Vitrophyrisches Gefüge mit zahlreichen Einsprenglingen idiomorpher Pyroxene und Olivine in durch feinsten Erzbestäubung opaken, ursprünglich rein glasigen Grundmasse; Gasblasen mit Kalzit, Tonmineralen oder Zeolithen ausgekleidet; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Laubacher Tuffstein

Vogelsberg

Klassifikation: basaltischer Lapillituff bis basaltisches Agglomerat

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5419 Laubach, zwischen Ruppertsburg und Laubach; R 3498480, H 5599240; offen gelassener, verfallener Steinbruch

Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: graubraunes, nicht bis deutlich geschichtetes Gestein, blasige bis schlackige Pyroklasten in Asche- bis Bombengröße (1 mm bis > 18 cm), von rotbrauner, grünlicher und grauer Farbe; Xenolithe: graue und violettgraue Basaltfragmente z.T. mit auffallenden rostfarbenen Olivinrelikten, vereinzelte Quarzsandkörner und Quarzitfragmente; Zement aus weißen Zeolithen, die ehemalige Intergranularräume auskleiden oder vollständig ausfüllen

mikroskopisch: *Pyroklasten:* blasenfrei bis schlackigporös; *Gefüge:* vitrophyrisch, oftmals Fluidaltextur; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (hauptsächlich Augit): z.T. zoniert, zumeist idiomorphe Prismen, serialporphyrisch bis 0,3 mm Länge; Olivin: max. 1,7 mm Größe, idiomorph, oft mit Schmelzeinschlüssen, weitgehend in Iddingsit oder Hämatit umgewandelt; Hornblende: pleochroitisch, akzessorische Kristallfragmente bis 0,3 mm Größe; Magnetitkristalle bis 200 μm Größe; *Grundmasse:* ursprünghches Glas palagonitisch-tonmineralisch alteriert, goldgelbe bis braune Farbe oder durch feinste Erzbestäubung opak;

Inter- und Intrapartikelraum: *Zement:* Zeolithe: Phillipsit und Chabasit als rautenförmige Kristalle oder als Kristallrasen, Gasblasen von Zeolithen ausgefüllt; Tonminerale nur untergeordnet;

Xenolithe: zahlreiche, häufig alterierte basaltische Lithoklasten

Gesteinsaufbau: Pyroklasten 42 Vol.%, Bindemittel (Zement) 22 Vol.%, Xenolithe 18 Vol.%, Porosität 18 Vol.%

Modalbestand der Pyroklasten: Grundmasse 47 Vol.%, Klinopyroxen 43 Vol.%, Olivinrelikte 6 Vol.%, Erz 4 Vol.%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,71	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,12	[g/cm ³]
- w-Wert:	2,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	9,35	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	10,30	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,91	[-]
- effektive Porosität:	16,31	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	3,29	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	46,32	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	5,37	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: nur lokal im Sockelbereich alter Privatgebäude in Schotten

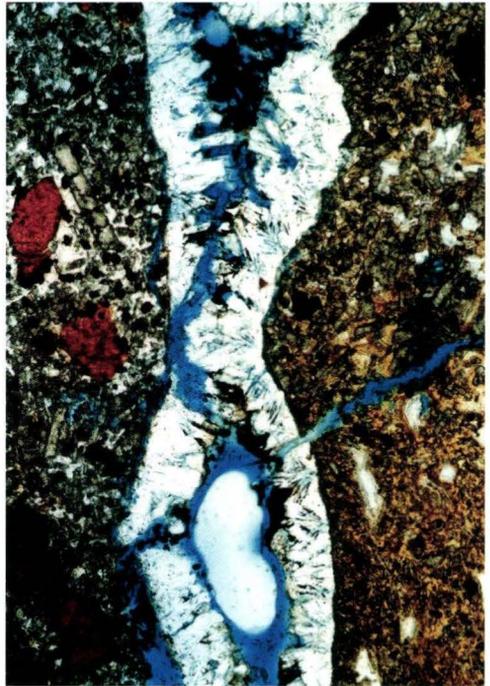
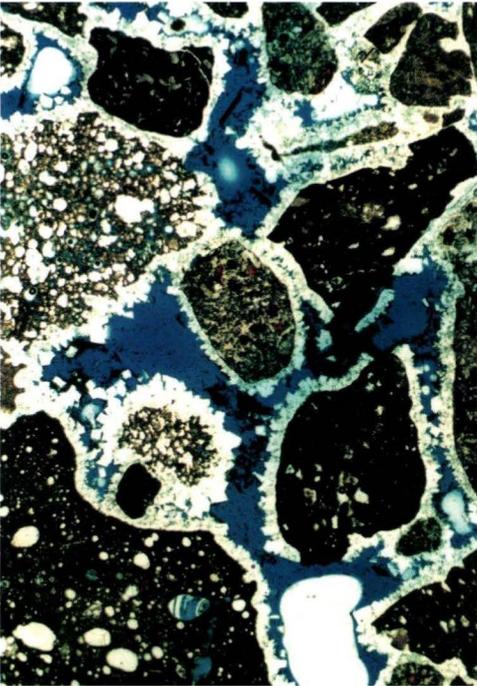
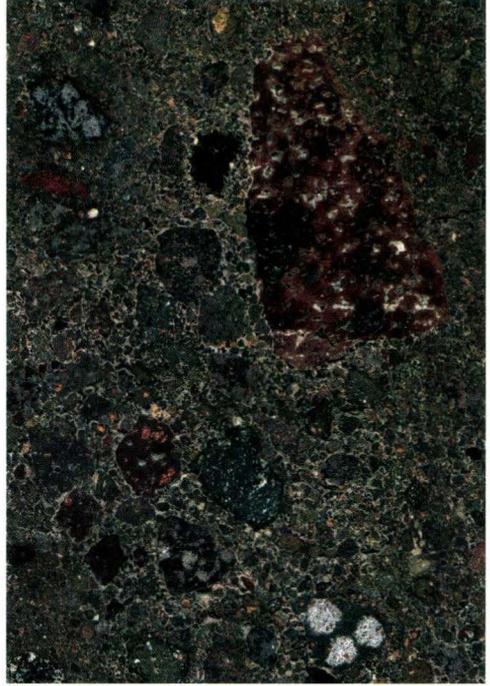
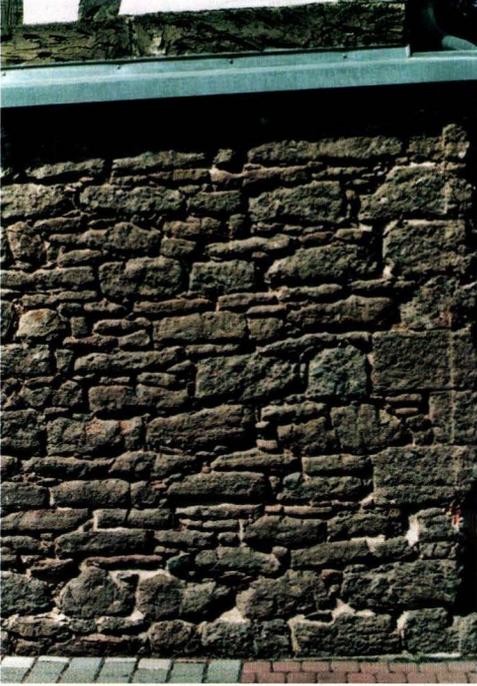
Literaturhinweise: AURAS et al. (2000), DIEHL (1934), SCHOTTLER (1918), STEINDLBERGER (2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)

Abbildungen:

l.o.: Schotten, Gebäudesockel im alten Ortskern: Laubacher Tuffstein zumeist als Bruchmauerstein verwendet, Eckquaderung z.T. auch feiner bearbeitet
r.o.: Musterplatte: Bindemittel aus Chabasit und Phillipsit, Gasblasen innerhalb der Schlackefragmente ebenfalls mit Zeolithen ausgefüllt; rote bis bräunliche Pyroklasten und basaltische Lithoklasten aus vulkanischem Nebengestein; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Übersicht mit kristallinen Basaltklasten (Bildmitte) und glasigen, porösen Pyroklasten; ehemals hohe Porosität, bedingt durch geringe Kompaktion während Ablagerung des Lockermaterials, durch zeolithisches Bindemittel stark verringert; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Basaltfragment am linken Bildrand, Pyroklast am rechten Bildrand; von Klasten aus in Intergranularräum hineingewachsene Zeolithe als Zement; Mineralbestand des Basaltfragments: Alterierter Olivin (orangerot), Klinopyroxen (längliche, graue Leisten), Plagioklas und Alkalifeldspat (weiß), Magnetit und Ilmenit (schwarze Erzkörner), untergeordnet Apatit und Foide; Grundmasse des Pyroklasten durch Hydratation ehemaligen Glases in Palagonit bis hin zu Tonmineralen umgewandelt (gelbe Farbe); Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



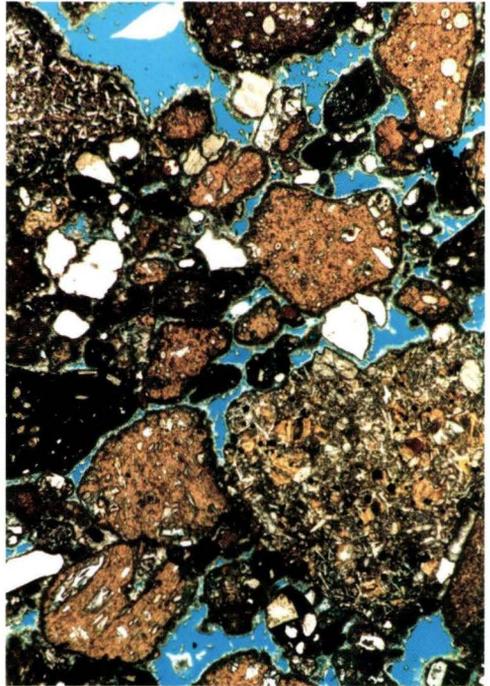
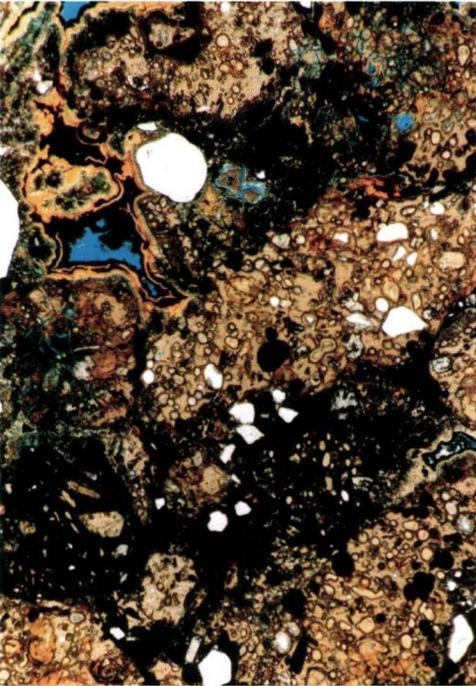
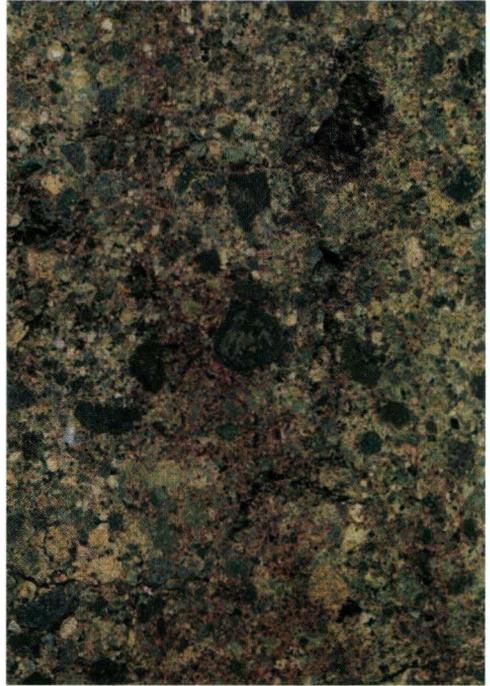
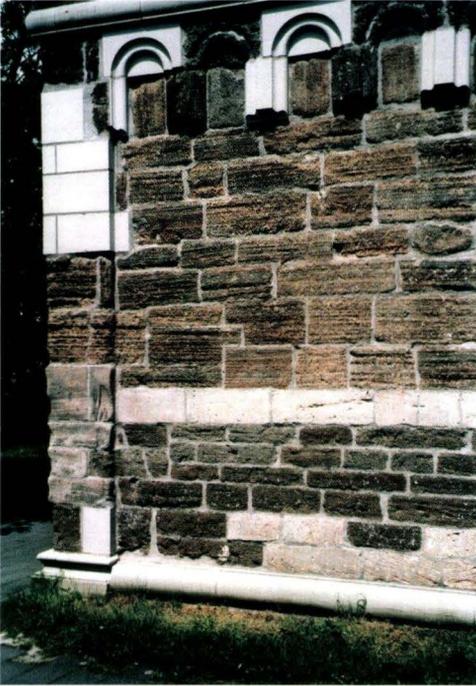
Großen-Busecker Tuffstein

Vogelsberg

Klassifikation: basaltischer Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5318 Allendorf (Lumda), nördlich Großen-Buseck, zwischen *Altenberg* und *Hohberg*; R 3485140, H 5609080; voll verfüllter und rekultivierter, ehemals kleiner Steinbruch**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** gelblichbrauner bis graubrauner, z.T. deutlich geschichteter Lapillituff; Pyroklasten: Asche- und Lapillikörner mit 1–32 mm Korndurchmesser, selten auch größer, graubraune, grauschwarze, untergeordnet auch rotbraune Farbe, blasenfrei bis blasig, häufig mit Fließgefüge; Kristalloklasten: alterierte Olivine und Pyroxene; Xenolithe: rotbrauner Tonstein, roter und gelblichweißer Sandstein, weißer Quarzit, Quarzsandkörner, Basaltfragmente, allgemein 1 mm bis 3 cm Korngröße; orangebraunes bis gelblichgraues Bindemittel; Hohlräume z.T. mit Tonmineralen oder Zeolithen gefüllt oder ausgekleidet**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* *Gefüge:* vitrophyrisch, häufig fluidal texturiert; *Mineralbestand:* Klinopyroxen: hypidiomorph bis idiomorph, serialporphyrisch bis 1,3 mm Länge, häufig zioniert; Olivin: hypidiomorph bis idiomorph, frische Kristalle oder stark alteriert (tonmineralische Pseudomorphosen nach Olivin), max. 80 µm Größe; Grünkern-Pyroxen und Hornblende akzessorisch; *Grundmasse:* ursprünglich glasige Substanz zu Palagonit und Tonmineralen umgewandelt, Palagonitosphärolithe; *Interpartikelraum:* *Zement:* Zeolithminerale (Phillipsit und Chabasit), Tonminerale (Smectit) und Eisen-Mangan-Ausfällung, Hohlräume vollständig ausfüllend oder als dünner Belag Hohlräume auskleidend; *Intrapartikelraum:* Zement aus Tonmineralen und Zeolithen**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 52 Vol.%, Bindemittel (Zement) 19 Vol.%, Xenolithe 17 Vol.%, Porosität 12 Vol.%**Modalbestand der Pyroklasten:** Grundmasse 65 Vol.%, Klinopyroxen 32 Vol.%, Olivin 2 Vol.%, Erz 1 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,44	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,01	[g/cm ³]
- w-Wert:	1,9	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	7,30	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	8,61	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,85	[-]
- effektive Porosität:	14,59	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	2,32	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	28,26	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	7,59	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, architektonische Elemente/Bauzier**Verwendungsbeispiele:** nur lokal: evangelische Kirche, Privatgebäude und Mauern in Großen-Buseck**Literaturhinweise:** SCHOTTLER (1913)**Abbildungen:****l.o.:** Großen-Buseck, evangelische Kirche: Deutlich geschichteter Tuffstein im oberen Bereich der Mauer, ungeschichtete oder schwach geschichtete Partien im unteren Bereich; teilweiser Austausch von Tuffmaterial durch weißen Sandstein**r.o.:** Musterplatte: Gelblichbraune Varietät zusammengesetzt aus dunklen, tachylitischen und gelblichen, weitgehend palagonitisch-tonmineralisch umgewandelten Pyroklasten; stark angewittertes Material mit deutlicher Gefügeflockung; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Goldgelbe, palagonitisch alterierte Pyroklasten mit rundlichen Palagonitosphärolithen (Palagonit: gelartige Substanz, infolge Wasseraufnahme aus basaltischem Glas hervorgegangen); Bindemittel aus gelben Tonmineralen und dunklen Eisen-Mangan-Phasen; Bildhöhe $\hat{=}$ 6,2 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Hohe Porosität bei gleichzeitig geringem Bindemittelanteil; Zeolithkristallisation in Hohlräumen; Unterscheidung von opaken, erzpigmentierten und hellen, palagonitisierten Pyroklasten; weiße Quarzkörner aus tertiären Lockersedimenten; Bildhöhe $\hat{=}$ 6,7 mm



Londorfer Basaltlava

Vogelsberg

Klassifikation: Olivinbasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5319 Londorf, nordwestlich Londorf, westlich des *Kahlenbergs*; R 3490900, H 5616260; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: bräunlichgrauer bis bläulichgrauer Basalt (sog. *Lungstein*), klein- bis mittelkörnig, durch vereinzelte, orangebraun alterierte, 1–2 mm große Olivine auch leicht porphyrisch, hohe Porosität, neben allgemeiner Feinporigkeit des Basalts treten einzelne, bis 6 mm große Gasblasen hinzu, die sich bereichsweise zu Entgasungskanälen (sog. Eisnähten) zusammenschließen, dort glasigere und somit dunklere Ausbildung des Gesteins, Blasen häufig von hellgraublauen Sekundärmineralen (Zeolithen) ausgekleidet; Fremdeinschlüsse von Quarzit- und Tonsteinfragmenten erreichen Größen von wenigen mm bis ca. 5 cm

mikroskopisch: *Gefüge:* intergranular-intersertal, um Gasblasen hyaloophitisch, z.T. auch schwach porphyrisch, klein- bis mittelkörnig;

Mineralbestand: *Einsprenglinge:* Olivin: serialporphyrisch von 0,2–1,8 mm Größe, zumeist idiomorph, beginnende bis völlige Iddingsitisierung; Hämatit verdrängt als Neubildung vor allem Olivin; *Grundmasse:* Plagioklas: leistenförmig und als Zwickelfüllung, 0,05–1,3 mm Länge, z.T. auch in Gasblasen hineingewachsen; Klinopyroxen: 10–50 µm groß, xenomorph bis idiomorph, häufig glomerophyrisch zusammengeschlossene Kristalle; Erzminerale: bis 0,4 mm lange Ilmenitleisten und untergeordnet max. 55 µm große Magnetitkörner; Apatit (auch in Plagioklas eingewachsen) akzessorisch;

Porraum: 18 Vol.-%; Größe der Gasblasen: 0,1–3 mm

Modalbestand: Plagioklas 50 Vol.-%, Klinopyroxen 25 Vol.-%, Olivin 15 Vol.-%, Erz 10 Vol.-%, Akzessorien <1 Vol.-%; bereichsweise auftretendes Glas kann einen Anteil bis >50 Vol.-% am Gesteinsaufbau erreichen

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,86	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,28	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,4	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	3,46	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	7,07	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,49	[-]
- effektive Porosität:	10,88	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	88,75	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	76,08	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Fassadenverkleidung, Denkmalstein, Bildhauerei, Treppenstufen, Mauerstein, architektonische Bauzier (Säulen, Gesimse)

Verwendungsbeispiele: überregional: Kaskaden im Staatspark Kassel-Wilhelmshöhe, Kölner Dom, Schloss Braunfels; Gesteinstypus im Vogelsberg häufig verwendet

Literaturhinweise: DIENEMANN & BURRE (1929: 96), EHRENBERG et al. (1982), GÄBERT et al. (1915: 229 ff.), GRIMM (1990), KOCH (1892), KOUGOULIS (1974), MÜLLER (1990, 1991, 1998), RUMPF (1985), SCHRICKE (1975), SCHWATE (2000), TOEPFER (1997), WEYL (1967), WILKE (1981), WITTENBECHER (1992)

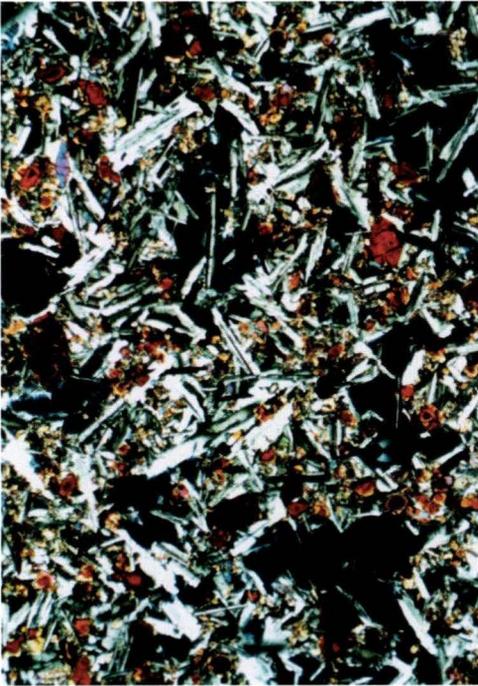
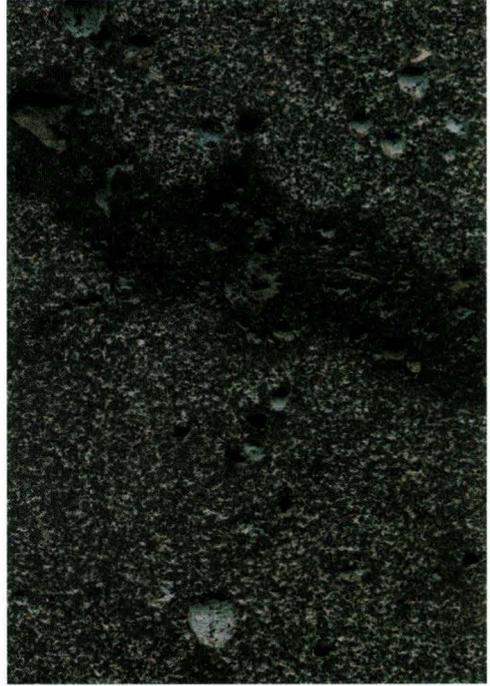
Abbildungen:

l.o.: Fernwald-Steinbach, evangelische Kirche, Blick von Südwesten auf Eingangsbereich: Kirche aus Londorfer Basaltlava; dunkle „Eisnähte“ innerhalb einiger Werksteine

r.o.: Musterplatte: Glasige Grundmasse um Entgasungskanäle anhand dunkler Farbe gegenüber sonst hellerer Färbung des Gesteins abzugrenzen; bläulichweiße Zeolithe innerhalb von größeren Gasblasen; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, X Pol.: Übersicht des Mineralbestandes: längliche weiße Plagioklase, gelbe und blaue Pyroxene und alterierte orangefarbene Olivine; Blasenräume erscheinen dunkel; Bildhöhe ≅ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Graue Pyroxene zwischen Plagioklasleisten; längliche schwarze Ilmenitleiste (unten); intensive Iddingsitisierung der Olivine durch orangerote Färbung belegt; Bildhöhe ≅ 1,3 mm



Ronneburger Basaltlava

Vogelsberg

Klassifikation: Tholeiit-Basalt

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5720 Büdingen (GK 25: Hüttengesäß, 1. Aufl. 1899); R 3504400, H 5566930; das untersuchte Gesteinsmaterial fiel beim Brunnenbau auf dem Burggelände der Ronneburg an und wurde teilweise zum Bau der Burganlage weiter verwendet, stillgelegte Steinbrüche sind in der unmittelbaren Umgebung zahlreich vorhanden

Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: braungrauer oder bräunlicher, klein- bis mittelkörniger Basalt, hohe Porosität durch einzelne Gasblasen oder kettenartig angeordnete Blasenzüge, Blasen dabei zumeist kreisrund, untergeordnet auch ausgelängt mit Durchmesser von <1 bis 8 mm, Blasenwände mit Sekundärmineralen ausgekleidet: unterscheiden lassen sich rostbraune, kugelige Eisenhydroxidphasen, hellbraune bis gelbe Tonminerale, dentritische Eisen-Mangan-Oxide und grüngelbe oder grüne, traubig-nierige oder nadelige Minerale (evtl. viriditische Substanzen)

mikroskopisch: *Gefüge:* intergranular-intersertal bis hyaloophitisch, klein- bis mittelkörnig;

Mineralbestand: Plagioklas: hypidiomorph bis idiomorph leistenförmig, 0,05–0,7 mm Länge; Klinopyroxen: längliche idiomorphe Prismen, 20 µm bis 1,5 mm groß, kleinere Kristalle gedrunen und xenomorph bis idiomorph; Erzminerale: Ilmenitleisten bis 0,7 mm Länge, besonders in der glasreichen Zwickelfüllung wenige µm große Magnetit-oktaeder; viriditische Substanzen zwickelfüllend; *Mesostasis:* lichtbraune, glasige Zwickelfüllung, z.T. mit kryptokristallinen Mineralneubildungen; *Porenraum:* unregelmäßige bis runde Blasen von Tonmineralen, Viridit und Eisen-Mangan-Oxiden ausgekleidet

Modalbestand: Plagioklas 40 Vol.%, Klinopyroxen 33 Vol.%, Ilmenit 10 Vol.%, Hohlraumminerale 1 Vol.%, Mesostasis 16 Vol.%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,61	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,21	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,8	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	3,93	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	6,98	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,56	[-]
- effektive Porosität:	11,31	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,19	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	66,52	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	54,08	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: Mauersteine an der Ronneburg und zahlreiche Gebäudesockel privater Häuser in der Umgebung; Gesteinstypus regional häufig als Mauerstein verbaut

Literaturhinweise: GRAMSE (1971), VON REINACH (1899b)

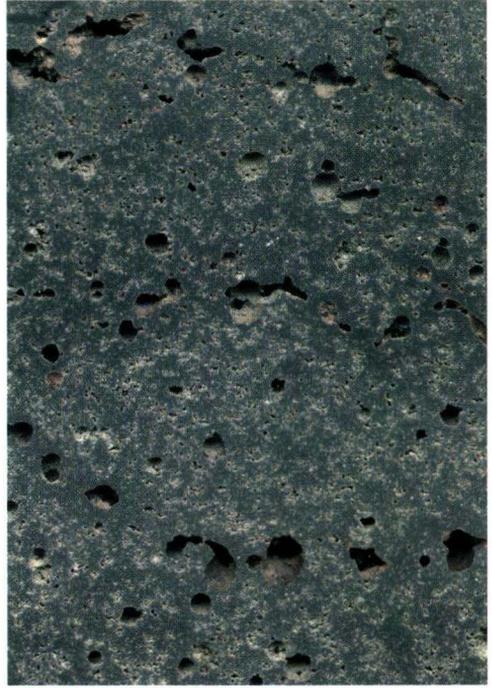
Abbildungen:

l.o.: Ronneburg, Blick auf steinsichtigen Bergfried: Architektonische Elemente wie z.B. Fenstergewände aus rotem Sandstein, Bruchsteinmauerwerk aus Basaltlava

r.o.: Musterplatte: Kreisrunde oder ausgelängte Gasblasen häufig miteinander in Verbindung stehend oder kettenartig zu Blasenzügen zusammengeschlossen; rostbraune Eisenhydroxide, gelborangefarbene Tonminerale oder gelblichgrüne viriditische Substanzen innerhalb von Blasenräumen; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, X Pol.: Gelbe Tonminerale als dünner Saum und kugelig-konzentrische, dunkelrote bis schwarze Eisen-Mangan-Oxide bzw. Eisenhydroxide in Gasblase; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Überblick über intergranular-intersertales bis hyaloophitisches Gefüge: Weiße, leisten- bis tafelförmige Plagioklase, schwarze Ilmenitleisten und gelbgraue Pyroxene, Mesostasis aus braunem Glas und teilweise kleinsten Erzphasen; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



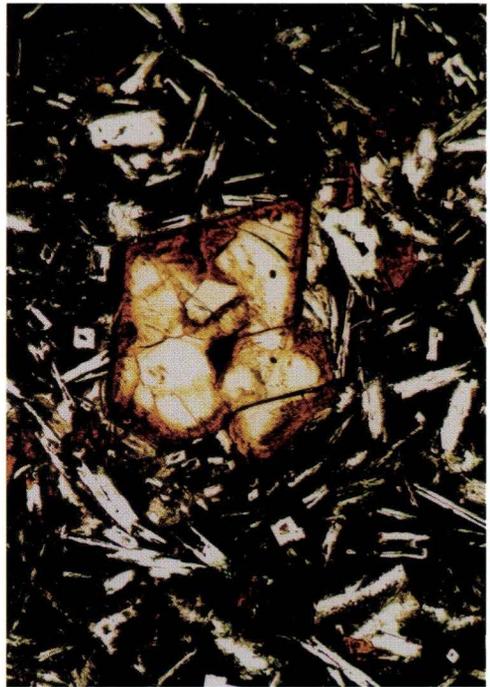
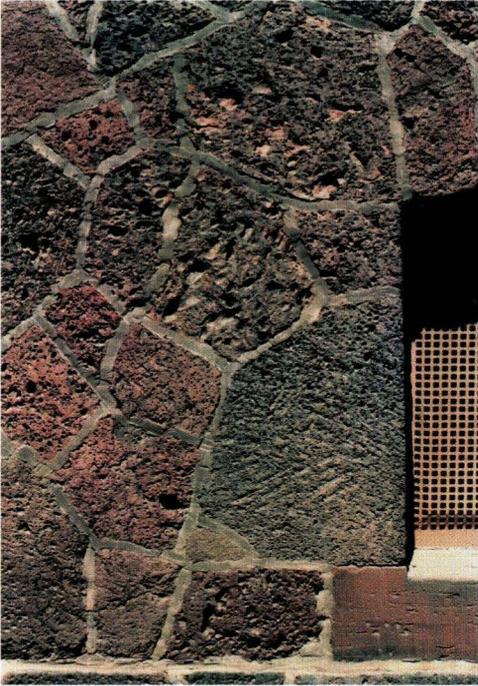
Büdingen Basaltlava

Vogelsberg

Klassifikation: Olivinbasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5720 Büdingen (GK 25: Hüttengesäß, 1. Aufl. 1899), südsüdwestlich Oberndorf; R 3501790, H 5571700; verfallener Steinbruch; zahlreiche weitere alte und in Betrieb befindliche Steinbrüche mit vergleichbarem Material in der Umgebung**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** durch Verwitterung graubrauner bis bräunlichvioletter, stark blasiger Basalt; Blasen mit unregelmäßig rundlichen Formen von 1 mm bis > 4 cm (durchschnittlich 5 mm) Größe und teilweise miteinander in Verbindung stehend, in unterschiedlichem Maße von Sekundärmineralen ausgekleidet (Smectit, Zeolithminerale, Eisen-Mangan-Oxide)**mikroskopisch:** *Gefüge:* hyaloophitisch bis intergranular-intersertal, z.T. auch schwach porphyrisch, fein- bis feinkörnig;*Mineralbestand: Einsprenglinge:* Olivin: zumeist vollständig iddingsitisiert, frische Kernbereiche nur in größeren Kristallen, hypidiomorph bis idiomorph, z.T. auch mit Schmelzeinschlüssen, Kristallgröße bis 0,5 mm; Klinopyroxen: hypidiomorph bis idiomorph, bis 0,7 mm Größe, in größeren Kristallen oft Schmelzeinschlüsse enthalten; *Grundmasse:* Plagioklas: hypidiomorphe, an den Enden ausgefrante Leisten, untergeordnet idiomorphe, tafelige Kristalle, 0,05–0,8 mm Länge; Olivin und Klinopyroxen: untergeordnet auch als Grundmasseminerale;*Mesostasis:* stark erzpigmentiert und opak, besonders um Gasblasen erhöhter Anteil an Glas;*Porenraum:* neben makroskopisch erkennbaren, mit glatten Wandungen versehenen Blasen sind auch Poren mit wenigen μm Durchmesser im Gestein enthalten, in die Plagioklasleisten hineinragen; an größeren Gasblasen z.T. Smectit oder Zeolithe als Hohlraumminerale; Goethit und Hämatit: akzessorisch, als wenige μm große Nadeln; sichtbare Porosität: 16 Vol.-%**Modalbestand:** Plagioklas 35 Vol.-%, Olivin 9 Vol.-%, Klinopyroxen 3 Vol.-%, Akzessorien <1 Vol.-%, Mesostasis 53 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,32	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	1,87	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,4	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	5,25	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	10,31	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,51	[-]
- effektive Porosität:	18,15	[Vol.-%]
- hygische Dehnung:	0,25	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	34,34	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	30,54	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** Mauersteine am Kirchplatz sowie Gebäudesockel privater Häuser in Düdelsheim; grauschwarze bis rötlichbraune Basaltlaven wurden in der Region des südlichen Vogelsbergs weitläufig als Baumaterial verwendet**Literaturhinweise:** GRAMSE (1971), VON REINACH (1899b)**Abbildungen:****l.o.:** Calbach, Privathaus: Mauersteine im Sockelbereich mit Färbung von hell rötlichgrau bis violettrot, Größe der Gasblasen von wenigen mm bis zu mehreren cm Durchmesser**r.o.:** Musterplatte: Smectite (gelblichweiß), Zeolithe (grauweiß) oder Erzphasen (schwarz) innerhalb von Gasblasen; rundliche Blasen isoliert oder über Kanalsystem miteinander in Verbindung stehend (links unten); Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Opake Mesostasis sowie Plagioklasleisten und zu Iddingsit umgewandelte orangefarbene Olivinkristalle; hohe Porosität durch zahlreiche runde Gasblasen (im Ausschnitt blau/weiße Bereiche); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Größerer Olivin (Bildmitte) mit noch frischem Kernbereich, vom Rand und von Rissen ausgehende Umwandlung zu Iddingsit, kleinere Kristalle vollständig umgewandelt; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



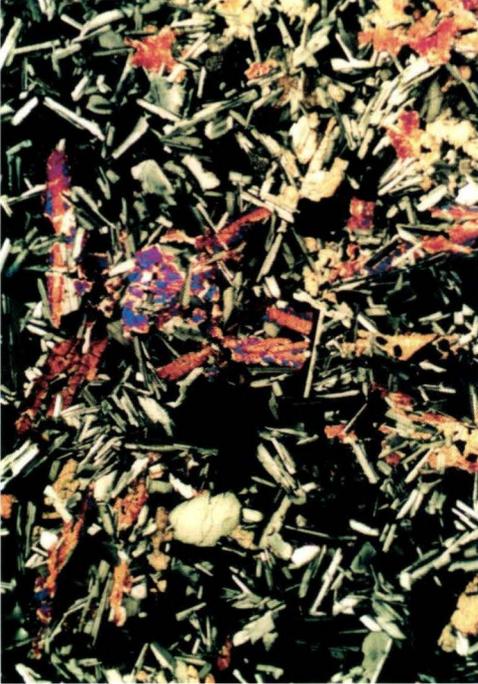
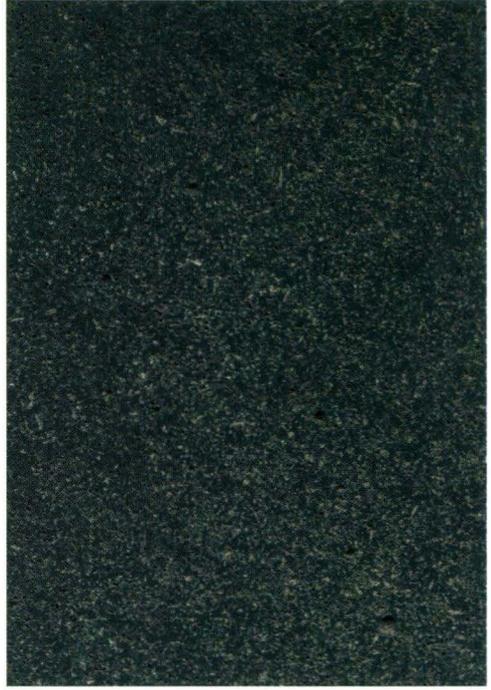
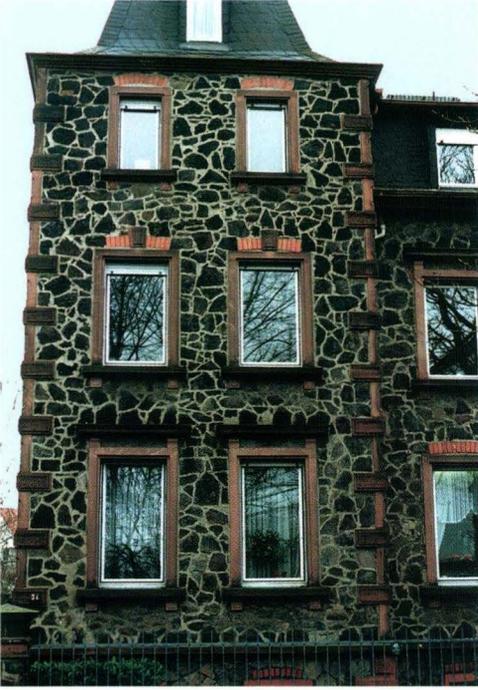
Steinheimer Basaltlava

Vogelsberg

Klassifikation: Tholeiit-Basalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5819 Hanau, zwischen Steinheim und Dietesheim; R 3490980, H 5553030; offen gelassenes, weitläufiges, z.T. rekultiviertes Steinbruchgelände, Nutzung als Freizeitgelände mit Seen**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grünlichgraues bis blaugraues, fein- bis mittelkörniges Gestein, durch Verwitterung auch gebleichte, hellgraue oder bräunliche Oberflächen; allgemein hohe Porosität erkennbar, dabei Partien mit kleinen Blasen von ca. 1 mm Durchmesser sowie Blasenzüge mit Blasen bis > 1 cm Durchmesser, in denen größere Minerale bis 3 mm Länge (Siderit, Ilmenit, Aragonit) hineingewachsen sind; vor allem in den blasigen Partien sind in der Grundmasse eingebettet deutlich Kristalle von Plagioklas, Pyroxen und Erz bis > 2 mm Länge zu erkennen**mikroskopisch:** *Gefüge:* ophitisch bis intersertal, um Gasblasen auch hyaloophitisch, zumeist feinkörnig, stellenweise auch fein- bis mittelkörnig;*Mineralbestand:* Plagioklas: hypidiomorphe bis idiomorphe Leisten oder Tafeln, 0,1–1,5 mm Länge, z.T. ophitisch von Pyroxen eingeschlossen; Pyroxen (Pigeonit und diopsidischer Augit), xenomorph bis hypidiomorph, 0,1 bis max. 2,5 mm Größe, Minerale z.T. glomerophyrisch miteinander verwachsen; Erzphasen: leistenförmiger Ilmenit (0,05–0,8 mm) und untergeordnet Magnetitkörner (10–60 µm); Apatit ist häufig in und an Plagioklas gesprosst und liegt als kleinste Nadeln vor;*Mesostasis:* bräunliches, erzpigmentiertes Glas kommt stellenweise in Zwickeln oder auch um größere Gasblasen vor;*Porraum:* sichtbare Porosität: 20 Vol.-%**Modalbestand:** Plagioklas 45 Vol.-%, Pyroxene 34 Vol.-%, Glas 16 Vol.-%, Erz 5 Vol.-%, Apatit < 1 Vol.-%**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,64	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,45	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,3	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	2,56	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	3,04	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,84	[-]
- effektive Porosität:	4,88	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,26	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	78,82	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	39,12	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Pflasterstein, Randstein**Verwendungsbeispiele:** vor allem als Bruchmauerstein an zahlreichen Mauern im Hanauer Raum, auch als Mauerstein für den Häuser- und Kirchenbau**Literaturhinweise:** DIENEMANN & BURRE (1929), ERNST & MÖRTEL (1969), ERNST & SCHORER (1969), FUHRMANN & LIPPOLT (1987), GÄBERT et al. (1915), HORN et al. (1972), HORNSTEIN (1867), KOCH (1892), MURAWSKI (1939), VON REINACH (1899a), RENFTEL (1983, 1992, 1994), WILKE (1981)**Abbildungen:****Lo.:** Hanau-Kesselstadt, Privathaus: Bruchsteinmauerwerk aus Steinheimer Basaltlava und architektonischen Elementen aus Sandstein**ro.:** Musterplatte: Nur vereinzelte größere Gasblasen im Probenmaterial, Vielzahl ca. 1 mm kleiner Poren durchsetzt jedoch regelmäßig blaugrauen Basalt; Originalgröße**Lu.:** Dünnschliff, X Pol.: Glomerophyrische Aggregate aus bunten Pyroxenen (Bildmitte); Blasenräume mit glatten Wandungen selten, vielmehr mit in Hohlräume hineingewachsenen Mineralphasen (dunkel, unterhalb der Bildmitte); Bildhöhe ≈ 5 mm**ru.:** Dünnschliff, X Pol.: Detailaufnahme mit Zwillinglamellierung an Plagioklasen, diese leisten- und tafelförmigen Kristalle häufig auch ganz oder teilweise von Pyroxenkristallen eingeschlossen; Bildhöhe ≈ 1,3 mm



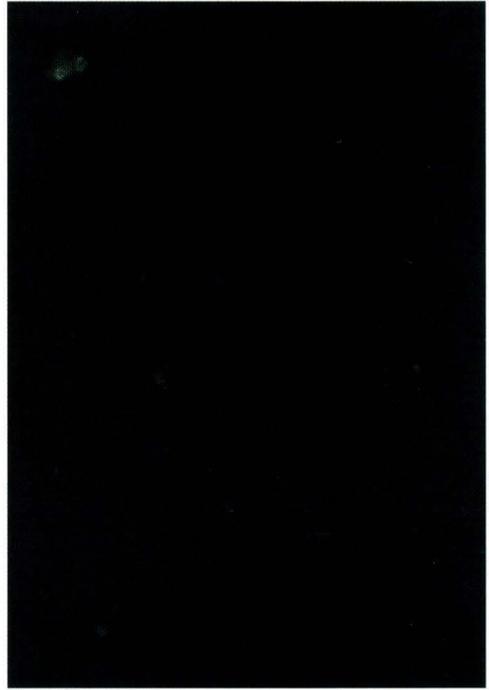
Ortenberger Basalt

Vogelsberg

Klassifikation: Alkali-Olivinbasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5620 Ortenberg, südöstlich Bergheim, östlich des *Rodenberges*; R 3507260, H 5578600; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grauschwarzer, kompakter Basalt, durch idiomorphe, frische oder bräunlich alterierte Olivin- und dunkle, einspiegelnde Pyroxeneinsprenglinge bis >1 mm Größe porphyrisch, Mantelxenolithe (Lherzolithe) bis >3 cm Durchmesser sind häufig**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch, *Grundmasse:* mikrolithisch;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: randlich oder von Mikrorissen ausgehend viriditisiert, hypidiomorphe bis idiomorphe Gestalt, häufig mit Schmelzeinschlüssen, Kristalle bis max. 1,6 mm; Klinopyroxen (vorwiegend Augit): hypidiomorph bis idiomorph, bis 4,7 mm Größe, an einigen Kristallen deutlicher Zonarbau (titanhaltig), größere Kristalle oft glomerophyrisch zusammengeschlossen;*Grundmasse:* Plagioklas: hypidiomorphe bis idiomorphe, an den Enden häufig ausgefranzte, leisten- oder tafelförmige Kristalle; Klinopyroxen: hypidiomorph, ab ca. 40 µm Größe; Magnetit: unregelmäßige bis idiomorphe kubische Körner; Apatit: als winzige, idiomorphe Nadelchen, auch in Plagioklas eingewachsen, akzessorisch; Analcim und weitere Zeolithe: primär zwickelfüllend oder aus Glas hervorgegangen;*Mesostasis:* Glas: hellbraun bis rotbraun oder nahezu opak; bereichsweise sekundäre Chloritisierung**Modalbestand:** Klinopyroxen 28 Vol.%, Plagioklas 27 Vol.%, Olivin 16 Vol.%, Erz 5 Vol.%, Zeolithminerale 4 Vol.%, Chlorit, Apatit <1 Vol.%, glasige Bereiche 20 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	3,00	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,97	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,36	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,38	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,95	[-]
- effektive Porosität:	0,57	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	318,02	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	91,21	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Grenz-, Pflaster- und Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** vor allem als Pflasterstein regional und auch überregional zahlreich verwendet**Literaturhinweise:** BARTH et al. (1978), EHRENBERG (1978a, b), EHRENBERG & HICKETHIER (1978), EHRENBERG et al. (1982)**Abbildungen:****l.o.:** Büdingen-Düdelshelm, historisches Bauernhaus: Typische Verwendung von Basaltbruchsteinen in Kombination mit rotem Sandstein als Werkstein für Eckquaderungen**r.o.:** Musterplatte: Kompakter, grauschwarzer Basalt mit vereinzelt Olivinen oder Mantelxenolithen (grüne Farbe); porphyrische Klinopyroxene erreichen Größen bis knapp 5 mm Länge; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Idiomorpher Pyroxenkristall mit deutlicher Zonierung im Randbereich, zahlreiche Schmelzeinschlüsse im Kristallinneren; Grundmasse um Einsprenglinge aus Pyroxen (bunte Kristalle), aus Plagioklas, Erz, Foidmineralen und Akzessorien; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Aggregat aus Pyroxenen (gelblichgrau) und Olivin, beide Minerale von zahlreichen Rissen durchzogen und mit Fremdeinschlüssen im Kristallinneren; randliche und von Rissen ausgehende Umwandlung des Olivins in grünen Viridit; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



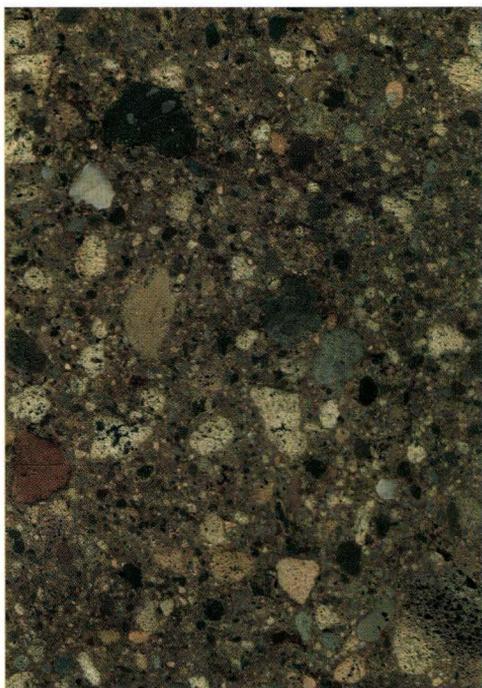
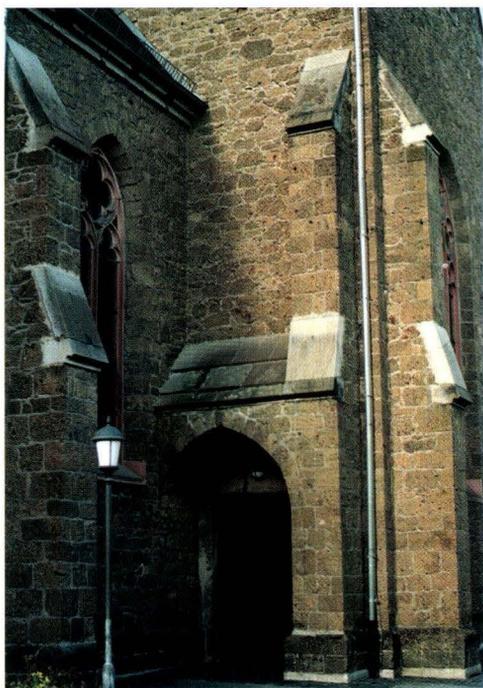
Dornburger Tuffstein

Westerwald

Klassifikation: basaltischer Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5514 Hadamar, südlich Dorndorf, Gemeinde Dornburg, *Rollsberg*; R 3429200, H 5596120; aufgelassener Steinbruch**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Oligozän/Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** gelblichbrauner Lapillituff, ungeschichtete, massige bis deutlich geschichtete Partien; Pyroklasten: eckig bis gerundet, 1 mm bis 5 (>10) cm Größe, gelblichweiße bis orangegelbe, bimsartige Pyroklasten (nach HENTSCHEL (1979): palagonitisch umgewandelt und selektiv enteisend), andere sind weniger blasig und graubraun oder rotbraun gefärbt, darin z.T. Kristalle bis 3 mm Größe; Xenolithe: Quarzsandkörner, Quarzit, Grauwacke und Tonstein, Vulkanitfragmente aus Trachyt und Andesit; gelbbraunes bis hellbraunes Bindemittel**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* bimsartige (s.o.) und blasenfreie bis blasige, hellbräunliche bis fast schwarze Partikel; *Gefüge:* vitrophyrisch bis hyalopilitisch; *Mineralbestand:* Plagioklas: leisten- oder tafelförmig, 0,01–0,7 mm; Klinopyroxen: hypidiomorph bis idiomorph, 0,01–0,6 mm, z.T. Sanduhrstruktur, Zonarbau und glomerophyrische Aggregate; Magnetit: feinsten Erzstaub oder als max. 30 µm große Erzkörnchen; Hornblende: pleochroitisch, meistens als freiliegende, braune Kristalloklasten bis 1 mm Größe; *Grundmasse:* glasig bis palagonitisch alteriert;*Interpartikelraum:* Matrix aus feinstem Aschematerial, z.T. palagonitisch-tonmineralisch alteriert; Tonmineralzement nur untergeordnet;*Intrapartikelraum:* Tonmineralzement (Smectite) kleidet Gasblasen aus;**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 52 Vol.%, Bindemittel (Matrix, Zement) 37 Vol.%, Xenolithe 4 Vol.%, Porosität 7 Vol.%**Modalbestand der Pyroklasten:** glasige bis palagonitische Grundmasse 48 Vol.%, Plagioklas 33 Vol.%, Klinopyroxen 13 Vol.%, Erz 5 Vol.%, Hornblende 1 Vol.%**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,59	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,74	[g/cm ³]
- w-Wert:	3,0	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	18,36	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	18,90	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,97	[-]
- effektive Porosität:	30,85	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,16	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	34,45	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	5,86	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** regional: öffentliche und private Häuser in der Gemeinde Dornburg (Bahnhof, Schule, Kirche), Kloster Marienstatt bei Hachenburg**Literaturhinweise:** ABEL (1979), ANGELBIS (1891), HENTSCHEL (1979), STEINDLBERGER (2000, 2002a, b), STEINDLBERGER & AURAS (1999)**Abbildungen:****Lo.:** Thalheim, katholische Kirche, Nebeneingang: Tuffstein zahlreich in Gemeinde Dornburg als Mauerstein für Massivbauten verwendet**ro.:** Musterplatte: Gestein aus gelblichweißen, bimsartigen sowie dunklen, weniger porösen Pyroklasten, einzelnen Vulkanitfragmenten und Xenolithen aufgebaut; Originalgröße**Lu.:** Dünnschliff, II Pol.: Dunkle bis opake und helle, gelblichbraune Pyroklasten in Asche- bis Lapilligröße in Aschenmatrix eingebettet; Mineralbestand der Pyroklasten dabei stets identisch, helle Komponenten aber an Eisen angereichert; Feldspatleisten verdeutlichen z.T. ausgeprägtes Fließgefüge innerhalb Pyroklasten; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**ru.:** Dünnschliff, X Pol.: Pyroklasten gut von hellen, vollkristallinen Komponenten unterscheidbar; Quarzit, Grauwacke (unten links), Quarzsandkörner und Vulkanite wie Trachyt (oben rechts) als Xenolithe; Hohlräume von Tonmineralen ausgekleidet; großer Plagioklas mit Zwillingslamellen (oben, halblinks); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Beselicher Palagonittuff

Westerwald

Klassifikation: basaltischer Hyaloklastit mit Klasten in Lapilligröße

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5514 Hadamar, nordwestlich Niedertiefenbach, am Beselicher Hof; R 3438960, H 5590530; verfallener Steinbruch

Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: gelblichgrünbraunes Gestein, aufgebaut aus unregelmäßig geformten Fragmenten von 1–25 mm Durchmesser, dicht bis porös ausgebildete Hyaloklasten sind im Inneren braungrau oder grauschwarz gefärbt und randlich mit einem helleren Palagonitsaum versehen, kleinere Klasten z.T. auch vollständig umgewandelt; akzessorisch sind Quarzsandkörner, Quarzit- und Buntsandsteinfragmente im Gestein enthalten; tonmineralisches Bindemittel, bereichsweise auch schwarzes, eisen-manganhaltiges Material; Porosität ist relativ hoch, da das Bindemittel die Intergranularräume nicht vollständig ausfüllt

mikroskopisch: *Hyaloklasten:* hellbraune bis braune Sideromelängläser mit hellerem, gelblichem Palagonitsaum; *Gefüge:* vitrophyrisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (überwiegend Augit): zumeist idiomorph, 0,05–2,1 mm Größe, kleinere Kristalle oft glomerophyrisch miteinander verwachsen, häufig Zonarbau und Sanduhrstruktur; Olivin: 0,05–0,8 mm Länge, idiomorph, häufig mit Schmelzeinschlüssen, oftmals stark alterierte Kristalle; Plagioklas: leistenförmig, zwischen 3–18 µm lang; *Grundmasse:* glasig bis palagonitisch, rundliche Palagonitsphärolithe bis 30 µm Durchmesser mit Anteil von 10–50 Vol.-% am Aufbau der Sideromelängläser, randlich oft mit hellerem, gelbem Palagonitsaum;

Interpartikelraum: *Zement:* Tonminerale (Smectite); nicht selten auch Anlagerung von dünnem Saum eisen- oder manganhaltiger Erzphasen

Gesteinsaufbau: Hyaloklasten 75 Vol.-%, Bindemittel (Zement) 6 Vol.-%, Xenolithe <1 Vol.-%, Porosität 19 Vol.-%

Modalbestand der Hyaloklasten: Grundmasse (incl. Palagonitsaum) 77 Vol.-%, Klinopyroxen 16 Vol.-%, Olivin 5 Vol.-%, Plagioklas 2 Vol.-%

Gesteintechnische Kenndaten:

Dichte:	2,70	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	1,87	[g/cm ³]
- w-Wert:	4,5	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	13,17	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	16,43	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,80	[-]
- effektive Porosität:	26,11	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,41	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	14,42	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	2,42	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: nur von der Kloster- ruine Beselich und vom Beselicher Hof bekannt

Literaturhinweise: ABEL (1979), ANGELBIS (1891), AURAS et al. (2000), GRAULICH & MARTIN (1997), HENTSCHEL (1951b, 1979), HENTSCHEL & MICHELS (1953), KLÜPFEL (1953b), SANDBERGER (1849), STEINDLBERGER (2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)

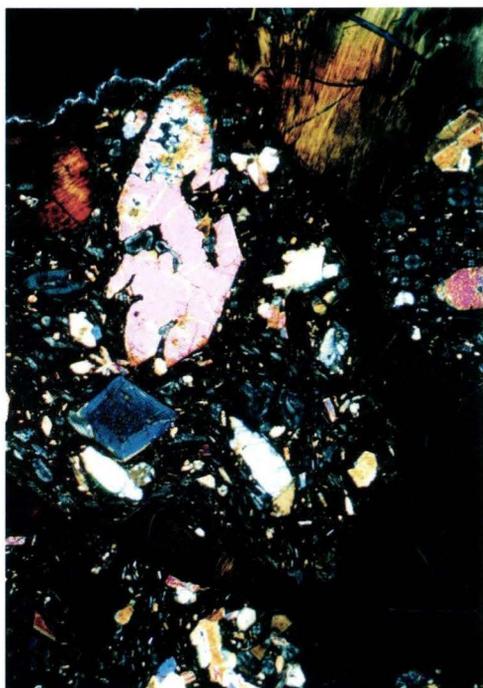
Abbildungen:

l.o.: Kloster ruine am Beselicher Hof: Einzelne Eck- quader aus Palagonittuff im Verbund mit Basaltbruch- steinen

r.o.: Musterplatte: Braungraue Hyaloklasten von helleren Palagonitsäumen umgeben, einige Klasten auch vollständig in gelblichbraunen Palagonit umge- wandelt; xenolithische Komponenten (weißes Quarz- sandkorn, linker Bildrand) sehr untergeordnet am Gesteinsaufbau beteiligt; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Smectitischer Tonminerale- zement in typische schollenartige Bruchmuster zer- legt; hellerer palagonitischer Saum im Randbereich des linken Hyaloklasten, Kernbereich dagegen noch sideromelanisch; rechtes Fragment mit runden Pala- gonitsphärolithen (vgl. Abb. r.u.); Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol., gleicher Bildausschnitt wie l.u.: Olivineinsprenglinge z.T. mit Grundmasseein- schlüssen; Klinopyroxene häufig zoniert (blauer Kris- tall) oder verzwilligt (rechts oben), kleinere Kristalle auch zu sternförmigen Aggregaten glomerophyrisch zusammengeschlossen; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



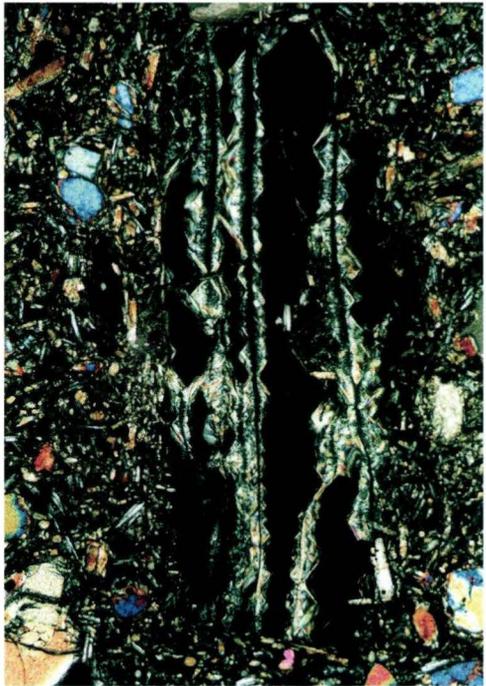
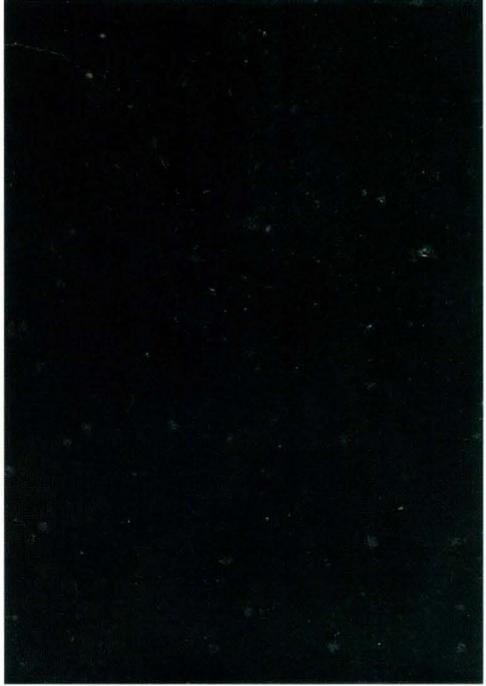
Dornburger Basalt

Westerwald

Klassifikation: Alkali-Olivinbasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5514 Hadamar, süd-südwestlich Thalheim, Gemeinde Dornburg, am *Hellersberg*; R 3429600, H 5593980; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** dunkelgrauer bis grauschwarzer, kompakter Basalt, porphyrisches Gefüge durch orangebraun alterierte Olivineinsprenglinge bis 3 mm und Pyroxeneinsprenglinge bis 3 mm Länge**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* dicht bis feinkörnig oder mikrolithisch;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: serialporphyrisch bis 3 mm Größe, zumeist idiomorph, auch mit Schmelzeinschlüssen, am Kornrand oder an Sprüngen beginnende Viriditisierung, z.T. randlich mit Erz verwachsen; Klinopyroxen (Diopsid-Hedenbergit-Mischkristall): bis 1,1 mm Größe, zumeist idiomorphe, gedrungene Kristalle, zonierte und oftmals mit Grundmasse im Kristallinneren; *Grundmasse:* Olivin: als Grundmassemineral selten; Klinopyroxen: länglich-prismatische Minerale mit wenigen μm Länge; Magnetit: kleine kubische Körnchen oder als größere Erzanreicherung bis max. 300 μm Durchmesser; Plagioklas: hypidiomorphe, an den Enden ausgefrante Leisten und Tafeln oder xenomorph, 15–200 μm Länge; Apatit: akzessorisch, kleine, bis 15 μm lange Nadelchen, z.T. auch innerhalb von Plagioklas gesprosst; Glas: zwickelfüllend, hellbraun, eher selten;*Porenraum:* gelblichgrüne viriditische Substanzen füllen häufig zusammen mit Kalzit und Zeolithmineralen vereinzelte rundliche Gasblasen aus**Modalbestand:** Klinopyroxen 58 Vol.-%, Olivin 14 Vol.-%, Plagioklas 14 Vol.-%, Viridit 7 Vol.-%, Magnetit 6 Vol.-%, Glas, Kalzit und Zeolithe 1 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,98	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,97	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,10	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,11	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,86	[-]
- effektive Porosität:	0,17	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	320,02	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	90,92	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Pflasterstein, Bordstein, Grenzstein**Verwendungsbeispiele:** als Mauerstein in der Gemeinde Dornburg häufig verbaut, nicht selten in charakteristischer Verbindung mit Dornburger Tuffstein (vgl. Gestein Nr. 11)**Literaturhinweise:** ANGELBIS (1891), HENTSCHEL (1979), HENTSCHEL & THEWS (1979)**Abbildungen:****l.o.:** Frickhofen, Privathaus: Charakteristische Kombination von Basaltbruchsteinen im Sockelbereich und Dornburger Tuffstein im weiteren Aufbau**r.o.:** Musterplatte: Zahlreiche hellgrün durchscheinende Olivineinsprenglinge und hellgraue, unregelmäßige Flecken im Basalt, letztere wahrscheinlich auf Umwandlungserscheinungen innerhalb einer primär glasigen Grundmasse zurückgehend; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Gefügeübersicht: Grundmasse aus Pyroxen, Plagioklas, Erz, wenig Olivin; Olivineinsprenglinge zahlreich, alle durch Mikrorisse und von diesen Rissen ausgehenden Umwandlungserscheinungen geprägt (unten, helle Bereiche im grauen Kristall); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Olivinkristall in Auslöschstellung mit exemplarischer von Mikrorissen ausgehender Viriditisierung, Umwandlungsprodukte dabei deutlich Spaltwinkel des Wirtskristalls nachzeichnend; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



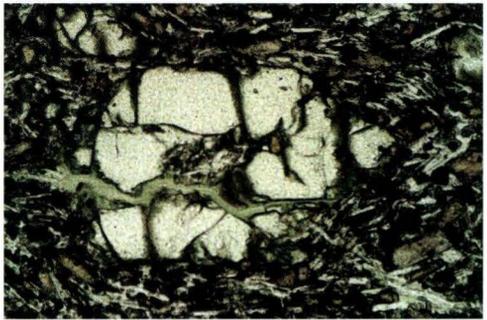
Greifensteiner Säulenbasalt

Westerwald

Klassifikation: Alkali-Olivinbasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5315 Herborn, nordöstlich Beilstein, am *Beilstein*; R 3446920, H 5609330; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Oligozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** im Steinbruch exemplarische Absonderung des Basalts in polygonale Säulen; dunkelgraue bis dunkelbläulichgraue Farbe, kompakt, durch Einsprenglinge von Olivin und Pyroxen porphyrisch, Größe der Einsprenglinge 0,5–5 mm, Olivine sind frisch oder orangebraun alteriert, größere Pyroxene mit Schmelzeinschlüssen, vereinzelt Gasblasen sind mit Zeolithmineralen gefüllt; Mantelxenolithe erreichen bis >1,0 cm Durchmesser**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* intergranular bis intersertal, sperrig oder subparallel angeordnete Kristalle, dicht bis feinkörnig oder mikrolithisch;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: bis 5 mm Durchmesser, idiomorph oder mit Grundmasseinschlüssen, randliche oder an Rissen beginnende bis vollständige Viriditisierung; Klinopyroxen: bis 3,5 mm Länge, idiomorph, z.T. zoniert, größere Kristalle häufig mit Schmelzeinschlüssen und viriditisiert; *Grundmasse:* Olivin: kleinste Kristalle ab 60 µm Größe; Klinopyroxen: ab ca. 10 µm; Plagioklas: leistenförmig mit ausgefranst Enden, selten tafelig, 20 µm–0,3 mm Länge; Magnetit: kubische Körner, max. 80 µm Größe; Apatit: als wenige µm lange Nadelchen, häufig in Plagioklas eingewachsen;*Mesostasis:* bereichsweise glasig, z.T. auch Foidminerale und Kalzit;*Porenraum:* vereinzelt kleine Gasblasen sind vollständig mit Sekundärmineralen (Zeolithe, Chlorit) ausgefüllt; Kalzit: in verheilten kleinen Rissen und in Blasen;**Modalbestand:** Klinopyroxen 47 Vol.%, Plagioklas 25 Vol.%, Olivin 17 Vol.%, Magnetit 9 Vol.%, Glas 2 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,99	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,96	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,29	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,39	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,74	[-]
- effektive Porosität:	0,59	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,07	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	286,62	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	90,02	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Bruchsteine oder polygonale Säulenbruchstücke als Mauersteine, Säulen oder Säulengruppen als Dekorations- oder Denkmalsteine, einzelne Säulen als Begrenzungselemente**Verwendungsbeispiele:** als Mauerstein in der nahen Umgebung (Burg Greifenstein), als Dekorationssäulen auch überregional eingesetzt**Literaturhinweise:** KAYSER (1907b), MÜLLER (1991, 1998), RUMPF (1991), SCHWATE (2000), TURK et al. (1984)**Abbildungen:****oben:** Steinbruch am Beilstein: Greifensteiner Säulenbasalt mit polygonalen Basaltsäulen**l.u.:** Großen-Buseck: Anordnung von Basaltsäulen zu einem Springbrunnen**r. Mitte:** Musterplatte: Zahlreiche, gelblichgrün durchscheinende Olivinkristalle porphyrisch in dichter, grauschwarzer Grundmasse eingebettet; vereinzelt Gasblasen vollständig mit hellen Sekundärmineralen (Zeolithe, Chlorit) ausgefüllt; Originalgröße**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Olivinkristall mit im Kernbereich glasigen (braunen) bis feinkristallinen Grundmasseeinschlüssen durch zahlreiche Mikrorisse zergliedert; mit grünlichen viriditisch-chloritischen Mineralen verheilte Riss durch Olivin und auch Gesteinsbereich von links nach rechts unten verlaufend; Grundmasse aus graubraunen Klinopyroxenen, weißen Plagioklasleisten und schwarzen Magnetit-Erzkörnchen; Einsprengling und Grundmasseminerale in Fließrichtung eingeregelt; Bildbreite $\hat{=}$ 1,3 mm



Wallensteiner Tuffstein

Knüllgebirge

Klassifikation: basaltische pyroklastische Brekzie**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5022 Schwarzenborn, Burgruine Wallenstein; R 3534750, H 5646340; Ruine auf, in und teilweise aus Tuffstein erbaut**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: rötlichbraune, ungeschichtete bis leicht geschichtete Tuffbrekzie, lithoklastenreich; Pyroklasten: blasenfrei bis blasig, grauschwarz, violettgrau oder rotbraun, häufig fluidal texturiert, Olivin- und Pyroxenkristalle innerhalb der Pyroklasten und auch als freiliegende Kristalloklasten; Xenolithe: rotbrauner Tonstein, roter und gelblichweißer, gefritteter Sandstein, Quarzit, einzelne Quarzsandkörner, Basaltfragmente, Mantelxenolithe, allgemeine Größe der Xenolithe: 1 mm bis >15 cm Durchmesser; orangebraunes bis graubraunes Bindemittel

mikroskopisch: *Pyroklasten:* gelbbraune bis schwarze Asche- und Lapillikörner, blasenfrei bis blasig; *Gefüge:* vitrophyrisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen: hypidiomorph bis idiomorph, 20 µm bis 0,8 mm Kristallgröße, häufig zoniert; Olivin: hypidiomorph bis idiomorph, oft mit Grundmasseinschlüssen, 40 µm bis 1,4 mm Länge; Magnetit: kubische Körner, 5–40 µm Größe; Kristalloklasten aus Pyroxen und Olivin sind zahlreich; *Grundmasse:* glasig bis alteriert, z.T. opak;

Interpartikelraum: Tonmineralzement und feinste Aschenmatrix;

Intrapartikelraum: Tonmineralzement;

Xenolithe: Sandstein, Quarzit z.T. auffällig hämatitisiert, Quarzsandkörner, Lherzolithe, basaltische Lithoklasten (Mineralbestand: Plagioklas, Klinopyroxen, Magnetit, Ilmenit, Apatit, Olivin und entlang bis tonmineralische Mesostasis)

Gesteinsaufbau: Pyroklasten 36 Vol.%, Bindemittel 17 Vol.%, Xenolithe 34 Vol.%, Porosität 13 Vol.%

Modalbestand der Pyroklasten: glasige bis alterierte Grundmasse 66 Vol.%, Klinopyroxen 15 Vol.%, Olivin 13 Vol.%, Erz 6 Vol.%

Gesteistechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,83	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,07	[g/cm ³]
- w-Wert:	5,4	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	11,29	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	12,95	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,87	[-]
- effektive Porosität:	20,02	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	33,63	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	16,89	[GPa]

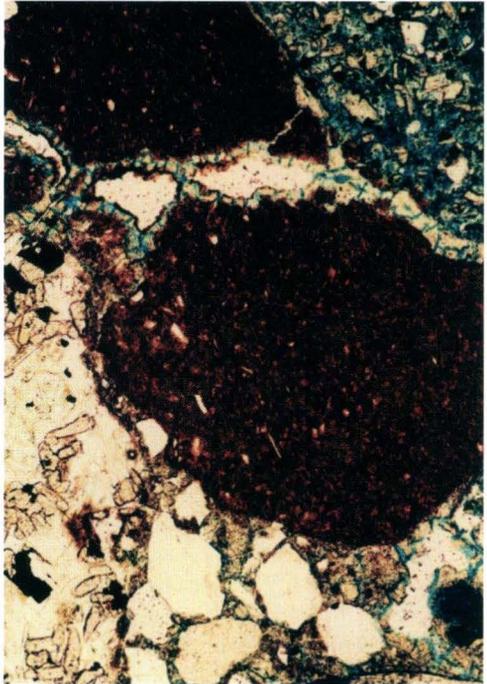
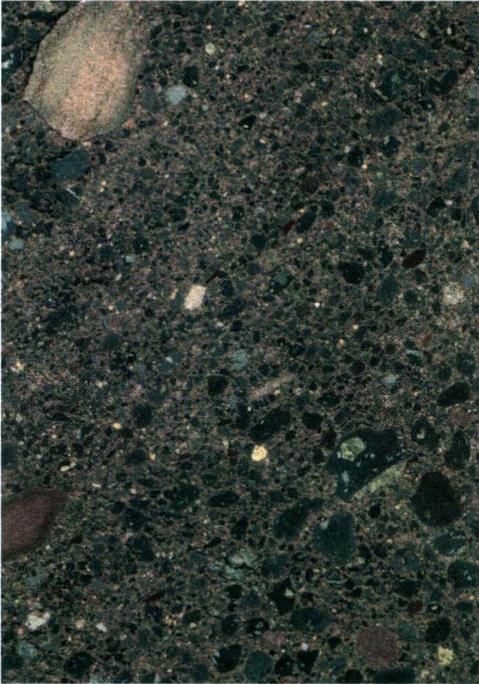
Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** oberer Burghof und Kellerräume der Burgruine**Literaturhinweise:** BLANCKENHORN (1919)**Abbildungen:**

Lo.: Burghof der Ruine Wallenstein: Mauerwerk aus im Untergrund anstehender Tuffbrekzie sowie aus Sandstein und Basalt; weiße und rote Sandsteine mit z.T. intensiven Frittungserscheinungen zahlreich in Tuffbrekzie enthalten

ro.: Detail aus linker Abbildung (Mauerstein etwas links oberhalb von dortiger Bildmitte): Mauerstein mit typischem Schadensbild mit Schalenbildung und Absanden bzw. Ausbrechen auch größerer Komponenten, bedingt durch Frosteinwirkung und hygrische Quell- und Schwindprozesse durch quellfähiges tonmineralisches Bindemittel

Lu.: Musterplatte: Durch Sortierung in der Korngröße leichte Schichtung im Gestein (von rechts unten nach links oben verlaufend); gelblichweißer gefritteter Sandstein-Xenolith inmitten relativ feinkörniger Pyroklasten (links oben); Originalgröße

ru.: Dünnschliff, II Pol.: Hoher Anteil an xenolithischem Material (rotbraune Tonsteinfragmente und weiße, eckige Quarzsandkörner) im Gestein; Tonmineralschichten in Hohlräumen senkrecht und parallel zum Lagenbau gerissen (blau eingefärbt); Bildhöhe ≈ 1,3 mm



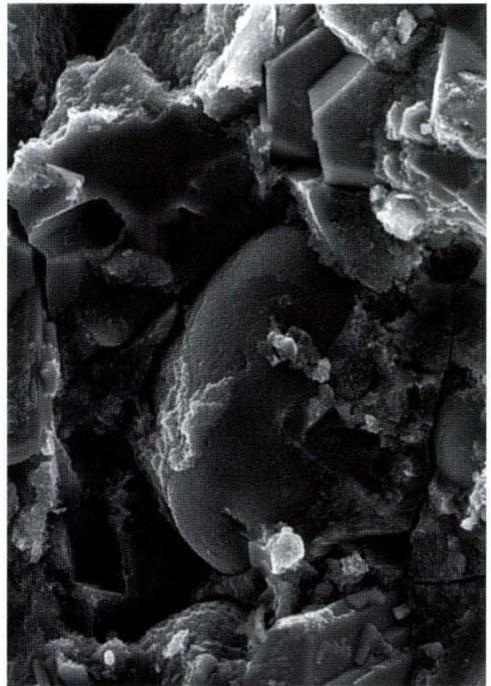
Großopperhäuser Tuffstein

Knüllgebirge

Klassifikation: basaltischer Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5022 Schwarzenborn, nordnordwestlich Großopperhausen, *Großer Schemberg*; R 3525720, H 5646320; Steinbruch ausgebeutet und größtenteils verfüllt**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** rotbrauner bis graubrauner Lapillituff, zumeist deutlich geschichtet; Pyroklasten: blasenfrei bis blasig, braune, graue, grünliche oder violette Farbe, häufig Fluidaltexur, 1–10 (–18) mm Korndurchmesser; Xenolithe: weißer und roter Sandstein, rotbrauner Tonstein, weißer Quarzit, Quarzsandkörner, vereinzelte braungüne Mantelxenolithe, Größe aller Xenolithe: 1–12 mm; orange-gelbes bis braunes Bindemittel**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* hellbraune bis schwarze Asche- und Lapillikörner, blasenfrei bis blasig; *Gefüge:* vitrophyrisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (Augit): hypidiomorph bis idiomorph, 20 µm bis 2 mm Größe; Olivin: hypidiomorph bis idiomorph, z.T. mit Grundmasseeinschlüssen, 0,2–2,3 mm lang; Magnetit: kubische Körner, 10–25 µm Größe; Hornblende: akzessorisch als bis zu 1 mm große Fragmente; Plagioklas und Apatit nur akzessorisch in einzelnen Klasten; zahlreiche Kristalloklasten aus Pyroxen und Olivin; *Grundmasse:* glasig bis alteriert, z.T. opak durch feinst verteiltes Erz;*Interpartikelraum:* Zement aus Tonmineralen (Smectite) und Eisenhydroxid; Aschenmatrix oft weitgehend tonmineralisch alteriert;*Intrapartikelraum:* Tonmineralzement;*Xenolithe:* Quarzit, Sandstein, Tonstein sowie einzelne Quarzsandkörner, letztere auch innerhalb der Pyroklasten**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 62 Vol.-%, Bindemittel (Matrix, Zement) 10 Vol.-%, Xenolithe 4 Vol.-%, Porosität 24 Vol.-%**Modalbestand der Pyroklasten:** glasige bis palagonitische Grundmasse 59 Vol.-%, Klinopyroxen 23 Vol.-%, Olivin 11 Vol.-%, Erz 7 Vol.-%, Plagioklas und Apatit < 1 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,86	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	1,72	[g/cm ³]
- w-Wert:	4,4	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	20,76	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	23,12	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,90	[-]
- effektive Porosität:	39,79	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,96	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	13,85	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	3,65	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** nur lokale Verwendung: ehemalige Klosterkirche und Privathäuser in Spieskappel**Literaturhinweise:** AURAS (1998), AURAS et al. (1996), BLANCKENHORN (1919), DIENEMANN & BURRE (1929: 101 ff.), GÖDICKE-DEITMERING (1997), STEINDLBERGER (1996a, 2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)**Abbildungen:****Lo.:** Spieskappel, evangelische Kirche, ehem. Prämonstratenserklöster, Ausschnitt aus der steinsichtigen Nordfassade: Unterschiede in Farbe und Struktur der verbauten Varietäten, alle Mauersteine entstammen altem Steinbruchgelände**ro.:** Musterplatte, schräg zur Schichtung angeschnitten: Gelber, tonmineralischer Zement in Funktion des Bindemittels vor allem im linken Bereich; Originalgröße**Lu.:** Dünnschliff, II Pol.: Häufig nur punktuelle direkte Kornkontakte zwischen dunklen, tachylitischen und gelbbraunen, sideromelanischen Pyroklasten und nur stellenweises Verkitten durch Bindemittel bedingt hohe Porosität der Tuffvarietät; Schrumpfungsriss innerhalb Tonmineralzement; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**ru.:** ESEM-Aufnahme: Smectitisches Bindemittel mit Rissbildung umgibt gerundetes Aschekorn, Kontaktbereich zwischen Korn und Bindemittel deutlich aufgeweitet; zwei idiomorphe Kristalle wahrscheinlich von Pyroxen (oben rechts); Bildhöhe $\hat{=}$ 63,5 µm



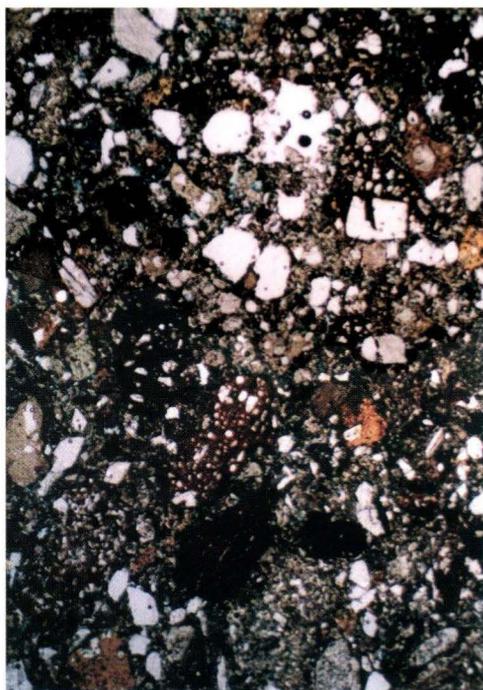
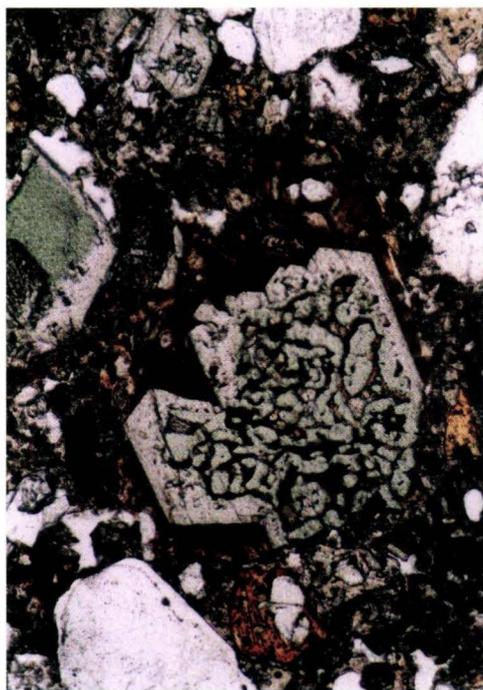
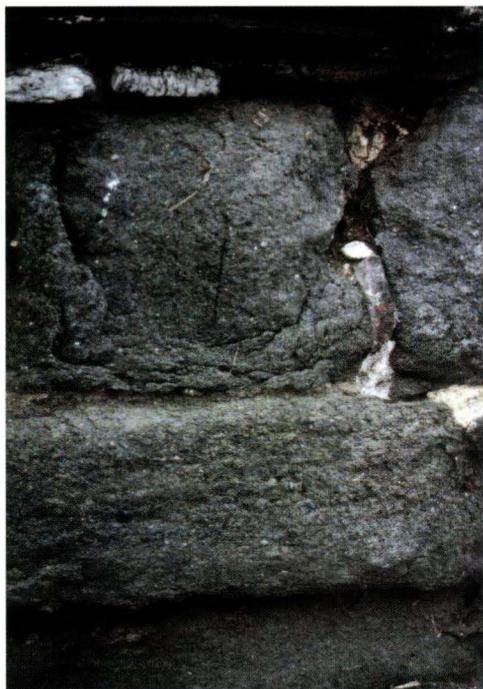
Schellbacher Tuffstein

Knüllgebirge

Klassifikation: basaltischer Aschen- bis Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25; Bl. 5022 Schwarzenborn, nordöstlich Schellbach; R 3532250, H 5651420 und R 3532120, H 5651250; reaktivierte Steinbrüche**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** graubrauner, geschichteter Tuff mit Partien aus Aschepartikeln und Asche-Lapillikörnern (1–4 mm); Pyroklasten: blasenfrei bis bläsigt, grauschwarz bis violettgrau, selten rotbraun; Kristalloklasten aus Olivin und Pyroxen mit 1–3 mm Kristallgröße, Olivine stark alteriert, dabei oft nur noch als erdige Substanz in Hohlräumen überliefert; Xenolithe: rotbrauner Tonstein und roter Sandstein, beigefarbene Toneinschlüsse, einzelne runde Quarzsandkörner, Quarzitfragmente, allgemeine Korngröße 1–4 mm; gelblichgraubraunes Bindemittel**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* hellgelbe, gelblichbraune, rotbraune bis schwarze Farbe; *Gefüge:* vitrophyrisch bis hyalopilitisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen: hypidiomorph bis idiomorph, größere Kristalle mit Grundmasseeinschlüssen, 10 μm bis 0,6 mm Größe; Olivin: idiomorph bis hypidiomorph, oft mit Schmelzeinschlüssen, 20 μm bis 1,0 mm lang; Magnetit: kubische Körner bis max. 10 μm Größe oder als feinsten Erzstaub; Plagioklas: leistenförmig, bis max. 80 μm Länge; Kristallasche aus Pyroxen und Olivin zahlreich, akzessorisch auch Hornblendefragmente; *Grundmasse:* glasig bis alteriert, z.T. opak;*Interpartikelraum:* feinste Aschenmatrix;*Intrapartikelraum:* Tonmineralzement;*Xenolithe:* hämatitreicher Tonstein, Quarzit, Sandstein, Quarzsandkörner, untergeordnet basaltische Lithoklasten**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 34 Vol.%, Bindemittel (Matrix) 34 Vol.%, Xenolithe 19 Vol.%, Porosität 13 Vol.-%**Modalbestand der Pyroklasten:** glasige bis palagonitische Grundmasse 58 Vol.%, Klinopyroxen 22 Vol.%, Olivin 16 Vol.%, Erz 2 Vol.%, Plagioklas 2 Vol.%, Hornblende <1 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,86	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,95	[g/cm ³]
- w-Wert:	3,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	15,64	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	16,27	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,96	[-]
- effektive Porosität:	25,01	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,69	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	42,60	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	8,00	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** nur auf lokaler Ebene: Sockelbereich alter Gebäude in Schellbach**Literaturhinweise:** BLANCKENHORN (1919)**Abbildungen:****l.o.:** Schellbach, altes Bauernhaus: Starke Verwitterungserscheinungen wie Schalenbildung, Rissbildung, Absanden und Abbröckeln infolge ständiger Wechselbeanspruchung von Durchfeuchtung und nachfolgender Austrocknung besonders im Sockelbereich**r.o.:** Musterplatte: Tuffvarietät mit feiner- und gröberkörnigen Schichtgliedern; gelbliche Alterationsprodukte der Olivin-Kristalloklasten; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Grünkern-Pyroxene (erhöhter Cr-Gehalt, Kernbereiche gegenüber Randzonen deutlich grün oder gelbgrün, evtl. diopsidische Augite) häufig idiomorph ausgebildet, größere Kristalle aber stets mit Schmelzeinschlüssen (Bildmitte); kleinere Aschepartikel oder Randbereiche größerer Pyroklasten palagonitisiert und von gelber oder hellorangener Farbe; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Übersicht verschieden gefärbter Pyroklasten: Farbspektrum von rot über gelb und braun bis schwarz; große Anteile von xenolithischen weißen Quarzsandkörnern bauen Lapillituff auf; Bindemittel aus Tonmineralzement und feinsten Aschenmatrix; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



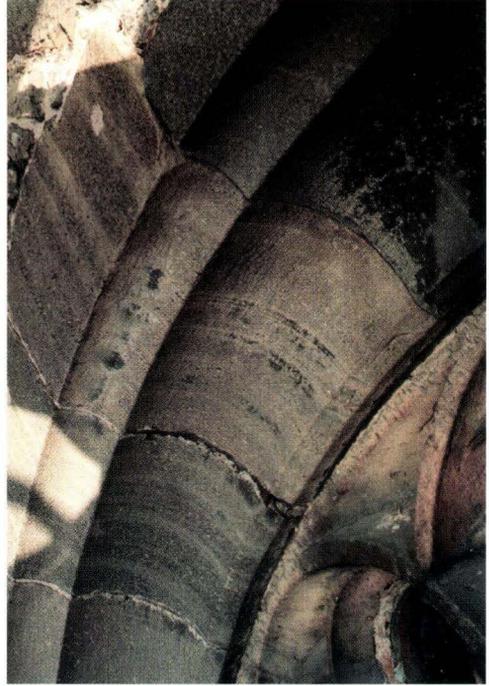
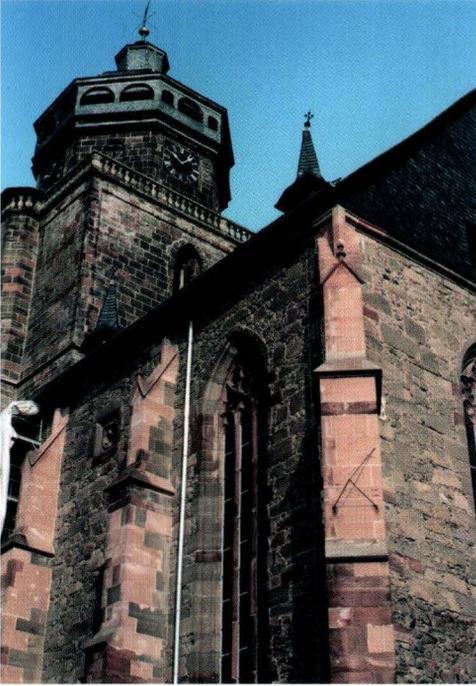
Hombberger Tuffstein, graue bis bräunliche Varietäten

Knüllgebirge

Klassifikation: basaltischer Aschen- bis Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 4922 Homburg a.d.Efze, nordnordwestlich Relbehausen, am *Eichelskopf*; R3531610, H5654110; verfallenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grauer, brauner oder rosabrauner Aschen- bis Lapillituff, z.T. ausgeprägte Schichtung; Pyroklasten: bräunlich, hellgrau bis grauschwarz, <1 bis 4 mm Korndurchmesser, blasenfrei oder mit einzelnen Blasen; Kristalloklasten: Pyroxen bis 4 mm, Olivin bis ca. 2 mm Kristallgröße; Xenolithe: rotbraune Tonstein- und Sandsteinfragmente, Quarzsandkörner, Lherzolithe, allgemeine Durchmesser <1 bis 4 mm; hellgraues oder bräunliches Bindemittel**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* gelblichbraun, rotbraun bis schwarz; *Gefüge:* vitrophyrisch bis hyalopilitisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (vorwiegend Augit): xenomorph bis idiomorph, häufig Zonarbau und Sanduhrstruktur, größere Kristalle mit Einschlüssen, 10 µm bis 0,8 mm Größe; untergeordnet auch Grünkern-Pyroxen; Olivin: zumeist als Kristallfragment, auch hypidiomorph bis idiomorph, oft mit Schmelzeinschlüssen, 40 µm bis 1,1 mm Größe; Magnetit: als Erzstaub oder bis 10 µm kleine Körner; Hornblende: grünlichbraun, Fragmente bis 1 mm Länge; Plagioklas: idiomorphe Leisten bis max. 80 µm Länge; genannte Minerale auch als Kristalloklasten; *Grundmasse:* glasig bis alteriert;*Interpartikelraum:* vorwiegend feinste Aschenmatrix, untergeordnet auch Tonmineralzement;*Intrapartikelraum:* ungefüllte Blasenräume oder mit Tonmineralzement ausgekleidet;*Xenolithe:* Tonstein, Sandstein, Quarzsandkörner, Lherzolithe**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 56 Vol.%, Bindemittel (Matrix, Zement) 11 Vol.%, Xenolithe 15 Vol.%, Porosität 18 Vol.-%**Modalbestand der Pyroklasten:** glasige bis palagonitische Grundmasse 43 Vol.%, Klinopyroxen 36 Vol.%, Olivin 13 Vol.%, Erz 6 Vol.%, Plagioklas 2 Vol.%, Hornblende <1 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,77	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,87	[g/cm ³]
- w-Wert:	5,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	16,75	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	17,39	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,96	[-]
- effektive Porosität:	27,20	[Vol.-%]
- hygische Dehnung:	3,17	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	22,85	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	6,15	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Bauzier, Backofenstein**Verwendungsbeispiele:** evangelische Kirche in Homburg/Efze, zahlreiche Mauern und Sockelbereiche älterer Häuser in der nahen Umgebung**Literaturhinweise:** BLANCKENHORN (1920), DIENEMANN & BURRE (1929: 101 ff.), HIRSCHWALD (1908), LÖWER (1897), STEINDLBERGER (2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)**Abbildungen:****l.o.:** Homburg/Efze, evangelische Kirche, Blick auf Südostecke: Oberer Aufbau des Mauerwerkes zumeist aus Bruch- oder Werksteinen aus Tuff, roter Sandstein eher für architektonische Elemente wie Strebepfeiler oder zur Untergliederung der hohen Fenster; unterer Mauerwerksbereich aus Basaltbruchsteinen**r.o.:** Detailaufnahme eines Fenstergewandes: Tuffsteine mit ausgeprägter Schichtung; oberer Werkstein durch Anlagerung dunkler Gips-Schmutz-Kruste stellenweise von schwarzer Farbe**l.u.:** Musterplatte: Braune bis schwarze Pyroklasten und zahlreiche Xenolithe aus dem Untergrund relativ gleichkörnig in hellbrauner Matrix eingebettet; Originalgröße**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Stark erzpigmentierter tachylitischer Pyroklast großenteils von bräunlich gefärbtem Klasten eingeschlossen; charakteristische Mineralphasen sind Olivin und Klinopyroxen, diese idiomorph oder mit Schmelzeinschlüssen; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Homberger Tuffstein, gelbliche Varietäten

Knüllgebirge

Klassifikation: basaltischer Lapillituff**Lokalität und stratigraphisches Alter:** s. Nr. 18a**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: gelber, graugelber oder beigefarbener, geschichteter Lapillituff; Pyroklasten: gelbe, bimsartige Partikel und graubraune bis schwarze, blasige bis schlackige Klasten in wechselnden Anteilen, 2–30 mm Korndurchmesser, z.T. stark alterierte, weitgehend in Tonminerale umgewandelte Pyroklasten; Xenolithe: rotbraune, gerundete Tonstein- und Sandsteinfragmente sowie weiße Quarzfragmente bis 1 cm Durchmesser, 1–2 mm große Quarzsandkörner; Porosität vergleichsweise hoch; gelbes Bindemittel

mikroskopisch: *Pyroklasten:* weitgehend palagonitisch-tonmineralisch umgewandelt, gelblichbraun, rotbraun bis schwarz, blasig bis schlackig, auffallend sind zahlreiche bimsartige, hochporöse Bestandteile mit nur wenigen darin eingeschlossenen Kristallen; *Gefüge:* vitrophyrisch bis hyalopilitisch, z.T. exemplarisches Fließgefüge; *Mineralbestand:* Klinopyroxen: xenomorph bis idiomorph ausgebildet, z.T. glomerophyrisch zusammengeschlossen, 10 μm bis 0,7 mm Kristallgröße; Olivin: hypidiomorph bis idiomorph, nicht selten Schmelzeinschlüsse (braunes Glas), häufig Kristallfragmente, 50 μm bis 0,8 mm lang; Plagioklas: leistenförmig, z.T. mit ausgefranzten Enden, bis max. 0,5 mm Länge, deutlich verzwilligt; *Grundmasse:* ursprünglich glasig, jetzt weitgehend alteriert; *Interpartikelraum:* feinste Aschenmatrix, weitgehend tonmineralisch alteriert; bereichsweise Eisenhydroxidausfällung;

Intrapartikelraum: ungefüllte oder mit Tonmineralzement ausgekleidete oder gefüllte Blasenräume;

Xenolithe: zahlreiche Quarz- und Polyquarzkörner bis 2 mm Größe

Gesteinsaufbau: Pyroklasten 44 Vol.%, Bindemittel (Matrix) 7 Vol.%, Xenolithe 6 Vol.%, Porosität 43 Vol.%

Modalbestand der Pyroklasten: glasige und alterierte bis tonmineralische Grundmasse 83 Vol.%, Klinopyroxen 7 Vol.%, Olivin 5 Vol.%, Plagioklas 5 Vol.%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,60	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,74	[g/cm ³]
- w-Wert:	8,6	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	18,40	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	19,00	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,97	[-]
- effektive Porosität:	30,87	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	2,58	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	----	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	1,56	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: gelbe Tuffe im Vergleich zu den braunen und grauen Varietäten untergeordnet verwendet; Mauersteine an der Kirche in Homberg

Literaturhinweise: BLANCKENHORN (1920), HIRSCHWALD (1908), LÖWER (1897)

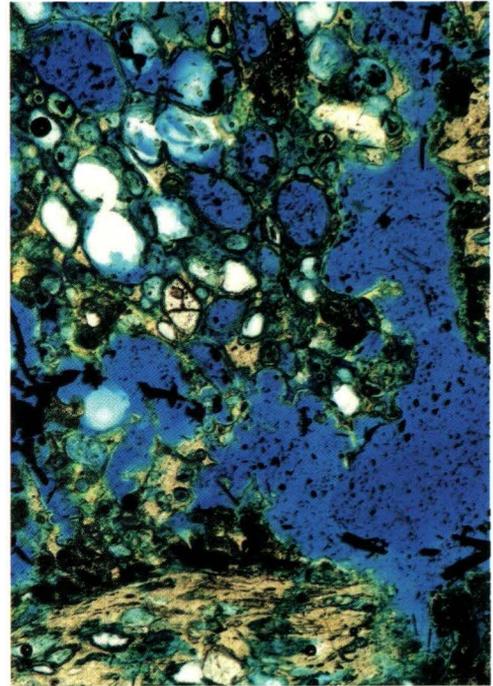
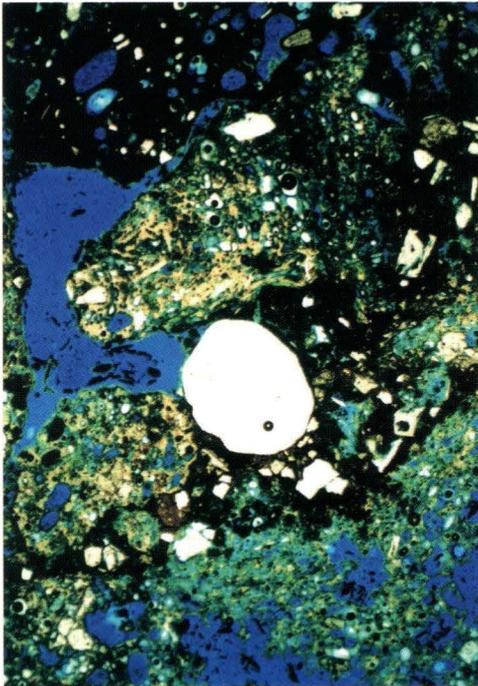
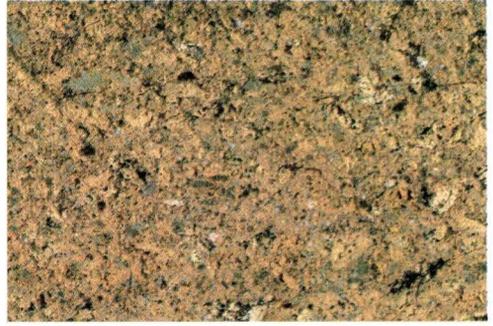
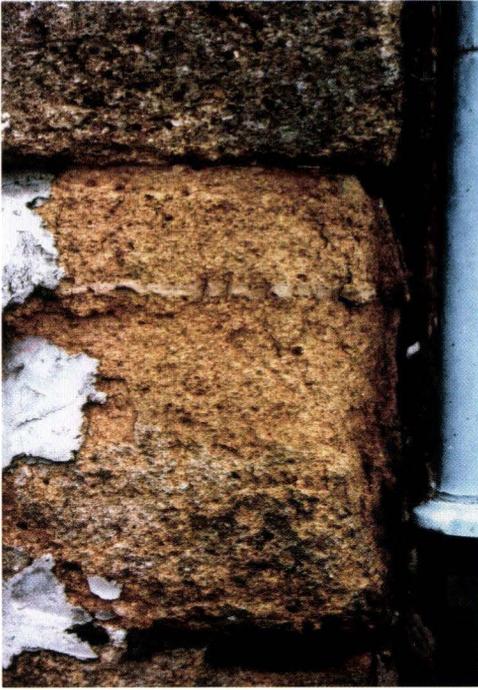
Abbildungen:

l.o.: Mörshausen, Privathaus: Mauersteine verdeutlichen mögliches Farbspiel innerhalb der gelben Homberger Tuffsteinvarietät; Beispiel für nur wenig dauerhaftes, verwitterungsanfälliges Baumaterial mit zahlreichen durch das Gestein verlaufenden kleinen Rissen und Fehlstellen (größere Übersicht der verbauten Tuffe auf nächster Seite)

r.o.: Musterplatten: rein gelbe (oben) und abwechselnd gelb/schwarz gefärbte, auch etwas gröberkörnige (unten) Varietäten; Originalgrößen

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Palagonitisch-tonmineralisch alterierte, gelblichbraune und schwarze, erzpigmentierte Pyroklasten (links oben) sowie zahlreiche Xenolithe (z.B. gerundetes Quarzkorn, Bildmitte) bauen den Tuff auf; sehr hohe Porosität auf weitgehend fehlendes Bindemittel zwischen den Klasten zurückzuführen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Detailaufnahme verschiedenartig ausgebildeter Pyroklasten: Oberer Klast mit zahlreichen Gasblasen und wenigen in ehemals glasiger und jetzt palagonitisch-tonmineralisch umgewandelter Grundmasse porphyrisch eingebetteten Kristallen; unterer blasenarmer Klast mit fluidal eingeregelteten Feldspatmikrolithen; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



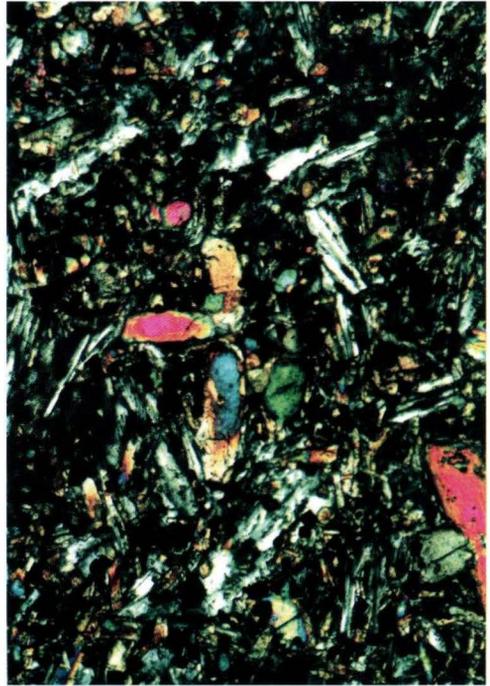
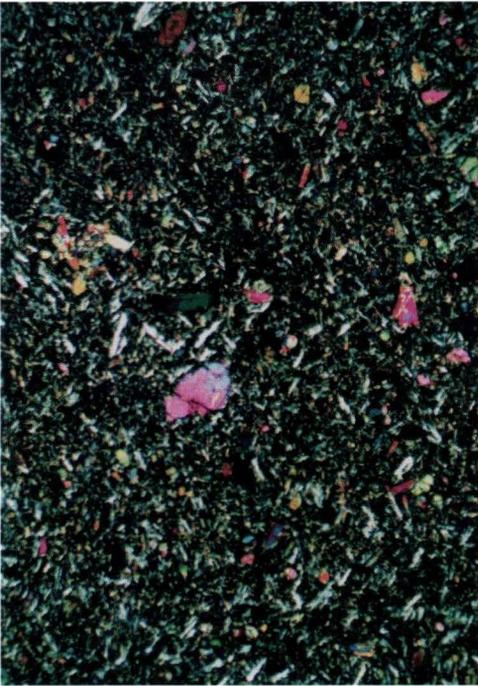
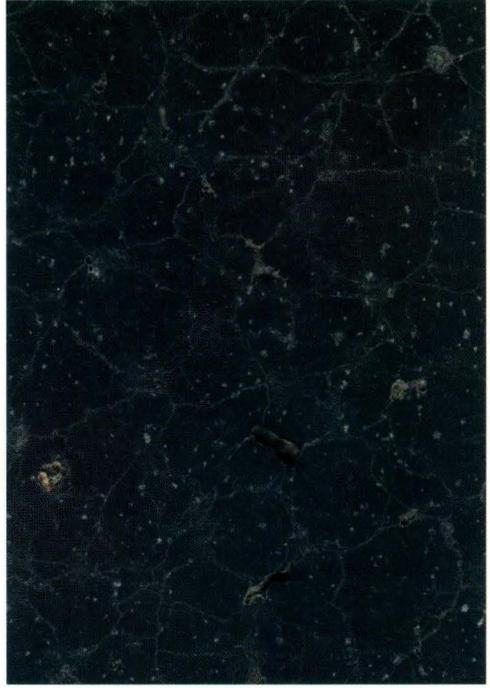
Mörshäuser Basalt

Knüllgebirge

Klassifikation: Alkali-Olivinbasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 4922 Homberg a.d. Efze, östlich Mörshausen; R 3531960, H 5656590; offen gelassenes, verfallenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grauer bis grauschwarzer, kompakter oder leicht blasiger Basalt, porphyrisches Gefüge durch orangebraune, alterierte Olivinkristalle bis 3 mm Größe; die vorliegende Probe zeichnet sich durch zahlreiche feine Rissbildungen und graue rundliche Flecken aus und ist somit als klassischer „Sonnenbrenner“ charakterisiert**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* intergranular, divergentstrahlig bis schwach fluidal texturiert, dicht bis feinkörnig;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: serialporphyrisch bis 1,2 mm Kristallgröße, hypidiomorphe bis idiomorphe Kornform, teilweise mit eingeschlossener Grundmasse (Glas) oder Erz; Klinopyroxen (vorwiegend Augit): Einsprenglingsminerale gedrunken, bis 0,5 mm Länge, Zonarbau und Sanduhrstruktur an einigen Kristallen (Titanaugit); *Grundmasse:* Klinopyroxen: länglich-prismatische Kristalle, ab 12 μm Länge; Plagioklas: 20–300 μm lange Leisten oder Täfelchen von zumeist hypidiomorpher, seltener xenomorpher oder idiomorpher Gestalt; Magnetit: kleine idiomorphe Oktaeder mit durchschnittlich 25 μm Kantenlänge; Apatit: akzessorisch, kleine Nadelchen bis max. 35 μm Länge; Biotit: akzessorisch, wenige μm große, rotbraune Blättchen, randlich an Olivin angelagert; stellenweise zwickelfüllendes klares Glas sowie auch Analcim und andere Foide**Modalbestand:** Klinopyroxen 42 Vol.%, Plagioklas 35 Vol.%, Magnetit 11 Vol.%, Olivin 9 Vol.%, Glas und Foidminerale 3 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,92	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,83	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,92	[Ma.%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,02	[Ma.%]
- Sättigungswert:	0,90	[-]
- effektive Porosität:	1,56	[Vol.%]
- hygrische Dehnung:	0,10	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	265,62	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	60,40	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Pflasterstein, Bordstein**Verwendungsbeispiele:** zahlreiche Gebäude in Homberg und Mörshausen; Basalte wurden regional zahlreich als Bausteine eingesetzt**Literaturhinweise:** BLANCKENHORN (1920), ERNST (1960), HEINRICHS (1972), SCHREIBER (1990), SCHULTZ (1903)**Abbildungen:****l.o.:** Mörshausen, Privathaus: Basaltmauerwerk mit z.T. deutlicher Ausbildung des Sonnenbrandes (hellgraue Steine) und Eckquaderung aus gelbem Homberger Tuffstein (vgl. Gest. Nr. 18b)**r.o.:** Musterplatte: Sonnenbrenner-Basalt mit ausgeprägter Rissbildung und Absonderung ca. 1 cm³ großer Bereiche, Risse von helleren grauen Flecken mit partieller Anreicherung von Analcim in der Grundmasse ausgehend; frische oder alterierte und dann in orangebraunen Idingsit umgewandelte Olivineinsprenglinge; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Grundmasse aus länglichen, weißen Plagioklasleisten, länglichen Pyroxenen und zahlreichen Erzkörnern, darin serialporphyrisch, d.h. mit kontinuierlicher Größenzunahme, Einsprenglinge von Olivin (etwa Bildmitte) und Pyroxen; glomerophyrischer Zusammenschluss von Pyroxenen (links); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Glomerophyrisch zusammengesetztes, sternförmiges Pyroxenaggregat; orangefarbener Augit mit Zonierung (unten rechts); Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Kasseler Tuffstein

Habichtswald

Klassifikation: basaltischer Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 4622 Kassel-West, westlich Kassel, im *Druseltal*; R 3528030, H 5685510; Steinbruch mit Gelegenheitsabbau**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: graubrauner Lapillituff; nicht oder nur undeutlich geschichtet; Pyroklasten: gelbbraun bis grauschwarz, 1 bis >40 mm Durchmesser, auch vereinzelte Bomben und Blöcke, blasenfrei bis blasig, Gasblasen oft mit weißgrauen Sekundärmineralen ausgekleidet, z.T. Fluidaltextur; Kristalloklasten: Olivine und Pyroxene; Xenolithe: frische (grüne) und alterierte (orangebraune) Mantelxenolithe (Lherzolithe) bis >4 cm Größe, vereinzelte rotbraune Sandstein- und Tonsteinfragmente bis mehrere cm Größe, Quarzsandkörner bis 2 mm Durchmesser; gelblichbraunes Bindemittel

mikroskopisch: *Pyroklasten:* gelblichbraun bis braunschwarz, z.T. Umwandlung in Palagonit, an dunklen Lapilli häufig hellerer, erzfreier Saum; *Gefüge:* vitrophyrisch bis hyalopilitisch; *Mineralbestand:* Klinopyroxen: bis 1,5 mm Größe, hypidiomorph bis idiomorph, oft glomerophyrische Aggregate, nicht selten Grünkern-Pyroxene (Ägirinaugit); Olivin: idiomorph bis hypidiomorph, oft mit Schmelzeinschlüssen, bis 1,5 mm Größe; Magnetitkörner und leistenförmiger Plagioklas (beide bis 50 µm); genannte Minerale auch als Kristalloklasten; *Grundmasse:* glasig bis palagonitisch alteriert;

Interpartikelraum: Aschenmatrix, z.T. leukoxenhaltig; untergeordnet Tonmineral- und Eisenhydroxidzement;

Intrapartikelraum: Gasblasengröße: 0,05–1,8 mm, mit Tonmineralen ausgefüllt oder ausgekleidet

Gesteinsaufbau: Pyroklasten 62 Vol.%, Bindemittel (Matrix, Zement) 26 Vol.%; Xenolithe 2 Vol.%, Porosität 10 Vol.%

Modalbestand der Pyroklasten: glasige bis palagonitisch alterierte Grundmasse 62 Vol.%, Klinopyroxen 25 Vol.%, Olivin 11 Vol.%, Plagioklas 1 Vol.%, Erz 1 Vol.%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,62	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,94	[g/cm ³]
- w-Wert:	6,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	12,16	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	13,33	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,91	[-]
- effektive Porosität:	21,55	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,56	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	37,41	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	10,06	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: Mauersteine im Staatspark Kassel-Wilhelmshöhe (Herkules, Kaskaden etc.) sowie an zahlreichen Gebäuden im Kasseler Raum

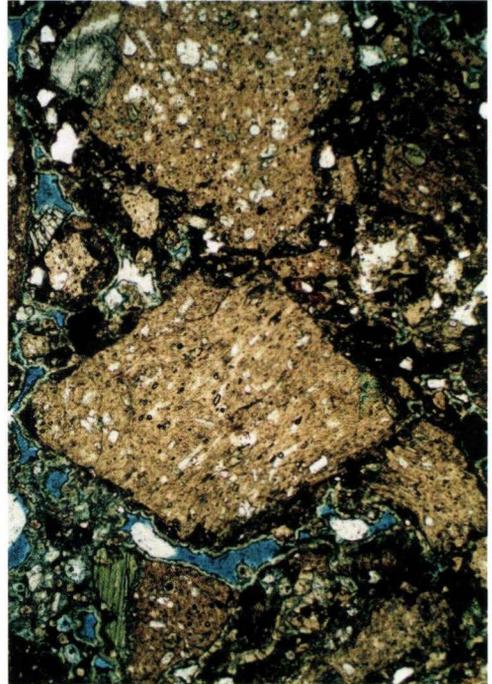
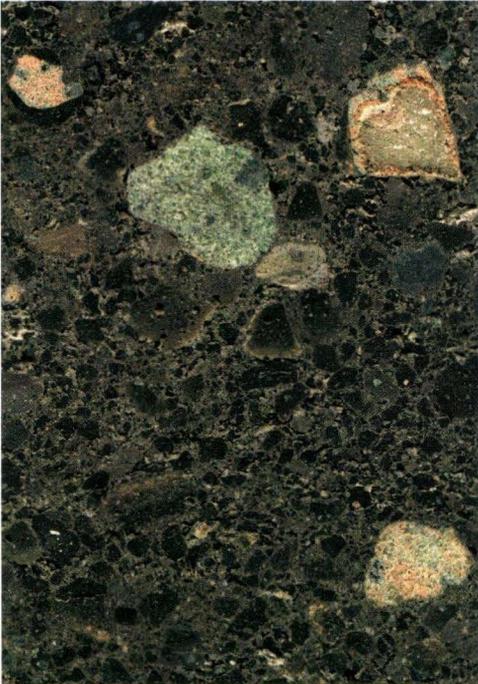
Literaturhinweise: AURAS (1998), AURAS et al. (2000), BERNHARD (1991), BERNS (1915), DEHIO (1982), DIENEMANN & BURRE (1929), GRIMM (1990), HELAS (1992), HENTSCHEL (1969), KOCH (1892), LÖWER (1897), MATTLER (1990), MENGEL (1983), MÜLLER (1990, 1998), SINGEWALD (1992), STEINDLBERGER (1996a, 2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)

Abbildungen:

oben: Kassel-Wilhelmshöhe, Blick über Neptun-Grotte und Kaskaden zum Herkules-Denkmal: Für Erbauung der Objekte im Park zu Anfang des 18. Jahrhunderts angelegte, oft sehr kleine Steinbrüche, mittlerweile verfallen und ausgebeutet; Abbau im Steinbruch Druseltal ausschließlich für heutige Restaurierungszwecke

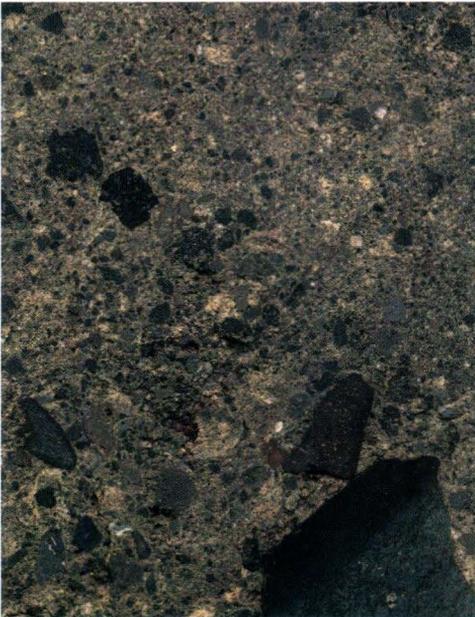
l.u.: Musterplatte: Charakteristisch für sog. *Habichtswald-Lapillituff* sind zahlreiche, mehrere Zentimeter große „Olivinknollen“, die bei Verwitterung eine orangegelbe Farbe annehmen; Bildung eines helleren Saums durch Eisenanreicherung um im Kernbereich dunkelgrau-braun erscheinende Komponenten; Originalgröße

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Dünne Lagen von Tonmineralzement in Interpartikelräumen; Grünkern-Pyroxen mit parallel verlaufenden Spaltflächen und intensiver Grünfärbung (links unten); Bildhöhe ≈ 5 mm



Habichtswälder Tuffsteine

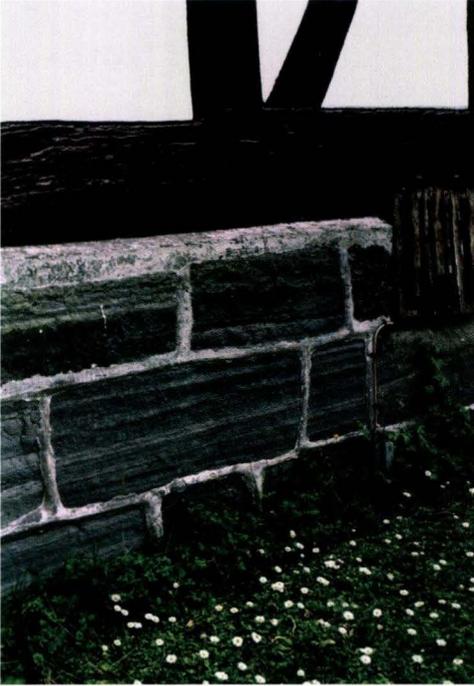
Habichtswald

**Abbildungen:**

l.o.: Kassel-Wilhelmshöhe, Ausgang an den Kaskaden zum Herkules-Denkmal: Verwitterungsschäden durch feines Aufschuppen, Schalenbildung und Absanden sowie deutlich zugerundete Oberflächen an grauem und gelbem Lapillituff

r.o.: Musterplatte: Asche-Lapillituff aus verfülltem Steinbruch im *Druseltal* (R 3528800, H 5685750), Blick auf Schichtungfläche: Große gerundete Lapillikörner in feinkörniger Aschenmatrix eingebettet; bei Blickrichtung parallel zu Schichtungselementen dagegen deutlicher, abrupter Materialwechsel erkennbar; Varietät nur mit wenigen Mauersteinen an Kaskaden unterhalb Herkules verbaut; Originalgröße

l.u.: Musterplatte: Lapillituff vom *Essigberg* (R 3523710, H 5687070), charakteristische schwarze Basalt-Lithoklasten und infolge ausgeprägter Palagonitisierung/tonmineralischer Umwandlung ursprünglich glasiger Partikel insgesamt von gelber Farbe; Varietät im Vergleich zu grauen Lapillituffen als Werkstein nur untergeordnet im Staatspark Wilhelmshöhe verbaut (vgl. Abb. links oben); Originalgröße



Abbildungen:

l.o.: Elgershausen, gegenüber evangelischer Kirche: Deutlich geschichteter Asche-Lapillituff, Mauerstein entspricht Varietät wie links unten

r.o.: Musterplatte: Lapillituff von der *Teufelsmauer* (R 3526260, H 5683900), Gestein durch hohen Anteil von Smectitzement im Interpartikelraum charakterisiert; Lapillikörner randlich oder vollständig palagonitisiert; schlackig-poröse Bombe (rechts) im ansonsten recht gut sortierten Tuff; Originalgröße

l.u.: Musterplatte: Geschichteter Asche-Lapillituff aus altem, verschüttetem Steinbruch im *Druseltal* bei R 3528800, H 5685750; Originalgröße

Klassifikation: basaltischer Lapillituff

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 4622 Kassel-West, nördlich Dörnberg; R 3524410, H 5691340; aufgelassener, rekultivierter Steinbruch

Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: gelblichgrauer bis rötlichbrauner, ungeschichteter oder leicht geschichteter Lapillituff; Pyroklasten: 1–12 mm Korngröße, selten auch größer, blasenfrei bis blasig, gelbliche, braungraue bis grauschwarze Farbe, einzelne Olivine in den Klasten erkennbar; Xenolithe: Quarzsandkörner und Quarzitfragmente, Tonstein- und Sandsteinfragmente, Lherzolithe, Basaltfragmente, allgemeine Korngrößen der Xenolithe bis >2 cm; gelbes bis bräunliches Bindemittel

mikroskopisch: *Pyroklasten:* Gefüge: vitrophyrisch, häufig Fluidalgefüge; *Mineralbestand:* Klinopyroxen: hypidiomorph bis idiomorph, 8–400 µm Größe, länglich-prismatisch oder gedrunken, z.T. glomerophyrisch zusammengeschlossene Kristalle; Olivin: hypidiomorph bis idiomorph oder als Kristallbruchstück, z.T. mit Schmelzeinschlüssen, bis 2 mm Länge; Magnetit: als Erzstaub oder als kleine kubische Körner bis 12 µm Größe; Hornblende: akzessorische Fragmente freiliegend in der Matrix; *Grundmasse:* glasig oder auch weitgehend palagonitisch umgewandelt;

Interpartikelraum: feinste Aschenmatrix mit kryptokristallinen Mineralphasen; Tonminerale und Eisenhydroxid als Zement in Hohlräumen;

Intrapartikelraum: Gasblasen mit Tonmineralen oder selten mit Zeolithen ausgekleidet;

Gesteinsaufbau: Pyroklasten 56 Vol.-%, Bindemittel (Matrix, Zement) 22 Vol.-%, Xenolithe 6 Vol.-%, Porosität 16 Vol.-%

Modalbestand der Pyroklasten: glasige bis palagonitische Grundmasse 65 Vol.-%, Klinopyroxen 20 Vol.-%, Olivin 14 Vol.-%, Erz 1 Vol.-%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,74	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	1,85	[g/cm ³]
- w-Wert:	5,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	15,25	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	17,68	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,86	[-]
- effektive Porosität:	27,83	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	2,03	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	20,64	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	5,42	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: lokale Verwendung: Kirchen und Mauersockel privater Gebäude in Dörnberg und Zierenberg, einzelne Mauersteine im Park Kassel-Wilhelmshöhe

Literaturhinweise: BERNS (1915), LÖWER (1897), MATTLER (1990), MENGEL (1983), RÖSING (1952, 1969), STEINDLBERGER (1996a)

Abbildungen:

l.o.: Dörnberg, evangelische Kirche: Musterflächen verschiedener Putzmörtel auf stark verwitterten Tuffsteinen, konzipiert als vor Witterungseinflüssen schützende Überdeckung im Zuge von Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen

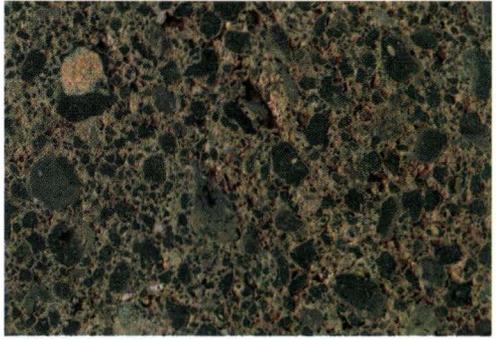
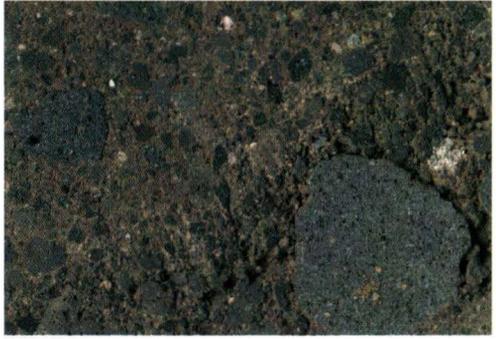
r.o.: Musterplatten:

Oben: Graubraune Varietät mit schlechter Sortierung in der Korngröße;

Unten: Palagonitisierung ursprünglich glasiger Pyroklasten führt zu insgesamt gelblicher Färbung des Gesteins, orangegelb alterierte „Olivinknollen“; Originalgrößen

l.u.: Dünnschliff, X Pol.: Xenolith aus Aggregat verzwillingter Plagioklaskristalle und bräunlicher Amphibole, zahlreiche weiße Quarzsandkörner aus tertiären Lockersedimentablagerungen; Bildhöhe ≅ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Olivinkristall mit glasigen Schmelzeinschlüssen füllt pyroklastisches Aschekorn nahezu vollständig aus; Bildhöhe ≅ 1,3 mm



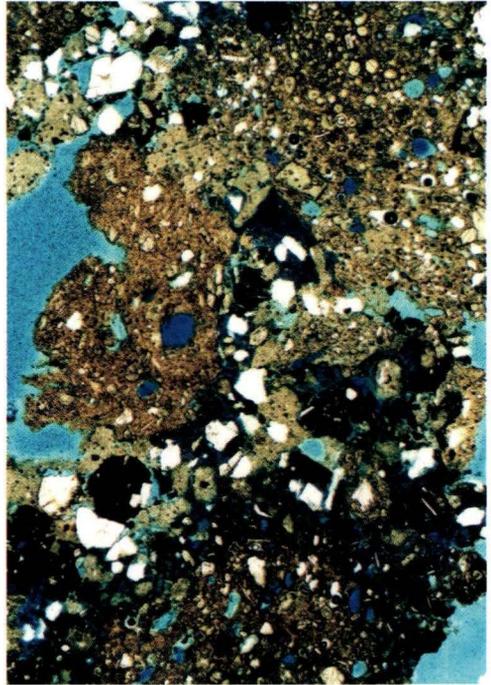
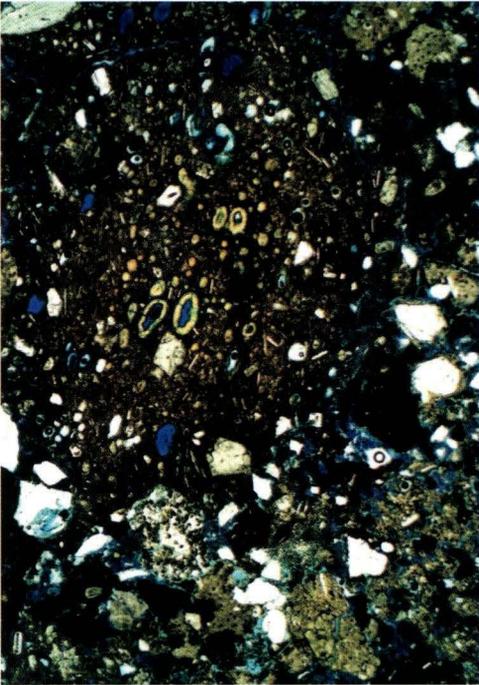
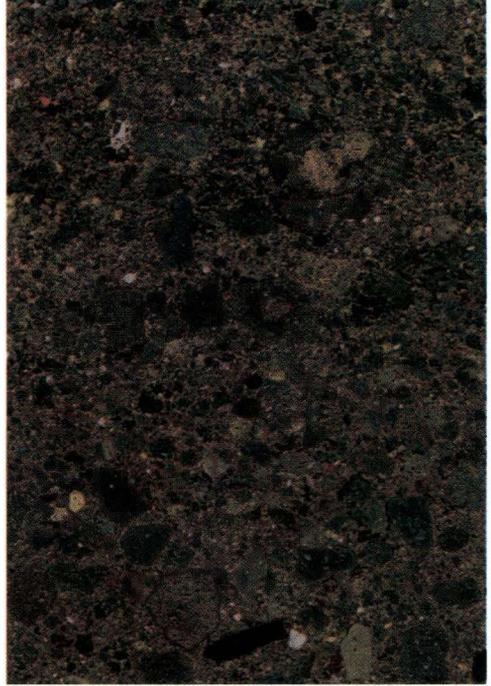
Heckershäuser Tuffstein

Habichtswald

Klassifikation: basaltischer Lapillituff**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 4622 Kassel-West, nördlich Heckershäuser, *Staufenberg*; R 3530200, H 5693720; verfallener Steinbruch**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** gelblichgrauer bis graubrauner, z.T. deutlich geschichteter Lapillituff; Pyroklasten: eckige bis gerundete Kornform, blasenfrei bis bläsigt, grünlichgraue, violettbraune bis grauschwarze Farbe, <1 mm bis >5 mm Korngröße; Xenolithe: Quarzsandkörner, Quarzit, rotbrauner Ton- und Sandstein, Lherzolithe, Basaltfragmente; gelblich-graues bis hell orangebraunes Bindemittel**mikroskopisch:** *Pyroklasten:* Gefüge: vitrophyrisch bis hyalopilitisch, z.T. fluidal texturiert; *Mineralbestand:* Klinopyroxen (Augit): idiomorph, 10 µm bis 1 mm Größe, größere Kristalle mit glasigen Schmelzeinschlüssen, oft glomerophyrisch zusammengeslossen, häufig zoniert; untergeordnet Grünkern-Pyroxen; Olivin: hypidiomorph bis idiomorph, z.T. mit Schmelzeinschlüssen, 0,1–1 mm Größe; Plagioklas: leistenförmig, 40–300 µm Länge; Magnetit: feinst verteilt oder einzelne kubische Körner bis max. 45 µm Kantenlänge; Hornblende: deutlich pleochroitisch, akzessorisch, bis 1 mm Länge; nicht bestimmbar Mikrolithe; Kristallasche aus o.g. Mineralen zahlreich; *Grundmasse:* glasig oder auch palagonitisch umgewandelt;*Interpartikelraum:* Tonmineralzement und feinste Aschenmatrix;*Intrapartikelraum:* ungefüllte oder mit Tonmineralen ausgekleidete Gasblasen**Gesteinsaufbau:** Pyroklasten 41 Vol.%, Bindemittel (Matrix, Zement) 23 Vol.%, Xenolithe 17 Vol.%, Porosität 19 Vol.%**Modalbestand der Pyroklasten:** glasige bis palagonitische Grundmasse 51 Vol.%, Klinopyroxen 37 Vol.%, Olivin 7 Vol.%, Erz 3 Vol.%, Plagioklas 2 Vol.%, Hornblende <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,75	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	1,77	[g/cm ³]
- w-Wert:	5,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	19,04	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	20,34	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,94	[-]
- effektive Porosität:	31,92	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,73	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	28,47	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	6,85	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** als Objekt nur Kirche in Heckershäuser bekannt**Literaturhinweise:** AURAS (1998), BERNS (1915), LÖWER (1897), MENGEL (1983), RÖSING (1969), STEINDLBERGER (1996a)**Abbildungen:****l.o.:** Heckershäuser, evangelische Kirche, Blick auf Nordseite: Kirchenschiff und Chor vollständig aus Tuffstein errichtet**r.o.:** Musterplatte: Ungeschichtete Gesteinsprobe mit grüngelben Xenolithen aus oberem Erdmantel (Lherzolithe, „Olivinknollen“), grauschwarzen Basalt-, Tonstein- und Sandsteinfragmenten; Bindemittel gegenüber Klasten etwas heller, aus feinsten z.T. alterierter Aschenmatrix bestehend; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Gasblasen innerhalb des Lapillikornes mit Smectit ausgefüllt oder ausgekleidet; Basaltfragment unterhalb vom Pyroklasten vollständig mit Plagioklas, Augit und Erz auskristallisiert; Bildhöhe ≈ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Blasenarme Pyroklasten und zahlreiche Quarzkörner eingebettet in feinkörnigere Aschenmatrix, hohe Porosität durch viele offene Hohlräume (blau gefärbt); Bildhöhe ≈ 5 mm



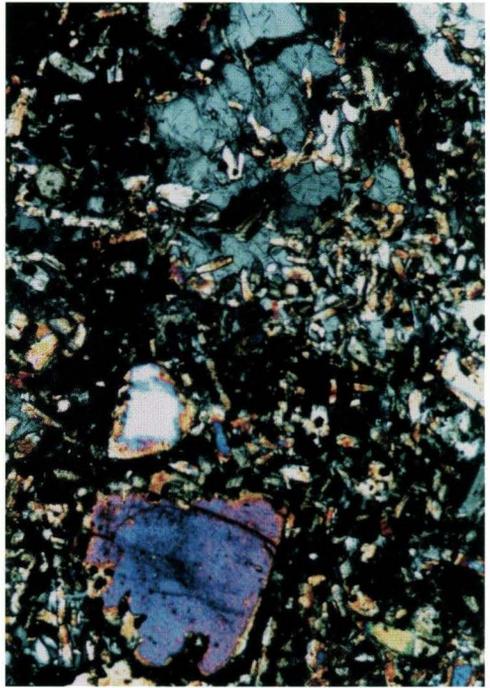
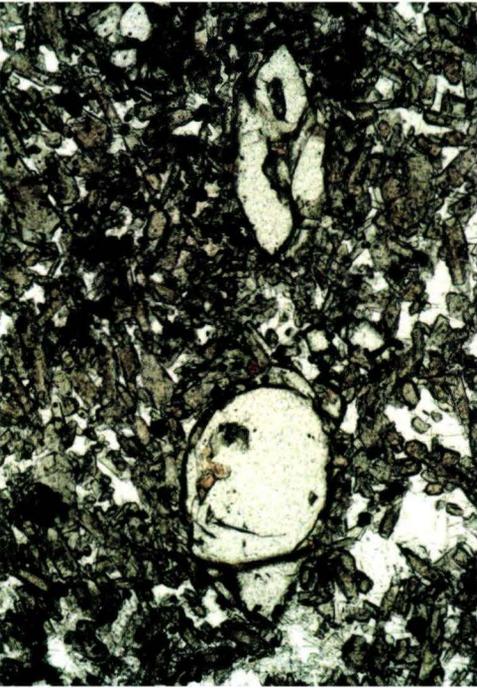
Kasseler Basalt

Habichtswald

Klassifikation: Nephelinbasanit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 4622 Kassel-West, westlich Kassel-Wilhelmshöhe, am *Kuhberg*; R 3528400, H 5685150; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** mittelgrauer bis grauschwarzer, kompakter Basalt, porphyrisches Gefüge durch Olivin- und Pyroxeneinsprenglinge bis 3 mm Länge (durchschnittlich 0,5–1,5 mm) sowie bis >2 mm große, z.T. einspiegelnde Feldspäte, vereinzelte Lherzolithe von wenigen mm bis >2 cm Durchmesser**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* intergranular bis intersertal, feinkörnig;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: serialporphyrisch bis 4 mm Größe, hypidiomorph bis idiomorph, häufig mit Schmelzeinschlüssen (Glas), randliche oder an Rissen beginnende Viriditisierung; Augit bis Titanaugit: größere Minerale gedrungen, bis 0,5 mm Durchmesser; *Grundmasse:* Alkalifeldspat (Anorthoklas): xenomorphe Kristalle bis 2,5 mm Länge, z.T. poikilitisch um Erz, Augit, Olivin und Apatit gewachsen; Klinopyroxen: länglich-prismatische Kristalle ab ca. 15 μm Größe; Nephelin und Analcim: zwickelfüllend, evtl. auch aus glasigen Bereichen hervorgegangen; Magnetit: in Gestalt kleiner kubischer Körnchen, 10–110 μm Größe; Apatit: akzessorisch, kleine, bis max. 20 μm lange Nadelchen; Plagioklas: akzessorisch, als Zwickelfüllung; Biotit: rotbraun, pleochroitisch, akzessorisch, bis max. 80 μm große Blättchen oder zwickelfüllend; Chlorit: stellenweise als Verwitterungsprodukt der Olivine; bereichsweise trübes bis hellbraunes, klares Glas**Modalbestand:** Klinopyroxen 48 Vol.%, Glas, Nephelin, Analcim 18 Vol.%, Olivin 13 Vol.%, Alkalifeldspat 11 Vol.%, Magnetit 9 Vol.%, Akzessorien 1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	3,00	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	3,00	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,06	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,07	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,96	[-]
- effektive Porosität:	0,10	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	352,28	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	79,66	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Pflastersteine, Randsteine, untergeordnet Bruchmauersteine**Verwendungsbeispiele:** Kopfsteinpflasterung im Kasseler Raum**Literaturhinweise:** HENTSCHEL (1969), MENGEL et al. (1983), RÖSING (1969), WEDEPOHL (1968, 1978, 1982, 1983, 1987), WEDEPOHL et al. (1983)**Abbildungen:****l.o.:** Kassel-Wilhelmshöhe: Kopfsteinpflasterung aus Basalt auf einem Parkplatz unterhalb des Schlosses**r.o.:** Musterplatte: Grauschwarzer, kompakter Basalt mit einzelnen, nur undeutlich erkennbaren Olivineinsprenglingen; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Olivineinsprenglinge mit Schmelzeinschlüssen in Form braunen Glases; Hauptbestandteil innerhalb feinkörniger Grundmasse sind länglich-prismatische, graubraune Pyroxene, Alkalifeldspat schließt Pyroxen, Erz und Apatit poikilitisch ein (rechts, Apatit gegenüber Feldspat an höherem Relief zu unterscheiden); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Poikilitisches Gefüge mit innerhalb eines grauen Feldspats eingeschlossenen orangefarbenen Augiten, xenomorphe Feldspäte erreichen Korndurchmesser bis 2,5 mm; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Reulbacher Tuffstein

Rhön

Klassifikation: trachytischer Lapillituff (Ignimbrit)

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5425 Kleinsassen, südlich Reulbach, westlich *Schafstein*; R 3568900, H 5596670; voll verfülltes, aufgeförstetes Steinbruchgelände

Stratigraphisches Alter: Tertiär, Miozän

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: matrixreicher, unsortierter „Bims-Lapilli-Aschen-Tuff“ von beige-grauer oder leicht rötlicher Farbe; in heller Aschenmatrix sind Litho- und Pyroklasten mit Korngrößen von Asche bis Lapilli eingebettet, alle Komponenten können eckige oder rundliche Formen haben; juvenile Pyroklasten: weißgraue, schaumig-poröse Bimse; Xenolithe: rötlichbraune, grünliche bis dunkelgraue umgelagerte Fragmente aus älteren Tuffablagerungen, vulkanische Lithoklasten, Sandstein, Quarzit, Tonstein und Glimmerschiefer aus dem Untergrund

mikroskopisch: juvenile *Pyroklasten*: trachytische Bimsfragmente mit rundlichen Gasblasen oder lang ausgezogenen Gaskanälen; *Gefüge*: vitrophyrisch; *Mineralbestand*: Alkalifeldspat, Plagioklas, Hornblende, Titanit und Ägirinaugit; Kristalloklasten aus genannten Mineralphasen sind häufig und verdeutlichen trachytischen Charakter des Gesteins; *Grundmasse*: glasig oder alteriert;

Xenolithe: s.o., umgelagerte Pyroklasten und vulkanische Lithoklasten haben basaltischen Charakter; *Inter- und Intrapartikelraum*: *Matrix*: vollständig montmorillonitisch umgewandelt, aus ehemals glasigen Aschepartikeln mit z.T. noch erkennbaren Blasenwandungsumrissen hervorgegangen, stellenweise Leukoxenabscheidung; eine durchweg hohe Porosität wird bestimmt durch die poröse Matrix und zahlreiche Bimsfragmente

Gesteinsaufbau: Bimse 19 Vol.%, Bindemittel (Matrix) 41 Vol.%, Xenolithe (Litho- und Pyroklasten) 14 Vol.%, Kristalloklasten 6 Vol.%, Porosität 20 Vol.%

Ein aussagekräftiger **Modalbestand der trachytischen Bimsfragmente** konnte nicht ermittelt werden

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	1,92	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	1,18	[g/cm ³]
- w-Wert:	1,3	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	32,21	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	32,87	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,98	[-]
- effektive Porosität:	38,01	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,96	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	7,04	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	3,86	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Backofenstein, Mauerstein

Verwendungsbeispiele: als lokaler Mauerstein: Forsthaus in Wüstensachsen, ältere Wohnhäuser in Reulbach (z.B. ehemaliges Pfarrhaus)

Literaturhinweise: BARTH (1994), BÜCKING (1909), DIENEMANN & BURRE (1929: 131), EHRENBERG & HICKE-THIER (1994b), EHRENBERG et al. (1992, 1994), FICKE (1960), VON FREYBERG (1928), STEINDLBERGER (2002a), STEINDLBERGER & AURAS (1999)

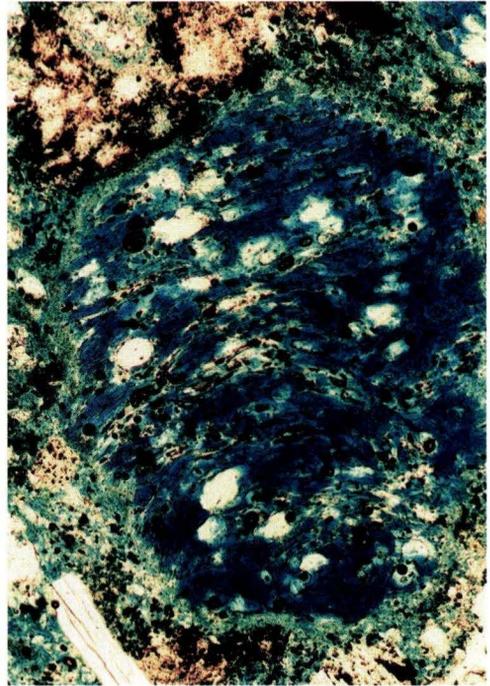
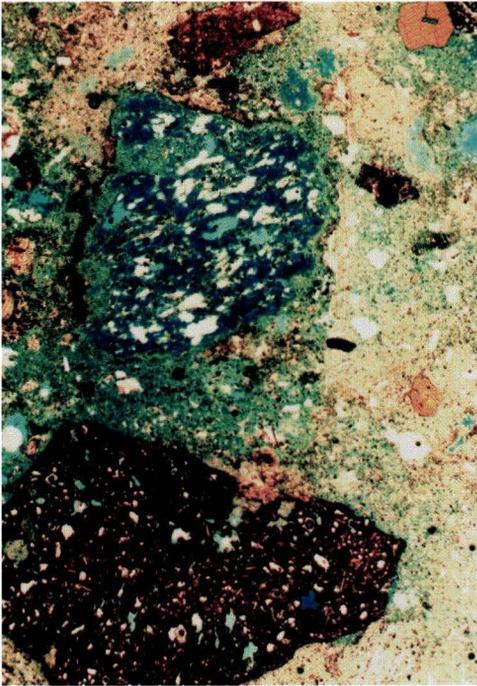
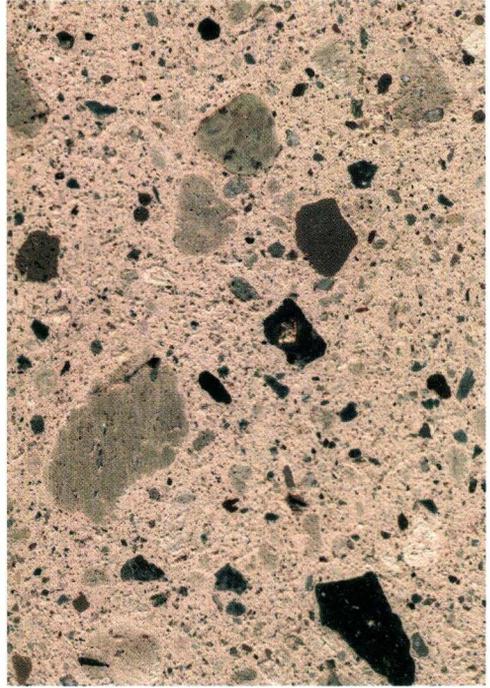
Abbildungen:

l.o.: Reulbach, Fassade des ehemaligen Pfarrhauses: Werksteine zeigen bereichsweise leichte Schädigungen durch Aufschuppen oder Abbröckeln

r.o.: Musterplatte: Hochporöse, weiße und graue Bimspartikel und Xenolithe in Form grauschwarzer Vulkanite und rötlichbrauner Pyroklasten in heller montmorillonitisch umgewandelter Matrix; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Gegenüberstellung eines dunklen, da erzpigmentierten, basaltischen Klasten und eines hochporösen Bimsfragmentes; hellbrauner Hornblende-Kristalloklast (rechts oben); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Lang ausgezogene und gebogene Gaskanäle innerhalb eines Bims-Aschekorns; Bimse aus fast ausschließlich Porenvolumen und nur wenig glasiger bzw. alterierter Grundmasse, porphyrische Kristallphasen eher selten; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Rupsrother Phonolith

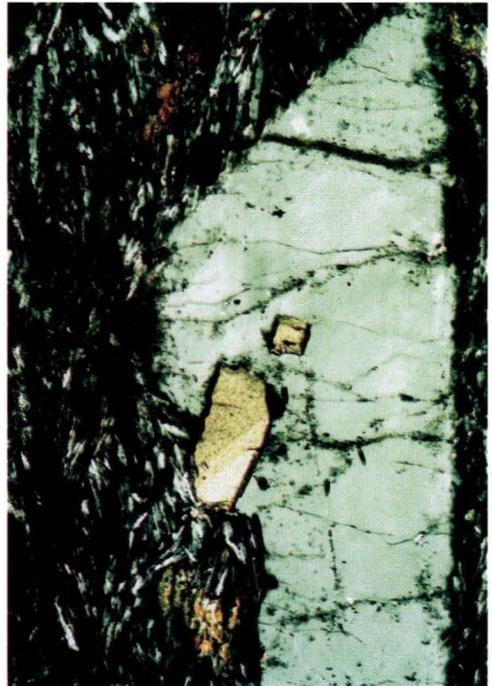
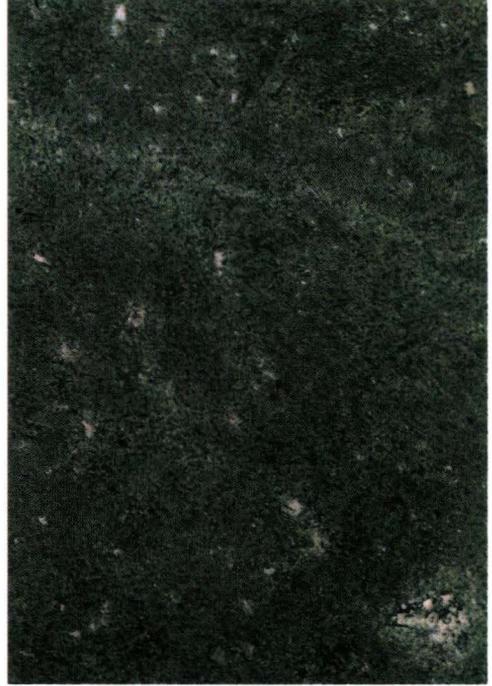
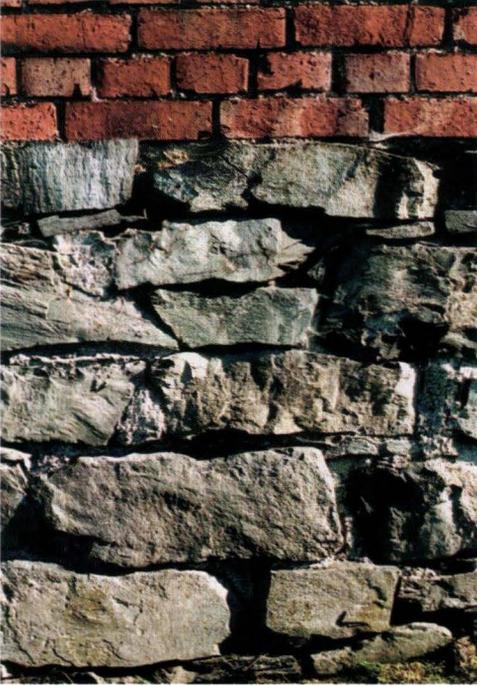
Rhön

Klassifikation: Nephelinphonolith**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5425 Kleinsassen, östlich Rupsroth, am *Kesselkopf*; R 3566710, H 5602350; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Miozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grünlichbraungraues, durch abwechselnde Bereiche heller und dunkler Minerale gesprenkelt aussehendes Gestein, dichtes Korngefüge, durch einzelne Sanidineinsprenglinge bis 5 mm auch leicht porphyrisch, zumeist kompakt, einzelne Blasen Hohlräume sind mit Mineralen der Zeolithgruppe gefüllt, ein Fließgefüge ist anhand von Schlieren und eingeregeltensprenglingskristallen verdeutlicht**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* dicht bis feinkörnig, deutlich fluidal texturiert, auffällig hierfür sind sich abwechselnde helle und dunklere, bräunliche „Schlieren“ bzw. Mineralphasen;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Sanidin: hypidiomorph bis idiomorph, bis 3 mm Kristallgröße; Ägirin/Ägirinaugit: grün bis braungrün, pleochroitisch, häufigste Einsprenglingskristalle, z.T. um Sanidinleisten gewachsen, hypidiomorphe, längliche Korngestalt, bis >5 mm Länge; Titanit: zumeist idiomorphe Mikroinsprenglinge, z.T. in Sanidin eingewachsen, 80–400 µm Länge; Magnetit: kubische Mikroinsprenglinge, durchschnittlich 40–60 µm, max. 320 µm Kantenlänge; Nephelin: als Mikroinsprenglinge bis 200 µm; *Grundmasse:* Sanidin: Hauptbestandteil der Grundmasse, ab 10 µm Größe; Pyroxen: ab 15 µm; Nephelin und Analcim zwickelfüllend; Apatit: wenige µm lange, idiomorphe Kristalle, häufig in Sanidin eingewachsen, akzessorisch;*Porenraum:* Hohlraumminerale: Kalzit, Pyroxen, Analcim, weitere Zeolithminerale, Magnetit**Modalbestand:** Sanidin 71 Vol.%, Nephelin 15 Vol.%, Pyroxen 9 Vol.%, Magnetit 3 Vol.%, Akzessorien 2 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,49	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,43	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,1	[kg/m ² h ^{0.5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,84	[Ma.%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,01	[Ma.%]
- Sättigungswert:	0,83	[-]
- effektive Porosität:	1,70	[Vol.%]
- hygrische Dehnung:	0,02	[mm/m]
- Druckfestigkeit:*)	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	70,75	[GPa]

*) infolge starker Zerklüftung keine aussagekräftige Messung möglich

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** nur untergeordnet für lokale Zwecke: Sockelbereich einer alten Scheune in Rupsroth**Literaturhinweise:** BARTH (1994), BÜCKING (1907, 1909), EHRENBERG & HICKETHIER (1994a, b), EHRENBERG et al. (1992, 1994), VON LEONHARD (1827), WILKE (1981)**Abbildungen:****l.o.:** Rupsroth, Sockelbereich einer alten Scheune: Bruchmauersteine aus Phonolith**r.o.:** Musterplatte: Durch abwechselnd hellere und dunklere Bereiche insgesamt gesprenkeltes Äußeres; Blasen Hohlräume (rechts unten) mit Kalzit, Zeolithen und anderen Mineralen ausgefüllt; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Zwei miteinander verwachsene Sanidinkristalle in Grundmasse aus Sanidin, Nephelin, Magnetit und Pyroxen; grüne Ägirine/Ägirinaugite (rechts oben) häufig als unregelmäßige Einsprenglinge; Grundmasse durch abwechselnde Anreicherung von helleren und dunkleren Mineralphasen eigenartig schlierig ausgebildet; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Graublauer Sanidinkristall mit zwei eingeschlossenen Titaniten; Einsprenglingskristall von hellen Sanidinleisten der Grundmasse umflossen; Ägirine/Ägirinaugite in orange gelben Farben; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Windener Porphyroidschiefer

Taurus

Klassifikation: rhyolithischer bis rhyodacitischer Metavulkaniklastit (Porphyroid)

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5616 Grävenwiesbach, westlicher Ortsausgang von Winden; R 3456660, H 5583090; kleiner, verfallener Steinbruch

Stratigraphisches Alter: Unterdevon, Unterems

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: graublaues bis grünlichbraun-graues, stark geschiefertes Gestein, auf frischen Schieferungsflächen durch Glimmerblättchen silbrig glänzend; in der Matrix sind charakteristische gelblichweiße oder hell orangebraun alterierte, zu meist idiomorphe, aber auch gerundete Feldspatkristalle eingebettet, hinzu kommen schwarze, linsenartig flachgedrückte Klasten, die parallel in der Schieferungsebene eingeregelt sind; Feldspäte und „Flatschen“ erreichen <1 bis >6 mm Durchmesser; untergeordnet sind Feldspäte deutlich als Einsprenglinge innerhalb der ehemaligen Pyroklasten eingelagert

mikroskopisch: *Pyroklasten* ebenso wie sedimentäre Klasten und Matrix kompaktiert und geschiefert, ehemals hochporös; *Gefüge:* primär vitrophyrisch; *Mineralbestand:* magmatische „Porphy Quarze“ mit Korrosionsbuchten, bis knapp 1 mm Kristallgröße, diese auch frei in Matrix liegend, meistens kompetente und nicht eingeregelt Quarze; Feldspat wurde albitisiert und z.T. durch Serizit verdrängt; *Grundmasse:* primär glasig, in unten genannte Minerale umgewandelt (vgl. Matrix); *Intrapartikelraum:* Gasblasen vollständig ausgefüllt; *sedimentäre Klasten:* diverse Lithoklasten, gerundete Quarz- und Feldspatkörner; vereinzelte *Fossil*-Relikte;

Interpartikelraum: Matrix ursprünglich aus feinsten vulkanischer Asche und Sedimentpartikeln bestehend, liegt jetzt als feinkristallines Gemenge aus Serizit, Chlorit, Muskovit, Quarz und Eisenhydroxid vor; z.T. Glasscherben-Pseudomorphosen; Wachstum besonders der Glimmerminerale schieferungsparallel orientiert

Gesteinsaufbau: Bindemittel (Matrix) 69 Vol.%, Quarz 8 Vol.%, Feldspat 11 Vol.%, Pyroklasten 8 Vol.%, sedimentäre Klasten 4 Vol.%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,67	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,56	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	1,50	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,67	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,90	[-]
- effektive Porosität:	2,66	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	2,03	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	----*)	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	62,61	[GPa]

*) auf Grund zahlreicher Klüfte keine aussagekräftige Messung möglich

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Treppenstufen, Futtertröge

Verwendungsbeispiele: nur noch unten aufgeführtes Gebäude bekannt

Literaturhinweise: BÜCKING (1903), KIRNBAUER (1991), SCHLOSSMACHER (1928)

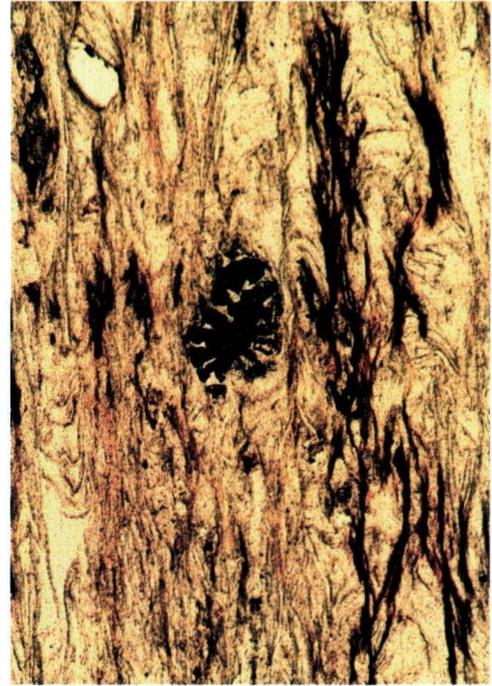
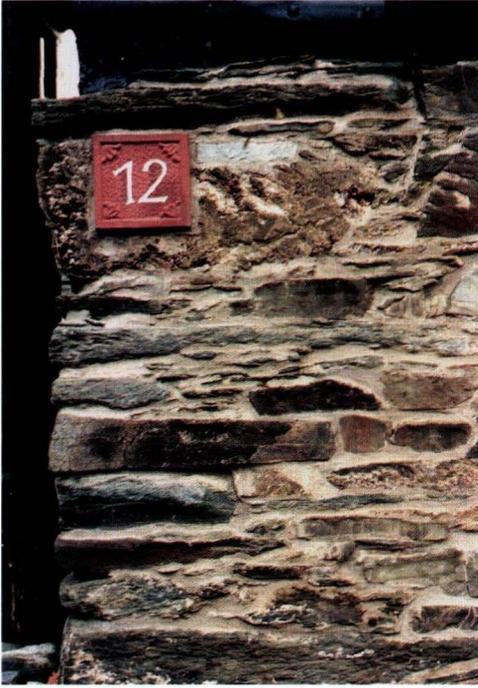
Abbildungen:

l.o.: Winden, historisches Privathaus direkt am Steinbruch: Sockelbereich gänzlich aus Porphyroidschiefer errichtet

r.o.: Musterplatten: Oben: Blick auf Schieferungsfläche: Alle schwarzen Komponenten von mehr oder weniger rundlichem Umriss, idiomorphe Feldspäte in regelloser Anordnung bis Maximalgröße von ca. 6 mm, linker Bereich infolge Bewitterung (oberflächennahe Gesteinspartie) mit vollständig herausgewitterten Feldspatkomponenten. Unten: Parallel zur Schieferungsfläche: Deutliche Einregelung von Feldspäten und Klasten, zahlreiche feine Spaltflächen zeichnen Schieferung nach; Originalgrößen

l.u.: Dünnschliff, X Pol.: Im Gegensatz zu schwarzen Klasten (rechter Bildrand) und Matrix sind kompetentere Quarze und Feldspäte nicht in Schieferungsebene eingeregelt; Quarz als gerundetes Korn mit sedimentärer Herkunft (rechts oben) oder als magmatischer „Porphy Quarz“ (links von Bildmitte); Feldspat weitgehend alteriert und in Albit und Serizit umgewandelt (links unten); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Schieferungsflächen anhand dunkler Eisenhydroxid- und Glimmerlagen gut ablesbar; Aggregat aus Titanit und kohlgiger Substanz möglicherweise aus organischen Überresten hervorgegangen (Bildmitte); Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



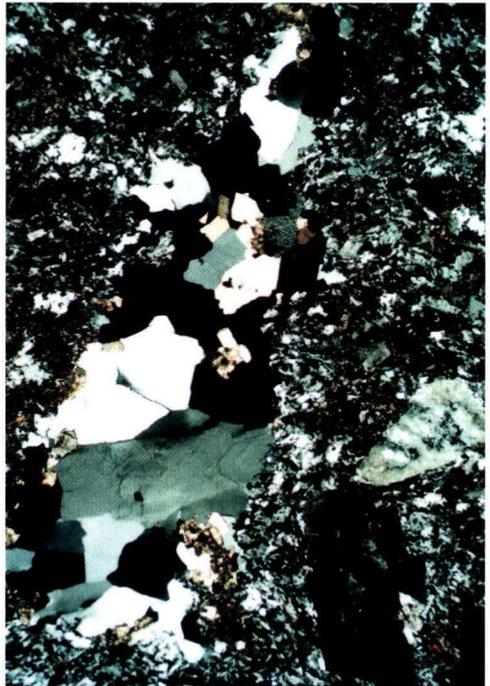
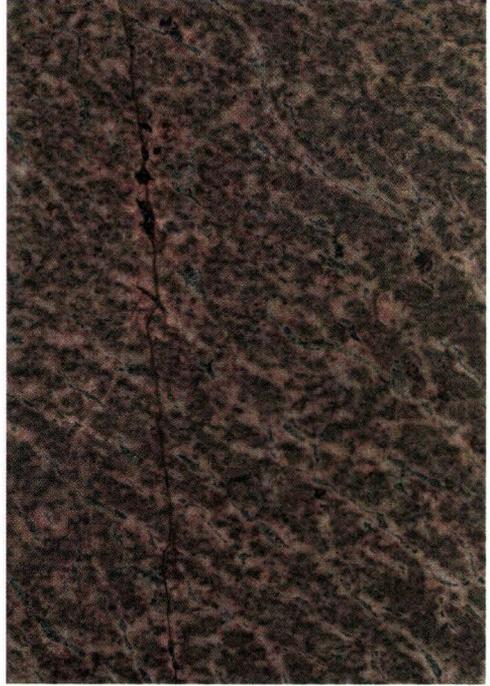
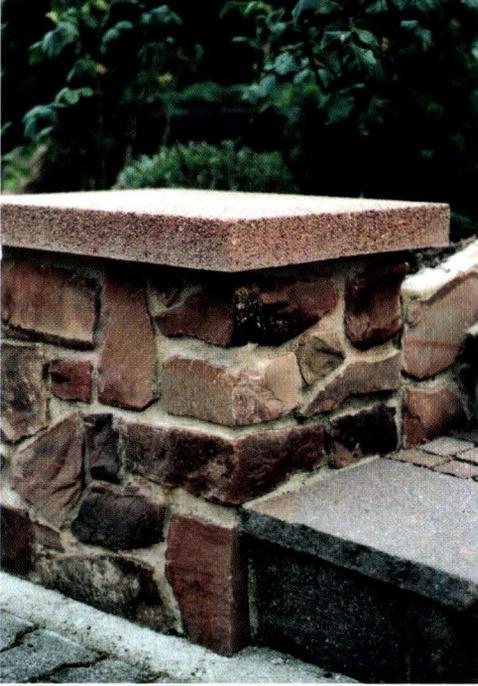
Mensfeldener Quarzkeratophyr

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: Metarhyolith**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5614 Limburg a.d.Lahn, südwestlich Mensfelden, am *Birkenkopf*; R 3435380, H 5578100; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** unteres Mitteldevon, Eifel**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** hell orangebraune bis graubräunliche Farbe, z.T. auch gefleckt oder gesprenkelt, dichtes oder durch einzelne Einsprenglinge auch schwach porphyrisches Gefüge; netzartige oder geäderte, etwas hellere Bereiche mit Vorherrschen von Quarz und violettem Fluorit (Kluftfüllungen), kompakt ohne erkennbare Porosität**mikroskopisch:** *Gefüge:* dicht oder durch Quarz- und Feldspateinsprenglinge schwach porphyrisch, Fluidalgefüge bereichsweise angedeutet; *Grundmasse:* mikrokristallin bis dicht, einzelne Körner eng miteinander verzahnt;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Alkalifeldspat (Orthoklas/Albit): serialporphyrisch bis 1,4 mm, idiomorph, häufig auch Aggregate, z.T. perthitisch entmischt, deutlicher Zwillingaufbau; Quarz: idiomorph, bis 0,3 mm Kristallgröße; *Grundmasse:* Alkalifeldspat (Orthoklas/Albit): Grundmassemminerale xenomorph, eng mit Quarz verzahnt; Quarz: xenomorph, häufig granophyrisches Durchwachungsgefüge mit Feldspat; Fluorit: xenomorphe bis hypidiomorphe Kristalle oder Aggregate; Karbonat: eisenhaltig, in feinsten Körnchen diffus verteilt, gesprenkeltes Aussehen des Gesteins geht auf wechselnde Bereiche mehr oder weniger feinsten eisenhaltiger Karbonate zurück; Pyrit: bis 0,1 mm große idiomorphe Körner, akzessorisch; *Kluftminerale:* Quarz: xenomorphe Kristalle bis 1,5 mm; Fluorit: xenomorph bis hypidiomorph, z.T. Aggregate, oft auffällige violettblaue Farbe, bis max. 0,6 mm Dicke; Karbonat: bis 0,4 mm groß, hypidiomorph, häufig auch zu Aggregaten zusammengeschlossen**Modalbestand:** Feldspat 55 Vol.%, Quarz 28 Vol.%, Karbonat 14 Vol.%, Fluorit 3 Vol.%, Pyrit <1 Vol.%**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,68	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,65	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,36	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,37	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,98	[-]
- effektive Porosität:	0,59	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,08	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	398,26	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	71,36	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** an historischen Gebäuden und Neubauten als Bruchmauerstein (Gartenmauern, Häuserbau) auf lokaler Ebene verwendet**Literaturhinweise:** FLICK (1977, 1978, 1979), FLICK & NESBOR (1988a), FLICK et al. (1988, 1998a), KAYSER (1896), KIRNBAUER et al. (1998), KOCH (1886), STENGEL-RUTKOWSKI (1988)**Abbildungen:****l.o.:** Mensfelden, Gartenmäuerchen: Mauersteine mit teilweiser dunkler Vererzung auf Kluftflächen**r.o.:** Musterplatte: Helle, geäderte Bereiche mit Fluorit, Quarz und Karbonat als Kluftfüllung; dunkler erscheinende Bereiche zusätzlich mit feinst verteiltem Karbonat und Erz; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Kluftfüllung mit weiß durchscheinendem Quarz, leicht violettem Fluorit (z.B. Bildmitte) und graubraunem Karbonat; Grundmasse aus kleinsten Feldspat- und Quarzkristallen, fein verteilte zusätzliche Erzeinlagerung spiegelt sich in kleinen dunklen Punkten wider; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Kluftfüllung mit oben genannten Mineralphasen: Quarz in weißen bis grauen Farben, Fluorit auf Grund kubischer Kristallklasse isotrop, d.h. Minerale erscheinen durchweg schwarz, etwas kleinere, bräunlichgelbe Karbonate häufig zu Aggregaten zusammengeschlossen; zwei Feldspateinsprenglinge (rechts unten); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



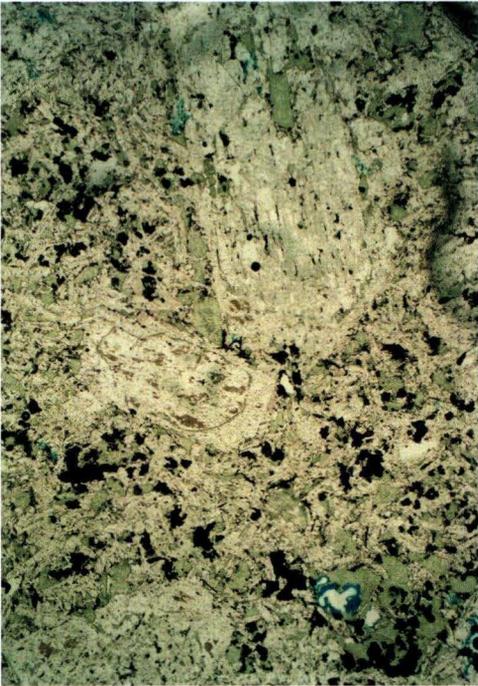
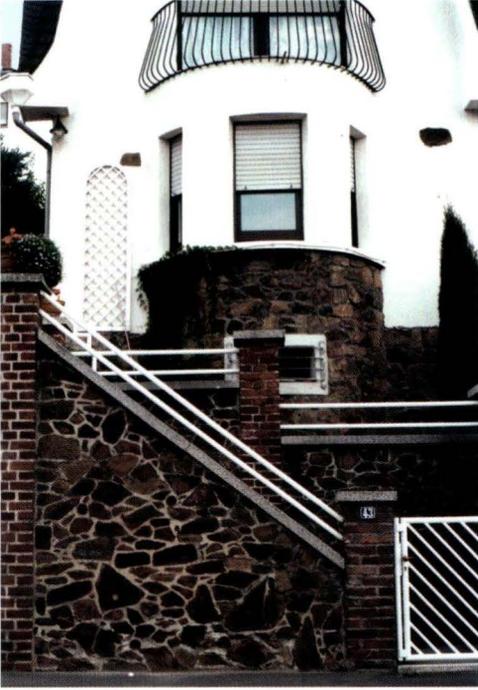
Niederbrechener Diabas

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: Metabasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5614 Limburg a.d.Lahn, westlich Niederbrechen; R 3439580, H 5581160; offen gelassenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Mittel-/Oberdevon, Givet/Adorf**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grünlichgraues, porphyrisches und kompaktes Gestein; Plagioklaseinsprenglinge bis 6x5 mm Größe, diese sind deutlich chloritisiert und von grünlicher Farbe und regellos in dichter bis feinkörniger, dunkelgraugrüner Grundmasse verteilt; häufig sind die Feldspäte auch noch weitergehend zu tonmineralischem Pulver zerfallen oder sie hinterlassen nach vollständigem Herauswittern Hohlräume**mikroskopisch:** *Gefüge:* serialporphyrisch, ursprünglich z.T. subophitisch; *Grundmasse:* intersertal, dicht bis feinkörnig;*Mineralbestand: Einsprenglinge:* Plagioklas: albitisiert, chloritisiert und serizitisiert, idiomorph, bis 6 mm Länge und 3 mm Breite, oftmals zeichnet Chloritneubildung die polysynthetischen Zwillingnähte der Kristalle nach; Chlorit: Verdrängungsprodukt ehemaliger Pyroxene unter Abscheidung von Erz, diese bis 1,2 mm großen Pseudomorphosen sind primär subophitisch von Plagioklas durchwachsen; *Grundmasse:* Plagioklas: xenomorph bis hypidiomorph, untergeordnet auch idiomorph, alle Kristalle umgewandelt (s.o.), z.T. auch tonmineralisch alteriert; Chlorit: zwickelfüllende Mesostasis; Titanomagnetit (Ilmenit-Magnetit-Mischkristall): größere Kristalle hypidiomorph und z.T. als Skelettkristalle, 30 µm bis 0,7 mm Durchmesser, häufig entmischt unter Umwandlung der Ilmenitkomponente zu Titanit/Leukoxen; Apatit: als winzige Nadelchen, auch in Plagioklas eingewachsen, akzessorisch; Hämatit: akzessorisch als kleine, wenige µm große Körnchen**Modalbestand:** alterierter Plagioklas (Albit) 64 Vol.-%, Chlorit 24 Vol.-%, Titanomagnetit 8 Vol.-%, Leukoxen 4 Vol.-%, Akzessorien <1 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,71	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,66	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,63	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,68	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,93	[-]
- effektive Porosität:	1,08	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,22	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	168,26	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	62,70	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** örtlich nur untergeordnet als Mauerstein verwendet**Literaturhinweise:** KAYSER (1896), KEGEL (1922), KOCH (1886), VOSSOUGH-ABEDINI (1979)**Abbildungen:****l.o.:** Niederbrechen, Privathaus: Verwendung von Diabas-Bruchsteinen und auch anderen Gesteinsarten zum Bau der Mauer und des Gebäudesockels; Metabasalte oft mit Ausbildung rostbrauner Verwitterungsringen an der Oberfläche unter atmosphärischen Einflüssen**r.o.:** Musterplatte: Deutliche Grünfärbung an weitgehend chloritisierten Kernbereichen größerer Feldspateinsprenglinge, kleinere Kristalle völlig vergrünt, kaum noch von chloritisierter Grundmasse abzugrenzen; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Spilitisierung vulkanischer Gesteine gekennzeichnet durch Albitisierung der Feldspäte sowie Umwandlung von Pyroxen und Feldspäten in Chloritminerale (Vergrünung der Gesteine); Feldspateinsprenglinge bereits weitgehend in Chlorit umgewandelt, Chloritisierung häufig an Spaltflächen des Wirtskristalls ansetzend, von dort aus sich ins Kristallinnere ausbreitend; Bildhöhe ≈ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Weitgehende Umwandlung von Albit in Serizit (Hellglimmer) durch hellgelbliche Färbung belegt; Bildhöhe ≈ 5 mm



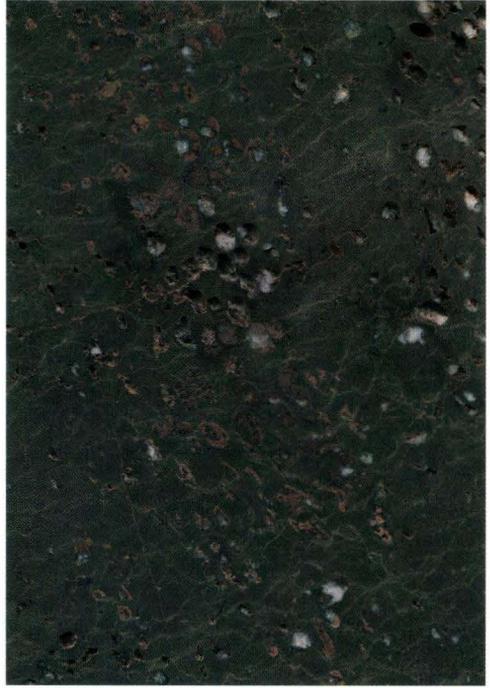
Ernsthäuser Diabas-Mandelstein

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: Metabasalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5516 Weilmünster, nordwestlich Ernsthausen; R 3453560, H 5591300; offen gelassener, verfallener Steinbruch**Stratigraphisches Alter:** Mittel-/Oberdevon, Givet/Adorf**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** graugrünes, amygdaloides Gestein, dichte Grundmasse, unregelmäßige oder runde ehemalige Gasblasen sind hohl oder mit weißem Quarz und/oder orangebraunem Karbonat gefüllt, Mandeln erreichen Durchmesser von 1–5 mm, zahlreich vorhandene Klüfte sind weitgehend mit Kalzit verheilt**mikroskopisch:** *Gefüge:* durch einzelne Apatit- und Plagioklaseinsprenglinge schwach porphyrisch, ursprünglich auch ophitisch; *Grundmasse:* intersertal, dicht bis feinkörnig, stellenweise deutliches Fließgefüge;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Plagioklas (albitisiert): leistenförmig, idiomorph bis hypidiomorph, bis max. 1 mm lang; Apatit: idiomorph bis hypidiomorph, bis 0,5 mm Länge; Chloritpseudomorphosen nach Pyroxen, max. 0,1–0,5 mm Größe, Pyroxene waren primär ophitisch von Plagioklas durchwachsen; *Grundmasse:* Plagioklas: 30 µm bis 0,4 mm Länge; Apatit: nadelig oder längliche Prismen, oft in Plagioklas eingewachsen und dann wenige µm lang; Magnetit: kleine kubische Körnchen mit max. 150 µm Kantenlänge;*Mesostasis* ebenso weitgehend aus Chlorit wie Anreicherungen in unregelmäßigen Arealen bis 0,4 mm Größe;*Porenraum:* Mandeln ausgefüllt mit Quarz, Kalzit, Chlorit und Tonmineralen, Chlorit kristallisiert dabei zumeist an Porenwänden, selten auch innerhalb der Poren girlandenartig-traubig aus, Kalzit ist häufig durch Eiseneinlagerung bräunlich gefärbt und zeigt deutliche rhombische Kristalle und charakteristische Spaltflächen, Quarz liegt mit xenomorphen, pflasterartig verwachsenen Körnern vor**Modalbestand:** Plagioklas (Albit) 39 Vol.-%, Chlorit 29 Vol.-%, Quarz 8 Vol.-%, Erz 7 Vol.-%, Kalzit 4 Vol.-%, Apatit <1 Vol.-%, chloritische Mesostasis 13 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,71	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,67	[g/cm ³]
- w-Wert:	< 0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,48	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,52	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,91	[-]
- effektive Porosität:	0,83	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,42	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	198,70	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	49,24	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** in der nahen Umgebung zumeist als Bruchmauerstein vor allem für Gebäudesockel oder für Abgrenzungsmauerungen, häufig auch zusammen mit Schalstein verbaut: Burgruine Freienfels in Weinbach, Mauern und Gebäudesockel in Ernsthausen**Literaturhinweise:** AHLBURG (1918b), LEHMANN (1941), STRAUSS (1983)**Abbildungen:****l.o.:** Weinbach, Burgruine Freienfels: Gemäuer aus grünem „Edelsberger Schalstein“ (z.B. oben rechts) und aus Diabas-Mandelstein; einzelne Mauersteine mit offenen Gasblasen oder mit Sekundärmineralen gefüllten Mandeln, Klüfte mit Kalzit verheilt**r.o.:** Musterplatte: Ehemalige Gasblasen mit orangebraunem Kalzit, weißem Quarz und Chlorit ausgefüllt, besonders in zerklüfteten Bereichen auch ungefüllte Gasblasen; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Allgemeine Grünfärbung des Gesteins auf vollständige Umwandlung ursprünglicher Olivine/Pyroxene und der Mesostasis in Chlorit zurückzuführen; Einsprenglingskristalle aus Apatit und Feldspat; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Quarz (weiß und dunkelgrau bis schwarz), Kalzit (bräunliche, rhombische Kristalle), Tonminerale (orange, Bildmitte) und Chlorit (im oberen Teil der Mandel, dunkelbläulichgrüne Farbe) in Blasenhöhlräumen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5,0 mm



Runkeler Schalstein

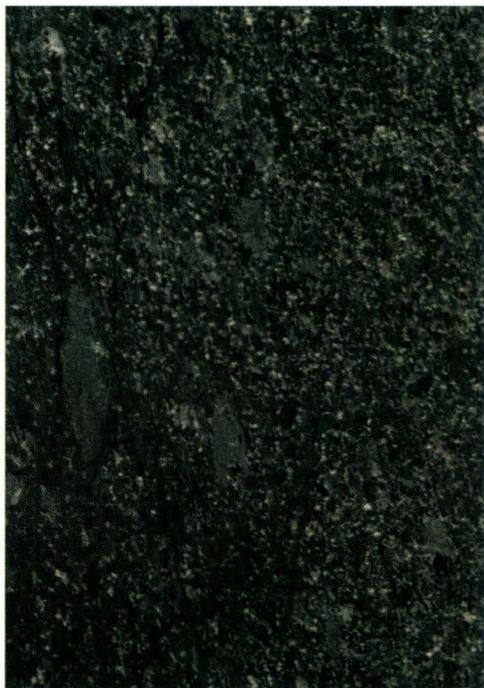
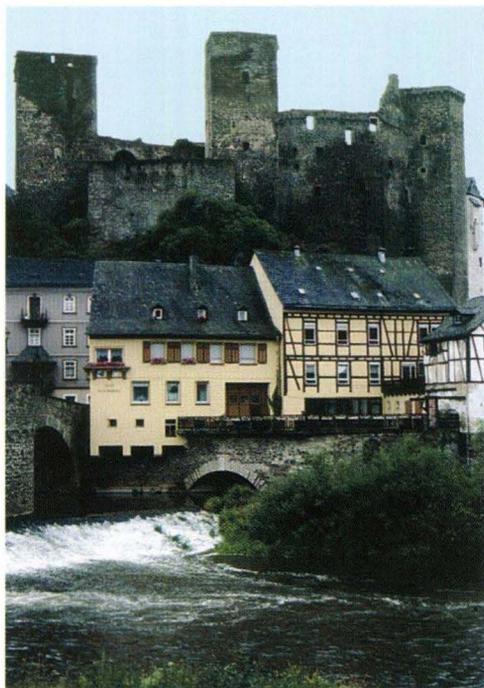
Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: basaltischer Metavulkaniklastit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5514 Hadamar, südwestlich Runkel a.d.Lahn; R 3439400, H 5585560; offen gelassener, verfallener Steinbruch**Stratigraphisches Alter:** Mittel-/Oberdevon, Givet/Adorf**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** graugrünes bis graubraunes, geschiefertes Gestein; Vulkaniklasten: dunkelgrün, ohne erkennbare Gasblasen, zumeist unregelmäßige Umriss, untergeordnet auch ausgeprägte oder flache linsenartige Formen, Korngröße: <1 mm bis >3 cm; Interpartikelraum: weißer Albit- und Kalzitcement; durch sich regelmäßig abwechselnde Bereiche von grünen Klasten und weißem Zement in etwa gleicher Größenordnung entsteht ein lebhaft gesprenkeltes Äußeres**mikroskopisch:** *Vulkaniklasten:* Gefüge: ursprünglich vitrophyrisch, anhand chloritisierter Pseudomorphosen nach Olivin/Pyroxen noch ablesbar, infolge Schieferung scheinbare Fluidalstruktur durch eingeregelt ehemalige Gasblasen; *Mineralbestand:* primäre Kristalle fast vollständig in Chlorit und Leukoxen umgewandelt; größere Minerale oder Aggregate bis 400 µm Durchmesser aus Leukoxen bzw. Titanit gegenüber diffus verteilten Körnern deutlich untergeordnet; akzessorische Mineralphasen: Eisenhydroxid/Hämatit, Plagioklas (vollständig albitisiert); *Grundmasse:* primär glasig, infolge Spilitisierung jetzt chloritisiert;*Interpartikelraum:* Zement: hauptsächlich Albit, untergeordnet auch Kalzit, dabei Bereiche mit relativ reinen Mineralphasen oder aber in Form gegenseitiger Durchdringung;*Intrapartikelraum:* jetzt vollständig mit Chlorit ausgefüllte Gasblasen zeichnen sich durch Leukoxenabscheidung an den Blasenwandungen deutlich gegen chloritische Grundmasse ab**Modalbestand:** Chlorit 53 Vol.%, Albit 25 Vol.%, Leukoxen 13 Vol.%, Kalzit 9 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte :	2,80	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,67	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	1,61	[Ma. %]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,68	[Ma. %]
- Sättigungswert:	0,96	[-]
- effektive Porosität:	2,62	[Vol. %]
- hygrische Dehnung:	1,09	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	----*)	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	44,60	[GPa]

*) auf Grund zahlreicher Klüfte und Risse keine Messung möglich

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** nur örtlich: in Runkel sind zahlreiche Gebäude und Mauern aus diesem Schalstein erhalten**Literaturhinweise:** ABEL (1979), HENTSCHEL (1951a–c, 1952, 1953a, b, 1957b, 1961a, 1979), ROTH (1993), STENGEL-RUTKOWSKI (1988)**Abbildungen:****l.o.:** Runkel: Blick über die Lahn auf die großenteils aus Schalstein erbaute Burg**r.o.:** Musterplatte: Größere Vulkaniklasten deutlich ausgelängt und eingeregelt, Schieferung (im Bild von oben nach unten verlaufend) bewirkt plattig-schalige Absonderung von Gesteinspartien parallel zur Schieferungsebene; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Ehemals glasige vulkanische (hyalo- und/oder pyroklastische) Partikel vollständig in Chlorit umgewandelt und von gelbgrüner Farbe; braune bis schwarze Ansammlungen von Leukoxen (Titanit u.a.) aus primärem Titanomagnetitgehalt, jetzt z.T. ehemalige Gasblasen abzeichnend; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Bindemittel im Gegensatz zu anderen Schalsteinvarietäten aus Albit und nur untergeordnet aus Kalzit, beide Mineralphasen zumeist eng miteinander verwachsen (Albit: Weiß bis hellgrau, Kalzit: Bunte Pastellfarben); titanhaltige Leukoxenphasen innerhalb chloritisierter Vulkaniklasten mit runden Umrissen und von schwach orangegelber Farbe (links von Bildmitte); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Wetzlarer Schalstein

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: basaltischer Metavulkaniklastit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5417 Wetzlar

Probe entstammt einer Ansammlung von Mauersteinen im Wetzlarer Stadtgebiet, Liefersteinbrüche mit vergleichbarem Material sind in der näheren Umgebung oder innerhalb von Wetzlar zu finden

Stratigraphisches Alter: Mittel-/Oberdevon, Givet/Adorf**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: bläulichgrünes, geschiefertes Gestein; Vulkaniklasten: unregelmäßige, flaserige bis rundliche Klasten, graugrüne, untergeordnet auch violettbräunliche oder olivgrüne Partikel in Lapilligröße, ehemalige Blasen innerhalb der Klasten mit Chlorit und Kalzit vollständig gefüllt; Interpartikelraum olivgrün (chloritisch), stellenweise Anreicherung von weißem Kalzit

mikroskopisch: *Vulkaniklasten:* blasenarm bis stark blasig; *Gefüge:* ursprünglich vitrophyrisch bis hyalopilitisch, durch Schieferung je nach Orientierung der Klasten scheinbar fluidal texturiert; *Mineralbestand:* Großteil ursprünglicher Kristalle in Chlorit und Leukoxen umgewandelt; Plagioklas: reliktsch als idiomorphe Kalzitpseudomorphosen, max. Kantenlänge 0,4 mm; Erz: körnige oder wolkige Anreicherungen in einzelnen Klasten aus unzersetzten eisen-titanhaltigen Mineralphasen; Pyroxen: idiomorphe Kalzitpseudomorphosen bis 1,1 mm Größe; *Grundmasse:* primär glasig, weitgehend chloritisiert und leukoxenisiert;

Interpartikelraum: vollständig aus Chlorit und Leukoxen bestehend, untergeordnet auch aus Kalzit- oder Quarzzement, einzelne Kalzitkristalle dabei mit Größen bis ca. 2 mm Durchmesser;

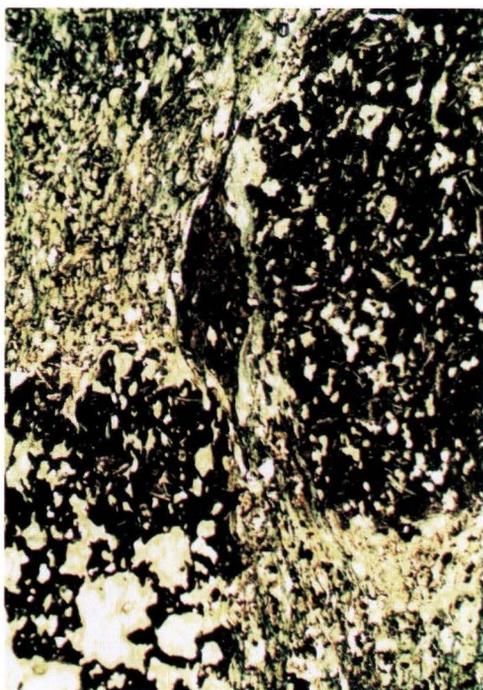
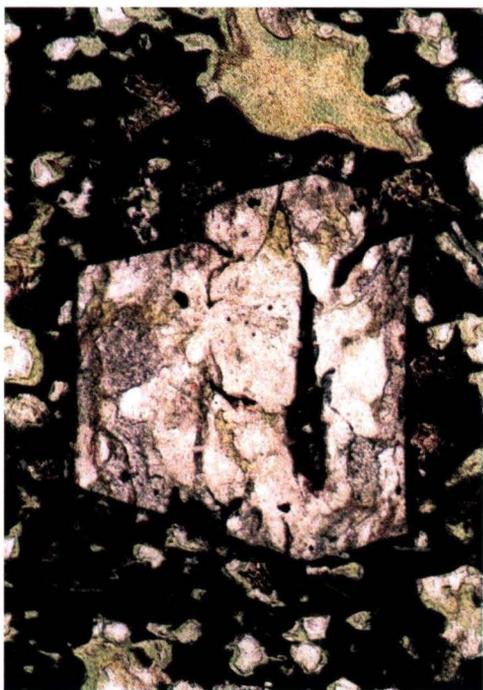
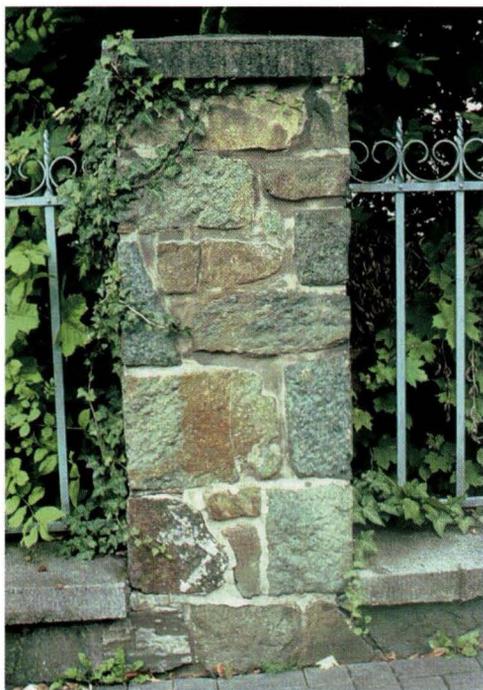
Intrapartikelraum: Gasblasen vollständig mit Chlorit-, Kalzit- und untergeordnet Quarzzement ausgefüllt, Kalzit füllt dabei die relativ größeren Blasen aus, Chlorit und Quarz eher die kleineren Blasen bis ca. 80 µm Durchmesser

Modalbestand: Chlorit und Leukoxen 75 Vol.-%, Kalzit 18 Vol.-%, Quarz 4 Vol.-%, Erz 3 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,83	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,78	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,53	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,63	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,84	[-]
- effektive Porosität:	0,98	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,61	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	----*)	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	54,55	[GPa]

*) auf Grund zahlreicher Klüfte und Risse keine Messung möglich

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** lokal: zahlreiche Raumauerungen in Wetzlar und naher Umgebung**Literaturhinweise:** AHLBURG (1918c), HENTSCHEL (1951a–c, 1952, 1953a, b, 1957b, 1961a), HIRSCHWALD (1908), KEGEL (1922, 1976)**Abbildungen:****l.o.:** Wetzlar: Schalsteinvarietät bevorzugt als Bruchmauerstein für Begrenzungsmauern eingesetzt**r.o.:** Musterplatte: Blick auf Schieferungsfläche: Spilitisierte Vulkaniklasten mit rundlichen oder unregelmäßig begrenzten Umrissen; undeutlich hervortretendes, etwas dunkleres Bindemittel aus Chlorit-Leukoxen-Gemenge; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Pseudomorphosen nach Pyroxen nicht selten, Primärmineral vollständig durch Kalzit und Chlorit verdrängt; Schmelzeinschlüsse in Einsprenglingen in Analogie zu tertiären Basalten und Vulkaniklastiten, ursprüngliches Glas dabei vollständig in Gemenge aus Chlorit mit mehr oder weniger Leukoxenabscheidung umgewandelt; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Gegenüberstellung von dunklen, erzpigmentierten Klasten mit relativ wenigen, recht großen Gasblasen sowie gelbgrünen, weitgehend an Erzphasen abgereicherten und wesentlich blasigeren Klasten; Einregelung in Schieferungsebene (von oben nach unten) besonders an helleren Komponenten erkennbar; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



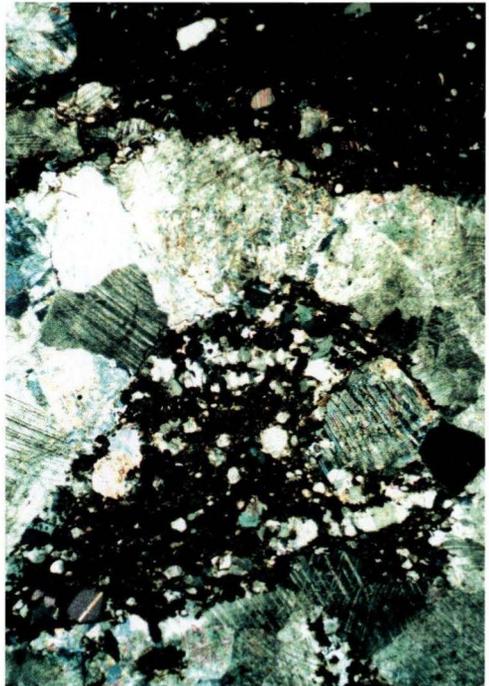
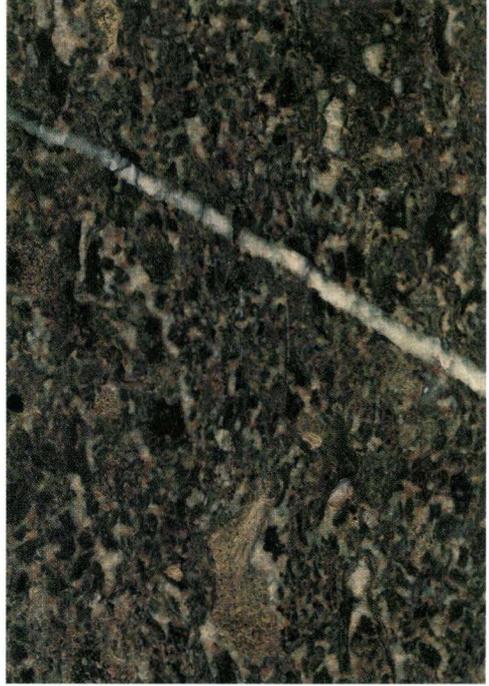
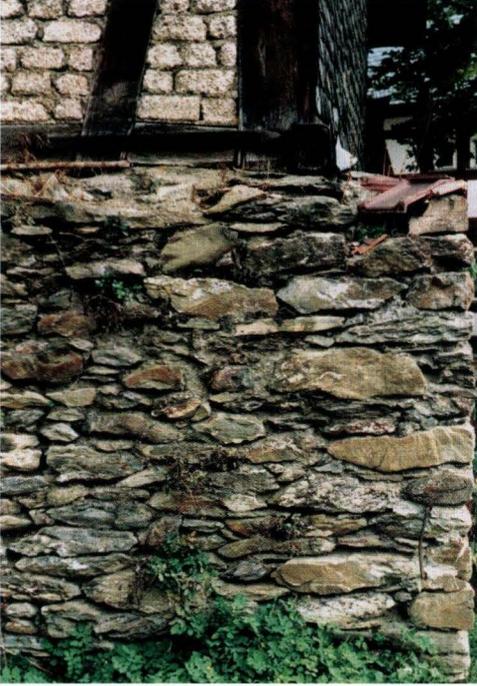
Weilmünsterer Schalstein

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: basaltischer Metavulkaniklastit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5516 Weilmünster, nord-nordöstlich Weilmünster; R 3456230, H 5589450; offen gelassenes, verfallenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Mittel-/Oberdevon, Givet/Adorf**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grünlichbraunes, an der Gesteinsoberfläche durch Verwitterung auch bräunlichgraues, geschiefertes Gestein; Vulkaniklasten: unregelmäßige, häufig auch flaserige Klasten von olivgrüner Farbe, 2–25 mm Korngröße, vollständig mit Kalzit oder Chlorit gefüllte ehemalige Gasblasen; Zement: hauptsächlich aus gelblichweißem oder leicht rötlichem Kalzit, bereichsweise auch grauschwarz und chloritisch ausgebildet**mikroskopisch:** *Vulkaniklasten:* einzelne Klasten auf Grund der fortgeschrittenen Umwandlung oft nur noch reliktsch, ursprünglich hochblasige Lapilli (Pyroklasten); *Gefüge:* ursprünglich vitrophyrisch, scheinbar fluidal texturiert (durch Schieferung geplättete und ausgelängte Klasten); *Mineralbestand:* Primärminerale weitgehend umgewandelt, lediglich vereinzelte Kalzitpseudomorphosen ehemaliger Primärminerale erkennbar, diese z.T. auch mit zusätzlicher Umrahmung aus Hämatit; *Grundmasse:* bestehend aus einem Gemenge von Chlorit und Leukoxen, wobei Leukoxen häufig als Umrahmung ehemaliger Gasblasen auftritt, sodass die Raumlage dieser Blasen rekonstruiert werden kann;*Interpartikelraum:* fast vollständig aus sparitischem Kalzitcement, Quarz und Chlorit kommen untergeordnet stellenweise hinzu; einzelne, z.T. idiomorphe Hämatitkörnchen sind bereichsweise innerhalb von Kalzit, Quarz und Chlorit auskristallisiert;*Intrapartikelraum:* Gasblasen mit Chlorit, Kalzit und untergeordnet Quarz vollständig ausgefüllt, Kalzit füllt dabei bevorzugt relativ größere Blasen aus**Modalbestand:** Kalzit 72 Vol.%, Chlorit 18 Vol.%, Leukoxen 5 Vol.%, Quarz 5 Vol.%, Hämatit <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,77	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,70	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,87	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,93	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,93	[-]
- effektive Porosität:	1,46	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,30	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	68,72	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	66,51	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** örtlich noch an einigen alten Gemäuern als Bruchmauerstein erhalten**Literaturhinweise:** AHLBURG (1918b), BEHNISCH (1993), HENTSCHEL (1951a–c, 1952, 1953a, b, 1957b, 1961a), NESBOR et al. (1993)**Abbildungen:****l.o.:** Weilmünster, Fachwerkhaus: Auf Grund leichter Gewinnung der geschieferten Schalsteine intensiver Abbau in früherer Zeit für Bauzwecke in zahlreichen Steinbrüchen im Lahn-Dill-Gebiet**r.o.:** Musterplatte: Olivgrüne Vulkaniklasten infolge Schieferung geplättet und eingeregelt (Schieferungsebene von oben nach unten), Zement aus weißlichem Kalzit; Kluft vollständig mit Kalzit verheilt; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Infolge diagenetischer und metasomatischer Prozesse (Spilitisierung) ist glasige Grundmasse der Vulkaniklasten in Mineralgemisch aus Leukoxen und Chlorit umgewandelt; sparitischer Kalzit als Zement; größere Gasblasen mit Kalzit ausgefüllt (oberer Bildrand); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Mineraltypisches Erscheinungsbild der sparitischen (grobkörnigen) Kalzitkristalle als Zement, auffällige weißliche bis bunte Färbung und charakteristische Lamellen bzw. Spaltwinkel; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



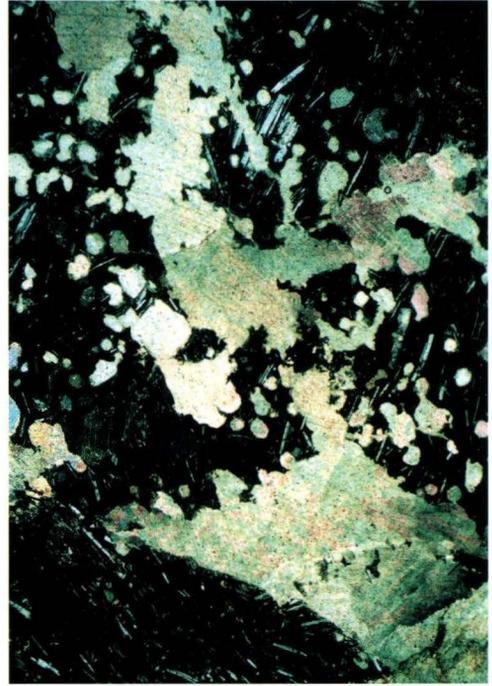
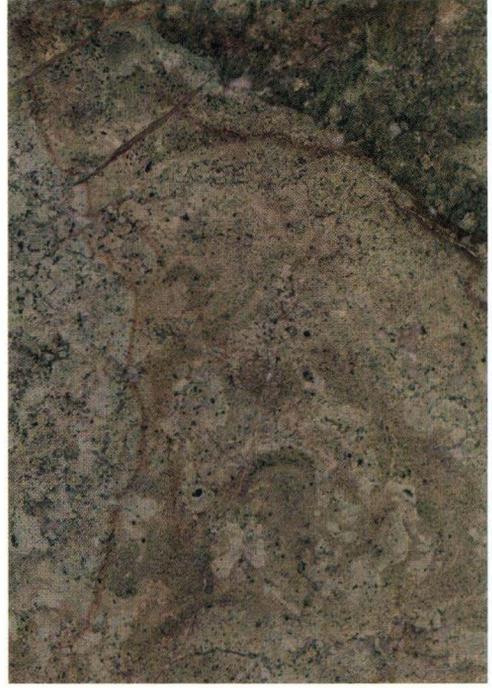
Blasbacher Schalstein

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: basaltischer Metavulkaniklastit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5317 Rodheim-Bieber, östlich Blasbach; R 3467240, H 5608220; offen gelassenes, verfallenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Mittel-/Oberdevon, Givet/Adorf**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** im frischen Zustand graugrünes, durch Verwitterung auch gelbgraues bis hellbräunliches Gestein, geschiefert, Klüfte z.T. mit Kalzit verheilt; Vulkaniklasten: <1 mm bis 5 cm Korn-durchmesser (im Steinbruch z.T. auch deutliche Schichtung im Gesteinsverband erkennbar), grünlichbraune oder blaugüne Farbe, mit Kalzit und Chlorit gefüllte Gasblasen; Zement ist kalzitisch oder chloritisch ausgebildet; z.T. Eisenausfällungs-horizonte von rostbrauner Farbe im Gestein**mikroskopisch:** *Vulkaniklasten:* primär blasig bis stark blasig (pyroklastisch); *Gefüge:* ursprünglich vitrophyrisch bis hyalopilitisch, häufig fluidal texturiert; *Mineralbestand:* überlieferte Mineralphase ist ein leisten- oder tafelförmiger Plagioklas bis 0,9 mm Länge, der infolge Spilitisierung albitisiert wurde, neben „frischen“ Kristallen auch mehr oder weniger stark in Kalzit umgewandelte Plagioklase; vereinzelt Quarz- und Chloritpseudomorphosen nach Pyroxen; *Grundmasse:* vollständig in ein Gemenge aus Chlorit, Leukoxen und Kalzit umgewandelt; das Gestein wird von zahlreichen Mikrorissen durchzogen und zeigt bereichsweise rotbraune Überprägung durch Eisenausfällung sowie kleinste Hämatitkörnchen;*Interpartikelraum:* vollständig mit sparitischem Kalzit-zement ausgefüllt;*Intrapartikelraum:* runde oder gelängte Gasblasen mit Chlorit, Kalzit und untergeordnet Quarz ausgefüllt**Modalbestand:** Leukoxen 36 Vol.%, Kalzit 25 Vol.%, Chlorit 18 Vol.%, Plagioklas 12 Vol.%, Quarz 9 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,77	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,65	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,3	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	1,59	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,70	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,94	[-]
- effektive Porosität:	2,65	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,09	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	54,15	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	32,27	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** auf Grund gewisser optischer Ähnlichkeiten könnte der verbaute Schalstein am Wetzlarer Dom dem erwähnten Steinbruch entstammen**Literaturhinweise:** BIRKELBACH et al. (1988), HENTSCHEL (1951a–c, 1952, 1953a, b, 1957b, 1961a), KEGEL (1933a, 1971)**Abbildungen:****l.o.:** Wetzlarer Dom: Mauerwerksbereich mit möglichen Farbgebungen der Varietät von hellbräunlich bis graugrün; Gesteinsoberflächen oft mit charakteristischen Verwitterungsschäden wie z.B. schieferungsparallelem Aufschuppen**r.o.:** Musterplatte: Durch Verwitterung hell bräunlichgelb verfarbte Gesteinspartie, frischeres Steinbruchmaterial dagegen von grüner bis blaugrüner Färbung; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Interpartikelräume mit Kalzit-zement gefüllt; Pyroklasten mit länglichen albitisierten Plagioklasen und kalzitisierten Pseudomorphosen nach Pyroxen (Bildmitte), Grundmasse aus Leukoxen und Chlorit; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Relativ größere Gasblasen mit Kalzit, kleinere Blasen dagegen zumeist mit Chlorit und Quarz gefüllt; Interpartikelraum von Kalzit-zement ausgefüllt; in verschiedenen Vulkaniklasten jeweils andere Ausrichtungen der eingeregelt Plagioklase (Fließgefüge); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



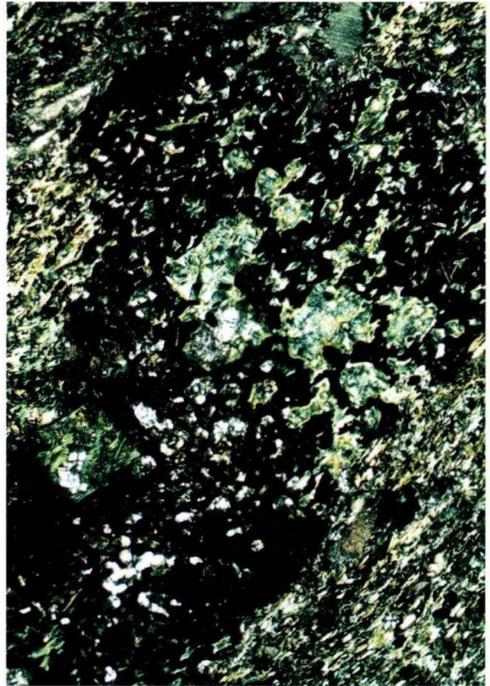
Oberschelder Schalstein

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: basaltischer Metavulkaniklastit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5216 Oberscheld, nord-nordwestlich Oberscheld; R 3454170, H 5623090; Stilllegung des ehemals großen Steinbruchs 1947, heute weitgehend verfüllt und rekultiviert**Stratigraphisches Alter:** Unterkarbon**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grünlichgraubraunes, geschiefertes Gestein; Vulkaniklasten: braungraue, grauschwarze oder grünlichbraune Farbe, 2 mm bis >6 cm Korndurchmesser, eckige bis gut gerundete Partikel, ehemalige Gasblasen (0,5–2 mm Durchmesser) sind mit Kalzit oder Chlorit vollständig ausgefüllt; Bindemittel: zumeist Kalzit-zement von weißer bis rötlichvioletter Farbe, untergeordnet grünlichbraune, chloritreiche Areale; häufige Xenolithe sind spilitisierte Spinell-Lherzolithe von rotbrauner Farbe**mikroskopisch:** *Vulkaniklasten:* Gefüge: ursprünglich vitrophyrisch; *Mineralbestand:* Primärminerale sind in Chlorit, Kalzit und Leukoxen umgewandelt; Pseudomorphosen nach Olivin und Pyroxen; Hämatit: in Form kleiner Körnchen oder Erzreicherungen, z.T. auch als Pseudomorphosen; *Grundmasse:* primär glasig, vollständig in zumeist Chlorit und Leukoxen sowie untergeordnet in Kalzit und Quarz umgewandelt;*Interpartikelraum:* besteht aus sparitischem Kalzit-zement, Kalzitkristalle erreichen dabei Größen bis ca. 4 mm, mineraltypische Lamellierung bzw. Spaltwinkel oft exemplarisch ausgebildet oder auch bogig deformiert, bereichsweise ist Chlorit und untergeordnet auch Quarz eng mit Kalzit verwachsen;*Intrapartikelraum:* ehemalige Gasblasen sind kreisrund oder fluidal texturiert bzw. infolge Schieferung geplättet und eingeregelt sowie vollständig mit Kalzit, Chlorit und Quarz gefüllt, durch z.T. deutliche Leukoxenneubildung an ehemaligen Blasenwänden läßt sich deren Raumlage deutlich gegen die Grundmasse abgrenzen**Modalbestand:** Kalzit 52 Vol.-%, Chlorit und Leukoxen 43 Vol.-%, Quarz 4 Vol.-%, Hämatit 1 Vol.-%**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,66	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,54	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,4	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	1,64	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,72	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,95	[-]
- effektive Porosität:	2,76	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,97	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	49,82	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	15,81	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: vor allem im 19. Jahrhundert Gewinnung von Baumaterial: Mauersteine, Treppenstufen, Fenstersimse**Verwendungsbeispiele:** nur noch an einigen wenigen alten Gebäuden in Oberscheld erhalten**Literaturhinweise:** BENDER et al. (1997), HENTSCHEL (1951a–c, 1953a, b, 1957b, 1961a), HIRSCHWALD (1908), KAYSER (1907d), KREBS (1960), NESBOR (1997), NESBOR et al. (1993)**Abbildungen:****l.o.:** Oberscheld, Gebäudesockel eines Privathauses: Mauersteine mit flaserig-schiefriger Textur; kompetente Klasten (rotbraune spilitisierte Spinell-Lherzolithe im unteren Mauerstein) auch von Mineralumwandlungen betroffen, jedoch nicht deformiert und vergrünt**r.o.:** Musterplatte: Rotbraune Mantelxenolithe (Bildmitte) als typisches Indiz für unterkarbonische Schalsteine; weißer Kalzit-zement; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Pseudomorphosen nach Olivin mit Schmelzeinschlüssen, ehemaliges Mineral vollständig in Chlorit (gelbgrün) und untergeordnet Quarz (weiß) umgewandelt; Gasblasen ebenfalls mit diesen Mineralen gefüllt; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol., Bildausschnitt wie l.u.: Fasrige oder radialstrahlige angeordnete Chloritminerale gut erkennbar; schwarzes Korn von eingeregelteten Klasten umgeben, dabei Mineralphasen und Gasblasen ausgelängt (Einregelung von links unten nach rechts oben); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Hirzenhainer Pikrit

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: Pikrit

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5216 Oberscheld, nordöstlich Bahnhof Hirzenhain; R 3459040, H 5628570; Steinbruch in Betrieb

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: grünlichschwarzes, wechsellörniges (klein- bis grobkörniges) Gestein, kompakt; die sog. Flammung erreicht je nach Varietät 1–6 cm Länge; klein- bis mittelkörnige, serpentinierte Olivine sind gleichmäßig im Gestein wie auch poikilitisch in Pyroxenen und bronzefarbenen Hornblenden verteilt; Zwickelfüllung ist dicht und schwarz

mikroskopisch: *Gefüge:* poikilitisch, mosaikartige Anordnung der Minerale;

Mineralbestand: Olivin: idiomorphe oder korrodierte Kristalle mit beginnender bis vollständiger Umwandlung (Pseudomorphosen) in Faserserpentin und untergeordnet Chlorit, 0,4–2,2 mm Kristallgröße; Klinopyroxen (Endiopsid): xenomorph bis hypidiomorph, poikilitisch um Olivine gewachsen, 2–12 mm Größe, z.T. randliches, homoachiales Weiterwachsen in rotbraune, pleochroitische Hornblende (Kaersutit), häufig chloritisierte Bereiche; untergeordnet auch grüne Hornblende; Biotit: fetzenartig bis hypidiomorph, bis 0,8 mm Länge, auch an Kaersutit angewachsen; Plagioklas: poikilitisch um Olivin gewachsen, weitgehend von Chlorit verdrängt oder serizitisiert; Magnetit: innerhalb von Serpentinpseudomorphosen als Abscheidung weniger μm kleiner Körnchen (bei Umwandlung des Olivins kann Eisen nicht in Serpentin eingebaut werden); Titanomagnetit (d.h. Magnetit-Ilmenit-Mischkristall): z.T. leukoxenisiert, bis 1,5 mm Länge; Apatit: idiomorphe, max. 0,7 mm lange Kristalle, akzessorisch;

Mesostasis: Chlorit und Leukoxen

Modalbestand: Chlorit-Serpentin-Minerale 58 Vol.%, Olivin als ursprüngliches Mineral 16 Vol.%, Klinopyroxen 15 Vol.%, Hornblende 1 Vol.%, Biotit 4 Vol.%, Erz 5 Vol.%, Apatit 1 Vol.%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,92	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,90	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,22	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,26	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,78	[-]
- effektive Porosität:	0,40	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,01	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	165,55	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	68,12	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Fassadenverkleidung, Fensterbänke, Steinmöbel, Denkmal- und Grabsteine, Boden- und Wandplatten, Pflastersteine, Mauersteine

Bemerkung: im Handel sind klein-, mittel- und großgeflamte bzw. blumige Varietäten mit entsprechend unterschiedlich dimensionierter Flammung; als Grab- und Denkmalsteine sowie Steinmetzarbeiten in Deutschland weit verbreitet

Literaturhinweise: BENDER et al. (1997), BRAUNS (1904), GRIMM (1990), HENTSCHEL (1968), KAYSER (1907d), KIRNBAUER & LIPPERT (1997), LOTZ (1907b), MEISL et al. (1982), MÜLLER (1990, 1991), NESBOR (1997), ROTH (1993), WATZKE (2001)

Abbildungen:

l.o.: Aßlar, Friedhof: Grabstein mit charakteristischer „Flammung“; Herkunft wahrscheinlich aus Hirzenhain

r.o.: Musterplatte: Flammung im Gestein durch abwechselnde Bereiche dunkler (Pyroxen, Hornblende, Chlorit-Serpentin-Minerale, Erz) und heller (alterierter Plagioklas) Mineralansammlungen; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Rotbraune Titanhornblende (Kaersutit) poikilitisch um z.T. rundlich korrodierte Olivine bzw. Serpentinpseudomorphosen gewachsen, rechter Kristallbereich in weißlichen Pyroxen übergehend; orangefarbene Biotite nicht selten von Hornblende/Pyroxen ausgehend homoachsal weitergewachsen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol.: Von braunem Pyroxenkristall eingeschlossene Pseudomorphose nach Olivin, faseriges Wachstum der Serpentin-Minerale (Faserserpentin); Bildhöhe $\hat{=}$ 0,6 mm



Klassifikation: Pikrit

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5215 Dillenburg, westlich Sechshelden; R 3446700, H 5623920; Steinbruch voll verfüllt und rekultiviert

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: grünlichschwarzes, klein- bis mittelkörniges Gestein, kompakt, Sprengung durch grünlichweiße (alterierte Plagioklase) und grünlichschwarze Bereiche (serpentinisierte Areale und Pyroxen), umgewandelte Olivine richtungslos in dunkler Mesostasis und auch poikilitisch innerhalb von Pyroxenen und Hornblenden eingebettet

mikroskopisch: *Gefüge:* poikilitisch, untergeordnet ophitisch, mosaikartige Kornbindung;

Mineralbestand: Olivin: idiomorph oder korrodiert, 0,2–4,3 mm Länge, beginnende bis vollständige Umwandlung in Faserserpentin, Serpentinseudomorphosen nach Olivin unter Abscheidung von Magnetit hervorgegangen; Endiopsid/Kaersutit: Pyroxen geht randlich häufig in rotbraune, pleochroitische Titanhornblende über, beide Minerale sind poikilitisch um Olivine und ophitisch um Plagioklase gewachsen, hypidiomorph, z.T. chloritisiert, 0,2–5 mm groß; Biotit: hypidiomorph oder fetzenartig, eng mit Chlorit verwachsen oder an Hornblende weitergewachsen, bis 0,8 mm Länge; Plagioklas: als Relikte bis ca. 0,7 mm Länge, weitgehend chloritisiert und serizitisiert; Titanomagnetit (Ilmenit/Magnetit): bis max. 0,8 mm Größe, auch poikilitisch innerhalb von Kaersutit; Apatit: idiomorphe, längliche bis gedrungene Körner, max. 0,6 mm lang, akzessorisch;

Mesostasis: Chlorit und Leukoxen

Modalbestand: Chlorit-Serpentin-Minerale 52 Vol.%, Olivin als ursprüngliches Mineral 13 Vol.%, Klinopyroxen 7 Vol.%, Hornblende 15 Vol.%, Biotit 7 Vol.%, Plagioklas 3 Vol.%, Erz 3 Vol.%, Akzessorien <1 Vol.%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,94	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,93	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,07	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,10	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,72	[-]
- effektive Porosität:	0,15	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,01	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	210,41	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	86,78	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Pflasterstein

Verwendungsbeispiele: regional: zahlreiche Gebäude in Dillenburg und naher Umgebung

Literaturhinweise: DIENEMANN & BURRE (1929: 182 f.), HENTSCHEL (1970), KAYSER (1907a), LIPPERT (1970), LOTZ (1907a), MERTZ (1986), MÜLLER (1990)

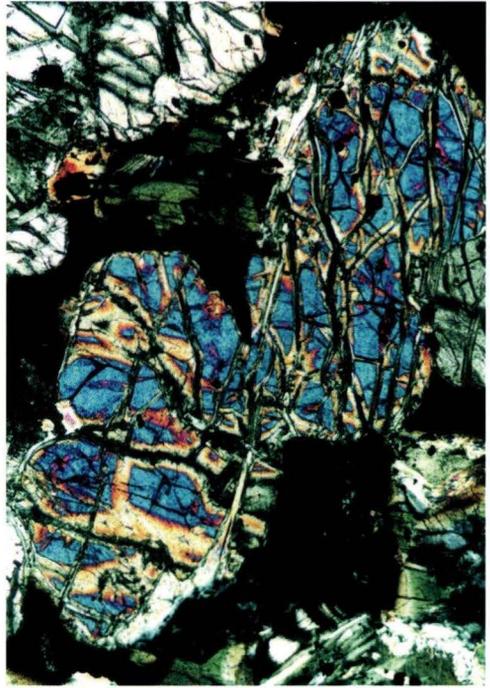
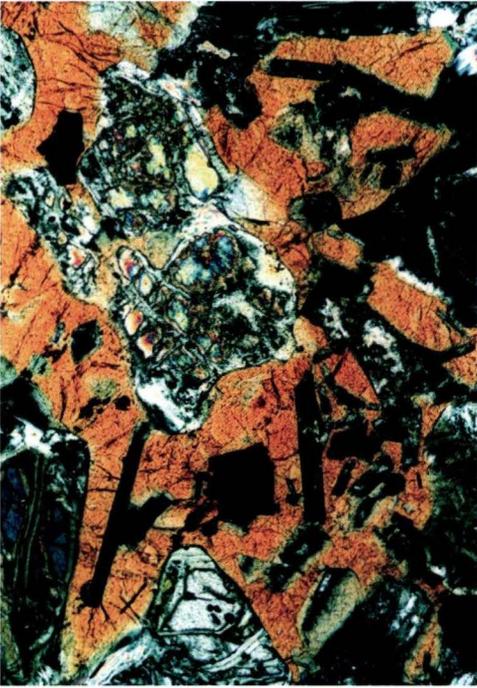
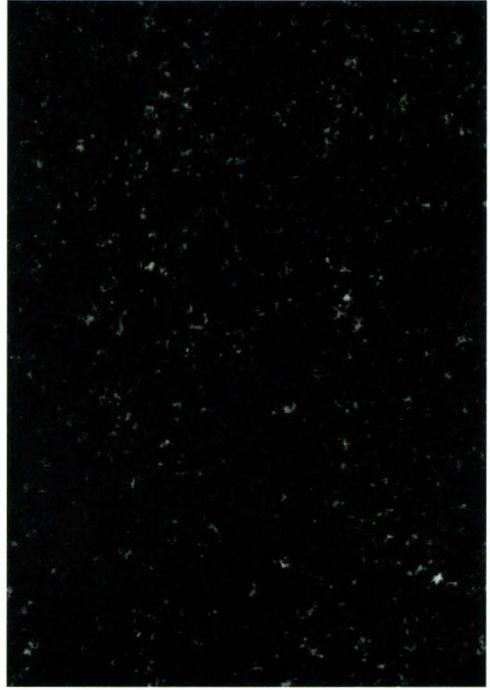
Abbildungen:

l.o.: Niederscheld, Sockelbereich eines Privathauses: Bräunliche Verfärbung an der Oberfläche einiger Werksteine geht auf Mineralumwandlungen vor allem des Olivins zurück; weitergehende Verwitterung bewirkt auch grusigen Zerfall

r.o.: Musterplatte: Helle Bereiche im Pikrit auf Anreicherungen von reliktischem Plagioklas zurückzuführen; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, X Pol.: Poikilitisch bzw. ophitisch eingeschlossene korrodierte und partiell serpentinisierte Olivine sowie längliche chloritisierte und serizitisierte Pseudomorphosen nach Plagioklas innerhalb des orangefarbenen Pyroxens; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol.: Serpentinisierung der Olivine von Spaltflächen bzw. Mikrorissen und vom Kornrand ausgehend; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Klassifikation: Pikrit

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5217 Gladenbach, westlich Rachelshausen; R 3466610, H 5628690; offen gelassenes Steinbruchgelände, Stilllegung 1993

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: grünlichschwarz, klein- bis grobkörnig, kompakt, „Flammung“ erreicht 3 bis >15 cm Länge; grünlichschwarze, 0,5–2 mm große serpentinisierte Olivine in geflammten Bereichen, in dunkler Mesostasis und poikilitisch in Pyroxenen enthalten; einspiegelnde Pyroxene/Hornblenden mit 2–5 mm Kristallgröße; Mesostasis ist dicht und schwarz

mikroskopisch: *Gefüge:* poikilitisch, mosaikartige Kornbindungen;

Mineralbestand: Olivin: idiomorphe oder korrodierte Kristalle mit an Rissen beginnender bis vollständiger Umwandlung (Pseudomorphosen) in Faserserpentin unter Abscheidung von Magnetit sowie untergeordnet auch in Chlorit, 0,2–2,0 mm Kristallgröße; Klinopyroxen (Endiopsid): mit poikilitisch eingeschlossenen Olivinen, stellenweise Vererzung oder Chloritisierung, hypidiomorph, <1 bis 5 mm Durchmesser, z.T. randlich in Kaersutit übergehend; nicht näher bestimmbare grüne Hornblende; Biotit: fetzenartig, oft eng mit Chlorit verwachsen oder ausgehend von Pyroxen/Hornblende homoachial weitergewachsen, bis 1,2 mm Länge; Plagioklas: mit zahlreichen poikilitisch eingeschlossenen Olivinkörnern, bis >3 mm Durchmesser, frische, serizitisierte und chloritisierte Bereiche; Magnetit: kubische Körner bis 80 µm Kantenlänge; Titanomagnetit: bis 1,0 mm große Kristalle; Apatit: idiomorphe Nadeln bis 0,8 mm Länge, z.T. in Pyroxen oder Biotit eingewachsen;

Mesostasis: Chlorit und z.T. nicht weiter bestimmbare Minerale

Modalbestand: Chlorit-Serpentin-Minerale 50 Vol.-%, Olivin als ursprüngliches Mineral 29 Vol.-%, Klinopyroxen 8 Vol.-%, Biotit 7 Vol.-%, Plagioklas 4 Vol.-%, Erz 2 Vol.-%, Hornblende und Apatit <1 Vol.-%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,93	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,89	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,30	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,32	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,96	[-]
- effektive Porosität:	0,48	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	168,68	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	71,97	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Fassadenverkleidung, Fensterbänke, Denkmal- und Grabsteine, Mauersteine

Verwendungsbeispiele: Mauersteine vor allem für den regionalen Bedarf, auch überregional als Grab-, Denkmal- und Dekorationssteine

Literaturhinweise: BRAUNS (1904), EGGERT et al. (1986), HENTSCHEL (1968), KEGEL (1933b), KOCKEL (1958), MÜLLER (1990, 1991, 1998), ROTH (1993)

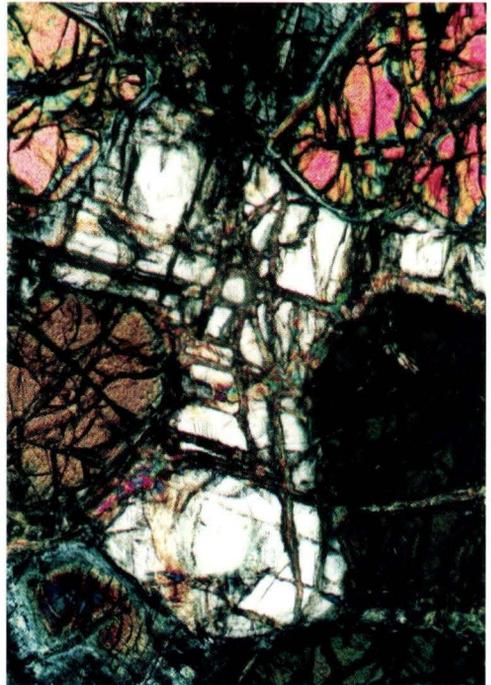
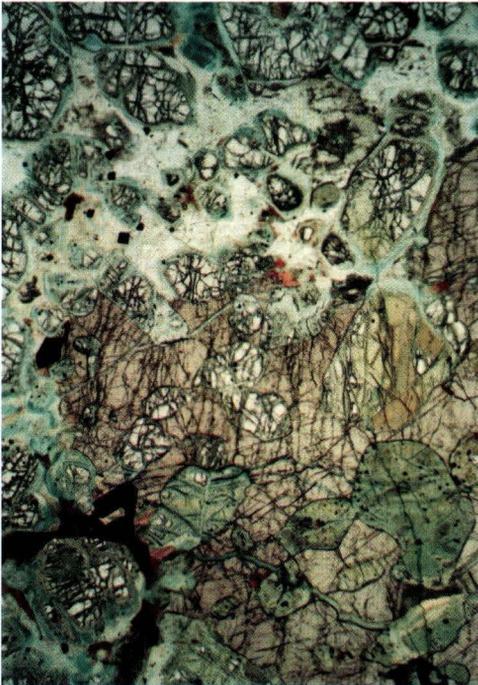
Abbildungen:

l.o.: Aßlar, Friedhof: Grabstein einer großgefammten Pikritvarietät mit Herkunft aus dem Rachelshäuser Steinbruch

r.o.: Musterplatte: Charakteristische Flammung erreicht Dimensionen bis über 15 cm Länge; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Braungrauer Pyroxen mit eingeschlossenen, teilweise umgewandelten Olivinkristallen sowie Serpentinpseudomorphosen nach Olivin unter Abscheidung kleinster Magnetitkörnchen (unterer Bildbereich); schwarze Mischkristalle aus Magnetit und Ilmenit; weiße Bereiche aus poikilitisch um Olivine auskristallisierten und nun großenteils in Serizit und Chlorit umgewandelten Plagioklasen (oben); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol.: Weitgehende Mineralumwandlung von Plagioklas zu Serizit und Chlorit sowie auch anderen, nicht näher bestimmbaren Mineralen (Bildmitte); helle Bereiche innerhalb „Flammung“ durch weiße Plagioklasen bestimmt; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



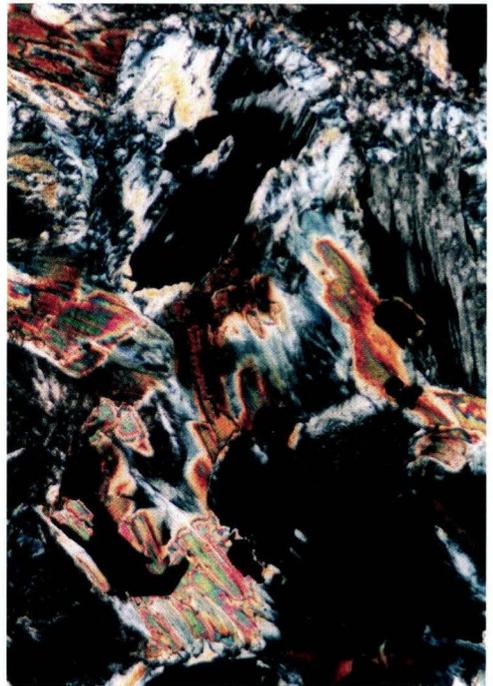
Bottenhorner Pikrit

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: Pikrit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5116 Eibelshausen, nordwestlich Bottenhorn; R 3461260, H 5629460; offen gelassenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Unterkarbon**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** grünlichschwarzes, wechsellörniges (klein- bis grobkörniges) Gestein; durch bereichsweise Anhäufung heller, grünlichweißer Minerale entsteht eine sog. Flammung oder Sprengung, die je nach Varietät 1–4 cm Größe erreicht, in bestimmten Schnittlagen scheinbare Fluidaltexur der geflammten Bereiche; Minerale und Gefüge wie bei anderen genannten Pikriten**mikroskopisch:** *Gefüge:* poikilitisch, mosaikartige Kornbindungen;*Mineralbestand:* Olivin: poikilitisch umwachsene, mehr oder weniger korrodierte Kristalle, mit randlicher oder von Rissen ausgehender Umwandlung in faserige Serpentin-Minerale sowie vollständig umgewandelte Pseudomorphosen, darin oftmals Erzausscheidungen, Kristallgröße 0,3–3,2 mm; Klinopyroxen (Endiopsid): immer poikilitisch um rundliche Olivine gewachsen, xenomorph bis hypidiomorph, Größe 1–5 mm, z.T. randlicher Übergang in Titanhornblende (Kaersutit); Biotit: fetzenartige Minerale bis 0,8 mm Länge; Plagioklas: weitgehend chloritisiert, aber auch frische Bereiche, mit poikilitisch eingeschlossenen Olivinen; Magnetitkörnchen innerhalb von Serpentinpseudomorphosen nach Olivin; Magnetit-Ilmenit-Mischkristalle bis 0,6 mm Größe; Apatit: akzessorisch als idiomorphe, max. 0,5 mm lange Kristalle;*Mesosstasis:* chloritisch, z.T. von nadelig-büscheligen Pumpellyit-Kristallen bis 150 μm Länge überwachsen**Modalbestand:** Chlorit-Serpentin-Minerale 59 Vol.-%, Olivin als ursprüngliches Mineral 20 Vol.-%, Klinopyroxen 7 Vol.-%, Hornblende 2 Vol.-%, Biotit 6 Vol.-%, Plagioklas 2 Vol.-%, Erz 3 Vol.-%, Akzessorien 1 Vol.-%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,89	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,88	[g/cm ³]
- w-Wert:	< 0,1,	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,20	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,21	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,96	[-]
- effektive Porosität:	0,32	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,01	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	167,59	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	69,12	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Grab- und Denkmalsteine, Fassadenverkleidung, Fensterbänke, Bildhauerei und Steinmetzarbeiten, Fußbodenplatten innen und außen, Treppenstufen, Mauersteine**Verwendungsbeispiele:** regional als Mauerstein, als Werkstein auch überregional**Literaturhinweise:** BRAUNS (1904), CORRENS (1935), FLICK et al. (1991), GRIMM (1990), HENTSCHEL (1968), KOCKEL (1958), MÜLLER (1990, 1991, 1998), REICH (1935), REICH et al. (1935)**Abbildungen:****l.o.:** Bottenhorn, Privathaus: Verwendungsbeispiele von Pikrit als Werkstein: Polierte Platten für Treppenstufen und behauene Mauersteine für den Hausbau; Kirche im Hintergrund ebenfalls aus Pikrit errichtet**r.o.:** Musterplatte: Gestein durch abwechselnd hellere und dunklere Bereiche je nach Schnittlage geflammt oder – wie hier – gefleckt erscheinend; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Ausscheidung von staubartigem Erz innerhalb von Pseudomorphosen nach Olivin während deren Umwandlung in Serpentin; randliche Verdrängung von Serpentin durch Chlorit; kleine, weiße, leistenförmige oder gedrungene Apatitkristalle; Bildhöhe \cong 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Enge Verwachsungen von Biotit (bunte Farben) und faserigen Chlorit-Serpentin-Mineralen; Bildhöhe \cong 1,3 mm



Klassifikation: Pikrit

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5316 Ballersbach, nordöstlich Bechlingen; R 3462170, H 5611010; weite Bereiche des alten Steinbruchgebietes werden heute als Mülldeponie genutzt

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: grünlichschwarz, klein- bis grobkörnig, klein- bis großgefammte Varietäten, ca. 1–2 mm große, grauschwarze serpentinierte Olivine sind gleichmäßig in dunkler Mesostasis wie auch poikilitisch in Pyroxenen, Hornblenden (2–5 mm Größe) und in alterierten Plagioklasen verteilt

mikroskopisch: *Gefüge:* poikilitisch, mosaikartige Anordnung der Minerale;

Mineralbestand: Olivin: 0,2–1,5 mm Kristallgröße, idiomorphe oder korrodierte Kristalle mit beginnender Umwandlung in Faserserpentin, innerhalb chloritischer Mesostasis Serpentinpseudomorphosen nach Olivin mit Chloritisaum; Endiopsid: stellenweise Vererzung, xenomorph bis hypidiomorph, <1 bis 4 mm Größe, häufig randlicher Übergang in Titanhornblende, vor allem dieser Kaersutit zeigt randliche Chloritisierung; Biotit: xenomorph bis hypidiomorph, häufig eng mit Chlorit verwachsen oder auf Hornblende weitergewachsen, bis 0,7 mm Länge; Pyroxen, Hornblende und Biotit haben Olivin poikilitisch eingeschlossen; Apatit: idiomorph, bis 0,4 mm Länge; Plagioklas: reliktitisch als undeutliche Chloritpseudomorphosen, poikilitisch um Olivine gewachsen; Titanomagnetit: xenomorph bis idiomorph, bis 0,4 mm Länge; Magnetitkörnchen in Serpentinpseudomorphosen und als Einschlüsse in anderen Mineralen; Pumpellyit: faserige Aggregate übersprossen Chlorit;

Mesostasis: Chloritminerale und Leukoxen

Modalbestand: Chlorit-Serpentin-Minerale 60 Vol.-%, Olivin als ursprüngliches Mineral 14 Vol.-%, Klinopyroxen 10 Vol.-%, Hornblende 6 Vol.-%, Biotit 6 Vol.-%, Erz 4 Vol.-%, Akzessorien <1 Vol.-%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,86	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,83	[g/cm ³]
- w-Wert:	< 0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,35	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,43	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,82	[-]
- effektive Porosität:	0,65	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,10	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	189,01	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	64,24	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Bildhauerei und Steinmetzarbeiten, Denkmal- und Grabsteine, Verkleidungsplatten, Mauersteine

Verwendungsbeispiele: regional als Mauerstein, als Werkstein auch überregional, zahlreiche Grabsteine auf dem Friedhof in Aßlar

Literaturhinweise: BIRKELBACH et al. (1988), BRAUNS (1904), GRIMM (1990), HENTSCHEL (1968), KAYSER (1907c), MÜLLER (1990, 1991, 1998), RUMPF (1986), STRAUSS (1983)

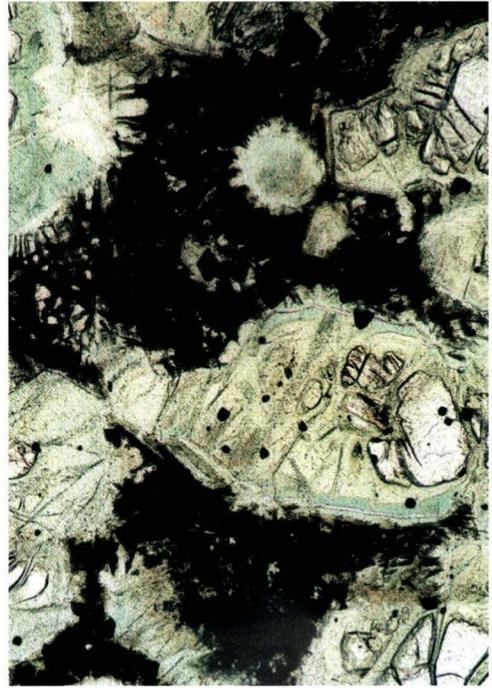
Abbildungen:

l.o.: Aßlar, Friedhof: Grabstein und „Buch“ aus Pikrit, unterschiedliche Textur beider Werksteinvarietäten; Grabstein gleicht vorgestellter Probe aus Bechlinger Steinbruch

r.o.: Musterplatte: Gesteinsvarietät mit gut erkennbaren einspiegelnden Pyroxenkristallen innerhalb schwarzer Mesostasis; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Chloritische Mesostasis in blaugrüner Farbe; Olivine bzw. Pseudomorphosen nach Olivin auch poikilitisch im homoachsil weitergewachsenen Kristall aus Endiopsid (graugelb)/Kaersutit (rotbraun)/Biotit (orange) eingeschlossen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, II Pol.: Gesteinspartie mit Mesostasis überwiegend aus Mineralgemenge aus Chlorit und Leukoxen; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Holzhäuser Diabas

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: tholeiitischer Metabasalt (Mettadolerit)

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5117 Buchenau, südwestlich Holzhausen am Hünstein; R 3465580, H 5630220; offen gelassener Steinbruch am *Grünstein*, Gewinnung und Verarbeitung von Gesteinsblöcken

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: grünliches bis bläulichgrünes, richtungslos klein- bis grobkörniges, kompaktes Gestein, charakteristische Sprenkelung durch abwechselnd schwarze und weiße bis hell bläulichgrüne Minerale bzw. Mineralansammlungen, zwickelfüllend graubraune Mesostasis

mikroskopisch: *Gefüge:* richtungslos klein- bis grobkörnig (doleritisch), ophitisch;

Mineralbestand: Plagioklas: leistenförmig, hypidiomorph bis idiomorph, weitgehend in Serizit oder auch in Chlorit umgewandelt, nur selten frische Kristallbereiche, 0,1–1,8 mm Kristallgröße; Klinopyroxen (Augit-Salit): stets von Plagioklas ophitisch durchsetzt, 1–12 mm Dicke, xenomorph bis hypidiomorph; Chloritminerale: als Alterationsprodukt von Plagioklas, bei völliger Umwandlung auch als Pseudomorphose nach Plagioklas, weiterhin zwickelfüllend, stellenweise auch größere Bereiche; Serpentin-Minerale: als Pseudomorphosen nach Olivin/Pyroxen, eng mit Chlorit verwachsen; Titanomagnetit: 50 µm bis 1,8 mm Größe, charakteristische Skelettkristalle, auch ophitisch von einzelnen Plagioklasen durchsetzt, als Mischkristalle häufig lamellenartig entmischt, Ilmenitkomponente dabei zu Leukoxen umgewandelt; Magnetit als Erzabscheidung bei der Umwandlung des Olivins zu Serpentin; Apatit: nadelige Kristalle bis ca. 0,6 mm Länge, akzessorisch

Modalbestand: weitgehend umgewandelter Plagioklas 57 Vol.%, Klinopyroxen 24 Vol.%, Chlorit-Serpentin-Minerale 16 Vol.%, Erz (z.T. leukoxenisiert) 3 Vol.%, Apatit <1 Vol.%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,90	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,87	[g/cm ³]
- w-Wert:	< 0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,21	[Ma.%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,24	[Ma.%]
- Sättigungswert:	0,86	[-]
- effektive Porosität:	0,37	[Vol.%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	188,66	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	93,10	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Fassadenverkleidung, Grab- und Denkmalstein, Dekorationsstein, Treppenstufen, Fußbodenplatten, Fensterbänke, Mauerstein

Verwendungsbeispiele: regional und überregional unter der Handelsbezeichnung „*Hessisch Neugrün*“ als Grab-, Denkmal- und Dekorationsstein bekannt, als Bruchstein für Raumauerungen in Holzhausen, Treppenaufgänge im Schloss Münster (Westfalen)

Literaturhinweise: CORRENS (1934), GRIMM (1990), MOHR (1974), MÜLLER (1990, 1991, 1998), TANUMHARDJA et al. (1986), WATZKE (2001)

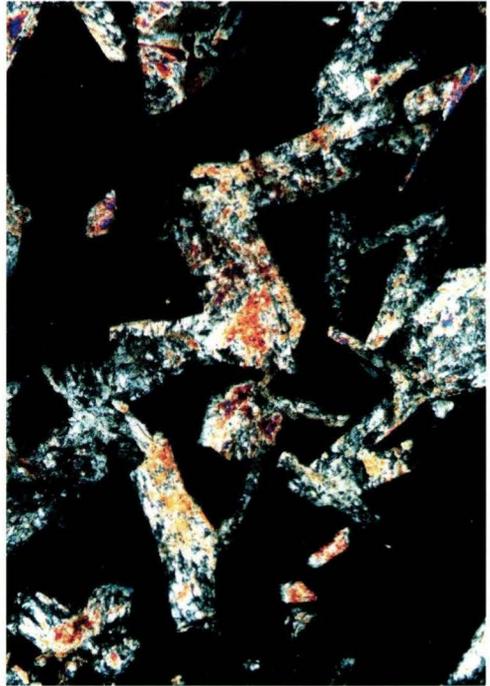
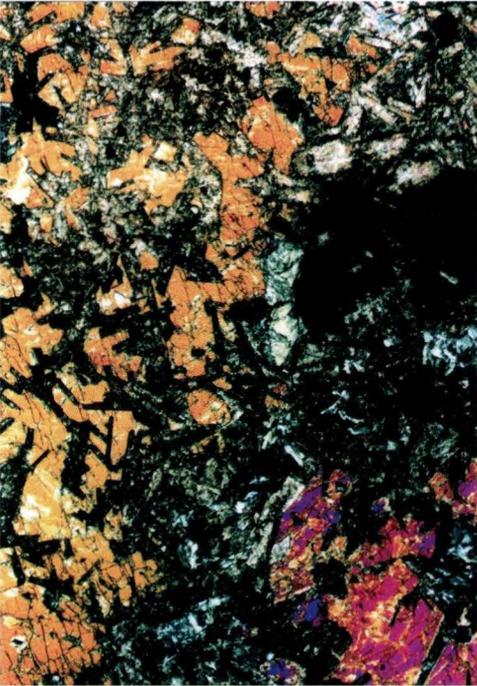
Abbildungen:

l.o.: Lixfeld: Grabstein auf dem Gelände einer Steinmetzfirma

r.o.: Musterplatte: Charakteristische Sprenkelung des Gesteins durch hellgrüne bis weiße Bereiche mit weitgehend in Chlorit und Serizit (Helglimmer) umgewandelten Plagioklas sowie dunkle Bereiche mit Pyroxen und Erzphasen; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, X Pol.: Grünlichschwarze umgewandelte Plagioklasleisten ophitisch in orangegelben und gelb-violetten Klinopyroxenen und Titanomagnetit-Mischkristallen (dunkle Körner im rechten Bildbereich) eingeschlossen; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol.: Ophitisch durchsetzter Pyroxen: Längliche Plagioklasen vollständig in Serizit (gelb-orange) und Chlorit (graugrün) umgewandelt; Pyroxen in sog. Auslöschungsstellung und daher schwarz erscheinend; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Eisemrother Diabas

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: tholeiitischer Metabasalt (Metadolerit)

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5216 Oberscheld, östlich Eisemroth; R 3459660, H 5622510; offen gelassener, verfallener Steinbruch

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: bläulichgrüne Farbe, richtungslos fein- bis mittelkörnig, Kristallgröße < 1 bis 3 mm, kompakt, auffällige Sprengung durch sich abwechselnde schwarze und bräunlichgraue (Pyroxen und Erz) sowie z.T. deutlich leistenförmige, hell bläulichgrüne Minerale (alterierte Plagioklase)

mikroskopisch: *Gefüge:* richtungslos fein- bis mittelkörnig (doleritisch), ophitisch;

Mineralbestand: Plagioklas: leisten- und tafelförmig, bis max. 1,7 mm Länge, großenteils in Helliglimmer umgewandelt (serizitisiert), untergeordnet auch chloritisiert, mineraltypische polysynthetische Verzwilligung dabei noch erkennbar; Klinopyroxen (Salit): stets von ebenfalls alteriertem Plagioklas ophitisch durchsetzt, hypidiomorph bis idiomorph, 0,2 bis >3 mm Länge, häufig Verzwilligungen, z.T. randlich beginnende Chloritisierung; Titanomagnetit: 0,1–1,2 mm groß, Skelettkristalle mit lamellenartiger Entmischung und Umwandlung zu Leukoxen; Magnetitkörner: 0,03–0,1 mm Kantenlänge, idiomorph; Hämatit: akzessorische Körnchen bis max. 40 µm Größe; Chlorit-Serpentin-Minerale: Mesostasis, auch als bis >1,2 mm große Bereiche, die wahrscheinlich Pseudomorphosen nach Olivin oder Pyroxen darstellen, hierbei z.T. ebenfalls ophitische Durchsetzung durch Plagioklas; Albit und Kalzit als sekundäre Verdrängungsprodukte;

Mesostasis: Chlorit-Serpentin-Minerale

Modalbestand: stark umgewandelter Plagioklas 64 Vol.%, Klinopyroxen 11 Vol.%, Chlorit-Serpentin-Minerale der Mesostasis sowie als Pseudomorphosen 22 Vol.%, Erz (z.T. leukoxenisiert) 2 Vol.%, Akzessorien 1 Vol.%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,93	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,89	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,40	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,57	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,71	[-]
- effektive Porosität:	0,86	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	194,23	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	71,19	[GPa]

Bemerkung: Anlage des Steinbruches im Jahre 1957 sollte der Gewinnung von „Deutsch Neugrün“ dienen; jedoch baldige Aufgabe wegen mangelnder Eignung des Gesteins als Werkstein auf Grund starker Zerklüftung

Verwendungsmöglichkeiten und -beispiele:

lediglich als Bruchmauerstein aus Eisemroth bekannt

Literaturhinweise: BENDER et al. (1997), KAYSER (1907d), MOHR (1974), NESBOR (1997), TANUMIHARDJA et al. (1986)

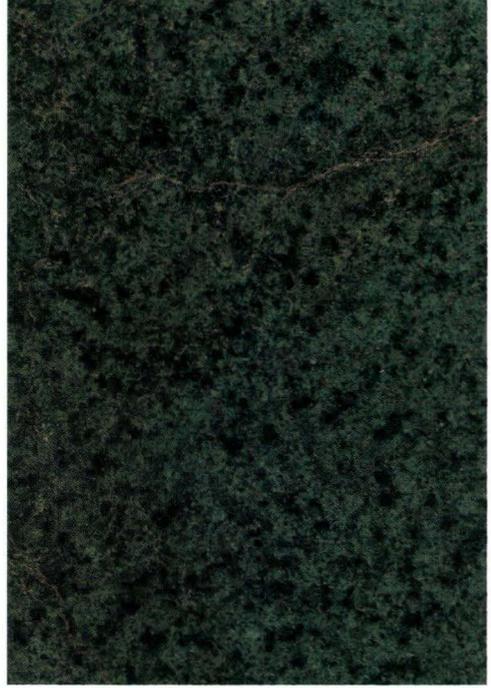
Abbildungen:

l.o.: Eisemroth, Mauer an Straßenkreuzung: Verwendung von regional typischen schwarzen Pikriten und blaugrünen Diabasen als Bruchmauersteine

r.o.: Musterplatte: Blaugrünes, doleritisches Gestein von zahlreichen Klüften durchzogen; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Ilmenit-Magnetit-Mischkristall mit ausgeprägter lamellenartiger Entmischung zu Leukoxen, Durchkreuzung der Lamellen in typischen Spaltwinkeln; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol.: Klinopyroxene im Vergleich zu anderen doleritischen Metabasalten mehr von langgestreckter Gestalt, auch hier ophitisch eingeschlossene Plagioklasleisten; häufige Verzwilligung der Klinopyroxene (orangebraun/schwarzer und hellgelb/weißer Kristall); alterierte Plagioklase trotz weitgehender Serizitisierung mit polysynthetischer Verzwilligung; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Steinperfer Diabas

Lahn-Dill-Gebiet

Klassifikation: tholeiitischer Metabasalt (Metadolerit)

Lokalität: GK/TK 25: Bl. 5116 Eibelshausen, südwestlich Steinperf; R 3463160, H 5631160; Steinbruch in Betrieb

Stratigraphisches Alter: Unterkarbon

Gesteinsbeschreibung:

makroskopisch: insgesamt bläulichgrüne Farbe, richtungslos fein- bis grobkörnig, kompakt, Sprenkelung durch abwechselnd schwarze, weißlichgrüne und bräunlichgraue Minerale

mikroskopisch: *Gefüge:* richtungslos fein- bis grobkörnig (doleritisch), ophitisch;

Mineralbestand: Plagioklas: idiomorph bis hypidiomorph, leisten- und tafelförmig, 80 μm bis 1,3 mm Länge, großenteils serizitisiert, untergeordnet auch chloritisiert, nur wenige frische Kristalle; Klinopyroxen (Augit-Salit): größere Kristalle stets von ebenfalls alteriertem Plagioklas ophitisch durchwachsen, hypidiomorph, 0,3–10 mm groß, z.T. randlich chloritisiert; Titanomagnetit: 0,3–1,5 mm Durchmesser, Skelettkristalle, häufig lamellenartig oder weitgehend zu Leukoxen entmischt; Magnetit: idiomorphe Körnchen, 80–300 μm Kantenlänge; Biotit: akzessorisch, fetzenartig, bis 0,3 mm Länge; Serpentin-Minerale: als Pseudomorphosen, unter Erzabscheidung aus Olivin hervorgegangen, bis 1,5 mm Durchmesser, auch poikilitisch innerhalb von Pyroxen; Chlorit: Umwandlungsprodukt von Plagioklas; Pumpellyit: akzessorisch, häufig als grüne, nadelige Übersprossung von Chlorit, 50–300 μm Kristalllänge; Apatit: als winzige Nadeln, hauptsächlich innerhalb von Plagioklas gesprosst, akzessorisch

Mesostasis: Chlorit-Serpentin-Minerale

Modalbestand: alterierter Plagioklas 47 Vol.%, Klinopyroxen 18 Vol.%, Chlorit-Serpentin-Minerale 31 Vol.%, Erz/Leukoxen 3 Vol.%, Akzessorien 1 Vol.%

Gesteinstechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,85	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,81	[g/cm ³]
- w-Wert:	<0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,43	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,55	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,79	[-]
- effektive Porosität:	0,85	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	159,28	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	76,20	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein

Verwendungsbeispiele: lokal: untergeordnet als Bruchmauerstein in Steinperf

Literaturhinweise: CORRENS (1935), MEISL et al. (1982), MOHR (1974), REICH (1935), REICH et al. (1935), STIBANE (1959), WILKE (1981)

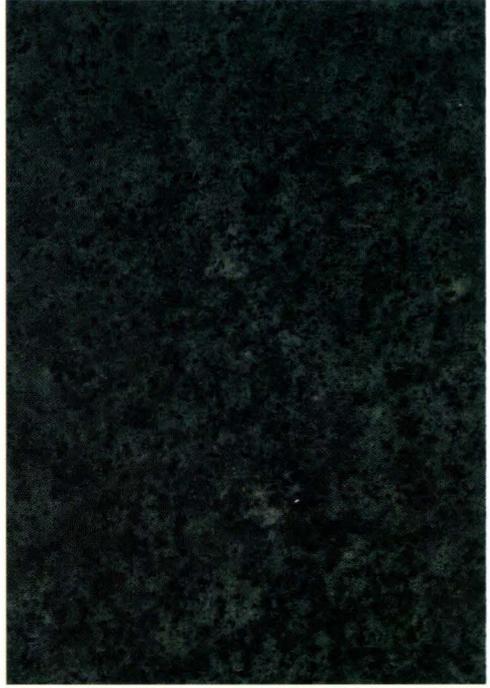
Abbildungen:

l.o.: Steinperf, historische Mauerfassade: Weites Spektrum regional charakteristischer Mauersteine: Schwarze Pikrite, blaugrüne Diabase (Ebene unterhalb Bildmitte), Sandstein, Kalkstein und Schiefer

r.o.: Musterplatte: Vorliegende Varietät – wie andere intrusive doleritische Metabasalte auch – aus abwechselnd dunkleren und helleren, grünlichen Arealen aufgebaut; Originalgröße

l.u.: Dünnschliff, II Pol.: Übersicht über ophitisches Gefüge: Plagioklas von Pyroxen eingeschlossen, schwarze Erzphasen (Titanomagnetit) mit skelettärem Kristallwachstum, Mesostasis in grüne, chloritisierte und serpentinisierte Bereiche umgewandelt oder als Pseudomorphosen nach Pyroxen und Olivin (z.B. links oben oder Bildmitte); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm

r.u.: Dünnschliff, X Pol.: Pseudomorphose nach Olivin (Bildmitte), Olivin dabei vollständig durch Faserserpentin verdrängt; leistenförmige Plagioklase ophitisch von Pyroxen umschlossen, weitgehende Serizitisierung der Plagioklase durch bunte Farben belegt; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



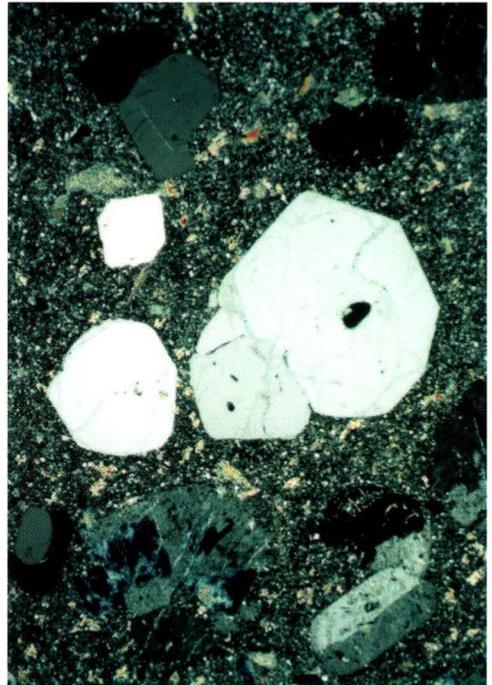
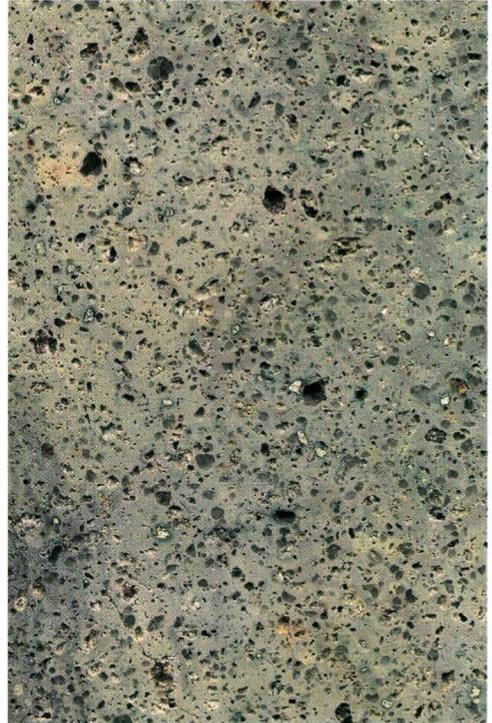
Groß-Umstädter Quarzporphyr

Odenwald

Klassifikation: Rhyolith**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 6119 Groß-Umstadt, *Steinerwald*, südsüdöstlich Groß-Umstadt; R 3495690, H 5523460; offen gelassenes Steinbruchgelände, bereichsweise Nutzung als Deponie**Stratigraphisches Alter:** Oberkarbon**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** beige-graues bis violett-graues, porphyrisches Gestein, kavernös verwitternd; dichte, gelbgraue bis hellviolettgraue Grundmasse, darin Einsprenglinge von Quarz und Feldspat mit Durchmesser von 1–4 (–6) mm; Quarz oft korrodiert, Feldspatkristalle idiomorph, z.T. nur noch relik-tisch unter Bildung gelblichweißer bis orange-gelber Verwitterungsprodukte, oft auch gänzlich herausgelöst, andere Feldspäte erscheinen dagegen relativ intakt; bereichsweise violettrote Vererzung innerhalb der Grundmasse oder in Hohlräumen und an Klüften**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* dicht bis feinkörnig;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Kalifeldspat (Ortho-klas): idiomorph, bis >2 mm Länge, oft nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt und perthitisch ent-mischt, frische und relik-tisch überlieferte, mehr oder weniger serizitisierte und kaolinitisierte Mine-rale; Quarz: idiomorph, oft korrodiert, bis 5 mm Korndurchmesser;*Grundmasse:* Orthoklas: nahezu vollständige Um-wandlung in Serizit und Kaolinit; Biotit: fetzenartig oder idiomorph, z.T. relik-tisch oder vererzt, 25 µm bis 1,5 mm Länge; in der violett-grauen Varietät zu-dem feinste Erzbestäubung;*Kristalleinschlüsse:* Turmalin: selten, innerhalb von Quarz und Feldspat, idiomorph, max. 130 µm Länge; Biotit: auch als Kristalleinschluss in Quarz und Feldspat**Modalbestand:** Quarz 50 Vol.-%, Kalifeldspat 26 Vol.-%, Serizit und Kaolinit 22 Vol.-%, Biotit 2 Vol.-%, je nach Varietät auch mit zusätzlichem Erzstaub**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,58	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,33	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,6	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	3,07	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	4,19	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,73	[-]
- effektive Porosität:	6,85	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	1,26	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	65,89	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	30,47	[GPa]

Anwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** regional begrenzt: zahl-reiche Gebäude in Dieburg, Groß-Umstadt und Klein-Umstadt**Literaturhinweise:** AMME (1977), ARIKAS (1986), CHELIUS & VOGEL (1894), DIENEMANN & BURRE (1929: 145 ff.), EBERLE (1967), FLICK (1987), GÄBERT et al. (1915: 202), HESS & LIPPOLT (1996), NEGEN-DANK (1975), SPIELER (1993), VOGEL (1891)**Abbildungen:****l.o.:** Groß-Umstadt, Privathaus: Verwendung von erz-pigmentierten, violett-grauen und erzfreien, beige-grauen Varietäten**r.o.:** Musterplatte: „Bunte“ Gesteinsprobe verdeut-licht mögliches Farbspektrum des Rhyolithes: Violett-graue Bereiche durch feinst verteilte Erzkomponenten hervorgerufen, daneben auch weißgraue bis beige-graue, erzfreie Areale; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Feldspateinsprenglinge weit-gehend zersetzt, häufig nur noch kristalltypische Hohlformen übrigbleibend; Quarzkristalle korrodiert mit abgerundeten Ecken und Kanten und Korrosions-buchten; Bildhöhe ≅ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Feldspat anhand Kornform und Verzwillingung von Quarz zu unterscheiden; Großteil der Feldspäte der Grundmasse in Tonmine-rale und Serizit umgewandelt (gelbe Färbung der Mineralneubildung); Bildhöhe ≅ 5 mm



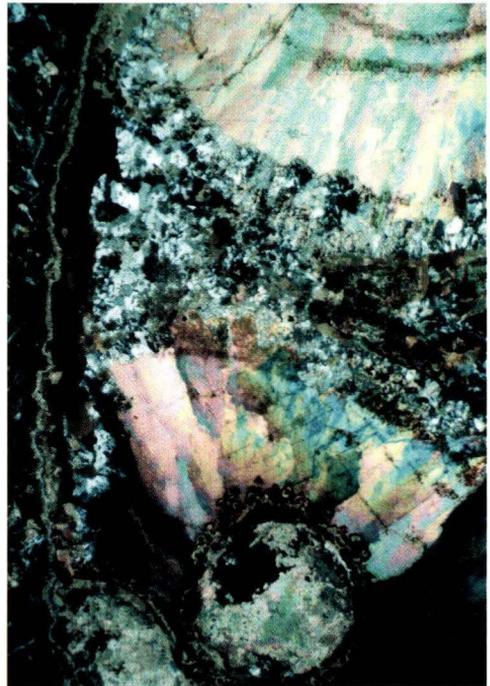
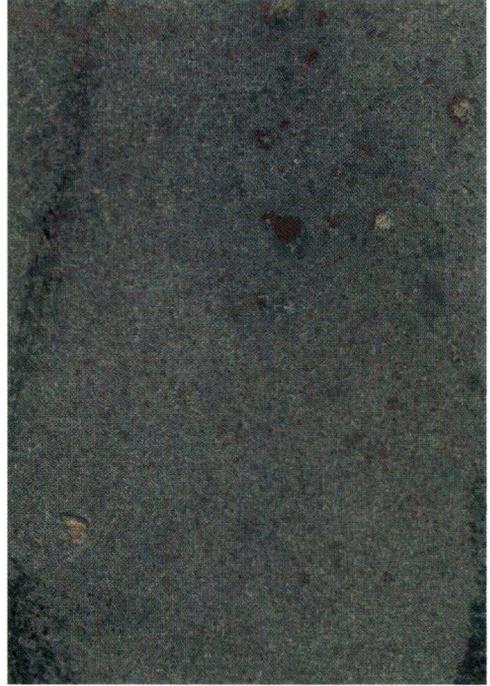
Darmstädter Melaphyr I

Odenwald

Klassifikation: Andesit/Basalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 6118 Darmstadt-Ost, östlich Darmstadt; R 3477540, H 5526160; ehemals weitläufiges Steinbruchgelände um *Glasberg* und *Kohlberg herum*, z.T. rekultivierte Müllhalde**Stratigraphisches Alter:** Perm, Rotliegend**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** violettgraues bis bräunliches, porphyrisches Gestein, blasenfreie, blasige oder amygdaloide Ausbildung, entsprechend mit kalzit-, tonmineral- oder chalcedongefüllten rundlichen Mandeln, blasige Gesteine mit offenen Gasblasen, einzelne Risse mit Kalzit verheilt; in hellviolett-grauer, klein- bis mittelkörniger Grundmasse sind porphyrisch rötlichbraune Hämatitpseudomorphosen nach Olivin und Pyroxen bis ca. 3 mm Durchmesser enthalten**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch, z.T. amygdaloid; *Grundmasse:* fein- bis mittelkörnig, intergranular-intersertal;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: reliktsch als idiomorphe Kalzit- oder Viriditpseudomorphosen (Chloritminerale) mit einem Gerüst aus Hämatit, 0,4–1,5 mm groß; Pyroxen: hypidiomorphe Pseudomorphosen, vollständig vererzt und viriditisiert, ursprünglich ophitisch von Plagioklas durchsetzt, 0,2–0,7 mm Kristallgröße; *Grundmasse:* Plagioklas: xenomorph bis idiomorph, 0,1–1,2 mm Länge, häufige Alteration unter Umwandlung in Serizit und Kalzit; Erzphasen: 2–10 (–25) μm kleine Körnchen aus Hämatit und Magnetit sowie Ilmenit bis 60 μm Länge innerhalb der Mesostasis; Kalzit: als Umwandlungsprodukt der Mesostasis oder von Plagioklas;*Mesostasis:* Kalzit, Erz, Viridit und Tonminerale;*Porenraum:* Mandeln gefüllt mit Kalzit und/oder Chalcedon mit Erzimprägnierung**Modalbestand:** Plagioklas (z.T. alteriert) 43 Vol.%, Pseudomorphosen nach Olivin und Pyroxen (aus Hämatit, Kalzit, Viridit) 30 Vol.%, Mesostasis 27 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,74	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,63	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,2	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	1,11	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	1,51	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,74	[-]
- effektive Porosität:	2,37	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,54	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	140,82	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	40,15	[GPa]

Anwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Pflasterstein**Verwendungsbeispiele:** auf regionaler Ebene z.B. als Mauersteine in Darmstadt auf der Mathildenhöhe oder an der Stadtmauer verbaut**Literaturhinweise:** CHELIUS (1886a, 1891), EHRENBERG & KOWALCZYK (1999), HESS & LIPPOLT (1996), KLEMM (1901a, 1903a, b, 1912, 1938), MARELL (1989), NEGENDANK (1968, 1969, 1975), NICKEL (1985)**Abbildungen:****l.o.:** Darmstadt, Mathildenhöhe: Begrenzungsmauer aus Melaphyr-Mandelsteinen; ursprünglich blasige Gesteinsausbildung als Indiz für oberflächennahe und gasreiche Partien, z.B. im Dachbereich schmelzflüssiger Lavaströme**r.o.:** Musterplatte: Klüftiges Gestein mit chalcedon- und/oder kalzitgefüllten Mandeln; skelettartig oder gänzlich in Hämatit umgewandelte Pseudomorphosen nach Olivin als rostbraune, bis >1 mm große Mineraleinsprenglinge; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Pseudomorphosen nach Olivin mit Gerüst aus Hämatit, oberer Kristall im Kernbereich aus Kalzit, untere Kristalle in Viridit umgewandelt; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Detailaufnahme einer Mandelfüllung: Kalzit gut anhand bunter Farbe vom grauen und weißen Chalcedon zu unterscheiden, ehemalige Gasblase von oben und unten vollständig lagenweise mit o.g. Mineralen gefüllt; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



Darmstädter Melaphyr II

Odenwald

Klassifikation: Andesit/Basalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 6118 Darmstadt-Ost, östlich Darmstadt; R 3479250, H 5527580; kleiner verfallener Steinbruch**Stratigraphisches Alter:** Perm, Rotliegend**Gesteinsbeschreibung:**

makroskopisch: violettgraues bis bräunliches Gestein, deutlich blasige Ausbildung, Größe der runden oder unregelmäßig begrenzten, teilweise miteinander in Verbindung stehenden Gasblasen <1 mm bis >1 cm, zumeist mit gelben Tonmineralen oder orangebräunlichen Eisenhydroxidphasen ausgekleidet, kleine Blasen auch vollständig mit Tonmineralen ausgefüllt, untergeordnet auch ohne Sekundärminerale, an Rissen beginnende Umwandlung des Gesteins zu Tonmineralen, in klein- bis mittelkörniger Grundmasse sind porphyrisch rötlichbraune Hämatitpseudomorphosen nach Olivin oder Pyroxen bis >1 mm Länge enthalten

mikroskopisch: *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* fein- bis mittelkörnig, intergranular-intersertal;

Mineralbestand: *Einsprenglinge:* Olivin: reliktsch als idiomorphe Kalzit- oder Viriditpseudomorphosen mit einem Gerüst aus Hämatit, 0,4–1,1 mm Durchmesser, in Nestern angereichert; Pyroxen: hypidiomorphe Pseudomorphosen, vollständig vererzt und viriditisiert, 0,2–0,8 mm lange Kristalle; *Grundmasse:* Plagioklas: xenomorph bis idiomorph, 0,1–1,4 mm Länge, deutlich verzwilligt, häufig Alteration unter Umwandlung in Serizit und Tonminerale; *Erzphasen:* als 2–15 µm kleine Körnchen aus Hämatit und Magnetit sowie Ilmenit bis 50 µm Länge innerhalb der Mesostasis;

Mesostasis: Kalzit, Erz, Viridit und Tonminerale; um Gasblasen ursprünglich deutlich glasreicher;

Porenraum: Gasblasen zumeist mit Tonmineralen gefüllt oder ausgekleidet

Modalbestand: Plagioklas (z.T. alteriert) 42 Vol.%, Pseudomorphosen nach Olivin und Pyroxen (aus Hämatit, Kalzit, Viridit) 14 Vol.%, Tonminerale (in Gasblasen) 14 Vol.%, Mesostasis 30 Vol.%

Gesteintechnische Kenndaten:

- Dichte:	2,60	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,23	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,7	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	5,94	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	6,31	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,94	[-]
- effektive Porosität:	10,26	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,62	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	128,61	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	24,65	[GPa]

Anwendungsmöglichkeiten: Mauerstein, Pflasterstein

Verwendungsbeispiele: als Mauersteine im Darmstädter Raum, z.B. für Umfassungsmauern zahlreich verbaut

Literaturhinweise: CHELIUS (1886a, 1891), EHRENBERG & KOWALCZYK (1999), KLEMM (1901a, 1903a), MARELL (1989), NEGENDANK (1968, 1969, 1975)

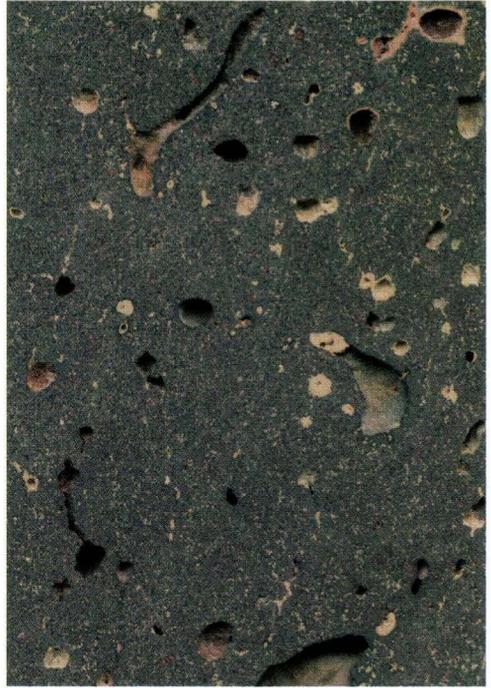
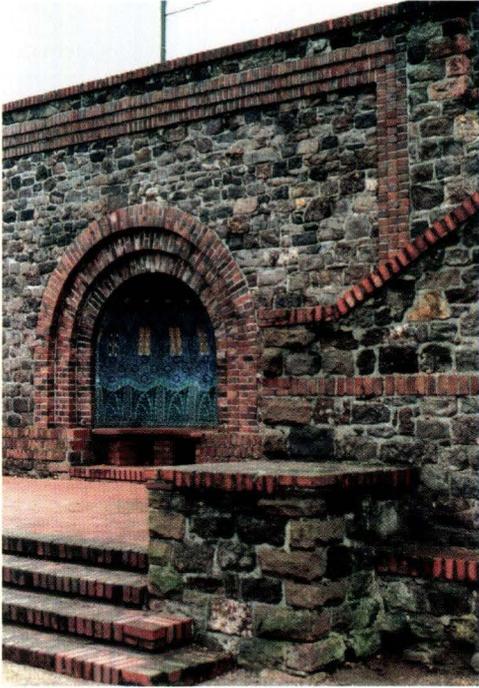
Abbildungen:

Lo.: Darmstadt: Melaphyr besonders auf der Mathildenhöhe u.a. zum Bau diverser Jugendstil-Bauten verwendet; auf Grund zahlreicher Klüftungen zumeist aber nur als Bruchstein für Raumauerungen eingesetzt

r.o.: Musterplatte: Ehemalige Gasblasen mit Tonmineralen ausgekleidet oder ausgefüllt; von Rissbildungen ausgehende Umwandlung des Gesteins zu Tonmineralen; Gasblasen oft über Gaskanäle in Verbindung zueinander stehend; Originalgröße

Lu.: Dünnschliff, II Pol.: Unregelmäßige Gasblase mit randlich angelagerten Tonmineralen; primär glashaltigere Mesostasis um Blasenräume herum gegenüber kompakten Bereichen festzustellen; Mesostasis aus Kalzit, Erz und Viridit; Bildhöhe ≅ 5 mm

ru.: Dünnschliff, II Pol.: Intersertales bis intergranulares Gefüge mit Plagioklasleisten und vererzten Pyroxen- und Olivinkristallen in Mesostasis (dunkel gepunktete Bereiche); weitgehend umgewandelter Olivin mit Kernbereich aus Kalzit oder Viridit und Gerüst aus Hämatit, typischer nesterartiger Zusammenschluss von Einzelindividuen; Bildhöhe ≅ 1,3 mm



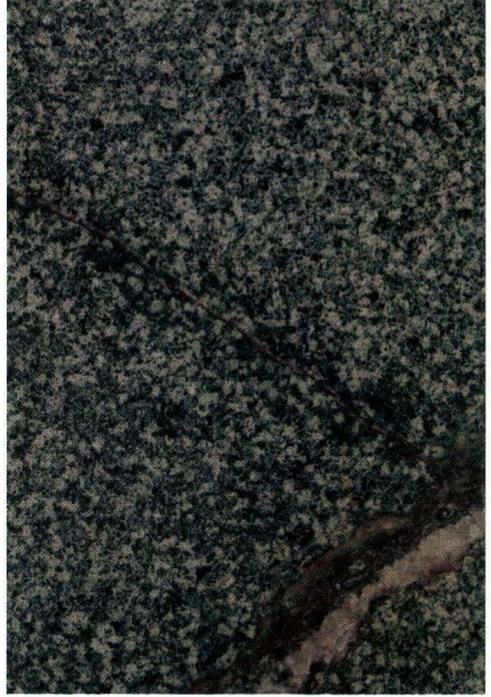
Traisaer Melaphyr

Odenwald

Klassifikation: Andesit/Basalt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 6118 Darmstadt-Ost, Traisa; R 3478170, H 5522680; rekultiviertes Steinbruchgelände, teilverfüllt, verwachsen**Stratigraphisches Alter:** Perm, Rotliegend**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** klein- bis mittelkörniges, hell bis dunkler violettgraues Gestein, z.T. mit vereinzelten, wenige mm bis cm großen Gasblasen oder amygdaloide Ausbildung und dann mit kalzitgefüllten Mandeln, „fleckiges“ Erscheinungsbild durch Bereiche mit weißlichen Plagioklasen bis 3 mm Länge, rosafarbenem Kalzit, violettgrauer Mesostasis und rotbraunen oder schwarzen Erzpseudomorphosen nach Olivin und Pyroxen bis >2 mm Länge („Salz und Pfeffer Struktur“)**mikroskopisch:** *Gefüge:* schwach porphyrisch, untergeordnet ophitisch; *Grundmasse:* intergranular-intersertal;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: pseudomorph, vollständig in Erz (hauptsächlich Hämatit), Viridit, Kalzit und Tonminerale umgewandelt, 45 µm bis 0,9 mm lang; Pyroxen: als Pseudomorphose, 0,1–1,8 mm groß, vollständig in Kalzit, Viridit und Erz umgewandelt, z.T. zeichnen diese Mineralneubildungen ehemalige Spaltwinkel deutlich nach, ophitisch von Plagioklas durchsetzt; *Grundmasse:* Plagioklas: deutlich polysynthetisch verzwilligt, hypidiomorph bis idiomorph, 0,05–1,6 mm Länge, mehr oder weniger starke Alteration unter Neubildung von Kalzit und Serizit; Erzphasen: kleine Ilmenitleisten bis 0,2 mm Länge und Magnetitkörnchen; *Mesostasis:* Viridit, Albit, Kalzit und Erz, ehemals glasige oder glashaltige Bereiche; Albitneusprossung innerhalb der Mesostasis;*Porenraum:* Gasblasen mit Chalcedon gefüllt**Modalbestand:** Plagioklas (mehr oder weniger umgewandelt) 52 Vol.%, Pseudomorphosen nach Olivin und Pyroxen (aus Kalzit, Viridit, Erz, Tonmineralen) 36 Vol.%, Mesostasis 12 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,69	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,43	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,4	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	3,19	[Ma. %]
- Wasseraufnahme Vakuum:	3,97	[Ma. %]
- Sättigungswert:	0,80	[-]
- effektive Porosität:	6,32	[Vol. %]
- hygrische Dehnung:	0,65	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	102,07	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	28,06	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauerstein**Verwendungsbeispiele:** untergeordnet an einigen wenigen alten Wohnhäusern in Traisa erhalten**Literaturhinweise:** CHELIUS (1886a, 1891), EHRENBURG & KOWALCZYK (1999), HESS & LIPPOLT (1996), KLEMM (1912, 1938), MARELL (1989), NEGEDANK (1968, 1975), NICKEL (1985)**Abbildungen:****l.o.:** Traisa, Privathaus im alten Ortskern: Gesteinsvarietät nur noch an wenigen alten Gebäuden erhalten; stark verwitterte Mauersteine (Abbröckeln, Rissbildung) mit mehr oder weniger ausgeprägter Mandelsteintextur und zahlreichen durch Kalzit verheilten Klüften**r.o.:** Musterplatte: Starke Zerklüftung des Melaphyrs bereits im anstehenden Gestein durch zahlreiche mit Kalzit, Chalcedon und Eisenhydroxidphasen verheilte Risse belegt; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Hämatitisierte oder in Tonminerale, Viridit oder Kalzit umgewandelte Pseudomorphosen nach Olivin; grünlichgraue Zwickelbereiche aus einem Mineralgemisch aus Viridit, Albit, Kalzit und Erz; Bildhöhe ≅ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Ausschnitt wie l.u.: Umwandlungsprozesse (Spilitisierung) an Plagioklasleisten haben Kalzitisierung und Serizitisierung zur Folge, charakteristische polysynthetische Zwillingslamellierung dennoch gut erkennbar; Bildhöhe ≅ 1,3 mm



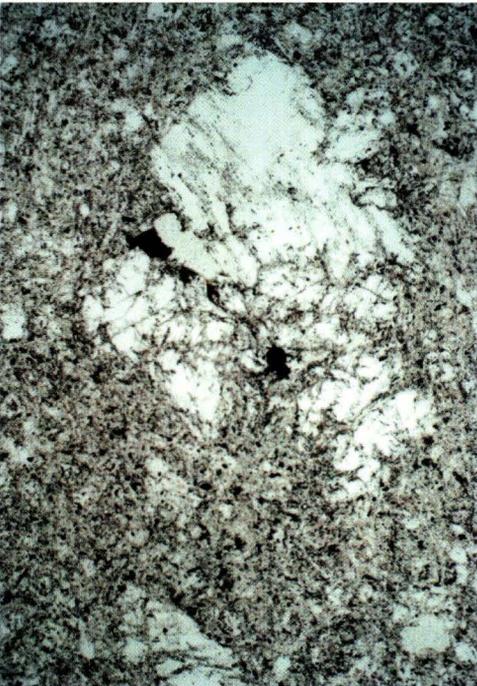
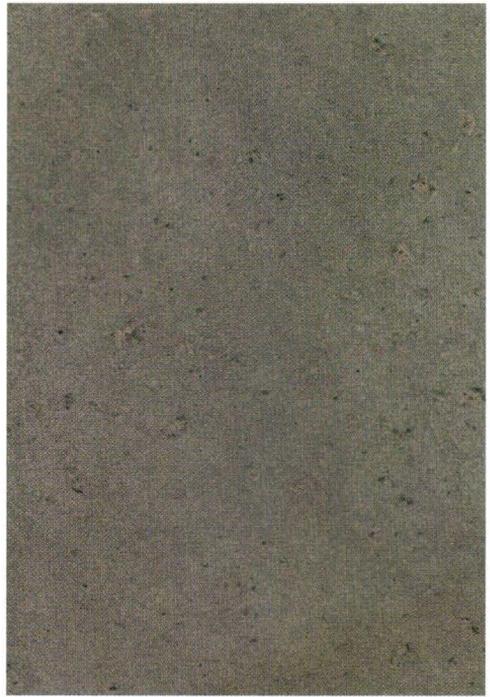
Dietzenbacher Trachyt

Odenwald

Klassifikation: Trachyt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 5918 Neu-Isenburg, nördlich Dietzenbach, *Hoher Berg*; R 3483520, H 5544890; offen gelassenes Steinbruchgelände**Stratigraphisches Alter:** Kreide-/Tertiärgrenze**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** im frischen Zustand hellgelblichgrauges, durch Verwitterung leicht hellbräunliches und an der Oberfläche auch orangebraun gefärbtes Gestein, schwach porphyrisches Gefüge durch bis zu 4 mm große hellgraue oder klare Sanidineinsprenglinge, dichte bis feinkörnige Grundmasse, dunkle Minerale sind nicht erkennbar**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch, zumeist deutlich fluidal texturiert, untergeordnet auch divergentstrahlig; *Grundmasse:* dicht bis feinkörnig; *Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Sanidin: serialporphyrisch bis >3 mm Durchmesser, hypidiomorphe bis idiomorphe, prismatische Kornform, häufig mit Grundmasseeinschlüssen, Zonarbau und Sanduhrstruktur nicht selten; Plagioklas: nicht mit Sicherheit bestimmbar, wird jedoch von KLEMM (1905) als „spärlicher“ Einsprengling erwähnt;*Grundmasse:* Sanidin (und evtl. Plagioklas): zumeist hypidiomorph leistenförmig bis prismatisch ausgebildet, oft deutlich nach Karlsbader Gesetz verzwillingt; Magnetit: als staubfeine Erzimprägnierung oder seltener auch als bis max. 20 µm große, kubische Kristalle, Vererzung z.T. auch innerhalb der Sanidine; Biotit: nur akzessorisch, kleine fetzenartige Kristalle bis 80 µm Durchmesser; Zirkon: nur wenige Körner, bis max. 35 µm Größe; weitere nicht bestimmbare Mineralneubildungen sind evtl. aus Hornblende oder Pyroxen hervorgegangen; *Kristalleinschlüsse:* Zirkon: in Sanidin eingewachsen; Apatit: als winzige Nadeln innerhalb von Feldspat**Modalbestand:** Feldspat 97 Vol.-%, Magnetit 2 Vol.-%, Akzessorien 1 Vol.-%**Gesteintechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,54	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	2,30	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,6	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	3,14	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	4,05	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,77	[-]
- effektive Porosität:	6,69	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,47	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	178,35	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	16,54	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauer- und Pflasterstein**Verwendungsbeispiele:** lokal verbaut, z.B. als Mauersteine am Kirchplatz, am Schloss und an privaten Gebäuden in Heusenstamm**Literaturhinweise:** DIENEMANN & BURRE (1929: 111), DIRKSEN (1997), EHRENBERG (1999), HORN et al. (1972), KLEMM (1901b, 1905), KOWALCZYK et al. (1999), LIPPOLT et al. (1975), NICKEL (1985)**Abbildungen:****l.o.:** Heusenstamm, Umfassungsmauer am Schloss: Bruchsteinmauerwerk aus Dietzenbacher Trachyt in Kombination mit bildhauerischen Elementen aus Sandstein (z. T. restauriert)**r.o.:** Musterplatte: Gelblichgrauer Trachyt mit hellbrauner bis orangebrauner Verwitterungsfarbe an der Oberfläche (rechts unten); Sanidineinsprenglinge erreichen Größen bis 4 mm; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Feinkörnige Grundmasse mit serialporphyrischen, z.T. zu Aggregaten zusammengesetzten Sanidineinsprenglingen; Magnetit als Erzphase; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Sanidin als Grundmasse und Einsprenglinge bilden Hauptmasse des Trachyts; in Auslöschungsposition befindliche Sanidine erscheinen schwarz; Zonarbau an größeren Feldspäten mit helleren und dunkleren Zonen im Kristall häufig; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



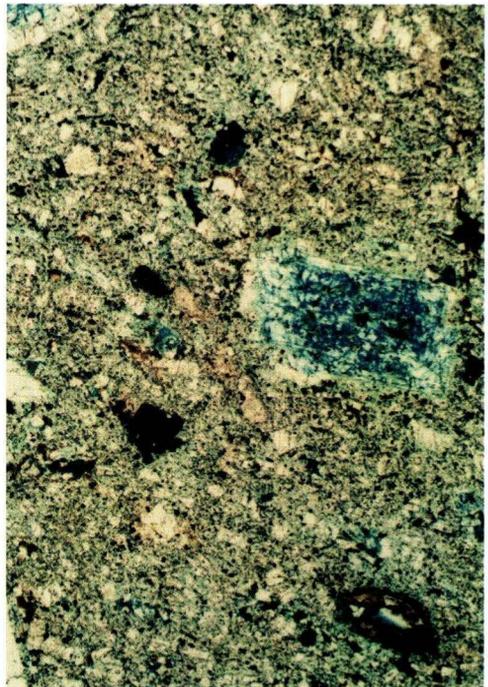
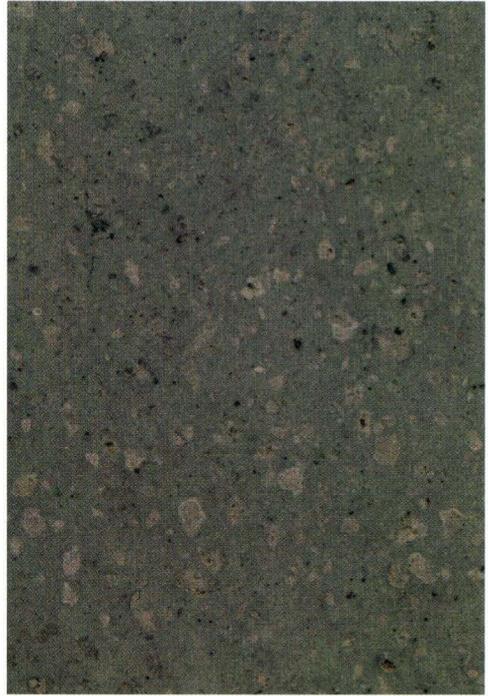
Eppertshäuser Trachyt

Odenwald

Klassifikation: Trachyt**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 6018 Langen (GK 25: Messel, 1. Aufl. 1910), westlich Eppertshausen; R 3485930, H 5534140; offen gelassene, wassergefüllte Steinbrüche, Freizeitgelände**Stratigraphisches Alter:** Kreide-/Tertiärgrenze**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** hellgraues, porphyrisches Gestein, dichte bis feinkörnige Grundmasse, bis max. 5 mm große Feldspäte als Einsprenglinge, diese sind klar, weiß oder durch Verwitterung orangebraun gefärbt, weiterhin hellgrünliche, bis 3 mm große Minerale und schwarz glänzende Kristalle bis 1,5 mm Größe, z.T. rostbraune Bänderung im Gestein**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch, divergentstrahlig bis fluidal texturiert; *Grundmasse:* dicht bis feinkörnig;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Sanidin: bis 4 mm Größe, zumeist idiomorph und zoniert, typische Verzwillingung nach Karlsbader Gesetz; Oligoklas: nur als größere Einsprenglinge bis 3 mm Größe von Sanidin zu unterscheiden, häufig auch als reliktscher Kernbereich mit Sanidinsaum; Biotit: alteriert oder reliktsch bis 2,5 mm Länge, bereichsweise in Erzphase umgewandelt; Magnetit/Ilmenit: als max. 0,8 mm große, idiomorphe Kristalle, z.T. leukoxenisiert; Titanit: idiomorphe Kristalle bis max. 0,3 mm Länge, akzessorisch; *Grundmasse:* Sanidin: ab ca. 25 μm Länge, xenomorph bis hypidiomorph; Magnetit/Ilmenit: als feine Erzbestäubung, Vererzung z.T. auch innerhalb der Feldspäte; Klinopyroxen: reliktsch, nur wenige frische Kristalle bis 0,1 mm Größe; Karbonat und Tonminerale als Zersetzungsprodukte von Feldspat, Hornblende, Biotit und Pyroxen; *Kristalleinschlüsse:* kleine Apatit- und Zirkoneinschlüsse häufig innerhalb von Sanidin; *Porenraum:* sichtbare Porosität relativ hoch, bedingt durch kavernös ausgewitterten Feldspat**Modalbestand:** Sanidin 76 Vol.%, Oligoklas 4 Vol.%, Karbonat, Tonminerale 11 Vol.%, Erz 5 Vol.%, Biotit 3 Vol.%, Pyroxen und Akzessorien 1 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	2,59	[g/cm ³]
- Trockenrohichte:	2,27	[g/cm ³]
- w-Wert:	0,6	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	4,60	[Ma.%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	5,43	[Ma.%]
- Sättigungswert:	0,85	[-]
- effektive Porosität:	8,84	[Vol.%]
- hygrische Dehnung:	0,88	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	98,98	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	15,10	[GPa]

Verwendungsmöglichkeiten: Mauer- und Pflasterstein**Verwendungsbeispiele:** lokal, als Mauerstein zum Häuserbau in Eppertshausen häufig verwendet**Literaturhinweise:** CHELIUS (1886b), DIENEMANN & BURRE (1929: 111), HORN et al. (1972), KLEMM (1899, 1905, 1910), LIPPOLT et al. (1975), NICKEL (1985)**Abbildungen:****l.o.:** Eppertshausen, Wohnhaus: Sockelbereich aus Trachytwerksteinen**r.o.:** Musterplatte: Hellgraue Grundmasse mit serialporphyrischen weißen oder klaren Feldspäten, Zonarbau an einigen Kristallen, oft weitgehend verwitterter Kernbereich, Randzone dagegen intakt; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Ausschnitt eines verzwilligten Feldspatmischkristalls, Kristallkern aus Oligoklas mit Auflösungserscheinungen, Randbereiche aus Sanidin intakt; kleine, gelbe und violette Zirkone als Kristalleinschlüsse im unteren Bereich; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Feldspat im Inneren weitgehend aufgelöst (blau angefärbt), Randbereiche noch teilweise erhalten; andere Kristalle dagegen relativ intakt; reliktscher brauner Biotit (rechts unten) weitgehend opacitisiert, d.h. in Erz umgewandelt; Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm



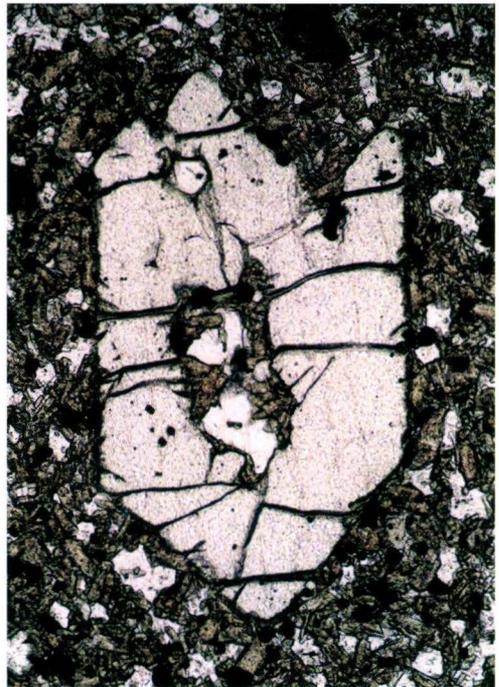
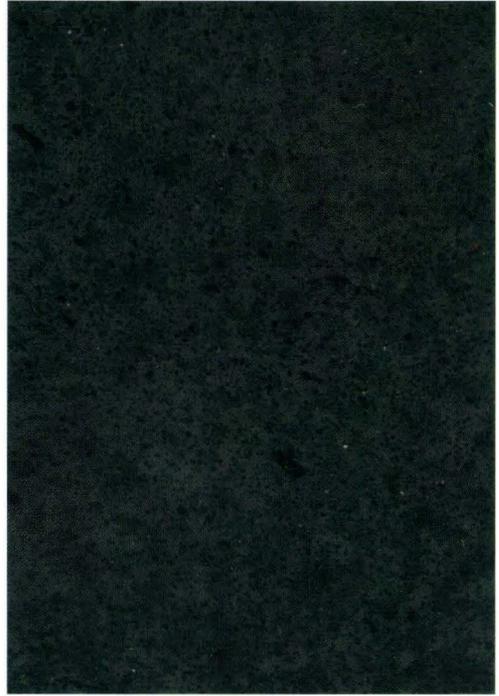
Roßdorfer Basalt

Odenwald

Klassifikation: Nephelinbasanit**Lokalität:** GK/TK 25: Bl. 6118 Darmstadt-Ost, südöstlich Roßdorf, *Roßberg*; R 3483700, H 5523900; Steinbruch in Betrieb**Stratigraphisches Alter:** Tertiär, Eozän**Gesteinsbeschreibung:****makroskopisch:** bläulichgrauschwarze Färbung, porphyrisch, blasenfrei oder mit nur vereinzelt Gasblasen, diese mit weißen Sekundärmineralen gefüllt oder ausgekleidet, Fluidalgefüge stellenweise deutlich ausgeprägt durch Einregelung größerer Pyroxene; Einsprenglinge: 0,5–5 mm große, schwarze Pyroxene und untergeordnet bis 3 mm große, gelbgrüne Olivine; Lherzololith-Xenolithe bis 1 cm Größe**mikroskopisch:** *Gefüge:* porphyrisch; *Grundmasse:* feinkörnig, bereichsweise fluidal texturiert;*Mineralbestand:* *Einsprenglinge:* Olivin: bis 1,5 mm Kristallgröße, beginnende oder vollständige Umwandlung zu Viridit, rundliche bis idiomorphe Korngestalt, z.T. mit Schmelzeinschlüssen; Klinopyroxen (Augit): serialporphyrische Kristalle bis 0,5 mm, häufig Sanduhrstrukturen und Verzwilligungen, zumeist idiomorphe Körner;*Grundmasse:* Klinopyroxen: als Hauptbestandteil der Grundmasse, hypidiomorph bis idiomorph; Hauyn: violettgraue Minerale, xenomorphe bis idiomorphe Kornform, Größe bis 0,4 mm; Magnetit: einzelne kubische Körner oder als Erzanreicherungen, 10–120 µm Größe; Apatit: kleinste Nadeln durchsetzen häufig Nephelin; Glimmerblättchen: pleochroitisch, rotbraun, akzessorisch;*Mesostasis:* Nephelin und Kalzit, rotbraunes und grünliches Glas bevorzugt um ehemalige Gasblasen;*Porenraum:* Zeolithminerale und Pyroxene in Gasblasen: in Gestalt von Nadeln oder Rauten, bis 0,8 mm Länge, oft zusammen mit Tonmineralen**Modalbestand:** Klinopyroxen 54 Vol.%, Nephelin 21 Vol.%, alterierter Olivin 10 Vol.%, Magnetit 9 Vol.%, Hauyn 4 Vol.%, Glas und restliche Minerale 2 Vol.%**Gesteinstechnische Kenndaten:**

- Dichte:	3,14	[g/cm ³]
- Trockenrohddichte:	3,13	[g/cm ³]
- w-Wert:	< 0,1	[kg/m ² h ^{0,5}]
- Wasseraufnahme Atmosph.:	0,08	[Ma.-%]
- Wasseraufnahme Vakuum:	0,09	[Ma.-%]
- Sättigungswert:	0,86	[-]
- effektive Porosität:	0,14	[Vol.-%]
- hygrische Dehnung:	0,00	[mm/m]
- Druckfestigkeit:	326,44	[MPa]
- dynamischer E-Modul:	103,15	[GPa]

Anwendungsmöglichkeiten: Pflastersteine, Randsteine, Mauersteine**Verwendungsbeispiele:** Straßenpflasterung im Darmstädter Raum**Literaturhinweise:** CHELIUS (1886a, 1891), DIENEMANN & BURRE (1929: 111), FRENZEL (1975), HORN et al. (1972), KLEMM (1907, 1912, 1938), NICKEL (1985), WILKE (1981)**Abbildungen:****l.o.:** Darmstadt-Mathildenhöhe, Kopfsteinpflasterung: Herkunft des Basaltmaterials nicht belegt, könnte aber aus dem Darmstädter Raum, also auch vom Roßberg stammen**r.o.:** Musterplatte: Fleckiger Gesamteindruck durch wechselnde Anteile heller Nepheline und dunkler Minerale wie Pyroxen und Olivin; bis 5 mm große, schwarze Augite als Einsprenglingsminerale; Originalgröße**l.u.:** Dünnschliff, X Pol.: Kleinkörnige Grundmasse mit Einsprenglingen von Olivin und Pyroxen; Olivinkristalle mit Schmelzeinschlüssen; Gasblase mit bunt erscheinenden Pyroxenen (oberer Bildrand); Bildhöhe $\hat{=}$ 5 mm**r.u.:** Dünnschliff, II Pol.: Olivin mit typischer Kristallform, am oberen Rand und im Inneren Grundmassenmaterial einschließend; an Sprüngen und am Rand beginnende Viriditisierung; Grundmasse aus graubraunen Pyroxenen, schwarzen Magnetiten, dunkel violettgrauen, rundlichen Hauynen sowie zwickelfüllend aus weißem Nephelin; Bildhöhe $\hat{=}$ 1,3 mm



Kurzfassung des Inhalts

Vulkanische Gesteine aus Hessen und ihre Eigenschaften als Naturwerksteine

In Hessen sind verschiedene Vulkanprovinzen bekannt, in denen vulkanische Gesteine als Naturwerksteine abgebaut wurden oder bis heute abgebaut werden. Vor allem historische Gebäude verdeutlichen eine ehemals z.T. große Popularität des regional vorkommenden Gesteinsmaterials als Bau- und Dekorationsstein.

Eine Auswahl an repräsentativen Gesteinsvarietäten wird mit Musterplatte, mit mikroskopischen Aufnahmen von Dünnschliffen und mit Referenzobjekten vorgestellt sowie petrographisch und petrophysikalisch eingehend analysiert.

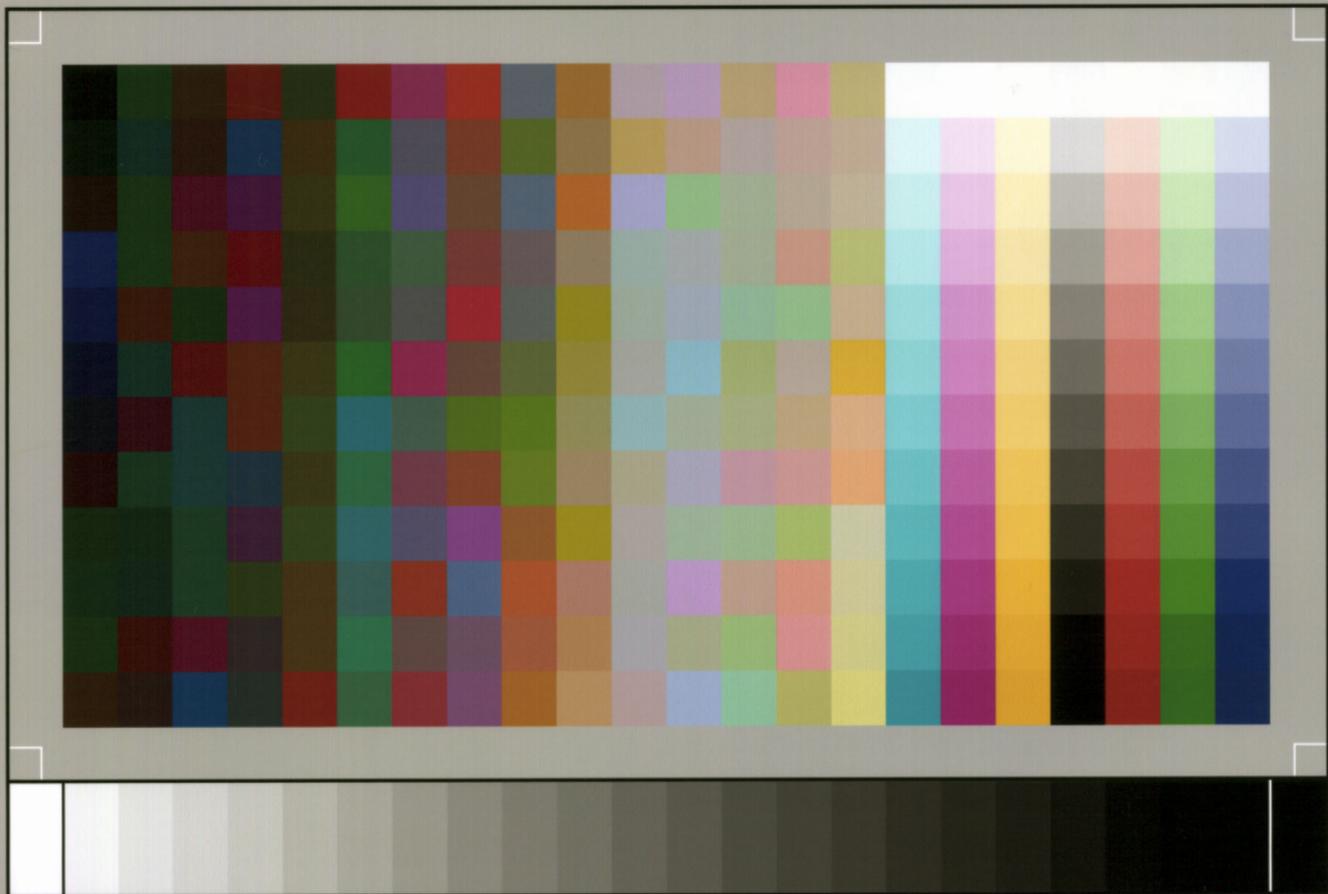
Neben einer ausführlichen Klassifikation der Vulkanite und Vulkaniklastite wird auch eine regionalgeologische Übersicht speziell über das vulkanische Geschehen gegeben.

Auf die allgemeinen Ursachen und Abläufe der Gesteinsverwitterung wird ebenso hingewiesen wie auf gesteinspezifische Verwitterungsmechanismen und resultierende Schadensbilder der jeweiligen Varietäten.

In besonderer Weise ist diese Arbeit als Nachschlagewerk für den denkmalpflegerischen und restauratorischen Bereich konzipiert, z.B. um eine Zuordnung der Baumaterialien zu historischen Gewinnungsstellen zu ermöglichen oder vergleichbare Ersatzgesteine ausfindig zu machen. Weiterhin dienen die gesteintechnischen Kennwerte dazu, eingehende Voruntersuchungen an den jeweiligen Gesteinsvarietäten während restauratorischer und konservatorischer Begleitmaßnahmen bei verwitterungsbedingten Schadensfällen zu reduzieren.

Herausgeber, © und Vertrieb:
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden





SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0