

**DER HARZ (NORDDEUTSCHLAND): GEOLOGISCH-  
LAGERSTÄTTENKUNDLICHER ÜBERBLICK, HISTORISCHE BAUMATERIALIEN  
(NATURSTEINE, GIPSMÖRTEL, SCHLACKENSTEINE, BLEI)**

von

**H. Kulke**

Institut für Geologie, Technische Universität Clausthal  
Abteilung für Erdölgeologie, Arbeitsgruppe Historische Baustoffe  
Leibnizstraße 10, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

Vortrag vor der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft  
gehalten am 29. Oktober 1996 in Wien

**Summary**

The Harz Mountains (North Germany) represent a deeply eroded, structural monocline that became uplifted during Late Cretaceous and Tertiary. It belongs to the Rheno-Hercynian belt of the Central European Variscan orogen. Its peneplain, formed during latest Carboniferous and very early Permian dips slightly southward and is covered, at the south rim of the Harz, by Rotliegend and Zechstein (Late Permian) sediments. The late Variscan structural style of the Harz is dominated by SW-NE trending folds and imbrications. Lithostratigraphically, the Harz is dominated by Devonian and Early Carboniferous siliciclastics. Two Middle Devonian reefs, splitized basalts („diabases“), three granitic massifs, (ultra)-basic plutonites, Permo-Carboniferous rhyolites and andesites visualise the complex internal structure of this small Variscan massif. Various ore deposits (e.g. syn-sedimentary polymetallic sulfides of Rammelsberg, silver bearing galena veins of western and central Harz, various iron mineralisations etc.) caused a long lasting mining activity (Rammelsberg mine: for more than 1000 years, up to 1988).

In the Harz itself and its immediate surroundings local building materials (e.g. Early Carboniferous greywacke) have been utilised almost exclusively up to approx. 1870. Well exposed gypsum rocks and dolomites of Zechstein age represent important construction materials especially along the south rim of the Harz. Gypsum mortar used to be a very important commodity in that region over centuries.

Miners invented and produced peculiar building materials, i.e. cast blocks of slag (in the western Harz: rich in Fe, Pb, Zn, Ba), and sheet lead for roofing purpose. The slag stones were excessively used in Clausthal-Zellerfeld mainly between 1844 and approx. 1880. The oldest, well-preserved, lead roof of the region, possibly of Germany, on Neuwerk church at Goslar dates back to the 15th or 16th century.

## **Zusammenfassung**

Der Harz stellt eine tief abgetragene, spät-paläozoisch eingeebnete, süd- bzw. südwestwärts geneigte Pultscholle (Monokline) des Rhenoherynikums im variszischen Gebirgsbogen Mitteleuropas dar. Die NW-gerichtete spätvariszische Faltungs- und Schuppentektonik erfaßte vorwiegend devonische und unterkarbonische Siliziklastika, zwei mitteldevonische Riffe, und spilitisierte Basalte (Diabase). Drei Granitmassive, Ultrabasite und permokarbone Rhyolithe sowie Andesite belegen den genetisch und lithologisch komplexen Gebirgsbau. Vielfältige Vererzungen (synsedimentär, gangförmig, metasomatisch) lösten einen Jahrhunderte-lang andauernden Bergbau aus.

Im Harz wurden bis etwa 1870 ganz überwiegend lokale Baustoffe (z. B. Kulm-Grauwacke) eingesetzt. Gut aufgeschlossene Zechstein-Gipse und -Dolomite stellen, besonders am Harz-Südrand, wichtige Baustoffe dar. Gipsmörtel war vielenorts über lange Zeiten das hauptsächliche Bindemittel. Bergbauspezifische Baustoffe sind besonders die Schlackensteine (im Oberharz reich an Fe, Pb, Zn, Ba), deren Hauptverwendung im mittleren 19. Jh. lag, aber auch einzelne Bleidächer (auf der Goslarer Neuwerkskirche aus dem 15. od. 16. Jh.).

## **1. Einleitung**

Nachfolgender Text faßt den am 28.10.1996 auf Einladung von Prof. Dr. E. Tillmanns im Geozentrum der Universität Wien gehaltenen Vortrag des Titels „Der Harz: naturräumliche Gegebenheiten, historischer Bergbau, örtliche Baumaterialien und bedeutende Bauwerke“ zusammen und ergänzt ihn bezüglich der historischen Oberharzer Baustoffe. Dieses Forschungsgebiet, das große restaurierungstechnische Bedeutung aufweist, ist bezüglich der frühindustriell-bergbaubürtigen Baumaterialien wenig besetzt, daher wird dieses Feld hier besonders hervorgehoben.

## **2. Abriß der Geologie des Harzes**

### **2.1. Tektonischer Bau und Lithostratigraphie**

Der etwa 90 x 30 km messende Harz stellt in Mitteleuropa das nördlichste, großflächig zu Tage tretende Element des variszischen Gebirgsbogens dar (Abb. 1). Als spätmesozoisch-tertiärzeitlich bis zu 3 km herausgehobene Pultscholle mit oftmals guten Aufschlüssen in den tief eingeschnittenen Tälern wurde er in den letzten 150 Jahren intensiv erforscht. Trotzdem sind verschiedene Grundfragen noch nicht hinreichend geklärt; dies sind besonders:

- Plattentektonische Stellung der Sedimentationsräume bzw. der späteren Harzeinheiten in der Zeit vom Ordovizium bis zum Unterkarbon,
- tektonostratigraphische Stellung und Genese der ausgedehnten Ostharzer Olisthostrome (vermutliche Erosionsreste eines Akkretionskeiles) sowie der noch z. T. angezweifelten Ostharzer Decken,
- Fortsetzung der Nordrandstörung zur Tiefe und nach Süden hin (FÜHRER, 1988). Die jüngst von KÖNIG & WREDE (1994) plausibel gemachten dextralen Horizontalverschiebungen an

den Nordharz- bzw. Südharz-Lineamenten werden z. Z. kontrovers diskutiert (FRANZKE & SCHMIDT, 1995).

- Genetisch-regionaltektonische Stellung des Eckergneises (z. B. FUCHS, 1996), der zwischen Harzburger Gabbro und Brockengranit eingeklemt zu Tage tritt. Seine Hauptmetamorphose erfolgte übrigens vor 560 Mio. J. (BAUMANN, 1991 in FUCHS, 1996).
- Ablagerungsraum und damit Stellung im präorogenen Sedimentbeckensystem des unterkarbonischen Acker-Bruchberg-Quarzits, wobei die Deutung von küstennaher Barre bis zum Contourit am Fuß eines Kontinentalabhanges reicht.
- Genaue Analyse der Altersabfolge der postorogenen Oberharzer Pb, Zn-Gangfüllungen, deren Mineralisation wohl seit dem Ausklingen der spätkarbonischen Faltungs- und Aufschubungstektonik besonders im Zusammenhang mit der mehrphasigen Harz-Heraushebung erfolgte (z. B. BEHR et al., 1985). HAAK & LEVEQUE (1995) erschließen ein Hauptalter der PbS-Gänge des Harzes von 170 bis 180 Mio. J.

Neben einer gewaltigen Zahl von Einzelveröffentlichungen stellt das auf den Westharz konzentrierte Buch „Geologie und Minerallagerstätten des Harzes“ von MOHR (1993), aber auch die Osthartz-Kapitel in der „Geologie von Thüringen“ (SEIDEL, Hrsg.; 1995) das heutige geowissenschaftliche Wissen über diesen kleinen Gebirgsstock, ergänzt durch sehr reichhaltige Literaturverzeichnisse, zusammen.

Der Gebirgskörper wird intern durch einen SW-NE-verlaufenden **Einengungsbaustil** mit großen i. a. NW-vergenten, oft NW-wärts überschobenen Faltenstrukturen gekennzeichnet (Abb. 3).

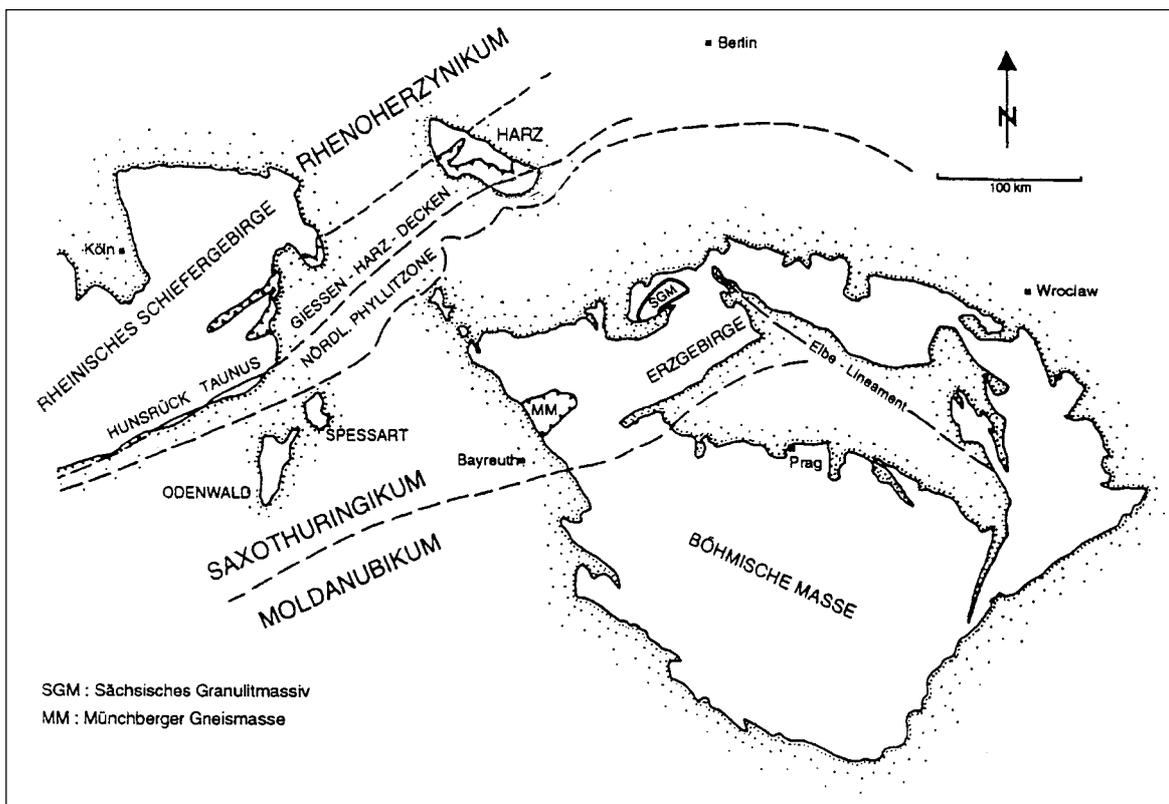


Abb. 1  
Lage des Harzes innerhalb der mitteleuropäischen Varisziden (aus AHRENDT et al., 1996)

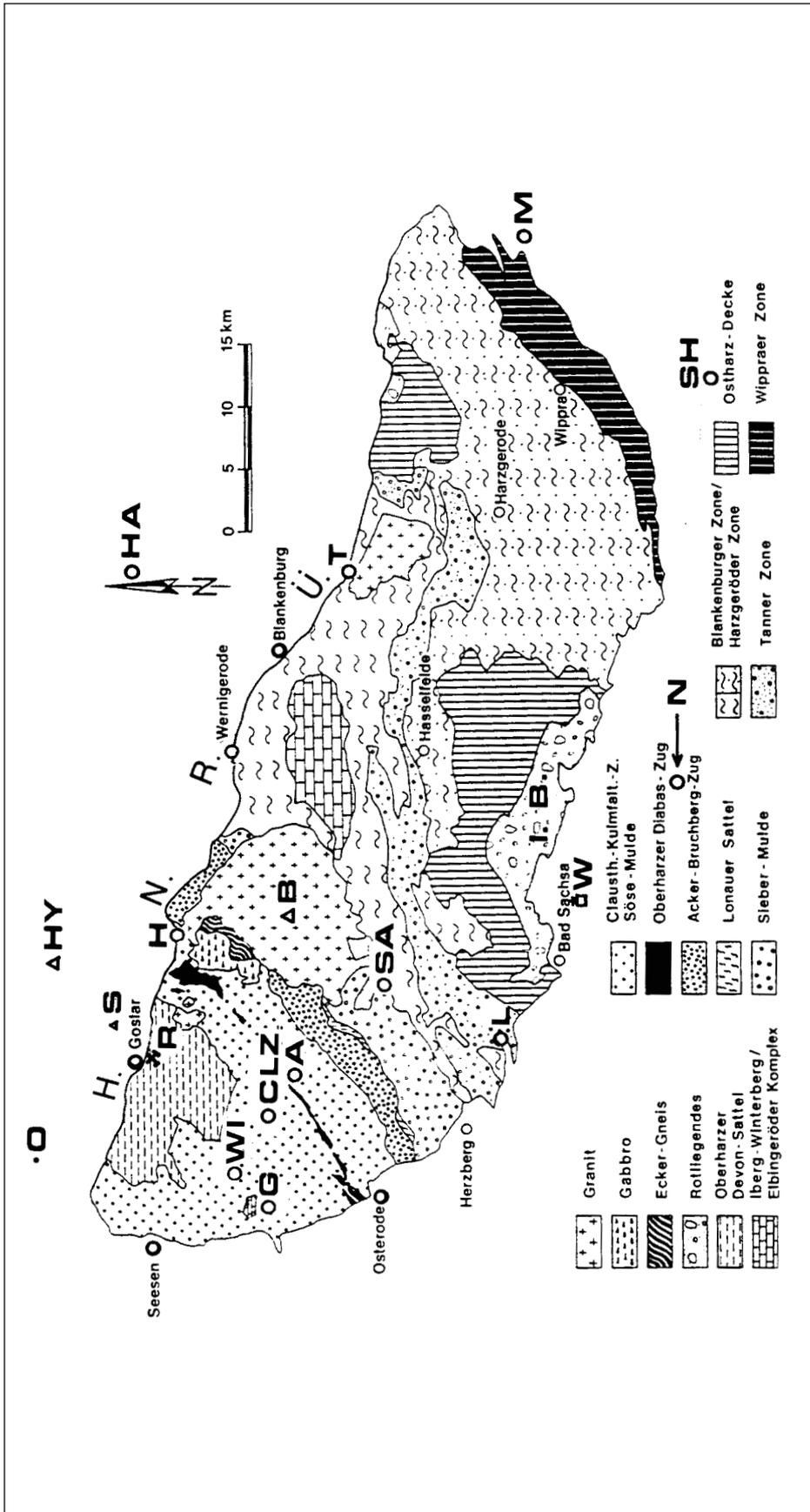


Abb. 2

Übersichtskarte des Harzes mit Darstellung seiner lithologisch-tektonischen Einheiten (aus WACHENDORF, 1986)

Abkürzungen geben die Lage von im Text genannten Orten an: A: Altenau, B: Brocken, CLZ: Clausthal-Zellerfeld, G: Bad Grund,

H: Bad Harzburg, HA: Halberstadt, H.N.R.: Harznord-Überschiebung, I.B.: Ilfelder Becken, L: Bad Lauterberg, M: Mansfeld, N: Nordhausen,

O: Ostlutter, R: Rammelsberg, S: Sudmerberg (b. Goslar), SH: Sangerhausen, SA: St. Andreasberg, T: Thale, W: Walkenried, WI: Wildemann



**Lithostratigraphisch** gesehen, besteht der Harz überwiegend aus Siliziklastika des Devons und Unterkarbons (Abb. 2, 7 u. 10). Lithologisch handelt es sich bei den Sandsteinen einerseits um reine, hochverfestigte **Quarzsandsteine** wie besonders dem unterdevonischen Kahleberg-Sandstein südl. von Goslar, dem mittel- bis oberdevonischen „Hauptquarzit“ des nördlichen Mittelharzes, sowie dem als bedeutender Härtingszug den Westharz querenden Acker-Bruchberg-Quarzit (Abb. 2). Letzterer bildet das Mittelstück des in sich etwa altersgleichen Quarzsandsteinzuges, der vom Kellerwald (halbwegs zwischen Marburg/Lahn und Kassel) mit großen Unterbrechungen durch jüngere Überdeckung bis nach Gommern (SE von Magdeburg) reicht. Andererseits herrschen im Westharz sehr mächtige Wechsellagerungen von turbiditischen **Grauwacke**-Bänken mit Tonsteinen bzw. Tonschiefern vor. Ihr von Gebiet zu Gebiet sich verschiebendes Alter reicht vom Oberdevon (Südharz- und Selke-Grauwacke) bis in das höhere Unterkarbon III (Oberharz-Grauwacke um Clausthal-Zellerfeld).

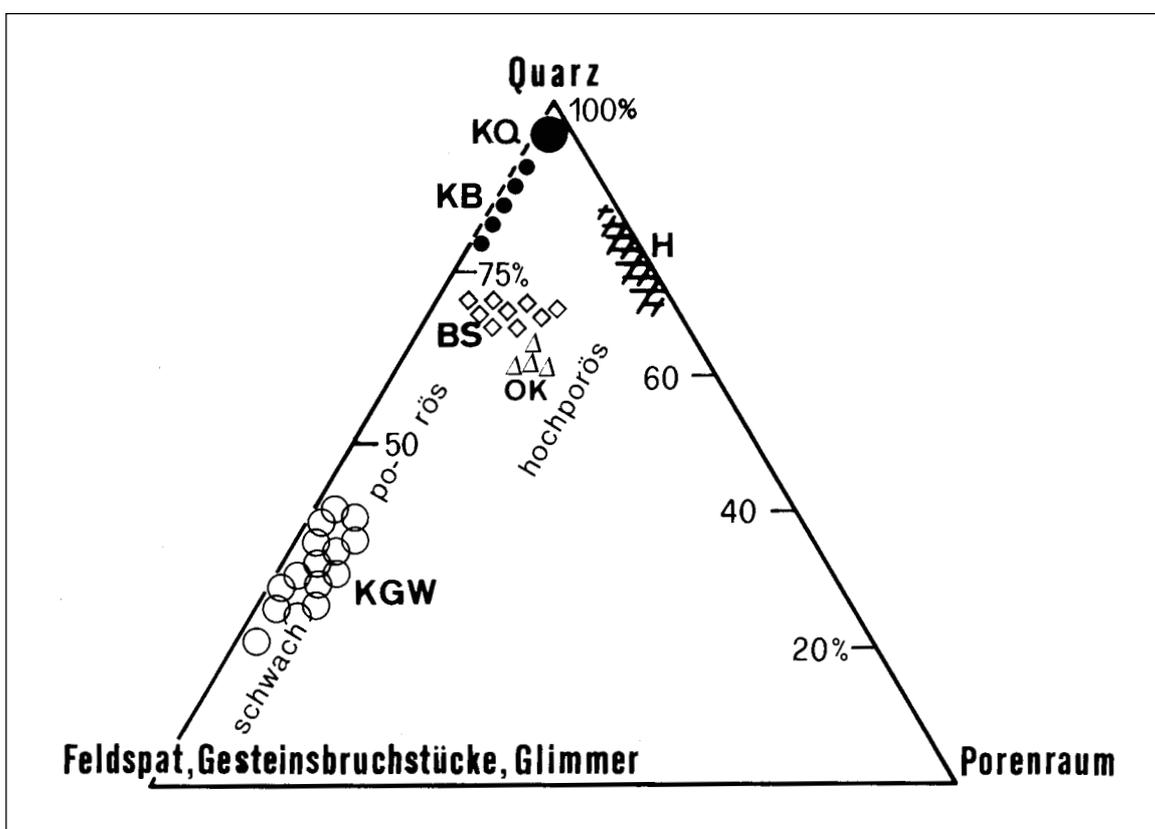


Abb. 10

Darstellung der Zusammensetzung von Sandsteinen des Westharzes und seiner Umgebung unter Einbeziehung der Porosität.

Abkürzungen: BS = Bausandsteine des Buntsandsteins (Skyt), H = Hilssandstein (Oberapt-Unteralt), KB: Kahleberg-Sandstein (Ober-Ems), KGW = Kulm- oder Oberharzer Grauwacke (höheres Oberkarbon), KQ = Kammquarzit od. Acker-Bruchberg-Quarzit (unt. Unterkarbon); zum Vergleich: OK: Oberkirchner Sst. (tiefe Unterkreide) von den Bückebergen (östl. v. Minden/Weser), ein wichtiger Restaurierungs-Sst. auch im Harz.

In tieferen Teilen des offenbar besonders im Mittel- und Oberdevon durch Flachwasserschwellen mit Knollenkalken gegliederten Beckensystems lagerten sich dunkle Tonsteine ab. Der bedeutendste davon ist der mehr als 600 m mächtige **Wissenbacher** (oder Goslarer) **Schiefer** des Eifelium an der NW-Flanke des sog. Oberharzer Devonsattels, SW von Goslar, im ehem. Goslar-Wolfshagener Trog. Hohe Illitkristallinitäten und Vitrinitreflexionswerte bis über 5,5 % R<sub>0</sub> (JORDAN & KOCH, 1979), sowie eine intensive Transversalschieferung, zeigen seine hohe Versenkung und tektonische Beanspruchung während der spätvariszischen Faltung an. Spezialfalten, die im ehem. Erzbergwerk Rammelsberg (sehr bedeutende synsedimentär-exhalative polymetallische Vererzung) aufgeschlossen waren, werden heute überwiegend als synsedimentäre Rutschgefüge am damaligen Hang eines *forearc*-Beckens gedeutet.

Pseudo-„ozeanische“ Tiefwasserbedingungen (nach ZELLMER, 1995: max. einige hundert m) besonders im unteren Karbon werden auch durch dunkle, dünnbankige Radiolarite angezeigt. Sie stellen eine wichtige Lithofazies in weiten Teilen des Harzes vor dem Einsetzen der Grauwacke-Turbidit-Sedimentation dar. Diese bei größerer Versenkungstiefe sehr duktile **Kiesel-schiefer**-Fazies zeigt eine besonders starke, engräumige Verfaltung (z. B. bei Lautenthal und Altenau).

Im Givet wuchsen auf lokalen Schwellen zwei bedeutende **Atollriffe**. Das größere, heute etwa 9 x 3 km messende Kalkmassiv von Elbingerode stellt (mit geol. „Reserven“ von 5 Mrd. t) das bedeutendste Vorkommen hochreinen Kalksteins Norddeutschlands dar. Noch stärker durch Abbau zerstört ist das etwa 2,5 km<sup>2</sup> große Riff des Iberg-Winterberg bei Bad Grund (FRANKE, 1973). Es liegt heute teilweise dolomitisiert vor und war ehemals wegen seiner metasomatischen Eisenoxid-Erzkörper von überregionaler wirtschaftlicher Bedeutung. In den wenigen Großporen des Iberger Riffs kommen kondensierte, zähfeste oder splittrig harte Bitumina wie Impsonit und Gilsonit vor (JACOB & HILTMANN, 1985). Es handelt sich also um eine durch geologische Prozesse zerstörte Öllagerstätte.

Aufschlüsse im Okertal (Kellwasser-Tal bzw. Romkerhall) waren für die Erforschung der Ursachen des dramatischen Massensterbens in der tropisch marinen Lebewelt an der Frasnium/Famennium Grenze von großer Bedeutung (z. B. BUGGISCH, 1991).

Im Osthartz treten sehr großflächig **Olisthostrom-Massen** auf, die überwiegend im Zuge von unterkarbonischen tektonischen Bewegungen als deckenartige, tonreiche plastische Mischungen mit eingeschlossenen Bruchstücken bis Megaschollen altpaläozoischer Sedimentgesteine bevorzugt nordwärts in orographische Senkungszonen abglitten. Am SE-Rand des Harzes, im WSW-ENE verlaufenden Streifen der sog. „Wippraer Zone“ (Abb. 2) tritt Grünschiefer-fazielles Altpaläozoikum auf (Metamorphosealter nach K/Ar-Datierungen 320 - 351 Mio. J.: AHRENDT et al., 1996).

Etwa ein Zehntel der Fläche des Harzpaläozoikums wird von **magmatischen Gesteinen** eingenommen. Eine petrographische Übersichtsdarstellung findet sich in MÜLLER (1987). Am ältesten sind die basischen submarinen Effusiva, deren Alter vom Unterdevon bis ins Unterkarbon reicht. GANSSLOSER et al. (1995) deuten diese Harzer Metabasalte als ehemalige Tholeiite, Alkalibasalte und z. T. auch als MORB-Typen. Derartige, in der Regel intensiv spilitisierte **Diabase und Schalsteine** waren im Raum Elbingerode (südl. von Wernigerode) und im „Oberharzer Diabaszug“ von Osterode bis Bad Harzburg lokal als Eisenerzbringer des Lahn-Dill-Typs (vorw. Pyrit und Hämatit bei Elbingerode, Hämatit und Magnetit bei Osterode-Lerbach: STASCHEIT, 1993) wirtschaftlich von Bedeutung. Heute wird in einem Großbruch im Huneberg (SW von Bad Harzburg) hochwertiger Diabas-Schotter gebrochen.

Die spätoberkarbonischen **Granitmassive** des Brockens (mit 1141 m Höhe der höchste mitteleurop. Berg nördl. von 51°N) mit seinen westlichen Randintrusionen im Okertal (schöne „Woll-sackverwitterung“) sowie dem von der Bode-Schlucht zerschnittenen Ramberg-Pluton (südl. von Thale, Osthartz) sind im Detail mehrphasige postkinematische Intrusionen. Die radiometrischen Alter dieser Plutonite sind: Okergranit  $296 \pm 2$  Mio. J., Brockengranit:  $293 \pm 2$  Mio. J. + spätere Phase, Rambergpluton, jüngere Phase:  $285 \pm 10$  Mio. J. (s. MOHR, 1993: 359). Der **Harzburger Gabbro** und seine ultrabasischen Begleiter wie Harzburgit und Norit entstammen ebenfalls spätoberkarbonischen, tektonisch stark überprägten Tiefenintrusionen (Alter:  $292 \pm 2$  Mio. J.). Im Gabbromassiv befindet sich ein regional bedeutender Hartsteinbruch.

Eine fast N-S verlaufende Schar von kleineren magmatischen Gängen (Granitporphyr, Enstatitporphyr, Kersantit) durchschlägt zwischen Wernigerode und Stolberg auf etwa 8 km Breite den Osthartz. Dies sind die sog. Mittelharzer Gänge des Unterperm.

Nach der Orogenese wurde auch der Harz tiefgründig erodiert und eingeebnet. Diese jungpaläozoische Festebene fällt aufgrund der jungmesozoisch-tertiären, einengenden und blattverschiebenden Blocktektonik etwa 5° nach W, SW bzw. hauptsächlich nach S ein. Eine weitere oberkretazisch-tertiäre Verebnungsfläche kappt diese ältere Peneplain besonders im Oberharz. Im obersten Karbon wurde in einer Einsenkung des schon damals tieferodierten Harzvariszikums das **Ilfelder Becken** (nördl. von Nordhausen) als Element des großregionalen Saar-Saale-Intramontantröges angelegt. Als älteste erhaltene postorogene Sedimentsequenz im unmittelbaren Harzgebiet beinhaltet es mächtige kontinentale Rotserien (Konglomerate, Sandsteine, Tonsteine, ein aschereiches, bis zu 2 m mächtiges Kohleflöz) des höchsten Karbons und besonders des Rotliegenden. In diese Abfolge schalten sich intermediäre bis saure, im Stephan einsetzende Rotliegend-Vulkanite (z. B. MÜLLER, 1981) als Decken, Gänge und Rhyolith-Vulkanruinen ein, bzw. sie sitzen dem „Alten Gebirge“ besonders um Bad Lauterberg auf.

Dem ganzen West- und Südrand des Harzes folgt - als älteste marin-evaporitische Megasequenz der fast flachlagernden postorogenen Sedimentfolge - ein 1-4 km breiter Streifen von **Zechstein**. Teils liegt er direkt dem eingeebneten Faltenbau des Harzes auf (klass. Aufschluß Fuchshalle in Osterode) oder das Zechstein-Konglomerat überlagert den Andesit-Erguß des „Ilfelder Melaphyr“ (Bachuferwand der Bere südl. von Ilfeld) bzw. äolische Ober-Rotliegend-Sande (Sandgruben westl. und östl. von Ellrich: (Abb. 4). Das bis etwa 1 m mächtige **Zechstein-Konglomerat** stellt in dieser Region kein marines Transgressionselement dar. Die oft schlecht sortierten und schwach gerundeten Gerölle in sandiger Matrix entstammen nahen Abtragungsgebieten, besonders dem Harz selbst. Dieser im Großraum weit verbreitete Horizont wurde hier wohl durch zunehmende Gewitter-Starkregen im Zuge der beginnenden Flutung des südlichen Zechsteinbeckens in Form von flachen Schwemmfächern zeitlich unmittelbar vor der eigentlichen Transgression abgelagert.

Dem rudimentär ausgebildeten „*transgressive systems tract*“ folgt, sequenzstratigraphisch betrachtet, kurz vor dem „*maximum flooding*“-Zustand während des unteren Teils des Zechstein-Kalks (Ca1) das Stillwassersediment des **Kupferschiefers** (T1). Vereinzelt ragen durch diesen sapropelitischen Mergel-Laminat von etwa 0,3–1 m Mächtigkeit Algen-Bryozoenriffe (PAUL, 1980) oder auch Härtlingsklippen des variszischen Untergrundes hindurch (z. B. klassischer Aufschluß bei Bartolfelde, südl. von Bad Lauterberg). Die Genese seiner polymetallischen Vererzung ist noch immer in Diskussion. RENTSCH et al. (1997) deuten die Kupferanreicherungen am Südrand des Zechsteinbeckens als Folge von Zirkulation niedrigthermaler Solen im Umfeld großer Sockelstörungen. Dabei wurde deren Metallgehalt, nach dem früh ausgeschiedenen Py-

rit, spätdiagenetisch im anoxischen Beckenwasser durch  $H_2S$  gefällt. Wegen seines Kupfergehaltes wurde der Kupferschiefer über knapp acht Jahrhunderte bis Herbst 1990 im Mansfeld-Sangerhäuser Revier am Ostrand des Harzes zuletzt bis in eine Teufe von fast 1000 m abgebaut.

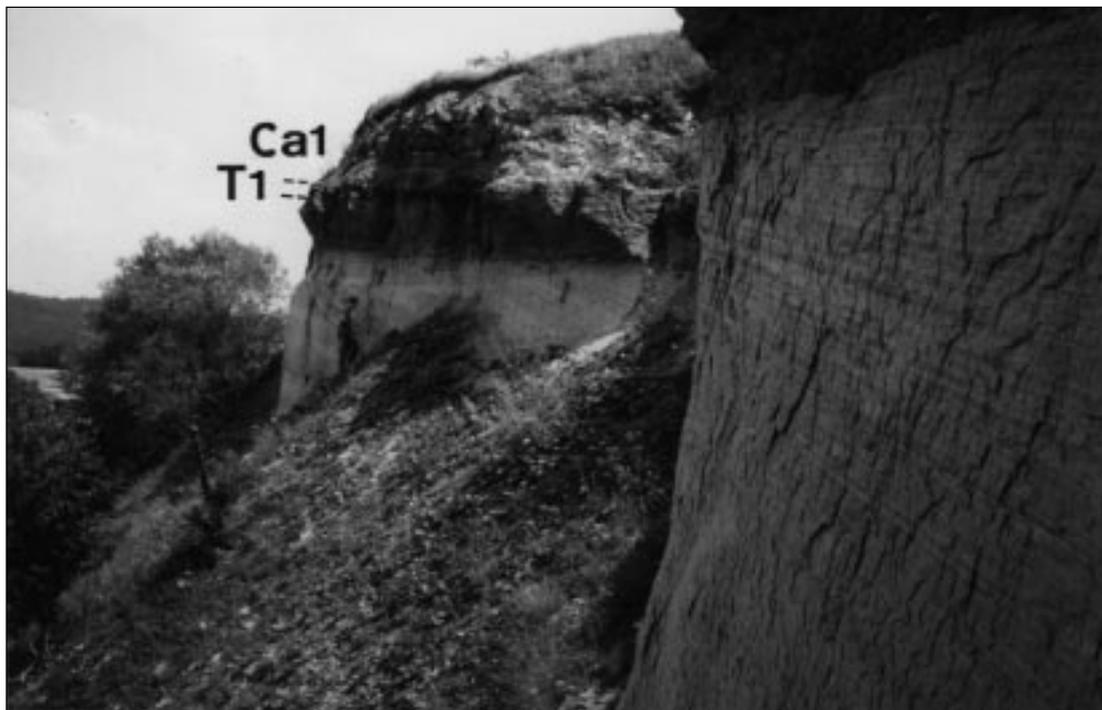


Abb. 4

Basaler Zechstein: äolische Oberrotliegend-Sandsteine wurden erosiv vom Zechstein-Konglomerat gekappt und von Kupferschiefer (T1) und Zechsteinkalk (Ca1) überlagert. Ehem. Sandgrube Zimmerbühl, östl. von Ellrich (NW von Nordhausen).

Im unmittelbaren Harzumfeld sind oberhalb des T1 drei karbonatisch-evaporitische Zyklen im Zechstein ausgebildet und am Harzsüdrand z. T. gut aufgeschlossen (Abb. 8). Sie beginnen mit dem Zechsteinkalk (Ca1) und treten in den mehrere Zehner Meter hohen natürlichen Felswänden aus rückvergipstem Anhydrit (A1) des untersten Zyklus, der Werra-Serie, morphologisch besonders in Erscheinung. Die Südharzer Zechstein-Lithofazies wird stark durch die SW-NE verlaufende Eichsfeld-Schwelle beeinflusst (z. B. PAUL, 1993): auf der Untiefe treten vorwiegend Karbonate („Hauptdolomit“ Ca 2 in oolithischer Fazies) auf, seitlich gefolgt von mächtigen sog. Anhydritwällen mit syndimentären Rutschgefügen und am Ostharrand sogar mit Gips-“Olisthostromen“ (MEIER, 1977). Auf den Gipsausbissen hat sich eine beeindruckende Gipskarstlandschaft (Schlotten, Einsturzdolinen, Höhlen, mehrere periodische Teiche, Gipsquellungshöhlen) herausgebildet (z. B. PRIESNITZ, 1969). Gipsindustrie und Naturschutz konkurrieren um die Rohstoffnutzung bzw. Erhaltung dieses auch botanisch wertvollen Gebietes.

Der **Nordrand des Harzblockes** wird an einer großen WNW-ESE verlaufenden **Aufschichtung** bis zu 3 km gegenüber dem Vorland herausgehoben (Abb. 3). Durch die damit verbundene Einengung ist, weithin gut aufgeschlossen, das Mesozoikum des Vorharzes auf etwa 1 km Breite in der sog. „Aufrichtungszone“ steilgestellt und in Störungsnähe auch steil überkippt (Abb. 5).

Diese einengende, steil-transpressive Heraushebung erfolgte hauptsächlich im Mittelsanton, nachdem an dieser Schwächezone zuvor steile Abschiebungen erfolgt waren (FRANZKE & SCHMIDT, 1993). Im Tertiär wurde die Herausbildung des Harzes durch einen weiteren starken, südwärts abklingenden Aufstieg des Harz-Varisikums abgeschlossen. Wie komplex die Herausbildung der heutigen Harzscholle im Einzelnen gewesen sein dürfte, stellen u. a. KÖNIG & WREDE (1994) dar. Sie erschließen für die Nord- und Südbegrenzung der südwärts verkippten „Leistenscholle“ des Harzes dextrale Horizontalverschiebungen.



Abb. 5  
überkippte Oberjura-Wechselfolge von Mergelkalk- und Kalksteinbänken in der  
„Aufrichtungszone“, nördlich von der Harzrand-Aufschiebung  
(Stbr. Langenberg b. Goslar-Oker). Die Geologen untersuchen eine Schichtunterseite.

## 2.2. Lagerstätten

Der Harz stellt eine kleine, aber vielfältige und reiche Lagerstättenprovinz dar. Zahlreiche untertägige Gruben bauten z. T. über viele Jahrhunderte den Erzreichtum ab. Alle metallgewinnenden Bergwerke sind inzwischen geschlossen (Rammelsberg nach über tausendjähriger Betriebsperiode: 1988; „Hilfe Gottes“ in Bad Grund: 1992; Ostharzer Kupferschiefer: 1990). Einen Überblick über die Erzlagerstätten des variszischen Harzes gibt MOHR (1993). Diese wurden von ihm von NW nach SE fortschreitend zu sieben vorwiegend geographisch definierten Lagerstättenbezirken zusammengefaßt (Abb. 6):

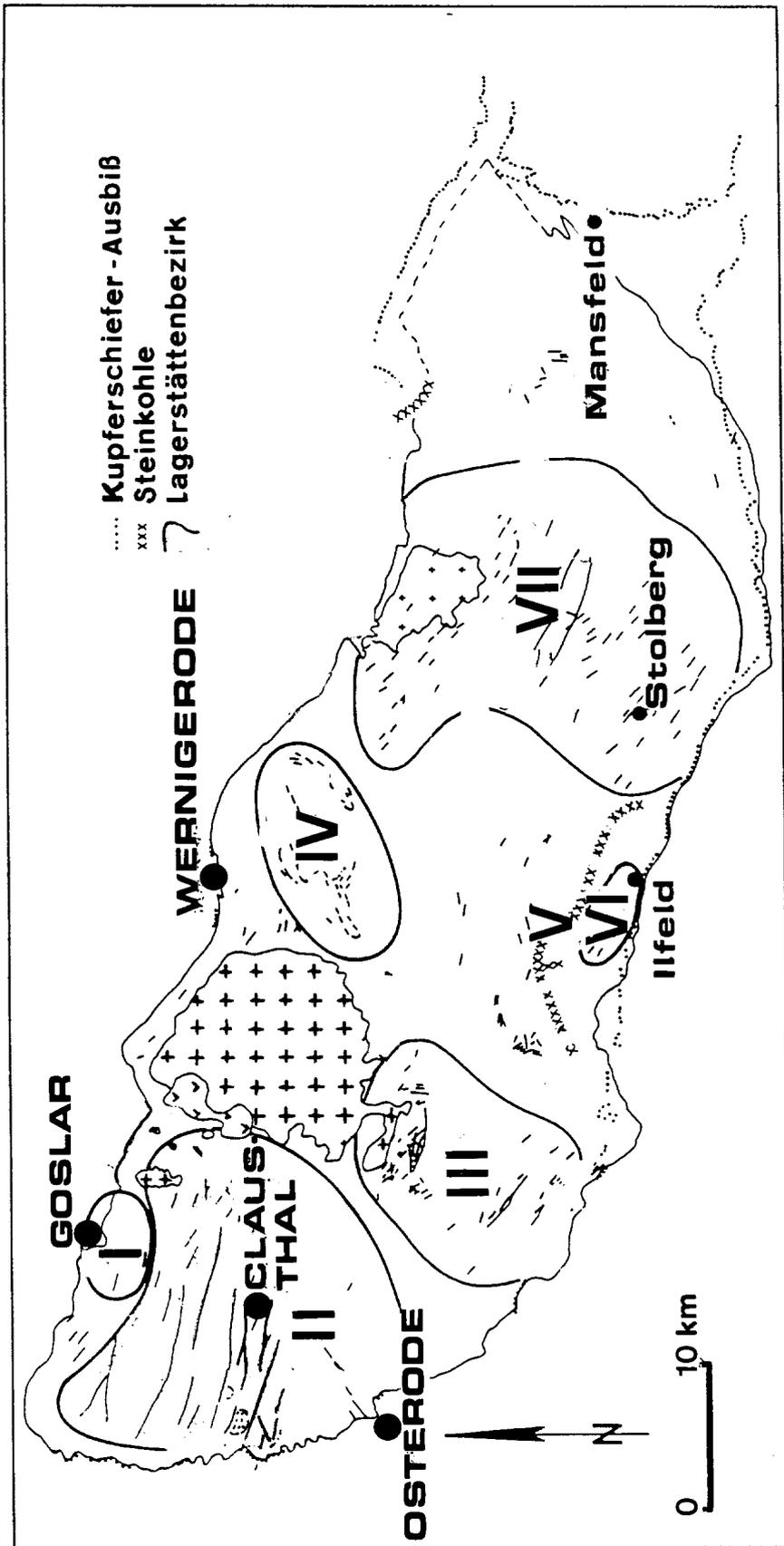


Abb. 6  
 Die Lagerstättenbezirke im Harz (gestalterisch verändert aus MOHR, 1993: 250) Erklärungen im Text.

I. „Unterharz“: synsedimentär-exhalative stratiforme, polymetallische Vererzung im Wissenbacher Schiefer des **Rammelsberges** bei Goslar. Die tektonisch in zwei halbsteil einfallende Lager zerscherte Lagerstätte produzierte insgesamt 27-30 Mio. t feinstkristallin verwachsenes Erz mit durchschnittl. 14% Zn, 6% Pb, 1% Cu, 120 ppm Ag (WALCHER, 1987).

II. Oberharzer Bezirk: Besonders bedeutsam waren hier 19 sehr steil bis saiger stehende, etwa W-E streichende Gangzüge mit grobkristalliner Sulfiderzführung (bes. ZnS und Ag-haltiges PbS) in einer Gangart aus Quarz, Karbonaten und Baryt. Die besten Ausbeuten lieferten über etwa 400 Jahre bis 1930 der Zellerfelder und Burgstätter Gangzug in und bei Clausthal-Zellerfeld und die Grube „Hilfe Gottes“ bei Bad Grund auf dem Silbernaaler Gangzug. In diesem Oberharz-Revier liegen auch die synsedimentär-exhalativen mitteldevonischen Hämatitvererzungen von Osterode-Lerbach sowie die limonitisch-sideritischen Erzkörper im Iberg/Winterberg-Riff bei Bad Grund.

III. Lauterberg-St. Andreasberger Gangbezirk: Die Andreasberger Gänge sind denen des Oberharzes recht ähnlich. Ihr Erz enthielt durchschnittlich 6% Pb, 2 %Zn, 1% Cu, 0.03 - 0.1% Ag, neben 1% As + Sb sowie 1% Co + Ni. In der Grube Samson wurden einst prächtige Stufen zahlreicher Minerale sowie ungewöhnlich schwere Silberklumpen in der Zementationszone gefunden.

Roteisensteingänge östlich von St. Andreasberg und nördlich von Bad Lauterberg (z. B. Roter Glaskopf vom Großen Knollen) hatten bis über die Mitte des 19. Jh. hinaus eine überregionale Bedeutung. In diesem Gebiet befinden sich auch mehrere Barytgänge, von denen der mächtigste noch heute im Abbau steht (Grube Wolkenhügel mit etwa 4 Mio. t ursprünglichen Reserven).

IV. Der Elbingeröder Eisensteinbezirk führt z. T. synsedimentäre, z. T. postvulkanisch-hydrothermale, oxidische und sulfidische Eisenerze (in den DDR-Jahren: wichtiges Schwefelerz) im Zusammenhang mit mitteldevonischen basischen Eruptiva, die in zwei Gruben bis in die jüngste Vergangenheit gewonnen wurden.

V. Südharzer Steinkohlenbezirk mit einem ehem. nördlich von Ilfeld (Südharz, nördl. von Nordhausen) abgebauten Flöz im Rotliegenden.

VI. Westlich und nordwestlich von Ilfeld wurden ehemals wirtschaftlich bedeutende Manganit- und Braunsteingänge mit verschiedenen Mn-Erzen, Roteisenstein und Baryt abgebaut. Diese Gänge in den Rotliegend-Vulkaniten des Ilfelder Beckens waren geringmächtig und stark absätzig vererzt (LIESSMANN, 1992: 289 ff). Die von dort stammenden Manganitstufen besitzen Welt-rang. Das Mangan war besonders zur Entfärbung von Glas und zur Farbenherstellung sehr geschätzt.

VII. Der Ostharzer Gangbezirk erstreckt sich von Thale bis südlich von Stolberg quer durch den Harz. Seine vielseitige Erzführung gipfelt im 15 km langen Straßberg-Neudorfer Gangzug. Es wurden hier Pb, Zn- und Fe-Sulfide sowie bis 1990 Fluorit abgebaut.

Für die Bleiglanzvererzungen des Harzes konnten HAAK & LEVEQUE (1995) isotopen-geochemisch die Herkunft des Bleis durch Umlagerungen von typischem Krusten-Pb aus den umgebenden paläozoischen Gesteinen sehr wahrscheinlich machen. Eine Bleizufuhr aus dem Brockengranit schließen sie im Gegensatz zu vielen älteren Autoren aus und geben ein Hauptbildungsalter der Hydrothermalgänge von 170 - 180 Mio. J. an.

Auf die bei den Wertmetallen vom Kupfer dominierte, polymetallische Vererzung des **Kupferschiefers** war zuvor hingewiesen worden. Dieses großregional verbreitete Schichtglied des untersten Zechsteins erreicht am Ostrand des Harzes, im Mansfelder und Sangerhäuser Revier, zwar nur Mächtigkeiten von etwa 35-40 cm, ist aber hier im Vergleich zu anderen Kupferschiefervorkommen des heutigen Deutschlands besonders stark vererzt. Obwohl die Sulfid-erzführung sowohl vertikal als auch lateral stark absätzig vorgefunden wurde, sind die über die gesamte Bergbauperiode von 1200 bis 1990 gewonnenen Hauptwertmetall-Mengen sehr beachtlich, nämlich 2,6 Mio. t Cu und 14.213 t Ag (KNITSCHKE, 1995). Die Silberproduktion, von der 1465 t der Zeit vor 1850 entstammen, übersteigt damit die Gesamtproduktion von etwa 10.600 t der Oberharzer und Osterzgebirgs-Gruben (op. cit.).

### 3. Historische Baumaterialien im Harzgebiet

Wie in anderen Gebieten Mitteleuropas, ja der Erde, ist das historische nicht-herrschaftliche, nicht-religiöse Bauwesen durch die bevorzugte Verwendung lokaler, preisgünstig beschaffbarer Baustoffe gekennzeichnet. Die Höhe des Arbeitseinsatzes zur Errichtung und Unterhaltung der Bauwerke hatte damals noch einen geringeren Einfluß auf die Baukosten als der finanzielle Aufwand für die Bereitstellung der Baumaterialien. Ferntransporte mittels Flößen oder Kähnen auf Flüssen (z. B. Adneter Marmor für den Wiener St. Stephansdom: KIESLINGER, 1949, S. 72) und Kanälen sowie auf Segelschiffen übers Meer stellten daher mengenmäßige Ausnahmen in günstig gelegenen Regionen dar.

Im Gegensatz zur heute weltweit verbreiteten Beton- und Verbundbaustoff-Architektur gab es also–zumindest bis zum Bau des Eisenbahnnetzes–bei den mineralischen Baumaterialien einen starken Bezug zur örtlichen Geologie, die sich in vielen, oft kleinen Steinbrüchen, bzw. Sand- und Tongruben im Umfeld von Siedlungen ausdrückte. Zugleich waren nahezu alle Baustoffe entweder gut wiederzuverwenden oder kehrten problemlos in den oberflächennahen Stoffkreislauf zurück (Holz, Lehm, historische Mörtel).

Im Harz läßt sich die Herkunft und historische Verwendung der geogenen Baustoffe modellhaft studieren, da:

- die paläozoischen Gesteine im kleinen Waldgebirge eine isolierte Insellage darstellen;
- die den Harz umgebenden postvariszischen Gesteine durch die Harzheraushebung in vergleichsweise schmalen Streifen vorkommen;
- durch die Oberharzer Bergbau- und Forstverwaltung seit der Barockzeit ein umfangreiches Protokoll- und Berichtswesen besteht, das übrigens bisher erst in kleinen Teilen ausgewertet wurde.

Andererseits weist der Harz einige Besonderheiten auf. Sie resultieren überwiegend aus der im Westteil dieses Berglandes ausschließlich bergbaubezogenen Wirtschaftsweise in einer niederschlagsreichen (Brocken, 1141 m: ca. 1600 mm/Jahr, Clausthal-Zellerfeld, 520–600 m: ca. 1200 mm/Jahr), kühlen, von nur dünnen Verwitterungsböden unterlagerten Hochflächen- und Engtal-Waldlandschaft.

- Holz, das hier nicht Gegenstand der Betrachtung ist, spielte als Baustoff sehr lange eine alles überragende Rolle. Bis ins frühe 19. Jh. war Fachwerk-Geschoßbau mit Ausfachungen aus kurzen Balkenstücken, Brettverschalung und Schindeldeckung für die Oberharzer Bergstädte typisch (GRIEP, 1975). Daraus resultierten wiederholte verheerende Schadensfeuer.
- Der Bergbau stellte mit seinem hohen Materialbedarf (Holzkohle, Grubenholz, Steine für Schmelzhütten und Ausmauerung der Wasser-“Gräben“, den Energiezuleitungen für die „Kunst“ und „Kehrräder“) und seinem ausgebildeten Personal einen großen Fundus für Innovationen dar. So entwickelten und produzierten die Berg- und Hüttenleute verschiedene bergbautypische Baustoffe, wie besonders Schlackensteine und Bleibedachungen.

Das Oberharzer Klima ist sehr rau (Jahresdurchschnittstemperatur in Clausthal-Zellerfeld: etwa 5,5°C) und wird durch lange Winter mit viel Schnee aber häufigen Tauperioden geprägt. Die sehr zahlreichen „Nulldurchgänge“ üben, zusammen mit Schlagregen und daraus folgender starker Durchfeuchtung, eine ungewöhnliche Zerstörungskraft auf Baumaterialien aus. Gleiche Gesteine, die sich im Umland gut in unverputzten Gebäuden bewähren, zerbröseln im Oberharz aufgrund dieser häufigen Frost-Tauwechsel z. T. schon nach wenigen Jahrzehnten.

### 3.1. Gesteine als Baustoffe im Harz

Die wesentlichen Bausteine des Westharzes sowie seines nahen Umfeldes sind in den Abb. 7–9 mit ihrer Lithostratigraphie, ihren wichtigsten Abbauorten sowie der historischen Verwendung (mit Beispielen) dargestellt. Tab. 1 ergänzt diese Aussagen für die Harzer Sandsteine besonders bezüglich ihrer Materialeigenschaften und ihres Verwitterungsverhaltens.

Der Löß des südlichen und nördlichen Vorharzes ist nicht dargestellt. Er hatte, ebenso wie verwitterte Tongesteine zu Strohhalm verarbeitet, eine hohe Bedeutung im Vorharz. Dort wurde er als Lehmstakenfüllung oder als Lehmstein sehr häufig bis weit ins letzte Jahrhundert im Fachwerkbau eingesetzt. Im Oberharz tritt dieser Erdbaustoff mangels örtlicher Vorkommen stark zurück.

#### 3.1.1. Sandsteine

Die Sandsteine des Harzer Bauwesens entstammen einer weiten Zeitspanne vom Unterdevon bis zum Santon. Sie unterscheiden sich stark in mineralogischer Zusammensetzung, Korngröße, Zementation, Porosität (Abb. 10 u. 12), Bankdicke und Klüftigkeit. Einen vorwiegend mineralogisch-chemischen Überblick geben MÜLLER & STRAUSS (1987).

Die ehemals tief versenkten **Sandsteine der variszischen Harzscholle** (unterdevonischer Kahleberg-Sandstein bis Kulm-Grauwacke) weisen fast ausnahmslos eine sehr niedrige Porosität, sehr geringe Karbonatgehalte, hohe Druckfestigkeit und z. T. Grobbankigkeit auf. Die reinen Quarzsandsteine (bes. Kahleberg-Sandstein und Ackerbruchberg-Quarzit: Abb. 7) wurden im Zuge der Orogenese zu splittrig harten, hellen Orthoquarziten, die zu engständiger Klüftung neigen. Ihre Bedeutung als Baustein ist daher gering. Als Bruchstein, der u. a. im Zuge des Rammsberg-Bergbaus gewonnen wurde, oder auch als schwach gerundete Gerölle der Gose, tritt der **Kahleberg-Sandstein** aber in zahlreichen mittelalterlichen Bauten der Goslarer Altstadt auf. In Osterode waren die sog. „SösekieSEL“, große Gerölle von Acker-Bruchberg-Quarzit, mit Gipsmörtel vermauert, ein besonders wichtiger Baustein (z. B. KULKE, 1995).

# GEOLOGISCHES SCHICHTPROFIL IM OBERHARZ & VERWENDUNG DER GESTEINE IM BAU I

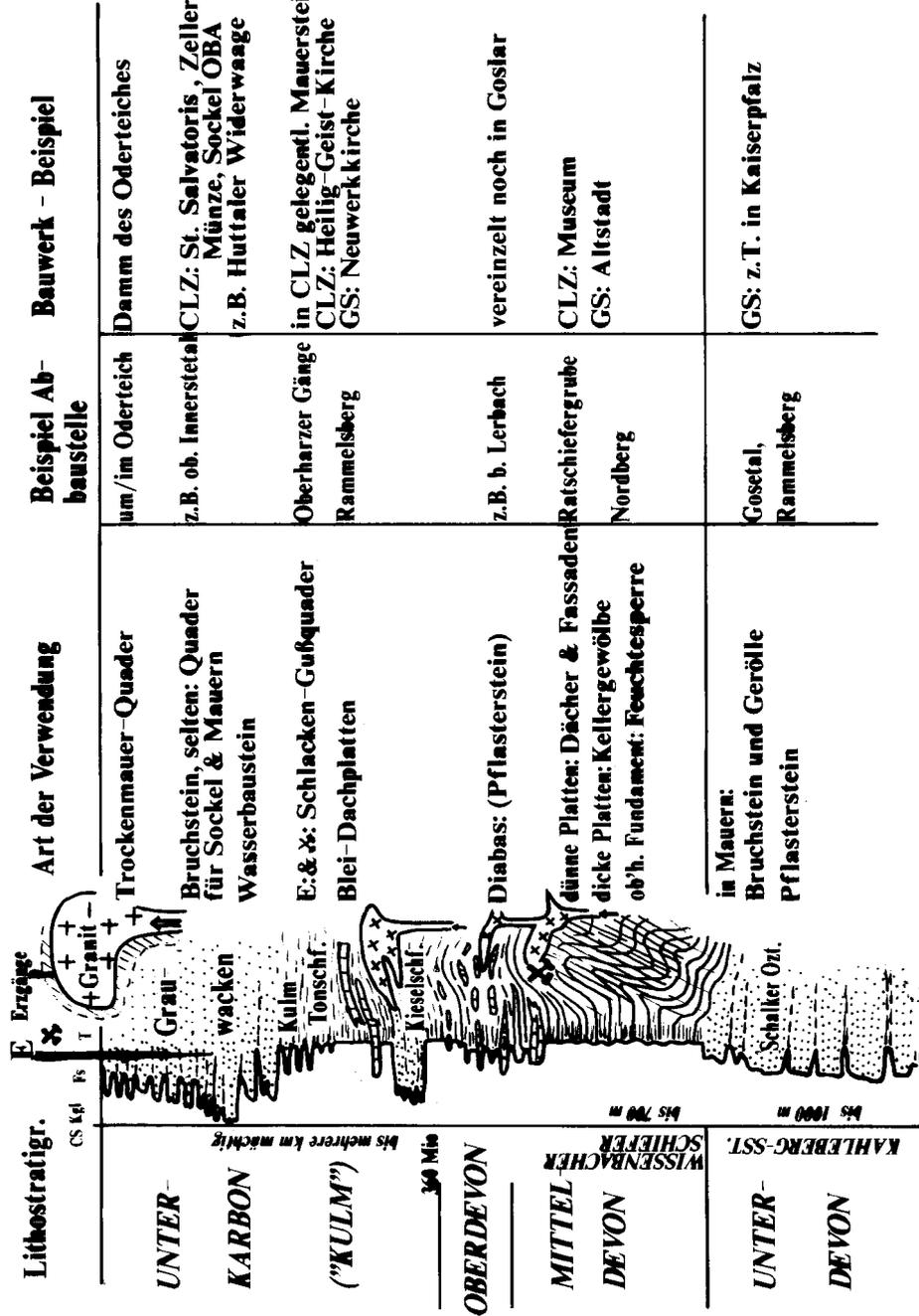


Abb. 7

Lithostratigraphische Säulen der variszisch verfalteten Gesteine im Westharz (von Devon bis Unterkarbon) und des postvariszischen Auflagers in seiner unmittelbaren Umgebung (Perm bis Oberkreide), sowie Angaben zur Verwendung der Gesteine im Harzer Bauwesen.

Quellen: GRIEP (1959), MOHR (1993) und persönl. Mitteilung sowie eigene Beobachtungen.

Abkürzungen: CLZ = Clausthal-Zellerfeld, GS = Goslar, OHA = Osterode.

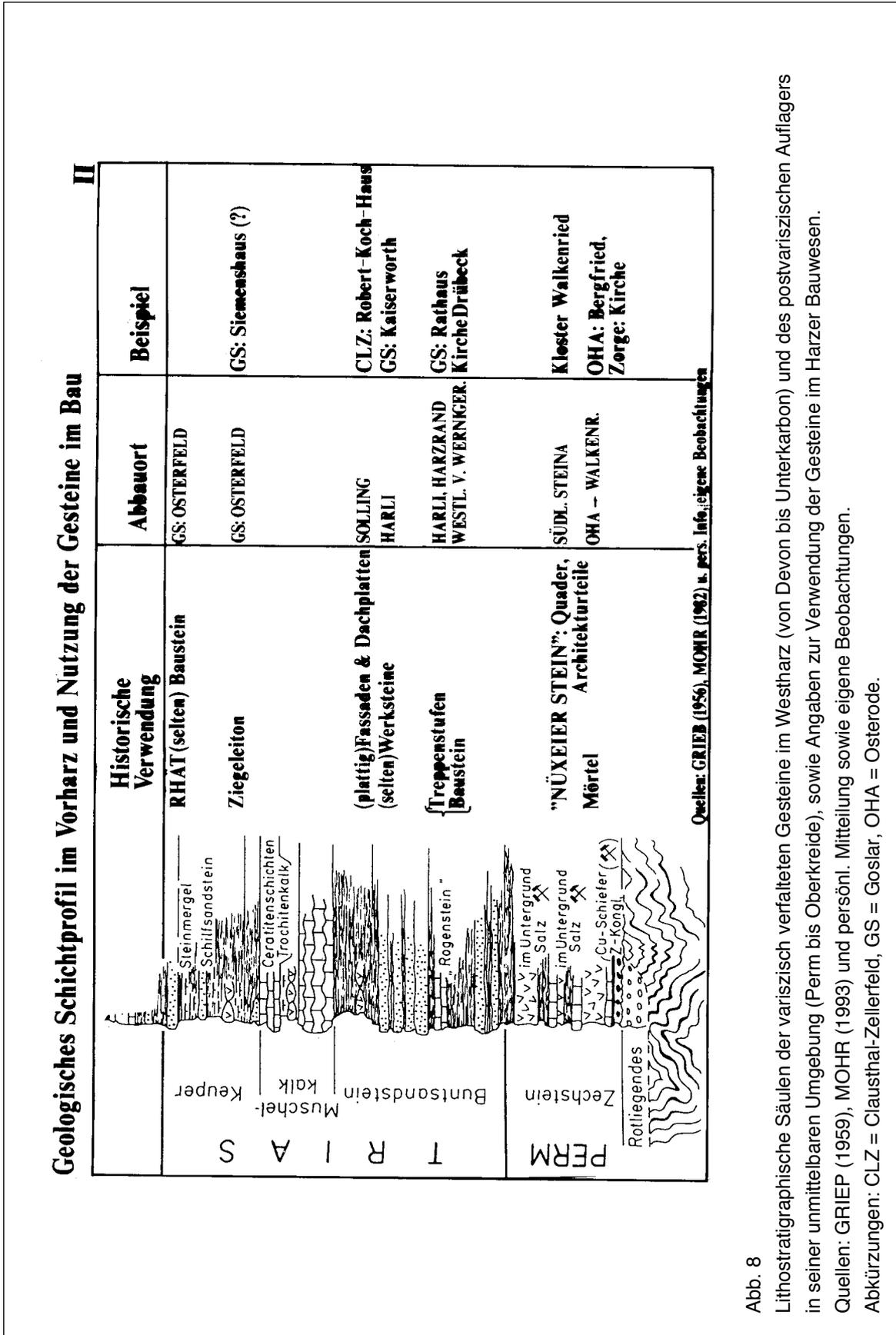


Abb. 8

Lithostratigraphische Säulen der variszisch verfallenen Gesteine im Westharz (von Devon bis Unterkarbon) und des postvariszischen Auflagers in seiner unmittelbaren Umgebung (Perm bis Oberkreide), sowie Angaben zur Verwendung der Gesteine im Harzer Bauwesen.

Quellen: GRIEB (1959), MOHR (1993) und persönl. Mitteilung sowie eigene Beobachtungen.

Abkürzungen: CLZ = Clausthal-Zellerfeld, GS = Goslar, OHA = Osterode.

Geologisches Schichtprofil am Harznordrand und Nutzung der Gesteine im Bau		III	
Historische Verwendung		Abbauort	Beispiel
OBER- K R E I D E	<p>"SUDMERBERG-KALKSANDST." Quadersteine, oft Ecksteine Quadersteine (z. T. Sockel &amp; Ecksteine), Bögen, Maßwerk, Säulen</p>	SUDMERBERG zwischen LUTTER & GOSLAR	GS: Tüme v. Marktkirche CLZ: ehem. Ratsapotheke CLZ: St. Salvat, GS: Markt.
	Malm	z. B. LANGENBERG	
J U R A	<p>Brantkalk für Mörtel</p>		
	Doger		
L I A S	<p>RHÄT (selten) Baustein Ziegleiton</p>	GS, OSTERFELD GS, OSTERFELD	GS: Siemenshaus (?)
	Keuper		
T R I A S	<p>(plattig) Fassaden &amp; Dachplatten (selten) Werksteine Treppenstufen Baustein</p>	SOLLING HARLI HARLI, HARZRAND WESTL. VON WERNIGER.	CLZ: Robert-Koch-Haus GS: Kaiserworth GS: Rathaus Kirche Drübeck
	Muschelkalk		
OBER- K R E I D E	Buntsandstein		

Abb. 9

Lithostratigraphische Säulen der variszisch verfalteten Gesteine im Westharz (von Devon bis Unterkarbon) und des postvariszischen Auflagers in seiner unmittelbaren Umgebung (Perm bis Oberkreide), sowie Angaben zur Verwendung der Gesteine im Harzer Bauwesen.

Quellen: GRIEP (1959), MOHR (1993) und persönl. Mitteilung sowie eigene Beobachtungen.

Abkürzungen: CLZ = Clausthal-Zellerfeld, GS = Goslar, OHA = Osterode.

Name (Alter)	Ablagerungsumfeld	Herkunft	Verwendung	Gesteinsart Körnigkeit, Farbe, Bearbeitbarkeit	Rohdichte, Porosität, Härte	Verwitterungs- verhalten bes. im Oberharz
„SösekieSEL“ ? Elster-Eiszeit Alter: ca. 0,4 Mio. J.	„periglazialer“ Schutt- fächer vom Westhang des Acker-Bruchbergzuges herab	aus Einzugsgebiet der Söse	als sog. „Söse-Kiesel“ wichtiger Baustein in Altstadt von Osterode, z. B. Bergfried „Alte Burg“	vorw. große Gerölle und gerundete Blöcke von lichtbeigem „Kammquarzit“ (Unterkarbon, Acker- Bruchbergzug), seltener von schwarzem Kieselschiefer (Unterkarbon) usw.; beide schlecht bearbeitbar, daher als Geröll vermauert	D: um 2,60 g/cm <sup>3</sup> Por: sehr gering Quarzit: hart Kieselschf.: hart, splittig; beide schlecht bearbeit- bar, daher als Geröll vermauert.	<u>Kammquarzit</u> : meistens sehr ver- witterungsbeständig, selten dünne Abschalungen <u>Kieselschiefer</u> : be- sonders ver- witterungsbeständig
Sudmerberger Kalksandstein (mittl. Oberkreide) Alter ca. 85 Mio. J.	strandnahe Flachwasser- bildung an Nordküste der damaligen Harz-Insel	Sudmerberg (zwi. Goslar- Jürgenohl und GS-Oker)	wichtigster Naturbaustein in Goslar vom 16. - 19. Jh.; selten im Oberharz	Kalk-Sandstein; oft grobkörnig-feinkiesig, reich an Fossilbruch- stücken; kalkig gebunden, gelblich- lichtbraun; mäßig gut bearbeitbar	D: um 2,3 g/cm <sup>3</sup> Por: ca. 8-15% ziemlich hart  ?	wenig <u>Referenz- Bauten im Oberharz</u> je nach Verfestigungsgrad: beständig oder ab- sandend bis schalig abplatzend
Hilssandstein (höhere Unterkreide) Alter ca. 100 Mio. J.	flachmarine Sandbänke	Stbr. zwi. Langelsheim und Ostlutter (NW v. Goslar) früher wohl auch aus tieferen Teilen der Goslarer Ratssandgrube	in Goslar: diverse Architekturteile, u. a. Säulen, Kapitelle, Eckquader seit Romanik; im <u>Oberharz</u> : im 19. Jh. große Sockelquader	Sandstein, schwach kieselig gebunden; mittelkörnig, lichtbeige oder lichtgrün seltener hell rotbraun; leicht bearbeitbar (u. a. Bauplastik)	D: um 2,10 g/cm <sup>3</sup> Por: ca. 18 - 25 % mäßig hart - ziemlich weich	wechselnd stark absandend, selten schalige Ab- platzungen

Tab. 1

Die im Westharzgebiet im historischen Bauwesen verwendeten Sandsteine, ihre Herkunft, Verwendung und Eigenschaften.

Die Verwendeten Sandsteine haben ein von oben nach unten zunehmendes Alter

Quelle: FRANK (1981), KULKE (1995), MÜLLER (1980), SCHLEICHER (1989) und umfangreiche eigene unveröff. Untersuchungen

Name (Alter)	Ablagerungsumfeld	Herkunft	Verwendung	Gesteinsart Körnigkeit, Farbe, Bearbeitbarkeit	Rohdichte, Porosität, Härte	Verwitterungs- verhalten im Oberharz
Mittl. Buntsandstein (mittl. Unter-Trias)	ausgedehnte linsen- förmige, lange Sand- körper in „verwilderten“, unregelmäßig fließenden Flüssen (sog. Wadis) auf gr. Aufschüttungsebene	Nordharzrand: 2 kl. Stbr. in Harly-Bergzug (nördl. Vienenburg) m. schlechter Steinqualität Südharz: vorw. Westhöfer Wald zwischen Nordheim, Osterode und Seesen sowie Weserbergland für Bausteine; nördl. Solling für Fußbodenplatten und Dachdeckung	in Goslar: Dekorstein an roman. kaiserl. Bauten in CLZ: im 18. + 19. Jh. als geschliffene Fußbodenplatten (z. B. ehem. in Clausthaler Münze) in Osterode: Baudekor und Eckquader am Harz-Korn- magazin	Sandstein, schwach kieselig gebunden, wechselnde Korngröße, oft mittel- körnig, kräftig braunrot; gut (grob) bearbeitbar	D: oft 2,25 - 2,5 Por: variabel, i.a. 5- 15 %  i. a. mäßig hart	im Oberharz: fast keine Verwendung als Baustein, jedoch z. B. im 18. Jh. als geschliffene Fußbodenplatten
Alter ca. 245 Mio. J.						
Untertyp: Solling-Dachplatten	Ablagerung in langsam fließenden Flußarmen bzw. am Rand von Überflutungsebenen	Solling	„Solling-Dachplatten“ als Dachdeckung und als Fassadenbehang im 18. + 19. Jh. in Clausthal	Sandstein, feinkörnig-tonig, dünnplattig spaltend; dunkelrot, mit „Silber- glanz“ durch Glimmer auf den Schichtflächen	D: um 2,60 g/cm <sup>3</sup> Por: gering gut spaltbar	„Solling- Dachplatten“ durch häufige Frost- Taufwechsel aufblättern und an Kanten abbröselnd
„Rogenstein“ (Unt. Buntsandstein, untere Unter-Trias) Alter ca. 250 Mio. J.	strandnahe Flachwasser- barrren in sehr ausge- dehntem, damals nördl. vom Harz gelegenen Binnensee	zahlreiche Stbr. am Harznordrand zwischen Hahausen und Wermigerode sowie im Harly (b. Vienenburg)	am mittl. Harznordrand: wichtiger Baustein (z.B. Kloster Drubeck, Wermigerode usw.) auch Pflasterstein; in Clausthal und Zellerfeld: Treppenstufen im Außenbereich	„Oolith“ (konzentr. Kalkkugeln) in kalkig- dolomitisch-fensandiger Matrix, braunrot bis rötlichgrau; mäßig gut bearbeitbar	D: um 2,65 g/cm <sup>3</sup> Por: gering hart	sehr verwitterungs- beständig; selten dünne Abschalungen

Tab.1 (Fortsetzung)

Die im Westharzgebiet im historischen Bauwesen verwendeten Sandsteine, ihre Herkunft, Verwendung und Eigenschaften.

Die Verwendeten Sandsteine haben ein von oben nach unten zunehmendes Alter

Quelle: FRANK (1981), KULKE (1995), MÜLLER (1980), SCHLEICHER (1989) und umfangreiche eigene unveröff. Untersuchungen

Name (Alter)	Ablagerungsumfeld	Herkunft	Verwendung	Gesteinsart Körnigkeit, Farbe, Bearbeitbarkeit	Rohdichte, Porosität, Härte	Verwitterungs- verhalten im Oberharz
Grauwacke („Kulm“ = Unter- karbon in silizi- klastischer Aus- bildung)  Alter ca. 340 Mio. J.	Tiefwasserablagerungen einzelner sog. Turbidite (verwirbelte Abrutschun- gen von tonigen Sand- massen), in oft dünnen Einzelbänken in grober Meerestiefe sehr rasch in weit ausgedehnten Bänken abgelagert	zahlreiche Stbr. besonders im oberen Innerstetal zwischen Wildemann und oberhalb von der ehem. Clausthaler Silberhütte; Stbr. westl. von Zellerfeld, auch westl. und nordwestl. Harzrand	im Hochbau (im Oberharz): sehr häufig als Bruchstein- Sockel (z. B. Oberbergamt), Bruchsteinwände (z. B. St. Salvatoris-Kirche, Zellerfeld) als Ausfachung; selten als Werkstein-Quader (z. B. Ausmauerung Runde Radstube Grube Turm Rosenhof, Clausthal, im Tiefbau im Oberharz: „Wasserbau“-Stein (Trockenmauern von Gräben des Oberharzer „Wasser- regals“; als Straßen-Wild- pflaster	Sandstein, unrein, fein bis grobkörnig, tonig-kieselig gebunden <u>angewittertes Material</u> (häufig als Mauer-Bruch- stein) braungrau frisches Material (im Wasserbau und als Werk- stein) schmutzig hell bis dunkel graurötlich oder graubräunlich; ziemlich schlecht bearbeitbar	D: um 2,65 - 2,70 g/cm <sup>3</sup> Por: (sehr) gering in Vorkommen dicht unter <u>Erd- oberfläche</u> : oft stark angewittert und mürbe  <u>unverwittert</u> : zäh- hart	angewitterte Steine: häufig (dünn)- schalige Ab- platzungen, auch Absandungen frisch: oft gute Beständigkeit, selten: schalige Abplatzungen
Kammquarzit (Unterkarbon)  Alter ca. 340 Mio. J. Kahleberg- Sandstein (mit Schalker Quarzit) Unter-Devon  Alter ca. 400 Mio. J.	flachmarin  flachmarin	Acker-Bruchbergzug quer durch Westharz  im sog. Oberharzer Devon- sattel (zwischen Schalke, Goslarer Ortsteil Bocks- wiese und Harznordrand zwischen Goslar und Oker); mehrere Stbr. am Rammelsberg	vorw. indirekt als Geröll (siehe „Sösekiessel“)  in Goslar: als Bachgerölle der Gose als Wildpflaster, als Bruchstein, z. B. in roman. Neuwerk-Kirche im Oberharz als Kleinpflaster- Steine (diese stammen z. T., seit Eröffnung der Eisenbahn- linie nach Cl.-Z. im J. 1876, aus dem Gebiet südlich v. Magdeburg („Gommern-Qtz“))	Sandstein, stark kieselig = Quarzit lichtbeiger, fast weiß, selten rot oder braun verwittert  Sandstein, vorw. feinkörnig, stark kieselig gebunden (=Quarzit) fast weiß, hellgrau, hell- beige; ziemlich schlecht bearbeitbar durch eng- ständige Klüftigkeit: nur kleine Pflastersteine möglich	D: ca. 2,60 g/cm <sup>3</sup> Por: sehr gering hart, schlecht bearbeitbar  D: um 2,60 g/cm <sup>3</sup> Por: sehr gering („dicht“) splittrig hart	sehr verwitterungs- beständig  sehr verwitterungs- beständig

Tab.1 (Fortsetzung)

Die im Westharzgebiet im historischen Bauwesen verwendeten Sandsteine, ihre Herkunft, Verwendung und Eigenschaften.

Die Verwendeten Sandsteine haben ein von oben nach unten zunehmendes Alter

Quelle: FRANK (1981), KULKE (1995), MÜLLER (1980), SCHLEICHER (1989) und umfangreiche eigene unveröff. Untersuchungen

Die **Oberharzer Kulm-Grauwacke** tritt weitverbreitet im Gebiet des oberen Innerstetals (westl. und NW von Clausthal-Zellerfeld) in Bänken wechselnder Dicke mit Tonschiefer-Zwischenlagen zu Tage. Sie wurde einst in einer großen Anzahl von meist kleinen Steinbrüchen gebrochen (MOHR, 1993: Abb. 175); einer davon beim Städtchen Wildemann steht noch heute für Restaurierungsaufgaben zur Verfügung.

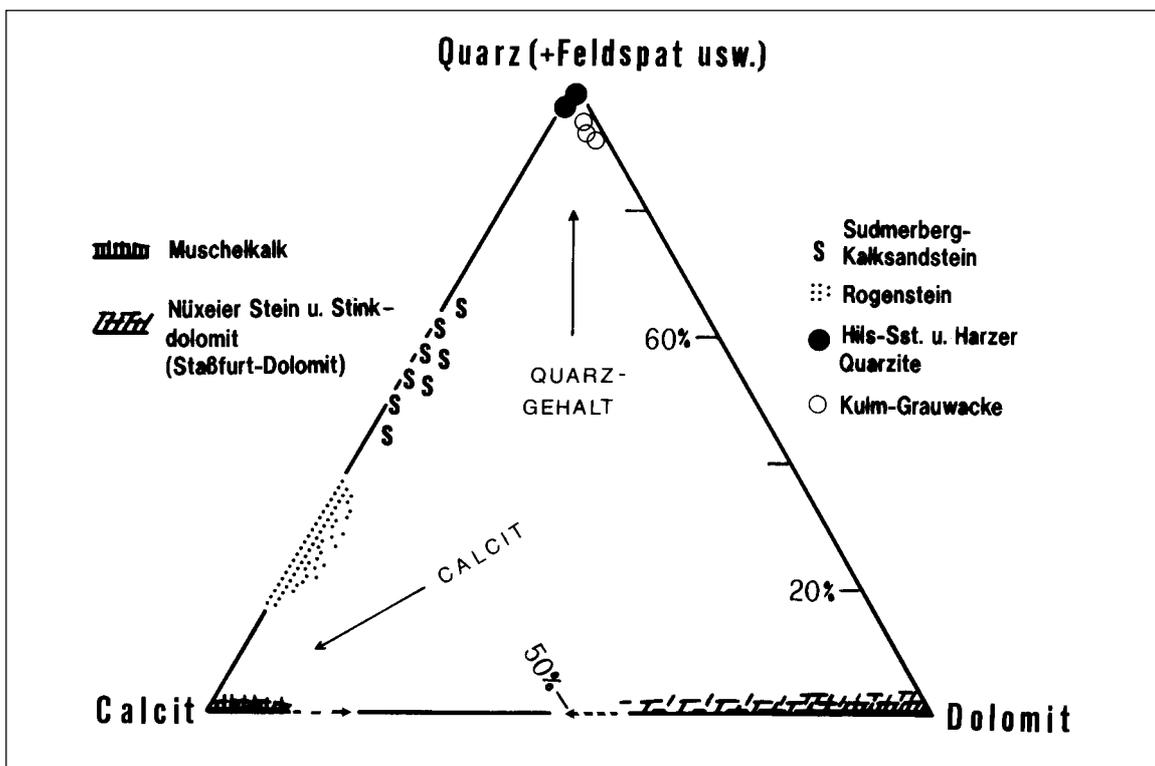


Abb. 12:  
Darstellung der mineralogischen Zusammensetzung von Sandsteinen und Karbonatgesteinen, die für das (Ober-)Harzer Bauwesen von Bedeutung sind.

Diese kompositionell extrem unreinen Gesteinsbruchstück-Sandsteine (Abb. 10) besitzen in frischem Zustand sehr gute gesteinsmechanische Eigenschaften und hohe Beständigkeit. Im Dünnschliff zeigt sich der sehr enge Kornverband mit Feldspäten, z. T. zerdrückten Vulkanoklasten, Glimmer, Chlorit und einem tonig-kieseligen Zement. Unverwitterte Proben haben Porositäten unter 2%. Wegen ihrer Zähigkeit läßt sich die Grauwacke schlecht behauen. Sie wurde daher vorwiegend als Bruchstein im Kellergewölbe- und Sockelbau für einige bedeutende Gebäude im Oberharz, besonders aber im bergmännischen Bauen (siehe vorne) verwendet. Für den Bau der umfangreichen Trocken-Stützmauern für die einst wirtschaftlich hoch bedeutsame „Oberharzer Wasserwirtschaft“ (z. B. SCHMIDT, 1989) wurde nur unverwittertes, d.h. dunkelgraugrünes Material eingesetzt, da die Steine im Wasserbau besonders harten Frost-Tauwechsel-Beanspruchungen ausgesetzt sind. Für den Hochbau wurden hingegen meistens die wechselnd stark durch Anwitterung vorgeschädigten, hellgraugrünlich bis rostbräunlich gefärbten Steine verwendet. Diese 2. und 3. Wahl zeigt häufig stärkere Verwitterungsschäden, besonders Abplatzungen von dünnen Schalen (Abb. 11) seltener auch Absandungen und Vergrusungen.



Abb. 11

Grauwacke-Sockel eines Wohnhauses von etwa 1845 in Clausthal-Zellerfeld, Rollstr.: Dieser westexponierte Quaderstein zeigt starke Abschalungen, deren Größe und Form von einem sich öffnenden Haarriß und einer latenten Schichtfuge beeinflusst werden. Höhe des Steines: 23 cm.

Unter den **Bausandsteinen des mesozoischen Deckgebirges** sind der kontinental-fluviatile Mittlere Buntsandstein (Skythium) im westlichen und im südlichen Vorharz sowie mehrere marine Kreidesandsteine am Harznordrand sowie im Gebiet von Halberstadt und Quedlinburg von Bedeutung (Abb. 8 - 10 u. 12).

Im **Mittleren Buntsandstein** wurden einst zahlreiche Steinbrüche über seine ganze Harz-nahe Verbreitung vom Nordrand des Thüringer Beckens bis zum Solling (östl. der Oberweser zwischen Bad Karlshafen und Holzminden) betrieben. Die verwendeten Sandsteine sind meistens bräunlichrot bis violettrot, seltener lichtgrau gefärbt und haben je nach Herkunft eine geringe bis sehr gute Verwitterungsbeständigkeit (LEPPER, 1996). Diese wird stark durch den wechselnden Tongehalt, die Schichtflächenausbildung (z. T. stark mit Glimmerschuppen belegt) und den Grad der typischen Quarzmentation (i.a. weitergewachsene Quarzkörner) bestimmt. Petrographisch handelt es sich um feldspatreiche, gesteinsbruchstückführende Sandsteine (Arkosen) feiner bis mittlerer Körnigkeit und meist mäßiger Porosität (Abb. 10).

Ihre Bedeutung für das Oberharzer Bauwesen ergibt sich daraus, daß vorwiegend im 18. und 19. Jh. Fuhrleute, die Erz vom Oberharz zur Verhüttung in den waldreichen Solling transportierten, als Rückfracht von dort geschätzte Sandstein-Sonderprodukte in den Harz brachten. Dabei handelt es sich einerseits um schwere, gespaltene oder geschliffene Rechteck-Fußbodenplatten (LILGE, 1996) oder um dünnlagig spaltende, glimmerreiche „Sollingplatten“. Diese Pferdewagen-Transporte über 70–80 km wurden von den welfischen Landesherren gefördert. Durch sie

konnte nämlich die Beschäftigungslage im Solling-Gebiet verbessert werden und zugleich entsprachen die „Sollingplatten“ als nicht brennbare Dachdeckung der feuerpolizeiliche Anordnung. Im Oberharzer Klima blätterten diese feinstschichtigen, nur engräumig auftretenden Überflutungssedimente innerhalb weniger Jahrzehnte auf. Sie wurden daher, sobald sie dünner geworden waren, an die wetterexponierte Fassadenseite umgehängt. Es gibt heute nur noch eine Dachhälfte (sog. Robert-Koch-Haus am Kronenplatz in Clausthal-Zellerfeld), wo diese ungewöhnliche Deckungsart aus Gründen des Denkmalschutzes im Oberharz erhalten blieb.

Unter den **Kreidesandsteinen** des nördlichen Vorharzes weist der **Hilssandstein** (Oberapt-Unteralb) eine hohe Bedeutung als Werkstein im Umkreis von Goslar und Seesen sowie im Innerstetal bis rauf nach Clausthal-Zellerfeld auf. Dieser flachmarine, schwach glaukonitische, hochporöse Quarzsandstein (Por.: 15-29 %: FRANK, 1981) ist nur schwach quarzementiert, er läßt sich daher gut bearbeiten, weist aber nur eine geringe bis mäßige Verwitterungsbeständigkeit auf (z. B. GRIMM, 1990). Im Oberharzer Klima zeigt er an exponierten Stellen starke Absandungen bis hin zu tiefreichenden Vergrusungen und dickschaligen Abplatzungen.

Er wurde über Jahrhunderte zwischen dem Stadtgebiet von Goslar und Langelsheim in der „Aufrichtungszone“ nördlich der Harz-Nordrandüberschiebung abgebaut und seit der Romanik für Eckquader, Fenster- und Türgewände sowie Säulen und Kapitelle in Goslar verarbeitet. Im 18. und 19. Jh. lieferten Steinbrüche bei Ostlutter (12 km WNW von Goslar) besonders großformatige Quader. Sie wurden ab dem letzten großen Stadtbrand in Clausthal (1844) als bevorzugter Sockelbaustein verwendet. Die größten mit Pferdefuhrwerken hierher transportierten, sorgfältig behauenen Quader messen 235 cm in der Länge und haben Gewichte bis zu 0,75 t. Noch im Jahr 1976 wurde eine 10 m mächtige Bank im Steinbruch Lampe bei Ostlutter für Restaurierungsarbeiten in der Goslarer Altstadt abgebaut. Heute sind alle Hilssandstein-Abbaue verwaist bzw. zugewachsen.

In der „Aufrichtungszone“ des Ostharzes treten zwischen Heimburg (b. Blankenburg) und Neinstedt (b. Thale) bizarre Felsklippen, die sog. „Teufelsmauer“, aus Mittlerem **Quadersandstein** oder Heidelberg-Sandstein (Mittelconiac) zu Tage. Dicht nördlich davon, in der Blankenburger Teilmulde der großen Subherzynen Kreidemulde, bildet der Obere Quadersandstein (Mittel- bis Obersanton) Felsmassive. Auch diese Sandsteine wechselnder Körnung sind sehr quarzreich und porös und stellen in dieser Vorharzregion einen wesentliche Baustein von z. T. mäßiger, z. T. auch sehr guter Beständigkeit dar. Als bedeutendstes Bauwerk wurde die romanische Stiftskirche von Quedlinburg aus dem Heidelberg-Sandstein errichtet (EHLING et al., 1996). Der Abbau wurde am Beginn des 20. Jh. eingestellt.

Am Sudmerberg, am NE-Rand von Goslar gelegen, wurde seit dem 16. Jh. der lokal sehr beliebte **Sudmerberger Kalksandstein** (hohes Mittelsanton) abgebaut (Abb. 9 u. 12). Diese grobsandig-feinkiesige, strandnahe Fazies stellt einen wechselnd stark Quarzsand- und Gesteinsbruchstück-führenden Fossilschutt-*grainstone* dar (FRANK, 1981 und FRANK et al., 1985). Er wurde wegen seiner recht guten Bearbeitbarkeit und guter Beständigkeit an vielen Goslarer Fassaden als Werkstein verwendet. Seine warme Ockerfarbe, die ausgeprägte Schrägschichtung sowie zahlreiche Wurmbauten lassen ihn stets leicht erkennen.

### 3.1.2. Karbonatgesteine

Kalksteine und Dolomitgesteine weisen im Harz selbst eine sehr untergeordnete Bedeutung als Baustein auf. Der mitteldevonische **Iberger Riffkalk** wurde in Bad Grund z. T. als Bruchstein in Haussockeln verbaut. Branntkalk aus diesem Vorkommen war hingegen für das Oberharzer Bauwesen als Mörtel, mengenmäßig nach dem Gipsmörtel, von großer Bedeutung.

Am West- und Südrand des Harzes wurden über viele Jahrhunderte die Karbonate (dolomitische Kalke, Dolomite) des unteren Zechsteins bautechnisch genutzt. In Osterode und den nördlichen Nachbarorten verwendete man gelegentlich gelblich anwitternden „**Zechsteinkalk**“ (Ca1, siehe vorne) neben anderen Gesteinen, wie besonders den zuvor erwähnten „Söse Kieseln“ und dem Hauptdolomit (Ca2).

Das bedeutende gotische Zisterzienserkloster Walkenried (halbwegs zwischen Bad Lauterberg und Nordhausen) wurde aus Quadern des „**Nüxeier Steines**“ und Rauhacke-Bruchsteinen errichtet. Ersterer ist eine lichtgraue, oolithische Sonderfazies des Hauptdolomits (Ca2) auf der regionalgeologisch bedeutsamen Eichsfeldschwelle. Er wurde etwa 7 km westlich von der heute aufwendig restaurierten Klosterruine abgebaut. Dort steht noch ein Steinbruch in Nutzung (LEPPER, 1994). Die Rauhacke entstand bei der oberflächennahen De-Dolomitisierung des Ca2 durch gipsreiche Wässer und findet sich als z. T. sehr große, löchrige Blöcke in der Subrosions- und Verkarstungsdecke oberhalb des Werraanhydrits.

Im Unteren Buntsandstein westlich (bei Hahausen) und besonders nördlich des Harzes (z. B. Aufrichtungszone b. Wernigerode und Harlyberg NE von Goslar) treten mehrere Bänke eines schwach sandigen, grobkörnigen Ooliths auf. Dieser braunrote bis rötlichgraue „**Rogenstein**“, (VOSS, 1928) eine strandnahe, gelegentlich dolomitische Ablagerung eines riesigen Binnen-sees, ist stark verfestigt und kaum porös. Er weist in den besten Bänken eine hohe Verwitterungsbeständigkeit auf. Im Oberharz bewährte er sich vorzüglich in Form von langen, dicken Platten als Außentreppen-Baustein. Sein Sandgehalt sorgt selbst auf ausgetretenen Stufen für gute Griffbarkeit bei Nässe. Andernorts diente er als Mauerstein (z. B. roman. Kloster Drübeck, westl. von Wernigerode) oder als Kleinpflasterung von Gehwegen. Alle Abbaue sind heute eingestellt und verwachsen.

**Muschelkalk-Kalksteine** hatten um den Harz herum öfters eine größere Bedeutung als örtlicher Baustein. Die im kleinen Huy-Bergzug (NW von Halberstadt) in mehreren, ziemlich mächtigen Bänken auftretende Sonderfazies des „**Schaumkalkes**“ (Unterer Muschelkalk) wurde bis zum Anfang unseres Jahrhunderts abgebaut (HEMPRICH, 1913: 42 f.). Der gotische Dom von Halberstadt wurde aus diesem grobporigen Schillkalk errichtet. Seine nur mäßige Verwitterungsbeständigkeit verlangt aufwendige Restaurierungsarbeiten an diesem bedeutenden Bauwerk.

### 3.1.3. Gips und Anhydrit

Wegen ihres Auftretens in Felsen und Steilhängen längs des Südharzrandes wurden beide CaSO<sub>4</sub>-Gesteine seit vielen Jahrhunderten abgebaut und als Gipsmörtel, Bruchstein oder auch gelegentlich als Quaderstein verbaut. Die gewaltige, aus großen Quarzitgeröllen errichtete Bergfriedruine der Alten Burg Osterode wird seit 850 oder gar 1000 Jahren von einem zähfesten, grobstückigen **Gipsmörtel** zusammengehalten (KULKE, 1995). Dieses Material wurde als

wichtigstes Bindemittel im Hochbau am Südharz, in den Oberharzer Bergstädten und z. T. auch am Nordharzrand (z. B. Schloß Wernigerode) über Jahrhunderte bis etwa 1900, vereinzelt sogar bis 1960 eingesetzt. Neben der guten Verfügbarkeit von Gipsstein als Rohstoff sprach der vergleichsweise geringe Brennstoffbedarf für den Gipsmörtel. So hatte C. F. HOFMANN aus Lauterberg in einem Protokoll vom 24. Nov. 1796 darauf hingewiesen, daß Kalkbrennen ein Drittel mehr Holz erfordere als das Brennen von Gips (Archiv OBA CLZ, Fach 688, Acta 3). Fast überall hat dieser Baustoff, selbst bei sehr langer ungeschätzter Bewitterung, seine erstaunliche Festigkeit trotz wechselnd starker Anlösung erhalten. In dieser Region, besonders um Nordhausen finden sich auch noch zahlreiche Bauten mit oft gut erhaltenem Gipsaußenputz. Historische Gipsestriche sind in verschiedenen Schlössern und Kirchen bis zurück in die Romanik erhalten (z. B. STEINBRECHER, 1994).

Die weitgehend verloren gegangene Herstellung fester Gipsmörtel wird einerseits von M. STEINBRECHER (Mühlhausen, Thüringen) und der Arbeitsgruppe um W. BINNEWIES (Osterode-Förste), H. KULKE und D. VOGEL (TU Clausthal) gegenwärtig nachvollzogen (KULKE et al., im Druck).

Besonders am Südharzrand um Nordhausen wurde **Gips als Bruchstein** (z. B. in den Dörfern Woffleben, Niedersachswerfen, Petersdorf) mit Gipsmörtel verarbeitet. In diesen Bauten zerfällt der latent rissige Gipsstein typischerweise schneller als der Gipsmörtel. Feinschichtiger, grauer **Gipsstein als Quader** wurde im A1 bei Steigerthal (6 km ENE von Nordhausen) gebrochen. Besonders in diesem Dorf sind viele Häuser aus dieser sich erstaunlich gut im Langzeitverhalten bewährenden, nur durch Rillenanlösung an der Wetterseite überprägten Lithologie erbaut (Abb. 13); auch die klassizistische Dorfkirche von Urbach (8 km östl. von Nordhausen) besteht aus diesem Material.

In Osterode-Förste wurden einige Sockel dörflicher Bauten aus Quadern einer rotgemaserten Ausbildung des rückvergipsten „Hauptanhydrits“ (A3) errichtet. Im Betriebsgelände der Harzer Gipswerke Schimpf in Osterode steht eine etwa hundertjährige, trocken gesetzte, bis 3 m hohe Stützmauer aus **Anhydritquadern**. Trotz recht starker Anlösung in den obersten Bereichen und krustenartiger Wiederausscheidung eines Teiles des gelösten  $\text{CaSO}_4$  als knollige Gipskrusten im unteren Wandbereich zeigt der kristalline Anhydrit nur eine geringe Vergipsung und keine feststellbare Aufquellung.

#### 3.1.4. Dachschiefer

An den Abhängen des Harzes dicht südlich und südwestlich von Goslar wurde über Jahrhunderte „Goslarer Schiefer“ (= Wissenbacher Schiefer, Eifelium) in z. T. großen Steinbrüchen und von 1897 bis 1969 auch in einem Tiefbau gewonnen. Ein weiterer, für die Oberharzer Bergstädte im mittleren 19 Jh. wichtiger Abbau befand sich bei Lautenthal. Dieser kalkreiche, mittelgraue Schiefer war in Goslar und seiner weiteren Umgebung ein beliebtes Material zur Dachdeckung und auch zur Fassadenbekleidung; schöne Beispiele finden sich in GRIEP (1959).

Die Verwitterungsanfälligkeit des Goslarer Schiefers ist größer als jene der Dachschiefer von Lehesten (Thür. Schiefergebirge) oder aus der Eifel bzw. dem Sauerland. Dies resultiert aus seinem feinkristallinen, nahezu gleichmäßig verteilten Calcitanteil, der von den Niederschlägen langsam gelöst wird, wodurch sich nach und nach dünnplattige Schuppen ablösen. Heute gibt es keine Abbaue mehr.



Abb. 13

Der Sockel eines Bauernhauses in Urbach (8 km östl. von Nordhausen) besteht aus Quadern von feinstschichtigem Zechsteingips aus Brüchen beim Nachbardorf Steigerthal.

Der Stein zeigt beginnende Rillenverkarstung durch konzentriert auftreffendes Dachwasser aus einem defekten Fallrohr.

Höhe des obersten Gipssteines: 15 cm.

### 3.1.5. Magmatische Gesteine

**Diabas** hatte als Straßenpflasterstein, z. B. in Goslar, eine nur geringe Bedeutung.

**Granit** von den Randzonen des Brockenmassivs wurde besonders in St. Andreasberg mit Gipsmörtel für Kellergewölbe und Haussockel verwendet. Der 1715–1722 errichtete Damm des Oderteichs, 6 km nördl. von St. Andreasberg gelegen, besteht aus tal- und wasserseitigen, weitgehend trocken gesetzten Granitblock-Zyklopenmauern, die einen dichtenden Kern aus tonigem Granitgrus steil ansteigend umschließen (z. B. SCHMIDT, 1989).

Im Ilfelder Becken wurde der dunkel violettrote „Melaphyr“ (siehe 2.1.) gerne als Bruchstein, oft mit Gipsmörtel zusammen, verbaut. Einige Kirchen und die große Burgruine Hohnstein (7 km NNE von Nordhausen) bestehen überwiegend aus diesem ziemlich stark zersetzten Andesit. Seine Verwitterungsbeständigkeit ist mittel bis gering, öfters zerfällt er an latenten Rissen oder vergrust recht stark.

## 4. Künstliche, bergbaubezogene Baustoffe

### 4.1. Verhüttungsschlacken

Schlackenaufschüttungen aus den Schmelzprozessen zur Gewinnung von Silber, Blei, Kupfer und Eisen sind im Harz aufgrund der zahlreichen frühen Verhüttungsplätze und der Schmelzhütten des 16. - 20. Jahrhunderts weitverbreitet (z. B. Skizze der Westharzer Schlackenplätze in NOWAK & PREUL, 1971). Leider ist eine größere Studie über die Verbreitung und Problematik der Schlackenhalde im Westharz, die vom CUTEC-Institut in Clausthal unlängst abgeschlossen wurde, nicht öffentlich zugänglich. Diese Schlacken stellten meistens ein lästiges Abfallprodukt dar, welches aufgehaldet wurde.

Die Schlacken aus den Oberharzer Silber- und Bleihütten sind reich an Fe, Zn, Pb und auch Ba (siehe Tab. 2). Moderne Bleischachtofen-Schlacken enthalten zum Vergleich auch noch 1.4–2.9% Pb neben hohen Zn- und Fe-Gehalten (KRAJEWSKI & KRÜGER, 1984). Obwohl dies den Hüttenleuten des letzten Jahrhundert bekannt war, (z. B. HAGEMANN, 1852, Archiv des Oberbergamtes [=OBA] Clausthal-Zellerfeld) konnten weitere Bleianteile im Oberharz nicht im heute üblichen Maße metallurgisch abgetrennt werden (op. cit.). Es war aber bekannt, daß diese Oberharzer Bleischlacken den Schmelzprozeß des komplex verwachsenen, polymetallischen Erzes vom Rammelsberg wesentlich fördern und dabei zugleich weitere Bleianteile aus der Schlacke gewonnen werden konnten. Dabei dürfte es sich besonders um die in der Schlacke feinverteilten sog. „Granalien“ (kleine Metalltröpfchen) handeln, die beim „Armschmelzen“ teilweise abseigerten. Daraus resultierten schon seit dem 16. Jh. (OSANN, 1856), besonders aber im 19. Jh., umfangreiche Schlacken Transporte aus dem Oberharz zu den „Unterharzer“ Hütten westlich und östlich von Goslar. Große Mengen der Bleischlacke verblieben aber lange ungenutzt auf den Halden. Die Hüttenprozesse des späten 19. Jh. sind übrigens in HOPPE (1883) ausführlich dargestellt.

Der hohe Bedarf an Baumaterialien in den für die damalige Zeit großen Oberharzer Bergstädten führte dazu, daß ein Bergamts-Protokoll von 1771 (Archiv des OBA, CLZ, Acta 1317/2) darauf hinweist, daß in England auf gewissen Hütten Steine aus Schlacke in Formen gegossen und zum Hausbau verwendet würden. Im Oberharz führte man die Herstellung solcher, meist großformatiger **Schlackengußsteine** probeweise ab 1810, in großem Maßstabe ab 1844 durch. Es gibt dazu zahlreiche Protokolle im Archiv des OBA, CLZ (bes. Acta 1317). Eine bau- und industriegeschichtliche Auswertung u. a. bezüglich dieses hüttentechnischen Baustoffes wird in KULKE (1997, in Vorbereitung) erfolgen.

Über den Schlackenstein-Herstellungsprozess berichtet der Hüttenmeister OSANN im Bergamtsprotokoll No 8579 vom 29. Juli 1856: Die Schlacke wird in nur noch eben weichem Zustand mit Schaufeln in die gußeisernen Formen gedrückt. Durch beigemengte Tonschiefer- und Holzkohlenstücke bildet sich „Kohlenoxydgas“, das den Stein aufbläht und ihm ein blasiges, leichteres, aber festes Gefüge verleiht. Bei zu starker Blasenbildung wird eine Teilentgasung der Schlacke durch Einstechen mit der Schaufel erreicht; mit dieser wird die Oberfläche des abkühlenden Steins schließlich glattgeschlagen.

Die Schlackensteinproduktion wurde immer wieder verbessert. Diese Optimierungen waren erforderlich, da die in den Formen ungleichmäßig abkühlenden Schlackensteine beim Erstarren öfters rissig wurden. Dadurch zerfielen Steine manchmal schon auf dem Transport von der Hütte zur Baustelle (z. B. Protokoll vom 30. Juni 1859) und ihre Druckbeständigkeit war deshalb

Tab. 2:

### **Baustein-Schlackenanalytik**

Quantitative chemische Röntgenfluoreszenz-Analysen (Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe, FG Salzlagerstätten und Untergrunddeponien, TU Clausthal; Analytik: Nov. 1995, Mai und Dez. 1996). Gelistet sind die Hauptelemente sowie bedeutsame Nebenbestandteile (bes. Schwermetalle) in der Reihenfolge ihrer Anordnung im Periodischen System der Elemente. Die Werte sind auf volle Zehntel-Gewichtsprozente gerundet. Gebundenes Wasser sowie Kohlenstoff wurden nicht in die Analysensumme einbezogen.

#### **I. Oberharzer Bleischlackensteine:** Probenmaterial aus Schlackenbausteinen

(schwarze, splittrige, grobblasige Schlacke) von ca. 1845 - 1870 aus Clausthal-Zellerfeld.

CLZ - ALT 1: Schlackenstein aus kleinem, unverputztem Backhaus in äußerer Altenauer Straße (östl. Stadtrand von Clausthal)

CLZ - GRP 1: Schlackenstein aus Innenwand des ehem. Clausthaler Gymnasiums, des heutigen Staatshochbauamtes Harz, Graupenstr. 9; erbaut etwa 1845

CLZ - OST 1: Schlackenstein aus unverputzter Ostwand von Schuppen hinter Haus Osteröder Str. 64.

CLZ TR 12: aus Ausmauerung von aufgelassenem Wasserlauf bei ehem. Schacht Turm-Rosendorf, an B 242, westl. Stadtrand von Clausthal [-12A: randlich aus Schlackenstein, 12B: mittig aus selbem Schlackenstein]

#### **II. Südharzer Eisenschlacke:**

OHA - HZL 1: dunkelgrüngraue Schlackenbrocken als Zuschlag in großen Gipsbetongußquadern aus sog. „Annalith“ von ca. 1860; Innenfundamente des Hauses Herzberger Landstraße 6 in Osterode

**Schlacke aus Stolberger bzw. Ilfelder Revier:** Rott: glasige Schlacke aus „Sauberkeit- oder Trockenheitsschicht“ unter Erdgeschoß-Fußboden im Fachwerkhaus „Hüttenhof“ (wohl Mitte 19. Jh.) in Rottleberode (sü,dl. von Stolberg, Ostharz); Rott A: grüne, Rott B: auffallend blaue Varietät

Hohn 1: Brocken schwarzblauer und grünlich-grauer Schlacke aus der „Sauberkeitsschicht“ unter einem spätmittelalterlichen Gipsestrich; Burgruine Hohnstein bei Neustadt/Harz (nördl. von Nordhausen)

#### **III. Vergleichsmaterial aus Kupferschiefer-Verhüttung im Mansfeld-Eislebener Revier:** Probenmaterial (splittrige Brocken sehr unterschiedliche Größe) aus älterer, aufgegrabener Schlackenhalde südl.

von B 80 in Wimmelburg, südwestl. von Eisleben

Wimm 1 + 2: glasige Schlacke, schwarzblau-mittelblau und grau schlierig.

\* CLZ-GRP 1: Umschlag von zäh- zu dünnflüssig im Schmelzversuch:  $1100 \pm 10^\circ\text{C}$  (Untersuchung Dipl.Ing. F. AHRENHOLD, Institut f. Eisenhüttenkunde & Gießereiwesen TU Clausthal)

---: unter 100 ppm (bzw.  $\mu\text{g/g}$  oder  $\text{g/t}$ );

n.b.: nicht bestimmt

Tab. 2 (detaillierte Beschreibung siehe vorhergehende Seite)

Elemente  in oxidischer Form angegeben	Probenbezeichnung										
	I. Oberharzer Bleischlackensteine					II. Südharzer Eisenschlacke				III. Kupferschlacke	
	CLZ-ALT 1	CLZ-GRP 1*	CLZ-OST 1	CLZ-TR 12A	CLZ-TR 12B	OHA-HZL	Hohn 2	Rott A	Rott B	Wimm 1	Wimm 2
Natrium als $\text{Na}_2\text{O}$	1,0	---	0,9	---	---	0,2	0,2	---	---	0,5	0,9
Magnesium als $\text{MgO}$	0,8	0,6	0,9	0,7	0,6	5,2	8,2	2,4	2,6	3,6	3,3
Aluminium als $\text{Al}_2\text{O}_3$	5,0	4,8	5,7	5,2	5,8	9,2	11,3	8,5	8,2	13,6	13,1
Kieselsäure als $\text{SiO}_2$	40,5	40,7	40,8	33,8	34,4	54,6	43,3	47,7	47,1	51,0	51,4
Phosphor als $\text{P}_2\text{O}_5$	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	Spuren	0,3	---	---	0,4	0,4
Schwefel als $\text{SO}_3$	n.b.	2,0	n.b.	2,3	2,2	0,5	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2
Kalium als $\text{K}_2\text{O}$	1,1	1,4	1,3	1,5	1,6	1,4	3,2	3,0	2,8	4,6	4,5
Calcium als $\text{CaO}$	11,4	7,0	7,3	8,1	8,1	24,4	23,5	27,8	28,1	20,5	17,2
Titan als $\text{TiO}_2$	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
Vanadium als $\text{V}_2\text{O}_5$	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	---	0,2	Spuren	---	0,2	0,3
Mangan als $\text{MnO}$	0,8	1,2	1,0	1,0	1,0	1,8	1,5	7,1	7,9	0,4	0,4
Eisen als $\text{Fe}_2\text{O}_3$	27,6	29,9	30,4	33,9	33,0	1,7	3,5	0,8	0,6	2,9	5,3
Kupfer als $\text{CuO}$	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	---	0,2	---	---	0,3	0,6
Zink als $\text{ZnO}$	3,0	2,5	2,8	3,6	3,5	---	Spuren	---	---	0,5	0,8
Barium als $\text{BaO}$	0,6	3,1	2,0	1,8	1,8	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2
Blei als $\text{PbO}$	3,5	5,5	3,0	7,0	6,6	---	Spuren	---	---	0,1	0,1
<b>GESAMT</b>	<b>96,0</b>	<b>99,4</b>	<b>96,8</b>	<b>99,6</b>	<b>99,4</b>	<b>99,9</b>	<b>97,2</b>	<b>98,7</b>	<b>98,6</b>	<b>100,0</b>	<b>99,6</b>
Feststoff-Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	3,53	3,38	3,13	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	2,87	2,83	2,75	n.b.

ziemlich gering. Trotz der latenten Gefahr des splittrigen Zerbrechens an Spannungfeinrissen oder inneren Grenzflächen aus dem Einfüllprozeß der Schlacke in die Form war dieser Kunststein um die Mitte des letzten Jahrhunderts im Oberharz sehr begehrt. So kam es z. B. schon 1848 zu einer Verknappung und es mußten Anträge auf Belieferung gestellt werden.

1854 wurden auf der Altenauer Silberhütte Schlackensteine in zahlreichen geometrischen Formen (z. B. Gewölbekeilsteine und profilierte Gesimssteine) gegossen (Archiv OBA CLZ, Acta 1317/6419). Diese Oberharzer Schlackengußsteine verschwanden offenbar gegen 1870 nach und nach vom Markt.

Noch heute gibt es.–besonders in Clausthal-Zellerfeld – einzelne Bauten, die aus tragenden Schlackensteinmauern errichtet wurden. Dies sind einerseits Backhäuser, aber auch der neugotische Innenausbau mit hohen Säulen und Gewölben von 1863 der Zellerfelder St. Salvatoris-Kirche. Häufiger wurde dieser schwarze Stein, zusammen mit weißem Gipsmörtel, zum Ausfachen von Fachwerkbauten eingesetzt. Meist sind diese Wände verputzt oder mit dem Harzer Bretterbeschlag versehen, daher gibt es nur wenige von außen sichtbare Beispiele dieser Bauweise des mittleren 19. Jh. (Abb. 14).

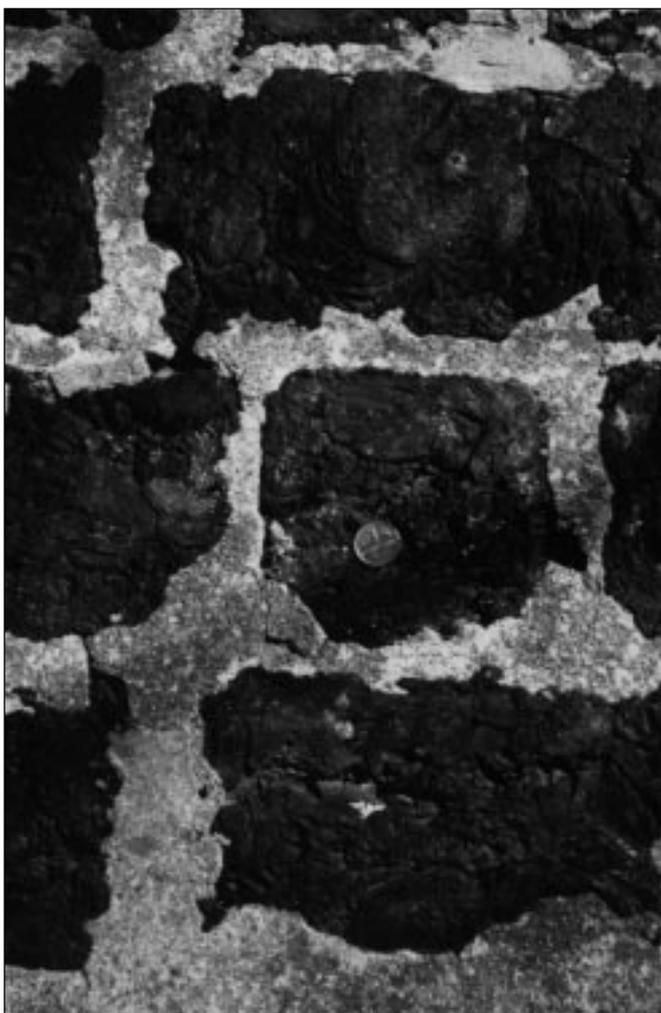


Abb. 14

Sockel eines Hauses in Clausthal-Zellerfeld, Bornhardstr.

Die großformatigen Schlackensteine (ca. 29 x 18 x 13 cm) lassen eine Stricklava-artige Oberfläche, Risse und Blasen erkennen.

Die Fugen wurden mit Zementmörtel überarbeitet.

Diese tiefschwarzen, an der Oberfläche oder im Bruch gelegentlich metallisch schimmernden Oberharzer Schlackensteine lassen sich materialmäßig wie folgt charakterisieren:

- hohe Feststoffdichte (3 Bestimmungen: 3.13 - 3.,53 g/cm<sup>3</sup>);
- mittlere Rohdichte (2 Großblock-Steine: 2.57 - 2.59 g/cm<sup>3</sup>);
- große Sprödigkeit, wodurch es nahezu unmöglich ist, vermauerte Schlackensteine aus Abriß-Gebäuden unbeschädigt für Restaurierungszwecke zurückzugewinnen. Bei Schlagbeanspruchung zerbricht das Material splittrig, z. T. an unerwarteten, vom Impaktort entfernten Stellen.
- hohe Porosität (2 Großblock-Steine: 26 Vol.-%) in Form von häufig allseits durch Glashaut abgedichteten Blasen eines breiten Größenspektrums (oft 0,1 bis 10 mm Ø), Interkristallinporosität (Abb. 15) sowie einzelnen Abkühlungsrissen;

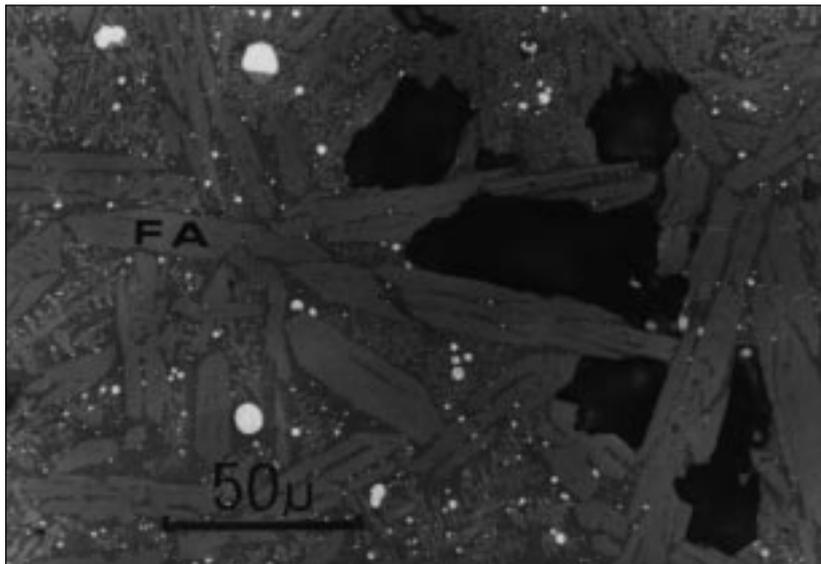


Abb. 15

Interkristallinporosität, hier zwischen Fayalit (FA)-Kristall-Leisten, ist neben der starken Grobblasigkeit für das Gefüge der überwiegend kristallin erstarrenden Oberharzer Bleischlacke typisch. - Probe CLZ-GRP 1, Auflichtfoto von B. MIKULLA (Inst. f. Eisenhüttenkunde & Gießereiwesen, TU Clausthal).

- vermutlich mäßige Wärmedämmung aufgrund der ziemlich breiten Stege zwischen den Großblasen;
- da diese Schlacke ziemlich weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht – also mit einem verbliebenen Glasanteil – erstarrte, läßt sich kein exakter Schmelzpunkt bestimmen (vergl. Abb. 16 A + B). Beim Aufschmelzvorgang verringert sich oberhalb von etwa 1000°C die Viskosität der untersuchten Probe CLZ-GRP 1 kontinuierlich. Der subjektive Umschlag von zäh- zu dünnflüssig erfolgt bei 1100 ± 10°C (Bestimmung F. AHRENHOLD, Inst. f. Eisenhüttenkunde u. Gießereiwesen der TUC).
- weitgehende Auskristallisation mit kleineren Glasresten;
- breites mineralogisches Spektrum von meist feinkristallinen, schwermetallführenden Silikaten (bes. Fayalit, Willemit, Pyroxen, Ba-reiche Feldspäte wie Hyalophan und Celsian etc: BHADRA CH. & NEWSELY, 1993);

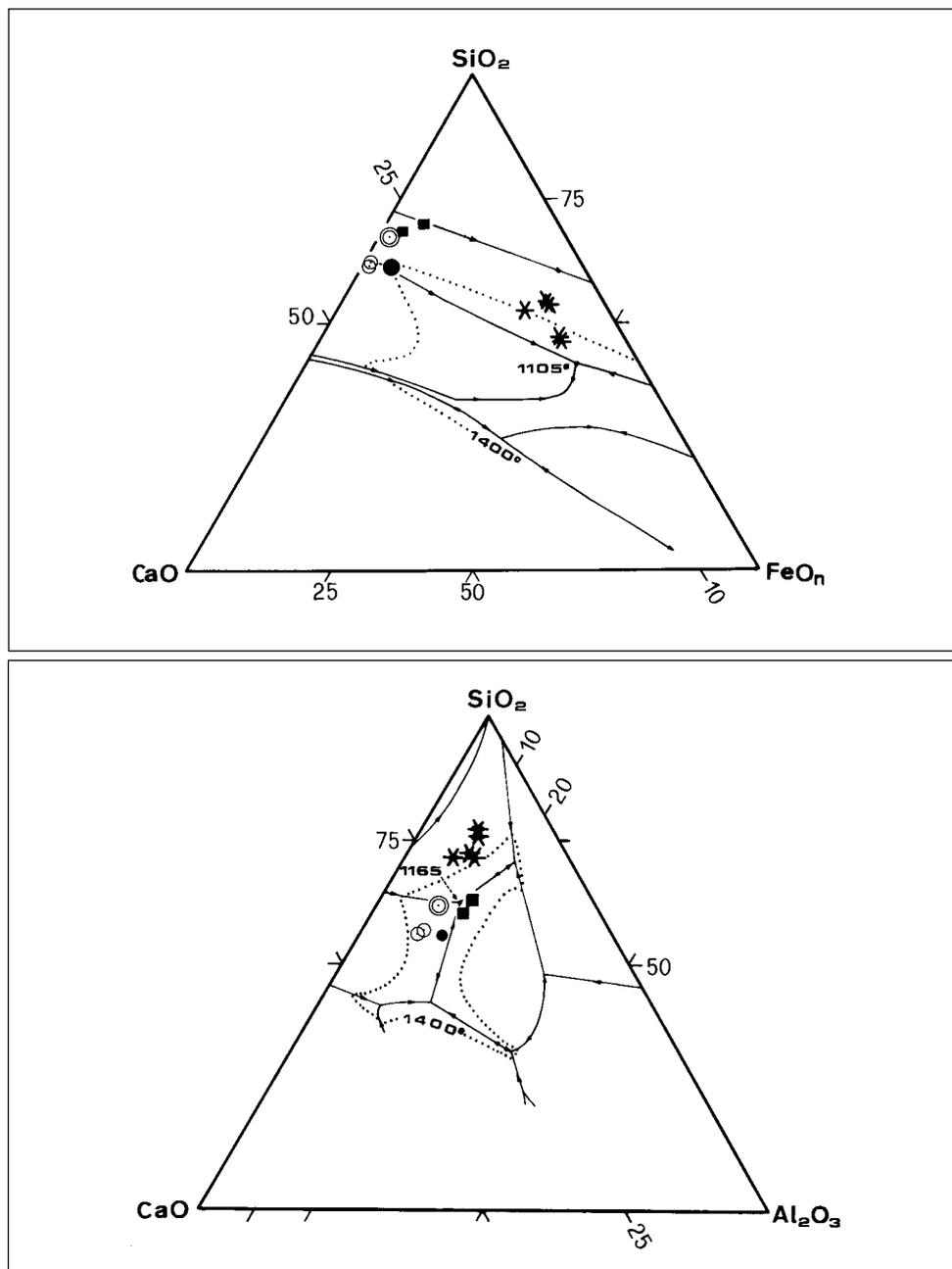


Abb. 16 A und B

Chemische Zusammensetzung der im Harzer Bauwesen verwendeten Schlacken, dargestellt im  $\text{SiO}_2$ - $\text{CaO}$ - $\text{FeO}$  sowie im  $\text{SiO}_2$ - $\text{CaO}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Dreieck (in Gew.-%, Gesamteisen als  $\text{FeO}$  berechnet).

Analysenwerte siehe Tab. 2. Sterne (5x): Oberharzer Bleischlacken, Runde Symbole (4x): Südharzer Eisenschlacke (dicker Punkt: unter Gipsestrich Ruine Hohnstein; einfache Kreise: unter Erdgeschoßboden „Hüttenhof“ Rottleberode; Doppelkreis: Zuschlag zu „Annalith“-Gipsbeton, Osterode).

Quadrate (2x): Kupferschieferschlacke.

Die eingetragenen eutektischen Rinnen der Schmelztemperatur-Minima (VEREIN DEUTSCHER EISENHÜTTENLEUTE, 1981) beziehen sich jeweils auf die reinen Dreistoffsysteme, die in den Proben jedoch nicht vorliegen. Trotz erheblicher Anteile weiterer Komponenten ist das Schmelzverhalten der Schlackenproben durch die beiden Dreistoffsysteme ausreichend gekennzeichnet.

- Einsprenglinge, von diversen Metalloxiden (Magnetit als Skelettkristalle bzw. Dendriten sowie Hämatit usw.), von kleinen Schwermetall-Tröpfchen, den sog. Granalien (bes. Blei) sowie von Schwermetallsulfiden (als Reliktphase oder als Neubildung) (op. cit. u. Untersuchungsergebnisse von B. MIKULLA);
- Die chemische Zusammensetzung (Tab. 2 und Abb. 16 A + B) ist durch hohe Gehalte an Fe (Gesamteisen in Tab. 2 als  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  angegeben), Zn, Ba und Pb bei gleichzeitig vorliegender weitgehender  $\text{SiO}_2$ -Sättigung gekennzeichnet. Dabei dürften Fe, Zn und Ba weitgehend silikatisch fixiert vorliegen, während das Blei überwiegend metallisch oder als Galenit auftritt (vergl. BHADRA CH. & NEWSELY, 1993).

Der hohe Bariumgehalt folgt aus der empirisch als günstig erkannten Zugabe von Schwerspat zum Schmelzgut, wobei die Hauptmenge des  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in vergleichsweise niedrig schmelzenden Ba-K-Feldspäten gebunden wird. Die Schlacke ist deshalb so eisenreich, weil die Hüttenleute durch Zuschlag von metallischem Eisen (auf der Clausthaler Hütte bis 1867: HOPPE, 1883: 302), später durch eisenreiche Abgänge anderer Schmelzprozesse, den Schmelz- und Reduktionsprozess („Niederschlagsarbeit“) optimieren konnten.

Das Verwitterungsverhalten dieser Schlackensteine ist günstig. Weder an Bauwerken, noch an Haldenfunden von Schlackensteinbruch konnten allgemein nennenswerte Veränderungen (wie Farbaufhellungen, Vermürbungen, Rindenbildung) festgestellt werden. Die Umweltbelastung besonders bezüglich Blei und Zink durch dieses Material dürfte folglich recht gering sein, sie steigt aber beim Feinzerkleinern (z. B. Bohrarbeiten in Wänden) sicher stark an.

Eluationsversuche an vorsichtig abgewaschenem Backenbrecher-Splitt von drei Oberharzer Bleischlackensteinen und einer Eisenschlacke aus Rottleberode als Vergleichsprobe (Probenherkunft siehe Tab. 2) durch Univ.-Doz. Dr. W. PROCHASKA (Institut für Geowissenschaften der Montanuniversität Leoben) zeigten eine erfreulich geringe Mobilisierung der Schwermetalle Blei, Zink, Eisen, Cadmium und Barium (Tab. 3). Bei diesen Versuchen waren jeweils 100 g Schlackensplitt in 1000 ml deionisiertem Wasser (pH: 7) drei Wochen lang schonend geschüttelt worden. Die Untersuchung der Eluate erfolgte mittels AAS nach 1, 3, 7 und 21 Tagen. Dabei wurden nach drei Wochen folgende Maximalgehalte, die fast stets in den Eluatzen der Bleischlacken-Fraktionen 1–2 bzw. 1–4 mm auftraten, bestimmt: 13 ppm Pb, 18 ppm Zn, 9 ppm Fe, 8 ppb Cd, 953 ppb Ba. Der zeitliche Anstieg der Gehalte an Pb und Zn ist für die Oberharzer Bleischlackenproben in Abb. 17 dargestellt. Obwohl noch ein weiterer Anstieg zu erwarten ist, wurden die Versuche nach drei Wochen abgebrochen, da unklar blieb, ob eine weitere Konzentrationserhöhung auf Lösungsprozesse oder besonders auf mechanischen Abrieb beim Schütteln zurückzuführen ist.

Diese Auslaugungs-Versuche geben zwar wegen der starken Erhöhung der Probenoberfläche beim Kleinbrechen und dem sehr intensiven Kontakt mit dem Elutionswasser beim Schütteln des Materials gegenüber der Situation im durchfeuchteten Bereich von Schlackensteinmauern keine bauwerksnahe Situation wieder. Sie zeigen aber, daß offenbar keine gesundheitliche Gefährdung von Wässern ausgeht, die mit derartigen Schlackensteinen reagiert haben.

Die Südharzer Eisenschlacke des 19. Jh. aus Rottleberode gab im Eluationsversuch nur sehr geringe Mengen an Fe, Pb und Zn ab (Tab. 3).

Neben diesen auffälligen Oberharzer Bleischlackensteinen, die besonders in den alten Bergstädten Clausthal, Zellerfeld, Wildemann, Lautenthal, Altenau und St. Andreasberg verbaut wurden, setzte man kleinstückige Verhüttungsschlacken aus der Eisenproduktion auch über Jahrhunderte als **Trockenheitsschicht unter Erdgeschoßfußböden** ein (z. B. „Hüttenhof“ in Rottleberode und Burgruine Hohnstein, beide im südl. Ostharz gelegen; s. Tab. 2).

Element	Zeit [Std.]	Oberharzer Bleischlacke						Südharz- Eisenschlacke	
		CLZ-ALT 1		CLZ-GRP 1		CLZ -OST 1		ROTTLA + B	
		1-4 mm	4-8 mm	1-2mm	4-8 mm	1-2 mm	4-8 mm	1-4 mm	4-8 mm
Fe [ppm]	24	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4
	72	0,3	2,2	0,3	1	0,1	3	0,4	0,9
	168	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1	9	0,4	0,5
	504	0,2	0,7	0,3	1	0,1	0,2	0,4	0,5
Zn [ppm]	24	3	7	0,4	0,1	1	0,4	< 0,1	< 0,1
	72	4	12	0,6	0,2	3	0,6	< 0,1	< 0,1
	168	6	13	0,9	0,0	4	1	< 0,1	< 0,1
	504	14	18	1	0,2	7	2	< 0,1	< 0,1
Cd [ppb]	24	3	2	0,1	0,0	0,4	0,0	0	0
	72	5	6	0,2	0,0	0,8	0,1	0	0
	168	6	5	0,5	0,0	1	0,6	0	0
	504	3	8	0,9	0,0	2	6	0	0
Ba [ppb]	24	59	421	63	693	21	607	13	15
	72	85	468	115	509	39	550	3	112
	168	148	401	232	223	63	953	0	16
	504	223	339	335	245	153	290	0	10
Pb [ppm]	24	5	9	2	0	3	1	< 0,1	< 0,1
	72	8	7	4	3	5	3	< 0,1	< 0,1
	168	10	6	6	3	8	4	< 0,1	< 0,1
	504	13	11	10	3	11	7	< 0,1	< 0,1

Tab. 3

Ergebnisse der Eluationsversuche an drei Oberharzer Bleischlacken und einer Südharzer Eisenschlacke des 19. Jahrhunderts (Probenherkunft: siehe Tab. 2).

AAS-Analytik: Univ. Doz. Dr. W. PROCHASKA, Institut für Geowissenschaften Montanuniversität Leoben. Alle Werte < 1 auf voll ppm bzw. volle ppb gerundet

Auf Hohnstein und in der romanischen Kirche des ehem. Klosters Ilsenburg (halbwegs zwischen Bad Harzburg und Wernigerode am Harznordrand) wurde eine derartige kapillaritätsbrechende Schlackenlage durch mehrere cm dicken Gipsestrich überdeckt (für Fußboden in Ilsenburg: unveröff. Untersuchungsbericht für Denkmalpflege von Sachsen-Anhalt durch Restaurator M. STEINBRECHER, MÜHLHAUSEN/Thür.).

In Osterode wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jh. ein Gipsgußbeton, der sog. „Annalith“ (HEUSINGER U. WALDEGG, 1863) entwickelt. Er wurde mit allerlei mineralischen Bruchstücken gestreckt, dabei überwogen SW-Harzer Eisenhüttenschlacken (s. Tab. 2, Probe OHA-HZL) und Ziegelbruch. Im Mikroskop lassen sich gelegentlich feinstkristalline Reaktionen (?Ettringit) zwischen der glasigen Schlacke und dem Gips erkennen. Diese historischen Hochofenschlacken sind - bis auf die vermutlich dem frühen 16. Jh. entstammende Probe von Burg Hohnstein - gut ausreduziert (geringe  $FeO_n$ -Gehalte). Ihre sehr hohen  $SiO_2$ -Gehalte unterscheiden sie deutlich von heutigen Eisenschlacken (vergl. KOCH, et al., 1984).

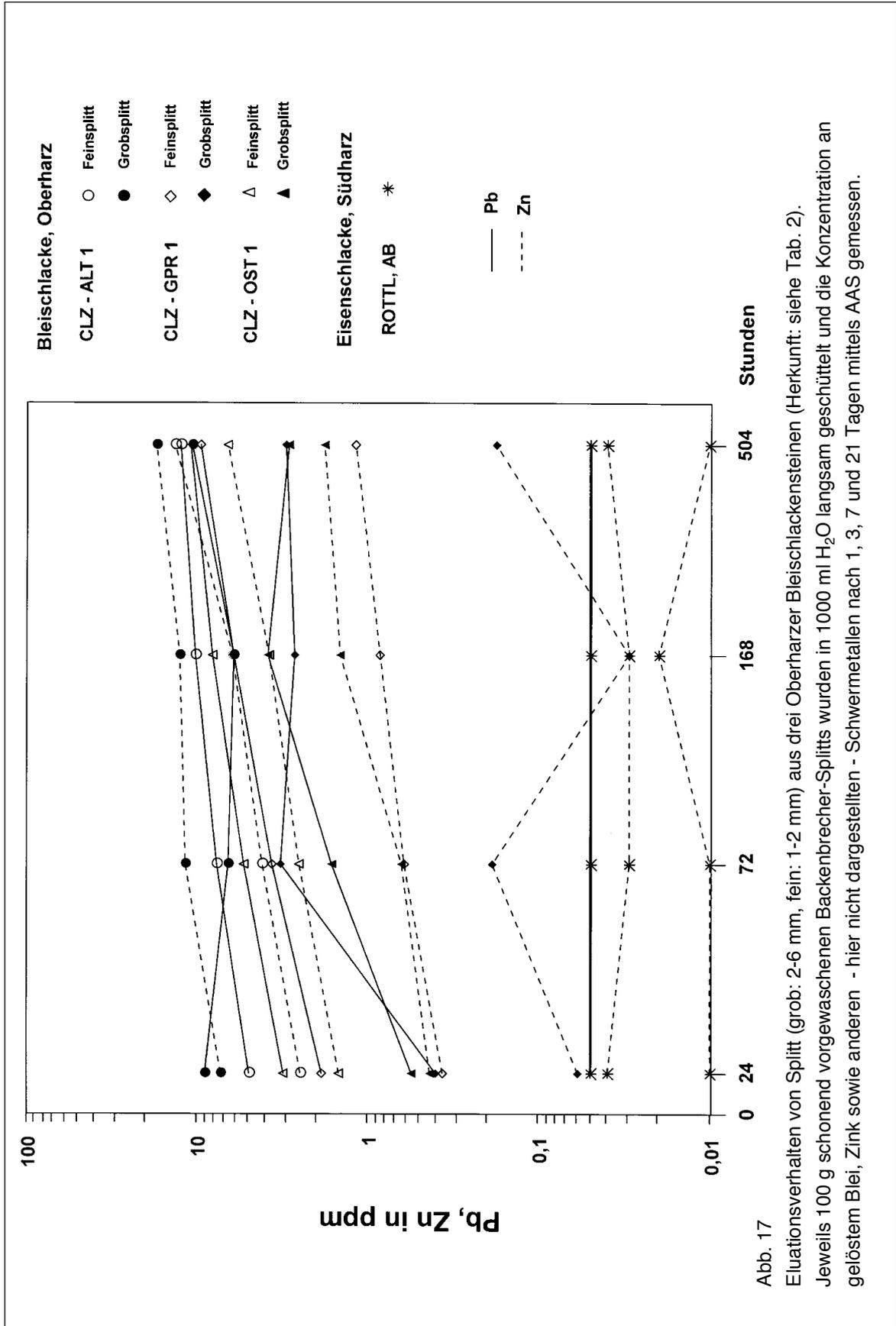


Abb. 17

Eluationsverhalten von Splitt (grob: 2-6 mm, fein: 1-2 mm) aus drei Oberharzer Bleischlackensteinen (Herkunft: siehe Tab. 2). Jeweils 100 g schonend vorgewaschenen Backenbrecher-Splitts wurden in 1000 ml H<sub>2</sub>O langsam geschüttelt und die Konzentration an gelöstem Blei, Zink sowie anderen - Schwermetallen nach 1, 3, 7 und 21 Tagen mittels AAS gemessen.

Die Südharzer Eisenschlacken des 16. und 19. Jahrhunderts in Tab. 2 weisen weit höhere  $\text{SiO}_2$ -Gehalte als die heutigen auf. Ihr hoher CaO-Gehalt resultiert aus einer gezielten Zugabe von Kalk zum Schmelzgut.

Die Schlacken aus der Verhüttung des **Mansfelder Kupferschiefers** (s. 2.2, sowie Tab. 2: Analysen Wimm 1+2) wurden nach 1769 zur Herstellung von gegossenen Blöcken verwendet (SPITZNER, 1988). Durch „Tempern“ konnten dort ab 1800 sog. **Wickelschlackensteine** mit kristallinem Gefüge erzeugt werden. Dieses Prinzip der Bauformstein-Herstellung wurde bis 1988 beibehalten (op. cit.). Diese in der Mansfelder Gegend häufig verbauten Schlackensteine weisen eine erhöhte Radioaktivität auf (Probe Wimm 1: 207 ppm U, Wimm 2; 95 ppm U) und waren daher in jüngster Zeit ins Gerede gekommen. SPITZNER (1988) benennt für die zeitgenössischen Schlacken Radioaktivitäten von 0,7–0,9 Bq/g.

Als Straßenpflastersteine wurden die **Mansfelder Kupferschlackensteine**, die bei Nässe sehr rutschige Oberflächen haben, ab 1863 in vielen Millionen Stück besonders im Osten Deutschlands verbaut.

Vermutlich ab 1880, nach dem Bau der Oberharz-Eisenbahn (Bhf. Clausthal: 1876), kam im Oberharz ein indirekter **Vorläufer des Kalksandsteines** auf. In Formen im Ziegelformat wurde eine Mischung von z. B. 30 Vol.- % Kalk und sehr feinkörnigem Schlackengranulat bzw. „Schlackensand“ gepreßt (Abb. 18). Der Herstellungsprozeß dürfte weitgehend dem von KEIL (1949: 97 ff) beschriebenen Verfahren für die sog. „Hüttensteine“ entsprochen haben. Dieser 1865 bei Osnabrück entwickelte Baustein wurde anfangs ausschließlich einer Lufthärtung unterzogen, bei der die Steine im „Reichsformat“ (25 x 12 x 6,5 cm) mit Drucken um 250–300 bar gepreßt wurden und nach 4 - 6 Wochen versandfertig waren. Hydraulische Reaktionen zwischen Schlackensand und Löschkalk (s. Abb. 18) sorgten für die anfangs eher geringe Festigkeit (op. cit.). Eine „Hüttenstein“-Fabrik soll dicht westlich von Zellerfeld gelegen haben. Die fast weißen Steine wurden im Oberharz offenbar nur eine kürzere Zeit z. B. beim Bau von Gebäudesockeln verwendet. Sie liegen heute in unterschiedlichen Erhaltungszuständen vor; z. T neigen sie im Aszendenzbereich der Bodenfeuchte zu bröckeligem Zerfall. Gut erhaltene Steine aus Gebäudeabrissen zeigen im frischen Bruch eine kräftig grünblaue Färbung, die innerhalb von Stunden unter Abgabe von  $\text{H}_2\text{S}$ -Spuren völlig ausbleicht.

Im Dünnschliff zeigt sich die weitgehend glasige Erstarrung der eisenarmen, schwach Pb- und Zn-haltigen Schlacke. Oft sind die zackigen Körner von einem dünnen, ebenfalls isotropen, aber höher als die Schlacke im Kernbereich lichtbrechenden Reaktionssaum umgeben (Abb. 18). Die Erforschung dieses Baumaterials wird fortgesetzt.

## 4.2. Blei

Der historische Rammelsberger und Oberharzer Bergbau war hauptsächlich auf die Gewinnung von Silber ausgerichtet. Blei als Metall, Bleiglätte ( $\text{PbO}$ ) und auch als Bleiweiß ( $2\text{PbCO}_3$   $\text{Pb}[\text{OH}]_2$ ) hatte wertmäßig eine untergeordnete Bedeutung.

Metallisches Blei in etwa 3 mm dicken, gegossenen Platten wurde im Harzer Bauwesen schon früh als Bedachung bedeutender Bauten eingesetzt. Wenig ist davon erhalten, da Blei auf den Dächern als „Sparkasse“ betrachtet wurde und man es in Not- und Kriegszeiten gegen Schindeln oder Schiefer austauschte. Das älteste Blei in meist gut erhaltenen, aufwendig verbördelten Platten des 15. oder 16. Jh. deckt die Spitzhelme der romanischen Neuwerkskirche in Gos-

lar (GRIEP, 1962: 77-84) (Abb. 19). Mikroskopische Untersuchungen der Plattenoberfläche zeigen eine kleinmaßstäbliche, pockennarbige Anlösung und einen sehr dünnen, hellgrauen Reaktionsschleier, der älteren Bleidächern ihr charakteristisches Aussehen verleiht.

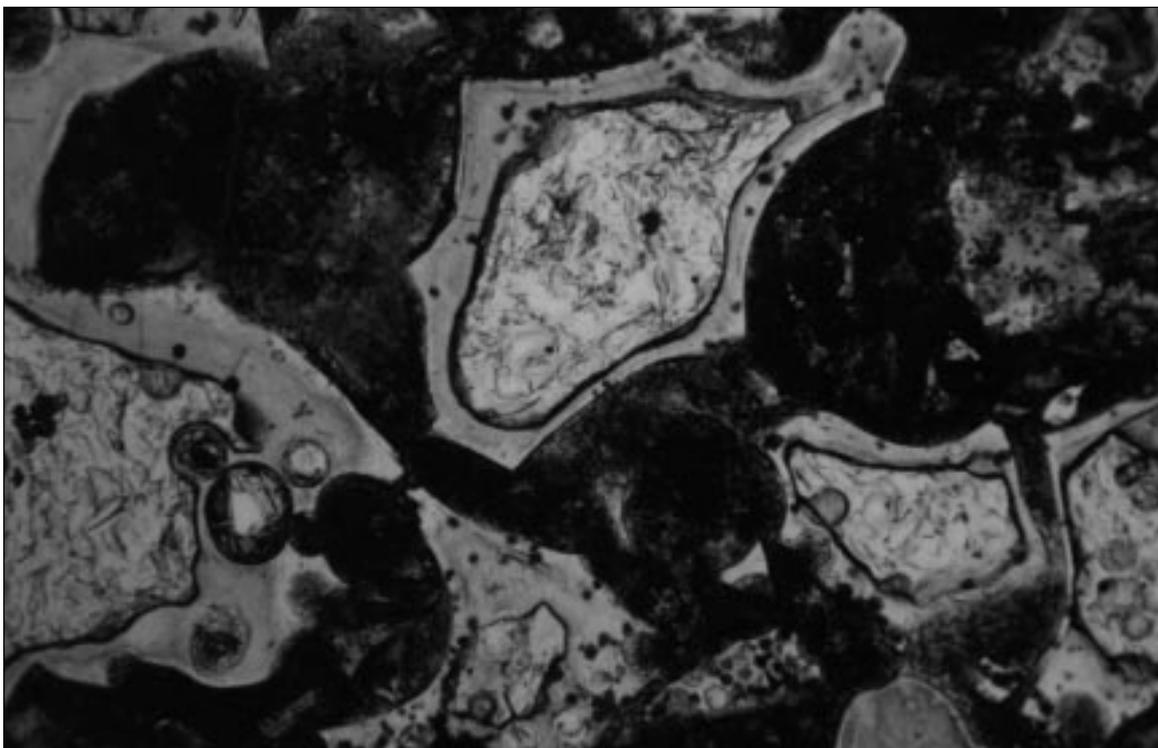


Abb. 18

Dünnschliffmikrofoto eines „Hüttensteins“, einem Kalksandstein-Verwandten (Probe CLZ-POST 1, DS 1908, Bildhöhe: 0,65 mm).

Dieser Preßsteintyp der Zeit um 1900 zeigt feinkörniges Schlackengranulat in einem überwiegend calcitischen Bindemittel. Die glasigen Schlackenpartikeln haben am Kontakt zur Kalkmatrix einen schmalen, weitgehend hyalin gebliebenen Reaktionssaum entwickelt.

In Clausthal ist die im 17. Jh. errichtete Marktkirche zum Heiligen Geist seit 1983 wieder ganz mit 2 mm dicken Bleiplatten gedeckt; das erste Bleidach war 1734 abgenommen worden (HUMM, 1987: 37).

Blei ist über seine Reaktionsprodukte mit den Atmosphärien in geringem Maße löslich (z. B. SCHULZE-RETTMER, 1995). Daraus resultiert ein Bleigehalt von 7 bis 20 mg Pb/l H<sub>2</sub>O im Ablauf von verschiedenen Bleidächern im nordwestlichen Deutschland (op. cit.).

Sechs Beprobungen im Juni und Juli 1996 vom Ablauf einer etwa 25m<sup>2</sup> großen, halbsteil geneigten Zwerchhausdachhälfte der Clausthaler Marktkirche ergaben bei pH-Werten zwischen 4.8 und 6.1 Bleigehalte von 4-19 mg/l in Abhängigkeit von Regenstärke und -dauer; der hohe Wert wurde im Nieselregen-Abfluß gemessen. Die „Nullwerte“ des reinen Regenwassers lagen bei 6-108 µg Pb/l. Zwei Einzelproben, die während stärkerer Regenfälle am 31. Juli 1996 bzw. am 5. April 1997 vom Ablauf des Spitzhelms der Goslarer Neuwerkskirche aufgefangen wurden, wiesen sogar 44 bzw. 1.1 mg/l Pb bei pH-Werten von 5.0 bzw. 5.7 auf. (Analytik: Frau

P. LASSEN und Dipl. Chem. U. BLUM, Inst. f. Anorgan. u. Analyt. Chemie der TU Clausthal). Die Sommerprobe wurde nach einer längeren Trockenperiode entnommen und enthält neben gelöstem Blei vermutlich auch feinste Partikel aus der Bleioxidationshaut. In der Frühjahrsprobe fehlen vermutlich derartige Verwitterungspartikel, da diese vom Schnee abgetragen worden waren.



Abb. 19

Das Westwerk der romanischen Neuwerkkirche in Goslar wird von zwei Türmen aus Kahleberg-Sandstein mit Eckquadern und Fensterlaibungen aus Hilssandstein überhöht. Die schlanken Helme (hier: Blick von Norden auf Südturm) sind mit Bleiplatten des 15. od. 16. Jh. bedeckt. Aufnahme Juli 1996 während umfangreicher Restaurierungsarbeiten.

Derartig mit Blei belastetes Wasser ist gesundheitlich bedenklich und darf nicht zu Bewässerungszwecken verwendet werden. Daher denkt SCHULZE-RETTMER (1995) über Behandlungsmaßnahmen für Regenwasser-Abläufe von Bleidächern nach.

Eine Überschlagsrechnung zeigt, daß dieser Abtrag durch die Niederschläge im Oberharz in 100 Jahren reichlich 0,1 mm betragen dürfte (bei 80 % Ablauf der etwa 1200 mm Jahresniederschläge in Clausthal lösen sich, auf horizontale Fläche berechnet, jährlich etwa 15 g Pb/m<sup>2</sup> bzw. 1.3 cm<sup>2</sup> Blei). Auch im Harz wurde **Blei** gelegentlich **zum Ausgießen** von Fensterbögen-Fugen verwendet. Beim Austausch von verwitterten Keilsteinen aus Hilssandstein in der Fassade der St. Salvatoriskirche (erbaut: 1675-1683) in Clausthal-Zellerfeld konnten 1995 derartige bizarr geformte plattige Gebilde geborgen werden. Zwei chemische Analysen weisen, neben Verunreinigungen durch Mörtel und Bausteinreste, im Schwermetall-Anteil von 65 bzw. 92 Gew.-% fast nur Blei neben kleinen Anteilen von Zn (0.03 bis 0,1%), Sb (0.02 bzw. 0.04%) auf. Der Silbergehalt liegt bei oder unter 0.01%, was die gute Entsilberungsqualität der alten Hüttenprozesse belegt.

## 5. Schlußbemerkungen

Die vielfältigen geogenen Baumaterialien im Harz und seinem Umland zeigen einerseits die Ortsgebundenheit, andererseits den großen Erfindungsreichtum der vergangenen Generationen auf. Kostengünstige Materialbeschaffung stand zwar stets im Vordergrund, daneben waren aber – hier nicht ausgeführte – Aspekte der Verwaltungsgrenzen, die Bauordnungen und herrschaftliche Anordnungen zur Wirtschaftsförderung von Bedeutung.

Unter den bergbaubezogenen Baustoffen stellten die Schlackensteine eine interessante Sekundärrohstoff-Nutzung vorwiegend für weniger bedeutende Bauten des 19. Jh. dar, während Blei schon im Mittelalter als Bedachung offenbar nur für herausragende Bauten eingesetzt wurde. Die Kenntnis der alten Baustoffe ist bei Restaurierungsmaßnahmen von großer Bedeutung. Dies gilt für die ästhetische Seite der Bauten, aber auch für die stoffliche Seite, denn materialidentische Ausbesserungs- und Erhaltungsmaßnahmen sind solchen mit modernen Ersatzmaterialien – besonders wegen des bekannten Langzeitverhaltens historischer Baustoffe – vorzuziehen. So hatten im Südharzgebiet und im Lüneburger Raum Portlandzement-Injektionen der vergangenen Jahrzehnte in rissig gewordene zweischalige Kirchenmauern mit Gipsmörtelbindung durch Treibmineralbildung (bes. Ettringit) zu Teilabrissen der „sanierten“ Objekte geführt. Derartige Fehlentscheidungen gilt es künftig zu vermeiden.

### Danksagung

Zahlreiche Personen haben die Entstehung dieses Überblickstextes durch die Anfertigung von Analysen und andere unterstützende Arbeiten sowie Ratschläge wesentlich unterstützt und gefördert. Allen diesen Damen und Herren (im folgenden in alphabetischer Ordnung genannt) sei für ihre wertvolle, sehr geschätzte Unterstützung herzlich gedankt:

Dipl.-Ing. F. Ahrenhold (IEG: Schlackenschmelzpunkt-Bestimmung); Herr W. Binnewies (Osterode-Förste: Information zu Baumaterial im südl. Vorharz); Dipl.-Ing. L. Blankenstein (Stadtbauamt Goslar: Wasser und Bleiprobe von Neuwerkkirche in Goslar); Dipl.-Chem. U. Blum (IAAC: Analytik und Interpretation der Regenabläufe von Bleidächern); Dr. H.-J. Franzke (Geol. Inst. TUC: Ratschläge zum Geologie-Text und Durchsicht des Manuskriptes); Architekt H.-G. Griep (Goslar: Informationen zu Baumaterial in Goslar); Prof. Dr.-Ing. K. Koch (IEG: intensive Fachberatung beim Schlackenproblem); Prof. Dr. F. Koller, Inst. f. Petrologie Univ. Wien & Schriftleiter der Österr. Min. Mitt.: Einladung zur Veröffentlichung; Frau P. Lassen (IAAC: Analytik der Regenabläufe von Bleidächern); Dr. J. Lepper Nieders. Landesamt f. Bodenforschung, Hannover (Durchsicht von Manuskriptteilen); Prof. Dr. K. Mengel (IMMR: Unterstützung bei chem. Vollanalytik); Frau B. Mikulla (IEG: metallographische, auflichtoptische Schlackenuntersuchungen); Prof. Dr. K. Mohr (ehemals: Geol. Inst. TUC: Beratung und Durchsicht des Manuskriptes); Frau W. Müller (EÖG: Schreiben des Textes); Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld (Nutzungsmöglichkeit der Akten im Archiv); Prof. Dr.-Ing. W. Pluschkell (IEG: Unterstützung beim Schlackenproblem); Univ. Doz. Dr. W. Prochaska (Inst. f. Geowiss. M.U. Leoben: Eluationsuntersuchungen von Bleischlacke); Dipl.-Min. H.-J. Prohl (IMMR: AAS-Analytik von Schlacken); Herr E. Reiff (Beauftragter für Bodenfunde im Lkrs. Goslar; Clausthal-Zellerfeld: zahlreiche Fachbesprechungen); Herr F. Sandhagen (EÖG: REM-Untersuchungen); Herr A. Schulz (EÖG: verschiedene Laboranalysen, z. B. Dichtebestimmungen); Prof. Dr. G. Schwedt (IAAC: Unterstützung bei Bleidach-Ablaufuntersuchungen); Dipl.-Min. H. Stosnach (IMMR: AAS-Analytik von Schlacken).

Erklärung der Abkürzungen:

EÖG: Abt. f. Erdölgeologie, Inst. f. Geologie u. Paläontologie, TU Clausthal

IAAC: Institut f. Anorgan. u. Analyt. Chemie, TU Clausthal

IEG: Inst. f. Eisenhüttenkunde u. Gießereiwesen, TU Clausthal

IMMR: Inst. f. Mineralogie u. Min. Rohstoffe, TU Clausthal

## Literatur

- AHRENDT, H., FRANZKE, H.-J., MARHEINE, D., SCHWAB, M. & WEMMER, K. (1996): Zum Alter der Metamorphose in der Wippraer Zone/Harz – Ergebnisse von K/Ar-Altersdatierungen an schwachmetamorphen Sedimenten. - Z. dt. geol. Ges. 147/1, S. 39-56.
- BEHR, H.-J., HORN, E.E., LÜDERS, V. & REUTEL, CH. (1985): On the age of the vein mineralisations of the Harz mountains - criteria from fluid inclusion studies. - 8th Symp. on Fluid Inclusions, p. 18 + 19, Univ. Göttingen, April 1985.
- BHADRA CHAUTHURI, J.N. & NEWESELY, H. (1993): Mineralogical characterization of old Harz Mountain slags. - Canad. metallurg. quart. 32, 1-12.
- BUGGISCH, W. (1991): The global Frasnian-Famennian „Kellwasser Event“ - Geol. Rundsch. 80, 49-72.
- EHLING, A., LUGE, J., MEDERER, J & STEIN, V. (1996): Bausteine romanischer Bauten nördlich des Harzes. - Ber. Naturhist. Ges., Hannover 138, 95-112.
- FABER, W. (1954): Bleischlacken, S. 542 - 568 in FREUND, D. H. (Hrsg.): Band II, Teil 2: Mikroskopie der Erze, Aufbereitungsprodukte und Hüttenschlacken, 654 S. - Umschau Verlag, Frankfurt/M.
- FRANK, W. H. (1981): Die Naturwerksteine in der Altstadt von Goslar und ihre Vorkommen in der Umgebung der Stadt, 247 S. - Clausthaler geol. Abh. 40, TU Clausthal.
- FRANK, W. H., HEIMHOLD, W. & PILGER, A. (1985): Geologie und Kulturgeschichte im Dreieck Goslar-Bad Harzburg-Harliberg, 271 S.; S. 141 - 145: Der Sudmerberg-Kalksandstein. - Clausthaler Geol. Abh., Sonderb. 3, 2. Aufl., Verlag E. Pilger, Clausthal-Zellerfeld.
- FRANKE, W. (1973): Fazies, Bau und Entwicklungsgeschichte des Iberger Riffes (Mitteldevon bis Unterkarbon III), NW-Harz, W-Deutschland. - Geol. Jahrb. A 11, 127 S. Hannover.
- FRANZKE, H.J. & SCHMIDT, D. (1995): Die mesozoische Entwicklung der Harznordrandstörung. Mikrogefügeuntersuchungen in der Aufrichtungszone. - Zbl. Geol. Paläont. I (H9/10), 1443-1457, Stuttgart.
- FUCHS, A. (1996): Geologische Kartierung des Übergangsbereiches zwischen Eckergneis und Harzburger Gabbro-Norit-Massiv. - 22 S., unveröff. Diplomkartierung am Inst. f. Geologie der TU Clausthal.
- FÜHRER, F.X. (1988): Geological results of recent geophysical investigations in the Harz mountains (Germany). - Geol. Rundsch. 77, 79-99.
- GRIEP, H.-G. (1959): Das Bürgerhaus in Goslar, 185 S. + 56 Tafeln. - Verlag Wasmuth, Tübingen.
- GRIEP, H.-G. (1962): Historische Dachdeckungen im Goslarer Nordharzgebiet, 95 S. - Goslarer Museumsverein, Goslar.
- GRIEP, H.-G. (1975): Das Bürgerhaus der Oberharzer Bergstädte, 291 S., 88 Tafeln. - E. Wasmuth-Verlag, Tübingen.
- GRIMM, H.D. (1990): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland, 200 Gesteinsbeschr. - Arbeitsheft 50, Bayer. Landesamt f. Denkmalpflege, München.
- HAAK, U. & LÈVÍQUE, J. (1995): Bleisotope: Anwendung in Lagerstättenkunde, Archäometrie und Umweltforschung am Beispiel des Harzes. - Mitt. österr. Miner. Ges. 140, 131-141.
- HAGEMANN, (1852): Schreiben des Communionsbergamts zu Goslar wegen der zum Unterharzischen Bleihüttenbetriebe erforderlicher Oberharzer Schlacken, 14 S. - Archiv des Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld., Acta 1317/1, No 589.

- HEMPRICH, A., (1913): Geologische Heimatkunde von Halberstadt und Umgegend, 184 S., + 5 Tafeln. - Meyer's Buchdruckerei; Halberstadt.
- HEUSINGER, V. WALDEGG, E. (1863): Der Gypsbrenner, Gypsgießer und Gypsbaumeister sowie Tünc- und Stuckarbeiter, 470 S. - Verlag Th. Thomas, Leipzig.
- HOPPE, O. (1883): Die Bergwerke, Aufbereitungs-Anstalten und Hütten..... im Ober- und Unterharz, 388 S. - Grosse, Clausthal-Zellerfeld.
- HUMM A. (1987): Aus längst vergangenen Tagen, Heimatgeschichte des Oberharzes in Wort und Bild III, 231 S. - Piepersche Druckerei u. Verlag, Clausthal-Zellerfeld.
- JACOB, H., & HILTMANN, W. (1985): Disperse, feste Erdölbitumina als Migrations- und Maturitätsindikatoren im Rahmen der Erdöl/Erdgas-Prospektion. Eine Modellstudie in NW-Deutschland, 54 S. u. zahlreiche Anlagen. - DGMK-Projekt 267, Hamburg.
- JORDAN, H. & KOCH, J. (1979): Inkohlung der Unterkarbon- und Eifelschichten im Nordwestharz und ihre Ursachen. - Geol. Jb. A 51, 39 - 55, Hannover.
- KEIL, F. (1949): Hochofenschlacke, 346 S. - Stahleisen-Bücher Band 7, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
- KIESLINGER, A. (1949): Die Steine von St. Stephan, 475 S. - Verlag Herold, Wien.
- KNITZSCHKE, G (1995): Metall- und Produktionsbilanz für die Kupferschieferlagerstätte im südöstl. Harzvorland, S. 270 - 284 in: JANKOWSKI, G., HRSG.: Zur Geschichte des Mansfelder Kupferschiefer-Bergbaus, 366 S. - GDMB, Clausthal-Zellerfeld.
- KOCH, K., RENNER, H.-J. & SCHLIEPHAKE, H. (1984): Schlacken in der Eisenhüttenkunde: Hochofenschlacken. - S. 175 - 189 in: KOCH, K. & JANKE, D. Hrsg.: Schlacken in der Metallurgie. - Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
- KÖNIG, ST. & WREDE, V. (1994): Zur Tektonik der Harzränder. - Z. dt. geol. Ges. 145, 153-171.
- KRAJEWSKI, W. & KRÜGER, J. (1984): Schlacken und Steinbildung bei der thermischen Blei- und Blei-Zinkerzeugung, S. 147 - 157 in: KOCH, K. & JANKE, D. Hrsg.: Schlacken in der Metallurgie. - Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
- KULKE, H. (1995): Die Alte Burg zu Osterode: Herausragendes Beispiel einer verlorenen Bautradition. - Heimatblätter für den Südwestharz; Hrsg. Heimat- und Geschichtsverein Osterode/Harz und Umgebung e.V., Heft 51, 6-31.
- KULKE, H. (1997, in Vorbereitung): Historisches Harzer Bauwesen, naturräumliche Grundlage, Herkunft, Eigenschaften und Verwendung der Baumaterialien, Beispiele aus Osterode, Goslar, Clausthal-Zellerfeld und St. Andreasberg. - Veröffentlichung des Oberharzer Geschichts- und Museumsvereins Clausthal-Zellerfeld und des Oberharzer Bergwerkmuseums, Clausthal-Zellerfeld.
- KULKE, H., BINNEWIES, W., VOGEL, D., RINNE, A., HILLEBRECHT, H., FOLLNER, H. & JESACHAR, R. (im Druck): Historisierender Gypsbrennofen zur Erforschung und Herstellung von beständigem Gipsmörtel. - Zement, Kalk, Gips.
- LEPPER, J. (1994): Die niedersächsischen Naturwerksteine mit besonderer Berücksichtigung des Wesersandsteins. - Neues Archiv für Niedersachsen 2/1994, 35 - 41.
- LEPPER, J. (1996): Die Bedeutung des Wesersandsteins als Naturwerkstein-Vorkommen, Gewinnung und Verwendung in der Gegenwart. - Jahrb. Landkreis Holzminden 14, 17-26, Holzminden.
- LEPPER, J. (1997): Naturwerksteine in Niedersachsen. - Z. angew. Geol. 43, 3-10, Hannover.
- LISSMANN, W. (1992): Historischer Bergbau im Harz, Kurzführer; 320 S. - Schriften Mineralog. Museum Univ. Hamburg, Band 1, Verlag S. von Loga, Köln.
- LILGE, A. (1996): Das Sandsteingewerbe in der Vergangenheit mit besonderer Berücksichtigung des Braunschweigerischen Sollings. - Jahrb. Lkrs. Holzminden 14, 27-35.
- MEIER, R. (1977): Turbidite und Olisthostrome, Sedimentationsphänomene des Werra-Sulfats (Zechstein I) am Osthang der Eichsfeld-Schwelle im Gebiet des Südharzes. - Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 50, 45 S., Potsdam.

- MOHR, K. (1993): Geologie und Minerallagerstätten des Harzes; 2. Aufl., 498 S., Schweizerbart, Stuttgart.
- MÜLLER, G. (1980): Die Sedimentgesteine des Harzes, 83 S. + 10 S. Tab. - Clausthaler Geol. Abh. 37, Clausthal-Zellerfeld.
- MÜLLER, G. (1981): Petrographische und geochemische Zuordnung der subsequenten permosilesischen Vulkanite des Harzes und benachbarter Gebiete. - Z. dt. geol. Ges. 132, 5-15.
- MÜLLER, G. (1987): Magmatite des Harzes. - Fortschr. Miner. 65, Beih. 2, 1-39.
- MÜLLER, G. & STRAUSS, K.W. (1987): Gesteine des Harzes, 304 S. - Verlag S. von Loga, Köln.
- NOWAK, H. & PREUL, F. (1971): Untersuchungen über Blei- und Zinkgehalte in Gewässern des Westharzes, 68 S. - Beih. geol. Jahrb. 105, Hannover.
- OSANN, H. (1856): Begutachtung der Vorschläge von Maschineninspektor Schrönn betreffend die Anfertigung von Schlackensteinen; 10 S. Handschrift - Acta 1317/4: Produktion und Abgabe der Schlackensteine. - Generalia, 1844 - 1865 - Archiv des Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld.
- PAUL, J. (1980): Upper Permian algal stromatolite reefs, Harz Mountains (F.R. Germany). - Contr. Sedimentol. 9, 253 - 268.
- PAUL J. (1993): Anatomie und Entwicklung eines permo-triassischen Hochgebietes: die Eichsfeld-Altmark-Schwelle. - Geol. Jb. A 131, 197 - 218, Hannover.
- PAUL, J. (1993): Geologie des Ilfelder Beckens (Permokarbon; S-Harz). - Göttinger Arb. Geol. Paläont. 58, 75 - 86.
- PRIESNITZ, K. (1969): Kurze Übersicht über den Karstformenschatz des südwestlichen Harzrandes. - Der Südharz: seine Geologie, seine Höhlen und Karsterscheinungen. - Jh. f. Karst- u. Höhlenkunde H 9, 11-21, München.
- RENTZSCH, J., FRANZKE, H.-J. & FRIEDRICH, G. (1997): Die laterale Verbreitung der Erzmineralassoziationen im deutschen Kupferschiefer. - Z. geol. Wiss. 25, 1 - 6, Berlin.
- SCHLEICHER, M. (1989): Abriß der Petrologie und Sedimentologie Harzer Sandsteine und Grauwacken des Devons und Karbons, 94 S. - unveröff. Diplomarbeit am Geol. Inst. TU Clausthal.
- SCHMIDT, M. (1989): Die Wasserwirtschaft des Oberharzer Bergbaus, 372 S. - Schriftenreihe der Frontinus-Ges. H. 13, Bergisch-Gladbach.
- SCHULZE-RETTMER, R. (1995): Bleidächer und Regenwasser, 69 S. - Bleiberatung Düsseldorf.
- SEIDEL, G., Hrsg. (1995): Geologie von Thüringen; 556 S. - Schweizerbart, Stuttgart.
- SPITZNER, J. (1988): Verwertung von Mansfelder Kupferschlacke. - TK/MK 1988/3, 15-24.
- STASCHEIT, A. (1993): Untersuchungen präorogener, intraformationeller Mineralparagenesen im Devon der ehem. Westharzschwelle unter Berücksichtigung möglicher hydrothermalen Prozesse (Roteisensteingrube „Weintraube“), 165 S. - Diss. des Zentrum f. Rohstofforientierte Meeresforschung der TU Clausthal.
- STEINBRECHER, M. (1994): Historische Gipsmörtel und Gipsestriche. - Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, H 2, 127. 133, Verlag f. Bauwesen, Berlin.
- VEREIN DEUTSCHER EISENHÜTTENLEUTE, Hrsg. (1981): Schlackenatlas, Slag Atlas; 282 S. - Verlag Stahl Eisen, Düsseldorf.
- VOSS, R. (1928): Die paleogeographische Verbreitung des Rogensteins im deutschen Unteren Buntsandstein, 85 S. - Abhandl. Preuß. Geolog. Landesanstalt N.F., Heft 1.6.
- WACHENDORF, H. (1986): Der Harz - variszischer Bau und geodynamische Entwicklung, 71 S. - Geol. Jb. Reihe A, H. 91, Hannover.
- WALCHER, E. (1987): Zur Geologie, S. 30 - 34 in BODE, R., Hrsg.; Rammelsberg/Harz - Emser Hefte, Haltern.
- ZELLMER, H. (1995): Stratigraphie und Paläogeographie der Kieselschiefer-Fazies im Harz (Mitteldevon-Unterkarbon). - Zbl. Geol. Paläont. Teil 1 (9/10) 1173-1185, Stuttgart.