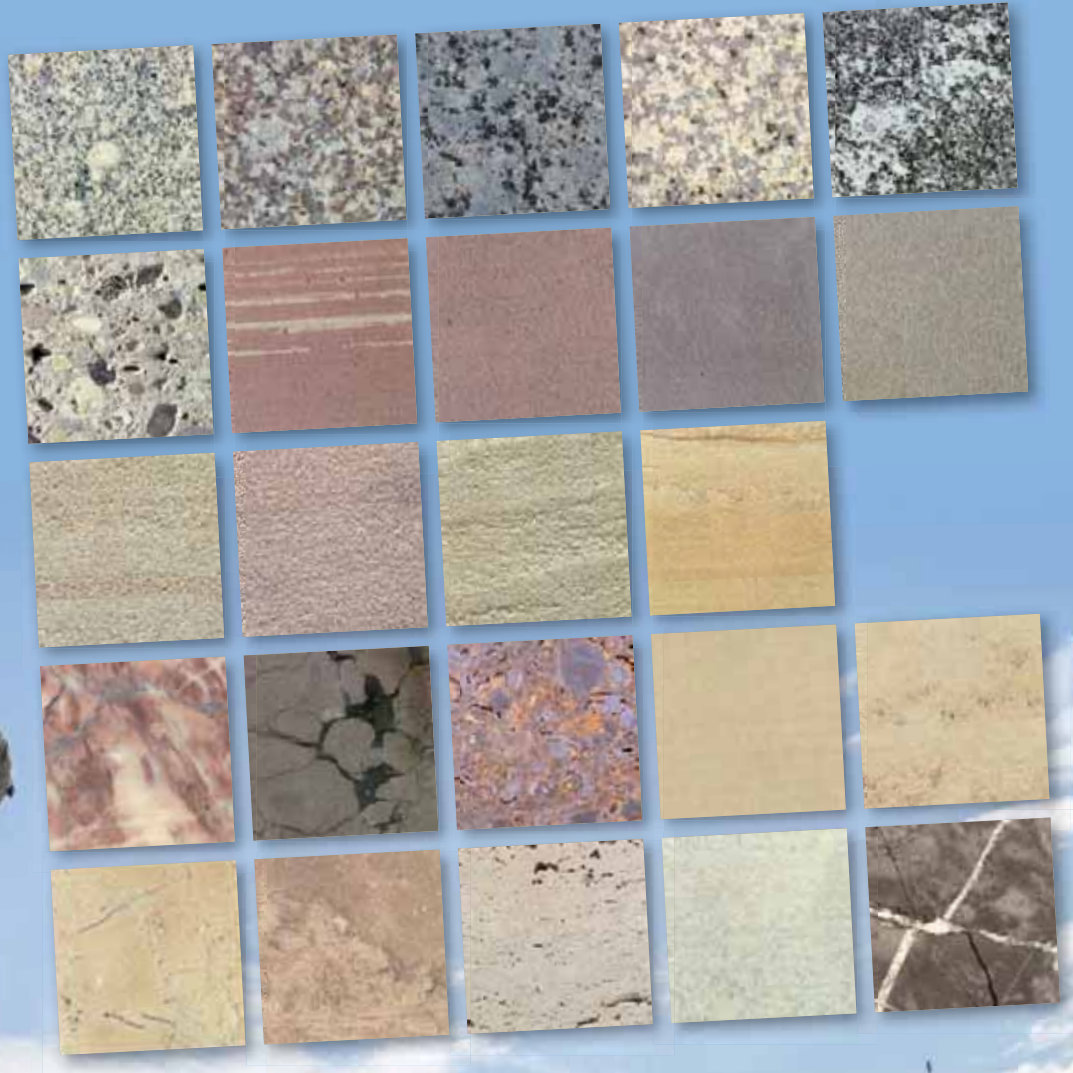


14. ARBEITSTAGUNG STEINE IN DER STADT

Freitag, 12. bis
Sonntag, 14.4.2019
Stadtarchiv Erlangen

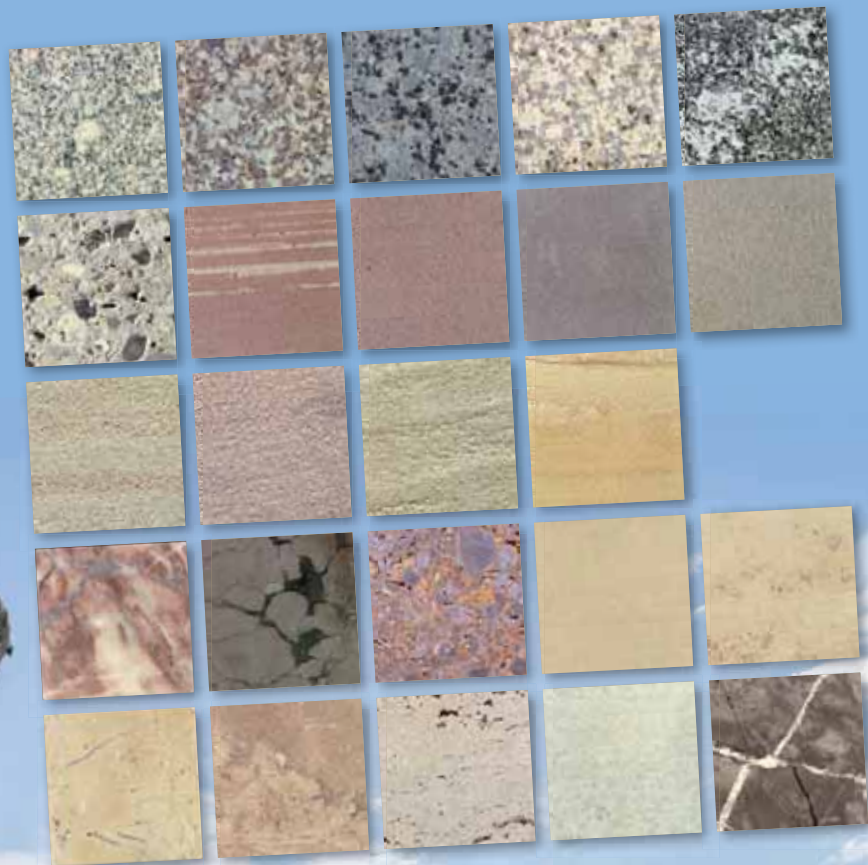


Informationen: www.steine-in-der-stadt.de



14. ARBEITSTAGUNG STEINE IN DER STADT

Freitag, 12. bis
Sonntag, 14.4.2019
Stadtarchiv Erlangen



Informationen: www.steine-in-der-stadt.de

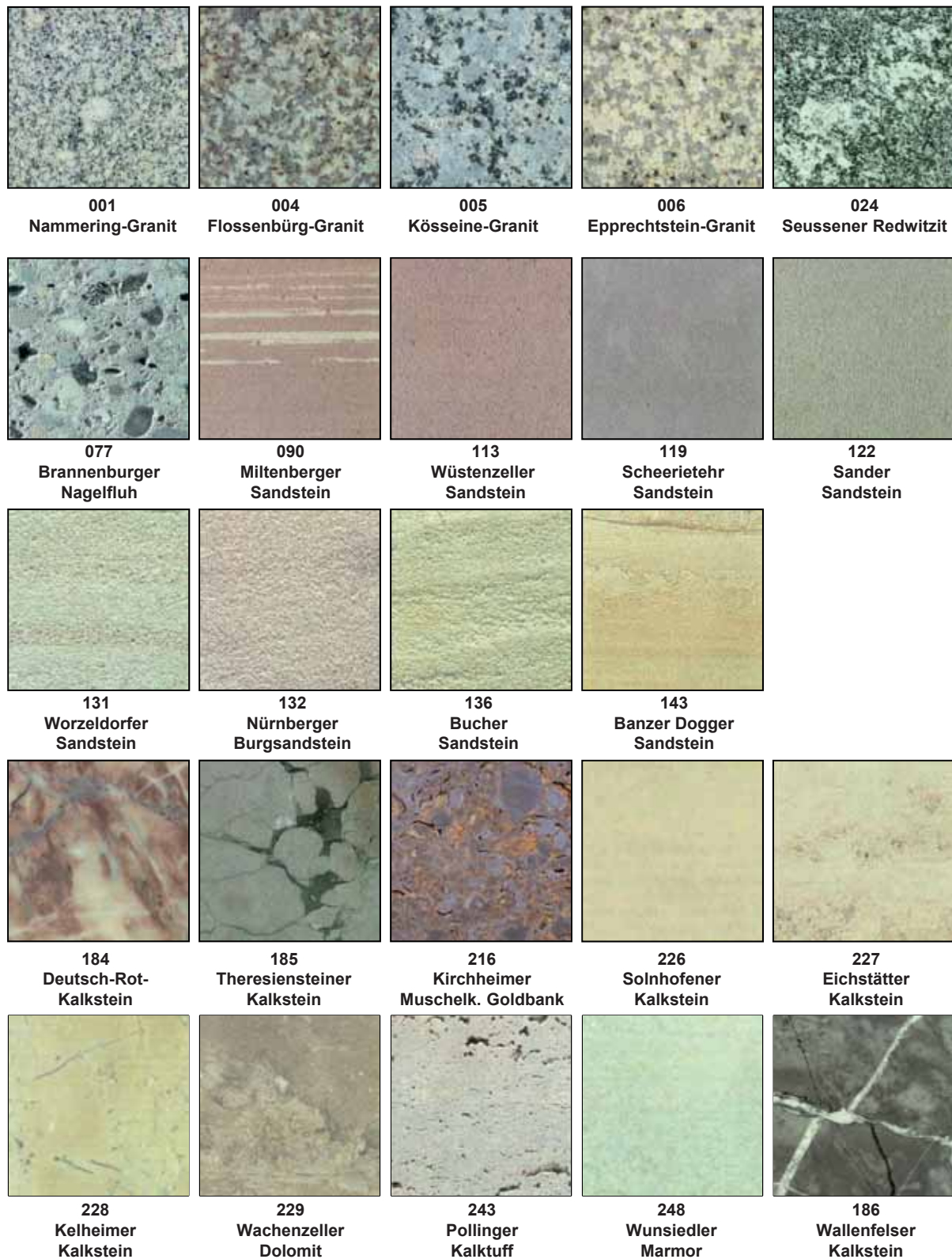


Luitpoldstraße 47 | 91052 Erlangen
Tel 0 91 31/86 -22 19 | Fax 0 91 31/86 -28 76
Öffnungszeiten:
Mo 8 – 12 und 14 – 18 Uhr | Di 8 – 12 und 14 – 16 Uhr
Mi 8 – 12 Uhr | Do 8 – 14 Uhr | Fr 8 – 12 Uhr



FAU
FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG





Gesteinsnummern aus:

GRIMM, W.-D. (2018): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland, 2. erweiterte Auflage, Textband und Bildband; 900 S., zahlreiche farbige Abbildungen, gebunden, Redaktion R. KOCH (Erlangen), Druck PrintCom Erlangen, Ebner Media Group GmbH & Co KG Ulm, , ISBN 978-3-87188-247-0

Redaktion: Prof. Dr. Roman Koch (GZN Erlangen)
 Satz: Geografik, Schwaig bei Nürnberg
 Druck: PRINT COM, Erlangen
 Erlangen, 2019

Vorwort

Die Arbeitstagung des Netzwerkes Steine in der Stadt« kann im Jahr 2019 aufgrund großzügiger Unterstützung in den neuen Räumen des Stadtarchivs Erlangen stattfinden.

In Erlangen besteht aufgrund vieler gemeinsamer Projekte seit mehr als 20 Jahren eine enge Verbindung zwischen den Geowissenschaften, den im Umkreis ansässigen Firmen des Steinabbaus und der Steinrestaurierung, der Stadt und dem Stadtarchiv, dem Städtischen Bauamt Erlangen-Nürnberg sowie Ingenieurbüros, Architekten und Steinmetzen.

Diese Kontakte haben dazu geführt, die Naturwerkstein-Forschung oft an aktuellen Fragestellungen aus-

gerichtet wurde (Restaurierung, Konservierung, Schadenskartierung, Steinersatz) und Studenten für Ihre Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten davon profitieren konnten.

Wir hoffen, dass die Tagungsteilnehmer auch etwas von dieser Erlangen-spezifischen Situation und der bereits von DELIUS (1760) erwähnten Glückseligkeit erfahren »Eine Gegend, wo sich Steinbrüche finden, kann diese als ein Teil der Glückseligkeit ansehen«.

Roman Koch & Andreas Jakob

Adressen der Autoren:

Bittner, Sven, Dr. – BLfD, Hofgraben 4, 80539 München; sven.bittner@blfd.bayern.de

Bohnacker, Iris, Geopark Schwäbische Alb, Marktstraße 17, 89601 Schelklingen; bohnacker@geopark-alb.de

Ehling, Angela, Dr. – WA, Wilhelmstr. 25-30, 13593, Berlin; angela.ehling@bgr.de

Ellger, Christof, Dr. – GeoUnion, Alfred-Wegener-Stiftung, Karl-Liebkecht-Str. 24-25, 14476 Potsdam; Christof.Ellger@geo-union.de

Jakob, Andreas, Dr. – Stadtarchiv Erlangen, Luitpoldstraße 47, 91054 Erlangen

Koch, Roman, Prof. Dr. – GZN-FG Paläoumwelt, Loewenichstr. 28, 91054 Erlangen; roman.koch@fau.de

Lehr, Ralf, Dr. – Am Wald 14, 93098 Roth; ralflehr@gmx.de

Lehrberger, Gerhard, Dr. – TUM, Arcisstraße 21, 80333, München; lehrberger@tum.de

Meinetsberger, Klaus, Architekt – Heimat- und Geschichtsverein Erlangen e.V., Walter-Flex-Straße 16, 91052 Erlangen; klaus@meinetsberger.net

Meinhardt, Jeanine, Prof. Dr. – FH Potsdam, Kiepenheuerallee 5, 14469 Potsdam; meinhardt@fh-potsdam.de

Nijland, Timo, Dr. – TNO, Postfach 155, 2600 AD, Delft; timo.nijland@tno.nl

Siegesmund, Siegfried, Prof. Dr. – Georg-August-Universität, Goldschmidtstr. 3, 37077 Göttingen; ssieses@gwdg.de

Peterek, Andreas, Dr. – GEOPARK Bayern-Böhmen, Marktplatz 1, 92711 Parkstein; andreas.peterek@geopark-bayern.de

Poschlod, Klaus, Dr. – Bayer. Landesamt für Umwelt, Bgm.-Ulrich-Str. 160, 86179 Augsburg; klaus.poschlod@lfu.bayern.de

Schirrmeister, Gerda, Dr. – Büro für Natursteinberatung, Frobenstraße 9, 10783, Berlin; gerda.schirrmeister@gmx.de

Sobott, Robert, Dr. Prof. – Labor für Baudenkmalpflege Naumburg, Domplatz 1, 6618 Naumburg; lfbdsobott@t-online.de

Zecha, Stefanie, Dr. – Weide 30, 96047 Bamberg; stefanie.zecha@gmx.de



Donnerstag, 11.4.2018:

- Koordinatorentreffen: 15.00-18.00 Uhr (GZN – Paläoumwelt; Loewenichstr. 28, 91054 Erlangen)
- Vorabend-Treffen (Icebraker) 19.00 Uhr (Kaiser-Wilhelm; Fichtestraße 2, 91054 Erlangen)

Freitag, 12.4.2018:

(Vorträge 30 Min. incl. Diskussion)

08:00-09:00	Registrierung + Posteraufhängen
09:00-09:30	Begrüßung
09:30-10:00	V1: (30 Min.) Jakob: Stadtgeschichte
10:00-10:30	V2: (30 Min.) Koch: Naturwerksteine d. Region
10:30-11:00	<i>Kaffepause</i>
11:00-11:30	V3: (30 Min.) Meinetsberger: Erlanger Stadtforscher
11:30-12:00	V4: (30 Min.) Schirrmeister: Fränkische und andere bayerische Naturwerksteine in Berlin
12:00-12:30	V5: (30 Min.) Lehrberger: Altdorfer Kalkstein - Ein Modegestein der Barockzeit
12:30-14:00	<i>Mittagspause</i> (Vorschläge werden am Tagungsbeginn mitgeteilt)

14:00 Exkursionen

Für Nicht-Mitfahrer: Vorschläge werden am Tagungsbeginn mitgeteilt (z. B. Siemens Med.-Museum, etc.)

Exkursion A:

Besuch der Bamberger Natursteinwerke Hermann Graser.-
Hermann Graser & Sven Bittner (Abfahrt: 14:00 - Stadtarchiv)

Exkursion B:

Historische Gebäude und Naturwerksteine in Erlangen.-
Andreas Jakob & Roman Koch (Beginn: 14:00 – Stadtarchiv)

Ab 19:00 Gemeinsames Abendessen: »Mein Lieber Schwan«, Hauptstraße 110, 91054 Erlangen

Samstag, 13.4.2018:

08:30-09:00	V6: (30 Min.)	Sobott: Naturwerksteine petrophysikalisch betrachtet
09:00-09:30	V7: (30 Min.)	Poschod: Der Protestantische Friedhof in Augsburg – Seine Geschichte und seine Besonderheiten
09:30-09:50	V8: (20 Min.)	Koch & Siegesmund: »Dedolomit« – das vergessene Gestein
09:50-10:10	V9: (20 Min.)	Lehr: Von der Kunst Stein zu machen
10:10-10:30	V10: (20 Min.)	Ehling: Global Heritage Stone
10:30-11:30		<i>Posterpräsentation + Diskussion + Kaffeepause</i>
11:30-11:50	V10: (20 Min.)	Bittner: »Suche nach dem Stein der Weisen« – Austauschmaterial für den Römerturm in Regensburg
11:50-12:10	V11: (20 Min.)	Ellger: Schiefer: Das Gestein des Jahres 2019 ist (häufig) ein Stein in der Stadt
12:10-13:00		Netzwerk SidS: Aktuelles, Tagung 2020 »Göttingen)
13:00-14:00		<i>Mittagspause</i> (Vorschläge werden am Tagungsbeginn mitgeteilt)

14:00 Exkursionen

Für Nicht-Mitfahrer: Vorschläge werden am Tagungsbeginn mitgeteilt (z. B. Siemens Med.-Museum-Besuch etc.)

Exkursion C:

Der Nürnberger Burgsandstein und der Worzeldorfer Quarzit.-
Roman Koch (Abfahrt: 14:00 - Stadtarchiv)

Exkursion D:

Nürnberg: Reichsparteitagsgelände.-
Angela Wirsing (Abfahrt: 14:00 - Stadtarchiv)

Exkursion E:

Nürnberg: St. Lorenz, St. Sebald, Seebalder Pfarrhof – historische Orte.-
Sven Bittner (Abfahrt: 14:00 - Stadtarchiv)

Sonntag 14.4.2018:**Exkursion F:**

Naturwerksteine der Südlichen Frankenalb (Treuchtlinger Kalkstein »Marmor«, Solnhofener Plattenkalk, Wachenzeller Dolomit)
Prof. Dr. Roman Koch
Abfahrt: 8:00 Uhr Stadtarchiv, Rückkehr gegen 15 Uhr

Poster:

- Bohnacker, I.:** Steine in der Stadt - Ein Rundgang durch die Stadt Ehingen verbindet Tourismus und Geobildung.
- Meinhardt, J.:** Die Gesteine des Bilderzyklus »Karl Liebknecht« im Lustgarten zu Potsdam
- Nijland, T.:** Eine Leuzitophyr des Perlerkopfs (Eifel) im mittelalterlichen Leiden, Niederlande
- Nijland, T.:** Ein Schutzmittel vom Anfang des 16. Jahrhunderts für neue Bentheimer Sandstein Kapitelle (Hooglandse Kerk, Leiden, Niederlande)
- Nijland, T.:** Bayerische Steine in den Niederlanden und Flandern
- Peterek, A. & Gräber, W.:** Kleine Kulturgeschichte des Trebgaster Sandsteins (Obefranken)
- Peterek, A. & Regner, R.:** Steine in der Stadt: Bayreuth (ausgewählte Beispiele)
- Zecha, S.:** »Making it real«: Augmented reality: Neue Perspektiven für »Steine in der Stadt«

Vorträge und Poster sind im Tagungsband jeweils separat alphabetisch geordnet.

Die Exkursionsbeiträge sind gemäß Exkursionen A-F aufgeführt

Auf der Suche nach dem Stein der Weisen – Ersatzmaterial für den Römerturm in Regensburg

Sven Bittner (München)

Die Stadt Regensburg gehört mit der weltbekannten Steinernen Brücke und dem Regensburger Dom zum UNESCO Welterbe. Neben diesen beiden Bauwerken wartet Regensburg mit einer Vielzahl weiterer, geschichtlich interessanter Bauwerke auf.

Der Römerturm (auch Pfalzturm) ist ein sechsgeschossiger Quader- und Bruchsteinbau, der auf die Zeit um 1210 datiert wird (Tafel-1). Eine bewegte Geschichte mit unterschiedlichsten Nutzungen und Ausbauphasen lassen dieses Denkmal sowohl für Historiker und Kunstgeschichtler als auch für Ingenieure und Naturwissenschaftler spannend und interessant erscheinen.

Die Zeit geht nicht spurlos an so einem Bauwerk vorbei. Unglücke wie Brände, kriegerische Auseinandersetzungen und auch die Natur selbst (Verwitterung) hinterlassen ihre, teils deutlichen, Spuren. Neben Rissen in den oberen Stockwerken ist vor allem das Buckelquadermauerwerk im untersten Stockwerk geschädigt. Die aus einem Granit mit idiomorph ausgebildeten Feldspäten bestehende Sockelzone erscheint, als dringend restaurierungsbedürftig. Das Einwirken von Feuer und Salzen sowie jahreszeitliche bedingte Frost-Tau-Wechsel führten bei vielen Quadern zu Gefügelockerungen, Verfärbungen, Ausbrüchen und Schalenbildungen (Tafel-1).

Für die bevorstehende Instandsetzungsmaßnahme ist es von grundlegender Bedeutung, die mögliche Herkunft des verbauten Granits zu kennen, oder zumindest vergleichbare Granite benennen zu können. Archivalisch finden sich leider keine brauchbaren Hinweise zur Herkunft des Materials. Allerdings wurden vergleichbare bzw. ähnliche Granite bei einigen Bau-

denkmalen ost-südöstlich von Regensburg verbaut (z. B. Kloster Frauenzell).

Aus diesem Grund macht sich das BLfD derzeit auf die Suche nach historisch belegten Steinabbaustellen der Region, um geeignetes Ersatz- bzw. Austauschmaterial zu finden. In einer ersten Phase wurden 7 verschiedene, ehemalige Steinabbaustellen im Bereich des sog. Thiergartens – einem Waldgebiet, welches im Besitz des Fürstlichen Forstamtes von Thurn und Taxis ist, angefahren und beprobt (Tafel-1). Neben Rohblöcken für die Anfertigung von Prüfkörpern galt das Augenmerk auch stark verwitterten oder sogar zu Grus zerfallenen Granitblöcken (Tafel-1). Aus diesem Lockermaterial soll versucht werden, passende Ergänzungsmörtel und Antragsmassen herzustellen. Das in dieser ersten Befahrung gewonnene Steinmaterial wird aktuell auf seine physikalischen Eigenschaften hin untersucht und mit den Kennwerten des Originalmaterials verglichen.

Von einem Erfolgsfall der Voruntersuchung versprechen sich die beteiligten Stellen, die Stadt Regensburg, das BLfD und Partner eine nachhaltige, umweltverträgliche und denkmalpflegerische Instandsetzung des Römerturms. Dieses objektspezifische Vorhaben ist als konsequente und praktische Fortsetzung des 2016 abgeschlossenen DBU-Projekts »Erfassung historischer Naturwerksteinvorkommen als Grundlage für deren umweltverträgliche Reaktivierung zwecks Restaurierung national bedeutender Kulturgüter in Bayern« zu verstehen. Die Beteiligten hoffen, dass dieses Vorhaben nur der Beginn einer Vielzahl von praktisch nutzbaren Folgeobjekten sein wird.



Tafel 1: A – Der Römerturm in Regensburg (Foto: Bittner, BLfD 2019); B - geschädigter Buckelquader aus Granit (Foto: Bittner, BLfD, 2019); C - Granitbrocken im aufgelassenen Steinbruch im Thiergarten (Foto: Bittner, BLfD 2018); D - aufgelassener Steinbruch im Thiergarten (Foto: Bittner, BLfD 2018).

Global Heritage Stone Resource – Status Quo

Angela Ehling (Berlin)

Die »International Union of Geological Sciences« (IUGS), eine der größten nicht-staatlichen, wissenschaftlichen Organisationen weltweit, hat auf ihrem 33. Weltkongress in Oslo 2008 beschlossen, einen neuen Titel für das Natursteinerbe einzuführen: »Global Heritage Stone Resource« kurz GHSR, (»Globales Erbe der Natursteinvorkommen«). Verantwortlich dafür zeichnet die »Heritage Stones Subcommission« (HSS).

Ziel der GHSR-Zertifizierung ist es, die Wahrnehmung und Wertschätzung des Natursteinerbes in unserer gebauten Umwelt zu erhöhen, die Sicherung des weiteren Abbaus zu unterstützen, entsprechende Rohstoffsicherungsflächen vorzuhalten und in der Denkmalpflege den Ersatz mit stofflich und ästhetisch unpassendem Austauschmaterial zu verhindern.

Voraussetzung für eine internationale Nominierung ist, dass der Stein überregional und an herausragenden Bauwerken verwendet wurde bzw. wird und in einer englischsprachigen, peer-reviewed-Publikation vorgestellt wurde.

Seit 2011 gibt es auf internationaler Ebene eine enge Zusammenarbeit mit der UNESCO und ihren beratenden Gremien IUNC (Welt-Naturschutz-Union), ICOMOS (Denkmalschutz) und ICCROM (Internationales Forschungszentrum für Denkmalpflege und Restaurierung).

Am 03.07.2018 konstituierte sich in Würzburg beim Deutschen Naturstein-Verband (DNV) eine deutsche GHSR-Arbeitsgruppe (s. u.). Die Arbeitsgruppe sieht ihre Hauptaufgaben darin, den Kontakt zur HSS der IUGS zu pflegen sowie die Beantragung zur GHSR-Zertifizierung ausgewählter deutscher Naturwerksteine zu initiieren und zu koordinieren. Weitere Aufgaben liegen in der Öffentlichkeitsarbeit und in der Zusammenarbeit mit den nationalen und internationalen Institutionen und Verbänden wie z. B. der Deutschen UNESCO Kommission (DUK), ICOMOS-ISCS, ICCROM und IUNC.

Neben der internationalen GHSR-Kennzeichnung will die Arbeitsgruppe nach dem Vorbild der IUGS auch eine nationale Kennzeichnung für historisch be-

deutende Naturwerksteine erarbeiten. Dabei können auch Naturwerksteine von regionaler Bedeutung, die nicht mehr in Abbau stehen, benannt werden, wenn ihre Verwendung für Bauten in der Region ins Bewusstsein der Öffentlichkeit und der Entscheidungsträger gerückt werden soll.

Neben ersten Ansätzen zu Publikationen über potentielle GHSR-Gesteine in Deutschland (Elbsandsteine, Mendiger Basaltlava, Rochlitzer Porphyrtuff) hat die AG im Rahmen einer neuen Buchserie der IUGS eine englischsprachige Publikation für 2022 angemeldet. Darin werden 10 deutsche UNESCO-Welterbestätten mit ihren Natursteinen vorgestellt.

Mitglieder der GHSR-Arbeitsgruppe

Dr. A. Ehling (BGR Berlin), Sprecherin der Arbeitsgruppe; angela.ehling@bgr.de

Dr. F. Häfner (Budenheim b. Mainz, RP); friedrich.haefner@gmx.de

Dr. L. Katzschmann (TLUG, Weimar); lutz.katzschmann@tlug.thueringen.de

Prof. Dr. R. Koch (FAU-GZN, Erlangen) roman.koch@fau.de

R. Krug (DNV, Würzburg); krug@natursteinverband.de

Dr. K. Poschlod (LfU Bayern, Augsburg); klaus.poschlod@lfu.bayern.de

Prof. Dr. H. Siedel (TU Dresden); heiner.siedel@tu-dresden.de

Prof. Dr. E. Stadlbauer (NLD, Hannover); erwin.stadlbauer@nld.niedersachsen.de

Dr. W. Wagner (Fachjournalist Mayen); fachjournalist@gutconsult.com

Dr. W. Werner (LGRB BW, Freiburg); wolfgang.werner@rpf.bwl.de

Schiefer: Das Gestein des Jahres 2019 ist (häufig) ein Stein in der Stadt!

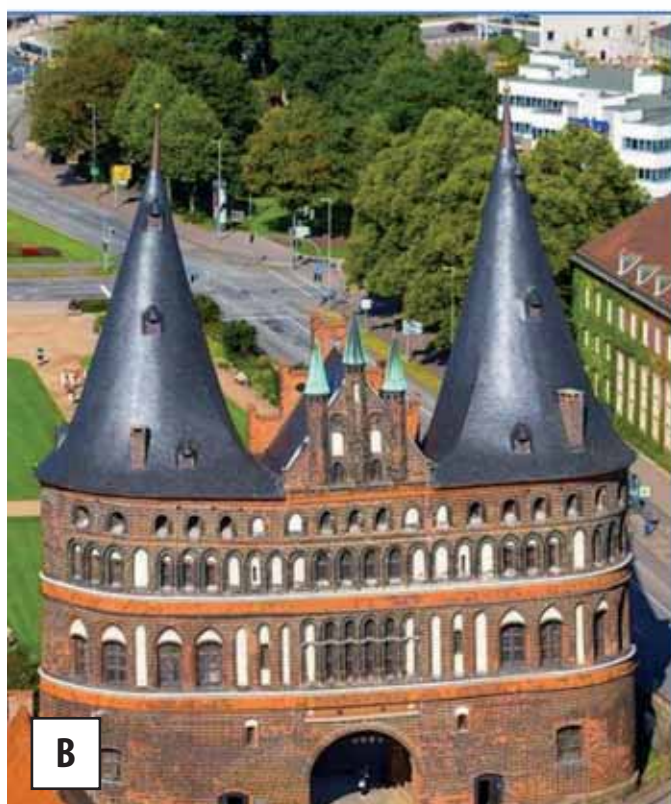
Christof Ellger (Potsdam)

Die verschiedenen etablierten Aktivitäten der geowissenschaftlichen Öffentlichkeitsarbeit in Deutschland haben alle ihre eigenständige Berechtigung, ja Notwendigkeit: die Geoparks, der Tag des Geotops, das Gestein des Jahres, das Netzwerk »Steine in der Stadt«, die geotouristischen Straßen, die geologischen Lehrpfade, die Veranstaltungen in den naturwissenschaftlichen Museen u.v.a. – Aber angesichts der vielzitierten Einsicht, dass die Geowissenschaften mit ihren Aufgaben, ihrer Bedeutung und Leistungen in der Öffentlichkeit in Deutschland noch viel zu wenig auftauchen und viel zu wenig bekannt sind, muss es auch darum gehen, diese verschiedenen Aktivitäten noch intensiver miteinander zu verknüpfen, damit aus dem Gesamtbild ein stärkerer Eindruck für die Gesellschaft resultiert.

Schiefer, das Gestein des Jahres 2019, eignet sich hervorragend, die beiden Stränge »Gestein des Jahres« und »Steine in der Stadt« miteinander zu verbinden. Schiefer prägt die Natur- und Kulturlandschaft Mitteleuropas in zweierlei Hinsicht: einerseits mit seinen weit verbreiteten Vorkommen, den ehemaligen und aktuellen Abbaustandorten, andererseits als wichtiger (Natur-) Werkstein im Städtebau, wobei der Schiefer natürlich vorrangig in den Herkunftsregionen Verwendung fand, darüber hinaus aber auch als edles und prestigeträchtiges Baumaterial an Repräsentationsbauten aller Art in

allen Teilen Deutschlands und anderen europäischen Ländern genutzt wurde.

Geodidaktisch lassen sich am Beispiel des Schiefers eine Fülle von Phänomenen und Prozessen thematisieren: Ausgehend von der Petrographie und Mineralogie des Gesteins und seinen charakteristischen Eigenschaften sind die Zusammenhänge von Metamorphose und Gebirgsbildung interessant –mit einer lehrreichen Anknüpfung an die Tektonik. In Abhängigkeit von den Entstehungsbedingungen kann die Verteilung der Vorkommen und Lagerstätten beschrieben werden. Ein anderes Themenfeld sind die wirtschaftsgeographischen Aspekte des Schieferabbaus, der Verarbeitung, Vermarktung sowie der Verwendung des Werksteins, dabei vor allem die Entwicklung der einzelnen Abbaureviere und -standorte unter dem Einfluss von geologischer Situation, Wettbewerbsverhältnissen (mit ausländischen Schiefen bzw. mit anderen Baumaterialien), Architekturmoden oder technischen Innovationen. Unter den von geologischen Kenntnissen noch Unbehelligten gibt es viele, die sich sehr für die ästhetische Qualität des Schiefers interessieren und die Nutzung des Materials in der Bildenden Kunst. Auch dieses Interesse gilt es zu nutzen, um geowissenschaftliche Sachverhalte in die Öffentlichkeit zu tragen.



Tafel-1: A - Schiefer in Lehesten (Photo: Susen Reuter, Weimar); B - Holstentor Lübeck (Photo: Christian Wolf, Wikimedia Commons); C - Landesvertretung Brandenburg/Mecklenburg Vorpommern (Photo De-okin 2009, Wikimedia Commons).

Die Geschichte Erlangens im Überblick

Andreas Jakob (Erlangen)

Erlangen ist eine ungewöhnliche Stadt, egal ob man sich ihr aus der Luft, auf dem Landweg oder geschichtlich nähert. Erwähnt wurde die »villa Erlangon« – vermutlich Alterlangen westlich der Regnitz – erstmalig 1002, und damit 48 Jahre vor Nürnberg. Wohl aufgrund seiner verkehrsgünstigen Lage an Handelsstraßen von und nach Nürnberg findet sich Erlangen auf den ältesten Deutschen Straßenkarten. Zunächst im Besitz des Bamberger Domkapitels erwarb 1361 Kaiser Karl IV. den kleinen Ort für das Königreich Böhmen. 1374 erhielt er Markt- und unter König Wenzel 1398 Stadtrechte, bevor es 1402 zur Markgrafschaft Bayreuth kam. Die kleine, nur 956 ha große Gemarkung war eng umschlossen von Nürnberger oder Bamberger Besitz.

1686 wurde südlich des kleinen, im Dreißigjährigen Krieg völlig zerstörten und dann wieder aufgebauten Städtchens Erlang, das damals etwa 500 Einwohner hatte, zur Ansiedlung von Hugenotten, also französischen Calvinisten, die Neustadt Erlang als barocke Plan- oder Idealstadt gegründet. Charakteristisch sind das Rasterystem der schnurgeraden, sich rechtwinklig kreuzenden Straßen und die trotz aller späteren Veränderungen einheitlich wirkenden Fronten der überwiegend zwei- und dreigeschossigen Traufseithäuser.

Neben und nach den Hugenotten siedelten sich Waldenser, Lutheraner aus der Region, Salzburger Exulanten und andere Glaubensgruppen an. In den Jahren 1700 bis 1703 wurde an der Ostseite des großen Stadtplatzes das Schloss und dahinter ein ursprünglich über 300 m breiter und 700 m langer Garten mit Orangerie, Springbrunnen und Reiterdenkmal angelegt. In bestimmten Strukturen erinnerte die städtebauliche Situation an Versailles und den Petersplatz in Rom. Fast hätte Erlangen Bayreuth als Residenzstadt der Markgrafschaft Bayreuth abgelöst. Nach einer schwierigen Anfangszeit begann ein regelrechter Boom und die ursprüngliche Idealstadtanlage musste mehrfach erweitert werden. Nach dem Brand der – seit 1686 so genannten – Altstadt Erlangen am 14. August 1706 wurde diese nach dem Vorbild der Neustadt mit geraden Straßen und Platzfronten und einem einheitlichen Haustypus wiederaufgebaut. Am 4. November 1743 eröffnete in den Gebäuden der ehemaligen Ritterakademie die Friedrich-, seit 1769 Friedrich-Alexander-Universität.

Hundert Jahre nach der Gründung der Neustadt war Erlangen – Alt und Neustadt – 1792 mit 8178 Einwohnern nach Bayreuth die zweitgrößte Stadt des Fürstentums und mit einem Anteil von 24 Prozent an den Erzeugnissen aller Fabriken und Manufakturen des Landes und einem Exportanteil von 31 Prozent aller Manufakturen dessen Industriezentrum.

1792 fiel Erlangen mit dem Fürstentum Bayreuth an das Königreich Preußen, von 1806 bis 1810 gehörte es zum Kaiserreich Frankreich bevor es dann an Bayern – damals gerade seit vier Jahren Königreich – kam. Nach dem Niedergang der im 18. Jahrhundert blühenden Gewerbe blieb die Universität als wichtigster Wirtschaftsfaktor. Ihre Theologische Fakultät, die für die Ausbildung evangelischer Pfarrer für die protestantischen Neubayerischen Gebiete in Franken und in der Pfalz benötigt wurde, sicherte ihre Fortexistenz in einer Zeit, als viele andere Universitäten geschlossen wurden. Ihre Bedeutung für die Stadt spiegelt der geflügelte Spruch: »Andere Städte haben eine Universität, Erlangen ist eine«. Aber erst 1889 wurde erstmals die Zahl von 1000 Studenten überschritten.

Aufgrund der vielen Brauereien in der Stadt und im Umland, nicht zuletzt auch wegen der 1755 gegründeten Bergkirchweih hatte Erlangen bei Studenten den Ruf einer »Bierinsel«. Seit 1843 konnte der westlich der Stadt angelegte der Ludwig-Donau-Main-Kanal genutzt werden. An diese heute unter der Trasse des Frankenschnellwegs verschwundene Wasserstraße erinnert am Fuß des Burgbergs das bedeutende Kanal-Denkmal. Der Anschluss an die von Lindau am Bodensee bis Hof geführte Ludwig-Nord-Südbahn am 25. August 1844 kam vor allem den großen Erlanger Exportbrauereien zu Gute, die ihr Bier bis nach Norddeutschland und weiter absetzen konnten. Das »Erlanger« – ähnlich dem Pilsener - als Gattungsbegriff für ein dunkles, kräftiges Bier ist heute noch in Skandinavien und Norddeutschland bekannt.

1868 wurde Erlangen Garnisonstadt. Zunächst Standort eines Jägerbataillons, bezogen 1890 das 19. Kgl. Bayer. Infanterieregiment und 1901 das 10. Kgl. Bayerische Feldartillerieregiment jeweils riesigen Kasernenanlagen. Durch die Anlage eines großen Exerzierplatzes 1894 und die Eingemeindungen von Sieglitzhof 1919, Alterlangen 1920, Büchenbach 1923 und Bruck 1924 begann Erlangen über seine mittelalterliche Gemarkung hinaus zu wachsen. 1919 hatte die Stadt 23.521 Einwohner, 1939 aber schon 34.066. Wichtigste Gewerbe bzw. Industrien waren eine Baumwollspinnerei, verschiedene Brauereien und die Medizintechnikfirma Reiniger, Gebbert und Schall, seit 1932 Siemens-Reiniger.

In den politisch instabilen Zeiten nach dem Ersten Weltkrieg rückten vor allem die radikalisierten und teilweise traumatisierten Studenten nach rechts. 1929 hatte Erlangen den ersten ASTa (Allgemeiner Studentenausschuss) mit einer mehrheitlich »braunen« Zusammensetzung. Der Antisemitismus gegen die kleine Judengemeinde nahm ständig zu. Trotzdem gelang es



Abb. 1: Homann-Plan 1721 IV.B.7



Abb. 2: Erlangen von Westen, Bernd Böhner XIII.0.A.1

rechten Kräften in den freien Wahlen vor 1933 nie, die politische Mehrheit zu erhalten.

Aufgrund glücklicher Umstände überstand Erlangen den Zweiten Weltkrieg ohne nennenswerte Zerstörungen. Ende 1946 hatte es 45.536 Einwohner. Aufgrund der Verlegung der Hauptverwaltung von Siemens-Halske von Berlin nach hierher, durch den Zuzug von Flüchtlingen und Heimatvertriebenen, aber auch durch weitere Eingemeindungen wuchs das Stadtgebiet bis 1972 auf 7684 ha, und damit fast auf das Achtfache der noch um 1900 verfügbaren Fläche. Nach einem stürmischen Wachstum – 1974 wurde Erlangen mit der Geburt des 100.000 Einwohners Großstadt – wurde in der Folgezeit bewusst Wert auf den Ausgleich von Ökonomie und Ökologie gelegt. Um das Jahr 2000 war die große Vision Erlangen als »Bundeshauptstadt der Medizinischen Forschung, Produktion und Dienstleistung«. 2014 gab es hier bei 108.000 Einwohnern 104.000 Arbeitsplätze. Heute leben hier 113.752 Menschen (31.12.2018).

Nähert man sich Erlangen aus der Luft, ist es eine Stadt im Grünen, die sich weit zu beiden Seiten des breiten Regnitztals erstreckt. Klar zu erkennen ist die Rasterstruktur der Barockstadt um den immer noch großen Schlossgarten. Kommt man mit der Bahn, dem Auto oder zu Fuß, sind nicht geringe Schwierigkeiten zu überwinden, sich zu orientieren. Ungewöhnlich im Zentrum einer bundesdeutschen Großstadt wirken die aus Sandstein gebauten Kirchen, die hauptsächlich zwei- und dreigeschossigen Häuser, viele mit Sandsteinfassaden, die einheitlichen Hausfronten. Das Erlangen bis Anfang des 19. Jahrhunderts als »eine der schönsten Städte Deutschlands galt, wegen der geometrischen Anlage«, ist aber kaum mehr zu vermitteln. Am klarsten erschließt sich die vielseitige Vergangenheit dieser niemals langweiligen Stadt, die immer wieder erstaunliche Bezüge zur europäischen oder globalen Geschichte aufweist, in der umfangreichen Literatur.

Naturwerksteine der Region

Roman Koch (Erlangen)

Als »Naturwerksteine der Region«, die in Erlangen verwendet wurden, sind an erster Stelle die Burgsandsteine des Mittleren und Oberen Keuper zu nennen, die ganz unterschiedliche Qualität und Farben aufweisen. Sie wurden vorwiegend am Burgberg (332 m) gebrochen, der sich unmittelbar im Nordteil von Erlangen erhebt (Abb. 1) und aus Unterem, Mittlerem und Oberem Burgsandstein aufgebaut ist (HAARLÄNDER 1962). Am nördlich davon liegenden Rathsberg (388 m) wurden dagegen hauptsächlich die überwiegend gelblichen Rhät-Sandstein abgebaut, die sich durch besonders gute Qualität auszeichnen. Weitere z. T. sehr bedeutende Steinbrüche befanden sich südlich (z. B. Ohrwaschel) und nordwestlich (z. B. Giesberg) von Erlangen. Diese große Zahl an Sandsteinbrüchen führte dazu, dass DELIUS (1760, in v. FREYBERG, 1980) in seiner ersten Schrift über die Steinbrüche von Erlangen deren Wert wie folgt beschreibt: »Eine Gegend, wo sich Steinbrüche finden, kann diese als ein Teil der Glückseligkeit ansehen«.

Dazu ist zu erwähnen, dass der Burgberg nie eine Burg getragen hat. Der Name ist eine Verkürzung des Wortes »Bürgerberg«, da der Berg Eigentum der Bürger und von ihnen bewohnt wurde. Der Rathsberg (auch heute die noch »edlere« Wohngegend) wurde nach

seinen ehemaligen Besitzern im 16. Jahrhundert, den Rathsherren von Erlangen, benannt.

Der Name »Burgsandstein« wird seit GÜMBEL (1891) im Hinblick auf die an den Burgen von Nürnberg und Cadolzburg anstehende Schichtfolge verwendet.

Sie besteht sich aus einem unregelmäßigen Wechsel von vielfarbigem (rötlich, braun, gelblich, weiß, grau), mal festen, mal lockeren Sandsteinen und roten und grüngäuen Letten (Tonhorizonten). Diese Letten stellen dabei keine aushaltenden Grenzlagen dar, wie es noch von v. FREYBERG (1980) und in der Geologischen Karte (s. Abb. 1) den Eindruck erwecken kann. Sie sind vielmehr als auskeilende, regionale Tonablagerungen in einem zeitlich und räumlich komplexen mäandrierenden Fluß-System zu sehen (KOCH et al., 2015).

Am Burgberg wurden Steine für den Hausbau seit dem hohen Mittelalter gebrochen (früheste Hinweis 1619). Für den Bau der Neustadt »Christian-Erlang« (ab 1686) und den Wiederaufbau der Altstadt nach dem großen Stadtbrand (ab 1706) sind hauptsächlich Steine vom Burgberg verwendet worden (Abb. 2). Einen letzten Aufschwung erfuhr die Steingewinnung am Burgberg ab Mitte des 19. Jahrhunderts, als zahlreiche Universitätsgebäude neu gebaut wurden. Anfang des 20. Jahrhunderts endete die Steinausbeute.

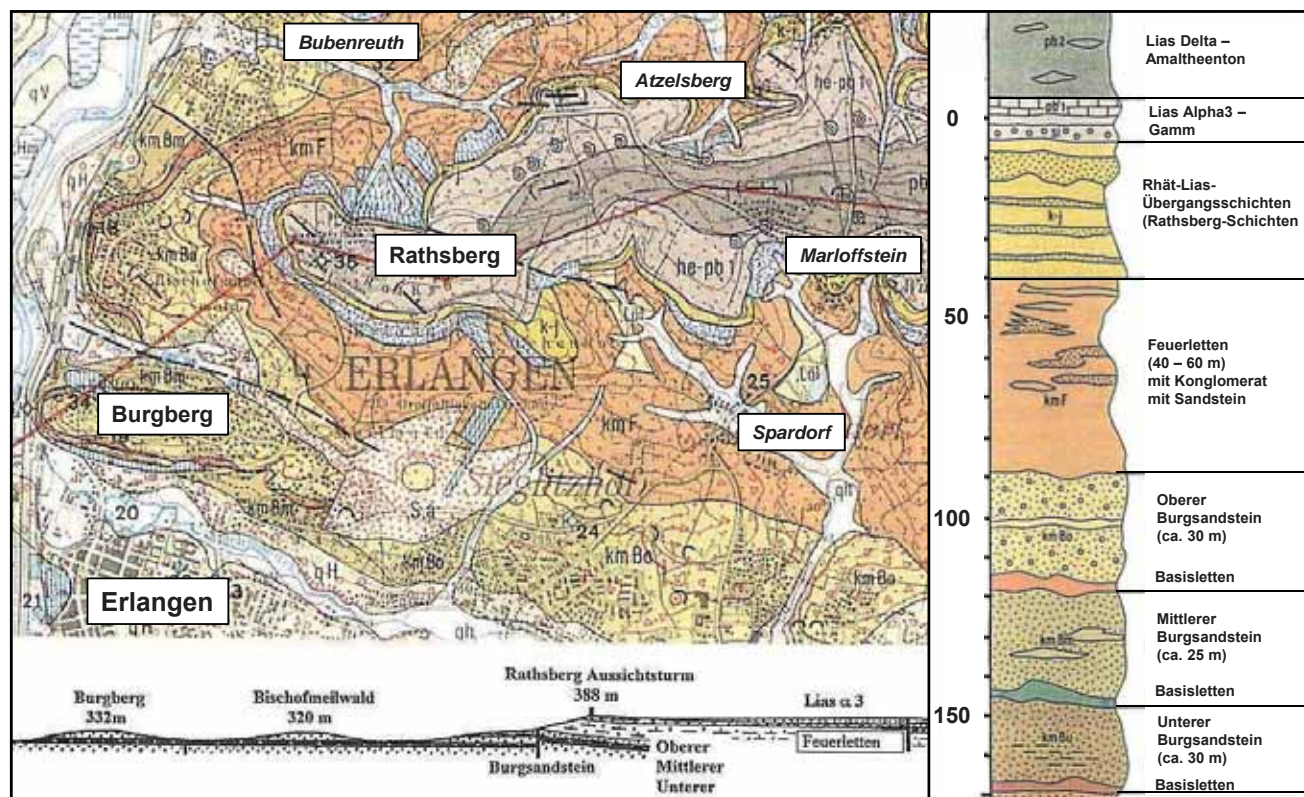


Abb. 1: Ausschnitt Burgberg-Rathsberg aus der Geologischen Karte 1:25.000 und lithologische Säule der anstehenden Schichtfolge (Blatt 6332 Erlangen Nord (Bayer. Geol Landesamt, 1968; KRUMBECK 1929; revidiert von BIRZER & HAARLÄNDER 1960 und SCHRÖDER 1967) (Schnitt = rote Linie).



Abb. 2: Sandsteintypen vom Burgberg (Fotos R. Koch; Bildbreite = 4 cm); A – grobkörnig, braun, schwach verfestigt; B – rötlich-braun, schwach verfestigt; C – mittelkörnig, grau, stark verfestigt; D – feinkörnig, weißlich-rötlich, schlierig, gut verfestigt; E – feinkörnig, braun, gut verfestigt; F – fein- bis mittelkörnig, weiß-fleckig, mäßig verfestigt.

Noch heute lassen sich 26 Steinbrüche (Abb. 4) und die Herkunft der Steine für einige Bauten und Objekte nachweisen (v. FREYBERG, 1980). So wurde die große Reiterstatue des Markgrafendenkmals im Schlossgarten aus dem Stbr. Nr. 3 gefertigt. Für den Bau des Krankenhauses und der Stadtmauer (1737) wurden Steine aus dem Bruch 2a verwendet. Der reinweiße Stein (Nr. 17) wurde zum Bau des Brauhauses und der Katholischen Kirche verwendet. Der rote Sandstein (Bruch 19) wurde für den Bau des Justizpalastes in Nürnberg geliefert.

An dem »Sperriegel« des Burgberges konnten die Fernstraße Nürnberg-Bamberg sowie der Ludwig-Donau-Main-Kanal zwischen der Regnitz und dem Westhang des Berges noch vorbeigeführt werden.

Zur Einweihung des Ludwig-Donau-Main-Kanals im Jahr 1846 wurde an der Westseite des Burgbergs direkt über der Kanaltrasse das monumentale *Kanaldenkmal* errichtet. Auf einem hohen Sockel stellt es die sich zugewandten Personifikationen von Main und Donau dar, eingerahmt von zwei Figuren (Handel und Schifffahrt). Es gilt als das bedeutendste Denkmal des 19. Jahrhunderts in Mittelfranken (Abb. 4).



Abb. 3: Blick (um 1828) vom Steinbruch (Nr. 4a in Abb. 4) nach Süden auf Erlangen (aus v. FEYBERG, 1980).

Als 1844 die Bahnstrecke Nürnberg-Bamberg als Teil der Ludwig-Süd-Nord-Bahn gebaut wurde, war für eine Eisenbahntrasse kein Platz mehr. Deshalb entschied man sich zum Bau eines Tunnels (1841-1844) durch den Burgberg. Es war der erste bayerische Eisenbahntunnel (Länge: 306,65 m). Im Rahmen des viergleisigen Ausbaus der Bahnstrecke Nürnberg-Ebensfeld (VDE 8.1) wurde 2015 bis 2016 eine zweite Röhre neben dem Tunnel von 1844 errichtet. Bei einer maximalen Überdeckung von 38 Metern ist sie ebenfalls 306 Meter lang, um die historische Portalsituation zu erhalten (KOCH et al. 2015).

Die Region Erlangen-Nürnberg ist ferner von zahlreichem Natursteinvorkommen umgeben, die historisch abgebaut wurden und heute noch vielfach in Betrieb sind. Mit insgesamt 49 bedeutenden Vorkommen war und ist die Region mit noch heute mit 22 aktiven Natursteinbrüchen gut ausgestattet. Von 34 Naturwerksteinvorkommen im Umkreis von 100 km sind 19 Steinbrüche noch heute in Betrieb und umfassen kristalline Gesteine, Sandsteine und Kalksteine. Von 15 Vorkommen, die bis zu 250 km von Erlangen entfernt sind, sind nur noch drei Steinbrüche (Granit, Nagelfluh, Kalktuff) in Betrieb.

Die damalige Mode dunkler, »gesetzter« Farbe der besonders von 1801-1830 verwendeten Gesteine kann man heute besonders in historischen Bauten (Schloss, Universitätsbibliothek, Orangerie, Gymnasien etc.) bestaunen (Abb. 6)

In neuer Zeit wurden die in der weiteren Umgebung anstehenden Gesteine verbaut, die man heute überall findet (Muschelkalk, Jura Kalksteine, Main-Sandsteine, Nagelfluh).

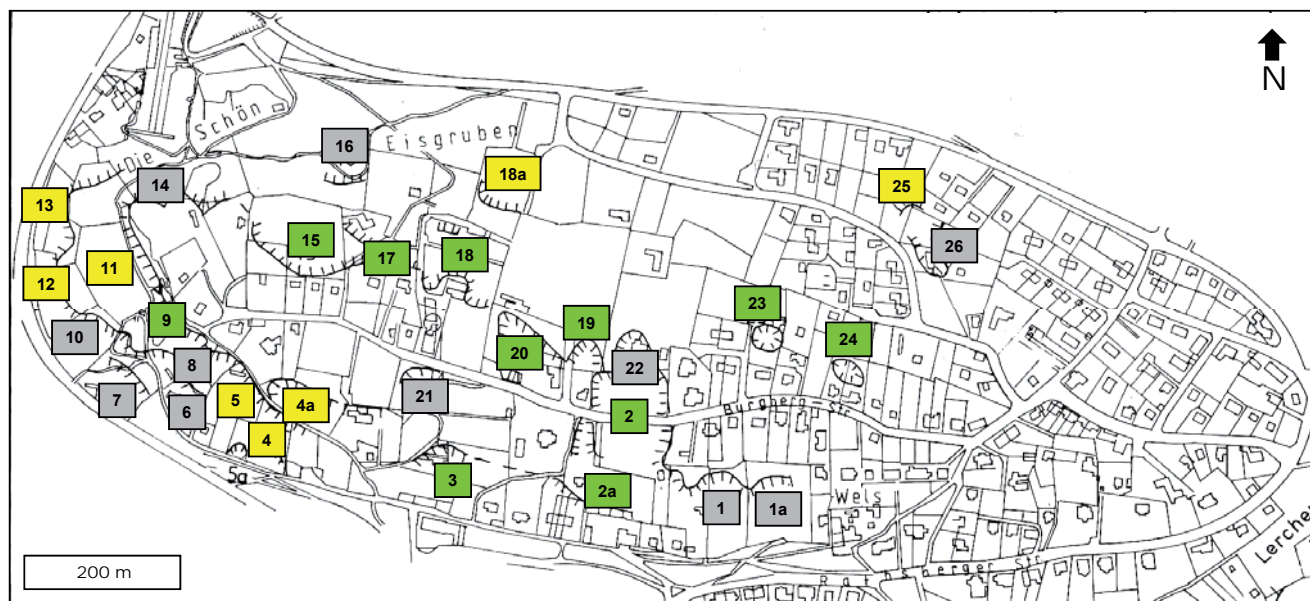


Abb. 4: Der Burgberg mit den von v. FREYBERG (1980) dokumentierten 26 Steinbrüchen. Grün = Vorwiegend gute Steine des Oberen Burgsandstein; noch heute begehbar; gelb = mäßige bis gute Qualität des Unteren und Mittleren Burgsandsteins; grau keine genauen Angaben mehr verfügbar.

Literatur:

- Bayer. Geol Landesamt (Blatt 6332 Erlangen Nord (1968: KRUMBECK 1929; revidiert von BIRZER & HAARLÄNDER 1960 und SCHRÖDER 1967).
- FREYBERG, B. v. (1980): Zur Steinbruchgeschichte in und um Erlangen. – *Erlanger Bausteine*, 27, 7-130.
- HAARLÄNDER, W. (1962): Der Burgsandstein des Burgberg-Gebietes in Erlangen. Mit 1 Karte (Taf. 1) und 12 Abb. – *Geol. Bl. NO-Bayern* 12, 1: 16-56, Erlangen.
- KOCH, R., NOLLAU, G., MILLEN, B., KESKE, F., HAUPTMANN, H., HERZIG, S. & TÜRK, A. (2015): Ausbau und Neubau des Burgbergtunnels in Erlangen. Das Verkehrsprojekt Deutsche Einheit (VDE) der Deutschen Bahn AG in Erlangen. Teil 1: Planung und geologische Grundlagen (Stand Mai 2015). – *Geol. Bl. NO-Bayern*, 65, 195-220, Erlangen.



Abb. 5: Das Kanaldenkmal an der Bundesstraße am Westende des Burgberges (Foto R. Koch 2019)

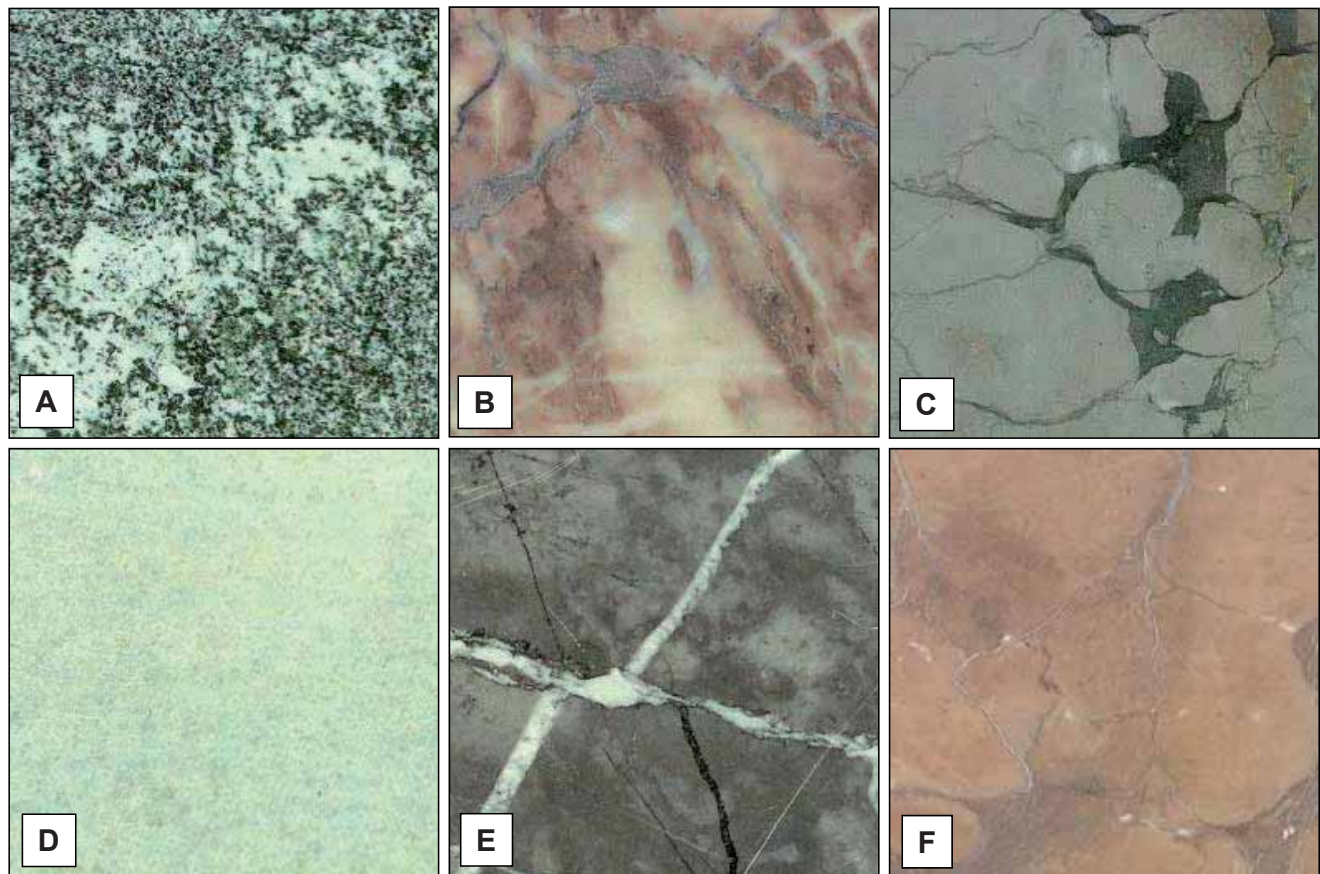


Abb. 6: Beispiel von an historischen Bauten eingesetzte Gesteine (Grimm-Nr., Treppen, Boden- und Wandplatten). A – 024: Seussener Redwitzit; B – 184: Deutsch-Rot-Kalkstein; C – 185: Theresiensteiner Kalkst; D – 148: Wunsiedler Marmor; E – 186: Wallenfesler Kalkstein; F – 225: Ruhpolsinger Kalkstein.

“Dedolomit” – das vergessene Gestein

Roman Koch (Erlangen) & Siegfried Siegesmund (Göttingen)

Spricht man bei Naturwerksteinen von Dolomit, so denkt man an verwitterungsstabile Gesteine, die aufgrund ihrer hohen Interkristallinporosität auch besonders frostbeständig sind und daher oft als Pflastersteine verwendet werden (Abb. 1/A). Auch im Innenbereich wird Dolomit aufgrund seiner schönen, warmen, graubraunen Farbe gerne als Bodenplatten verwendet (Abb. 1/C). Ferner werden auch größere Kunstobjekte wie Sessel oder Wannen aus Dolomit gefertigt.

Der Wachenzeller Dolomit wird mit diffusem, lagig orientiertem Wechsel von feinkörnigen, braunen und zuckerkörnigen Bereichen beschrieben (GRIMM, 2018). Der Kleinziegelfelder Dolomit wird dagegen als wolkig ohne Schichtung aufgeführt. Beide Dolomit-Typen werden als gut verwitterungsresistent ohne Schäden nach Salzsprengtest eingestuft. Ausbleichen kann nur nach längerer Exposition auftreten. Die Gesteine wer-

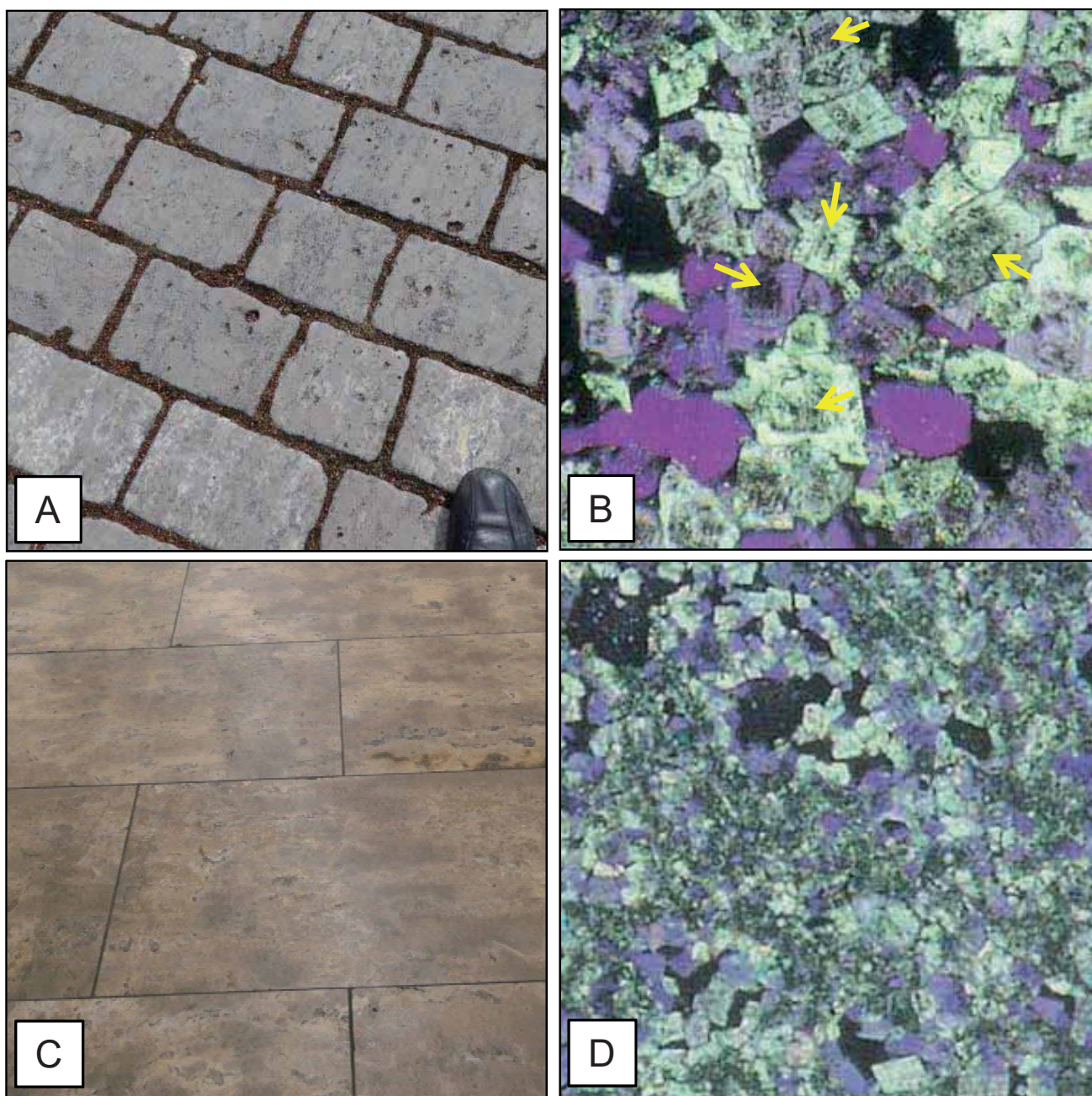


Abb. 1: Dedolomit als Naturwerkstein. A – Wachenzeller Dolomit als Pflasterstein (Photo: K. Poschlod); B – Wachenzeller Dolomit; mikroskopisches Bild (aus Grimm 2018); Interkristallinporosität = lila, Pfeile = zonare Dolomitkristalle mit zentraler Zersetzung (= Dedolomit); C – Dolomit als Bodenplatten mit hellen, wolkigen Bereichen (Photo: S. Siegesmund); D – Kleinziegelfelder Dolomit; mikroskopisches Bild (aus Grimm 2018); Interkristallinporosität = lila

den für Grabmale, Denkmale, Massivbauten, Treppen sowie Boden- und Wandplatten verwendet.

Das mikroskopische Bild (Abb. 1B und 1D) zeigt, dass selbst Dolomit aus unterschiedlichen Bildungsbereichen überwiegend aus gut ausgebildeten idiomorphen und hypidiomorphen Kristallen besteht, die vollständig oder partiell die charakteristische Rhombeder-Morphologie aufweisen. Zwischen den Kristallen kann Interkristallinporosität zu unterschiedlichen Anteilen vorhanden sein (Abb. 1/B und 1/D). Der Anteil dieser Interkristallinporosität beeinflusst die Froststabilität unmittelbar.

Doch schon ein genauer Blick z. B. auf Abb. 1/B zeigt, dass idiomorphe, zonare Dolomitekristalle auftreten, die in ihrem meist einschussreichen, »schmutzig« erscheinenden Kern, der ebenfalls in idiomorpher Rhombeder-Form ausgebildet ist, partiell zersetzt sind.

Die Schäden in den untersuchten Bodenplatten (Innenbereich) zeigen sich durch einen gelblich/bräunlich verfärbten weichen Bereich aus feinem Mehl, das problemlos ausgekratzt werden kann. Es ergab sich ein Hohlraum von mehreren Zentimetern, der durch die ganze Bodenplatte reichte. Unmittelbar daneben befand sich ein verspachtelter Bereich (Abb. 2/A), was darauf hinweist, dass auch dort bereits weiche Areale vorhanden waren, die ausgeräumt wurden. Die weiche, bräunlich Füllung besteht aus einzelnen Dolomitekristallen und tonig, erdigem Rückstand.

Derartige »Dolomit-Sand« aus einzelnen Kristallen ist auch in Aufschlüssen an Straßen häufig zu finden

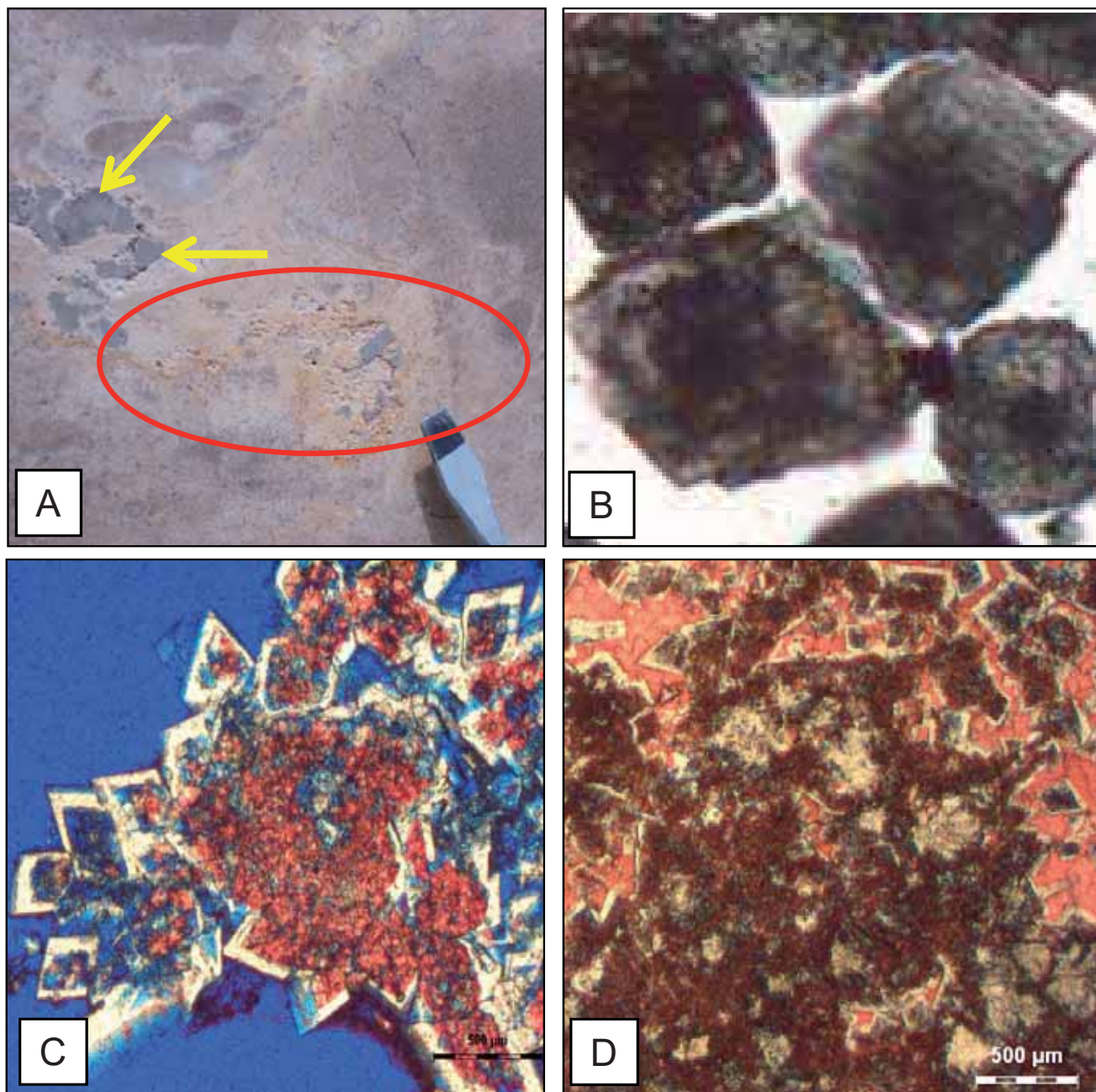


Abb. 2: Dedolomit als Naturwerkstein. A – Wachenzeller Dolomit; wolzig, porös (Ellipse) mit gespachtelten Zonen (Pfeile); B – Zerfall von Dolomit in Dolomit-Kristallsand; Ortseinfahrt Stadelhofen; Fränkische Schweiz; Kristallgröße maximal 0,5 mm (aus Koch 2011); C – Bildung von Dedolomit in zonarem, kristallinem Dolomit (blau = Porenraum; rot = Alizarin-S Färbung von Calcit); D – in kristallinen Kalk (rot = Calcit) zersetzter Dolomit (Dedolomit) mit Relikten von dünnen zonaren Anwachs säumen.

(Abb. 2/B). Hier zerfällt der Dolomitmfels in-situ in Kristallsand durch Auflösen der Kristall-Kontaktpunkte. Die mikroskopische Untersuchung des Randbereichs der zersetzten, weichen Zone zeigt dass die zonaren Dolomitekristalle durch Auflösen der offensichtlich instabilen Kernzone porös werden, während der klare Kristall-Anwachssaum stabil bleibt. Diese, dann porösen Innenbereiche können durch granularen Calcit wieder partiell gefüllt werden (Abb. 2/C). In anderen Bereichen des Randes der mürben Zone weisen Kristalle nur dünne helle Anwachssäume auf. Sie sind überwiegend noch mit Mikrit verfüllt und von grobkristallinem Calcit umgeben (Abb. 2/D).

Diese in verschiedenen Stadien eintretende Umwandlung der Dolomitekristalle wird als »Dedolomitisierung« beschrieben und das daraus entstandene »neue« Gestein als Dedolomit bezeichnet (EVAMY, 1963, 1967). Dabei wird meist auch die fast vollständige Umwandlung in ein nun besonders poröses Gestein als Dedolomit bezeichnet. Ebenso ist die direkte Umwandlung von Dolomit in Calcit ohne Bildung von Porosität,

die ein besonders hartes Gestein neu entstehen lässt, das nur aus dichtem kristallinem Calcit besteht, unter dem Begriff »Dedolomit« eingeordnet. Einige Autoren würden dieses Gestein lieber als »Recalcit« benennen.

All diesen verschiedenen Dedolomit-Typen werden unter oberflächennahen Bedingungen bei hohem CO₂-Partialdruck, hohem Ca/Mg-Verhältnis der Karstwässer und normaler Temperaturen gebildet.

Literatur:

- EVAMY, B.D. (1967): Dedolomitization and the development of rhombohedral pores in limestones. – *J. Sed Petrol.*, 37, 1204-1215, Tulsa.
- EVAMY, B. D. (1963): The application of a chemical staining technique to a study of dedolomitisation. – *Sedimentology*, 2, 164-170, Oxford.
- KOCH, R. (2011): Dolomit und Dolomit-Zerfall im Malm Süddeutschlands – Verbreitung, Bildungsmodelle, Dolomit-Karst. – *Laichinger Höhlenfreund*, 46, 75-92, Laichingen.

Von der Kunst Stein zu manchen

Ralf Lehr (Roith)

Das Feuer zu beherrschen hat in der Menschheitsgeschichte mehrfach ‚Quantensprünge‘ in der gesellschaftlichen Entwicklung ermöglicht. Als einen solchen ‚Quantensprung‘ kann man die Entdeckung bezeichnen, dass sich durch eine entsprechend hohe thermische Einwirkung bestimmte Steine derart chemische verändern, dass der hierdurch entstandene leicht zerfallende Gesteinsrückstand unter Zugabe von Wasser an der Luft wieder zu einem festen Gestein erstarrt. Man konnte Stein nun also leicht in eine gewünschte Form bringen und so die Mühsal der Gesteinsbearbeitung umgehen.

Vor etwa 18000 Jahren gelang es Menschen in China - in einer Höhle in der Provinz Hunan wurde dieses Alter an den dort gefundenen Keramikscherben ermittelt - künstlichen festen Stein zu erzeugen.

Dass man im alten Ägypten das Brennen von Gips und Kalk verstand, ist hinreichend dokumentiert. Das prominenteste Beispiel ist sicherlich die vor rund 3350 Jahren entstandene Büste der Nofretete. Hier wurde auf einem Kalkstein als Träger das beeindruckend realistisch-schöne Gesicht der ehemaligen Regentin aus Gips aufmodelliert.

In römischer Zeit, durch die Schriften des Vitruvius ist es gut überliefert, wurde der Kalkmörtel zu einem hydraulisch abhärtenden Bindemittel weiterentwickelt. Der Zusatz von sog. Puzzolanen machte dies möglich. Nun konnten mittels *Opus caementicium* auch Bauteile oder Kunstwerke, die größerer mechanischer Beanspruchung oder der Witterung ausgesetzt waren, her-

gestellt und zur Anwendung gebracht werden. Hierzu zählt u. a. der in späterer Zeit als Terrazzoboden bezeichnete *Opus signinum*.

Dass man nicht nur durch Zugabe puzzolanisch wirkender Zuschläge zum Mörtel hydraulisch erhärtende Kalkbindemittel erzeugen konnte, sondern dies auch schon durch eine entsprechende Zusammensetzung der Ausgangsstoffe und einem höher temperierten Brennprozess erreichen kann, erkannte man erst Ende des 18. bzw. Anfang des 19. Jahrhunderts. Damit sind wir beim Romazement angelangt. Dieser verbreitete sich in Deutschland seit den dreißiger Jahren des 19. Jh. rasch. Nachteil für die Anwendung auf der Baustelle: er erstarrt sehr schnell. Das ist aber wiederum ideal zum Gießen von Bauteilen und Kunstobjekten – zumal das Schwindverhalten sehr moderat ist.

Verdrängt wird *Romazement* bis Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts vom dem ab 1853/55 in Deutschland produzierten Portlandzement. In Uetersen bei Hamburg und Zülchow bei Stettin wurden 1853 und 1855 in Deutschland die ersten Zementfabriken errichtet in denen *Portlandzement* produziert wurde. Dieser echte Zement wird von da ab auch zum Standardbindemittel für den größten Teil der Kunststeine und Kunstwerksteine.

Eine Blütezeit in der Architektur erlebt der portlandzementgebundene Kunstwerkstein in der Zeit des Jugendstil und des Art déco. Aus der Not eine Tugend begann man vor ca. 150 Jahren zu machen, indem man die Schlacke der Kupferschieferverschmelzung nicht mehr

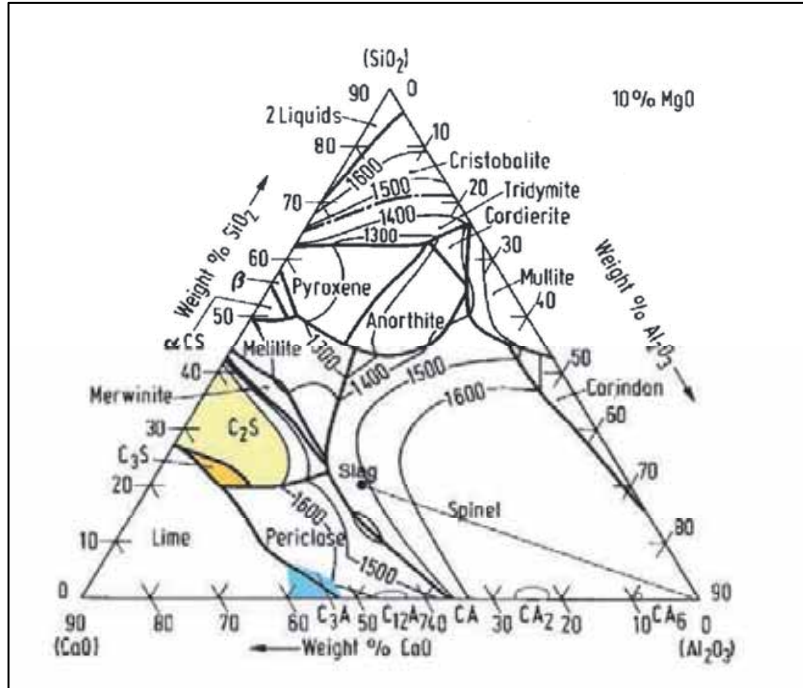


Abb. 1: Eingangsbereich des ehemaligen Reifenbads in Rostock

Abb. 2: Phasendiagramm – Dreistoffsystem CaO-SiO₂-Al₂O₃

auf Halden entsorgte, sondern, eine kontrolliert-verzögerte Abkühlung vorausgesetzt, in Formen goss um Pflastersteine zu produzieren. Mineralogischen entspricht dieser solide Schlackenstein weitgehend dem Basalt.

Wer im 19. Jh. rein weiße Gusssteinobjekte produzieren wollte die über eine entsprechende Festigkeit und Polierbarkeit verfügten sollten, dem stand seit den 1840er Jahren der sog. *Marmorzement* zur Verfügung. Dieses auch *Parianzement* genannte Bindemittel hat mit dem Zement mineralgisch nichts gemein. Es ist ein hochgebrannter und mit Boraxlösung versetzter Gips-

binder. Ein weiterer *Marmorzement*, *Keene-Zement* genannt, wird statt mit Borax-, mit Alaunlösung versetzt. So manch eine weiße Marmorstatue aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entpuppt sich bei einer mineralogischen Untersuchung gern als Marmorzementobjekt. Echten reinweißen Zement gibt es erst seit den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts.

Seit einigen Jahrzehnten gibt es nun schon die mitunter verblüffen realistisch wirkenden organisch gebundenen Kunststeine, im Handel als *Polyresin*, oder *Polystone* bezeichnet.

Der Altdorfer Kalkstein – ein Modegestein der Barockzeit in Süddeutschland

Gerhard Lehrberger, Annalena Stark & Margreta Sonnenwald (München)

Im 18. und frühen 19. Jahrhundert waren Objekte aus einem Kalkstein des Schwarzen Jura in der Umgebung von Altdorf sehr beliebt. Selbst J.W. v. Goethe sammelte Platten von Altdorfer Kalkstein. Der Altdorfer Bürgermeister Johann Friedrich Bauder (1713-1791) hatte in der Gegend zwischen Altdorf bei Nürnberg und Berg bei Neumarkt in der Oberpfalz eine nur etwa 20 cm mächtige Kalksteinschicht der Posidonien-schiefer-Formation abgebaut und in polierter Form als »Bauderscher Marmor« oder »Altdorfer Marmor« verkauft. 1771 publizierte BAUDER (1713-1791) seine »Beschreibung des kostbaren Altdorflichen Ammoniten- und Belemniten-Marmors«. Verwendungsbeispiele finden sich vor allem als Gedenktafeln auf Friedhöfen und in Kirchen, als Steindosen, aber auch als Tischplatten und Kamineinfassungen in barocken Schlössern.

Der Kalkstein ist dunkel, schwarzbraun bis schwarzblau und stellt ein tonhaltiges, bituminöses, sparitisches Karbonatgestein dar, das mit hellem Calcit ausgefüllte Gehäuse von Ammoniten der Gattung *Dactyloceras athleticum* enthält. Diese erreichen bis 10 cm Größe und zeigen feingerippte Gehäuse, die zu kleinen Anteilen mit dunklem Sedimentschlamm gefüllt sind, während große Teile als Hohlräume erhalten blieben und mit grobspätigem Calcit gefüllt wurden (Abb. 1). Es kommen aber auch Lagen mit regelrechten »Belemniten-schlachtfeldern« auf, die ebenfalls poliert und als Tischplatten verwendet wurden (Abb. 2).

Dies bewirkt den auffälligen Hell-Dunkel-Kontrast der Ammoniten, die das Gestein optisch sehr ansprechend machen (Abb. 1), zumal es sich ausgezeichnet polieren lässt. Typisch sind Platten bis zu 5 cm Dicke, selten finden sich bis zu 20 cm mächtige Partien des Gesteins, die für Kamineinfassungen verwendet wur-

den. Die Verwendung reicht von der Mitte des 18. Jh. bis in die Mitte des 19. Jhs. und Beispiele finden sich in Kirchen und Schlössern. Besondere schöne und erwähnenswerte Objekte sind der von J. Bauder gestiftete Taufstein in der St. Laurentiuskirche in Altdorf und die Tumba für Feldherrn Schweppermann in der Klosterkirche in Kastl (Oberpfalz). Eine schöne Platte aus dem 20. Jh. ist im Eingangsbereich des geologischen Instituts der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen ausgestellt (Abb. 1). Große Verdienste um die Kenntnis des Altdorfer Kalksteins erwarb sich der Altdorfer Gymnasiallehrer Udo Kursawe, der zahlreiche Publikationen über dieses Gestein besonders in den »*Geologischen Blättern von NO-Bayern und angrenzenden Gebieten*« verfasste.

Vor allem in den Markgrafenschlössern in der Bayreuther Innenstadt und in der Eremitage finden sich zahlreiche Objekte. Ob die Platten fertig poliert aus der Bauderschen Marmorfabrik geliefert wurden oder ob Rohsteine in der Bayreuther Marmorfabrik fertig bearbeitet wurden, muss zunächst offenbleiben. Auf dem Kunstmarkt erzielen Platten aus Altdorfer Kalkstein sehr hohe Preise.

Der dunkle Kalkstein zeigt auch besondere Verwitterungsformen: der im Gestein vorhandene Pyrit oxidiert und Schwefel wird freigesetzt. Die dabei entstehenden Eisenhydroxidphasen tragen zu einer erheblichen Braunfärbung der Oberflächen bei. Der gesteins-eigene Schwefel, aber auch in der Luft enthaltene Schwefelverbindungen führten zur Verwitterung der Kalksteine durch die Bildung von dicken Gipskrusten auf der Oberfläche und damit zu einer Abstumpfung der ursprünglich glänzend polierten Oberfläche.



Abb. 1: Polierte Tafel aus Altdorfer Kalkstein im Geologischen Institut in Erlangen. Durchmesser: ca. 50 cm (Foto: G. Lehrberger).



Abb. 2: Ausschnitt einer barocken Tischplatte mit zahlreichen Belemnitenrostren, Neues Schloss Bayreuth. Bildbreite: ca. 25 cm, Foto: G. Lehrberger

Erlanger Stadtforscher: Ein Bericht über ehrenamtliche Stadtforschung im Heimat- und Geschichtsverein Erlangen

Klaus Meinetsberger (Erlangen)

Der Verein wurde 1919 gegründet und feiert in diesem Jahr sein hundertjähriges Bestehen. Er beschäftigt sich mit den Themen Heimat, Geschichte und Denkmalpflege. Seit 65 Jahren erscheinen die »Erlanger Bausteine zur fränkischen Heimatforschung«, die der Verein zusammen mit dem Stadtarchiv herausgibt. Seit über 30 Jahren betreibt er Bauforschung im Bereich der Erlanger Altstadt.

Beim Großen Stadtbrand von 1706, der die Stadt fast vollständig in Schutt und Asche legte, wurden in der Altstadt Erlangen sämtliche Unterlagen vernichtet. Die Stadt wurde anschließend in Anlehnung an die 20 Jahre zuvor gegründete barocke Hugenottenstadt mit verändertem Stadtgrundriss neu aufgebaut. Daher besteht großes Interesse aus den heute noch vorhandenen Resten vor Ort und aus andernorts verbliebenen Dokumenten Rückschlüsse auf die Stadt vor dem Brand zu ziehen. Hier setzt die von uns betriebene ehrenamtliche Kellerforschung an. Viele Keller stimmen nicht mit den darüber liegenden Gebäuden überein. Ihre Lage ist teilweise verdreht, sie ragen unter angrenzende Straßen und Plätze. Durch die genaue Vermessung der Keller unter der Altstadt konnte die ursprüngliche Stadtstruktur teilweise festgestellt werden.

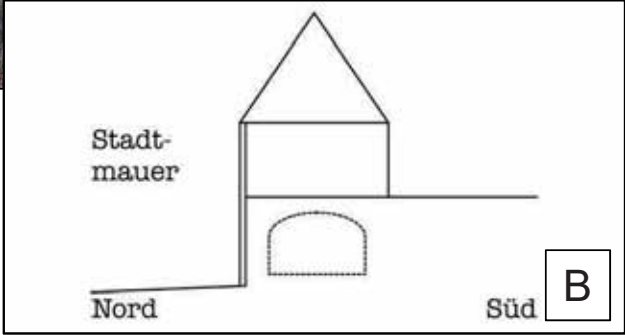
Seit 2012 besitzt der Verein ein unter Denkmalschutz stehendes Haus auf der spätmittelalterlichen Nördlichen Stadtmauer, das sog. Stadtforscherhaus (Tafel-1A). Das Haus und seine Geschichte werden zur Zeit von Vereinsmitgliedern erforscht. Besondere Bedeutung für die Erlanger Altstadt besitzt das Haus dadurch, dass

es mit einer Bauzeit um 1670 aus der Zeit vor dem Großen Stadtbrand stammt. Nachdem in den 1970er Jahren Gebäude, die den Brand überstanden hatten, abgebrochen wurden, ist es eines der letzten Häuser, die aus dieser Zeit stammen. In den nächsten Jahren wird das stark baufällige Haus saniert und seinem geplanten Zweck zugeführt: Es entsteht ein interdisziplinäres Forum für die ehrenamtliche Stadtforschung. Das Gebäude soll Vereinssitz werden. Ein Stadtforscher (Student/in, Doktorand/in) soll als Gast des Vereins im Haus forschen und wohnen. Heimat, Geschichte und Denkmalpflege sollen an diesem Ort präsentiert werden, auch in Zusammenarbeit mit Universität und Stadt Erlangen und anderen Vereinen.

Im Zusammenhang mit dem Stadtforscherhaus wird hier auch die etwa 200 Meter lange Nördliche Stadtmauer betrachtet (Tafel-1C). Sie bildet die nördliche Außenwand des 21 Meter langen Stadtforscherhauses. Die Mauer ist der nördliche Abschluss der kleinen Ackerbürgerstadt Erlangen, die auf einem Geländesporn etwa drei Meter über dem Talgrund am Zusammenfluss von Schwabach und Regnitz liegt. Die Mauer selbst ist etwa fünf Meter hoch, so dass sie im unteren Bereich einem einseitigen Erddruck ausgesetzt ist, der im Lauf der Jahrhunderte zu erheblichen Verformungen geführt hat. Zahlreiche Abstützungen, die immer wieder hinzugefügt wurden, zeugen davon. Auch die Bauschäden am Stadtforscherhaus sind darauf zurückzuführen. Die, nach aktuellem Stand, überwiegend einschalig errichtete Mauer verstärkt diesen Effekt.



A



C

Der Protestantische Friedhof in Augsburg, seine Geschichte und seine Besonderheiten

Klaus Poschlod (Augsburg)

Der Protestantische Friedhof in Augsburg kann mit seinem Gründungsjahr 1534 auf eine fast 500-jährige Geschichte zurückblicken. In ihm wird nach wie vor bestattet, im Gegensatz zu den beiden berühmteren »Brüdern« aus München: Der Alte nördliche Friedhof (1869 angelegt) und der Alte südliche Friedhof (1563 angelegt) sind beide jünger als der Augsburger Friedhof und haben seit Ende des 2. Weltkriegs nur noch die Funktion eines Parks.

Das Besondere an diesem 6 ha großen Friedhof in Augsburg ist seine Hanglage. Hier stehen etwa 9.500 Grabsteine verteilt auf den Alten Teil mit Aufbahnhalle und Kirche sowie den später hinzugekommenen Südteil (1884) und Nordteil (1928). Der Friedhof war bis zum Westfälischen Frieden von 1648 katholisch, seitdem ist er gemeinsames Eigentum der damals sechs (heute fünf) evangelisch-lutherischen Kirchengemeinden. Nichtsdestotrotz dürfen hier auch Katholiken oder Andersgläubige bestattet werden. 1658 fertigte der Pfleger Paul Platz ein 135-seitiges Verzeichnis und die Beschreibung der Begräbnisse auf dem Protestantischen Friedhof (damals: Oberer evangelischer Gottesacker) an, das älteste noch im Friedhofsarchiv erhaltene Werk.

Das Gebäude der Friedhofsverwaltung wurde im Jahre 1700 erbaut und ist das älteste genutzte Bauwerk auf dem Areal. Die Friedhofskirche wurde 1825 und die Aufbahnhalle 1837 errichtet.

Der Friedhof, auf dem noch zahlreiche Grabdenkmale aus dem 17. Jahrhundert entdeckt werden können sowie solche im Stil des Klassizismus und der Neugotik, verfügt über einige Berühmtengräber, wie z. B. das des Baumeisters Elias Holl, der 1620 das Augsburger Rathaus (bis 1864 mit 57 m das höchste Hochhaus der Welt) erbaut hat. Des Weiteren sind hier auch Grabstätten der Familien Brecht und Diesel zu finden sowie das Grabmal der letzten direkten Nachfahrin aus der Linie von Wolfgang Amadeus Mozart.



Abb. 1.: Büste der 20-jährigen Emilie Butz von 1897 aus Carrara-Marmor am Protestantischen Friedhof in Augsburg.

Eng verbunden mit dem Friedhof ist Wilhelm Schmidt, Steinmetz und Baumeister aus Augsburg, der der Großvater des Autors ist. Sein Steinmetzgeschäft lag 150 m vom Friedhof entfernt. Er war u. a. in den Dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts an einem wegweisenden Werk zur Gestaltung von handwerklichen Grabmalen beteiligt, von dem sich nicht nur Steinmetze, die am Protestantischen Friedhof arbeiteten, inspirieren ließen (SCHMIDT & WENZEL 1939). Des Weiteren fertigte er eine Abhandlung über die Verwendung der Natursteine in Augsburg an (SCHMIDT 1950), die bei der Kartierung des Protestantischen Friedhofs sehr hilfreich war.

Die Grabsteine, die hier bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs aufgestellt wurden, stammen zum weitaus größten Teil aus Bayern, nur ein paar wenige sind aus Hessen (Odenwaldquarz, Hessischer Olivindiabas), Österreich (Adneter Kalkstein, Untersberger Marmor), Italien (Carrara Marmor, vgl. Abb. 1), Frankreich (Savonnières-Kalkstein, vgl. Abb. 2 + 3) und Skandinavien (Schwedisch Schwarz Basalt und norwegischer Larvikit). Nach dem Krieg zogen auch hier, wie bei allen anderen Friedhöfen, die sog. Global Player ein, d. h. Grabmäler aus Naturwerksteinen aus aller Welt.

Die Hauptverwendungszeiten der Naturwerksteine (Gesteinsmoden) sind am Protestantischen Friedhof in Augsburg fast identisch mit denjenigen des Alten Südfriedhofs in München (POSCHLOD 1983), so sind z. B. die Mehrzahl der Grabsteine aus Lechbrucker Molasandesandstein bei beiden Friedhöfen in den Jahren 1830-1870 gefertigt worden. Auch der Fortschritt der Verwitterung bei bestimmten »empfindlichen« Gesteinen verläuft bei beiden Friedhöfen parallel.

Einen schönen Überblick über die Historie und die einzelnen Grabmäler gibt das 2009 erschienene Werk von Werner Bischler und Erwin Stier, der bis vor kurzem noch Leiter des Protestantischen Friedhofs war (BISCHLER & STIER 2009).

Literatur:

- BISCHLER, W. & STIER, E. (2009): der Protestantische Friedhof in Augsburg. – 173 S.; Mering (Holzheu).
- POSCHLOD, K. (1983): Verwitterungserscheinungen von Naturwerksteinen und Gesteinsmode am Beispiel von Grabsteinen im Alten Südlichen Friedhof zu München. – 226 S., München (LMU München, unveröffentl. Diplomarbeit).
- SCHMIDT, W. (1950): Die Verwendung des Natursteins in Augsburg. – Ber. Naturforsch. Ges. Augsburg, 3: 25-38; Augsburg.
- SCHMIDT, W. & WENZEL, W. (1939): Handwerkliche Grabmale. Gezeichnet von Regierungsbaurat Walter Haug, Würzburg. – 4 S. + 45 Blätter; Berlin (Ulrich).



Abb. 2.: Grabmal des Steinmetzmeisters Xaver Müller (Savonnières-Kalkstein) vom Ende des 19. Jahrhunderts (Zustand Juli 2008 mit Büste).



Abb. 3.: Grabmal des Steinmetzmeisters Xaver Müller (Savonnières-Kalkstein) vom Ende des 19. Jahrhunderts (Zustand Januar 2019).

Fränkische und andere bayerische Naturwerksteine in Berlin

Gerda Schirrmeister (Berlin)

In der Baugeschichte Berlins spielen Steinimporte durchgängig eine gewichtige Rolle. Seit es die Transportmöglichkeiten im 19. Jahrhundert erlaubten, wurden auch die vielfältigen bayerischen Steine hergeholt. Man findet Sie an prominenten repräsentativen Gebäuden aber auch weit verbreitet im eher unauffälligen privaten Wohn- und Geschäftsbereich. Mittlerweile sind 40 verschiedene Sorten aus Bayern im Rahmen von Kartierungen für Exkursionsführer und gesteinskundliche Führungen sowie Gutachtertätigkeit in Berlin nachgewiesen. Damit führt dieses Bundesland die Liste der Herkunftsländer an.

Aus Franken beteiligen sich diverse Kalk- und auch Dolomitsteine am Berliner Baugeschehen. Oberfränkische »Buntmarmore« devonischen Alters sind durch die Sorten *Deutsch Rot*, *Wallenfels* und *Theresienstein* vertreten. Aus der Fränkischen Alb kamen vor allem die gelben und grauen (blauen) *Jura Kalksteine* in verschiedenen Varietäten, aber auch *Kelheimer Auerkalk* und *Marchinger Trosselfels*. Außerdem begegnet man dem *Wachenzeller* und *Pfraundorfer Dolomit*. Unterfranken lieferte große Mengen an Muschelkalk in den Sorten *Gaubüttelbrunner*, *Kleinrinderfelder*, *Mooser*, *Sellenberger* und *Winterhäuser Muschelkalk*.

Unterfränkische Sandsteine in Berlin sind: Buntsandsteine mit den Sorten *Miltenberger*, *Eichenbühler* und

Wüstenzeller Sandstein sowie Keupersandsteine mit den Sorten *Schönbrunner* und *Burgpreppacher Sandstein*. Zur Gruppe der metamorphen Bausteine in Berlin trägt Bayern die karbonischen *Lotharheil Schiefer* aus Oberfranken bei.

Karbonische Granite aus dem Fichtelgebirge, dem Bayerischen und Oberpfälzer Wald sind in Berlin sehr häufig anzutreffen. Dazu gehören *Epprechtstein*, *Waldstein*, *Reinersreuther*, *Gefreiser*, *Reut*, *Weißstadt*, *Kösseine* und *Zufurt Granit*, *Büchelberg*, *Hintertiessen*, *Mettener*, *Eglinger*, *Eitzinger* und *Nammering Granit* sowie *Flossenbürger Granit*. Als weitere magmatische Naturwerksteine aus Bayern kamen der permische *Ochsenkopf Proterobas* und der karbonische *Seußener Redwitzit* vom Fichtelgebirge sowie der karbonische *Fürstensteiner Diorit* aus dem Bayerischen Wald zum Einsatz.

Sogar der »außerirdisch inspirierte« *Suevit* aus dem Nördlinger Ries und der *Brannenburger Nagelfluh* aus Oberbayern wurden punktuell in Berlin eingesetzt.

Trotz des allgemeinen Globalisierungstrends wurden in jüngerer Zeit durchaus Neubaugroßprojekte mit Naturwerksteinen aus Bayern gestaltet.



Tafel-1: Zoofenster von Christoph Mäckler (2009-2012) am Breitscheidplatz mit Fassadenteil aus *Marchinger Trosselfels*.

Naturwerksteine petrophysikalisch betrachtet

Robert Sobott (Naumburg)

Der Einsatz von Naturwerksteinen in der Architektur folgt überwiegend ästhetischen Gesichtspunkten. Vor allem Farbe, Musterung und Struktur sind oft entscheidende Kriterien für deren Auswahl als Gestaltungsmaterial, beispielsweise für die Verkleidung von Fassadenflächen. Doch wenn diese Materialauswahl langfristig zu einem erfreulichen Ergebnis führen soll, dann ist es erforderlich, nicht nur auf die ästhetischen Merkmale, sondern auch auf die Eigenschaften eines Gesteins zu achten, die es in (petro)physikalischer Hinsicht für einen bestimmten Verwendungszweck geeignet macht. So sollte die kapillare Wasseraufnahme eines Sandstein-Werksteins im Sockelbereich eines Gebäudes gering (Mauerwerksfeuchte) und eine Bodenfliese nicht großporig (Verschmutzung) sein. Wenn geringe Wärmeleitfähigkeit gefragt ist, dann ist ein Tuff dem Basalt vorzuziehen. Die Wasseraufnahme, Festigkeit, Wärmeleitung und Volumenänderung eines Gesteins wird durch petrophysikalische Kennwerte beschrieben, die ihrerseits mehr oder weniger stark ausgeprägt positiv oder negativ miteinander korreliert sind. Das hat zur Folge, dass ein ohne großen Aufwand zu bestimmender Kennwert bereits eine semiquantitative Vorstellung über die Größenordnung weiterer petrophysikalischer Kennwerte vermitteln kann. Beispielsweise lässt sich bereits mit einer Schieblehre und zweistelligen Küchenwaage hinreichend genau die Rohdichte (in Abbildung 1: $2,3 \text{ g/cm}^3$) einer geometrisch definierten Gesteinsprobe (Zylinder, Würfel, Prisma) bestimmen. Abbildung 1 zeigt, wie sich mit Hilfe von Korrelationsdiagrammen, denen Daten aus GRIMM (2018) und Messungen im LfBD NMB zugrunde liegen, Erwartungswerte für die Porosität (.14%), Wasseraufnahme bei 24 stündiger Lagerung unter Wasser bei Atmosphärendruck (.3,7 Masse%) und die Ultraschallgeschwindigkeit (.2,4 bzw. 2,9 km/s) extrapolieren lassen. Während die Korrelationen zwischen Rohdichte und Porosität bzw. Porosität und Wasseraufnahme weitgehend unabhängig von der Petrographie sind, zeigt das Beispiel der Korrelation zwischen Rohdichte und Ultraschallgeschwindigkeit, dass hier nicht allein die Rohdichte bestimmend ist, sondern auch die Petrographie großen Einfluss auf die Größe der abhängigen Variablen, in diesem Fall der Ultraschallgeschwindigkeit, hat. Der Begriff Petrographie beinhaltet die mineralogische Zusammensetzung des

Gesteins, die Korn- bzw. Kristallform, die Korngrößenverteilung und die morphologische und kristallographische Orientierung der Minerale im Gestein sowie die Zementation bzw. Bindung zwischen den Körnern bzw. Kristall(it)en. Ihre Komplexität führt dazu, dass, wenn immer die Petrographie auf den funktionalen Zusammenhang zwischen zwei petrophysikalischen Variablen Einfluss nimmt, dieser nicht mehr durch sich eng um eine Regressionskurve mit hohem r^2 -Wert scharende Punkte sondern durch Punktwolken mit großer Streuung und entsprechend kleinen r^2 -Werten abgebildet wird. Nur wenn man Gesteine mit weitgehend übereinstimmenden petrographischen Merkmalen untersucht, d. h. mathematisch gesehen, die Petrographie als Konstante betrachten kann, lassen sich aus einer großen Zahl von Gesteinen gleicher Entstehung (Magmatite, Metamorphite, Sedimentite) Untergruppen, z. B. von Sandsteinen, bilden, für die funktionale Zusammenhänge zwischen den petrophysikalischen Kennwerten mit hohen Korrelationskoeffizienten bestehen. Ein Beispiel für die Wirkung petrophysikalischer Kräfte im Nanometer-Bereich stellt die Verformung von Fassadenplatten aus Marmor dar.

Als Folge des extrem anisotropen Ausdehnungsverhaltens beim Calcitkristall (Dehnung parallel zur kristallographischen c -Achse, Kontraktion (!) parallel zur Ebene der a -Achsen) kann es bei Marmorplatten, bei denen die Calcitkristalle im Gefüge eine morphologische und kristallographische Vorzugsorientierung aufweisen, d. h. das thermisch anisotrope Ausdehnungsverhalten der Calcit-Kristalle überträgt sich auf das gesamte Gestein, zu Mikrorissbildungen mit Zunahme der Porosität und Verformung der Platten kommen. Wenn man bei einem Naturwerkstein nicht nur auf die äußeren (= attraktives Aussehen) sondern auch auf die inneren »Werte« (= petrophysikalische Eigenschaften) achtet, hat man eigentlich alles richtig gemacht, und lange Standzeit und Freude am Erscheinungsbild des Bauwerks sollten die Folge sein.

Literatur:

- W. -D. Grimm (2018), Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. Teil II: Bildband, 2. Erweiterte Auflage, Ebner Verlag Ulm, 536 Seiten

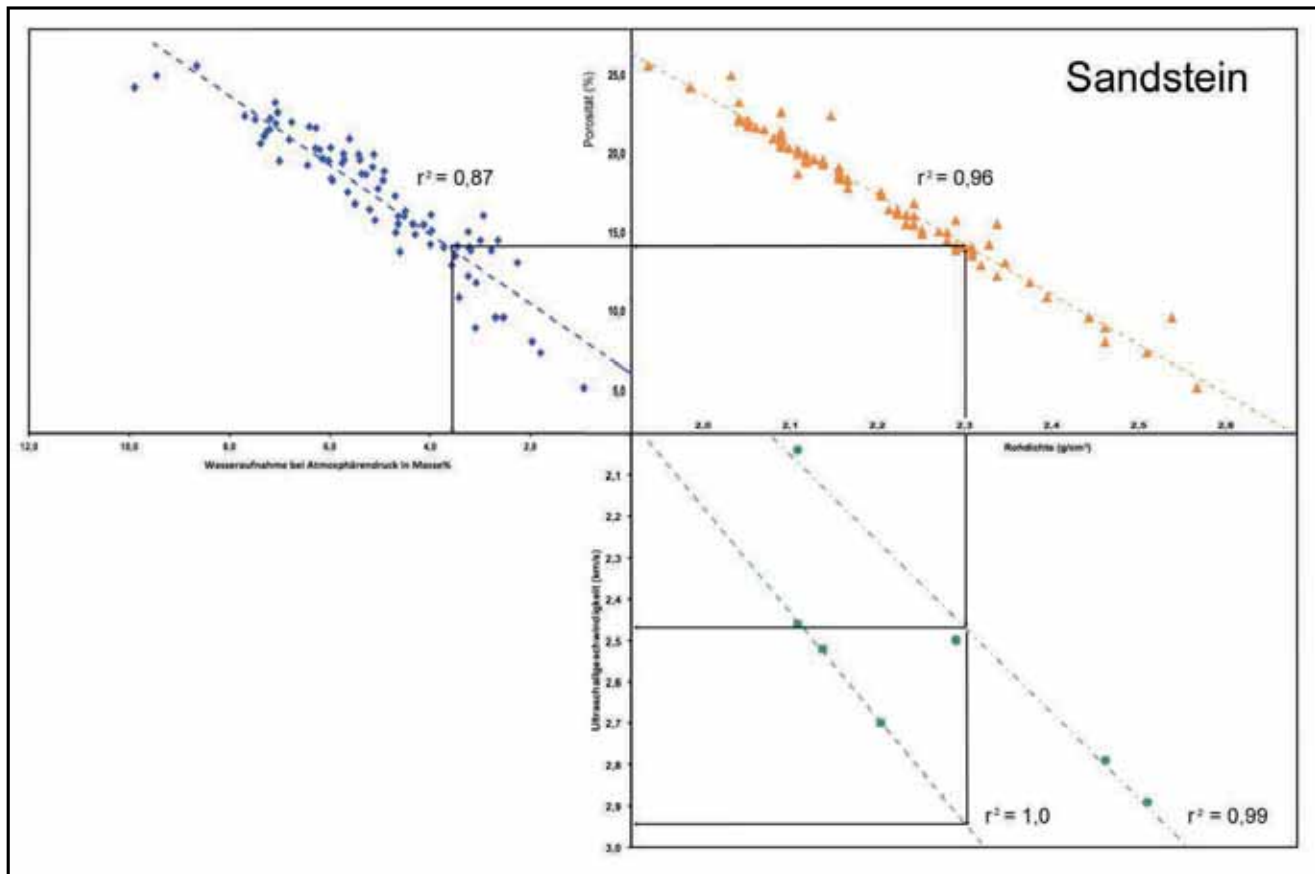


Abb. 1: Interdependenz petrophysikalischer Kennwerte (Porosität, Wasseraufnahme_{atm}, Rohdichte und Ultraschallgeschwindigkeit) für Sandstein (Daten aus Grimm (2018) und LfBD NMB).

Steine in der Stadt - Ein Rundgang durch die Stadt Ehingen verbindet Tourismus und Geobildung

Iris Bohnacker (Schelklingen)

Ehingen bietet mit einem neuen Faltblatt nun die Möglichkeit, auf eigene Faust die Steine in der Stadt zu entdecken. Zielpublikum sind interessierte Besucher, die mit dem Blick auf die Natursteine von der Tourist-Information bis zum Stadtmuseum geführt werden. Hier kann anschließend eine umfangreiche geologische Sammlung besichtigt werden.

Die Stadt Ehingen und das örtliche Stadtmuseum, das auch eine Geopark Infostelle ist, traten Anfang 2018 an die Geschäftsstelle des Geoparks Schwäbische Alb heran, um die Möglichkeit eines »Steine in der Stadt« -Rundganges nach dem Vorbild von Wunsiedel im Geopark Bayern –Böhmen zu prüfen.

Am Oktober 2018 wurde das Faltblatt der Öffentlichkeit vorgestellt. Der rund 90 minütige Rundgang startet direkt vor der Tourist-Information. Ziel ist es, Besucher der Stadt auf das Thema Natursteine aufmerksam zu machen und nebenbei auch ans Stadtmuseum zu führen. Die Texte sind bewusst kurz und einfach gehalten um einen niederschweligen Zugang zu schaffen. Im Idealfall stößt der Besucher der Stadt zufällig in der Tourist-information auf das Faltblatt, startet am steinernen Stadtwappen und hat am Ende, bei gewecktem Interesse, die Möglichkeit nach dem Rundgang direkt im Museum noch tiefer in das Thema einzutauchen.

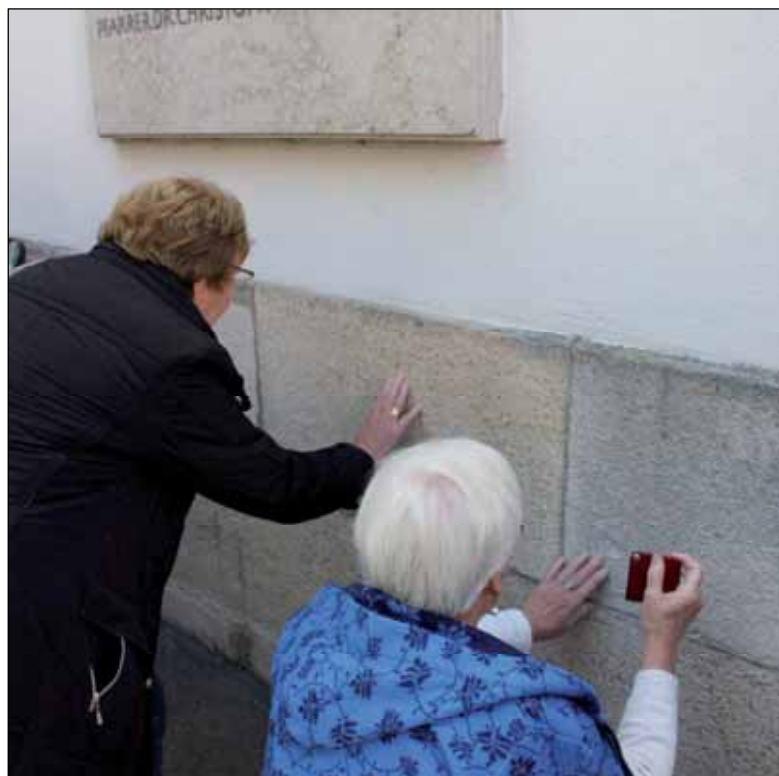
Bei einem Spaziergang durch die Innenstadt werden an 16 Punkten typische regionale Gesteine vorgestellt

bzw. auf fremde nicht heimische Gesteine hingewiesen. Ein (R) für regionale Gesteine und ein (F) für fremde, eingeführte Gesteine kennzeichnet deren Herkunft. Es finden sich Beispiele für heimische Natursteine wie Stubensandstein, Schilfsandstein, Gauinger Travertin, Kalktuff, Muschelkalk oder Bad Cannstatter Travertin.

Eine besondere Möglichkeit die lokale Geologie vorzustellen, bietet ein Teil der Stadtmauer aus verschiedenen Kalkgesteinen. Nebeneinander findet man Steinquader aus Dolomit, Dedolomit, tertiären Kalken aus der unteren Süßwassermolasse und Jurakalken. So lassen sich diese direkt vergleichen. Auch finden sich hier große Kalzitkristalle, Sinterüberzüge und verschiedene Fossilien.

Die Gesteine-Tour durch die Stadt endet im Stadtmuseum, welches neben der stadtgeschichtlichen auch eine umfangreiche geologische Sammlung besitzt. Im Eingangsbereich informiert eine Tafel des UNESCO Geopark Schwäbische Alb über die typischen Gesteine der Schwäbischen Alb. Anhand von Handstücken sind diese Gesteine auch haptisch zu erfahren.

Der Rundgang in Ehingen verbindet so nicht nur thematisch, sondern auch ganz real, als Weg, touristische und geologische Themen.



Die Gesteine des Bilderzyklus "Karl Liebknecht" im Lustgarten zu Potsdam

Jeannine Meinhardt (Potsdam)

Das ursprünglich als Gedenkstätte für Karl Liebknecht zwischen 1979 und 1982 errichtet Karl-Liebknecht-Forum präsentiert sich heute im südlichen Bereich des Neuen Lustgartens in Potsdam. Es besteht aus Bildwänden und einer Bronzeplastik. Der Maler und Grafiker Kurt-Hermann Kühn (1926-1989) entwarf das Bildprogramm in Form von mehreren Mosaikwänden. Ursprünglich stand das Ensemble an der Wilhelm-Külz-Straße, heute Breite Straße. Im Zuge eines Stadtumbaus 1999/2000 wurde es in den hinteren Bereich des Neuen Lustgartens versetzt. Das Forum war ursprünglich als Ort der politischen Willenskundgebungen intendiert. In einer Zeit, in der in Potsdam die DDR-Geschichte aus dem architektonischen Gedächtnis der Stadt mehr und mehr ausgelöscht wird, soll die Beschäftigung mit den Mosaiken bewusstseinsstiftend wirken.

Es handelt sich bei dem Ensemble um drei Wände, die abgewinkelt zueinanderstehen und Mosaik verschiedenster Gesteinsvarietäten tragen. So sind beispielsweise die überlebensgroßen Köpfe von Karl Marx und Friedrich Engels dargestellt, zwischen denen Karl Liebknecht unter dem Roten Stern der Revolution die Ketten der Gefangenschaft sprengt (siehe Abb.1). Ein Revolutionär weist den Weg in den Kampf gegen Militarismus und Krieg. Eine Warnung vor den Auswirkungen eines jeden Krieges verdeutlichen u. a. sterben-

de Menschen und eine stilisierte Bombe. Eine Gruppe Trauernder beweint eine aufgebahrte Person. Auch die Verursacher des Krieges werden durch Pickelhaube, Monokel und Stehkragen symbolisiert.

Hinsichtlich der Auswahl unterschiedlicher Gesteine sind die Mosaik eine reiche Fundgrube an Materialien, die mit Hinblick auf die Schaffenszeit des Objekts höchstwahrscheinlich aus der ehemaligen DDR selbst oder dem damaligen sozialistischen Ausland stammen. Da zum Teil aber auch sehr kleine Mengen an Gestein für einzelne Motive gewählt worden sind, kann durchaus auch eine davon abweichende Quelle möglich sein. Die Bildfelder zeigen beispielsweise Theumaer Fruchtschiefer, Knollenkalk, Larvikit in den Bereichen der Augen, Granit und Granodiorit, Marmor, Löbejüner Quarzporphyr, Rogenstein, Serpentin und Feuersteingerölle. Die Mosaiken sind mittlerweile Gegenstand eines studentischen Restaurierungsvorhabens im Studiengang Konservierung und Restaurierung an der Fachhochschule Potsdam, das sich neben der systematischen Erfassung und Sicherung der Bildfelder auch der Bewusstmachung bezüglich dieses Denkmal beschäftigt. Alle Bereiche der Mosaiken sind hinsichtlich ihres Bestandes und auch des Zustandes bestimmt und in entsprechenden Kartierungen erfasst. Auf dieser Grundlage wird derzeit ein Monitoring- und Pflegeplan erstellt.



Abb. 1: Ausschnitt des Mosaiks mit biogenem Bewuchs im unteren Bereich auf der linken Seite des Bildfeldes.

Ein Schutzmittel vom Mitten des 16. Jahrhunderts für neue Bentheimer Sandstein Kapitelle (Hooglandse Kirche, Leiden, Niederlande)

Edwin Orsel (Leiden-NL); Jan Dröge (Leiden-NL); Timo G. Nijland (Delft-NL).

Die Hooglandse Kirche in Leiden, Niederlande, hat einen verborgenen Bauschatz. Unter einem temporären, aber dauerhaften Notdach aus ca. 1550 befindet sich eine verlassene Baustelle. Hier kann man sehen, wie die Handwerker eines Tages ihre Arbeit eingestellt haben. Es bietet einen einzigartigen Einblick in die Bautradition des 16. Jahrhunderts.

Im 15. Jahrhundert wurde beschlossen die Hooglandse Kirche von Leiden aus dem Jahr 1314 durch eine viel größere, dreischiffige gotische Kreuzkirche zu ersetzen. Das Dach des Chorgangs wurde ca. 1472, das des hohen Chores im Jahr 1478 fertiggestellt. Das südliche Querschiff wurde in oder kurz nach 1490 mit einem Dach abgeschlossen, gefolgt vom nördlichen Querschiff. Dann wurde das Schiff erneuert und vergrößert. Die Arbeiten am Schiff wurden um 1540 plötzlich abgebrochen, auf halbem Weg des noch im Bau befindlichen Kirchenschiffs. Das Notdach ist dendrochronologisch auf ca. 1545 datiert. Aufgrund der sich verändernden sozialen und religiösen Umstände wurde die Arbeit nie fortgesetzt oder sogar vollendet. Was bleibt, ist die verlassene Baustelle eines neuen Kirchenschiffes aus der Mitte des 16. Jahrhunderts. Hier ist die Zeit buchstäblich stehen geblieben. Die Baumeister scheinen jeden Moment zurückkehren zu können, um ihre Arbeit fortzusetzen. Es ist ein ganz besonderes Erlebnis, zum

Teil aufgrund der Exklusivität der besonders schwer zu erreichenden Stelle in der Dachkonstruktion der Kirche, plötzlich auf einer Baustelle aus der Mitte des 16. Jahrhunderts zu stehen. Es gibt viel zu sehen von der Schrubb- und Demontagephase des Triforiums. Rohes, unfertiges Mauerwerk, nur unfertige Natursteinteile aus Bentheimer Sandstein, Lehrgerüste für Mauerwerk und alle Arten von verstellbaren Materialien und Markierungen. Da die Arbeit noch nie abgeschlossen wurde, sind auch Elemente zu sehen, die normalerweise während der Demontage verschwinden würden und daher völlig einzigartig sind. Ein Beispiel dafür sind Füllungen in den vertieften Teilen der gehackten Verzierungen der Bentheimer Sandstein Kapitelle. Die Funktion ist unsicher, aber es scheint eine Art Schutz gewesen zu sein.

Es ist ein feinkörniges bräunliches Material, das der Form der Aussparungen folgt, die Oberfläche des Sandsteins bedeckt, die Hohlräume jedoch nicht ausfüllt. Das Material hat einen klaren Zusammenhalt und kann als ‚Fingerhut‘ herausgenommen werden. REM-EDS-Untersuchungen zeigen, dass das Material der Füllung aus einer Mischung kaliumhaltiger Tonminerale mit etwas Gips besteht. Da es sich um ein neues, nicht im Außenbereich ausgestellt Werk handelt, ist es wahrscheinlich, dass der Putz primär ist.



Tafel-1: A - Bentheimer Sandstein Kapitell; B - Verzierung; C - Füllung »Fingerhut«.

Eine Leuzitophyr des Perlerkopfs (Eifel) im mittelalterlichen Leiden, Niederlande

Timo G. Nijland (Delft-NL), Jan Dröge (Leiden-NL), Edwin Orsel (Leiden-NL).

Das Haus Breestraat 113 in Leiden, Niederlande, gilt aufgrund seiner Keller als eines der ältesten Häuser in dieser historischen Stadt. Holz im Dach wurde mit dendrochronologischen Methoden um ca. 1306 und 1347 datiert. Teile der Keller, ursprünglich wahrscheinlich das Erdgeschoss, sind offensichtlich älter. Beide Ziegelmauerwerkskeller enthalten Säulen und Kapitelle aus verschiedenen Natursteinen. Kunsthistoriker datieren die Natursteinelemente im vorderen Keller stilistisch im 3. Viertel des 13. Jahrhunderts in Übereinstimmung mit der Ziegelgrößen des Mauerwerks.

Der hintere Keller und der vordere Keller enthalten verschiedene Naturstein-Assoziationen. Der Keller im hinteren Teil ist mit einer aus Baumberger Kalksandstein aus dem Münsterland gehauen Mittelsäule ausgestattet (Abb. 1B). Seine Verwendung in der 14. Jahrhunderts entspricht dem allgemeinen Muster in den Niederlanden und ist fast sicher primär. Leiden hat mehr Beispiele für die Verwendung von Baumberger in der Gotik. Die im vorderen Keller verwendeten Natursteinsorten sind jedoch unerwartet. Dort gibt es ein verschobenes Kapitell sowie eines noch in situ. Beide sind aus weißem oolithischem Kalkstein. Solche Steine werden nach der Römerzeit nicht in den Niederlanden verwendet. Petrographische Untersuchungen zufolge handelt es sich um Norroy, einen oolithischen Jura Kalkstein aus Lothringen, der im Rheinland weit verbreitet ist, sowie in mehrere römische Stätten in den Niederlanden. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass beide Kapitelle sekundär verwendete, aber neu bearbeitete römischen Kalkstein darstellen.

Einer dieser Kapitelle (Abb. 1A) ruht auf einer monolithischen Säule eines magmatischen Gesteins (Abb. 1B). Kristalline Gesteine wurden in den Niederlanden (außer einigen Kirchen mit nördlichen Geschiebe) vor ca. 1840 nicht verwendet. Die Verbindung mit Norroy Kalkstein könnte auf eine sekundäre Verwendung römischer Materials hindeuten. Die Frage ist: von wo? Petrographische Untersuchungen zeigen Einspringlinge aus Nosean, Ti-Granat, Apatit, Titanit und Pyroxen in einer Matrix aus Orthoklas, Leucit und möglich Nephelin. In Kombination mit einer wahrscheinlichen Herkunft innerhalb der Limes und nicht zu weit von einem Fluss entfernt, verringert die Petrographie die Zahl potenzieller Herkunftgebiete stark. Die petrographische Übersicht von Quartz-untersättigten alkalischen Eruptivgesteinen von Tröger (1967) enthält nur einen Kandidaten mit einer ähnlichen Mineralogie und Textur, einen Leuzitophyr aus dem Perlerkopf in der Eifel. Das kleine Vorkommen wurde im 19. Jahrhundert für den Kölner Dom und früher für den lokalen Gebrauch in Grabdenkmälern abgebaut. Petrographische Untersuchungen kürzlich gesammelter Referenzproben bestätigen, dass dieser Leuzitophyr der wahrscheinlichste Kandidat für die Herkunft der Leiden Säule ist. Leiden liegt am Limes, der nördlichen Grenze des römischen Reiches, in der Nähe der römischen Festung Matilo. Spekulativ kann man annehmen, dass die Römer ursprünglich eine lokalere Alternative zum Verde Antico Porphyrt gesuch haben, während der Besitzer aus dem 13. Jahrhundert einen repräsentativen Saal mit älteren römischen Steinen schuf.



Abb. 1: A- Kapitell auf aus oolithischem Baumberger Kalkstein; B – Säule aus magmatischem Gestein.

Bayerische Steine in den Niederlanden und Flandern

Timo G. Nijland (Delft-NL); Wim Dubelaar (Utrecht-NL); Michiel Duser (Brüssel-B)

Bis etwa 1840 wurde in den Niederlanden und Flandern kein bayerischer Naturstein verwendet. Die Einführung von (schwedischem) Granit erfolgt Ende der 40er Jahre des 19. Jahrhunderts in den Niederlanden, insbesondere über die Firma Kessel & Röhl aus Berlin. In Antwerpen erscheint der erste Granit in den 1860er Jahren. Die Einführung des Granits aus Bayern, dessen weiße bis gelbliche Art üblicherweise zusammenfassend als 'bayerischer Granit' bezeichnet und in Spezifikationen vorgeschrieben wird, scheint einige Jahrzehnte später (1870er?) zu sein. In jedem Fall wurde um 1880 bayerischer Granit in den Niederlanden verwendet; in Belgien ist das noch nicht klar. Anwendungen sind sowohl zivile (vor allem Brücken) als auch architektonische (meist im Sockelbereich, Türrahmen, usw.) und (Bau-)Skulpturen. Die wichtigste Periode der Verwendung ist in den Jahren 10-30 des 20. Jahrhunderts. Einige Beispiele sind **Flossenbürger Granit** ('Floszer'): das ehemalige Rathaus von Nieuwer Amstel (1880), die J. van Noort Schule, Amsterdam (1925), Leysstraat 15, Antwerpen (1898), Leidsebrücke, Amsterdam. **Reinersreuther Granit**: Herengracht 442, Amsterdam (1906), Bungehuis, Amsterdam (1932). **Waldstein-Granit**: P. de Hooghweg 108, Rotterdam (1920). **Epprechtsteiner Granit**: Statuen Kijk in 't Jatbrücke, Groningen (1942/43). **Kornburger Sandstein**: Säulen Effectenbeurs, Amsterdam. Bemerkenswert ist auch die Anwendung als Wassernase an der Erweiterung im lokale **Kunrader Kalkstein** der St. Bernardus Kirche in Ubachsberg (1924). Seltener sind Anwendungen bei der Restaurierung, beispielsweise für die Stufen des gotischen Dom Turms in Utrecht (1904). Unabhängig von der Herkunft ist der Zeitraum zwischen 1893 und 1937 in Belgien der wichtigste für alle Granite (vorwiegend rot, pink oder hellgrau). Es ist überhaupt ganz schwierig Schwedische, Schottische, Sächsische, Schlesische, Bayerische und andere Granite zu unterscheiden ohne Unterlagen zu ihrer Herkunft zu haben.

Der blaue **Kösseine Granit** ist den Niederlanden für mehrere Objekte verwendet. Die Verwendung ist cha-

rakteristisch für Entwürfe des Architekten W.G. Welsing für Läden der Firma De Gruyter, der älteste in der Roggestraat 43 in Arnhem (1906); andere Beispiele sind Bisschopsstraat 31, Deventer, Korte Poten 5, Den Haag, Vismarkt 33, Groningen (1916) und Hommelseweg 9, Arnhem (1916). Andere Läden dieser Firma von anderen Architekten kennen auch die Verwendung von Kösseine Granit (z. B. Hoofdstraat 77, Meppel, Visstraat 9, Dordrecht und Bemuurde Weerd OZ 3, Utrecht). Das älteste bekannte Gebäude mit Kösseine Granit ist die Oudegracht 163 in Utrecht, die 1902 von J. Metzelaar entworfen wurde. Eine besondere Verwendung findet man in der neuen Kathedrale St. Bavo Kirche in Haarlem (1895-1930) vom Architekten J. Cuypers, wo der Stein als kleine Säulen im Innenraum verwendet wurde. In Flandern wurde Köseine Granit für Säulen in der Unsere Liebe Frau Kirche aus 1904, vom Architekten E. Dieltiens verwendet.

Es ist ungewiss, wann der **Muschelkalk** aus Franken zum ersten Mal verwendet wurde. Der Kloveniersburgwal 1 in Amsterdam, wahrscheinlich um 1875, ist ein frühes Beispiel. Die ersten Anzeigen in den Niederlanden für diesen Stein erscheinen 1906; die in den Anzeigen genannten Beispiele stammen alle aus Deutschland. In jedem Fall wird der Stein (wie der Muschelkalk aus Baden-Württemberg) ab Anfang des 20. Jahrhunderts in beträchtlichem Umfang für Neubauten und zahlreiche Restaurierungen verwendet, zum Beispiel P & C, Amsterdam (1915) und das ehemalige Hauptpostamt Utrecht (1924). Ein außerordentliches Beispiel in Belgien ist das ehemalige Bankgebäude in der Arenbergstraat 7 in Brüssel von 1912, erbaut für die Deutsche Bank nach Entwurf des deutschen Architekten Jessen (Berlin). Muschelkalk ist auch ein sehr häufig verwendeter Stein auf den deutschen Kriegsfriedhöfen in der Nähe der Front in Westflandern von Langemark (zusammen mit Buntsandstein) von 1939 und von Vladslo von 1957, beides Entwürfe von Robert Tischler.

Sandsteingebäude in der Innenstadt von Bayreuth

Andreas Peterek (Parkstein) & Reinhard Vogel (Bayreuth)

Der Stadtkern von Bayreuth bietet ein reiches Ensemble an Sandsteingebäuden, darunter das UNESCO-Welterbe »Markgräfliches Opernhaus«. Der im Mittelalter und zur Zeit der Markgrafen verwendete Sandstein stammt zum allergrößten Teil aus Steinbrüchen in der westlich des Bayreuther Talkessels gelegenen Rhätolias-Sandsteinstufe (Bayreuth-Formation). Für Ornamente nutzte man in der Regel feinkörnigere und homogenere Sandsteine (Herkunft bislang im Einzelnen noch ungeklärt; meist Unterer und Mittlerer Keuper). Während der Gründerzeit bzw. Wilhelminischen Kaiserzeit wurden häufig auch Sandsteine aus dem Unteren Keuper (»Lettenkohlenkeuper«) oder tieferen Mittleren Keuper (»Benker Sandstein«) für das Gebäude verwendet. Diese stammen unter anderem aus der Umgebung der südlich von Bayreuth gelegenen Orte Lessau (»Lessauer Sandstein«, Unterer Keuper) und Stockau (Mittlerer Keuper).

Keiner der ehemaligen Sandsteinbrüche ist heute mehr in Betrieb. Ihre Lage ist teils jedoch gut aus digitalen Geländemodellen ohne größeren Aufwand kartierbar. Einige wurden zwischenzeitlich verfüllt oder im Zuge von Ortserweiterungen überbaut. Viele Steinbrüche liegen im Bereich der »Rhätolias-Schluchten«, die sich kerbtalförmig in die untere Jura-Schichtstufe eingetieft haben. Behauene Oberflächen an steilen Wandflächen weisen dort oft auf den ehemaligen organisierten Abbau hin. Einige der einstigen Steinbrüche sind entlang von Wanderwegen gut zu erreichen.

Der Posterbeitrag präsentiert eine Kartierung der Sandsteingebäude in der Bayreuther Innenstadt sowie der ehemaligen Steinbrüche. Es werden Beispiele besonderer Gebäude gezeigt.

Bayreuth ist eine Stadtgründung der Herzöge von Anrechts-Meranien aus der Mitte des 12. Jahrhunderts. Lage und Grundriss des mittelalterlichen Ortes werden durch die Position auf einem Terrassensporn zwischen dem Roten Main und dem Mistelbach bestimmt. Zentrale Achse ist der Straßenmarkt (heute Maximiliansstraße). Von diesem zweigen sichelförmig gebogene Nebengassen mit kleinteiliger Grundstücksparzellierung insbesondere nach Süden ab. Durch zwei Großbrände (1605, 1621) geht die Bebauung in diesem Teil nicht über das frühe 17. Jahrhundert hinaus. Giebelbauten aus der Zeit des Wiederaufbaus, Traufseitbauten aus dem 18. Jahrhundert sowie Sandsteinquaderhäuser (v. a. um 1800) prägen den mittelalterlichen Stadtkern.

Monumentales Sandsteingebäude ist die spät- bis nachgotische Stadtpfarrkirche, die nach starker Beschädigung beim Brand von 1605 zwischen 1611 und 1614 wieder aufgebaut und zur Hauptkirche des Fürstentums Bayreuth-Brandenburg ausgebaut wurde. Sie

hat seitdem mehrere Renovierungen und Stilveränderungen erfahren. Im Gegensatz zum Kirchengebäude mit Sandsteinen der Bayreuth-Formation sind die Türme aus Benker Sandstein erbaut, gewonnen in Steinbrüchen bei Stockau südlich von Bayreuth (FROSCHE 1923, zitiert in EMMERT 1977; ENGELBRECHT 2017).

Die Verlagerung der markgräflich-hohenzollerschen Hofhaltung von Kulmbach nach Bayreuth im Jahr 1604 bewirkte vor allem im 18. Jahrhundert unter Markgraf Friedrich III von Bayreuth-Brandenburg (Statue auf dem Schlossplatz in Erlangen!) und seiner Gattin Wilhelmine eine großzügige barocke Stadterweiterung im südlichen Vorfeld des mittelalterlichen Ortes. In großem Stil entstanden charakteristische Sandsteinquaderbauten in französisch anmutenden, klassizierenden Formen mit einem unverwechselbarem Gepräge (BLfD 2019). Ab 1730 entstand nach einheitlichem Plan die Friedrichstraße mit einem zentral gelegenen Paradeplatz (heute Jean-Paul-Platz), Reithalle (heute Stadthalle) und Waisenhaus (heute Behördensitz). Die Friedrichstraße wird eindrucksvoll von Sandsteinquaderhäusern begleitet (v. a. Bürgerhäuser, teils schlichte Adelspalais). Ab 1740 entstand der Bereich der Ludwigstraße bis Sternplatz, ebenfalls mit einer geschlossenen Reihe an Sandsteingebäuden. Nach Zerstörung des Alten Schlosses durch einen Brand 1753 wurde noch im gleichen Jahr mit dem Bau des Neuen Schlosses nach Plänen des markgräflichen Hofbaumeisters Joseph Saint-Pierre begonnen, das 1758 weitgehend fertiggestellt war (langgestreckter, zweieinhalbgeschossiger Sandsteinquaderbau mit mittlerem Portalrisalit). In das Schloss wurden bestehende oder im Bau befindliche Gebäude der Ludwigstraße integriert.

Das Gebäude des Markgräflichen Opernhauses wurde zwischen 1744 und 1750 ebenfalls nach Plänen des Hofbaumeisters Joseph Saint-Pierre erbaut. Die Innenarchitektur stammt von Giuseppe und Carlo Galli-Bibiena im Stil des italienischen Spätbarocks. Das seit 2012 als UNESCO-Welterbe geführte Opernhaus zählt zu den wenigen im Original erhaltenen Theater- und Opernbauten der damaligen Zeit in Europa. Der Fassadentrakt ist ein dreigeschossiges Sandsteinquadergebäude mit Risalit und Balustrade (mit allegorischen Sandstein-Figuren des Bildhauers Johann Georg Ziegler aus Tauberfranken; Herkunft des Sandsteins nicht geklärt).

Eine weitere Phase mit Sandstein-Gebäuden ist die Gründerzeit (Neorenaissance, Neobarock und barockisierender Jugendstil). Beispiele finden sich u. a. in den Wohnblöcken Wölfelstraße/ Opernstraße oder im Ensemble Cosima-Wagner-Straße/Lisztstraße im Umfeld der Villa Wahnfried (einstiges Wohnhaus Richard

Wagners, heute Richard-Wagner-Museum; erbaut 1873-74, ebenfalls Sandsteingebäude).

Der überwiegend verbaute Rhätolias-Sandstein (auch Gumbel'scher Sandstein) wurde unter fluviatil-deltaischen Bedingungen zur Zeit des frühen Lias abgelagert und wird heute der Bayreuth-Formation zugeordnet. Die ältere Bezeichnung »Rhätolias-Sandstein« geht auf die früher unsichere stratigraphische Zugehörigkeit zurück. Der bis zu 20 m mächtige Sandstein ist überwiegend hell gefärbt, weißgrau bis rostgelb, in schmalen Streifen oder kleineren Partien auch ockerfarbig, rotbraun, rotviolett oder schwarzbraun - und kann stellenweise braun getüpfelt sein (EMMERT 1977). Die Körnung wechselt zwischen fein und grob, wobei das gröbere Korn überwiegt. Das Bindemittel ist überwiegend tonig, in den ehemaligen Abbaugebieten jedoch häufig auch kieselig. Charakteristisch ist das meist sehr unruhige Schrägschichtungs-Gefüge.

Auch wenn die Lage der einstigen Abbaugebiete der Bayreuther Sandsteine grundsätzlich bekannt ist (Gumbel'scher Sandstein v. a. im Raum Meyernberg-Geigenreuth-Eckersdorf-Donndorf), sollen zukünftige Quellenstudien versuchen, Abschnitte der Stadtbaugeschichte mit der Geschichte der Steinbrüche zu verknüpfen. Für die Stadtkirche ist dies zu einem großen Teil bereits gelungen (ENGELBRECHT 2017). Für

aktuelle Bauwerke (Sparkasse am Luitpoldplatz, Ausmauerung des Rotmain-Kanals in der Opernstraße/Kanalstraße) wurde Seeberger Sandstein aus Thüringen verwendet, der dem vielfach verwendeten Rhätolias-Sandstein ähnelt.

Die Geschichte einzelner Prachtbauten der Markgrafenzeit (insbesondere Friedrichstraße) ist unter *www.markgrafenkultur.de* dargestellt. Im Rahmen des Geopark-Projektes soll zukünftig eine spezielle »Steine-in-der-Stadt«-Broschüre zu den Sandsteingebäuden entstehen. Informationen zu den Gebäuden lassen sich schon jetzt auf *wikisteine.steine-in-der-stadt.de* und dem Suchbegriff »Bayreuth« abrufen.

Literatur:

- BLfD (Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege)(2019): Liste der Baudenkmäler in Bayreuth. – Internet: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Baudenkmäler_in_Bayreuth (abgerufen am 30.01.2019).
- EMMERT, U. (1977): Erläuterungen zur Geologische Karte Blatt 6035, Bayreuth. – 180 S., München (Bay. Geol. Landesamt).
- ENGELBRECHT, W. (2017): Geschichte der Bayreuther Stadtkirche. – 288 S., Verlag Bayreuther Zeitlupe (Bayreuth).

Kleine Kulturgeschichte des Trebgaster Sandsteins

Werner Gräbner (Trebgast) & Andreas Peterrek (Parkstein)

Krönel und Klöppel sind seit Jahrhunderten typische Arbeitsmittel des Steinmetzes, den man früher Steinhauer nannte. Wenn sich beide Werkzeuge im Wappen einer Gemeinde finden, spricht dies für die Bedeutung der Steinverarbeitung in der Vergangenheit des Ortes. Trebgast in Oberfranken gehört neben Rauhenebrach in Unterfranken zu den einzigen Orten in Bayern, wenn nicht sogar in Deutschland, in deren Wappen der zur Bearbeitung von weichen Gesteinsflächen dienende Krönel abgebildet ist. Das Trebgaster Wappen zeigt darüber hinaus zusätzlich einen Klöppel (Abb. 1).

Quellen im Kirchenarchiv der Gemeinde Trebgast belegen dort ansässige »Steinbrecher« und »Steinhauer« bereits im 17. Jahrhundert (GRÄBNER & PETEREK 2019). Die Wege des Trebgaster Sandsteins lassen sich schon im 11.-13. Jhdt. zu den Orlamündischen Grabdenkmälern in der ehemaligen Klosterkirche Himmelkron und Mitte des 16. Jh. vermutlich auch auf die markgräfliche Plassenburg in Kulmbach verfolgen. Auch in Trebgast selbst und in dessen Umgebung gibt es zahlreiche Beispiele aus Trebgaster Sandstein, darunter die Trebgaster Markgrafenkirche samt Pfarrhaus oder das Haus des markgräflichen Wildmeisters.

Einer überregionalen Blütezeit steuerte der Trebgaster Sandstein seit Fertigstellung der Eisenbahnlinie Bayreuth – Neuenmarkt/Wirsberg (1853) bis Anfang des 20. Jh. entgegen. Unmittelbar am Bahnhof lag der »Steinhauerplatz«, an dem zahlreiche Steinhauer vor ihren Hütten mit dem Bearbeiten der aus den nahen Steinbrüchen herangekarrten Sandsteinblöcke beschäftigt waren. 1900 waren in Trebgast neun Steinbrüche mit 70 Steinbrechern und 80 Steinhauern in Betrieb. Steine wurden für Großbauten u. a. nach Bayreuth, Plauen, Leipzig und Berlin geliefert. Nach einem zwischenzeitlichen Niedergang infolge des 1. Weltkriegs blühte das Steinhandwerk in den 1930er Jahren zunächst wieder auf, was sich nach dem 2. Weltkrieg infolge der Nachfrage nach Baumaterial zunächst fortsetzte. Doch schon seit dem Beginn der 1950er Jahre lassen Abbau und Verarbeitung des Trebgaster Sandsteins nach und mehr und mehr Steinbrüche werden aufgelassen. Seit 1953

und bis heute dient einer davon in den Sommermonaten als Naturbühne. Nahe Oberlantsch wird der Trebgaster Sandstein bis heute abgebaut, wenn auch über Jahre hinweg nur sehr sporadisch für Restaurierungsarbeiten, insbesondere des Bamberger Doms. In den letzten Jahren ist wieder eine verstärkte Abbautätigkeit durch das *Bamberger Natursteinwerk Herrmann Graser* zu verzeichnen, das den Sandstein in seiner Produktpalette anbietet. Eine besondere Eignung wird dem Sandstein für die Anwendung im Fassadenbau als Mauerwerk oder für massive Bauteile zugesprochen. »Großes Integritätspotential und stimmige Kompatibilität zu zahlreichen stadtbildprägenden Bestandsgebäuden vieler Altstadtkerne« werden als besonderes Kennzeichen des Sandsteins auf der Website des Unternehmens unter www.bamberger-natursteinwerk.de hervorgehoben. Dort finden sich auch Beispiele für die Optik des Sandsteins bei unterschiedlicher Oberflächenbearbeitung.

Der »Trebgaster Sandstein« ist ein beigebrauner, mittelkörniger Sandstein. Stratigraphisch gehört er nach älteren Gliederungen dem oberen, hellen Platten-sandstein des Oberen Buntsandsteins (so2; EMMERT & WEINELT 1962) an. Es handelt sich um einen Quarzsandstein mit teils höherem Feldspat-Anteil bzw. erkennbarem Gehalt an Gesteinsbruchstücken. Der Sandstein ist nicht durchgängig, aber sehr oft kieselig gebunden. Verbreitet sind sedimentäre Gefüge, u. a. Schrägschichtung. Im so2 liegen die meisten der ehemaligen Steinbrüche. Die abbauwürdigen Bänke des so2 bilden Lager bis sieben Meter Mächtigkeit, der so1 hingegen nur bis zu einem Meter. Der untere Platten-sandstein (so1) ist rötlich gefärbt und weniger verwitterungsresistent. Er wurde daher seltener abgebaut.

Literatur:

- GRÄBNER, W. & PETEREK, A. (2019): Trebgaster Sandstein. – Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth, 28 (im Druck).
- EMMERT, U. & WEINELT, W. (1962): Geol. Karte von Bayern Blatt 5935, Marktschorgast, mit Erläuterungen. – München (Geol. Landesamt).

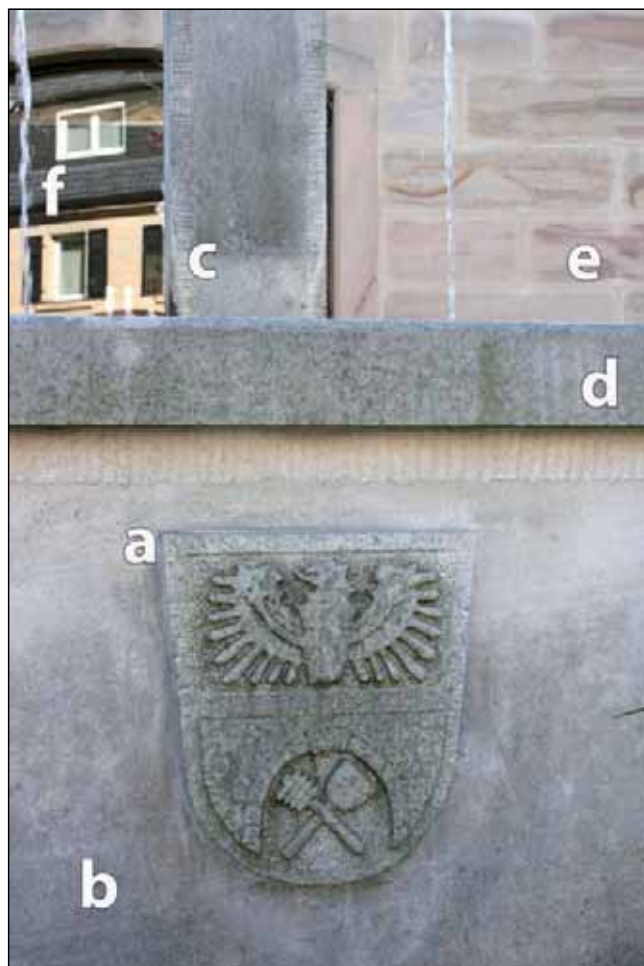


Abb. 1: Ortsbrunnen Trebgast, Ecke Kulmbacher/Bayreuther Straße. a = Ortswappen mit halbem Adler aus dem Wappen der Markgrafen von Brandenburg-Bayreuth, Torbau der Kirchenanlage und Krönel & Klöppel (Fichtelgebirgsgranit, Kösseine Granit); b = Brunnenbasin, c = Brunnensäule, beide aus Trebgaster Sandstein; d = umlaufende Abdeckung, Fichtelgebirgsgranit (Kösseine Granit); e = Fassade aus Trebgaster Sandstein (Ehemaliges markgräfliches Wildmeisterhaus, bezeichnet „1767“); f = Spiegelung des gegenüberliegenden Gebäudes, ehemaliges Wohnstallhaus, heute Gasthaus, bezeichnet „1840“, ebenfalls Trebgaster Sandstein.



Abb. 2: Steinhauer am »Steinhauerplatz« am Trebgaster Bahnhof (um 1900). Foto: Gemeindecarchiv Trebgast.

Die GEOPARK-Route „Naturwerksteine“

Andreas Peterek (Parkstein)

Im bayerischen Teil des GEOPARK Bayern-Böhmen liegen zwei aktuelle Zentren der Naturwerkstein-Industrie: das Fichtelgebirge und das Gemeindegebiet von Flossenbürg im nördlichen Oberpfälzer Wald. In beiden Gebieten haben Abbau und Natursteinverarbeitung seit Jahrhunderten Tradition. Sie bilden daher die Eckpfeiler für die rund 360 Kilometer lange GEOPARK-Route »Naturwerksteine im GEOPARK Bayern-Böhmen«. Die Route vermittelt interessierten Laien als virtuelle Straße (d. h. ohne Kennzeichnung im Straßenraum) an »Originalschauplätzen« die geologischen Hintergründe der Naturwerksteine und die Geschichte ihres Abbaus. An den Standorten sind in der Regel Informationstafeln, in vielen Fällen auch weitere Informations- und »Erlebnis«-Elemente vorhanden (Ausstellungen, Lehrpfade, Wanderungen, Steinbrüche). Entlang der Route werden repräsentative Gebäude, Denkmäler und Brunnen einbezogen. Informationen über die Route geben ein Faltblatt, eine Internetseite sowie eine App (Abb. 1).

Die GEOPARK-Route beginnt in Wunsiedel. Hier befindet sich mit dem *Deutschen Natursteinarchiv Wunsiedel (DNSA)* eine bedeutende und (nach Anmeldung) öffentlich zugängliche Naturstein-Sammlung mit Musterplatten aus der ganzen Welt. Das DNSA ist integriert in das Steinzentrum Wunsiedel, ein Kompetenzzentrum für berufliche Bildung im Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerk (www.efbz.de). Wunsiedel bietet zudem eine ausgearbeitete »Steine in der Stadt«-Führung (ROTH et al. 2013; mit Informationstafel am Bahnhof, Faltblatt und Broschüre) sowie mehrere Standorte der »GEO-Tour Wunsiedler Marmor« (GEOPARK Bayern-Böhmen 2017; www.wunsiedler-marmor.info).

Entsprechend mehrerer historischer und aktueller Subzentren der Naturwerkstein-Industrie im Fichtelgebirge führt die Naturwerkstein-Route quer durch die Region. Ausschließlich von historischer Bedeutung sind die Abbaue von Wunsiedler Marmor (Wunsiedel), Redwitz (Marktredwitz und Umgebung) sowie Proterobas (Bischofsgrün, Fichtelberg). Granit kommt im Fichtelgebirge in verschiedenen Ausprägungen vor. Einblicke in den Selber Granit bietet ein Schausteinbruch bei Selb. Der Kornberg Granit (Niederlamitz) wurde früher in mehr als 20 Steinbrüchen abgebaut, die heute wildromantische Geotope darstellen. Kirchenlamitz bietet rund um den Epprechtstein einen »Steinbruch-Wanderweg« (Epprechtstein Granit) vorbei an zahlreichen aufgelassenen und teils heute wieder aktiven Steinbrüchen. Im Frühjahr 2019 wird in Kirchenlamitz in Nachbarschaft zu dem 35 x 35 Meter großen Granit-Labyrinth ein Granit-Informationszentrum eröffnet. Das Granit-Labyrinth besteht aus 180 einzelnen,

Kubikmeter großen Quadern eines portugiesischen Granits (errichtet aus Lagerbeständen eines aufgegebenen Betriebes). Ein GEOPARK-Granit-Informationszentrum befindet sich auf dem Gelände des ehemaligen Naturwerkstein-Betriebes GRASYMA in Weißenstadt (heute Kurpark). Hier erläutern Schautafeln die Geschichte der Granitindustrie im Fichtelgebirge, die Geschichte der Ackermann Granitwerke Weißenstadt sowie Reste der ehemaligen Industrieanlage. Wanderungen am nahegelegenen Waldstein ermöglichen Blicke in aktive Steinbrüche (Waldstein Granit).

Im Südwesten der Kösseine liegt das Abbaugelände des markantesten Fichtelgebirgsgranits: der blaugraue Kösseine Granit. Ein Besuch der aktiven Steinbrüche bei Schurbach ist für die Öffentlichkeit nicht möglich, doch führen Wanderwege an den Halden und an frischen Abbaublöcken vorbei. Wanderungen in Bischofsgrün und Fichtelberg leiten Besucher an unzähligen aufgelassenen Steinbrüchen vorbei, in denen über Jahrhunderte hinweg Proterobas, ein in einer mehr als fünf Kilometer langen und 20 bis 30 Meter breiten vulkanischen Förderspalle erstarrter Mikrogabbro/Lamprophyre, abgebaut wurde. In beiden Orten ist das Gestein an verschiedenen Gebäuden zu sehen.

Außerhalb des Fichtelgebirges und Oberpfälzer Waldes spielen Sandsteine unterschiedlicher stratigraphischer Position die größte Rolle als Naturwerksteine (v. a. Rhätolias/Bayreuth-Formation; Keuper/Benker, Coburger und Lessauer Sandstein; Muschelkalk/Eschenbach- und Grafenwöhr-Formation). Präsentiert werden neben Gebäuden (u. a. UNESCO Welterbe Markgräfliches Opernhaus in Bayreuth) ehemalige Abbaustellen/Steinbrüche, eingebunden in landschaftlich reizvolle Wanderungen.

Die Führungslinie der GEOPARK-Route kehrt in ihrem letzten Abschnitt aus dem mesozoischen Deckgebirge zurück in das Variszische Grundgebirge. Hier sind wiederum verschiedene Granite von Bedeutung: Leuchtenberger Granit, Roggenstein Granit, Falkenberger Granit, Liebensteiner Eisgranit sowie Flossenbürger Granit. In Flossenbürg ist der Schlossberg mit seinem durch den Granitabbau angeschnittenen Zwiebelschalenbau ein für Laien wie Fachleute gleichermaßen attraktives Geotop mit überregionaler Bekanntheit. Der Themenpfad »Der Weg des Granits« (Überarbeitung geplant in 2020), das Steinhauermuseum der Gemeinde sowie ein ebenfalls für 2020 geplantes Granit-Infozentrum unmittelbar im Geotop zeigen Besuchern die Bedeutung der Flossenbürger Naturwerkstein-Industrie auf. Das Konzentrationslager Flossenbürg steht heute wie kein anderer Ort in Nordostbayern für das Grauen der nationalsozialistischen Gewaltherrschaft. Auf

die Rolle der Deutschen Erd- und Steinwerke GmbH (DESt), ein 1938 gegründetes Unternehmen der SS, und den menschenunwürdigen Einsatz von Häftlingen in den damaligen Steinbrüchen informieren insbesondere die Ausstellungen der KZ-Gedenkstätte sowie Schautafeln an der Besucher-Plattform am ehemals von der DESt-betriebenen Steinbruch am Wurmstein.

Literatur:

- GEO PARK Bayern-Böhmen (2017) (Hrsg.): Wunsiedler Marmor – Geologie, Bergbau, Landschaft und Kulturgeschichte. – Infobroschüre, 48 S.; Wunsiedel (Selbstverlag Landratsamt Wunsiedel im Fichtelgebirge).
- ROTH, C., PETEREK, A. & KÖGLER, R. (2013): Wunsiedel (Bayern). – In: Schroeder, J. H. (Hrsg.), 2013, Steine in deutschen Städten II: 183-194



Abb. 1.: QR-Code zum Aufruf der App GEOPARK-Route „Naturwerksteine im GEOPARK Bayern-Böhmen“.

Abb. 2.: Station der GEOPARK-Route Naturwerkstein in Gefrees (nördliches Fichtelgebirge): das Steinhauer-Denkmal. Es stammt aus dem Jahr 1995 und wurde von dem Kronacher Künstler und Steinhauer Heinrich Schreiber geschaffen. Material: Gefreeser Granit.

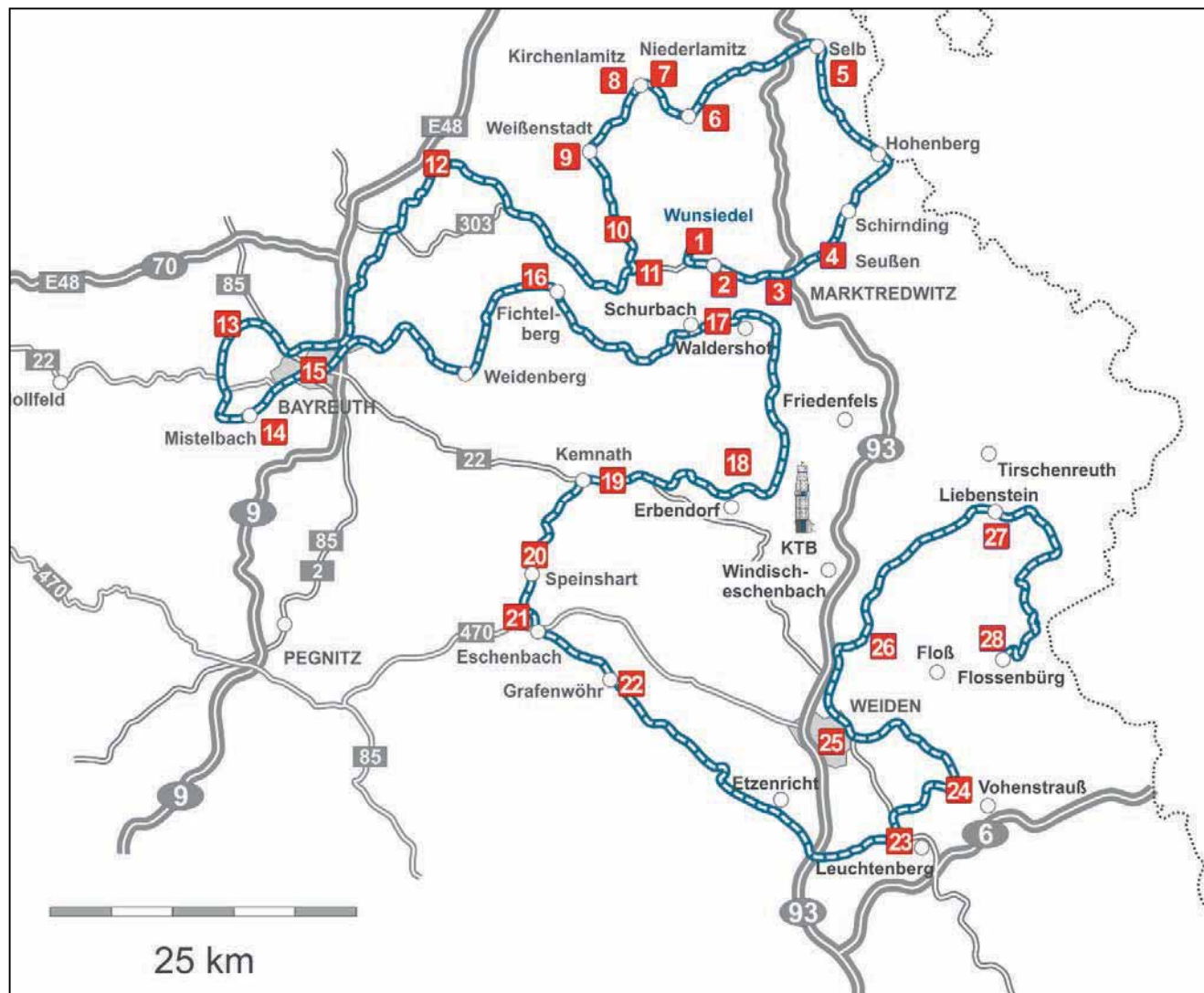


Abb. 3.: Die GEOPARK-Route »Naturwerksteine im GEOPARK Bayern-Böhmen«. 1 = Wunsiedel (Wunsiedler Marmor, Granit), 2 = Kleinwendern (Kösseine Granit), 3 = Marktredwitz (Redwitzit), 4 = Seußen (Redwitzit), 5 = Selb/Häusellohe (Selber Granit), 6 = Marktleuthen (Bibersberger Granit), 7 = Niederlamitz (Kornberg Granit), 8 = Kirchenlamitz (Epprechtstein Granit, Granit-Labyrinth, Infozentrum), 9 = Weißenstadt (Waldstein Granit, Infozentrum), 10 = Tröstau/Fuchsbau Granit, 11 = Tröstau/Skulpturen-Park (Wunsiedler Marmor), 12 = Gefrees (Gefrees Granit, Steinhauer-Denkmal), 13 = Eckersdorf (Rhätolias-Sandstein), 14 = Mistelbach (Rhätolias-Sandstein), 15 = Bayreuth (Steine in der Stadt), 16 = Fichtelberg (Proterobas-Steinbrüche), 17 = Schurbach (Kösseine Granit), 18 = Pfaben/Erbendorf (Steinwald Granit), 19 = Kemnath (Benker Sandstein), 20 = Speinshart (Schilfsandstein), 21 = Eschenbach (Eschenbach Sandstein), 22 = Grafenwöhr (Grafenwöhr Sandstein), 23 = Leuchtenberg (Leuchtenberger Granit), 24 = Roggenstein (Roggenstein Granit), 25 = Weiden i.d. OPf. (Steine in der Stadt), 26 = Püchersreuth (Redwitzit), 27 = Liebenstein (Liebensteiner Eisgranit), 28 = Flossenbürg (Flossenbürger Granit).

“Making it real”: Augmented Reality - Neue Perspektiven für Steine in der Stadt

Stefanie Zecha (Eichstätt)

Für die aktuelle Generation von Jugendlichen gehören Smartphones, WLAN und mobile Endgeräte mit Internetzugang selbstverständlich zu ihrer Lebenswelt. Exkursionen wiederum sind eine wesentliche Methode, um geologische und geomorphologische Vorgänge besser zu verstehen. Augmented Reality (AR) stellt eine weitere Möglichkeit des ortsbezogenen Lernens mit mobilen Endgeräten dar. Bei der Augmented Reality wird die reale Umgebung eines Nutzers um digitale (teilweise ortsbasierte) Informationen (z. B. Texte, Bilder, Videos, Audiodateien etc.) oder 3-D-Animationen erweitert. Diese Elemente werden mit Hilfe von Displays in die bereitgestellte Umgebung eingeblendet. Diese Verbindung zwischen realen Objekten und virtuellen Inhalten liefert dem Benutzer nützliche Zusatzinformationen und Hilfestellungen, genau an der Stelle, wo er sie unmittelbar braucht. Die digitale Information verschmilzt sozusagen mit der Umwelt des Benutzers. Digitale Medien und Methoden wie Augmented Reality können Lernprozesse im Bereich Gesteinskunde initiieren und vertiefen helfen (SCHART & TSCHANZ 2018). Für die Konzeption von Augmented Reality sind Seh-, Hör-, und Tastsinn entscheidend. Auch die Wahrnehmung von Steinen in der Stadt findet über Augen, Ohren und Hände statt. Werden mehrere Sinnsysteme gleichermaßen angesprochen, reagiert das Gehirn dabei um ein Vielfaches stärker als auf die jeweiligen Reize alleine. Es kommt zu einem tieferen Verarbeitungsprozess. Die multisensuale Wahrnehmung (Videos, Bilder, Hörsequenzen) spricht auch verschiedene Lernformen an. Augmented Reality ermöglicht durch das Einspielen von Videosequenzen, Bildern oder Diagramme ein authentisches ortsbezogenes Lernen (RAISMAH et al. 2011). Je nach Gestaltung der Materialien können auch konstruktivistische Lernprozesse angestoßen werden (KERWALLA et al. 2006). Die lernende Person erhält die Möglichkeit, neues Wissen auf individuellem Vorwissen aufbauend zu konstruieren, aber auch Hilfesysteme in Anspruch zu nehmen. Forschendes Lernen wird gefördert, in dem die Overlays Informationen zur Verfügung stellen, die den Lernenden auffordern Fragen zu stellen (Johnson 2010). Um die verschiedenen Lernformen anzustoßen, benötigt man Motivation. Studien (KURILOVAS 2016) belegen sowohl höhere Motivation von Personen in der Auseinandersetzung mit AR-Inhalten als auch höhere Lernleistungen. KURILO-

VAS (2016) konnte in ihrer Untersuchung zeigen, dass eine erhöhte Motivation und Zufriedenheit besonders bei ortsbezogenem selbstgesteuerten Lernen vorhanden ist. Nach der Arbeit mit AR zeigten alle Teilnehmer eine stärkere Motivation und Interaktion mit dem Lerngegenstand. Obwohl Augmented Reality viele Vorteile bietet, gibt es auch einige Herausforderungen. Der Personenkreis, der gerne AR einsetzen möchte, verfügt häufig nicht über die richtige Ausstattung und auch nicht über das notwendige technische Wissen, um mit den Problemen umzugehen, wenn die Augmented Reality nicht so funktioniert, wie sie sollte (BILLINGHURST & DUENSER 2012). Als Heritagemanager sehen sie selten die Gefahr darin, dass an dem Ort die die Authentizität zerstört wird (DUEHOLM & SMED 2014).

Der Prozess, virtuelle Daten mit realen Daten zu kombinieren, kann Benutzern einen Zugang zu einem reichhaltigen und bedeutungsvollen Multimediainhalt bieten. Dabei wird deutlich, dass durch Augmented Reality keine bestehenden Methoden ersetzt werden, sondern diese erweitert und ergänzt werden.

Literatur:

- BILLINGHURST, M. & DUENSER A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer* **45**, 56-63.
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning programs. *American Journal of Surgery* **202**, 344-351,
- DUEHOLM, J. & SMED, K.M. (2014). Heritage authenticities – a case study of authenticity perceptions at a Danish heritage site. *Journal of Heritage Tourism* **9(4)**, 285-298.
- KERWALLA, L., LUCKIN, R., SELJEFLOT, S. & WOOLAND, A. (2006). Making it real: Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *VirtualReality* **10**, 163-174.
- KURILOVAS, E. (2016). Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems. *Behaviour & Information Technology*, **35(11)**, 998-1007.
- RASIMAH, C., AHMAD, A. & ZAMAN, H. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australian Journal of Educational Technology* **27**, 1369-1387.
- SCHART, D. & TSCHANZ, N. (2017). Augmented und Mixed Reality für Marketing, Medien und Public Relations, 45-64; Berlin.

Exkursion A: Bamberger Natursteinwerk Hermann Graser GmbH

Sven Bittner

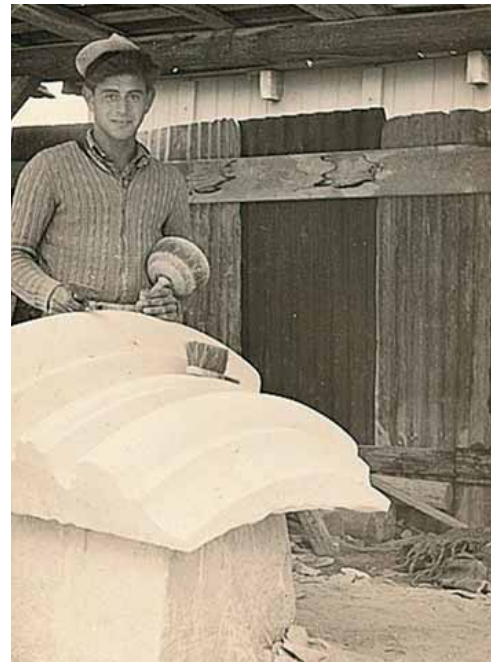
Firmengeschichte

Seit mehr als 50 Jahren liegt das besondere betriebliche Engagement des mittelständischen Familienunternehmens in der Restaurierung und Rekonstruktion historischer Baudenkmäler, sowie im Fassadenbau aus Naturstein.

Begonnen hat die Firmengeschichte im Jahr 1965, als sich der Firmengründer Hermann Graser sen. mit Hilfe einer Steuerrückerstattung i.H.v. 500 DM mit einem Steinmetzbetrieb im elterlichen Anwesen in Trossenfurt im Steigerwald selbständig gemacht hat. Durch stetiges Wachstum wurde bereits in den Jahren 1968/69 im benachbarten Tretzendorf ein Steinmetzbetrieb auf 7.000 m² errichtet. Als dieser in den 80er Jahren eben-



Bamberger
Natursteinwerk
Hermann
Graser



falls an seine Grenzen stieß, ist das heutige Werk in Bamberg gebaut und in Betrieb genommen worden. Seitdem wird kontinuierlich erweitert und der Maschinenpark auf dem neuesten Stand gehalten. So hat das Unternehmen seit dem Jahr 2007 als Vorreiter in der Natursteinbranche die automatisierte Bearbeitung von Naturstein mit Industrierobotern maßgeblich entwickelt und zur praktischen Umsetzung gebracht.

Um die geeigneten Steine für die Restaurierung, Rekonstruktion oder den Fassadenbau bereitstellen zu können, wurden seit den 80er Jahren nach und nach Steinbrüche im gesamten Bundesgebiet eröffnet bzw. weitergeführt.

Mit dem Kauf sämtlicher Steinbrüche und Maschinen der Naturstein Vetter GmbH im Jahre 2012 stehen beim Bamberger Natursteinwerk zurzeit 21 eigene Steinbrüche mit hochwertigem Sandstein und Granit im Abbau.

So kann das Unternehmen mit seiner einzigartigen Leistungsvielfalt – dem Abbau der Rohblöcke in eigenen Steinbrüchen, eigenen Planungs- und Konstruktivi-

onsbüros, Produktion im eigenen Werk, Montage und Restaurierung mit eigenem Personal vor Ort – Komplettlösungen aus einer Hand anbieten.

Maschinelle Ausstattung

Beim Bamberger Natursteinwerk wird der Maschinenpark sowohl in der Produktion als auch im Steinbruch immer auf dem neuesten Stand gehalten.

So stehen dem Bamberger Natursteinwerk auf ca. 30.000 m² Betriebsfläche modernste Produktionsanlagen zur Verfügung, mit denen sämtliche Natursteine in höchster Präzision und Qualität bearbeitet werden. Dabei ergänzt sich die jahrhundertealte Steinmetzkunst mit einzigartiger technischer Innovation.

Der Produktion stehen u. a. Blockkreissägen mit einem Durchmesser von 3,50 Meter, eine Block- und Konturenseilsäge, CNC- gesteuerte Brückensägen, eine Multiblattsägeanlage für Plattenzuschnitt, eine Wasserstrahlschneidmaschine sowie alles Erforderliche für die handwerkliche Steinbearbeitung zur Verfügung.

Daneben werden hochkomplexe dreidimensionale Natursteinarbeiten mithilfe von 3 Robotern maschinell vorgefertigt. Aufgrund der 6 steuerbaren Roboterachsen und einer 7. Linearachse können mit ihnen Natursteine bis zu einer Länge von 8 Metern bearbeitet werden.

In den Steinbrüchen stehen den vollausgestatteten Abbauteams jeweils Radlader bis zu 56 t Einsatzgewicht, Kettenbagger mit bis zu 38 t Einsatzgewicht, Bohrgeräte, Spaltgeräte sowie Schrämm- und Seilsägen zur Verfügung.

Kontakt:

www.bamberger-natursteinwerk.de

info@bamberger-natursteinwerk.de

+49 (0951) 9648-0



Natursteine

Zurzeit baut das Bamberger Natursteinwerk in insgesamt 21 eigenen Steinbrüchen hochwertigen Sandstein und Granit ab. Dabei werden die Steinbrüche je nach Bedarf für wenige Wochen bis Monate im Jahr von 3 Abbauteams betrieben.

Im Einzelnen werden folgende Natursteine abgebaut:



**MAINSANDSTEIN,
WEISS-GRAU**



SANDER SANDSTEIN



BUCHER SANDSTEIN



**NECKARTÄLER HARTSAND-
STEIN, ROT-WEISS**



STEIGERWALD QUARZIT



**ROTHER MAINSANDSTEIN,
RÖTTBACH**



**EPPRECHSTEIN GRANIT,
GELE**



**TREEGASTER BUNTSAND-
STEIN**



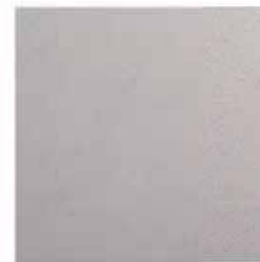
KÖSSEINE GRANIT



LEISSTÄDTER SANDSTEIN



**NECKARTÄLER HARTSAND-
STEIN, ROT**



**MAINSANDSTEIN, WEISS-
GRAU, HAHNBRUCH**



**FRIEDEWALDER BUNT-
SANDSTEIN, ROT**



**EPPRECHSTEIN GRANIT,
GRAU-GELB**



**FRIEDEWALDER BUNT-
SANDSTEIN, HELL**



**KÖNIGGRÄTZER SAND-
STEIN**



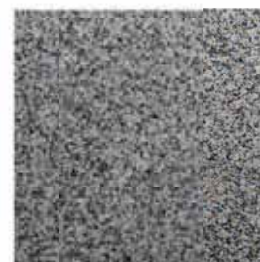
**POSTAER SANDSTEIN
„ALTE POSTE“
GEGEN DAS NATÜRLICHE LAGER GESÄGT**



**HERZOGSTEINER SAND-
STEIN**



**POSTAER SANDSTEIN
„ALTE POSTE“
IM NATÜRLICHEN LAGER GESÄGT**



**EPPRECHSTEIN GRANIT,
GRAU**

Exkursion B: Historische Gebäude und Naturwerksteine in Erlangen

Andreas Jakob (Erlangen) & Roman Koch (Erlangen)

Für diese von uns gemeinsam durchgeführte Exkursion sind in den beiden Kurzfassungen zu den Vorträgen bereits wesentliche Punkte abgehandelt. Die Exkursionsroute muss aufgrund der Schließung einiger Objekte um 16.00 – nach zeitlicher Überprüfung der Route und der Exkursionspunkte – noch genau festgelegt werden. Der Plan der Exkursion wird vorab verteilt.

Der Beitrag stellt den ersten Schritt einer in Arbeit befindlichen Publikation »zur Baugeschichte und der in der Zeit verwendeten Naturwerksteine in Erlangen« dar. Insofern sind einige Unsicherheiten zu zeitlichen Daten und der Herkunft der Naturwerksteine noch nicht ausgeräumt. Trotzdem zeigt sich ein bemerkenswerter Zusammenhang zwischen geologischen Gegebenheiten, industrieller Entwicklung (Transportmöglichkeiten), »Stein-Moden« und politischem Umfeld (1. Weltkrieg, 2. Weltkrieg, Nachkriegszeit). Die verwendeten Naturwerksteine können verschiedenen länger andauernden Bauphasen zugeordnet werden (Tab. 1), die zu den oben erwähnten historischen Ereignissen im Bezug zu sehen sind.

Von besonderer Bedeutung zu Beginn der Stadtgeschichte von Erlangen ist die 4-5 m hohe Stadtmauer, die nach 1398 errichtet worden sein dürfte (Friedrich 2002) und von der noch heute viele sehenswerte Reste erhalten sind. Hier wurde der Burgsandstein in den verschiedenen Phasen von Aufbau und Zerstörung (2. Markgrafenkrieg; 30-jähriger Krieg) sowie im Zusammenhang mit Stadterweiterungen (1701/24) in seinem breiten Spektrum eingesetzt.

Dabei wurden allerdings auch manche Qualitäten (Farbe, Körnigkeit) offensichtlich in verschiedenen Bauabschnitten zu unterschiedlichen Zeiten bevorzugt verwendet. Hier besteht ein Zusammenhang zur geologischen Situation am Burgberg und am Rathsberg (Rhätsandstein), die sich unmittelbar nördlich im Erlanger Stadtgebiet erheben. Die historische Entwicklung der nördlichen, noch gut erhaltenen Stadtmauer und die Verwendung verschiedener Burgsandstein-Typen in verschiedenen »Wiederaufbauphasen« wird z. Zt. zusammen mit den Erlanger Stadtforschung und der Stadt Erlangen (Ing. Büro Leyh) untersucht.

In der ersten Erlanger Bauphase, die von der Errichtung der Hugenottenkirche (1986) und dem Erlanger Stadtschloß (1704) bis zur Gründung der Universität (1743) definiert werden kann, wurde fast ausschließlich der Burgsandstein der näheren Umgebung (Burgberg, Rathsberg) eingesetzt. In diesem Zeitraum wurden

sowohl die Orangerie (1706), der Hugenottenbrunnen (1706; Restauriert 1966), das Markgrafentheater (1718), die drei Kirchen und das Sutterheimsche Palais (1730) errichtet. Das Reiterdenkmal im Schloßgarten, das den Markgraf Christian-Ernst darstellt, wurde 1712 aus einem Sandsteinblock gefertigt, der aus dem Steinbruch Nr. 3 in der Karte von v. Freyberg 1980 (vergl. Vorträge S. 17) stammt.

Zwischen dem Brand des Erlanger Schlosses (1814) und dessen Wiederaufbau alleinige Nutzung durch die Universität (1825) besteht eine große Lücke über bautechnischen Daten.

In der anschließenden ca. 100-jährigen intensiven Bauphase von etwa 1826 bis 1914 wurden vorwiegend die wesentlichen Bauten der medizinischen Fakultät errichtet, die um den Schloßpark drapiert wurden (Tab. 1). Eine interessante Parallele zur heutigen Entwicklung der Medizintechnik in und um Erlangen. Weitere bedeutende Gebäude wie das Christian-Ernst-Gymnasium und die alte Universitätsbibliothek entstanden gegen Ende dieser Periode. Hier kamen vorwiegend Burgsandstein und helle Sandsteine aus dem nördlichen Franken (Mainsandsteine) sowie Muschelkalk und Roter Mainsandstein im Außenbereich zur Verwendung.

Im Innenbereich wurden Naturwerksteine mit dunkleren, gedeckten Farben verwendet, die damals in Mode waren (Granite, Deutsch-Rot-Kalkstein, Wallenfels Kalkstein, Theresiensteiner Kalkstein; Ruhpoldinger Kalkstein; Wunsiedler Marmor; Schupbach Kalksteine, Kelheimer Kalkstein). Vereinzelt wurde besondere Gesteine aus weiter entfernten Abbaugebieten genutzt (Lahnmarmor-Korallenkalk; Ruhpoldinger Kalkstein, Rote Knollenkalke, Füssener Rotmarmor; Frankenwald Schiefer).

Der Bau des heutigen Geologisch-Mineralogischen Instituts entstand 1895 durch den völligen Umbau der ehemaligen Konkordienkirche, die auch als Museum genutzt worden war. Nur das Portal blieb im Zentralbau stehen (Tichy 1993) und die beiden Seitenflügel wurden mit entsprechenden neuen Gesteinen ausgestattet (Platten aus Worzeldorfer Sandstein; Treppen aus Seussener Redwitzit).

In neuester Zeit wurden die inzwischen gängigen Gesteine der näheren und weiteren Umgebung eingesetzt (Muschelkalk, Jura Kalksteine, rote, weiße, grüne Mainsandsteine, Nagelfluh, Miltenberger Sandstein, Bucher Sandstein; Travertin; vergl. S. 3).

Chronik – Gebäude und Steine in Erlangen durch die Jahrhunderte			
Jahr	Objekt	Informationen	Gesteine (Gebäude-Burgsandstein) + Weitere Gesteine
1686	Hugenottenkirche	Eingew. 1693; Turm 1736	Burgsandstein
1704	Erlanger Stadtschloß	(Antonio della Porta)	Burgsandstein; Brand zerstört
1706	Orangerie	(Gottfried v. Gedeler)	
1706	Hugenottenbrunnen	Elias Rantz	
1712	Reiterdenkmal, Schloßgarten	Elias Rantz	Burgsandstein, Stbr. Nr.
1718	Markgrafentheater		
1719	Redoutensaal		
1721	Dreifaltigkeitskirche	Altstadt	Burgsandstein; u. a. Stbr. Nr.
1723	Pfarrkirche; ev.-luther.	Neustadt	Burgsandstein
1730	Sutterheimsches Palais	Marktplatz (1836-1971-Rath.)	
1734	Reformierte Kirche	Bohlenplatz	Burgsandstein
1743	Universitäts-Eröffnung	Von Bayreuth nach Erlangen	Burgsandstein
1769	Universitäts-Umbenennung	Friedrich-Alexander-Universität	
1782	Veste (»Altstädter Schloß«)	Abgetragen	
1812	Erlang + Christian Erlang	Vereint; Altstadt+ Neustadt	
1814	Schloß-Brand	Mauern blieben ?	
1824	Universitätskrankenhaus	Ostteil im Schloßgarten	
1825	Schloß von Univ. neu bezogen	Mauern blieben ?	Innen; Gesteine neu
1826	»Museum« heute Geologie	1. Neubau nach dem Brand	Ehemalige Konkordienkirche
1840	Chemie, Physik, Mathematik	Sammlungen; daher Museum	
1843	Markgraf Friedrich Denkmal	100 Jahre Universität	Granit
1834	Bahnhofsgebäude	Süd-Nordbahn (Tunnel)	Burgsandstein
1846	Kanaldenkmal		Auerkalk auf Sandsteinsockel
1853	Entbindungsanstalt	Gynäkologische Klinik	
1858	Chemisches Institut	b. Orangerie; »Gorups Kapelle«	
1865	Bayreuther Tor abgetragen	Erweiterung d. Passage	
1873	Pathologie	Krankenhausstraße	
1876	Neubau Frauenklinik	1902 erweitert; Universitätsstr.	
1877	Nervenklinik	Schwabachanlage	
1886	Zoologie		
1886	»Seekuh« (Sekundärbahn)	Zollhaus-Gräfenberg	
1889	Kollegienhaus	Universitätsstraße	Burgsandstein
1890	Logenhaus »Libanon zu den drei Zedern (Universitätsstraße)		Heller Sandstein, fein, Neubrunner Sdst.
1891	Jüdischer Friedhof	Burgberg Nordhand	
1892	Botanisches Institut	»Letzte Lücken Schloßgarten«	
1894	Physikalische Institute	Glückstraße	Heute »Fiebiger Zentrum«
1895	Zentralfriedhof	SW der Stadt	
1895	Gründung Min.-Geol. Institut; Umbau; nur noch Portal blieb vom Museum (ehem. Konkordienkirche)		
1897	Anatomie	»Letzte Lücken Schloßgarten«	
1897	»Rondell« in Kaiser-Wilhelm-Platz umbenannt; Kaiser-Wilhelm-Denkmal		

Tab. 1: Chronik – Gebäude und Steine in Erlangen durch die Jahrhunderte

Chronik – Gebäude und Steine in Erlangen durch die Jahrhunderte			
1902	Christian-Ernst-Gymnasium	Neubarock; Denkmalschutz	Muschelk., Roter Mainsdst, Quarz-Sdst.; Innen: Granit, Treuchtlinger, Füssener Rotmarmor
1909	Marie-Therese-Gymnasium	Neubarock; Denkmalschutz	Muschelkalk, innen Linoleum, Kacheln etc.
1913	Universitätsbibliothek, Altbau		Burgsdst., Muschelk., Innen: Deutsch-Rot-Kalk; Schupbach schwarz; Edelfels M.
1914	HNO-Klinik	Bohlenplatz	
1919	Heimatverein – Gründung		
1925	Platenhäuschen-Heimatverein		
1933	B. v. Freyberg; Direktor Geol.-Min Inst., Sammlung		
1945	Übergabe von Erlangen an die Amerikaner; kampflös		
1945	Nürnberger Tor (Südtor) abgebrochen durch amerikanische Truppen (Verkehrshindernis)		
1946	Kaiser-Wilhelm-Platz umbenannt in Lorleberg-Platz; Erlangen vor Zerstörung gerettet		
1948	Himbeerpalast (Siemens)		Sockel – Malm-Beta (Hetzles); Fig. Muschelkalk
1949	Anbauten – Ost und West an Geol.-Min.Institut; Worzeldorfer-Platten; Treppen Seussener Redwitzit		
1765	Siemens-Schuckertwerke	Forschungszentrum	
1974	Neue Universitätsbibliothek	Renoviert 2017	Platten: Treuchtlinger Kalkstein

Tab. 1: Chronik – Gebäude und Steine in Erlangen durch die Jahrhunderte

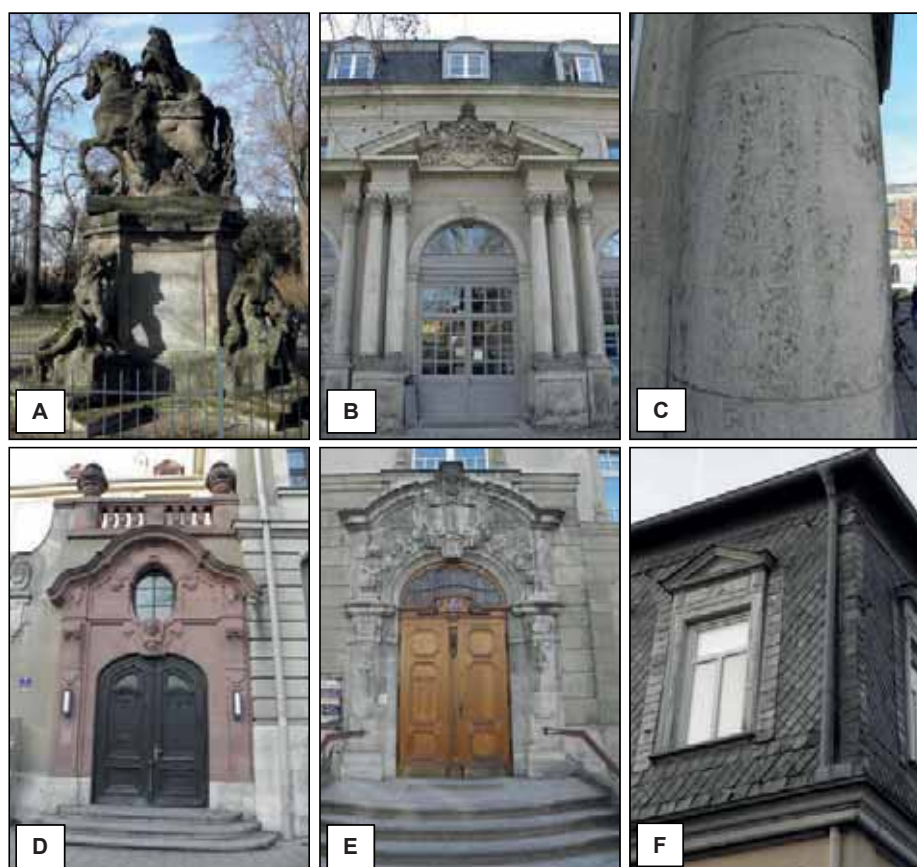


Abb. 1: Beispiele markanter Stein-Objekte in Erlangen: A – Reiterdenkmal im Schloßgarten (1712), B – Portal des Geol.-Min. Institutes; C – Muschelkalksäule an der Alten Universitätsbibliothek, D – Portal des Christian-Ernst-Gymnasiums (Muschelkalk, Roter Mainsandstein, Steigerwald-Sandstein, E - Portal des Marie-Therese-Gymnasiums (Muschelkalk), F – Schieferverkleidung in der Bayreuther Straße (alle Photos R. Koch)

Literatur:

FRIEDRICH, C., BERTOLD, FRHR. V. HALLER & JAKOB, A. (2002): Erlanger Stadtlexikon, 784 S., zahlreiche Abbildungen, W. Tümmels Verlag, Nürnberg.
 WENDEHORST, F. (Hrsg.) 1984: Erlangen – Die Geschichte der Stadt. Darstellung und Bilddokumenten/unter Mit-

wirkung von Gerhard Pfeiffer, hrsg. In Zusammenarbeit mit dem Heimatverein Erlangen und der Fireidrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 214 Seiten, 212 Abbildungen. – München: Beck.
 TICHY, F. (1993): Zur Geschichte der Geowissenschaften in und um Erlangen. – Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft, 40, 1-8, Erlangen.

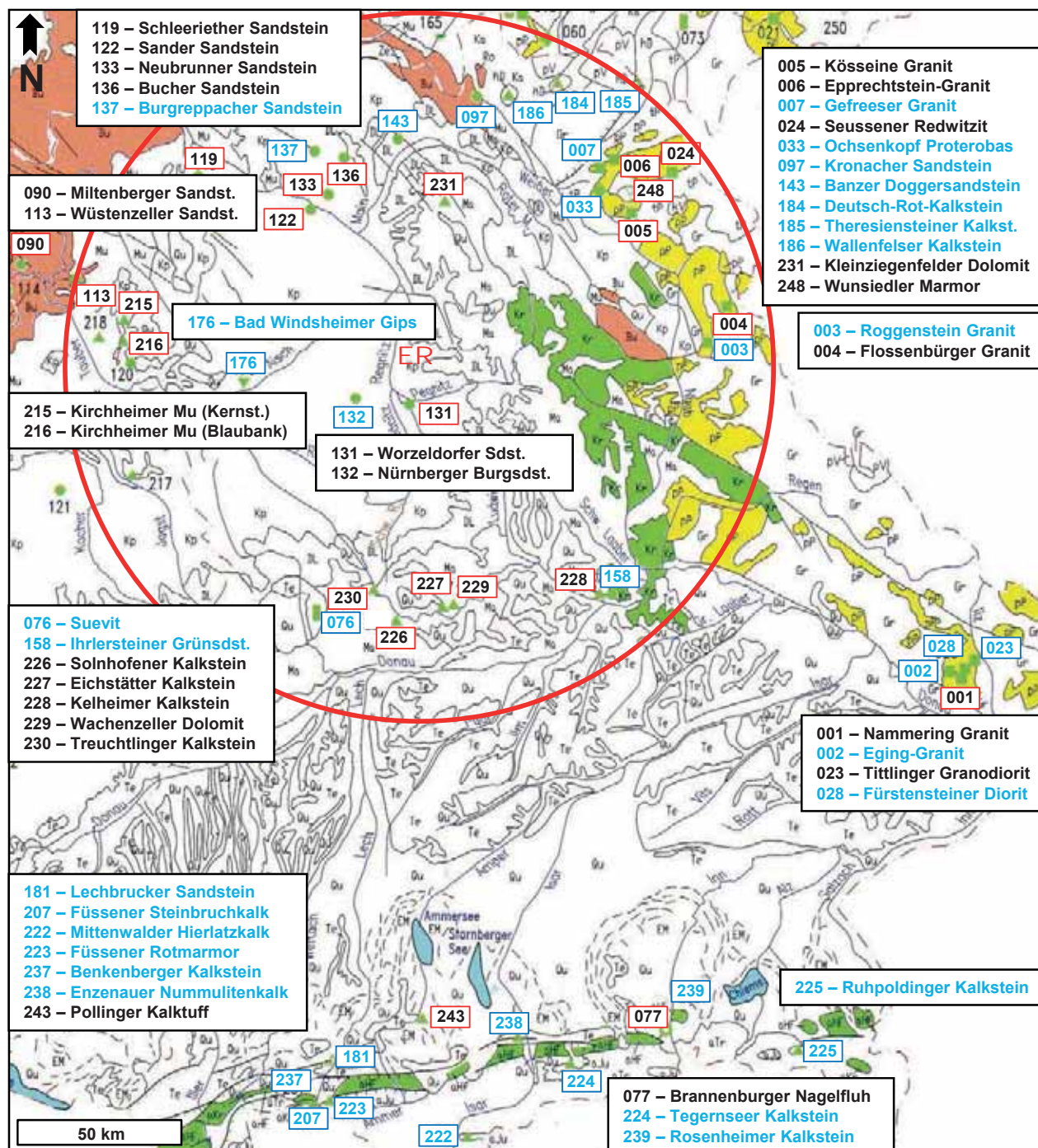


Abb. 2: Die im Umkreis von 100 km (roter Kreis) und darüber hinaus für den Raum Erlangen-Nürnberg verfügbaren und zu verschiedenen Bauphasen genutzten Gesteine. (R. Koch erstellt aus Daten von GRIMM 2018; blau = nicht mehr im Abbau; schwarz = noch heute im Abbau).

Exkursion C: Der Nürnberger Burgsandstein und der Worzeldorfer Quarzit – Worzeldorf Steinbruch GS Schenk

Roman Koch (Erlangen)

Das mittelständische Familienunternehmen GS SCHENK mit Hauptsitz in Fürth-Burgfarrbach blickt auf eine über 100-jährige Geschichte zurück, in der sich die Firma von ihren Anfängen als handwerklicher Kleinbetrieb zum heutigen Generalbauunternehmen mit über 260 Mitarbeitern entwickelte. Die aus Amerdingen im Nördlinger Ries stammende Familie des Firmengründers Georg Schenk war bereits im 19. Jahrhundert als angesehene Steinhauermeister bekannt. Dieses Erbe wird fortgeführt, und die große Erfahrung dokumentiert sich zahlreichen Sanierungen und Wiederaufbauprojekten historischer Denkmäler in Nürnberg (z. B. Opernhaus, Stadtmauer, Kaiserburg, Hallertorbrücke Pellerhaus).

Kaum eine andere Großstadt ist wohl so geprägt von einem einheimischen Gestein wie Nürnberg. Gegen Ende des Mittelalters waren es rund 30 Steinbrüche, die dort den für die Stadt typischen Nürnberger Burgsandstein abbauten. Seit dem Jahr 2000 ist die Firma GS SCHENK im Besitz des Worzeldorfer Steinbruchs im Süden Nürnbergs, wo seit dem 15. Jahrhundert der Nürnberger Burgsandstein gebrochen wird. Heute ist er der letzte Sandsteinbruch in ganz Mittelfranken und der Einzige, in dem der Nürnberger Burgsandstein noch abgebaut wird.

Wendelstein liegt SW des S-Kreuzes der Nürnberger Autobahn (Abb.1) im Keuper-Vorland der Nördlichen Frankenalb. Der Wendelsteiner Höhenzug erstreckt sich in NW-SE-Richtung auf eine Länge von etwa 4 km mit einer Breite von etwa 1 km.

Die Exkursion führt von Worzeldorf in SE-Richtung durch die ehemaligen Steinbruchreviere über die nach Steinbrüchen benannten Hügeln (Abb. 1). Von den zahlreichen historischen bis 1940 aktiven kleinen und größeren Steinbrüchen ist nur noch der Bruch der Firma GS Schenk bei Worzeldorf in Betrieb. Hier wird heute überwiegend Burgsandstein normaler Qualität und ebenso der besonders harte Wendelsteiner Quarzit gebrochen.

Der historische Abbau erfolgte meist senkrecht zur Streichrichtung der Hauptstörung (NW-SE), an der die Verkieselung gebunden ist, da man den verkieselten, harten »Wendelsteiner« finden wollte. Im »normalen« Burgsandstein finden sich oft tonige und siltige Einlagerungen bis hin zu größeren Tongallen und feinlagige Schichtungselemente. Die Sandsteine stammen aus einem komplexen Rinnensystem mit sich gegenseitig meist diskordant überlagernden Schrägschichtungskörpern. Erosive Kontakte sind zwischen den grob-

und feinkörnigen Sandsteinen sowie eingeschalteten Silt-Tonsteinen häufig.

Beim Anstieg auf dem breiten Weg kann man (besonders bei steil/schräg einfallender Nachmittagssonne) das intensive Glitzern der Gesteinsbrocken wahrnehmen und hört beim Anschlagen den harten, hellen Klang des intensiv verkieselte mittel- bis grobkörnigen Oberer Burgsandsteins, in denen auch bis 3 cm große Gerölle zu finden sind. In größeren, oft mit dem bloßen Auge erkennbaren freien interkristallinen Poren sind idiomorphe Quarzkristalle mit gut entwickelten Prismenflächen erkennen. Der Weiterweg über die Autobahnbrücke nach S führt in das Abbaugbiet des Steinbergs (Eisenhut, Schnöckengrube, Wasserloch, Neugrub, hinteres und vorderes Wernloch und Fischleinberg). An der ca. 10 m hohen Wand des »Wernlochs« sind die größten Aufschlüsse in besonders massigen, kantig brechenden Sandsteinen anzutreffen.

In Wendelstein treffen wir auf den historischen Ludwig-Main-Donau-Kanal, der unter Ludwig I. durch den Freiherrn v. Pechmann 1836-1846 erbaut wurde und den Main mit der Donau verbindet. Zu seiner Befestigung sowie für die Schleusen und Brücken bauten wurde das jeweils anstehende Material verwendet.

Zur Geologie/Sedimentologie/Diagenese des Sandsteins im Wendelsteiner Höhenzug

Die Burgsandsteinvorkommen in Nürnberg und am Wendelsteiner Höhenzug wurden lange in den Unteren und Mittleren Burgsandstein gestellt (SPÖCKER 1964). Erst die konsequenten Verwendung durchhaltender Leit- oder Basisletten im Zuge von Kartierungen (HAARLÄNDER z. B. 1955 bis 1971) brachte zunächst Klarheit und das Vorkommen wird nun in den Mittleren und Oberen Burgsandstein gestellt.

Der »Wendelsteiner Quarzit« (DORN, 1926; v. GEHLEN 1956; SPÖCKER 1964) stellt eine durch hydrothermale Verkieselung besonders harte Variante des Burgsandsteins dar. Aus den ausgedehnten Steinbrüchen zwischen Worzeldorf und Wendelstein wurden schon im ausgehenden Mittelalter Mühlsteine auf der Donau bis in den Balkan transportiert (Spöcker 1964). Aus ihm wurden viele Grabplatten und -steine für die Nürnberger Friedhöfe gefertigt (GRIMM 2018).

Die Gesteine des Wendelsteiner Höhenzuges sind stark zerklüftet wobei herzynische Klüfte um 100-125° bei steilem Einfallen vorherrschen (DORN 1926). Einkieselungen und neugebildete Kluftminerale sind

fast ausschließlich an diese Klüfte gebunden (v. GEHLEN 1956). Die hydrothermale Verkieselung ist auch durch zahlreiche Mineralneubildungen nach dem von DORN (1926) erstellten Parageneseschema belegt (Baryt, Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt, Fluorit, Fluoritnegative in Quarz, Apatitnadeln, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende u. a.). DORN (1926) beschreibt auch, dass Kalifeldspäte in den eingekieselten Partien weniger zersetzt sind als in den nicht eingekieselten, wo sie z. T. kaolinisiert sind. Die Intensität der Einkieselung nimmt von den Klüften weg ab. V. GEHLEN (1956) beschreibt auch horizontabhängig Verkieselungsmechanismen, die mehreren Phasen der hydrothermalen Verkieselung zugeordnet werden können, wie KOCH & ZINKERNAGEL (2004) mittels Kathodolumineszenz-Analysen nachweisen konnten. Die Mineralisation bei Wendelstein wird nach der Bildung der herzynischen Klüfte in ein Oberkreide-Alter (Senon) gestellt. Primär tonige Bereiche behindern die Verkieselung, eine Beobachtung, die sich mit modernen petrographischen Erkenntnissen (GAUPP 1996, KOCH & ZINKERNAGEL 2004) deckt. Bei der Anwesenheit von Ton als Matrix, Pseudomatrix oder Zement wird die Nukleation auf den detritischen Quarzkornoberflächen zur Ausbildung kieseliger Zemente verhindert.

Literatur:

- DORN, P. (1926): Geologie des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg. – Zt. dt. Ges., 78, 522-564, Berlin.
- Gaupp, R. (1996): Diagenesis types and their application in diagenesis mapping. – Zbl. Geol. Paläontol, 11, 1183-1199, Stuttgart.
- GEHLEN, K. v. (1956): Sekundär-hydrothermale Mineralisation im Burgsandstein des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg. – Geol. Bl. NO-Bayern, 6, 12-21, Erlangen.
- HAARLÄNDER, W. (1955): Geologie des Blattes Röttenbach. – Erlanger geol. Abh., 13, 16 S., Erlangen.
- HAARLÄNDER, W. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6431 Herzogenaurach mit Erläuterungen. – Bayer. Geol. Landesamt, München.
- GRIMM, W. –D. (2018): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland, 2. erweiterte Auflage, Textband und Bildband; 900 S., zahlreiche farbige Abbildungen, gebunden, Redaktion R. Koch (Erlangen), Druck PrintCom Erlangen, Ebner Media Group GmbH & Co KG Ulm, , ISBN 978-3-87188-247-0
- KOCH, R. & ZINKERNAGEL, U. (2004): The relationship between spatial distribution of hydrothermal silicification in Keuper sandstone, primary facies and early diagenesis (The Wendelstein-Quarzit near Nuremberg). – In: R. Prikryl (Ed.): Dimension Stone 2004 - New perspectives for a traditional building material, 57-62, - Proceedings Intern. Conf. on dimension stone 2004, Prague.
- SPÖCKER, R. G. (1964): Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Untergrund von Nürnberg. 136 S., Abh. d. Naturhist. Ges. Nürnberg XXXIII, Nürnberg.

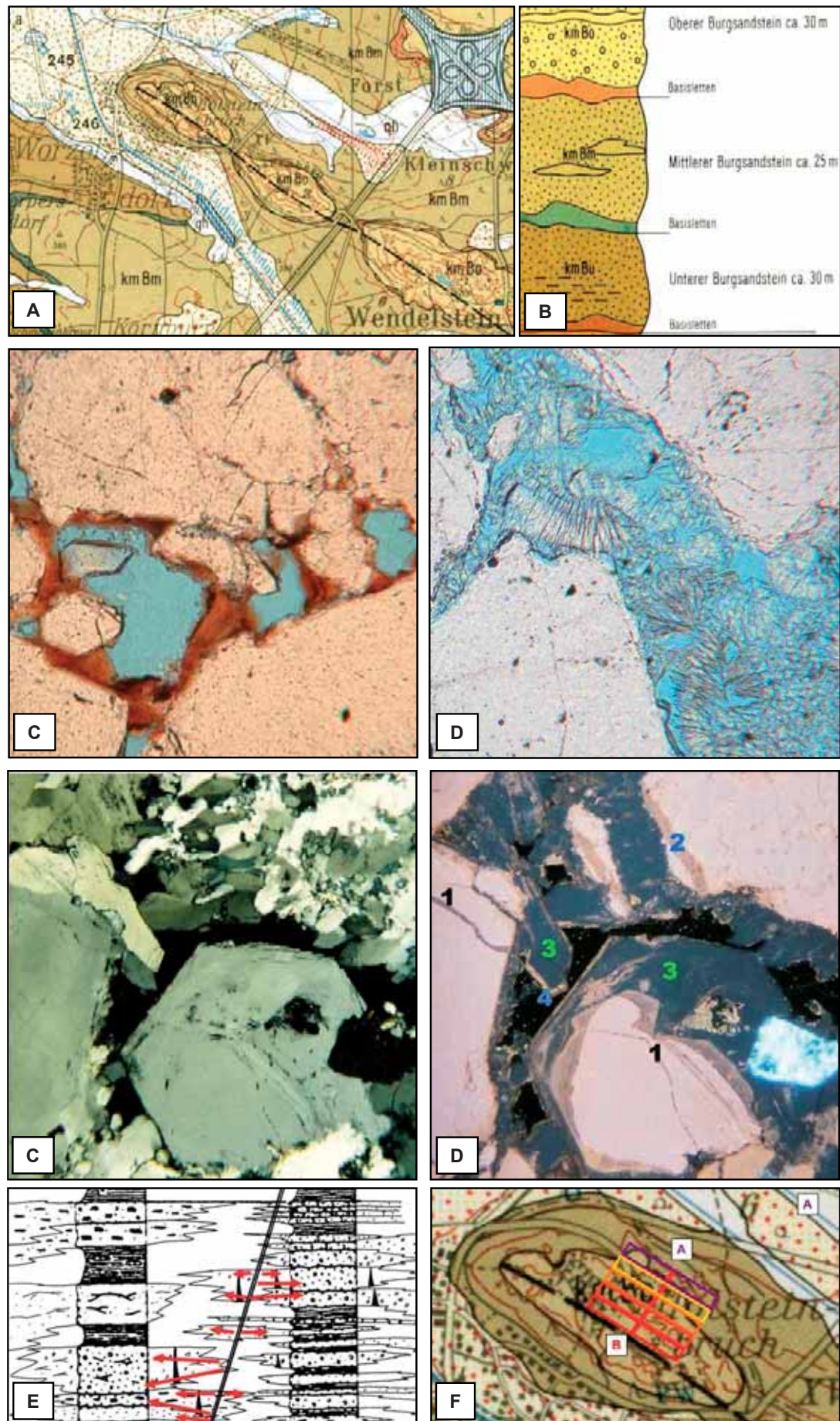


Abb. 1: (A) Der Wendelsteiner Höhenzug SW von Nürnberg; (B) Lithostratigraphische Gliederung des Keuper; (C) Illit- und (D) Kaolinit-Tonmineralzement im »normalen« Burgsandstein; (E + F) Wurzelorfer Quarzit mit vier Diagenese-Phasen; + Nic und KL-Bild; (G) Laterales Eindringen der hydrothermalen Lösungen von der Störungszone in verschiedene Sandsteinheiten; (H) Qualitätsverteilung im Wurzelorfer Steinbruch.



Abb. 2.: Für den Wiederaufbau des Pellerhofs in der Nürnberger Altstadt, der bis zu seiner Zerstörung im Zweiten Weltkrieg als eines der bedeutendsten Bürgerhäuser deutscher Renaissancekunst galt, wurden über 900 Steinquader des Nürnberger Burgsandsteins aus dem Steinbruch Worzeldorf zu Maßwerken, Säulen sowie profilierten Bogen- und Gesimssteinen verarbeitet. In der Bauzeit von 2009 bis 2018 wurden so Werksteine mit einem Gesamtvolumen von 220 m^3 verbaut. Alle Sichtflächen wurden handwerklich, frei von Hieb auf Vorlage historischer Baupläne und alten Bildmaterials originalgetreu nachgearbeitet (Photo GS Schenk; aus GRIMM 2018).

Exkursion-D: Nürnberg: Reichsparteitagsgelände

Angela Wirsing

Steinernes Vermächtnis: Ein geologischer Spaziergang über das Reichsparteitagsgelände.

Naturstein war und ist bis heute faszinierend, was seinerzeit auch die Architekten Fritz Mayer, Ludwig und Franz Ruff, sowie Albert Speer zu schätzen wussten. Klammert man die Ideologie und die damit verbundenen, unentschuldbaren Verbrechen, die hinter der Entstehung dieses Geländes stehen, einmal aus, dann gibt es viele bunte Gesteine zu entdecken, deren Entstehung unterschiedlicher nicht sein kann:

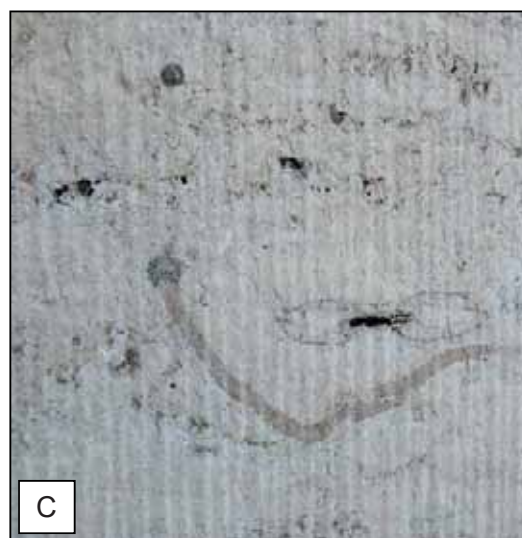
Ein scheinbar tristes Grau zeigen die Kalksteine aus dem Muschelkalk (Trias) und dem Weißjura. Fossilienfreunde würden hingegen vom blühenden Leben sprechen.

Der Torso der Kongresshalle besteht aus schier unzähligen bunten Ziegelsteinen, deren Rohmaterial aus zahlreichen Tongruben bezogen wurde. Die äußere Verkleidung sollte aus Granit erfolgen. Mehr als 100 Steinbrüche sollen für dieses Projekt zur Verfügung ge-

standen haben. Bis zur Eröffnung des Doku-Zentrums war die Kongresshalle ein »Felsklotz, der in der Gegend steht« und aus »Granit für die Ewigkeit« besteht.

Exkursionspunkte:

- **Ehrenhalle:** Zwischen Granit und Muschelkalk
- **Säulengang der Kongresshalle:** Ein granitreicher Ausflug zwischen Vogesen und Sudeten
- **Große Straße:** 120 cm x 120 cm in »bunten Farben«
- **Zeppelintribüne:** Die Suche nach dem »Muschelkalk«



Tafel 1: A - Muschelkalk in der Ehrenhalle; B - Der Säulengang der Kongresshalle; C - Schwammbruchstücke im Trechtlinger Kalkstein (scharriert) an der Zeppelintribüne.

Exkursion-E: Historische Orte in Nürnberg – St. Lorenz und St. Sebald

Sven Bittner

Betrachtet man die Silhouette der ehemaligen freien Reichstadt Nürnberg, so fallen dem Besucher zunächst immer die imposante Burganlage im Norden und darauf die vier großen, massiven Rundtürme der Altstadt auf.

Erst auf den zweiten Blick rücken die beiden großen Sakralbauten St. Lorenz und St. Sebald mit ihren etwas über 80 m hohen Doppeltürmen in das Bild des Besuchers.

Namensgebend für die beiden Stadtteile der Nürnberger Altstadt - südlich der Pegnitz, St. Lorenz und nördlich St. Sebald – und zunächst ähnlich in Architektur und Aufbau erscheinend, eröffnen beide Kirchen dem Interessierten bei genauer Betrachtung eine unterschiedliche und zugleich spannende Geschichte.

St. Lorenz

Baubeginn der hochgotischen, dreischiffigen Basilika ist auf das Jahr 1270 datiert. Der Abschluss des Kirchenbaus lag, nach Vollendung der beiden Türme sowie der Erweiterung der Seitenschiffkapellen im Jahr 1400. Im Jahr 1439 erfolgte ein Neubau des Hallenchors, der 1477 seine Vollendung fand. Im Zuge der Reformation wurde St. Lorenz 1525, als eine der ersten Kirchen Deutschlands, evangelisch-lutherisch.

Eine der Besonderheiten von St. Lorenz ist, dass nahezu die gesamte Finanzierung des Kirchenbaus durch wohlhabende Nürnberger Familien und dem Rat der Stadt Nürnberg erfolgte. Das damalige Anspruchsdenken der Bürger der freien Reichsstadt Nürnberg spiegelt sich nicht nur in einer architektonisch reich

gegliederten Fassade, sondern auch im teils kostbaren Inventar der Innenausstattung wieder, welches vielfach auf Stifter aus der Bürgerschaft zurückgeführt werden kann. Ein Umstand, der vielleicht der Grund dafür war, dass diese Kunstschatze von den Bilderstürmern der Reformationszeit verschont blieben.

Im Zuge der Exkursion wird dem Besucher vom Architekturbüro Conn & Giersch (Fürth) ein informativer Einblick in die neuzeitlichen Maßnahmen am Dachstuhl, der beiden Türme, des Westportals und des Innenraums gegeben.

St. Sebald

Als doppelhörige Pfeilerbasilika zwischen 1225 und 1273 erbaut, ist sie die ältere der beiden großen Stadtpfarrkirchen Nürnbergs. St. Sebald galt oftmals als Vorbild für ihre Schwesterkirche St. Lorenz. Ihre Lage, näher zu Burg und vor allem zum Rathaus der Stadt Nürnberg wiesen ihr eine höhere Bedeutung für die Bürger Nürnbergs als St. Lorenz zu. Wichtiger als die geographische Verortung allerdings und maßgebend für ihre Bedeutungshoheit in Nürnberg ist, dass St. Sebald dem Schutzpatron der Stadt Nürnberg geweiht ist, dessen Grabmal sich noch heute in St. Sebald befindet.

Ähnlich der Baugeschichte vieler Kirchen in Deutschland, erfolgten auch in St. Sebald zahlreiche Ein- und Umbauten bis in die Moderne.

Durch Luftangriffe erlitt St. Sebald in den Jahren 1940-1945 schwerste Schäden, insbesondere Gewölbe und Dach wurden hierbei zerstört. Die kostbare Ausstattung konnte durch Einmauerung bzw. rechtzeitige Auslagerung vor der Zerstörung bewahrt werden. In den Nachkriegsjahren wurde St. Sebald ebenfalls nach altem Vorbild wieder aufgebaut und im Jahr 1957 wieder eingeweiht.

Das Architekturbüro Fritsch, Knodt, Klug+Partner, Nürnberg, gewährt den Exkursionsteilnehmern einen spannenden Einblick in interessante Bereiche der Sebalduskirche, u. a. Westtürme, Westkrypta, dem Schreyer Landauer'schen Grabmal und dem Chörlein am Sebaldler Pfarrhof.

Diese Exkursion richtet sich bewusst nicht vorrangig an den Natursteinliebhaber. Die Exkursionsleiter möchten hier dem interessierten Teilnehmer vielmehr einen Blick hinter die Kulissen vermitteln um aufzuzeigen, welcher Planungs- und Arbeitsaufwand geleistet werden muss, um diese großartigen Natursteinbauten zu sichern und der Nachwelt zu erhalten.

Aufgrund der baulichen Gegebenheiten ist die Teilnehmerzahl auf max.15 Personen limitiert. Um festes Schuhwerk und Trittsicherheit wird gebeten.

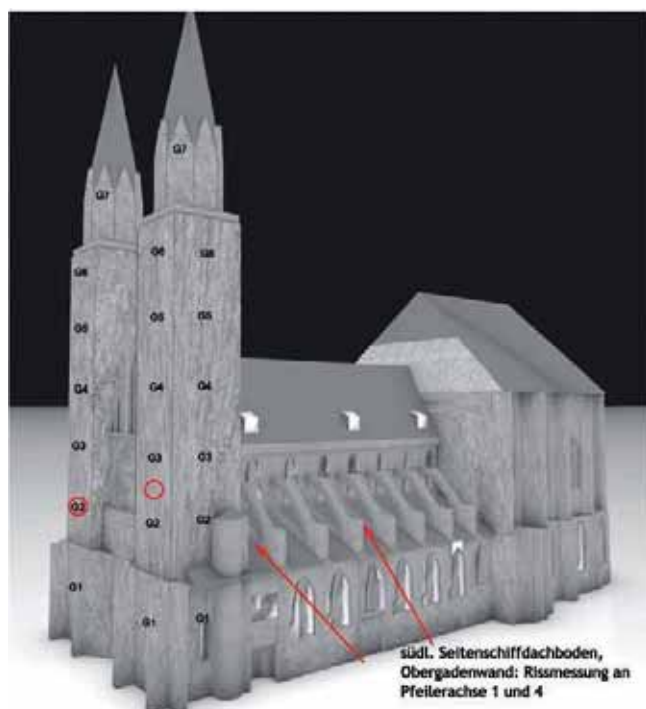


Abb. 1.: 3D Darstellung von St. Lorenz.



Abb. 2: St. Lorenz Blick von Arbeitsbühne. Nach Westen zu den Türmen von St. Lorenz (Foto: Conn & Giersch, 2017).



Abb. 3: St. Portalzone von St. Lorenz (Foto: Conn & Giersch, 2018).

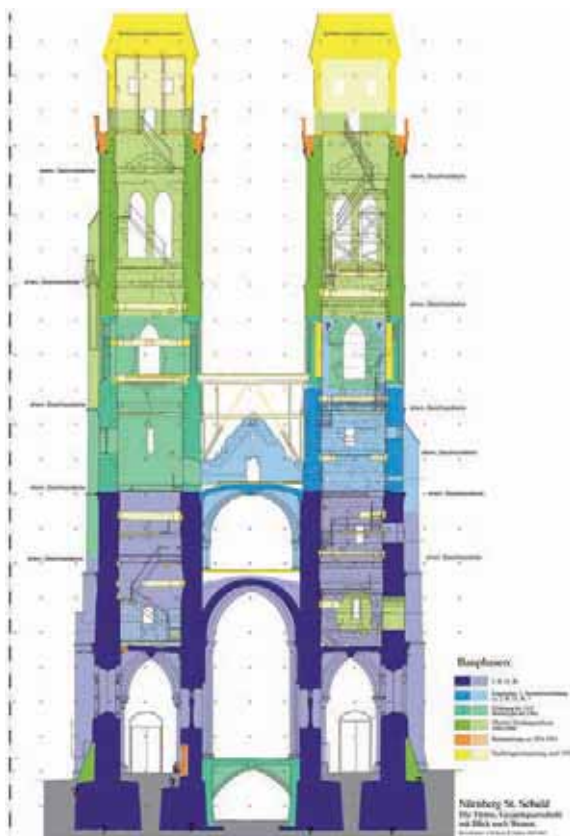


Abb. 3: Kartierung der Bauphasen des Westquerschnitts von St. Sebald (Foto: Fritsch, Knodt & Klug, 2007)



Abb. 4: Blick auf St. Sebald mit eingerüstetem Südturm (Foto: Fritsch, Knodt & Klug, 2007).

Exkursion-F: Naturwerksteine der Südlichen Frankenalb (Treuchtlinger »Marmor«, Solnhofener Plattenkalk, Wachenzeller Dolomit)

Roman Koch

»«Unsere Exkursionsroute führt von Erlangen über die Autobahn und Schnellstraße zunächst zum großen Steinbruch von **Franken-Schotter** nach Treuchtlingen (Taf. 1; Fahrzeit 1 h). Dabei passieren wir das das historische Steinbruchgebiet von Mauk im Bursandstein.

Im großen Steinbruch von Franken-Schotter ist die gesamte Folge des Treuchtlinger Kalksteins und des hangenden Dolomits der »Schwamm-Rasen-Fazies« aufgeschlossen (Taf. 3).

Die von Franken-Schotter abgebauten Natursteine sind Dietfurter Kalkstein, Dietfurter Kalkstein gala, Jura Kalkstein, Dietfurter Dolomit und Wachenzeller Dolomit, die alle ausschließlich in eigenen Steinbrüchen mit einer gesamten Abbaufäche von ca. 260 ha gewonnen werden. Die Firma Franken-Schotter ist durch den Zusammenschluß von fünf einzelnen Unternehmen im Jahre 1970 gegründet worden, wobei die vorher betriebenen Steinbrüche und Schotterwerke stillgelegt wurden. Es wurden neue Abbaugelände erschlossen und neue Verarbeitungswerke errichtet (1972 Schotterwerk Dietfurt in Betrieb, 1975 erste Kalkstein-Rohblöcke in Dietfurt gewonnen, 2004 Stbr. Karldorf eröffnet; 2005 Natursteinproduktion im Werk Wegscheid; seit 2013 Rohplattenfertigung Petersbuch und ab 2014 dort Verarbeitung von Rohblöcken.

Mit mehr als 450 Mitarbeitern produziert und liefert Franken-Schotter jährlich ca. 2 Mio. Tonnen Naturstein-Produkte (Fassaden, Bodenbelägen, Treppen, Massivarbeiten, Mauerwerk, Steinkörben, Rohplatten, Rohblöcken, Schotterprodukten. Etwa 60% des Firmenumsatzes stammt aus Export in mehr als 50 Länder der Welt.

Das Megaprojekt »Hudson Yards« am Westrand von Manhattan besteht aus sechs Wolkenkratzern und stellt die größte private Real-Estate-Entwicklung in der Geschichte der USA dar. Für einen Teil dieses Projektes in 35 Hudson Yards (Architekten: David Childs und Skidmore Owings & Merrill) wird die Fassade des 308 m hohen Gebäudes (Tafel 5) als Vorhangfassade aus Glas und dreidimensionalen Naturstein-Elementen gestaltet. Aufgrund seiner einzigartigen Ästhetik sowie seiner hervorragenden technischen Eigenschaften wurde Jura Kalkstein aus dem Steinbruch Kaldorf der Fa. Franken-Schotter als Naturstein ausgewählt. Die Leistungen von Franken-Schotter umfassen das Design der Elemente, die Natursteingewinnung sowie die Fertigung und Montage der Elemente im Werk.

Nach ca. 20 Min. Fahrt erreichen wir die Firma **SSG (Solnhofen Stone Group)**; ebenfalls ein Zusammenschluß mehrerer Betriebe) auf dem Maxberg in Soln-

hofen. Dort steht der der Solnhofener Plattenkalk unmittelbar beim Verwaltungsgebäude an. Wir können sedimentologischen Besonderheiten und die speziellen Abbau- und Bearbeitungsmethoden des Solnhofener Plattenkalkes im Stbr. Maxberg diskutieren (Taf. 6). Neben dem Solnhofener Plattenkalk baut die Firma SSG auch den Treuchtlinger Kalkstein (Blöcke) ab und vertreibt Gesteine aus verschiedenen Ländern (Taf. 8).

Die Fahrt (40 Min.) von Solnhofen führt an zahlreichen für den Oberjura der Südlichen Frankenalb historisch besonders interessanten Punkten vorbei nach Eichstätt und auf die Albhochfläche in das Abbaugelände von **Petersbuch** und **Wachenzell**. Der Wachenzeller Dolomit stellt eine besondere dolomitisierte Schwamm-Fazies der Treuchtlingen Formation dar, die sich vom Dolomit im Stbr. Frankenschotter unterscheidet. Die Rückfahrt führt über die A6 in einer Stunde nach Erlangen.

Zur Geologie des Oberjura in der Südlichen Frankenalb

Die Schichtfolge des Oberjura baut sich über dem Ornatenton des Dogger aus einem Wechsel von Kalken, Mergeln und besonders massigen Kalken auf, die unterschiedlich dolomitisiert sein können (Taf. 2).

Die bisherigen Einstufungen in Malm (Weißjura) Alpha bis Zeta findet man noch in fast allen Geologischen Karten; sie werden auch während der Exkursion so verwendet um die »stratigraphische Verwirrung« in Grenzen zu halten. Lithostratigraphische und biostratigraphische Untersuchungen der letzten 20 Jahre führten zur Definition von Formationen und Subformationen, deren Bezeichnungen heute verwendet werden.

Für unsere Exkursion von Interesse sind der Treuchtlinger Kalkstein (»Marmor«; Treuchtlingen Formation mit den Leithorizonten der »Mergelplatten«) und der Solnhofener Plattenkalk (Untere und Obere Solnhofener Formation; Trennende »Krumme Lagen«). Eine Zusammenfassende Arbeit zu Fazies, Biostratigraphie wurde von KEUPP et al. (2007) erstellt.

Die **Dickbankalke des Treuchtlinger Kalksteins** wurden zunächst nur im Treuchtlinger Raum (Treuchtlingen, Weißenburg, Rehlingen und Pappenheim) abgebaut. Nachdem weitere Abbaugelände bei Titting, Petersbuch, Eckertshofen und Kaldorf hinzukamen, wurde die Handelsbezeichnung »Jura Marmor« eingeführt.

Der Treuchtlinger Kalkstein wurde in einem Gebiet von etwa 60 km W-O und mehr als 100 km N-S-Er-

streckung abgelagert und soll nach früheren Interpretationen aus »biostromalen« Kalken mit Schwämmen bestehen. Zahlreiche neuere Arbeiten zur Fazies und Mikrofazies zeigen allerdings, dass es sich um eine bioklastische Karbonatsandfazies handelt. Charakteristisch sind zahlreiche »weiße Flämmchen« (Tubiphyten), oft ein geblümt, wolkiges Gefüge sowie Ammoniten, Belemniten und Schwammbruchstücke. Der Jura Kalkstein (Taf. 4) steht in Schichten unterschiedlicher Mächtigkeit (25-130 cm) an, die vom Liegenden zum Hangenden als Schichten 1-45 durchnummeriert werden (Schicht 45 bereits dolomitisch) (aus KOCH et al. 2005).

The extremely fine-grained **Solnhofen limestone** is commonly used for epitaphs, grave plates and very precise sculptures (Taf. 7). Furthermore the use of Solnhofen limestones as plates for roof covers are well-known and give a marked contribution to the characteristic picture of historical houses in the Southern Franconian Alb. The technical use is based on the unique petrophysical parameters of the Solnhofen limestones which are caused by a special facial and diagenetic history of the rock. Porosity, permeability, pore throat diameter, and inner surface are triggered by the homogenous micro-nanostructure of the limestone which was induced by the sedimentation of micritic particles probably under suspension-like conditions into an extremely calm environment. Special geochemical conditions hindered early recrystallisation and resulted in preservation of

nearly early sedimentary characteristics of the rock. These parameters cause an extreme low permeability which also is the prerequisite for the use of the Solnhofen limestone as lithographic limestone. The limited water uptake together with the homogenous microtexture hinders deep penetration of surface weathering. But. There is no possibility for the penetration by conservation-fluids of weathered-damaged sculptures made of Solnhofen limestone because of the extremely limited permeability which just allows material transport in a diffusion scale. Fortunately, these characteristics are predominantly responsible for preservation of fossils in the Solnhofen limestone (from KOCH 2007).

Literatur

- KEUPP, H., KOCH, R., SCHWEIGERT, G. & VIOHL, G. (2007): Geological history of the Southern Franconian Alb - the area of the Solnhofen Lithographic Limestone. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **245/1**, 3-21, Stuttgart.
- KOCH, R. (2007): Sedimentological and petrophysical characteristics of Solnhofen monument stones - lithographic limestone: A key to diagenesis and fossil preservation. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **245/1**, 103-115, Stuttgart.
- KOCH, R., NOLLAU, G. & RITTER-HÖLL, A. (2005): Bedeutende Naturwerksteine in der Region Erlangen-Nürnberg. – In: Roman Koch & Heinz-Gerd Röhling (Eds.): GeoErlangen 2005 – Exkursionsführer. – DGG, **40**, 109-132, Hannover.



Tafel 1: Fahrtroute und Lage der Aufschlüsse. (1) = Steinbruch Franken-Schotter, (2) = Steinbruch Maxberg (Solnhofen Stone-Group), (3) Steinbrüche Wachenzell (Franken-Schotter + TRACO).



Tafel 3: Der Steinbruch von Franken-Schotter mit dem Treuchtlinger Kalkstein und dem überlagernden Dolomit.

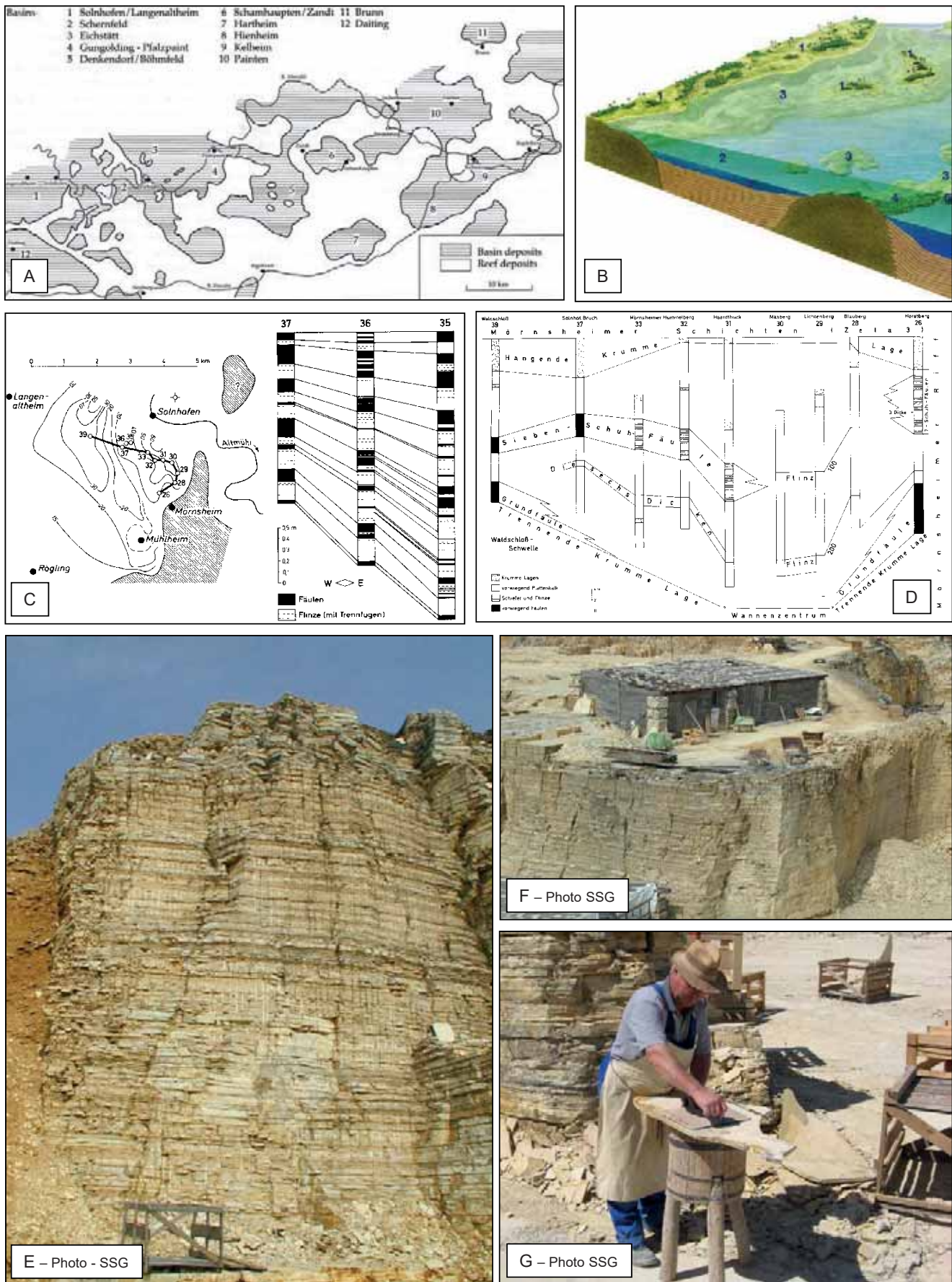
Bank-Nr. im Idealprofil	Schichtdicke (cm)	Leitbänke bzw. zusätzliche Bezeichnungen	Steinbrüche der Firmen			
			BA Grafenmühle	FS Werk Dietfurth	GM Gundelsheim	ST Rothenstein
27	85					
26	25					
25	75	<i>Obere Mergelplatte</i>	Verwendung			kein Abbau
24	80		für Fassaden			kein Abbau
23	98	30 cm unbrauchbar	Verwendung			kein Abbau
22	100	2 (3) Platten				
21	90					
20	85	Deckel unbrauchbar			Oberbank "Riesperle"	
19	40	<i>Untere Mergelplatte</i> = Grüne Platte				
18	65	Ausgewaschene Schicht, Travertin	für Bossensteine	für Fassaden	Oberbank "Riesperle"	für Fassaden, (Bossenstein)
17	90	1. gebänderte Schicht, Goldbank	für Fassaden	für Fassaden	Fassaden goldgelb geschl.	für Fassaden
16	80	Doppelte Schicht Travertin			für Fassaden goldgelb wild	im Probeabbau
15	120	160er Schicht (14+15) Travertin			für Fassaden goldgelb wild	
14	40	160er Schicht (14+15) Travertin			für Fassaden goldgelb wild	z.t. im Abbau
13	130	1. 130er Schicht Deckel unbrauchbar Travertin				Untere Platte für Bossensteine
12	50	<i>3-Platten-Bank</i>	für Bossensteine			für Bossensteine
11	130	<i>Geblümte Bank</i> 2. 130er Schicht rahmeiß, Travertin	für Fassaden senkr. zum Lager	für Fassaden	für Fassaden Travertin rahmweiß	für Fassaden
10	90	2. gebänderte Schicht Travertin	Verwendung		für Fassaden Travertin rahmweiß	Verwendung
9	40	<i>Wurmbank</i> 1. Platte	Verwendung			Verwendung
8	40	2. Platte	Verwendung			
7	35	3. Platte = Glaser				
6	140	2 Deckel unbrauchbar	nur untere Platte als Werksteinbank	für Innenbereiche	Innenbereiche Jura gelb abgehobene Platte	Verwendung
5	90	Bärenlage	Verwendung		Innenbereiche Jura gelb	Verwendung
4	70		Verwendung		Innenbereiche Jura gelb (Bildhauer)	
3	70		Verwendung		Innenbereiche Jura gelb	Verwendung
2	65	<i>Knollige Lage</i> 3-Platten Schicht				
1	100	<i>Hauptschwammbank</i> = Basisbank (1+2)	Verwendung senkr. zum Lager		Innenbereiche Jura gelb	Verwendung
x	50	Glaser				

Tafel 4: Die unterschiedliche Nutzung der Bänke des Treuchtlinger Kalksteins (aus BEYER & GRIMM 1997).

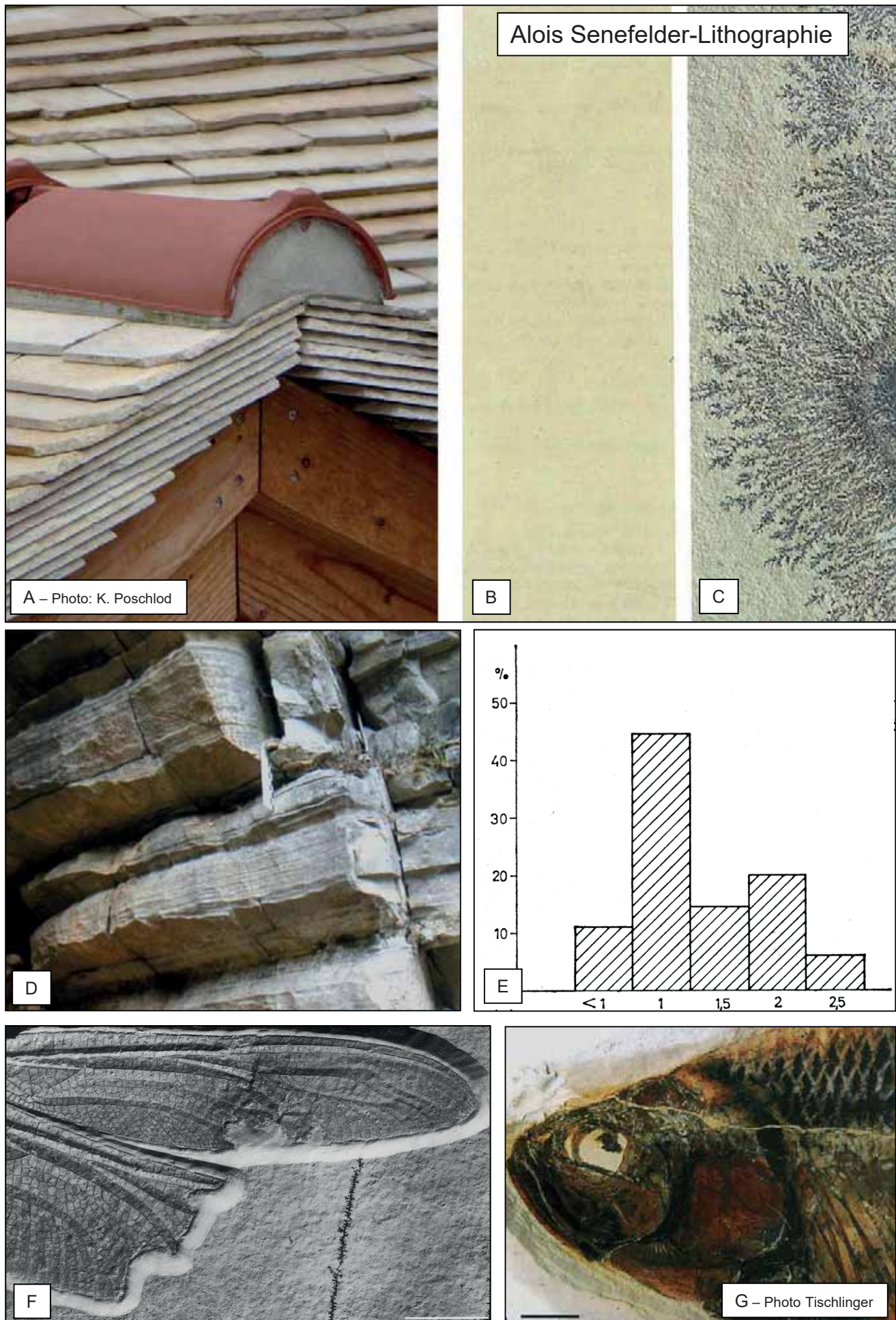


Die Leithorizonte der Unteren (Bank 19) und Oberen (Bank 25) Mergelplatte. Links im Steinbruch Balz und rechts im Stbr. Obereichstätt in etwa 15 km Luftlinie Entfernung.

Tafel 5: Das Megaprojekt »Hudson Yards« am Westrand von Manhattan besteht aus sechs Wolkenkratzern. Für einen Teil dieses Projektes in 35 Hudson Yards wird die Fassade des 308 m hohen Gebäudes als Vorhangfassade aus Glas und dreidimensionalen Naturstein-Elementen aus Jura Kalkstein gestaltet.



Tafel 6: (A – D) Fazies und Vorkommen des Solnhofener Plattenkalkes in verschiedenen Wannern. Der Aufschluß Maxberg (E) mit den Abbauhütten (F) und dem Hackstockmeißer (G).



Tafel 7: (A – E) Charakteristika des Solnhofener Plattenkalkes. (F und G) Die Erhaltung feinsten Strukturen und von Farben des Solnhofener Plattenkalkes.



Tafel 8: Ausschnitt aus den Telan Towers, Astana in Kasachstan; ein Großprojekt der Solnhofen-Stone-Group mit Jura Kalkstein.



