

MITTEILUNGEN

IAG BOKU

Institut für Angewandte Geologie

Universität für Bodenkultur Wien

Reihe:

Nutzbare Gesteine von Niederösterreich und Burgenland

“JUNGE” KALKE, SANDSTEINE UND KONGLOMERATE - NEOGEN



Herausgeber:

B. SCHWAIGHOFER
W. EPPENSTEINER

Wien 2005

MITTEILUNGEN

IAG BOKU

Institut für Angewandte Geologie

Universität für Bodenkultur Wien

Reihe:

Nutzbare Gesteine von Niederösterreich und Burgenland

„JUNGE“ KALKE, SANDSTEINE UND KONGLOMERATE - NEOGEN

Herausgeber:

B. SCHWAIGHOFER
W. EPPENSTEINER

Wien 2005

Herausgeber:

Bernd SCHWAIGHOFER, Univ.Prof.Dr.
Walter EPPENSTEINER, ao.Univ.Prof.Dr.

Redaktion:

Thomas HOFMANN, Mag.
Bernd SCHWAIGHOFER, Univ.Prof. Dr.
Andreas ROHATSCH, ao.Univ.Prof. Mag.Dr.

Layout:

Friederike HINTERMÜLLER
Helene PFALZ-SCHWINGENSCHLÖGL

IAG BOKU

Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Angewandte Geologie
Department Bautechnik und Naturgefahren
A-1190 Wien, Peter Jordan-Str. 70

Tel. ++43-1-47654/5400, Fax /5449
geolsek@mail.boku.ac.at
www.baunat.boku.ac.at

Umschlag: Bild Herkulesstatue am äußeren Burgtor in Wien (T. Hofmann)

Herstellung: Riegelnik Ges.m.b.H., A-1080 Wien, Piaristeng. 17-19

Die Drucklegung dieses Bandes wurde ermöglicht durch:

Rada Steinwerk und Treppenbau, Poysdorf - Wien
W. Ecker Ges.m.b.H. Steinmetzmeisterbetrieb u. Natursteinhandel, Traiskirchen
Steinmetzbetrieb F. Opferkuh Ges.m.b.H., Mannersdorf
G. Hummel GmbH. Steinmetz- u. Steinbruchbetriebe, Marmorwerkstätten, Wien
Atelier Erich Pummer, Stein – Skulptur – Restaurierung, Rossatz

ISSN 10 21-7533

Inhalt

Vorwort	1
Eva-Maria Höhle	
Entstehung und Klassifizierung von Kalkstein	3
Beatrix Moshhammer	
Neogene Bau- und Dekorgesteine Niederösterreichs und des Burgenlandes	9
Andreas Rohatsch	
Die Zogelsdorfer Kalksandsteine im nördlichen Niederösterreich.....	57
Fritz F. Steininger & Reinhard Roetzel	
Neogene Bau- und Dekorgesteine – charakteristische Schadensbilder und Schadensursachen	77
Andreas Rohatsch	
Zur Konservierung und Restaurierung von porösen Kalksandsteinen – ein Überblick	87
Johann Nimmrichter	
Die Mikroflora neogener Gesteine an Ringstraßenbauten.....	97
Katja Sterflinger & Hacer Sert	
Tabelle neogener Steinbrüche in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland.....	107
Werbeeinschaltungen	109

Adressen der Autoren

Ao.Univ. Prof. i.R. Dr. Walter Eppensteiner
Institut für Ingenieurgeologie
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
A – 1040 Wien

HR Dr. Eva-Maria Höhle
Generalkonservatorin Bundesdenkmalamt
Hofburg, Säulenstiege
A – 1010 Wien

Dr. Beatrix Moshhammer
Geologische Bundesanstalt
Neulinggasse 38
A – 1031 Wien

Mag. Johann Nimmrichter
Bundesdenkmalamt, Restaurierwerkstätten Kunstdenkmale
Arsenal Objekt 15, Tor 4
A – 1030 Wien

Dr. Reinhard Roetzel
Geologische Bundesanstalt
Neulinggasse 38
A – 1031 Wien

Ao.Univ. Prof. Mag. Dr. Andreas Rohatsch
Institut für Ingenieurgeologie
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
A – 1040 Wien

Univ. Prof. i.R. Dr. Bernd Schwaighofer
Institut für Angewandte Geologie
Universität für Bodenkultur Wien
Peter Jordan-Straße 70
A – 1190 Wien

Mag. Hacer Sert
Department für Biotechnologie
Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 18
A – 1190 Wien

Univ. Prof. Dr. Fritz F. Steininger
Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg
Senckenberganlage 25
D – 60325 Frankfurt am Main

Univ. Ass. Dipl.Biol. Dr. Katja Sterflinger
Department für Biotechnologie
Universität für Bodenkultur Wien
Muthgasse 18
A – 1190 Wien

Vorwort

Eva-Maria Höhle

Die frühesten Zeugnisse menschlicher Kultur sind im Material Stein überliefert. Von der Verwendung unbehauener Steine bis zur feinen Ausarbeitung dieses sich der Bearbeitung widersetzenen Materials war ein weiter Weg menschlicher Entwicklung. Obwohl die schon in früher Zeit vorkommenden langen, schwierigen Transportwege uns heute noch in Erstaunen versetzen, war es doch in der Regel das am Ort verfügbare Material, das den Baustein für die architektonischen Zeugnisse der verschiedenen historischen Epochen abgegeben hat.

Stein ist nur bei oberflächlicher Betrachtung ein zeitloses Material. Seine erste historische Bindung liegt in seiner Entstehung in den jeweiligen Phasen der geologischen Entwicklung. Daraus resultieren auch die starken Unterschiede der Qualität des Materials: Sandstein, Marmor, Granit, Kalkstein – sie alle sind allgemeine Bezeichnungen für aus der Entstehungsgeschichte des Gesteins ableitbare Qualitäten. Mit der Errichtung eines Bauwerks erhält das zum Einsatz kommende Steinmaterial eine zweite Ebene der Geschichtlichkeit. Dahinter steht die in der österreichischen Forschung seit Alois Kieslinger näher untersuchte Frage, welche Steinbrüche zu welcher Zeit Baumaterial zur Verfügung stellen konnten. Viele Steinbrüche wurden ausgeschöpft, das Wissen um sie ging verloren und erst die Materialanalyse und die Kenntnis der geologischen Vorgänge in einer bestimmten Region, danach auch die gezielte Suche nach Restmaterial und das unerlässliche Quellenstudium geben hier wichtige neue Aufschlüsse. Aus dieser bauzeitabhängigen, geschichtlich gebundenen Anwendung des Materials lassen sich bei einzelnen Gebäuden oft wesentliche Erkenntnisse für die Datierung einzelner Bauteile ableiten.

Im späteren 20. Jahrhundert ist es ein allgemeines Charakteristikum der Forschungsentwicklungen, dass erst die Summe der Erkenntnisse aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen ein umfassendes Bild ergeben. Im Umfeld der Denkmalpflege entstand so aus dem Zusammenwirken von Gesteinskunde, Kunstgeschichte, Wissen um die historischen Technologien, Bestands- und Quellenanalyse etc. die Bauforschung. Das Gesteinsmaterial an einem Bauwerk kann aber auch noch eine dritte geschichtliche Schicht erschließen, die vor allem dem Denkmalpfleger vertraut ist, gleichzeitig für ihn viele Fragen aufwirft und manche beantwortet. Historische Architekturen wurden seit ihrer Entstehungszeit vielfach verändert, überarbeitet, repariert und restauriert. Ein exaktes Materialwissen hilft, diese historische Dimension eines Denkmals zu begreifen und nachvollziehbar zu machen.

Wenn etwa an einem gotischen Dom im 19. Jahrhundert Erneuerungen vorgenommen wurden, lässt sich der Umfang dieser Maßnahmen am damals verwendeten Material exakt definieren. Für den Stephansdom und andere mittelalterliche Kirchen in Wien und Niederösterreich liegen bereits hervorragende, aus der Bestandserhebung gewonnene Forschungsergebnisse vor. Diese in der kunsthistorischen Betrachtung lange Zeit viel zu wenig beachtete Restauriergeschichte erschließt sich über das materialkundliche Wissen, die Art der Verwendung des Materials und seiner Bearbeitung, seine Alterung und Verwitterung und schließlich die Spuren verschiedener Restauriermaßnahmen. Dieser im vorliegenden Buch behandelte Forschungsbereich liefert aussagekräftige historische Befunde in allen drei skizzierten historischen Schichten des Steinmaterials im baulichen Kontext.

Die erst in der jüngeren Forschungsgeschichte auf breiterer Basis betriebene Materialienkunde, nicht nur für Stein, sondern auch für Pigmente, Bindemittel und vieles andere, bildet in der Summe einen Wissenschaftszweig, in dem Chemie, Physik, Geologie, Geschichte und Kunstgeschichte sowie eine Reihe anderer Disziplinen eine Partnerschaft eingehen. Das verlangt von jedem Forscher neben umfassenden Fachkenntnissen die Fähigkeit zur Analyse größerer Zusammenhänge und ihre Interpretation sowie das Einbeziehen der in den benachbarten Fächern behandelten Probleme – ein anspruchsvolles Unterfangen, zu dem dieses Buch einen wertvollen Beitrag liefert. Seit Alois Kieslinger besteht zwischen der Technischen Universität Wien, der Universität für Bodenkultur Wien und dem Bundesdenkmalamt eine enge, einander befruchtende fachliche Zusammenarbeit.

Ad multos annos!

Entstehung und Klassifizierung von Kalkstein

Beatrix Moshhammer

Kalkstein besteht chemisch aus Calciumcarbonat (CaCO_3 ; aus 56 Mol% CaO und 44 Mol% CO_2), einem Salz der Kohlensäure. Auf Grund der Entstehungsarten dieses Gesteins sowie seiner nachfolgenden Veränderungen enthält es zumeist auch andere Beimengungen. Diese reichen, je nach seiner Reinheit, von nur in Spuren auftretenden Elementen im Kristallgitter, über die detritär abgelagerten oder auch diagenetisch gebildeten Minerale dolomitischer, toniger und kieseliger Zusammensetzung bis hin zu den unter metamorphen Prozessen entstandenen Mineralneubildungen.

Calciumcarbonat als Kalzit

Wie einige andere chemische Verbindungen auch ist CaCO_3 polymorph, d. h. es besitzt die Eigenschaft in mehreren Modifikationen zu kristallisieren. In Abhängigkeit von der Temperatur, dem Druck (vor allem dem CO_2 -Partialdruck) und den Lösungsgenossen bilden sich unterschiedliche Kristallgitter aus, die den Mineralen Kalzit, Aragonit und Vaterit mit ihren jeweils typischen Kristallformen entsprechen.

Kalkstein besteht fast ausschließlich aus **Kalzit** (Calcit, Kalkspat). Kalzit kann, je nach Übereinkunft, dem rhomboedrischen oder trigonalen Kristallsystem zugeordnet werden. Er ist die unter atmosphärischen Bedingungen und bei steigender Temperatur stabile Modifikation. Im selben Gittertyp (Kalzit-Typ) kristallisieren durch Austausch des Kations die Karbonate aus Magnesium (Magnesit), Eisen (Siderit), Zink (Zinkspat/ Smithonit) und Mangan (Manganspat/ Rhodochrosit), welche auch teilweise Mischkristalle mit CaCO_3 bilden. Kalzit ist eines der formenreichsten Minerale mit annähernd blockig-rhomboedrischer, prismatisch-stängeliger oder prismatisch-plättchenartiger sowie nadelförmiger Gestalt. Seine Spaltbarkeit ist sprichwörtlich (Kalkspat). Er hat die Mohs'sche Härte 3 (mit Messer ritzbar). Je nach beanspruchter Kristallfläche variiert sie zwischen 2,5 und 3,25. Richtungsabhängigkeit zeigt der Kristall in der Ausbreitung von Schall- und Lichtwellen. Bei Erwärmung dehnt er sich parallel zur Hauptachse aus, während er sich normal dazu zusammen zieht. Seine Dichte beträgt $2,715 (-2,94) \text{ g/cm}^3$, wobei die das Calcium ersetzenden Kationen die Schwankungsbreite bestimmen.

Das Mineral ist durchsichtig bzw. weiß. Seine Farbtönungen rühren entweder von Einschlüssen von Fremdionen her oder von Lufteinschlüssen. Fe-III färbt gelblich bis rostbraun, während Fe-II grünlich färbt. Mangan, das auch fluoreszierend wirkt, bedingt blassrosa Färbung. Kobalt erzeugt tiefrosarote Farbe, Kohlenstoff färbt grau bis schwarz. Die Farben beeinflussen weiters Korngrößeneffekte, die durch den Mineralverband im Kalkstein und Marmor erzeugt werden, sowie nicht an die Karbonatphase gebundene Fremdbestandteile, von denen z.B. organischer Kohlenstoff, Graphit, kohlige Substanzen und Bitumen grau bis schwarz, Goethit und andere Eisenhydroxide gelb bis braun, Hämatit rötlich, Markasit sowie Chlorit und Serpentinminerale grünlich und Pyrit rötlich bis grau färben.

Die Dissoziationstemperatur zur Bildung von CaO bei 1 atm liegt bei 900°C (exakt $894,4^\circ\text{C}$).

Calciumcarbonat als Aragonit

Obwohl **Aragonit** quantitativ in der geologischen Geschichte nicht zur Gesteinsbildung beiträgt, ist dieser die nächst bedeutende Modifikation des Calciumcarbonats. Er ist unter hohen Drucken stabil, wobei er in hochdruckmetamorphen Gesteinen Kalzit ersetzt, ist jedoch unter atmosphärischen Bedingungen metastabil. In geologischen Zeiträumen wandelt er sich unter Auflösung und Wiederausfällung in Kalzit um und besitzt daher kaum Überlieferungspotential; Temperaturerhöhung beschleunigt diese Phasenumwandlung. Ist das Gestein trocken, d.h. die fluide Phase fehlt, wird Aragonit über 300°C ebenfalls durch Kalzit ersetzt. Er spielt jedoch bei der primären anorganischen und organischen Ausfällung von CaCO_3 vor allem im Meerwasser eine große Rolle.

Aragonit ist meist farblos bzw. weiß, kommt in stängelig und nadelförmigen Kristallen und Kristallaggregaten, die oftmals radialstrahlige Verwachsungen bilden, vor. Auf Karbonatplattformen, wie den Bahamas, wird Aragonit direkt aus Meerwasser gefällt, wobei er um einen harten Fremdkern radialstrahlig wächst und Ooide bildet, die als Sande abgelagert werden. Am flachen Meeresboden fällt er als Zement um Sedimentpartikel aus, die dadurch verkittet und stabilisiert werden. Im Süßwasser bzw. im meteorischen Bereich kann er bei Thermalquellen z.B. als Höhlensinter, Sprudelsteine (Rogen- oder Schaumkalk) oder als stängelig verschlungene Eisenblüten („Erzbergit“) gebildet werden und bei entsprechender Wasserhärte setzt er sich als Kesselstein bzw. Verkalkung in Leitungsrohren ab. Der irisierende Effekt von Perlmutter und Perlen wird ebenfalls durch Aragonit hervorgerufen und kommt durch parallel zur Oberfläche angeordnete Kristallplättchen zustande. Auch Hartteile von gewissen Tieren und Pflanzen werden aus Aragonit sekretiert und tragen nach ihrem Absterben intensiv zur Sedimentbildung bei. Man findet ihn als Gehäuse oder Gehäuseteile bei Mollusken (z.B. Nautilus, Innenschalen bei Schnecken und Muscheln), als Skelettgerüst der meisten rezenten Korallen sowie bei bestimmten Algen als massenhaft auftretende einzelne Nadelchen zur Stütze des Weichkörpers.

Die Unterscheidung zu Kalzit erfordert optische, röntgendiffraktometrische oder spezielle Färbemethoden bzw. Schwereretrennung. Aragonit kristallisiert im rhombischen (orthorhombischen) Gittertyp. Diesem Aragonit-Typ gehören auch das Strontium- (Strontianit), Barium- (Witherit) und Bleikarbonat (Cerussit) an, von denen besonders Strontium im Aragonit eingebaut wird. Aragonit ist mit $2,94 - 2,95 \text{ g/cm}^3$ auf Grund seines kompakteren Atomgitters dichter als Kalzit und weist ähnliche Härte wie Dolomit auf ($3,5 - 4 \text{ g/cm}^3$). Er ist schlecht spaltbar und besitzt muscheligen Bruch.

Calciumcarbonat als Vaterit

Die dritte CaCO_3 -Modifikation, **Vaterit**, wurde bisher in der Natur nur ganz selten in Sedimenten sowie in Schneckenschalen nachgewiesen. Er wird unter atmosphärischen Druck- und Temperaturbedingungen gebildet, ist aber metastabil, indem er sich in Aragonit umwandelt. Er ist hexagonal, jedoch im Gegensatz zu den vorigen Mineralen optisch positiv. Auf Grund seiner Dichte von $2,54 \text{ g/cm}^3$ ist er auch leichter. Im technischen Verfahren wird er ebenso wie Kalzit und Aragonit künstlich gefällt und als hochwertiger Füllstoff (PCC) verwendet.

Kalzitgenese und Karbonatausfällungen

Die **Kalzitgenese** vollzieht sich, ebenso wie die der übrigen Karbonate, aus wässrigen Lösungen. Abhängig vom CO_2 -Partialdruck der Lösung und der Temperatur ist umso mehr Calciumcarbonat als Calciumbicarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ gelöst, je höher der Druck und je niedriger die Temperatur ist (DEER et al. 1992). So kommt es zur Kalzitbildung in Klüften, wenn hydrothermale, CO_2 -reiche Wässer unter Druckentlastung aufsteigen, selbst wenn sie hierbei abkühlen. Bei entsprechender Reinheit und Größe werden diese Kristalle in der Optik als Polarisationsfilter verwendet (Isländischer Doppelspat).

Die Übergänge zwischen hydrothermal beeinflusstem und diagenetisch-sedimentärem Bereich sind fließend. Die damit verbundene Kalkausfällung an Quellen und in Höhlen führt zu einer zur Bildung von porösen **Kalktuffen**, die durch Kalzitabscheidung an Pflanzen auf Grund deren Photosynthese (CO_2 -Entzug) gebildet werden. Zum anderen zu den anorganischen, auf der CO_2 -Entgasung durch Wassererwärmung verursachten Bildungen, zu denen der weniger poröse, deutlich lagig strukturierte **Travertin** und der sehr dichte **Kalksinter**, der Fließformen bis hin zu Tropfsteinen erzeugt, zählen. Kalktuff und Travertin besitzen wärmedämmende Eigenschaften und wurden seit der Antike als Baustein verarbeitet (z.B. Forum Romanum). Bei ihrem Einsatz als Naturwerkstein sollte man allerdings berücksichtigen, dass die Haltbarkeit stark klimaabhängig ist. So führte beispielsweise das feuchte Klima in Amsterdam zu sehr raschen Schädigungen, während die Bauten Italiens Jahrhunderte überdauerten.

Travertin und seine Varietäten zählen zu den nicht marinen Karbonaten, die im Vergleich zu den marin entstandenen nur sehr geringe Ausmaße erreichen. Zu den terrestrischen Karbonaten sind auch die in ariden und semiariden Klimaten wegen wechselnder Grundwasserstände bei der Verdunstung des Porenwassers entstandenen Kalkausfällungen, so genannte **Calcretes** (syn. **Caliche**), zu zählen, die vorwiegend aus laminierten Krusten kryptokristallinen (<1 my) Calciumcarbonats aufgebaut sind. Feinkörnige Karbonatsedimente (10 my) entstehen auch in karbonatgesättigten Süßwasserseen. Diese **Seekreiden** werden durch Temperaturerhöhung, Verdunstung und Assimilationstätigkeit von Pflanzen ausgefällt und können weiteren Karbonatdetritus beinhalten, wie z. B. aus Schalenbruch und Karbonatkrusten.

Bei kalkhaltigem Wasser, das Calciumbicarbonat gelöst enthält, ist eine Pufferung des pH-Wertes gegeben, zum einen, wenn CO_2 entzogen wird durch Kalkausfällung oder bei überschüssigem CO_2 durch Kalklösung. Auf diese Art werden Kalkstein-, Marmor-, aber auch Dolomitvorkommen verkarstet und Höhlensysteme gebildet. Zur Identifikation und zur Unterscheidung von Kalkstein und Dolomit bedient man sich ebenfalls ihrer säurelöslichen Eigenschaft. Bei Beträufeln mit verdünnter (3 %) Salzsäure gibt Kalkstein unter aufbrausender Reaktion CO_2 ab. Dolomit reagiert hingegen bei so schwacher Säure nicht, es sei denn, er wurde zuvor zerrieben oder die gleiche Säure zuvor erwärmt.

Orte der Karbonatproduktion

Die überwiegende **Karbonatproduktion** vollzieht und vollzog sich im marinen Milieu und auf Grund von Organistentätigkeit. Dies wird durch die geologische Geschichte verdeutlicht, in der mächtige Kalkmassive, die noch nicht metamorph geworden sind, einen den heutigen Karbonatplattformen oder Karbonatrampen entsprechenden Aufbau zeigen. Während die Forschung sich schon seit langem mit den Riffentwicklungen der tropischen warmen Flachwassergebiete, die nur zwischen 30° nördlicher und südlicher Breite auftreten, befasste, gewinnt man heute in zunehmendem Maße insbesondere auf Grund der Kohlenwasserstoffexploration Kenntnis über Schelfgebiete in warm- bis kalttemperierten und polaren Meeren. Dadurch erfuhr man nicht nur von bioklastischen Kalkablagerungen bestimmter Organismenassoziationen, sondern auch von aus Korallen und Schwämmen aufgebauten Riffen, die bis in ca. 600 m Tiefe reichen. Diese an die kälteren, nährstoffreichen Gewässer angepassten Riffe werden von autotrophen und heterotrophen Lebewesen aufgebaut und befinden sich damit im Gegensatz zu jenen ungemein artenreichen tropischen Riffen, deren Korallen sich auf die Symbiose mit einzelligen Algen spezialisiert haben und daher nur in der durchlichteten obersten Meereszone wachsen können. Insgesamt findet somit Karbonatproduktion, abhängig von Salinitätsverhältnissen, Temperatur, Sauerstoff- und Nährstoffangebot im gesamten marinen Bereich, statt, ausgenommen jene Küstenbereiche mit vorherrschendem vulkanischem und sonstigem siliziklastischem terrigenem Eintrag bis hinab zur Aragonit- und Kalzitkompensationstiefe und führt gemäß der verschiedenen, darin auftretenden Bildungsräume, zu ganz unterschiedlichen Kalk- und Dolomitsedimenten.

Unterhalb der **Aragonit-** und **Kalzitkompensationstiefe**, die für Aragonit weniger tief liegt als für Kalzit, lösen sich diese Mineralien auf, während silikatische Minerale stabil sind. Die Karbonatuntersättigung der Ozeanwässer nimmt mit ansteigendem Wasserdruck und daran gekoppelten CO₂-Partialdruck sowie abnehmender Temperatur zu. Weiters wird die Lage der Kompensationstiefen von der Karbonatproduktion in den obersten Wasserschichten, die wiederum vom Nährstoffgehalt abhängt, und von der Salinität beeinflusst. Ihr Verlauf, der noch zusätzlich durch ozeanische Strömungen geprägt ist, liegt heute zwischen dem Äquator und etwa den 60. Breitengraden in nahezu 5 km Tiefe und steigt gegen die Pole bis auf 500 m an.

Eine von ihrer Anwendung her wichtige Kalkstein-Varietät stellt **Kreide** dar. Diese ist durch homogene Feinkörnigkeit, Helligkeit, Reinheit und geringe Festigkeit charakterisiert und wurde auf Grund dieser Eigenschaften seit jeher als Schreibkreide, Farbmittel, in der Champagne auch als Baustein, später zur Erzeugung von Fensterkitt und in der chemischen Industrie genutzt. Besonders in Becken des west- bis nordeuropäischen Raumes, die sich im Zuge der Meeresstransgression des nördlichen Atlantiks vor ca. 100 – 80 Mio Jahren in der danach benannten Kreidezeit bildeten, tritt die Kreide als weiße geschichtete Gesteinsabfolge von etwa 500 m Mächtigkeit und mehr auf. Sie bestehen überwiegend aus den kalzitischen, etwa 5 Nanometer (0,000.005 mm) großen panzerartigen Hartteilen von planktonischen Algen, den Coccolithophoriden, die damals ihre Blütezeit erlebten. Für ihre Verwendung in Pulverform eignete sie sich lange Zeit wesentlich besser als Kalkstein, da sie, falls überhaupt nötig, viel leichter aufzumahlen war, und von Natur aus eine konstante Korngrößenverteilung ergab. Verunreinigungen (Ton- und Kieselpartikel) wurden durch Aufschlännen in Absetzbecken abgetrennt (ausgeseigert). Zur Tafelkreide sei noch angemerkt, dass sie früher direkt aus Blöcken trockener Rohkreide gesägt wurde, während sie später durch Pressen aus geschlänntem reinstem Kreidemehl und Bindemittel hergestellt wurde. In jüngerer Zeit jedoch wurde sie in vielen Ländern vollständig von der aus Gips hergestellten Sulfat-Kreide verdrängt.

Von der Karbonatfaziesanalyse zur Klassifikation

Die **Karbonatfaziesanalyse** liefert innerhalb der Geowissenschaften einen Beitrag zur Erforschung der angesprochenen Phänomene im nicht metamorphen Bereich. Neben ihren paläontologisch-lithologischen Aufgaben beschäftigt sie sich mit der Prospektion und Evaluierung von Kalksteinvorkommen für Anwendungen, wo Parameter wie Korngröße, Mineralogie, Chemismus, Farbe und Porosität, die vom Ablagerungsraum und den diagenetischen Prozessen gesteuert werden, ausschlaggebend sind. Schließlich ist sie ein Instrument bei der Erforschung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten in Karbonatgesteinen.

Die **Karbonatfaziesanalyse**, die aus der Notwendigkeit der Erdölindustrie entstand, Kohlenwasserstofflagerstätten in Karbonatgesteinen besser erklären zu können, befasst sich unter Einbeziehung der paläontologisch-stratigraphischen und sedimentologischen Disziplinen mit Karbonatgesteinen im nicht metamorphen Bereich. Ihre Einsatzgebiete zusätzlich zur wissenschaftlichen Forschung sind mannigfaltig. Neben der Suche nach Kohlenwasserstofflagerstätten sind es die Prospektion und Evaluierung von Kalksteinvorkommen für unterschiedlichste industrielle Verwendungen, für die Nutzung als Naturstein sowie für hydrogeologische Fragestellungen. Sie bedient sich u.a. der **Mikrofaziesanalyse** (FLÜGEL, 1982), die die im Dünnschliff typisierbaren Merkmale wie Grundmasse-Typen, Komponenten-Kategorien, Fossilien und Textur untersucht, anhand von Klassifikationen normiert und im Vergleich mit den rezenten Environments (=Ablagerungsräumen) die Karbonatbildungsbedingungen im Laufe der Erdgeschichte rekonstruiert.

Die erweiterte klassische Karbonatklassifikation von FOLK (1959, 1962) übernimmt das Prinzip der Ton-Sandsteinklassifikation und beruht auf dem Verhältnis von **Mikrit** (= microcrystalline calcite, hervorgegangen aus Kalkschlamm; Korngröße <4 µm), **Sparit** (= sparry calcite, die Zementausfüllung des ursprünglichen Hohlraumes, ausgefällt aus dem Porenwasser) und **Komponenten**. Letztere werden genetisch in die Gruppen der Intraklaste,

Ooide, Biogene, Pelloide und Onkoide eingeteilt und quantifiziert. Die während der Sedimentation herrschende Wasserenergie drückt sich im Anteil der Grundmasse (= Matrix; überwiegend mikritisch) sowie der Packungsdichte und Sortierung der Komponenten aus. Die Zusammensetzung der Organismen und der übrigen Komponenten lassen viele Rückschlüsse auf den Ablagerungsraum und mögliche Sedimentumlagerungen zu.

Große Praxisrelevanz zeigt die rein beschreibend von der Textur ausgehende DUNHAM-Klassifikation (1962), da sie zu viele Details, die im mikroskopischen Bereich der FOLK-Klassifikation erkennbar sind, vermeidet. Sie beruht auf der einfachen Verteilung zwischen Grundmasse und Komponenten, ohne Letztere aufzugliedern, weiters auf Quantität und Größe der Komponenten und schließlich dem Vorhandensein von Mikrit. Sie gliedert in vier feinkörnigere Typen (<10% der Komponenten >2 mm), wovon **Mudstone** (<10% Komponenten) und **Wackestone** matrixgestütztes Gefüge (wie Rosinen im Kuchen) aufweisen, **Packstone** und **Grainstone** hingegen komponentengestützt (Sandhaufen-Prinzip) sind, letzterer gänzlich ohne Mikrit. Die grobkörnigeren (>10% der Komponenten >2 mm) Pendanten sind **Floatstone** (matrix-) und **Rudstone** (komponentengestützt). Zur Gliederung der Rifffalke wurden von EMBRY & KLOVAN (1972) die Begriffe der **Bind-, Baffle- und Framestones** hinzugefügt, wodurch die Boundstones von DUNHAM (1962) deskriptiv sinnvoll erweitert werden.

Als Beispiel für weitere spezifische Kalkstein-Typen wird die **Lumachelle** (ital. lumaca: Schnecke; syn. Coquina, Schill-Kalk) angeführt. Sie bezeichnet einen detritischen kalkig zementierten Fossil-Kalk, der hauptsächlich aus groben Muscheln, Schnecken, ggf. Armfüßern sowie deren Fragmenten besteht. Nach DUNHAM handelt es sich um einen Rudstone, der teilweise sehr porös ist und dadurch Übergänge zu gering konsolidiertem Kalksediment zeigt. Auf Grund dieser Eigenschaften wird bei entsprechender Reinheit die Lumachelle als Beigabe zur Geflügel-Nahrung (Geflügel-Grit) verwendet.

Literatur

- DEER, W. A.; HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J. (1992): An Introduction to the Rock-Forming Minerals. 2nd Ed. - Longman, 696 S., Harlow.
- DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture.- In: Classification of carbonate rocks. - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir **1**, 108-121, Tulsa.
- EMBRY, A. F. & KLOVAN, E. J. (1972): Absolute water depths limits of Late Devonian paleoecological zones. - Geol. Rdsch. **61/2**, 672-686, Stuttgart.
- FOLK, R. L. (1959): Practical petrographic classification of limestones.- Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., **43**, 1-38, Tulsa.
- FOLK, R. L. (1962): Spectral subdivision of limestone types.- In: Classification of carbonate rocks.- Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir **1**, 62-84, Tulsa.
- FLÜGEL, E. (1982): Microfacies Analysis of Limestones.- Springer-Verlag, 633 S., Berlin Heidelberg New York.
- GOTTHARDT, R. & KASIG, W. (1996): Karbonatgesteine in Deutschland. Rohstoff, Nutzung, Umwelt. - Beton-Verlag GmbH, 420 S., Düsseldorf.
- SCHIELE, E. & BERENS, L. W. (1972): Kalk. Herstellung - Eigenschaften - Verwendung. - Stahleisen, 627 S., 343 Bilder, 115 Taf., Düsseldorf.

Neogene Bau- und Dekorgesteine Niederösterreichs und des Burgenlandes

Andreas Rohatsch

Überblick über die Verwendungsgeschichte

Die Nutzung von Naturstein für das Bauwesen und die darstellende Kunst begann in Ostösterreich bis auf vereinzelte bronzezeitliche Nutzungen im großen Maßstab etwa im ersten nachchristlichen Jahrhundert, als die römische Besatzungsmacht begann, Bauwerke und Befestigungsanlagen aus Holz durch Steinbauwerke zu ersetzen. Nach dem Niedergang des Römischen Reiches erlosch in den Wirren der so genannten Völkerwanderungszeit auch die Tradition des Steinhandwerkes und es dauerte etwa ein halbes Jahrtausend bis ein Neubeginn unter anderem durch Klostergründungen und Steinburgenbau ermöglicht wurde. Karolingische Bauwerke aus Naturstein sind in unserem Raum nur sehr unsicher nachzuweisen, der Beginn einer neuerlichen Gesteinsverwendung im Bauwesen ist dann im 11./12. Jahrhundert anzusetzen, wobei in erster Linie Klöster, Kirchen und Burgen aus Stein errichtet wurden. In einigen Fällen wurden die spärlichen noch bestehenden römischen Steinbauten geschleift und die dabei anfallenden Bausteine wieder verwendet, da diese formatierten Bausteine billiger und einfacher zu gewinnen waren als in einem Steinbruch. Ein Musterbeispiel für die Wiederverwendung von Bausteinen aus römischer Bausubstanz stellt die spätromanische Bautengruppe um Petronell¹ dar.



Abb. 1: Links: Das Heidentor von Carnuntum - ein Beispiel für die Verwendung von „opus caementitium“ („Römischer Beton“). Die Steinverkleidung und Gesimse stammen aus den Steinbrüchen zwischen Bad Deutsch Altenburg und Hundsheim. Rechts: Reste der Quaderverkleidung mit den charakteristischen „Schwalbenschwanzdübeln“ aus diversen Leithakalksandsteinen im Militäramphitheater zwischen Petronell und Bad Deutsch Altenburg.

¹ Pfarrkirche hl. Petronilla und die Rundkirche in Petronell, Pfarrkirche Mariae Empfängnis und Karner in Bad Deutsch Altenburg, Karner in Hainburg, Filialkirche hl. Nikolaus in Wildungsmauer

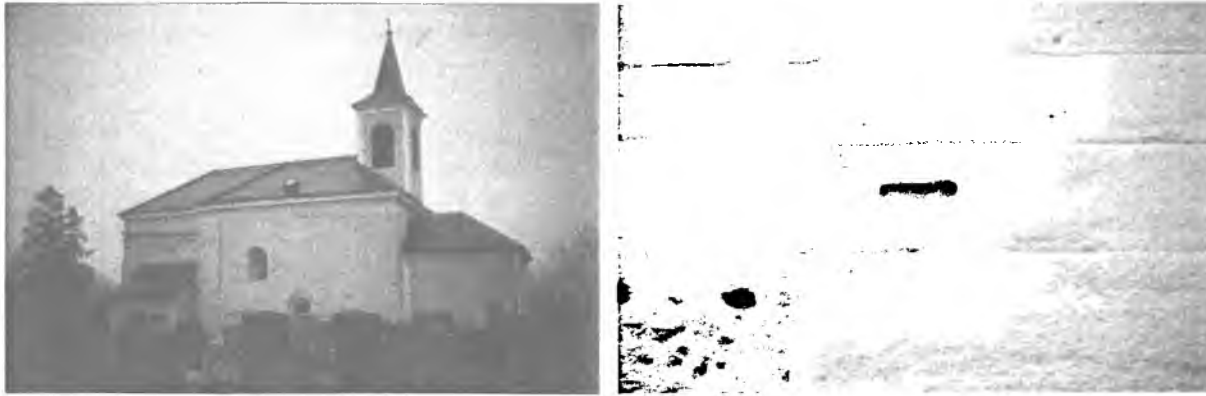


Abb. 2: Links: Filialkirche hl. Nikolaus in Wildungsmauer.
Rechts: Ein wieder verwendeter römischer Quader mit „Wolfloch“ in der Filialkirche hl. Nikolaus in Wildungsmauer. Der „Wolf“ ist ein Hebezeug, das zum Versetzen von Werksteinen benötigt wurde.

Im Leithagebirge wurde in den römisch angelegten Steinbrüchen der Betrieb wieder aufgenommen (z.B. Winden am Neusiedlersee, Au am Leithagebirge, Mannersdorf am Leithagebirge) und es wurden zahlreiche neue Steinbrüche angelegt. Während des gesamten Spätmittelalters und der Neuzeit bis zu den Anfängen des 20. Jahrhunderts war Stein aus statischen, aber auch ästhetischen Gründen neben Ziegel der wichtigste Werkstoff, aus dem Kathedralen, Schlösser, Burgen, Stadtbefestigungen, Regierungsgebäude und Bürgerhäuser errichtet wurden. An hervorragenden Beispielen wären unter vielen der Wiener Stephansdom, der Wiener Neustädter Dom, die Schlösser Neugebäude und Schönbrunn, die Stadtbefestigungen von Wiener Neustadt und Bruck/Leitha sowie die Burg und Stadtbefestigung von Hainburg zu nennen.

Besonders im späten 19. Jahrhundert zur so genannten Wiener Ringstraßenzeit mit ihren profanen und sakralen Repräsentationsbauten sowie Bauwerken zur Verbesserung der Infrastruktur erlebten zahlreiche, seit dem ausgehenden Mittelalter zwischenzeitlich nicht genutzte Gesteinsvorkommen eine erneute und letzte Blüte. Allein die Errichtung der Wiener Museen, des Parlamentes, des Burgtheaters, der Universität, der Votivkirche, der Aquädukte der 1. Wiener Hochquellenwasserleitung, die Wienflussregulierung und viele andere mehr belebten den Bedarf an Baumaterial und Arbeitskräften derart, dass die Einwohnerzahlen Wiens innerhalb von wenigen Jahrzehnten durch die Zuwanderung von Arbeitskräften aus den Kronländern der K.u.K. Monarchie enorm zunahm. An die 150 größere und kleinere Steinbrüche in den jungtertiären Formationen in der Flyschzone und den Nördlichen Kalkalpen sowie eine Reihe von Ziegel- und Kalköfen standen zu dieser Zeit in Betrieb und garantierten für viele tausend Menschen den, wenngleich häufig kargen, Lebensunterhalt.

Die Erfindung des Romancementes im beginnenden 19. Jahrhundert durch James PARKER legte den Grundstein für den Niedergang der Naturstein-Massivbauweise. Ende des 19./Beginn des 20. Jahrhunderts wurde nach vielen technologischen Entwicklungen und Verbesserungen der Naturstein vom „Universalbaustoff“ Beton abgelöst. Heute stehen gerade noch drei Werksteinbrüche in den neogenen Gesteinen von Niederösterreich und dem Burgenland in Betrieb (St. Margarethen, Lindabrunn, Ternitz/Rohrbach), die in erster Linie für Fassadenverkleidungen und untergeordnet für Massivarbeiten, wie zum Beispiel Tür- und Fenstergewände, Bildhauerarbeiten sowie als Ersatzmaterial bei Restaurierungsarbeiten heran

gezogen werden. Fallweise stehen auch noch Rohblöcke von Mannersdorfer Leithakalk für diesen Zweck zur Verfügung². Der konstruktive Baustoff aber wird wegen seiner produktions- und verarbeitungstechnischen Vorzüge auch weiterhin Beton und Ziegel bleiben.

Die überreiche Nutzung der neogenen Gesteinsvorkommen von der Römerzeit bis ins 20. Jahrhundert liegt in der relativ einfachen Gewinn- und Bearbeitbarkeit dieser Gesteine, die wiederum aus der Genese dieser Formationen zu begründen ist. Diese Gesteine wurden in mehr oder weniger mächtigen, durch einigermaßen ebene Flächen begrenzte, Schichten abgelagert, die häufig durch Mergellagen von einander getrennt sind. Vor allem aber wurden sie in keine wesentliche Gebirgsbildungsphase mehr mit einbezogen, die zu starkem Zerbrechen und zur Verfaltung dieser Ablagerungen geführt hätte. Die Dicke der einzelnen Schichten der für Bauzwecke am besten geeigneten Varietäten liegt bei 30 – 70 cm, in einzelnen Fällen werden aber Bankmächtigkeiten bis zu mehreren Metern erreicht, die sich dann besonders gut für großformatige Bildhauerarbeiten eignen (z.B. Kalksandsteine von Zogelsdorf, Roggendorf, Au am Leithagebirge und St. Margarethen). Ein weiterer günstiger Umstand ist die häufig sehr weitständige Klüftung, welche die Gewinnung von großen Werksteinen für Quader, Stufen, Säulen und Bildhauerarbeiten zulässt. Kluftkörper mit 200 – 300 m³ Größe sind keine Seltenheit.

Man kann, betrachtet man die historischen Bauwerke verschiedener Regionen, von Bausteinlandschaften sprechen, da sich jede Region ihrer in unmittelbarer Umgebung vorkommenden Baugesteinsressourcen bedient. Das bedeutet, es besteht ein an sich trivialer enger Zusammenhang zwischen den geologischen Gegebenheiten einer Region und der Baugesteinsverwendung, so natürlich auch in den zur Diskussion stehenden Gebieten, in denen Bereiche mit überwiegender Nutzung etwa von Konglomerat, Leithakalk oder Sandstein unterschieden werden können. Bevorzugt wurde nahe der Baustelle vorkommendes Baumaterial verwendet. Transportweiten von mehr als 10 – 20 km sind eher die Ausnahme und finden sich dann überwiegend bei bedeutenden, repräsentativen Sakralbauten, wie zum Beispiel dem Wiener Stephansdom oder dem Wiener Neustädter Dom.

Die Steinbrüche

Im Folgenden werden die wichtigsten historischen Steinbruchreviere in den neogenen Gesteinsformationen von Niederösterreich und dem Burgenland, das dort gewonnene Gestein und, soweit vorhanden, die technischen Kennwerte und Eigenschaften in Kurzfassung beschrieben, um einen Überblick über das umfangreiche vorhandene Datenmaterial zu geben. Im Rahmen dieser Übersicht ist es aber nicht einmal ansatzweise möglich, eine vollständige Darstellung aller existierenden Steinbrüche zu geben. Die anschließende Auflistung der Vorkommen erfolgt nach dem geologischen Alter und beinhaltet auch Steinbruchreviere, die praktisch ausschließlich von lokaler Bedeutung sind. Detailliertere Ausführungen erfolgen nur bei einigen historisch oder derzeit überregional bedeutenden Steinbrüchen.

² Der Leithakalk von Mannersdorf am Leithagebirge wird überwiegend für die Herstellung von Zement abgebaut. Aufgrund der Gewinnung durch brisantes Sprengen werden Rohblöcke, die als Werkstein geeignet wären meist zerstört oder zumindest schwer geschädigt.

KARPATIUM**Quarzreiche Sandsteine der Laa Formation (Karpatium)**

Region zwischen Hollabrunn und Haugsdorf

EGGENBURGIUM (siehe Beitrag STEININGER)**Kalksandsteine der Zogelsdorf - Formation**

Zogelsdorf, Eggenburg, Pulkau

BADENIUM**Leithakalke**dichte Algenschuttkalke: Wöllersdorf, Mannersdorf, Oslip, Kaisersteinbruch, Müllendorf, Bad Deutschaltenburg, Hundsheim, Neckenmarkt, Mailberg, Groß Höfleinporöse Algenschuttkalke: Winden, Müllendorf, Mörbisch, Oggau, Mannersdorf am Leithagebirge, Bruck/Leitha, Nußdorf, Poysdorf, Steinberg, Ulrichskirchenporöse Kalksandsteine: St. Margarethen, Purbach, Poysbrunn, Nußdorf, Ulrichskirchen**Konglomerate**

Lindabrunn, Hollenburg – Karlstetten, Baden, Bad Fischau, Siegenfeld, Sommerein

Brekzien

Merkenstein, Gainfarn, Hainburg, Bad Deutschaltenburg, Hundsheim

SARMATIUM**Atzgersdorfer Stein, Oolithe, Foraminiferensandstein**

Atzgersdorf, Hietzing, Hetzendorf, Speising, Türkenschanze, Brunn am Gebirge, Mödling, Gumpoldskirchen, Bruck/Leitha, St. Margarethen, Winden, Breitenbrunn, Hundsheim, Wolfsthal, Hautzendorf, Hauskirchen

Detritäre Leithakalke

Au, Loretto, Stotzing, Winden, Eisenstadt, Bad Deutsch Altenburg

PANNONIUM, PONTIUM, PLIOZÄN**Detritäre Leithakalke**

Sommerein, Bad Deutschaltenburg – Hundsheim, Steinbrunn, Winden, Sommerein, Mannersdorf, Kaisersteinbruch

Quarzreiche Sandsteine und Quarzsandsteine

Meidling (Gatterhölzl), Velm-Götzendorf, Himberg, Reisenberg, Unterlaa

Konglomerate

Rohrbach bei Ternitz, Saubersdorf, Gumpoldskirchen (Richardshof)

Süßwasserkalke

Mödling, Himberg, Moosbrunn, Ameis

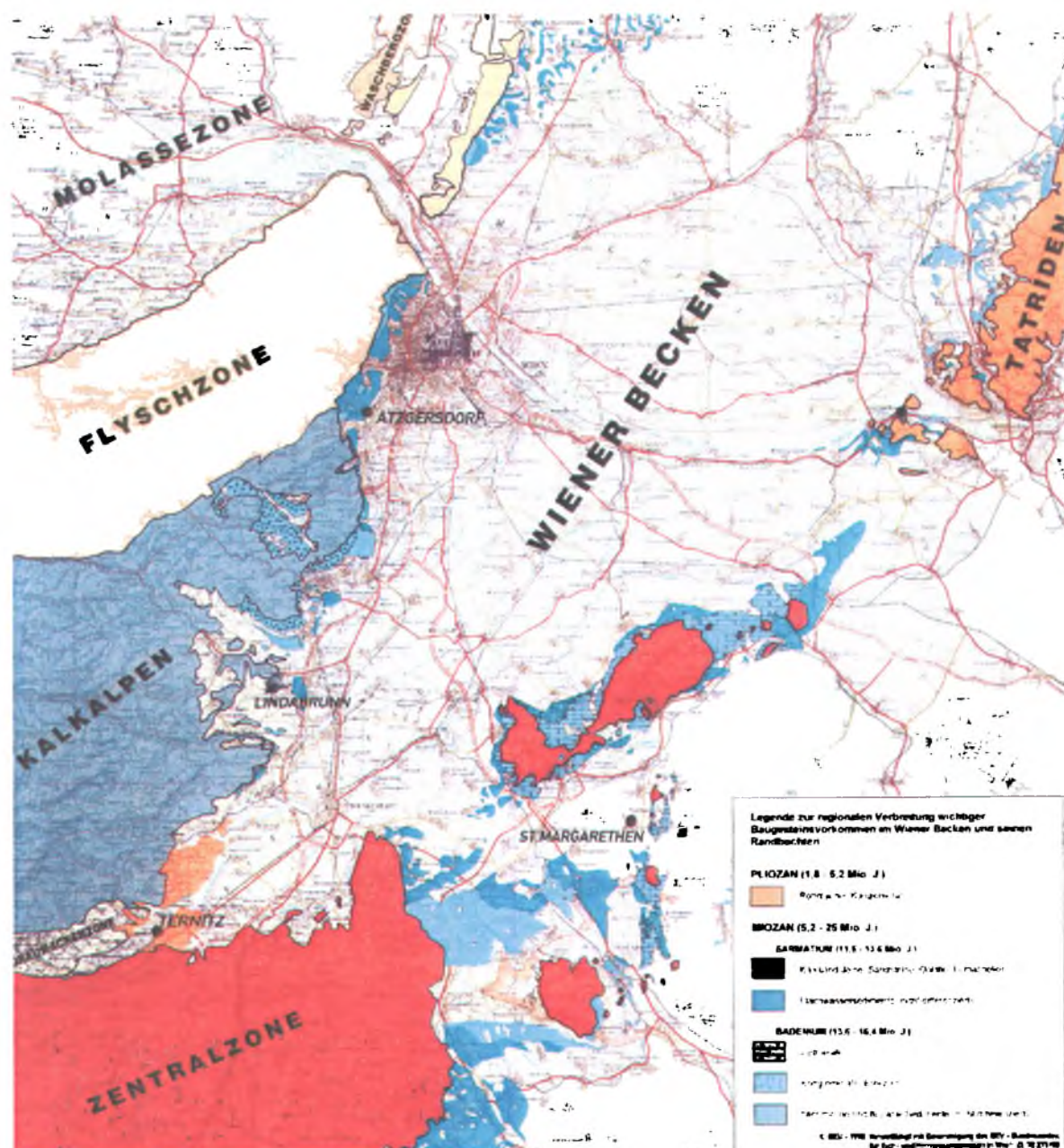


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte des Wiener Beckens mit der Verbreitung wichtiger jungtertiärer Baugesteine (Bearbeitung der Karte ROHATSCH; mit freundlicher Genehmigung des KRAHULETZ Museums Eggenburg; das Original dieser Übersichtskarte befindet sich im Steinmetzhaus von Zogelsdorf).

KARPATIUM

Quarzreiche Sandsteine der Laa - Formation

Im Einzugsbereich der karpatischen Laa - Formation treten lagenweise verfestigte Sandsteinlagen und Konkretionen auf, die im Laufe der Jahrhunderte zur Bausteingewinnung heran gezogen wurden. Steinbrüche findet man selten, meist wurden Feldsteine für den Bau von profanen Bauwerken, wie z.B. Weinkeller, Häuser, Stallungen verwendet. Großbauwerke, wie Schöngrabern bei Hollabrunn mit seiner kunsthistorisch überregionalen Bedeutung und die romanische Kirche in Peigarten sowie die romanischen Bauabschnitte von Burg Falkenstein stellen rare, aber wichtige Ausnahmen in der Verwendung dieser Sandsteine dar.

Windpassing

Eine ehemalige Gewinnungsstelle dieser Sandsteine befindet sich bei Windpassing. Derzeit wird dieser Steinbruch als Mülldeponie genutzt.

Fazies: Es handelt sich um unreife, quarzreiche Sandsteine aus dem bewegten Flachwasserbereich; vereinzelt können auch kalkreiche Bivalvenlumachellen beobachtet werden.

Verwendungsbeispiele: Niederösterreich: Schöngrabern (Pfarrkirche), Kirche in Peigarten, romanische Bauabschnitte der Burgruine Falkenstein, regional für Weinkeller und Hausfundamente.



Abb. 4: Links: Sandsteinplatte der Laa - Formation bei Pulkau. Rechts: Romanischer Löwe im Mauerwerk der Kirche von Peigarten.

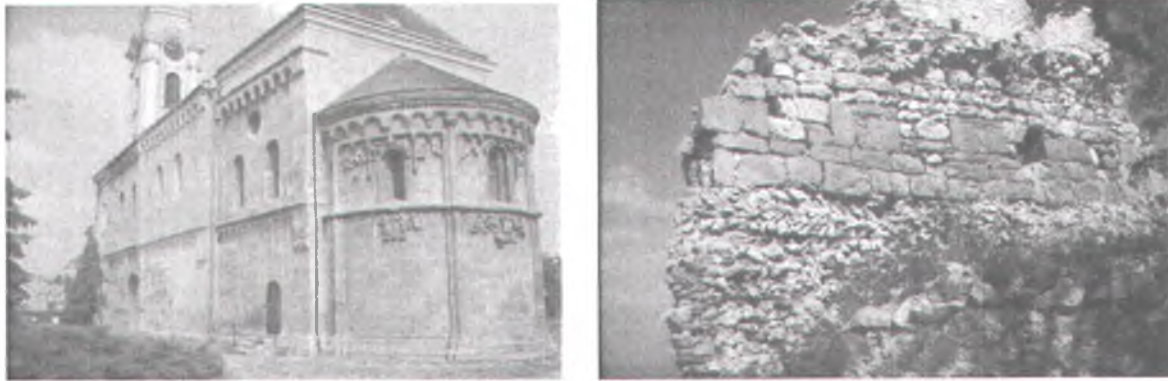


Abb. 5: Links: Pfarrkirche von Schöngrabern. Rechts: Die romanischen Zinnen der Burgruine Falkenstein bestehen aus einem Quarzsandstein der Laa - Formation.

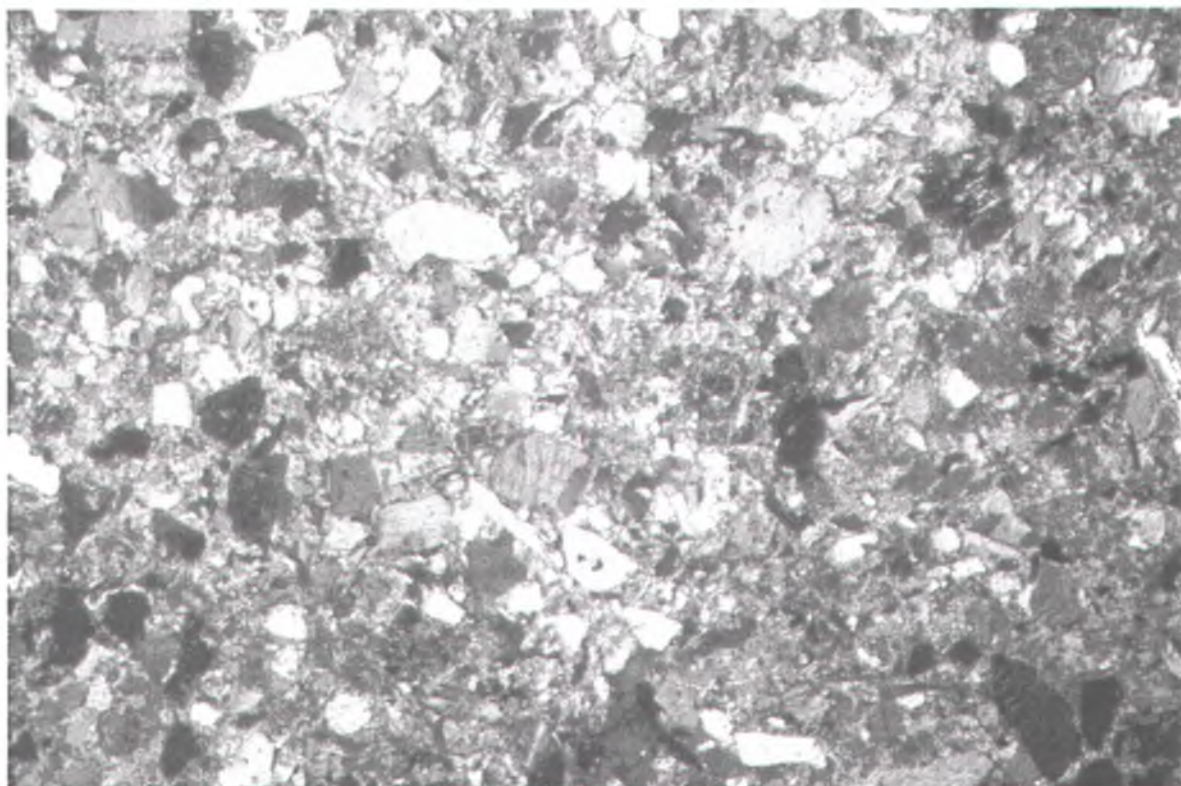


Abb. 6: Dünnschliff eines unreifen Sandsteines der Laa - Formation mit eckigen Quarz- und Feldspatbruchstücken, Kalkkomponenten und kalzitischem Bindemittel (Länge des Bildausschnittes ca. 6 mm).

Verwitterungsproblematik: Diese Sandsteine neigen zum Absanden und zur Oberflächen parallelen Schalenbildung. Da diese Sandsteine ein relativ dichtes Gefüge verbunden mit geringer Wasseraufnahme (ca. 3-5 M.%) aufweisen, ist eine Festigung mit herkömmlichen Kieselsäureesterprodukten auf Grund zu geringer Eindringtiefe (ca. 2 - 4 mm) problematisch.

Status: Hausmülldeponie.

BADENIUM

Leithakalke

Als wichtigste Gesteinsbildner der im Badenium unter vollmarinen Bedingungen in den Randbereichen des Wiener Beckens, den Buchten von Eisenstadt und Landsee abgelagerten Leithakalke sind Kalkrotalgen der Familie der Corallinaceae mit den Gattungen *Archaeolithothamnium* ROTHPLETZ 1891, *Lithothamnium* PHILLIPPI 1837, *Mesophyllum* LEMOINE 1928, *Lithophyllum* PHILLIPPI 1837, und *Palaeothamnium* CONTI 1945 zu nennen (DULLO 1983). Vereinzelt sind auch Korallenriffknospen, etwa bei Müllendorf oder Sommerein nachzuweisen.

Wöllersdorf

In der Region Wöllersdorf am Ausgang des Piestingtales zum Wiener Becken befinden sich zahlreiche stillgelegte Leithakalksteinbrüche, deren regionale Nutzungsgeschichte bereits auf römische Zeiten zurückgeht, aber vor allem mit der Gründung der Stadt Wiener Neustadt im Jahre 1196 unter Leopold VI. zusammen hängt. Überregionale Bedeutung erhält dieser hochfeste, polierfähige, häufig blassrosa gefärbte Leithakalk ab der Mitte des 16. Jahrhunderts mit der Errichtung von Schloss Neugebäude in Kaiserebersdorf. 1568 finden die Steinbrüche von Wöllersdorf erstmals urkundliche Erwähnung (DÖRNER, 1958). Ein letzter Höhepunkt der Nutzung erfolgte im späten 19. Jahrhundert (Ringstraßenzeit), als an die 900 Steinbrucharbeiter in Wöllersdorf beschäftigt waren.



Abb. 7: Links: Gleisanschluss der Südbahn zu den Steinbrüchen von Wöllersdorf. Rechts: Steinbrüche bei Wöllersdorf; beide Bilder zeigen den Zustand um 1890; (Bildarchiv Inst. f. Ingenieurgeologie, TU - Wien).

Fazies: Mariner, bewegter Flachwasserbereich (Algenschuttkalk); die reiche vollmarine Foraminiferenfauna setzt sich zu 58% aus benthonischen, zu 42% aus planktonischen Elementen zusammen, was auf eine Verbindung zum offenen Meer hinweist. Durch die Auswertung zahlreicher Dünnschliffe aus dem Revier Wöllersdorf konnte folgende Fauna dokumentiert werden:

Textularina (9%), *Miliolina* (13%), *Rotaliina* (78%); *Textularia* sp., *triseria* aggl. sp., *Bigenerina agglutinans* d'ORBIGNY, *Borelis* sp., *Pyrgo* sp., *Spiroloculina* sp., *Triloculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Nodosaria* sp., *Rotalia* sp., *Ammonia* sp., *Elphidium* sp., *Amphistegina* sp., *Heterostegina* sp., *Cibicides* sp., *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB), *Asterigerinata* sp., *Neoeponides* sp., *Eponides* sp., *Heterolepa* sp., *Gyroidina* sp., *Sphaerogypsina* sp., *Vaginulinopsis* sp., *Uvigerina* sp., *Bulimina* sp., *Bolivina* sp., "*Globigerina*" sp.

Klassifikation: Algenschuttkalk (rudstone/grainstone - packstone/Biosparit).

Kennwerte:

Rohdichte: 2,45 - 2,65 g/cm³

einachsiale Druckfestigkeit:

trocken: 98 N/mm² (max. bis 160 N/mm²)

im wassersatten Zustand sinkt die Druckfestigkeit um rund 15%.

Biegezugfestigkeit 14 - 18 N/mm²

Wasseraufnahme: 0,3 - 2,4 M. %.

Ultraschallgeschwindigkeit: 5,5 km/s (5,1 - 5,8)

polierbar, frost- und sehr gut verwitterungsbeständig

Größe der Rohblöcke: Mehrere m³ sind möglich;

Produkte: Säulen, Stiegenstufen, Quader, Pflastersteine und Fußbodenplatten, Tür- und Fenstergewände;

Verwendungsbeispiele: Wiener Neustädter Dom, 1. Wiener Hochquellenwasserleitung, römischer Grabstein an der Kirche Peter & Paul in Muthmannsdorf; Wien: Votivkirche, Staatsoper, Kunst- und Naturhistorisches Museum, Rathaus, Musikverein, Burgtheater, Akademie der bildenden Künste, Palais Rothschild (Theresianumgasse), Universität, Technische Universität, Schloss Schönbrunn (z.B. Gloriette, Hauptgesimse, einige Stiegenstufen); weiters Burgruine Starhemberg, ehemalige Kalköfen in den Steinbrüchen.

Verwitterungsproblematik: Im bruchfeuchten Zustand ist dieser Leithakalk frostempfindlich.

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt und verwachsen.

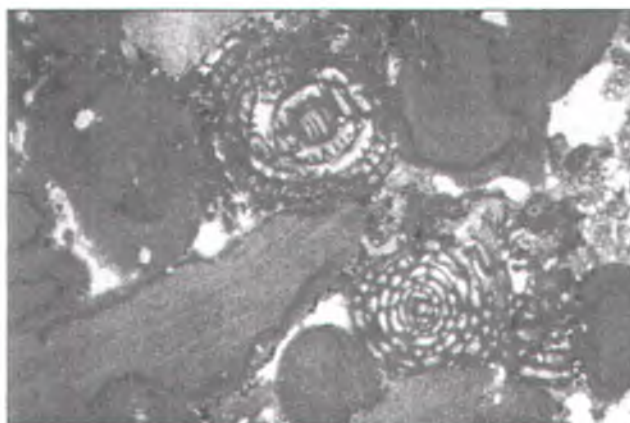


Abb. 8: Links: Stillgelegter, verwachsener Steinbruch am Nordhang des Piestingtales bei Wöllersdorf (Nähe Höllturmhöhle). Rechts: Dünnschliff (Länge des Bildausschnittes ca. 5 mm) mit Bruchstücken von Kalkrotalgen (Corallinaceen) und Foraminiferen (*Borelis* sp.).



Abb. 9: Gotische Gewölberippen in der so genannten Schatzkammer der Burgruine Starhemberg aus Wöllersdorfer Leithakalk.

Mannersdorf am Leithagebirge

Die Steinbrüche von Mannersdorf am Leithagebirge lieferten Jahrhunderte lang Bau- und Dekorgesteine. An Wiener Bauwerken lässt sich dieses Gestein gegen Ende des 14. und vor allem im 15. Jahrhundert nachweisen. Lieferungen des mittelfesten Mannersdorfer Steines nach Wien für den Bau des Stephansdomes sind für den Beginn des 15. Jahrhunderts belegt (UHLIRZ 1902). In der „Wiener Ringstraßenzeit“ erlebten die Steinbrüche um Mannersdorf einen gehörigen Aufschwung und es wurden große Mengen des festen Leithakalkes nach Wien geliefert, der mit dem mittelalterlichen Stein hinsichtlich seiner technischen Eigenschaften nicht zu vergleichen ist. Häufig besteht der Mannersdorfer Leithakalk auch aus nicht zerbrochenen Kalkrotalgenkolonien. An Großfossilien sind dickschalige Austern und Steinkerne von „Ochsenherzen“ (*Glycimeris* sp.) zu finden.

Fazies: Mariner Flachwasserbereich (Algenschuttkalk)

Varietät 1: Corallinaceenkalk (feste, klingende Varietät) aus dem so genannten "Hauser" - Bruch.

Komponenten: Corallinaceen, Bryozoen, Echinodermenspat, Bivalvenschalen, Foraminiferen; sehr geringe Porosität;

Matrix: sparitisch

Foraminiferen: *Textularia* sp., div. *Miliolina*, *Heterostegina* sp., *Amphistegina* sp., *Elphidium* sp., *Asterigerinata* sp., *Eponides* sp., *Heterolepa* sp., *Cibicides* sp.

Varietät 2: Corallinaceenkalkarenit bis -rudit: wenig feste, poröse Varietät.

Komponenten: Vorwiegend Corallinaceen, wenige Bryozoen, Echinodermenspat mit syntaxialem Rindenzement und Foraminiferen; bemerkenswert ist die sehr hohe Porosität;

Matrix: mikrosparitisch

Foraminiferen: *Textularia* sp., *Elphidium* sp., *Amphistegina* sp., *Asterigerinata* sp., *Cibicides* sp., *Heterolepa* sp., "*Globigerina*" sp.

Kennwerte:Varietät 1 dichter, fester AlgenkalkRohdichte: $2,43 - 2,69 \text{ g/cm}^3$

Porenvolumen: 7,1 - 9,8 Vol. %

Würfeldruckfestigkeit: $83,4 \text{ N/mm}^2$ (70 - 102)

Wasseraufnahme: 2,9 M. % (1 - 4)

Biegezugfestigkeit: $11,1 \text{ N/mm}^2$ (8 - 14)

Ultraschallgeschwindigkeit: 5,3 km/s (4,6 - 5,6)

Varietät 2 mittelfeste, poröse VarietätRohdichte: $2,06 \text{ g/cm}^3$ (1,98 - 2,13)

Würfeldruckfestigkeit

trocken: $26,4 \text{ N/mm}^2$ (19,4 - 37,8)wassersatt: $19,3 \text{ N/mm}^2$ (13,7 - 25,5)

Wasseraufnahme: 6,8 M. % (5,8 - 7,6)

In Salzsäure unlöslicher Rückstand: 1,73 M. %

Produkte: Massenrohstoff für Zementerzeugung; vereinzelt werden größere Blöcke als Werksteine für Fußbodenplatten oder massive Arbeiten gewonnen. Historisch besaßen diese Steinbrüche auch eine große Bedeutung für das Kalkbrennen.

Verwendungsbeispiele: Historisch überregional bedeutsames Bau- und Dekorgestein; Wienfluss-Begleitarchitektur Stadtpark, St. Stephan, Maria am Gestade, Rathaus, Parlament, Oper, Universität, Akademie der bildenden Künste, Palais Rothschild, Börse, Gruftarkaden am Hernalser Friedhof, ehemalige Kalköfen.

Verwitterungsproblematik: Im bruchfeuchten Zustand ist dieser Leithakalk frostempfindlich.

Status: Abbau durch Fa. LAFARGE (ehemals PERLMOOSER) als Massenrohstoff für Zementerzeugung; daneben zahlreiche stillgelegte Steinbrüche.

Anmerkung: Auf Grund der besonderen Bedeutung dieses Vorkommens für die Kalk- und Zementerzeugung muss an anderer Stelle eine detaillierte Darstellung zur technologischen Verwendung erfolgen.



Abb. 10: Steinbruch bei Mannorsdorf am Leithagebirge.

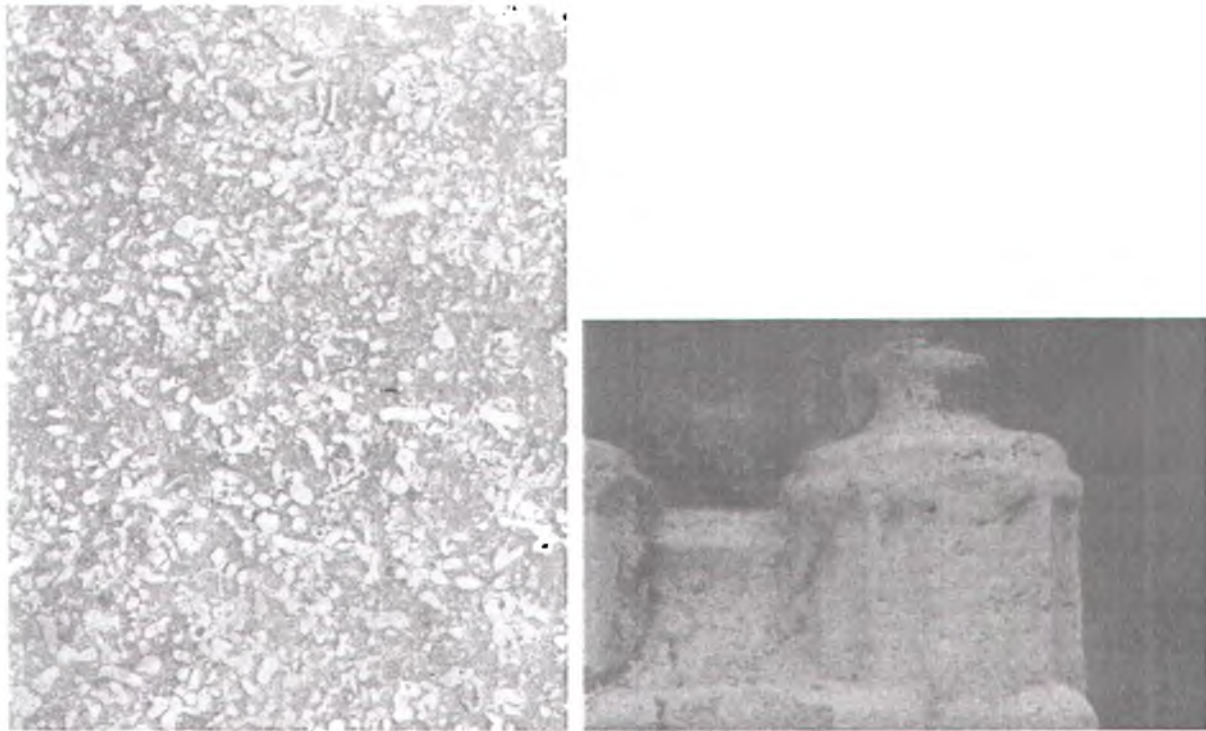


Abb. 11: Links: Leithakalk von Mannersdorf am Leithagebirge (ca. 13 x 20 cm). Die hellen Komponenten sind Bruchstücke und Stängel von Kalkrotalgen, die gelbbraune Grundmasse ist feinkörniger (mikritischer) Kalk. Rechts: Basis einer Wandvorlage aus dem 15. Jahrhundert am Nordturm von St. Stephan in Wien.

Oslip

Es handelt sich hierbei um einen charakteristischen, meist leberbraunen geschichteten Algenschuttkalk mit relativ hoher Festigkeit. Neben Algenstängelbruchstücken können kleine inkrustierende und ästige Rhodolithen beobachtet werden. Außerdem nimmt dieser Stein eine sehr schöne Politur an. Heute ist das kleinräumige Vorkommen vollständig erschöpft. SCHAFARZIK (1909, S. 383) gab als jährliche Fördermenge des Steinbruches in Oslip (Oszlopp) 1500 m³ an.

Lokalität: Silberberg.

Fazies: Mariner, bewegter Flachwasserbereich (Algenschuttkalk).

Beschreibung: Dichter, gelbbrauner Corallinaceenkalkrudit (Algenschuttkalk).

Komponenten: Überwiegend Corallinaceenbruchstücke, daneben Bruchstücke von Bryozoen sowie Echinodermenspat und Foraminiferen. Der siliziklastische Anteil wird aus mono- und polykristallinem Quarz, K-Feldspat, Plagioklas, Muskovit, Biotit und Quarz-Feldspat-Geröllen zusammengesetzt.

Matrix: Mikritisch, bereichsweise ausgewaschen und durch Blockspatit ersetzt.

Foraminiferen: Textulariina (6 %), Rotaliina (94 %); *Textularia sp.*, *Amphistegina sp.*,

Elphidium sp., *Ammonia sp.*, *Cibicides sp.*, *Eponides sp.*, *Asterigerinata sp.*

Kennwerte:

Rohdichte: 2,56 – 2,70 g/cm³

durchschnittliche Druckfestigkeit

trocken: 65 – 110 N/mm²

wassersatt: 59 – 95 N/mm²

durchschnittliche Wasseraufnahme: 5 M. %

frostbeständig bei 25 FTW

Ultraschallgeschwindigkeit: 4,6 km/s (4,2 - 5,6)

Verwendungsbeispiele: Wien: Votivkirche, Natur- und Kunsthistorisches Museum, Rathaus
Status: Stillgelegt; das Vorkommen der leberbraunen Varietät ist erschöpft.

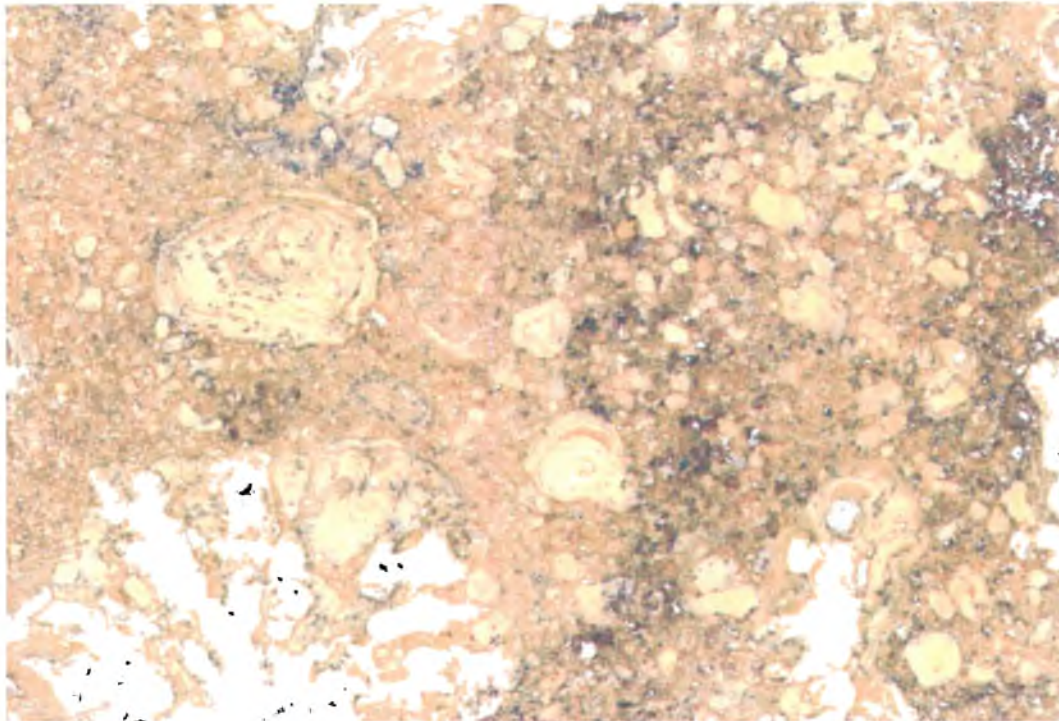


Abb. 12: Polierte Platte eines leberbraunen Leithakalkes von Oslip mit inkrustierenden und ästigen Rhodolithen (Bildausschnitt ca. 9 x 6 cm).

Kaisersteinbruch

Die Entstehung der Gemeinde „Steinbruch“ aus einer Steinbrechersiedlung auf Heiligenkreuzer Grund erfolgte in der 2. Hälfte des 16. Jahrhunderts (erstmal 1579 als "Ihro Kayserlichen Majestät Steinbruch am Laythaberg" bezeichnet) durch die Zuwanderung vorwiegend italienischer Bildhauer³. In diese Zeit fallen auch erste bedeutende Lieferungen nach Wien an die Baustelle von Schloss Neugebäude (ab 1570). Durch die Güte und hohe Qualität der Steinmetzerzeugnisse besaßen die Meister von Steinbruch ein ausgeprägtes Selbstvertrauen und rebellierten fortwährend gegen den Heiligenkreuzer Grundbesitzer. Diese Rebellion gipfelte in der Umbenennung von Steinbruch zu Kaisersteinbruch, um das direkte Untertanenverhältnis zum Kaiser zu unterstreichen. Deshalb nannten sie auch ihren Stein "Kaiserstein" (FURCH, 1981). Seine große Bedeutung als Baustein erfährt der Kaiserstein dann im 19. Jahrhundert für viele Bauwerke der "Wiener Ringstraßenzeit". Auf Grund der hohen Güte der Werksteine, wie zum Beispiel hohe Festigkeit und Verwitterungsbeständigkeit wurde der Kaiserstein häufig für statisch sensible Bauteile wie Stiegenstufen, Säulen, Überlager, etc. verwendet. Vor allem der heute verschüttete Hausbruch, der im ausgehenden 19. Jahrhundert von der Familie Amelin bewirtschaftet wurde, wies diese teilweise bläulich gefärbten hochwertigen Steine auf.

³ Die italienischen Bildhauer brachten auch das wichtigste Steinbearbeitungswerkzeug der Renaissance und des Barock nach Österreich – den Peckhammer!



Abb. 13: Historische Aufnahme des Hausbruches in Kaisersteinbruch (aus: SCHAFFER 1908).

Es handelt sich um dichte, harte und feste, geschichtete, weiße bis bläuliche Kalkrotalgenkalke unterschiedlicher Korngröße (Grobsand bis Feinkies), die immer wieder kleine Gerölle von grauem Quarz und rostig verwittertem Glimmerschiefer, aber untergeordnet auch graue Dolomitkomponenten aufweisen. Es kommen in diesem Steinbruchrevier auch weichere Kalksandsteine und Konglomerate vor, die eine deutlich geringere Festigkeit und ungünstiges Verwitterungsverhalten besitzen.

Fazies: Beckenrand naher, mariner Bewegtwasserbereich (Algen-Foraminiferen-Schuttkalk; bereichsweise z.B. im Blauen Bruch ist die Felsküste mit basaler Brekzie aufgeschlossen).

Komponenten: Vorwiegend Corallinaceenbruchstücke, daneben Foraminiferen, Bryozoen, Gastropoden, Bivalvenbruchstücke, Echinodermenspat mit syntaxialem Rindenzement, polykristalline Quarzgerölle, wenig angularer feinkörniger Quarz und Muskovit; die Korngröße liegt im Arenit- bis Ruditbereich.

Matrix: Die Komponenten wurden durch fein- bis grobkörnigen Kalzit hervorragend zementiert, es gibt praktisch keine Porosität. Stellenweise sind noch die primären, radiärstrahligen Zemente um einzelne Partikel überliefert.

Klassifikation: Grainstone/Biosparit (Algen-Foraminiferen-Arenit).

Foraminiferen: Textulariina 27%, Miliolina 23%, Rotaliina 51%; *Textularia* sp., div. aggl. sp., *Pyrgo* sp., *Triloculina* sp., *Quinqueloculina* div. sp., *Peneroplis* sp., *Borelis* sp., *Heterostegina* sp., *Amphistegina* sp., *Elphidium* sp., *Cibicides* sp., *Asterigerinata* sp., *Eponides* sp., *Heterolepa* sp., *Gyroidina* sp., *Sphaerogypsina* sp.

Kennwerte:

Rohdichte: 2,56 g/cm³ [2,56 g/cm³ (2,50 - 2,62)]

Einachsiale Würfeldruckfestigkeit:

trocken: 122 N/mm² [122 N/mm² (88 - 155)]

wassersatt: 83 N/mm² [83 N/mm² (78 - 87)]

Wasseraufnahme: 2,3 M.% (1,8 – 3,5)

Ultraschallgeschwindigkeit: 5,0 km/s (4,7 - 5,2)

Verwendungsbeispiele: Wien: Schönbrunn (Stiegenstufen, Bodenplatten, Säulen), Gloriette (Säulen, Bodenplatten, Mauerverkleidung, Stiegenstufen), Römische Ruine (Spolien aus Schloss Neugebäude), Neptunbrunnen (Wandverkleidung), Obeliskbrunnen (Wandverkleidung des Umganges), Schloss Neugebäude (Gesimse, Fenster und Portalgewände, Stiegenstufen, Bodenplatten), Schloss Belvedere, Karlskirche, Palais Rothschild, Palais Kinsky (Säulen, Stiegenstufen), Hofburg, Kunst- und Naturhistorisches Museum, Musikverein; Niederösterreich: Schloss Petronell, Dreifaltigkeitssäule von Stift Heiligenkreuz (1729 - 1739); Burgenland: Kirche in Kaisersteinbruch, Kirche Winden am See (Gesimse, Fenster- und Portalgewände).

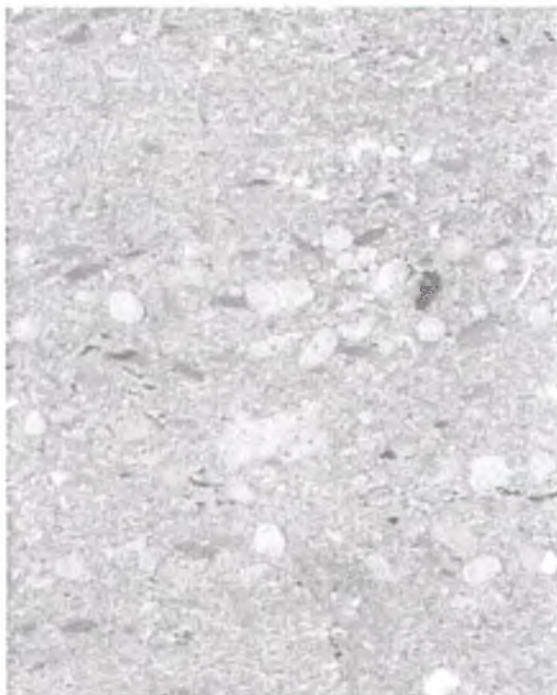


Abb. 14: Links: Charakteristische Ausbildung des Leithakalkes von Kaisersteinbruch; sedimentäre Schichtung mit unterschiedlichen Korngrößen; in den Grobkornbereichen (3 – 5 mm) finden sich Bruchstücke von Kalkrotalgen und linsenförmige Foraminiferen der Gattung *Amphistegina* sp. Rechts: Barockes Brunnenbecken aus Kaiserstein in der Kartause Mauerbach.

Müllendorf

Im Steinbruch von Müllendorf sind mehrere Besonderheiten der Leithakalkentwicklung aufgeschlossen: Einerseits die kreidig zersetzten reinweißen Kalke, die zur Kreideerzeugung (Wiener Weiß) abgebaut wurden und andererseits eines der seltenen Korallenriffe der Leithakalkformation.



Abb. 15: Historische Aufnahme des Steinbruches in Müllendorf mit dem Kalkofen (aus: SCHAFFER 1908).



Abb. 16: Links: Kreidegewinnung im Steinbruch Müllendorf. Rechts: Detailaufnahme des Kreideprofiles mit grobkörnigem Transgressionskonglomerat.

Fazies: Mariner Flachwasserbereich (Algenschuttkalk, Korallenriffkalk, „Kreide“).

Kennwerte Algenschuttkalk nach HANISCH & SCHMID (1901, S. 221 ff.):

durchschnittliche Rohdichte: $2,33 \text{ g/cm}^3$

durchschnittliche Druckfestigkeit

trocken: 50 N/mm^2

wassersatt: 48 N/mm^2

durchschnittliche Wasseraufnahme: 4,0 M. %

Verwendungsbeispiele: Wien: Votivkirche, Weißgerberkirche, Fünfhauserkirche, Oper, Kalkofen, „Wiener Weiß“, Kreideerzeugung.

Nußdorf (Wien XIX) & Maria Enzersdorf – „Badenium Wien – Süd“

Dieser Leithakalk stellte im Wien des 12. und 13. Jahrhunderts das wichtigste Baugestein dar und wurde trotz seiner Inhomogenität auch für verschiedene Bildhauerarbeiten verwendet. Es handelt sich um Geröll führende Kalkrotalgenschuttkalke (Corallinaceenkalkarenite bis -rudite), die nach KIESLINGER (1949) aus einem heute nicht mehr vorhandenen Steinbruch, der sich wahrscheinlich zwischen Maria Enzersdorf und Mödling befand, stammen (Badenium Wien - Süd⁴). Im Zuge der Untersuchungen für die vorliegende Studie zeigte sich jedoch, dass ein gut vergleichbares Gestein auch in Nußdorf entlang des Eichelhoffweges aufgeschlossen ist. Mittelalterliche Steinlieferungen aus den Nußdorfer Steinbrüchen nach Wien können nicht ausgeschlossen werden, da das Alter dieser Steinbrüche nicht bekannt ist und die Nähe zu Wien Steinlieferungen nahe legt. Auf dem monumentalen Ölbild von Anton HLAVÁČEK "Die Kaiserstadt an der Donau" - Wien vom Nußberg⁵ ist dieser Steinbruch als stillgelegt erkennbar. Auf einem weiteren Werk dieses Künstlers, nämlich "Das alte Donaubett"⁶, ist ebenfalls ein aufgelassener Steinbruch zu erkennen, der im Ausstellungskatalog "Wiener Landschaften"⁷ fälschlicherweise als Flyschsand beschrieben wurde, bei dem es sich aber mit Sicherheit um einen Leithakalksteinbruch am Eichelhoffweg handelt.

Fazies: Bewegter, mariner Flachwasserbereich (Geröll führender Algenschuttkalk, quarzreicher Kalksandstein); an Fossilien dominieren Corallinaceen (Bruchstücke von Ästchen und kleine Rhodolithen), außerdem sind häufig mehrere cm große Austernschalen, Pectinidae und Bryozoen vertreten. Die vorherrschende Korngröße des Corallinaceenschuttes liegt zwischen 2 und 4 mm. Im Dünnschliff finden sich vor allem Corallinaceenbruchstücke, Bryozoenreste und Echinodermenfragmente mit syntaxialem Rindenzement. Die Komponenten dieses sehr porösen Gesteines wurden durch fein- bis grobkörnigen Kalzit zementiert. Untergeordnet kann man feinkörnigen angularen Quarzdetritus beobachten.

Foraminiferen: *Textularia sp.*, *Borelis sp.*, *Quinqueloculina sp.*, *Triloculina sp.*, *Spiroloculina sp.*, *Amphistegina hauerina* d'ORBIGNY, *Heterostegina sp.*, *Elphidium sp.*, *Cibicides sp.*, *Bolivina sp.*, *Asterigerinata sp.*, *Sphaerogypsina sp.*

Kennwerte:

Rohdichte: 2,12 g/cm³ (2,09 - 2,45)
 Wasseraufnahme: 6,8 M.% (5,9 - 7,4)
 Spaltzugfestigkeit: 2,8 N/mm² (2,3 - 3,8)
 Biegezugfestigkeit: 6,6 N/mm² (4,9 - 7,6)
 einaxiale Druckfestigkeit: 26,9 N/mm² (19,2 - 34,3)
 Ultraschallgeschwindigkeit: 3,5 km/s (3,4 - 3,7)

⁴ Die Wahl dieser Gesteinsbezeichnung erfolgte in Anlehnung an die Bezeichnung „Torton Wien-Süd“ von Alois KIESLINGER (1949)

⁵ Anton Hlaváček "Die Kaiserstadt an der Donau" - Wien vom Nußberg (1884) - Öl auf Leinwand (Hist. Mus. Wien Inv. Nr. 24.222).

⁶ Anton Hlaváček "Das alte Donaubett" (1890) - Öl auf Leinwand (Hist. Mus. Wien Inv. Nr. 17.948).

⁷ Wiener Landschaften, Katalog zur 173. Sonderausstellung d. Historischen Museums d. Stadt Wien i. d. Hermesvilla, Lainzer Tiergarten 27. 03. 1993 - 13. 02. 1994, Kat. Nr. 1.19, Oskar Kokoschka, Verwertungsgesellschaft bildender Künstler, Wien 1993 (Eigenverlag der Museen d. Stadt Wien).

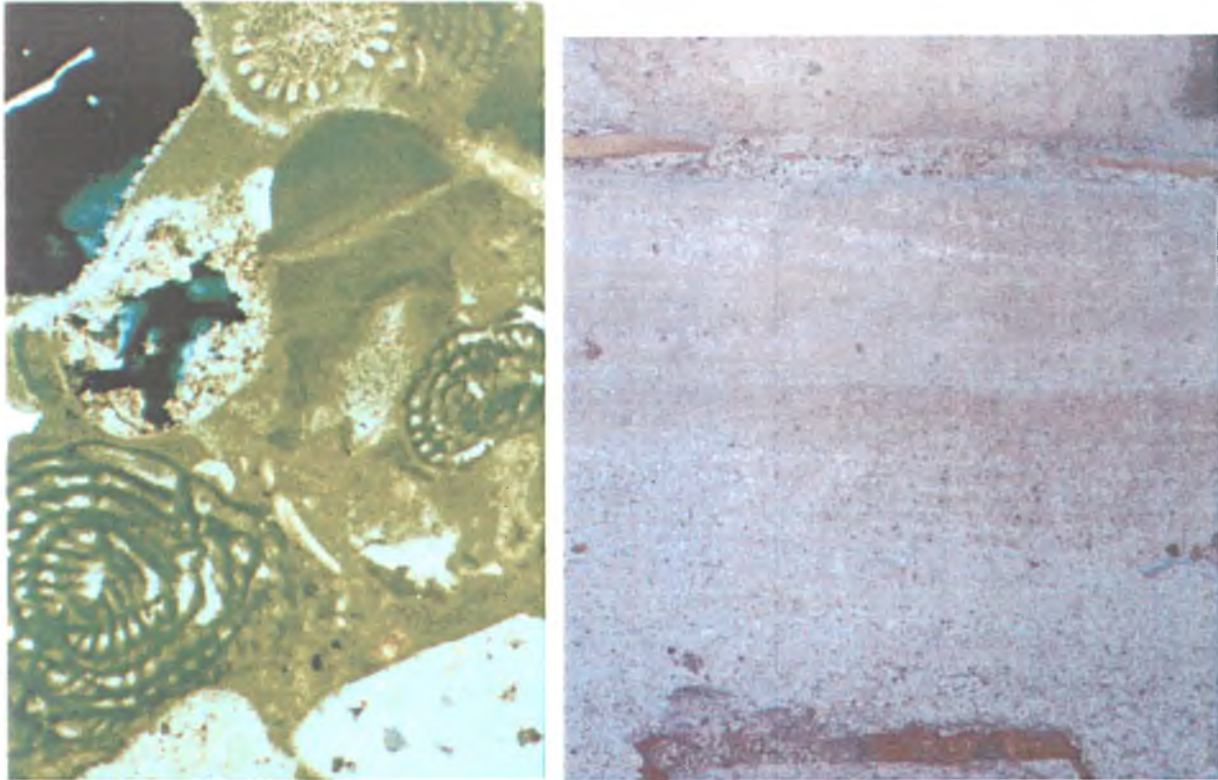


Abb. 17: Links: Dünnschliffaufnahme „Badenium Wien Süd/Nord“ (ca. 3,3 x 2 mm; gekreuzte Polarisatoren) mit Foraminiferen (*Borelis sp.*), Kalkrotalgenbruchstücken, Seeigelstachelquerschnitt (oben Mitte) und Quarzsiltsteingeröll (rechts unten). Rechts: Quaderstein im Mauerwerk von St. Stephan (Wien I) aus „Badenium Wien Süd/Nord“ mit charakteristischer Rippelschichtung, wechselnder Korngröße und Quarzsandsteingeröll.



Abb. 18: Links: Archivolten des romanischen Westportals von St. Michael (Wien I) aus „Badenium Wien Süd/Nord“. Rechts: Romanische Bauplastik von St. Michael (Wien I) aus „Badenium Wien Süd/Nord“.

Verwendungsbeispiele: Wien: St. Stephan, St. Michael, Schottenkirche, St. Ruprecht, Fundamente im romanischen Steinhaus Tuchlauben 12 (archäologische Grabung 1995); Niederösterreich: Pfarrkirche St. Georg in Himberg, zahlreiche römische Grabsteine und Stelen, romanische Bauteile im Lapidarium von Stift Klosterneuburg, Kalköfen, lokales Baumaterial; Pfarrkirche St. Othmar in Mödling, Kerner von Mödling.

Status: Der Steinbruch in Maria Enzersdorf ist nicht mehr auffindbar; ein Steinbruch am Eichelhofweg liegt in einem Weingarten, ein weiterer, der von HLAVÁČEK dargestellt wurde, ist heute verschüttet.

St. Margarethen

Der so genannte „Römersteinbruch“ bei St. Margarethen im Burgenland ist einer der bedeutendsten Werksteinbrüche Ostösterreichs, wobei seine Nutzung bereits zu römischen Zeiten auf Grund mangelnder Nutzungsbeispiele eher zu den ökonomisch begründbaren Legenden zu rechnen ist. Mit Sicherheit nachweisbar ist eine lokale spätmittelalterliche Steingewinnung, überregionale Bedeutung erlangt dieses Vorkommen jedoch erst ab dem 17. Jahrhundert. Der Steinbruch befindet sich seit dieser Zeit bis zum heutigen Tag in Besitz des Fürstengeschlechtes Esterházy und lieferte riesige Mengen an Kalksandstein für zahlreiche Prachtbauten des Barock und der Wiener Ringstraße. Im Werksbereich der Fa. HUMMEL liegt auch die legendäre „Stephanswand“, deren Sandstein ab 1841 den Restaurierungsarbeiten am Wiener Stephansdom vorbehalten war. Außerdem ist dieser in weiten Bereichen stillgelegte Steinbruch neben einem touristisch interessanten Exkursionspunkt eine vom historischen Standpunkt der Steingewinnung und Verwendung wertvolle und schützenswerte Lokalität. Pannonische Flora mit Trockenrasenvergesellschaftung, Fledermauskolonien in den zahlreichen Klüften (z.B. Seeigelkluft, Fledermauskluft, etc.), Dohlen, Turmfalken und viele andere mehr, machen diesen Steinbruch auch in ökologischer Hinsicht zu einem bedeutenden Standort. Nicht zuletzt ist das seit 1959 im Steinbruch von St. Margarethen etablierte Bildhauersymposium, dessen Idee von Karl Prantl ausging, von überragender kultureller und sozialer Bedeutung, ebenso wie die in den letzten Jahren präsentierten Passionsspiele und Freiluftopernaufführungen.



Abb. 19: Steinbruch St. Margarethen.

Bei diesen Kalksandsteinen handelt es sich um gelbbraune bis hellgraue, fein- bis grobkörnige, poröse Kalksandsteine (grainstone, Biosparit), die auch Rhodolithen und verschiedene Bivalven (z.B. *Ostrea sp.*, *Pecten sp.*, *Chlamys sp.*) aufweisen. Im Dünnschliff zeigt sich der St. Margarethener Stein als sehr poröser Kalksandstein, der vorwiegend aus kleinen Kalkrotalgenbruchstücken und Foraminiferen aufgebaut wird. Daneben kann man Echinodermenspat, Bruchstücke von Serpulidenröhren und Ostrakoden beobachten. Die Komponenten wurden mit feinkörnigem Kalkspat zementiert.

Fazies: Mariner, bewegter Flachwasserbereich (Algen-Foraminiferen-Kalksandstein).

Komponenten: Corallinaceen, Foraminiferen (Textulariina 11%, Miliolina 14%, Rotaliina 75%), Bryozoenbruchstücke, Echinodermenspat mit syntaxialem Rindenzement, vereinzelt Serpulidenröhren, Bivalvenbruchstücke, kein siliziklastischer Detritus.

Matrix: Praktisch nicht vorhanden; sehr hohe Porosität; zementiert werden die Komponenten durch feinkörnigen Kalzit.

Foraminiferen: *Textularia sp.*, *Spiroplectammina sp.*, *Triloculina sp.*, *Quinqueloculina sp.*, *Elphidium sp.*, *Cibicides sp.*, *Asterigerinata sp.*, *Neoeponides sp.*, *Eponides sp.*, *Heterolepa sp.*, *Bulimina sp.*, *Sphaerogypsina sp.*

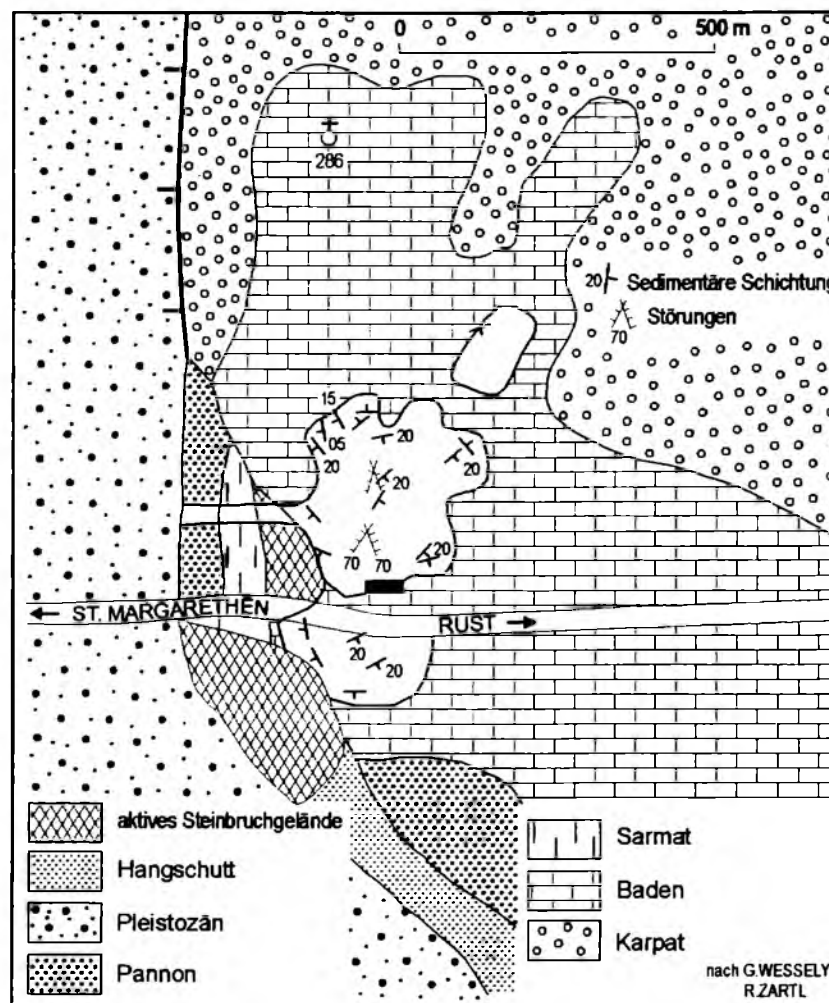


Abb. 20: Geologische Übersichtskarte der Steinbruchumgebung von St. Margarethen (aus: SAUER et. al. 1992).

Kennwerte:

Einaxiale Druckfestigkeit:

trocken: $49,0 \text{ N/mm}^2$ (42,6 - 56,1)wassersatt: $38,2 \text{ N/mm}^2$ (30,0 - 47,1)Biegezugfestigkeit Prisma: $7 - 10 \text{ N/mm}^2$ Spaltzugfestigkeit: $1,7 \text{ N/mm}^2$ (0,8 - 2,9)Rohdichte: $2,08 \text{ g/cm}^3$ (1,97 - 2,26)Reindichte: $2,70 - 2,71 \text{ g/cm}^3$

Dichtigkeitsgrad: 0,81 (0,75 - 0,86)

Gesteinshohlraum: 19 R.% (16 - 25)

Wasseraufnahme: 7,9 M.% (3,6 - 10,2)

Ultraschallgeschwindigkeit: 3,5 km/s (2,9 - 3,8)

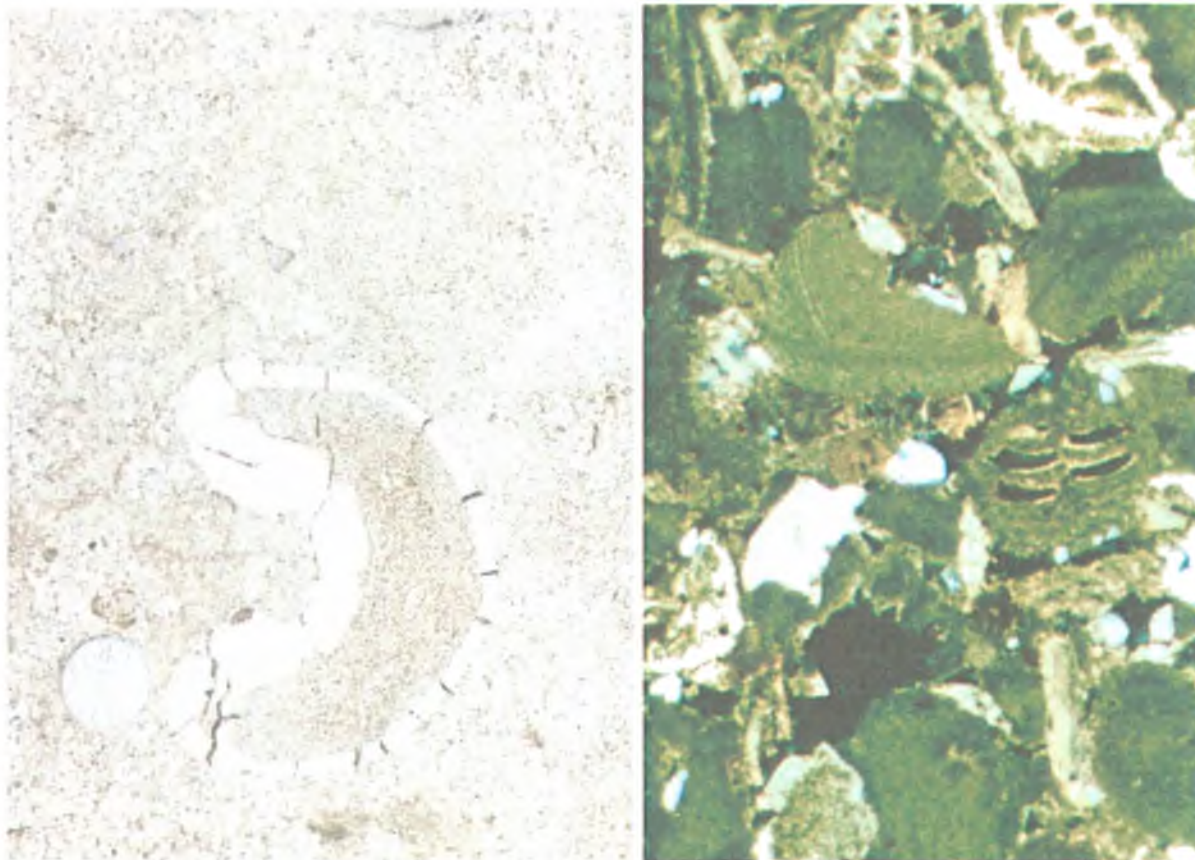
Produkte: Fassaden- und Fußbodenplatten, Tür- und Fenstergewände, Mauersteine, massive Arbeiten, Brechsande, Kunststein.**Größe der Rohblöcke:** Mehrere m^3 möglich,**Gewinnungstechnik:** Schrämm-Maschine und Keiltechnik.**Verwendungsbeispiele:** Wien: St. Stephan (Restaurierung), Maria am Gestade (Restaurierung), Dominikaner-Kirche, Franziskaner-Kirche, Schloss Schönbrunn (teilweise Schlossarchitektur, Plastiken der Römischen Ruine, Brunnenhaus „Schöner Brunnen“), Außenfassade Südbahnhof, Musikverein, Börse; weiters Portal der Probstei in Wiener Neustadt, Renaissance-Portale Burgruine Landsee, u.v.a.m.

Abb. 21: Links: Charakteristische Ausbildung des Kalksandsteines von St. Margarethen mit einem Seeigelquerschnitt. Rechts: Im Dünnschliff sind überwiegend Bruchstücke von Kalkrotalgen und Foraminiferen zu beobachten. Die schwarzen Bildbereiche sind Poren. Verkittet wurden die Komponenten durch feinkörnigen Kalkspat (Länge des Bildausschnittes rund 8mm; gekreuzte Polarisatoren).

Verwitterungsproblematik: Es existieren mehrere unterschiedliche Varietäten, die sich auch hinsichtlich ihrer technischen Kennwerte und Verwitterungsbeständigkeit deutlich voneinander unterscheiden; die poröseren, mürben Varietäten neigen zu Krustenbildung, sind nur bedingt frostbeständig und anfällig für Schäden durch kristallisierende Schadsalze.

Status: Abbau von Werkstein durch die Firma Gustav HUMMEL (Wien, Mannersdorf, St. Margarethen); Sande für Kunststeinerzeugung durch Firma KUMMER (Oslip); das Areal des „Römersteinbruches“ erlangte in den letzten Jahren durch Passionsspiele und Operaufführungen große überregionale kulturelle Bedeutung; Bildhauersymposium 1959 – 1971.



Abb. 22: Renaissance-Portal der Burgruine Landsee aus St. Margarethener Kalksandstein.

Winden

Ungefähr 2 km nördlich von Winden am Neusiedlersee befinden sich im Bereich des Zeilerberges mehrere alte Steinbrüche, in denen Schuttkalke und Kalksandsteine abgebaut wurden. ROTH beschrieb (1883, S. 258) einen noch recht schwunghaften Abbau im KRUKENFELLNER'schen Bruche am Südennde der ehemals „großartigen“ Zeilerbrüche im Jahre 1882. So wie heute auch noch konnte er die Gesteine des Badanium, des Sarmatium und des Pannonium beobachten, wobei Badanium und Sarmatium durch blauen sarmatischen Tegel getrennt werden. Als Basis des "eigentlichen Leithakalkes" (Badanium) beschrieb er blauen Tegel unbekannter Mächtigkeit. An einigen Stellen kann man noch Hinweise auf die alten Abbaumethoden beobachten (Schrämm- und Keilspuren). Es kommen aber auch verschiedene siliziklastisch betonte Sandsteine und Konglomerate im Hangenden der Kalksandsteine vor, die dem Pannonium zuzurechnen sind. Im Steinbruchverzeichnis von HANISCH & SCHMID (1901, S. 224) wurden für die Windener Steinbrüche ohne nähere Lokalisierung folgende Besitzer angegeben: Maria Amelin (Winden), Ludwig Gutterna (Winden) und für den Steinbruch Zeilerberg (Zeilersteinbruch oder Zeindlersteinbruch oder Pansippersteinbruch und Kaisersteinbruch), der bereits auf dem Gemeindegebiet von Kaisersteinbruch liegt, Ferdinand Kruckenfellner aus Kaisersteinbruch.

Fazies: Badanium: mariner, flacher Bewegtwasserbereich (Algenschuttkalke); Sarmatium: bewegter Flachwasserbereich (Bivalvenlumachellen, Algenschuttkalke); Pannonium: bewegter Flachwasserbereich (quarzgeröllführende Algenschuttkalke mit *Melanopsis* sp.).

Kennwerte:

Rohdichte: 1,73 - 2,24 g/cm³

durchschnittliche Druckfestigkeit:

trocken: 16 - 40 N/mm²

wassersatt: 8 - 31 N/mm²

durchschnittliche Wasseraufnahme: 6 - 14 M. %

nicht frostbeständig



Abb. 23: Historische Steinbrüche bei Winden und Breitenbrunn (um 1880).



Abb. 24: Links: Aufgelassener Steinbruch bei Winden am Neusiedlersee (1993). Derzeit wird der Steinbruch als Bauschuttdeponie von der Gemeinde Winden genutzt. Rechts: Steinmetzmeister Friedrich OPFERKUH (Mannersdorf/Lg.) weist auf Schrämm Spuren und Keiltaschen im links dargestellten Steinbruch hin.

Verwendungsbeispiele: Wien: Minoritenkirche, Oper, Kunst- und Naturhistorisches Museum, Rathaus, lokales Baumaterial.

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt und teilweise dicht verwachsen.

Bad Deutsch Altenburg - Hundsheim

Die heute noch erhaltenen Steinbrüche zwischen Bad Deutsch Altenburg und Hundsheim standen zum Großteil erst ab dem Barock bis in die 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts in Betrieb, obwohl ihre Anfänge bis in römische Zeiten zurückgehen. Sie erschließen einen harten, teilweise polierfähigen, grobkörnigen Leithakalk mit grauen, mesozoischen Karbonatbruchstücken (meist Dolomit), die stellenweise so häufig vorkommen, dass dieses Gestein als Brekzie angesprochen werden muss.

Fazies: Mariner, hochenergetischer Küstenbereich (Algenscuttkalk, Brekzie);

Kennwerte Algenscuttkalke und Brekzien:

Rohdichte: 2,54 - 2,50 g/cm³

Einachsiale Würfeldruckfestigkeit:

trocken: 71 N/mm² (34 - 88)

wassersatt: 61 N/mm² (43 - 78)

Wasseraufnahme: 1,4 M.% (0,9 - 2,4)

Ultraschallgeschwindigkeit: 4,5 km/s (3,9 - 5,0)

Verwendungsbeispiele: Überregional bedeutsames Bau- und Dekorgestein; Schloss Petronell, Pfarrkirche und Kerner von Hainburg, römische Ruinen von Carnuntum, Sockel der Mariensäule von Hainburg, Rathaus, Universität Wien, zahlreiche Stiegenstufen in Schloss Schönbrunn, Gloriette und Römischer Ruine; Rohstoff zum Kalkbrennen.

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt.



Abb. 25: Großer aufgelassener Steinbruch im Leithakalk zwischen Bad Deutsch Altenburg und Hundsheim.

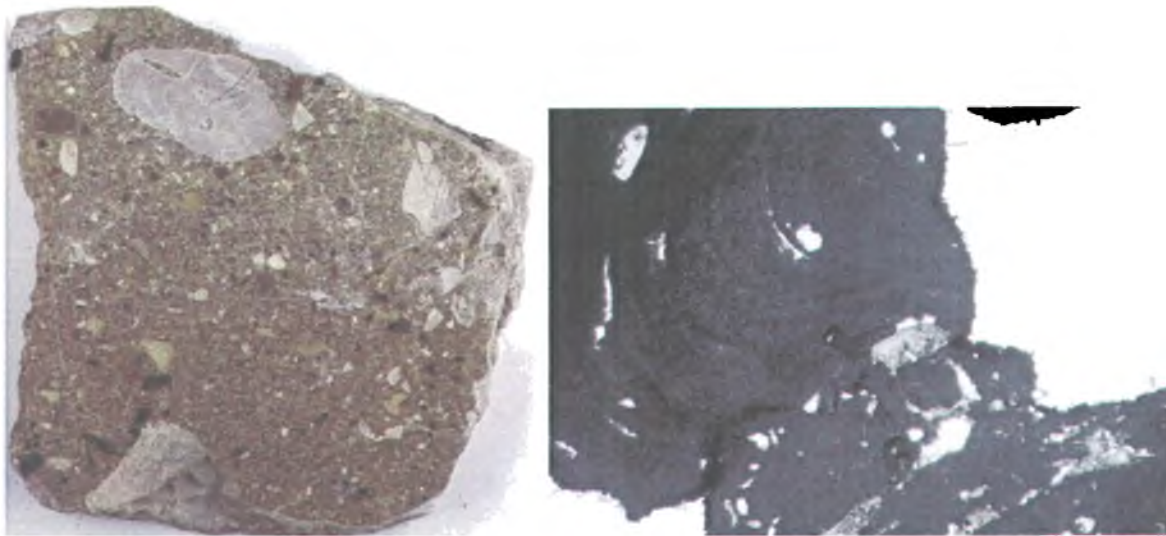


Abb. 26: Links: Handstück aus dem in Abb. 25 dargestellten Steinbruch mit zahlreichen Dolomitbruchstücken und -geröllen. Rechts: Dünnschliff Algenschuttkalk (Länge des Bildausschnittes ca. 5 mm); an der Kontaktfläche der Corallinaceenbruchstücke ist intensive Suturierung als Hinweis für Drucklösung festzustellen; die Zementation erfolgte durch Blockspatit.

Konglomerate

Bad Fischau

SCHMID (1894) erwähnte, dass der *Hasenöhlbruch* seit 1887 in Betrieb stand und die Werkstücke für den Dombau in Wiener Neustadt und für die neue Kirche in Marburg lieferte. Die Bruchwand war damals 5 Meter hoch und ohne Lagerfugen ausgebildet, was eine Gewinnung naturgemäß sehr erschwerte. Dafür waren Werkstücke in nahezu jeder beliebigen Dimension erhältlich. KARRER (1877) berichtete, dass die Steinbrüche in der Umgebung von Brunn am Steinfeld und Bad Fischau Material für den Bau der Kaiser Franz Josefs Hochquellenwasserleitung lieferten und einige Brüche, wie zum Beispiel der vom Hasenberg, eigens für diesen Zweck eröffnet wurden.



Abb. 27: Feinkörniges Bad Fischauer Konglomerat mit Seeigelquerschnitt (*Clypeaster* sp.) in der Bausubstanz des Wiener Neustädter Domes.

Fazies: Hochenergetische, marine Küstenlinie (Brekzie), an welcher der kalkalpine Untergrund aufgearbeitet wurde; beckenwärts anschließende inter- bis subtidale Halde (Algenschuttkalk, Kalksandstein, Konglomerat).

Komponenten (Extraklasten): Kalkalpine/r Gerölle/Schutt (Hauptdolomit, Hallstätter Kalk); häufig sind dickschalige Echinodermen (z.B. *Clypeaster sp.*) und Austern zu beobachten;

Kennwerte Grobsandstein bis Feinkonglomerat:

Rohdichte: 2,39 - 2,53 g/cm³

Wasseraufnahme: 3,0 - 5,8 M. %

Druckfestigkeit trocken: 29 - 52 N/mm²

Spaltzugfestigkeit: 2,5 - 4,2 N/mm²

Ultraschallgeschwindigkeit: 4,0 (3,2 - 4,3)

Verwendungsbeispiele: Wien; St. Stephan (Restaurierung), Säulen des Palais Liechtenstein, Weißgerber Kirche, Votivkirche; Wiener Neustädter Dom (Westanlage), 1. Wiener Hochquellenwasserleitung.

Status: Mehrere stillgelegte Steinbrüche.

Kalksburg

Im Bereich des Kalksburger Friedhofes befand sich ehemals ein Steinbruch in den Strandkonglomeraten des Badenium. Heute sind die Reste der ehemaligen Steinbruchwand unter Schutz gestellt.

Fazies: Marine, hochenergetische Strand- bis Flachwasserfazies

Komponenten: Kalkalpine Gerölle (diverse Kalke und Dolomit)

Verwendungsbeispiele: 1. Wiener Hochquellenwasserleitung (Aquädukte)

Status: Geologisches Naturdenkmal.



Abb. 28: Historische Aufnahme des Kalksburger Konglomeratsteinbruches mit den Teilnehmern an der Pflichtexkursion des Institutes für Ingenieurgeologie um 1892 unter der Leitung von Prof. Franz TOULA (Fotoarchiv Institut für Ingenieurgeologie, TU-Wien).

Lindabrunn

Die Konglomeratsteinbrüche westlich der Gemeinde Lindabrunn sind, mit wenigen Ausnahmen einer spätantiken und mittelalterlichen Nutzung, erst im 19. Jahrhundert von überregionaler Bedeutung. Der derzeitige Abbau durch die Fa. BAMBERGER (Traiskirchen) erfolgt sehr schonend durch Bohren und Lösen mit Schwarzpulver. Neben St. Margarethen hat sich auch in Lindabrunn ein, seit seiner Gründung 1966 durch M. HIETZ, jährlich stattfindendes Bildhauersymposium etabliert.



Abb. 29: Steinbruch der Firma BAMBERGER im Konglomerat von Lindabrunn.

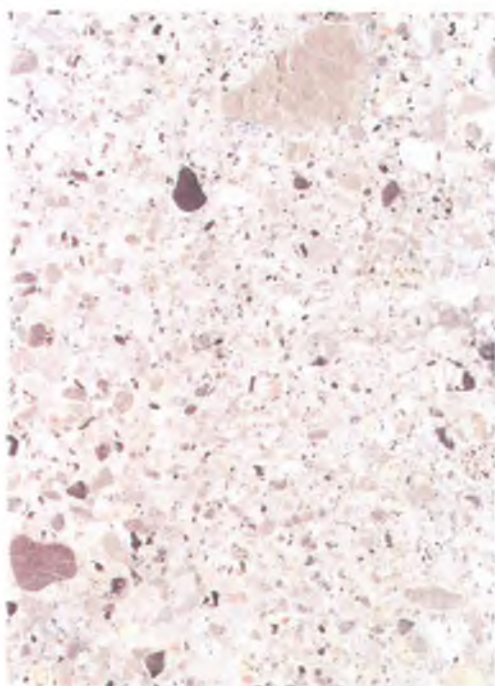


Abb. 30: Links: Polierte Platte Lindabrunner Konglomerat (ca. 20 x 30 cm). Rechts: Spätantiker Grabstein aus Lindabrunner Grobsandstein (Schloss Hernstein).

Fazies: Hochenergetischer, fluviatil beeinflusster, mariner Randbereich (Konglomerat, Grobsandstein).

Komponenten: Kalkalpine Gerölle (Kalke, Hauptdolomit, Gosau-Sandsteine).

Kennwerte mittelkörniges Konglomerat:

Rohdichte: 2,58 g/cm³

Wasseraufnahme: 2 M%

Druckfestigkeit trocken: 65 N/mm²

Biegezugfestigkeit: 7,2 N/mm²

Spaltzugfestigkeit: 3,7 N/mm²

Ultraschallgeschwindigkeit: 4,2 km/s (4,0 - 4,7)

polierbar, frost- und gut verwitterungsbeständig

Produkte: Fassaden- und Fußbodenplatten, Tür- und Fenstergewände, massive Arbeiten.

Gewinnungstechnik: Abbohren und Schwarzpulver.

Verwendungsbeispiele: 1. Wiener Hochquellenwasserleitung, Plattenverkleidungen in Wiener U-Bahnstationen (z.B. U2 Schottentor, U4 Karlsplatz, etc.), Restaurierung des Wiener Neustädter Domes (1996).

Status: Abbau durch die Firma Franz BAMBERGER (Traiskirchen); jährliches Bildhauersymposium.

Baden

Die Steinbrüche im Rauchstallbrunngraben bei Baden südlich der Straße Baden - Gasthof Jägerhaus erschließen eine vorwiegend grobklastische Entwicklung aus dem Randbereich des Wiener Beckens. Im "Oberen Steinbruch" sind ca. 5 m mächtige schräg geschichtete Konglomerate (Gerölle der Flyschzone und der Nördlichen Kalkalpen) über einem ungefähr 2,5 Meter mächtigen, gelbbraunen, schluffigen Sandhorizont zu beobachten. Unterhalb dieses Sandes ist ein Seeigel (*Clypeaster* sp.) führender Kalksandstein bzw. Feinkonglomerat aufgeschlossen. FUCHS & KARRER (1903) beschrieben im Liegenden dieses Schichtgliedes eine etwa 2 Meter mächtige Bank von "*reinem, dichtem Nulliporenkalk*", die im heutigen Steinbruchgelände nicht mehr zu beobachten ist. Es finden sich allerdings auf dem Wege zum oberen Steinbruch immer wieder Lesesteine und kleinräumige Aufschlüsse dieses Algenschuttkalkes. Im "Unteren Steinbruch" - beckenwärts - verzahnen sich diese strandnahen Sedimentgesteine nach einer generellen Korngrößenabnahme mit den Ablagerungen der Beckenfazies („Bryozoenmergel“). Dies bedingt auch die Abnahme der Frostbeständigkeit der feinkörnigen Konglomerate auf Grund der Anreicherung von Tonmineralen.

Lokalität: Rauchstallbrunngraben

Fazies: Fluviatil beeinflusste Konglomerate; flachmariner Bewegtwasserbereich (Algenschuttkalk)

Verwendungsbeispiele: 1. Wiener Hochquellenwasserleitung, lokales Baumaterial.

Status: Stillgelegt.



Abb. 31: Links: Blick aus dem Steinbruch im Rauchstallbrunngraben auf Baden um 1890 (Bildarchiv Inst. f. Ingenieurgeologie, TU - Wien). Rechts: Oberer Steinbruch im Rauchstallbrunngraben 1997.

Hollenburg, Karlstetten

In der Region Hollenburg - Karlstetten südlich von Krems ist ein hinsichtlich seiner Zusammensetzung buntes, neogenes Konglomerat (Badenium) der Molassezone in mehreren, heute stillgelegten Steinbrüchen aufgeschlossen. Diese schräg geschichteten Sandsteine bis mittelkörnige Konglomerate besaßen ausschließlich regionale Bedeutung; schon in der Römerzeit, vor allem aber im Spätmittelalter.



Abb. 32: Hollenburg - Karlstettener Konglomerat am Chor der ehemaligen Minoritenkirche von Stein an der Donau.

Fazies: Limnisch – fluviatil; Geröllspektrum der Konglomerate aus den Nördlichen Kalkalpen und der Flyschzone; die Sandsteine bestehen überwiegend aus Quarzbruchstücken.

Verwendungsbeispiele: Pfarrkirche Mariae Geburt in Imbach, zahlreiche sakrale und profane Bauwerke in Krems und Stein (z.B. ehemalige Minoritenkirche); lokales Baumaterial.

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt.

Brekzien

Merkenstein/Gainfarn

Zwischen Gainfarn und Merkenstein erschließen einige heute stillgelegte Steinbrüche Brekzien des Badenium, die im Laufe ihrer Geschichte vorwiegend für lokale Verwendungszwecke abgebaut wurden.



Abb. 33: Merkensteiner Dolomitbrekzie (Länge des Bildausschnittes rund 20cm).

Fazies: Hochenergetische Küste im Hauptdolomit.

Verwendungsbeispiele: Burgruine Merkenstein, lokales Baumaterial.

Anmerkung: Einer dieser Steinbrüche liegt auf der Kuppe des Hügels westlich der Burgruine Merkenstein; im Wald liegen halb fertige und fertige große Werkstücke (Gesimsestücke); am Fuß des Hügels befinden sich Mauerreste eines Steinbrecherhauses.

Status: Stillgelegte Steinbrüche zwischen Merkenstein und Gainfarn.

SARMATIUM

Atzgersdorf - Formation

In den ehemaligen Steinbrüchen entlang des Alpenostrandes von der Türkenschanze (Wien XVIII) über Hietzing, Hetzendorf, Atzgersdorf, Mauer, Perchtoldsdorf, Brunn am Gebirge, Mödling bis nach Thallern, die meist Gesteine des Oberen Sarmatium erschlossen, wurden Quarzsandsteine, Kalksandsteine, Oolithe, Bivalven- und Gastropodenlumachellen als Bruchstein, aber auch für Quader und Bauplastik abgebaut. Diese Gesteinsformation erfreute sich generell einer großen Beliebtheit für Bauzwecke, so dass auch vergleichbare Vorkommen im Weinviertel (z.B. Hauskirchen), in den Hainburger Bergen (z.B. Wolfsthal), im Leithagebirge (z.B. Bruck/Leitha) und in den steirischen Tertiärbecken (z.B. Hartberg/Schildbach) intensiv ausgebeutet wurden. Die Variationsbreite dieser Gesteine ist sehr groß. Die Identifikation am Bauwerk kann meist relativ einfach durch das häufig massenhafte Vorkommen von Schnecken der Gattungen *Cerithium* und *Pirenella* oder Muscheln der Gattungen *Irus*, *Macra* und *Ervilia* erfolgen.

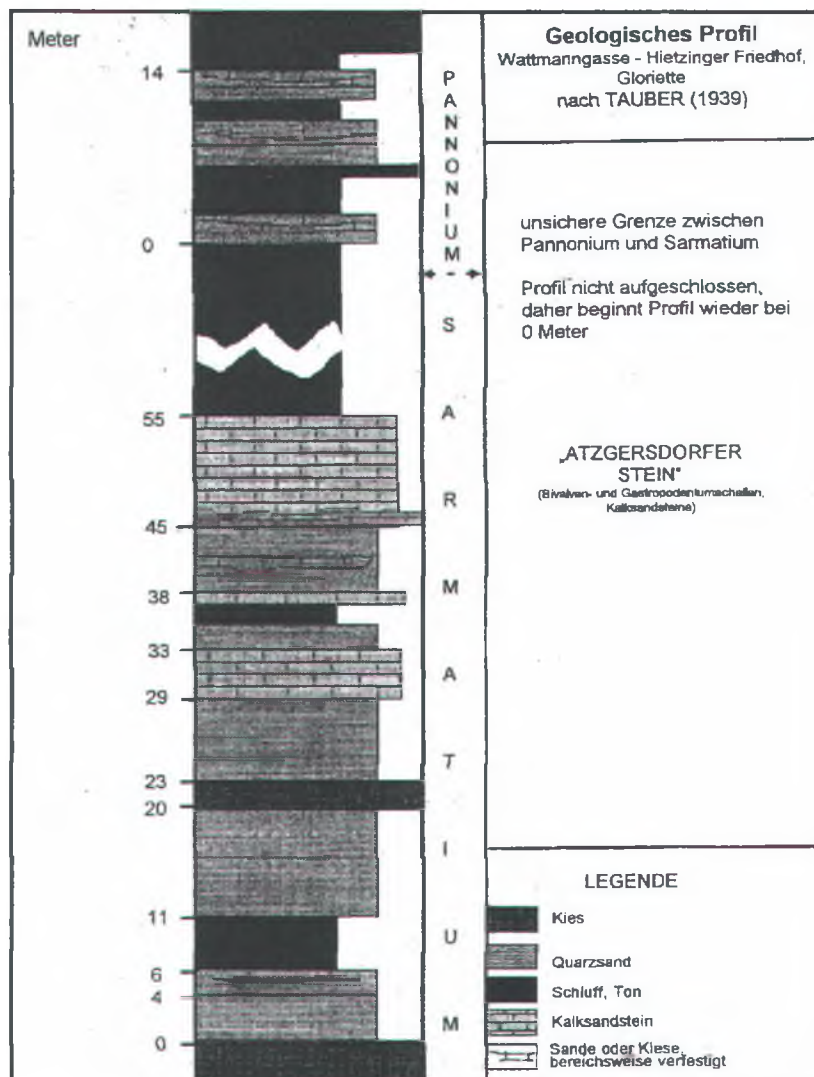


Abb. 34: Profil Wattmanngasse – Hietzinger Friedhof nach TAUBER (1939) aus: ROHATSCH (1997).

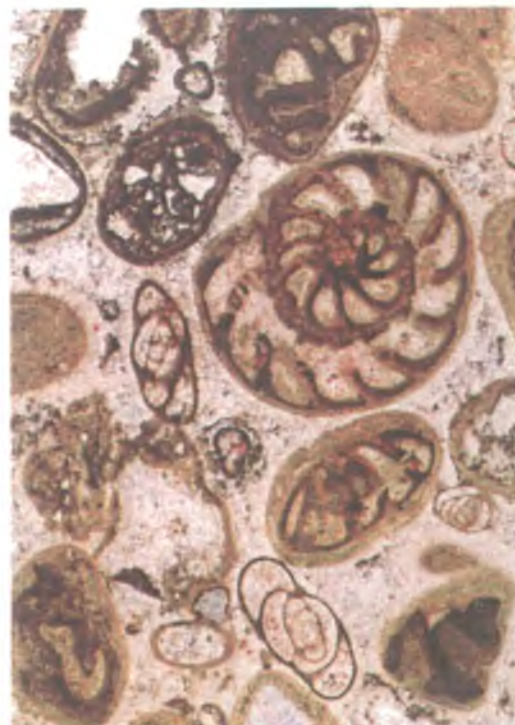
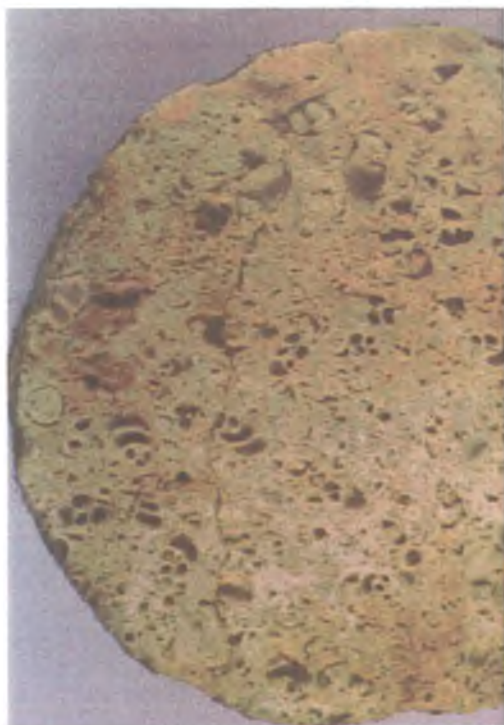


Abb. 35: Links: Querschnitt eines Rundstabes aus der gotischen Bausubstanz von St. Stephan (15. Jhd.) aus Atzgersdorfer Stein. Bei diesem Beispiel handelt es sich um einen Schnecken reichen Kalksandstein. Rechts: Dünnschliff eines Foraminiferen reichen Atzgersdorfer Steines (Länge des Bildausschnittes rund 3,5mm).

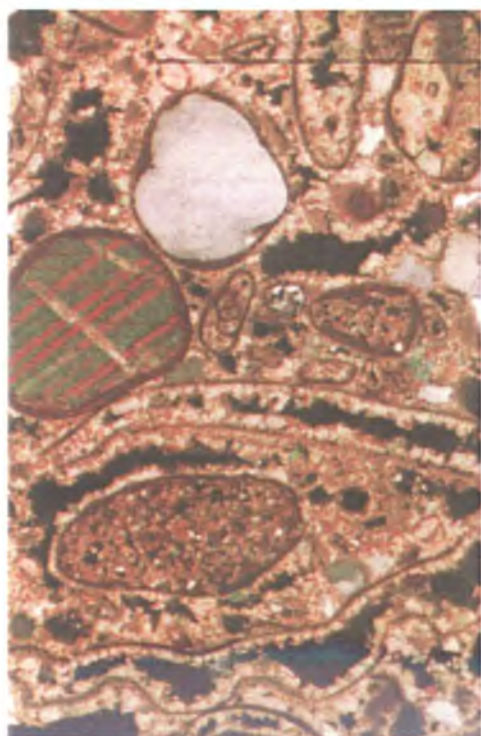


Abb. 36: Links: Dünnschliff eines muschelreichen Atzgersdorfer Steines (Länge des Bildausschnittes ca. 4,5mm, gekreuzte Polarisatoren). Außerdem können Foraminiferen, Quarz (grau) und ein rundes Kalkspatgeröll (bunte Farben) beobachtet werden. Rechts: Selektiv gefärbter Dünnschliff Atzgersdorfer Stein (Länge des Bildausschnittes rund 2mm): Interessant ist die häufig mehrphasige Verkittung der Komponenten des Atzgersdorfer Steines. An diesem Beispiel sind 4 Phasen zu beobachten.

Hietzing, Speising, Atzgersdorf, Mauer – Liesing

Fazies: Bewegter Flachwasserbereich (Kalksandstein, Oolith, Lumachellen).

Komponenten: Muscheln und Schnecken („Cerithien“) in Steinkernerhaltung, Ooide, Foraminiferen, Rindenkömer, Quarzsandstein- und Quarzsiltsteingerölle aus der Flyschzone;

Kennwerte (verschiedene Varietäten):

Rohdichte: $2,21 \text{ g/cm}^3$ (1,77 - 2,63)

Reindichte: $2,66 - 2,71 \text{ g/cm}^3$

Gesteinshohlraum: 12 - 16 R. %

durchschnittliche Druckfestigkeit:

trocken: 52 N/mm^2 (6 - 100)

wassergesättigt: 48 N/mm^2 (7 - 90)

durchschnittliche Wasseraufnahme: 3,7 M. % (1 - 6,3)

Produkte: Vorwiegend Bruchsteine für Fundamente und Füllmauerwerk, Quader, vereinzelt auch gotische Architekturelemente (z.B. Quader, Wasserspeier, etc.).

Verwendungsbeispiele: Wien: Stephansdom (14., 15. Jhdt. Albertinischer Chor, Langhaus, Nordturm, etc.), Maria am Gestade (Westfassade, Chor), Minoritenkirche (Langhausfassade Nord), Kirche am Hof (Chor), St. Michael (Chor), Burgkapelle (Chor).

Status: Zahlreiche, heute verschüttete Steinbrüche, nur mehr wenige Aufschlüsse im Höpflerbad, am Robinsonweg und Ecke Endresstraße – Ruczickagasse; ehemals befand sich auch im Fridtjof-Nansen-Park westlich der Mehlführergasse ein großer Steinbruch.



Abb. 37: Historische topographische Karte (1887) mit den Steinbrüchen zwischen Atzgersdorf und Hietzing im Maßstab 1:25.000 (Umgebung von Wien, Blatt C4 (Hetzendorf), k.k. militär-geograf. Inst.).



Abb. 38: Letzte Reste der Schrämmwand eines Steinbruches in Atzgersdorf (Robinsonweg), der heute als Abenteuerspielplatz dient.

Wolfsthal

Etwa einen Kilometer südwestlich von Wolfsthal im Bereich des Wangheimer Waldes befinden sich einige aufgelassene Steinbrüche in sarmatischen Oolithen. Einer dieser Steinbrüche ist als „Herrschaftlicher Steinbruch“ bekannt. Zwischen den Oolithbänken befinden sich mehrere, jeweils ungefähr 10 cm mächtige Schichten von Molluskenlumachellen (Typ „Atzgersdorfer Stein“). Diese mittelsarmatische Karbonatentwicklung liegt direkt dem Wolfsthaler Granit auf, der im Bereich der Überlagerung vergrust ist. Es finden sich in der Schichtfolge auch immer wieder Abschnitte, die sehr reich an siliziklastischem Detritus sind. Auch in den Oolithbänken finden sich vereinzelt nuss- bis dm - große, mürbe Gerölle von saussuritisiertem Granit. Zur Verwendungsgeschichte dieser Oolithe ist noch recht wenig bekannt, vereinzelte Nutzungen als Mauerstein finden sich aber schon in der Bausubstanz der römischen Ruinen von Carnuntum. Der Schwerpunkt in der Verwendung dürfte aber im 19. Jahrhundert gewesen sein.

Fazies: Bewegter Flachwasserbereich (Oolith, „Cerithienkalk“, Nubecularienriff).

Komponenten: Vorwiegend Ooide, Foraminiferen, mono- und polykristalliner Quarz, K-Feldspat (teilweise mit Mikroklingitterung), Bivalvenbruchstücke mit mikritischen Säumen; als Ooidkerne dienen Foraminiferen, Quarz und Feldspat.

Matrix: Die Porosität ist unterschiedlich ausgebildet: Bereichsweise hohe Porosität, bereichsweise nahezu keine Poren; an Zementen sind radiärstrahlige, kurz- und langsäulige Kalzite sowie Blockspatit zu beobachten.

Foraminiferen: Miliolina 84%, Rotaliina 16%; *Nubecularia sp.*, *Quinqueloculina div. sp.*, *Triloculina sp.*, *Elphidium sp.*, *Ammonia sp.*

Kennwerte:

Rohdichte: $2,39 \text{ g/cm}^3$ (2,33 - 2,45)

Wasseraufnahme: 2,3 M.% (1,9 – 5,2)

einaxiale Würfeldruckfestigkeit:

trocken: $62,4 \text{ N/mm}^2$ (51,1 - 104,2)

wassersatt: $39,9 \text{ N/mm}^2$ (34,8 - 43,6)

nach 25 FTW: $35,9 \text{ N/mm}^2$ (23,1 - 67,8)

Ultraschallgeschwindigkeit: 3,9 km/s (3,0 - 4,9)

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt.



Abb. 39: Der „herrschaftliche Steinbruch“ im Oolith von Wolfsthal.

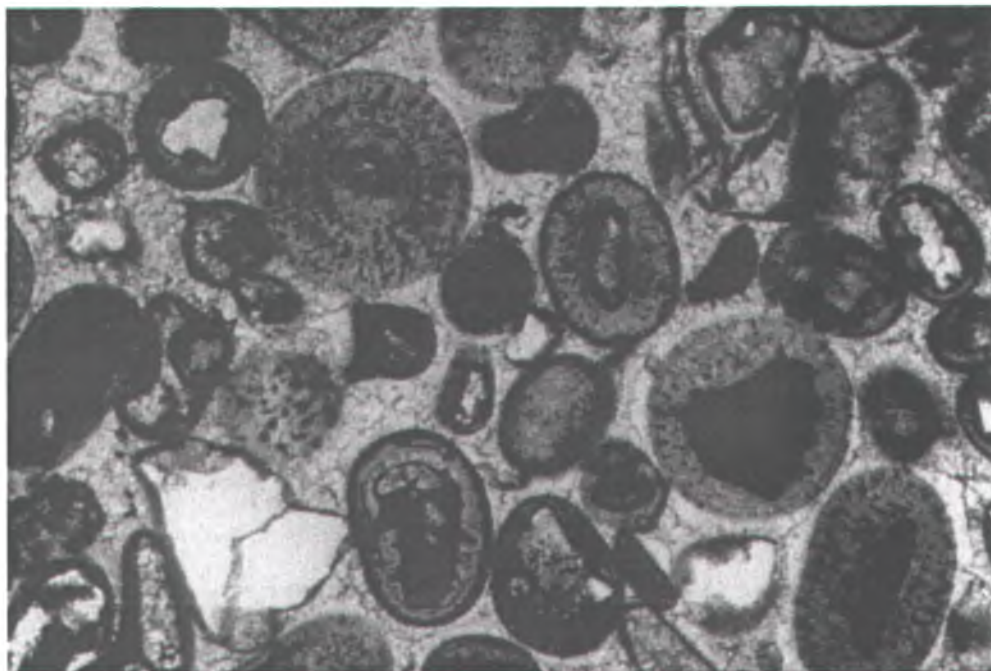


Abb. 40: Dünnschliff des Wolfsthaler Oolithes (Länge des Bildausschnittes rund 6 mm).

Hauskirchen

Ungefähr 1 km NNE der Pfarrkirche von Hauskirchen im östlichen Weinviertel am Nordabhang des Galgenberges befindet sich ein altes Steinbruchgelände in Gastropoden führenden Oolithen, die immer wieder Lagen von Bivalvenlumachellen aufweisen (*Donax dentifer* EICHWALD, *Cerastoderma* sp., *Irus gregarius* ssp., *Macra* sp.). Die Schalensubstanz der Bivalven zeigt zum Teil einen hervorragenden Erhaltungszustand. Exemplare mit Perlmuttschicht und originaler Farberhaltung sind keine Seltenheit. Die Spuren des ehemaligen Abbaues sind heute noch in Form von Schrämmwänden und liegen gebliebenen Quadern mit Zangenlöchern zu beobachten. Das Steinbruchareal besaß im Spätmittelalter überregionale Bedeutung. Eine Inschrift bezeugt die letzte Nutzung dieses Steinbruches für lokale Baumaßnahmen im Jahr 1871 (18 F.E. 71).



Abb. 41: Schrämmwand im Steinbruchareal am Galgenberg von Hauskirchen.

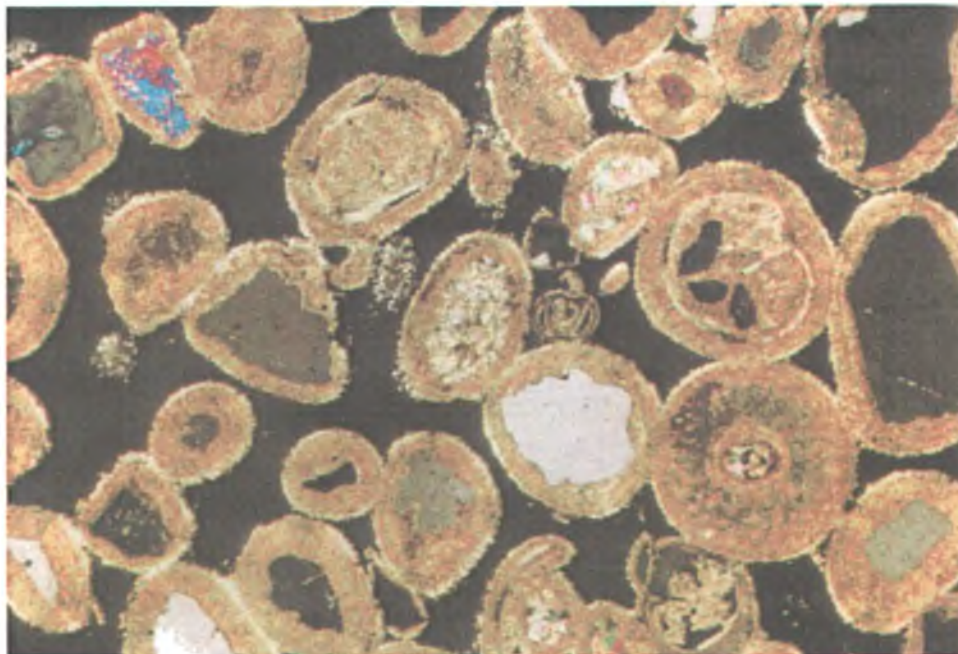


Abb. 42: Dünnschliff des Oolithes vom Galgenberg (Länge des Bildausschnittes rund 8 mm; gekreuzte Polarisatoren). Im Kern der Ooide können Quarz, Kalkspat und ein Schneckenschalenquerschnitt beobachtet werden. Die schwarzen Bildbereiche sind Poren.

Fazies: Bewegter Flachwasserbereich (Oolith, Bivalvenlumachelle); im Dünnschliff dominieren teilweise radiärstrahlig ausgebildete Ooide. Als Kerne für die Ooide dienen unter anderem Quarz (mono- und polykristallin), Kalkspat (Echinodermenspat), Kalifeldspäte, kleine Gastropoden und Bivalven sowie Foraminiferen. Bei den Foraminiferen überwiegen großwüchsige Miliolina (Miliolidae und Nubeculariidae) neben Rotaliina (vorwiegend Elphidiidae). Die Komponenten wurden durch feinkörnigen, stellenweise radiärfibrösen, Kalkspat zementiert. Außerdem konnte in einigen Proben Meniskuszement beobachtet werden, der ein Hinweis auf meteorisch-vadose Diagenesebedingungen ist. Die Porenräume sind weitgehend offen. Die Gastropoden liegen meist mit Schalensubstanzerhaltung vor.

Verwendungsbeispiele: Niederösterreich: Kirchen in Großkrut, Fallbach, Paasdorf, Walterskirchen, Stillfried und Gaubitsch sowie Burgruine Falkenstein (Stiegenstufen).
 Status: Stillgelegt.

Breitenbrunn

Insgesamt wurden sieben Steinbrüche am Fuß und Gehänge des Leithagebirges nördlich und nordwestlich von Breitenbrunn erwähnt, deren kostbarster bauwürdiger Stein der so genannte „Breitenbrunner Bildhauerstein“ war. Als Schichtfolge auf dem Weg in die Steinbrüche beschrieb ROTH (1883) „pontisches“ Konglomerat mit Steinkernen von *Cardium sp.*, *Congeria sp.* und *Melanopsis sp.*, weiters oolithischen Kalksandstein sowie weiße und grünlichgelbe Tegel oder Mergel. Weiter in der Schichtfolge kommen bankförmige Konglomerate und rötliche Kalksandsteine vor. Darunter folgt im Liegenden sarmatischer Kalksandstein, der in den Steinbrüchen aufgeschlossen war und in verschiedenen Qualitäten (I, II, III) abgebaut wurde. Eine erste Nennung für die Verwendung des „*staines von Praittenbrunn*“ am Stephansdom ist in den Kirchenmeisterrechnungen (UHLIRZ, 1902) des Jahres 1476 zu finden. Die geologische Besonderheit des Breitenbrunner Steines liegt darin begründet, dass es sich ähnlich wie beim so genannten Atzgersdorfer Stein um eine eigenständige sarmatische Karbonatentwicklung handelt; eine ähnliche Abfolge entwickelte sich in Österreich nur mehr im steirischen Schildbach bei Hartberg. Besonders beliebt war der Breitenbrunner Stein Ende des 14. und dann im 15. Jahrhundert für Bildhauerarbeiten. Auf Grund der Feinheit, Homogenität und leichten Bearbeitbarkeit waren tiefe Unterschneidungen und freiplastisch gearbeitete spätgotische Formenelemente verwirklicht. Auch die um 1400 entstandenen Muttergottesplastiken – die „schönen Madonnen“ – bestehen häufig aus diesem Kalksandstein.

Fazies: Wenig bewegter Flachwasserbereich (Foraminiferensandstein); im Dünnschliff sind neben eher selten vorkommenden Kalkrotalgenbruchstücken häufig radiärstrahlige Ooide, Bivalvenreste mit mikritischen Rinden, Gastropoden, Bryozoenbruchstücke, Hornstein und Foraminiferen zu beobachten. Dieser feinkörnige, sehr poröse Kalksandstein ist überaus Foraminiferen reich, so dass man auch von Foraminiferensandstein sprechen könnte, und zwar setzt sich die Fauna überwiegend aus Gattungen der Unterordnung Miliolina zusammen. Bei den Zementen können zwei Generationen unterschieden werden: ein feinstkörniger, radiärstrahliger, kurzsäuliger Kalkspat und feinkörniger Blockspat.

Kennwerte:

Durchschnittliche Rohdichte: 1,77 g/cm³

Reindichte: 2,70 - 2,71 g/cm³

Porenvolumen: 40 - 42 Vol. %

durchschnittliche Druckfestigkeit

trocken: 13 N/mm²

wassersatt: 8 N/mm²

durchschnittliche Wasseraufnahme: 21,0 M. %

Ultraschallgeschwindigkeit: 2,6 km/s (2,5 - 2,7)

Verwitterungsproblematik: Nicht frostbeständig; stark verwitterungsanfällig durch Krustenbildung und bei Belastung mit wasserlöslichen Mauersalzen.

Verwendungsbeispiele: Überregional bedeutsam in erster Linie für spätmittelalterliche Bildhauerarbeiten; Korb der Kanzel des Wiener Stephansdomes, Plastiken des Großlobminger Meisters (Galerie Unteres Belvedere in Wien).

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt und zum Teil nicht frei zugänglich.

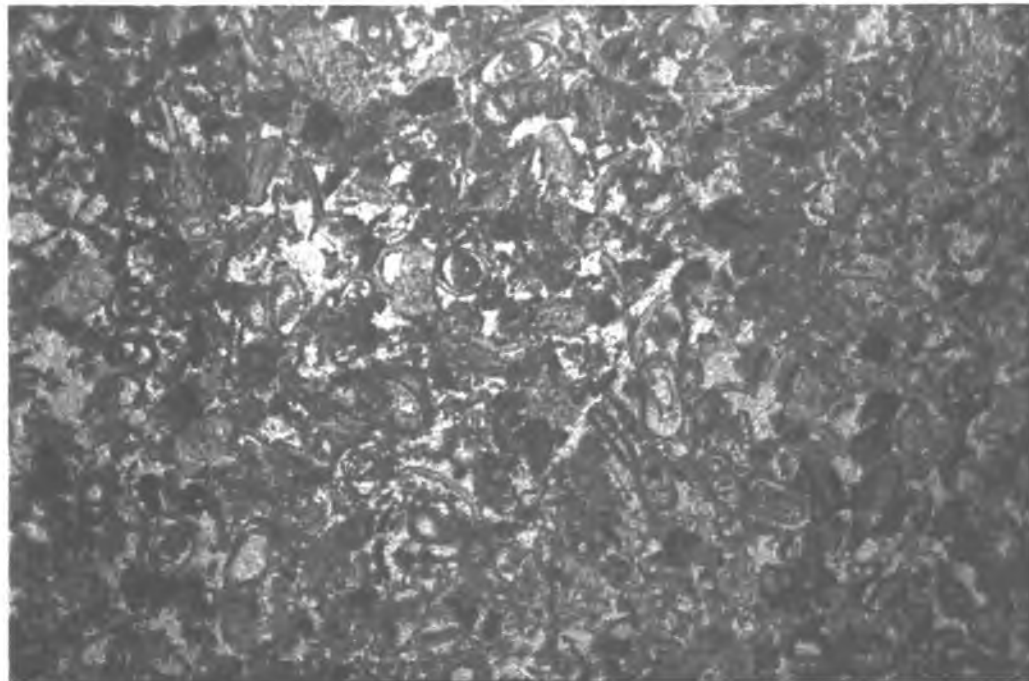


Abb. 43: Dünnschliff Breitenbrunner Foraminiferensandstein (Länge des Bildausschnittes ca. 3,5 mm).

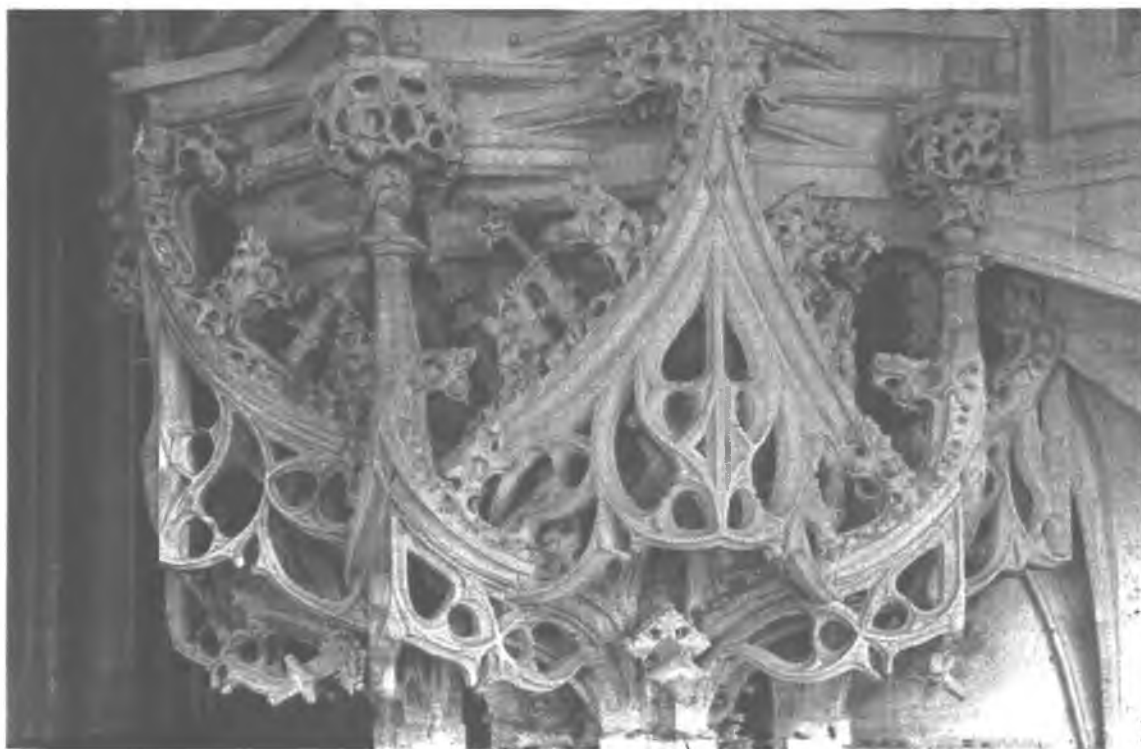


Abb. 44: Kanzelkorb der Kanzel in St. Stephan (Wien I) aus Breitenbrunner Kalksandstein.

Detritärer Leithakalk

Au am Leithagebirge, Loretto, Stotzing

In der Region von Au, Loretto und Stotzing am Leithagebirge befinden sich zahlreiche, zum Teil recht alte Steinbrüche in Kalksandsteinen des Sarmatium. In Wien ist dieser Kalksandstein ab etwa 1330/40 nachzuweisen⁸. Wegen seiner Homogenität und der Gewinnbarkeit von sehr großen Werksteinen war der Kalksandstein von Au am Leithagebirge seit dem 14. Jahrhundert der beliebteste Bildhauerstein des Wiener Raumes. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erlebten die Steinbrüche dieser Region eine Renaissance und lieferten Werksteine für die Bautätigkeit der Wiener Ringstraße, aber auch für Bildhauerarbeiten⁹.

Geologisches Profil bei der Edelmühle (CZIJZEK 1852)

- 1 Fuß Dammerde¹⁰
- 5 Fuß Kalksandstein-Blöcke (Verwitterungsschichte von unregelmäßigen Blöcken)
- 2 Fuß Kalksandstein (regelmäßig, ungestört)
- 5 Fuß dünnschichtiger, ziemlich fester Kalksandstein (mit Quarzsand und Glimmer)
- 5 Klafter wenig fester Kalksandstein (hin und wieder dünne Mergelzwischenlagen)
- 18 Fuß fester Kalksandstein
- 4 Zoll Konglomeratschichte mit hohlen Dolomitgeröllen
- 12 Fuß fester Kalksandstein

Fazies: Wenig bewegter Flachwasserbereich (Algen-Foraminiferen-Kalksandstein); im Dünnschliff sind vorwiegend Kalkrotalgenbruchstücke und Foraminiferen zu beobachten, die aus Leithakalksandstein des Badenium umgelagert wurden. Die Korngröße liegt bei 2 mm, die Sortierung ist gut. Die einzelnen Partikel werden von feinkörnigem Kalkspatzement umgeben. Weitere Komponenten sind Bivalvenbruchstücke, Fragmente von Bryozoenkolonien, Serpulidenröhren und Ostrakoden. An siliziklastischem Detritus sind Quarz, Muskovit und Plagioklas zu beobachten.

Kennwerte Au/Lq.:

- durchschnittliche Rohdichte: 1,83 g/cm³
- durchschnittliche Würfeldruckfestigkeit:
 - trocken: 11 N/mm²
 - wassergesättigt: 10 N/mm²
- durchschnittliche Wasseraufnahme: 17,0 M. %

Kennwerte Stotzing:

- Rohdichte: 1,83 g/cm³ (1,59 - 2,02)
- Einaxiale Würfeldruckfestigkeit:
 - trocken: 11 N/mm² (5 - 21)
 - wassersatt: 10 N/mm² (5 - 17)
- Wasseraufnahme: 17 M. % (8,1 - 23,8)
- Ultraschallgeschwindigkeit: 2,6 km/s (2,3 - 2,8)

Verwitterungsproblematik: Nicht frostbeständig; überdies sehr verwitterungsanfällig durch Salzsprengwirkung und Krustenbildung.

⁸z.B. Konsolfiguren der Wasserspeier und originale Wasserspeier des Albertinischen Chores von St. Stephan;

⁹An Maria am Gestade z. B. die Arbeiten von J. BEYER und F. ERLER im Bereich des Westportales und südlichen Nebentores;

¹⁰ 1 Wiener Klafter = 6 Wiener Fuß = 1,89648m; 1 Wiener Fuß = 12 Wiener Zoll = 0,31608m; 1 Wiener Zoll = 12 Wiener Linien = 0,02634m;

Verwendungsbeispiele Au/Lq.: Überregional bedeutsamer Bau- und Bildhauerstein; Wien: St. Stephan, Maria am Gestade, Minoritenkirche, St. Michael; Steiermark: Maßwerk des Westfensters am Neuberger Münster; beliebter Bildhauerstein im Spätmittelalter.

Verwendungsbeispiele Stotzing: Überregional bedeutsamer Bau- und Bildhauerstein; Schönbrunn, Römische Ruine.

Status: Alle Steinbrüche sind stillgelegt.

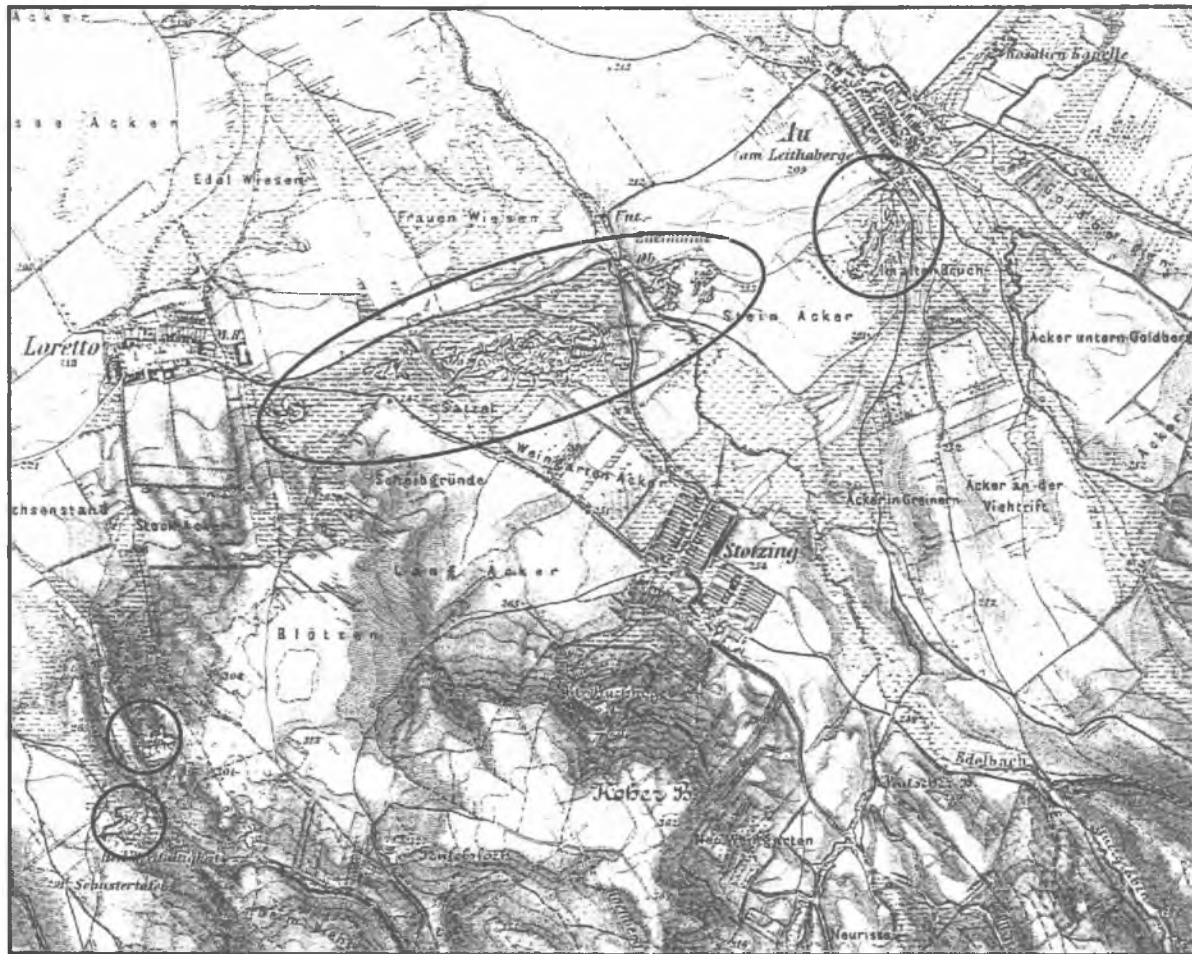


Abb. 45: Historische Karte der Umgebung von Wien Blatt E8 (Loretto) im Maßstab 1:25.000 (Ausgabe 1881, Nachträge 1887) des K.K. militär. geographischen Institutes mit den Steinbrüchen von Au, Loretto und Stotzing.



Abb. 46: Historischer Steinbruch zwischen Au und Loretto (Edelmühle; rechte Abbildung aus: SCHAFFER, 1908).



Abb. 47: Historische Aufnahme des so genannten Czerny - Bruches bei Loretto (Bildarchiv Institut für Ingenieurgeologie, TU – Wien).

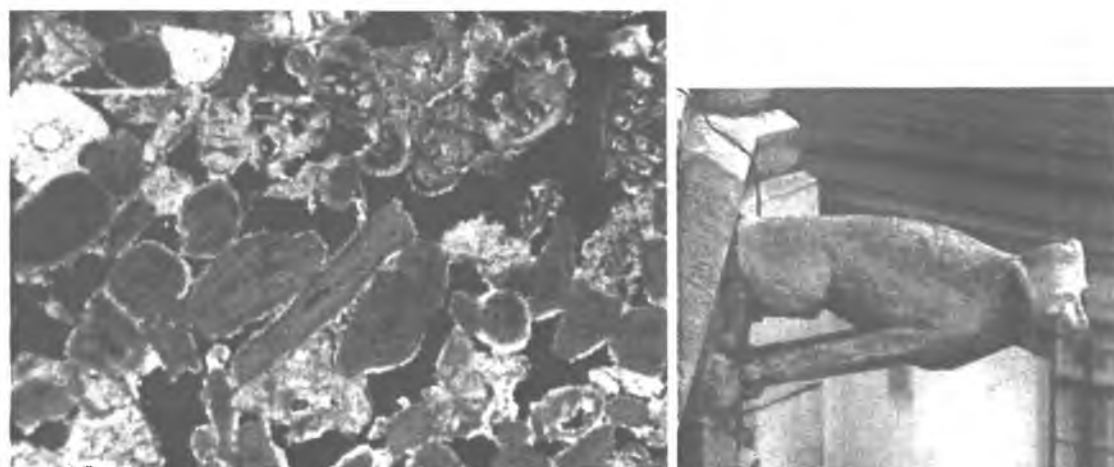


Abb. 48: Links: Dünnschliff Kalksandstein von Au am Leithagebirge (Länge des Bildausschnittes ca. 3,5 mm; gekreuzte Polarisatoren) mit Corallinaceenbruchstücken, Foraminiferen und Seeigelstacheln. Rechts: Gotischer Wasserspeier (um 1340) am Albertinischen Chor von St. Stephan (Wien I) aus Kalksandstein von Au am Leithagebirge.

PANNONIUM, PONTIUM, PLIOZÄN

Detritärer Leithakalk

Sommerein

Fazies: Strandnaher, bewegter Flachwasserbereich (Algenschuttkalk mit Quarzgeröllen und *Melanopsis* sp., dichte Algen-Foraminiferen-Kalksandsteine, Quarzkonglomerat).

Kennwerte dichter Algen-Foraminiferen-Kalksandstein:

Rohdichte: 2,64 g/cm³

Wasseraufnahme: 0,5 - 1,8 M. %

Ultraschallgeschwindigkeit: 4,6 km/s (4,0 - 5,2)

Verwendungsbeispiele dichter Algen-Foraminiferen-Kalksandstein: Wien: zahlreiche Stiegenstufen aus dem späten 19. Jahrhundert.



Abb. 49: Historischer Steinbruch im Ortsgebiet von Sommerein.

Konglomerate

Rohrbach/Ternitz

Im südlichen Wiener Becken in der Region um Ternitz bis St. Egyden im Steinfeld erschließen zahlreiche Steinbrüche das pliozäne Rohrbacher Konglomerat. Eine regionale Nutzung dieser Formation für das Bauwesen ist bereits im 13. Jahrhundert nachzuweisen, überregionale Bedeutung erhält dieses Gestein jedoch erst im späten 19. Jahrhundert.

Handelsname: Ternitzer Konglomerat.

Fazies: Limnisch - fluviatil (Grobsandstein, Konglomerat).

Komponenten: Kalkalpine und zentralalpine Gerölle (Kalke, Dolomite, Phyllite, Glimmerschiefer, Quarzite, etc.).

Kennwerte fein- bis mittelkörniges Konglomerat:

Rohdichte: $2,34 \text{ g/cm}^3$ (2,20 - 2,52)

Wasseraufnahme: 1,4 M.% (0,7 - 2,2)

Druckfestigkeit trocken: 54 N/mm^2 (41 - 73)

Ultraschallgeschwindigkeit: 4,5 km/s (4,2 - 4,9)

Ultraschallgeschwindigkeit mittel- bis grobkörniges Konglomerat: 5,3 km/s (5,2 - 5,4)

polierbar, frostbeständig und gut verwitterungsbeständig

Größe der Rohblöcke: Bis mehrere m^3 möglich.

Produkte: Fassaden- und Fußbodenplatten, Tür- und Fenstergewände, massive Arbeiten.

Gewinnungstechnik: Abbohren und Schwarzpulver.

Verwendungsbeispiele: Kirche Neunkirchen, Urschendorf (romanisches Portal; heute als Brunnenfassung zweckentfremdet), St. Egyden am Steinfeld, Kirche in Würflach, 1. Wiener Hochquellenwasserleitung; zahlreiche moderne Verwendungsbeispiele im Wiener Raum.

Status: Abbau durch die Firma Franz BAMBERGER (Traiskirchen).



Abb. 50: Steinbruch der Firma BAMBERGER im Rohrbacher Konglomerat.

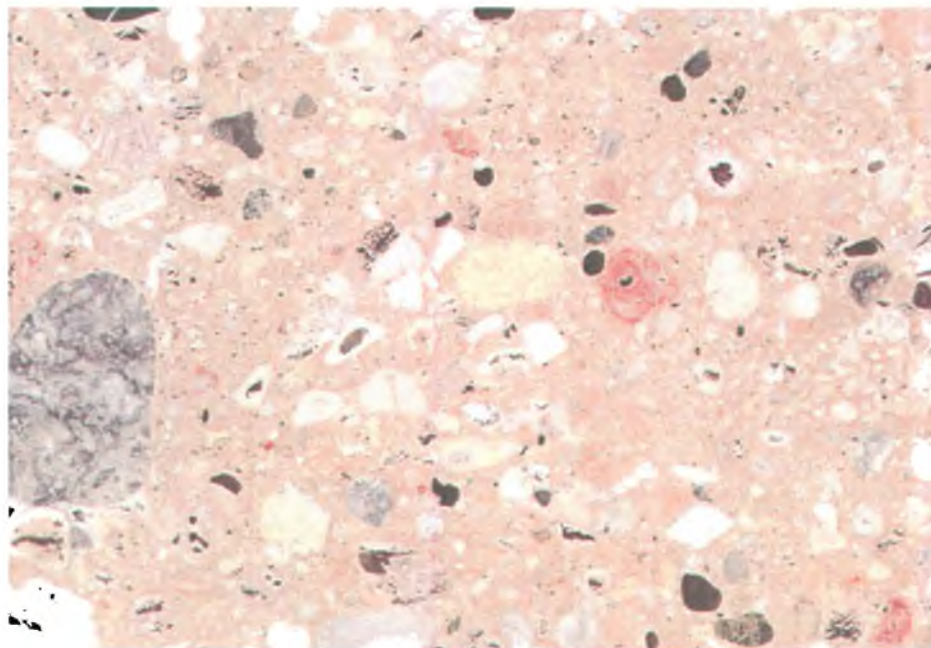


Abb. 51: Musterplatte Rohrbacher Konglomerat (Länge des Bildausschnittes ca. 30 cm).

Sandsteine

Edelstal

Ungefähr 700 m südwestlich der Kirche von Edelstal am Ostende des Spitzerberges befindet sich ein großer, aufgelassener Steinbruch in Sanden und Sandsteinen des Pannonium. Die aufgeschlossene Mächtigkeit beträgt ungefähr 10 Meter und an einigen Stellen sind noch die alten Schrämmspuren zu beobachten. An Gesteinen sind fein- und mittel- bis grobkörnige, rostrot verfärbte, quarzreiche Sandsteine, bunte Sande, Brekzien und tonig-schluffige Sedimente aufgeschlossen. In den Sandsteinen finden sich oft Klasten von tonig-schluffigen Sedimentgesteinen.

Fazies: Limnisch-fluviatil, lakustrin; ein auffälliges Merkmal in allen untersuchten Dünnschliffen war die ausgezeichnete Zementation der Sandsteine mit poikilotopen Zementen, die geringe Porosität sowie das Fehlen jeglicher Biogenreste. Auf Grund dieser Zementation war dieser Sandstein hervorragend für die Herstellung von Schleifsteinen geeignet.

Verwendungsbeispiele: Schloss Kittsee, Schloss Potzneusiedl, lokaler Hausbau und Weinkellerbau in Edelstal, Schleif- und Mühlsteine (CZIJZEK 1852).



Abb. 52: Schrämmwand im alten Steinbruch von Edelstal. Deutlich erkennbar sind die einzelnen Lagen des genutzten fest zementierten Sandsteines.

Velm – Götzendorf

1,5 km nordöstlich der Kirche von Velm - Götzendorf befindet sich ein altes Steinbruchgelände, welches erstmals 1352 urkundlich erwähnt wurde (RAUSCHER, 1956). Am 24. Mai 1352 verkaufte Irnfried von Clement den Götzendorfer Steinbruch an den Pfarrer Wolfker von Jedenspeigen um 10 Pfund Wiener Pfennig. Im Jahre 1376 fielen die Besitzrechte dem Stift Klosterneuburg zu. 1450 gingen die Nutzungsrechte für einige Jahre an den "von Zelking", welcher Steine für einen Turm in Ebenthal brechen ließ. Im Jahre 1624 ist von einem verfallenen Steinbruch die Rede. 1629 übergab das Stift Klosterneuburg den Steinbruch für sechs Jahre an die Gemeinde Götzendorf. Im Jahre 1725 bezog die Pfarre Spannberg 83 Klafter Steine. 1766 - 1841 Bau der Kapelle und Turmerhöhung in Götzendorf. Danach wurde der

Steinbruchbetrieb aufgegeben, da das Vorkommen an qualitativ gutem Gesteinsmaterial erschöpft war.

Fazies: Limnisch - fluviatil; es handelt sich um gelblichgraue, teilweise rostbraun verfärbte, schlecht zementierte, siliziklastische Sandsteine mit einem Gesamtkarbonatgehalt von durchschnittlich 37 Vol.%. Häufig sind sedimentäre Strukturen wie ebene Lamination und Rippelschichtung erkennbar. Der Quarzgehalt liegt durchschnittlich bei 30 Vol.%. Der Rest wird von Muskovit, Hornstein und Feldspaten eingenommen. Die Komponenten liegen eckig bis wenig gerundet vor.

Schwerminerale: Epidotgruppe (42 %/28 - 53%), Granat (26%/ 11 - 35%), Zirkon (7%/1 - 20%), Turmalin (2%/1 - 5%), Rutil & Titanit (9%/4 - 18%), Staurolith (5%/2 - 8%), Amphibole (6%/2 - 16%).

Verwendungsbeispiele: St. Stephan (Wien), Ebenthal, Kirchen in Velm-Götzendorf, Spannberg, Stillfried, Jedenspeigen, Niedersulz und Waidendorf.

Status: Stillgelegt.



Abb. 53: Einer der letzten Aufschlüsse im Sandstein von Velm-Götzendorf.

Literatur

- CZIJZEK, J. (1852): Geologische Verhandlung der Umgebung von Hainburg, des Leithagebirges und der Ruster Berge.- Jb. Geol. B.-A., **1852/3**, 35-55, Wien.
- DECKER, K. & PERESSON, H. (1996): Rollover and hanging-wall collapse during Sarmatian/Pannonian synsedimentary extension in the Eisenstadt Basin. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **41**, 45 - 52, Wien.
- DECKER, K. (1996): Miocene tectonics at the Alpine-Carpathian junction and the evolution of the Vienna basin. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **41**, 33 -44, Wien.
- DÖRNER, L. (1958): Wöllersdorf. Ein Heimatbuch. – 88 S., (Eigenverlag), Bad Fischau.
- DULLO, W.-C. (1983): Fossildiagenese im miozänen Leitha-Kalk der Paratethys von Österreich: Ein Beispiel für Faunenverschiebungen durch Diageneseunterschiede. - Facies, **8**, 1 - 112, 15 Taf., 22 Abb., Erlangen.
- FUCHS, T. & KARRER, F. (1903): Exkursion in die Umgebung von Atzgersdorf, Baden und Vöslau.- [in:] Führer Exk. Österr., IX. Int. Geol.-Kongr., **31**, 9 S., Wien.
- FUCHS, T. (1868): Die Tertiärbildungen in der Umgebung von Preßburg und Hainburg. - [in:] FUCHS, T. & KARRER, F.: Geologische Studien in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens. - Jb. K.K. Geol. R.-A., **18**, II. Heft, 276 ff., Wien.
- FUCHS, T. (1868): Die Tertiärbildungen von Goysz und Breitenbrunn am Neusiedler See. - [in:] FUCHS, T. & KARRER, F.: Geologische Studien in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens. - Jb. K.K. Geol. R.-A., **18**, II. Heft, 269 ff., Wien.
- FUCHS, T. (1869): VII. Der Steinbruch im marinen Conglomerate von Kalksburg und seine Fauna, mit einer Einleitung über die Darstellung von Local-Faunen. - [in:] FUCHS, T. & KARRER, F. (1869): Geologische Studien in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens. - Jb. K.K. Geol. R.-A., **19**, II. Heft, 189 ff., Wien.
- FUCHS, T. (1875): Geologische Karte der Umgebung Wiens. - Abh. d. k.k. Geol. Reichsanstalt, **V**, Wien.
- FUCHS, W. (1965): Geologie des Ruster Berglandes (Burgenland). - Jb. Geol. B.-A., **108**, 155 - 194, 3 Abb., 2 Taf., Wien.
- FUCHS, W. (1980): Das Inneralpine Tertiär. - [in:] OBERHAUSER, R. (ed.): Der Geologische Aufbau Österreichs, 452-483, Wien - New York (Springer).
- FUCHS, W. (1980): Das Inneralpine Wiener Becken und seine Randbuchten. - [in:] OBERHAUSER, R.: Der geologische Aufbau Österreichs, 452-462, Wien - New York (Springer).
- FURCH, H. (1981): Vom Heiligenkreuzer Steinbruch zu Kaisersteinbruch - Ein Beitrag zum 60. Bestandsjubiläum des Burgenlandes.- Kaisersteinbruch (Gemeinde Kaisersteinbruch).
- HANISCH, A. & SCHMID, H. (1901): Österreichs Steinbrüche. Verzeichnis der Steinbrüche, welche Quader, Stufen, Pflastersteine, Schleif- und Mühlsteine oder Dachplatten liefern.- Wien (Carl Graeser & Co).
- HANISCH, A. (1912): Prüfungsergebnisse mit natürlichen Bausteinen. - 123 S., 10 Taf., Wien - Leipzig (Deuticke).
- HERRMANN, P. (1973): Geologie des östlichen Leithagebirges (Burgenland). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **22**, 165 - 189, 13 Abb., 1 Taf., Wien.
- JANOSCHEK, R. (1951): Das Inneralpine Wiener Becken.- [in:] SCHAFFER, F. X. (ed.): Geologie von Österreich, 2. Aufl., 525-693, Wien (Deuticke).
- KAPOUNEK, J. (1938): Geologische Verhältnisse der Umgebung von Eisenstadt (Burgenland). - Jb. Geol. B.-A., **88**, 1/2, 49 - 102, Wien.
- KARRER, F. (1859): Der Eichkogel bei Mödling. - Jb. k.k. Geol. R.-A., **X**. Jg., Heft 1, 25 - 29, Wien.
- KARRER, F. (1863): Über die Lagerung der Tertiärschichten am Rande des Wiener Beckens bei Mödling. - Jb. K.K. Geol. R.-A., **13**, III. Heft, 30 ff., Wien.
- KARRER, F. (1868): Das Verhältnis der Congerienschichten zur sarmatischen Stufe bei Liesing. - [in:] FUCHS, T. & KARRER, F.: Geologische Studien in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens. - Jb. K.K. Geol. R.-A., **18**, II. Heft, 273 ff., Wien.

- KARRER, F. (1877): Geologie der Kaiser Franz Josefs Hochquellen-Wasserleitung: Eine Studie in den Tertiärbildungen am Westrande des alpinen Theiles der Niederung von Wien.- Abh. k. k. Geol. R.-A., **9**, 420 S., Wien.
- KARRER, F. (1886): Die Monumentalbauten in Wien und ihre Baumaterialien. - Monatsblätter des Wissenschaftlichen Club in Wien, **6**, vom 15. März 1886, Wien.
- KIESLINGER, A. (1949): Die Steine von St. Stephan.- 488 S., Wien (Herold).
- KIESLINGER, A. (1979): Wiener Baustoffe bis um 1600. - Restauratorenblätter (ed. Österr. Sektion IIC), **3**, Wien.
- KREUTZER, N. (1993): Das Neogen des Wiener Beckens. - [in:] BRIX, F. & SCHULTZ, O. (eds.): Erdöl und Erdgas in Österreich. - 2. Aufl., 232 ff., Wien (Naturhistorisches Museum).
- KÜPPER, H. (1951): Exkursion in das südliche Wiener Becken und Randgebiete.- Verh. Geol. B.-A., **1951/Sh. A**, 21-25, Wien.
- KÜPPER, H. (1965): Geologie von Wien, Kurzfassung 1964. - 194 S., 20 Tab., 24 Taf., 20 Beil., Wien (Hollinek & Bomtraeger).
- KÜPPER, H., PAPP, A. & THENIUS, E. (1952): Über die stratigraphische Stellung des Rohrbacher Konglomerates. - Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl. I, **161**, 441 - 435, Wien.
- MÜLLER, H.W., ROHATSCH, A., SCHWAIGHOFER, B., OTTNER, F. & THINSCHMIDT, A. (1993): Gesteinsbestand in der Bausubstanz der Westfassade und des Albertinischen Chores. - Österr. Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege, Jg. **1993**, Heft 3/4, 106 - 116, 11 Abb., 1 Faltplan, Wien.
- OBERHAUSER, R. (1980 ed.): Der Geologische Aufbau Österreichs.- 700 S., Wien - New York (Springer).
- PAPP, A. (1978): Das Wiener Becken. - [in:] PAPP, A. et al.: M₄ - Badenien, Chronostrat. u. Neostrat., **6**, 66-69, Bratislava (Slov. Akad. Vied).
- PAPP, A., STEININGER, F. F. & RÖGL, F. (1970): Führer zur Paratethys-Exkursion 1970 in die Neogenegebiete Österreichs. - Wien (Eigenverlag).
- PETKOVSEK, J. (1897): Die Baugesteine Wiens in geologisch - bautechnischer Beleuchtung. - Wien (Pichler's Witwe & Sohn).
- PILLER, W. E. & KLEEMANN, K. (1991): Middle Miocene Reefs and related facies in Eastern Austria. I) Vienna Basin. - VIth International Symposium on Fossil Cnidaria including Archaeocyatha and Porifera, Excursion Guidebook, Excursion B4, 1 - 28, 12 Fig., Münster.
- PILLER, W. E. & VAVRA, N. (1991): Das Tertiär im Wiener und Eisenstädter Becken. - Exkursionen im Tertiär Österreichs. - Österr. Paläont. Ges., Wien.
- PILLER, W. E. (1993): Facies development and coralline algae in the Vienna and Eisenstadt Basins (Miocene). - [in:] HÖFLING, R., MOUSSAVIAN, E. & PILLER, W. E. (eds.): Facial development of algae-bearing carbonate sequences in the Eastern Alps. Field Trip Guidebook. - B7, 1 - 24, 6 Fig., 4 Pl., München.
- PILLER, W. E., DECKER, K. & HAAS, M. (1996): Sedimentologie und Beckendynamik des Wiener Beckens. - Exkursionsführer 11. Sedimentologentreffen, Berichte der Geologischen Bundesanstalt, **33**, Wien.
- PILLER, W. E., KLEEMANN, K. & STEININGER, F. F. (1992): „FENK“ quarry. - [in:] SAUER, R., SEIFERT, P. & WESSELY, G. (1992, eds.): Guidebook to Excursions in the Vienna Basin and the Adjacent Alpine-Carpathian Thrustbelt in Austria. - Mitt. d. Österr. Geol. Ges., **85**, Wien.
- PLÖCHINGER, B. & PREY, S. (1974): Der Wienerwald. - Sammlung Geologischer Führer, **59**, 141 S., 2 Beil., 23 Abb., 3 Tab., Berlin/Stuttgart (Borntraeger).
- RAUSCHER, F. (1956): Götzendorf-Velm. Ein Heimatbuch.- 210 S., Wien - Inzersdorf (Selbstverlag).
- ROETZEL, R. & NAGEL, D. (1991 eds.): Exkursionen im Tertiär Österreichs. Molassezone, Waschbergzone, Korneuburger Becken, Wiener Becken, Eisenstädter Becken.- 216 S., Wien (Österr. Paläont. Ges.).
- ROHATSCH, A. (1995): Dokumentation und Qualitätssicherung bei der Restaurierung von Fassaden aus Naturstein am Beispiel des Liebfrauentomes in Wiener Neustadt. - 4. Wiener Sanierungstage 30. Nov. & 01. Dez. 1995 veranstaltet vom ÖBI, Referateband, Wien.

- ROHATSCH, A. (1996): Geologie in Denkmalpflege und Bauforschung (am Beispiel der Filialkirche Hl. Nikolaus in Wildungsmauer, NÖ). - Restauratorenblätter (Österr. Sektion des IIC), **17**, 53 - 60, Wien.
- ROHATSCH, A. & THINSCHMIDT, A. (1997): Charakterisierung und Vorkommen historisch bedeutsamer Baugesteine im nördlichen Weinviertel. - [in:] Exkursionsführer „Das Land um Laa an der Thaya“, ÖGG (ed.), **17**, 45 - 52, Wien.
- ROHATSCH, A. (1997): Gesteinskunde in der Denkmalpflege unter besonderer Berücksichtigung der jungtertiären Naturwerksteine von Wien, Niederösterreich und dem Burgenland. - Habilitationsschrift, Univ. f. Bodenkultur Wien, 284 S., 54 Abb., 15 Tab., 56 Taf., 11 Pläne, Wien.
- SAUER, R., SEIFERT, P. & WESSELY, G. (1992, eds.): Guidebook to Excursions in the Vienna Basin and the Adjacent Alpine-Carpathian Thrustbelt in Austria. - Mitt. d. Österr. Geol. Ges., **85**, Wien.
- SCHAFARZIK, F. (1909): Detaillierte Mitteilungen über die auf dem Gebiete des Ungarischen Reiches befindlichen Steinbrüche. - Publ. k. ungar. Geol. R.-A., **544** S., Budapest (k. ungar. Geol. R.-A.).
- SCHAFFER, F. X. (1908): Geologischer Führer für Exkursionen im Inneralpinen Wienerbecken II. Teil. - 157 S., Berlin (Bomträger).
- SCHMID, H. (1894): Die Kalksteinbrüche der Randgebirge des Wiener Beckens, insbesondere des Leithagebirges. - Der österr.-ungar. Bildhauer und Steinmetz, **15**, II. Jg., München-Wien.
- SCHMID, H. (1995): Der „Breitenbrunner Stein“. - [in:] SCHLAG, G. (ed.): Turmmuseum Breitenbrunn, Burgenländisches Landesmuseum, Katalog Neue Folge, **38**, 37 - 42, Eisenstadt.
- SUESS, E. (1867): Über Baugesteine. - Mitt. d. k.k. österr. Mus. f. Kunst u. Industrie, Wien.
- TAUBER, A. F. (1939): Studien im Sarmat und Pannon des Königlberg-Gloriettezuges in Wien. - Verh. R. - St. Bodenforsch., Zweigst. Wien, 1939/7-8, 161-183, Wien.
- THENIUS, E. (1974): Niederösterreich - Verh. Geol. B.-A., Bundesländerserie, 2. Aufl., 280 S., (Brüder Hollinek), Wien.
- TOLLMANN, A. (1955): Das Neogen am Nordwestrand der Eisenstädter Bucht. - Wiss. Arb. Burgenland, **10**, 74 S., Eisenstadt.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. - II. Außentralalpiner Anteil, XVI + 710 S., Wien (Deuticke).
- UHLIRZ, K. (1902): Die Rechnungen des Kirchenmeisteramtes von St. Stephan zu Wien. - Wien (Braumüller).
- WESSELY, G. (1961): Geologie der Hainburger Berge. - Jb. Geol. B.-A., **104/2**, 273-349, Wien.
- WESSELY, G. (1993): Geologischer Tiefbau Wiener Becken - Molasse Niederösterreichs. - [in:] BRIX, F. & SCHULTZ, O. (eds.): Erdöl und Erdgas in Österreich, Wien.

Die Zogelsdorfer Kalksandsteine im nördlichen Niederösterreich

Fritz F. Steininger & Reinhard Roetzel

Im östlichen Niederösterreich, aber auch überregional, finden sich zahllose Baudenkmäler, Plastiken, Flurdenkmäler, Gebrauchsgegenstände und Bruchsteinmauerwerk aus den historischen Abbauen des „Weißen Steins von Eggenburg“, auch „Nulliporenkalk“, „Leithakalk“, oder einfach „Zogelsdorfer Stein“, wie dieser bedeutende Naturstein von den Steinmetzen angesprochen wurde und wird. Geologisch wird dieser Kalksandstein als Zogelsdorf-Formation bezeichnet. Diese untermiozäne, vor ca. 18,5 Millionen Jahren in einem seichten, warmen Meer abgelagerte Gesteinsformation bedeckt vor allem in der so genannten „Eggenburger Meeresbucht“, im Raum zwischen Burgschleinitz - Eggenburg - Pulkau und Retz, weite Flächen.

Die heute historischen Abbaue, die meist in Form von Tiefbrüchen angelegt waren, lagen um Burgschleinitz - Sonndorf - Zogelsdorf - Kühnring und Eggenburg, sowie bei Groß-Reipersdorf, Röschitz und Pulkau. Der historische Abbau ist durch Produkte ab dem 10./11. Jahrhundert nachzuweisen, aber auch in ur- und frühgeschichtlicher Zeit wurde dieses Gestein bereits verwendet.

Historischer Überblick

Bereits ČZJŽEK hat auf seiner geologischen Karte (1849) und in den dazu gehörenden Erläuterungen (1853) diese markante Gesteinsformation ausgeschieden, beschrieben und als „Nulliporenkalk“ bezeichnet. SUESS (1866) bezeichnet den Sandstein als „Molassesandstein“, ABEL (1898) als „Brunnstubensandstein“, KUEHN (1962) als „Zogelsdorfer Sandstein“, THENIUS (1974) als „Zogelsdorfer Stein“ und TOLLMANN (1985) als „Eggenburger oder Zogelsdorfer Lithothamnium Kalk“. NEBELSICK (1989a, b) definiert und führt den Begriff der Zogelsdorf-Formation formell ein und erarbeitet eine moderne, detaillierte Faziesgliederung (siehe dazu auch ROETZEL, MANDIC & STEININGER, 1999; SCHAFFER, 1913 und 1914; STEININGER & ROETZEL, 1991; STEININGER & SENEŠ, 1971). In der Steinmetztradition wurde dieser Sandstein als der „Weiße Stein von Eggenburg“ bezeichnet.

Gesteinscharakteristik

Die folgenden Ausführungen basieren vor allem auf der faziellen Bearbeitung der Zogelsdorf-Formation durch NEBELSICK (1989a, b), eigenen Beobachtungen und Ergebnissen bei der Kartierung des Blattes Horn sowie der Bearbeitung der Einzeller (Foraminifera) der Zogelsdorf-Formation von JENKE (1993) und der Moostierchen (Bryozoa) von VÁVRA (1981, 1987; vgl. auch STEININGER & VÁVRA, 1983).

Als *Locus typicus* der Zogelsdorf-Formation wurde von NEBELSICK (1989a) der Johannesbruch in Zogelsdorf festgelegt. Als Referenzprofile gelten: Zogelsdorf: Großer Bruch („Waldbruch“); Eggenburg: Brunnstube; Grübern; Limberg: Steinbruch Hengl; Maigen: ehemalige Sandgrube Stranzl; Groß-Reipersdorf: Steinbruch Hatay (Pracht-Bruch); Pulkau: westlicher Ortsrand, ehemalige Brüche an der alten Straße nach Weitersfeld (weitere siehe Kapitel: Historische Steinbrüche).

Die Zogelsdorf-Formation wird generell von schlecht sortierten, grobkörnigen, terrigen beeinflussten, von Organismenresten dominierten Sandsteinen (Rudite), z.T. mit hohem Schlammgehalt, aufgebaut. Dieser Kalksandstein wurde spätdiagenetisch verfestigt, worauf die speziellen Zemente hinweisen.



Abb. 1: Lagenweise Anreicherung von Pilgermuscheln (*Pecten hornensis*) im Johannesbruch in Zogelsdorf.

Fossilinhalt:

Bei den Organismenresten dominieren Moostierchen (Bryozoa) und Kalkrotalgen. Die Moostierchen sind mit inkrustierenden, kuppel-, polster- bis kugelförmigen Kolonieförmigkeiten vertreten. Kalkrotalgen sind meist als ästige oder inkrustierende Fragmente erhalten; seltener finden sich ellipsoide bis sphäroidale, dicht verästelte Rollformen (Rhodolithe) mit Durchmesser bis 8 cm. Muschel- und Schneckenresten (Mollusken) liegen meist als Fragmente, wie z.B. von Pilgermuscheln und Austernresten vor. Dickschalige Fragmente sind oft extensiv von Bohrschwämmen (Clioniden) zerbohrt. Kamm- und Pilgermuscheln sind häufig lagenweise angereichert und bilden oft die Trennfugen der Gesteinslagen. Bei aragonitschaligen Mollusken ist die Schale gelöst, sie liegen als Steinkerne vor. Bivalven sind vielfach von verschiedensten inkrustierenden Organismen (z.B.: Moostierchen, Kalkrotalgen, Seepocken und Wurmröhren) bewachsen.

Fragmente von Seeigeln, Seesternen, Schlangensepten und Seelilien sowie Stacheln treten neben kompletten Gehäusen von Seeigeln auf. Von Seepocken finden sich häufig die einzelnen Platten oder Bruchstücke der zerfallenen Gehäuse.

Bei den Einzellern (Foraminifera) wird die Fauna von wenigen Arten zusammengesetzt. Daneben finden sich noch Schalen von Armfüßern (Brachiopoden) sowie diverse Reste von Wirbeltieren, wie z.B. von Haien und Rochen, Zahnbrassen, Lippfischen, Seekühen (*Metaxytherium krahuletzii*) und Walen.

Diese Fossilzusammensetzung weist auf ein relativ geschütztes, seichtes, z.T. mit Seegraswiesen bewachsenes Ablagerungsmilieu in einem warm-temperierten bis subtropischen Meeresbereich hin.

Als vom Festland eingebrachte (terrigen) Komponenten finden sich neben Quarz vor allem Stücke von im Untergrund anstehenden kristallinen Gesteinen der Böhmisches Masse. In den heute noch zugängigen Brüchen ist oft eine deutliche Bankung und lagenweise Anordnung der Pilgermuscheln und der Moostierchen zu sehen. Es sind nur wenige Hinweise auf eine primäre, marine Verfestigung vorhanden. Bei der Verfestigung kommt es sekundär zur Lösung der aragonitischen Schalenstrukturen der Organismen, wodurch das Sediment zu dem heute vorliegenden Kalksandstein verfestigt wird (STEININGER & PILLER, 1991).

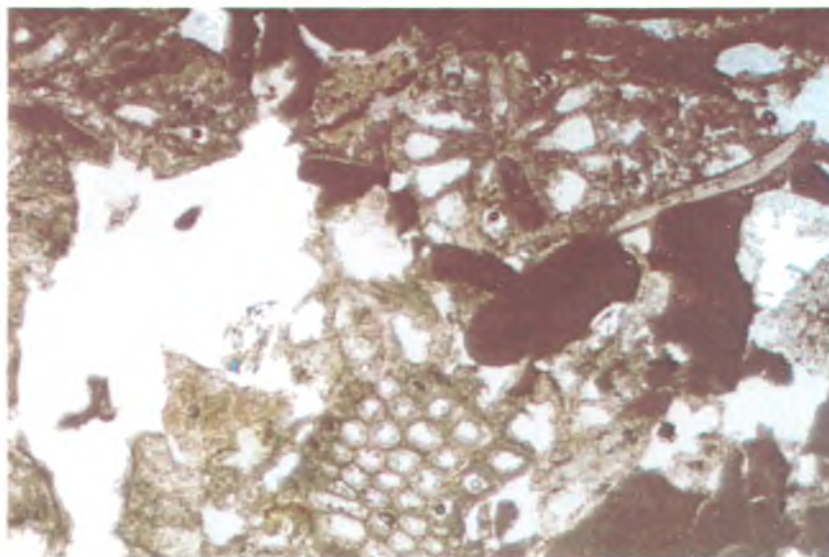


Abb. 2: Dünnschliffbild mit Bryozoa (Moostierchen) vom Zogelsdorfer Kalksandstein (Bildbreite: 1cm).

Stratigraphische Einstufung und Verbreitung

Nach einer kurzzeitigen Regressionsphase erfasst im Unter Miozän (höheres Eggenburgium), um ca. 18,5 Millionen Jahre vor heute eine neuerliche Meeresüberflutung den Eggenburger Raum. Bei dieser Transgression werden die älteren Formationen, wie z.B. die Burgschleinitz- oder die Gauderndorf-Formation, wieder aufgearbeitet und das Meer greift weit auf das bisherige Festland über. Damit wird die Ablagerung der Zogelsdorf-Formation eingeleitet, die sowohl über dem kristallinen Grundgebirge als auch über den darunter liegenden älteren tertiären Formationen erfolgt und diese(s) z.T. aufarbeitet. Im Westen, gegen das Horner Becken, wird die Verbreitung der Zogelsdorf-Formation durch eine Grundgebirgsschwelle begrenzt. Im Raum zwischen Sonndorf - Burgschleinitz -

Osten, am Außenrand der Eggenburger Bucht, ist die Zogelsdorf-Formation obertags von Grübern über Maissau und Oberdürnbach, Limberg, Grafenberg, Roggendorf, Groß-Reipersdorf, Röschitz, Pulkau bis Retz verbreitet und in einigen Flachbohrungen unter dem Zellerndorfer Schlier gegen die Nord - Süd fließende Schmida nachgewiesen (siehe Abb. 3, Seite 61 – Der Zogelsdorfer Kalksandstein: Verbreitung und Steinbrüche; vgl. ROETZEL & STEININGER, 2000).

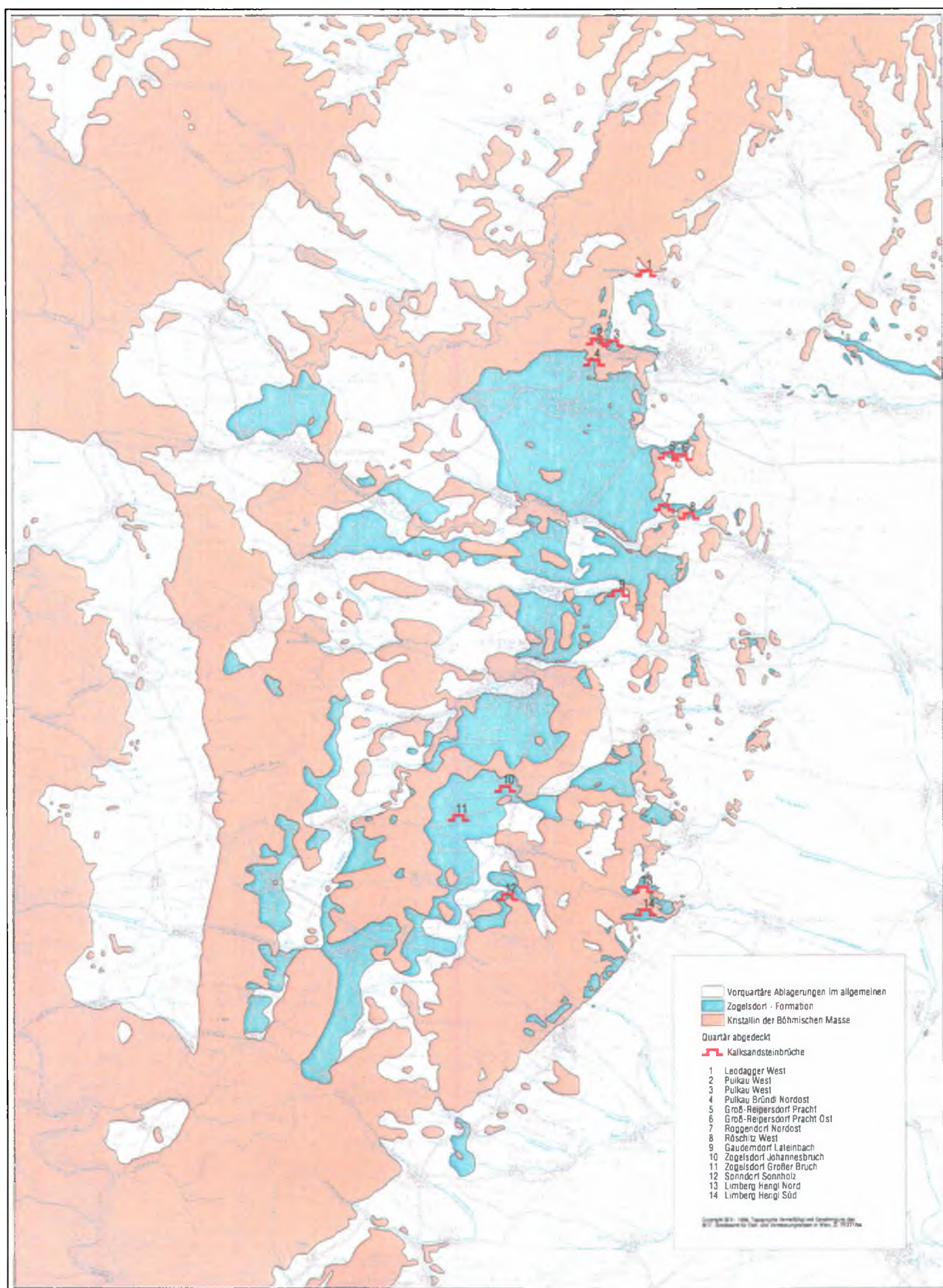
Die Analysen der Verteilung der fossilen Organismenreste (Faziesanalyse) in diesem Raum zeigen deutliche Unterschiede in verschiedenen Steinbrüchen und Fundpunkten in der Eggenburger Bucht. Diese sind auf verschiedene ökologische Bedingungen, wie Wellenschlag und Strömung, Wassertiefe oder Salinität zurückzuführen, die wahrscheinlich durch die reich gegliederte Morphologie des Untergrundes hervorgerufen wurden. Insgesamt wurden von NEBELSICK (1989a, b) acht Faziesbereiche unterschieden, die fünf wesentlichen sind in der Faziesverbreitungskarte dargestellt (siehe Abb. 4, Seite 62 – Karte der Verbreitung der Zogelsdorf-Formation und ihrer Hauptfaziestypen in der „Eggenburger Bucht“ und an ihrem Außenrand; J. NEBELSICK (1989a, b), nach unveröffentlichten Kartierungsunterlagen von F. F. STEININGER).

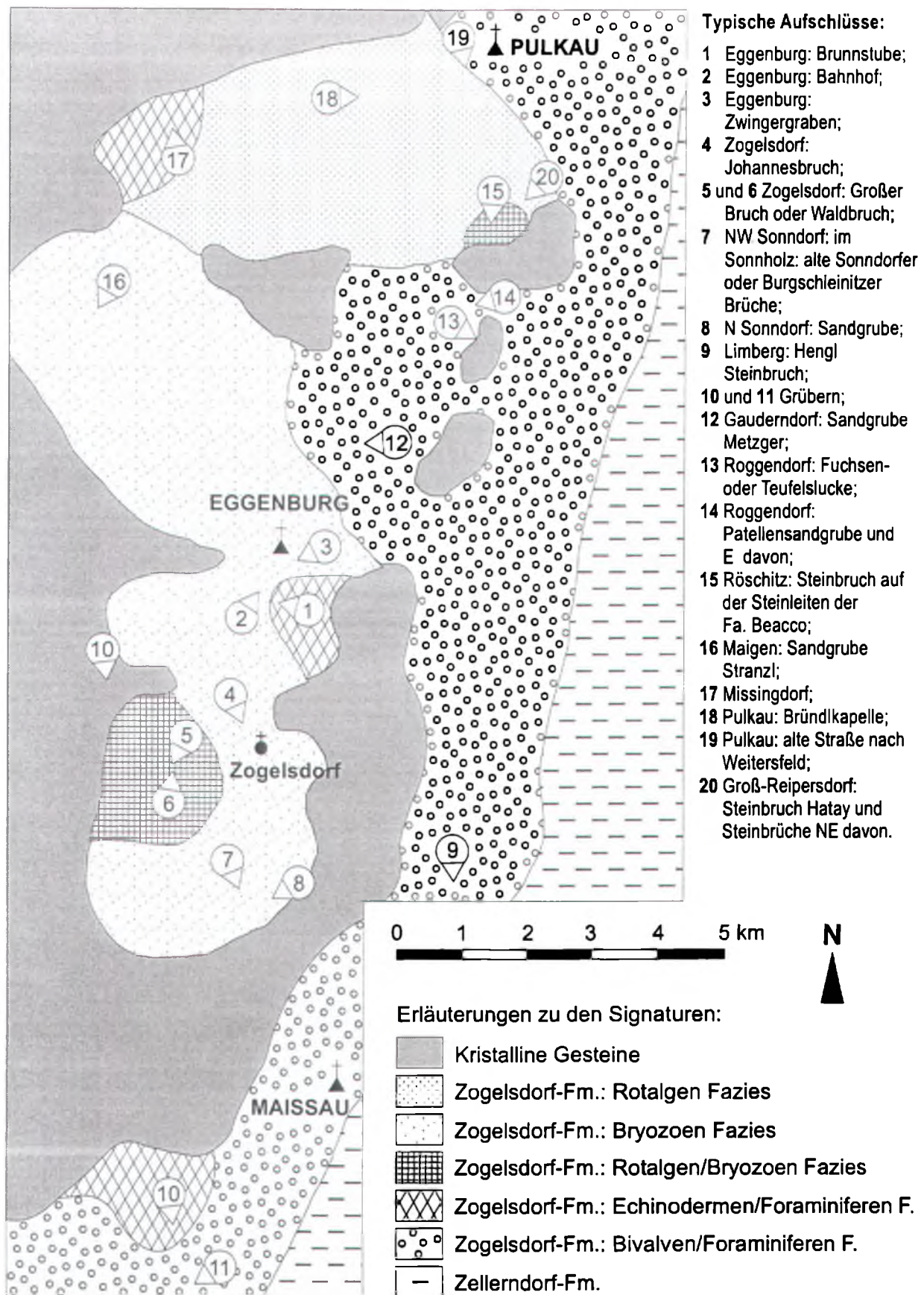
Die Karte ist ein Versuch die ursprüngliche Morphologie des Untergrundes und die Verteilung der verschiedenen marinen Lebensräume, die sich in der unterschiedlichen Gesteinsbiofazies widerspiegeln, für den Zeitabschnitt der Zogelsdorf-Formation darzustellen. Die „Eggenburger Bucht“ war durch kristalline Erhebungen und Inseln vom offenen Meer getrennt. Innerhalb dieser Bucht dominieren im Süden generell moostierchenreiche und im Norden kalkrotalgenreiche Gesteine. Gegen das offene Meer treten vermehrt Muscheln, Schnecken und Seepocken auf, dies weist auf verstärkte Wasserbewegung (Wellen- und Strömungsdominanz) hin (vergleiche Faziestypen der Karte).

Typische Aufschlüsse:

1 - Eggenburg: Brunnstube; 2 - Eggenburg: Bahnhof; 3 - Eggenburg: Zwingergraben; 4 - Zogelsdorf: Johannesbruch; 5 und 6 - Zogelsdorf: Großer Bruch oder Waldbruch; 7 - NW Sonndorf: im Sonnholz: alte Sonndorfer oder Burgschleinitzer Brüche; 8 - N Sonndorf: Sandgrube; 9 - Limberg: Hengl Steinbruch; 10 und 11 - Grübern; 12 - Gauderndorf: Sandgrube Metzger; 13 - Roggendorf: Fuchsen- oder Teufelslucke; 14 - Roggendorf: Patellensandgrube und E davon; 15 - Röschitz: Steinbruch auf der Steinleiten der Fa. Beacco; 16 - Maigen: Sandgrube Stranzl; 17 - Missingdorf; 18 - Pulkau: Bründlkapelle; 19 - Pulkau: alte Straße nach Weitersfeld; 20 - Groß-Reipersdorf: Steinbruch Hatay und Steinbrüche NE davon.

Der Zogelsdorfer Kalksandstein: Verbreitung und Steinbrüche





Historische Steinbrüche

Die Hauptbrüche in der Zogelsdorf-Formation lagen, soweit bisher bekannt, NW Sonndorf (im Sonnholz, nach ČŽŽEK, 1853, p.32 dürfte dieser Bruch kurz vor 1853 angelegt worden sein, denn er bemerkt: „Bei Sonndorf ist ein neuer Steinbruch angelegt, ...“); im Raum W Burgschleinitz - W und in Zogelsdorf (großer Bruch = Waldbruch und Johannesbruch), zwischen Eggenburg und Kühnring (Florianibründl, St. Radegund) sind Steinbrüche seit 1472 bezeugt; E Groß-Reipersdorf (Hatay- oder Pracht-Bruch sowie ein weiterer Bruch östlich des Hatay Bruches, die Steinbrüche hier bestehen ab dem 13. Jahrhundert); W Röschitz (Steinleiten, Fa. Beacco) und in Pulkau, NE des Pulkauer Bründls und am westlichen Ortsende von Pulkau an der alten Straße nach Weitersfeld.

Lokal beschränkte Abbaue lassen sich durch Behauspuren an einem mehrere Kubikmeter großen Block des abgestürzten Daches der Teufelslucke aus Zogelsdorfer Stein bei Roggendorf feststellen (hier wird der Versuch, den Block mittels Anlage einer Trennfuge zu teilen, in einer Sage auf die Spur der Kralle des Teufels zurückgeführt) und auch E Roggendorf, am westlichen Ortsrand von Missingdorf, bei Leodagger und im Pulkautal bei Deinzendorf nachweisen. Zur Benennung und zu den wechselnden Besitzverhältnissen der Brüche siehe GASPAR (1995, 2001, 2004).

Die Gewinnung erfolgte meist in Tiefbrüchen. Diese wurden im Zuge des Ausbaues des Gesteines sofort wieder mit dem Abraum verfüllt, die offen gebliebenen Flächen später als Müllablagerungsstätten verwendet. Heute sind Brüche oder Bruchwände nur mehr in Sonndorf, Zogelsdorf („Großer Bruch“ bzw. „Waldbruch“ mit einer seinerzeitigen Ausdehnung von 50 Joch und der künstlich wieder freigelegte „Johannesbruch“ mit einer seinerzeitigen größten Ausdehnung von 4 Joch), Florianibründl (z.T.), Groß-Reipersdorf („Hatay-Bruch“ und östlich davon gelegener Bruch), W Röschitz (Brüche entlang der Steinleiten der Firma Beacco) und z.T. in Missingdorf, Leodagger und Pulkau erhalten.



Abb. 5: Der Große Bruch (Waldbruch) von Zogelsdorf um 1900 mit dem ehemaligen Kalkofen im Hintergrund.

Die Verarbeitung des Gesteines erfolgte den Produkten entsprechend entweder direkt im Steinbruch, wie uns dies aus schriftlichen Quellen und Bilddokumenten überliefert ist, oder es wurden Blöcke im Bruch vorgerichtet und in der brucheigenen Werkstätte weiter verarbeitet. Ferner kam es zum Verkauf von Blöcken an andere Werkstätten, Bildhauer und Baumeister. Schlechtere Steinqualitäten wurden lokal zu Bruchsteinmauerwerk, z.T. zum Kalkbrennen verwendet.



Abb. 6: Der als Tiefbruch angelegt Johannesbruch in Zogelsdorf ist heute als Erlebnispunkt genutzt.

Produkte

Im Folgenden werden beispielhaft die aus Gesteinen der Zogelsdorf-Formation gefertigten Produkte angeführt.

Bausteine:

Bruchsteine und behauene Blöcke für Sichtmauerwerk, besonders für Eckquaderungen mit früher Verwendung ab der Romanik (z.B.: 1176 Türme der Stadtpfarrkirche St. Stephan in Eggenburg, Kirche von Kühnring, Burgschleinitz und Pulkau etc.; älteste Verwendung südlich der Donau im 14. Jahrhundert: ehemalige Hl. Geist-Kapelle neben dem Dom von St. Pölten, ehemalige Sebastiankapelle in

Stift Göttweig, ferner Stift Klosterneuburg (wenige Architekturteile im 15. Jahrhundert, Bausteine vor allem im 19. Jahrhundert), Schloss Schönbrunn, untere Bereiche des Kunst- und Naturhistorischen Museums, Rathaus und Neue Hofburg, ferner Donaukanalverbau und Stadtbahnbau in Wien).

Architekturteile (und konstruktive Elemente):

Tür- und Fenstergewände für Wohnhäuser und Wirtschaftsbauten, wie Kornspeicher, Stadel und Weinkeller (Beispiele besonders im Raum um Eggenburg und den nahe gelegenen Stiften Altenburg (vgl. STÜRMER, 1994) und Geras); Säulen, Kapitelle, Maßwerke, Balustraden, Geländer, Stiegen (z.B.: Palais Liechtenstein in Wien), Kämpferköpfe, Gewölberippen und Schlusssteine, Prellsteine, Auflagesteine für tragende Holzkonstruktionen, Regenrinnen, Kellerdunsthäuben, Bodenpflaster-Platten.

Steine für Denkmale und Bildhauerarbeiten:

Für Bauplastiken und hochqualitative Einzelplastiken (z.B.: 1515 Kanzel der Stephanskirche in Eggenburg, 1556 Kanzel der Stiftskirche von Zwettl, Figurenschmuck der Stifte Geras, Altenburg und Melk, ferner Schloss Schönbrunn, Herkulesfiguren im Reichskanzleitrakt und am äußeren Michaelertor der Hofburg, Reliefs am Winterpalast des Prinzen Eugen in Wien, Plastiken an der Nationalbibliothek, Figuren der Karlskirche und an der Böhm. Hofkanzlei in Wien, Atlanten im Vestibül des Oberen Belvedere und ein Teil der Gartenfiguren im Park sowie figuraler Schmuck im Palais Liechtenstein), Hausverzierungen, Hausnischen- und Bildstockfiguren (z.B.: die unzähligen Standbilder des Hl. Johannes Nepomuk); Pest- und Prangersäulen, Dreifaltigkeitssäulen, Kalvarienberge (Retz, Eggenburg, Stockern, Horn, Kühnring) und Kapellen, Lichtsäulen und Lichthäuschen (z.B.: 1505 Stadtpfarrkirche in Eggenburg), Marterln und Bildstöcke (alleine in der Marktgemeinde Burgschleinitz - Kühnring sind noch heute an die 80 derartige Kleindenkmäler erhalten), Kriegerdenkmäler, Grabsteine und Grabmonumente (z.B.: Steinkreuze auch als „Zogelsdorfer Kreuze“ bezeichnet, siehe Ausstellung um und in der Stadtpfarrkirche und in der Bürgerspitalskapelle von Eggenburg, ferner z.B. die Grabdenkmäler der Steinmetze Simon Haresleb (1664) und Adam Haresleb (1683) in der Kirche in Kühnring).



Abb. 7: Spätgotische Lichtsäule aus Zogelsdorfer Kalksandstein in Groß-Reipersdorf.

Profane Gegenstände:

Grenzsteine, Zaunsteher, Ecksteher als Einschiebesteine für die Brettabgrenzung von Misthaufen, Brunnendeckel, Futter- und Wassertröge, Schwersteine für Pressen, Auflagesteine für Weinfässer (Ganter), Gewichte für Waagen und Uhren, Kugeln für Steinschleudern (z.B.: 1299 zur Belagerung der Burg Falkenberg im Strassertal; vgl. GASPAR, 2001).



Abb. 8: Vollständig aus Zogelsdorfer Kalksandstein errichtetes Presshaus aus dem 18. Jahrhundert in Zogelsdorf.



Abb. 9: Grenzstein der Eggenburger Freiheit aus dem Jahre 1524 aus Zogelsdorfer Kalksandstein.

Hinweise zur regionalen und überregionalen Verbreitung der Produkte

Die einfachen bzw. „billigen“ Produkte, wie z.B. Bruchsteine, behauene Blöcke, Tür- und Fenstergewände, Futtertröge, Bildstöcke etc. lassen eine enge regionale Verbreitung erkennen. Diese Produkte werden gegen das Weinviertel durch den Ziegel („Ziegellandschaft“) und die Gesteine des Weinviertels (Oolithe, Leithakalke, Sandsteine und Ernstbrunner Kalk) abgelöst, gegen Westen durch den Granit und Marmor bzw. das Holz des Waldviertels (STEININGER, 2004). Je qualitätvoller und exklusiver der Verwendungszweck bzw. das Endprodukt war, desto weiter wurde der Stein verhandelt, wie z.B. Blöcke zur Herstellung von qualitätvollen Fassaden und Plastiken, die weit über den regionalen Raum und die damaligen Landesgrenzen bis Ungarn (Schloss Esterhaza in Fertöd, obwohl die Leithakalke von Kroisbach nahe gelegen waren; über Mengen und Orte siehe GASPAR, 1995).

Wirtschaftliche Bedeutung

Der Abbau und der Handel mit dem „Weißen Stein von Eggenburg“ war besonders im Mittelalter und im Barock in Blüte. Nach einer kurzen Renaissance in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts verlor er zu Beginn des 20. Jahrhunderts seine Bedeutung und die Steingewinnung kam nach dem 2. Weltkrieg zum Erliegen.

In den Blütezeiten erlebten besonders die Orte Burgschleinitz, Zogelsdorf, Eggenburg und Kühnring durch die Steingewinnung, Verarbeitung und den Steinhandel wesentliche wirtschaftliche Impulse. Diese sind uns durch diverse Rechnungen und schriftliche Quellen erschlossen, wie z.B. die Streitigkeiten zwischen den Eggenburger und Wiener Steinmetzen ab 1745 im Zuge des Neubaus von Schloss Schönbrunn zeigen (KIESLINGER, 1935; WIESNER, 1894).

Kulturelle und kunstgeschichtliche Bedeutung

Behauene Platten aus Zogelsdorfer Kalksandstein für Steinkistengräber in Deinzendorf im Pulkautal und Straß im Strassertal weisen die bewusste urgeschichtliche Verwendung und damit die kulturelle Bedeutung über viele Jahrhunderte nach (vgl. z.B. WEWERKA, 1995).

Ab dem 9./10. Jahrhundert gewinnt der Stein als Baustein und Zierelement bei Profan- und Sakralbauten, ab dem 12. Jahrhundert bei Kirchenbauten und als Stein für Altarmensen, Grabplatten, Plastiken etc. immer mehr an Bedeutung. So ist am Übergang vom „Resch“-Schloss zur Pfarrkirche in Eggenburg ein karolingischer Flechtstein in sekundärer Verwendung mit in das jüngere Mauerwerk einbezogen. 1403 erfolgt die erste namentliche Nennung eines Eggenburger Steinmetzes in der Wiener Dombauhütte, ab 1510 sind die Steinmetze namentlich in Zogelsdorf, ab dem 17. Jahrhundert namentlich in Burgschleinitz und Kühnring bekannt (siehe unten).

Der Stein wird ab der Gotik für künstlerisch bedeutsame Bauwerke herangezogen, und ab dem Barock entstehen eine Fülle von außerordentlich qualitätvollen Einzelplastiken und Bauplastiken, die auch überregional aufgestellt werden (siehe oben). Das 17. und 18. Jahrhundert sind die Blütezeit des Steinmetzhandwerks in

diesem Raum. Besonders deutlich wird die Bedeutung des Steines in den Bauten der Gegenreformation des östlichen Niederösterreichs und der weiteren Umgebung, die, man möchte sagen, durch den Zogelsdorfer Stein, zu einer "Sakrallandschaft" (STEININGER, 2004) mit Stiften, Wallfahrtskirchen, Dreifaltigkeitssäulen und Bildstöcken (z.B. über 320 Standbilder des Hl. Johannes Nepomuk in Niederösterreich laut GASPAR, 1995; vgl. auch FASZBINDER-BRÜCKLER & BRÜCKLER, 2001) umgestaltet wird.

Ab 1780 ist ein deutlicher Rückgang des Steinhandwerkes festzustellen, aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wissen wir, dass nur mehr vier Meister in Zogelsdorf tätig waren.

Während der vorläufig letzten, kurzen Blüte des Steinhandwerkes in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden vor allem Bausteine und Bildhauersteine für die Stadterweiterung Wiens geliefert. So waren über 200 Arbeiter und Fuhrleute in Zogelsdorf beschäftigt (siehe oben). Dabei spielte die Eröffnung der Franz-Josephs-Bahn 1869 als kostengünstiges Transportmittel eine wichtige Rolle. Der gesamte Zogelsdorfer Steinbruchbetrieb des späten 19. Jahrhunderts wurde nun von Baron Suttner aus Harmannsdorf und der Zogelsdorfer Steinmetzfamilie Heichinger geführt. Es wurden z.B. 1870 100.000 Kubikfuß Bausteine für das Wiener Rathaus geliefert. Um 1870 wurde der Johannesbruch eröffnet. Aus diesem Bruch stammen die vorbossierten Steinblöcke für die Herkulesfiguren am Michaelertor. Jeder Block wog im Rohzustand 57.000 Kilogramm, im abbossierten Zustand 25.000 Kilogramm. Zuletzt wurde 1920 das Material für das Zogelsdorfer Kriegerdenkmal aus dem noch heute im Privatbesitz befindlichen „Hansjirgel-Bruch“ gewonnen. 1925 wurden der Große Bruch („Waldbruch“) und der Johannesbruch an die Gemeinde Zogelsdorf verkauft. 1950 baute die Firma Hans Zehethofer (Wien) aus dem Großen Bruch („Waldbruch“) kleinere Mengen für Restaurierungsarbeiten in Wien ab.

Steinmetzfamilien

Zu Beginn des 15. Jahrhunderts sind die ersten Steinmetze urkundlich fassbar (z.B.: 1403 und 1404 Michel und Niklas „Egenwurger“); 1496 signierte Johannes Wetzmer den Grabstein des Urban Schlundt an der Pfarrkirche in Stein; im Urbar von Eggenburg wird 1499 der „Meister Stephan Steinhauer“, 1524 Ulrich Pickl und 1530 Thomas Hawbet bezeugt; 1513 bis 1518 kennen wir aus Rechnungen zum Bau des N.Ö. Landhauses in der Herrengasse Hanns Traubinger; weitere Namen aus diesem Zeitabschnitt finden wir bei BRUNNER (1933) und GASPAR (1995). Das erhalten gebliebene „Aufgeding- und Freysagebuch der Eggenburger Maurer- und Steinmetzzinnung“ aus der Zeit von 1684 bis 1739 gibt uns neben den Namen auch die Steinmetzzeichen der freigesprochenen Gesellen (GASPAR, 1995).



Abb. 10: Steinmetzzeichen des Paul Ramesmair auf dem Standbild des Hl. Johannes Nepomuk aus 1742 beim Johannesbruch in Zogelsdorf.



Abb.11: Das Steinmetzhaus in Zogelsdorf.

Die großen, traditionellen, künstlerisch bedeutsamen Steinmetzfamilien des 17. und 18. Jahrhundert, der Blütezeit dieses Handwerkes im Raum von Eggenburg, sind nun: Farmacher (Franz Leopold), Haresleb (Simon, Adam, Thomas), Högl (Johann, Caspar), Müllner (Mathias), Pock (Jakob), Ramesmair (Paul), Schmutzer (Johann Georg), Seer (Jacob), Steinböck (Adam, Wolfgang und seine Frau Eva Regina, Andreas, Jacob, Ferdinand) und Strickner (Paul, Matthias, Franz). Auf zwei bedeutende Bildhauer und Steinmetze, die Zogelsdorfer Stein verarbeiteten, sei noch verwiesen: Lorenzo Mattielli (1685 - 1748): Herkulesfiguren Hofburg, Winterpalais Prinz Eugen (heute Finanzministerium), Nationalbibliothek, Karlskirche etc.) und Giovanni Giuliani (Palais Liechtenstein).

Durch den Rückgang des Steinhandwerkes sind ab 1780 keine weiteren bedeutsamen Steinmetzfamilien zu benennen.

Rohstoffdatei Geologische Bundesanstalt Nr. 021/005A

Zogelsdorfer Sandstein (Zogelsdorf-Formation) - Niederösterreich - Zogelsdorf, Johannesbruch - Karbonate

1. Katastralgemeinde:
Zogelsdorf, Marktgemeinde Burgschleinitz Kühnring.
2. Lage des Steinbruches:
im nordwestlichen Ortsbereich von Zogelsdorf
3. Abbau:
eröffnet 1873, eingestellt um 1925. Abbau durch Baron Suttner, Harmannsdorf, derzeit im Besitz der Marktgemeinde. Größte Ausdehnung: 4 Joch.
4. Geographische Zone:
Molassezzone, Ostabfall der Böhmisches Masse, Bucht von Eggenburg
5. Geologisch-stratigraphische Stellung:
Zogelsdorf-Formation der Molassezone
6. Geologisches Alter:
Unteres Miozän (oberes Eggenburgium, ca. 18,5 Millionen Jahre v. heute)

7. Petrografische Beschreibung:

Die Zogelsdorf-Formation wird generell durch schlecht sortierte, grobkörnige, terrigen beeinflusste, von Organismenresten dominierte Sandsteine (bioklastische Rudite), z.T. mit hohem Schlammgehalt aufgebaut. Dieser Kalkstein bis Kalksandstein wurde spätdiagenetisch zementiert, worauf besonders die Zemente hinweisen.

8. Mikroskopische Beschreibung:

Komponenten:

(1) Organische Komponenten:

bei den Biogenen dominieren Moostierchen (Bryozoen) und Kalkrotalgen. Terrigene Komponenten: als terrigene Komponenten finden sich neben Quarz vor allem Stücke der im Untergrund anstehenden kristallinen Gesteine der Böhmisches Masse. Ebenso wurden die nicht verfestigten Sande und Silte der im Liegenden anstehenden Gauderndorf- und Burgschleinitz-Formation bei der Transgression aufgearbeitet und mit eingebaut. Sedimentstrukturen fehlen weitgehend. In den noch zugänglichen Brüchen ist oft eine deutliche Bankung und lagenweise Anordnung der Pilgermuschel-Schalen und Moostierchen zu sehen.

(2) Matrix:

Es sind nur wenige Hinweise auf eine primäre marine Zementierung vorhanden. Bei der sekundären Verfestigung kommt es zur Lösung der aragonitischen Organismenreste. Dies führt zur Zementierung des Sedimentes, die, wahrscheinlich aufgrund des unterschiedlichen Aragonitangebotes, oft außerordentlich rasch wechselt. Eine Trennung in mehrere Zementgenerationen ist des Öfteren möglich. Karbonatbestimmungen zeigten, dass der Schlammanteil aus einem terrigenen und einem karbonatischen Anteil besteht, wobei der karbonatische Anteil durchaus aus der Bohrtätigkeit von Organismen entstanden sein kann.

Korngröße(n): nicht anzugeben

9. Gesteinskennwerte:

durchschnittliche Rohdichte: $1,91 \text{ g/cm}^3$ (1,65 - 2,08)

Reindichte: $2,70 - 2,71 \text{ g/cm}^3$

Dichtigkeitsgrad: 0,7

Gesteinshohlraum: 30 R.% (27 - 33)

durchschnittliche Würfeldruckfestigkeit

trocken: 16 N/mm^2 (4 - 38)

wassersatt: 16 N/mm^2 (7 - 24)

durchschnittliche Wasseraufnahme: 9,3 M.% (6,2 - 14,3)

Ultraschallgeschwindigkeit: 3,3 km/s (2,9 - 3,8)

10. Ähnliche Gesteine:

mittelmiozäne Leithakalke, italienische Kalksteinvarietäten aus dem Eozän.

11. Verwendungsmöglichkeiten:

Sicht- und Bruchsteinmauerwerk, Bauspolien, Bauteile, Skulptursteine, Monumente, Gebrauchsgegenstände.

12. Verwendungsbeispiele:

Sicht- und Bruchsteinmauerwerk: 1176 Türme der Stadtpfarrkirche St. Stephan in Eggenburg, Kirchen von Kühnring, Burgschleinitz und Pulkau etc.; Stift Klosterneuburg, Schloss Schönbrunn, untere Bereiche des Kunst- und Naturhistorischen Museums, Wiener Rathaus und Neue Hofburg. Bauspolien und Bauteile: Stifte Altenburg, Geras und Göttweig, 1513 Rippenwerk des Orgelfußes von Meister Anton Pilgram im Wiener Stephansdom. Skulptursteine: 1505 Kanzel der Stephanskirche in Eggenburg, 1556 Kanzel der Stiftskirche von Zwettl, Figurenschmuck der Stifte Geras, Altenburg, Göttweig und Melk, Schloss Schönbrunn, Herkulesfiguren am inneren und äußeren Michaelertor der Hofburg, Reliefs am Winterpalast des Prinzen Eugen in Wien, Plastiken an der Nationalbibliothek, Figuren der Karlskirche und an der Böhm. Hofkanzlei in Wien, Atlanten im Vestibül des Oberen Belvederes und ein Teil der Gartenfiguren im Park sowie figuraler Schmuck im Palais Liechtenstein. Hausverzierungen, Hausnischen- und Bildstockfiguren: die unzähligen Standbilder des Hl. Johannes Nepomuk, Marterln und Bildstöcke, alleine in der Marktgemeinde Burgschleinitz - Zogelsdorf Kühnring sind noch heute an die 80 derartige Kleindenkmäler erhalten. Kalvarienberge: Retz, Eggenburg, Stockern, Horn, Kühnring. Lichtsäulen und Lichthäuschen: 1505 Stadtpfarrkirche in Eggenburg. Kriegerdenkmäler, Grabsteine: Steinkreuze, auch als „Zogelsdorfer Kreuze“ bezeichnet. Gebrauchsgegenstände: Grenzsteine, Zaunsteher, Ecksteher für Misthaufen, Brunnendeckel, Futter- und Wassertröge, Schwersteine für Pressen, Auflagesteine für Weinfässer (Ganter), Gewichte für Waagen und Uhren, Kugeln für Steinschleudern (z.B.: 1299 zur Belagerung der Burg Falkenberg im Strassertal

13. Literatur:

BRUNNER, L. (1933); GASPAR, B. (1995,); KIESLINGER, A. (1935); NEBELSICK, J. (1989a, b); SCHAFFER, F. X. (1914); STEININGER, F. F. & W. PILLER (1991); STEININGER, F. F. & R. ROETZEL (1991); STEININGER, F. F. & J. SENEŠ (1971); STEININGER, F. F. & N. VÁVRA, (1983); STÜRMER, F. (1994); VÁVRA (1981).

Dank

Für fachliche Auskünfte danken die Autoren Herrn Prof. Burghard Gaspar (Grafenberg) und Herrn Dr. Johannes Tuzar (Krahuletz-Museum Eggenburg). Herrn Prof. Gaspar danken wir außerdem für die kritische Durchsicht der Arbeit. Herr Mag. Thomas Hofmann (Geologische Bundesanstalt Wien) war in vielfältiger Weise bei der Endredaktion behilflich. Ihm verdanken wir auch, dass diese Arbeit schließlich in Druck ging.

Literatur

ABEL, O. (1898): Der Wasserleitungsstollen der Stadt Eggenburg. Ein Beitrag zur Kenntnis der Gauderndorfer Schichten. - Verh. Geol. Reichsanst., 1898/14, 301-312, Wien.

BRUNNER, L., (1933): Eggenburg. Geschichte einer niederösterreichischen Stadt. - 1, XV + 369 S., Eggenburg (Berger).

CŽJŽEK, J., (1849): Geognostische Karte der Umgebungen von Krems und vom Manhartsberge. - Maßstab 1:72.000 (4000 Klf.= 4 Zoll; 1 Meile = 4 Zoll). - 4 Prof., 1 Wandprofil, 1 Ansicht., Wien.

CŽJŽEK, J., (1853): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebungen von Krems und vom Manhartsberg. - Sitz.ber. k. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl., Beilg., 7, 77 S., Wien.

FASZBINDER-BRÜCKLER, B. & BRÜCKLER, Th. (2001): Johannes von Nepomuk. Seine Zeit – Sein Leben – Sein Kult.- In: BEZEMEK, E. & ECKER, F. (Hrsg.): Forschungen aus dem Stadtmuseum Alte Hofmühle Hollabrunn, Sonderband, 556 S., 61 Abb., Hollabrunn.

GASPAR, B. (1995): Der „Weiße Stein von Eggenburg“. Der Zogelsdorfer Kalksandstein und seine Meister. - Das Waldviertel, 44, H. 4., 331-367, 24 Abb., Horn.

GASPAR, B. (2001): "...swaz man steine darzuo nam, von Egenberge daz kam...". - In: HOFMANN, Th. [Red.]: Kulturpark Kamptal. Erlesenes und Erlebnisse für Genießer.- Verlag: Bibliothek der Provinz, 123-126, Weitra.

GASPAR, B. (2004): Das Steinmetzhandwerk in Eggenburg. - Denkmalpflege in Niederösterreich (Waldviertel), 31, 20-25, Abb., St.Pölten.

JENKE, J., (1993): Palaeoecological studies of benthonic foraminifera from the Zogelsdorf Formation (Eggenburgian, Early Miocene) in the Eggenburg area (Austria). - Contr. Tert. Quatern. Geol., 30, 105 - 145, 8 figs., 3 tabs., 12plts., Leiden.

KIESLINGER, A. (1935): Steinhandwerk in Eggenburg und Zogelsdorf.- Unsere Heimat, 8, H. 5,6-7, 141-161, Abb.1-9, 1 Kt.; 177-193, Abb.10-15, Wien.

KUEHN, O. (1962): Lexique stratigraphique international.- Vol.I (Europe), Fasc. 8 (Autriche), 646 S., 2 Kt., Paris.

NEBELSICK, J. H. (1989a): Die fazielle Gliederung der Zogelsdorf Formation (Untermiozän: Eggenburgian) in Niederösterreich anhand mikrofazieller Untersuchungsmethoden. - Diplomarbeit Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, 242 S., 37 Abb., 43 Fig., 25 Tab., 14 Taf., Wien.

NEBELSICK, J.H. (1989b): Temperate Water Carbonate Facies of the Early Miocene Paratethys (Zogelsdorf Formation, Lower Austria). - Facies, 21, 11-40, 10 Abb., 1 Tab., Taf. 2-8, Erlangen.

ROETZEL, R., MANDIC, O., & STEININGER, F.F. (1999): Lithostratigraphie und Chronostratigraphie der tertiären Sedimente im westlichen Weinviertel und angrenzenden Waldviertel.- In: ROETZEL, R. (Hrsg.): Arbeitstagung Geol. Bundesanst. 1999, Retz-Hollabrunn, 3.-7.Mai 1999, 38-54, 3 Abb., 1 Beil. (geol.Kt.), Wien.

ROETZEL, R. & STEININGER, F. (2000): Die Verbreitung der Zogelsdorf-Formation am Südostrand der Böhmisches Masse (Quartär abgedeckt) und ausgewählte Kalksandsteinbrüche.- In: HEINRICH, M. et al.: Projekt N-C-036/F/1998-99: Ergänzende Erhebung und zusammenfassende Darstellung des geogenen Naturraumpotentials im Raum Geras – Retz – Horn – Hollabrunn (Bezirke Horn und Hollabrunn). – Unveröff. Bericht Geol. Bundesanst., Anhang 2, Wien.

SCHAFFER, F. X. (1913): Geologischer Führer für Exkursionen im Wiener Becken. 3. Teil nebst einer Einführung in die Kenntnis der Fauna der ersten Mediterranstufe. - Sammlung geolog. Führer, 18, 167 S., 3 Abb., 10 Taf., 1 Kt., Berlin (Borntraeger).

SCHAFFER, F. X. (1914): Die tertiären und diluvialen Bildungen.- In: SCHAFFER, F. X.: Das Miocän von Eggenburg. - Abh. Geol. Reichsanst., 22, H. 4, VIII+124 S., 21 Abb., 10 Taf., Wien.

STEININGER, F. (2004): „Waldviertler Bausteinlandschaften“ – Geologie und Bauwerk.- Denkmalpflege in Niederösterreich (Waldviertel), 31, 26-31, Abb., St.Pölten.

STEININGER, F. F. & PILLER, W. E. (1991): Eggenburg am Meer.- Eintauchen in die Erdgeschichte. - Katalogreihe Krahuletz-Museum, 12, VI+174 S., 14 Abb., 6 Taf., 1 geol. Kt., Eggenburg (Schindler).

STEININGER, F. F. & ROETZEL, R. (1991): Geologische Grundlagen, Lithostratigraphie, Biostratigraphie und chronostratigraphische Korrelation der Molassesedimente am Ostrand der Böhmisches Masse. - In: ROETZEL, R.(Hrsg.): Geologie am Ostrand der Böhmisches Masse in Niederösterreich. Schwerpunkt Blatt 21 Horn.- Arbeitstagung der Geol. Bundesanst., Eggenburg, 16.-20.9., 102 – 108, 2 Abb., Wien.

STEININGER, F. & SENEŠ, J. (1971): M1 Eggenburgien. Die Eggenburger Schichtengruppe und ihr Stratotypus. - Chronostratigraphie und Neostratotypen, Vol. 2, 827 S., Bratislava.

STEININGER, F. F. & VÁVRA, N. (1983): Palaeontological Field Meeting, 12 - 15 July 1983, Field Guide.- Internat. Bryozoological Association, 6th Internat. Conf. Vienna, 49 S., Vienna.

STÜRMER, F. (1994): „Der weiße Stein von Eggenburg“. Barocke Steinmetzkunst im Stift Altenburg am Beispiel des Steinmetz Franz Leopold Fahrmacher.- In: ANDRASCHKE-HOLZER, R. [Bearb.]: Benediktinerstift Altenburg 1144-1994.- Stud. u. Mitt. zur Geschichte des Benediktinerordens und seiner Zweige, 35. Ergänzungsbd., 341-351, 4 Abb., St.Otilien.

SUESS, E. (1866): Untersuchungen über den Charakter der österreichischen Tertiärablagerungen. I. Über die Gliederung der tertiären Bildungen zwischen dem Mannhart, der Donau und dem äusseren Saume des Hochgebirges. - Sitz.ber. k. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl., Abt.I, 54, H.6, 87-149, 2 Taf., Wien.

THENIUS, E. (1974): Niederösterreich - Verh. Geol. Bundesanst., Bundesländerserie, 2. Aufl., 280 S., 48 Abb., 16 Tab., Wien (Brüder Hollinek).

TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. – Band 2: Außerzentralalpiner Anteil.- 1. Aufl., XV+710 S., 286 Abb., 27 Tab., Wien (Deuticke).

VÁVRA, N. (1981): Bryozoa from the Eggenburgian (Lower Miocene, Central Paratethys) of Austria. - In: LARWOOD, G. P. & NIELSEN, C.: Recent and fossil bryozoa, 273-280, 3 Fig., 1 Tab., Fredensborg.

VÁVRA, N. (1987): Bryozoa from the Early Miocene of the Central Paratethys: biogeographical and biostratigraphical aspects. - In: ROSS, J. R. P. (Ed.): Bryozoa: present and past, 285-292, 3 figs., West. Washingt. Univ.

WEWERKA, B. (1995): Die Grabung Straß im Strassertale.- In: KRENN, M., ARTNER, G. & KRENN-LEEB, A.: Bericht zu den Ausgrabungen des Vereins ASINOE im Projektjahr 1994/95.- Fundberichte Österreich, 33 (1994), 216-219, Wien.

WIESNER, J. (1894): Die Herrschaftlichen Steinbrüche in Zogelsdorf und deren Geschichte von der ältesten bis auf die neueste Zeit. Die Thonlager im Geyersdorfer Walde nach Original-Urkunden verfasst. - 30 S., Wien (Selbstverlag).

Neogene Bau- und Dekorgesteine – charakteristische Schadensbilder und Schadensursachen

Andreas Rohatsch

Die Vielfalt der Verwitterungserscheinungen spiegelt sich in den häufig auftretenden Schadensbildern der Gesteine wider. Besonders reichhaltig treten diese Schadensbilder bei den häufig stark porösen neogenen Kalksandsteinen auf, die in Ostösterreich im Bauwesen und in der bildenden Kunst sehr intensiv verwendet wurden.



Abb. 1: Ein häufig zu beobachtender Zustand bei neogenen Kalksandsteinen sind Fehlstellen, Krustenbildung, Verschmutzung, Risse, etc. (neugotische Gruftanlage aus St. Margarethener Kalksandstein am Wiener Zentralfriedhof).

Schadensbilder, wie vor allem Krustenbildung, Absanden, Rissbildung durch Frostsprengung und durch die allgegenwärtigen leichtlöslichen Mauersalze, die durch Kristallisations- und Hydratationsdruck zur Gefügauflockerung dieser Sandsteine führen, sind an nahezu allen im Freien aufgestellten Objekten zu beobachten. Die genannten und in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten Schadensbilder sind Resultate der gemäßigt feuchten klimatischen Rahmenbedingungen mit häufigen Frost-Tauwechselbeanspruchungen Österreichs.

Einfluss der Temperatur

Alle Materialien dehnen sich auf Grund erhöhter Molekularbewegung bei Erwärmung aus, so auch der Naturstein. Der starke Einfluss von zyklischer thermischer Wechselbeanspruchung durch Sonneneinstrahlung und nächtlicher Abkühlung ist in ariden Wüstengebieten ein altbekanntes Phänomen, welches zu Kernsprüngen und +/- oberflächenparallelen Abschalungen an Gesteinen führt (Scherspannungen zwischen erhitzter Hülle und kühlem Kern). Vergleichbar im Schadensbild sind auch die Brandschäden an Bauwerken. Temperaturunterschiede von -20° bis $+30^{\circ}\text{C}$ in unseren Breitengraden im Jahresgang sind nichts Außergewöhnliches, an stark exponierten dunklen Flächen konnten Spitzentemperaturen bis zu 60°C gemessen werden. Da sich Gesteine bei Erwärmung deutlich messbar ausdehnen und bei Abkühlung zusammen ziehen, kommt es durch diese Bewegung zum Aufbau von Spannungen im Gefüge, die zu einer Lockerung der Kornbindung führen können. Die primäre Schädigung durch Temperaturwechselbeanspruchung ist bei porösen Gesteinen im Vergleich zu dichten vergleichsweise gering, da ein Teil der Bewegungen mehr oder weniger schadlos in die Porenräume abgeführt werden kann.

Die in nachfolgender Tabelle angeführten Richtwerte müssen sehr kritisch betrachtet werden, da textuelle Eigenschaften der Gesteine, wie Schieferung, sedimentäre Schichtung, Vorzugsorientierung von Mineralen, etc. und das daraus resultierende anisotrope Materialverhalten nicht berücksichtigt wurden.

Tab. 1: Richtwerte für Ausdehnungskoeffizienten (in mm/m bei Temperaturerhöhung um 30°C) einiger Materialien (aus: TORRACA & WEBER, 1986) ohne Berücksichtigung der jeweiligen textuellen Eigenheiten, wie sedimentäre Schichtung oder Schieferung, die sich auch in der thermisch induzierten Dilatation niederschlagen.

Marmor	0,15 mm
Zementbeton	0,3 - 0,4 mm
Kalkstein	0,15 mm
Granit	0,25 mm
Kalksandstein	0,3 - 0,4 mm
Ziegel	0,15 - 0,2
Eisen	0,3 mm
Glas	0,3 mm
Aluminium	0,7 mm

Einfluss der Feuchtigkeit

Von wesentlich größerer Bedeutung für Verwitterungsprozesse in unserem Klima ist das Wasser, der mit schwachen Säuren belastete Niederschlag, aufsteigende Bodenfeuchte, etc. Auf Grund der im Mauerwerk in den Porenräumen zirkulierenden, angesäuerten (z.B. Kohlensäure, Schwefelsäure, etc.) Feuchtigkeit kommt es zu

chemischen Lösungsprozessen, die im Bereich der Verdunstungsoberflächen häufig zu Krustenbildung führen. Im Großstadtbereich mit hoher SO_2 -Belastung bestehen diese Krusten meist aus Gips, der durch Russ- und Staubpartikel schwarz gefärbt ist. Bei fehlender SO_2 -Belastung ist der Niederschlag mit Kohlensäure angereichert, bei den aus der chemischen Umsetzung resultierenden Krusten handelt es sich dann um Kalkkrusten. Da jedoch nicht alle beobachtbaren Krusten tatsächlich solche sind, die aus den beschriebenen chemischen Prozessen entstanden sind, sondern auch Verfärbungen, die durch mikrobiologische Aktivität gebildet wurden, empfiehlt es sich, geomikrobiologische Überlegungen in die Untersuchungen mit einzubeziehen (siehe Beitrag STERFLINGER & SERT). Charakteristische Krustenprofile mit dem Festigkeitsabfall hinter der Kruste wurden erstmals von KIESLINGER (1932) beschrieben.

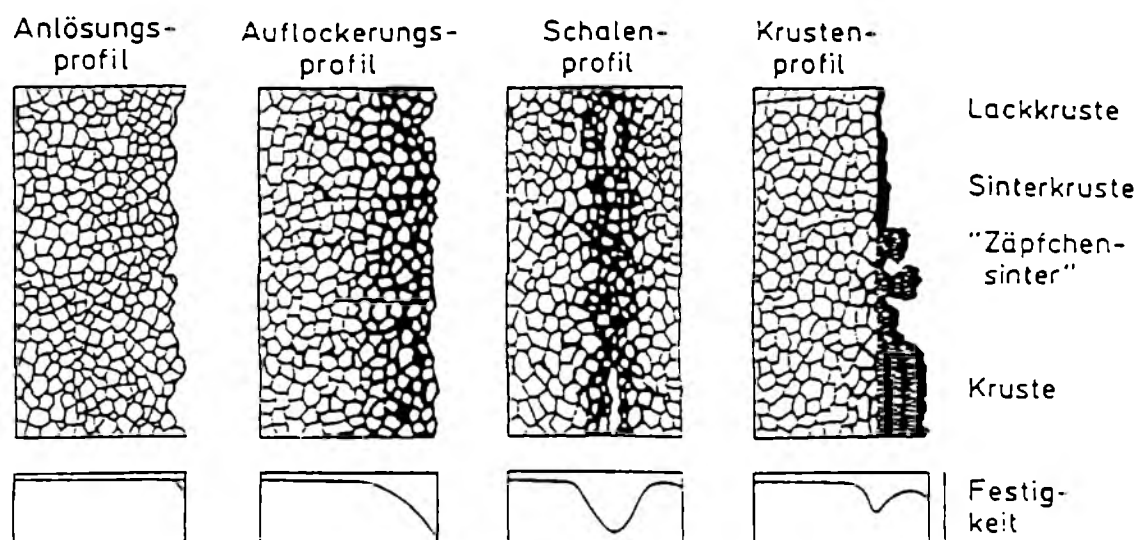


Abb. 2: Schematische Darstellung typischer Verwitterungsprofile und ihre Festigkeit (aus: GRIMM 1992 nach GRIMM & SCHWARZ 1985, verändert und ergänzt nach KIESLINGER 1932). Bei den porösen neogenen Kalksandsteinen können vor allem Schalenprofile und Krustenprofile beobachtet werden. Hinter den harten, festen Schalen und Krusten ist die Gesteinsfestigkeit stark herab gesetzt, da hier einerseits Feuchtigkeit gestaut wird und besonders aggressive chemische Steinzerstörung stattfindet und andererseits im Falle der schwarz gefärbten Gipskrusten durch thermisch induzierte Dilatation Scherspannungen das Gesteinsgefüge zerstören.

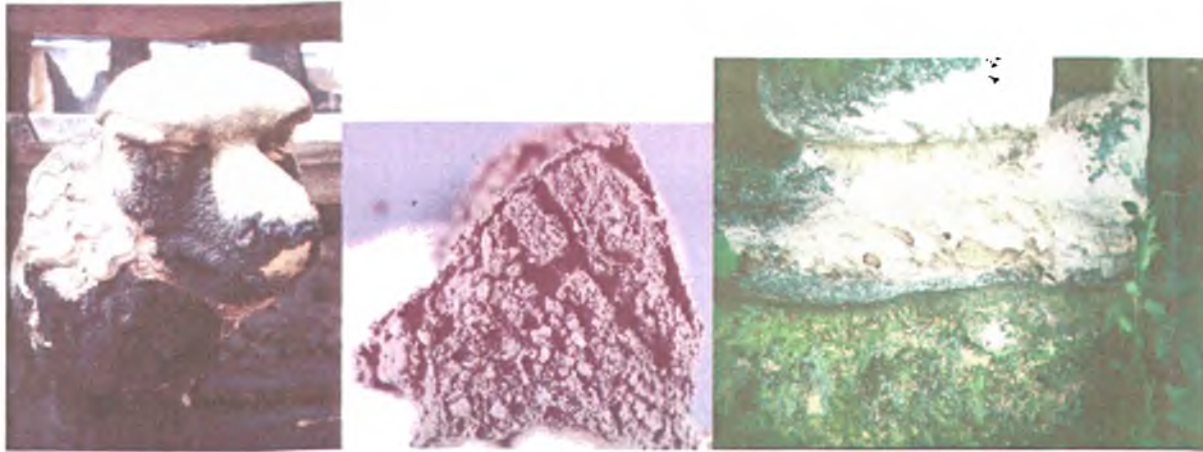


Abb. 3: Links: Gipskrustenbildung im Großstadtmilieu am Wiener Stephansdom (Wasserspeier aus St. Margarethener Kalksandstein) auf der Regen geschützten Steinoberfläche; Schwarzfärbung der Kruste durch Russ und Staub.

Mitte: Charakteristisches Schalenprofil an einer Krabbe aus St. Margarethener Kalksandstein; die Gesteinsoberfläche wird durch aus dem Kern gelöstes und ausgewandertes Bindemittel verdichtet, das Bindemittel der äußeren Schale besteht aus Gips.

Rechts: Dünne Gipskruste im Sockelbereich (Kalksandstein der Hainburger Berge) der Rundkirche von Petronell; auf Grund der staubfreien, relativ sauberen Luft ist diese Kruste nicht schwarz gefärbt.

Das Hauptproblem der Krusten ist ihre abdichtende Wirkung, da der Stein nicht mehr ungehindert austrocknen kann. In der Stauzone direkt hinter der Kruste kommt es zu einer vermehrten Gesteinszersetzung durch chemische Lösungsprozesse, außerdem findet sich in diesem Bereich eine dichte Besiedlung durch Algen, Bakterien und Pilze, die ihrerseits zerstörend auf die Substanz einwirken (z.B. MENTLER et. al., 1985). Der Bindemittelverlust im Inneren des Steinobjektes ergibt einen deutlichen Festigkeitsverlust, der zu einer statischen Gefährdung des Objektes führen kann (z.B. Abb. 3 Mitte).

Durch die Aufnahme von Wasser in die Gesteinsporen vergrößert sich zudem deutlich messbar das Volumen des Gesteins. Die orientiert entnommenen Prüfkörper weisen je nach Gesteinstyp eine Längenausdehnung bis zu mehreren Zehntel mm/m auf. Selbst erhöhte Luftfeuchtigkeit reicht schon aus, um Dehnungen zu bewirken, wenngleich diese i.a. nur rund 1/10 im Vergleich zu den Werten der im Wasser gelagerten Proben ausmachen.

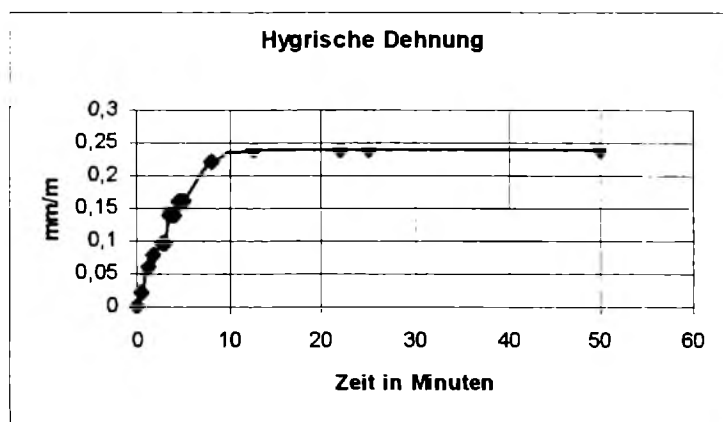


Abb. 4: Beispiel für hygrisch induzierte Dehnung eines sarmatischen Quarzsandsteines von der Türkenschanze (Wien XVIII).

Die hygrisch induzierte Dehnung stellt einen wesentlichen, bis jetzt zum Teil unterschätzten Schadensfaktor poröser neogener Baugesteine dar.

Wasser im Porenraum dient aber auch als Transportmedium für gelöste Salze (Mauersalze, „Saliter“), die in Verdunstungszonen durch Kristallisations- und Hydratationsdruck starke Schäden bewirken. Charakteristische Schadensbilder sind Aushöhlung und Absanden. An Schadsalzen treten vor allem Sulfate, Chloride und Nitrate auf.

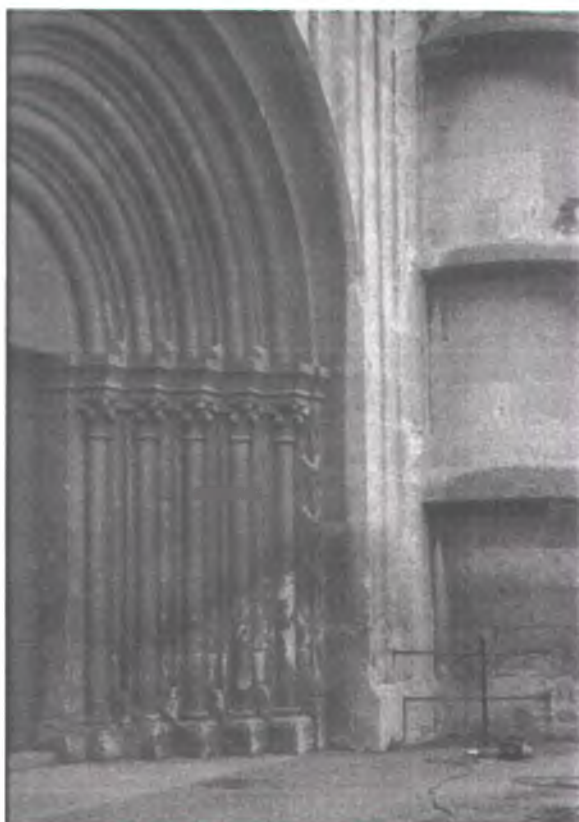


Abb. 5: Kapillares Aufsteigen der Bodenfeuchte im Bad Fischauer Konglomerat (Westportal, Wiener Neustädter Dom).

Der hellere Bereich wurde durch kristallisierendes Magnesiumsulfat zerstört. Im oberen, dunkel erscheinenden Abschluss dieser Zone sind stark hygroskopische, extrem leicht lösliche Salze angereichert, die alleine schon durch die vorhandene Luftfeuchtigkeit in Lösung bleiben und somit zu keiner strukturellen Zerstörung der Gesteine führen.



Abb. 6: Links: Kreuzwegstation von Stift Zwettl aus Zogelsdorfer Kalksandstein mit charakteristisch „pockennarbiger“ Oberfläche, hervorgerufen durch Salzsprennung.

Mitte: Türgewände aus St. Margarethener Kalksandstein an der Römischen Ruine von Schloss Schönbrunn mit Aushöhlungs- Verwitterung.

Rechts: Gesimse aus Stotzinger Kalksandstein (Römische Ruine, Schloss Schönbrunn); unter der schwarz gefärbten Gipskruste zerstört leicht lösliches Magnesiumsulfat (Epsomit) das Gesteinsgefüge.

Sulfate resultieren aus der SO_2 -Belastung der Atmosphäre oder aus der Verwitterung sulfidischer Erze, wie zum Beispiel Pyrit (FeS_2), der bei seiner Zersetzung Schwefelsäure frei setzt. Nitrate weisen praktisch immer auf biogene Aktivität durch Bakterien, Pilze, Fäkalien bzw. Verwesungsprozesse hin.

Wird die Feuchtigkeit im Porenraum durch Mörtelinkrustierungen, die im Zuge von Restaurierungen aufgetragen wurden, oder durch kapillares Wasserrückhaltevermögen gestaut, reagieren diese Gesteine gegenüber Frosteinwirkung meist empfindlich.



Abb. 7: Links: Barocke Volute (Gloggnitz/NÖ) aus Kalksandstein von Au am Leithagebirge mit Zementmörtelinkrustierungen durch Frostsprengung zerstört.

Rechts: Risse durch Frostsprengung in einem Rohblock Leithakalk aus Mannersdorf am Leithagebirge.

Gesteine, die erhöhtes Wasserrückhaltevermögen aufweisen, werden häufig auch von Algen, Pilzen, Bakterien und höheren Pflanzen besiedelt, die durch ihre Stoffwechselprodukte oder Wurzeldruck zur Gesteinszerstörung beitragen.



Abb. 8: Links: Balustrade (Mariensäule Wiener Neustadt, Hauptplatz) mit biogenem Bewuchs (Moose, Algen, etc.) an der Unterseite als Hinweis für gutes Wasserrückhaltevermögen im Stein.

Rechts: Strebepfeilerabdeckung der Minoritenkirche in Stein bei Krems, mit durch Wurzeldruck aufgeweiteten Stoßfugen.

Freiluftlangzeitverwitterungsversuche

Zur Beurteilung des langfristigen Verwitterungsverhaltens von österreichischen Bau- und Dekorgesteinen wurden im Rahmen einer vom FFF geförderten Forschungsk Kooperation zwischen Steinmetzbetrieben (Fa. Bamberger, Fa. Ecker, Fa. Hummel), dem österreichischen Bundesdenkmalamt, dem *ofi*-IBF (Institut für Bauschadensforschung, Arsenal, Wien III), dem Institut f. Ingenieurgeologie der TU - Wien und dem Österreichischen Zentrum für biologische Ressourcen und angewandte Mykologie der Universität für Bodenkultur Wien großformatige Steinobjekte auf dem Gelände der Kartause Mauerbach exponiert. Eine Klimamessstation der Gemeinde Wien, unmittelbar vor Ort, zeichnet kontinuierlich Niederschlagsmenge, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Windgeschwindigkeit auf. Diese Messdaten werden von der Gemeinde Wien (ZAMG) dankenswerter Weise kostenlos zur Verfügung gestellt.

An den Steinobjekten werden in periodischen Abständen unter anderem folgende Kenndaten ermittelt:

- Beurteilung der Änderung der Oberflächenrauigkeit
- Änderung der Ultraschallgeschwindigkeit
- Änderung des Wasseraufnahmeverhaltens
- Änderung der Leitfähigkeit
- Beobachtung von Rissbildung
- Beobachtung der Krustenbildung
- Infrarotfotografie
- REM - Untersuchungen an Mikroproben zur Beobachtung der fortschreitenden Gefügebrauchlockerung und Dokumentation chemischer Prozesse
- Mikrobiologische Besiedelung

Zusätzlich erfolgt eine kontinuierliche digitale Aufzeichnung der Oberflächentemperatur und des Dehnungsverhaltens dieser Steinobjekte. Diese Kenndaten werden mit den Klimadaten korreliert, um die fort schreitende Gefügebrauchlockerung und die Entwicklung von Schadensbildern zu dokumentieren.

Derzeit (2003) werden fünf historisch bedeutsame Gesteinstypen exponiert, nämlich Lindabrunner Konglomerat, Aflenzer Kalksandstein, St. Margarethener Kalksandstein, Zogelsdorfer Kalksandstein und Laaser Marmor. Eine Erweiterung dieses Langzeitversuches ist für die kommenden Jahre geplant. Die ca. 160 cm hohen Steinobjekte mit Gesimse, Bohrungen und keilförmig auslaufender Abdeckung sollen unterschiedliche Expositionsbedingungen an Bauwerken simulieren. Parallel dazu erfolgen normgemäße Laboruntersuchungen an Prüfkörpern zur Bestimmung der Verwitterungsbeständigkeit dieser Gesteinstypen.



Abb. 9: Freiluftlangzeitverwitterungsversuche auf dem Gelände der Kartause Mauerbach (Bundesdenkmalamt).

Literatur

BRÜGGERHOFF, S. & MIRWALD, P. W. (1992): Expositionsversuche mit Naturstein - Studium von Verwitterungsvorgängen an Denkmälern. - Europ. Jb. Mineral., Beih., 3/1, (Ber. dtsh. minerl. Ges.), 46, Stuttgart.

FITZNER, B. & KOWNATZKI, R. (1991): Klassifizierung der Verwitterungsformen und Kartierung von Natursteinbauwerken. - Jahresberichte Forschungsprogramm 1989 Steinerfall - Steinkonservierung (Förderprojekt des Bundesministers für Forschung und Technologie), 1, (1991), 1 - 13.

GISBERT, J., MARIN-CHAVES, C. & ANDALUZ, N. (1996): Black Crusts from Rueda Cloister: an approximation to fossil effects of pollution in a semi arid climate. - [in:] RIEDERER, J. (ed.): Proc. of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Vol. 1, 387 - 392, Berlin.

GRIMM, W.-D. (1992): Naturwerksteine und Denkmalgesteine. Gewinnung, Verwendung und Verwitterung unter geogenen und anthropogenen Umwelteinflüssen. - Die Geowissenschaften, 9 - 10/92, 251 - 256, Weinheim.

GRIMM, W.-D. & SCHWARZ, U. (1985): Naturwerksteine und ihre Verwitterung an Münchener Bauten und Denkmälern - Überblick über eine Stadtkartierung. - Arbeitshefte d. Bayer. Landesamtes f. Denkmalpflege, 31, 28 - 118, München.

KIESLINGER, A. (1932): Zerstörungen an Steinbauten, ihre Ursachen und ihre Abwehr. - Leipzig und Wien (Deuticke).

MENTLER, A., MÜLLER, H.W. & SCHWAIGHOFER, B. (1985): Zur biogenen Verwitterung des Kalksandsteines am Stephansdom in Wien. - Wiener Berichte über Naturwiss. i. d. Kunst, 2/3, 212 - 229, Wien.

MIRWALD, P. W. (1986): Umweltbedingte Gesteinszerstörung untersucht mittels Freiland - Verwitterungsexperimenten. - Z. f. Bauinstandhaltung u. Denkmalpflege, Sonderheft Bausubstanzerhaltung i. d. Denkmalpflege (1. Statusseminar), 24 - 27, Mainz, Dez. 1986.

MIRWALD, P. W. (1989): Evaluating Damage and accelerated exposure and field Studies; modelling techniques. - Science, Technology and European Cultural Heritage, Proceedings of the European Symposium (BAER, N. S., SABBIONI, C. & SORS, A., I, eds.), Bologna Italy, 13 - 16 June 1989.

MIRWALD, P. W. & BRÜGGERHOFF, S. (1994): Untersuchungen der Verwitterungsvorgänge an Kalkstein unter mitteleuropäischen Klima- und Immissionsbedingungen mittels Freiland-Expositionsversuchen. - Mitt. Österr. Mineralog. Ges., 139, 344 - 346, Wien.

SIMON, S. & SNETHLAGE, R. (1996): Marble weathering in Europe - Results of the EUROCARE-EUROMARBLE Exposure Programme 1992-1994. - Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 30.9. - 4.10.1996 Berlin, Vol. I, 159 - 166, Berlin.

TORRACA, G. & WEBER, J. (1986): Poröse Baustoffe. Eine Materialkunde für die Denkmalpflege. - [in:] BANIK, G. & KRIST, G.: Restaurierung - Konservierung - Technologie, Band II, 130 S., Wien (Der Apfel).

WEBER, J. (1986): Der Wiener Stephansdom - Baugeschichte und Bausubstanz. Messungen zur Ermittlung des Zusammenhanges zwischen Schadstoffimmissionen und der Korrosion von Naturstein. - Wiener Berichte über Naturwiss. i. d. Kunst, 2/3, 193 - 199, Wien.

WEBER, J., VENDL, A., PASENINGER, H. & RICHARD, H. (1984): Untersuchungen über den Einfluß von Luftschadstoffen auf die chemische Verwitterung von Naturbausteinen. - Wiener Berichte über Naturwiss. i. d. Kunst, 1, 239 - 257, Wien.

WINKLER, E. M. (1994): Stone in Architecture. Properties, Durability. - 3rd edition, 313 pp., 219 figs., 63 tables, Berlin/Heidelberg/New York (Springer).

Zur Konservierung und Restaurierung von porösen Kalksandsteinen – ein Überblick

Johann Nimmrichter

Seit Anbeginn der Verwendung von Natursteinen war den Baumeistern, Steinmetzen und Bildhauern die Notwendigkeit von begleitenden Maßnahmen in Form von Schutzüberzügen für ihre Schöpfungen aus Stein bewusst. Dies trifft vor allem auf die im Osten Österreichs verwendeten Kalksandsteine zu. Hier sind für römische Steinfassaden, Architekturteile und skulpturale Kunstwerke Verputze oder Schutztünchen belegt. Imprägnierungen mit unterschiedlichen Ölen stellten ebenfalls einen wesentlich Aspekt zur notwendigen Vergütung poröser Kalksandsteine dar.

In der Romanik und Gotik wusste man ebenfalls um die Bedeutung der Schutzüberzüge, was durch zahlreiche Befundungen historischer Steinbeschichtungen belegt ist. Als Beispiel sei hier die romanische Westfassade des Stephansdomes genannt. Sie war, wie die Fassade der Michaelerkirche oder die Fassade des Wiener Neustädter Domes, pastos weiß mit Kalkfarbe getüncht und mit roten Fugenstrichen versehen. Feingliedrige Architekturteile waren färbig akzentuiert und boten neben der wichtigen Schutzfunktion auch eine optische Übersteigerung.

Dieses Wissen um die Vergänglichkeit von Steinoberflächen und die erkannte Notwendigkeit um regelmäßig erneuerbare Schutzüberzüge ermöglichte bis in das 18. Jahrhundert hinein bestens erhaltene historische Oberflächen und gut erhaltene Steinsubstanzen. So ist es auch kein Wunder, dass selbst noch im Spätbarock sämtliche Kirchen, Mariensäulen, Heiligenfiguren, Marterln und andere Flurdenkmäler mit Bleiweißfassungen oder ölhaltigen Polychromien behandelt wurden (Nimmrichter, Koller, 2001). Oft können in Ritzen oder Untersichten noch vielschichtige Reste von Opferschichten befundet werden. Diese bewährten Traditionen fanden im 19. Jahrhundert ein jähes Ende. Geboren aus einer romantisierenden Liebe zur Materialsichtigkeit des Steines wurde eine Purifizierung der Steinoberflächen betrieben. Gänzlich erhaltene Opferschichten wurden genauso wie bereits durch Verwitterung reduzierte Färbelungen und Überriebe mit Säuren und Laugen und mechanischen Werkzeugen wie Stockhammer, Drahtbürsten und Raspeln von den Steinoberflächen entfernt. Durch diese falschen Freilegungen wurden nun die Steinoberflächen einer aggressiven Atmosphäre und zerstörerischen Umgebung preisgegeben.

Wasser, Temperaturunterschiede, Wind, Frost, Schadsalze, Pflanzenbewuchs und viele andere natürliche Schadensursachen führten nun zu massiven Schäden. Waren zu Anfang nur Gesteinsoberflächen in Form von Absandungen, Haarrissbildungen und kleineren Abschalungen davon betroffen, so traten im Laufe der Schadensgenese auch substanzielle Schäden auf. Risse, Brüche und große Formverluste folgten und reduzierten Erscheinungsform und Funktionstauglichkeit.

Dies führte dazu, dass seitens der verantwortlichen Stellen (z.B. K. u. K. Zentralkommission) wesentlich intensivere Erhaltungsmaßnahmen in Form von Totalrestaurierungen eingeleitet werden mussten, da mit einfachen Wartungsmaßnahmen nicht mehr das Auslangen gefunden werden konnte.

(Ausnahme waren natürlich Brände und andere durch Menschen verursachte Schäden).

Steinmetze wechselten nun bei allzu schlechten Erhaltungszuständen Werksteine aus oder setzten Natursteinvierungen. Bildhauer fertigten neue Teile, die Originalteile ersetzten. Dabei dienten verbleite Eisenstifte und Kupferklammern als Armierungen. Die Kittungsmaterialien bestanden aus unterschiedlich Massen, die empirisch bzw. aufgrund tradierter oder historischer Rezepturen zusammengemischt waren. Bei Autoren wie Vitruv, Vasari oder Orfeo Borselli lassen sich diesbezügliche Grundlagen nachlesen (Vitruv, 1964; Vasari, 1907; Weil, Borselli, 1967).

Kittungsmassen mit klebender Funktion wurden zumeist durch organische Naturharze wie Kolophonium ermöglicht. Doch waren auch andere Mischungen, die aus griechischem Pech, Wachs, schwefelhaltigem Steinteer (Nimmrichter, 1996), Ölkitten und anderen Materialien angemischt wurden in Verwendung. Ergänzungsmassen wurden seit jeher mit Kalk, in welcher Form auch immer (Sumpfkalk, Löschkalk, Kalkhydrat, Stückkalk, etc.), gebunden. Zumeist waren diese mit hydraulischen Zusätzen, wie Pozzolane, Trassmehle, Ziegelmehl, Eisenfeilspäne etc. vergütet. Ab der Mitte des 19. Jh. wurden die unterschiedlichsten Zemente (wie z.B. Portland-, Hütten-, Romanzement, etc.) als zusätzliches Bindematerial verwendet. Leider wiesen diese Reparaturmörtel viel zu hohe Zementanteile auf, so dass Bauten oder steinerne Kunstwerke, die damit großflächig überzogen wurden, substanziell geschädigt wurden, da die darunter liegenden Gesteine auf Grund der herrschenden Spannungen zwischen den beinharten Überzügen und den Originalsubstanzen dem Kunststein unterlegen waren.

Ähnlich verhielt es sich auch bei den ersten Verfestigungsverfahren von geschwächten Gesteinsoberflächen, welche z.B. um 1900 mit Wasserglas durchgeführt worden sind. Schalenbildungen und Abplatzungen von ganzen Steinplatten mit darunter verstärkt anzutreffenden Absandungen waren auf Grund unzureichender Eindringtiefe die Folge.

Leider ist gerade bei den restauratorischen Bemühungen der letzten 100 Jahre zu bemerken, dass sehr viele Anläufe mit den unterschiedlichsten Materialien versucht worden sind, ohne jedoch eindeutig wirksame Methoden und bzw. Materialien gefunden zu haben.

Heute glauben wir uns um ein erhebliches Stück weiter, doch wird auch hier erst die Zeit zeigen, ob sich unsere Konservierungs- und Restaurierungsstrategien besser in die Restaurierungsgeschichte einreihen werden, als die unserer restauratorischen Vorväter.

Grundsätzlich werden heute folgende Vorgangsweisen für eine Hoffnung versprechende Kalksandsteinrestaurierung (z.B. Zogelsdorfer, St. Margarethener, Loretto, Auer, Breitenbrunner, etc.) als richtig und Erfolg versprechend angesehen.

Dokumentation:

Jeder Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahme hat eine gewissenhafte Dokumentation des Erhaltungszustandes voranzugehen. Erst auf Grund dieser Vorarbeit können Schadensursachen erkannt und vorhandene Schäden mit ihren Zusammenhängen erfasst werden. Die Dokumentation ist die Grundlage jeglicher Konservierung und Restaurierung. Es werden wichtige objektspezifische Inhalte mittels geschriebener Berichte, fotografischer Aufnahmen, Pläne, Grafiken etc. festgehalten. Dabei werden sowohl Informationen, die das Kunstdenkmal aus Kalksandstein als historisches Dokument und Kunstwerk betreffen (z.B. Material, Oberflächenbehandlung, historische Werkspuren, Steinmetzzeichen, Konstruktionen, Inschriften, etc.), als auch Kenntnisse, die Zustand und Maßnahmen erläutern, erfasst (Nimmrichter, Krarup, 1996)

Voruntersuchung:

Um geeignete und ausreichende Maßnahmen setzen zu können, bedarf es einer genauen Erfassung der schadensbildenden Faktoren und deren Auswirkungen auf die historische Steinsubstanz. Auch ein durch wissenschaftliche Testreihen abgesicherter Maßnahmenkatalog ist für eine gewissenhafte Therapiesetzung unbedingt erforderlich. Dies geschieht in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit den Naturwissenschaften. Da aber trotz größter wissenschaftlicher Anstrengungen zumeist nur Teilerkenntnisse erarbeitet werden können, sind Muster- und Probearbeiten, die zumeist von Restauratoren an Referenzmaterialien durchgeführt werden, von großer Bedeutung und unersetzlich. Auf Grund unterschiedlicher gesteinspezifischer Parameter können Kalksandsteine nicht immer gleich behandelt werden und bedürfen zumeist einer individuellen Konservierungsstrategie. Nicht umsonst sind z.B. die Wasserspeier des Domes zu St. Stephan in Wien mit dem feinkörnigen Auer ausgeführt und nicht mit dem relativ locker gebundenen Stotzinger oder Breitenbrunner Kalksandstein. Etliche Anwendungsbeispiele zeigen mit krasser Deutlichkeit, dass manche Kalksandsteinvarietäten der freien Bewitterung nur für eine kurze Zeitspanne widerstehen können (Abb. 1 und 2).



Abb 1: Schalenbildung bei Stotzinger Kalksandstein, Attika der Getreidebörse in der Taborstraße, Wien, Querschnitt durch den Stein, ca. Hälfte der Originalgröße



Abb.2: Wasserspeier am Nordchor von St. Stephan in Wien, Auer Kalksandstein um 1350, nach Restaurierung

Zumeist zeigen sich an Kalksandsteinoberflächen schwarze Gipskrusten mit darunter liegenden Mürbzonen. Diese reichen je nach Gesteinsvarietät, Alter, Exponiertheit, Umweltbeeinflussung, Schadstoffbelastung etc. unterschiedlich tief in das Gestein hinein. Diese an Festigkeit reduzierten Steinbereiche können nahezu zerstörungsfrei vor Ort mit Bohrhärtwiderstandsmessgeräten (Bohrerdurchmesser ca. 4 mm) gemessen werden. Messungen mit Ultraschallmessgeräten lassen bei Kalksandsteinen nur vage Rückschlüsse bezüglich der Festigkeitsverläufe zu (Abb. 3).



Abb.3: Ultraschallmessungen bei Nachsorgemessungen an romanischen Säulen des Riesentors aus Breitenbrunner Kalksandstein

Das Wasseraufnahmeverhalten vor Ort wird am besten mit einfachen Karst'sche Prüfröhrchen bestimmt. Leitfähigkeitsmessungen geben Rückschlüsse auf Feuchtigkeitsinfiltration bzw. weisen auf Salzbelastung hin. Zur Bestimmung von weiteren Parametern bedarf es größerer Materialproben und es wird daher zumeist auf Referenzmaterial ausgewichen.

Genaue Analysen von Schadsalzen sowie die Beurteilung etwaiger Farbreste oder anderer oberflächennahen Substanzen können zumeist erst nach Auswertung in dafür autorisierten Fachlabors vorgelegt werden.

Restaurierziel:

Nach den notwendigen Voruntersuchungen und nach Erstellung aussagekräftiger Musterflächen kann das Restaurierziel festgelegt werden. Das Restaurierziel enthält eine nach kunsthistorischen und naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten abgestimmte Vorstellung. Diese gilt es in Abstimmung mit realisierbaren Konservierungsmaßnahmen, die auf Grund der Ansicht von Eigentümern und Denkmalbehörde auf das objektspezifische gewünschte Ergebnis hinzuführen. Zumeist ist neben der Reinigung, Konservierung und Restaurierung auch die Wiederaufnahme der historisch belegten Schutzanstriche (Schlämme) Bestandteil des Restaurierzieles.

Sicherungsarbeiten:

Größere lockere Teile werden dokumentiert, abgenommen und erst nach konservatorischer Behandlung wieder versetzt. Vorhandene Risse oder Rissysteme werden je nach Belastung entweder mit geeigneten porösen Mörtel (zumeist mit Kalk gebunden) oder kraftschlüssigen dauerelastischen Epoxydharzen verpresst. Allerdings können sich Vernadelungen mittels Kohlefaserstäben und deren punktuelle Verklebung als wesentlich sinnvoller erweisen, da dadurch keine Wasser undurchlässige Sperrschicht eingebaut wird. Bei größeren Verankerungen oder Nirostklammern werden diese zur Fixierung vermehrt wieder mit Blei vergossen.

Schalen, Scholen und Abschuppungen von Stein- und Färbungslagen werden mit feinen Hinterfüllmörteln oder Kunstharzen gesichert und bei Bedarf temporär armiert. Stark sandende Oberflächen werden zumeist mit geeignet modifizierten Kieselsäureesterprodukten oder Kunstharzlösungen stabilisiert und damit gefestigt. Oft ist erst nach einer einigermaßen fixierten Oberfläche eine schonende Reinigung möglich.

Reinigung:

Die Reinigung kann zumeist als erster Konservierungsschritt angesehen werden. Sie nimmt einen wichtigen Stellenwert in der Behandlung von Steinoberflächen ein, da durch Reinigungsvorgänge meist die originalen historischen Oberflächen des Kunstdenkmals freigelegt werden. Um Schäden, die durch falsches Reinigen entstehen zu vermeiden, sind sensible Vorgangsweisen und die Wahl der richtigen Reinigungstechniken unerlässlich. Gerade in den letzten 50 Jahren sind durch zu unsensible Reinigungen viele historische Oberflächen (inklusive ihrer Farb- und Putzreste, Werkspuren, Steinmetzzeichen etc.) unserer Steinbauten oder Skulpturen zerstört worden. Reinigungsergebnisse stehen hier hundertjährigen Verwitterungseinwirkungen leider oft um nichts nach. Ziel der Reinigung ist es, schädigende Schmutzbelege (Gips-Russskrusten, Staub, vegetative Besiedelungen, Zement- oder Dispersionsüberzüge, Salzbelege) soweit zu reduzieren oder zu entfernen, dass durch sie keine nachteiligen Auswirkungen für die Steinsubstanz des Kunstdenkmals mehr bestehen.

Im Allgemeinen gibt es folgende Reinigungsmethoden:

- Strahlreinigungsverfahren mit speziell für Stein ausgerichteten Strahldüsen und Strahlmitteln (nass oder trocken). Hier ist neben den maschinellen und den materialspezifischen Parametern die sensible Hand des Reinigers von großer Bedeutung.
- Manuelle Abnahme mittels Feinwerkzeug, wie Hammer und Meißel, pneumatische Mikromeißel, Ultraschallmeißel, Glasradierstifte, Spachteln, Skalpell, etc.
- Chemische Reinigung mit Hilfe von Kompressenverpackungen (z.B. Zellstoff, Bentonit) zur Salzminimierung, Ionenaustauschharze und Ammoniumkarbonatkompressen dienen Umwandlungsprozessen von Schadsalzen (z.B. Kalziumsulfat zu Kalziumkarbonat). Zumeist sind danach Neutralisierungsbehandlungen notwendig.
- Bei vegetativem Befall sind zumeist kationische Seifen ausreichend. Für spezielle Anwendungsgebiete kann auch mittels Laserabtragung ein ausgezeichneter Reinigungserfolg erzielt werden. für die meisten hellen Kalksandsteine stellt die Reinigung durch einen Nd YAG Laser die sensibelste Form der Schmutzentfernung dar (Abb. 4).



Abb.4: Laserreinigung eines gotischen Reliefs (Auer Kalksandstein) durch RestauratorInnen der Fa. E. Pummer

Konservierung:

Individuell sind hier Vorgangsweisen und Festigungsprodukte zu wählen. Zumeist sind für massiv aufgelockerte Gesteinstrukturen mehrmalige Festigungsapplikationen notwendig. Seit über 25 Jahre hat sich für diese Problematik der Einsatz von Kieselsäureester bewährt. Oft sind unterschiedliche Modifikationen und Mischungsverhältnisse für einen guten Festigungserfolg verantwortlich. Dabei kommen unterschiedliche Gelabscheidungsraten, Lösungsmittelzusätze, Katalysatoren etc. zum Einsatz. Leider lässt sich rückblickend feststellen, dass vielfach die Festigungssubstanzen auf Grund falscher Applikationen zu Schalen bildenden Überfestigungen geführt haben. Die Art der Aufbringung von Festigungsmitteln kann nur durch Versuchsreihen festgelegt werden. Im Allgemeinen kann das Festigungsprodukt entweder durch Flutung, Infusionsfestigung, Tränkungsbad oder Vakuumtränkung in den Stein eingebracht werden. Für eine tiefenwirksame Reaktion des Kieselsäureesters sind Folienabdeckungen an den behandelnden Steinoberflächen erforderlich. Ein Festigungsnachweis kann mittels Bohrhärtewiderstandsmessung direkt vor Ort erfolgen.

Hinterfüllungen von kleineren Hohlräumen können zumeist mit feinkörnigen Kittungsmassen gewährleistet werden. Dabei kommen zumeist mit Kalk gebundene Feinkittungen zur Anwendung. Fertigprodukte, wie Letan oder Funcosilmörtel können in manchen Fällen ebenfalls eingesetzt werden. Festigungen mit Kalksinterwasser sind leider sehr zeitintensiv und mitunter ineffizient und kommen deshalb auch fast nie zum Einsatz.

Anböschungen und Ergänzungen:

Erst nach ausreichender Reaktionszeit des Kieselsäureesters sind notwendige Ergänzungen aus Kunststeinmassen oder Naturstein durchzuführen. Die Ergänzungen müssen in ihrer Beschaffenheit dem Originalstein in Struktur, Härte, Dichte, Porosität, Festigkeiten, thermischer- und hygrischer Dehnung in etwa entsprechen, da ansonsten Schäden an der Kontaktzone vorprogrammiert sind. Für

größere Ergänzungen sind gerippte Nirostklammern oder Kohlefaser- und Glasfaserstifte notwendig. Für Kalksandsteine werden Ergänzungsmassen meist aus Kalksanden, Sumpfkalk und Weißzement angemischt. Als Elastifizierung wird zumeist ein Acrylharzzusatz beigemischt. Um einer Überhärtung vorzubeugen, ist auf das Mischungsverhältnis zu achten. Bei Fassadenteilen mit größeren Substanzverlusten können im Einvernehmen mit Eigentümer und Denkmalbehörde Natursteinvierungen und wenn notwendig auch ganze Werksteine neu versetzt werden. Bei formal wertvollen Steinarbeiten (z.B. einer Figur) dürfen nur passgenaue Ergänzungen ohne jeglichen Substanzverlust angesetzt werden.

Aufbringen von Schutzüberzügen:

Auf Grund der zu Anfang erwähnten Grundlagen und der zahlreichen Befunderhebungen sind für Kalksandsteinfassaden und Figuren im Freien unbedingt Kalkschlämmen erforderlich. Nur in den seltensten Fällen kann davon abgesehen werden (z.B. ständige Wintereinhausung). Seit nunmehr ca. 20 Jahren werden derartige Opferschichten wieder aufgebracht. Im Normalfall bestehen diese Schlämme aus Sumpfkalk und Marmormehl und bewahren die Kunstdenkmale bei richtiger Applikationsform für mindestens 10 Jahre vor weiterer Verwitterung. (Abb. 5)



Abb.5, kleinere Formergänzungen mit Kunststeinmasse und Kalkschlämmung eines barocken Kopfes

In letzter Zeit werden Schlämme auch aus dispergiertem Weißkalkhydrat angerührt. Allerdings fehlen hier noch Langzeitergebnisse.

Bei exponierten Fassadenteilen kann nach einem ausreichenden Karbonatisierungszeitraum eine Wasserdampf durchlässige Hydrophobierung (Siloxan/Silikonharz/Silangemisch) sinnvoll sein und die Schutzwirkung der Schlämme verlängern. Bei Bereichen, wo Feuchtehinterwanderung möglich sein könnte, sollte auf jeden Fall auf eine Hydrophobierung verzichtet werden.

Schutzdächer, Verblechungen und Wintereinhausungen:

Seit alters her sind Schutzdächer und Wintereinhausungen eine der effizientesten Schutzmaßnahmen für unsere Denkmäler aus Stein. Vor allem an Gesimsen, Solbänken, Strebepfeilern etc. lassen sich Schutzdächer aus Blei- oder Uninox bestens installieren ohne aufzufallen. Epitaphe, Flurdenkmäler und andere Kunstdenkmale, die längere Zeit über ein ständiges Schutzdach verfügten, weisen oft einen sehr guten Erhaltungszustand auf. Es sei hier nur auf ein Ölbergrelief des Stephansdoms hingewiesen, welchem auf Grund eines derartigen Schutzes nach beinahe 600 Jahren Hängung an der nördlichen Außenfassade nahezu sämtliche Fassungen (5 Fassungen) erhalten geblieben sind.

Es ist erfreulich, dass in der Tradition unserer Vorfahren Steinrestauratoren wieder vermehrt Wartungsmaßnahmen in Form von Opferschichterenernung anbieten. Es ist dies die billigere, aber auch die Substanz schonendere Form der Pflege der aus Kalksandstein geschaffenen Kunstwerke (Abb. 6).



Abb.6: Hl. Bruno, Klosterkirche der Karthause Mauerbach, NÖ, nach Wartungsmaßnahme 2003, (Zogelsdorfer Kalksandstein)

[Abb. 1,2,3,5,6, Nimmrichter, Abb. 4 Pummer]

Literatur:

Nimmrichter, J. & Koller, M.: Opferschichten auf Kalksandstein und Kalkstein-Langzeitperspektiven einer präventiven Konservierungsmethode. – In Turm-Fassade-Portal, Colloquium zur Bauforschung und Denkmalpflege an den Domen von Wien, Prag und Regensburg, S 121-126, Regensburg, 2001, Schnell + Steiner

Vitruv. Zehn Bücher über Achitektur, übersetzt von Fensterbusch C (wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt 1964,

Vasari G., Vasari on Technique, translated by Maclehorse L.S. (1907), Edited by Brown B. (Dover Publications, INC), New York

Dent Weil P. & Orfeo Borselli on the Restauration of Antique Sculpture in Conservation, 12/3, 1967, S 81 -101

Nimmrichter J.: Ergänzungsmassen in der Steinkonservierung, In 20 Jahre Steinkonservierung 1976-96, Restauratorenblätter, S. 135-141, Wien 1996, Mayer u. Comp.

Nimmrichter J. & Krarup T.: Dokumentation in der Steinkonservierung – Theorie und Praxis, In 20 Jahre Steinkonservierung 1976-96, Restauratorenblätter, S 93- 101, Wien 1996, Mayer u. Comp.

Die Mikroflora neogener Gesteine an Ringstraßenbauten

Katja Sterflinger & Hacer Sert

Die Häufigkeit und Diversität gesteinsbesiedelnder Pilze, Bakterien, Algen und Flechten wird in erster Linie durch die physikalisch-chemischen Gesteinsparameter sowie durch die Exposition der Gesteine bestimmt. Neogene Kalke und Kalksandsteine zeichnen sich durch eine relative hohe Porosität und Wasseraufnahmekapazität aus und bieten daher Mikroorganismen gute Wachstumsbedingungen. Die im innerstädtischen Bereich von Wien exponierten Gesteine sind flächendeckend und bis in mehrere Millimeter Tiefe von Pilzen und Bakterien besiedelt. Die in ländlichen Gebieten Niederösterreichs und des Burgenlandes exponierten Gesteinsoberflächen sind in erster Linie von epi- und endolithischen Flechten besiedelt. Die Artenvielfalt der Pilze ist im Stadtbereich wesentlich höher als auf dem Land. Verantwortlich dafür ist zum einen die in der Stadt fehlende Raumkonkurrenz zwischen Flechten und Pilzen sowie die innerstädtische, organische Luftverschmutzung, die das Wachstum der Bakterien und Pilze fördert.

Geoaktive Mikroorganismen

Kalke und Kalksandsteine des Neogens wurden von mikroskopisch kleinen Organismen gebildet. Die Schalen und Carbonatausfällungen der Foraminiferen, Coccolithen, Bryozoen und Algen verleihen dem Stein seine typische Porosität und Erscheinung. Diese zwischen 24 und 1,8 Millionen Jahre alten Gesteine werden schon wenige Tage nach der Exposition einer frischen Oberfläche – durch natürlichen Abbruch oder Bearbeitung – von wiederum geoaktiven Mikroorganismen besiedelt. Diese epi- und endolithischen Pilze, Bakterien, Algen und Flechten prägen das optische Erscheinungsbild des natürlich anstehenden Gesteins ebenso wie all unserer Gebäude und Monumente. Auf beiden verstärken sie die ebenfalls mit der Exposition einsetzenden physikalischen und chemischen Veränderungs- und Verwitterungsprozesse (EASTON, 1994; GRAVESEN et al. 1994; KRUMBEIN, 1993). Pilzsporen, Bakterien- und Algenzellen, die mit der Luft verdriftet werden, gelangen auf die Steinoberflächen und wachsen dort unter geeigneten Bedingungen zu neuen Kolonien, Biofilmen und Myzelien heran. Auf Grund ihrer sehr unterschiedlichen Lebensansprüche sind jedoch nicht alle Organismen gleichermaßen dazu befähigt sich auf den Gesteinen zu etablieren. Die Gesteinsoberfläche ist ein oligotropher Standort und viele der an hohen Nährstoffkonzentrationen gewöhnten Pilze können nicht unter Nährstoffmangel leben (COOKE & WHIPPS, 1993). Viele Bakterien brauchen hohe Wasseraktivitäten und können nicht an einem Standort leben, der durch extreme Feuchte-Trockenwechsel gekennzeichnet ist. Dennoch zeichnen sich Gesteinsoberflächen durch eine erstaunlich hohe Keimdichte aus und bieten einer großen Anzahl von Arten, mit an diesen Standort angepassten ökophysiologischen Eigenschaften, einen besonderen Lebensraum (SAIZ-JIMENEZ, 1994; STERFLINGER & PRILLINGER, 2000).

Die Lebensbedingungen am Stein hängen

- (a) von den physikalisch-chemischen Parametern des Gesteins, wie Porosität, Wasseraufnahmekapazität, pH-Wert, und
- (b) von den klimatischen und sonstigen Umweltfaktoren, wie Temperatur, UV-Einstrahlung, Niederschlag, organische Luftverschmutzung ab.

Um die biogenen Verwitterungsprozesse an denkmalgeschützten Gebäuden in Wien besser verstehen zu können, wurde in den Jahren 2000 bis 2003 die Fassade des Naturhistorischen Museums in Wien, die Fassade des Rathauses in Wien und vergleichend Steinbrüche in Niederösterreich sowie im Burgenland hinsichtlich ihrer mikrobiellen Besiedlung untersucht.

Die Mikroflora neogener Kalksandsteine

Die nachfolgend beschriebenen Gesteine stehen exemplarisch für Kalke und Kalksandsteine, die in der Zeit der Errichtung der Bauwerke an der „Wiener Ringstraße“ aber auch für andere Monumentalbauten wie z.B. den Wiener Stephansdom häufig verwendet wurden (KIESLINGER, 1972):

- Aflenzer Kalkstein (Naturhistorisches Museum, Wien)
- Breitenbrunner Foraminiferen-Kalksandstein (Naturhistorisches Museum, Wien)
- Mannersdorfer Kalksandstein (Rathaus, Wien; Steinbruch Mannersdorf im Burgenland)
- St. Margarethener Kalksandstein (Naturhistorisches Museum, Rathaus, Wien; Römersteinbruch im Burgenland)
- Zogelsdorfer Kalksandstein (Naturhistorisches Museum, Rathaus, Wien; Johannessteinbruch bei Eggenburg in Niederösterreich)

Die Kalke und Kalksandsteine sind sowohl in der Stadt wie auch in den Steinbrüchen von Pilzen und Bakterien besiedelt. Die Besiedlung der Gesteine in Wien ist in erster Linie in den Porenräumen und Rissen des Gesteins lokalisiert und kann an Spaltflächen als durchgehender Biofilm auftreten (Abb. 2C, D, E). Der sehr poröse St. Margarethener Stein zeichnet sich durch die höchsten Besiedlungsdichten aus. Vom Aflenzer Kalk konnten keine Organismen isoliert werden. Dieser Stein bildet bei Exposition durch sekundäre Mineralisierung eine sehr fest geschlossene Oberflächenhaut aus, die das Eindringen der Mikroorganismen erheblich erschwert.

In Tabelle 2 sind die typischen, auf den neogenen Kalken vorkommenden Pilzarten aufgeführt. Von den 20 in der Stadt regelmäßig auftretenden Pilzarten sind nur fünf Arten bereits in den Steinbrüchen am Stein vorhanden. Alle weiteren Arten kommen erst im Laufe der jahrelangen Exposition in der Stadt hinzu. Flechtenbesiedlung tritt fast ausschließlich in den ländlichen Gebieten auf und kann dort eine komplette – den Sinterkrusten in der Stadt optisch ähnliche –

Verkrustung und Verschwärzung des Gesteins verursachen (Abb. 1D und 2B). Da ein Großteil der Flechten sehr empfindlich auf Luftverschmutzung reagiert und in der Stadt abstirbt, findet man in der Stadt mit wenigen Ausnahmen keine Besiedlung durch Flechten.

Auf Basis der hier durchgeführten Untersuchungen und aus anderen Studien stammender Ergebnisse (BRAAMS, 1992) kann festgestellt werden, dass der Mikropilz *Epicoccum nigrum* sowie dessen Synanamorphe aus der Gattung *Phoma* zu den häufigsten Besiedlern von Steinoberflächen in gemäßigten Klimaregionen gehören. *Epicoccum nigrum* ist ein bislang in erster Linie als Bodenbewohner bekannter Pilz, der durch Produktion der Pigmente β -Carotin, γ -Carotin, Rhodoxanthin und Torularhodin leuchtend rot-orange Myzelien bildet. Bisher ist ungeklärt, in wie weit die Pigmentierung von *E. nigrum* zur Verfärbung und Patinierung der Gesteinsoberflächen beiträgt.

Die schwarzen, klumpenartigen Kolonien von *Mycocalicium victoriae* sind in hoher Anzahl auf den Gesteinen der Steinbrüche zu finden (Abb. 2A). Dieser Pilz tritt in Assoziation mit den Flechten auf und geht daher mit Rückgang der Flechten im Stadtgebiet zurück.

Die als echte Spezialisten der Gesteinsbesiedlung und Zerstörung anzusehenden schwarzen Hefen und meristematischen Pilze *Capnobotryella* sp. (Abb. 2D), *Coniosporium apollinis*, *C. perforans*, *Exophiala* sp. und *Sarcinomyces petricola* treten fast ausschließlich im Stadtgebiet auf. Dieses ist darauf zurückzuführen, dass diese Pilze (a) im ländlichen Gebiet von den Flechten in Raumkonkurrenz verdrängt werden und (b) die in der Stadt verstärkt vorhandenen organischen Luftinhaltsstoffe inklusive der Kohlenwasserstoffe als Nahrungsgrundlage nutzen können.

Tabelle 1: Durchschnittliche Keimzahlen von Pilzen und Bakterien (KBE = Kolonie Bildende Einheiten)

Gesteinsart	Bakterien (KBE)*		Pilze (KBE)*	
	Stadt Wien	Land	Stadt Wien	Land
Aflenzer Kalk	0	n.d.	0	n.d.
Breitenbrunner Kalksandstein	$3,4 \cdot 10^4$	n.d.	$2,3 \cdot 10^5$	n.d.
Mannersdorfer Kalksandstein	$1,6 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^2$
St. Margarethener Kalksandstein	$2 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$
Zogelsdorfer Kalksandstein	$5,7 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^2$

*Die hier aufgeführten Werte sind Durchschnittswerte aus jeweils bis zu 20 an den Gebäuden bzw. Steinbrüchen im Zeitraum von 2 Jahren entnommenen Proben.

Tabelle 2: Pilzvorkommen auf den Gesteinen. Die Pilze wurden durch DNA-Sequenzierung identifiziert (STERFLINGER & PRILLINGER, 2000)

Pilzspezies Land	Pilzspezies Stadt Wien
<i>Alternaria tenuissima</i>	<i>Alternaria tenuissima</i>
	<i>Aureobasidium pullulans</i>
	<i>Capnobotryella</i> sp. nov.
	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>
	<i>Cladosporium tenuissimum</i>
	<i>Coniosporium apollinis</i>
	<i>Coniosporium perforans</i>
	<i>Coniothyrium</i> sp.
	<i>Cryptococcus</i> sp.
<i>Epicoccum nigrum</i>	<i>Epicoccum nigrum</i>
	<i>Exophila</i> sp. nov.
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
	<i>Geotrichum</i> sp.
	<i>Phialophora</i> sp.
	<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveata</i>
	<i>Phoma glomerata</i>
	<i>Phoma macrostoma</i>
<i>Mycocalicium victoriae</i>	<i>Mycocalicium victoriae</i>
	<i>Sarcinomyces petricola</i>

Biogene Verwitterung neogener Kalke und Kalksandsteine

Mikroorganismen sind geoaktive Agenzien und tragen in erheblichem Maße zur Umwandlung und Verwitterung von Gesteinen bei (BRILL, 1995). Die wesentlichen, an den hier untersuchten Gesteinen beobachteten Folgen des Bewuchses sind:

- (A) Die optische Veränderung der Oberflächen durch die schwarz-braune Pigmentierung der mikrokolonialen Pilze, der schwarzen Hefen (Abb. 1B, 2A) und der schwarz-braunen Flechtenthalli (Abb. 1D, 2B). Die schwarz pigmentierten Pilze können an manchen Stellen Krusten ausbilden, die makroskopisch granulären Sinterkrusten ähneln.
- (B) Die Anlösung des Gesteins durch Kohlensäure. Durch die Respiration der im Gestein vorhandenen chemorganotrophen Pilze und Bakterien entsteht Kohlendioxid, welches in der wässrigen Umgebung der Porenräume zu Kohlensäure reagiert. Dadurch kommt es zur Anlösung des carbonatischen Gesteins und in Folge tritt ein mit Schalen- und Rissbildung einhergehender Materialverlust ein. Die Bildung organischer Säuren kann noch zusätzlich zu diesem Prozess beitragen, konnte jedoch bei keinem der hier beschriebenen Organismen unter Laborbedingungen nachgewiesen werden.
- (C) Das Durchwachsen und Absprengen von Fassungen und Schlämmen (Abb. 1C). Werden Fassungen oder Schlämmen auf nur oberflächlich gereinigte Steine aufgebracht, wachsen die aus dem Porenraum rasch wieder an die Oberfläche und es kann bereits wenige nach Aufbringen der Schlämmen zu Absprengungen und Verfärbungen kommen.

Vorbeugung und Bekämpfung der Mikroflora

Die Lebensstrategien der Bakterien und Pilze basieren auf einer bis zu 3,8 Milliarden Jahre alten Evolutionsgeschichte. Diese hat eine so enorme Vielfalt an Anpassungsmechanismen hervorgebracht, dass es unmöglich ist die biogene Verwitterung an frei exponierten Gebäudeoberflächen völlig zu unterbinden.

Um die biogene Verwitterung kulturell wertvoller Monumente auf ein Minimum zu reduzieren, sollten folgende Grundsätze befolgt werden:

- (1) Die regelmäßige Reinigung ist die Grundlage zur Vermeidung eines fortschreitenden Zerstörungsprozesses,
- (2) Das Aufbringen von Hydrophobierungsmitteln bringt nur einen kurzfristigen Schutz vor der Wiederbesiedlung, denn sobald die Hydrophobierung Lücken aufweist, dringt Wasser ins Gestein ein und in Folge entsteht ein treibhausartiges Kleinklima im Gesteininneren, das dem mikrobiellen Bewuchs sogar förderlich ist (KRUMBEIN & GORBUSHINA, 1995),
- (3) Das Einbringen von Kohlenstoffquellen, Stickstoff oder Phosphat, z.B. als Bestandteile von Steinfestigungsmitteln, sollte weitestgehend vermieden werden und
- (4) die Anwendung von bioziden Wirkstoffen kann sinnvoll sein, sollte aber immer Objektspezifisch abgeklärt werden.

Während der mikrobielle Bewuchs auf den vom Menschen gemachten Objekten ein unerwünschter Effekt ist – wenn er auch bisweilen durch seine spezifische Patina zur romantischen Verklärung beiträgt – darf man nicht vergessen, dass die biogene Gesteinsverwitterung in der freien Natur eine gewaltige geologische Kraft darstellt, die den Zyklus der Elemente katalysiert.

Dank

Frau Mag. G. Zober (Konservierung/Restaurierung Wedenig) und Herr Mag. J. Nimmrichter (Amtsteinkonservator, Bundesdenkmalamt) waren bei der Auswahl der Probenstandorte und bei der Probenahme eine große Hilfe. Prof. Dr. A. Rohatsch danke ich für das Zurverfügungstellen der Gesteinskartierung der Musterachse des Naturhistorischen Museums.

Literatur

- BRAAMS, J. (1992): Ecological studies of the fungal microflora inhabiting historical sandstone monuments. PhD thesis, 104 S., Oldenburg.
- BRILL, H. (ed) 1995. Mikrobielle Materialzerstörung und Materialschutz. - Gustav Fischer Verlag, 290S., Jena.
- COOKE, R. C. & WHIPPS, J. M. (1993): Ecophysiology of fungi. – Blackwell Scientific Publications, 337 S., Oxford.
- EASTON, R. M. (1994): Lichens and rock: a review. – Geoscience Canada **21**, 59-76, Calgary.
- GRAVENSEN, S., FRISVAD, J.C., SAMSON, R. A. (1994): Micro-fungi. Damaging effects on building materials. – Munksgaard, 20 S., Copenhagen.
- KIESLINGER, A. (1972): Die Steine der Wiener Ringstrasse – Ihre technische und künstlerische Bedeutung. Franz Steiner Verlag GmbH, 665 S., Wiesbaden.
- KRUMBEIN, W. E. (1993): Zum Begriff Patina, seiner Beziehung zu Krusten und Verfärbungen und deren Auswirkungen auf den Zustand von Monumenten. – In: Jahresberichte Steinzerfall - Steinkonservierung, Bd 3, Verlag Ernst und Sohn, 215-229, Berlin.
- KRUMBEIN, W. E & GORBUSHINA, A. A. (1995): On the interaction of water repellent treatments of building surfaces with organic pollution, micro-organisms and microbial communities. - In: WITTMAN, F., SIEMES, T. & VERHOEF, L. (eds): Surface Treatment of Building Materials with Water Repellent Agents, Delft.
- SAIZ-JIMENEZ, C. (1994): Biodeterioration of stone in historic buildings and monuments. – In: LIEWELLYN GC, DASHEK WW, O'REAR C. E. (eds): Biodeterioration research **4**, Mycotoxins, Wood decay, Plant Stress, Biocorrosion and general Biodeterioration. Plenum, 587-603, New York.
- STERFLINGER, K. & PRILLINGER, H. (2000): Molecular taxonomy and biodiversity of rock fungal communities in an urban environment (Vienna, Austria). – Antonie van Leeuwenhoek **80**, 275-286.

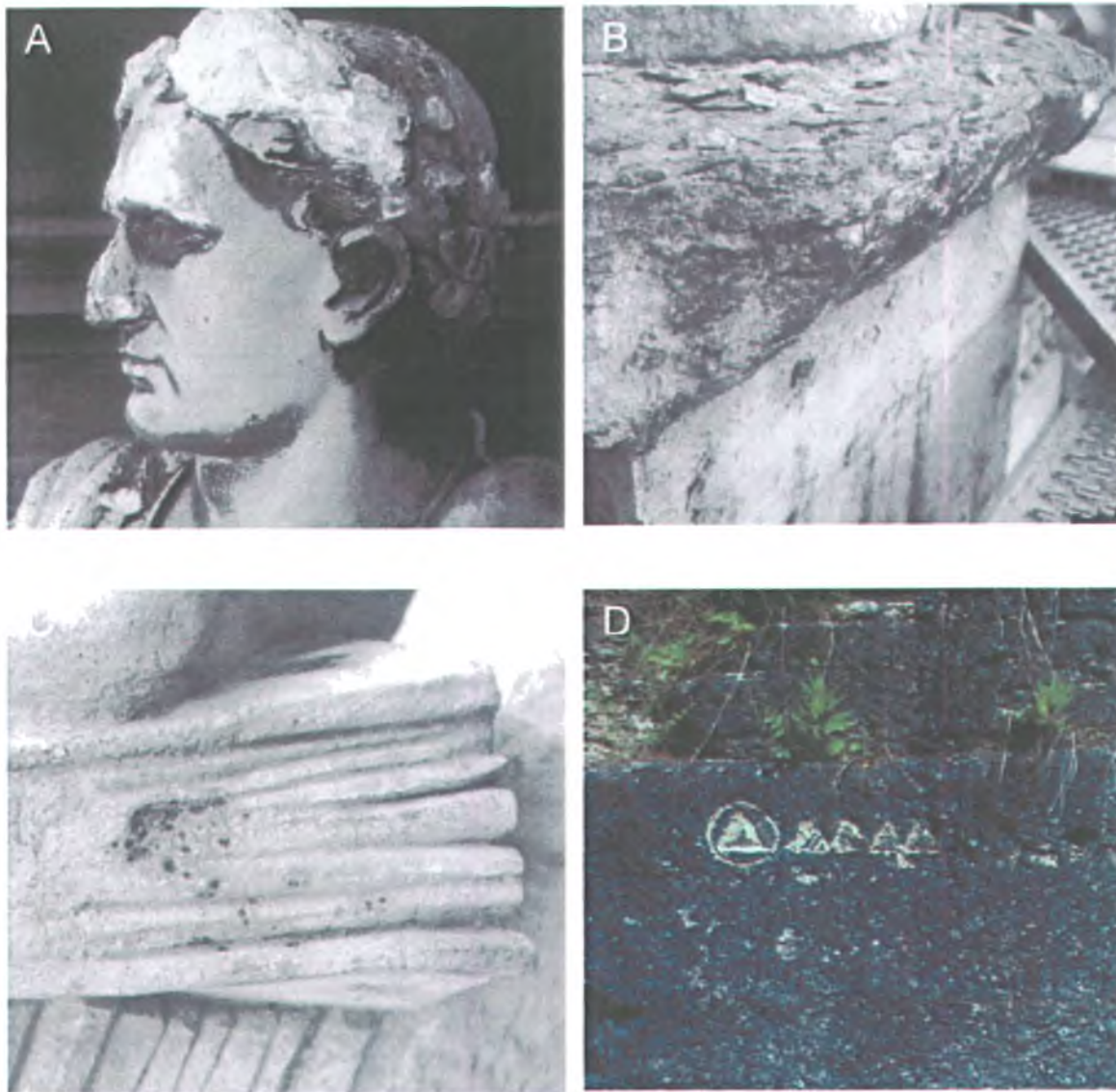


Abb.1:

(A) Fassade des Naturhistorischen Museums, stark geschädigte Figur aus Kalksandstein. Die Schwärzung ist durch ein Gemisch aus Sinterkruste, Pilzwachstum und Schmutz hervorgerufen.

(B) Schalige, aufstehende Bereiche an Zogelsdorfer Kalksandstein. Die Mikroorganismen sind in den Spaltflächen lokalisiert (siehe auch Abb. 2E)

(C) Dach des Naturhistorischen Museums, Teil einer geschlammten Figur aus Kalksandstein. Die schwarzen Grübchen im Stein und in der Schlärme sind durch schwarze Hefen verursacht.

(D) Zogelsdorfer Kalksandstein im Johannessteinbruch. Die Oberfläche ist durch Krustenflechten verschwärzt.

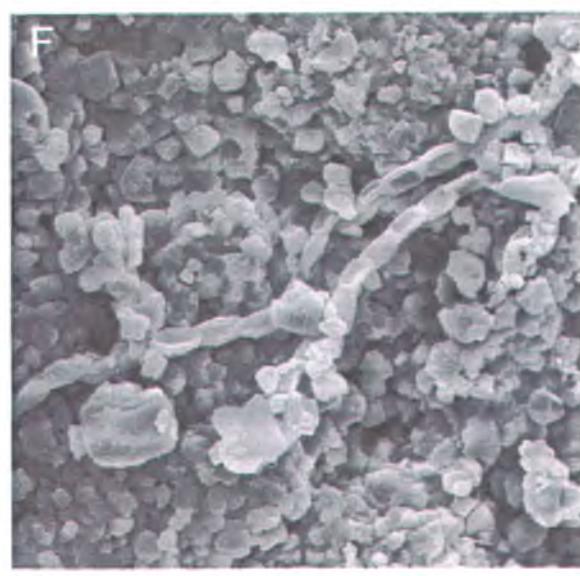
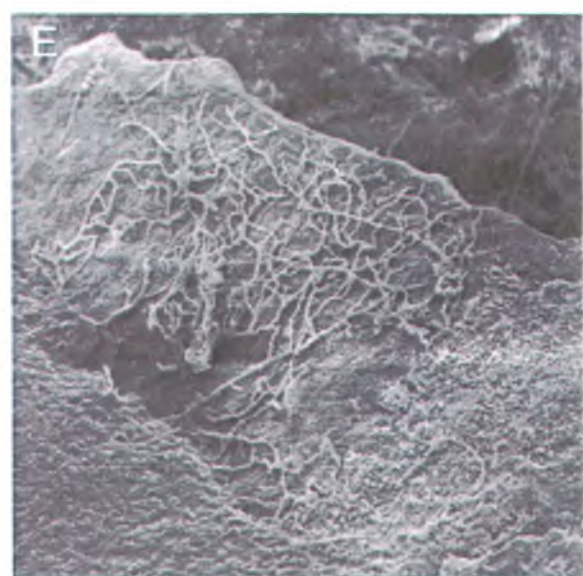
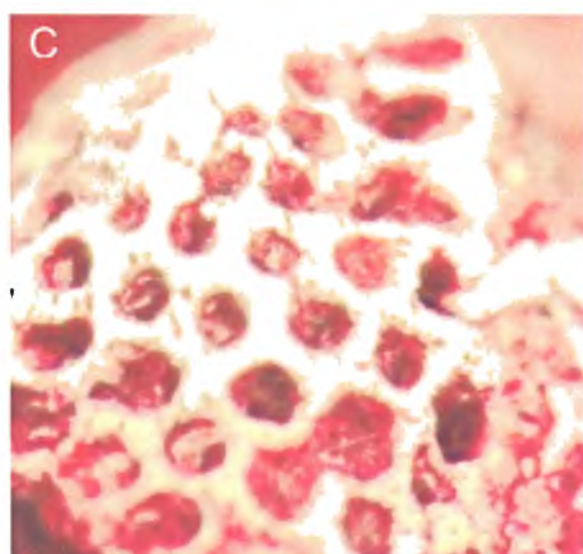
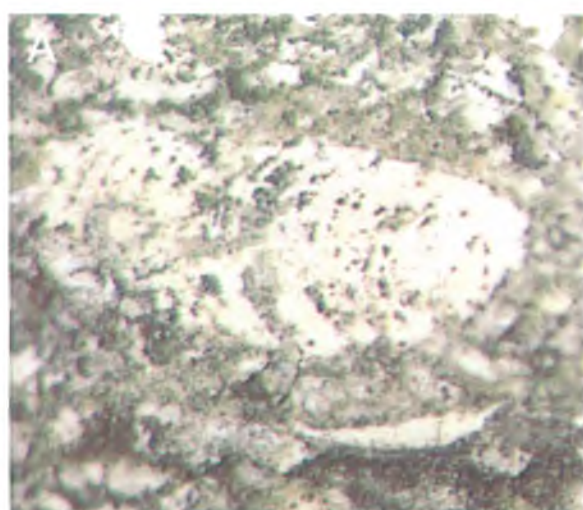


Abb. 2:

- (A) Römersteinbruch, Mikrokolonien Schwarzer Pilze;
- (B) Flechtenbewuchs auf St. Margarethener Stein im Römersteinbruch;
- (C) Probe von Zogeldorfer Kalksandstein. Die Biofilme wurden mit Perjodsäure-Schiffs Reagenz angefärbt. Die in einer Foraminiferenschale vorhandenen Poren sind mit Organismen fast vollständig ausgefüllt.
- (D) Solche dickwandigen, dunkel pigmentierten Pilze – hier *Capnobotryella* sp. – sind Spezialisten der Gesteinsbesiedlung und Zerstörung.
- (E) Rathaus, St. Margarethener Kalksanstein, rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Pilzmyzels auf der Rückseite einer Gesteinsscholle (x 500).
- (F) Rathaus, Mannersdorfer Kalksandstein, Pilzhyphen und Sporenträger (x 960).

Tabelle neogener Steinbrüche in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland

Lokalität	Alter	Gestein	Bd.-land	Bez.	Gem.	ÖK-Nr.	GBA-Nr.	Status	BMN L	BMN B	NR	RW_M34	HW_M34
Windpassing	Karpatium	Sandstein (Quarzreich)	N	HL	Grabern	22	022/177-M	Deponie	728688	387606	022/177-M	728689	387607
Hauskirchen	Sarmatium	Cerithienkalk, Oolith	N	GF	Hauskirchen	25	025/162	Stillgelegt	781850	386950	025/162	781850	386950
Nußdorf (Wien XIX.) Eichelhofweg	Badenium	Algenschuttkalk (Geröllführend), Kalksandstein (Quarzreich)	W	W	Döbling	41	041/53A	Stillgelegt	752100	347400	041/053A	752100	347400
Velm – Götzendorf	Pannonium	Sandstein	N	GF	Velm-Götzendorf	42	042/001	Stillgelegt	784630	371320	042/001	784630	371320
Kalksburg (Wien XXIII.) Zemlinskyg.	Badenium	Konglomerat	W	W	Liesing	58	058/012	Naturdenkmal	744200	333750	058/012	744020	333750
Atzgersdorf / Robinsonweg	Sarmatium	Kalksandstein, Oolith	W	W	Liesing	58	058/313C	Stillgelegt	746360	333650	058/313C	746360	333650
Wolfsthal	Sarmatium	Cerithienkalk, Oolith	N	BL	Wolfsthal-Berg	61	061/004 & 061/005	Stillgelegt	799250	332680	061/004	799250	332680
Bad Deutsch Altenburg	Badenium	Algenschuttkalk, Brekzie	N	BL	Hainburg a.d. Donau	61	061/010	Stillgelegt	794000	332500	061/005	798800	332550
Edelstal	Pannonium	Sandstein	B	BL	Prellenkirchen	61	061/17	Stillgelegt	798150	328590	061/010	794000	332500
Lindabrunn	Badenium	Konglomerat, Grobsandstein	N	BD	Enzesfeld-Lindabrunn	76	076/005	in Betrieb	737200	308550	061/017	798150	328590
Baden / Rauchstallbrunngraben	Badenium	Algenschuttkalk	N	BD	Baden	76	076/009	Stillgelegt	740050	317800	061/246	794350	332600
Wöllersdorf	Badenium	Algenschuttkalk	N	WN	Wöllersdorf-Steinabrückl	76	076/033	Stillgelegt	737200	301900	076/005	737200	308550
Bad Fischau	Badenium	Konglomerat	N	WN	Bad Fischau-Brunn	79	076/18	Stillgelegt	736320	299380	076/009A	740050	317750
Loretto / Czernybruch	Sarmatium	Algen-Foraminiferen-Kalksandstein	B	EU	Leithaprodersdorf	77	077/017	Stillgelegt	364100	307650	076/009B	740350	317800

Lokalität	Alter	Gestein	Bd.- land	Bez.	Gem.	OK- Nr.	GBA-Nr.	Status	BMN L	BMN B	NR	RW_M34	HW_M34
Müllendorf	Badenium	Algenschuttkalk, Korallenriffkalk, "Kreide"	B	EU	Großhöflein- Müllendorf	77	077/022-24	in Betrieb	760600	300550	076/018	736320	299380
Au a. L. / Edelmühle	Sarmatium	Algen-Foraminiferen- Kalksandstein	B	BL	Au a. L.	77	077/65-M	Stillgelegt	765900	308850	076/033	737200	301900
St. Margarethen	Badenium	Algen-Foraminiferen- Kalksandstein	B	EU	St. Margarethen	78	078/003A	in Betrieb	772500	296000	077/017	764100	307650
Mannersdorf a. L. /	Badenium	Corallinaceenkalk	B	BL	Mannersdorf	78	078/014	in Betrieb	770800	314300	077/022- 024	758900	302000
Breitenbrunn	Sarmatium	Foraminiferensandstein	B	EU	Breitenbrunn	78	078/025	Stillgelegt	779400	312850	077/065- M	765900	308850
Sommerein	Pannonium	Algenschuttkalk mit Quarzgeröllen, Algen- Foraminiferen- Kalksandstein	N	BL	Sommerein	78	078/038	Stillgelegt	774400	316500	078/003A	772500	296000
Oslip / Silberberg	Badenium	Algenschuttkalk	B	EU	Oslip	78	078/048	Stillgelegt	772700	298000	078/014	770800	314100
Kaiserstein- bruch Hausbruch	Badenium	Algen-Foraminiferen- Schuttkalk	B	ND	Bruckneudorf	78	078/058	Stillgelegt	777700	316500	078/025	779400	312850
Winden	Badenium Sarmatium Pannonium	Algenschuttkalke (Badenium); Bivalven- lumachellen & Algen- schuttkalke(Sarmatium) Algenschuttkalke, quarzführend (Pannonium)	B	ND	Winden am See	78	078/238	Deponie	781320	299380	078/038	774400	316500
Rohrbach	Pannonium	Konglomerat	N	NK	Ternitz	105	105/007	in Betrieb	729000	287780	078/048A- (M)	772770	297960



STEINWERK UND TREPPENBAU

2170 POYSDORF, JOHANNESSEDLUNG 1, TEL. 02552/2400, FAX. 2400/6
1140 WIEN, PENZINGERSTRASSE 128, TEL. 0222/894 77 64

Homepage: www.rada.at E-Mail: office@rada.at



Palais Liechtenstein



Visionen brauchen einen Partner für die Realisierung.

Wir sind ein mittelgroßes Steinmetzunternehmen und haben uns auf die Verarbeitung von Naturstein besonders in der gehobenen privaten Ausstattung und Geschäftsbau mit überdurchschnittlichem Qualitätsanspruch spezialisiert.

Weiters gehört die klassische Steinrenovierung und Restaurierung zu unserem Geschäftsfeld.

Bäder, Küchen, Bodenbeläge, Wandverkleidungen Und Fassaden oder spezielle Massivarbeiten wie z.B. am Stephansdom – wir sind es gewohnt auch die höchsten Ansprüche zu erfüllen.

Individuelle Materialauswahl, Gestaltung und technische Beratung, Anfertigung und Montage – die Gesamtleistung ist unsere Stärke.



Wolfgang Ecker

Gesellschaft m. b. H.

SEITE 1900

Zentrale:
A-2214 Traiskirchen
Radlauer Straße 75
Telefon: 022 52 22 40
Fax: 022 52 22 47
E-Mail: office@ecker-sten.at
Homepage: www.ecker-sten.at

SEITE 1900

Ihr Partner für Renovierung
und Denkmalpflege, sowie
sämtliche Steinmetzarbeiten

DER STEINMETZ FÜR RENOVIERUNG UND DENKMALPFLEGE

.....

Neben den angestammten Steinmetzarbeiten für Neubauten – Plattenverlegung, Badezimmer der gehobenen Klasse – hat sich die alteingesessene Traiskirchner Firma Ecker besonders auf die Bereiche Renovierung, Restaurierung und Konservierung von historischen Bauwerken, wie Parlament, Rathaus, Bundestheater, Dr.-Karl-Lueger-Kirche am Wiener Zentralfriedhof, Gloriette, Hofburg/Albertina, Belvedere usw. spezialisiert. Einer der Hauptkunden von Wolfgang Ecker ist das Bauamt der Erzdiözese Wien.

In rund der Hälfte der in den letzten Jahren renovierten Kirchen (z. B. Votivkirche), waren Ecker-Fachkräfte am Werk. Weiters wird der Steinmetzbetrieb regelmäßig mit Renovierungsarbeiten am Stephansdom beauftragt. Hier müssen Baudetails wie Maßwerke, Fialtürmchen u. Ä. gänzlich nachgebaut werden; alte Handwerkstechniken, wie die Verbleiung von Fugen, kommen zum Einsatz.

Statenoper





**STEINMETZBETRIEB
F. OPFERKUH**

Fa. Friedrich Opferkuh Ges.m.bH, A – 2452 Mannersdorf, Hauptstr. 27
Tel. 02168 / 62385 Fax: 02168 / 62385-5 E-Mail: opferkuh@aon.at

***Restaurierungen und handwerklich anspruchsvolle Arbeiten in Haus und Garten
Kostenlose Beratung – Planung – Angebot***



**Schloss Schönbrunn
Freitreppe**



**Stiegen, Böden,
Küchenarbeitsplatten**



GUSTAV HUMMEL
GMBH & CO. KG



STEINMETZ- UND STEINBRUCHBETRIEBE, MARMORWERKSTÄTTEN

ZENTRALE: 1160 WIEN, HERBSTSTRASSE 63 | T: 01/492 42 38 F: 01/492 42 38 15
WERK: 2452 MANNERSDORF/LEITHAGEBIRGE, HOFSTADL 4 | T: 02168/623 67
STEINBRUCH: 7062 ST. MARGARETHEN IM BURGENLAND | T: 02680/21 64
WWW.HUMMEL-STEIN.AT OFFICE@HUMMEL-STEIN.AT



ATELIER ERICH PUMMER

Steinrestaurierung / Denkmalpflege / Konzepte
 Skulpturen / Denkmale / Bildhauerarbeiten
 Architektur / Fassaden / Polychromie
 Spezielle Reinigungsmethoden & Lasertechnik
www.lasertech-artcons.at



ISSN 10 21-7533