
Gesteine – Gewinnung & Verarbeitung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
B. Schwaighofer & W. Eppensteiner	
1. Einführung in die Gesteinskunde	5
B. Schwaighofer	
2. Die geologischen Einheiten Niederösterreichs und des Burgenlandes	11
B. Schwaighofer	
3. Verfahren zur Erlangung von Abbauberechtigungen	23
G. Weixelberger & E. Claas	
4. Gewinnung und Verarbeitung von Werkstein	27
A. Rohatsch	
5. Gewinnung und Aufbereitung von Gesteinskörnungen	43
W. Eppensteiner	
6. Prüfmethode für Gesteinskörnungen und Korngemische	51
W. Strasser	
7. Prüfung von Werkstein	63
A. Rohatsch	
8. Möglichkeiten der Nachnutzung – eine neue Chance für die „belebte“ Natur	73
G. Schumacher & Thomas Hofmann	
Anhang	
Normenliste	79
Kennwerte Naturstein (Richtwerte)	84
Geologisches Glossar [H.G. Krenmayr]	85
Geologische Zeittabelle	91

Adressen der Autoren

Eckehart CLAAS, DI., WBA-Wopfinger Bergbau- u. Aufschließungs GmbH, Brückenstraße 3, A-2522 Oberwaltersdorf

Walter EPPENSTEINER, ao.Prof. Dr., Technische Universität Wien, Institut für Ingenieurgeologie, Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Thomas HOFMANN, Mag., Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1030 Wien

Hans Georg KRENMAYR, Mag. Dr., Geologische Bundesanstalt, Tongasse 10-12, A-1030 Wien

Andreas ROHATSCH, ao.Prof. Mag. Dr., Technische Universität Wien, Institut für Ingenieurgeologie, Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Georg SCHUMACHER, DI., Büro für Landschaftsplanung Matrosengasse 6, A-1060 Wien

Bernd SCHWAIGHOFER, Univ.Prof. Dr., Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Angewandte Geologie, Peter Jordan-Str. 70, A-1190 Wien

Walter STRASSER, Mag., Technische Prüfanstalt GmbH., Polgarstr. 30, A-1220 Wien

Günther WEIXELBERGER, Mag., Ingenieurbüro für Geologie, Alleegasse 27, A-2823 Pitten

Vorwort

Im Jahr 1956 veröffentlichte A. KIESLINGER "Die nutzbaren Gesteine Kärntens" und 1964 folgten "Die nutzbaren Gesteine von Salzburg".

Als ehemaligen Assistenten (Walter Eppensteiner, Bernd Schwaighofer) von Alois KIESLINGER war uns wohl bekannt, wie umfangreich seine weiteren Unterlagen zur Fortsetzung dieser Bundesländermonographien waren. Leider konnte KIESLINGER selbst keine der geplanten Veröffentlichungen mehr fertig stellen.

Als seine seinerzeitigen Mitarbeiter schien es uns z.T. auch eine moralische Verpflichtung zu sein, sein Werk fortzusetzen und seine umfangreichen Vorarbeiten entsprechend zu sichten und in seinem Sinn weiterzuführen.

Natürlich sind seit der Publikation der Salzburger Monographie fast 40 Jahre vergangen, die erdwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und die gesteintechnologischen Prüfverfahren haben sich enorm weiterentwickelt. Andererseits gibt es auch niemanden mehr, der wie seinerzeit KIESLINGER Jahrzehnte lang Geländestudien für einzelne Projekte betreiben kann und damit auch einen ungeheuren Erfahrungsschatz zusammentragen bzw. Daten auf sammeln kann.

Somit wird klar, dass ein Werk wie die vorliegende Reihe "Nutzbare Gesteine von Niederösterreich und Burgenland" heute nur mehr von einem Autorenkollektiv zusammen gestellt werden kann und dass auch an die Methodik der erforderlichen Untersuchungen, Ausarbeitungen und Interpretationen andere Anforderungen als früher gestellt werden.

Zusätzlich hatten die Studien KIESLINGER's auch immer - was mit seiner Persönlichkeit eng verknüpft war - besondere kulturhistorische Aspekte, die in seiner einmaligen Art niemand mehr verwirklichen kann.

Dennoch hoffen wir mit dieser Fortführung der KIESLINGER'schen Bundesländermonographien seinen Intuitionen entsprochen und in seinem Sinn bzw. seiner Tradition weiter gearbeitet zu haben.

1. Einführung in die Gesteinskunde

Obwohl viele der in der Natur vorkommenden Gesteine einen sehr harten, festen und damit beständigen Eindruck machen, sind auch sie in ihren Eigenschaften veränderlich. Nur kann ihre Veränderung bzw. manchmal auch Zerstörung geologische Zeiträume, d.h. eventuell auch Millionen von Jahren, erfordern.

Die Bildung und auch die Zerstörung der Gesteine kann durchaus in einem Kreislauf gesehen werden, in dem sich bestimmte Prozesse im Verlauf der Erdgeschichte immer wieder abspielen können. Tatsächlich laufen sowohl in der Erde als auch auf der Erdoberfläche ständig Umwandlungs- und Transportvorgänge ab, die die Gestalt der Erde, ihre Landschaftsformen, aber auch das sie aufbauende Gesteinsmaterial ununterbrochen verändern (siehe Abb. 1).

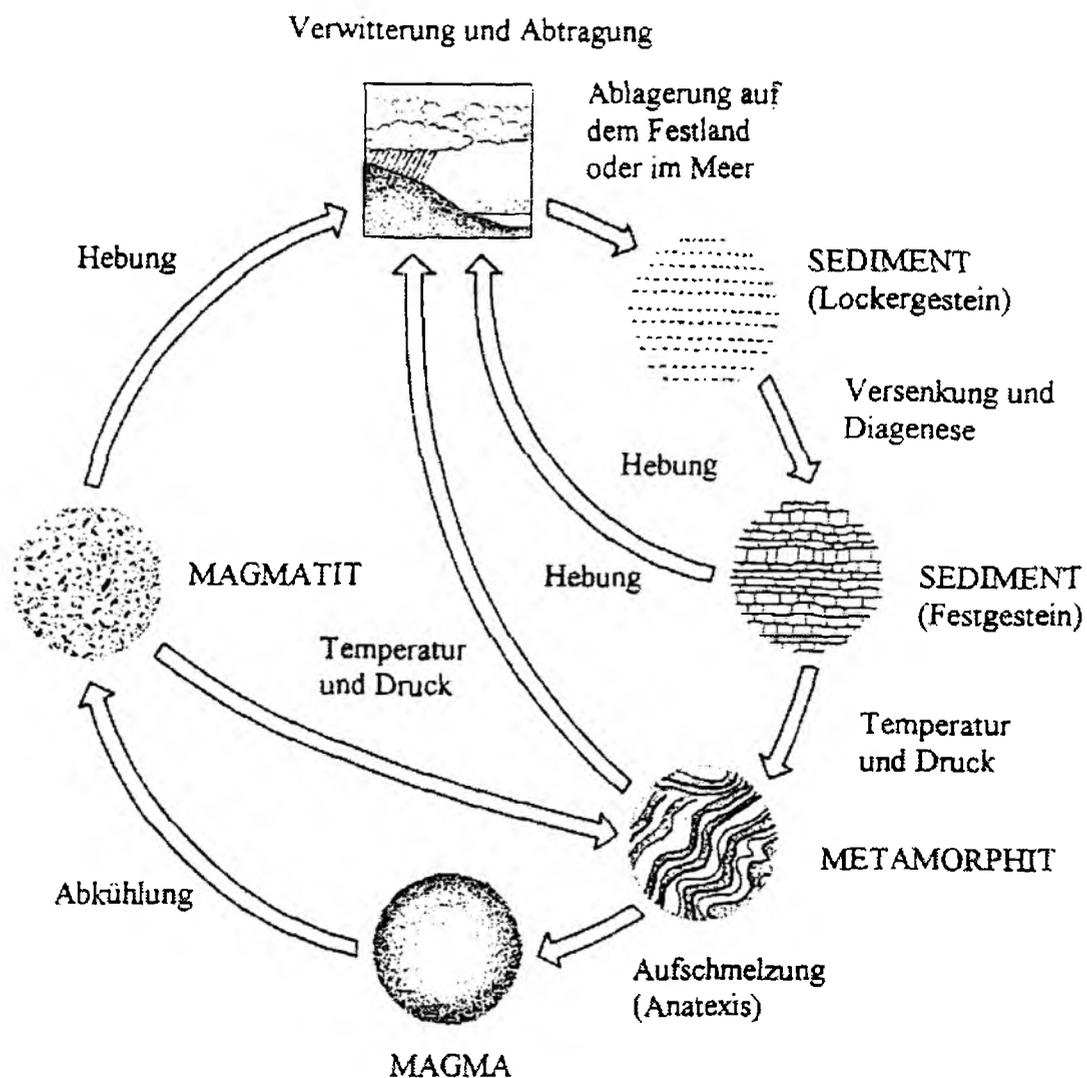


Abb. 1: Gesteinskreislauf

Magmatische Gesteine

Wie schon der Name ausdrückt, ist diese Gesteinsgruppe durch Erstarrung aus dem sog. Magma – dem silikatischen Schmelzfluss des Erdinneren – entstanden.

Erfolgt diese Erstarrung und damit auch Abkühlung langsam und in großer Tiefe, entstehen Tiefengesteine bzw. Plutonite. Wenn dagegen der Schmelzfluss im Zuge von vulkanischen Ereignissen die Erdkruste durchbricht, erstarrt das Magma unter Oberflächenbedingungen sehr rasch, und es bilden sich Ergussgesteine bzw. Vulkanite.

Es kann aber auch dazu kommen, dass das aufsteigende Magma in Spalten des Nebengesteins erstarrt, und es entstehen die sog. Ganggesteine, die demnach eine Zwischenstellung zwischen Tiefen- und Ergussgesteinen einnehmen (siehe Abb. 2).

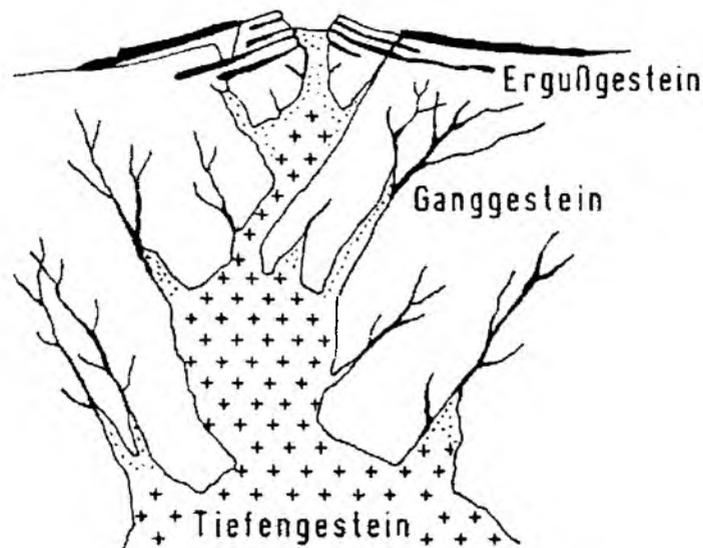


Abb. 2: Schema der magmatischen Gesteine

Auf Grund ihrer mineralogischen und damit auch chemischen Zusammensetzung können die magmatischen Gesteine gegliedert werden, wobei sich zu jedem Tiefengestein ein vollkommenes äquivalentes Ergussgestein ergibt.

Tab. 1: Vereinfachte Gliederung der magmatischen Gesteine

	Sauer >65% SiO₂	Intermediär 52-65% SiO₂	Basisch <52 SiO₂
Tiefengesteine	Granit	Syenit Granodiorit Tonalit Quarzdiorit Diorit	Gabbro
Ganggesteine	Pegmatit Aplit	Lamprophyr	
Ergussgesteine	Rhyolith (Quarzporphyr, Liparit)	Trachyt Trachyandesit (Latit) Andesit	Basalt Diabas Dolerit Melaphyr

Sedimentgesteine

Auch diese Gesteinsgruppe, die mehr als drei Viertel der Festlandsoberfläche einnimmt, bildet ein Glied des großen Stoffkreislaufes, der den Aufbau unserer Erde sowie ihre Landschaftsformen prägt. Jedes Gestein, das an der Erdoberfläche der Verwitterung ausgesetzt ist, wird im Laufe der Zeit durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge zerstört.

Generell kann die Entstehung der Sedimentgesteine in vier Abschnitte gegliedert werden:

- Zerstörung (Verwitterung) der Gesteine
- Abtragung
- Ablagerung
- Verfestigung

Auf Grund ihrer unterschiedlichen Bildungsbedingungen können die Sedimente prinzipiell in zwei Gruppen aufgeteilt werden:

- Klastische Sedimente (Trümmergesteine)
- Chemisch-biogene Sedimente

Tab. 2: Vereinfachte Gliederung der Sedimentgesteine (nach BRINKMANN, 1990; verändert)

a) Klastische Sedimente			
	Lockergesteine		Festgesteine
Psephite (grobkörnige S.)	Steine	> 63 mm	Brekzie, Konglomerat
	Grob-	63 - 20 mm	
	Mittel	20 - 6,3 mm	
	Feinkies	6,3 - 2 mm	
Psammite (mittelkörnige S.)	Grob-	2 - 0,63 mm	Sandstein, Grauwacke
	Mittel	0,63 - 0,2 mm	
	Feinsand	0,2 - 0,063 mm	
Pelite (feinkörnige S.)	Grob	0,063 - 0,02 mm	Mergel, Tonschiefer
	Mittel	0,02 - 0,0063 mm	
	Feinschluff	0,0063 - 0,002 mm	
	Ton	< 0,002 mm	
b) Chemisch-biogene Sedimente			
	Anorganisch		Organisch
Eindampfungsgesteine	Salz, Gips, Anhydrit		
Ausfällungsgesteine	Kalk, Dolomit, Eisen- u. Mangansedimente, kieselige Sedimente (Homstein, Kieselschiefer)		Kalk, kieselige Sedimente (Kieselkalk, Radiolarit, Kieselgur)
Brennbare Gesteine			Torf, Kohle, Ölschiefer

Metamorphe Gesteine

Sämtliche Gesteine können, wenn sie hohen Druck- und Temperaturbedingungen ausgesetzt sind, instabil und umgewandelt werden. Waren die Ausgangsgesteine magmatisch, entstehen Orthogesteine, aus Sedimenten bilden sich Paragesteine. Meist stehen solche Gesteinsumwandlungen in Zusammenhang mit gebirgsbildenden Vorgängen, wodurch nicht nur der Mineralbestand des Ausgangsmaterials verändert wird, sondern den Gesteinen auch ein neues Gefüge - eine Schieferung - aufgeprägt wird.

Eine Gliederung der metamorphen Gesteine ist insofern schwierig, da praktisch jedes Gestein als Ausgangsmaterial den unterschiedlichsten Druck- und Temperaturbedingungen ausgesetzt werden kann. Somit sind aus einem Ausgangsgestein auch verschiedene Neubildungen möglich bzw. können ebenso ähnlich zusammengesetzte Metamorphite aus verschiedenen Gesteinen entstanden sein.

Während bei der sog. Regionalmetamorphose sowohl mechanische (Druck) als auch thermische Effekte auf die Gesteine einwirken, spielt bei der Kontaktmetamorphose nur die Temperaturerhöhung (etwa durch aufdringende Tiefengesteinskörper) eine Rolle.

Tab. 3: Vereinfachte Gliederung der metamorphen Gesteine

a) Paragesteine (sedimentäres Ausgangsmaterial)			
Ausgangsmaterial	Epizone schwache Metamorphose	Mesozone mittlere Metamorphose	Katazone starke Metamorphose
Ton	Phyllit	Glimmerschiefer	Gneis
Sand, Sandstein	Quarzit	Quarzit	Quarzit
Kalk, Dolomit	Marmor	Marmor	Marmor
Mergel	Grünschiefer Prasinit	Amphibolit	Eklogit
Toniger Sand	Gneis	Gneis	Granulit
b) Orthogesteine (magmatisches Ausgangsmaterial)			
Ausgangsmaterial	Epizone schwache Metamorphose	Mesozone mittlere Metamorphose	Katazone starke Metamorphose
Granit, Granodiorit Tonalit, Syenit	Gneis	Gneis	Gneis, Granulit
Quarzporphyr	Porphyroid, Phyllit	Gneis	Granulit
Diabas	Metadiabas	Amphibolit	Eklogit
Basalt, Gabbro	Grünschiefer Prasinit	Amphibolit	Eklogit

Literatur:

Bahlberg, H. & Breitzkreuz, Ch. (1998): Grundlagen der Geologie. – Enke-Verlag, Stuttgart

Brinkmann, R. (1990): Abriss der Geologie. – Enke-Verlag, Stuttgart

Hell, H. (1995): Planet Erde. – ÖBV, Pädagog. Verlag, Wien

Murawski, H. (1992): Geologisches Wörterbuch. – Enke-Verlag, Stuttgart

2. Die geologischen Einheiten Niederösterreichs und des Burgenlandes

Die beiden Bundesländer Niederösterreich und Burgenland zeigen bezüglich der geologischen Verhältnisse eine außerordentliche Vielfältigkeit. Insbesondere Niederösterreich hat Anteile an fast allen geologischen Großeinheiten, die es in Österreich überhaupt gibt.

Entsprechend dem komplexen geologischen Bau finden sich daher in beiden Bundesländern sehr unterschiedliche Landschaftsräume. Der stark wechselnde Landschaftscharakter hängt also unmittelbar zusammen mit dem überaus bunten und mannigfaltig zusammengesetzten Gesteinsmaterial im Untergrund. Vielfach kann man schon aus den vorliegenden Landschaftsformen auf die Gesteinszusammensetzung schließen und damit auch bereits erste Hinweise auf eventuell anstehende nutzbare Gesteine erhalten.

Eine einfache geologische Großgliederung zeigt folgende Einheiten:

- Böhmisches Massiv
- Molassezone
- Waschbergzone
- Flyschzone (inkl. Klippenzone)
- Nördliche Kalkalpen
- Grauwackenzone
- Zentralzone (inkl. tektonische Fenster)
- Tertiärbecken
- Eiszeitliche Ablagerungen

Böhmisches Massiv

Die Böhmisches Massiv liegt im Nordwesten von Niederösterreich. Geographisch entspricht sie dem Waldviertel, wobei ihre Südgrenze weitgehend mit dem Verlauf der Donau zusammenfällt; nur mit der Neustädter Platte bei Amstetten und mit dem Dunkelsteiner Wald reicht sie über das Donautal nach Süden.

Morphologisch stellt die Böhmisches Massiv eine Rumpffläche dar mit durchschnittlichen Höhen zwischen 600 und 900 m. Einzelne Erhebungen reichen auch über 1000 m Höhe.

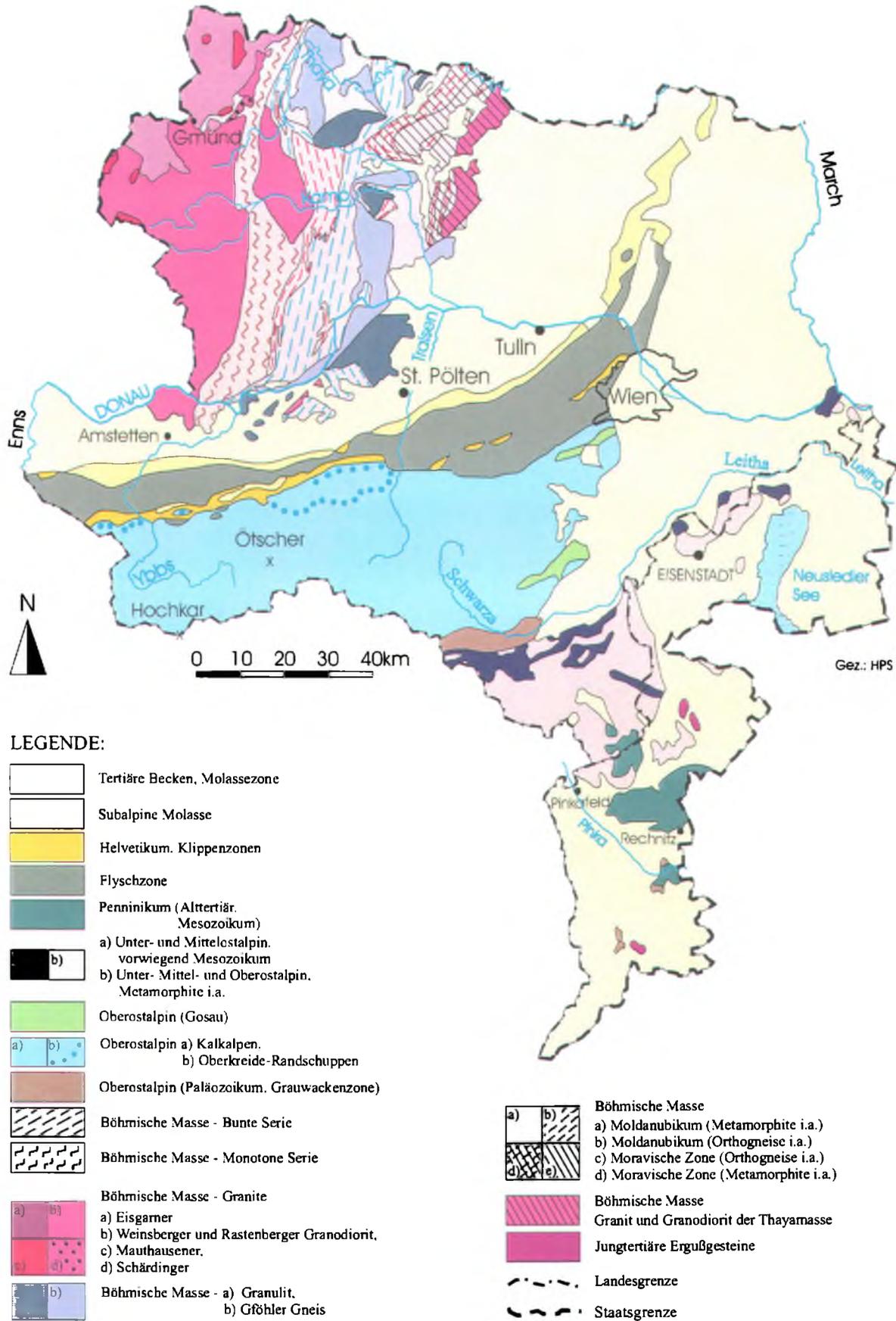


Abb. 3: Übersicht über die geologischen Einheiten Niederösterreichs und des Burgenlandes

Zu den typischen Landschaftsformen des Waldviertels gehören neben den zahlreichen, oft moorigen Mulden auch die sehr häufig anzutreffenden großen, gerundeten Granitblöcke (Wollsackverwitterung, Wackelsteine). Eine weitere Verwitterungsbildung stellen die über einigen feldspatreicheren Ausgangsgesteinen entstandenen Kaolintone dar.

Entlang einer tektonischen Linie wird das tiefer liegende Moravikum im Osten vom darüber liegenden Moldanubikum abgetrennt; dabei kann innerhalb des Moldanubikums noch zwischen dem zentralen Bereich des südböhmischen Granitmassivs und dem östlich davon gelegenen moldanubischen Gneisgebirge unterschieden werden. Im Granitmassiv finden sich vorwiegend Tiefengesteine (Weinsberger, Mauthausner, Eisgarner Granit, Rastenberger Granodiorit), während das Gneisgebirge sehr bunt zusammengesetzt ist. Neben den verschiedenen Gneisen (Gföhler, Spitzer, Dobra) erscheinen weiters Marmor, Granulit, Glimmerschiefer, Grünschiefer, Amphibolit, Serpentin, Quarzit u.a.. Im Moravikum dominieren metamorphe Gesteine (z.B. Bittescher Gneis, Weitersfelder Gneis, etc.), als einziges Tiefengestein findet sich der Maissauer Granit, der im Manhartsberg den südlichen Ausläufen des großen Thaya-Batholithen darstellt.

Die Bruchtektonik wird von zwei Hauptstörungsrichtungen beherrscht. In Südwest-Nordost Richtung verlaufen die Vitiser und die Diendorfer Störung, denen abschnittsweise auch immer wieder die Gerinne folgen (z.B. ein Teil der Wachau). Diagonal dazu verläuft in Nordwest-Südost Richtung u.a. die Jagenbachstörung; diese Richtung ist allerdings vorwiegend im oberösterreichischen Anteil der Böhmisches Masse ausgeprägt.

Molassezone

Südlich der Böhmisches Masse bzw. nördlich der Flyschzone befindet sich die Molasse als Vorland des Alpen-Karpatenbogens. Landschaftlich bildet sie ein flachwelliges Hügelland, in dem die Tertiärsedimente sehr häufig von den jüngeren eiszeitlichen Ablagerungen überdeckt sind.

Das häufigste und wichtigste Molassegestein ist der Schlier - ein gut geschichteter, feinsandiger Tonmergel; daneben gibt es aber auch Sande, Sandsteine, Schotter, Konglomerate, Kalke und vereinzelt auch Kohlen.

Diese Vielfalt an Sedimentgesteinen ist auf die unterschiedlichen Milieubedingungen während der Ablagerungszeit zurückzuführen. Der Vorlandtrog war einmal vom Meer erfüllt und dann wieder nicht, sodass sich hier marine Sedimente mit limnischen und terrestrischen verzahnen. Die ältesten Molassegesteine sind Meeresablagerungen, die vor ca. 40 Mio. Jahren sedimentiert wurden.

Unter anderem gehört in die Abfolge der Molasseablagerungen auch der Zogelsdorfer Stein, ein Kalksandstein, der für eine ganze Kulturepoche (Barock) eines der wesentlichsten Baumaterialien, vor allem für Skulpturen, darstellt. Überhaupt kommt den Ablagerungen der Molassezone auch eine große wirtschaftliche Bedeutung zu. Neben kleineren Erdöl- und Erdgasvorkommen sowie heute kaum mehr beschürften Braunkohlenlagern und Tonen (teilweise noch Abbau als Ziegelrohstoffe, z.B. Laa a. d. Thaya, Göllersdorf) gibt es hier zahlreiche Sand- und Kiesgruben. Dazu gehören vor allem die Vorkommen im Bereich des Hollabrunner und Mistelbacher Schotterkegels, der seine Entstehung einem Donauvorläufer verdankt, der während der Pannonzeit (vor ca. 10 Mio. Jahren) im Gebiet der Zayaufurche in das Wiener Becken mündete.

Waschbergzone

Die Waschbergzone bildet eine relativ schmale geologische Einheit, die sich in Südsüdwest-Nordnordost Richtung von der Donau bis zum tschechischen Staatsgebiet erstreckt. Ihre Grenzen sind durchwegs tektonisch, wobei sie im Westen die Molassezone überfährt und im Osten selbst von der Flyschzone überschoben bzw. von den Sedimenten des Wiener Beckens begrenzt wird.

Gegenüber der umgebenden Landschaft fällt sie durch ein etwas ausgeprägteres Relief auf, das auf die in die weicheren Tertiärmergel eingeschuppten, harten Kalke zurückgeht. Sie bauen Wasch- und Michelberg, die Leiser Berge sowie die Staatzer und Falkensteiner Klippe auf. In den Leiser Bergen wird ein sehr heller Jurakalk in einer ausgedehnten Steinbruchanlage intensiv abgebaut, während die kleineren älteren Brüche, z.B. in der Falkensteiner Klippe, längst eingestellt sind.

Die Gesteinszusammensetzung der Waschbergzone insgesamt ist sehr bunt. Neben Kalken, Kalkmergeln und Mergeln finden sich auch Sande, Sandsteine und Konglomerate, wobei die zeitliche Abfolge vom Jura über die Kreide bis ins Tertiär reicht.

Flyschzone (inkl. Klippenzone)

Mit der Flyschzone setzen südlich der Molasse die alpinen geologischen Einheiten ein, wobei sie durchgehend von der westlichen Landesgrenze über die Donau bis zum Bisamberg zu verfolgen ist.

Hier ist sie an Staffelbrüchen abgesenkt, streicht im Untergrund des Wiener Beckens durch und tritt östlich davon in den Kleinen Karpaten wieder an die Oberfläche.

Bereits im Namen kommt ein wesentliches Merkmal dieser Gesteinsserie zum Ausdruck, dass es sich nämlich dabei teilweise um fließfähige Gesteine handelt.

Auch die Grenzen der Flyschzone sind durchwegs tektonisch. Im Norden ist sie auf die Molasse aufgeschoben, im Süden wird sie von den nördlichen Kalkalpen überfahren bzw. von den Klippenzonen begrenzt. Die Tektonik spielt gerade im niederösterreichischen Anteil der Flyschzone eine große Rolle: speziell hier ist sie im Zuge der alpinen Gebirgsbildung stark eingeeignet worden, dadurch intensiv verschuppt und verfaltet sowie in drei Decken übereinander gestapelt:

Greifensteiner, Kahlenberger und Laaber Decke (von Norden nach Süden).

Landschaftlich bildet der Flysch vorwiegend sanfte Hügelketten mit dazwischenliegenden muldenförmigen Talzügen.

Das wesentlichste Merkmal der Flyschgesteine ist eine regelmäßig auftretende Wechselfolge von Sandsteinen mit Tonschiefern, Mergelschiefern und z.T. auch Mergelkalken. Dazu kommen als weitere Kennzeichen einige anorganische (Wellenfurchen, Auflast- und Strömungsmarken) sowie organische (Kriechspuren, Weide- und Grabgänge) Strukturen. Bezüglich der Entstehung gilt heute allgemein die Ansicht, dass die Flyschsedimente Tiefseeablagerungen sind, die im Zuge von submarinen Gleitungen aus den dabei entstandenen Schlammlawinen abgesetzt wurden. Altersmäßig reichen die Flyschserien von der Unterkreide bis ins Alttertiär.

Als Baumaterialien wurden von den Flyschgesteinen immer nur die Sandsteine abgebaut, wobei bereits in der Römerzeit die Druckfestigkeit und Verwitterungsbeständigkeit der Flyschsandsteine geschätzt wurden. Eine letzte Blütezeit erfuhr dieses Material im Zuge der zahlreichen Regulierungsarbeiten für die verschiedenen Gerinne in Wien und Niederösterreich (z.B. Donaukanal, Wienfluss, etc.).

Die überaus komplexen geologischen Verhältnisse der Flyschzone werden noch zusätzlich durch die Einschaltung der Klippenzonen schwierig und fast undurchschaubar. Im Raum von Niederösterreich sind zwei Klippenzonen zu unterscheiden: die nördlich gelegene Hauptklippenzone oder Schottenhofzone innerhalb der Flyschserien sowie die am Südrand des Flysch verlaufende Grestener Klippenzone. Landschaftlich treten die Gesteine der Klippenzonen abschnittsweise deutlich in Erscheinung, da sie sich als Härtlinge von den durchwegs weicheren Formen der Flyschzone abheben.

Neben den harten Kalken, Dolomiten und Radiolariten finden sich in den Klippenzonen aber auch vielfach ähnlich weiche Gesteine wie im Flysch, vor allem in Form der weit verbreiteten Buntmergelserie.

Eine Besonderheit der St. Veiter Klippenzone im Süden sind kleine Einschlüsse von basischen Ergussgesteinen, die auf vulkanische Tätigkeiten während der Kreide- und Alttertiärzeit verweisen.

Nördliche Kalkalpen

Für Niederösterreich bilden die Kalkalpen die wichtigste und größte geologische Einheit. Die Nordgrenze ist wieder tektonisch als Überschiebungslinie auf den Flysch ausgebildet, während im Süden die Serien der Grauwackenzone die Grenze darstellen. Sehr abrupt enden die Kalkalpen im Osten: an der sog. Thermenlinie bzw. den ihr entsprechenden Staffelbrüchen sind sie in große Tiefen abgesenkt, streichen im Untergrund des Wiener Beckens durch und kommen im Osten in den Karpaten wieder an die Oberfläche. Allerdings greifen die Sedimente des Wiener Beckens mit mehreren Buchten z.T. tief in die Kalkalpen hinein.

Landschaftlich bilden die Kalkalpen gegenüber der vorgelagerten Flyschzone einen schroffen Gegensatz: sie zeigen ein wesentlich schärferes Relief; in den hellen Kalken und Dolomiten treten oft hohe Steilwände auf, an deren Fuß z.T. gewaltige Schutthalden entstanden sind; durch die Erosion kam es zu zahlreichen Schluchten bzw. ausgedehnten Karsterscheinungen auf den Hochplateaus. Weichere Geländeformen finden sich dagegen dort, wo mergelreiche Schichtglieder dominieren. Diese feinkörnigen, z.T. tonigen Gesteine stellen gleichzeitig im gesamten Kalkalpenbereich auch wichtige Quellhorizonte dar (u.a. auch für die 1. und 2. Wiener Hochquellenwasserleitung).

Altersmäßig stammen die Gesteine der Kalkalpen aus dem Mesozoikum (248 bis 65 Mio. Jahre), überwiegend aus der Trias (248 bis 213 Mio. Jahre). Durchwegs sind es Sedimentgesteine (Kalke, Dolomite, Radiolarite, Mergel, Tone, Sandsteine, Konglomerate, Brekzien, Salz, Gips, Anhydrit, Kohle, Bauxit), nur sehr untergeordnet finden sich auch geringmächtige Einschaltungen von Vulkaniten. Vor allem die Dolomite und Kalke werden in einer großen Anzahl von Steinbrüchen abgebaut und finden als Roh- bzw. Baumaterialien für die verschiedensten Zwecke Verwendung.

Das tektonische Kennzeichen der Kalkalpen ist ein besonders intensiv ausgeprägter Deckenbau, wobei die Kalkvoralpen aus der Frankenfelsler, Lunzer und Ötscherdecke, die Kalkhochalpen aus der Hohen Wand (bzw. Mürzalpen) und Schneeberg Decke bestehen; diese Abfolge entspricht der Anordnung von unten nach oben und auch von Nord nach Süd.

Diese Einheiten zeigen durchwegs ausgeprägte Verfaltungen und Verschüppungen und dazu kommen dann noch kleinere Deckschollen und Fensterstrukturen, womit sich insgesamt ein äußerst komplizierter Aufbau ergibt, der auch heute noch nicht völlig geklärt ist. Prinzipiell ist dieser tektonische Baustil der Nördlichen Kalkalpen durch ihren Fernschub im Sinne der so genannten Deckenlehne zu erklären. Erst dadurch sind sie in ihre heutige Position gekommen, obwohl sie primär südlich der Zentralalpen beheimatet waren.

Grauwackenzone

Der Name geht auf einen alten Bergmannsausdruck für paläozoische, dunkle, Sandsteinführende Horizonte zurück, die aber keineswegs in der Grauwackenzone zu den vorherrschenden Gesteinen gehören. Vielmehr dominieren schwach metamorphe und Karbonatgesteine.

In Niederösterreich bildet die Grauwackenzone einen eher schmalen Streifen zwischen den Kalkalpen im Norden und der Zentralzone im Süden. Im Osten sinken auch die Serien der Grauwackenzone - sowie die Nördlichen Kalkalpen - unter die Sedimente des Wiener Beckens ab und finden an der Beckenbasis ihre streichende Fortsetzung.

Landschaftlich zeigt sie gegenüber den nördlich vorgelagerten Kalkalpen einen starken Gegensatz. Die eher weichen und erosionsanfälligen Gesteine ließen vorwiegend gerundete, meist stark bewaldete Hügel entstehen, die nur dort etwas größere Höhen erreichen, wo im Untergrund verwitterungsbeständigere Gesteine anstehen. Charakteristisch ist auch eine Reihe von Erzvorkommen, auf die z.T. ausgedehnte Halden und Pingen zurückgehen.

Am Aufbau sind ausschließlich paläozoische Gesteine beteiligt, die vom Ordovizium (ca. 495 Mio. Jahre v.h.) bis zum Oberkarbon (ca. 290 Mio. Jahre v.h.) reichen; die Prebichlschichten aus dem Perm und das so genannte Haselgebirge werden bereits zur Basis der Nördlichen Kalkalpen gerechnet. Zu den weit verbreiteten Gesteinen gehören Phyllite, Quarzite, Kieselschiefer, Grünschiefer, Porphyroide, Sandsteine, Kalke (z.T. als Marmore ausgebildet), Dolomite, Radiolarite, Tonschiefer und Graphitschiefer. Untergeordnet treten Magnetit- und Eisenvererzungen sowie Graphitlager auf.

Tektonisch können auch in der Grauwackenzone Deckeneinheiten unterschieden werden: die unten liegende Veitscher Decke und die darüber befindliche Norische Decke.

Im südlichen Burgenland finden sich altersmäßig äquivalente Serien zur Grauwackenzone, tektonisch werden sie allerdings als Fortsetzung des Grazer Paläozoikums der Steiermark gedeutet. Inmitten des südburgenländischen Tertiärs tauchen unter anderem mitteldevonische Dolomite, Kalke und Grünschiefer auf.

Zentralzone

Auch das Kristallin der niederösterreichischen und burgenländischen Zentralzone besteht aus mehreren geologischen Einheiten und zeigt insgesamt einen sehr komplexen und wechselhaften Aufbau. Dazu gehören u.a. das Semmeringsystem, die Wechselserie, die Rechnitzer Serie, die Siegrabner Deckscholle, das Rosaliengebirge, die kristallinen Kerne des Leithagebirges sowie der Hainburger Berge, etc..

In Folge der überaus bunten Gesteinszusammensetzung zeigt die Zentralzone auch eine sehr wechselhafte Morphologie. Neben durchaus schroffen Formen mit senkrechten Steilabstürzen und tief eingeschnittenen Schluchten finden sich auch sehr sanft ausgebildete Landschaften mit weich geformten Hügeln und Sätteln bzw. lang gestreckten Talungen. Der Formenschatz dieser Landschaften ist vielfach durch die lang anhaltenden Verwitterungsvorgänge geprägt.

Dass gerade die Gesteine der Zentralzone so vielfältig zusammen gesetzt sind, hängt vor allem damit zusammen, dass sie schon primär zu verschiedenen geologischen Einheiten gehörten. So findet man in den verschiedenen metamorphen Gesteinen sowohl Abkömmlinge von Sedimenten als auch solche von Magmatiten; zusätzlich ist auch noch die Intensität der Gesteinsumwandlung unterschiedlich.

Die nördlichste Einheit innerhalb der niederösterreichischen Zentralzone stellt das Semmeringsystem dar, das keineswegs nur auf das unmittelbare Semmeringgebiet beschränkt ist, sondern von dort über die Bucklige Welt und das Rosaliengebirge bis zum Leithagebirge zieht. Neben Gneisen und Glimmerschiefern besteht es vor allem aus Quarziten, Tonschiefern, Rauhacken, Kalken (z.T. als Marmore ausgebildet), Dolomiten und Serizitschiefern; zurücktretend erscheinen auch gering mächtige Gips- und Anhydritlagen.

Heute wirtschaftlich unbedeutende Eisenerz-, Blei-Zink- und Baryt-Lagerstätten ergänzen den Gesteinsbestand.

Das Liegende dieser Abfolge bildet die Grobgneisserie, zu der außer Gneisen auch Glimmerschiefer, Quarzite und Amphibolite gehören. Besonders die grobkörnigen Gneise zeigen oft kaum eine Verschieferung, erscheinen eher als Granite und infolge ihrer größeren Ge-

steinshärte treten sie bereichsweise als höhere Kuppen auch geländemäßig deutlich in Erscheinung. Andererseits können sie durch besonders intensive Zerschierung zu Weißschiefern (Leukophylliten) umgeprägt worden sein. Das gleiche gilt für die Porphyroide, die bei Aspang als Weißerde abgebaut werden. Daneben finden sich auch in der Grobgneisserie kleine Lagerstätten von Siderit, Bleiglanz-Zinkblende-Kupferkies sowie von Schwerspat.

Unter der Grobgneis- und Semmeringserie taucht südlich davon die Wechselserie auf. Sie setzt sich aus Gneisen, Tonschiefern, Phylliten, Graphitschiefern, Glimmerschiefern, Grünschiefern und Amphiboliten zusammen.

Eine ähnlich tiefe tektonische Position wie die Wechselserie hat auch die Rechnitzer Serie, die weiter im Osten bei Bernstein und Rechnitz im Burgenland auftritt. Allerdings zeigt sie neben dem auffallenden Serpentinstock doch auch einen etwas anderen Gesteinsbestand: Kalkphyllite, Kalkglimmerschiefer, Marmore, Dolomite, Quarzite, Grünschiefer.

Als eigene kleine tektonische Einheit ist die Siegrabener Deckscholle zu betrachten, die nicht nur eine höhere Position, sondern auch eine stärkere Metamorphose besitzt. Sie besteht aus Gneisen, Marmoren, Amphiboliten und Eklogiten.

Eine Besonderheit des Rosaliengebirges sind die bei Landsee auftretenden vulkanischen Gesteine, wobei es sich beim Pauliberg um den einzigen Vulkan handelt, der direkt in den Zentralalpen liegt. Neben den jungtertiären Basalten des Pauliberges, die in großen Steinbrucharanlagen abgebaut werden und vor allem für den Straßenbau wertvolle Gesteine darstellen, finden sich auch noch kleinere Vorkommen basischer Vulkanite bei Stoob und Oberpullendorf.

Die nordöstliche Fortsetzung der kristallinen Gesteine der Rosalia bildet den Kern des Leithagebirges. Sein Grundgebirgssockel besteht vorwiegend aus Gneisen und Glimmerschiefern mit lagen- und linsenförmigen Einschaltung von Amphibolit, abschnittsweise auch Aplit und Pegmatit. Darüber liegen Quarzite und dunkle Dolomite der Semmeringserie, die schließlich von den jungtertiären Leithakalken bzw. Leithakalksandsteinen ummantelt werden. Eine sehr ähnliche Zusammensetzung zeigt der Kern des Ruster Hügellandes, das dem Leithagebirge im Süden vorgelagert ist.

Noch weiter im Nordosten findet sich auch in den Hainburger Bergen ein ähnlicher Aufbau. Das Grundgebirge besteht hier aus dem Wolfsthaler Granit und überlagernden Phylliten, Glimmerschiefern und Gneisen. Darüber treten wieder Porphyroide, Quarzite, Dolomite und Kalke auf, die ebenfalls wie im Leithagebirge von Leithakalken ummantelt werden. Tektonisch allerdings ist der Kern der Hainburger Berge bereits als Fortsetzung der Kleinen Karpaten anzusehen.

Tertiärbecken

Das Wiener Becken stellt mit seinen Rand- bzw. Teilbecken wie Korneuburger und Eisenstädter Becken sowie der Landseer Bucht das größte Tertiärvorkommen Österreichs dar.

Seine Entstehung verdankt das Wiener Becken tief reichenden Zerrungen, die etwa ab dem Eggenburgium (vor ca. 20 Mio. Jahren) dazu führten, dass große Teile des Alpen-Karpaten Bogens allmählich in die Tiefe abgesenkt und von einem Meer überflutet wurden. Daraus erklärt sich auch, dass sämtliche alpine Einheiten an der Beckenbasis durchstreichen und in den Karpaten wieder auftauchen. Ebenso ergibt sich daraus auch die Begrenzung im Westen und Osten durch parallel verlaufenden Randbruchsysteme, die vor allem durch das Auftreten von Schwefelthermen bekannt geworden sind. Im Westen sind es die Therme von Meidling, Mödling, Baden, Vöslau und Fischau, im Osten die von Deutsch-Altenburg, Mannersdorf und Leithaprodersdorf. Ähnliche Bruchsysteme durchziehen auch das Becken selbst, so dass es hier zu einer Aufteilung in mehrere Hoch- bzw. Tiefschollen gekommen ist.

Die detaillierten Kenntnisse über die Entstehung und die Lagerungsverhältnisse des Beckens sind den zahlreichen Bohrungen zu verdanken, die hier im Zuge der Aufschließungsarbeiten für die wirtschaftlich sehr bedeutenden Erdöl- und Erdgaslagerstätten abgeteuft wurden.

Auch landschaftlich bildet das Wiener Becken mit seiner ausgedehnten Ebene bzw. seinem flachen Hügelland eine eigene Einheit, die meist sehr deutlich von den Randgebirgen mit ihrem ausgeprägten Relief abgesetzt ist.

Die Gesteinszusammensetzung spiegelt die Entstehungsgeschichte des Beckens wieder. Es handelt sich durchwegs um jungtertiäre Sedimente, die im Beckeninneren als marine Tone und Sande bzw. in Form von Randbildungen als Schotter, Konglomerate, Riffkalke und Kalksandsteine ausgebildet sind. Je nach den herrschenden Milieubedingungen sind diese Ablagerungen als marine, brackische oder Süßwasser-Sedimente entstanden. Viele von ihnen haben als Rohmaterialien oder Baustoffe große Bedeutung erlangt: z.B. die Tegel für die Ziegelindustrie oder die Leithakalke und Leithakalksandsteine für Sakral- und Profanbauten oder Bildhauerarbeiten.

Die seinerzeitigen Uferlinien können durch Brandungsplattformen bzw. Hohlkehlen und Kliffs stellenweise noch deutlich erkannt werden: etwa am Nußberg, am Bisamberg, auf der Perchtoldsdorfer Heide, an der Richardshoferrasse im Westen sowie am Braunsberg und Pfaffenberg im Osten. Vereinzelt ragten Inseln aus dem damaligen Meer heraus; das Leithagebirge im Süden und der Spannberger Rücken im Norden. Durch zeitweilige Meeresstra-

ßen bestand eine Verbindung zum Eisenstädter Becken und von diesem wieder in die Landseer Bucht.

Schon gegen das Ende des Jungtertiärs entstand der ausgedehnte Mistelbacher Schotterkegel. Er geht auf einen Donauvorläufer zurück, der etwa in diesem Gebiet in die pannonische See mündete.

Ebenfalls aus dieser Zeit stammt im Südlichen Wiener Becken das Rohrbacher Konglomerat, dessen Schotter von einem Schwarzavorläufer abgelagert wurden.

Die Gesamtmächtigkeit der Beckensedimente ist beträchtlich. Bedingt auch durch das starke Relief der Beckenbasis werden bereichsweise mehr als 5000 m erreicht.

Wesentlich kleinere Tertiärvorkommen treten auch innerhalb der Zentralzone auf. Dazu gehören die alttertiären Sedimente von Kirchberg am Wechsel und von Wimpassing im Burgenland sowie das Jungtertiär des Harter Beckens bei Gloggnitz, der Ottertal-Kirchberger Niederung, der Bereich südöstlich von Pitten und die Krumbach-Schönauer Mulde südöstlich von Aspang. Eine Fortsetzung der Sedimente von Pitten findet sich auch auf burgenländischem Gebiet in Form des Brennberger Blockstromes.

Eiszeitliche Ablagerungen

Die eiszeitlichen (pleistozänen) Bildungen stammen aus dem Zeitabschnitt zwischen 1,75 Millionen und 10 000 Jahren vor heute. Die entsprechenden Ablagerungen sind weit verbreitet und können keineswegs einzelnen geologischen Einheiten zugerechnet werden. Für die Prägung des heutigen Landschaftsbildes stellen sie meistens die wesentlichsten Bildungen dar. Das entscheidende Merkmal für das Pleistozän ist der mehrmalige Klimawechsel zwischen Kalt- und Warmzeit. Diese Veränderungen haben sich nicht nur in den Hochgebirgen ausgewirkt, wo durch die Gletschertätigkeit charakteristische Talformen, Kare, Moränen und Gletscherwannen entstanden, sondern auch in den Gebieten, die damals nicht von Eis bedeckt waren - im Periglazial. Hier entstanden vor allem ausgedehnte Schotterflächen und z.T. sehr mächtige Lössakkumulationen.

Entsprechend der besonderen Stellung und Bedeutung der Donau sind auch ihre eiszeitlichen Flussterrassen besonders markant ausgebildet. Die im Wiener Raum aufgestellte Gliederung lässt sich z.T. sowohl nach Westen bis in das Gebiet um Krems als auch nach Osten verfolgen. Beispielsweise finden sich auch im Bereich der Parndorfer Platte Terrassenbildungen, die auf eine Urdonau zurückgehen, die zwar schon die Wiener Pforte benützte, im Osten aber nicht durch die Hainburger, sondern weiter südlich durch die Brucker Pforte floss.

Im südlichen Wiener Becken treten die eiszeitlichen Ablagerungen u.a. in Form des Neunkirchner bzw. Wiener Neustädter Schotterkegels auf. Hier finden sich auch im Bereich der Mitterndorfer Senke die deutlichsten Anzeichen für eine junge (quartäre) Tektonik.

Dabei handelt es sich um eine ca. 40 km lange und 2 bis 8 km breite Rinne, die mit 150 m mächtigen mittelpleistozänen Schottern gefüllt ist. Allen diesen Schotterkörpern kommt einerseits als Baumaterial, andererseits als Grundwasserträger - wenn sie nicht anthropogen durch Schadstoffe verseucht wurden - eine große wirtschaftliche Bedeutung zu.

Vor allem im nördlichen Niederösterreich, z.T. auch im Burgenland erscheint als zweite wichtige eiszeitliche Ablagerung der Löss. Dieses äolische Sediment, das jeweils während einer Kaltzeit aus den Moränen und großen Überschwemmungsgebieten ausgeblasen wurde, kam vorwiegend an den Nord- und Osthängen zur Ablagerung. Über dem Löss sind durchwegs sehr fruchtbare Böden entstanden, so dass diese Bereiche u.a. auch zu den besten Weinbaugebieten Österreichs gehören.

Die geologische Bedeutung des sogenannten Holozäns - des Zeitabschnittes der letzten 10000 Jahre - ist gegenüber dem Pleistozän gering. Aus dieser Zeit stammen junge Schotterakkumulationen, Schuttkegel, Bergsturzmateriale, See- und Moorablagerungen sowie Bodenbildungen.

Literatur:

- Krenmayr, H.-G. [Red.] (2002): Rocky-Austria - Eine bunte Erdgeschichte von Österreich. – Geol. B.-A., 2. Aufl., Wien
- Schnabel, W. [Red.] (2002): Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000 (2 Blätter Nord & Süd) sowie Legende und kurze Erläuterungen. – Geol. B.-A., Wien
- Plöching, B. & Prey, S., [Schnabel, W., Red] (1993): Der Wienerwald. - Sammlung Geologischer Führer, **59**, 2. Aufl., Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart
- Thenius, E. (1974): Niederösterreich. – Verhand. Geol. B.-A., 2. Aufl., Wien
- Schönlaub, H.P. [Hg.] (2000): Burgenland (Erläuterungen zur Geol. Karte des Burgenlandes 1:200.000). - Geol. B.-A., Wien
- Steininger, F. [Ed.] (1999): Erdgeschichte des Waldviertels. – Schriftenreihe Waldviertler Heimatbund, **38**, (2. Aufl.), Horn-Waidhofen/Thaya
- Kollmann, H.-A. & Strobl, F. (1996): Die Landschaften Niederösterreichs. – Verlag Berger, Horn

3. Verfahren zur Erlangung von Abbauberechtigungen

Für die Erlangung einer Abbaubewilligung mineralischer Rohstoffe kommen grundsätzlich Materiengesetze zum Tragen:

1) Mineralrohstoffgesetz (MinroG) Dieses Gesetz ist obligatorisch (es gibt keine Ausnahmen nach dem Gesetz bei der Rohstoffgewinnung). Im MinroG sind die Rohstoffe und die damit verbundenen Kompetenzen (Bund / Land) definiert und geregelt.

§ 3 MinroG: Bergfreie mineralische Rohstoffe sind:

1. alle mineralischen Rohstoffe, aus denen Eisen, Mangan, Chrom, Molybdän, Wolfram, Vanadium, Titan, Zirkon, Kobalt, Nickel, Kupfer, Silber, Gold, Platin und Platinmetalle, Zink, Quecksilber, Blei, Zinn, Wismut, Antimon, Arsen, Schwefel, Aluminium, Beryllium, Lithium, Seltene Erden oder Verbindungen dieser Elemente technisch gewinnbar sind, soweit sie nicht nachstehend oder in den folgenden Paragraphen angeführt sind;
2. Gips, Anhydrit, Schwerspat, Flußspat, Graphit, Talk, Kaolin und Leukophyllit;
3. alle Arten von Kohle und Ölschiefer;
4. Magnesit, Kalkstein (mit einem CaCO_3 -Anteil von gleich oder größer als 95%) und Diabas (basaltische Gesteine), soweit diese als Festgesteine vorliegen, Quarzsand (SiO_2 -Anteil von gleich oder größer als 80%) und Illitton und andere Blähtone, soweit diese als Lockergesteine vorliegen.

(2) Das Eigentumsrecht an Grund und Boden erstreckt sich nicht auf die im Abs. 1 Z 1 bis 3 angeführten bergfreien mineralischen Rohstoffe. Die bergfreien mineralischen Rohstoffe gehen mit der Aneignung in das Eigentum des hiezu Berechtigten über.

§ 4 MinroG: Bundeseigene mineralische Rohstoffe sind:

1. Steinsalz und alle anderen mit diesem vorkommenden Salze;
2. Kohlenwasserstoffe;
3. uran- und thoriumhaltige mineralische Rohstoffe.

(2) Das Eigentumsrecht an Grund und Boden erstreckt sich nicht auf bundeseigene mineralische Rohstoffe und die Hohlräume der Kohlenwasserstoffträger.

§ 5. MinroG: Grundeigene mineralische Rohstoffe sind alle in den §§ 3 und 4 nicht angeführten mineralischen Rohstoffe.

Die Art der Erlangung der Abbauberechtigungen und die dazu erforderlichen Unterlagen sind je nach den Gruppen im MinroG genau geregelt. Das MinroG regelt auch den Abschluss und die Rekultivierung verpflichtend.

Zu beachten ist, dass das Land NÖ eine eigene Sperrzonenregelung für grundeigene mineralische Rohstoffe – basierend auf dem § 212 des MinroG erlassen hat.

Zuständige Stelle und weitere Infos:

Für § 3 und § 4 Rohstoffe: BMWA, Sektion IV (Montanbehörde), A-1120, Wien, Denisgasse 31.

Für § 5 Rohstoffe: Die jeweilige Bezirkshauptmannschaft.

Für untertäge Bergbaue und Schaubergwerke unabhängig vom Rohstoff: Montanbehörde.

2) Das Wasserrechtsgesetz (WRG) kommt bei Nassbaggerungen, Abbauen tiefer als Kote „1m über HGW (Höchstes Grundwasser)“, Abbauen in wasserrechtlichen Schutz- oder Schongebieten oder wasserrechtlich bedeutsamen Gebieten zur Anwendung; wirkt bei Zuständigkeit kumulativ zum MinroG.

Das Wasserrecht unterscheidet sich von den Unterlagen zum MinroG insofern, als dass weitere Angaben bzgl. wasserrechtlicher, hydrogeologischer und ähnlicher Angaben zu machen sind. Bei Rahmenverfügungen oder ähnlichem sind die Vorschriften dieser Rechtsnormen zu beachten. Dies kann zu unterschiedlichen Aufgabenstellungen an das Projekt führen.

Zuständige Stelle und weitere Infos:

Die jeweilige Bezirkshauptmannschaft bzw. das Amt der Landesregierung.

3) Das Forstgesetz gilt bei Rodungen oder Beanspruchung von Waldflächen und dergleichen; wirkt bei Zuständigkeit kumulativ zum MinroG.

Zuständige Stelle und weitere Infos:

Die jeweilige Bezirkshauptmannschaft.

4) Naturschutzgesetze: Jedes Bundesland weist andere Bestimmungen in Bezug auf die Rohstoffgewinnung auf; wirkt bei Zuständigkeit kumulativ zum MinroG.

Die notwendigen Unterlagen hinsichtlich des Forstgesetzes und der Naturschutzgesetze entsprechen im wesentlichen denen des MinroG, jedoch werden größere Augenmerke auf die Rekultivierung und Renaturierung gelegt.

Zuständige Stelle und weitere Infos:
Die jeweilige Bezirkshauptmannschaft.

5) Abfallwirtschaftsgesetz (AWG): Dieses Gesetz gilt bei Wiederverfüllungen von Abbau- en, ebenso bei Deponien in ehemaligen Abbaustätten. Das AWG kann nicht das MINRoG ersetzen.

Zuständige Stelle und weitere Infos:
Das Amt der Landesregierung.

6) Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP): Bei Überschreiten festgelegter Schwellenwerte der angeführten Vorhaben kommt das UVP-Verfahren zur Anwendung. Dieses Verfahren subsumiert alle anderen Materiengesetze und stellt ein Konzentrationsverfahren dar. Die dafür notwendigen Unterlagen sind ausführlicher und müssen alle Aspekte gesamtheitlich abdecken. Mit langjährigen Verfahren ist zu rechnen.

Zuständige Stelle und weitere Infos:
Das Amt der Landesregierung.

7) Raumordnungsgesetze: Je nach Bundesländern verschieden, können Voraussetzungen bzgl. der Widmungen regeln; in NÖ Spezialregelung über die „Sperrzonenverordnung“.

Zuständige Stelle und weitere Infos:
Bei Flächenwidmungsplänen: Das Gemeindeamt.
Bei größeren Vorhaben: Das Amt der Landesregierung.

8) Natura 2000: Bei Abbauen, die in Natura 2000 Gebieten liegen, kommt es zur zusätzlichen Prüfung hinsichtlich nachfolgender Punkte.

Sämtliche Mitgliedsstaaten der EU hatten im Sinne der Richtlinien 79/409/EWG und 92/43/EWG **Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (Natura 2000 - Gebiete)** der Europäischen Kommission zu melden. Dies wurde von Österreich vollzogen.

In diesen auch für die EU interessanten Gebieten gilt das sog. "Verschlechterungsverbot", d. h. der derzeitige Zustand darf im Interesse der Flora und Fauna jedenfalls nicht verschlechtert werden. Für diese Bereiche ist auch eine Förderung der EU (LIFE-Programm) möglich. Während Verordnungen der EU in den Mitgliedsstaaten unmittelbar Anwendung finden, sind Richtlinien in innerstaatliches Recht umzusetzen. Demgemäß wurden z.B. die Richtlinien 79/409/EWG und 92/43/EWG in der Novelle zum NG 1990, LGBl.Nr. 66/1996, berücksichtigt.

- *Flora-Fauna-Habitatsrichtlinie (92/43/EWG vom 21. Mai 1992)*

Die Richtlinie hat zum Ziel, "zur Sicherung der Artenvielfalt durch die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen im europäischen Gebiet der Mitgliedsstaaten ... beizutragen". Dabei soll ein "günstiger Erhaltungszustand der natürlichen Lebensräume und wildlebenden Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse bewahrt oder wiederhergestellt" werden (Verschlechterungsverbot!).

- *Vogelschutzrichtlinie (79/409 EWG vom 2. April 1979)*

Anhang I der Richtlinie listet derzeit 175 besonders seltene oder gefährdete Arten auf. Zum Schutz von deren Lebensräumen sind besondere Maßnahmen erforderlich. Die Mitgliedsstaaten werden verpflichtet, insbesondere die für die Erhaltung dieser Arten geeignetsten Gebiete zu Schutzgebieten zu erklären.

Als wertvoll anerkannte Gebiete (Important Bird Areas, IBAs), die in den Mitgliedsstaaten ausgewiesen worden sind, müssen von diesen binnen zwei Jahren als "Besondere Schutzgebiete" der Kommission gemeldet und von den Mitgliedsstaaten entsprechend geschützt werden. Die Vogelschutzrichtlinie wurde von Österreich im Zuge des EU-Beitritts mitübernommen.

Bezüglich der Natura-2000 Gebiete werden derzeit von den einzelnen Bundesländern s.g. „Managementpläne“ erarbeitet. Diese bestimmen, inwieweit Projekte überhaupt möglich sind.

Zuständige Stelle und weitere Infos:

Das Amt der Landesregierung.

4. Gewinnung und Verarbeitung von Werkstein

Der Baustoff Stein wurde in der Frühzeit menschlicher Zivilisation vor allem für repräsentative, gleichsam für die "Ewigkeit" geschaffene Bauwerke, wie Paläste, Tempel und Grabdenkmale verwendet. Die Spannweite reicht von einfach übereinander geschichteten unbearbeiteten Steinblöcken der Megalithkultur, mit Dolmen und Menhiren (z.B. Stonehenge), bis zu sorgfältig bearbeiteten Steinquadern und Platten beispielweise der ägyptischen Pyramiden und vielen anderen wohlbekannten historischen Baudenkmalen.

Die Nutzung von Naturstein für das Bauwesen und die darstellende Kunst in Österreich begann etwa im ersten nachchristlichen Jahrhundert, als die römische Besatzungsmacht begann, Bauwerke und Fortifikationen 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 dem Steinburgenbau im 11./12. Jahrhundert ermöglicht wurde. In einigen Fällen wurden die spärlichen noch bestehenden römischen Steinbauten geschleift und die dabei anfallenden Bausteine wiederverwendet, da diese formatierten Bausteine billiger und einfacher zu gewinnen waren als in einem Steinbruch (KIESLINGER 1949, 1979). Ein Musterbeispiel für die Wiederverwendung von Bausteinen aus römischer Bausubstanz stellt die spätromanische Bautengruppe um Petronell dar (Pfarrkirche Hl. Petronilla und Rundkirche in Petronell, Pfarrkirche Mariä Empfängnis und Karner in Bad Deutsch Altenburg, Karner in Hainburg, Filialkirche Hl. Nikolaus in Wildungsmauer; ROHATSCH 1996).

Neben der Nutzung von unbearbeiteten Lesesteinen, die Jahrhunderte lang für Bruchsteinmauerwerk Verwendung fanden, wurden auch durch die Gletscher der Eiszeit transportierte Findlinge und an Ort und Stelle selektiv heraus gewitterte Restlinge, zum Beispiel die Granitrestlinge des Waldviertels, für verschiedenste Verwendungszwecke abgebaut. Sobald das lose, einfach zu gewinnende Gesteinsmaterial für den jeweiligen Verwendungszweck hinsichtlich seiner Qualität oder Quantität nicht mehr ausreichend verfügbar war, mussten unter Berücksichtigung der regionalgeologischen Verhältnisse entsprechende Gesteinsvorkommen in Steinbrüchen erschlossen werden.

Parallel dazu setzte sich in bausteinarmen Regionen, wie etwa dem niederösterreichischen Weinviertel die Ziegel- und/oder Holzbauweise durch. Kostbarer Stein – und jeder Baustein war in derartigen Regionen kostbar - blieb vorerst sakralen und herrschaftlichen Bauwerken vorbehalten.



Abb. 4: Gespaltener Granitrestling im Waldviertel. Der starke Moosbewuchs ist ein Hinweis auf durch Gefügauflockerung verstärktes Wasserrückhaltevermögen.

Die Abbautechnik in Steinbrüchen orientiert sich naturgemäß an den geologischen Gegebenheiten und den technischen Eigenschaften der Baugesteine und des Vorkommens. Wesentliche Parameter sind die Mächtigkeit der Überlagerung (Abraum) durch Boden und Verwitterungszone, die Lagerungsverhältnisse, also die Raumstellung und Mächtigkeit von Bankung, Schichtung oder Schieferung und die Ausbildung von Kluftsystemen. Einfluss auf Gewinnung und Verarbeitung nehmen schließlich auch noch gesteinsphysikalische Parameter, wie Härte, Abrasivität, Festigkeit, Zähigkeit und Porosität. Diese Umstände führten dazu, dass bis in die späten 50er Jahre des 20. Jahrhunderts die Gewinnungs- und Bearbeitungstechniken über einen Zeitraum von 3000 Jahren nahezu unverändert blieben.

An vorbereitenden Arbeiten zur Anlage eines Steinbruches sind Rodung, Entfernung des Abraumes und die Anlage eines sogenannten „Kopfes“ erforderlich. Dieser „Kopf“ dient dazu, um Rohblöcke von 3 Seiten freizulegen und danach mit verschiedensten Methoden aus dem Felsverband lösen zu können. Die gelösten teilweise mehrere m^3 großen Rohblöcke wurden mit Rollen, Hebeln, Seilen und Winden vom Steinbruch zum Verladeplatz für den Weitertransport bewegt. Sonderfälle stellen die Bremsbergbahnen der hoch gelegenen Steinbrüche von Laas im Vintschgau oder Carrara dar. Ein österreichisches Beispiel für eine Bremsbergbahn ist jene in den Granitsteinbrüchen von Neuhaus - Plöcking im Mühlviertel.

Der Transport vom Steinbruch an die Baustelle erfolgte in früheren Zeiten mit Ochsen- oder Pferdegespannen auf schweren Wägen oder Schlitten und soweit als möglich auf Wasserstraßen mit Flößen und Lastschiffen, wobei man versuchte, Baugesteine möglichst in der nächsten Umgebung der Baustelle zu gewinnen, um die Transportkosten und die Beschwerden der schlechten Straßen und Wege zu minimieren. Häufig wurden aus Kostengründen von Steinbruchbetreibern daher auch Fuhrunternehmen und sogar Schiffsflotten unterhalten. Die Donauflotte der Firma POSCHACHER etwa, lieferte im späten 19. Jahrhundert viele Millionen Granitpflastersteine aus den oberösterreichischen Granitsteinbrüchen nach Wien und Budapest. Für kostbare Dekorgesteine, bunte Kalksteine aus Salzburg (z.B. Adnet), Marmore aus Laas und Sterzing oder Fußbodenplatten aus Solnhofen nahm man größere Transportweiten auf den schiffbaren Flüssen in Kauf. Ab der Fertigstellung der Bahnverbindung von Wien nach Triest gelangten ab 1857 riesige Mengen an polierfähigen istrischen Karstkalken nach Wien, das zu dieser Zeit den Bauboom an der Wiener Ringstraße erlebte. In dieser Zeit wurden die letzten nennenswerten Prachtbauten teilweise noch in Steinmassivbauweise errichtet, da Naturstein auch noch statische, tragende Funktionen hatte, Funktionen, die recht bald vom Stahlbeton abgelöst werden sollten.

Im Folgenden werden einige wichtige Steingewinnungstechniken näher beschrieben. Ausführliche Beschreibungen zu Steingewinnungstechniken, Vorratsberechnungen und Abschätzung von Abbau- und Verarbeitungsverlusten finden sich unter anderen bei SINGEWALD 1992.

Lösung von Kluffkörpern mit einem Hebel

Kluffkörper sind Gesteinsblöcke, die an allen Seiten von Trennflächen (Schichtflächen, Schieferungsflächen, Kluffflächen) umgeben sind. Im idealen Fall lassen sich diese Kluffkörper einfach mit einem Hebel (z.B. lange Eisenstangen) aus dem Verband lösen und besitzen zusätzlich noch zwei parallele Flächen, die nach einer groben Formatierung, eine Verwendung für den Mauerwerksbau, trocken übereinander geschichtet oder auch im Kalkmörtelbett versetzt, unmittelbar zulassen. Unregelmäßige großformatige Rohblöcke wurden meist noch im Steinbruch mit Hilfe von schweren Hämmern formatiert, die regional entweder als „Finne“ oder als „Mazza“ bezeichnet werden. Die Zerkleinerung erfolgte durch Spaltung mittels Keilen.

Schrämen mit dem Zweispitz

Wenig feste, poröse Sedimentgesteine wurden früher meist geschrämmt. Hierbei wurde mit einer Schrämnhacke oder mit einem Zweispitz ein Schrämmschlitz hergestellt, der je nach Rohblockgröße zwischen 10 und 50 cm breit war. Die Tiefe des Schrämmschlitzes orientierte

sich an der Dimensionierung des gewünschten Rohblockes. Häufig war die Werkstückdicke durch die Mächtigkeit der Schichtung vorgegeben. Die Lösung des Rohblockes von der Unterlage erfolgte mit Hilfe von Keilen, die mit Keilblechen in die vorher hergestellten Keilfutertaschen eingesetzt wurden. Bei dieser Gewinnungstechnik ist mit Abbauverlusten von 40 - 70 Volumsprozent zu rechnen.

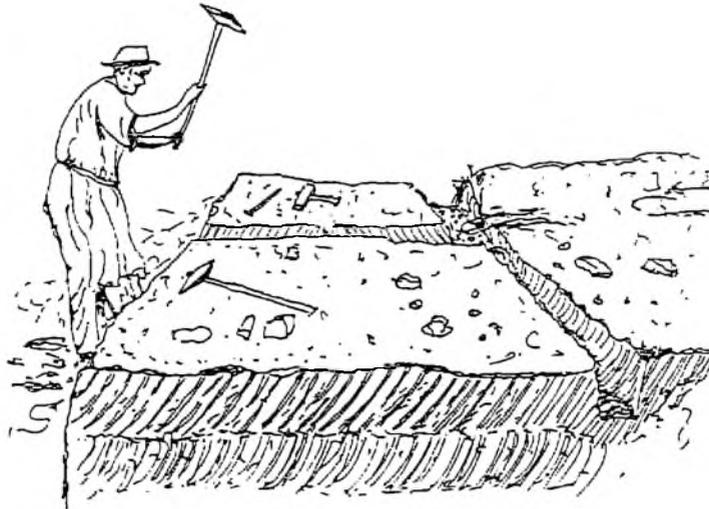


Abb. 5: Historischer Abbau mit dem Zweispitz (Zeichnung Friedrich OPFERKUH sen. †).



Abb. 6: Steinbruch St. Margarethen um 1930. Die beiden Arbeiter entfernen den Schrämschutt von der Oberfläche des „Kopfes“ (Bildarchiv Inst. f. Ingenieurgeologie, TU-Wien).



Abb. 7: Formatierung eines Rohblockes mit einem schweren Hammer (Bildarchiv Inst. f. Ingenieurgeologie, TU-Wien).

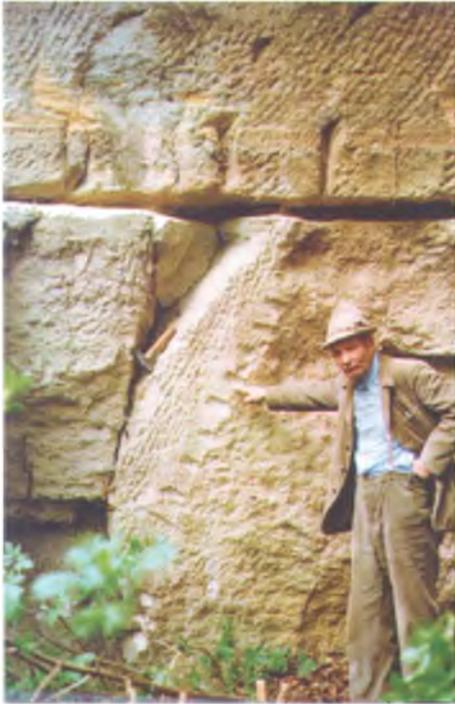


Abb. 8: Historischer Steinbruch nördlich von Winden am See (Bglid.) mit Schrämmwänden. Friedrich OPFERKUH sen. (†) weist auf die Keilspuren (Keiltaschen) hin.



Abb. 9: Römischer Sarkophag im Archäologiepark Carnuntum mit den von der Blockgewinnung stammenden Schrämmspuren.

Schrämmen mit der Schrämmaschine

Heute wird die Schrämmarbeit mit Schrämmaschinen durchgeführt, wobei eine um ein "Schwert" geführte hartmetallbestückte Kette die Schneidarbeit verrichtet.



Abb. 10: Moderne Schrämmaschine im Steinbruch St. Margarethen.



Abb. 11: Abkeilen der Rohblöcke vom Liegenden im Steinbruch St. Margarethen.

Diese Technik wird unter anderem im Steinbruch St. Margarethen im Burgenland angewandt (Fa. HUMMEL), da sich der dort anstehende Kalksandstein für diese Art der Gewinnung besonders gut eignet. Aber auch in den Kalksteinbrüchen am Untersberg bei Salzburg werden Schrämmmaschinen eingesetzt, einerseits um die mit der Seilsäge hergestellten Rohblöcke von der Unterlage zu lösen (z.B. Steinbruch Fürstenbrunn der Fa. KIEFER) und andererseits für die Rohblockgewinnung untertage im Steinbruch der Fa. WALLINGER.

Seilsäge

Die Seilsäge ist ein mehrfach verdrahter Stahldraht mit Diamant besetzten Sintermetallringen und wird vorwiegend in Kalkstein- (z.B. Steinbruch am Untersberg in Salzburg, still gelegter Kirchenbruch von Adnet bei Hallein (Adneter "Rottropf"), still gelegter Kalksteinbruch bei Winzendorf - "Engelsberger Marmor") und Marmorwerksteinbrüchen (z.B. Carrara) eingesetzt. Der Einsatz einer Seilsäge ist dann sinnvoll, wenn sehr weite Trennflächenabstände die Gewinnung großer Rohblöcke erlauben.

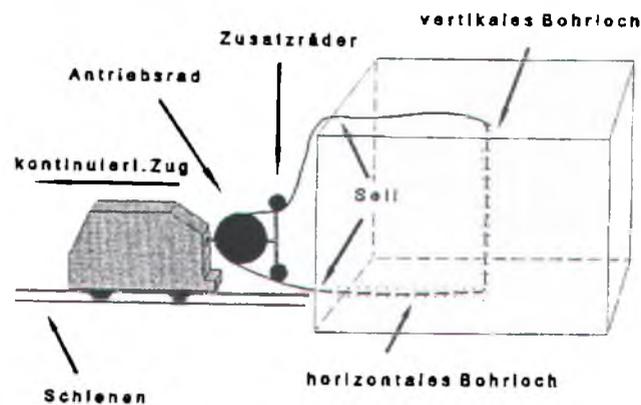


Abb. 12: Funktionsweise einer Seilsäge (aus: SINGEWALD 1992).

Die aus dem Felsverband geschnittenen Blöcke werden entweder mit Baggerschaufel, Keilen oder Pressluftkissen aus Stahl von der Steinbruchwand gerückt und auf „weiche“ Schutthaufen umgelegt und der Weiterverarbeitung zugeführt.

Abbohren

Bei dieser Abbautechnik werden mit Hilfe von Bohrstangen eng nebeneinander liegende Löcher in das Gestein gebohrt. Die Lösung des Rohblockes erfolgt danach mit Keilen oder wenig brisanten Sprengungen mit Schwarzpulver oder Sprengschnüren. Diese Technik wird unter anderem in den niederösterreichischen Konglomeratsteinbrüchen von Lindabrunn und Rohrbach (Fa. BAMBERGER) sowie zur Gewinnung des Rippelsberger Sandsteines bei Windischgarsten (OÖ) angewandt.



Abb. 13: Steinbruch Lindabrunn

Im Windischgarstener Steinbruch müssen jedoch die Bohrlöcher so eng gesetzt werden, dass ein Bohrloch unmittelbar an das andere grenzt, da der dort gewonnene Stein porös und mürbe ist und daher keine Spannungen aufnehmen kann, die für eine Keilspaltung notwendig wären.



Abb. 14: Steinbruch im "Rippelsberger" Sandstein (grobkörniger Dolomitsandstein der basalen Gosau-Formation) östlich von Windischgarsten (OÖ)

Unterhöhlen

Eine überaus gefahrenträchtige Technik Steinblöcke zu gewinnen ist das Unterhöhlen, wobei wenig feste oder lockere Gesteine einer Steinbruchwand ausgeräumt werden. Die Stützung des darüber liegenden Felses erfolgte durch stehen gelassene Pfeiler oder durch Holzpflo-

sten. Nach der erfolgten Unterhöhlung wurden die Felspfeiler gesprengt oder die Holzpfosten verbrannt oder weg gezogen.

Diese Gewinnungstechnik wurde unter anderem im oberen Konglomeratsteinbruch im Rauchstallbrunngraben bei Baden angewandt. In Abb. 15 ist etwa in der Bildmitte eine noch erhaltene Holzstütze zu sehen. In diesem Bereich befindet sich eine rund 1 m mächtige, nicht verfestigte Sandschicht, die ausgeräumt wurde, um den darüber liegenden von Klüften begrenzten Konglomeratblock zu gewinnen.

Ein spektakulärer Unfall ereignete sich 1877 an der Elbe als eine unterhöhlte Steinbruchwand im Elbsandstein in den Fluss stürzte und die Schifffahrt einige Zeit still legte.



Abb. 15: Abbau von Kluftkörpern durch Unterhöhlen im oberen Konglomeratsteinbruch des Rauchstallbrunngrabens.

Spalten

Bei nicht verwitterten, fein- bis mittelkörnigen Tiefengesteinen, z.B. Graniten (Schrems, Schärding, Perg), Dioriten (Gebharts) und Gabbros, die keine Zerlegung durch Störungen erfuhren, nutzt man im bergfeuchten Zustand die durch genetisch bedingte Entspannungsvorgänge angelegten Mikrorissysteme, um den Werkstein sehr rasch und mit geringem technischen Aufwand mit Federkeilen zu spalten. Nach dem Austrocknen der Steine geht diese Eigenschaft weitgehend verloren. Viele Millionen Granitpflastersteine wurden in den letzten 200 Jahren mit dieser Technik hergestellt, eine Anfertigung mit Gattersägen oder Diamanttrennscheiben wäre viel zu zeitaufwändig und kostenintensiv.

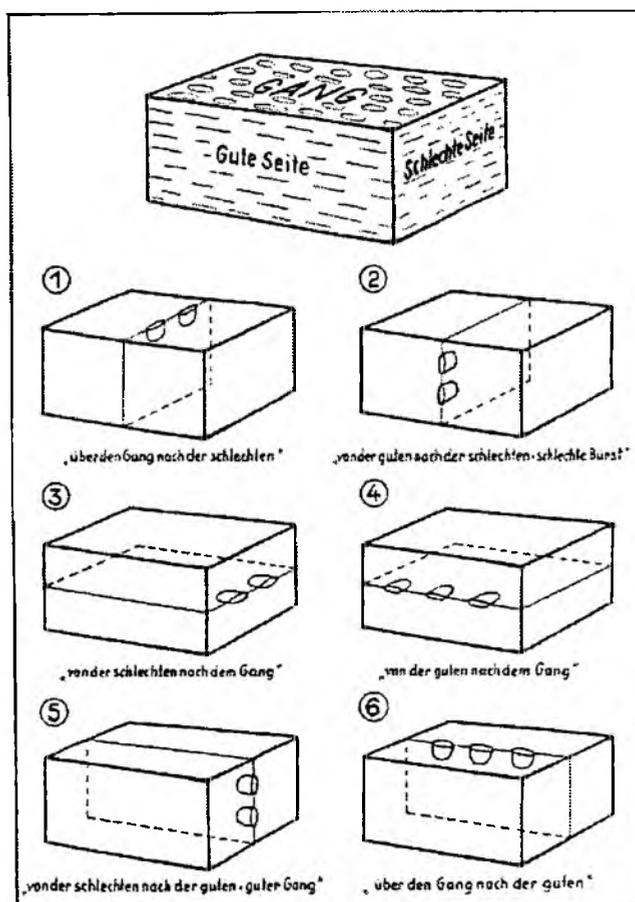


Abb. 16: Übliche Bezeichnungen der Spaltungsflächen des Granites in den ober- und niederösterreichischen Steinbrüchen (aus KIESLINGER, 1951).

Die Lösung der Rohblöcke aus dem Felsverband nach dem Spalten erfolgt mit wenig brisantem Schwarzpulver oder Sprengschnüren, damit die Blöcke nur aus der Steinbruchwand "geschoben" werden, ohne das Gefüge zu zerstören. Die Technik des Spaltens von Granit dürfte zu den ältesten Steingewinnungstechniken der Menschheit gehören, berühmte Beispiele stellen die ägyptischen Obelisken dar, die traditionellerweise aus dem Rosengranit von Assuan hergestellt wurden.

Im Gegensatz dazu wird Granit der als Massenrohstoff eingesetzt wird (z.B. Steinbruch der Fa. HENGL bei Limberg) möglichst brisant z.B. mit Gelatine Donarit gesprengt um die Kosten der Weiterverarbeitung durch Brechen zur Herstellung von Gleisschotter, Brechsanden, etc. zu minimieren.

Stärker verwitterte Granite, wie Restlinge von Wollsackformationen wurden bis etwa zur Mitte des 20. Jahrhunderts ebenfalls gespalten, jedoch war der Zeitaufwand wesentlich höher und die verwendeten Keile, die in Keiltaschen gesetzt wurden, wesentlich breiter. In seltenen Fällen wurden verwitterte Granite auch mit dem Zweispitz geschrämt, beispielsweise in den mittelalterlichen Steinbrüchen am Burgberg der Burg Rappottenstein, der aus grobkörnigem Weinsberger Granit besteht.

Auch der im Gefüge stark aufgelockerte Rastenfelder Granodiorit des Turmes der Stiftskirche von Zwettl dürfte auf diese Art und Weise abgebaut worden sein.



Abb. 17: Abkeilen eines Granitrohblockes: mehrere Keile werden zwischen Blechen in die Keilnut oder Keiltasche gesetzt und mit einem schweren Hammer gleichmäßig angezogen (um 1930, Archiv Inst. f. Ingenieurgeologie, TU-Wien).

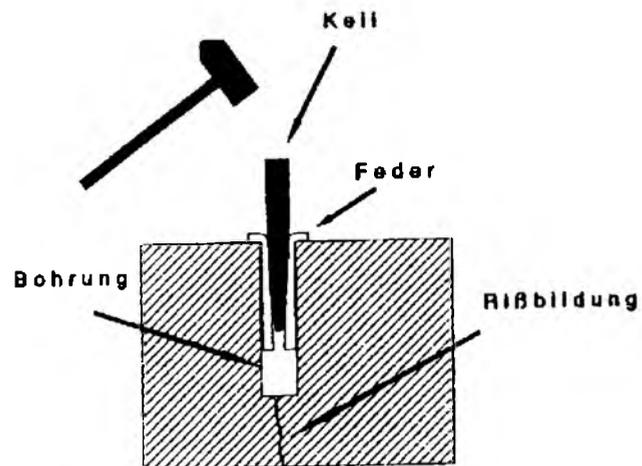


Abb. 18: Funktionsweise eines Federkeiles (aus: SINGEWALD 1992).

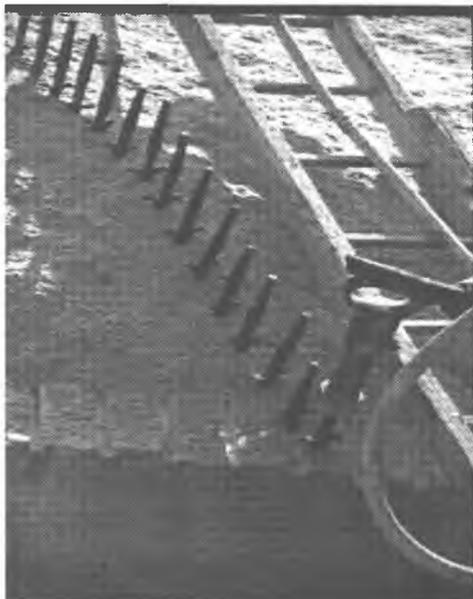


Abb. 19: Granit spalten (Steinbruch Gopperding in Schärding). Die Federkeile werden mit einem Preßlufthammer gleichmäßig angezogen.

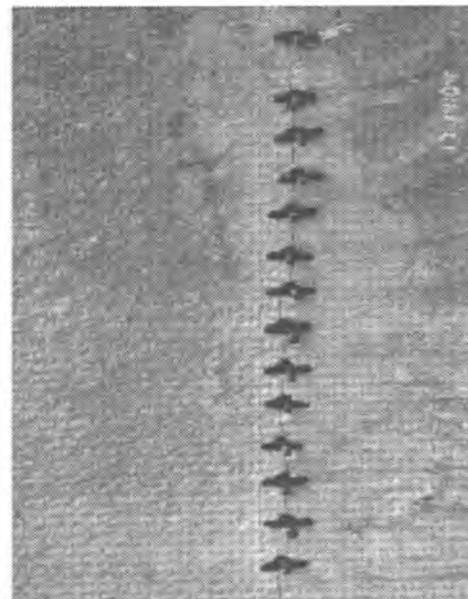


Abb. 20: Granitblock mit Federkeilen nach der Rißbildung (Steinbruch Echsenbacherwerk bei Schrems).



Abb. 21: Der Burgfelsen der Burg Rappottenstein besteht aus stark im Gefüge aufgelockertem Weinsberger Granit.

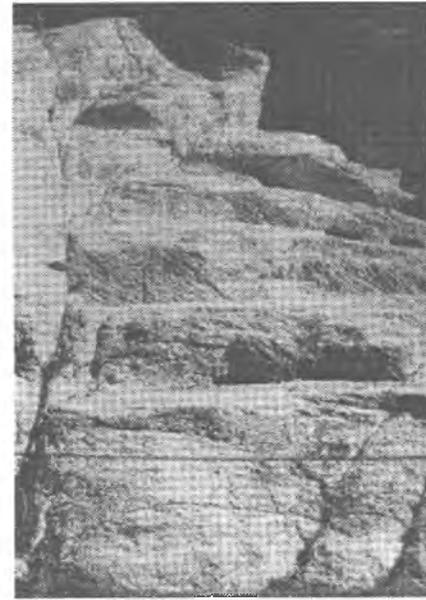


Abb. 22: Mittelalterlicher Steinbruch im Burgfelsen von Rappottenstein mit Schrämmspuren und Keiltaschen.

Eine andere Technik des Spaltens mit Keilen gelangt bei intensiv geschichteten oder geschieferten Gesteinen, wie Tonschiefer, Kalkstein (z.B. Solnhofener Kalkstein), Glimmerschiefer und Gneis, für die Herstellung von Dachschiefer, Schiefertafeln, Mauersteinen und Fußbodenplatten zum Einsatz. In diesen Fällen wird parallel zur Trennfläche gespalten. Ein allseits bekanntes Verwendungsbeispiel zur Wegegestaltung und für Hauseinfriedungen sind die Waldviertler Spaltplatten aus Bittescher Gneis.

Sonstige Steingewinnungstechniken

Eine weitere Technik, die jedoch in Österreich nicht zum Einsatz gelangt, ist die Steingewinnung mit dem Flamm Schneidverfahren, wobei diese Methode nur bei quarzreichen Gesteinen, wie Graniten oder dichtem Quarzsandstein eingesetzt werden kann, da sie sich den so genannten Quarzeffekt zu Nutze macht (Bei 573°C geht Quarz unter Volumsausdehnung schlagartig in eine andere kristallographische Modifikation über). Die Flamme erreicht rund 2000°C und tritt an einer Düse aus, in die in Schläuchen Druckluft und Dieselkraftstoff geleitet wird.

Auch die Anwendung von Hochdruckwasserstrahldüsen im Steinbruch zur Gewinnung von Rohblöcken wird in Österreich nicht angewandt.

Steinbearbeitung

So wie auch bei der Steingewinnung orientiert sich die weitere Bearbeitung durch den Steinmetzen an den Eigenschaften, vor allem Härte, Festigkeit und Zähigkeit des zu bearbeitenden Gesteines. Auch die Werkzeuge, vor allem Spitzen und Schneiden müssen auf diese Eigenschaften abgestimmt werden.

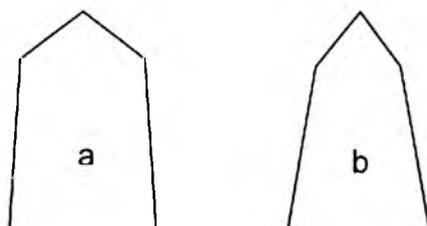


Abb. 23: Schematische Darstellung von Werkzeugspitzen bzw. Schneiden:
a - für "Hartgesteine", b - für "Weichgesteine"

Bei den Steinmetzwerkzeugen, die zur manuellen Steinbearbeitung herangezogen werden, sind prinzipiell drei Gattungen zu unterscheiden: geschäftete Werkzeuge; nicht geschäftete Eisen, die mit einem Schlagwerkzeug, dem eisernen Schlägel oder hölzernen Knüpfel eingesetzt werden und als dritte Hauptgruppe noch die Sägen, Raspeln, Hobel, Schleif- und Polierböcke sowie die Bohrer. Geschäftete Werkzeuge werden immer beidhändig geführt.

geschäftete Werkzeuge:

Bossierhacke
Zahnhacke
Peckhammer
Stockhammer
Kreuzhacke
Pille

Eisen:

Spitzeisen
Breiteisen
Scharriereisen
Zahneisen
Mondeisen
Beizeisen
Stocheisen
Graviereisen

Wichtige Hilfswerkzeuge und Geräte für die Konstruktion von Werkstücken sind Zirkel, rechter Winkel, Maßbrett, Lot, Lotwaage und Schablonen, die früher aus Pergament und heute aus Kunststofffolien oder Blech hergestellt werden.

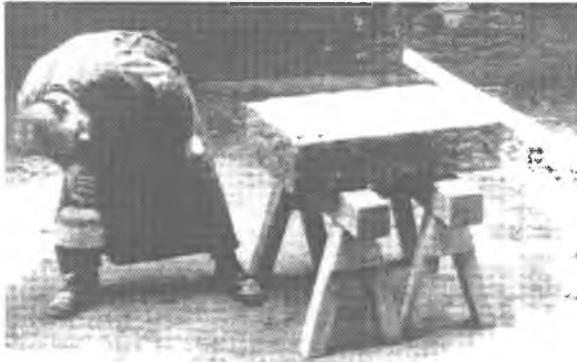


Abb. 24: Mit dem Visieren über das Maßbrett wird die Arbeitsebene festgelegt, die vom Randschlag (Saumschlag) umgeben ist (um 1930).

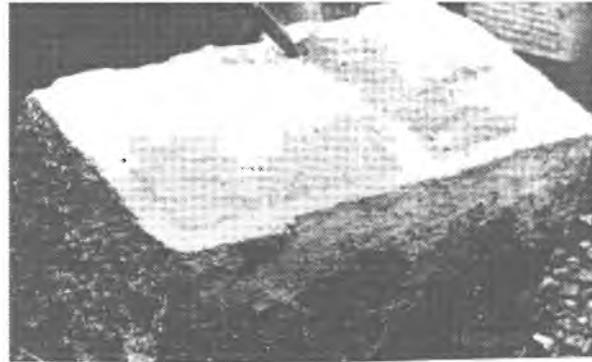


Abb. 25: Bearbeitung der Oberfläche mit dem Spitzeisen. Der innerhalb des Randschlages überstehende Stein wird Bosse genannt (um 1930).



Abb. 26: Bearbeitung der Steinoberfläche mit der Bossierhacke (um 1930).



Abb. 27: Stocken mit dem Preßlufthammer.

Heute werden viele Bearbeitungsgänge mit Hilfe von zum Teil computergesteuerten Maschinen durchgeführt. Mit Diamanttrennscheiben, Gattersägen, Hochdruckwasserstrahl, Schleif- und Polierstraßen, Anlagen zum Sandstrahlen, Flämmen und Bürsten lassen sich mit geringem Personaleinsatz nahezu alle Gestaltungswünsche verwirklichen. Die Bedienung der häufig mit Hartmetallspitzen und -schneiden ausgestatteten Eisen erfolgt oft mit einem Presslufthammer.

Steinmetzzeichen

Früher war es üblich, fertig gestellte Werkstücke mit einem Personen bezogenen Zeichen zu signieren - dem so genannten Steinmetzzeichen, das einerseits als Kennzeichnung für die Abrechnung (Stücklohn) diente und andererseits auch die hohe Qualität der Arbeit (ähnlich wie Schmiede- und Töpferstempel) und wer diese verrichtet hat, dokumentieren sollte (Steinmetzzeichen finden sich auch schon in der griechischen und römischen Antike sowie im alten Ägypten). Das Steinmetzzeichen wurde nach abgeschlossener Lehre von den Zunft- bzw. Innungsmeistern verliehen und diente praktisch ein Leben lang als Marken- und Erkennungszeichen.

Eine weitere Gruppe von Markierungen, die sich jedoch meist an den nicht sichtbaren Flächen von Stoß- oder Lagerfuge befinden, sind die Versetzzeichen, die dem Versetzer einen Hinweis für den korrekten Zusammenbau, beispielsweise eines komplizierten gotischen Maßwerkes, geben (ähnlich den Markierungen der Zimmerleute wenn sie einen Dachstuhl errichten).

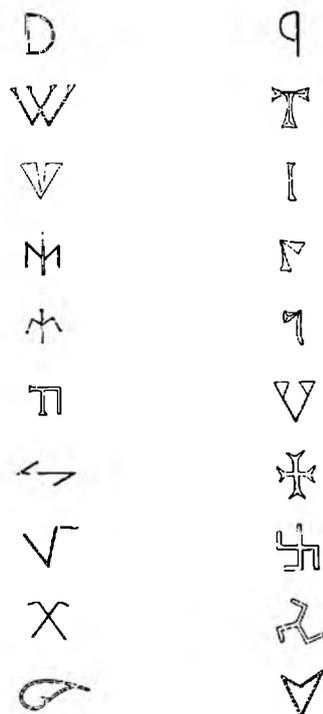


Abb. 28: Einige gotische Steinmetzzeichen des Wiener Stephansdomes
(aus: KIESLINGER 1949).

Literatur:

- BINDING, G. (1993): Baubetrieb im Mittelalter. - 527 S., (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt
- KIESLINGER, A. (1949): Die Steine von St. Stephan. - 488 S., Herold, Wien
- KIESLINGER, A. (1951): Gesteinskunde für Hochbau und Plastik. – Österr. Gewerbeverlag, Wien
- KIESLINGER, A. (1956): Die nutzbaren Gesteine Kärntens. - Carinthia II, Naturwissenschaftliche Beiträge zur Heimatkunde Kärntens, Mitt. d. Naturwissenschaftlichen Vereines f. Kärnten, **17**. Sonderheft, Klagenfurt
- KIESLINGER, A. (1964): Die nutzbaren Gesteine Salzburgs. - Mitt. Ges. salzb. Landeskunde, **1964**/Ergänzungsband **4**, 436 S., Bergland-Buch, Salzburg - Stuttgart
- KIESLINGER, A. (1972): Die Steine der Wiener Ringstraße. - [in:] Die Wiener Ringstraße, Bild einer Epoche, **4**, 665 S., Steiner, Wiesbaden
- KIESLINGER, A. (1979): Wiener Baustoffe bis um 1600. - Restauratorenblätter (ed. Österr. Sektion IIC), **3**, Wien.
- KLEBELSBERG, R. v. (1948): Tiroler Werksteine. - Veröff. d. Museums Ferdinandeum in Innsbruck, **20/25**, (1940/45), 247 - 264, Innsbruck
- KLEMM, R. & KLEMM, D. D. (1992): Steine und Steinbrüche im Alten Ägypten. - Springer-Verlag, 465 S., 484 Abb., 16 Farbtaf., 96 Darst., Berlin - Heidelberg
- LACHMAYER, H. [Ed.] (1999): Steinbruch. - Hollitzer Baustoffwerke Ges.m.b.H., 80 S., Bad Deutsch-Altenburg
- ROHATSCH, A. (1996): Geologie in Denkmalpflege und Bauforschung am Beispiel der Filialkirche Hl. Nikolaus in Wildungsmauer (NÖ). - Restauratorenblätter (Österr. Sektion des IIC), **17**, Wien
- SINGEWALD, Ch. (1992): Naturwerkstein. Exploration und Gewinnung. – Steintechnisches Institut, Mayen, 260 S., R. Müller, Köln
- STRASSER, W. & STUMMER, J. (1998): Steinbruch Plekting & In der Zell. Die Geschichte der Neuhauser Granitregion Plöcking-Kleinzell. - Kulturverein Erlebniswelt Granit, St. Martin i. M.

5. Gewinnung und Aufbereitung von Gesteinskörnungen

Gesteinskörnungen für eine Vielzahl von Verwendungszwecken, z.B. als Baurohstoffe, für Zuschläge zur Herstellung von Asphalt und Beton, für feinkörnige Füllstoffe, als Rohmaterial für die Erzeugung von mineralischen Bindemitteln wie Gips, Branntkalk und Zement, werden sowohl aus Festgesteinen als auch aus Lockergesteinen gewonnen.

Unter **Festgesteinen** versteht man – vereinfacht – "Fels" in seinen durch seine Entstehung bedingten ursprünglichen Verbands- und Lagerungsverhältnissen, die durch gebirgsbildende Vorgänge stark verändert sein können, z.B. durch Klüfte oder Verwerfungen zerlegt oder sogar klein stückig zerbrochen, zerpresst oder sogar zerrieben sein können ("mylonitisiert"). Diese natürliche "Vorzerkleinerung" ist in der Regel für die Gewinnung von Gesteinskörnungen sogar von Vorteil, da sie sowohl für das Lösen des Gesteins aus dem Gebirgsverband als auch für seine nachfolgende Zerkleinerung Energie sparen hilft.

Unter **Lockergesteinen** versteht man – technisch betrachtet – natürliche, durch Verwitterungs- und Umlagerungsvorgänge entstandene, unverfestigte Gesteinskörnungen. Diese reichen – nach zunehmender Korngröße geordnet – vom Rohton über Schluffe (Silte), Sande und Kiese bis zu groben Geröllen.

Bergsturzmassen und Schutthalden, die in den österreichischen Alpentälern weit verbreitet sind und für die Rohstoffversorgung, z.B. Tirols, intensiv genutzt werden, nehmen eine Art Zwischenstellung zwischen Fest- und Lockergesteinen ein. Zu erwähnen ist auch die Nutzung von in Werksteinbrüchen anfallenden "Abfällen". So zum Beispiel wird auch zur Herstellung von Gesteinskörnungen das Material geeigneter Bergbauhalden ("Taubes Gestein") verwendet.

Von stark zunehmender Bedeutung ist auch die Nutzung von in großen Massen anfallenden Tunnelausbruchsmaterials nicht nur für Schüttungszwecke, sondern auch für Gesteinskörnungen.

Da für die Gewinnung von Fest- und Lockergesteinen sehr unterschiedliche Methoden angewendet werden, sollen diese im Folgenden auch getrennt behandelt werden.

Gewinnung von Festgesteinen

Festgesteine werden vorwiegend in Steinbrüchen im Tagbau gewonnen, selten (im Gegensatz zu Werksteinbrüchen) auch in unterirdischen Steinbrüchen, z.B. die Dolomitgewinnung in Schwaz/Tirol. Untertägige Steinbrüche haben den Vorteil der Unauffälligkeit (landschaftschonend), der Witterungsunabhängigkeit und der leichteren Gewinnbarkeit des jeweiligen Gesteines im bergfeuchten Zustand, besitzen aber auch zusätzliche Gefahren.

Bei den Tagbauen unterscheidet man je nach ihrer Lage im Gelände zwischen an Hängen angeordneten "**Lehnenbrüchen**" (im zunehmenden Maß auch "Kammbrüche") und von ebenem Gelände ausgehende und in dieses eingesenkte "**Kesselbrüche**", häufig auch als Tiefbaue bezeichnet.



Abb. 29: Steinbruch der Firma HENGL in Limberg bei Maissau, NÖ.

Lehnenbrüche verändern häufig das Landschaftsbild auffällig, wobei die Farbe des jeweiligen Gesteines – ob heller Kalk oder grün-grauer Diabas – eine nicht unwesentliche Rolle spielt. Sie haben dafür den Vorteil des Abförderns des gewonnenen Materiales mit der Schwerkraft und deren Nutzung auch für den Durchsatz in Aufbereitungsanlagen sowie des Abfließens von Niederschlägen oder des zusitzenden Bergwassers.

Kesselbrüche beeinflussen das Landschaftsbild wesentlich weniger, das gewonnene Gestein muss aber gegen die Schwerkraft gefördert werden und zuzitzende bzw. Niederschlags-Wässer erfordern eine eigene Wasserhaltung.

Da die wichtigsten Trennflächen des Gebirges, d.h. die natürlichen Ablöseflächen, wie z.B. die Bankung von Sedimentgesteinen, die Schieferungsflächen von Metamorphiten oder mehr-minder straff geregelte, parallele Klufscharen in Faltengebirgen in der Regel nicht horizontal, sondern in beliebigen Winkeln von der Horizontalen abweichen ("einfallen"), unterscheidet man nach der auf diese Trennflächen bezogenen Abbau-Richtung:



Abb. 30: Abbau entlang steil stehender Klüfte im moravischen Granit (Steinbruch bei Retz).

- Abbau gegen das Einfallen der Schichten
sehr wirtschaftlich, das Gestein löst sich leicht bzw. zu leicht, daher gefährlich
- Abbau mit dem Einfallen der Schichten
weniger wirtschaftlich, höherer Sprengstoffverbrauch, aber sicherer
- Abbau im Streichen der Schichten
vereinigt weitgehend die Vorteile der beiden vorgenannten Abbau-Richtungen bezüglich Wirtschaftlichkeit und Sicherheit

Für die Lagerungsverhältnisse und die Absonderungsflächen jungvulkanischer Gesteine sind diese Überlegungen sinngemäß anzuwenden.

Abraum und Deckgebirge

Das nutzbare, für den Abbau vorgesehene Gestein wird meist von verwittertem Gesteinsmaterial oder von darüber abgelagerten Sedimenten verhüllt. Diese Schichten müssen vor Beginn der Gewinnung entfernt werden. Dies erfolgt meist mit Hilfe von Schubraupen oder Radladern – die Schichten werden "abgeschoben".

Lösen des Gesteines aus dem Gebirgsverband

Im Gegensatz zum schonenden Lösen des Gesteines bei der Werksteingewinnung erfolgt hier der Abbau in der Regel durch Bohren und Sprengen mit brisanten Sprengstoffen, die das Gestein bereits stark zerkleinern.

Der Gesteinsabbau erfolgt in Steinbrüchen mit größeren Höhenunterschieden meist in Etagen, d.h. die Steinbruchwände sind stufenförmig gegliedert. Die Stufenhöhe = Etagenhöhe beträgt meist um 15 – 20 m, die Steinbruchwände weisen in der Regel eine Neigung von rund 70° auf. Die für das Einbringen des Sprengstoffes erforderlichen Bohrlöcher werden von den Etagen aus meist mit selbst fahrenden Raupenbohrgeräten abgeteuft. Ihr Abstand sowohl von der Etagenvorderkante als auch von Bohrloch zu Bohrloch wird sowohl Gesteins- als auch Sprengstoff abhängig gewählt. Zur Gewinnung großer Gesteinsmengen durch eine Sprengung können auch mehrere Bohrloch-Reihen parallel zur Etagenkante hintereinander angelegt werden.



Abb. 31: Sprengung im Steinbruch Limberg bei Maissau, NÖ.

Um die Wirkung der Sprengung zu erhöhen und möglichst ebene, gut befahrbare Steinbruch- bzw. Etagensohlen zu erreichen, werden am Fuß der Etagenwände durch horizontale bis leicht schräg einfallende Bohrlöcher sogenannte "Heberschüsse" abgetan.

Das Zünden der in die Bohrlöcher eingebrachten und verdämmten Sprengstoffe erfolgt nicht gleichzeitig, sondern mit Hilfe spezieller Zündanlagen in Millisekunden-Abständen, wobei auch die Reihenfolge der gezündeten Bohrlöcher optimiert werden kann. Dadurch wird einerseits die Sprengerschütterung der Umgebung vermindert, andererseits auch die Zerkleinerung des Gebirges und die Durchmischung des durch die Sprengung gewonnenen "Haufwerkes" verbessert. Bei einer gut gelungenen Sprengung hebt sich die betroffene Etagenwand nur leicht in die Höhe, fällt dann in sich zusammen und bleibt als Haufwerk am Fuß der Wand liegen. Zu große Blöcke im Haufwerk, für welche die "Maulweite" (Öffnung) des Vorbrechers (1. Stufe der Aufbereitung) zu klein ist und für die keine Verwendungsmöglichkeit besteht, werden als Freisteine oder Knäpper bezeichnet. Sie müssen entweder gesprengt (Aufleger- oder Bohrlochschüsse) oder durch Hydraulik-Meißel bzw. durch fallende Stahlkugeln zerkleinert werden.



Abb. 32: Ein Muldenkipper schüttet das durch Sprengung gewonnene Haufwerk in den Vorbrecher (Steinbruch Limberg).

Dünnbankige oder durch gebirgsbildende Vorgänge stärker zerbrochene Gesteine sowie Gesteine geringerer mechanischer Festigkeit können auch mit überschweren Raupengeräten, die mit einem oder mehreren Reißzähnen versehen sind, aus dem Gebirgsverband gerissen werden. Derartige Gesteine werden in zunehmendem Maße mit ebenfalls überschweren Hydraulikbaggern direkt aus dem Gebirge gelöst. Diese Gewinnungsmethoden vermeiden die Gefahrenmomente der Sprengarbeit und die Anrainerbelästigung wesentlich.

Die Weiterentwicklung schwerer Hydraulikhämmer führte auch zu deren Einsatz bei besonders selektiver Steingewinnung oder Stabilitätsproblemen in Steinbrüchen.

Steintransport innerhalb des Steinbruchgeländes zu den Aufbereitungsanlagen

Dieser Transport erfolgte ursprünglich mittels Pferdewagen und bis kurz nach dem 2. Weltkrieg durch meist sternförmig angeordneten Gleisbetrieb mit Loren, wobei die Gleise vor größeren Sprengungen meist abgebaut wurden, da sie sonst beschädigt worden wären. Fallweise wurden auch Seilbahnen eingesetzt. Das Beladen erfolgte händisch.

Heute nehmen Radlader das Haufwerk auf und verladen es auf Muldenkipper mit 50 oder mehr Tonnen Nutzlast, die es zu den Vorbrechern der Aufbereitungsanlagen bringen.

Wird mit fortschreitendem Abbau die Entfernung zwischen Steinbruchwand und den Aufbereitungsanlagen immer größer, so kann durch einen fahrbaren Brecher das Haufwerk an Ort und Stelle vorgebrochen und anschließend meist mittels Förderbändern zur Aufbereitungsanlage transportiert werden.



Abb. 33: Verladung des Endproduktes (Limberg).

Die Überwindung größerer Höhenunterschiede zwischen Steinbruch und Aufbereitung kann auch mittels Roll-Lochbetriebes erfolgen, wobei ein Schacht großen Durchmessers die Steinbruchsohle und das Aufbereitungsniveau verbindet. Durch das Abstürzen des Haufwerkes im Schacht erfolgt gleichzeitig eine weitere Zerkleinerung des Gesteinsmaterials.

Die Gewinnung von Lockergesteinen

Nutzbare Lagerstätten von Lockergesteinen, vor allem von Kiesen, Kiessanden, Sanden und Tonen befinden sich vorwiegend im bzw. unter ebenem Gelände, können aber, meist als Erosionsreste, auch in Form von Hügeln oder an Hängen auftreten. Hangschutt – wobei hier kalkalpine Lagerstätten besonders wertvoll sind – hat meist eine Hangneigung von ca. 35°.

Bei der Gewinnung von Lockergesteinen sind Sprengarbeiten nur in Ausnahmefällen erforderlich, z.B. bei extrem konglomerierten Lagen ("Jeder Sand ist auf dem Weg ein Sandstein zu werden, jeder Kies zu einem Konglomerat...").

Wie bei der Anlage von Steinbrüchen ist in der Regel der Abtrag einer Überlagerung, z.B. Mutterboden, Auschluffe, oberflächlich verwitterte bzw. verlehnte Kiessande, erforderlich. Dies entfällt bei der Gewinnung aus fließenden Gewässern oder aus Stauräumen von Wasserkraftanlagen. Der Abbau selbst erfolgt oberhalb des Grundwasserspiegels vorwiegend mit Radlagern neben Baggern oder Schürfkübeln bzw. Schrapper. Die Gewinnung unter dem Grundwasserspiegel, die Nassbaggerung, erfolgt je nach Material und Situation mit sehr unterschiedlichen Geräten. Durch die Nassbaggerung wird praktisch gewaschenes Material gewonnen, d.h. die feinsten Körnungen, wie Rohtone und Schluffe sind bereits entfernt, was für viele Verwendungszwecke erwünscht ist.



Abb. 34: Abbau von Tonen mit dem Löffelbagger in der Tongrube Laa an der Thaya.

Der Transport zur Aufbereitungsanlage erfolgt bei trocken abgebautem Material durch Förderbänder oder Muldenkipper, bei Nassbaggerung meist durch schwimmende oder fest montierte Förderbänder.

Literatur

DINGETHAL, F. J., JÜRGING, P., KAULE, G. & WEINZIERL, W. [Ed.] (1998): Kiesgrube und Landschaft – Handbuch über den Abbau von Sand und Kies, über Gestaltung, Rekultivierung und Renaturierung. – 337 S., 351 Abb., 16 Ktn., 14 Tab., Donauwörth

6. Prüfmethode für Gesteinskörnungen und Korngemische

Gesteinskörnungen und Korngemische werden in Form von Schotter und Kies sowohl in gebundener Form als Zuschlagstoff für Asphalt und Beton als auch in ungebundener Form für Schüttungen und Tragschichten in der Bauindustrie verwendet. Die jährlich verwendeten Mengen liegen im Bereich von ca. 12 Millionen Tonnen. Natürlich werden an diese Baustoffe Qualitätsanforderungen gestellt, welche durch eine Reihe von Prüfungen belegt werden müssen.

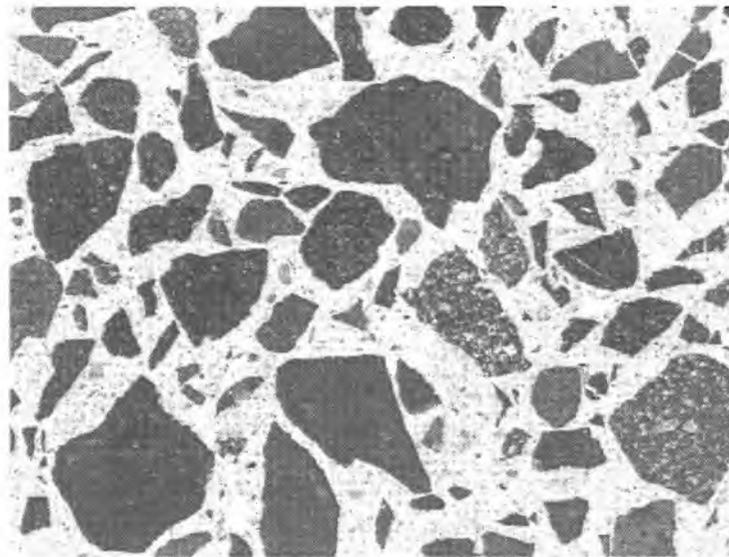


Abb. 35: Zuschlagskörnungen in einem Betonprobenkörper

Allgemeines

Körnungen: Je nach Herkunft des Materials unterscheidet man:

Natürliche Gesteinskörnungen werden einem mineralischen Vorkommen entnommen und unterliegen ausschließlich einer mechanischen Aufbereitung (Kies und Schotter).

Künstliche Gesteinskörnungen sind gleichfalls mineralischen Ursprungs, entstammen aber einem industriellen Prozess durch thermische oder „sonstige“ Veränderungen (Hochofenschlacke, Schlackensand, Stahlschrott, Blähton, Glasbruch etc.).

Recycling-Gesteinskörnungen sind aufbereitetes anorganisches Material, welches zuvor als Baustoff eingesetzt war (z.B. Betondecken).

Korngruppen werden unter Verwendung zweier Siebgrößen (d/D) bezeichnet, wobei die Toleranzen für den Siebdurchgang (Überkorn und Unterkorn) einzuhalten sind. Übliche Korngruppen sind z.B.: 0/2 – 2/4 – 4/8 – 8/16 mm etc.

Korngemische müssen grobe und feine Anteile enthalten und setzen sich aus mehreren Korngruppen zusammen. Man unterscheidet natürliche und künstlich zusammen gesetzte Korngemische. Für letztere können zusätzliche Anforderungen durch festgelegte Zwischensiebe gelten.

Fullerkurve: Die künstliche Zusammensetzung von Korngemischen aus einzelnen Korngruppen erfolgt zumeist gemäß einer Fullerkurve. Im Gegensatz zu natürlichen Korngemischen erhöht sich die Tragfestigkeit einer Schotterschicht, wenn die Kornverteilungskurve einen parabolischen Verlauf besitzt – es sind dann die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnern optimal mit Stützkorn ausgefüllt. Allerdings ist hier zu bedenken, dass die Maximierung der Tragfähigkeit auf Kosten der Entwässerung geht.

Die Berechnung der Fullerkurve erfolgt nach der Formel: $\%_{x/y}=(d/D)^q$.

$\%_{x/y}$: Anteil der gesuchten Kornfraktion im Korngemisch

d: obere Kornbegrenzung der gesuchten Fraktion

D: Größtkorn des Korngemisches

q: Parabelexponent. (liegt zumeist zwischen 0,4 und 0,6)

Steine: Bezeichnung für Korngrößen über 63 mm.

Schotter: Durch Brechen zerkleinerte Mineralstoffe in Korngrößen zwischen 32 und 63 mm.

Splitt: Bezeichnung für Korngrößen zwischen 2 - 32 mm, welche aus gebrochenem Gestein hergestellt werden.

Kies: Bezeichnung für Korngrößen zwischen 2 - 63 mm, welche aus Rundkorn bestehen.

Sand: Bezeichnung für Korngrößen zwischen 0,063 - 2 mm. Im technischen Gebrauch werden aus Korngemische bis 4 oder 5 mm Größtkorn als Sand bezeichnet.

Silt bzw. Schluff: Dies sind Korngrößen zwischen 0,002 - 0,063 mm.

Ton: Damit werden Korngrößen <0,002 mm bezeichnet – auch wenn diese nicht aus Tonmineralen bestehen. Im Sinne der Korngrößenmesstechnik werden somit auch Quarz- oder Kalksteinmehle, die kleiner als 0,002 mm sind, als „Ton“ bezeichnet. Umgangssprachlich werden aber auch bindige Feinkorngemische (Lehm, Löss, Mergel etc.) als „Ton“ bezeichnet, da sie zum überwiegenden Teil aus Tonmineralen aufgebaut sind. Tonminerale lassen sich verschiedenen Gruppen zuordnen. Die häufigsten Gruppen sind „Kaolinitgruppe“, „Glimmergruppe“, „Chloritgruppe“ und „Smektitgruppe“.

Unter **Füller** werden heute Gesteinskörnungen verstanden, deren überwiegender Teil (70 %) durch das 0,063 mm (früher 0,09 mm) Sieb hindurch geht und welchen Baustoffen zur Erreichung bestimmter Eigenschaften zugegeben werden können. Wenn diese feinen Anteile aus dem gleichen Gestein gewonnen worden sind wie auch der Sand und Splitt, spricht man von

„Eigenfüller“. Da sich in dieser feinen Fraktion jedoch die Verwitterungsprodukte (Tonminerale) anhäufen, welche z.B. durch Quellung qualitätsmindernd wirken, wird diese Fraktion sehr oft durch Kalksteinmehl ersetzt, welches dann als „Fremdfüller“ bezeichnet wird. Dieser Fremdfüller verbessert auch einige Eigenschaften des Produktes – so wird beispielsweise Beton geschmeidiger und besser pumpbar.

Festigkeitsprüfung

Für die Festigkeitsprüfung stehen mehrere Prüfmethode zur Verfügung. Die am meisten angewendeten sind:

Die Los-Angeles-Prüfung

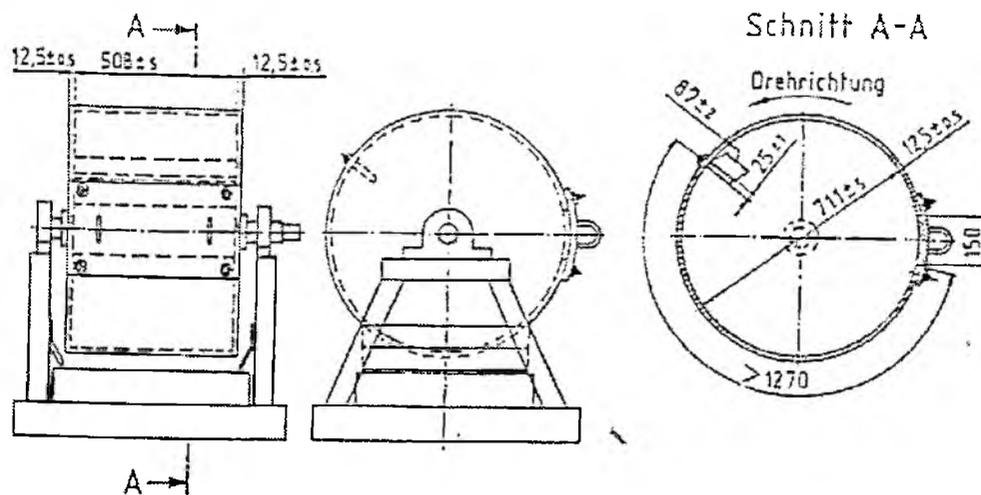


Abb. 36: Skizze der Los-Angeles-Trommel aus ÖNORM B 3128.

Diese Prüfmethode, welche auch Schlagabriebsprüfung genannt wird, gilt in Österreich als Standardtest für die Festigkeit von Körnungen und Korngemischen. Es werden zumeist 5 kg Prüfgut mit einer definierten Menge von Stahlkugeln in eine Stahltrommel mit 71 cm Durchmesser eingebracht. In dieser Trommel befindet sich eine Leiste, welche bei Drehung der Trommel (31 – 32 U/min) die Stahlkugeln und das Prüfgut in eine gewisse Höhe bringt, von wo Kugeln und Prüfmaterial gemeinsam zurück auf den Boden fallen. Dabei erfährt das Prüfmaterial einen „Schlag“ durch die Stahlkugeln, der „Abrieb“ erfolgt durch die drehende Bewegung der Trommel, wodurch Kugeln und Material durchmengt werden. Nach 500 Umdrehungen der Mühle wird das beanspruchte Material entnommen und die Feianteile über einem Sieb mit 1,6 mm Maschenweite ausgewaschen. Die Differenz zwischen der Einwaage vor der Prüfung und der Rückwaage des Materials nach dem Auswaschen der Feianteile

wird durch die Einwaage dividiert. Dieser Wert mit 100 multipliziert ergibt den Los-Angeles-Wert in Masse-%. Je geringer der Wert, desto höher ist die Gesteinsfestigkeit.

Die Prüfung simuliert die Belastung des Gesteins unter der Einwirkung von Schwerverkehrachsen in Bereichen, wo diese beschleunigt oder abgebremst werden (z.B. Kreisverkehreinfahrten, Busbuchten etc.)

Der Schlagzertrümmerungswert

Der Schlagzertrümmerungswert ist die in der Bundesrepublik Deutschland bevorzugte Prüfmethode für die Gesteinsfestigkeit im Straßenbau und wird in Österreich zur Prüfung von Gleisschotter eingesetzt. Bei dieser Prüfung wird ein 50 kg schweres Gewicht aus 50 cm Höhe auf die in einem Topf eingebrachte Probe fallen gelassen. Gemessen wird wieder die Absplitterung der Prüfkörnung. Simuliert wird bei diesem Test das Verhalten des Gesteines unter einer schlagenden Belastung, wie sie z.B. unter Bahnschwellen auftritt.

Die Deval-Prüfung

Diese Prüfung diente zur Ermittlung des Abschleifverlustes eines Gesteins. 50 Körner mit einem Gesamtgewicht von 5 kg wurden ohne Zusatz von Reibmittel geprüft. Genormt war diese Prüfung im Rahmen einer ASTM, welche von 1908 bis 1972 verwendet wurde. Heute wird der 1978 in Frankreich entwickelte **Micro-Deval-Test** verwendet, welcher nunmehr auch als europäische Norm vorliegt. Geprüft werden kann jede Kornklasse und jedes Korngemisch, wobei die Masse der Prüfkörnung 500 g beträgt. Zugesezt wird eine Reibmittelladung aus 5000 g Stahlkugeln mit einem Durchmesser von 10 mm. Die Prüfung kann nass oder trocken erfolgen. Nach der Beanspruchung wird das Material über dem 1,6 mm Sieb gewaschen und der verbleibende Rest getrocknet. Es wird wieder die Differenz zwischen Einwaage und Rückwaage gebildet. Dieser Wert dividiert durch 5 ergibt den Devalwert.

In Österreich wird die Micro-Devalprüfung nur untergeordnet eingesetzt.

Korngrößenanalyse

Durch die Korngrößenanalyse wird die Korngrößenzusammensetzung von Korngemischen beschrieben. Unter dem Begriff der Korngröße wird allerdings nicht die längste Kornachse verstanden, sondern die Breite des Kornes senkrecht dazu.

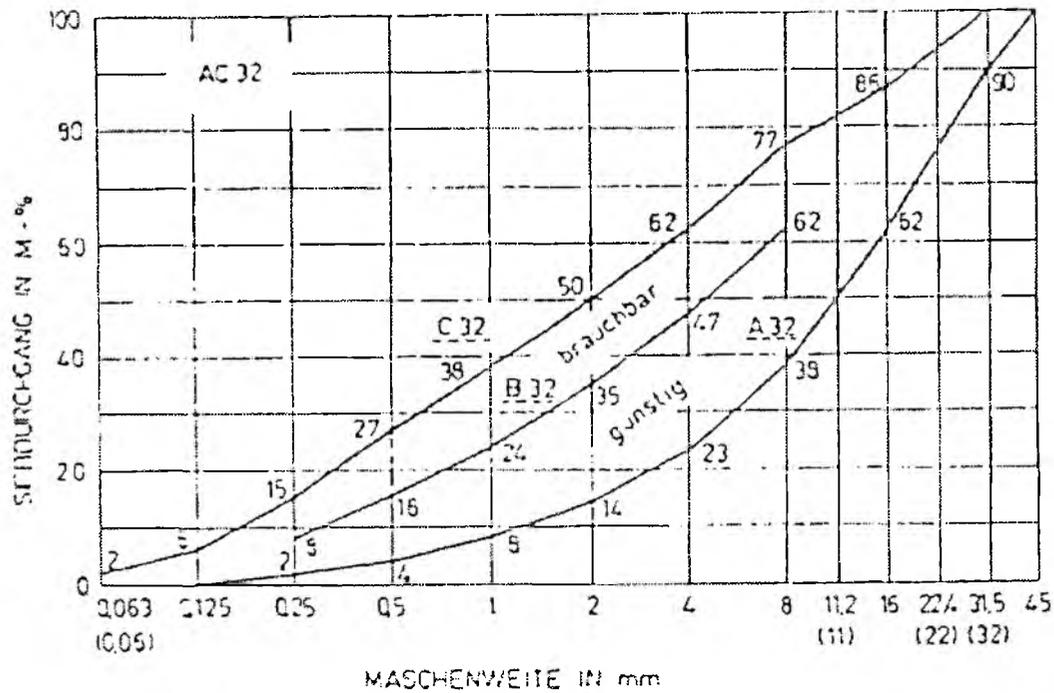


Abb. 37: Beispiel einer Kornverteilungskurve aus der ÖNORM B 4710.

Die Ermittlung der Korngrößen wird durch Siebung der Probe durchgeführt. Die graphische Darstellung der Zusammensetzung der Korngemische erfolgt zeichnerisch in einem Diagramm, der sogenannten **Kornverteilungskurve**. Auf der Abszisse (der horizontalen Achse) werden die Siebdurchmesser in logarithmischem Maßstab aufgetragen, d.h. die sich verdoppelnden Lochdurchmesser haben gleiche Abstände, auf der Ordinate (der lotrechten Achse) werden in gleichmäßiger Teilung die jeweiligen Gesamtsiebdurchgänge in % des gesamten Probengewichtes dargestellt.

Kornform

Die **Kornform** von Gesteinskörnungen beeinflusst die Kornfestigkeit und den Hohlraumgehalt des Korngemisches oder des daraus erzeugten Asphalt- oder Betonmörtels. Die Kornform soll möglichst rund und gedrunen sein, d.h. die Länge soll nicht mehr als den dreifache Korndurchmesser betragen. Bestimmt wird die Kornform nach EN 933-3, der Plattigkeitskennzahl FI (mit der Kornformschiebelehre) bzw. nach EN 933-4, der Kornformkennzahl SI (mit Stabsieben). Die Plattigkeitskennzahl ist das Referenzprüfverfahren.

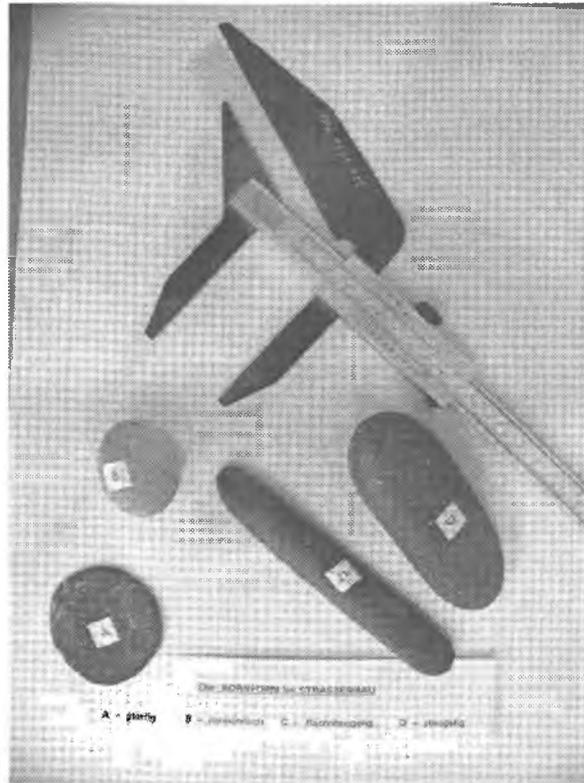


Abb. 38: Kornformschiebelehre zur Bestimmung der Kornform nach ÖNORM EN 933-3.

Kornoberfläche und Bruchflächigkeit

Durch diese Parameter wird die Oberflächenausbildung der einzelnen Gesteinskörner beschrieben, welche entsprechende Auswirkungen auf die technischen Eigenschaften der Korngemische hat.

Kornoberfläche

Die Ausbildung der Kornoberfläche beeinflusst unterschiedlich die Eigenschaften der Zuschlagstoffe. Glatte Körner verhalten sich im Mörtel geschmeidiger; raue, poröse oder kavernöse Kornoberflächen bewirken einen erhöhten Bindemittelanteil. Absandende oder umkrustete Oberflächen senken die Festigkeit des Baustoffes. Harte Körner mit einer hohen Mikrorauigkeit erhöhen die Polierresistenz.

Bruchflächigkeit

Die Bruchflächigkeit der Körnungen wirkt sich auf den Hohlraumgehalt und die Standfestigkeit der Baumaterialien aus. Durch die Erhöhung des Rundkornanteils nimmt der Hohlraumgehalt ab. Dies ergibt einen geringeren Bindemittelbedarf, ein geringeres Wasseraufnahmevermögen, eine geringere Wasserdurchlässigkeit und eine größere Frostbeständigkeit. Rundgeformtes Material bewirkt größere Setzungen als dies bei Mineralgemischen aus gebrochenem Material der Fall ist.

Man unterscheidet:

Rundkorn: ein Korn besitzt zumindest noch 50% Oberflächenanteil mit natürlicher Rundung.

Kantkorn: liegt dann vor, wenn der Bruchflächenanteil $> 50\%$ ist.

Bei einem **Brechkorn** muss der Bruchflächenanteil über 90% betragen.

Polierresistenz

Die in Asphalt- oder Betonstraßendecken eingebauten Körnungen werden durch die Autoreifen poliert, wodurch die Straße ihre Griffigkeit verliert und die Unfallgefahr entsprechend ansteigt. Daher werden an die verwendeten Gesteine entsprechende Anforderungen gestellt.

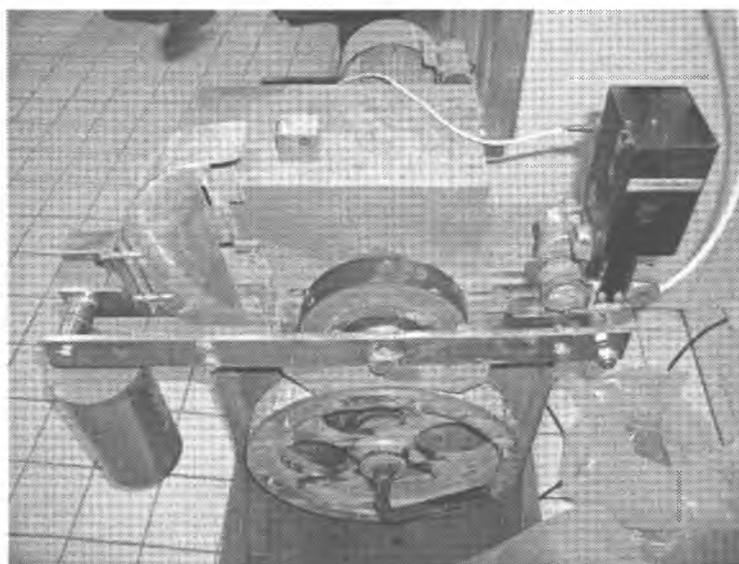


Abb.39: Prüfmaschine zur Ermittlung des PSV-Wertes.



Abb. 40: Pendelgerät und Prüfkörper zur Bestimmung der Griffigkeit.

An Prüfmethoden stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

PSV-Wert (Polish-Stone-Value)

Bei diesem Polierversuch steht ein Vollgummireifen (=Polierrad) mit einem zweiten Rad (=Prüfrad) in Kontakt, an dessen Umfangseite insgesamt 14 Probekörper befestigt sind (drei Prüfkörper pro Probe = 4 Proben und zwei Vergleichskörper aus Normgestein). Jeder davon besteht aus Splittkörnern der Fraktion 8/10 mm, die in Kunststoff eingebettet sind. Das Prüfrad besitzt einen Durchmesser von 40 cm, eine Breite von 4,5 cm und wird mit 320 U/min angetrieben, wobei der Gummireifen mit einem Druck von 725 N angepresst wird. Die Versuchsdauer beträgt 6 Stunden, wobei kontinuierlich Wasser und Poliermittel zugegeben werden. In den ersten drei Stunden wird mit grobem Korund, in den weiteren drei Stunden mit feinem Korund poliert. Danach wird der Reibungsbeiwert mit Hilfe des modifizierten britischen Pendelgerätes (Skid Resistance Tester – SRT) bestimmt.

Weitere Prüfmethoden der europäischen Normung sind der **Aggregate-Abrasion-Value** und der **Nordische Abriebswert**.

Frostbeständigkeit

Unter Frostbeständigkeit versteht man die Beständigkeit des Einzelkorns gegenüber der Absplitterung und Gefügebrauchung unter Frosteinwirkung. Dieser Begriff wird sehr oft mit „Frostsicherheit“ verwechselt.

Die wassergesättigte Prüfkörnung wird luftdicht in Kunststoffsäcken eingeschweißt. Diese Säckchen werden zunächst mindestens 30 Minuten in Eiswasser gelagert und danach drei Stunden in ein Kältebad von -20°C gebracht. Anschließend werden sie in ein Wärmebad von +20°C umgelagert, worin sie mindestens 2 Stunden verbleiben. Dieser Frost-Tau-Wechsel wird zehnmal wiederholt. Danach werden die Säcke aufgeschnitten und der Inhalt in einer Schale bis zur Massenkonstanz getrocknet. Anschließend werden die Prüfkörner auf Sieben mit der halben Nennweite der unteren Kornklassengrenze sowie auf dem 1,6 mm Sieb abgeseibt, die Siebdurchgänge genau abgewogen. Die Absplitterung darf bei Rund-, Kant- und Brechkörnungen die 2 % Grenze nicht überschreiten. Für Edelbrech- und Edelkantkorn gilt die 1 % Grenze.

Nach Feststellung der Absplitterung wird an den Körnungen der Los-Angeles-Test durchgeführt. Im Vergleich zu einer unbefrostenen Probe darf der LA-Wert der befrostenen Probe um max. 20 % schlechter sein.

Proctordichte und Verfeinerungsgrad

Beim Proctorversuch wird mit einem Fallgewicht (Proctorhammer) auf ein in einem Topf eingebauten Korngemisch eine bestimmte Verdichtungsenergie übertragen, durch welche das Korngerüst verdichtet wird. Aus dem Volumen des Proctortopfes und dem Gewicht der eingebauten Probe kann deren Dichte errechnet werden. Der Versuch wird mit steigenden Wassergehalten durchgeführt, wodurch zunächst auch die Dichte des eingebauten Materials ansteigt. Ab dem Erreichen der Wassersättigung fällt die Dichte wieder ab. Die höchste im Versuch erreichte Dichte wird als Proctordichte bezeichnet, ihr Wassergehalt als „optimaler Wassergehalt“. Dieser ist beim Bau von Tragschichten einzuhalten.

Je nach Verdichtungsenergie spricht man von „Standardproctor“, auch „einfacher Proctorversuch“ genannt oder von einem „verbesserten“ bzw. „modifizierten Proctorversuch“, bei welchem die Verdichtungsenergie das Vierfache des Wertes beim Standardproctorversuch ist. Der einfache Proctorversuch wird zumeist für bodenmechanische Fragen, der modifizierte für Prüfungen im Straßenbau herangezogen.

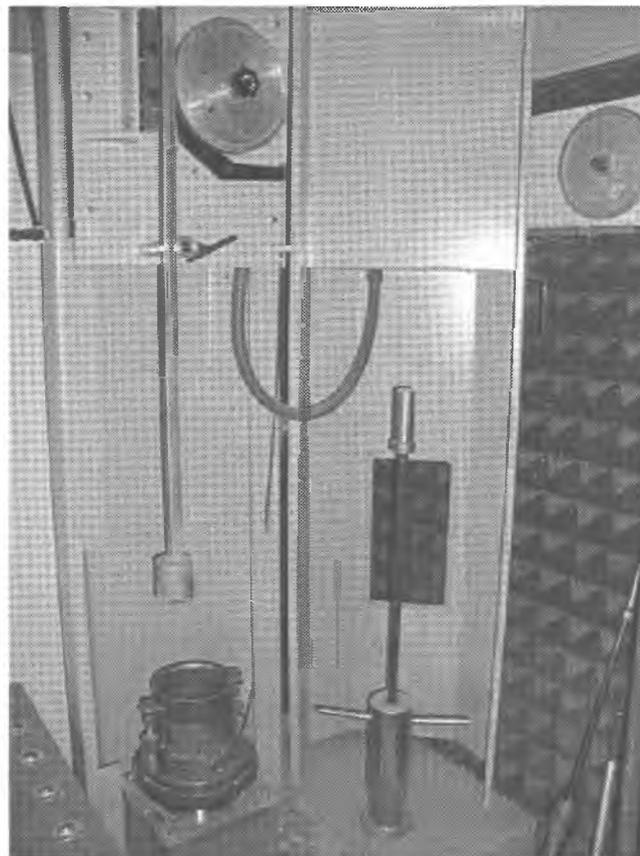


Abb. 41: Proctorhammer und Proctortopf.

Durch die Materialbelastung mit dem Proctorhammer werden aber auch einzelne Körner im Korngemisch zerschlagen. Zur Erfassung der Kornzertrümmerung ungebundener Tragschichten beim Einbau und allenfalls durch spätere Verkehrseinwirkung ist der Verfeinerungsgrad ΔG zu bestimmen. Dieser ergibt sich als Differenz der Grobfaktoren G vor und nach der Verdichtung eines Korngemisches. Er ist definiert als jene Fläche, die bei einer halblogarithmischen Darstellung der Kornverteilung von der Abszissenparallele durch 100 M-% Siebdurchgang und von der Kornverteilungskurve zwischen Größtkorn und dem 0,063 mm Durchmesser eingeschlossen wird. Seine Dimension sind cm^2 , der zulässige Bereich ist in Abhängigkeit vom Größtkorn festgelegt. Weiters darf die durch die Verdichtung hervorgerufene Feinkornanreicherung beim Korndurchmesser von 0,1 mm 4 M-% nicht überschreiten (= ΔW).

Frostsicherheit

Durch die Quellung der Tonminerale und der Eislinnenbildung in einem Korngemisch entstehen Schäden in Fundamentierungen und Straßenunterbauten in Folge von Frost- und/oder Tauwirkung. Überschreitet der Anteil $<0,02$ mm nach Durchführung eines verbesserten Proctorversuches die 3 %-Grenze (= Casagrandekriterium), so sind an diesem Material röntgendiffraktometrische Bestimmungen des Mineralbestandes durchzuführen.

Durch die Identifikation der Tonminerale und der semiquantitativen Bestimmung ihres Anteils in der Probe kann der Gehalt an Feinanteilen $<0,02$ mm bestimmt werden, bis zu dem die Probe als frostsicher eingestuft werden kann (= Mineralkriterium). Wird dieser Anteil im Korngemisch überschritten, kann die Frostsicherheit eventuell noch durch einen aufwändigen Frosthebungsversuch ermittelt werden. Der Anteil $<0,02$ mm ist in einem Korngemisch, welches für Tragschichten im Straßenbau verwendet wird, generell mit 8 Massen-% beschränkt. Chlorit und Muskovit bewirken eher Frosthebungsschäden, Smektite führen zu Tauschäden, Kaolinit kann für beide Schadensbilder verantwortlich sein.

Wasserempfindliche Substanzen

Darunter versteht man neben den quellfähigen Mineralen vor allem Mineralneubildungen wie Goethit (Rost) u.a. Minerale, die bei Wasserzutritt nicht volumenbeständig sind. Für die Ausdehnung eines Baustoffes gibt es unterschiedliche Grenzwerte, jedoch sollte die Volumsvergrößerung (in Straßen) in der Regel Werte zwischen 0,5 bis 1 % nicht übersteigen. Auf län-

gere Zeit betrachtet, müssen bezüglich der Verwitterung alle gesteinsbildenden Minerale – Quarz ausgenommen – als wasserempfindlich bezeichnet werden.

Schädliche Mineralbeimengungen

Einige Minerale können durch ihre Umwandlungsreaktionen ganze Bauwerke (Straßen, Staumauern etc.) unbrauchbar machen. Die häufigsten Schäden treten bei folgenden Mineralen auf.

Pyrit

Diese kubische Form des Eisensulfides (FeS_2) ist ein weit verbreitetes Mineral, welches optisch attraktiv in größeren Kristallen, aber auch fein pigmentiert in allen Gesteinen vorkommen kann. Leider unterliegt dieses Mineral sehr leicht der Verwitterung und ist dann für unterschiedliche Schadensbilder verantwortlich. Bei der Pyritverwitterung entstehen zumeist Eisenhydroxide, die neben ihrer Quellwirkung (z.B. im Asphalt) auch bei geringen Gehalten große optische Mängel durch Verfärbung (z.B. bei Fassaden) hervorrufen. Der Sulfidanteil des Pyrits wird oxidiert und verbindet sich mit der Luftfeuchtigkeit zu einer schwefeligen Säure. Wenn Pyrit in Splitten vorhanden ist, welche zu Asphaltmischgut verarbeitet werden, können diese sauren Reaktionsprodukte den Fremdfüller (Kalksteinmehl) auflösen, wodurch der Asphalt seine Tragfähigkeit verliert.

Nephelin

Als Sonnenbrenner wird eine bei basaltischen Gesteinen verbreitete Art der Verwitterung bezeichnet, bei der sich nach relativ kurzer Zeit mm-große höchstens cm-große hellgraue Flecken zeigen. Diese treten zunehmend deutlich hervor und das Gestein zerfällt in einen eckig-körnigen Grus.

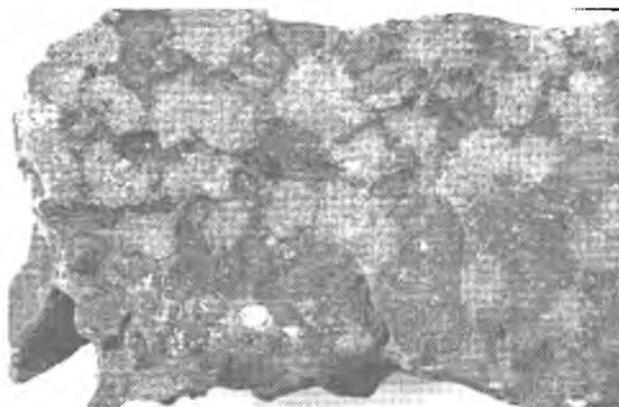


Abb. 42: Sonnenbrennerzerfall bei Basalt.

Dieser Vorgang wird durch Analcim verursacht, der oft als Umwandlungsprodukt von Nephelin auftritt. Er erscheint als sehr feinkristalline Füllung von Intergranularräumen (die als fleckige Verteilung im Gestein sichtbar wird) und ist mit feinsten Kapillarrissen durchzogen, welche das Eindringen von Wasser und damit die Verwitterung weiterer Gesteinsschichten sehr begünstigen. Diese Umwandlung ist mit einer Volumszunahme von 5,5 % verbunden. Wird eine derartige Gesteinsschicht im Steinbruch freigelegt, dann zerfällt dieses Gestein durch die Druckentlastung und die Temperaturschwankungen bedingt sehr rasch (einige Monate).

Flint (Feuerstein oder Hornstein)

sowie Opal und Opalsandstein sind kryptokristalline, alkalilösliche Kieselsäureminerale, die in einigen Zuschlagstoffen enthalten sein können (speziell als Knollen in Malmkalken). Diese Kieselsäure reagiert mit dem im Porenwasser des Betons gelösten Alkalihydroxid chemisch zu einer Alkalisilikatlösung. Diese Reaktion kann mit einer Volumenvergrößerung verbunden sein. Durch diese Treiberscheinungen sind Schädigungen des Betonbauwerkes möglich. Bei Verdacht sind Betonzuschläge nach ONR 23100 zu prüfen.

Andere Mineralanteile

Pyroxene, Muschelschalengehalt, sekundäre Mineralbildungen.

Literatur

Neben den entsprechenden Ö-Normen, welche im Anhang aufgelistet sind, gibt es noch eine Vielzahl weiterer Vorschriften.

Wesentlich sind z.B. die "Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau" (RVS) oder ON-Regeln (ONR), wie z.B.

RVS 8.01.11: "Gesteinskörnungen für den Straßenbau"

RVS 8S.05.11: "Ungebundene Tragschichten"

RVS 11.061: "Bodenphysikalische Prüfverfahren"

RVS 11.062: "Prüfverfahren für Steinmaterial"

ONR 23100: "Beurteilung von Gesteinskörnungen auf Alkalireaktionen"

7. Prüfung von Werkstein

"Wenn aber gebaut werden soll, sollen die Steine zwei Jahre vorher nicht im Winter, sondern im Sommer gebrochen werden und sie sollen dauernd an offenen Stellen lagern.

Diejenigen aber, die in diesen zwei Jahren der Witterung ausgesetzt, beschädigt sein werden, die sollen in Grundmauern eingebaut werden.

Die übrigen, die nicht beschädigt sind, werden, als von der Natur selbst geprüft, oberhalb der Erde verbaut, Dauer haben können."

VITRUVIUS ca. 30 v. Chr.

Die Technische Gesteinskunde als Teilgebiet der Erdwissenschaften ist eine der ältesten Disziplinen der Materialwissenschaften. Schon bei der Herstellung von urgeschichtlichen Steinwerkzeugen mussten wesentliche physikalische Eigenschaften, wie Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit und Bearbeitbarkeit eines Werkstoffes mit einfachen Methoden überprüft werden. Ein wesentlicher Schritt in Richtung systematischer Baustoffprüfung, der auch schriftlich überliefert ist, sind die grundlegenden Überlegungen von VITRUVIUS (ca. 30 v.Chr.) in seinen "10 Büchern über Architektur". Dieses Basiswissen dürfte aber nur in Ausnahmefällen auch angewandt worden sein, durchaus ähnlich wie rund 2000 Jahre später, da schon PLINIUS d. Ä. (70 n. Chr.) diese Grundlagen nur mehr stark rudimentär "zitiert". Erst in der späten Neuzeit mit dem Erblühen der Naturwissenschaften und dem letzten Aufflackern des Massivsteinbaues und der Steinpflasterstraßen wurden erstmals systematisch die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Baustoffen und ihre Wechselwirkung mit Bauwerk, Mensch und Umwelt im Labor überprüft.

Die urzeitlichen Grundprinzipien, Gesteine durch Schleifen, Schlagen und Drücken zu prüfen, haben sich nicht geändert, lediglich die Methode, wie dies geschieht, wurde verfeinert und teilweise automatisiert, um die daraus erhaltenen Untersuchungsergebnisse reproduzierbar zu machen. Die Grundlage der Werksteinprüfung ist also die kontrollierte und kontrollierbare Zerstörung von Gesteinsproben. Die Überprüfung der Verwitterungsbeständigkeit eines Gesteines erfolgt in enger Anlehnung an natürliche Wechselbeanspruchungen, die im Labor einerseits durch kleine Prüfkörperdimensionen und andererseits durch extreme "Umweltbedingungen" (Frost, Hitze, Salzsprengung, etc.), wie mit einem Zeitraffereffekt, verschärft werden.

Die Technische Gesteinskunde versteht sich als Werkzeug, das dem ausführenden Bauingenieur, Architekten, Denkmalpfleger und Steinmetzen gesteinsphysikalische Kennwerte, wie zum Beispiel Rohdichte, Wasseraufnahme- und Wasserabgabeverhalten, Festigkeitseigenschaften, Härte, Abriebverhalten, Polierverhalten, Abrasivität, etc. liefert. Auch die Überprüfung und Prognose der Verwitterungsbeständigkeit (Frostbeständigkeit, Frostsicherheit, Hitzebeständigkeit, Tausalzbeständigkeit, etc.) eines Baustoffes unter verschiedenen Einsatzbedingungen im Hochbau und Verkehrswegebau zählen zur Aufgabe der technischen Gesteinskunde.

Die Prüfung von Werkstein bedient sich verschiedenster chemischer, physikalischer und petrologischer Methoden und dient zur Erfassung der Qualität sowie der Verwitterungsbeständigkeit von natürlichen Festgesteinen. Die Überprüfung dieser Eigenschaften ist von wesentlicher Bedeutung, da sie die Einsatzmöglichkeiten des Werksteines klar vorgeben, aber auch einschränken. Nicht jeder Werkstein ist gleichermaßen für Fassadenverkleidungen, Bodenplatten oder statische Elemente gleich gut geeignet, um so mehr als auch vorgegebene klimatische Rahmenbedingungen die Steinverwendung zusätzlich noch deutlich beeinflussen und meist auch einschränken.

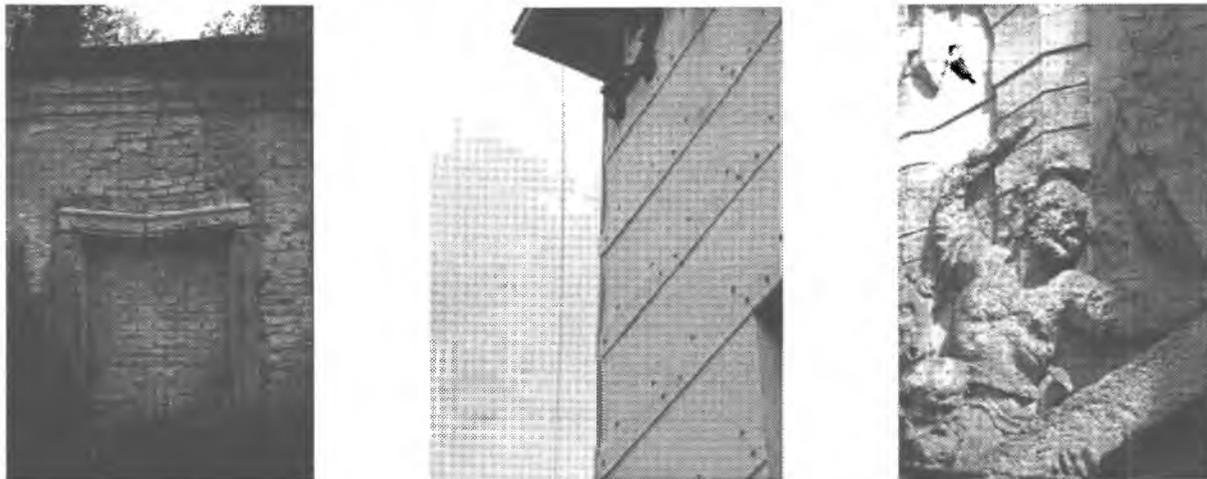


Abb. 43: Beispiele für unterschiedliche Schadensbilder und Schadensmechanismen.

Links: Versagen des Türsturzes (Zogelsdorfer Kalksandstein) durch Überschreitung der Biegezugfestigkeit (Kartause Mauerbach);

Mitte: Deformation der Marmorplattenverkleidung (Carrara-Marmor) durch Temperaturwechselbeanspruchung (Steinhofkirche in Wien)

Rechts: Schädigung einer barocken Kreuzwegstation (Zogelsdorfer Kalksandstein) durch Salzkristallisation (Stift Zwettl)

Der wichtigste Einstieg für die Beurteilung von Eignung und Verwitterungsbeständigkeit ist die Beobachtung des Gesteinsverhaltens in der Natur, in einem natürlichen Aufschluss, in einem Steinbruch oder an einem Bauwerk. Die Aussagequalität dieser Naturbeobachtungen hängt mit der Ausbildung und Erfahrung des Beobachtenden zusammen, muss von Fall zu Fall relativiert werden und spreizt sich aus diesem Grund auch gegen jede Normung.

Erste Untersuchungen erfolgen meist an drei am Gefüge orientierten Gesteinsdünnschliffen unter dem Binokular oder Polarisationsmikroskop zur Erfassung der mineralogischen Zusammensetzung, der Kornbindung und zur Beurteilung der Gefügeeigenschaften. Die Quantifizierung des Mineralbestandes erfolgt durch Auszählen. Eine erste rasche Übersicht über die mineralogische Zusammensetzung erhält man auch durch die Prüfung eines Gesteinspulvers mit dem Röntgendiffraktometer. Da die Auflösung eines Lichtmikroskopes stark eingeschränkt ist und viele Verwitterungsvorgänge bereits im submikroskopischen Bereich ansetzen, wird für Detailstudien auch häufig ein Rasterelektronenmikroskop mit angeschlossenen EDAX zur Erfassung der chemischen Zusammensetzung eingesetzt.

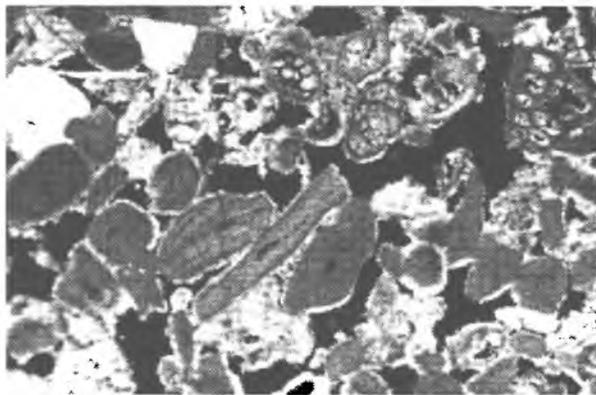


Abb. 44: Poröser St. Margarethener Kalksandstein (gekreuzte Polarisatoren, Länge des Bildausschnittes etwa 5 mm). Die Mikrofossilien (Foraminiferen und Kalkrotalgen) erlauben Aussagen über Alter und Ablagerungsraum des Gesteins.

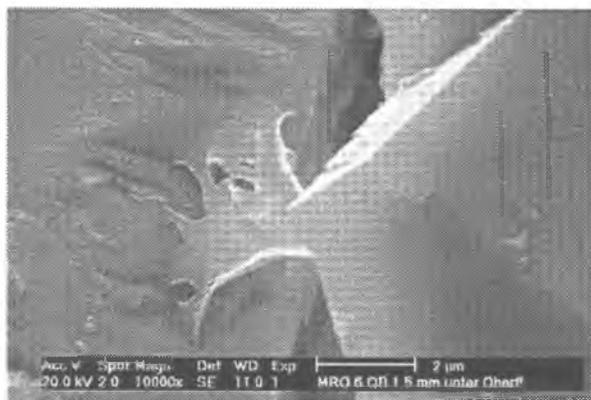


Abb. 45: Überprüfung des Festigungserfolges bei Carrara - Marmor im Rasterelektronenmikroskop (Silikonharzbrücke zwischen Kalkspatkristallen).

Die für die physikalische Materialprüfung zum Einsatz gelangenden, meist genormten Methoden (ÖNORM, EN) werden häufig im Labor an definierten Probekörpern durchgeführt und simulieren, beispielsweise bei der Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit, natürliche Verwitterungsvorgänge, wie zum Beispiel Frost-Tau-Wechselbeanspruchung oder Salzsprengung in zeitgeaffter Form und unter exakt definierten Rahmenbedingungen, so dass die Resultate der Untersuchungen international vergleichbar werden.

Wesentliche physikalische Gesteinseigenschaften sind:

Dichte,
Härte und
Festigkeit.

Die **Dichte** wird bei Gesteinen, die ja mono- oder polymineralische Gemenge darstellen, unterschieden in Reindichte und Rohdichte. Die Reindichte, die mit einem Pyknometer ermittelt wird, ist die Dichte eines Gesteines ohne Porenanteil bei der Ermittlung der Rohdichte fließen auch die im Gestein enthaltenen Poren ein. Je weniger porös ein Gestein ist, desto näher liegen die Werte von Reindichte und Rohdichte beieinander, je poröser ein Gestein ist, desto stärker differieren diese beiden Werte. In engem Zusammenhang mit der Rohdichte steht, bei entsprechender Verbindung und Durchlässigkeit der Poren das Wasseraufnahme- und Austrocknungsverhalten eines Gesteines. Die effektive Porosität kann sehr exakt auch mit dem Quecksilberporosimeter bestimmt werden.

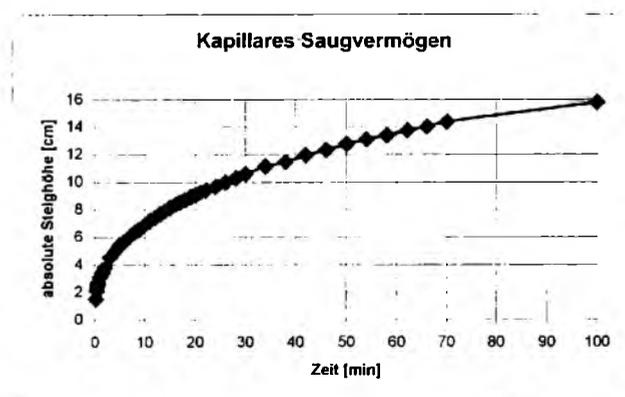
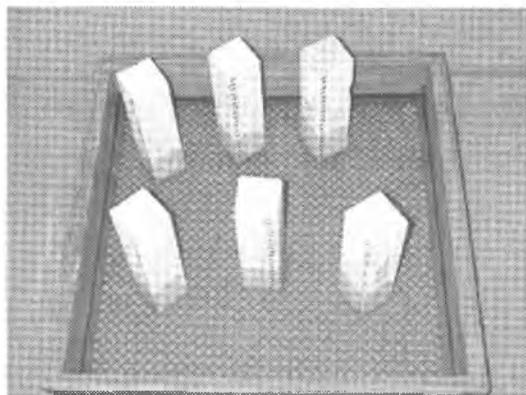


Abb. 46: Beispiel für Versuchsanordnung und Auswertung des kapillaren Saugvermögens.

Die Bestimmung der Gesteins**härte** ist auf direktem Wege nicht möglich. Die Härte, definiert als Eindringwiderstand, lässt sich bei Mineralen, also den Gesteinsgemengteilen, mit unterschiedlichen Methoden sehr exakt bestimmen (z.B. Ritzhärte nach MOHS, Eindruckhärte

nach VICKERS, BRINELL, KNOOP, etc.). Irrig ist jedoch die Ansicht, dass die Summe der Härte der Einzelminerale die Gesteinshärte darstellt! Die Gesteinshärte lässt sich nur indirekt als Funktion des Schleifwiderstandes ermitteln (z.B. Schleifscheibe nach BAUSCHINGER oder BÖHME, Bohrwiderstand, Cerchar Index, etc.).

Die **Gesteinsfestigkeit**, definiert als Widerstand gegen Versagen durch Bruch, wird mit Prüfpressen ermittelt, wobei definierte Probekörper (Zylinder, Würfel, Prismen) kontrolliert kraft-, weg- oder dehnungsgesteuert zusammengedrückt oder auseinandergezogen werden. Man unterscheidet bei den statischen Festigkeiten prinzipiell Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Spaltzugfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Scherfestigkeit. Bei Fassadenplatten ist die Ermittlung der "Last am Ankerdorn" von Interesse. Faustgroße Handstücke können direkt vor Ort, zum Beispiel in einem Steinbruch, mit dem Punktlastgerät auf ihre Festigkeit hin überprüft werden.

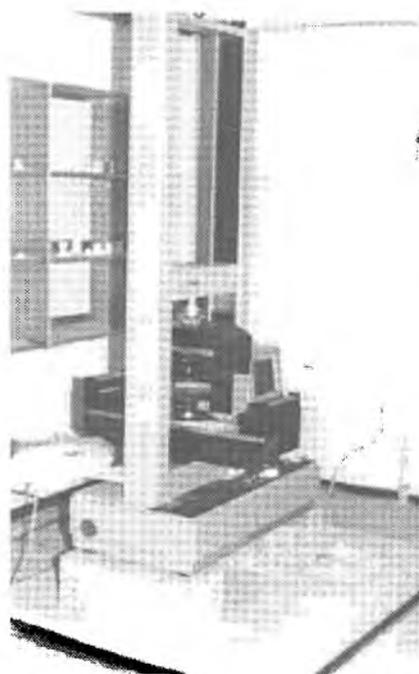


Abb. 47: Computergesteuerte Prüfpresse (Maximalkraft 100 KN) mit Biegebalken.

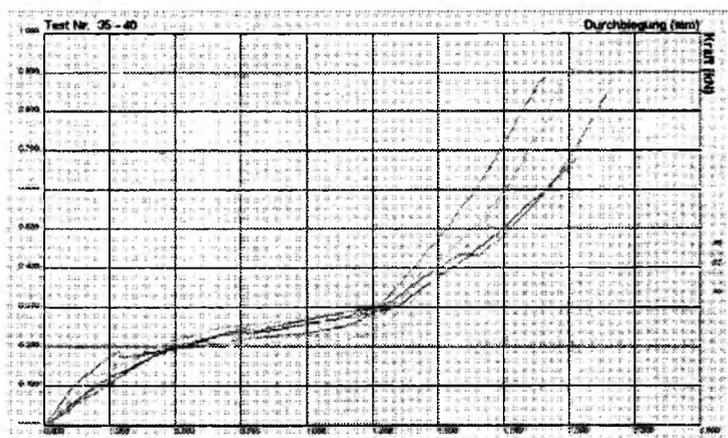


Abb. 48: Beispiel für Arbeitslinien von Biegezugversuchen.

Rahmenbedingungen, die zu unterschiedlichen oft auch nicht reproduzierbaren Versuchsergebnissen führen, sind die Prüfkörpergeometrie¹, nicht definierte Startpunkte der Rissfortpflanzung (z.B. bei Bestimmung der Biegezugfestigkeit), Korngrößeneffekte² und unterschiedliche Belastungsgeschwindigkeiten. Auch das unterschiedliche elastische Verhalten, das bei Gesteinen im allgemeinen eher gering ist, wirkt sich auf die Festigkeit aus. Das elastische Verhalten wird als statischer E-Modul ebenfalls auf einer Prüfpresse ermittelt.

Um die Verwitterungsbeständigkeit eines Gesteines zu beurteilen und eine Prognose über die Haltbarkeit eines Gesteines unter den jeweils gegebenen Rahmenbedingungen des Einsatzortes geben zu können, sind neben den unten angeführten Laboruntersuchungen auch Erfahrungswerte durch Langzeitbeobachtungen an Bauwerken und Steinbrüchen von großer Bedeutung, die sich nur in Einzelfällen verallgemeinern und normieren lassen. Auf die empirisch gewonnene Erfahrung des prüfenden Laboranten oder Geowissenschaftlers kann gerade bei der Beurteilung der Verwitterungsbeständigkeit eines Gesteines nicht verzichtet werden, da zudem die im Labor erhaltenen Zerstörungsmechanismen (z.B. bei FTW-Untersuchungen) den Erfahrungswerten immer wieder widersprechen können. Einerseits sind hier der Labormaßstab der Proben und andererseits die natürlich nicht vorkommenden, verschärften Untersuchungsbedingungen verantwortlich zu machen! Wichtige Ergebnisse hinsichtlich der Verwitterungsbeständigkeit liefern normierte Untersuchungen der Widerstandsfähigkeit gegenüber Frost-Tau-Wechselbeanspruchung, Frost-Tausalz- und Salzsprengtests sowie die Erfassung von Längen- und Volumsänderungen bei thermischer und hygrischer Beanspruchung.

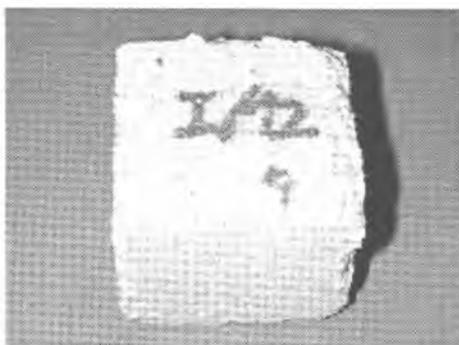


Abb. 49: Beispiel eines Salzkristallisationstests mit Natriumsulfat an Aflenzers Kalksandstein.

Links: nach 3 Zyklen.

Rechts: nach Versuchsende (15 Zyklen)

¹ Eine ungünstige Prüfkörpergeometrie besitzt zum Beispiel der Würfel, da es an seinen Ecken zu Spannungsspitzen kommt.

² Bei sehr grobkörnigen Gesteinen, zum Beispiel Grobkorngraniten oder Konglomeraten, ist es häufig nicht möglich, die Prüfkörper als das mindestens 10-fache der Längsachse des größten Kornes herzustellen. Somit beeinflussen Festigkeitseigenschaften von einzelnen Gesteinskomponenten oder Mineralen (bei Graniten vor allem die gut spaltbaren Feldspate) die Prüfergebnisse derart, dass eigentlich von einer Gesteinsfestigkeit keine Rede mehr sein kann.

Bei den zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden zur Werkstoffprüfung gewannen Ultraschallmessungen in den letzten 10 Jahren an Bedeutung.

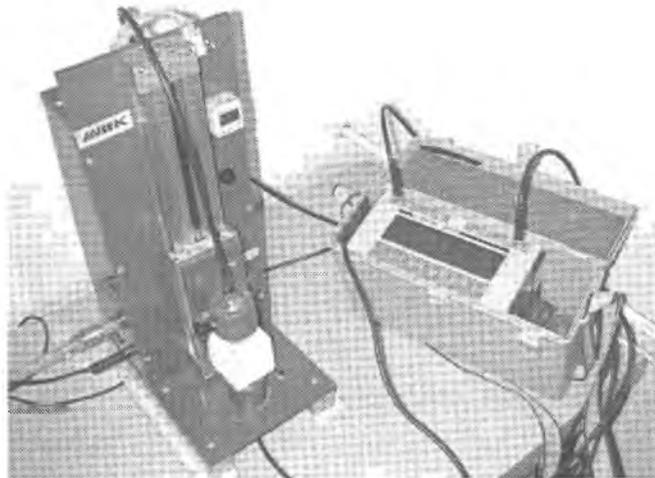


Abb. 50: Versuchsanordnung für Ultraschallmessungen.

Mit Hilfe von Ultraschall-Laufzeitmessungen können Aussagen über Dichte, Festigkeit, elastische Eigenschaften (dynamischer E-Modul, etc.) und Verwitterungszustand eines Gesteines getroffen werden. Auch die Qualität von Restaurierungsmaßnahmen an historisch wertvollen Objekten kann im Vergleich vorher – nachher überprüft werden.

In Sedimentgesteinen wie Sandsteinen oder Kalksteinen können auf Grund ihrer Entstehungsgeschichte quellfähige Tonminerale angereichert sein, die durch ihr Quellvermögen den Werkstein maßgeblich schädigen können. Dieses Schadensbild zeigen in Österreich häufig zum Beispiel feinkörnige Flyschsandsteine, Gosausandsteine, der Adneter und Hallstätter Rotkalk in Knollenkalkfazies. Eine einfache Laborprüfung auf empfindliche Tonminerale wäre der Kochversuch. Hierbei werden Gesteinsproben 36 Stunden in destilliertem Wasser gekocht. Diese Methode gelangt auch für den Nachweis des Sonnenbrennerzerfalls bei Basalten zur Anwendung.

Für Absolutmessungen der hygriech induzierten Dehnung reicht im Allgemeinen eine Messuhr mit der Ablesegenauigkeit von $1/1000$ mm, die in einem steifen Metallrahmen befestigt ist.

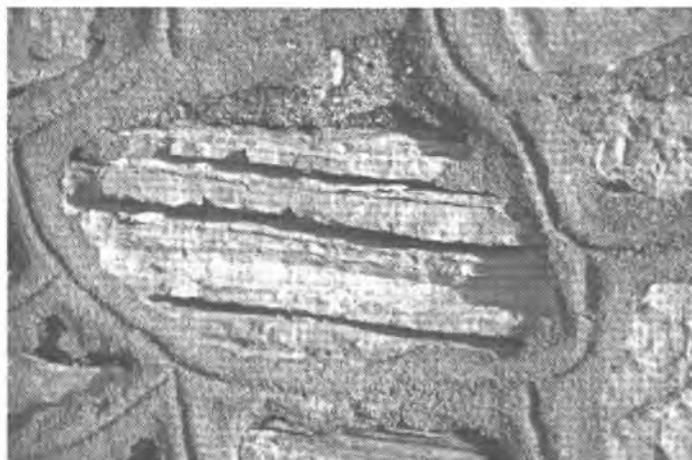


Abb. 51: Beispiel für das Verwitterungsverhalten tonmineralreicher Lagen in einer Kalk-Mergel-Wechselfolge (Bildausschnitt: 50 cm; Foto: W. Eppensteiner).

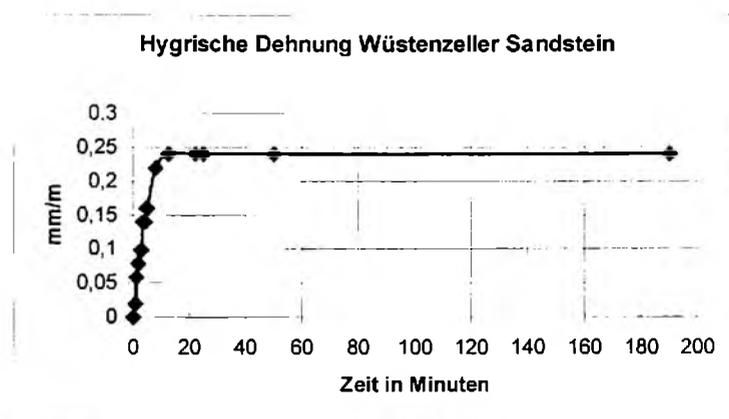


Abb. 52: Beispiel für die Auswertung einer Absolutmessung von hygri- sch induzierter Dehnung.

Einen derzeit sehr aktuellen Themenschwerpunkt bilden unerwünschte Verfärbungen bei Fußbodenbelägen aus Naturstein, wobei von Fall zu Fall abzuklären ist, ob es sich um Wechselwirkungen zwischen Verlegemörtel und Naturstein, rostende Minerale (z.B. Pyrit), eisenhaltigen Kalkspat, bituminöse Bestandteile, Reste von Stahlsand aus der Oberflächenbearbeitung oder eventuelle Imprägnierungen chemischer Natur handelt. Hier können einfache Prüfmetho- den, wie die Lagerung von Gesteinsproben im Feuchtraum zielführend sein, meist sind jedoch umfangreiche chemische Untersuchungen an Eluaten notwendig.

Als letzter Untersuchungsschwerpunkt der technischen Gesteinskunde sei noch die eventuell auftretende Gesundheitsgefährdung bei der Bearbeitung oder Verwendung von Natursteinprodukten erwähnt. Radioaktivität, Silikose und Asbestose sind Eigenschaften bzw. Erkrankungen, die im Umgang mit Steinprodukten die Gesundheit des Steinmetzen und Konsu-

menten gefährden können und somit einer entsprechenden Untersuchung und Berücksichtigung bedürfen.

Zusammenfassend muss nochmals festgestellt werden, dass für eine sinnvolle Interpretation der, unter Verwendung des im Anhang aufgelisteten Normenapparates, erarbeiteten gesteinsphysikalischen Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von Naturstein die empirische Erfahrung des Prüfenden eine unabdingbare Voraussetzung ist.

Literatur

- DÜLLMANN, H. (1976): Die Ermittlung der elastischen Kennwerte von Gesteinen mittels Ultraschall-Laufzeitmessungen und einaxialer Druckversuche unter besonderer Berücksichtigung einer durch das Korngefüge bedingten mechanischen Anisotropie. - Mitt. Ing.- u. Hydrogeol., **1**, 244 S., 90 Abb., 15 Tab., Aachen
- FLEISCHER, G. (2002): Beurteilung von Ultraschalluntersuchungen an Natursteinobjekten in der Denkmalpflege. – Dissertation, Inst. f. Ingenieurgeologie der TU-Wien, Wien
- HANISCH, A. & SCHMID, H. (1901): Österreichs Steinbrüche. Verzeichnis der Steinbrüche, welche Quader, Stufen, Pflastersteine, Schleif- und Mühlsteine oder Dachplatten liefern.- Carl Graeser & Co, Wien
- HANISCH, A. (1912): Prüfungsergebnisse mit natürlichen Bausteinen. – Deuticke, 123 S., 10 Taf., Wien – Leipzig
- KARRER, F. (1886): Die Monumentalbauten in Wien und ihre Baumaterialien. - Monatsblätter des Wissenschaftlichen Club in Wien, **6**, vom 15. März 1886, Wien
- KIESLINGER, A. (1932): Zerstörungen an Steinbauten, ihre Ursachen und ihre Abwehr. – Deuticke, Leipzig und Wien
- KIESLINGER, A. (1951): Gesteinskunde für Hochbau und Plastik.- 200 S., Wien
- KIESLINGER, A. (1954): Erhitzung von Naturstein im Zuge technischer Verwendung. - Montan-Rdsch., **2/2**, 19-23, Wien
- KIESLINGER, A. (1956): Die nutzbaren Gesteine Kärntens. - Carinthia II, Naturwissenschaftliche Beiträge zur Heimatkunde Kärntens, Mitt. d. Naturwissenschaftlichen Vereines f. Kärnten, **17**, Sonderheft, Klagenfurt
- KIESLINGER, A. (1957): Feuchtigkeitsschäden an Bauwerken. - Zement u. Beton, **1957/9**, 7 S., Wien
- KIESLINGER, A. (1960): Gesteinsspannungen und ihre technischen Auswirkungen. - Z. dt. Geol. Ges., **112/1**, 164 - 170, Hannover
- KIESLINGER, A. (1964): Die nutzbaren Gesteine Salzburgs. - Mitt. Ges. Salz. Landeskunde, **1964/Ergänzungsbd. 4**, 436 S., Bergland-Buch, Salzburg - Stuttgart
- PETKOVSEK, J. (1897): Die Baugesteine Wiens in geologisch - bautechnischer Beleuchtung. - Pichler's Witwe & Sohn, Wien

- PLINIUS Secundus, d. Ä. (1992): *Naturalis Historiae Liber XXXVI* (Naturkunde Buch **36** - Die Steine). - Sammlung TUSCULUM (BAYER, K., FUHRMANN, M. & JÄGER, G. [Ed.]: „Die Steine“ herausgegeben und übersetzt von KÖNIG, R. & HOPP, J., 269 S., Artemis, München
- POLLACK, V. (1923): *Verwitterung in der Natur und an Bauwerken*. - Technische Praxis, 580 S., 120 Abb., 1 Taf., Waldheim – Eberle, Wien & Otto Klemm, Leipzig
- QUERVAIN, F. de (1967): *Technische Gesteinskunde*. - Birkhäuser, 261 S., 124 Abb., 56 Tab., Basel - Stuttgart
- ROHATSCH, A. & THINSCHMIDT, A. (1997): *Charakterisierung und Vorkommen historisch bedeutender Baugesteine im nördlichen Weinviertel*. - Exkursionsführer „Das Land um Laa an der Thaya“, Österr. Geol. Ges., **17**, 45 - 52, Wien
- ROHATSCH, A., NIMMRICHTER, J. & CHALUPAR, I. (2000): *Physical properties of fine grained marble before and after conservation*. - Proc. of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice 19 - 24 June 2000, pp. 453 - 458, Venice
- SCHMÖLZER, A. (1930): *Die Vorkommen nutzbarer Gesteine Österreichs unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse des Strassen- und Betonbaues*. - Verband der österreichischen Straßengesellschaften, Wien
- STINY, J. (1919): *Technische Gesteinskunde*. - Technische Praxis, 335 S., 27 Abb., Wien (Waldheim - Eberle) - Leipzig (Otto Klemm)
- STINY, J. (1930): *Die Bausteine Orvietos und ihre Verwitterung. Nebst Beobachtungen an Bausteinen in Rom, Florenz, Pisa und Venedig*. - Geologie und Bauwesen (Sonderabdruck), **1930/3**, 1 - 40, Wien
- SUANA, M. & PETERS, Tj. (1982): *The Cerchar Abrasività Index and its Relation to Rock Mineralogy and Petrography*. – Rock Mechanics, **15**, 1-7, Springer Verlag, Wien-Berlin-New York
- VITRUVIUS, P. M. (1991): *Vitruvii De architectura libri decem = Zehn Bücher über Architektur* (übers. mit Anmerk. versehen v. Curt FENSTERBUSCH).- 5. Aufl., Darmstadt (Wiss. Buchges. Darmstadt, Bibl. klass. Texte)
- WAGENBRETH, O. (1978): *Naturwissenschaftliches Grundwissen für Bauingenieure. Technische Gesteinskunde*. - 3 VEB., Aufl., 192 S., Berlin
- WIDHALM, C., TSCHEGG, E. K. & EPPENSTEINER, W. (1995): *Anisotropic thermal expansion causes deformation of marble claddings*. - Proceedings of the 5th Workshop EURO CARE - EURO-MARBLE Innsbruck 1994, Forschungsbericht **15/1995**, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege - Zentrallabor, 1 - 15, München
- WINKLER, E. M. (1994): *Stone in Architecture. Properties, Durability*. - 3rd edition, 313 pp., 219 figs., 63 tables, Springer, Berlin - Heidelberg - New York
- WIEDEN, P. (1979): *Physikalische Ursachen der Steinzerstörung*. - Restauratorenblätter, **3**, 162 - 169, Wien

8. Möglichkeiten der Nachnutzung – eine neue Chance für die „belebte“ Natur

Durch planmäßigen Abbau von Festgestein entsteht ein meist regelmäßig gestalteter Raum, der je nach Ergiebigkeit der Lagerstätte und Art der Abbautechnik sehr unterschiedlich in Größe und Form sein kann. Ob es sich um einen kleinen „Haussteinbruch“ oder einen ausgedehnten, über Jahrzehnte betriebenen Großbruch handelt, gemeinsam bleibt ihnen das jäh ansteigende Felswände rund um eine ebene Sohle. Dabei handelt es sich fast immer um eine einprägsame Hohlform mit streng horizontaler Gliederung, die das menschliche Auge mühelos als gestaltete erkennen kann. Am Beginn planmäßiger und in großem Stil organisierter Steinabbautätigkeit, zur Zeit der Errichtung der Pyramiden, als die Ingenieure noch Priester und die Herrscher gottgleich waren, galten diese erzeugten „Negativformen der Tempel“ nach ihrer Stilllegung als Kultplätze. Ägyptische Anlagen wie Deir el-Bahari und Abu Simbel am Nil oder die nabatäische Felsenstadt Petra sind Beispiele einer besonderen Art von Steinbrüchen mit extrem sorgfältiger Endausformung.

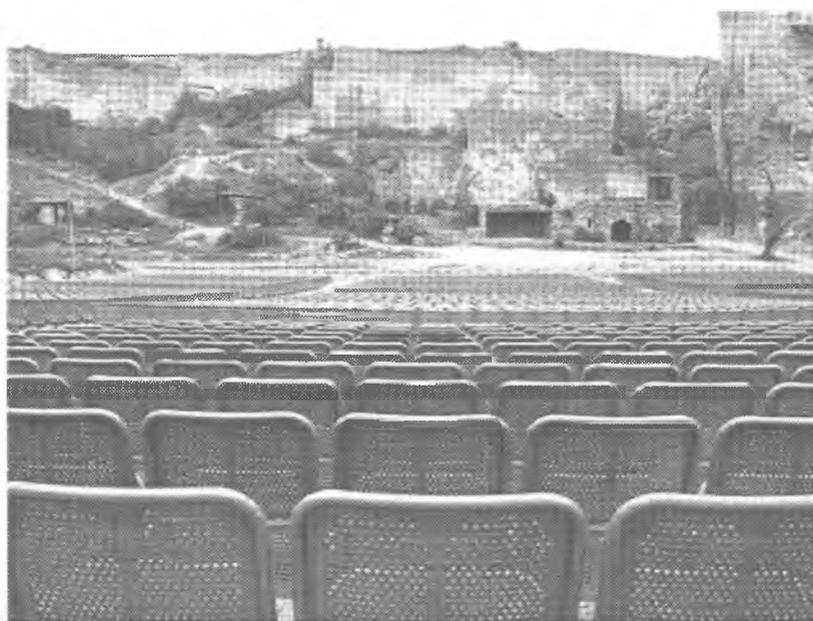


Abb. 53: Blick auf die Bühne im Römersteinbruch St. Margarethen (Foto: P. Lipiarski).

Auch für das Theater, das sich aus dem kultisch-religiösen Spiel entwickelt hat, ist eine Nutzung aufgelassener Steinbrüche als Naturkulisse seit frühester Zeit belegt. Bei den Griechen war dieser „Platz zum Schauen“ (*théatron*) aus dem Berg herausgeschlagen; die Römer bezeichneten diese Aushöhlung, in der die Zuschauer Platz nahmen, als *cavea* – im Italienischen lebt dieser Begriff als *cava* mit der Bedeutung *Steinbruch* bis heute fort. Die erste Opernaufführung nördlich der Alpen fand 1618 in einem Steinbruch statt – dem Steintheater des Hellbrunner Parks (wo ursprünglich Steine zum Bau des Hellbrunner Schlosses ent-

nommen wurden), und auch die berühmte Salzburger Felsenreitschule hat als gewöhnlicher Steinbruch begonnen, der Material für den Neubau des Salzburger Doms lieferte. Dass die Faszination eines solchen mit seinen übermenschlichen Dimensionen beeindruckenden Schauplatzes bis heute ungebrochen ist, zeigt ein Blick auf die Veranstaltungskalender. Passionsspiele sowie Opern- und Schauspielaufführungen, z.B. im Römersteinbruch von St. Margarethen im Burgenland oder bei den Luisenburg-Festspielen in Oberfranken, erhalten ihre große Anziehungskraft für die Zuschauer eben aus ihren „lebenden“ Bühnenbildern. Auch Winnetou reitet zwischen den Felswänden des Kalksteinbruchs in Bad Segeberg oder durch den Gföhler Steinbruch, als ob diese, frei nach Karl May, das amerikanische Monument Valley darstellten.

Dass sich auch Künstler – unter ihnen besonders Bildhauer und Architekten – von solchen gigantischen Freilandskulpturen begeistern lassen, liegt nahe. Internationale Bildhauersymposien, Earth-Art-Projekte und Ideenwettbewerbe in aller Welt sind spannende Zeugnisse für die inspirierende Wirkung dieser besonderen Orte.

Heute kann man feststellen, dass es kein Patentrezept für die landschaftsplanerische Behandlung von Steinbrüchen gibt. Eine weitgehende Rückführung in den ursprünglichen Zustand, wie es die Naturschützer manchmal fordern, ist ebenso dogmatisch wie das „Laissez-faire“-Prinzip, eben gar nichts zu tun und den Dingen ihren Lauf zu lassen. Undeutliche Festlegungen der überregionalen Raumplanung können bei der Diskussion, was mit einem Steinbruch geschehen soll, zuweilen heftige Auseinandersetzungen auslösen. Zugezogene Städter revoltieren in Bürgerinitiativen gegen die Störung ihrer Aussicht, während Ortsansässige ihre Arbeitsplätze gefährdet sehen. Im Bemühen, den notleidenden Finanzhaushalt zu sanieren, steigern sich Gemeindevertreter wiederum in Visionen etwa über ein neues Disneyland im alten Steinbruch, während Umweltbewegte, die um die letzten Hufeisennasen bangen, auf die Barrikaden steigen.

Die einzig vorstellbare Maßnahme für aufzulassende Steinbrüche war lange Zeit die sogenannte „Rekultivierung“, was hier, den Begriff genau treffend, eine Rückführung des Areals in eine Produktionsfläche für Forst- und Landwirtschaft vorsah: Meist wurde automatisch mit Nutzholzarten aufgeforstet. Heute beginnt sich verstärkt die Nachnutzung im Sinne des Naturschutzes durchzusetzen. Neugeprägte Begriffe wie „Renaturierung“, was eine bestmögliche Wiedereingliederung der Abbaustelle in das ökologische Gefüge des umgebenden Lebensraumes bedeutet, oder auch „Verwilderung“, d.h. möglichst wenig Eingriffe in die natürliche Wiederbesiedelungsabläufe, zeigen, wie heute versucht wird, dem schlechten Gewissen wegen der rücksichtslosen Ausbeutung der Natur (stellvertretend) Rechnung zu tragen. Noch bis in die neunziger Jahre endeten die (oft amtlich verordneten) Maßnahmen beim Versuch, diese „Wunde in der Landschaft“ unsichtbar zu machen, was oft zu rein optischer

Behübschung führte (dazu gehörten etwa Vorschläge, auffällige Felswände grün einzufärben). Auch ein „Schließen der Wunde“ durch Auffüllen von Steinbrüchen oder Tongruben mit Müll hat sich nicht immer als richtige Strategie bewährt und wird heute kaum noch vorgeschrieben; zwar kann dieses Vorgehen beträchtlichen wirtschaftlichen Nutzen haben, darf aber wegen der Gefahr, durch Rückstände großen Schaden anzurichten, nur mehr mit unbedenklichem Material durchgeführt werden.

Heutige, ganzheitlich orientierte Nachnutzungsplanung versucht, das ungeheure Potential eines solchen Landschaftselements für dessen Umgebung nutzbar zu machen. Dass dabei auch naturschützerische Ziele verfolgt werden, ist nur recht und billig. Damit ist nicht gemeint, die Bruchsohle, die Bermen („Terrassen“ eines Steinbruches) und die Abraumhalden mit bewuchsfähigem Material zu beschütten und mit Bäumen zu besetzen, die den Pflanzengesellschaften der Umgebung oft gar nicht entsprechen. Stand der Technik ist heute ein anderer: Landschaftsplaner versuchen, ein vielfältiges Standortmosaik von Lebensräumen zu entwickeln, Dynamik im Besiedlungsablauf zuzulassen und im Sinne einer offenen Planung die Zeiträume und Maßnahmen flexibel zu gestalten. Auf keinen Fall sollte jedoch ein Steinbruch dabei durch allzu strikte und starre „Beplanung“ seine Atmosphäre als besonderer Ort verlieren. Durch Analyse der natürlichen Umgebung und der soziokulturellen Zusammenhänge müssen die vielfältigen Möglichkeiten zur Nachnutzung in jedem Fall einzeln abgeleitet und durch die Jahre ständig weiterentwickelt werden. Eine „Rückgabe an die Natur“ und zeitweilige kulturelle oder gewerbliche Nutzung müssen keine Widersprüche sein – sie können einander ergänzen oder abwechseln, je nach Rahmenbedingungen und Standort.

Eine neue Chance für die „belebte“ Natur

Mittlerweile wurde auch in vielen Steinbruchunternehmen ein Schritt in Richtung verantwortlicher Nachnutzung getan. Diese wird zunehmend als neue Chance für die „belebte“ Natur betrachtet. So mag gelten: Hier wird nicht nur auf das erhöhte Schutzbedürfnis des Bienenfressers (*Merops apiaster*) hingewiesen – er befindet sich auf der „Roten Liste der gefährdeten Tier- und Pflanzenarten“ – sondern auch auf Möglichkeiten zur Erhaltung seiner Habitate aufmerksam gemacht. Es werden 5 Punkte genannt, die ganz auf die Möglichkeiten der Abbaubetriebe abgestimmt sind: „Legen Sie Flachwassertümpel an. Der Bienenfresser jagt zur Zeit der Jungenaufzucht gerne Libellen. Durch mehrmaliges Befahren von Mulden in lehmig-bindigen Böden mit einem schweren Radlader können seichte Tümpel relativ einfach angelegt werden. Bereits nach einigen Wochen besiedeln in der Regel erste Libellen und Amphibien diese Tümpel.“

Beispielgebend zeigt sich hier die enge Abhängigkeit der „belebten“ Natur von der „unbelebten“ Natur. Wenn die eine im Ausdruck „Biotop“ als Basis für eine Lebensgemeinschaft

und die andere (Jahre später) als „Geotop“ ihre wissenschaftliche Festlegung erfahren hat, so meint dies natürlich Überschneidungsbereiche, zu denen das Miteinander „zweier Welten“ führt, was den Regelfall in der Natur darstellt, die nur als ganzheitliches System zu betrachten ist.

Biotope werden wie folgt definiert:

„Lebensraum einer Lebensgemeinschaft (Biozönose) im Sinne einer regelmäßig wiederkehrenden Lebensgemeinschaft von bestimmter Mindestgröße und einheitlicher, gegen die Umgebung abgrenzbarer Beschaffenheit.“

Demgegenüber steht die heute allgemein anerkannte Definition für Geotope:

Geotope sind erdgeschichtliche Bildungen der unbelebten Natur, die Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln. Sie umfassen Aufschlüsse von Gesteinen, Böden, Mineralien und Fossilien, sowie einzelne Naturschöpfungen und natürliche Landschaftsteile.

Geht man den rechtlichen Weg und betrachtet derartige unter Naturschutz gestellte Ensembles, so war in vielen Fällen der biotische Faktor, das heißt das Vorkommen seltener Spezies (Flora oder/und Fauna), der Grund, einen Ort im Sinne des Naturschutzgesetzes zu bewahren. Sucht man indes eine Erklärung nach der Genese einer Lebensgemeinschaft, so ist in diesem Fall der geologische Faktor mitausschlaggebend, indem er die Basis für die biologischen Faktoren wesentlich mitbestimmt. Mit anderen Worten: Es kann hier auch von einem geogen bedingten Biotop gesprochen werden, das am besten als **„Geobiotop“** bezeichnet wird. Dadurch soll zum Ausdruck kommen, dass nur auf Grund spezieller geologischer oder geomorphologischer Gegebenheiten ein solch spezifischer Biotop entstehen kann.

Als Definition wurde folgender Wortlaut gewählt, der bei zahlreichen internationalen Tagungen auf Expertenbasis diskutiert und für gut geheißen wurde, sodass er heute als wissenschaftlich anerkannt gelten kann:

„Geobiotope sind Biotope, die auch die Charakteristika von Geotopen aufweisen. Sie entstehen aus künstlichen oder natürlichen Geotopen, die die Grundlage für die Entstehung von Biotopen bilden. In charakteristischer Weise sind bei Geobiotopen die Charakteristika der belebten und der unbelebten Natur und insbesondere deren Wechselwirkungen vorhanden.“

Natürlich kann man Steinbrüche, Kies-, Sand- und Tongruben vielerorts auch als „Wunden“

in der Landschaft sehen. Diese „Wunden“ scheinen aber dann notwendig zu sein, wenn man sich die enorme Menge an mineralischen Rohstoffen ansieht, die jeder einzelne Mensch im Laufe seines Lebens verbraucht.

Pro-Kopf-Verbrauch von mineralischen Rohstoffen in 70 Lebensjahren

Sand und Kies	460 Tonnen
Erdöl	166 Tonnen
Braunkohle	145 Tonnen
Kalkstein	99 Tonnen
Stahl	39 Tonnen
Ton	29 Tonnen
Gips	6 Tonnen
Dolomit	3,5 Tonnen
Kaolin	1,2 Tonnen
Kupfer	1 Tonne

So ist es alleine schon der ganz persönliche Bedarf des Menschen an Rohstoffen, der uns zwingt diese emotional empfundenen „Wunden“ anzunehmen.

Wissenschaftlich betrachtet weisen beispielsweise landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete wie zum Beispiel Marchfeld oder Tullner Feld eine sehr geringe ökologische Wertigkeit auf. Jede Unterbrechung dieser nicht nur landschaftlichen Monotonie, sei es auch „nur“ eine Kiesgrube, bedeutet neue Lebensmöglichkeit für die Tier- und Pflanzenwelt und Erhöhung der Vielfalt. Wenn sich beispielsweise in Teilen einer Grube, die nicht (mehr) in Betrieb ist, Wasser ansammelt, bildet sich auch neuer Lebensraum für Amphibien und Insekten. Ähnlich ist es mit neu entstehenden Abbauwänden von Sandgruben, die sich als ideale Nistplätze für gefährdete Vogelarten und grabende Insekten anbieten. Auch die Flora kann Fuß fassen und in ihrer natürlichen Abfolge, die meist mit der Windverbreitung von Samen beginnt, wesentlich zur Vermehrung der Artenvielfalt beitragen.

Diese kurze Darstellung zeigt auch, dass die Natur oft anders als der Naturschützer vorgeht und jede „Wunde“ auch als neue Chance und neuen Lebensraum wahrnimmt.

Literatur

- HOFMANN, T. (1998): Nature is more than GEO(topes) and BIO(topes) – some holistic considerations, PROGEO '97 (Tallinn – Lahema National Park, Estonia, June 2-4, 1997), Proceedings, 15-17, Tallinn
- HOFMANN, T. (1999): Geotope in Österreich: Heutige Situation und Chancen für die Zukunft.- Geol. Insubr, 4/1, 87-90, Lugano
- HOFMANN, T. (2000): GAIA's Sterne: Ausflüge in die geologische Vergangenheit Österreichs. – Grüne Reihe, BMUJF, Bd. 12, Austria-Medien-Service-Verlag, Graz
- HOFMANN, T. (2000): Geologische Naturdenkmale, Höhlen und Geotope. – In: SCHÖNLAUB, H.-P. [Hrsg.]: Burgenland – Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1: 200.000, (Geologie der Österr. Bundesländer), S. 75-79, Geol. B.-A., Wien
- HOFMANN, T. & SCHÖNLAUB, H.-P. [Red.] (1999): GEO 2000. – Leitlinien der Geologischen Bundesanstalt in der Zukunft. – Ber. Geol. B.-A., 44, 60 S., ill., Wien
- LOOK, E.-R. [Red.] (1996): Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland. Leitfaden der Geologischen Dienste der Länder der Bundesrepublik Deutschland. – Angewandte Landschaftsökologie, 9, Bonn-Bad Godesberg
- PAAR, M., TIEFENBACH M., FISCHER I., HEIMERL W., FARASIN K. & BULFON A. (1993): Naturschutzgebiete Österreichs Bd. 1, Burgenland, Niederösterreich, Wien. – Monographien 38A, Umweltbundesamt, Wien
- POTT, R. (1996): Biotoptypen: schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. – 448 S., 872 Farbfotos, 14 Karten und Grafiken, Ulmer Verlag, Stuttgart

Anhang

Normenliste

ÖNORM B 3108

Natürliche Gesteine - Einfassungs- und Pflastersteine – Abmessungen

ÖNORM B 3111

Natürliche Gesteine; Gleisbettungsmittel

ÖNORM B 3118

Natürliche Gesteine - Erfassungssteine, Pflastersteine und Pflasterplatten - Anforderungen an die Gesteinseigenschaften

ÖNORM B 3120-1

Natürliche Gesteine; Probenahme; allgemeine Grundlagen und gesteinskundliche Beschreibung

ÖNORM B 3120-2

Natürliche Gesteine; Probenahme; Festgesteine

ÖNORM B 3120-3

Natürliche Gesteine; Probenahme; Körnungen

ÖNORM B 3121

Prüfung von Naturstein; Reindichte, Rohdichte, Schüttdichte

ÖNORM B 3121/A1

Prüfung von Naturstein - Reindichte, Rohdichte, Schüttdichte (Änderung)

ÖNORM B 3122

Prüfung von Naturstein; Wassergehalt und Wasseraufnahme

ÖNORM B 3123-1

Prüfung von Naturstein; Verwitterungsbeständigkeit; Beurteilungsgrundlagen

ÖNORM B 3123-2

Prüfung von Naturstein; Verwitterungsbeständigkeit; Frost-Tau-Wechselbeanspruchung von Festgesteinen

ÖNORM B 3123-3

Prüfung von Naturstein; Verwitterungsbeständigkeit; Frost- Tau-Wechselbeanspruchung von Gesteinskörnungen

ÖNORM B 3124-3

Prüfung von Naturstein; mechanische Gesteinseigenschaften; einaxiale Zugfestigkeit (Direktbestimmung)

ÖNORM B 3124-4

Prüfung von Naturstein; mechanische Gesteinseigenschaften; einaxiale Zugfestigkeit (Spaltzugfestigkeit)

ÖNORM B 3124-5

Prüfung von Naturstein - Mechanische Gesteinseigenschaften - Biegezugfestigkeit

ÖNORM B 3124-6

Prüfung von Naturstein; mechanische Gesteinseigenschaften; direkter zweischnittiger Scherversuch

ÖNORM B 3124-7

Prüfung von Naturstein - Ausbruchslast am Ankerdornloch

ÖNORM B 3124-9

Prüfung von Naturstein; mechanische Gesteinseigenschaften; Elastizitätsmodul, Arbeitslinie, Verformungsmodul und Querdehnungszahl bei einaxialer Druckbelastung

ÖNORM B 3126-1

Prüfung von Naturstein und von anorganischen Baustoffen; Verschleißprüfung; Schleifscheibenverfahren nach BAUSCHINGER

ÖNORM B 3126-2

Prüfung von Naturstein und von anorganischen Baustoffen; Verschleißprüfung; Schleifscheibenverfahren nach BÖHME

ÖNORM B 3127

Prüfung von Naturstein; Schlag- und Druckbeständigkeit von Schotter

ÖNORM B 3128

Prüfung von Naturstein und von anorganischen Baustoffen; Prüfung von Körnungen in der Los-Angeles-Trommel

ÖNORM B 3129

Natürliche Gesteine - Richtwerte für die Auswahl

ÖNORM EN 932-1

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren

ÖNORM EN 932-2

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 2: Verfahren zum Einengen von Laboratoriumsproben

ÖNORM EN 932-3

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 3: Durchführung und Terminologie einer vereinfachten petrographischen Beschreibung

ÖNORM EN 932-5

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 5: Allgemeine Prüfeinrichtungen und Kalibrierung

ÖNORM EN 932-6

Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 6: Definitionen von Wiederholpräzision und Vergleichpräzision

ÖNORM EN 933-

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren

ÖNORM EN 933-2

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 2: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Analysensiebe, Nennweite der Sieböffnungen

ÖNORM EN 933-3

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 3: Bestimmung der Kornform - Plattigkeitskennzahl

ÖNORM EN 933-4

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 4: Bestimmung der Kornform - Kornformkennzahl

ÖNORM EN 933-5

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 5: Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern in groben Gesteinskörnungen

ÖNORM EN 933-6

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Beurteilung der Oberflächeneigenschaften - Teil 6: Fließkoeffizienten von Gesteinskörnungen

ÖNORM EN 933-7

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 7: - Bestimmung des Muschelschalenanteiles – Prozentsatz von Muschelschalen in groben Gesteinskörnungen

ÖNORM EN 933-8

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen, Sandäquivalent-Verfahren

ÖNORM EN 933-9

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 9: Beurteilung von Feinanteilen - Methylenblau-Verfahren

ÖNORM EN 933-10

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 10: Beurteilung von Feinanteilen, Kornverteilung von Füller (Luftstrahlsiebung)

ÖNORM EN 1097-1

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß (Micro-Deval)

ÖNORM EN 1097-2

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung

ÖNORM EN 1097-3

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 3: Bestimmung von Schüttdichte und Hohlraumgehalt

ÖNORM EN 1097-4

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 4: Bestimmung des Hohlraumgehaltes an trocken verdichtetem Füller

ÖNORM EN 1097-5

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung

ÖNORM EN 1097-6

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme

ÖNORM EN 1097-7

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 7: Bestimmung der Dichte von Füller - Pyknometer-Verfahren

ÖNORM EN 1097-8

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 8: Bestimmung des Polierwertes

ÖNORM EN 1097-9

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 9: Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß durch Spikereifen - Nordische Prüfung

ÖNORM EN 1097-10

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 10: Bestimmung der Wassersaughöhe

ÖNORM EN 1367-1

Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel

ÖNORM EN 1367-2

Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen - Teil 2: Magnesiumsulfat- Verfahren

ÖNORM EN 1367-3

Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen - Teil 3: Kochversuch für Sonnenbrand-Basalt

ÖNORM EN 1367-4

Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen - Teil 4: Bestimmung der Trockenschwindung

ÖNORM EN 1367-5

Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen - Teil 5: Bestimmung des Widerstandes gegen Hitzebeanspruchung

ÖNORM EN 1467

Naturstein - Rohblöcke - Spezifikationen

ÖNORM EN 1468

Naturstein - Halbfertigerzeugnisse (Rohplatten) - Spezifikationen

ÖNORM EN 1469

Naturstein - Fertigerzeugnisse, Wandbekleidungen - Spezifikationen

ÖNORM EN 1744-1

Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Chemische Analyse

ÖNORM EN 1744-3

Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 3: Herstellung von Eluaten durch Auslaugung von Gesteinskörnungen

ÖNORM EN 1744-4

Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 4: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Füllern in bitumenhaltigen Mischungen

ÖNORM EN 1925

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten infolge Kapillarwirkung

ÖNORM EN 1926

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Druckfestigkeit

ÖNORM EN 1936

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Reindichte, der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität

ÖNORM EN 12057

Naturstein - Fertigerzeugnisse, Fliesen - Spezifikationen

ÖNORM EN 12058

Naturstein - Fertigerzeugnisse, Bodenplatten und Stufenbeläge - Spezifikationen

ÖNORM EN 12059

Naturstein - Fertigerzeugnisse, Steine für Massivarbeiten - Spezifikationen

ÖNORM EN 12370

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Widerstandes gegen Kristallisation von Salzen

ÖNORM EN 12371

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Frostwiderstandes

ÖNORM EN 12372

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Biegefestigkeit unter Mittellinienlast

ÖNORM EN 12407

Prüfverfahren für Naturstein - Petrographische Prüfung

ÖNORM EN 12440

Naturstein - Kriterien für die Bezeichnung

ÖNORM EN 12620

Gesteinskörnungen für Beton

ÖNORM EN 12670 8

Terminologie von Naturstein

ÖNORM EN 13043

Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen

ÖNORM EN 13055-1

Leichtzuschläge - Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel

ÖNORM EN 13055-2

Leichtzuschläge - Teil 2: Leichte Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen sowie für ungebundene und gebundene Verwendung, ausgenommen Beton, Mörtel und Einpressmörtel

ÖNORM EN 13139

Gesteinskörnungen für Mörtel

ÖNORM EN 13161

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Biegefestigkeit unter Drittelinienlast

ÖNORM EN 13179-1

Prüfverfahren für mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen - Teil 1: Delta-Ring- und Kugel-Verfahren

ÖNORM EN 13179-2

Prüfverfahren für mineralische Füller in bitumenhaltigen Mischungen - Teil 2: Bitumenzahl

ÖNORM EN 13242

Gesteinskörnungen für ungebundene und gebundene Gemische für Ingenieur- und Straßenbau

ÖNORM EN 13364

Prüfung von Naturstein - Bestimmung der Ausbruchlast am Ankerdornloch

ÖNORM EN 13373

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Maße und anderer geometrischer Merkmale von Naturwerkstein

ÖNORM EN 13383-1

Wasserbausteine - Teil 1: Spezifikation

ÖNORM EN 13383-2

Wasserbausteine - Teil 2: Prüfverfahren

ÖNORM EN 13450

Gesteinskörnungen für Gleisschotter

ÖNORM EN 13755

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Wasseraufnahme bei atmosphärischem Druck

ÖNORM EN 13919Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Beständigkeit gegen Alterung durch SO₂- und Feuchteeinwirkung**ÖNORM EN 14066**

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Widerstandes gegen Alterung durch Wärmeschock

ÖNORM EN 14146

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls (Messung der Resonanzfrequenz der Grundschiwingung)

ÖNORM EN 14147

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Beständigkeit gegen Alterung durch Salzsprühnebel

ÖNORM EN 14157

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß

ÖNORM EN 14158

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung der Bruchenergie

ÖNORM EN 14205

Prüfung von Naturstein - Bestimmung der Härte nach Knoop

ÖNORM EN 14231

Prüfverfahren für Naturstein - Bestimmung des Gleitwiderstandes mit Hilfe des Pendelprüfgerätes

Kennwerte Naturstein (Richtwerte)

Gesteinsart	Rohdichte g/cm ³	Reindichte g/cm ³	Wasser- aufnahme in % der Masse	Druck- festigkeit N/mm ² h:d = 1:1	Biegezug- festigkeit N/mm ² (Mittellast)	Thermische Dehnung mm/m bei ρ 100°C	Schleif- verschleiß trocken BÖHME cm ³ /50 cm ²	Polier- barkeit += ja - = nein	Politurbe- ständigkeit Im Freien + = ja - = nein
Erstarrungsgesteine (Magmatische Gesteine):									
Granit	2,60- 2,80	2,62 - 2,85	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	0,5 - 0,9	5 - 8	+	+
Syenit									
Diorit	2,80 - 3,00	2,85 - 3,05	0,2 - 0,4	170 - 300	10 - 22	0,4 - 0,7	5 - 8	+	+
Gabbro									
Quarz- porphyr (Rhyolit)	2,55 - 2,80	2,58 - 2,83	0,2 - 0,7	180 - 300	15 - 20	0,3 - 0,8	5 - 8	+	+
Porphyr Andesit									
Basalt	2,95 - 3,00	3,00 - 3,15	0,1 - 0,3	250 - 400	15 - 25	0,3 - 0,8	5 - 8	+	+
Melaphyr									
Basaltlava	2,20 - 2,35	3,00 - 3,15	4 - 10	80 - 150	8 - 12	0,3 - 0,9	12 - 15	-	-
Diabas	2,80 - 2,90	2,85 - 2,95	0,1 - 0,4	180 - 250	15 - 25	0,3 - 0,6	5 - 8	+	+ ¹⁾
Absatzgesteine (Sedimentgesteine):									
Dichte Kalke	2,65 - 2,85	2,70 - 2,80	0,2 - 0,6	80 - 160	8 - 18	0,3 - 0,6	15 - 40	+	-
Poröse Kalke	1,70 - 2,60	2,70 - 2,80	0,5 - 10	20 - 90	5 - 8	0,3 - 0,7	25 - 60	+	-
Travertin	2,30 - 2,50	2,70 - 2,80	2 - 5	20 - 70	4 - 10	0,2 - 0,7	25 - 60	+	-
Kalksand- stein	1,70 - 2,30	2,70 - 2,80	5 - 18	15 - 40	4 - 15	0,4 - 0,6		-	
Dolomite	2,70 - 2,90	2,75 - 2,95	0,2 - 3,0	120 - 200	12 - 20	0,3 - 0,6	20 - 35	+	-
Kieselig gebundene Quarz- sandsteine	2,60 - 2,65	2,64 - 2,68	0,2 - 0,5	120 - 200	8 - 15	0,3 - 1,0	7 - 8	-	-
Sonstige Quarz- sandsteine	2,00 - 2,65	2,64 - 2,72	0,2 - 9	30 - 180	6 - 14	0,2 - 0,8	10 - 14	-	
Konglome- rate	1,90 - 2,60		0,5 - 8,0	30 - 40	6 - 14	0,3 - 0,9	20 - 100	+	-
Umwandlungsgesteine (Metamorphe Gesteine):									
Gneise	2,65 - 3,00	2,67 - 3,05	0,1 - 0,6	160 - 280		0,5 - 0,8	4 - 10	+	+
Granulit	2,60 - 2,70	2,67 - 2,72	0,1 - 0,6	160 - 240			4 - 10	+	+
Amphibolit	2,70 - 3,10	2,75 - 3,15	0,1 - 0,4	170 - 280			6 - 12	+	+ ¹⁾
Serpentinit	2,60 - 2,75	2,62 - 2,78	0,1 - 0,7	140 - 250		0,5 - 0,9	8 - 18	+	-
Quarzit	2,60 - 2,65	2,64 - 2,68	0,2 - 0,5	150 - 300	13 - 15	0,5 - 1,1	7 - 8	+	+ ¹⁾
Kristalline Marmore	2,65 - 2,85	2,70 - 2,90	0,2 - 0,6	80 - 140	8 - 16	0,3 - 0,8	15 - 40	+	

1) nur wenn karbonatfrei

Geologisches Glossar

Amphibolit grünlich-schwarzes metamorphes Gestein, reich an Amphibol (wichtige silikatische, gesteinsbildende Mineralgruppe) und Plagioklas (ein Vertreter der Feldspatgruppe).

Aufschluss Stelle der Erdoberfläche, an der sonst durch Boden oder Vegetation verdecktes Gestein zutage tritt. Aufschlüsse können durch die Kräfte der Natur oder – künstlich – durch den Menschen erzeugt werden.

Bänderschluft Millimeter-geschichtete, feinkörnige Seeablagerung (v. a. in Schmelzwasserbecken an der Gletscherstirn).

Basalt dunkles, basisches vulkanisches Gestein; bestimmte Basalte sind typisch für Ozeanböden.

Biotit dunkles, eisenreiches Glimmermineral.

Böhmische Masse im Paläozoikum entstandenes Gebirgsmassiv in Mitteleuropa, das seither abgetragen und nicht von der alpinen Gebirgsbildung erfasst wurde; der österreichische Anteil umfasst das Wald- und Mühlviertel.

Brackisch Bezeichnung für Meerwasser mit verringertem Salzgehalt.

Brekzie Festgestein aus groben, kantigen Komponenten.

Chlorit grünliches, silikatisches Mineral, eisenhaltig, verwandt mit Glimmer.

Dolomit Calcium-Magnesium-(Bi-)Karbonat, $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$.

Eisenglimmer = Hämatit (Fe_2O_3), ein Eisenoxid-Mineral.

Eklogit metamorphes Gestein mit den Hauptgemengteilen Pyroxen und Granat, aus basaltischem Ausgangsmaterial unter sehr hohen Drucken und Temperaturen entstanden.

Erosion Abtragung von Gesteinen und Böden durch die physikalischen und chemischen Wirkungen von Wasser, Wind, Eis, Sonneneinstrahlung usw., sowie durch biologische Prozesse wie Wurzeldruck u. Ä.

Evaporit durch die Verdunstung von Lösungen (meist Meerwasser) entstandenes Sedimentgestein, z.B. Gips, Anhydrit, Steinsalz.

Feldspat bedeutende gesteinsbildende, silikatische Mineralgruppe.

Flussterrasse erhöht gelegene, ebene Geländeform, entweder durch Aufschüttung und nachfolgendes Einschneiden (Tiefenerosion) eines Flusses entstandene *Akkumulationsterrasse*, oder durch seitliche Abtragung (Lateralerosion) eines Fließgewässers entstandene *Felsterrasse*.

Flysch Ablagerungen der Tiefsee, bestehend aus Wechselfolgen von Sandsteinen, Tonsteinen und Mergeln; typisches Sediment für Kontinentalränder die von einer Subduktionszone begleitet werden.

Fossil Rest, Abdruck oder Spur vorzeitlicher (älter als 10.000 Jahre) Lebewesen.

Frostspaltung Zerlegung von Festgesteinen durch die Druckwirkung des Eises in Gesteinshohlräumen (vor allem in Spalten und Klüften), bedingt durch die Volumszunahme während des Gefriervorganges.

Gabbro basisches, dunkles, körniges Tiefengestein.

Ganggestein in Spalten eines Festgesteins eingedrungene und erstarrte Gesteinsschmelze.

Geschiebe von Gletschereis transportierter Gesteinsbrocken.

Gips Salzmineral, das auch gesteinsbildend auftritt $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$.

Glazial auf Gletschereis bezogen.

Glimmer gesteinsbildende, silikatische Mineralgruppe mit häufig plättchenförmigen Aggregaten.

Glimmerschiefer sehr verbreitetes metamorphes Gestein mit schiefrigem Gefüge, das neben reichlich Glimmer auch andere mineralische Gemengteile, v.a. Quarz und Feldspat enthält.

Gneis zeilig-körniges, im dm-Bereich bankig-plattig absonderndes, metamorphes Gestein, Hauptgemengteile sind Feldspat und Quarz.

Gosau Sedimentkomplex der Ostalpen, benannt nach der Ortschaft Gosau, OÖ.; großteils marine Sedimentserien der Oberkreide bis zum Eozän, die auf den ostalpinen Einheiten nach den ersten alpidischen Gebirgsbildungsphasen mit Reliefbildung abgelagert wurden.

Granit saures, körniges Tiefengestein, Hauptgemengteile sind Quarz, Feldspat und Glimmer.

Granitgneis metamorpher Granit.

Granulit metamorphes Gestein, unter hohen Druck- und besonders hohen Temperaturbedingungen durch relativ "trockene" (wasserarme) Mineralreaktionen gebildet.

Graphit Kohlenstoff-Mineral, unter metamorphen Bedingungen gebildet.

Grauwacke klastisches Sedimentgestein, überwiegend, mit tonigen Anteilen und Gesteinsbruchstücken.

Grundmoräne an der Basis des Gletschereises gebildetes Sedimentgestein, großteils feinkörnig zerriebenes Gesteinsmaterial mit einzelnen gröberen Komponenten (Geschieben).

Grünschiefer schwachmetamorphe, chloritreiche Schiefer und Phyllite, aus überwiegend bis gänzlich vulkanischem Ausgangsmaterial (Laven, Tuffe) hervorgegangen.

Hornblende (= Amphibol) wichtige silikatische, gesteinsbildende Mineralgruppe.

Kalk(ge)stein überwiegend aus Calcit aufgebautes Sedimentgestein.

Kalkglimmerschiefer ehemals tonig-sandig-kalkiges Sediment, durch mittelgradige Metamorphose in glimmerreiche Schiefer umgewandelt.

Kalksilikatgneis ehemals tonig-sandig-kalkiges Sediment, durch hochgradige Metamorphose umgewandelt.

Kalzit Kalziumsalz der Kohlensäure (CaCO_3), wichtiges gesteinsbildendes Mineral der Kalkgesteine.

Kaolin hauptsächlich aus Kaolinit (Aluminiumhydroxysilikat) aufgebauter, weißlicher Ton, Rohstoff u.a. für die Keramik- und Papierindustrie.

Kar durch glaziale Erosion entstandene halbrunde Hohlform in Bergflanken.

Karbonat Salz der Kohlensäure; geologisch und petrographisch (=gesteinskundlich) bedeutend ist vor allem das Calciumkarbonat = CaCO_3 (als Mineral: Kalzit; gesteinsbildend: Kalk) und das Ca-Mg-Bikarbonat (als Mineral und Gestein: Dolomit).

Karst Kalk- und Gipsgebirgsstöcke, die durch geologische Erscheinungen, welche auf Wasserlösung und unterirdische Entwässerung zurückzuführen sind (z.B. Höhlen, Dolinen etc.), charakterisiert werden.

Kies grobkörniges (Körnung zwischen 63 und 2 mm), klastisches Lockersediment mit überwiegend gerundeten Komponenten (= "Schotter").

Kieselgestein weitgehend aus Kieselsäure (SiO_2) aufgebautes Gestein; diese kann "dicht" (amorph) oder bereits kristallisiert (als feinkörniger Quarz) vorliegen und entstammt meist den Gehäusen kieselschaliger Organismen (z.B. Radiolarien, Diatomeen etc.) in Tiefseesedimenten.

Klastisch Bezeichnung für Sedimente, die aus Produkten der mechanischen Verwitterung und deren nachfolgendem Transport entstanden sind.

Kohlenwasserstoffe chemische Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff; geologisch und wirtschaftlich bedeutend sind die aus organischem Material unter reduzierenden Bedingungen gebildeten Erdöl- und Erdgaslagerstätten.

Latit intermediäres vulkanisches Gestein mit hohem Feldspatanteil (Alkalifeldspat : Plagioklas = 1 : 1).

Lithologisch die Gesteinsausbildung betreffend.

Lithosphäre umfasst die Erdkruste und den aus Gesteinen aufgebauten obersten Teil des Erdmantels.

Löss windverfrachtetes (=äolisches), daher sehr feinkörniges Sediment im Bereich der nichtvergletscherten Gebiete; typisch ist die durch die kalkige Verkittung gegebene Standfestigkeit (Hohlwege, Weinkeller).

Magma glutflüssige Gesteinsschmelze, Ausgangsmaterial für magmatische Gesteine (Tiefengesteine = Plutonite, Ergußgesteine = Vulkanite und Ganggesteine).

Magnetit Magnesiumkarbonat, MgCO_3 .

Marin auf das Meer bezogen.

Marmor metamorphes, kristallines Karbonatgestein; techn.: schleif- und polierbares Karbonatgestein.

Mergel Sedimentgestein aus Ton und Kalk.

Metagabbro (schwach) metamorph überprägter Gabbro.

Metamorphit ursprünglich anders ausgebildetes, durch Metamorphose verändertes Gestein.

Metamorphose Gesteinsumwandlung durch Druck- und Temperaturverhältnisse, die von den ursprünglichen Bildungsbedingungen abweichen und eine Neukristallisation hervorrufen.

Migmatit Gestein, in dem durch Metamorphose teilweise aufgeschmolzene Anteile vom (fest verbliebenen) Altbestand unterscheidbar sind; beim Prozess der Migmatisierung werden die vorhandenen Minerale zu einer neuen Mineralvergesellschaftung umkristallisiert.

Moldanubikum nach den Flüssen Moldau und Donau benannte tektonische Einheit der Böhmisches Masse.

Moräne Sammelbezeichnung für von Gletschern mitgeführtes und abgelagertes Sedimentmaterial.

Moravikum nach der March benannte tektonische Einheit der Böhmisches Masse.

Nephelin ein sogenannter Feldspatvertreter, diese Mineralgruppe ist SiO_2 -ärmer als die Feldspäte.

Nephelinbasalt basischer Vulkanit, der statt Plagioklas teilweise Nephelin enthält.

Olivin Magnesium-Eisen-Silikat mit grüner Farbe.

Orthogneis aus magmatischem Ausgangsgestein (meist Granit) gebildeter Metamorphit.

Paragneis aus klastischen Sedimenten durch Metamorphose gebildeter Gneis.

Phyllit welliges, feinblättriges, meist seidig glänzendes Schiefergestein; schwach metamorphe (s.d.) ehemals tonig-sandige Gesteine.

Plagioklas Natrium-Kalzium-Feldspat.

Porphyroid informelle Bezeichnung für schwach metamorphe, saure Vulkanite in paläozoischen Schichtfolgen.

Pyroxen wichtige silikatische, gesteinsbildende Mineralgruppe.

Quarz das häufigste gesteinsbildende Mineral, SiO_2

Quarzit überwiegend aus (verzahnten) Quarzkörnern bestehendes, metamorphes Gestein (meist ehemalige Quarzsande).

Radiolarit dichtes bis feinkörniges, kieseliges Sedimentgestein, überwiegend aus den Skeletten kieseliger, planktonischer Mikroorganismen (Radiolarien) gebildet.

Regionalmetamorphose großräumig wirksame Gesteinsumwandlung durch Druck und Temperatur, ohne lokalisierbaren Ursprung, mit gebirgsbildenden tektonischen Vorgängen und daher intensiver Verformung der betroffenen Gesteine verbunden.

Riffkalk überwiegend von riffbildenden Organismen (Korallen, Kalkalgen, Schwämme etc.) aufgebauter Kalk(stein).

Rotsediment Sediment roter Färbung (fast immer durch Eisenminerale, bes. Hämatit, hervorgerufen); geologisch wichtig als Indikator für wüstenhafte Klimabedingungen.

Sand klastisches Sediment im Korngrößenbereich von 0,063 mm bis 2 mm.

Sandstein aus Sandpartikel aufgebautes Festgestein.

Schelf vom Meer überflutete flache Randbereiche der Kontinente bis ca. 200 m Wassertiefe, begrenzt durch den (steileren) Kontinentalhang, der zur Tiefsee hin abfällt.

Schichtfolge eine Abfolge verschiedener Gesteinsschichten.

Schiefer Gestein mit einem im wesentlichen parallelen, engständigen Flächengefüge, das durch sekundäre Prozesse (Tektonik, Metamorphose), entstanden ist und häufig eine gute Teilbarkeit in dünne und dünnste Platten erzeugt; die Schieferungsflächen sind häufig durch eingeregelter Mineralneubildungen gekennzeichnet; besonders zur Schieferung geeignet sind daher feinkörnige Gesteine, wie Tonsteine.

Schlier feinsandig-schluffige Mergel in den circumalpinen Tertiärbecken.

Schluff klastisches Sediment im Korngrößenbereich zwischen 0,002 mm und 0,063 mm.

Schotter (petrographisch veraltete) Bezeichnung für Kies; geologisch vor allem im Zusammenhang mit Terrassenbildungen verwendet.

Sediment(gestein) durch Ablagerung von klastischem Material oder chemische Ausfällungsprozesse, sowie durch Anhäufung organischer Reste (z.B. Kohle) entstandenes Gestein (klastische, chemische, biogene Sedimente).

Serpentinit hauptsächlich aus Mineralen der Serpentin-Gruppe (Mg-Silikate) bestehendes grünliches, rötliches oder schwarzes, dichtes Gestein; gebildet durch Hydratation (= Wasseraufnahme) von Olivin-reichen ultrabasischen Magmatiten und Metamorphiten.

Siliziklastika Sedimentgesteine, deren Partikel aus silikatischen Mineralen oder Gesteinsbruchstücken bestehen.

Siltstein verfestigter Silt (= Schluff), klastisches Sediment im Korngrößenbereich zwischen 0,002 und 0,063 mm.

Süßwasser Wasser mit < 2 Promille Salzgehalt.

Tektonik Lehre vom Bau der Erdkruste sowie den Bewegungen und Kräften, die ihn erzeugt haben.

Tektonisch auf die Bewegungen und Kräfte in der Erdkruste bezogen.

Terrestrisch Bezeichnung für Vorgänge, Kräfte und Erscheinungen des Festlandes.

Tiefengestein (= Plutonit) magmatisches Gestein, das im Gegensatz zu vulkanischen Gesteinen im Inneren der Erdkruste erstarrt ist.

Tiefmarin Meeresbereiche mit über 200 m Wassertiefe.

Tonalit kristallines, intermediäres Tiefengestein, Hauptgemengteile Feldspat (Plagioklas), Quarz, Hornblende und Biotit.

Ton klastisches Lockersediment mit einer Korngröße $< 0,002$ mm.

Tonstein verfestigter Ton.

Trachyandesit intermediärer Vulkanit, Hauptgemengteile Feldspat (Alkalifeldspat und Plagioklas), Hornblende und Biotit.

Tuff Gestein aus verfestigten vulkanischen Auswurfprodukten.

Ultrabazit Gestein mit weniger als 45 % SiO_2 (Kieselsäure); aus größeren Erdtiefen stammend (Unterkruste bis Mantel).

Vulkanit = Oberflächen- oder Ergussgestein (Gegensatz: Tiefengestein = Plutonit); an (oder nahe) der Erdoberfläche erstarrtes magmatisches Gestein; durch die schnelle, für Kristallisationsvorgänge zeitlich nicht ausreichende Abkühlung mit glasiger (amorpher, nicht kristalliner) Grundmasse, in der mehr oder weniger zahlreiche Kristalle ("Einsprenglinge") enthalten sind.

GEOLOGISCHE ZEITTABELLE (in Millionen Jahren)

Geologische Zeittafel			Milionen Jahre	
PHANEROZOIKUM				
KÄNOZOIKUM	QUARTÄR	HOLOZÄN	0,01	
		PLEISTOZÄN	1,75	
	TERTIÄR	NEOGEN	PLIOZÄN	5,3
			MIOZÄN	23,8
			OLIGOZÄN	33,7
		PALÄOGEN	EOZÄN	54,8
			PALEOZÄN	65
MESOZOIKUM	KREIDE	OBERE	99	
		UNTERE	142	
	JURA	MALM	158	
		DOGGER	180	
		LIAS	206	
	TRIAS	OBERE	227	
		MITTLERE	242	
		UNTERE	248	
	PALÄOZOIKUM	JUNG-	PERM	256
				290
KARBON		OBERES	323	
		UNTERES	354	
DEVON		OBERES	370	
		MITTLERES	391	
		UNTERES	417	
SILUR		OBERES	428	
		UNTERES	443	
ORDOVIZIUM		OBERES	438	
	MITTLERES	470		
	UNTERES	495		
KAMBRIUM	OBERES	505		
	MITTLERES	518		
	UNTERES	545		
PROTEROZOIKUM			2500	
ARCHÄIKUM			4800	