



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Bau- und Kunstarbeiten des Steinhauers

Text

Krauth, Theodor

Leipzig, 1896

II. Das Material und seine Eigenschaften.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-93821](http://urn.nbn.de/hbz:466:1-93821)

II. DAS MATERIAL UND SEINE EIGENSCHAFTEN.

1. Allgemeine Bemerkungen. — 2. Die Steinarten im besondern. — 3. Die Festigkeit und die Prüfung der Steine. — 4. Die Dauerhaftigkeit und die Erhaltung der Steine.
-

1. Allgemeine Bemerkungen.

Der Steinhauer entnimmt sein Material der Oberfläche der Erde. Nach allem zu schliessen, war diese Oberfläche vor undenklichen Zeiten in glühendem Zustande, aus welchem sie — allmählich erkaltend — in den heutigen gelangte. Das Ergebnis der ursprünglichsten Krustenbildung liegt für uns nicht zu Tage. Gewaltige Umformungen haben offenbar ungeheuer grosse Zeiträume ausgefüllt, weil ein Körper von der Grösse der Erde nur langsam erkalten kann. Den Gewalten des Feuers haben sich diejenigen des Wassers zugesellt, nachdem die Erkaltung soweit gediehen war, dass sein Dampf sich kondensieren konnte. Den erstenen schreibt man die Bildung der Eruptiv- oder Massengesteine zu (Granite, Porphyre, Trachyte, Basalte und andere Felsarten ohne Schichtung); dem Wasser verdanken ihre Entstehung die Sedimente oder Flözgesteine mit ihrer ursprünglich horizontalen Lagerung. Sie können entstanden sein durch Ausscheidung von im Wasser gelösten Bestandteilen (Gips, Steinsalz etc.); sie können die Verkittung zusammengeschwemmter Steinrümmer sein (Sandstein, Nagelfluh etc.); sie können aber auch die Ablagerung der Gehäuse kleiner und kleinster Schaltiere bedeuten (Kreide, Nummulitenkalk etc.).

Zwischen den Massen- und den Flözgesteinen reihen sich die kristallinischen Schiefergesteine ein, deren Zusammensetzung an die Massengesteine und deren Schichtung an die Flözgesteine erinnert. Als Beispiel sei der Gneis erwähnt. Ihre Bildung ist streitig. Sie sind wie die Massengesteine frei von versteinerten Pflanzen und Tieren und erweisen sich damit von älterer Entstehung als die Flözgesteine, welche solche führen.

Man teilt die Bildungszeit der Erdrinde gewöhnlich in 4 Zeitalter ein, die man als Urzeit, Altertum, Mittelalter und Neuzeit bezeichnen kann. Jede Periode umfasst dann bestimmte charakteristische Formationen, die nach irgend einem System weiter in Stufen, Gruppen und Unterabteilungen getrennt werden können. Eine derartige Einteilung hat hauptsächlich wissenschaftliches Interesse; es ist aber auch praktisch wichtig, die gewöhnliche Reihenfolge der Schichtungen zu kennen, um sich beim Abbau der Gesteine darnach richten zu können. Wir schliessen deshalb eine Uebersicht der Gesteinsreihenfolge an, indem wir bemerken, dass dieselbe insofern nur ideal ist, als an keiner Stelle der Erde die ganze Reihe vertreten ist und stets nur einzelne Glieder oder Gruppen vorhanden sind, zwischen denen wieder andere fehlen oder ausfallen. Wir

geben die Folge in der Richtung von oben nach unten, von der Oberfläche der Erde dem Innern zu; wir setzen den Formationen die bezeichnenden und die als Steinhauermaterial in Betracht kommenden Mineralien bei, einschliesslich der Eruptivgesteine, die infolge vulkanischer Durchbrechung der Schichten auftreten.

IV. Neuzeit der Erde. (Känozoische Periode.)

12. Alluvium, jüngeres Schwemmland, Zeitalter des Menschen, Jetztzeit.
Kulturschichten; Sand, Heide, Torf; Kalksinter, Korallenkalk.
Eruptiv: Lava und Tuff.
Funde: Menschenreste, Kulturgegenstände.
11. Diluvium, älteres Schwemmland, Quartärformation, Eiszeit und Eisvorzeit.
Löss, Lehm, Sand, Kies, Gerölle; Kalksinter, erratische Blöcke.
Eruptiv: Basaltische, phonolithische, trachytische Laven und Tuffe.
Funde: Knochen von Höhlenbüren, Riesenlefanten, Riesenhirchen und anderen meist ausgestorbenen Säugetieren; Pflanzenreste von zum Teil noch vorhandenen Arten; älteste Menschenreste und Kulturgegenstände.
10. Tertiärformation, jüngere und ältere (Pliocän, Miocän, Oligocän und Eocän).
Braun- und Pechkohle; Mergel, Thon, Gips, Steinsalz, Bernstein; Oeninger Kalk, Pariser Grobkalk, Nummulitenkalk, Molasse, Nagelfluh, Sandstein.
Eruptiv: Basalt, Phonolith, Andesit, Trachyt.
Funde: Versteinerte Tiere und Pflanzen mannigfachster Art, einem wärmeren Klima als dem heutigen angehörig.

III. Mittelalter der Erde. (Mesozoische Periode.)

9. Kreideformation, obere und untere.
Weisse und graue Kreide (im oberen Teil), Kreidemergel, Feuerstein, plastischer Thon, Karstkalk, Pläner (Plauener) Kalk, Konglomerate, Quadersandstein (Teutoburger-, Prager- und Karpathensandstein).
Eruptiv: Pikrit, Teschenit, Tephrit.
Funde: Ammoniten und Belemniten in grosser Zahl, Reptilien etc., Blütenpflanzen und die ersten Laubhölzer.
8. Juraformation; obere oder weisse, mittlere oder braune, untere, schwarze oder Liasformation.
Weisse, rote, braune und dunkle Kalksteine; Rogenkalk, Mergelkalk, Stinkkalk, Plattenkalk, Dolomit, Hierlatzer Alpenkalk (Marmor); feinkörnige Sandsteine; lithographischer Schiefer; Eisenrogenstein.
Eruptiv: Basalttuff, Quarzporphyr, syenit- und granitartige Gesteine.
Funde: zahlreiche Tiere, wenige Pflanzen; Seeigel, Muscheln, Schnecken, Riesenammoniten, Beuteltiere, Saurier, die ältesten Knochenfische und Vögel.
7. Triasformation; Keuper-, Muschelkalk- und Buntsandsteinformation.
Bunter und grauer Keuper; bunte und dunkle Mergel; Stuben- und Schilfsandstein (Stuttgart); Hallstätter Kalk, Wettersteinkalk, Dolomit; Lettenkohle.
Hauptmuschelkalk, Wellenkalk, Virgiliakalk; wasserfreier Gips.
Hauptbuntsandstein, meist rot, seltener weiss; Mergel, Letten, Rogenstein, Guttensteiner Kalk.
Eruptiv: Granit, Syenit, Porphyrr, Diorit, Melaphyr.
Funde: im Keuper und Buntsandstein selten; im Kalk Meerestiere in Menge.

II. Altertum der Erde. (Paläozoische Periode.)

6. Dyasformation (Permformation). Zechsteinformation und Rotliegendes.
Oberer Zechstein mit Stassfurter Salz und Gips; mittlerer Zechstein mit Rauchwacke; unterer Zechstein mit Kupferschiefer und Zechsteinkonglomerat.
Porphyrtuffe und -Konglomerate; mächtiger, roter Sandstein, oben mitunter weissliegend, unten mit Kohlenflözen.
Eruptiv: Quarzporphyr, Melaphyr, Porphyrit.
Funde: Fische; Farne etc.; nicht häufig.
5. Steinkohlenformation, obere oder produktive und untere oder flözleere.
Steinkohlen; Kohlensandstein; Schieferthon.
Flözleerer Sandstein; Kohlenkalk; Grauwacke.
Eruptiv: Quarzporphyr, Diabas, Melaphyr.
Funde: Tausendfüsse, Spinnen, Skorpione, Schalenkrebse etc.; Schachtelhalme, Farne, Sigillarien, Nadellhölzer.
4. Devonische Formation (obere Grauwackenformation).
Grauwacke, Kalk, rheinischer Schiefer; Taunusquarzit.
Eruptiv: Diabas, Schalstein, Granit.
Funde: Panzerfische und andere Seetiere; die ältesten Landpflanzenreste.
3. Silurische Formation, obere und untere (untere Grauwackenformation).
Grauwackenschiefer, Griffelschiefer; Grauwackensandsteine, Fukoidensandstein; Korallenkalk.
Eruptiv: Granit, Syenit, Diabas, Schalstein, Quarzporphyr, Porphyrit, Melaphyr.
Funde: Glasschwämme, Korallen, Graptolithen; Seelilien, Muscheln, Schnecken etc.; Algen und Diatomeen.

I. Urzeit der Erde. (Archaische Periode.)

2. Huronische Formation (Urschieferformation).
Thonglimmerschiefer; Quarzit; Kalkstein.
1. Laurentische Formation (Urgneisformation).
Gneis, Granit, Syenit, Granulit, Quarzit, Dolomit, Kalk.
Eruptiv: Granit, Syenit, Diabas, Diorit.
Funde: so gut wie keine.

Kurz wiederholt gibt sich die Formationenfolge in nachstehender Weise:

IV.	III.	II.	I.
Neuzeit der Erde.	Mittelalter der Erde.	Altertum der Erde.	Urzeit der Erde.
12. Jüngeres Schwemmland.	9. Kreide.	6. Zechstein und Rotliegendes.	2. Urschiefer.
Alluvium.	8. Jurakalk.	Dyas oder Perm.	Huronische Formation.
11. Älteres Schwemmland.	7. Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein.	5. Steinkohle.	1. Urgneis.
Diluvium.	Trias.	4. Obere Grauwacke.	Laurentische Formation.
10. Braunkohle.		3. Untere Grauwacke.	
Tertiär.		Silur.	

Teilt man die Gesteine nach der Art ihrer Zusammensetzung ein, so ist zu unterscheiden zwischen einfach-kristallinischen, gemengt-kristallinischen und Trümmergesteinen. Die einfach-kristallinischen Gesteine bestehen wesentlich nur aus einem Mineral, wie beispielsweise der Dolomit, der Alabaster, der Serpentin. Bei den gemengt-kristallinischen Gesteinen lagern

sich mehrere Mineralarten unmittelbar verbunden durcheinander, wie es beim Gneis, Syenit, Porphyrr und Basalt der Fall ist. Durch die Verkittung verwitterter und zertrümmerter Gesteine dieser beiden Gruppen durch kalkige, thonige, kieselsäurehaltige oder andersartige Bindemittel sind die Trümmergesteine entstanden. Hierher zählen u. a. die Sandsteine, mehr fein oder grob je nach dem Korn des Sandes, die Konglomerate aus kleineren und grösseren rundlichen Bruchstücken, die Breccien aus eckigen Fragmenten und die Tuffe aus zertrümmerten Eruptivgesteinen und vulkanischen Produkten aufgebaut.

Nach der Art des Gefüges oder der Struktur benennt man die Gesteine ebenfalls verschiedenartig. Ein Gestein heisst

körnig, wenn die kristallinischen Teile willkürlich durcheinander gelagert sind,
 schieferig, wenn sie sich nach einer bestimmten Richtung ordnen,
 blätterig, wenn die Teile sich lamellenartig aufeinanderlegen,
 flaserig, wenn dünne, schuppige Lagerungen linsenförmige Anhäufungen umgeben,
 oolithisch, wenn kugelige, rogenartige Teile dicht gelagert sind,
 schalig, wenn grosse kugelartige Bildungen ein schalenförmiges Ablösen zur Folge haben,
 blasig, wenn zahlreiche grössere Hohlräume vorhanden sind,
 schlackig, wenn die Hohlräume langgestreckt, gewunden und verzweigt sind,
 porös, wenn die Hohlräume klein und gehäuft sind,
 dicht, wenn keine Hohlräume vorhanden sind, wenn das freie Auge keine Struktur erkennt,
 glasig, wenn die Hauptmasse glasflussähnlich ist, wenn das Gestein glasigen Bruch hat,
 porphyrisch, wenn in einer dichten Grundmasse Kristalle und Einsprenglinge verteilt sind,
 gebändert, wenn das Gestein aus dünnen, verschiedenenfarbigen Schichten zusammengesetzt ist,

u. s. w.

Als Mandeln, Lebern, Gallen und Drusen bezeichnet man rundliche Hohlräume des Gesteins, die sich ganz oder zum Teil mit einem abweichenden Mineral in amorpher oder kristallinischer Weise ausgefüllt haben.

Adern oder Bänder sind auf dieselbe Weise ausgefüllte Spalten oder aber auch nur Streifen von veränderter Struktur und Farbe im nämlichen Material.

Kavernen und Nester sind grössere, unregelmässig gestaltete Hohlräume.

Mücken und Flecken sind kleine, punktartige, zufällige Einsprengungen, Leerräume oder Verfärbungen. In den Trümmergesteinen sind sie häufig gleichbedeutend mit stellenweise verändertem oder fehlendem Bindemittel.

Dendriten sind entstanden durch das Eindringen eines abweichenden Materials in feine Spalten.

Das farnkrautartige Aussehen dendritischer Ablagerungen führt öfters auf die Meinung, als ob es sich um Versteinerungen pflanzlicher Gebilde handle.

Die Härte der Gesteine ist verschieden nach ihrer Art, schwankt jedoch auch wesentlich bei derselben Art je nach der Zusammensetzung, der Struktur, dem Bindemittel, dem Feuchtigkeitsgehalt u. s. w. So zeigt beispielsweise die Molasse des Bodensees alle Härtegrade vom Sandstein bis zum lose aufgehäuften Sand. Gelagerte Felsarten sind gewöhnlich nicht in jeder Richtung gleich hart. Bruchfeuchte Steine sind weicher als trockene. Man hat für die Härtebestimmung eines Gesteins eine 10gradige Skala aufgestellt und jeder Grad wird durch ein bekanntes Mineral vorgestellt.

- Härte 1. Talk, mit dem Fingernagel leicht ritzbar.
- „ 2. Gips und Steinsalz, mit dem Nagel schwer zu ritzten.
- „ 3. Kalkspat, mit dem Messer leicht zu schaben.

- Härte 4. Flussspat, mit dem Messer schwer zu schaben.
 „ 5. Apatit, mit dem Messer kaum zu schaben, am Stahl keine Funken gebend.
 „ 6. Feldspat, am Stahl vereinzelte Funken gebend.
 „ 7. Quarz, am Stahl lebhaft Funken gebend.
 „ 8. Topas.
 „ 9. Korund.
 „ 10. Diamant.

Will man darnach die Härte eines Steines bestimmen, so versucht man ihn mit den Steinen der gegebenen Skala zu ritzen. Angenommen, er werde dabei von Quarz noch geritzt, aber nicht mehr von Feldspat, so liegt die Härte zwischen 6 und 7. Die Methode hat jedoch mehr wissenschaftlichen als praktischen Wert und der Steinhauer wird sein Material auf die Härte anderweitig prüfen.

Wenn man ein Gestein auseinanderschlägt, so zeigt sich die Bruchfläche oder kurzweg der Bruch verschieden nach der Art des Materials. Der Bruch heisst:
 erdig, wenn er sich staubig und sandig anfühlt,
 muschelig, wenn er runde, muschelartige Vertiefungen und Erhöhungen zeigt,
 splitterig, wenn Splitter abfallen und teilweise abgesprengt am Bruche haften,
 hackig, wenn Spitzen und Zacken auftreten,
 stumpf oder dicht, wenn die Teilchen nicht分裂, nicht abstauben und nicht zackig vorstehen,
 eben, wenn die Bruchfläche sich einer Ebene nähert,
 uneben, wenn Absätze und Terrassen zum Vorschein kommen,
 glatt, wenn keine Rauhigkeiten vorhanden sind,
 glasig, wenn der Bruch spiegelt,
 matt, wenn er wohl glatt, aber nicht glasig ist

u. s. w.

Die Farbe der Steine ist wechselnd nach den zusammensetgenden Teilen und nach den mehr zufälligen Beimengungen, die hauptsächlich die Bindemittel färben. Hierbei spielen die Eisenverbindungen eine Hauptrolle. Der Sandstein aus ein und demselben Grundmaterial, z. B. weissem Quarzsand, kann weiss, grau, gelb, grünlich, hell- und dunkelrot auftreten, je nachdem das Bindemittel mehr oder weniger Eisen führt. Selbstredend wird die Farbe der Massengesteine durchschnittlich einheitlicher sein, als diejenige der Flözgesteine. Bei diesen wechselt die Farbe häufig in ganz kleinen Abständen, so dass gestreifte, geflammte und gemaserte Färbungen keine Seltenheit sind. Die Farbe aller Gesteine kommt um so besser zur Geltung, je feiner die Oberflächen bearbeitet werden. Ein gestockter Granit kann grau sein; geschliffen und poliert wird er dunkler sein und Farbe und Zeichnung zeigen. Schon der gewöhnliche Sandstein sieht geschliffen ganz anders aus, als mit rauher Oberfläche und die hochgeschätzten farbigen Marmorarten erhalten ihren Wert überhaupt erst durch eine entsprechende Oberflächenbehandlung.

Das Gewicht der Steine wechselt ebenfalls nach der Art der Zusammensetzung, nach dem Grade der Porosität und der Trocknung. Am schwersten sind durchschnittlich die Massengesteine und die dichten Kalksteine (Carrara-Marmor etc.). Leichter sind die porösen Kalksteine und Sandsteine und am leichtesten sind die Tuffe. Für sämtliche Bau- und Bildhauersteine

schwankt das spezifische Gewicht zwischen 1,5 bis 3. Man versteht darunter die Zahl, welche angiebt, wie viel mal so schwer ein Körper ist als der gleiche Raumteil Wasser. Diese Zahl kann auf verschiedene Weise bestimmt werden. Für den Steinhauer, der das spezifische Gewicht eines bestimmten Steines bestimmen will, dürfte es am einfachsten sein, einen geschliffenen Würfel von genau 10 cm Kantenlänge herzustellen und denselben zu wägen. Derartige Würfel können ja nachher als Steinproben oder anderweitig verwertet werden. Angenommen, es ergiebt sich ein Gewicht von 2240 gr, so ist das spezifische Gewicht gleich $\frac{2240}{1000} = 2,24$, weil ein gleicher Raumteil, d. i. ein Liter, Wasser 1000 gr wiegt. Mit Hilfe des einmal gefundenen Faktors kann dann für jedes Werkstück, dessen Cubikinhalt bekannt ist, durch einfache Rechnung auch das Gewicht festgestellt werden, ohne es wägen zu müssen. Beispielsweise würde also eine kreisrunde, zylindrische Platte von 2 m Durchmesser und 0,30 m Höhe aus jenem Material annähernd wiegen:

$$3,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,3 \cdot 2,24 = 2,110 \text{ Tonnen oder } 2110 \text{ kg.}$$

Auf die Festigkeit der Steine und ihre Dauerhaftigkeit werden wir anlässlich der Prüfung des Materials zu sprechen kommen.

2. Die Steinarten im besondern.

Die Verwendbarkeit eines Gesteins für Steinhauerzwecke ist an verschiedene Bedingungen geknüpft. Es soll fest und dauerhaft sein; es soll sich unschwer bearbeiten lassen und es soll dem Auge gefallen. An Gesteinen, die diesen Bedingungen genügen, ist kein Mangel; aber sie sind nicht gleichmässig auf der Erdoberfläche verteilt und deshalb spielen die Transportkosten eine weitere Rolle. Wäre die Verteilung eine gleichmässige, so würde man allerorts für die gleichen Arbeiten auch das gleiche Material wählen, nämlich das bestbewährte. Aus Sparsamkeitsrücksichten ist man jedoch vielfach genötigt, das nächstliegende Material zu verarbeiten, auch dann, wenn es nicht allen Bedingungen voll genügt. In steinarmen Gegenden beschränkt man die Hausteinarbeit auf das Notwendigste und benützt als Ersatz Backsteine, Zement, Holz, Eisen und andere Baustoffe.

Ein und dasselbe Material kann aber an sich schon sehr verschiedenartig auftreten. Es kann wenig oder sehr dauerhaft, leicht oder schwer zu bearbeiten, schön oder unschön von Aussehen sein. Es genügt in dieser Hinsicht, an den Sandstein zu erinnern. Man kann deswegen nicht allgemein einem bestimmten Steinmaterial feststehende Eigenschaften zuschreiben, wie etwa den verschiedenen Holzarten. Die Angaben können nur durchschnittlich gemeint sein oder auf einzelne Steinbrüche erfahrungsgemäss bezogen werden. Eine Beschreibung der Steinarten im vorliegenden Buche kann also nur den Zweck haben, eine Uebersicht im grossen ganzen zu geben und mit Weglassung des minder wichtigen die Haupttypen der Hau- und Bausteine namhaft zu machen. Welche Einteilung dabei zu Grunde gelegt wird, ist ziemlich einerlei. Wir bilden folgende Gruppen:

- A. Kristallinische Massengesteine (einfache und gemengte).
- B. " Schiefergesteine.
- C. Kalksteine.
- D. Sandsteine.
- E. Konglomerate und Breccien.
- F. Lava und Tuffe.

A. Kristallinische, kieselsaure Massengesteine.

1. Der **Granit**, ein grob-, mittel- oder feinkörniges Gemenge von Feldspat, Quarz und Glimmer nebst zufälligen Bestandteilen. Der Feldspat als weisslicher oder rötlicher, glasglänzender, undurchsichtiger Orthoklas oder als grauer oder grünlicher, fettglänzender Oligoklas in der Form von Kristallen. Der Quarz als unregelmässige, runde oder eckige Körner von weisser oder grauer Farbe. Der Glimmer als dünne, glänzende Blättchen von weisser, gelber, brauner oder schwarzer Farbe.

Unterarten und verwandte Gesteine:

- a) Alpengranit, Protogyngranit, mit grossen Orthoklas- und grünen Oligoklaskristallen, mit kleinkörnigem, grauem Quarz, dunkelgrünem Glimmer und Talklamellen; zur Schieferstruktur hinneigend.
- b) Granitit, mit rotem Orthoklas, vielem Oligoklas, wenig Quarz und Glimmer.
- c) orientalischer Granit, mit rotem Orthoklas, Hornblende etc.
- d) Pegmatit, mit grossem Orthoklas, weissem Quarz und weissen Glimmertafeln.
- e) Schriftgranit, mit grossem Orthoklas, wenig Glimmer und stengeligen Quarzkristallen, die sich ungefähr wie hebräische Buchstaben geben.
- f) Halbganit, Granitello, feinkörnig, sandsteinähnlich, grau, fast ohne Glimmer.
- g) Porphyrganit, Syenit-Granit, Gneisgranit u. s. w. sind Uebergangsformen zum Porphyr, Syenit, Gneis etc.

Technische Eigenschaften:

Porosität gering; Festigkeit und Dauerhaftigkeit im allgemeinen gross; Härte gleich 6 bis 8; spezifisches Gewicht 2,5 bis 3,2, im Mittel 2,8; entsprechend schwer zu bearbeiten, besonders zu polieren; von Farbe gesprenkelt je nach der Zusammensetzung, im allgemeinen grau, aber auch rosa, rot, violett, grün, blau.

Die Qualität hängt hauptsächlich ab von der Zusammensetzung, der Korngrösse, der Farbe und der Frostbeständigkeit. Quarzreiche Formen sind die dauerhafteren. Gelber, rostfarbiger Glimmer deutet nicht selten auf beginnende Verwitterung. Mittleres und feines Korn werden dem groben vorgezogen. Rissige Granite werden gern vom Frost zerstört. Die Schönheit der wegen ihrer Farbe geschätzten Granite kommt erst beim Polieren zur Geltung.

Vorkommen und Verwendung:

Da der Granit das Massiv der meisten grossen Gebirge bilden hilft, so ist er in enorner Menge vorhanden. Er tritt teils in flachgewölbten Kuppen oder in trümmerumlagerten Zacken zu Tage, teils durchsetzt er in mächtigen Stöcken, Gängen und Bänken die kristallinischen Schiefergesteine.

Deutschland und Oesterreich haben Granite im Schwarzwald, im Odenwald, in den Vogesen, im Harz, im Fichtelgebirge, im baierischen Wald, in den Alpen, im Böhmerwald, im Erzgebirge, im Riesengebirge, in den Sudeten und Karpathen. Von den übrigen Ländern kommen hauptsächlich in Betracht: die Schweiz, Italien, Schweden, Sibirien, Finnland, Nubien.

Der Granit wird im Hoch- und Tiefbau gerne verwendet und zwar vornehmlich zu starken Fundamenten, zu Sockeln, Schwellen und Treppenstufen; zu Bordsteinen, Strassenrinnen, Wasserbecken und Brunnenschalen; zu Quaimauern und für Brücken; poliert für Säulen, Pfeiler, Obelisken, Postamente und andere Architekturteile.

Granit-Einsteine von ungewöhnlicher Grösse sind u. a.:

- 16 Säulen am Porticus des Pantheon in Rom, 11,5 m hoch, aus grauem und rotem egyptischen Granit;
- 12 antike Granitsäulen in S. Croce in Gerusalemme in Rom;

- 22 antike Granitsäulen in S. Stefano rotondo in Rom;
 12 Granitsäulen von der Insel Giglio in S. Filippo Neri zu Neapel;
 2 Brunnenschalen aus egyptischem Granit auf der Piazza Farnese in Rom, aus den Thermen des Caracalla;
 die Schale vor dem alten Museum in Berlin mit 6,6 m Durchmesser und einem Gewicht von rund 75 000 kg;
 der Sockel vom Standbild Peter des Grossen in Petersburg, 12,6 m lang, 10,8 m breit und 6,3 m hoch, über 2 Millionen kg wiegend;
 48 Säulen an der Isaakskirche zu St. Petersburg, aus finnländischem Granit, 17 m hoch; die Alexandersäule zu St. Petersburg, 23 m hoch, 4,5 m dick; ungefähr 700 000 kg wiegend.

2. Der **Syenit**, ein mittel- bis grobkörniges Gemenge von Feldspat und Hornblende nebst zufälligen Bestandteilen. Der Feldspat als roter, brauner oder grauer Orthoklas die Grundmasse bildend. Die Hornblende in der Form schwarzgrüner Säulchen regellos eingestreut. Daneben auch gelegentlich Oligoklas, Quarz und Glimmer, womit der Uebergang zum Granit gegeben ist (Syenit-Granit).

Unterarten und verwandte Gesteine:

- Monzonit (Südtirol), mit hellem Orthoklas, Oligoklas und viel Hornblende oder Augit.
- Zirkonsyenit (Norwegen und Grönland), mit schillerndem Orthoklas, wenig Hornblende und vielen säulenförmigen Zirkonkristallen.
- Foyait (Portugal), mit Orthoklas, Hornblende und Eläolith (Fettstein).
- Miascit (Russland), mit Orthoklas, Glimmer und Eläolith.
- Syenitschiefer, Syenit mit schiefriger Struktur.

Technische Eigenschaften:

Im allgemeinen wie beim Granit; dagegen ist die Farbe durchschnittlich schöner und die Politur fällt glänzender aus. Parallel gelagerte Orthoklaskristalle ermöglichen den Abbau in Platten. Parallel gelagerte Hornblende erschwert die Bearbeitung.

Vorkommen und Verwendung:

Das Vorkommen ist ähnlich wie beim Granit, nur weniger häufig. Deutschland und Oesterreich haben Syenite in den Vogesen, an der Bergstrasse und im Odenwald, bei Aschaffenburg, im Harz, im Thüringerwald, im Fichtelgebirge, im Erzgebirge, im Böhmerwald, im Banat, in Tirol etc. Von den übrigen Ländern kommen in Betracht: Schweden und Norwegen, Finnland, Schottland, Irland, Nubien etc. Von dem in Oberegypten gelegenen Syene (jetzt Assuan) hat der Syenit seinen Namen.

Die Verwendung ist ebenfalls ähnlich wie beim Granit; insbesonders werden Syenite von schöner Farbe und Zeichnung gerne für die Sockel von Denkmälern, für Grabsteine und Inschrifttafeln verwendet, was in Anbetracht der hohen Politurfähigkeit des Materials und seiner Dauerhaftigkeit ganz selbstverständlich ist.

Die Granit- und Syenitgesteine Nubiens haben der altegyptischen Monumentalkunst das Material geliefert. Der Tempel, Pyramiden und Obelisken wurde bereits im geschichtlichen Teil gedacht. Die letzteren, jetzt zum Teil in alle Welt entführt, sind der beste Beweis für ein Dauermaterial, das Jahrtausenden getrotzt hat.

Granit und Syenit sind von den Alten auch auf Figuren verarbeitet worden. Im egyptischen Museum des Vatikan zu Rom finden sich u. a. eine Syenitstatue des Ptolemäus Philadelphus, eine Statue aus rotem Granit, seine Gattin Arsinoe darstellend, und eine Sesostrisstatue aus schwarzem Granit.

In Deutschland sind zur Zeit hauptsächlich beliebt und benutzt die Granite und Syenite des Odenwalds, des Fichtelgebirges und die schwedischen von roter und grüner Farbe. Von den

grösseren Geschäften, welche sowohl das Rohmaterial als auch fertige Arbeiten liefern, seien u. a. genannt:

- Kessel & Röhl, Berlin SO., Elisabeth-Ufer 53.
- Kreuzer & Böhringer, Lindenfels im Odenwald.
- Erh. Ackermann, Weissenstadt im baierischen Fichtelgebirge.
- E. Friedrich Meyer, Freiburg i. Br. (Schwarzwälder Granite und Granitite, hellrot, dunkelrot, buntrot, schwarz, weiss und grau).
- Syenitwerk Schönberg, Hartmann & van der Heyden. Hauptbureau: Frankfurt a. M., Neue Kräme 18.

3. Der **Diorit** oder **Hornblendegrünstein**, ein fein- bis grobkörniges Gemenge von Feldspat und viel Hornblende. Der Feldspat als Plagioklas (Oligoklas und Labrador, d. i. Natron- und Kalkfeldspat) von weisslicher, gelblicher oder grünlicher Farbe. Die Hornblende schwarzgrün, glasglänzend, körnig, kurzsäulig oder feinnadelig.

Unterarten und verwandte Gesteine:

- a) Quarzdiorit, mit zahlreichen, kleinen Quarzteilen.
- b) Glimmerdiorit, mit dunklem Glimmer, neben der Hornblende oder diese ersetzend.
- c) Diorit-Aphanit, mit feinkörniger, mit freiem Auge nicht erkennbarer Struktur; dichter Grünstein.
- d) Dioritschiefer, mit schieferiger Struktur.
- e) Dioritporphyr, mit grösseren Feldspat- und Hornblendestücken in Diorit-Aphanit.
- f) Kugeldiorit oder Corsit, mit knolliger Struktur.

Technische Eigenschaften:

Festigkeit und Dauerhaftigkeit im allgemeinen gross; Härte gleich 5 bis 6; spezifisches Gewicht im Mittel 2,8; schwer zu bearbeiten und zu polieren; Politur schön und haltbar; Farbe im allgemeinen dunkelgrün.

Vorkommen und Verwendung:

Die Verbreitung ist nicht gross und mächtige Massen sind selten; der Diorit bildet Gänge und Stöcke, seltener Rücken und Kuppen. Deutschland und Oesterreich haben Diorite in den Vogesen, in der Pfalz, im Schwarzwald, im Spessart, am Rhein, im Harz, im Thüringerwald, im Fichtelgebirge, im Erzgebirge, bei Teschen in Schlesien, in Südtirol, in Kärnten. Ausserdem sind beteiligt Corsica, die Vendée, die Pyrenäen, Quenast in Belgien, Wales, Schottland, Norwegen und Schweden, der Ural, Oberegypten u. s. w.

Abgesehen von Pflasterungen u. ähnl. findet der Diorit auch in der Architektur Verwendung, zu Quadermauern, zu Säulen, zu Grabmälern.

4. Der **Diabas** oder **Augitgrünstein** unterscheidet sich vom Diorit dadurch, dass die Hornblende durch Augit ersetzt ist.

Unterarten und verwandte Gesteine:

- a) Quarzdiabas; quarzhaltig.
- b) Olivindiabas, mit Olivin.
- c) Diabas-Aphanit, fein gemengt; Struktur mit freiem Auge nicht erkennbar.
- d) Diabas-Kalk-Aphanit, kalkhaltig infolge Zersetzung des Labradors.
- e) Diabasporphyr, feingemengt mit vereinzelten grösseren Stücken.
 - α) Diabas-Labrador-Porphyr, wenn die Feldspatkristalle,
 - β) Diabas-Augit-Porphyr, wenn die Augitkristalle vorherrschen.
- f) Variolit, Diabas mit kugeliger Struktur.
- g) Diabasmandelstein, Abart von d), mit Kalkspatkörnern, abgelagert in die Hohlräume.
- h) Diabasschiefer, Kalk-Aphanitschiefer, Mandelsteinschiefer etc., mit schieferiger Struktur.

Technische Eigenschaften:

Wie beim Diorit; schwerer zu polieren; infolge Zersetzung des Labradors oft minderwertig und weniger fest.

Vorkommen und Verwendung:

Aehnlich wie beim Diorit, aber etwas häufiger. Im Harz, im Thüringer Wald, im Fichtelgebirge, in der Lausitz, in Schlesien, Böhmen, in Norwegen, in England u. s. w.

Der als Porfido verde antico benannte und schon im Altertum vielfach zu Säulen und Kunstwerken verarbeitete Diabas ist ein Labrador-Porphyr (S. Marco in Venedig; S. Giovanni in Laterano etc.)

5. Der **Gabbro** oder **Urgrünstein**, ein kristallinisch-körniges Gemenge von Labrador oder von Saussurit (Jade) einerseits und von Diallag oder von Smaragdit anderseits neben zufälligen Bestandteilen. Der Labrador in kristallartigen, der Saussurit in derben, feinkörnigen bis dichten Massen, beide meist von weisser oder grauer Farbe. Der Diallag grau, braun oder olivengrün, metallglänzend; der Smaragdit grasgrün mit Perlmuttenglanz; beide auch mit Hornblende verwachsen.

Unterarten und verwandte Gesteine:

Olivengabbro, mit Olivinkörnern von schmutzig-dunkelgrüner Färbung.

Technische Eigenschaften:

Fest und dauerhaft; mit viel Labrador im Freien weniger beständig. Härte durchschnittlich = 7. Spezifisches Gewicht im Mittel = 2,9. Von hoher Politurfähigkeit; von Farbe meist grün und weiss.

Vorkommen und Verwendung:

Der Gabbro tritt meistens massig, seltener schieferig auf und bildet Stöcke, Gänge und Lager im Granit und Gneis, im Urschiefer, in der Grauwacke und selbst in tertiären Schichten. Er wird u. a. gefunden bei Wernigerode im Harz, bei Neurode und Ebersdorf in Schlesien, in Nassau, in Sachsen, in Böhmen, in Ungarn, in Graubünden, am Monte Rosa, in Toskana, auf Elba, Corsica und Cypern, bei Bergen in Norwegen, in Schottland. Olivengabbro findet sich bei Volpersdorf in Schlesien, im Veltlin, auf den westschottischen Inseln Mull und Skye; Smaragditgabbro in Toskana, auf Corsica.

Der Gabbro wird gerne auf Kunst- und Architekturwerke verarbeitet, die durch Politur und Farbe wirken sollen; Mosaikarbeiten, Tischplatten, kleine Säulen etc. aus „Gabbro rosso“ und „Verde di Corsica“ finden sich schon von altersher. Die reich mit kostbarem Steinmaterial ausgestattete Capella de' Principi in Florenz hat z. B. auch Gabbro aufzuweisen. Die gewöhnlichen Arten des Gesteins dienen in der Nähe der Fundorte auch für Nutzbauten. Die aus der neuern Steinzeit stammenden, in den Pfahlbauten gefundenen Beile und Hämmer sind nicht selten aus Gabbro gearbeitet, ebenso oft auch aus Diorit, Diabas, Serpentin, weniger aus Granit, Trachyt etc. Die Grünsteine waren wegen ihrer Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Schlag bevorzugtes Material.

6. Der **Serpentin** oder **Schlangenstein**, ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat in dichter, feinkörniger, auch faseriger oder blätteriger Anordnung mit zufälligen Bestandteilen verschiedener Art; aus Olivinfels, Olivengabbro und ähnlichen Gesteinen durch Wasseraufnahme und Umwandlung sich bildend.

Abarten und verwandte Gesteine:

- edler Serpentin, gelb, hellgrün, glattbrüchig, auf dem Bruch etwas glänzend und an den Kanten etwas durchscheinend.
- gemeiner Serpentin, dunkelfarbig, im Bruch splitterig, matt, undurchscheinend.
- Ophiocalcit, mit Kalkspatverwachsungen, grün und weiss gefleckt, geaderd oder gestreift.

- d) Pikrolith, hart, kantendurchscheinend, als Platten im Serpentin oder ihn überziehend.
- e) Serpentinfels, mit anderen Mineralien gemengt.
- f) Forellenstein, serpentinisierter Olivinagabro.
- g) Schillerspat, „ Eustatit.

Technische Eigenschaften:

Bruchfeucht weich und leicht zu bearbeiten, zu drehen; beim Austrocknen erhärtend und schwerer zu behandeln. Härte 3 bis 4. Spezifisches Gewicht 2,5 bis 2,8. Von Farbe im allgemeinen düster, in den edlen Arten heller und schöner; vorherrschend grünlich, aber auch gelb, braun und rot, gefleckt, gestreift und durchflochten. Von grosser Politurfähigkeit. Feuer- und witterfest.

Vorkommen und Verwendung:

In Gängen, mächtigen Stöcken und Lagern; aber auch derb, eingesprengt und in Adern auftretend; hauptsächlich in den kristallinischen Schiefergebirgen.

Serpentin findet sich bei Zöblitz in Sachsen, im Fichtelgebirge, im Tauerngebirge, in den Alpen, in den Pyrenäen etc. Besonders schöne Serpentine liefern Miask im Ural, Susa in Piemont, Prato bei Florenz, Corsica.

Da der Serpentin schön von Farbe, polierfähig und leicht zu bearbeiten ist, so wird er auch vielfach auf Säulen, Vasen, Schrifttafeln, Tischplatten, Wandverkleidungen und ähnliche dekorative Stücke verarbeitet. Als feuerfestes Material benutzt man ihn gerne für Kamine, Ofenplatten u. ähnl. Die Kleinkunst fertigt Leuchter, Wärmflaschen und Schalen aus Serpentin. Bekannte technische Erzeugnisse aus diesem Material sind Reibschenale und Mörser.

Die Kunstsprache kennt von Serpentinen:

- Verde di Susa, grün mit weißen Adern;
- Verde di Prato, grün mit schwarzen und roten Flecken;
- Nero di Prato, schwarzgrün mit weißen und roten Adern.

7. Der **Porphy**, Gestein mit dichter oder feinkörnig-kristallinischer Grundmasse, in welche Feldspatkristalle, Quarz, Glimmer, Hornblende etc. eingebettet sind. Die Grundmasse besteht bei den eigentlichen Porphyren aus Felsit (Orthoklas und Quarz), bei den als Porphyrit bezeichneten Gesteinen aus Oligoklas mit Hornblende oder mit Glimmer. Sie ist von Farbe rotbraun oder grau, seltener grünlich, bläulich oder gelblich. Sie ist bald hart, splitterig und glänzend, bald körnig oder matt, bald weich und erdig. Die eingebetteten Teile sind beim eigentlichen Porphy der Hauptsache nach Orthoklas und Quarz; beim Porphyrit aber Oligoklas, Hornblende oder Glimmer mit den entsprechenden Farben.

Unterarten und verwandte Gesteine:

- a) Quarzporphy, Orthoklas und Quarz in Felsit.
- b) Orthoklasporphy, Orthoklas in Felsit.
- c) Felsitfels, Felsit ohne Einschlüsse.
- d) Glimmerporphy oder Minette, quarzfrei, der Quarz durch Glimmer ersetzt.
- e) Porphyrit. Grundmasse: Oligoklas mit Glimmer oder mit Hornblende. Je nach den vorherrschenden Einsprenglingen wieder unterschieden in
 α) Quarz-, β) Oligoklas-, γ) Hornblende- oder δ) Glimmerporphyrit.

Technische Eigenschaften:

Sehr verschieden. Muschelig-splitterig brechend, am Stahl Funken gebend, ist das Material fest und dauerhaft, schwer zu bearbeiten und schöne Politur annehmend. Mit körnig-unebenem Bruch ist es ebenfalls fest und dauerhaft, politurfähig, etwas leichter zu bearbeiten. Mit mattem Bruch, keine Funken gebend, mit dem Messer ritzbar, angehaucht nach Thon riechend, ist das Material als Bau- und Haustein minderwertig oder wertlos. Spez. Gewicht gleich 2,4 bis 2,8.

Vorkommen und Verwendung:

Das Vorkommen in der Form von Gängen, Decken oder Strömen bewegt sich zwischen den Schichten der Kreide und der Grauwacke, besonders in der Kohle und im Rotliegenden. Ausserordentlich verbreitet; zu Tage tretend steile, trümmerumwallte Kegel und Spitzen oder schmale, schneidige Berggrücken bildend.

Porphyre und Porphyrite finden sich u. a. in den Vogesen, im Schwarzwald, im Odenwald, im rheinischen Schiefergebirge, am Donnersberg, im Thüringer Wald, am Rochlitzer Berg an der Zwickauer Mulde, im Erzgebirge, im Riesengebirge, im Ural, im Altai, in Schweden, Norwegen und Egypten.

Quarzporphyr: Schwarzwald, Odenwald, Donnersberg, Thüringen, Sachsen.

Orthoklasporphyr: Elfdalen in Norwegen.

Felsitfels: Schwarzwald und Sachsen.

Minette: bei Prag, Schwarzwald, Vogesen, Wallis.

Quarzporphyrit: Schwarzwald, Vogesen etc.

Oligoklasporphyrit: Harz, Böhmen.

Hornblende porphyrit: Kreuznach, Egypten.

Glimmerporphyrit: Sachsen, Tirol.

Die festen und dauerhaften Porphyrgesteine sind ein gutes Baumaterial und die durch eine schöne Farbe und ihre Politurfähigkeit besonders wertvollen Arten sind von jeher auf Säulen und andere Architekturelemente, auf Tischplatten, Vasen etc. verarbeitet worden. Der Porfido rosso antico stammt vom Berge Dukhan in Egypten. Der Name Porphyrr ist ursprünglich gleichbedeutend mit Purpur.

Bekanntere Kunstwerke aus Porphyrr:

Die Säulen in der Taufkapelle des Lateran in Rom;

kolossale Statuenreste vom Triumphbogen des Konstantin, im Lateranischen Museum in Rom; antike Badewanne aus den Thermen des Agrippa in der Capelle Corsini im Lateran zu Rom; grosse Prachtsarkophage (S. Constanza und S. Helena), eine grosse Prachtschale aus den Thermen des Diokletian u. a. m. im Museo Pio-Clementino des Vatikan.

8. Der **Trachyt**, ein kristallinisches Gemenge von glasigem Feldspat, Hornblende und Glimmer, meist von porphyrischer Struktur. Die Grundmasse besteht im allgemeinen aus Sanidin (glasiger Feldspat), aus Oligoklas und Hornblendenadeln. Sie ist bald glasig, bald feinkörnig-dicht, bald erdig-matt; auch gelegentlich rauh, zellig und porös. Die Farbe ist hell- oder dunkelgrau, rötlich oder bräunlich. In der Grundmasse liegen porphyrisch ausgeschieden Sanidin- und Oligoklastkristalle, schwarze Hornblendesäulchen und dunkle Glimmerblättchen.

Unterarten:

a) Quarztrachyt oder Liperit, Quarz in der Grundmasse führend.

b) Domit (von Puy de Dôme, Auvergne), mit matter, feinkörniger Grundmasse.

c) Sanidinit, quarzfrei, fast nur aus Sanidin bestehend.

Technische Eigenschaften:

Die feinkörnigen und glasigen Trachyte sind fest und wetterbeständig, wenn sie wenig Oligoklastkristalle führen. Die Domite mit erdigem, mattem Bruch sind wenig fest und dauerhaft. Härte = 6. Spez. Gewicht = 2,2 bis 2,6.

Vorkommen und Verwendung:

Die Trachyte sind Eruptivgesteine, Lavabildungen aus der Zeit vom Tertiär bis heute. Dementsprechend bilden sie in der Nähe thätiger oder erloschener Vulkane Kuppen und Dome, Ströme und Decken oder Gänge in anderen Gesteinen. Trachyte finden sich u. a. im Westerwald,

im Rhön-, Eifel- und Siebengebirge, in den südlichen Alpen, in den Karpathen, in der Auvergne, bei Neapel, auf Island.

Dauerhafte Trachyte werden verarbeitet auf Quader, Sockel, Treppenstufen und Hausteine aller Art.

Aus Trachyt vom Siebengebirge ist z. B. der Dom zu Köln erbaut.

9. Der **Basalt**, ein kristallinisches Gemenge von Feldspat, Augit und Magnetiteisenstein nebst zufälligen Bestandteilen. Der Feldspat als weisser oder grauer Plagioklas, als weisser, durchscheinender Nephelin oder als grau-, gelb- oder röthlich-weisser Leucit. Der Augit in schwarzen Säulchen. Das Magnetiteisen als schwarzes Pulver.

Unterarten:

- a) Dolerit (α) Plagioklas-, β) Nephelin- und γ) Leucit-Dolerit), von grobem bis mittlerem Korn.
- b) Anamesit, feinkörnig; nur als Plagioklas-Anamesit.
- c) eigentlicher Basalt, Magmabasalt, mikroskopisch feinkörnig, für das freie Auge dicht; dunkelfarbig, von flachmuscheligem Bruch; die kristallinischen Teile durch glasige Masse verbunden.

Technische Eigenschaften:

Festigkeit und Tragfähigkeit im allgemeinen sehr gross; mit Mörtel als Baustein gut bindend; schwer zu bearbeiten. Magnetisch; in Säuren meistens aufbrausend; die Wärme gut leitend; Wasser aufsaugend; bei grosser Hitze rissig werdend und schmelzbar. Durch Abnutzung glatt werdend; die beginnende Verwitterung durch Verfärbung und Erdigwerden anzeigen. Härte = 6 bis 8. Spez. Gewicht = 2,8 bis 3,3, niedrig bei Dolerit und Anamesit, hoch bei den Magmabasalten.

Vorkommen und Verwendung:

Vulkanisches Produkt der Tertiär-, Diluvial- und Alluvialzeit. Weit verbreitet; Kuppen, Decken, Ströme und Gänge in anderen Gesteinen bildend; sich pfilerförmig (meist sechs-, aber auch mehr- und wenigerseitig), seltener plattenförmig und kugelig-schalig absondernd.

Plagioklasdolerit: am Meissner in Hessen, im Siebengebirge, auf Island, in Schottland, am Aetna etc.

Nephelindolerit: im Odenwald, in Hessen, am Löbauer Berg in der Lausitz etc.

Leucitdolerit: am Vesuv, im Albanergebirge.

Anamesit: bei Hanau, bei Kassel, am untern Main, in Schlesien.

Plagioklasbasalt: am Aetna, in der Auvergne.

Nephelinbasalt: am Laacher See, in der Lausitz.

Leucitbasalt: im Eifel- und Rhöngebirge, im Albanergebirge, am Vesuv.

Pfeilerbasalt: Weiden in der Oberpfalz, in der Wetterau, in Böhmen, in der Fingalshöhle.

Tafelbasalt: bei Oberkassel.

Kugelbasalt: Bertrich an der Mosel.

Abgesehen von der Verwendung zu Pflasterungen und im Tiefbau werden Dolerit und Basalt, wo sie vorkommen, auch als Bau-, Hau- und Bildhauersteine benutzt unter Berücksichtigung der oben angeführten Eigenschaften. Große Blöcke dieser Gesteine sind der eigentümlichen Absonderung wegen schwer erhältlich.

Schon die Alten haben den Basalt auf Kunstwerke verarbeitet. Beispiele sind:

Die Statue des egyptischen Siegelbewahrers aus schwarzem Basalt im Museum zu Neapel; Mumienärsche aus schwarzem Basalt und 2 Löwen aus grünem Basalt im egyptischen Museum des Vatican in Rom;

Hirsch von Basalt aus den Gräbern Cäsars im Lateran daselbst.

B. Kristallinische kieselsaure Schiefergesteine.

10. Der **Gneis**, ein kristallinisch-körniges Gemenge derselben Bestandteile wie beim Granit, von diesem unterschieden durch die flaserige oder schieferige Anordnung.

Unterarten:

- a) Normalgneis, mit gleichmässig verteilten, parallel gelagerten Glimmerblättchen.
- b) Flasergneis, mit wellig gebogenen Glimmerlamellen, die das übrige Gemenge in linsenförmige Teile zerlegen.
- c) Schiefergneis, mit parallelen, zusammenhängenden Glimmerlamellen, eine ebene Spaltung zulassend.
- d) Faser- oder Stangengneis, mit gestreckter Lagerung in allen Teilen.
- e) Hornblendegneis, mit Hornblende statt Glimmer.
- f) Talkgneis, Protogyngneis mit hellgrünen Talk- neben dunklen Glimmerblättchen.

Technische Eigenschaften:

Abgesehen von der Lagerung wie beim Granit. Spez. Gewicht = 2,4 bis 2,5.

Vorkommen und Verwendung:

Von sehr grosser Verbreitung und kolossaler Mächtigkeit. In horizontalen Schichten, in flachgeneigten Lagen und in steiler Aufrichtung; daher sowohl welliges Flachland, wie felsige Thäler, Mauern, Hörner und Nadeln bildend.

Gneis findet sich in nahezu allen Gebirgen des mittlern Deutschlands und im Südwesten. Grosses Gneisgebiete sind die Grenzgebirge Böhmens, die Centralalpen, die Pyrenäen, die Gebirge Skandinaviens, Schottlands, von Nord- und Südamerika.

Der Gneis wird in ähnlichem Sinne verwertet wie der Granit, der Lagerung halber ist er leichter zu spalten und daher besser zu Schwellen, Bänken, Trittstufen und Platten geeignet als jener. Quarzreiche Arten sind dauerhafter als feldspat- und glimmerreiche.

11. Der **Granulit** oder **Weissstein**, ein mittel- bis feinkörniges Gemenge von Feldspat, Quarz und eingestreuten roten Granaten. Der Feldspat als weisser, gelblicher oder rötlicher Orthoklas. Der Quarz in parallel gelagerten, platten Körnern oder dünnen Schichten. Statt und neben dem Granat auch blauer Cyanit, gelbe Turmalinnadeln, Hornblende und Glimmer.

Unterarten und verwandte Gesteine:

- a) Glimmergranulit, mit Glimmer neben oder statt dem Granat.
- b) Diallaggranulit, Diallag, Feldspat, Quarz, Granat etc.

Technische Eigenschaften:

Weniger fest und dauerhaft als Granit und Gneis, leicht verwitternd; gut und ebenflächig spaltend, gut zu polieren. Die Normal- und Glimmergranulite sind meist weiss oder grau von Farbe. Der Diallaggranulit ist dunkelgrau oder schwarzgrün. Spez. Gewicht im Mittel = 2,6.

Vorkommen und Verwendung:

Glied der Gneisformation mit geringer Verbreitung. Im Erzgebirge zwischen Döbeln und Hohenstein; bei Budweis in Böhmen; bei Namiest in Mähren; bei Melk, bei Krems, bei Aschaffenburg, in den Vogesen, bei Lyon etc.

Verwendung wie beim Gneis.

12. Der **Quarzit**, **Quarzfels** oder **Quarzschiefer**, einfaches, kristallinisch-körniges bis dichtes Gestein aus weisser oder grauer Quarzmasse; gewissermassen Quarzsandstein ohne Bindemittel. Mit Einschlüssen von grossen Quarz- oder Feldspatkristallen auch porphyrtartig. Mit lagenartig verteilten Glimmerblättchen, schieferig.

Technische Eigenschaften:

Ausserordentlich fest und dauerhaft und dementsprechend schwer zu bearbeiten. Härte = 6 bis 8. Spez. Gewicht = 2,5 bis 2,8. Meist weiss oder grau; mit Cyanit auch blau; mit Pistazit grün, mit Eisen gelb, rot und braun. Grobsplitterig von Bruch.

Vorkommen und Verwendung:

Hauptsächlich im Gneis, im Urschiefer und in der Grauwacke eingelagert, oft von solcher Mächtigkeit, dass die Verwitterung der umgebenden Schichten ganze Quarzitberge mit scharfen Kämmen und Zacken freilegt. Die Quarzite der unteren Formationen sind körnig-kristallinisch; diejenigen jüngerer Schichten sind mehr dicht, feuersteinartig.

Quarzit findet sich u. a. im Odenwald, im Taunus, in der Eifel, auf dem Hundsrücken, im Erzgebirge, in Westphalen, in Hannover, in Sachsen, Schlesien, Böhmen, in Schottland, in Norwegen, im Ural.

Der Quarzit ist trotz seiner Unverwüstlichkeit kein geeignetes Bau- und Hausteinkmaterial, erstens wegen der schwierigen Bearbeitung und dann, weil er mit Mörtel nicht bindet.

13. Der **Amphibolit**, **Hornblendefels** oder **Hornblendeschifer**, ein einfaches, kristallinisch-körniges Gestein aus schwarzgrünen Hornblendekristallen nebst zufälligen Bestandteilen.

Unterarten und verwandte Gesteine:

- a) Hornblendefels, mit kurzen, regellos gelagerten Kristallen.
- b) Hornblendeschifer, mit stengeliger Lagerung.
- c) Strahlsteinschiefer. Die Hornblende in der Form von Aktinolith-Nadeln. Grasgrün, lauchgrün.

Technische Eigenschaften:

Fest und dauerhaft. Härte = 5 bis 6. Spez. Gewicht = 3,0 bis 3,2.

Vorkommen und Verwendung:

Ziemlich häufig, aber von geringer Mächtigkeit; im Gneis, Glimmerschiefer und körnigen Kalk.

Hornblendefels: im Fichtelgebirge, in Sachsen, Böhmen, in den Pyrenäen.

Hornblendeschifer: im Thüringerwald, im Böhmerwald, im Erzgebirge, in den Sudeten, in den Taurern, in Skandinavien.

Strahlsteinschiefer: in Tirol, in Savoyen, in Ungarn, in Schottland. Für Stufen, Platten und Dachsteine. Mit schöner Farbe und Zeichnung auch als Dekorationsstein.

C. Kalksteine.*a) Kohlensaurer Kalk.*

Der kohlensaure Kalk ist für die Technik höchst wichtig. Bei genügender Härte und Festigkeit dient er einerseits als Bau-, Hau-, Bildhauer- und Dekorationsstein, während er anderseits zu Pflasterungen und Scbotterungen benutzt wird. Als Brennkalk wird er für die Aetzkalk- und Mörtelbereitung ausgenützt. Für die chemischen Fabriken, die Glashütten und zahlreiche Gewerbe ist er notwendig und zum Teil unentbehrlich.

Es ist nicht leicht, die verschiedenen Formen dieses vielseitigen Materials in ein richtiges System einzurichten. Da der kohlensaure Kalk als wirklicher Stein in allen Schichtungen vom Tertiär bis zum Urgneis vorkommt, so kann man die Kalksteine nach den Formationen ordnen:

- a) **Braunkohlenkalk:** Süsswasserkalk, Oeninger Kalk, Sandsteinkalk, Pariser Grobkalk, Leithakalk, egyptischer Nummulitenkalk, Kieselkalk.
- b) **Kreidekalk:** Karstkalk, Plänerkalk, Kreide.
- c) **Jurakalk:** Plattenkalk, Lithographierstein, Rogenkalk, Mergelkalk, Stinkkalk, Hierlatzer Kalk, Adnether Kalk, Liaskalk.

- d) Alpenkalk: Hallstätter Kalk, Wettersteinkalk, Dachsteinkalk.
- e) Muschelkalk: Hauptmuschelkalk, Schaumkalk, Wellenkalk, Virgiliakalk, Guttensteiner Kalk.
- f) Zechstein.
- g) Kohlenkalk, Bergkalk.
- h) Grauwackenkalk, Uebergangskalk: Marmor, Dolomit.
- i) Urkalk: Körnig-kristallinischer Kalk, echter Marmor.

Nach den Bestandteilen und Beimengungen kann man unterscheiden:

- a) reiner kohlensaurer Kalk: Kalkspat, weisser Marmor, Kreide.
- b) durch Oxyde von Mangan und Eisen gefärbt: grauer, gelber, roter, brauner, schwarzer, bunter Kalk und Marmor.
- c) mit Thongehalt: Mergelkalk, Mergelschiefer.
- d) mit Thon und Bitumen: Zechstein, Liaskalk, Stinkkalk.
- e) mit feinem Quarz: Grobkalk, Sandsteinkalk.
- f) mit Stücken von Quarz, Kalkspat, Augit, Granat etc.: Kieselkalk, Calciphyr, Granitmarmor.
- g) mit Glimmer und Talk. schalig spaltend: Zwiebelmarmor. Cipollino.
- h) mit kohlensaurer Magnesia: Dolomit.

Nach dem Gefüge, nach der Struktur kann man unterscheiden:

- a) kristallinisch, faserig, stengelig: Kalkspat, Faserkalk, Atlasstein.
- b) körnig-kristallinisch: echter Marmor, Urkalk.
- c) dicht, unsichtbar-kristallinisch: Grauwackenkalk, bunter Marmor, Zechstein, Liaskalk, Lithographiersteine etc.
- d) erdig: Kreide.
- e) porös: Schaumkalk, Leithakalk.
- f) oolithisch: Rogenkalk.
- g) blätterig-schalig: Wellenkalk, Plattenkalk.
- h) breccienartig: polyedrisch mit Adern durchsetzter Marmor.

Nach den tierischen Versteinerungen des Kalks unterscheidet man ferner:

Nummulitenkalk, Terebrat-, Enkriniten-, Gryphiten-, Arkuanen, Ammoniten-, Krinoideen-, Foraminiferen-, Hippuriten-, Korallenkalk u. s. w.

Die Technik richtet sich wenig nach diesen Einteilungen; sie unterscheidet nach den praktischen Eigenschaften und nach der äusserlichen Erscheinung. Die politurfähigen Kalksteine mit schöner Farbe und Zeichnung benennt man im gewöhnlichen Leben als Marmor im Gegensatz zu dem gemeinen Kalkstein.

14. Der **weisse Marmor**, der **Statuenmarmor**. Kristallinisch-körnig, von zuckerartiger Struktur; rein weiss oder ins Gelbliche oder Bläuliche spielend, auch mit vereinzelten dunklen Aderungen; auf dem Bruche glänzend, an den Kanten durchscheinend. Härte = 3; spez. Gewicht = 2,7. Mit Meissel, Bohrer und Raspel unschwer zu bearbeiten; mit ungezahnten Sägeblättern unter Zuhilfenahme von Quarzsand und Wasser in Blöcke und Platten zu schneiden, Von grosser Politurfähigkeit. In starken Säuren unter Entwicklung von Kohlensäure sich auflösend. Mit wässerigen und weingeistigen Farblösungen bis zu geringer Tiefe färbar. Der häufigste Fehler des Materials besteht in den sog. Stichen, d. s. Stellen inmitten der Masse, an welchen diese unverbunden aufeinander liegt.

Vorkommen und Verwendung:

Die Hauptbezugsquelle ist die italienische Provinz Massa e Carrara. Die Brüche liegen zu Hunderten in verschiedener Höhe an der Westseite des Apennin und sind seit 2000 Jahren bekannt und benutzt (Lapidicinae Lunenses der alten Römer). Das Brechen, Bearbeiten und

Transportieren beschäftigt gegen 4000 Arbeiter. Die Ausfuhr beträgt jährlich ca. 150 000 Tonnen; davon geht der kleinere Teil mit der Eisenbahn, der grössere mit Schiffen von Avenza aus. Künstler von auswärts punktieren in Carrara nicht selten ihre Werke, um etwaige Fehler des Materials an Ort und Stelle zu entdecken.

Der carrarische Marmor ist verschieden; neben dem reinen und feinen Material findet sich auch unreines und minderwertiges. Darnach schwanken die Preise zwischen 100 und 2000 Frs. pro Kubikmeter. Grössere Blöcke sind unverhältnismässig teurer als kleine, weil sie sich seltener finden. Man unterscheidet nach der Qualität: Statuario, Bianco chiaro und Ordinario (Statuaire Blanc P., Blanc clair und Ordinaire). Der erstere ist rein weiss oder gelblich-weiss und wird für hervorragende Bildwerke benützt; der andere und der dritte sind weniger und mehr bläulich und dienen für die gewöhnlichen und für die untergeordneten Arbeiten. Das feinste Material, Saccharides genannt, wird am Monte altissimo bei Serravezza gewonnen, von wo schon Michelangelo seine Blöcke bezog.

Da die Qualität der Ausbeute vom Zufall abhängt, so erfolgen die Angebote der Ware im allgemeinen nach Lage des Falls und nicht nach bestimmten Normen. Nur die grossen Zwischengeschäfte sind in der Lage, jeweils nach Wunsch bedienen zu können. Wir erwähnen in diesem Sinne:

A. Hoffmann e Figlio in Livorno;

Société anonyme de Merbes-le-Château, Düsseldorf-Oberbilk (besonders für Blanc P. I. Carrara);

E. Friedrich Meyer, Freiburg i. Br.

Die letzgenannte Firma bietet an:

Statuario Ia	Preis verschieden nach der Grösse der Blöcke.
" IIa in kleineren Blöcken	Mk. 480,— pro cbm
" in Platten für Blumenkreuze	" 600,— "
" zu Schriftplatten, 20 mm stark	" 18,— " □ m
Bianco chiaro in Blöcken	Mk. 280,— bis 320,— pro cbm
" " in Platten, 3 bis 16 cm stark	Mk. 480,— "
" " " über 16 cm "	" 420,— "
" " Schriftplatten, 20 mm stark	" 10,— " □ m
" " " 15 "	" 9,— "
" " " 10 "	" 8,— "

Vorzüglicher Statuenmarmor wird auch in Griechenland gewonnen, am Pentelikon bei Athen und auf den Inseln Paros, Tinos etc.; er kommt aber nicht bis zu uns in den Handel.

Die Hauptverwendung des Statuenmarmors ist schon mit dem Namen ausgesprochen. Ausser Gruppen, Figuren, Büsten und Medaillons werden aber auch Grabkreuze und Schrifttafeln in diesem Material hergestellt. Für Tischplatten, Täfelungen, Postamente und Treppenstufen werden gewöhnlich nur solche Sorten benützt, deren Farbe schon nicht mehr ganz weiss ist oder die wegen ausgesprochener Aderung nicht als Statuenmarmor dienen können. Weisse Marmorarten der letzteren Sorte finden sich auch vereinzelt in den Alpen: bei Tegernsee, bei Salzburg, in Tirol.

Der weisse Marmor hat in der antiken Kunst die weitgehendste Verwendung gefunden. Griechische und römische Bildhauer haben ihre Werke mit Vorliebe in diesem Material geschaffen. Neben dem figürlichen Teil bewahren die Museen auch Altäre, Grabstelen, Kandelaber, Prunkgefässe, Tischfüsse und Ornamente mannigfachster Art. Griechische Tempel, wie z. B. der Parthenon, sind aber auch im ganzen in weissem Marmor aufgeführt. Neben dem pentelischen und parischen Marmor fanden noch viele andere Arten Verwendung, deren Brüche zur Zeit nicht mehr bekannt sind und deren Ausbeute zum Teil auch Rom versorgen musste. Für Rom lag allerdings Carrara näher und die Ruinen des Forums weisen an vielen Stellen Architekturen aus

carrarischem Marmor auf. Noch stehen dort 15 bis 18 m hohe, aus einzelnen Trommeln gebildete Säulen mit den entsprechenden Gebälkresten (Phokassäule, 3 Säulen am Tempel des Mars Ultor, 3 weitere am Tempel des Vespasian u. s. w.).

Aber auch die Renaissance hat in Italien den weissen Marmor vielfach angewandt, an Fassaden, für Brunnen und Denkmäler; im Innern für Altäre, Kanzeln, Weihwasserbecken und Epitaphien. Die neueste Zeit benützt ihn dort in ausgiebiger Weise zur Zierde der Camposantoanlagen. Das Klima ist diesem edlen Material im Süden eben günstiger als bei uns, wo es ohne besonderen Schutz im Freien seine Schönheit nicht lange behält.

Einer der grössten Marmorblöcke aus Carrara, welche in neuerer Zeit verarbeitet worden sind, dürfte wohl derjenige für das Dantedenkmal in Florenz sein. Sein Gewicht soll 80000 kg betragen haben.

15. Der **Architekturmarmor**. Zu ihm zählen die politurfähigen farbigen und bunten, gewölkten, geaderten, gebänderten und gesprenkelten Kalksteine, gleichgültig ob sie kristallinisch-körnig oder dicht sind. Hierher zählen auch die Marmorarten mit breccienartigem Aussehen und die wirklichen Marmorbreccien sowie die polierfähigen Muschelkalke von hübscher Farbe und Zeichnung. Schliesslich gehört auch der weisse Marmor hierher, soweit er sich weniger für Statuen und Bildwerke als für Architekturteile und Ornamente eignet.

Dass die technischen Eigenschaften dementsprechend verschieden sind, versteht sich von selbst. Bei gewissen Marmorarten wechseln sie in den einzelnen Bestandteilen des Gesteins. Die Härte schwankt zwischen 3 und 7, das spez. Gewicht zwischen 2,4 und 2,8.

Von den zahlreichen Arten führen wir die bekanntesten auf, indem wir sie nach der Farbe abteilen:

Hellfarbig bis weiss:

Untersberger Marmor aus den Salzburger Alpen; rötlich mit roten Punkten.

Tegernsee-Marmor aus den baierischen Alpen; weiss mit rötlicher Streifung.

Laaser Marmor aus dem Vintschgau; grobkristallinisch, weniger durchscheinend als Carrara-Marmor, aber wetterfester.

Sterzinger Marmor aus den Oetzthaler Alpen; weiss, kristallinisch, hart, fest und beständig. Cipollino, Zwiebelmarmor, aus Savoyen, Piemont etc.; weiss mit grünen Streifen und Ringen.

Grau:

Neubeuern-Marmor aus dem Innthal; hellgrau.

Florentiner Marmor, gelbgrau, rötlichgrau mit wenig Zeichnung.

Blankenburger Marmor aus dem Harz, aschgrau mit roten Flecken.

Bleu-turquin, graublau, wenig gestreift.

Joinville-Marmor aus der Champagne; rotgrau, violett geadert.

Bardiglio aus der Gegend von Carrara; grau mit schwarzen Adern.

Brèche-noire aus den Alpen; aschgrau und schwarz mit grossem Muster.

Waulsort-Marmor aus der Gegend von Namur in Belgien; ziemlich klein gemusterte Breccie in verschiedenen Farben, von grauem Gesamteindruck. Aehnliche Arten sind Grammont und Medoux.

Granit-belge, dunkelgrauer bis schwarzer Marmor mit hell sich abhebenden Versteinungen von Crinoiden.

St. Annen-Marmor von der belgisch-französischen Grenze bei Maubeuge; schwarz mit grauen Flecken und weisslichen Adern.

Schwarz:

Portor aus der Gegend von Spezia, aus St. Maximin in der Provence, von Aubert und Sauveterre in den Pyrenäen u. s. w.; glänzend schwarz mit goldgelben Adern.

Noir fin, völlig schwarz.

Bleu-belge, schwarz oder dunkelgrau mit weissen Adern.

Barbazan-Marmor aus den Pyrenäen, mit weissen Adern.

Adneter Marmor, bei Salzburg, mit weissen Adern.

Kirchdorfer Marmor aus den Kitzbühler Alpen.

Gelb und rotgelb:

Serancolin aus den Pyrenäen; gelb und grau mit roten Adern.

Jaune Lamartine, strohgellb mit roten Linien.

St. Baume aus der Provence, gelb und rot.

Torri-Marmor vom Gardasee, gelb und rosenrot.

Siena-Marmor aus verschiedenen Gegenden Italiens, gelb mit roten, grauen und blauen Adern.

Jaune du Var, aus den Seealpen, gelb und weiss mit rotbraun.

Pavonazzo-Rose und Pavonazzo de Numédie, gelb mit dunklen Streifen.

Brocatelle jaune, gelb und rosa mit weissen Kristallen.

Ruinenmarmor aus Italien, Klosterneuburg etc., mit braunen, trümmerartigen Zeichnungen.

Rot und braunrot:

St. Remy von der Rhonemündung; rot und grau mit weissen Adern.

Rouge royal aus Belgien; grau und rot.

Griotte d'Italie aus der Gegend von Narbonne am Meerbusen von Lyon, lebhaft rot mit braunen Adern, mit weissen Flecken etc.

Roquebrune von Béziers im Languedoc; rot und weiss.

Marmo mandolado aus der Gegend von Verona; rot mit hellen Flecken.

Campan rouge, dunkelrot, graugrün und weiss gestreift.

Jauer-Marmor aus Schlesien.

Nassauer Marmor.

Adneter Roter Tropf- und roter Scheck-Marmor. Salzburg.

Grün:

Vert de mer aus der Gegend von Carrara, hell- und dunkelgrün mit weissen, gezackten Adern.

Vert de Campan von Tarbes, Gascogne; meergrün und rot mit grauen und braunen Adern.
Aehnlich ist Vert Guchen.

Vert des Alpes aus den Meeralpen.

Brocatello di Spagna, grün mit gelben Körnern.

Stopnik-Tolmein aus der Gegend von Görz; Breccie mit weissen, schwarzen und roten Kalktrümmern in grüner Masse.

Opalisierend:

Perlmuttermarmor von Bleiberg in Kärnten.

Vorkommen und Verwendung:

Der bunte Marmor ist weit verbreitet und viel häufiger als der weisse. Immerhin sind die hervorragend schönen Arten aber eine seltene und gesuchte Ware und viele sind in der Form grosser Werkstücke überhaupt nicht zu haben. Marmorarten, deren Brüche erschöpft oder verloren sind, bezeichnet man als „antik“ im Gegensatze zu den modernen, die heute noch gebrochen werden. Modernen Arten, welche antiken Arten ähnlich sind, wird häufig die Benennung der letzteren beigelegt und ähnlich verhält es sich in Bezug auf die modernen Arten unter sich. Es ist nicht unbedingt nötig, dass z. B. ein Sienamarmor wirklich aus Italien kommt.

Die schönsten bunten Marmorarten finden sich in Italien, in Frankreich, Portugal und Belgien. Aber auch Deutschland und Oesterreich haben an vielen Stellen hübsche Arten aufzuweisen. Bekanntere Marmorplätze dieser Art sind:

Recklingshausen in Westphalen; Diez in Nassau; Blankenburg im Harz; Dörschnitz im Thüringerwald; Wunsiedel im Fichtelgebirge; Brieg, Greifenberg, Habelschwerdt, Jauer, Kauffung, Gross-Kunzendorf in Schlesien; Altdorf, Eichstätt, Kelheim, Pappenheim, Neubeuern, Schwangau, Tegernsee in Baiern; Laas, Schlanders, Sterzing, Hall in Tirol; Ischl, Aussee, Hallstatt im Salzkammergut; Köflach in Steiermark; Gottschee in Krain; Nabresina, Tolmein, Pola, Rovigno in Istrien; Cattaro in Dalmatien u. s. w.

Der Architekturmarmor findet mannigfache Verwendung. Unpoliert wird er in den billigen und festen Sorten als Bau- und Haustein benutzt. Die hellfarbigen Arten dienen als Bildhauerstein an Stelle des carrarischen Marmors. Die schönen, hohe Politur annehmenden Arten dienen als Dekorationsstein für Fussbodenbelege, Wandtafeln, Kamine, Tischplatten, Schrifttafeln, Grabmonumente etc. Als Platten sind die meisten Arten in genügender Grösse zu haben, während für Säulen, Postamente und ähnliche grosse Architekturstücke nur bestimmte Arten dienen können und sich geeignet erweisen, wie der Roquebrune, der Serancolin und Barbazan.

Die alten Römer haben auch den farbigen Marmor gelegentlich für Gruppen und Figuren im ganzen oder zum Teil benutzt, so dass für Fleisch und Gewandung verschiedenes Material verwendet wurde. Im ersten Sinn sei an die beiden Kentauren aus Bigio morato im Kapitolinischen Museum in Rom erinnert, im letzteren an den Barbar-Atlanten im Museum zu Neapel (Kopf und Hände von Basalt; das übrige aus Pavonazetto). Dass die Verwendung farbigen Marmors in der Architektur beliebt war, zeigen zahlreiche Ueberbleibsel (14 Säulen aus Giallo antico, 8 Säulen aus Pavonazetto im Pantheon, 6 Cipollinosäulen am Tempel des Antonin und der Faustina in Rom und 16 ebensolche im Museum zu Neapel etc.).

Dass auch die italienische Renaissance das farbige Material auszunützen verstand, zeigen die Marmorverkleidungen in der Capella de Principi, deren Erstellungskosten auf 20 Millionen Fres. angegeben werden.

Von neueren Bauwerken hat insbesonders das Treppenhaus der neuen Oper in Paris eine reiche Marmorausstattung erfahren, ebenso einzelne Räume im neuen Louvre und im Palast des gesetzgebenden Körpers daselbst. In Tiroler Marmor sind u. a. erbaut die Glyptothek, die Propylaen in München, die Walhalla bei Regensburg. In Laas besteht seit 1879 eine Fachschule für Marmorarbeiter und aus der dortigen Werkstatt sind u. a. hervorgegangen die Hochaltäre der Votivkirche in Wien und der Stephanskirche in Bremen, die Gruppe des Grafen Eberhard im Barte im Stuttgarter Schlossgarten (5,5 m lang, 3,8 m breit und hoch).

An Bezugsquellen für bunten Marmor und fertige Arbeiten aus demselben seien genannt: Aktiengesellschaft für Marmorindustrie Kiefer, Kiefersfelden an der Brennerbahn.

M. L. Schleicher, Marmor- und Granitindustrie. Berlin W.

Zwisl & Baumeister, München.

Melchior Porzelt, Stuttgart, Militärstr.

Rupp & Möller, Karlsruhe.

Gebrüder Pfister in München, Fraunhoferstr.

Marmorwarenfabrik, Strafanstalt Diez a. d. Lahn.

Dyckerhoff & Neumann, Wetzlar.

Saalburger Marmorwerk Rödel & Cie., Reuss.

Nassauisches Marmorwerk Villmar a. d. Lahn.

Leon Boucneau, Brüssel, Rue verte 154.

Bienaimé frères, Rance, Belgien.

16. Der **gemeine Kalkstein**; meist dicht und gelagert, seltener kristallinisch; sehr verschieden in Bezug auf Härte und Festigkeit sowie auf Farbe; von einem spezifischen Gewicht von 1,7 bis 2,6. Hierher zählen die nicht polierfähigen Kalksteine und solche, die zu polieren sich nicht

lohnt. Als Hau- und Bildhauersteine kommen hauptsächlich in Betracht die sandsteinartigen Grobkalke des Wiener und Pariser Beckens, der Karstkalk, die Oolithe oder Rogenkalke, verschiedene Alpenkalke und Muschelkalke.

Vorkommen und Verwendung:

Der gemeine Kalk ist ausserordentlich verbreitet, aber bei weitem nicht überall kommen ihm die Eigenschaften zu, die man von einem guten Baustein verlangt. Ausserdem haben alle Kalksteine das Missliche, dass sie nicht feuerfest sind. Wo gute Sandsteine zu haben sind, greift man im allgemeinen nicht zu Kalksteinen. Im andern Fall sind sie, wie in Wien und Paris, ein willkommener Ersatz für jene, besonders wenn sie leicht zu bearbeiten sind und wenn sie, wie es meist der Fall ist, später härter und fester werden. Wir nennen einige der zahlreichen Arten, die im Sinne des Steinhauerbuches Verwendung finden.

Kelheimer Stein, ein Jurakalk aus der Gegend von Regensburg, in München viel verwendet; auch für Figuren und Gruppen, so z. B. für den grossen Löwen im Hafen zu Lindau.

Karstkalk, istrischer Kalk aus der Gegend von Nabresina, Sta. Croce und Grisignana; in Triest, Venedig, Wien, im Orient verwendet.

Virgloriakalk aus Vorarlberg, dem nördlichen Tirol und Salzkammergut; hauptsächlich in Platten für Grabsteine etc.

Oolith von Arco in Südtirol.

Savonnières, ebenfalls ein Rogenkalk, aus Französisch-Lothringen (Savonnières en Perthois, Dep. Meuse); viel verwendet, auch in Deutschland, für Figuren, Ornamente etc.

Schaumkalk aus dem Harz und in Westphalen; u. a. an den Domänen zu Halberstadt und Naumburg verwendet.

Leithakalk von der österreichisch-ungarischen Grenze, Wöllersdorfer Stein, blauer Kaiserstein von Sommerein bei Bruck an der Leitha, weißer Kaiserstein vom Neusiedler See, Oszloper, Mannersdorfer, Hundsheimer, Lindabronner, St. Margarethener, Eggenburger, Zogelsdorfer Stein; alle in Wien verwendet. Für Wien kommen ferner in Betracht:

Steirischer Kalk aus Kroisbach und aus Aflenz (Universität und Hofmuseen).

Kroatischer Kalk aus Mokrice und aus Vinica.

Paris hat unterirdische Kalksteinbrüche im Süden der Stadt und von Bau- und Haustenen der Umgegend sind zu nennen:

Banc royal de Conflans-Ste. Honorine et de St. Vaast.

Lamourde de Gentilly.

Cliquart de Nanterre u. a. m.

Die dichten gleichmässigen Kalksteine lassen sich in hübscher Weise mit Essigsäure tiefätzen und auf diese Art werden reich ornamentierte Tischplatten und Schrifttafeln hergestellt. Für das Aetzverfahren eignen sich besonders: der Solnhofener Stein (Steindruckstein) und der Kelheimer Stein, beide an der Altmühl in Baiern gebrochen.

Die grössten Bauwerke der Erde, die in Kalkstein erbaut sind, dürften die Pyramiden von Gizeh sein. (Nummulitenkalk.)

Für den Bezug von Savonnières-Stein können wir folgende Adressen angeben:

Brasseur, Bar-le-Duc, Dep. Meuse, Frankreich.

E. Friedrich Meyer, Freiburg i. Br.

Die letztgenannte Firma liefert ausser Savonnières auch andere französische Rogenkalke, wie Courson und Larrys, sowie den polierfähigen Korallenkalk Echaillon. Wir entnehmen dem betreffenden Preisverzeichnis im Auszug folgende Angaben:

Savonnières ist bis zur Grösse von 6 cbm zu haben und zu jeder Zeit, da die unterirdischen Brüche auch im Winter betrieben werden. Die Qualitäten fein und extrafein sind für Bildhauerarbeiten; die Qualität halbfein ist für Ornamente und gewöhnliche Fassadensteine. Der Stein ist frostbeständig und wetterfest; die mittlere Druckfestigkeit ist = 183 kg, das spez. Gewicht = 1,9. Savonnières lässt sich mit der Zahnsäge unschwer schneiden; die Sägefächlen werden nicht scharriert, sondern mit der sog. Kratze behandelt (ein Holz mit einigen quen eingelassenen Sägeblattstücken) und mit dem Schleifhobel (vergl. Artikel „Werkzeuge mit Zubehör“) geglättet. Die einfache Bearbeitungsweise gestaltet das Vollenden nach dem Versetzen (Ravalieren). Der Stein geht bis in die entferntesten Teile Deutschlands und Oesterreichs, nach der Schweiz, nach Kopenhagen, St. Petersburg etc. Rohbearbeitete Steine sind zollfrei. Die Lieferzeit beträgt bei gewöhnlichen Abmessungen 14 Tage.

Courson ist feiner und weisser, im übrigen ähnlich wie Savonnières. Seine Druckfestigkeit beträgt 137 kg, das spez. Gewicht 2,1. Unter anderm (mit ca. 35000 cbm) verwendet am Pariser Rathaus, am Reichsgericht in Leipzig etc.

Larrys, weisslich, feinkörnig und fest, härter als Savonnières, empfindlicher gegen Frost. In den grössten Abmessungen zu haben. Druckfestigkeit 300 bis 400 kg; spez. Gewicht 2,3 bis 2,4. Unter anderm verwendet an der Fassade der grossen Oper zu Paris (Säuleneinsteine von 8,37 m Höhe bei einem untern Durchmesser von 1,02 m).

Echaillon, fein, fest und polierfähig; weiss, gelb oder rosa; für Architekturen und für Bildhauerarbeiten an Stelle von Carrara-Marmor. Druckfestigkeit = 907 kg, spez. Gewicht = 2,5. Unter anderm verwendet zu den Treppen im Landesausschusgebäude zu Strassburg. Für die Wetterbeständigkeit des Materials sind einige Kirchen in Grenoble aus dem frühen Mittelalter Beweis.

Von anderen französischen Kalksteinen können geliefert werden: Jaumont, Euville, Reffroy, Cravant, Lérouville, Morley, Hauteville, Comblanchien; von Schweizer Kalksteinen: St. Ursanne, Agier etc. Das Verzeichnis enthält die Preise pro cbm, sowie die Frachtsätze nach den grösseren Städten.

17. Der **Dolomit** oder **Bitterkalk**, ein kristallinisch-körniges oder dichtes, auch poröses oder cavernöses Gemenge von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, deutlich geschichtet oder massig, an den Kanten durchscheinend, auf dem Bruch mit Perlmuttenglanz. Von Farbe gelbgrau, seltener weiss oder braun. Weiss und kristallinisch dem Marmor ähnlich, dicht aber dem gemeinen Kalkstein; etwas härter und schwerer als dieser; mit Säuren weniger aufbrausend. Härte im Mittel = 4; spez. Gewicht = 2,8.

Vorkommen und Verwendung:

Der Dolomit findet sich meist in Gesellschaft von gewöhnlichem Kalk in den tieferen Formationen und hat sich wahrscheinlich aus jenem gebildet. Er verwittert schwer und bildet grossartige Felspartien (Dolomitalpen) sowie Schlachten und Höhlen. Dolomit findet sich u. a. in den Tiroler Alpen, im Fassa- und Ampezzothal, in Franken, auf der schwäbischen Alp, in Thüringen, in der sächsischen Schweiz, im Harz, in Westphalen, am Semmering, am St. Gotthard.

Der weisse kristallinische Dolomit kann wie der echte Marmor für Figuren und Gruppen verwendet werden. Die übrigen Dolomite dienen als Bau- und Hausteine wie der gemeine Kalk, wenn sie die entsprechenden Eigenschaften haben. Aus Dolomit sollen erbaut sein: die Festung Ingolstadt, das Parlamentsgebäude in London etc. Die schweflige Säure des Steinkohlenrauches soll jedoch das Material angreifen.

β) Schwefelsaurer Kalk.

Er findet sich wasserfrei als Anhydrit und mit Kristallwasser als Gips. Der letztere tritt wieder in verschiedenen Formen auf: als farbloser, spaltbarer Gipsspat, blätterig als Marienglas, als Fasergips, kristallinisch als Alabaster und dicht und erdig als gemeiner Gips. Hier kommt bloss die vorletzte Form in Betracht.

18. Der **Alabaster**, feinkörnig, durchscheinend, weiss, gelb oder grau, auch geädert, gebändert und gewölkt; sehr leicht zu bearbeiten, zu sägen, zu raspeln, zu drehen. Härte = 2; spez. Gewicht = 2,7.

Der Alabaster nimmt Politur an. Erst mit dem Eisen geglättet, wird er mit Schachtelhalm behandelt, mit wollenen Lappen und Talkstaub gerieben und schliesslich mit Schlämmkreide und venetianischer Seife nass poliert.

Vorkommen und Verwendung:

In Lagern und Flözen in der Triasformation ziemlich verbreitet, findet sich Alabaster u. a. in Thüringen, bei Hohenschwangau, bei Hallein, bei Salzburg, bei Volterra in Toscana, in den Karpathen, im Ural, in Egypten.

Alabaster wird hauptsächlich auf Vasen und kleinere Ziergegenstände verarbeitet, gelegentlich aber auch auf Säulen, Ornamente, Reliefs und Figuren. Für das Freie ist der Alabaster nicht geeignet, da er vom Wasser zerstört wird.

Die alten Egypter und Assyrer haben den Alabaster vielfach verwendet; auch in Griechenland und Rom war das Material geschätzt; heute macht man sich weniger daraus. Bekannte grössere Werke aus Alabaster sind: die assyrischen Reliefs, welche in Niniveh als Wandverkleidung gedient haben, jetzt im Louvre in Paris; verschiedene Vasen und Urnen aus Volterra, jetzt im Vatikanischen Museum; der Altar, Säulenpilaster und Platten in der Berliner Schlosskapelle (das Rohmaterial ist ein Geschenk von Mehemed Ali an König Friedrich Wilhelm IV).

Als Alabaster wird wohl auch der ähnlich aussehende Kalksinter bezeichnet und verwendet.

D. Sandsteine.

Die Sandsteine sind im ganzen genommen das wichtigste Material des Steinhauers. Wo sie zu haben sind, werden selten andere Gesteine als Hau- und Bausteine benutzt. Man greift dann nur zu einem andern Material, wenn es sich um Bildhauer- und Dekorationssteine handelt oder wenn eine aussergewöhnliche Festigkeit und Haltbarkeit in Betracht kommt.

Die Sandsteine gehören zu den klastischen oder Trümmergesteinen wie die Konglomerate und Breccien. Von den letzteren beiden unterscheiden sie sich nur durch die Grösse der Trümmer. Die Grenze liegt etwa bei Erbsengrösse. Der Sand — meistens Quarzsand — ist verbunden und zusammengekittet durch das Cement oder Bindemittel. Von diesem sind die guten oder schlechten Eigenschaften der Sandsteine hauptsächlich abhängig. Wechselt es in ein und demselben Stein, so wechseln auch seine Eigenschaften. Damit steht es im Zusammenhang, dass die Sandsteinfelsen so eigenförmlich verwittern. Bandartige, tiefe Furchen erscheinen an den Felswänden. Widerstandsfähige, quaderartige Blöcke bleiben stehen neben ausgewaschenen Partieen und geben den Felskämmen ein zinnen- oder ruinenartiges Aussehen, welches die Landschaft der nördlichen Vogesen, der baierischen Pfalz, der sächsischen Schweiz und des Riesengebirges so interessant macht. Gänzlich unterwaschene Blöcke liegen schliesslich zerstreut als Findlinge umher und bilden die Felsenmeere des Sandsteins, wie z. B. das Adersbacher Labyrinth in Böhmen.

Durch Häufung des Bindemittels an einzelnen Stellen entstehen Gallen und Stiche, die das Material minderwertig machen und wo das Bindemittel zufällig fehlt, hat der Sand wenig oder gar keinen Zusammenhang. In den Lagern sind dendritische Bildungen nicht selten und ausnahmsweise kommen auch konzentrisch-schalige Anordnungen um quarzreichere, feste Kerne vor. Die Sandsteine sind stets mehr oder weniger gelagert. Massige Steine ohne ausgesprochene Lagerung heissen Kosackenfels. Anderseits kann der Gehalt an Glimmer den Sandstein schieferig und blätterig machen.

Zwischen dem Diluvium und den Urgesteinen findet der Sandstein sich in allen Schichten. Man kann deshalb nach den Formationen unterscheiden:

- a) Braunkohlensandstein: Molassesandstein; Blättersandstein (mit Pflanzenresten); Muschel-sandstein; Macigno; Haberkornstein; Nummulitensandstein.
- b) Kreidesandstein: Quadersandstein (sich quaderförmig absondernd); Elbsandstein; Karpathen-sandstein; Prager Sandstein; Grünsandstein; Teutoburger Sandstein; Deistersandstein.
- c) Jurasandstein.

- d) Keupersandstein: Rätscher Sandstein, Stuttgarter Sandstein, Stubensandstein, Schilf-sandstein (mit versteinerten Equiseten); Lettenkohlsandstein.
- e) Buntsandstein: Hauptbuntsandstein; Tigersandstein; Schwarzwald- und Vogesensandstein; Mainsandstein.
- f) Rotliegendes: Weiss-, Grau- und Rotliegendes; Kupfersandstein; häufig in Schieferthon übergehend.
- g) Kohlensandstein: Mühlensandstein; Millstone grit; Ruhrsandstein; Plötzkysandstein.
- h) Grauwackensandstein: Spiriferensandstein des Devon; Potsdam-Sandstein des Silur (Amerika); auch in Quarzit übergehend.

Nach den Bestandteilen des Sandes unterscheidet man:

- a) Quarzsandstein, nur mit Quarzsand; die Hauptform.
- b) Feldspatsandstein oder Arkosesandstein, mit Granitgrus (Quarz, Feldspat und Glimmer); in der Nähe des Granits auftretend.
- c) Glimmersandstein, mit Quarz und Glimmer; in Sandsteinschiefer übergehend.
- d) Glaukonitsandstein oder Grünsandstein, mit Quarz und Glaukonit (Grünerde) in Körnern wie Schiesspulver; hauptsächlich in der Kreideformation, auch im Tertiär.

Nach der Art des den Sand zusammenkittenden Bindemittels heisst man die Sandsteine:

- a) quarzig, kieselig oder hornsteinartig. Das Bindemittel ist spärlich und fest. Die Steine sind sehr hart und dauerhaft, feuerfest, schwer zu bearbeiten, meist weiss oder grau. In den unteren Formationen. Besonders zu Mühlsteinen, für Grundbauten, Brücken etc.
- b) kalkig oder dolomitisch. Das Bindemittel ist kristallinischer oder dichter Kalk, spärlich und fest. Die Steine sind hart, weniger dauerhaft, nicht feuerfest. Weiss, gelb oder grau von Farbe. Wie der Kalk von grosser Verbreitung. Gute Bildhauersteine.
- c) thonig oder mergelig. Das Bindemittel ist wenig fest und wetterbeständig und bildet gerne die sog. Thongallen. Die Steine sind meist weich und feinkörnig, gut zu bearbeiten, feuerfest, angehaucht nach Thon riechend. Ohne Eisengehalt weiss, grünlich oder grau von Farbe; mit Eisen gelb, rötlich, rot, auch gefleckt, geflammt, gestreift und gewölkt. Hauptbuntsandstein. In den festen Sorten vorzügliches Bau- und Hausteinmaterial.
- d) kaolinisch oder feldspatig. Das Bindemittel ist reichlich, wenig fest und wetterbeständig. Dem entsprechend ist auch der Stein. In der Nähe des Granits, im Rotliegenden, in der Kohle.
- e) eisenschüssig. Eisenoxyd oder Eisenoxyhydrat mit etwas Thon und Kalk als Bindemittel. Dieses wie der Stein ziemlich fest und dauerhaft. Dunkelgelb, rot oder braun; fast in allen Formationen.
- f) bituminös. Das Bindemittel ist Asphalt oder Bitumen mit Thon und Kalk. Stink-sandstein.

19. Der **Sandstein**, grob-, mittel- oder feinkörnig. Der Quarz in kantigen Kristallen (Kristall-sandstein) oder als kleine runde Körner und Rollstücke; im ersten Fall weniger, im andern mehr porös. Das Bindemittel kieselig, kalkig, thonig, eisenschüssig; meist zusammengesetzter Art, nach der einen oder andern Art hinneigend.

Technisch-wichtige Eigenschaften:

Härte und Festigkeit sehr verschieden. Mit eckigem Quarz und wenig kieseligem Bindemittel durchschnittlich am meisten hart, fest und dauerhaft, weniger mit thonigem Bindemittel und mit Glimmer. Härte bis zu 8; spezifisches Gewicht zwischen 1,8 und 2,8; im Mittel = 2,4.

Feuerfest sind die Steine mit kieseligem und thonigem Bindemittel, während kalkige und mergelige Steine in der Hitze zerfallen. Salzsäure zerstört die letztgenannten Cemente.

Bruchfeuchte Sandsteine erhärten an der Luft und auf Lager; sie werden fester und

dauerhafter. Kieselige und dichte Steine trocknen langsamer, als kalkige und poröse. Thonige und eisenschüssige Steine saugen in feuchter Luft Wasser an und sind deshalb vielfach auch nicht frostbeständig. Auf feuchtem Boden oder hohl gelagert werfen sie sich gerne.

Ein guter Sandstein soll nicht spröde und splitterig sein; er soll gleichmässige Struktur, Härte und Farbe haben; er soll sich im Wetter nicht mit Moos und Algen überziehen; er soll im Laufe der Zeit eine unveränderliche Kruste (Patina) annehmen. Er soll sich schliesslich unschwer bearbeiten und in den feineren Sorten auch schön schleifen lassen. Er soll frei sein von störenden Einsprenglingen, Nestern, Gallen, Stichen und verfärbten Stellen.

Vorkommen und Verwendung:

Der Sandstein hat eine grosse Verbreitung. Es mögen hier aus der Reihe der zahlreichen Fundstellen und Brüche einige namhaft gemacht sein:

Molassesandstein, das jüngste Gebilde, findet sich in Baiern, in der Schweiz, am Bodensee. Ein ausgiebiger Bruch ist der von Buchen am Rorschächer Berg, östlich von Rorschach.

Der Quadersandstein der Kreideformation wird vertreten durch die Elbsandsteine der sächsischen Schweiz, welche in Dresden, Leipzig, Magdeburg, Berlin und Hamburg verwendet werden. Brüche bei Cotta, Schandau, Pirna, Welschhufe, Seehausen etc. Ferner durch die Steine des Heuscheuergebirges zwischen der sächsischen Schweiz und den Sudeten in der Grafschaft Glatz. Brüche bei Cudowa, Adersbach, Weckelsdorf etc. Hierher gehören ferner die Quadersandsteine Niederösterreichs (Rekawinkel, Randegg etc.) und der Karpathensandstein, welche in Wien, Budapest und Umgegend verwendet werden.

Auf der Uebergangsstufe zwischen der Kreide- und Juraformation stehen die Sandsteine des Deistergebirges und des Teutoburger Waldes, der Sandstein von Obernkirchen bei Bückeburg und andere Wesersandsteine, die das Material für Hannover etc. liefern.

Feinkörnige Jurasandsteine, gelb, grau oder braun, finden sich in Thüringen, bei Coburg, am Seeberg bei Gotha, in Schwaben und Franken. Liassandstein bei Göppingen.

Keupersandsteine, meist gelblich oder grünlichgrau, auch gefleckt, sind besonders häufig in Württemberg und Baiern. Brüche bei Stuttgart, Tübingen, Heilbronn, Schwäbisch-Hall, Nürnberg, Bamberg, welche die betr. Städte versehen; u. a. in Aich, Dettenhausen, Mittelstadt, Schlaitdorf, Maulbronn, Mühlbach, Kürnbach, Gerlingen etc. Lettenkohlsandsteine bei Kornwestheim, Markgröningen und Marbach.

Für den Buntsandstein sind die Hauptgebiete die Vogesen und das Hardtgebirge; der Schwarzwald und der Odenwald; die Thäler des Mains, der Saale, der Unstrut; der Solling an der Weser; das Moselthal. Bekannte Vogesenbrüche sind Büst und Pfalzburg (grau), Lützelburg, Rappoltsweiler, Sulzbach an der Breusch (rot). Für die Pfalz sind zu nennen die Brüche von Bayerfeld, Enkenbach, Kaiserslautern, Königsbach (gelb) bei Neustadt, Annweiler (rot) etc.; für den Schwarzwald: Schopfheim i. Wiesenthal; Heimbach und Kenzingen im Breisgau (rot); Gaggenau-Rothenfels im Murgthal (weiss); Grünwettersbach bei Karlsruhe (rot); Durlach, Söllingen, Kleinsteinbach im Pfinzthal (rot), Eutingen und Gräfenhausen bei Neuenbürg im Enzthal (rot). Mainsandsteine werden gebrochen bei Burgpreppach, Weissenbach und Miltenberg in Unterfranken, bei Wertheim (rot) am Zusammenfluss von Tauber und Main. Ein bekanntes Material aus der Gegend von Merseburg sind die Sandsteine von Rackwitz und von Nebra. Für Hannover und Braunschweig ist der Sollinger Stein von Belang. Für Trier und Umgegend kommen die Brüche von Udelfangen in Betracht u. s. w.

Kohlsandsteine liefern Plötzky und andere Orte bei Magdeburg, Westhofen an der Ruhr und Alt-Warthau bei Liegnitz.

Grauwackensandsteine kommen u. a. aus dem Harz, von Wildemann an der Innerste bei Goslar.

Die Sandsteine finden, soweit sie genügend fest sind, als Hau- und Bildhauersteine eine grosse Verwendung. Die grobkörnigen Arten mit kieseligem Bindemittel werden hauptsächlich für Grundbauten, Sockel, Brücken und Gewölbe, als Pfeiler, Säulen, Treppenstufen, Bord-, Mühl- und Gestellsteine benutzt. Plattenförmig brechend finden sie Verwendung zu Bodenbelegen, Podestplatten, Mauerdeckeln und Wandverkleidungen. Dichte, gleichmässige Sandsteine werden auf Schleifsteine verarbeitet. Die Quader- und Buntsandsteine dienen hauptsächlich für architektonische Gliederungen und Ornamente; sie ermöglichen einen gefälligen Wechsel der Fassadenbildung in Hinsicht auf die Farbe. Feinkörnige, schleifbare, helle Sandsteine sind beliebt für Grabsteine, Brunnen, Denkmäler und Figuren. Thonige, nicht wetter- und frostbeständige Steine können immerhin im Innenbau Verwendung finden.

Aus Molassesandstein sind u. a. erbaut: die Münster zu Konstanz und Ueberlingen und zahlreiche Häuser und Villen am Bodensee; aus Buntsandstein: die Münster zu Basel, Freiburg, Thann, Kolmar, Strassburg und Weissenburg, die Dome zu Speyer, Worms und Mainz, das Heidelberger Schloss, die meisten öffentlichen und privaten Monumentalbauten der Städte Freiburg, Strassburg, Karlsruhe, Mannheim, Landau, Mainz, Frankfurt a. M., Würzburg; aus Keupersandstein: die Bauten von Stuttgart, von Nürnberg, der Dom zu Bamberg. Aus Obernkirchener Stein ist das Rathaus von Hamburg, aus Königsbacher (Pfälzer) Stein die neue Kirche von Otzen in Wiesbaden. Am Berliner Reichstagshaus hat Meister Wallot Rackwitzer, Bayerfelder und Udel-fanger Sandstein verwendet. Für die Anwendung des Sandsteins zu Figuren und Gruppen sind Belege: das Münster zu Strassburg, das Heidelberger Schloss, das Denkmal des Admirals Bruat in Kolmar und eine Menge von Brunnen und Kriegerdenkmälern Südwestdeutschlands.

Sandstein-Einsteine aussergewöhnlicher Abmessung sind 16 Säulen im Münster zu Konstanz von 1 m Durchmesser und 9 m Höhe. Eben so hoch ist etwa der Obelisk auf dem Rondellplatze zu Karlsruhe. Der Stein soll noch länger gewesen, aber zerbrochen worden sein, als er auf Holzwalzen aus den Durlacher Brüchen an die jetzige Stelle befördert wurde. Die Brüche des Buntsandsteins ermöglichen nicht selten tadellose Einsteine von 20 und mehr m Länge, und es ist bloss die Schwierigkeit des Transportes, die von der Ausnutzung in diesem Sinne abhält.

Sandsteine sind u. a. zu beziehen von folgenden Firmen:

Friedr. Frey, Karlsruhe, Durlacher Allee 24.

Ph. Holzmann & Cie., Frankfurt a/M.

Gebr. Adelmann, Wertheim a/M.

Bachem & Cie., Königswinter a/Rh.

Administration der Sollinger Steinbrüche, Holzminden.

C. Schilling, Hofsteinmetzmeister, Berlin.

E. Konglomerate und Breccien.

Beide sind unter sich und mit dem Sandstein insofern verwandt, als sie Zusammensetzungen von Bruchstücken vorstellen. Alle drei sind klastische Gesteine oder Trümmergesteine. Vom Sandstein sind Konglomerate und Breccien durch die Grösse der Trümmerstücke verschieden. Die Grenze liegt, wie bereits erwähnt, ungefähr bei Erbsengrösse. Bei den Konglomeraten sind die Trümmer rund, sie sind Rollstücke. Bei den Breccien sind sie eckig, kantig. Die Trümmer gehören entweder dem nämlichen Gestein an (monogene Konglomerate und Breccien) oder

verschiedenen Gesteinen (polygene Konglomerate und Breccien). Nach der vorstehenden Art der Trümmer unterscheidet man Granit-, Quarz-, Porphyr-, Trachyt-, Kalk- etc. -Konglomerate und -Breccien.

Das Bindemittel besteht entweder aus demselben Material in feinerer Verteilung oder es gehört einem andern Material an. Es kann wie beim Sandstein kieselig, kalkig, thonig, eisen-schüssig sein in einfacher oder zusammengesetzter Weise.

Die Konglomerate sind stets gelagert, meist grob geschichtet, seltener massig. Die Breccien sind entweder ebenfalls durch Zusammenschwemmung entstanden oder aber dadurch, dass eruptive Massen ausfüllend in die Spalten zerklüfteter Gesteine eingedrungen sind. Konglomerate treten häufiger und mächtiger auf als Breccien. Beide finden sich in den verschiedensten Formationen, meist in der Nähe der zusammensetzenen Gesteine.

20. Konglomerate. Die wichtigsten derselben sind:

- a) Die Nagelfluh, gemengt aus Rollstücken von Quarz, Kalk, Granit, Gneis, Grauwacke etc. und verbunden durch ein sandsteinartiges, thonig-eisen-schüssiges oder mergeliges Bindemittel. In der Tertiärformation, besonders im Alpenvorland vom Bodensee bis zum Genfer See und am nördlichen Rand der deutsch-österreichischen Alpen.
- b) Der Puddingstein, im Tertiär Englands vorkommend, ein hartes Gemenge von Feuerstein-knollen in einem kieseligen Bindemittel.
- c) Rotliegendes Konglomerat aus der Dyasformation. Aus kleinem und grossem Geröll von Granit, Gneis, Quarz, Schiefer, Grünstein etc. mit kieseligem, thonig-eisen-schüssigem oder sandsteinartigem Bindemittel bestehend, von rotbrauner Farbe; fest oder mehr lose; mächtig auftretend, aber meist in groben und feinen Schichten wechselnd. Im Gebiet des Rotliegenden.
- d) Grauwacken-Konglomerat. Dunkelgraues Gemenge von Gerölle aus Quarz, Feldspat, Grünstein, Granit, Gneis, Schiefer etc. mit kieseligem oder kieselig-thonigem Bindemittel. Im Gebiet der Grauwacke.

Die verschiedenen Konglomerate finden als Bausteine Verwendung, soweit sie hierzu geeignet sind und besseres Material nicht vorliegt (am Rhein, in der Schweiz, in Innsbruck). Konglomerate, welche sich schleifen lassen und politurfähig sind, werden auch als Ziersteine benutzt. Das Gleiche gilt von den Breccien.

21. Breccien. Die wichtigsten davon sind:

- a) Quarzbrockenfels, Quarzbrecce, Quarzitbrecce, Kieselbrecce, aus eckigen Quarz- und Hornsteinstücken bestehend, die durch ein kieseliges Bindemittel verkittet sind.
- b) Knochenbrecce, aus Knochenstücken, Zahnen, Koprolithen, Schaltierresten und Kalkbrocken bestehend, durch ein mergeliges, thonig-eisen-schüssiges, kieseliges oder sandstein-artiges, erdiges Bindemittel zusammengebacken. Im Diluvium, im Muschelkalk, zwischen Jura und Keuper; in Spalten und Schluchten der Kalkgebirge des Mittelmeeres (Gibraltar, Nizza, Dalmatien), in den Höhlen mitteldeutscher Gebirge.
- c) Breccienmarmor, Trümmermarmor. Das meistens kalkige Bindemittel vereinigt die Trümmer eines Kalkgestein oder verschiedener Kalke von abweichender Farbe, schliesslich auch die Bruchstücke von Porphyr, Diorit u. s. w., wie es bei der Breccia verde d'Egitto der Fall ist. Bei Besprechung des Marmors wurden einige der hierherzählenden Gesteine bereits mit aufgeführt.

F. Lava und Tuffe.

Beiden ist gemeinsam, dass sie vulkanischen Ursprungs sind und sich in Bezug auf die zusammensetzenen Bestandteile dem Basalt, Trachyt, Phonolith etc. verwandt zeigen. Die Lava

entstammt den Vulkanen des Schwemmlandes. Entweder handelt es sich um überfliessende, sich beim Erstarren auskristallisierende Lavaströme, oder um ausgeworfene Massen, die bei bescheidener Grösse als Lapilli und in grösseren Stücken als Bomben bezeichnet werden. Die Tuffe sind klastische oder Trümmergesteine, gebildet aus aufgeschütteten oder zusammengeschwemmten vulkanischen Produkten (Asche, Sand, Lapilli und Bomben), verbunden durch irgend ein Bindemittel. Die Lava sowohl als die Tuffe finden sich naturgemäss in der Nähe thätiger oder ausgestorbener Vulkane. Als Tuffe bezeichnet man übrigens auch einige nicht vulkanische Gesteine.

22. Die **Lava**, verschieden von Zusammensetzung, Härte, Festigkeit und Farbe; porös und schlackig; kristallinisch-körnig, porphyrtig oder glasig.

- a) Basaltlava, in der Zusammensetzung dem Basalt ähnlich, von Farbe dunkel, braun oder schwarz.
- b) Trachytlava, ähnlich wie der Trachyt zusammengesetzt, meist heller, grau oder rötlich von Farbe.

Vorkommen und Verwendung:

In Deutschland findet sich Lava in der Eifel (bei Niedermendig etc.), im Westerwald, am Vogelsberg, am Laacher See; in Italien am Vesuv, am Aetna, auf den Liparischen Inseln; in Frankreich bei Volvic in der Auvergne.

Die Lava kann geeignetenfalls als Baustein dienen. Dichte, glasige Lava wird auf Schmuck und Ziersachen verarbeitet; poröse Lava bindet gut mit Mörtel und dient für Gewölbe und leichte Wände. Harte Lava giebt Mühl-, Bord- und Pflastersteine.

Aus Basaltlava soll das Mauerwerk des Kölner Domes sein. Basaltlava führen:

Fr. X. Michels, Andernach a. Rh.

Bachem & Cie., Königswinter.

23. **Tuff, eigentlicher Tuff**, verschieden von Zusammensetzung, Härte, Festigkeit und Farbe; körnig-sandig, erdig, dicht oder porös; mit Körnern und Blättchen von Augit, Leucit, Sanidin, Hornblende, Glimmer etc., auch mit organischen Ueberresten.

- a) Basalttuff, in der Zusammensetzung dem Basalt ähnlich, meist dicht oder erdig, aschgrau; grünlichgrau, auch rotgrau, braun oder schwarz; auch mit Dolerit und mit Kalk in eckigen Bruchstücken; deutlich gesichtet. Fast in allen Basaltgegenden zu finden. Hierher gehört u. a. auch der Peperin oder Pfefferstein vom Albanergebirge (Lapis albanus der Römer), der als Baustein benutzt wird und es schon frühzeitig wurde, wie das Tabularium und das Forum in Rom zeigen.

- b) Trachyttuff, in der Zusammensetzung dem Trachyt ähnlich, körnig-sandig, rauh-erdig, teils porös, teils dicht, auch breccienartig; meist hellfarbig, grau, rotgrau, gelblich, grünlich; mit Bimssteinstücken und anderen Trümmern. Hierher gehören u. a. der Posilipotuff von Neapel, der Duckstein oder Trass von Andernach, der Backofenstein von Königswinter und die Bimssteintuffe Ungarns und der Auvergne.

Weiberner und Riedener Tuffstein liefert:

Adolf Stahlenburg, Steinbruchbesitzer in Niedermendig.

24. **Kalktuff**, kein eigentlicher Tuff, nicht vulkanisch, aus kalkhaltigen Gewässern durch Ausscheidung entstanden und noch entstehend; feinerdig-dicht oder porös, kavernös, schwammig, auch schalig und röhlig; gelblich, gelbgrau, grau, mit Bitumen auch bräunlich; meist fest und dauerhaft, an der Luft erhärtend und kein Wasser mehr ansaugend. An zahlreichen Orten gefunden und als Bau- und Haustein verwendet. Hierher gehört u. a.

der Travertin der Campagna zwischen Rom und Tivoli, nach der ursprünglichen Benennung des letztern Ortes von den alten Römern als Lapis Tiburtinus bezeichnet. Langgestreckt

blasig oder zellig; hart und fest; muschelig, splitterig oder erdig brechend; gelb oder braun; leicht und unverwüstlich, eine gute Kruste bildend; für Gewölbe und Kuppeln vorzüglich geeignet. Von jeher ein beliebter Bau- und Haustein.

Aus Travertin sind u. a. gebaut: das Colosseum, die Peterskirche, die Lateranfassade, die Porta maggiore in Rom.

3. Die Festigkeit und die Prüfung der Steine.

Die Festigkeit der Steine ist ein Hauptfaktor bei der Erwägung, ob dieselben als Baumaterial dienen können oder nicht. Zu fest kann ein Stein nicht sein, wohl aber zu wenig. Da jedoch Festigkeit und Härte durchschnittlich miteinander wachsen oder abnehmen, so sind die sehr festen Bausteine häufig auch so hart, dass ihre Bearbeitung unverhältnismässig schwer wird oder kaum möglich erscheint. Anderseits ist die leichte Bearbeitung ein so erheblicher Vorteil, dass auch ein weiches Material gerne benutzt wird, sofern es den Festigkeitsansprüchen noch genügt. Härte und Festigkeit gehen aber nicht immer parallel. Ein Gestein kann hart sein, weil seine Bestandteile sehr hart sind; wenn die Verbindung der letzteren aber eine lockere ist, so wird die Festigkeit des Gemenges trotzdem gering sein. Sonst könnte es z. B. wenig feste Granite und Quarzsandsteine überhaupt nicht geben. Die unter die allgemeinen Bemerkungen aufgenommene Härteskala kann demnach in unmittelbarer Weise nur Anwendung finden auf einheitliche Gesteinsmassen, auf feinkörnige und dichte Zusammensetzungen. Für ungleich und grob zusammengesetzte Steine ist die Härte gewissermassen ein Mittelwert aus der Härte der verschiedenen Einzelbestandteile. Sie wird experimentell bestimmt, indem man den auf ein bestimmtes Format gebrachten Stein mit der Schleifmaschine eine bestimmte Zeit lang schleift und aus der dabei eintretenden Massenverringerung den Rückschluss auf die Härte zieht. Ein anderes Verfahren besteht darin, den Stein mit der Bohrmaschine auf eine gewisse Tiefe anzubohren, wobei dann die erforderliche Anzahl der Bohrstösse wieder im Verhältniss zur Härte steht und einen Schluss auf diese gestattet.

Von den verschiedenen Festigkeitsarten, mit denen die Baustatik zu rechnen pflegt, kommen für das Material des Steinhauers gewöhnlich nur zwei in Betracht: die Druckfestigkeit und die Bruchfestigkeit. Auf Zug, Zerknickung und Windung werden Steine selten beansprucht. Man richtet die Konstruktionen in der Praxis derart ein, dass diese Fälle nicht vorkommen. Um die Druckfestigkeit handelt es sich hauptsächlich in Hinsicht auf die Quader- und Schichtsteine der Fundamente, Sockel und Mauern, auf die Keilsteine der Mauerbögen und Gewölbe, auf Säulen und Pfeiler. Die Bruchfestigkeit dagegen spielt eine Rolle bei hohlliegenden Treppentritten, Balkonplatten, Konsolen etc.

Die Bruchfestigkeit wird meistens von Fall zu Fall durch Probieren ermittelt, indem man beispielsweise einen Treppentritt belastet, bis der Bruch erfolgt. Wird mit 10facher Sicherheit gebaut, so kann dann einem solchen Tritt der zehnte Teil der Belastung zugemutet werden, die im Probefall den Bruch herbeiführte.

Für die Druckfestigkeit haben die staatlichen und privaten Versuchsanstalten, welche in den grösseren Städten vorhanden sind, ein umfangreiches Uebersichtsmaterial geliefert. Würfelförmige Steinproben von 5 bis 10 cm Seite werden in besonders zu diesem Zwecke gebauten Festigkeitsmaschinen durch hydraulischen Druck bis zur Zertrümmerung gepresst und aus mehreren

Versuchen derselben Art wird ein mittlerer Festigkeitswert gefunden. Die zur Zerstörung nötige Kraft wird in Kilogramm pro $\square\text{cm}$ der gedrückten Fläche ausgedrückt. Die Versuche haben gezeigt, dass die Festigkeit sich grösser erweist, wenn die gedrückten Flächen genau parallel, eben und glatt sind. Im Interesse eines exakten Resultates werden deshalb die Probesteine auf zwei gegenüberliegenden Flächen mit der Maschine eben gehobelt, bevor sie in die Presse gelangen. Auf diese Weise lässt sich für ein bestimmtes Gestein aus einem bestimmten Bruch die Druckfestigkeit ziemlich genau festsetzen und es ist anerkennenswert, dass die Gelegenheit, das Material vor seiner Verwendung untersuchen lassen zu können, neuerdings immer mehr benutzt wird.

Soweit es sich um Steine derselben Art aus verschiedenen Brüchen handelt, sind die Resultate ausserordentlich schwankend. Während bei Gusseisen, bei Walzeisen und sogar bei den Holzarten die Resultate von Festigkeitsuntersuchungen ziemlich gleichartig ausfallen, so dass sich allgemein gütige Mittelwerte für die praktische Verwertung ergeben, erscheint dies in Bezug auf die Steine ausgeschlossen. Hier gilt nur die Spezialuntersuchung von Fall zu Fall. Wenn beispielsweise die Druckfestigkeit der verschiedenen Sandsteine zwischen 200 und 3000 kg*) pro $\square\text{cm}$ schwankt, so kann man doch unmöglich 1600 kg als mittlere Festigkeit des Sandsteins annehmen, um damit zu rechnen. Das wäre sehr verkehrt und die Zweckmässigkeit spezieller Untersuchungen ist ohne weiteres einleuchtend.

Wenn wir die uns vorliegenden, nach hundertenzählenden Untersuchungsergebnisse verschiedener Versuchsanstalten zusammenstellen, um wenigstens ein allgemeines Bild zu erlangen, so ergibt sich folgendes:

Zu den festesten Gesteinen mit mittleren Festigkeiten von 1300 bis 1900, also einem mittleren Mittel von 1600 kg, gehören: Basalt, Diabas, Diorit, Dolerit, Porphy.

Eine mittlere Festigkeit von 1100 bis 1300 (mittleres Mittel = 1200 kg) haben: Grauwackensandstein, Syenit, Gabbro, Granit, Quarzit.

Mit mittleren Festigkeiten von 700 bis 900 (mittleres M. = 800 kg) sind vertreten: Liaskalk, Kohlensandstein, Serpentin, Dolomit, Molassensandstein, Amphibolit, Jurakalk, Jurasandstein, Muschelkalk, Buntsandstein.

Eine mittlere Festigkeit von 500 bis 700 (mittl. M. = 600 kg) weisen auf: Keupersandstein, Marmor, Rogenkalk, Trachyt, Quadersandstein.

Die geringste Festigkeit von 200 bis 500 (mittl. M. = 350 kg) haben: Lava, Grobkalk, Tuffe.

Als etwas Feststehendes kann dieser Auszug nicht gelten, weil jede Beiziehung weiterer Untersuchungsergebnisse das Resultat voraussichtlich verschieben müsste. Das einseitige Hinzukommen von Ergebnissen über recht feste Steine würde das Festigkeitsmittel einer ganzen Gruppe erhöhen. Ein unumstössliches Gesamtergebnis wird erst dann möglich sein, wenn die Zahl der von den verschiedenen Anstalten ausgeführten Untersuchungen so gross geworden ist, dass neue Ergebnisse das gefundene Mittel nur unwesentlich ändern können.

Im Einvernehmen mit den Prüfungsanstalten und Versuchsstationen hat der Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine eine Norm aufgestellt, welche die Bausteine in vier Klassen einteilt, für jede Klasse drei oder vier Festigkeitsqualitäten aufstellt und außerdem eine Minimalfestigkeit bestimmt, welcher gute Bausteine noch genügen müssen. Wir bringen die Norm mit nachstehender Tabelle zum Abdruck:

*) Rackwitzer Sandstein — Grauwackensandstein von Hochstetten bei Kreuznach.

Klasse	Qualität I	Qualität II	Qualität III	Qualität IV.
	Druckfestigkeit, ausgedrückt in kg auf den $\square\text{cm}$ gedrückter Fläche.			
1. Kieselsaure Massen- u. Schiefergesteine: Granit, Diorit, Grünstein, Syenit, Syenit-Granit, Glimmerschiefer etc.	1600 und mehr (Mit dem Meissel schwer oder gar nicht zu bearbeiten, als Pflasterungsmaterial etc. zu verwenden.)	1200 bis 1600 (Ziemlich schwer zu bearbeiten, aber schon für Säulen etc. verwendbar.)	1000 bis 1200 (Gut bearbeitbar und vorzüglich als Haustein-Mauerwerk verwendet.)	800 bis 1000 (Für geringere Sorten Bausteine.) Minimaldruckfestigkeit = 800.
2. Kalksteine: Marmor, Dolomit, Muschelkalk, Nummulitenkalk etc.	1000 und mehr (Die Druckfestigkeit steigt bei älteren Muschelkalken etc. bis 1600 und mehr; dann schwer zu bearbeiten und hauptsächlich als Schottermaterial dienend.)	800 bis 1000	600 bis 800 Minimaldruckfestigkeit = 600.	Kalksteine jüngeren Alters mit einer Festigkeit unter 600 sind zum Teil noch recht gute Bausteine; sie sind aber vorsichtig auszuwählen und zu prüfen, weil unzuverlässig.
3. Sandsteine:	800 und mehr (Grauwackensandstein, Molassensandstein, beste Buntsandsteine aus dem Bruch und Buntsandsteinfindlingen.)	600 bis 800 (Die besseren und mittleren Buntsandsteine enthaltend.)	400 bis 600 (Die geringeren Buntsandsteine, die besseren Keuper- und Schilfsandsteine umfassend.)	200 bis 400 (Gewöhnliche Keuper- und Schiefer-sandsteine.) Minimaldruckfestigkeit = 200.
4. Konglomerate, Tuffe etc.	400 und mehr	250 bis 400	150 bis 250 Minimaldruckfestigkeit = 150	

Bei den Massengesteinen von allseitig gleicher Struktur ist auch die Festigkeit in jeder Richtung annähernd gleich. Bei den Flözgesteinen hingegen ist sie meistens verschieden, je nachdem der Druck senkrecht oder parallel zum Lager erfolgt. Die Festigkeit bei senkrechtem Druck zum Lager ist durchschnittlich die grössere und daraus folgt für die Praxis die Regel, die Steine, wenn immer thunlich, am Bau so zu legen, wie sie im Bruch gelegen haben. Immer lässt sich dies nicht machen. Säulen, Pfeiler und Gewände können nicht wohl so gearbeitet werden, dass sie auf das Lager zu stehen kommen. Auch bezüglich der Plattenverkleidungen von Mauern ist man genötigt, von der Regel abzuweichen.

Die Festigkeit der Steine ist ferner verschieden nach dem Feuchtigkeitsgehalt. Bruchfeucht und wassersatt liefert das Probematerial andere Werte, als wenn es lufttrocken ist. In der Regel ist die Festigkeit nasser Gesteine geringer als diejenige trockener. Sandsteine können durch Wasseraufnahme bis zu 30% ihrer Festigkeit verlieren.

Die Prüfungsanstalten untersuchen auf Wunsch das Material in verschiedener Richtung,

lufttrocken und wassersatt, nach 25maligem Ausgefrieren u. s. w. In den veröffentlichten Tabellen wird „senkrecht zum Lager“ mit \perp , „parallel zum Lager“ mit \parallel , „lufttrocken“ mit 1, „wassersatt“ mit w bezeichnet u. s. w. Die Anstalten dehnen die Versuche auch anderweitig aus, wenn es gewünscht und bezahlt wird; sie untersuchen das Material auf Zug-, Schub- und Bruchfestigkeit, auf Porosität, Wasseraufnahmefähigkeit, Feuerbeständigkeit, Härte, Abnutzbarkeit und Wetterfestigkeit. Es wird dann jeweils vorgeschrieben, welche Gestalt und Grösse die Probekörper haben müssen und in welcher Stückzahl sie einzusenden sind. Zur Prüfung auf die gewöhnliche Druckfestigkeit werden verlangt 8 bis 10 Würfel, geschnitten, nicht behauen, auf 2 Lagerflächen genau parallel und eben bearbeitet; von 10, 7,1 oder 5 cm Kantenlänge.

Es ist üblich, den Konstruktionen in Stein mindestens eine 10fache Sicherheit zu Grunde zu legen, und wo voraussichtlich starke Erschütterungen vorkommen, empfiehlt sich eine mindestens 20fache Sicherheit. Als zulässige Inanspruchnahme pro $\square\text{cm}$ gilt demnach diejenige Kilogrammzahl, welche erhalten wird, wenn man die durch Prüfung gefundene Druckfestigkeit mit 10, beziehungsweise mit 20 teilt (allgemein gesagt: mit derjenigen Zahl, die den Grad der gewählten Sicherheit angibt). In Hinsicht auf die Tabelle der Seite 156 könnte also ein Granit 2. Qualität höchstens auf 120, ein Sandstein 3. Qualität höchstens auf 40 kg pro $\square\text{cm}$ beansprucht werden.

Um hiernach die Querschnittsgrösse eines Pfeilers, einer Säule etc. bemessen zu können, muss man die aufzunehmende Last kennen. Auseinanderzusetzen, wie diese je nach Lage des Falls gefunden wird, würde hier zu weit führen und es sei in dieser Beziehung auf die Werke über Baustatik hingewiesen und auf die Bauhandbücher, welche das Einschlägige bringen unter Beigabe von Tabellen, welche das Rechengeschäft vereinfachen.

Nach Rondelet, von dem die ersten Festigkeitsuntersuchungen der Steine im Sinne der Neuzeit gemacht worden sind, betragen die Belastungen in kg pro $\square\text{cm}$ bei den:

Säulen der Allerheiligenkirche zu Angers	circa 44
Pfeilern des Pantheon in Paris	" 29
" " Turmes der Kirche zu St. Méry	" 29
Säulen der Paulskirche vor Rom	" 20
Pfeilern der Paulskirche in London	" 19
" " Peterskirche in Rom	" 16
" des Invalidendoms in Paris	" 15

Im ersten Falle hätte demnach ein Sandstein 3. Qualität der zulässigen Inanspruchnahme schon nicht mehr genügt und wenn man für Mauerwerk mit Mörtel, wie üblich, nur die Hälfte der Steinfestigkeit annimmt, also in Bezug auf letztere mit mindestens 20facher Sicherheit rechnet, so würden für gemauerte Pfeiler auch mit einer geringen Belastung wie im Invalidendome Sandsteine 4. Qualität, Konglomerate und Tuffe 2. und 3. Qualität nicht mehr genügen.

Wir führen dies an, um zu erweisen, wie wichtig es für die Praxis ist, die Festigkeit des Steinhauermaterials zu kennen.

4. Die Dauerhaftigkeit und die Erhaltung der Steine.

Was aus Stein gebaut wird, gilt für gewöhnlich als auf die Dauer gebaut. Deswegen ist die Beständigkeit oder Dauerhaftigkeit der Bausteine nicht weniger wichtig als ihre Festigkeit.

Von unbeschränkter Dauer ist kein Stein. Er kann sich unter günstigen Verhältnissen durch Jahrtausende erhalten, wie die Erfahrung gelehrt hat; unter ungünstigen Bedingungen und ohne genügenden Schutz geht er in kurzer Zeit zu Grunde, wie die Ruinen alter und mitunter auch neuer Bauten es darthuen.

Es sind teils mechanische, teils chemische Einwirkungen, welche das Steinmaterial angreifen und zerstören. Zu den ersteren zählt die Abnützung im Gebrauch und die Zerstörung durch den Frost. Zu den letzteren gehören die Angriffe durch Luft, Wasser und Feuer; durch Algen, Flechten und Moose.

Am meisten widerstandsfähig sind durchschnittlich die harten, festen, zähen, dichten, schweren und dunkeln Gesteine. Weniger Widerstand leisten im allgemeinen die weichen, wenig festen, spröden, porösen, leichten und hellfarbigen Steinarten.

Gesteine von gleichmässiger Zusammensetzung, feinem Korn, richtungsloser Struktur, glattem, glänzendem Bruch halten in der Regel mehr aus, als ungleich gemengte, grobkörnige, schieferige, faserige und erdig brechende. Es gibt aber auch Ausnahmen von der Regel.

Die mechanische Abnützung spielt eine bedeutende Rolle in Bezug auf Pflastersteine, Mühlsteine, Schleifsteine, Bordschwellen, Treppentritte, Boden- und Podestplatten.

Hinsichtlich der Pflastersteine hat die Erfahrung gezeigt, dass sie nicht nur hart und fest, sondern auch zähe sein sollen, weil spröde Steine unter den Hufen der Pferde und den Rädern der Lastwagen leicht zertrümmert werden. Zähe Gesteine, d. h. solche, die sich besonders widerstandsfähig gegen Stoss und Schlag erweisen, sind: Syenit, Basalt, die Grünsteine, der Serpentin. Damit erklärt sich die häufige Verwendung von Basalt als Pflasterstein, obgleich er die unliebsame Eigenschaft hat, im Gebrauche glatt zu werden.

Für Mühlsteine haben sich besonders bewährt: poröse Porphyre, Süsswasserquarze, Sandsteine von grobem, gleichmässigem Korn und Trachytusse. Da es hauptsächlich darauf ankommt, dass die Abnützung in allen Teilen gleichmässig eintritt und grössere Steine dieser Bedingung selten genügen, so setzt man neuerdings die Mühlsteine aus 8 gleichartigen Stücken zusammen, verkittet die Teile und umschliesst sie mit heiss aufgetriebenen Eisenreifen.

Für Schleifsteine eignen sich besonders die Buntsandsteine, die Sandsteine des Rotliegenden, kieselige Keupersandsteine und feinkörnige Nummulitensandsteine. Mässig harte Steine mit feinkörniger, vollständig gleichartiger Masse taugen am besten. Der Sand muss scharfkantig, das Bindemittel weich und spärlich sein. Ein hartes Bindemittel macht die Schleifsteine im Gebrauch glatt und unwirksam. Ein reichliches Bindemittel schleimt zu sehr. Steine von ungleicher Härte und mit Einsprenglingen laufen sich unrund und sind ungeeignet. Schleifsteine sollen vollständig lufttrocken sein, bevor sie in Verwendung genommen werden, weil sie bruchfeucht sich unverhältnismässig rasch abnutzen.

Bordschwellen und Treppentritte erfordern ein festes, hartes, sich gleichmässig abnützendes, nicht glatt werdendes Material. Deshalb sind Granit, Gneis, Dolerit, Quarzit und die Sandsteine erster Qualität das Hauptmaterial.

Ziemlich das gleiche gilt von den Boden- und Podestplatten. Trottoirplatten müssen vor allem frostbeständig sein und dürfen im Gebrauch nicht abschiefern. Da hier die Billigkeit wesentlich in Betracht kommt, so werden vielfach auch Steine benutzt, die nicht allen Anforderungen genügen. Ein anerkannt gutes Material sind z. B. die Wesersandsteine. In Kirchen, Hallen und Treppenhäusern werden häufig Bodenbelege aus quadratischen Platten gebildet, die in der Farbe wechseln, also beispielsweise aus rotem und aus weissem Sandstein. Es ist dann genau darauf zu halten, dass beide Steinarten gleiche Härte haben, damit der Boden sich nicht ungleich ausläuft. Im Innenbau können auch Steine verwendet werden, die nicht frostbeständig sind, Plattenkalke etc. Zu Podestplatten, die gewöhnlich schon eine erhebliche Grösse haben, eignen sich am besten die Sandsteine erster Güte. Es sind nur vereinzelte Brüche, welche derartige Platten jederzeit liefern können, u. a. die von Gräfenhausen bei Neuenbürg im Enzthal. Bezüglich der Verwendung des Granits zu Podestplatten und freitragenden Treppenstufen hat man geltend

gemacht, dass bei Brandfällen dieses Material der Hitze wenig Widerstand leiste und berste. In erhöhtem Masse gilt dies natürlicherweise von den Kalksteinen, während kieselige und thonige Sandsteine als feuerfest gelten können.

Die Zerstörung der Steine durch den Frost ist ein mechanischer Vorgang. Wasser dehnt sich beim Gefrieren um ungefähr 10% aus. Wenn es die Poren eines Gesteins vollständig ausfüllt und dabei gefriert so wird die Struktur des Gesteins gelockert. Da, wo die zusammensetzenden Teile wenig fest nebeneinander lagern, entstehen Risse. Wenn nun wieder Wasser in diese Risse eindringt und gefriert, so werden sie dabei erweitert und schliesslich springt der Stein an der wenigst widerstandsfähigen Stelle. Man könnte nun glauben, dass dichte Steine mit unscheinbaren Poren am meisten frostbeständig seien. Die Erfahrung lehrt jedoch, dass auch solche, wie z. B. der Marmor, vom Frost gesprengt werden können, während anderseits stark poröse und schlackige Steine, wie verschiedene Tuffe, dem Frost ziemlich gut widerstehen. Das erklärt sich wohl damit, dass in den verhältnismässig weiten und unter sich verbundenen Hohlräumen das gefrierende Wasser genügenden Platz findet und dass der gegenseitige Druck sich teilweise aufhebt.

Es kommen übrigens auch Steinzerstörungen durch den Frost vor, an denen das Material an sich keine Schuld trägt. Die Sockelsteine der Geländer, Thürschwellen, Trottoirplatten und andere zum Teil im Boden steckende Stücke werden nicht selten dadurch abgesprengt, dass sie dem Drucke des gefrierenden Bodens nicht genügend widerstehen können. In die Fugen dringendes und dort gefrierendes Wasser drückt nicht selten Steine ab und zerstört sie auf ähnliche Weise, wie die eindringenden Wurzeln der Bäume die Steine sprengen, die im Wald zu Tage liegen. Rinnsteine und Brunnenschalen werden häufig dadurch gesprengt, dass ihr Inhalt gefriert.

Besonders schädlich erweisen sich einseitige und schroffe Temperaturwechsel. Die dabei durch Ausdehnung und Zusammenziehung des Materials eintretenden Spannungen können — besonders wenn sie sich oft wiederholen — an sich schon einen Stein ruinieren, ohne dass gerade Wasser dabei mit im Spiele sein müsste.

Es sind verschiedene Methoden vorgeschlagen und in Anwendung, nach welchen das Material auf Frostbeständigkeit geprüft werden kann. Die naturgemässteste ist wohl die von Bauschinger: die Probesteine werden zunächst auf ihre Festigkeit geprüft; dann werden sie 25 mal nacheinander dem Gefrieren ausgesetzt und hierauf wird noch einmal die Festigkeit untersucht. Einen ungefähren Anhalt giebt auch die Parforcemethode, wonach die Steinprobe abwechselnd und wiederholt in ein Kältemisch von — 15° C. (3 Teile Eisklein und 1 Teil Kochsalz) und in heißes Wasser gelegt wird. Die Anzahl der Wiederholungen, die erforderlich sind, bis die Verwitterung in die Erscheinung tritt, lässt einen Schluss auf die Widerstandsfähigkeit im allgemeinen zu.

Die natürlichen Vorkehrungen gegen Frostzerstörung sind naheliegend. Man soll nur trockene Steine verwenden, nur solche, die aus der Luft anscheinend kein Wasser aufnehmen und solche, die überhaupt gesund sind, die nicht schon „angefault“ sind und den Keim der Verwitterung in sich tragen. Besonders vorsichtig sind in dieser Hinsicht Findlinge zu prüfen. Sie sind meistens hart und dauerhaft als die festesten Reste einer im übrigen zu Grunde gegangenen Masse. Sie haben aber auch schon mehr ausgehalten, als frisch aus dem Bruch kommende Steine und können dabei altersschwach geworden sein; sie haben häufig ihr Bindemittel verändert oder eingebüßt, so dass sie „nässen“, d. h. bei feuchter Witterung nass werden. Wo man nicht auf sie angewiesen ist, bleiben sie am besten ausser Spiel. Die verbauten Steine können wesentlich geschützt werden durch eine vernünftige Konstruktion, durch richtiges Dichten der Fugen, durch Vermeidung von Wassersäcken etc. Auf den etwaigen Oberflächenschutz wird noch zurückzukommen sein.

Die Verwitterungsprozesse infolge chemischer Veränderungen sind mannigfacher Art.

Von den Bestandteilen der Luft scheinen nur der Sauerstoff und die Kohlensäure von Wirkung zu sein, während der Hauptteil des Gemenges, der Stickstoff, ohne Einfluss ist. Die oxydierende Wirkung des Sauerstoffes berührt hauptsächlich die Oberfläche, das Aeussere der Steine. Die metallischen Bestandteile, Eisen und Mangan in erster Linie, sowie die Kohle der organischen Reste werden verändert, womit eine Verfärbung verbunden ist, die unter Umständen willkommen ist, in anderen Fällen besser unterbleiben würde. Gewisse Kalksteine, die Buntsandsteine, der Travertin färben sich im Laufe der Zeit wärmer; die grauen Töne werden gelb, die rötlichen gelbrot und bräunlich, wobei das Aussehen der Bauten gewinnt. Anderseits verliert der schwarze Marmor z. B. im Freien bald seine Farbe; er wird grau und blind. Eisenhaltige Stellen rosten auf polierten Flächen durch und stören die Einheitlichkeit u. s. w. Im allgemeinen haben diese Verfärbungen jedoch nichts Zerstörendes und nicht immer sind sie gleichbedeutend mit beginnender Verwitterung.

Der unmittelbare Angriff der Kohlensäure als Atmosphärebestandteil ist ebenfalls unwesentlich. Um so wirksamer ist dieselbe jedoch in Verbindung mit dem Wasser, teils im guten, teils im schlimmen Sinne. Die Bruchfeuchtigkeit der Kalksteine und der kalkigen Sandsteine ist der Hauptsache nach kohlensaures Wasser mit gelöstem Kalk. Beim Austrocknen dieser Steine verdunstet das Wasser; der kohlensaure Kalk scheidet sich aus und füllt die Gesteinsporen zum Teil aus. Dabei werden die Steine härter und ihre Festigkeit kann bis um 50 % zunehmen. Anderseits werden in kohlensaurem Wasser viele Mineralien, die an sich fest sind, angegriffen und zersetzt, wie der Kalk-Feldspat oder Labrador, der u. a. Bestandteil der Diorit-, Diabas- und Gabbrogesteine ist. Das Erdigwerden der verwitternden Granite, Syenite, Porphyre, Trachyte etc. beruht grossenteils auf derartigen Prozessen. Glasige Gesteine widerstehen dabei länger als locker und grob gefügte. Sog. Haarrisse sind stets ein ungünstiges Zeichen.

Pures Wasser ist weniger wirksam; immerhin kann es angreifend wirken. In diesem Sinne sind der Alabaster und die thonigen Bindemittel der Sandsteine zu erwähnen.

Eine wichtige Rolle bei der Zerstörung der Gesteine spielt auch das Pflanzenleben. Wie die Fäulnis organischer Stoffe eingeleitet wird durch kleinste Lebewesen (Bakterien), so setzen sich auf dem Stein unscheinbare Flechten fest (Algen mit auf ihnen schmarotzenden Pilzen). Sie leben von Wasser und Kohlensäure und lassen beim Absterben eine minimale Humusschicht zurück, deren Säuren den Stein angreifen. Damit wird der Nährboden für Moose und andere kleine Gewächse vorbereitet, deren Wurzeln schliesslich in den Stein eindringen, seine Oberfläche aufrauhen und weniger widerstandsfähig gegen zerstörende Einflüsse anderer Art gestalten. Staub und Russ bleiben in den Ueberzügen haften und werden vom Regenwasser abgeschwemmt. Die Steine werden schmutzig und unansehnlich. Manche Gesteinsarten überziehen sich leicht, andere weniger gern mit diesen pflanzlichen Gebilden, die im allgemeinen um so weniger Fuss fassen können, je glatter die Fläche ist. Geschliffene und polierte Steine widerstehen dem Ueberzug weit besser als rauh bearbeitete. Das Wachstum wird durch die Feuchtigkeit begünstigt; deshalb leiden besonders die Wetterseite, die Nordseite und dumpfe, winkelige Stellen. Hauptvorbeugungsmittel ist die Wahl nicht moosender Steinarten. Wo das Uebel einmal vorhanden ist, hilft nur eine von Zeit zu Zeit erfolgende gründliche Reinigung durch Abkratzen, Abwaschen mit Holzessig, Kochsalzlösung, verdünnten Säuren oder Teerprodukten.

Betrachtet man das Gesamtmaterial auf die Dauerhaftigkeit im allgemeinen, so ergiebt sich folgendes:

Widerstandsfähig sind besonders die glasig verschlackten, die quarzreichen und fein kristallinischen Gesteine, als schlackige Lava, Basalt, Quarzit, Porphy, Marmor, Dolomit.

Mittlere Dauerhaftigkeit haben: Granit, Gneis, Syenit, Glimmerschiefer, Diorit, Grauwacke etc.

Am wenigsten dauerhaft sind die klastischen Gesteine, besonders mit mergeligem und thonigem Bindemittel, also die Sandsteine, Konglomerate, Breccien und Tuffe.

Zu besonderer Vorsicht mahnen die Gehalte an Schwefelkies, an eisenreichem Glimmer und an Labrador.

Das beste Erhaltungsmittel sind gut ausgesuchte, gesunde Steine; alles übrige, was empfohlen wird, taugt nicht viel und ist nur auf kurze Zeit wirksam. Immerhin mögen die bekannteren Konservierungsarten hier kurz erwähnt werden.

Ein guter Oberflächenschutz ist der dreimalige Oelfarbenanstrich. Ein schönes Hausteinmaterial will man aber nicht gerne unter dem Anstrich verschwinden sehen. Soll die natürliche Farbe des Steins annähernd erhalten bleiben, so empfiehlt sich heiss aufzutragendes Leinöl. Auch kann eine Lösung von weissem Schellack in Holzgeist im Verhältnis von 1 zu 8 bis 16 verwendet und aufgespritzt werden. Poröse Steine lassen sich mit Vorteil durch einen Anstrich von Wasser-glas schützen. Auch ein Doppelanstrich mit Seifenlösung und Alaunwasser in 24 stündigem Abstand wird empfohlen. Wenn es auf das Aussehen nicht ankommt, sind Aufträge von heissem Teer oder von Asphaltlösungen ein guter Schutz. Alle diese Mittel setzen einen trockenen Stein voraus; sie schützen hauptsächlich dadurch, dass sie bis zu einer gewissen Tiefe eindringen und die Poren der Oberfläche verstopfen, so dass sie von aussen kein Wasser ansaugen können. Sie sind, wenn sie dauernd schützen sollen, von Zeit zu Zeit zu erneuern und darum ist das zuerst vorgeschlagene Erhaltungsmittel immer noch das billigste und beste.