

Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit.

Von

J. Hirschwald.

[Schluß von S. 392.]

III.

5. Allgemeine Gesichtspunkte für die Prüfung der kristallinen Silikatgesteine.

Die Prüfung der kristallinen Silikatgesteine gestaltet sich ungleich einfacher als die der klastischen Felsarten. Während die Wetterbeständigkeit der letzteren nicht nur von der Natur der körnigen Bestandteile, sondern in hervorragendem Maße auch von der substantiellen und strukturellen Beschaffenheit des Bindemittels und von der Intensität der Kornbindung abhängt, Eigenschaften, welche ebenso mannigfaltig ausgebildet als umständlich zu bestimmen sind, fällt dieser, in manchen Fällen nur auf indirektem Wege auszuführende Teil der Prüfung für die kristallinen Silikatgesteine gemeinhin fort, da die Kornbindung hier eine unmittelbare ist und ihre Intensität die Festigkeit der körnigen Bestandteile nicht nur erreicht, sondern in vielen Fällen übertrifft.

Die Silikate aber, welche als wesentliche Gemengteile in den kristallinen Gesteinen auftreten, sind im allgemeinen von solcher Widerstandsfähigkeit gegenüber den Verwitterungsagenzien, daß sie nur in geologischen Zeiträumen eine namhafte Zersetzung erleiden. Ausnahmen bilden lediglich die basischen und eisenreichen Glassubstanzen, wie sie z. B. in gewissen Basalten vorkommen, und überdies, bei Gegenwart von reichlichem Eisenkies, Markasit oder Magnetkies im Gestein, auch Nephelin und Leuzit, sowie in geringerem Grade die kalkhaltigen Feldspate und Biotit.

Sieht man von diesen besonderen Fällen ab, so kann man den Satz aufstellen:

Die kristallinen Silikatgesteine sind in ihren verschiedenen Ausbildungsformen als hervorragend wetterbeständige Baumaterialien zu be-

trachten, vorausgesetzt, daß ihre wesentlichen Gemengteile nicht bereits in der Erdrinde einen beträchtlichen Grad von Verwitterung erlitten haben. In letzterem Falle schreitet der Zersetzungsprozeß in der Regel auch an dem Material im Bauverbände verhältnismäßig rasch fort, und es hängt alsdann von dem Mengenverhältnis und der strukturellen Bedeutung des verwitterten Bestandteils ab, in welchem Maße der Gesamtzusammenhang des Gesteins durch die partielle Zersetzung beeinträchtigt wird.

In gleicher Weise günstig verhalten sich die Silikatgesteine auch in bezug auf ihre Frostbeständigkeit, und man darf im allgemeinen annehmen, daß frische, spaltfreie Gesteine dieser Klasse durchweg frostbeständig sind, und daß nur in solchen Fällen, wo das Gestein bereits in der Erdrinde in beträchtlichem Maße zersetzt ist und dadurch an seiner Dichtigkeit eine erhebliche Einbuße erlitten hat, der Frost zerstörend auf dasselbe einzuwirken vermag. Frostunbeständig können überdies die schiefrigen, mikrokristallinen Gesteine, wie z. B. die Phyllite, sich erweisen, falls sie einen hohen Sättigungskoeffizienten besitzen.

Für die kristallinen Silikatgesteine darf demnach die Feststellung des unzersetzten Zustandes ihrer Gemengteile bzw. des Verwitterungsgrades derselben als die Grundlage ihrer Wetterbeständigkeitsprüfung betrachtet werden.

Da im allgemeinen aber nicht sämtliche Bestandteile eines angewitterten Gesteins den gleichen Zersetzungsgrad zeigen und die einzelnen Gemengteile von sehr verschiedener

Bedeutung für den inneren Zusammenhang der Mineralaggregation sind, so wird bei der Qualitätsbestimmung eines nicht mehr ganz frischen Gesteins auch die Strukturausbildung desselben eine angemessene Berücksichtigung erfahren müssen.

Hinsichtlich der hierbei in Betracht kommenden Verhältnisse lassen sich die kristallinen Gesteine, wie bereits früher ausgeführt wurde, in folgende Klassen einteilen:

1. Gesteine mit durchweg „dispergenten“ Gemengteilen;
2. Gesteine mit mehr oder weniger vorherrschenden „symplexen“ Gemengteilen;
3. Gesteine mit „syndetischer“ Bestandmasse;
4. Gesteine mit „basaler“ amorpher bis kristalliner Bestandmasse.

Über die Wirkung, welche die Zersetzung der vorgenannten Bestandteile auf den allgemeinen Zusammenhang des Gesteines auszuüben vermag, ist das Nähere S. 260 angeführt worden.

Die für die Prüfung der einzelnen Silikatgesteine in Betracht kommenden wesentlichsten Gesichtspunkte sollen im folgenden kurz zusammengefaßt werden.

6. Granit.

a) Mikrostruktur und Verwitterbarkeit.

Die Granite zeigen im allgemeinen eine völlig kompakte Verwachsung ihrer Gemengteile, und nur stellenweise findet sich in der Gesteinsmasse eine mehr oder weniger poröse oder kavernöse Strukturausbildung, wobei die größeren Hohlräume mitunter von Feldspat- und Quarzkristallen oder auch von akzessorischen Mineralien überwachsen sind. Seltenere zeigt das frische Gestein in seiner Gesamtmasse ein lockeres Gefüge. Je feinkörniger das Gestein ist, desto kompakter pflegt es zu sein, und meist nur in mittel- bis grobkörnigen bzw. porphyrischen Abänderungen finden sich reichlicher kavernöse Partien. Überaus wechselnd ist das Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile. Bei den hier untersuchten Graniten schwankt der Gehalt an Quarz zwischen 20—40 Proz., der Gehalt an Feldspat zwischen 42—69 Proz. und der Glimmergehalt zwischen 5—20 Proz.

In einer gewissen Abhängigkeit von dem mehr oder weniger reichlichen Gehalt an freiem Quarz steht eine wichtige strukturelle Eigenschaft des Granits. In sehr quarzreichen Graniten pflegt der Quarz meist ein zusammenhängendes Netzwerk zu bilden, gewissermaßen

also ein Gerüst von unzersetzbarer Substanz (symplexe Ausbildung). Wittert der in den Maschen des quarzitisches Netzwerks eingelagerte Feldspat aus, so wird die Oberfläche des Gesteins zwar narbig bzw. löcherig, aber das Gestein bleibt im ganzen fest. Diese Strukturform zeigen die vorzüglichsten Abänderungen des Granits. Weniger widerstandsfähig erweist sich das Gestein, wenn der Quarz auf den Schlißflächen nur in unvollkommen zusammenhängenden oder in gekörnten Schnüren erscheint.

Eine besondere Strukturform bilden die mikropegmatitischen Granite, in welchen der Feldspat von einem mehr oder weniger zusammenhängenden Skelett rudimentärer Quarzkristalle durchwachsen ist. Bei quarzarmen Graniten dagegen ist der zusammenhängende Bestandteil nicht Quarz, sondern Feldspat-substanz, in welcher der Quarz nur in isolierten Körnern eingelagert erscheint (dispergente Ausbildung). Ist in solchem Falle der Feldspat bereits im Bruchgestein stark zersetzt, und schreitet die Verwitterung im Bauwerk fort, so wird der Zusammenhang des ganzen Gesteins gelockert; dasselbe wird mürbe und alsbald vollständig bröcklig. Eine seltenerer Zwischenform bilden die Granite mit dispergenten Gemengteilen, die bei annähernd gleichem Mengenverhältnis in isolierten Körnern miteinander verwachsen sind.

Der günstige Einfluß, den ein zusammenhängendes Quarzskelett auf den Beständigkeitsgrad der granitischen Gesteine ausübt, kann jedoch erheblich beeinträchtigt werden, wenn der Quarz stark zerklüftet ist, falls nicht die getrennten Körner nachträglich wieder durch Kieselinfiltration zusammengekittet sind. Derartige Erscheinungen treten namentlich bei solchen Graniten auf, die in ihrer Gesamtmasse eine kataklastische Struktur zeigen.

Ist das Gestein durch Ausscheidung größerer Feldspatkristalle porphyrisch ausgebildet, so pflegen die Quarzkörner in der klein- bis feinkörnigen Hauptmasse nur in isolierten Körnern oder kleineren Korngruppen, seltener in unvollkommen zusammenhängenden Schnüren aufzutreten.

Verhältnismäßig am leichtesten unterliegt bekanntlich der Feldspat in den Graniten der chemischen Umwandlung durch den Einfluß des kohlenstoffhaltigen Wassers. Aber in so umfangreichem Maßstabe dieser Prozeß in der Erdkrinde stattfindet, so kommt derselbe für die im Bauverbände befindlichen Gesteine, vorausgesetzt, daß die Feldspatsubstanz im Bruchgestein noch vollständig frisch war, erst in so langen Zeiträumen zur Geltung, daß er bei Beurteilung der Wetterbeständigkeit der Granite

mit frischem Feldspat ganz außer Betracht bleiben darf. Es sind Granite in ca. 1500 Jahre alten Bauwerken bekannt, deren Feldspat nur äußerlich geringe Anzeichen von Verwitterung zeigt, ohne daß die Festigkeit des Gesteins dadurch in nennenswerter Weise beeinträchtigt wird.

Wesentlich anders gestalten sich aber die Verhältnisse, wenn der Feldspat bereits im Bruchgestein eine stärkere Zersetzung erlitten hat. Es ist festgestellt worden, daß Granite mit stark trüben, aber doch noch festen Feldspatkristallen bei Verwendung des Gesteins zu Hochbauten schon nach 50 Jahren eine beträchtliche Auflockerung an der Oberfläche erfahren haben.

Bei Prüfung der Wetterbeständigkeit eines granitischen Gesteins wird also in erster Linie festzustellen sein, ob der Feldspat noch vollkommen frisch ist, resp. inwieweit die Zersetzung bereits fortgeschritten ist. Hierbei ist jedoch folgendes zu beachten:

Absolut frischer Feldspat findet sich in granitischen Felsarten wie überhaupt in den älteren plutonischen Gesteinen nur selten. Selbst in den besten, erfahrungsgemäß noch durchaus wetterbeständigen Abänderungen zeigt der Feldspat bereits vielfach die Anfänge der Verwitterung, sei es, daß der zentrale Kern der Individuen eine Trübung durch pulverförmige Ausscheidungen aufweist, oder daß die gleiche Erscheinung in Form einer randlichen schwachen Zone auftritt. Ist die Feldspatsubstanz sonst völlig intakt und homogen, so darf dieser Zersetzungsgrad noch nicht als ein ungünstiger bezeichnet werden. Bedenklicher ist es, wenn der Feldspat gleichzeitig von zahlreichen Sprüngen durchsetzt oder stark zellig ist, wie dies häufiger vorkommt. Aber selbst dann bedarf es, besonders bei kompakten Graniten, einer jahrhundertelangen Einwirkung der Atmosphärien, ehe eine völlige Auflockerung der einzelnen Feldspatindividuen eintritt.

Weit häufiger ist es aber, daß der Feldspat eine beträchtlich weiter gehende Zersetzung schon im Bruchgestein zeigt. Die Substanz erscheint alsdann von mehr oder weniger zahlreichen, teils unregelmäßigen, teils zylindrischen oder wurmförmigen Hohlräumen durchsetzt, in denen sich sehr feinpulvriger Kaolin und Eisenocker abgelagert haben. Ist in dieser Weise der Feldspat in seiner ganzen Masse stark umgewandelt, so kann das Baugestein schon in 50—100 Jahren eine beträchtliche Zerstörung erfahren.

Was den Glimmer in den Graniten betrifft, so kommt derselbe für die Bestimmung der Wetterbeständigkeit des Gesteins nur in Betracht, wenn er in sehr reichlicher Menge

auftritt. Die größeren Glimmerpartien blättern durch den Frost auf, halten alsdann das Wasser längere Zeit zwischen den Lamellen fest und bewirken auf diese Weise eine stärkere Einwirkung der Atmosphärien auch auf die übrigen Gesteinsbestandteile.

Von den im Granit zahlreich vorkommenden akzessorischen Gemengteilen ist für die Verwitterungsfähigkeit des Gesteins lediglich der Eisenkies von Bedeutung. Am leichtesten wird derselbe zersetzt, wenn er mit Glimmer verwachsen ist oder zwischen den anderen Gemengteilen eingelagert vorkommt. Ist dagegen der Eisenkies vorzugsweise in Quarz eingewachsen, so hält er sich vollständig frisch, während die benachbarten freien Partien schon gänzlich in Eisenocker umgewandelt erscheinen. Die Zersetzung des Eisenkieses bewirkt zunächst, daß das Gestein sich schon nach wenigen Jahren mit rostbraunen Flecken bedeckt. Aber die bei dieser Umwandlung freiwerdende Schwefelsäure wirkt zugleich zersetzend auf die übrigen Gemengteile, insbesondere auf den Magnesiaglimmer ein, und auch der Kalknatronfeldspat wird davon angegriffen, weshalb in solchen Gesteinen der Plagioklas stets stärker zersetzt erscheint als der widerstandsfähigere Kalifeldspat.

Inwieweit der Verwitterungsgrad des Feldspats in den Graniten die Wetterbeständigkeit des Gesteins zu beeinträchtigen vermag, hängt wesentlich von dem Quarzgehalt desselben ab und von der damit in Zusammenhang stehenden Gesteinsstruktur.

Im allgemeinen lassen sich folgende Regeln für die Beurteilung granitischer Gesteine aufstellen:

1. Granite mit mehr oder weniger zersetztem Feldspat sind um so wetterbeständiger, je vollkommener der Quarz in ihnen ein zusammenhängendes Netzwerk bildet;
2. Granite mit isolierten Quarzkörnern erweisen sich nur dann als wetterbeständig, wenn der Feldspat in ihnen keinen beträchtlichen Zersetzungsgrad zeigt.

Eine besondere Berücksichtigung erheischt die kataklastische Struktur. Manche Granitstöcke haben infolge starken Gebirgsdruckes eine sehr auffällige strukturelle Zertrümmerung erfahren. Der Quarz wie auch der Feldspat zeigen nicht nur zahlreiche Sprünge, sondern die Körner sind z. T. vollständig zerstückelt und die einzelnen Teile voneinander getrennt und verschoben. Auch der Glimmer ist meist vielfach zerbrochen und ausgefasert. Hat eine nachträgliche Zementierung durch Quarzmasse stattgefunden, so werden derartige Granite immerhin noch recht gute Baumaterialien liefern können.

Mitunter sind die Spalten aber durch Kalkspat verkittet, und solche Gesteine müssen zu den minderwertigen, und falls sie eisenkieshaltig sind, zu den ganz schlechten gerechnet werden.

b) Verwitterungstypen des Feldspats in den kristallinischen Silikatgesteinen.

Da die mehr oder weniger frische Beschaffenheit des Feldspats im Bruchgestein für die Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Granite wie fast aller übrigen kristallinischen Silikatgesteine von grundlegender Bedeutung ist, so mögen hier die verschiedenen Verwitterungstypen der Feldspate im Zusammenhange erläutert werden.

In den plutonischen Gesteinen (Granit, Syenit, Diorit, Diabas usw.) zeigt der Feldspat, auch in frischem Zustande, meist eine wolkige Trübung, die, wie sich bei starker mikroskopischer Vergrößerung erkennen läßt, zurückzuführen ist 1. auf parallele oder gitterartige, kristallographisch orientierte, längliche kleine Hohlräume oder 2. auf Einlagerung fremder Substanzen wie Quarz, Glimmer, Plagioklas, Eisenglanz sowie braune bis rotbraune stabförmige Mikrolithe und Körnchen. Dagegen zeigen die Feldspate der vulkanischen Gesteine (Trachyt, Basalt, Dolerit usw.) nur selten zellige Hohlräume; sie sind in frischem Zustande vollkommen wasserklar, doch finden sich auch in ihnen sehr häufig Einlagerungen von Glaskörnchen, Augitmikrolithen usw. Die primären Interpositionen pflegen von scharf begrenzter Form zu sein und zeigen häufig eine regelmäßige Anordnung, indem sie entweder als zentrale Anhäufung oder als schalenförmige Umhüllung auftreten.

Feldspate, welche lediglich durch mikroskopische Hohlräume oder primäre Interpositionen getrübt erscheinen, deren Masse aber an sich klar ist und im polarisierten Licht eine einheitliche Interferenzfarbe aufweist, dürfen als durchaus wetterbeständige Gemengteile der kristallinischen Silikatgesteine betrachtet werden.

Wesentlich anders als die primären Interpositionen verhalten sich die durch Umwandlung entstandenen Einlagerungen. Dieselben zeigen meist eine unscharfe Begrenzung und bilden unregelmäßige Anhäufungen in der mehr oder weniger trübe gewordenen Feldspatmasse.

Dabei kann die Zersetzungserscheinung entweder im Innern oder an der Oberfläche des Kristalls bzw. entlang den Spalten und Sprüngen desselben auftreten. Die erstere Erscheinung ist wohl zurückzuführen auf die Wirkung der in den Poren ursprünglich ein-

geschlossenen Flüssigkeit wie Wasser und flüssige Kohlensäure. Diese zentrale Umwandlung bedingt an und für sich kein weiteres Fortschreiten der Zersetzung, da die in den Hohlräumen tätig gewesen Agenzien in ihrer Wirksamkeit erschöpft sind. Granite und andere kristallinische Gesteine, welche derartig beschaffenen Feldspat enthalten, haben sich als durchaus wetterbeständig bewährt.

Die von außen her begonnene Zersetzung der Feldspatkörner wurde dagegen durch das Eindringen von Gebirgsfeuchtigkeit verursacht, und der einmal eingeleitete Zersetzungsprozeß schreitet auch im Baugestein kontinuierlich und um so schneller fort, je mehr der Feldspat von Poren oder Sprüngen durchzogen wird, bzw. je stärker die Auflockerung des Feldspats bereits im Bruchgestein vorgeschritten ist.

Als sekundäre Ausscheidungen sind hierbei beobachtet werden:

Eisenoxyd, Eisenhydroxyd, Kaolin und Kieselsäure; bei Gesteinen, welche zu Wasserbauten Verwendung gefunden hatten, auch zeolithische Substanzen.

Im allgemeinen zeigen die Verwitterungstypen der Feldspate im Polarisationsmikroskop folgende Erscheinungen:

- | | | |
|---|--|---|
| 1. Homogene Interferenzfarbe, ohne erhebliche Trübung durch sekundäre Ausscheidungen; | Typ. Ia, ohne Spalt-
risse bzw. Poren.
Typ. Ib, mit mehr od.
wenig reichl. Spalt-
rissen bzw. Poren. | Verhältnisse a und b
wie oben.

Verhältnisse a, b
und c wie oben. |
| 2. Homogene Interferenzfarbe, bei ziemlich starker Trübung durch sekundäre Ausscheidungen; | Typ. II | |
| 3. Homogene Interferenzfarbe, bei starker Trübung durch sekundäre Ausscheidungen; | Typ. III | |
| 4. Homogene Interferenzfarbe, bei sehr starker Trübung durch sekundäre Ausscheidungen; | Typ. IV
c stark
zerklüftet. | |
| 5. Schwache Aggregatpolarisation, bei mäßiger Aussch. v. Verwitterungsprodukten; | Typ. V | |
| 6. Ziemlich starke Aggregatpolarisation, bei reichlicher Ausscheidung von Verwitterungsprodukten; | Typ. VI | |
| 7. Starke Aggregatpol., bei sehr reichlicher Ausscheidung von Verwitterungsprodukten; | Typ. VIIa, geringe
Zerklüftung,
Typ. VIIb, vollständ.
Auflockerung. | |

Die Feldspat-Typen I und IIa, b finden sich bei den besten Graniten; Typ. III, IV, V und VI vermag die Wetterbeständigkeit des Gesteins schon mehr oder weniger stark zu beeinträchtigen; Typ. VII charakterisiert die schlechten bis gänzlich unbrauchbaren Gesteine.

c) Tektonische Ausbildung der granitischen Gesteinsmassen.

Neben den hier dargelegten strukturellen Eigenschaften der Granite und dem Ver-

witterungsgrade des Bruchmaterials kommen für die Beurteilung der Wetterbeständigkeit desselben unter Umständen noch andere Verhältnisse in Betracht, welche nicht übersehen werden dürfen, wenn ein zutreffendes Urteil über die Qualität des Gesteins gewonnen werden soll.

Es sind dies die im großen ausgebildeten tektonischen Verhältnisse, deren Feststellung nur durch Untersuchung des Bruchgesteins an Ort und Stelle bewirkt werden kann. Infolge von Gebirgsdruck, dann aber auch durch Kontraktion der Gesteinsmasse nach ihrer Erstarrung zeigt der Granit wie die meisten plutonischen Felsarten teils in größeren Entfernungen voneinander auftretende regelmäßige Klüfte, teils anderweitige Ablösungsformen, die man als plattenförmige, bankförmige, säulen- oder pfeilerförmige, parallelepipedische und unregelmäßig polyedrische unterscheidet.

Diese Gliederung der Gesteinsmasse kann jedoch durch den Einfluß der Atmosphärien eine weitere Differenzierung in der Weise erfahren, daß größere Ablösungsmassen bei fortschreitender Verwitterung in immer kleinere, konforme Partien zerteilt werden. So gehen z. B. bankartige Granite bei weiterer Verwitterung in plattenförmige über, und diese zerfallen allmählich zu schiefbrigem oder blättrigem Gruß. Es darf nach den vorliegenden Erfahrungen angenommen werden, daß Granite, welche in besonders ausgeprägter Weise zur Ausbildung solcher Ablösungsformen neigen, der zerstörenden Wirkung der Atmosphärien einen geringeren Widerstand entgegensetzen als völlig kompakte Abänderungen des Gesteins.

Da übrigens der Granit in der Nähe der Ablösungsflächen stärker zersetzt zu sein pflegt als im Innern, so ist bei Bearbeitung der Werksteine eine besondere Vorsicht geboten. Wird die Ablösungsfläche nicht bis zu genügender Tiefe entfernt, dann schreitet der in der Erdrinde eingeleitete Verwitterungsprozeß auch im Bauwerk verhältnismäßig schnell fort. So wurde z. B. zur Bekleidung des Sockels am Hauptgebäude der Technischen Hochschule zu Charlottenburg Plattengranit aus der Umgegend von Kamenz verwendet. An einigen dieser Platten, an welchen die obere Schicht nur wenig abgearbeitet worden war, machte sich schon nach wenigen Jahren eine beträchtliche Abblätterung bemerkbar, während andere sich bis jetzt gut gehalten haben. Bemerkenswert ist es, daß die erwähnte Zerstörung selbst an solchen Platten auftrat, welche zur Wandbekleidung der gedeckten Vorhalle Verwendung gefunden hatten und demnach der unmittelbaren Wir-

kung der Witterungseinflüsse nicht ausgesetzt waren.

d) Porosität und Wasseraufsaugung.

Die Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit der Granite ist abhängig:

1. von der mehr oder weniger kompakten Kornbindung bzw. dem Auftreten von Hohlräumen in der Gesteinsmasse;
2. von dem Gehalt an Glimmer;
3. von dem Zersetzungsgrad des Gesteins, insbesondere des Feldspats in demselben.

Bei kompakten, frischen, glimmerarmen Graniten ist der Porositätskoeffizient P meist nicht beträchtlich höher als 1,5 und die Wasseraufsaugung unter gewöhnlichem Druck in der Regel geringer als 0,5 Gew.-Proz. Zeigt der Feldspat jedoch einen merklichen Verwitterungsgrad, so kann sich P um $\frac{1}{3}$, bei stärkerer Verwitterung sogar um das Doppelte erhöhen. Im allgemeinen steigt hierbei auch der Sättigungskoeffizient S , aber nicht immer in solchem Maße, daß dadurch die Frostbeständigkeit des Gesteins in erheblichem Maße beeinträchtigt wird. Erst wenn der Porositätskoeffizient durch die Verwitterung sich um mehr als das Doppelte erhöht, pflegt auch S den kritischen Wert von 0,8 zu überschreiten.

Die für die Wetterbeständigkeits-Prüfung der Granite in Betracht kommenden Gesteinseigenschaften sind nach dem Vorstehenden folgende:

1. Körnung des Gesteins (grob- bis feinkörnig);
2. Gefüge der Körnung (kompakt bis locker bzw. kavernös);
3. Quantitätsverhältnis von Quarz und Feldspat;
4. Morphologische Ausbildung des Quarzes (in zusammenhängenden Schnüren bis isolierten Körnern);
5. Verwitterungsgrad des Feldspats (siehe S. 467);
6. Mengenverhältnis des Glimmers;
7. Gehalt an Eisenkies;
8. Porositätsgrad bzw. Wasseraufsaugungsvermögen;
9. Sättigungskoeffizient;
10. Tektonische Ausbildung (s. S. 467, 68).

7. Porphy.

a) Mikrostruktur und Verwitterbarkeit.

Die Wetterbeständigkeit der Porphyre ist in erster Linie abhängig von der strukturellen und substanzialen Beschaffenheit ihrer Grundmasse bzw. dem Zersetzungsgrad derselben

im Bruchgestein. Nach ihrer Struktur unterscheidet man mikrokristallinische (granophyrische) und kryptokristallinische bzw. hornsteinartige (felsophyrische) Grundmassen. Bei starker Zersetzung und Umwandlung derselben zu einer lockeren, mehr oder weniger erdigen Substanz geht das Gestein in den Tonsteinporphyr über.

1. Porphyre mit mikrokristallinischer Grundmasse.

Dieselbe bildet bei den quarzführenden Porphyren ein unregelmäßiges, mikrogranulöses, seltener ein mikropegmatitisches Aggregat von Feldspat und Quarz, z. T. mit untergeordnetem Glimmer bzw. Amphibol.

Gesteine dieser Art sind im allgemeinen von bedeutender Wetterfestigkeit, und zwar in um so höherem Grade, je reichlicher der Quarzgehalt und je frischer der Feldspat ist. Bei vorherrschendem Quarz kann das Gestein noch ein recht gutes Baumaterial liefern, wenn auch der Feldspat bereits deutliche Spuren der Verwitterung zeigt. Ist der Feldspat dagegen vorherrschend, so bildet die frische Beschaffenheit desselben die Vorbedingung für die Wetterbeständigkeit des Gesteins. Aber auch hier gilt von dem Verwitterungsgrade des Feldspats das, was S. 467 bei den granitischen Gesteinen ausgeführt worden ist. Die trübe Beschaffenheit der Feldspatsubstanz darf, falls dieselbe nicht zugleich auch eine beträchtliche Härteverminderung aufweist, als ein erheblicher Zersetzungsgrad nicht betrachtet werden, denn die Erfahrung lehrt, daß Gesteine von solcher Beschaffenheit sich in mehrere Jahrhunderte alten Bauwerken noch vortrefflich erhalten haben.

Von besonderer Bedeutung für die Wetterbeständigkeit solcher Porphyre, deren Grundmasse im Bruchgestein nicht mehr vollkommen frisch erscheint, ist die Silifizierung derselben, wie sie unter Umständen aus der Feldspatzersetzung resultiert. Während in porösen Gesteinen die hierbei abgeschiedene Kieselsäure durch die alkalihaltigen Sickerwässer meist ausgelaugt wird, bleibt sie in Gesteinen mit sehr dichtem Gefüge in Form von Opal oder Quarz zurück und durchdringt so die zersetzte Felsmasse, indem sie dieselbe wieder fest und wetterbeständig macht¹⁾. Solche Gesteine dürfen, falls sie durch die Silifizierung eine genügende Härte und Festigkeit erlangt

¹⁾ Ob in allen Fällen die Silifizierung der Porphyre in der gedachten Weise zu erklären ist, mag dahingestellt bleiben. Vielfach läßt sich aber die authigene Natur der Quarzbildung aus den Strukturverhältnissen des Gesteins mit Sicherheit nachweisen.

haben, als ziemlich gute Baumaterialien betrachtet werden.

Ein Gehalt an Eisenkies ist bei den Porphyren mit frischer und zumal quarzreicher, kompakter Grundmasse ohne erheblichen Einfluß auf deren Wetterbeständigkeit. Zeigt der Feldspat aber bereits einen beträchtlichen Verwitterungsgrad, und ist das Gefüge der Grundmasse dadurch etwas gelockert, so wird ein größerer Eisenkiesgehalt die Dauerhaftigkeit des Gesteins nicht unerheblich vermindern.

Bei den quarzfreien bzw. quarzarmen Porphyren besteht die Grundmasse vorzugsweise aus säulen- oder leistenförmigen Feldspatkristallen, zwischen denen Hornblende bzw. Augit, meist stark zersetzt, oder auch sehr untergeordnet Quarz eingelagert ist. Die Bewertung solcher Gesteine richtet sich lediglich nach der frischen Beschaffenheit bzw. dem Zersetzungsgrade des feldspatigen Gemengteils.

2. Porphyre mit kryptokristalliner bis dichter (hornsteinartiger) Grundmasse.

Die kryptokristallin ausgebildete Grundmasse, welche dem bloßen Auge durchaus dicht erscheint, löst sich unter dem Mikroskop in eine unvollkommen granulös ausgebildete Masse auf, deren Körnchen nur stellenweise scharfe Umrisse zeigen, während ihre Abgrenzungen sonst allmählich ineinander verschwimmen. Die deutliche, z. T. sogar starke Wirkung, welche diese kryptokristallinen Gebilde auf das polarisierte Licht ausüben, läßt diese Strukturform leicht von den amorphen Bildungen unterscheiden. Noch häufiger als in den mikrokristallinen Grundmassen finden sich hier Kieselinfiltrationen, welche unter dem Mikroskop im polarisierten Licht als unscharf begrenzte, blaugraue Flecken hervortreten, so daß die Grundmasse eigentümlich getupft erscheint. Lassen sich schon dadurch die silifizierten Porphyre leicht erkennen, so liefert die Härteprüfung des Gesteins wie andererseits die Bestimmung seiner Erweichungsfähigkeit in Wasser einen weiteren Anhalt für die Beurteilung des Silifizierungsgrades.

Derartige, stark kieselige Gesteine gehören zu den vorzüglich wetterbeständigen Baumaterialien, und derselben Qualitätsklasse sind die Porphyre mit hornsteinähnlicher Grundmasse zuzuzählen. Letztere erscheint unter dem Mikroskop im allgemeinen vollkommen dicht und nur vereinzelte Körnchen pflegen im polarisierten Licht hervorzutreten.

Nicht selten finden sich in der Grundmasse, namentlich bei kryptokristalliner und hornsteinartiger Ausbildung derselben, glasige Bestandteile, welche bei reichlichem Auftreten

die Qualität des Gesteins nach den bisherigen Erfahrungen ungünstig beeinflussen. Es läßt sich annehmen, daß dies in um so höherem Grade der Fall ist, je basischer und zugleich eisenreicher die Glassubstanz ist²⁾.

Ist die Grundmasse wetterbeständig, während die Einsprenglinge von Feldspat infolge starker Risse oder wegen beträchtlicher Zersetzung im Bruchgestein der Verwitterung unterliegen, so wird dadurch lediglich eine höhlige Ausnagung an der Gesteinsoberfläche entstehen, durch welche der Zusammenhang der Gesamtmasse nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Nur wenn Einsprenglinge von angewittertem Feldspat in sehr reichlicher Menge und von grobkörniger Ausbildung auftreten, kann dadurch die Qualität des Gesteins erheblich vermindert werden.

b) Porosität und Wasseraufsaugung.

Die Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit der Porphyre ist sowohl von der Struktur der Grundmasse als auch von dem Zersetzungsgrade der Bestandteile in derselben, wie namentlich des Feldspats, abhängig. Bei frischen Gesteinen guter Qualität schwankt der Porositätskoeffizient P zwischen 3 und 10, die Wasseraufsaugung unter gewöhnlichem Druck zwischen 0,9 und 3,5 Gew.-Proz. Für wetterbeständige Gesteine ändern sich diese Verhältnisse selbst in jahrhundertealten Baumaterialien nur in geringfügigem Maße. Ist der Porphyr jedoch stark verwittert, so steigen die betreffenden Zahlenwerte sehr erheblich und können bei toniger Beschaffenheit des Gesteins sich um mehr als das Doppelte erhöhen.

c) Chemische Untersuchung der Porphyre.

Die chemische Untersuchung dient insofern zur Ergänzung der übrigen Prüfungsmethoden, als dadurch der Zersetzungsgrad des Feldspats, namentlich in der Grundmasse, näherungsweise festgestellt werden kann. Zu diesem Zweck wird das feine Gesteinspulver zehn Stunden mit konzentrierter Schwefelsäure gekocht, wobei der größte Teil der durch Verwitterung entstandenen Tonsubstanz in Lösung geht. Die Zuverlässigkeit dieser Bestimmung wird dadurch beeinträchtigt, daß die kalkreichen Feldspate sowie Hornblende, Augit und Biotit ebenfalls von der Säure angegriffen werden, doch ist die Zersetzbarkeit dieser Mineralien in frischem Zustande so viel ge-

ringer als die der Tonsubstanz, daß die letztere die überwiegende Menge des analytisch bestimmten Aluminiumoxyds liefert. Auch der Wassergehalt in dem getrockneten Pulver des Gesteins liefert einen Anhalt für den Zersetzungsgrad desselben. Die ausgeführten Analysen ergaben folgendes Resultat:

Qualitätsklasse des Gesteins:	Al ₂ O ₃ durchkonz. säure zersetzt: Gew.-Proz.	Schwefel- Glühverlust: Gew.-Proz.
I—II	0,58 — 2,03	0,9 — 2,6
III—IV	3,08 — 8,12	2,9 — 3,32
V	12,01—14,23	6,03—6,51

Die für die Wetterbeständigkeits-Prüfung der Porphyre in Betracht kommenden Gesteinseigenschaften sind hiernach folgende:

1. Beschaffenheit der Grundmasse;
 - a) Mineralogische Zusammensetzung (felsitisch, aphanitisch, melaphyrisch);
 - b) Morphologische Ausbildung (kristallinisch bis amorph);
 - c) Gehalt an glasiger Substanz;
 - d) Silifizierungsgrad;
 - e) Zersetzungsgrad;
 - f) Gehalt an Eisenkies;
2. Einsprenglinge (Art, Mengenverhältnis und Verwitterungsgrad);
3. Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit;
4. Erweichung in Wasser;
5. Sättigungskoeffizient.

8. Trachyt, Rhyolit und Andesit.

Mikrostruktur und Bedingungen der Wetterbeständigkeit.

Da diese Gesteinsgruppe im allgemeinen eine porphyrische Ausbildung zeigt, so ist bei der Qualitätsbestimmung zwischen der Beschaffenheit der Grundmasse und der der größeren Ausscheidungen zu unterscheiden. Für die Grundmasse, deren Zusammensetzung und Struktur vorzugsweise für die Wetterbeständigkeit der betreffenden Gesteine maßgebend ist, lassen sich folgende Haupttypen aufstellen³⁾:

1. Die Grundmasse ist kleinkörnig mit durchweg scharfer, kristallinischer Ausbildung der Gemengteile. Diese Strukturform tritt bei erstklassigen Gesteinen auf, und es erweisen sich namentlich die Rhyolithe bei solcher Ausbildung und größerem Quarzgehalt als vorzüglich wetterbeständig. So ist z. B. das Baugestein der ca. 1100 Jahre alten Ruine

³⁾ Die nachstehenden Ausführungen stützen sich vorzugsweise auf die Untersuchung der Trachyte, Rhyolithe und Andesite des Siebengebirges, und da hierfür nur Proben von 13 älteren Bauwerken zur Verfügung standen, so bedarf es hinsichtlich Verallgemeinerung der gewonnenen Resultate noch weiterer Erhebungen.

²⁾ Über die mikrochemische Untersuchung der Glassubstanz in Gesteinen siehe die Ausführungen S. 473 bei dem Abschnitt über Basalt.

der „Pfalz“ zu Kaiserswerth noch von verhältnismäßig sehr guter Erhaltung.

2. Die feinkörnige bis feinkörnige Grundmasse zeigt eine verschwommene Umgrenzung der vorherrschenden Sanidinkristalle, zwischen denen untergeordnet eine mikrokristalline bis dichte Zwischenmasse eingelagert ist. Gesteine dieser Art sind, insbesondere wenn sie von lockerem, tuffartigem Gefüge sind, von erheblich geringerer Wetterbeständigkeit als die des ersteren Typus. Für Renovationsarbeiten am Kölner Dom sind solche Gesteine verwendet worden, die bereits nach 15 Jahren starke Auswitterungen und Abblätterungen zeigten.

Bei den beiden vorgenannten Ausbildungsformen können die Gemengteile entweder regellos angeordnet sein oder eine sog. Fluidalstruktur zeigen. Gesteine der letzteren Art lassen die Neigung zu schiefrieger Verwitterung erkennen und erfahren unter Umständen stärkere Abblätterungen.

3. Die Grundmasse ist z. T. mikrokristallin ausgebildet, z. T. aber besteht sie aus einer emailartigen bis glasigen Basis. Solche Gesteine sind nur von mittlerer Wetterbeständigkeit, und falls die glasige Masse bimssteinartig porös erscheint, erweisen sie sich als durchaus unbeständige Baumaterialien.

Ist die Grundmasse vollkommen emailartig, so pflegt das Gestein bereits im Bruch eine so starke Zerklüftung zu zeigen, daß es schon aus diesem Grunde keine bautechnische Verwendung findet.

Zwischen diesen Haupttypen der Grundmasse finden sich mannigfache Übergangsformen, deren Wetterbeständigkeitsgrade zwischen denen der Haupttypen liegen.

Was die Einsprenglinge (Sanidin, Plagioklas, Hornblende) betrifft, so ist namentlich der Sanidin oftmals in sehr großen tafelförmigen Kristallen ausgeschieden, welche bis zu 4 cm Durchmesser erreichen können, und solche Gesteine haben den Nachteil, daß infolge des leichten Herauswitterns der gedachten Kristalle tiefe Löcher in der mitunter noch gut erhaltenen Grundmasse entstehen. Es eignen sich deshalb derartige Trachyte, selbst wenn die Grundmasse wetterbeständig erscheint, nicht zur Herstellung ornamentaler Bauglieder⁴⁾. Einen beträchtlich

⁴⁾ Es ist bemerkenswert, daß die ausgewitterten Sanidinkristalle häufig noch vollkommen frisch erscheinen. Durch den Einfluß der Atmosphären wird meistens nur der Zusammenhang zwischen der Grundmasse und den Einsprenglingen gelöst. Eine solche Erscheinung beobachtet man bei den eigentlichen Porphyren in der Regel nicht, weil hier die Grundmasse aufs innigste mit den Einsprenglingen verwachsen, ja förmlich verschmolzen ist, und oftmals dringt die mikrokristalline Grundmasse buchtenartig in die Feldspatkristalle ein. Ganz

festere Zusammenhang mit der Grundmasse haben die Ausscheidungen von Hornblende, und Trachyte, welche lediglich dieses Mineral als Einsprenglinge führen, pflegen die üble Eigenschaft der löcherigen Auswitterung nicht zu zeigen.

Für Wasserbauten haben sich die rheinischen Vorkommnisse der trachytischen Gesteine, nach den vorliegenden Berichten, nicht bewährt. Die bisherigen Erfahrungen erstrecken sich jedoch lediglich auf die Ausbildungsformen mit lockerem Gefüge (Trachyt vom Drachenfels usw.) und können deshalb eine allgemeine Geltung nicht beanspruchen. Es läßt sich vielmehr annehmen, daß die kompakten, mikrokristallinen Gesteine dieser Gruppe, falls ihr Sättigungskoeffizient den zulässigen Wert nicht übersteigt, auch für Wasserbauten ein durchaus wetterfestes Material bilden.

Die für die Wetterbeständigkeits-Prüfung der trachytischen Gesteine in Betracht kommenden Gesteinseigenschaften sind nach dem Vorstehenden folgende:

1. Beschaffenheit der Grundmasse;
 - a) Mineralogische Zusammensetzung;
 - b) Morphologische Ausbildung (rein kristallinisch, z. T. mikrokristallin bzw. glasig oder bimssteinartig);
 - c) Dichtigkeit des Gefüges (kompakt, mehr oder weniger locker);
 - d) Zersetzungsgrad der Bestandteile;
2. Einsprenglinge (Art, Mengenverhältnis und Verwitterungsgrad);
3. Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit;
4. Erweichung in Wasser;
5. Sättigungskoeffizient.

9. Basalt.

a) Mikrostruktur und Bedingungen der Wetterbeständigkeit.

Ogleich die Mikrostruktur der Basalte überaus mannigfaltig entwickelt ist, so dürfte für die technische Gesteinsprüfung nach den bisherigen Erfahrungen doch die Unterscheidung der folgenden Haupttypen genügen:

anders ist die Erscheinung bei den Trachyten. Zerschlägt man das Gestein, so fallen die Kristalle häufig mit spiegelnden Flächen heraus, und die Grundmasse zeigt einen glattflächigen Kristallabdruck. Man darf wohl annehmen, daß infolge der Kontraktion beim Erstarren des vulkanischen Gesteins sich zwischen den Einsprenglingen und der Grundmasse eine geringfügige Ablösungsfuge bildet, und daß dann, infolge kapillarer Wasseraufsaugung, eine Verwitterung in dem feinkörnigen Gestein rings um den Kristall stattfindet, bis derselbe völlig gelockert wird.

a) Mikrostruktur der Grundmasse.

Typ. I. Gleichmäßig kristallinisch-mittelkörnig ohne wahrnehmbare amorphe Basis.

Typ. II. Mikroskopisch sehr feinkörnig, vollkommen kristallin oder doch nur mit sehr untergeordneter amorpher Basis.

Typ. III. Vorwiegend aus größeren Kristallen bestehend, zwischen denen eine spärliche amorphe Basis eingeklemmt erscheint.

Typ. IV. Überwiegend aus kristallinen Gemengteilen bestehend, jedoch auch in beträchtlicher Menge eine farblose bis braun gefärbte amorphe Basis enthaltend, die entweder rein glasig ist oder netzartig angeordnete Trichite und dunkle Körner einschließt.

Typ. V. Vorwiegend amorph, und zwar entweder rein glasig oder mit Trichiten und dunklen Körnern durchwachsen.

b) Ausbildung des Augits in der Grundmasse.

Von wesentlichem Einfluß auf die Mikrostruktur des Gesteins und damit auf seine Wetterbeständigkeit ist die Ausbildung des augitischen Bestandteils, der in folgenden Formen auftreten kann:

- a) dispersant, d. h. in isolierten Kristallkörnern;
- b) symplektisch, d. h. als zusammenhängendes Kristall-Maschenwerk;
- c) syndetisch, d. h. als untergeordnete, aber zusammenhängende Zwischenmasse die vorherrschenden Gemengteile verbindend.

c) Mengenverhältnis der Grundmasse zu den größeren Kristallausscheidungen.

Typ. I. Grundmasse zwischen den größeren Kristallausscheidungen in spärlicher Menge eingeklemmt.

Typ. II. Desgl. in reichlicher Menge.

Typ. III. Grundmasse untergeordnet, aber zusammenhängend die isolierten Kristallausscheidungen umschließend.

Typ. IV. Grundmasse ziemlich reichlich, sonst wie III.

Typ. V. Grundmasse sehr reichlich, sonst wie III.

Die meisten Basaltvorkommnisse und fast ausnahmslos die augitreichen glasfreien Feldspatbasalte gehören zu den festesten und wetterbeständigsten natürlichen Gesteinen. Selbst an 6—700 Jahre alten Bauwerken ist die Verwitterungsrinde solcher Basalte kaum 1—2 mm stark und trotz der auf Zersetzung des augitischen Gemengteils hindeutenden hellgrauen Farbe noch von beträchtlicher Festigkeit. Auch die Basaltlava zeigt

selbst in ihren stark porösen Abänderungen bei Verwendung zu Hochbauten eine den kompakten Abänderungen nur wenig nachstehende Wetterbeständigkeit. So weist z. B. das bekannte Gestein von Niedermendig an glatten Mauerflächen von 600 Jahre alten Bauwerken eine nur unbedeutende Verwitterungsrinde auf, während es im Innern noch vollkommen hart und fest ist. Ein anderes Vorkommen aus der Nähe von Homburg v. d. H., welches zu dem ca. 1700 Jahre alten Römerkastell der Saalburg verwendet worden ist, erscheint zwar auch im Innern gleichmäßig hellgrau gefärbt und zeigt in den Poren ziemlich reichliche sekundäre Mineralbildungen, erweist sich aber trotzdem noch von namhafter Festigkeit.

Beträchtlich geringer ist dagegen die Wetterbeständigkeit der meisten Basalte, wie namentlich der Basaltlaven, bei ihrer Verwendung zu Wasserbauten⁵⁾. Die Verwitterungsrinde ist hier beträchtlich stärker und dabei stets weich und tonig. Überdies aber wird das Gestein leicht rissig bzw. stark brüchlig; ja manche Vorkommnisse zerspringen in verhältnismäßig kurzer Zeit, namentlich in Höhe des veränderlichen Wasserstandes, durch Frostwirkung, wie auch infolge starker Sonnenbestrahlung. In vermindertem Grade läßt sich diese Wirkung auch an exponierten Architekturteilen von Hochbauten beobachten. So zeigte z. B. die Niedermendig Basaltlava, welche sich, wie oben erwähnt, an glatten Mauerflächen vortrefflich bewährt hat, an Gesimsen, Kragsteinen usw. schon nach 40—50 Jahren beträchtliche Verwitterungserscheinungen und bei Verwendung zu Wasserbauten bereits nach 38 Jahren sehr erhebliche Frostschäden.

Den größten Prozentsatz an wetterfesten Materialien liefern, wie bereits bemerkt, die Feldspatbasalte, und unter diesen zeichnen sich durch ihren hohen Beständigkeitsgrad namentlich diejenigen Abänderungen aus, welche von gleichartigem mikrokristallinischem Gefüge sind, frei von glasigen Bestandteilen, mit vorwaltendem Augit in symplexer Ausbildung, oder welche bei geringerem Gehalt

⁵⁾ Von den zur Untersuchung eingesandten Basalten haben sich bei ihrer Verwendung zu Hochbauten 85 Proz. als vorzüglich wetterfest und der Rest von 15 Proz. als ziemlich gut erwiesen, während bei der Verwendung des Materials zu Wasserbauten folgendes Verhältnis statthat: ca. 35 Proz. zeigten sich auch in Wasser vortrefflich haltbar, 15 Proz. als mittelmäßig und 50 Proz. als unbeständig. Wenn auch die Zahl der hier vorliegenden Erhebungen über die zu Wasserbauten verwendeten Basaltgesteine keine sehr beträchtliche ist, so dürften die bisherigen Erfahrungen doch zu besonderer Vorsicht bei Auswahl des Materials für den gedachten Zweck veranlassen.

an Augit diesen in syndetischer Form enthalten. Ein reichlicher Gehalt an Glassubstanz verringert die Qualität des Basalts in sehr beträchtlichem Grade, sei es, daß das Gestein dadurch zur Zerklüftung neigt oder aber bei stark basischer Beschaffenheit der Glassubstanz der chemischen Wirkung der Atmosphärien leichter unterliegt.

Auch die Nephelin-, Leuzit- und Melilithbasalte erweisen sich z. T. als äußerst wetterbeständige Bausteine, vorausgesetzt, daß die Bestandteile keine namhafte Zersetzung in der Erdrinde erfahren haben, und der Augit in symplexer oder in syndetischer Form auftritt. Die Glassubstanz fehlt diesen Abänderungen in der Regel gänzlich oder ist doch nur sehr untergeordnet vorhanden, ein Umstand, welcher wesentlich dazu beiträgt, den Beständigkeitsgrad dieser Basaltvarietäten zu erhöhen. Da Nephelin, Leuzit und Melilith beträchtlich leichter zersetzbar sind als Plagioklas, so ist ihre durchaus frische Beschaffenheit im Bruchgestein von besonderer Wichtigkeit für die Wetterfestigkeit des Materials, wie andererseits ein vorwaltender Augitgehalt in der obenerwähnten günstigen Strukturform hier von noch größerer Bedeutung ist als bei den Feldspatbasalten.

b) *Chemische Zusammensetzung der Basalte und Verwitterbarkeit ihrer Gemengteile.*

Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden sich die Leuzit- und Nephelinbasalte namentlich durch ihren größeren Alkaligehalt von den Feldspatbasalten. Die kalireichsten sind die Leuzitbasalte, die natronreichsten die Nephelinbasalte. Ein namhafter Unterschied in der Zusammensetzung der Basalte und Basaltlaven tritt nicht hervor.

Hinsichtlich des chemischen Verwitterungsprozesses ist die Basaltuntersuchung in mehrfacher Hinsicht von Interesse. Zu den Bestandteilen dieser Gesteine gehört eine Anzahl von Mineralien, welche der chemischen Wirkung der Atmosphärien in höherem Grade zugänglich sind als die Silikate der plutonischen Gesteine, nämlich: Nephelin, Leuzit, Olivin, Melilith, Hauyn und Nosean. Dabei ist das Gefüge, namentlich in den Basaltlaven, grobporig bis kavernös, eine Eigenschaft, welche in erhöhtem Maße der chemischen Einwirkung der Atmosphärien Vorschub leistet. Trotzdem finden wir, daß ein großer Teil der betreffenden Gesteine in 7—800 Jahre alten Bauwerken nur eine sehr geringe Verwitterungsrinde aufweist, während die Festigkeit des Gesteins im Innern keine erhebliche Einbuße erlitten hat. In allen Fällen aber, in denen eine bedeutendere

chemische Zersetzung zu beobachten war, konnte festgestellt werden, daß das Gestein bereits in der Erdrinde eine beträchtliche Zersetzung seines Gehalts an Leuzit, Nephelin bzw. Feldspat erlitten hatte, oder daß es der reichliche Gehalt an glasiger Substanz war, deren Zerstörung die Bildung einer stärkeren Verwitterungsrinde verursacht hatte.

Chemisches Verhalten und Wetterbeständigkeit der glasigen Substanzen.

Es wurde bereits hervorgehoben, daß die Glassubstanz in den Basalten als ein auf die Wetterbeständigkeit des Gesteins ungünstig wirkender Bestandteil zu betrachten ist, welcher einerseits die Zerklüftung des Gesteins begünstigt, andererseits aber der chemischen Verwitterung Vorschub leistet. In letzterer Hinsicht zeigen aber die glasartigen Gemengteile ein sehr verschiedenes Verhalten, das augenscheinlich mit dem Grade ihrer Basizität zusammenhängt. Manche farblose und auch braun gefärbte glasige Substanzen der Basalte verhalten sich ziemlich widerstandsfähig gegen Salzsäure, während andere nicht nur in verdünnter Salzsäure, sondern auch in Essigsäure unter Abscheidung gelatinöser Kieselsäure leicht zersetzbar sind. Namentlich ist dies der Fall bei den natronreichen Gläsern, die in ihrer Zusammensetzung nahezu dem Nephelin entsprechen und, mit HCl behandelt, beim Eintrocknen kleine Würfelchen von Chlornatrium bilden. Bemerkenswert ist es, daß in manchen Basalten leicht und schwer zersetzbare Glassubstanzen nebeneinander vorkommen.

Nach den bisherigen Erfahrungen gewährt die Prüfung mit Salzsäure einen Anhalt für die Bestimmung der Verwitterbarkeit der Glasbasis, indem die leicht zersetzbaren und demnach basischeren Abänderungen derselben schneller verwittern als die von HCl schwerer angreifbaren. Bei der chemischen Prüfung glashaltiger Basalte kann man in der Weise verfahren, daß man den Dünnschliff mit heißer Salzsäure behandelt und danach mikroskopisch feststellt, ob ein Anätzen der Glasbasis stattgefunden hat, oder indem man das Gesteinspulver mit Säure behandelt und den unzersetzten Rückstand mikroskopisch auf die Anwesenheit von Glaspartikeln untersucht. Letztere lassen sich im polarisierten Licht von den übrigen Gemengteilen leicht unterscheiden, da sie bei gekreuzten Nicols in jeder Lage völlige Auslöschung zeigen.

Die Verwitterungsrinde der Basalte ist entweder hellgrau, gelb oder rostbraun gefärbt. Es wird im allgemeinen angenommen, daß die dunklere Färbung von der Zersetzung der in dem Basalt reichlich eingelagerten

Magneteisenkörnchen herrührt. Insoweit es sich um eine in geologischen Perioden entstandene Verwitterung handelt, ist diese Annahme unter Umständen zutreffend, nicht aber für die in verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitten entstandene rostbraune Rinde an Bausteinen. Denn das Magneteisen gehört tatsächlich zu den äußerst schwer durch die Atmosphären zersetzbaren Mineralien⁶⁾, und man findet denn auch innerhalb der braunen Rinde der Bausteine die Magneteisenkörnchen noch in durchaus frischem Zustande erhalten. Es darf daher angenommen werden, daß hier die Bildung der dunklen Rinde lediglich auf die Verwitterung der leicht zersetzbaren, eisenhaltigen Glasbasis zurückzuführen ist.

c) *Die Frostwirkung und Sonnenwirkung auf basaltische Gesteine.*

Wie schon erwähnt wurde, zeigen viele Basalte, namentlich bei ihrer Verwendung zu Wasserbauten, die Neigung zu zerklüften. Wohl zum größten Teil ist diese Erscheinung der Frostwirkung zuzuschreiben. Obgleich der Basalt meistens ein überaus dichtes Gezüge besitzt, steigt der Porositätskoeffizient doch in manchen durchaus kompakten Abänderungen bis auf 3, und da zwischen diesen und den porösen Basaltlaven, welche einen Porositätskoeffizienten bis zu 23 aufweisen, vielfache Übergänge vorhanden sind, so kommen auch ziemlich dichte Abänderungen von beträchtlichem Wasseraufsaugungsvermögen vor. Der Sättigungskoeffizient, welcher bei den frostbeständigen Basalten zwischen 0,4 und 0,6 schwankt, steigt bei den frostunbeständigen bis auf 0,9, und es wird der Maximalgrad der Wasseraufsaugung bei Verwendung des Materials zu Wasserbauten auch tatsächlich erreicht.

In allen den Fällen aber, in welchen bei niedrigem Sättigungskoeffizienten ein Zerspringen des Gesteins beobachtet wird, muß diese Erscheinung auf die Wirkung der Sonnenwärme zurückgeführt werden, welche hier, wegen der dunklen Farbe des Gesteins,

⁶⁾ Um die Zersetzbarkeit des Magneteisens zu prüfen, wurden verschiedene Vorkommnisse des Minerals, äußerst fein gepulvert, in geschlossenen Glasflaschen aufbewahrt, die mit sauerstoffhaltigem und kohlenstoffhaltigem Wasser bzw. mit einer wäßrigen Lösung von Natriumbikarbonat gefüllt waren. Nach Jahresfrist wurde das Wasser sowohl wie auch das Pulver untersucht, ohne daß eine Spur von Zersetzung festgestellt werden konnte. In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis steht die bereits erwähnte Tatsache, daß in den oberen Schichten des Diluvialsandes sich noch völlig unzersetzte Körnchen von Magneteisen finden, die auch von ihren magnetischen Eigenschaften nichts eingebüßt haben.

in erhöhtem Maße zur Geltung gelangt. Schon bei Besprechung der tektonischen Ausbildung der Granite ist darauf hingewiesen worden, daß die kristallinen Silikatgesteine, welche im Bruch eine bankförmige oder polyedrische Absonderung zeigen, die Neigung zu einer fortschreitenden Ablösung parallel der tektonischen Gliederung besitzen, und in besonderer Weise wird diese Tendenz bei sehr dichtem Gesteinsgefüge hervortreten. Dazu kommt aber noch der Umstand, daß ein großer Teil der Basalte durch reichliche Glaseinschlüsse ausgezeichnet erscheint, ja daß mitunter die Grundmasse völlig von Glassubstanz durchwachsen oder auch im wesentlichen glasiger Natur ist. Die spröde Beschaffenheit dieser Glasmasse in Verbindung mit der ungleichmäßigen Dilatation, welche sie infolge reichlicher Einwachsungen von Mineralkörnern mit abweichenden Ausdehnungskoeffizienten erfährt, müssen in erheblichem Maße zur Steigerung der gedachten Erscheinung beitragen. In der Tat hat die Untersuchung ergeben, daß sämtliche hier zur Prüfung eingelieferten Basaltproben, welche bei niedrigem Sättigungskoeffizienten im Bauverbände eine Zerstörung durch Zerspringen erfahren haben und danach von den Einsendern als „Sonnenbrenner“ bezeichnet wurden⁷⁾, der Varietät der glasführenden Basalte angehörten.

Wenn die ungleiche Ausdehnung der Basalte unter der Einwirkung der Sonnenwärme die Ursache des Zerspringens dieser Gesteine ist, so mußte die gedachte Erscheinung sich auch experimentell hervorrufen lassen. Es wurden deshalb größere Basaltstücke in trockenem und nassem Zustande in der Weise erhitzt, daß die Temperatur innerhalb 30 Minuten auf 50 bzw. 100° C stieg und während 3 Stunden annähernd auf dieser Höhe erhalten blieb. Die Abkühlung erfolgte innerhalb 40—60 Minuten. Diese Versuche wurden an jeder Probe 8mal wiederholt.

Alle Basalte, welche sich im Bauverbände als wetterfest erwiesen hatten, blieben hierbei vollkommen intakt. Dagegen zeigten die zur Zerklüftung neigenden Basaltvorkommnisse nebenstehendes Verhalten.

Man ersieht hieraus, daß 1. ein wiederholtes Erwärmen auf 50° C hinreicht, um bei gewissen Basalten Ribbildungen zu erzeugen; 2. diese Erscheinung schon bei einmaligem Erwärmen auf 100° C eintreten kann; 3. die Ribbildung z. T. erst beim Erkalten zu beobachten ist, und 4. das trockene Gestein leichter als das wassergesättigte zerspringt.

⁷⁾ Über eine anderweitige Bedeutung der Bezeichnung „Sonnenbrenner“ s. S. 475.

Gesteins- Nummer	Erhitzungs- grad	Wiederholung des Versuches	Verhalten der trockenen Probe	Verhalten der nassen Probe ($\frac{1}{2}$ stünd. Wasserlag.)
I	50° C	Beim 5. Versuch	Kleine Risse	Unverändert
I	100° C	Beim nachf. 6. Versuch	Während der Abkühlung stark rissig	do.
II	50° C	Beim 5. Versuch	Stark rissig	do.
II	100° C	Beim nachf. 6. Versuch	Erweiterung d. Risse b. Erkalten	do.
II	100° C	Beim nachf. 2. Versuch	Zunahme d. Risse b. Erkalten	Stark rissig
III	50° C	Beim 5. Versuch	Unverändert	Unverändert
III	100° C	Beim nachf. 6. Versuch	Während des Erkalten kleine Risse	Einzelne Sprünge, deren Zahl beim Erkalten zunahm
III	100° C	Beim nachf. 7. Versuch	Zunahme der Risse	Zunahme der Risse
III	100° C	Beim nachf. 8. Versuch	do.	do.

Ob das beobachtete Verhalten für alle Basalte, welche zur Zerklüftung neigen, als charakteristisch betrachtet werden darf, läßt sich bei der geringen Zahl der hier untersuchten Gesteine dieser Kategorie nicht mit Sicherheit behaupten. Jedenfalls aber wird man annehmen dürfen, daß diejenigen Basalte, welche infolge ungleichmäßiger Wärmeausdehnung schon bei 5- bis 8facher Erhitzung auf 50° C Risse bekommen, das gleiche Verhalten auch als Bausteine zeigen werden. Fraglich erscheint es indes, ob die bei diesen Versuchen intakt bleibenden Gesteine auch unter dem Einfluß der hundertfach sich wiederholenden Dilatation, welche das Baugestein im Laufe von Jahrzehnten unter der Sonnenbestrahlung erfährt, sich als beständig erweisen würden.

Die Bezeichnung „Sonnenbrenner“ ist in der Praxis auch auf solche Basalte angewendet worden, welche unter der Einwirkung der Atmosphärrillen in kurzer Zeit kleine helle Flecken bekommen, die bald größere Dimensionen annehmen, und mit deren Entstehung eine scheibenförmige Ablösung oder aber ein Zerfall des Gesteins in körnige Bruchstücke vor sich geht. Augenscheinlich handelt es sich hier um eine chemische Veränderung einzelner Gemengteile und Leppla, hat die Ansicht ausgesprochen, daß die erwähnte Erscheinung auf den Gehalt an Nephelin in jenen Basalten zurückzuführen sei. Wie bereits hervorgehoben wurde, erweisen sich jedoch auch viele Nephelinbasalte, so z. B. diejenigen von Niedermendig, als überaus wetterbeständige Gesteine, aber es läßt sich wohl annehmen, daß Nephelin, Leuzit und Melilith, wie insbesondere die stark basischen, glasigen Substanzen, falls sie bereits in der Erdrinde eine weit vorgeschrittene Verwitterung erlitten haben, unter dem Einfluß der Atmosphärrillen schnell des weiteren zersetzt und aufgelockert werden, und daß alsdann das Gestein eine Zerstörung seines Zusammenhanges in der fraglichen Form erfahren kann.

Die für die Wetterbeständigkeitsprüfung der Basalte in Betracht kommenden Gesteinseigenschaften sind nach dem vorstehenden folgende:

1. Beschaffenheit der Grundmasse:
 - a) mineralogische Zusammensetzung;
 - b) morphologische Ausbildung (kristallinisch bis mikrokristallinisch, mit mehr oder weniger beträchtlichem Gehalt an glasiger Substanz bzw. vorwiegend glasig; Strukturform des augitischen Gemengteils;
 - c) Dichtigkeit des Gefüges;
 - d) Zersetzungsgrad der Gemengteile;
 - e) mikrochemisches Verhalten der glasigen Substanz.
2. Mengenverhältnis der Grundmasse zu den größeren Kristallausscheidungen; strukturelle Verwachsung beider Bestandmassen.
3. Art und Verwitterungsgrad der Kristallausscheidungen.
4. Verhalten des Gesteins bei höherer Temperatur.
5. Porosität und Wasseraufsaugungsfähigkeit.
6. Erweichung in Wasser.
7. Sättigungskoeffizient.

10. Vulkanische Tuffe.⁸⁾

(Trachyt-, Phonolith-, Leuzit-, Bimsstein-, Basalt- und Palagonit-Tuff.)

a) Mikrostruktur und Bedingungen der Wetterbeständigkeit.

Die mikroskopische Untersuchung der Phonolith- und Trachyttuffe läßt erkennen, daß die Verbindung der staubförmigen Fragmente, aus welchen die Grundmasse der gedachten Gesteine vornehmlich besteht, durch eine im Dünnschliff meist wasserhell erscheinende

⁸⁾ Die Mehrzahl der zur Untersuchung gelangten Tuffe entstammt der Eifel (Weibern, Rieden, Ettringen); daneben sind auch einzelne Proben von Wolsdorf bei Siegburg und von Homberg bei Cassel zur Einsendung gelangt und untersucht worden.

isotrope Substanz bewirkt wird. Diese mehr oder weniger reichlich auftretende Basis, welche als authigener Bestandteil insbesondere aus der Zersetzung von Nephelin und Leuzit entstanden sein dürfte, ist entweder von vollkommen homogener Beschaffenheit, oder sie enthält unvollkommen bis vollkommen abgegrenzte rundliche, wasserhelle Körner oder endlich mehr oder weniger dicht gedrängte stenglige „Kristallite“⁹⁾. Durch diese Basis werden die mikroskopischen Kristalle und Kristallfragmente von Leuzit, Sanidin, Hornblende, Augit, Glimmer usw. mehr oder weniger fest verbunden. Auch authigene Kristallbildungen von Kalkspat sowie von zeolithischen Substanzen kommen bisweilen vor. In dieser mikrogranulösen Grundmasse, deren Gefüge je nach der Menge der Basis ziemlich dicht bis sehr locker sein kann, finden sich mehr oder weniger reichlich größere Brocken von Trachyt, Bimsstein, Grauwacke, Tonschiefer usw. sowie auch Muschelreste und verkohlte pflanzliche Bestandteile.

Bei den besten Tuffen der Umgegend von Weibern bildet die reichliche Basis ein dicht gedrängtes Aggregat stenglicher Kristallite; bei den weniger guten Abänderungen treten jene länglichen Formen zurück und werden durch rundlich-körnige Kristallite mit verschwommenen Umrissen ersetzt. Von noch geringerer Beständigkeit haben sich diejenigen Tuffe erwiesen, in denen die isotrope Grundmasse wie durch polygonale Sprünge unvollkommen körnig differenziert erscheint. Gesteine mit vollkommen homogener Basis haben sich gut bewährt. Vorteilhaft erscheint auch das Vorwalten mikroskopischer Kristalle von Sanidin, Hornblende, Augit und Glimmer, während der Leuzit als ein ungünstiger Bestandteil zu betrachten ist. Es gibt Tuffe, deren Grundmasse lediglich aus einer lockeren Aggregation von Leuzitkörnchen gebildet ist, mit sehr geringfügiger Basis, und solche Gesteine dürfen als durchaus unbeständig bezeichnet werden.

Von geringem Einfluß auf die Qualität der Tuffe sind im allgemeinen die makroskopischen Einlagerungen von Sanidin, Augit und Hornblende. Bedenklicher sind reichliche Einschlüsse von Tonschiefer- und Grauwackenstücken, vor allem aber von Bimssteinbrocken. Es kommen Tuffe vor, welche vorwiegend aus kleineren bis walnußgroßen Stücken von Bimsstein bestehen. Meist enthält der Bimsstein in den Phonolithtuffen

reichlich Leuzit und zeigt ein äußerst lockeres Gefüge, indem die Leuzitkörnchen durch dünne Glasfäden, wie Perlen auf einer Schnur, aneinandergereiht sind. Dieses überaus bröckelige Gebilde verwittert auch sehr schnell; der Leuzit zerfällt zu weißem Mehl, und so zeigen die betreffenden Tuffe bald große löcherige Ausnagungen, um bei der ohnehin geringen Festigkeit des Materials in verhältnismäßig kurzer Zeit gänzlich zerstört zu werden.

In den Basalttuffen pflegt die isotrope Basis meist von brauner Farbe und homogener Beschaffenheit zu sein, doch finden sich darin mitunter auch die oben beschriebenen kristallitischen Bildungen. Häufig herrschen die makroskopischen Einlagerungen, namentlich von zersetzten Basaltbrocken, derartig vor, daß konglomerat- und breccienartige Tuffe entstehen. Eine reichliche Ausbildung findet die glasartige Basis namentlich in den Palagonittuffen, welche das braune Glas nicht nur in Körnern und als Ausfüllung der Höhlungen, sondern auch als Überwindungen der Basaltbrocken enthalten. Der Palagonittuff von Wolsdorf bei Siegburg, welcher diese Beschaffenheit zeigt, hat sich in 500—750 Jahre alten Bauwerken ziemlich gut erhalten.

Nach Maßgabe der bei den Basalten gewonnenen Erfahrungen wird man jedoch annehmen dürfen, daß nur diejenigen Tuffe dieser Art als wetterfest zu betrachten sind, deren Glasbasis von Säuren schwer angreifbar ist.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die äußere Rinde der Tuff-Werksteine in alten Bauwerken sich meistens beträchtlich härter erweist als das Gesteinsinnere. Da dieses Verhältnis auf die zementierende Eigenschaft der Tuffsubstanz zurückzuführen ist, so könnte man auf die Vermutung kommen, daß die Wetterbeständigkeit des Gesteins im wesentlichen von der Vollkommenheit dieses Erhärtungsprozesses abhängig sei. Daß dies jedoch nicht ausschließlich der Fall ist, vielmehr daneben noch anderweitige, strukturelle Gesteinseigenschaften als Bedingungen der Wetterfestigkeit in Betracht kommen, beweisen insbesondere auch die Bimssteintuffe des Brohltals, welche früher ebenfalls als Bausteine verwendet worden sind, sich aber sehr schlecht bewährt haben, trotzdem ihre zementierenden Eigenschaften in beträchtlichem Maße die der Phonolithtuffe übertreffen¹⁰⁾.

b) Chemische Zusammensetzung der Tuffsteine.

Die chemische Zusammensetzung der vulkanischen Tuffe ist eine überaus verschiedene, ohne daß ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen dem Wetterbeständigkeitsgrade des Gesteins und seinem Gehalt an Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd und Alkalien zu erkennen wäre. In den hier untersuchten Tuffen

⁹⁾ Als „Kristallite“ sind nach Vogelsang diejenigen mikroskopischen Gebilde von bestimmter, regelmäßiger Form (Körnchen, Stäbchen usw.) bezeichnet, welche weder Andeutungen einer Kristallumgrenzung zeigen noch doppelbrechend sind.

¹⁰⁾ Gegenwärtig wird das Material nur noch zur Herstellung von hydraulischem Kalk benutzt.

schwankt der Gehalt der in Salzsäure unzersetzbaren Bestandteile zwischen 28,96 und 58,79 Proz. und der Gehalt an abgeschiedener Kieselsäure zwischen 4,88 und 36,89 Proz. In dem Salzsäureauszug wurden gelöst:

Al ₂ O ₃ . . .	0,31—19,67	Proz.
Fe ₂ O ₃ . . .	0,93—22,67	-
CaO . . .	0,59—34,40	-
MgO . . .	0,43—2,13	-
K ₂ O . . .	0—4,78	-
Na ₂ O . . .	0,46—6,02	-
CO ₂ . . .	0,28—26,69	-

Der Glühverlust betrug 1,34—10,68 -

Das Ergebnis der bezüglichen Untersuchungen beschränkt sich auf die Feststellung, daß ein sehr bedeutender Kalkgehalt und im übrigen die leichte Zersetzbarkeit durch Säuren die Qualität des Gesteins ungünstig beeinflusst.

In den hier untersuchten wetterbeständigen Abänderungen der Phonolith- und Trachyttuffe schwankt der Gehalt an kohlensaurem Kalk zwischen 1,9 und 3,2 Proz. Es gibt aber auch Tuffsteine mit einem Kalkgehalt von 40 bis 60 Proz., und solche Vorkommnisse haben sich durchweg als wetterunbeständig erwiesen. Die guten Tuffe ergaben einen in Salzsäure nicht zersetzbaren Rückstand von 32—47 Proz.; die schlechteren dagegen nur einen solchen von 23—28 Proz.

Die in den Phonolithtuffen eingeschlossenen Bimssteinbrocken haben nahezu dieselbe chemische Zusammensetzung wie das Gesamtgestein. Trotzdem ist das Verhalten beider gegen Säuren ein sehr verschiedenes. Während von der betreffenden Bimssteinsubstanz 87—95 Proz. durch Salzsäure zersetzt wurden, beträgt die zersetzbare Substanz im bimssteinfreien Gestein nur 23—47 Proz. Entsprechend diesem Verhalten ist auch die Verwitterung der Bimssteinbrocken eine beträchtlich stärkere als die der übrigen Tuffsubstanz, und es erweisen sich deshalb stark bimssteinhaltige Tuffe durchgängig als minderwertig.

c) Wasseraufsaugungsfähigkeit, Festigkeit und Frostbeständigkeit.

Für die Theorie der Frostwirkung an natürlichen Bausteinen ist das Studium der Tuffsteine von besonderem Interesse. Trotzdem diese Gesteinsart zu den porösesten und weichsten gehört, welche eine bautechnische Verwendung finden, erweisen sie sich im allgemeinen als durchaus frostbeständig.

Die Druckfestigkeit des besten Weibern-Tuffsteins beträgt durchschnittlich ca. 146 kg pro qcm, während die schlechtesten Sandsteine noch eine Druckfestigkeit von 200 bis 600 kg, die schlechtesten Kalksteine eine solche von 500—1000 kg besitzen.

Der Porositätskoeffizient für Weibern-Tuff ist, in Vol.-Proz. ausgedrückt, durchschnittlich 45, d. h. die Gesamtheit der Poren bildet fast die Hälfte von dem Rauminhalt des Gesteins. Bei schlechten Sandsteinen ist der Porositätskoeffizient höchstens 28, bei schlechten Kalksteinen sogar nur 25. Trotzdem zeigen Tuffsteine an Bauwerken aus der Karolinger-Zeit, die also während eines Zeitraumes von über 1000 Jahren dem Einfluß der Witterung ausgesetzt waren, dennoch nur eine mäßige Verwitterungsrinde ohne Frostwirkung.

Es ergibt sich hieraus, daß Gesteine von äußerst geringer Festigkeit und größter Porosität dennoch wetterfest und namentlich auch frostbeständig sein können, während sich andererseits feststellen läßt, daß überaus feste und in ihrem Gefüge dichte Gesteine der Frostwirkung erliegen, sobald die Poren des Gesteins durch Kapillarwirkung nahezu vollständig vom Wasser erfüllt werden, ihr Sättigungskoeffizient also den kritischen Wert von 0,8 übersteigt.

Hinsichtlich der Wasseraufsaugung ergab die Untersuchung der Tuffe folgendes Resultat. Das Gestein von Weibern mit dem Porositätskoeffizienten 45 besitzt bei sehr langsamer Wasseraufnahme einen Sättigungskoeffizienten von 0,73, bei schnellem Eintauchen in Wasser nur von 0,66. Solche Gesteine zerfriren aber, wenn sie von gleichmäßiger Struktur sind, nach allen anderweitigen Erfahrungen nicht, und es erscheint von Wichtigkeit, zu konstatieren, daß dies selbst dann nicht der Fall ist, wenn die Festigkeit eine so geringe wie bei den Tuffen ist. Schlechte Gesteine dieser Art, wie z. B. gewisse Abänderungen von Brohltal-Traß oder Duckstein, dessen Porositätskoeffizient nur 22 ist, zeigen eine Wassersättigung der Poren von 82 Volumprozent, und hier ist denn auch eine namhafte Frostwirkung bei ihrer Verwendung zu Werksteinen festgestellt worden.

Die für die Wetterbeständigkeitsprüfung der vulkanischen Tuffe in Betracht kommenden Gesteinseigenschaften sind nach dem Vorstehenden folgende:

1. die mineralogische Zusammensetzung;
2. die strukturelle Ausbildung der Grundmasse und der Zersetzungsgrad derselben;
3. die Art und das Mengenverhältnis der Einschlüsse in der Grundmasse und ihr Zersetzungsgrad;
4. die Erweichbarkeit in Wasser;
5. der Sättigungskoeffizient.

11. Schlußwort.

Da das Resultat der Wetterbeständigkeitsprüfung für die gesamte Förderung eines Bruches Geltung haben soll, so ist eine sachgemäße Auswahl des Probematerials an Ort und Stelle erforderlich. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß jede sedimentäre Gesteinsablagerung aus einem System paralleler Schichten von mehr oder weniger beträchtlicher Verschiedenheit der petrographischen Ausbildung besteht, und daß selbst Bänke von anscheinend gleicher Beschaffenheit bei näherer Untersuchung strukturelle Abweichungen aufweisen können. Auch bei den eruptiven Gesteinsarten findet nicht selten eine allmähliche Änderung der Struktur nach der Tiefe zu statt und überdies eine Abnahme der in den oberen Lagen auftretenden Verwitterung, die jedoch in der Nähe von Klüftflächen sich bis zu beträchtlicher Tiefe fortsetzen kann. Es ist hier nicht nur von der schon durch den Augenschein erkennbaren Verwitterungsrinde, der sog. „Schwarte“, die Rede, sondern auch von jenen Veränderungen, die erst mikroskopisch in Dünnschliffen zu erkennen sind, trotzdem aber von erheblichem Einfluß auf den Beständigkeitsgrad des Gesteins sein können.

Die Prüfung eines Gesteinsvorkommens hat somit nur dann einen praktischen Wert, wenn sie sich auf sämtliche als verschiedenartig erkennbare Gesteinslagen des Bruches erstreckt. Ist daher schon aus diesem Grunde eine Untersuchung der Gesteinsausbildung an Ort und Stelle erforderlich, so erscheint dies auch deshalb erwünscht, weil mancherlei geologische Momente für die Beurteilung der Qualität des Bruchgesteins von Wichtigkeit sind, wie z. B. die Stärke und Beschaffenheit des Abraums, die Lagerungsform und Neigung der Schichten, die Wasserführung derselben, etwaige schichtenförmige Ablösungen und rechtwinklige Zerklüftungen innerhalb der einzelnen Bänke, Druckphänomene, Verwitterungserscheinungen des Gesteins innerhalb wasserführender Schichten und in der Nähe der Klüfte, Beschaffenheit älterer Anbruchflächen wie der im Abraum vorkommenden Gesteinsblöcke aus den oberen Schichten usw.

Alle diese Verhältnisse werden bei der Qualitätsbestimmung des Bruchgesteins eine

angemessene Berücksichtigung finden können und in vielen Fällen dazu beitragen, die an den Probestücken gewonnenen Resultate richtig zu deuten. Kann die fragliche Untersuchung von den Prüfungsanstalten nicht selbst ausgeführt werden, so sollte wenigstens eine sachgemäße und zuverlässige Beschreibung des Bruches mit dem Probematerial eingereicht werden unter Beifügung einer Grundriß- und Profilskizze, welche die Nummern der Gesteinsproben an der Entnahmestelle eingezeichnet enthält.

Die Arbeit, über welche hier referiert worden ist, bildet einen ersten Versuch zur wissenschaftlichen Begründung eines Verfahrens der technischen Gesteinsprüfung unter Verwendung eines umfangreichen Beobachtungsmaterials. Für den weiteren Ausbau des Untersuchungsverfahrens erscheint es aber erforderlich, die in den Materialprüfungsanstalten nach den aufgestellten Normen auszuführenden Qualitätsbestimmungen der verschiedenen Gesteinsvorkommnisse einer praktischen Kontrolle in der Weise zu unterziehen, daß die aus den untersuchten Materialien errichteten Bauwerke hinsichtlich ihres Erhaltungszustandes während längerer Zeiträume einer periodischen Untersuchung unterworfen werden. Ohne besondere Schwierigkeit wird dies für alle seitens der Staats- und Kommunalbehörden ausgeführten Bauten, durch die zuständigen Beamten, geschehen können. Die Ergebnisse der gedachten Erhebungen müßten alsdann demjenigen Institut, welchem die Ausbildung des Prüfungsverfahrens obliegt, in eingehenden Berichten übermittelt werden. Entspricht der Erhaltungszustand des Bausteins nicht der durch die Prüfung bestimmten Qualitätsklasse, so wird die Ursache der Unstimmigkeit durch sorgfältige Untersuchung festzustellen sein, wie dies am Schluß des hier besprochenen Werkes des näheren dargelegt worden ist.

Durch eine derartige Maßnahme dürfte die Gewähr für eine ersprießliche Entwicklung des in Rede stehenden Zweiges des Materialprüfungswesens gegeben sein.

Mineralogisch.-geolog. Institut der Technischen Hochschule Berlin.