

**Impressum**

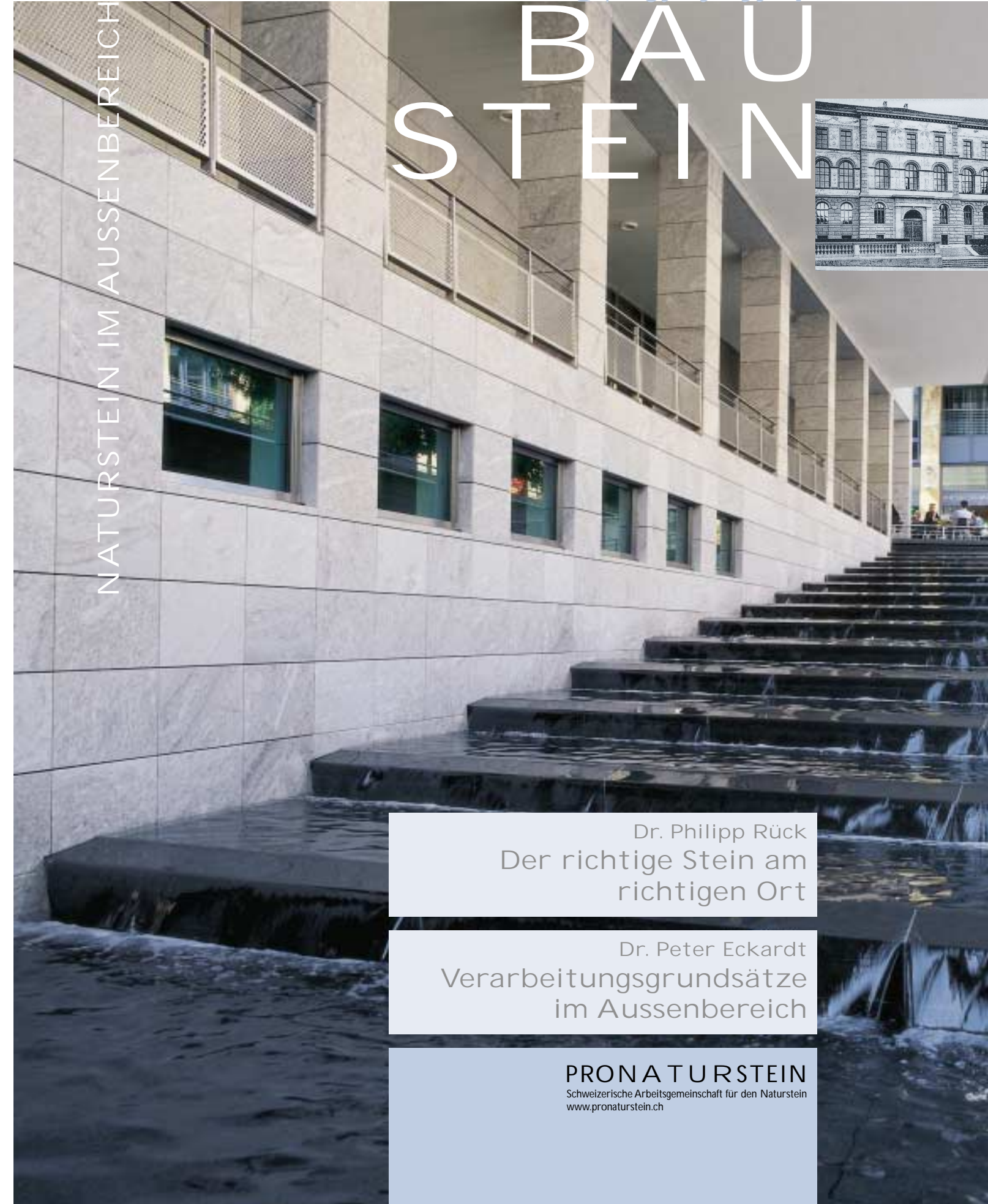
Herausgeber:  
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Pro Naturstein

Redaktion:  
Dr. Jürg Gerster & Partner AG, Zürich

Gestaltung und Satz:  
Weber AG, Thun/Gwatt

Druck:  
Stämpfli AG, Bern

Auflage:  
2000 Exemplare, Nachauflage November 2002



NATURSTEIN IM AUSSENBEREICH

Natur  
BAU  
STEIN



Dr. Philipp Rück  
Der richtige Stein am  
richtigen Ort

Dr. Peter Eckardt  
Verarbeitungsgrundsätze  
im Aussenbereich

**PRONATURSTEIN**  
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für den Naturstein  
[www.pronaturstein.ch](http://www.pronaturstein.ch)



## GESTALTUNG VON AUSSENÄRÄUMEN MIT NATURSTEIN

Markus Kamber

**Der Natursteinverband Schweiz und die Arbeitsgemeinschaft Pro Naturstein hatten ins naturstein-intensive Hotel Widder, Zürich, zu einem Symposium eingeladen, um die Gestaltung von Aussenräumen mit Naturstein aus verschiedenen Sichtweisen zu beleuchten und zu erörtern. Die gut 70 Teilnehmer folgten den diversen Referaten mit Interesse und stellten so viele Fragen an die Runde des Podiumsgesprächs, dass der Zeitrahmen gesprengt wurde und einige Fragesteller auf schriftliche Antworten vertröstet werden mussten. Der NVS benutzte die Gelegenheit des Symposiums, seinen neuen Ordner «Bauen mit Naturstein» (Technische Informationen, Devisenunterlagen und allgemeine Hinweise) vorzustellen, der bis Ende Mai zum Subskriptionspreis von Fr. 90.– bestellt werden kann.**

Prof. Christian Stern, dipl. Ing. Landschaftsarchitekt SIA/BSLA, Zürich, eröffnete die Tagung mit einem bilderreichen, von Verständnis zu Naturstein und dem Respekt für die Ästhetik getragenen Referat, in welchem er die historische bis weit zurückreichende Anwendung von Naturstein für die Gestaltung von Aussenräumen bis in die Moderne in ihrer eindrücklichen Vielfalt darstellte: Stützmauern, Treppen, Rampen, Bodenbeläge, Brücken, Balustraden, Pergolen, Säulenhallen, Pavillons, Grotten, Hochbeete, Brunnen, Wasserbecken, Kanäle, Felswände mit Wasserfall, Bänke, Vasen, Statuen. Gestaltete Aussenräume sind es auch, die unsere heutigen Erlebnisse prägen, Wertvorstellungen bilden und letztlich unser Empfinden von Lebensqualität bestimmen. Der Referent unterstrich die Bedeutung des Revival von Naturstein nach einer fast 20-jährigen Epoche, in welcher Beton-, Zement- und Verbundsteinplatten den Naturstein praktisch aus dem Garten- und Landschaftsbau verdrängt hatten. Aus gestalterischer Sicht führe die Chance der Wiederverwendung von Naturstein im Garten- und Landschaftsbau zu einer selbstkritischen Standortbestimmung:

– Die handwerklichen Erfahrungen mit dem Baustoff Naturstein im Aussenraum sind zwar einige tausend Jahre alt, doch ist die Art wie wir damit umgehen, noch nie so ambivalent gewesen. Einerseits wird immer dünner gesagt, ge-

fräst, geschliffen oder geflammt und mit Kunststoffklebern versetzt; andererseits wird die grobe Ware unbearbeitet einfach hingeworfen. Kann das das Ende einer Entwicklung sein?

– Alles ist überall verfügbar und für Jedes gibt es unzählige Ersatzprodukte.

– Orientierungslosigkeit ist das Ergebnis der Informationsflut, in einer grenzenlosen Transportgesellschaft.

– Neue Methoden der Verarbeitung, die nur auf schnell und billig ausgerichtet sind, und Fachpersonalmangel können zu handwerklich unbefriedigenden Ausführungen verleiten. Eine Folge des Preiskampfes und der unterbrochenen Tradition.

– In der Gestaltung möchte Jeder/ Jede etwas Neues, Eigenes erfinden. Wir alle haben tausend Bilder im Kopf, wie es auch noch sein könnte. Fatal wirkt sich die Originalität immer aus, ob aus Naivität oder Geltungssucht.

– Oder das Gegenteil davon. Aus lauter Hilfslosigkeit soll es genau so gemacht werden, wie es einmal war, als «alles noch gut» war. Das Problem der Flucht in die Nostalgie.

– Wir kümmern uns in erster Linie um das uns anvertraute Objekt und lösen das Problem als Einzelfall. Der Kontext, die Bezüge zur Umgebung, zur Architektur und zur Geschichte (zur Zeit) werden missachtet.

– Mit den Details gibt es bekanntlich immer Probleme, nicht nur konstruktiv, auch gestalterisch. Dies vor allem bei Anschlüssen und Übergängen zu anderen Bauteilen bzw. Materialien. Wir Planer geben uns zu wenig Mühe, solches bereits in der Projektierungsphase zu erkennen oder nehmen uns zu wenig Zeit, es sorgfältig zu lösen. Anständige Bewältigungen sind dann ein für allemal verpasst, die Unternehmer und Bauführer regelmässig überfordert.

– Wir vernachlässigen einen der wichtigsten Gestaltungsgrundsätze: «less is more», suchen nicht die Einheit, verfallen der Vielfalt und gleiten in die Dekoration ab. Die Wirkung zum Beispiel von Rastern und Bodenmüsterchen werden im Plan meist überschätzt. Es gibt immer wieder ideologische Grabenkämpfe, die sinnlos sind. Zum Beispiel ob die Verblendung einer Stützmauer ge-

zeigt oder vertuscht werden soll. Oder ob Beton bzw. Naturstein ökologischer sei. Die «richtige» Lösung ist am Einzelfall zu entscheiden.

– Der Naturstein ist und bleibt ein Naturprodukt. Freuen wir uns an den kleinen Abweichungen, um geschickt mit ihnen umzugehen, damit die lebendige Wirkung dieses wunderbaren Materials und der spezielle Charakter seiner Bearbeitung erhalten bleibt.

Nach den beiden Referaten der Geologen Dr. P. Rück und Dr. P. Eckardt die wir nachstehend im Wortlaut publizieren, schloss Andreas Riggenbach, Oberwangen, den Bogen der Information als Gärtner. In der Gartengestaltung zählten neben den Pflanzen vor allem Wasser und Stein zu den wichtigsten Gestaltungselementen. Anschauungsmaterial für glückliche Kombination dieser Elemente bietet die Natur überall. Japanische und chinesische Gartenkunst bestechen durch ihre Harmonie, englische Landschaftsgärten durch ihre naturnahe Illusion. Der Referent geisselte an Beispielen missverstandenen oder missbrauchten Einsatz von Naturstein und setzte sich vehement für Trockenmauern ein. Die eignungsgemässe und fachgerechte Verbauung von Naturstein sei für die gelungene Gestaltung von Aussenräumen unabdingbare Voraussetzung, weshalb sich für den Gärtnermeister bei anspruchsvollen Aufgaben der Bezug eines Natursteinfachgeschäftes lohne.

Markus Kamber

## DER RICHTIGE STEIN AM RICHTIGEN ORT

DR. PHILIPP RÜCK

### Einleitung

Aussenräume werden mit Naturstein gestaltet seit es Menschen gibt. Feuerstellen, mit Steinplatten befestigte Wege oder in den Fels gehauene Treppen hatten vorerst einfache, praktische Funktionen. Mit der Entwicklung der Zivilisation kamen die architektonische und repräsentative Funktion hinzu. Der Mensch lernte

kurzer Form, auf den Zusammenhang zwischen Gesteinsart und Gesteinseigenschaft eingegangen. Danach werden die wichtigsten Einwirkungen auf Natursteinarbeiten im Aussenbereich vorgestellt, getrennt nach natürlichen (Verwitterung) und nutzungsbedingten Einwirkungen. Anschliessend wird anhand einer Beispielsituation der

gemeint oder das massige Auftreten von Graniten sowie das stark lagige Auftreten von Umwandlungsgesteinen wie Schiefer oder Quarzit.

Die Grossestruktur eines Vorkommens beeinflusst vor allem die Frage, ob ein Gestein in grossen Mengen in der selben Qualität und Farbe zur Verfügung steht. Mit dem inneren Korngefüge, der Korngrösse, der Kornform und der Art, wie dicht das Korngefüge gepackt ist und wie gut die Körner aneinander haften oder ineinander verzahnt sind, wird ein grosser Teil der Eigenschaften eines Gesteines definiert. Festigkeit, Porosität und Rohdichte hängen stark von diesen Faktoren ab. Die Wasseraufnahme und der Sättigungsgrad des Porenanteils sind entscheidend für die Frostbeständigkeit. Die Art der Körner, also ihre chemische Zusammensetzung und Struktur, hat Bedeutung für die Festigkeitseigenschaften eines Materials und definiert beispielsweise die chemische Resistenz (Löslichkeit, Umwandlung), die Ritzhärte und die thermische Dehnung eines Gesteins.

Der Begriff der Verwitterungsbeständigkeit ist technisch nicht präzise zu fassen, da er einerseits je nach konkreter Nutzungsanforderung anders definiert werden muss und er sich andererseits aus einer Vielzahl von Eigenschaften zusammensetzt, deren Zusammenwirken sich bis heute nicht eindeutig reproduzieren und bestimmen lässt. Aus diesem Grund muss die praktische Erfahrung mit einem Gesteinsmaterial immer als gewichtiges Element in die Beurteilung der allgemeinen Verwitterungsbeständigkeit einfließen.

Die Grossestruktur eines Gesteinsvorkommens, das innere Korngefüge eines Gesteins, die Korngrösse und Art der Körner d.h. die chemische Zusammensetzung und Struktur der einzelnen Mineralien können als Eigenschaften einzeln oder insgesamt erheblich variieren – diese Eigenschaften können als Variable aufgefasst werden; die möglichen Kombinationen dieser Variablen bilden eine grosse Anzahl, teilweise stark unterschiedlicher Werkstoffe, die unter dem Namen Naturstein zusammengefasst werden. Die Materialeigenschaften von Gesteinen (z. B. Tuff – Granit) sind ebenso variabel wie jene verschiedener Hölzer (z. B. Tanne – Mahagoni) oder verschiedener keramischer Materialien (z. B. Backstein – Porzellan).

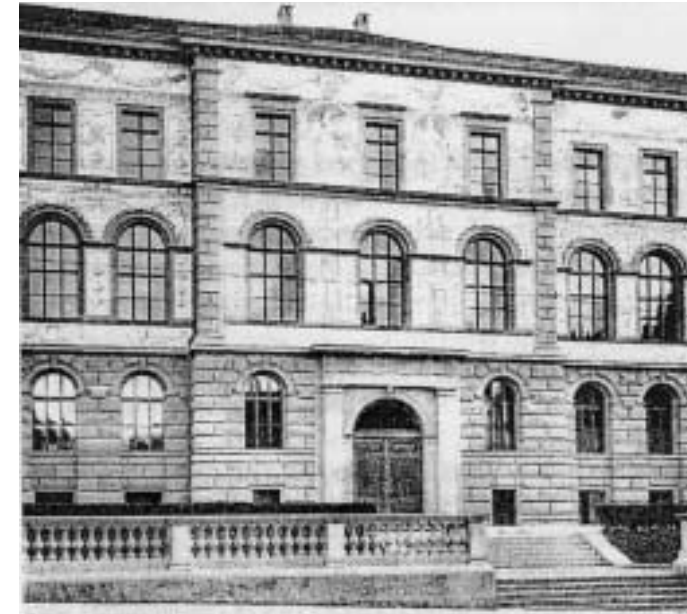


Abbildung 1: ETH-Hauptgebäude Zürich

Vertikaler Fassadenbereich, geschützt durch Vordach und eine Vielzahl von Gurt- und Simselementen, die als Wasserabtropfkanten wirken, was eine allgemein geringe Wassersättigung zur Folge hat. Die Nutzbelastung ist unerheblich.

Mauern und Balustraden der Gartenanlage: mit starker Witterungsexposition, teilweise mit Kontakt zur Grundfeuchte.

Treppen und Beläge mit hoher Wassersättigung bei feuchter Witterung (horizontale Flächen).

Strassenbelag und Randsteine mit zusätzlicher hoher Nutzbelastung (Abrieb, Verkehrslast) bei potentiell hoher Wassersättigung (horizontale Flächen).

rasch, den Stein kunstvoll zu verarbeiten und ihn entsprechend seinen Eigenschaften einzusetzen. Da der Transport des schweren Materials mit viel Aufwand verbunden war, wurden vor allem die örtlich anstehenden Gesteine verwendet. Dies hat die gestalterischen Möglichkeiten einerseits eingeschränkt, das Wissen und die Fertigkeit bei der Verwendung der örtlichen Materialien andererseits auf ein hohes Niveau gebracht. Das Transportproblem ist heute gelöst, so dass praktisch jedes Gestein an jedem Ort verbaut werden kann. Die damit verbundene Erweiterung der gestalterischen Möglichkeit setzt grundsätzliche Kenntnisse zu den technischen Eigenschaften und zum Langzeitverhalten der Gesteine voraus. Im folgenden Beitrag wird zuerst, in

Zusammenhang zwischen den örtlichen Bedingungen und den vorgenannten Einwirkungen erläutert. Zum Schluss folgt eine zusammenfassende Beurteilung mit Hinweisen für den Anwender.

### Grundsätzliches zu den Gesteinseigenschaften

Bei allen Gesteinen ergeben sich die Eigenschaften aus der Grossestruktur am Abbauort (Steinbruch), aus dem inneren Korngefüge und der Porosität, aus der Korngrösse und Art der Körner und letztlich aus der chemischen Zusammensetzung und Struktur der einzelnen Mineralien, aus denen die Körner bestehen. Mit Grossestruktur eines Vorkommens ist beispielsweise die Bankung von Sedimentgesteinen (Kalke, Sandsteine)

## Einwirkungen auf Gesteine im Aussenbereich

### a) Verwitterungsbedingte Einwirkungen

#### Feuchtwechsel

Natursteine nehmen bei feuchter Witterung oder über die Grundfeuchte Wasser in ihren Porenraum auf und geben dieses Wasser in trockenen Witterungsphasen wieder ab. Dabei verändern Natursteine in der Regel geringfügig ihr Volumen – in feuchtem Zustand sind sie zwischen 0,5 und 3 Promille grösser als im trockenen Zustand. Dieser Umstand, der auch als Quellung bezeichnet wird, führt bei einzelnen Gesteinen langfristig zu einer inneren Gefügeflockung und letztlich zur Abwitterung der Oberfläche.

Vor allem leicht tonhaltige, sogenannte mergelige Gesteine sind hier empfindlich. Wasser hat daneben auch eine lösende Kraft; karbonatische Gesteine oder Sandsteine mit karbonatischer Bindung (z.B. Sandsteine des Mittellandes) verlieren oberflächlich oder in der Gefügebildung laufend an Substanz, was wiederum längerfristig zu deutlichen Verwitterungserscheinungen führen kann. Silikatische Gesteine (Granite, Gneise) sind von diesem Phänomen nicht betroffen.

#### Temperaturwechsel

Erwärmung und Abkühlung führen wie die feuchtebedingten Quellbewegungen zu Volumenveränderungen und damit langfristig zu innerer Gefügeflockung. Je nach Mineralgehalt und Kornverband wirken sich diese Bewegungen unterschiedlich auf die verschiedenen Gesteine aus. Karbonatische Gesteine sind empfindlicher auf Temperaturwechsel als silikatische Hartgesteine. Je nach Farbe und Art der Anwendung differieren die zu durchlaufenden Temperaturunterschiede – dunkle, freistehende Elemente mit geringer Masse erwärmen sich viel stärker als helle massive oder mit massigen Bauteilen im Verbund stehende Elemente. In der Regel sind aber rein thermisch bedingte Verwitterungserscheinungen selten – erst über mehrere Generationen können sie ins Gewicht fallen. Rasch auftretende temperaturbedingte Schäden an Natursteinarbeiten sind in der Regel auf konstruktiv bedingte Behinderungen der Wärmedilatation zurückzuführen.

#### Frost

Gefrierendes Wasser kann bei Natursteinarbeiten im Aussenbereich zu Verwitterungserscheinungen füh-

ren. Diese können sich als feine oberflächliche Abwitterung oder lokales Ausbrechen der Natursteinoberfläche bemerkbar machen. Frost kann aber auch zur Zerstörung ganzer Bauteile führen. Der Grad der Frostbelastung ist hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängig:

- Sättigungsgrad des Materials (Mörtel/Stein) mit Wasser
- Anzahl der Frostzyklen

Der Sättigungsgrad ist das Verhältnis des wassergefüllten Porenvolumens zum gesamten Kapillarporenvolumen. Je höher dieser Sättigungsgrad objekt- und materialbedingt ist, desto stärker wird die Beanspruchung des Materials bei Frost. Gefriert Naturstein oder Mörtel in stehendem Wasser, dann muss von einer hohen Frostbelastung ausgegangen werden. Die Anzahl der Frostzyklen kann objektbedingt stark variieren – Bauteile, die von Schmelzwasser täglich durchfeuchtet werden und die nachts wieder gefrieren sind weitaus höher belastet als Bauteile in schattigen Expositionen, wo diese lange Zeit gefroren bleiben.

Bei der Verwendung von Naturstein als Belagsmaterial im Aussenbereich muss in unseren Breitengraden von hoher Frostbelastung ausgegangen werden – Frost unter voller Wassersättigung tritt regelmässig auf. Die als frostbeständig eingestuften Natursteinarten weisen teilweise, vor allem bei zusätzlicher Salzbelastung, eine limitierte Beständigkeit auf. Schieferige Gesteine und feinsporöse Gesteine mit einem Kapillarporenvolumen von über 1,5 Vol.-% zeigen bei hoher Belastung, vor allem in den stärker wasserführenden Fugenbereichen Tendenz zur Schädigung. Sehr grobporige Gesteine wiederum können über hervorragende Frosteigenschaften verfügen. Beim Fugenmörtel ist Frostbeständigkeit eine klare Anforderung an das Material und kann durch eine geeignete Porenstruktur oder vergütende Zusätze erreicht werden. Sogenannt «schlechte» Baustellenmischungen verhalten sich bezüglich Frostbelastung oft besser als bindemittelreiche Fertigmörtel.

Die Verwendung hochgradig frostbeständiger Materialien (Stein und Fugenmörtel) auf Aussenbelägen und Freitreppen ist eine unumgängliche Bedingung. In geschützten oder immer gut entwässerten Bereichen können auch weniger beständige Materialien verwendet werden (vergleichbare Verhältnisse im Fasadensbereich). Unter der Voraussetzung, dass schon bei geringer Unter-sättigung (gegenüber Vollsättigung)

die Frostbelastung im Material stark reduziert wird, ist eine gute Oberflächenentwässerung (Gefälle) und ein entwässernder Unterbau ein grundsätzlicher Vorteil.

#### Chemische Veränderungen im Kontakt mit Wasser und Gasen

Neben den bereits beschriebenen Lösungsvorgängen kann Wasser im Gestein chemische Veränderungen hervorrufen, die sich als Farbveränderungen oder in Form von Zerfallserscheinungen an bestimmten Mineralen zeigen. Vor allem eisenhaltige Minerale (z.B. Pyrit) «rosten» in Anwesenheit von Wasser und Luft. Verfärbungen von Natursteinen im Aussenbereich können aber eine Vielzahl von anderen Gründen haben. Ausführlicher wird in der Sondernummer «NaturBauStein» (Dezember 1996) der Arbeitsgemeinschaft Pro Naturstein über Natursteinfarbe und Natursteinverfärbung berichtet.

Daneben spielt bei karbonatisch gebundenen Gesteinen auch der Gehalt der Luft an Schwefeldioxid eine Rolle – diese vom Menschen «gemachte» Umweltgrösse führt bei Kalken und kalkgebundenen Sandsteinen zur Vergipsung des Kalkanteils und zu beschleunigter Verwitterung. Allerdings ist diese Art der Verwitterung ein langsamer Prozess, der nur im Generationenmassstab wahrgenommen wird.

#### Biogene Verwitterung

Verfäulung, Vermoosung und Flechtenbewuchs haben, ausser einer ästhetischen Veränderung, in der Regel keine negativen Folgen für das Gestein. Starker Bewuchs mit Unkraut und Moos erhöht den Feuchtegehalt im Gestein und kann mit der Zeit die Entwässerung von Natursteinbauteilen im Aussenbereich behindern. Die dadurch erhöhte Wassersättigung wirkt sich bei bestimmten Gesteinen langfristig negativ auf die Dauerhaftigkeit eines Werkes aus.

Der Bewuchs durch Sträucher und Bäume schadet in der Regel dem Stein nicht, zerstört aber durch Wurzelsprengung das Mauerwerks- und Belagsgefüge.

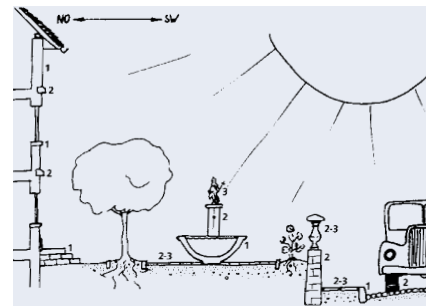
### b) Nutzungsbedingte Einwirkungen

#### Mechanische Belastung durch Verkehr

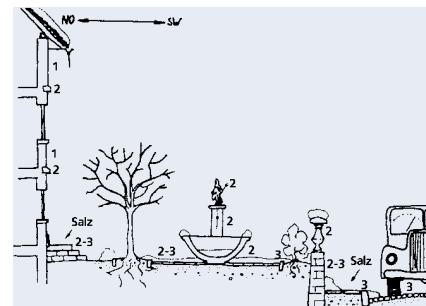
Die verkehrsbedingten Belastungen von Belägen aus Naturstein hängen von den gegebenen Lasten und der Verkehrsfrequenz ab. Ob ein Gestein diese Lasten schadlos aufnehmen kann hängt einerseits von der



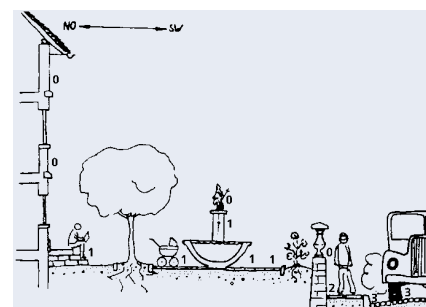
Schema 1:  
Feuchtigkeitsverhältnisse/Sättigungsgrad.



Schema 2:  
Erwärmung/Temperaturunterschiede.



Schema 3:  
Frostbelastung/Tausalze.



Schema 4:  
Nutzlast.

Art des Gesteins und von der Dimension der Werkstücke ab. Auf der anderen Seite ist die Qualität des Unterbaus ganz entscheidend. Auf diese Fragen wird der Artikel von Dr. P. Eckardt eingehen. Die Dimensionierung von Natursteinbelägen unter hoher Verkehrslast ist Sache des Fachmannes. Wichtig ist hier anzumerken, dass befahrene Beläge nicht nur zentrischen Druckbelastungen ausgesetzt sind, sondern dass durch die Walkbewegung von Gummireifen auch ganz erhebliche Zugbelastungen in der Belagebene auftreten.

#### Schneeräumung

Die mechanische Schneeräumung mit schwerem Gerät führt zu Schlägen und erhöhtem Abrieb von Belägen. Randsteine, die bei der Schneeräumung gerne als Anschlag verwendet werden, können Schaden nehmen (Ausbrüche, Brüche). Rostspuren durch Eisenabrieb am Pflug sind ebenfalls zu beobachten. In Gebieten mit intensivem Winterdienst sind Natursteinbeläge damit stark erhöhten mechanischen Lasten ausgesetzt. Nur erstklassige Hartgesteine können dieser Belastung langfristig widerstehen.

#### Abrieb

Der Abrieb ist in der Regel ein langsamer, kontinuierlicher Prozess, der dem Gestein eines begangenen oder befahrenen Belages (auch Treppen) nicht schadet, vorausgesetzt die Belagsstärke ist ausreichend. Gesteine mit einem hohen Anteil an harten Mineralen (Quarz) nutzen sich sehr viel langsamer ab als Kalksteine. Sandsteine verhalten sich je nach Kornbindung und Kornart unterschiedlich. Durch den Abrieb kann es zu einer Veränderung der Oberflächeneigenschaften kommen. So verliert sich bei weicheren Gesteinen (Kalke, Marmore, Sandsteine) die Originalbearbeitung rasch. Bei Kalksteinen besonders, aber auch bei Graniten, kann mit der Zeit eine sehr feine Oberfläche entstehen, die den Ansprüchen an die Rutschsicherheit nicht mehr genügt. Besonders mikritische Kalksteine können sich bis zum Glanz «selbstpolieren» und so zu einem Sicherheitsrisiko werden. Dies gilt allerdings nur für öffentliche, stark begangene Zonen.

#### Reinigung

Die Reinigung von Natursteinarbeiten im Aussenbereich ist bei Belägen in der Regel kein Problem und schadet dem Stein nicht. Hochgradig verwitterungsbeständige Gesteine können gebürstet oder auch mit Hochdruckwasser gereinigt werden. Handelt es sich aber um Skulpturen oder Fassadenteile, so wird die Reinigung zu einem komplexen Arbeitsgebiet, mit dem sich nur Fachleute befassen sollten (Spezialfirmen, Restauratoren). Vor allem bei älteren Arbeiten (>50 Jahre) und insbesondere bei historischen Objekten ist die Gefahr von irreversiblen Schäden und Substanzverlust aufgrund unsachgemässer Reinigung gross. Diese Schäden entstehen durch die Verwendung ungeeigneter Reinigungsgeräte und nicht geeigneter Konservierungsmittel.

#### Tausalzeinsatz

Der Einsatz von Tausalzen verhindert zwar die Eisbildung an der Belagsoberfläche, verschärft aber die Frostbelastung des Materials. Dies ist zum einen auf Salzeinlagerung im Material und der damit zusammenhängenden Ausbildung von unterschiedlich salzhaltigen Horizonten zurückzuführen, die letztlich zu einem inhomogenen Durchfrieren führen. Ebenfalls von Bedeutung kann bei massiver Salzstreuung der dadurch ausgelöste schnelle Wärmeentzug («Kälteschock») sein. Erfahrungsgemäss ist der erstgenannte Grund aber weit bedeutender. Zusätzlich verursachen hohe Salzkonzentrationen im Porenraum von Natursteinen je nach Steintyp mit der Zeit Kristallisationsdruckschäden und graue Verfärbungen. Die zusätzliche Belastung von Gesteinen durch Tausalze sollte aus diesen Gründen, wenn möglich, vermieden werden.

#### Abhängigkeit der Belastungen von den örtlichen Gegebenheiten

Im folgenden Kapitel wird die Abhängigkeit der Belastungsintensität von den örtlichen Verhältnissen illustriert. Als Beispiel wurde die Wetterseite eines Bürgerhauses mit vorgelagerter Gartenanlage und Strasse gewählt. Die Ausführungen sind beispielhaft zu verstehen und können mit Anpassungen auf moderne Umfeld übertragen werden. Selbstverständlich sind die Belags- und Mauerwerksmaterialien sowie die Ziergegenstände (Skulpturen, Balustraden) allesamt aus Naturstein gefertigt.

In den Zeichnungen sind den einzelnen Belastungsarten und Örtlichkeiten Zahlen zugeordnet, die nach folgender Skala interpretiert werden müssen:

- 0: keine Belastung
- 1: leichte Belastung
- 2: mittlere Belastung
- 3: starke Belastung

Die Bewertungen beziehen sich gleichermaßen auf die Feuchtigkeit, auf den Temperaturgang, auf die Frostbelastung und auf die Nutzbelastung.

Häufige und starke Durchfeuchtung beschleunigen die Verwitterung von Natursteinbauteilen. Am stärksten belastet sind horizontal liegende oder mit dem Erdreich in Kontakt stehende Bauteile (Beläge, Stellplatten, Böschungsmauern). Ebenfalls stark belastet sind Skulpturen und Ziergegenstände, da diese rasch im ganzen Querschnitt durchfeuchtet werden und nachfolgend wieder



vollständig austrocknen. Die Belastung ist für den Naturstein geringer, wenn er dauernd feucht bleibt (Brunnentrog). Geringe Feuchtebelastungen sind in der Regel im Fassadenbereich zu verzeichnen, da das Wasser abfließt und der Sättigungsgrad klein bleibt. Gurtelemente und Simse wirken als Abtropfkanten und schützen die Fassade zusammen mit dem Vordach. Bäume heben das Feuchteniveau in den beschatteten Bauteilen und unterstützen so die Vermoosung und Veralgung. Gartenbeete sind Wasserinfiltrationszonen, die zu rückseitiger Durchfeuchtung von Natursteinbauteilen führen können. Sind lösliche Substanzen präsent (z. B. Düngemittel), so kann es zu Ausblühungen (Nitrate) und damit verbundenen Schäden am Naturstein kommen (Böschungsmauer). Spritzwasser im Strassenbereich kann die Feuchtebelastung lokal erhöhen – dasselbe gilt für den Gebäudesockel.

Der Temperaturgang eines Natursteinbauteils hängt von seiner Exposition (Sonneneinstrahlungswinkel) sowie von seiner Masse und Farbe ab. Mauern, massige Werkstücke und dicke Beläge erwärmen sich nur mässig. Dünne Elemente erwärmen sich rascher und können, wenn ihre Farbe dunkel ist, relativ hohe Temperaturen erreichen (bis 80 °C). Entsprechend verteilt sich die durch den Temperaturgang bedingte Materialbelastung auf dem Schema 2. Bei massiven Fassadenkonstruktionen ist der Temperaturgang eher gering. Ein prinzipieller Unterschied ist bei hinterlüfteten, vorgehängten Natursteinfassaden zu verzeichnen – hier kommt es je nach Farbe des Natursteins zu einer starken Erwärmung bei Sonneneinstrahlung. Schäden an Natursteinbauteilen aufgrund des Temperaturanges sind in der Regel auf Fehler bei der Verlegetechnik oder der Versetzttechnik zurückzuführen – dies gilt auch für die Mehrzahl temperaturbedingter Schäden am einzelnen Stein (siehe Artikel Dr. P. Eckardt). Die für den Aussenbereich gängigen Natursteine zeigen im Generationenmassstab keine erheblichen, temperaturbedingten Verwitterungserscheinungen.

Da die Frostbelastung vom Sättigungsgrad des Materials mit Wasser und der Anzahl der Frostzyklen abhängt, sind dünnwandige, allseits bewitterte Elemente prinzipiell stark belastet. Besonders hoch belastet sind Bauteile, die täglich, zum Beispiel von Schmelzwasser überströmt werden und die nachts wieder gefrieren. In Bereichen mit Salzstreuung erhöht sich die Frostbelastung des Natursteines stark. Fassadenbereiche sind aufgrund des geringen

Sättigungsgrades nur wenig belastet. Die Nutzlast ist von der Verkehrsfrequenz und der Art des Verkehrs abhängig. Im privaten Bereich spielt sie mit Ausnahme von befahrenen Vorplätzen kaum eine Rolle, zumindest nicht zu Lebzeiten des aktuellen Besitzers. Im öffentlichen Bereich hinterlässt die Begehung je nach Frequenz bereits nach einigen Jahren Abnutzungsspuren. Deutlich am stärksten belastet sind Strassenbeläge und Randsteine. Nutzlastfrei sind Fassaden und alle anderen, nicht begangenen und befahrenen Natursteinbauteile.

### Der richtige Stein am richtigen Ort

Die vorgängig gemachten Ausführungen zeigen eine sehr vielschichtige Realität auf. Werden gemäss Literatur im Aussenbereich beständige Materialien gewählt, so sind die meisten der genannten Abnutzungs- und Zerfallserscheinungen gemessen an der geplanten Nutzungsdauer nicht von Belang, da sie nur sehr langsam eintreten. Erst an historischen Bauwerken werden diese Prozesse ausschlaggebend. Nachfolgend werden zwei Wege aufgezeigt, wie bei Unsicherheit bezüglich Eignung eines Gesteins für die Anwendung im Aussenbereich verfahren werden kann:

1. Ein Gestein soll verwendet werden, mit dem noch keine Erfahrungen im Aussenbereich vorliegen oder solche Erfahrungen sind nicht greifbar. Es kann wie folgt unterschieden und vorgegangen werden:
  - Granite und Granitähnliche sind sicherlich werkstofftechnisch die am wenigsten empfindliche Gesteinsgruppe. Sie vereinen hohe Festigkeit mit ausgezeichneter chemischer Resistenz und guter Beständigkeit. Ausnahmen sind sehr selten. Fachmännisch verarbeitet, eignen sie sich für alle Bauteile im Aussenbereich (Belastungsstufen 0–3). Je nach Anwendung sollte die Verfärbungstendenz eines gewählten Gesteines überprüft werden. Im Verkehrsbau (Beläge) müssen die gängigen, durch Normen vorgegebenen Kennwerte überprüft werden.
  - Kalksteine (und Marmore) sind in vielen Fällen werkstofftechnisch unproblematisch – es existieren aber etliche Ausnahmen. Ein gewählter Kalkstein muss fachmännisch und kritisch beurteilt werden. Abklärungen können beispielsweise nach DIN 52 106 vorgenommen werden. Für Strassenbeläge eignen sich die meisten Kalksteine aufgrund ihres ungüns-

tigen Abriebverhaltens nicht. Beständige Kalksteine sind in den Belastungsstufen 0–2 ohne Vorbehalt einsetzbar. Bei höherer Belastung sind zusätzliche Abklärungen zu empfehlen.

- Sandsteine können bezüglich ihrer Eignung im Aussenbereich die besten Granite übertreffen, sie können aber auch absolut untauglich sein. Aus diesem Grund müssen sie bei der Auswahl fachmännisch beurteilt und allenfalls geprüft werden.

2. Ein Gestein, dessen eingeschränkte Beständigkeit aufgrund langjähriger Erfahrung bekannt ist, soll aus architektonischen, denkmalpflegerischen oder ökologischen Überlegungen im Aussenbereich verwendet werden. In einem solchen Fall sind folgende Punkte zu beachten:

- Die spezifische Empfindlichkeit des betreffenden Gesteins soll durch eine optimale Wahl der Verarbeitungstechnik und durch flankierende Massnahmen reduziert werden.
- Der Produzent des Materials (Abbaustelle) soll über das Projekt informiert werden und sein Wissen in das konkrete Projekt einbringen können.
- Der Bauherr muss über die Risiken informiert werden und erhält Angaben zur erwartenden Nutzungsdauer und zum Unterhalt.
- Präventive Schutzbehandlungen mit chemischen Mitteln sind im Aussenbereich in der Regel abzulehnen (Ausnahme: Sprayschutz).

### Fazit

Bei fachgerechter Anwendung ist Naturstein das ideale Material für die Gestaltung von Aussenräumen. Beständige Steinarten übertreffen die Lebensspanne des Menschen um ein Vielfaches. Dem Anwender kommt die Verantwortung zu, dieses edle Material so einzusetzen, dass es in der konkreten Anwendung Modeströmungen überdauert und auch kommenden Generationen Freude bereitet. Schäden sind in der Regel auf Fehler bei der Verarbeitung zurückzuführen. Vermehrt sind Schäden auch auf die heute gängige architektonische Verschmelzung von Innen- und Aussenbereich zurückzuführen – oftmals werden die gleichen Materialien im Innen- und im Aussenbereich verwendet – ohne genügende Anpassung der Verlege- und Bautechnik an die erhöhten Anforderungen im Aussenbereich.

Dr. Philipp Rück

## VERARBEITUNGSGRUNDSÄTZE FÜR NATURSTEIN IM AUSSENBEREICH

Dr. Peter Eckardt

**Für die Verarbeitung von Natursteinen im Freien gelten die drei gleichen Grundsätze wie für Bauwerke ganz allgemein: Sie müssen sicher, gebrauchstauglich und dauerhaft sein.**

### Sicherheit

Zur Sicherheit gehören im Bauwesen eine ganze Reihe Aspekte wie z. B. statische Sicherheit (Widerstandsfähigkeit gegenüber allen vorkommenden Belastungen, z. B. Wind, Erdbeben, Gebrauchslasten (Verkehr) etc. mit genügendem Sicherheitsfaktor («Widerstandsbeiwert»)). Für unsere Belange besonders wichtig ist die Gleitsicherheit: Aussenbeläge und Treppen aus Naturstein müssen eine so rauhe Fläche aufweisen, dass sowohl unter normalen wie auch unter nur gelegentlich vorkommenden Verhältnissen ein gefahrloses Begehen (aber allenfalls auch Befahren!) möglich ist.

### Gebrauchstauglichkeit

Ein Bauwerk, d. h. auch eine Natursteinarbeit, muss die ihm zugeordneten Aufgaben erfüllen können. Einige Beispiele: Eine Treppe muss ein regelmässiges Trittrhältnis aufweisen, damit sie zügig begangen werden kann; ein Belag darf nicht bei Regen Wasserpfützen von 5 cm Tiefe bilden; in Sand verlegte Platten müssen so dick und so gross sein, dass sie weder brechen noch kippen; in Mörtel verlegte Platten dürfen keine grösseren Hohlstellen und freihängenden Ecken aufweisen. Vielfach besteht ein enger Zusammenhang zwischen Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit.

### Dauerhaftigkeit

Die Dauerhaftigkeit projiziert Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit in die Zukunft, d. h. es müssen die beiden Begriffe nicht nur unmittelbar nach der Erstellung erfüllt sein, sondern während der ganzen Gebrauchsdauer eines Objektes gewährleistet bleiben. Steinarbeiten sind im Allgemeinen langlebige Bauteile, bei denen deshalb hohe Ansprüche an die Dauerhaftigkeit gestellt werden.

Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit hängen in hohem Masse vom richtigen Versetzen ab. Der vorliegende Artikel behandelt die Gleitsicherheit von Aussenbelägen und -treppen und gibt Ratschläge für das korrekte Versetzen.

Nicht behandelt werden Naturstein-Mauerwerk und hinterlüftete Naturstein-Fassaden. Zu diesen Themen konsultieren Sie die neue Empfehlung SIA V 178 «Naturstein-Mauerwerk» sowie den neuen Ordner des NVS «Bauen mit Naturstein», der u. a. eine Planungshilfe für Naturstein-Fassaden und ein Musterdevis enthält.

### Gleitsicherheit

Bauherren wie Planer neigen dazu, auch im Aussenbereich die für viele Gesteine optisch aussagekräftigste Flächenbearbeitung, nämlich die Politur, zu wählen. Nur ungern stimmt man einem etwas gröberen Schliff zu, und es werden oft Kompromisse geschlossen, z. B. Schliff C 120 oder 220, die optisch wenig befriedigen, aber auch die Gleitsicherheit nicht gewährleisten.

Die Europäische Normung CEN ist daran, verbindliche Grundsätze aufzustellen; in Deutschland haben in den letzten Jahren die Berufsgenossenschaften Richtlinien herausgegeben, die jedoch wenig brauchbar sind.

Grundsätzlich geht es darum, dass eine begangene Fläche unter allen üblichen Gebrauchszuständen eine genügende Gleitsicherheit aufweist. Diese ist von einer ganzen Anzahl Kriterien abhängig:

- Rauigkeit der Steinfläche
- Dichte (Porosität) der Steinfläche
- Fugenanzahl
- Material, Profil und Zustand der Schuhsohle
- Vorhandensein von Wasser: trockene Fläche bis stehendes Wasser
- Verschmutzung: trockener Staub bis ölig-schmierige Stoffe
- Gefälle des Belages
- Benutzerprofil (z. B. Bauarbeiter, Altersheim, Schulhaus)

Die einzelnen Kriterien beeinflussen einander in sehr verschiedener Weise und es wäre heikel, in einem Diagramm den Grad der Gleitsicherheit festlegen zu wollen, aus dem dann der Planer die zulässige Bearbeitung herauslesen könnte. Die Schwierigkeit beginnt nämlich schon mit der Messung der Gleitsicherheit: Gerade wegen den verschiedenen einander beeinflussenden Parametern gibt es keine Messmethode, die wirklich objektive Aussagen zulässt. Folgende Messverfahren werden angewendet:
 

- Skid- oder Slipmeter: Ein Pendel mit Gummischlitten pendelt über die zu messende Fläche, es wird

die Bremswirkung gemessen.

- Akzeptanzmethode: Eine kleine Fläche aus dem zu messenden Material wird immer steiler gestellt und bestimmt, bei welchem Winkel eine Anzahl Versuchspersonen mit normiertem Schuhwerk ohne Furcht vor Ausgleiten darüber gehen, resp. ausgleiten (aus dieser Methode stammen die sog. R-Werte).
- Messung des Reibungswinkels: Ein Messfüsschen, das mit verschiedenen Sohlenmaterialien beschichtet ist, wird über die zu prüfende Fläche gezogen und die Reibungskraft direkt gemessen; aus ihr und dem Anpressdruck kann dann die Reibzahl  $\mu$  bestimmt werden. Es gibt praktische mobile Geräte, die überall eingesetzt werden können. Die EMPA St. Gallen verfügt über ein stationäres Gerät, das sogar mit ganzen Schuhsohlen messen kann. Die Reibzahl  $\mu$  kann direkt in den Gleitsicherheitsgrad umgesetzt werden (Wuppertaler Skala).

In der Praxis ist nur letztere Methode vernünftig brauchbar; sie kann nicht nur neue, sondern auch alte Beläge auf Gleitsicherheit prüfen. Zwischen Flächenbearbeitung eines Natursteins und der Reibzahl besteht ein enger Zusammenhang und wir fügen eine auf Messungen, Praxis und Erfahrung beruhende Tabelle bei (siehe Figur 1, nächste Seite), die dem Planer und Unternehmer helfen soll, die richtige Bearbeitung zu wählen. Die Tabelle gilt für frische, saubere Flächen. Im Gebrauch kann die Gleitsicherheit durch Verschmutzung, Imprägnierung etc. abgemindert werden.

Bei Unfällen, die auf zu glitschige Beläge zurückzuführen sind, haftet grundsätzlich der Werkeigentümer (das kann auch die öffentliche Hand sein). Er hat aber ein Rückgriffsrecht auf Planer und Unternehmer, wenn diese ihn auf mögliche Gefahren nicht aufmerksam gemacht haben. Insbesondere ist auch der Unternehmer verpflichtet, Planer und Bauherren allenfalls abzumahnern, wenn z. B. polierter Stein um ein Schwimmbad verlegt werden soll. Die Gleitsicherheit ist natürlich nicht nur im Freien, sondern auch in Innenräumen zu prüfen (Schwimmbäder, Eingangshallen, gedeckte Vorplätze, etc.) diese sind oft kritischer als immer berechnete Bereiche. Schmutzschleusen sind nur wirksam, wenn sie gross genug und der Anzahl Begeher angepasst sind und bei Sättigung mit Wasser gewartet werden.

## GLEITSICHERHEIT NATURSTEINBELÄGE IM ALLGEMEINEN ZULÄSSIGE FEINSTE BEARBEITUNG

Dr. Peter Eckardt

Wasser-/Schmutzbelastung	Immer trocken und sauber nach Schmutzschleusen	Gelegentlich feucht bis nass bei starkem Regen und Schnee, vor und nach Schmutzschleusen, Balkone und Terrassen	Oft nass und verschmutzt z.B. unter Vordächern	Immer beregnet mit gutem Abfluss, wenig verschmutzt wegen Spülung durch Regen
<b>Benutzung</b>				
Rein private Bereiche, sehr wenig Personenverkehr, unter Kontrolle (Wohnung, EFH, etc.)	poliert	poliert mit Abmahnung	poliert mit Abmahnung	(poliert mit Abmahnung) Schliff 220
Halbprivate Bereiche, mässiger Personenverkehr (Zugänge zu EFH und MFH, auch Shops, u.ä.)	poliert	Schliff 120	(Schliff 120) diamantgesägt	diamantgesägt
Halböffentlicher Bereich, mittlerer Personenverkehr (Bürohäuser, Banken, grössere Läden)	poliert	diamantgesägt	diamantgesägt	diamantgesägt
Öffentlicher Bereich mit starkem Personenverkehr (Schulhäuser, Supermarkt, Passagen, Bahnhöfe)	Schliff 220	sandgesägt	sandgesägt	(diamantgesägt) sandgesägt
Kritische Bereiche mit starker laufender Verschmutzung (gewisse Gewerbebetriebe, Fabriken, etc.)	(diamantgesägt) sandgesägt	sandgesägt	(sandgesägt) geflammt	sandgesägt

Figur 1

- poliert
- Schliff 220
- Schliff 120
- diamantgesägt
- sandgesägt
- geflammt

spiegelnd glatt  
matt glänzend/glatt  
matt glatt  
matt leicht rau  
rau im 1/2-1mm Bereich, sowie fein gespalten  
rau > 1mm Bereich, sowie grob gespalten, gestockt, etc.

Treppentritte sollen jeweils mit der nächst größeren Bearbeitung versehen werden.

Die Rauigkeit einer Bearbeitung hängt zusätzlich von der Grösse der Mineralkörner im Gestein ab.

### Versetzen

Bei der Aussenanwendung von Naturstein sind zwei Faktoren für das gute Gelingen der Arbeit entscheidend:

- Die Berücksichtigung der Wärmedehnung, insbesondere dort wo die Sonne hingelangt. Die Wärmedehnung beträgt nämlich nicht weniger als bis zu 1 mm pro ml Steinlänge! Das ergibt bei einem Belag von 10 m Länge einen ganzen cm. Die bei der Wärmedehnung entstehenden Kräfte sind so gross – bis zu 2000 kg/cm<sup>2</sup> –, dass sie nicht «aufgehalten» werden können. Es genügt also nicht, eine Platte besonders gut «anzukleben»; irgendwo wird sie sich lösen, entweder zwischen Mörtel und Unterlage, zwischen Mörtel und Platte oder auch innerhalb der Platte selbst (bei schiefrigen Gesteinen).
- Das korrekte Abführen des Regenwassers (allenfalls natürlich auch anderer Wasser!), damit nicht eine ständige Durchfeuchtung der Steine stattfindet, keine

Salze so transportiert werden, dass sie Schäden anrichten oder dass Frost einwirken kann. Dabei ist daran zu denken, dass Wasser nicht immer nur vom höchsten zum tiefsten Punkt fliesst, sondern in gewissen Baustoffen (Mörtel!) auch durch Kapillarkräfte (= Steigen von Wasser in feinsten Poren und Kanälen) «aufwärts» transportiert werden kann.

### Abbau von Wärmespannungen

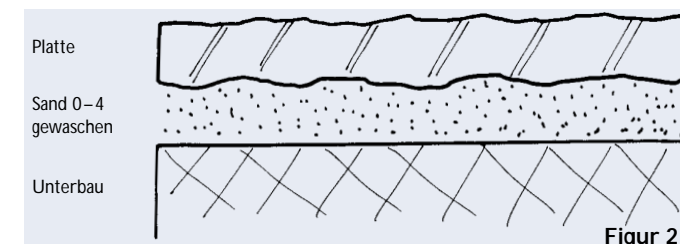
Wärmespannungen entstehen durch Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen Bauteilen. Bei Aussenbelägen ist das einerseits die Steinplatte, andererseits der Unterbau, meist eine Betonplatte oder eine Mörtelschicht (Überzug, Gefällsmörtel, Unterlagsboden).

Natürlich entstehen auch in der Platte selbst Spannungen, da die durch Einstrahlung erzeugte Wärme sich innerhalb der Platte nur langsam ausgleicht.

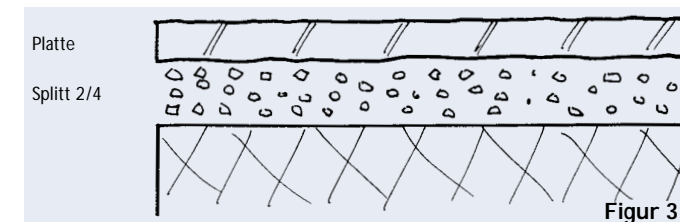
Eine gleichmässige Temperaturänderung innerhalb eines Materials ist nicht kritisch; entscheidend sind jedoch Temperatursprünge beim Übergang von einem Material zum andern, zum Beispiel von der Platte zum Mörtel. An jener Stelle entstehen, weil das wärmere Material sich stärker dehnt, hohe Scherspannungen, die nur solange aufgenommen werden, als die Eigenfestigkeit der Materialien resp., deren Haftfestigkeit aneinander nicht überschritten wird. Angesichts der «Eigenkraft» der Wärmedehnung von bis zu 2000 kg/cm<sup>2</sup> siegt eigentlich immer diese! Es gilt deshalb Lösungen zu finden, bei denen die Dehnkräfte zwischen Platten und Unterbau schadlos abgebaut und ausgeglichen werden können. Die Verbindung zwischen den beiden Bauteilen muss also so nachgiebig sein, dass Bewegungen von einigen Zehntel-mm (abhängig von der Plattengrösse) zwischen Platte und Unterbau möglich sind.

Dazu gibt es zwei Lösungen:

1. Es wird gar kein fester Verbund zwischen Platte und Unterbau erstellt (Figur 2, 3)
    - Verlegen in Sand oder Splitt
    - Verlegen in dauerelastischen Kitt (Ausnahmelösung!)
  2. Es wird ein fester Verbund erstellt, jedoch so, dass die Wärmebewegungen im Verbundmedium abgebaut werden (Figur 4)
    - Verlegen in magerem Dickbettmörtel von mind. (2) 3 cm Dicke
- Im Folgenden wird auf die verschiedenen Versetzweisen näher eingegangen.



Figur 2



Figur 3

### Verlegen in Sand oder Splitt

Diese Verlegeart ist allen anderen Methoden vorzuziehen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Platten eine der Belastung angepasste Mindestdicke aufweisen, nämlich
  - (15)...20 mm für minime Personenlasten (Dachterrassen, Balkone, Sitzplätze, etc.)
  - 30 mm für erhöhte Personenlasten ohne Befahrung (Zugangswege, halböffentliche Anlagen, etc.), leichte Kehrgeräte möglich. Achtung: sog. Kommunalfahrzeuge sind meist sehr schwer! Bei Plattengrössen über etwa 80 x 80 cm ist die Plattendicke zu erhöhen, da die vollflächige Auflage meist nicht gewährleistet ist.
- Für Befahrung durch Geräte über 500 kg Gewicht ist die Plattendicke statisch zu berechnen.
- Die Platten eine Mindestgrösse von 30 x 30, besser 40 x 40 cm aufweisen. Bei kleinen (und eher dünnen) Platten besteht das Risiko, dass sie bei Belastungen entlang der Plattenränder abkippen.
- Sind Platten im Verhältnis zur Grösse sehr dick, z.B. 6 cm bei Platten 15 x 15 cm, ist das Versetzen in Sand/Splitt ebenfalls möglich, da dann ein Abkippen durch die seitliche Verkeilung verhindert wird (Prinzip Pflastersteine und Pflasterplatten).

Die Frage: Sand oder Splitt?

- Sand eignet sich besonders für Platten, deren Dicke schwankt, da sie im Sandbett entsprechend eingeklopft werden können. Eher in Sand werden daher Spaltplatten aus Maggia, Walliser, etc. verlegt. Sand ist nachgiebiger als Splitt und führt bei kleinen und dünnen Platten zu unebenen Flächen. Das Sandbett sollte über 3 cm dick sein. Siehe Figur 2. Als Sandqualität wählt man am besten gewaschenen Seesand, der kaum mehr Feinanteile enthält. Das ist besonders wichtig, wenn der Sand als Drainageschicht benötigt wird (Beläge über Wasserdichtungen). Bei durchlässigen Untergründen (Kieskoffer, Geröllbeton) kann auch normaler Grubensand verwendet werden.
- Splitt ist gut geeignet für Platten ähnlicher Stärke, deren Unterseite plan ist, wie z. B. gesägte Platten oder parallellagige Spaltplatten wie Alta, Kotah, etc. Splitt ist relativ starr und Platten können nicht eingeklopft, sondern allenfalls eingeschoben werden. Siehe Figur 3. Die Wasserdurchlässigkeit von Splitt ist höher als die von Sand, so dass er sich auch dort gut eignet, wo viel Wasser in kurzer Zeit abgeführt werden muss (Dachterrassen, etc.) Als Splitt nimmt man i. A. Brechsplitt 2/5 mm, auf kei-

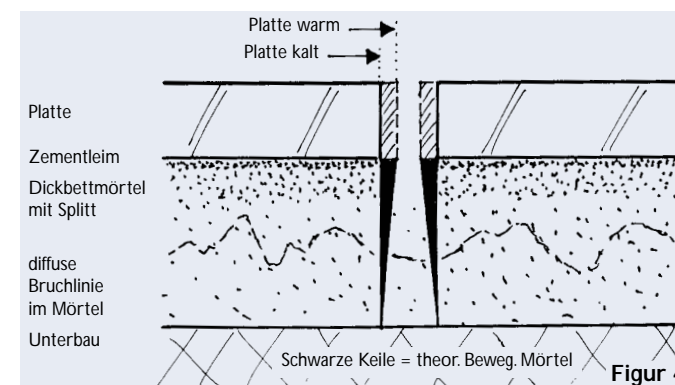
nen Fall Rundkies, da dieses nicht formstabil ist. Bei grossen Dachterrassen mit kleinen Abläufen kann zur Vermeidung der Versinterung der Abläufe Granitsplitt eingesetzt werden. Allerdings darf die Löslichkeit von Kalksplitt nicht überbewertet werden; Mörtel liefern immer 20...50 mal mehr Sinterstoffe als Kalkstein.

### Verlegen in dauerelastischem Kitt

Müssen Natursteinplatten auf Stahlkonstruktionen versetzt werden, empfiehlt sich wegen der Haftung und der sehr grossen Unterschiede in der Wärmedehnung (Metalle 2...4 mal mehr als Stein) das Aufziehen mit Kitt. Dieser darf nicht zu dünn sein (je nach Situation ab etwa 4 mm), da auch er sonst überbeansprucht wird. Wichtig ist die Verwendung eines wirklich neutralen Kittes, bei dem kein Silikonöl auswandert und den Stein verschmutzt. Wegen der grossen Kontaktflächen ist diese Gefahr besonders gross.

### Verlegen im Dickbettmörtel

Dickbettmörtel sind sehr mager und daher nicht besonders hart (d.h. keine hohe Druckfestigkeit, niedriges E-Modul). In ihrem lockeren Korngerüst können sie kleine Verschiebungen aufnehmen, ohne dass es zur Bildung von Rissen kommt. Dazu muss allerdings die Dicke des Mörtels gegenüber den horizontalen Schiebewegungen aus der Wärmedehnung sehr viel grösser sein, d.h. 3 cm und mehr. Siehe Figur 4. Wichtig ist auch die gute Haftung des Mörtels am Stein, damit sich die Bewegungen wirklich im Mörtel und nicht an der Haftfläche auswirken. Es ist daher unerlässlich, eine Haftsicht durch Bestreichen der Platte mit Bojacke, Abputern des Mörtelbettes mit Zement und Näs-



Figur 4



sen oder Übergießen des Mörtelbettes mit Bojacke aufzubringen.

Dünn- und Mittelbettklebemörtel sind hochzementös und haben ausserordentlich hohe technische Werte (Druckfestigkeit, E-Modul) und haften, – richtig angewendet – auch gut an Platten. Von ihrer Verwendung im Freien ist aber trotzdem abzuraten, da in ihnen, wegen der guten technischen Werte und der geringen Dicke von 5...15 mm, die Wärmespannungen nicht abgebaut werden können, sondern zur Ablösung der Platten vom Klebemörtel oder Abschiefern der Platte selbst führen. Siehe Figur 5.

Dickbettmörtel für Aussenanwendungen sind grundsätzlich nur mit Brechsplitt 2–5 oder 3–6 mm herzustellen mit einer Puzzolanazement (Trass-)Dosierung von P150. Der Trass bindet einen Teil des im Zement entstehenden Kalkhydrates und vermindert die Gefahr von Ausblühungen. Splittmörtel ist kapillarbrechend und führt Wasser gut ab. Mit normalem Sand hergestellte Dickbettmörtel für das Versetzen von Platten sind nicht mehr Stand der Technik.

Bei der Verarbeitung soll so wenig Wasser als möglich verwendet werden. Dickbettmörtel dürfen höchstens erdig-feucht und nie plastisch sein. Eine Schicht Mörtel muss sich ohne seitliches Ausweichen zusammendrücken lassen.

Beim Einbau von Platten muss diese Zusammendrückbarkeit ausgenutzt werden, um im obersten Drittel des Mörtelbettes eine höhere Dichte zu erzeugen, damit sich die Wärmebewegungen im unteren Teil abspielen. Siehe Figur 4.

Bei hochbelasteten (befahrenen) Belägen ist der Mörtel mit der Platte in ein statisches Modell einzubringen.

Ohne die korrekte Fugenausbildung nützt aber auch Dickbettmörtel nichts. Damit der Mörtel die Wärmebewegungen ohne zu reißen abbauen kann, dürfen diese nicht zu gross sein. Das bedingt, dass die Bewegungen nicht von Platte zu Platte übertragen werden dürfen. Das ist nur möglich, wenn auch die Fugen etwas nachgiebig sind, d.h. sich etwas zusammendrücken lassen. Harte Fugenmörtel in schmalen Fugen lassen keine Dehnbewegungen der Platten zu, resp. übertragen sie ungedämpft auf die nächste Platte.

Mit andern Worten: Auch der Fugenmörtel muss nachgiebig sein und zudem eine Breite aufweisen, die ihm erlaubt, überhaupt zusammengedrückt zu werden.

Dabei ist in Kauf zu nehmen, dass «weiche» Fugenmörtel verschleissanfälliger sind und von Zeit zu Zeit (man

kann von 10–20 Jahren sprechen) repariert werden müssen. Das ist alleweil einfacher, als gelöste Platten, oder solche, die von zu hartem Fugenmörtel an den Kanten beschädigt sind, neu zu verlegen oder zu ersetzen. Fertigfugenmörtel sind sehr oft viel zu hart und erfüllen die genannten Anforderungen nicht, auch wenn ihre Namen dies vermuten lassen. Im Zusammenhang mit oft zu schmalen Fugen bauen harte Fugenmörtel Wärmespannungen nicht ab, sondern übertragen sie auf die nächste Platte, bis sich eine davon löst und eine Kettenreaktion auslöst (Abschieben und Aufstellen von Platten). Nicht selten werden auch Plattenkanten abgedrückt, besonders bei schiefrigen Gesteinen. Siehe Figur 5.

Fugenmörtel werden am besten als «Einkornmörtel» konzipiert mit Korn von 0,5...1 mm (Ausieben oder Kaufen) und gleich viel Trasszement. Die Fugenbreite soll bei Platten bis 30 cm Kantenlänge mind. 6 mm be-

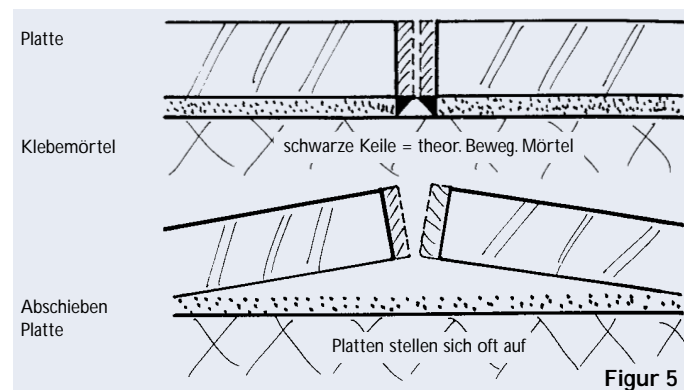
tragen, bei Kantenlängen 40–50 cm 10 mm und bei Kantenlängen über 50 cm mind. 12 mm.

#### Abführen des Wassers

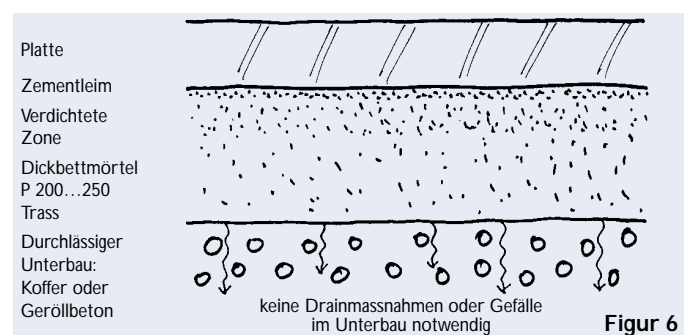
Gesteine selbst sind kaum je wasserempfindlich; allerdings wirken sie optisch unschön, wenn sie dauernd teilweise vernässt sind (und damit auch einen Nährboden für Moose und Algen bilden). Kritischer ist es aber, wenn steinnässende

Wässer Salze mitführen, die Ausblühungen, Versalzungen oder gar Salzsprengungen an der Steinoberfläche verursachen können. Es ist daher ausserordentlich wichtig für jeden Aussenbelag und jede -treppe, die Wasserführung richtig zu planen. Das ist an und für sich Sache des Planers, da ja dabei ein Zusammenwirken verschiedener Bauteile stattfindet. Oft aber wird bei der primären Planung zu wenig Rücksicht auf bauphysikalische Prinzipien genommen und der Natursteinunternehmer muss dann auf Voraussetzungen aufbauen, die eine mängelfrei bleibende Arbeit gar nicht mehr ermöglichen. Seine Ausbildung erlaubt ihm aber vielfach nicht, planerische Mängel zu erkennen, so dass er sie auch nicht abmahnen kann.

Folgende Grundsätze sind bei der Planung von Aussenbelägen und -treppen für die korrekte Wasserführung zu beachten:



Figur 5

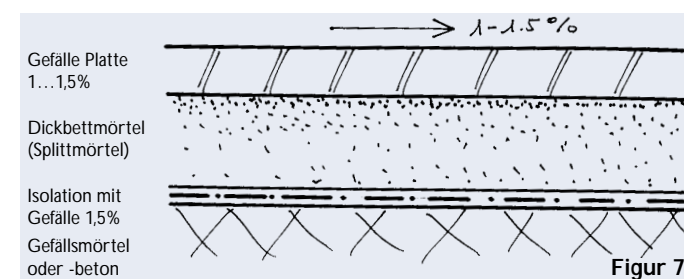


Figur 6

– Steinbeläge sind grundsätzlich nicht wasserdicht; es dringt also immer Regenwasser in den Belagsaufbau ein. Der Grossteil des Wassers gelangt über die Fugen in die Unterkonstruktion (Sand- oder Mörtelbett); besonders bei stehendem Wasser ist aber auch der Stein selbst je nach Porosität wasserdurchlässig. Fugen können weder mit Kunstharzen noch dauerelastischen Fugenmassen langfristig völlig gedichtet werden.

– Das in die Unterkonstruktion eingedrungene Wasser muss aktiv abgeführt werden. Das passive Austrocknen über die Fugen und die Platten genügt selbst bei langen Trockenperioden nicht, ständig vernässte Platten und Ausblühungen sind die Folge.

– Damit Wasser aus der Unterkonstruktion wegfliessen kann, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein: Entweder: Der Unterbau (Bauteil unter der Unterkonstruktion) ist durchlässig und das Wasser kann aus dem Sand- oder Mörtelbett nach unten wegsickern (Kies-, Geröllkoffer, Geröllbeton, o.ä.). Das ist der einfachste Fall, bei dem keine weiteren Massnahmen notwendig sind; er wird nicht weiterbehandelt. Siehe Figur 6.



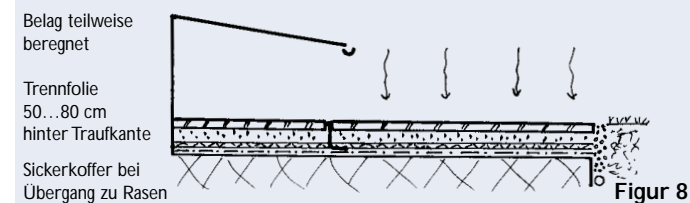
Figur 7

Oder: Der Unterbau ist dicht (Betonplatte, Wasserisolation); dann muss eine Reihe weiterer Bedingungen erfüllt sein, nämlich:

– Die wasserdichte Schicht (Beton, Sarnafil, Bitumenpappe, etc.) muss ein genügendes Gefälle von mind. 1,5 Prozent zu den Abläufen aufweisen. Das Gefälle darf nicht durch Klebewülste gestört sein, hinter denen sich Wasserlachen bilden. Ein Gefällsmörtel auf einer horizontalen Isolation ist sinnlos. Siehe Figur 7.

– Unter den Plattenbelag gelangtes Wasser muss über der Wasserisolation frei wegfliessen können. Das ist im Sand- oder Splittbett (ohne Zement) gut möglich. Auch Splittmörtel führt Wasser problemlos ab. Drainmatten sind daher nicht notwendig. Hingegen bleibt Wasser in Sandmörtel oder in Splittmörtel mit zu hoher Zementdosierung liegen und kann auch kapillar steigen. Also keinen Sandmörtel verwenden und Splittmörtel nur als P150 dosieren.

– Belagsteile, die nicht direkt beregnet werden (gedeckte Sitzplätze, Wintergärten), müssen von den beregneten Teilen so getrennt werden, dass kein kapillarer oder dampfförmiger Wassertransport vom beregneten zum nicht beregneten Bereich stattfinden kann. Siehe Figur 8.



Figur 8

– Abläufe müssen so konzipiert sein, dass Wasser aus der Unterkonstruktion auf dem Fliessniveau in den Ablauf gelangen kann. Verdeckte Abläufe sind zu vermeiden, da deren Wirksamkeit nicht kontrolliert werden kann. Siehe Figur 9.

– Das Eindringen von Wasser in die Unterkonstruktion aus seitlich an den Belag anstossenden Berei-

chen (Rasen, Beete, etc.) muss durch Sickerpackungen und -leitungen verhindert werden.

#### Folgende Empfehlungen resultieren aus den vorgenannten Bedingungen:

– Die Planung von Aussenbelägen und -treppen muss in einem frühen Stadium der Planung einsetzen.

– Der häufigste Fehler ist die mangelnde Aufbauhöhe, die weder ein Gefälle der Wasserisolation noch ein Sand-, Splitt- oder Splittmörtelbett von mindestens 3 cm erlaubt.

– Korrekt ist also für Beläge im Freien nur das Verlegen in losem Sand oder Splitt, oder dann im Splittmörtelbett. Das Wasser muss entweder durch einen durchlässigen Unterbau oder über eine Wasserisolation mit genügend Gefälle abgeführt werden.

– Allerdings können bei mangelndem Gefälle der Wasserisolation Wasserlachen im Bett entstehen,

die zu Vernässungen der darüber liegenden Platten führen.

– Betonplatten ohne Gefälle und ohne Unterkellerung können durchbohrt werden, so dass sie sich wie durchlässige Unterbauten verhalten.

– Gefällsbeton oder -mörtel ist nutzlos, wenn die wasserdichte Schicht nicht über ihm liegt. Ist über der Wasserisolation bereits eine Gefällsschicht vorhanden, genügt es, sie mit einer billigen Folie abzudecken.

– Abläufe sind besonders überlegt zu konzipieren: Gute Zugänglichkeit (Entfernen von Blättern, Sinterungen, etc.), genügende Kapazität, um Rückstau zu vermeiden, grosse Ausflussöffnungen aus der Drainschicht (man sieht oft Löcher von 5 mm, die bereits nach wenigen Tagen verstopft sind).

– Belagsübergänge zu gedeckten Partien und Wintergärten sind gut zu durchdenken.

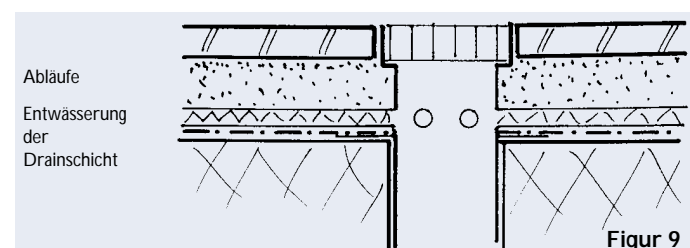
Zum Schluss bleibt die Synthese:

Die Spannungen aus Wärmedehnungen einerseits und das Abführen des in den Belag gelangten Wassers andererseits können durch richtige Planung so in den Griff bekommen werden, dass auch durch Wärme und Wasser hochbelastete Aussenarbeiten ihre Funktion ohne Mängel langfristig erfüllen können.

Dr. Peter Eckardt

Weitere Angaben zu Aussenbelägen und Ausstentreppe, Wintergärten, Verfärbungen, etc. finden sich in den Merkblättern im Ordner «Bauen mit Naturstein», der jüngst erschienen ist und laufend ergänzt wird.

Im gleichen Ordner finden sich auch Hinweise für die Erstellung von vorgehängten Natursteinfassaden, während das Naturstein-Mauerwerk ausführlich in der SIA-Empfehlung V 178 behandelt wird.



Figur 9