

**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

Steinsorten (petrografischer Steintyp)	Art der Flecken, Verfärbungen und Reversibilität	Ursache
<i>a) Nutzungsbedingte Farbveränderung</i>		
alle weichen Gesteine (Kalke, Sandsteine, Schiefer) und alle Natursteinbeläge mit gröberer Oberflächenbearbeitung	Stumpf werden, grau werden, Farbverlust in der Regel reversibel	Verschmutzung und/oder Abnutzung
<i>b) Verwitterungsbedingte Farbveränderung (nur Aussenbereich)</i>		
im Prinzip alle Gesteine, je dichter, glatter, härter die Oberfläche, desto weniger stark; besonders sensibel: feinporige Gesteine, farbige Kalke, schwarze Tonschiefer, Serpentine, Sodalithe (*Azul Bahia)	Stumpf werden, Farbverlust durch Auskreiben  (reversibel mit Ausnahmen*)	Veralgung Krustenbildung, Verwitterung der obersten Steinschicht Politurverlust
<i>c) Verwitterungsbedingte Verfärbungen (nur Aussenbereich)</i>		
alle Pyrit-haltigen Gesteine, besonders Gneise	gelbe bis rostige Flecken und Läufe (teilweise reversibel)	Pyritumwandlung im Aussenbereich
Beola Grigia (Gneis) Castione nero (Kalksilikatfels) Azul Aran (Pegmatit)	Farbveränderung von grau nach gelb-braun (teilweise reversibel)	Pyritumwandlung und Biotitzerfall mit Eisenhydroxidbildung
<i>d) Verfärbungen durch chemische Wechselwirkung mit dem Unterbau</i>		
Bianco Carrara (Marmor) Beola Bianca (Gneis)	gelbe Wolken (irreversibel)	Pyritumwandlung bei Kontakt mit alkalischen Lösungen aus zementösem Unterbau
Sarizzo, Beol Giandonata, Azul Aran	gelbe bis rostbraune Wolken und Flecken (teilweise reversibel)	Pyritumwandlung bei Kontakt mit alkalischen Lösungen aus zementösem Unterbau
Rosa Quarzit, Albino Quarzit (Quarzite)	starke braune Verfärbungen (reversibel)	Huminstoffumwandlung bei Kontakt mit alkalischen Lösungen aus zementösem Unterbau
<i>e) Verfärbungen durch Stoffeinwanderungen aus dem Unterbau</i>		
alle Gesteine im Falle von Verschmutzungen des Unterbaus	Wolken und Flecken (meistens irreversibel)	Einwanderung von verfärbenden Stoffen aus dem Unterbau
«Schwarzwerden» in Zusammenhang mit Ausblühungen besonders bei feinkörnigen Sandsteinen	dunkelgraue Ränder und Flecken bei Bodenbelägen (kaum reversibel)	Einlagerung von hygroskopischen Salzen, aus dem zementösen Unterbau stammend



# NATURBAUSTEIN

VERLEGETECHNIK

Dr. Peter Eckardt  
Plattenbild, Defekte und Politur

Dr. Philipp Rück  
Natursteinfarbe und Natursteinverfärbung

**PRONATURSTEIN**  
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für den Naturstein  
www.pronaturstein.ch



**Bisher in der Reihe NaturBauStein erschienen:**

- Gleitfestigkeit/Rutschsicherheit  
  Wintergärten  
  Marmor  
  Schweizer Sandstein  
 Steinbrüche im Tessin  
  Verlegetechnik  
  Naturstein im Aussenbereich  
  Küchenabdeckungen

**Bestellung**

Bitten senden Sie uns \_\_\_\_ Ex. NaturBauStein-Hefte (bitte gewünschte(s) Exemplar(e) ankreuzen).

Name/Firma \_\_\_\_\_

Kontaktperson \_\_\_\_\_

Branche \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

**Bitte einsenden an:**

Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für den Naturstein Pro Naturstein, Konradstrasse 9, Postfach 7190, 8023 Zürich,  
Tel. 043 366 66 70, Fax 043 366 66 01.

**Bezugspreise**

Für Mitglieder Pro Naturstein und Naturstein-Verband Schweiz gratis (ab 20 Stk. Fr. 1.50 pro Exemplar+Porto, MWST).  
Für Nichtmitglieder gratis gegen vorfrankierten und adressierten Umschlag (ab 20 Stk. Fr. 1.50 pro Exemplar+Porto, MWST).  
Für Schulen gratis!

Sichten Sie sämtliche Publikationen unter [www.pronaturstein.ch](http://www.pronaturstein.ch) (online Bestellung möglich).

**PRO NATURSTEIN FOTOARCHIV**

*Die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Pro Naturstein publiziert in der vorliegenden Sondernummer von NaturBauStein die Referate des zweiten NVS-Weiterbildungskurses über Verlegetechnik und schliesst damit an die Sondernummer vom Juli dieses Jahres an.*

*Dr. Peter Eckardt führt in einer umfassenden Gesamtschau in das Thema ein. Er stellt die häufigsten Verlegemängel dar und gibt wichtige Tipps, wie diese behoben bzw. vermieden werden können. Themen: Haftung und Vollflächigkeit von Mörteln; Fugenbreite und Überzähne; Durchführung sachgemässer Vorkontrollen; Überprüfung der Kanten und Ecken sowie Korrektur von Löchern in Naturstein-Bodenplatten. Den zweiten redaktionellen Schwerpunkt bildet der Artikel von Dr. Philipp Rück. Er geht auf die Natursteinfarbe und Natursteinverfärbungen ein und zeigt auf, dass Farbveränderungen nutzungs- oder verwitterungsbedingt sind, chemischer Provenienz sein können oder aber durch Stoffeinwanderungen verursacht werden.*

*Pro Naturstein bietet allen am Baustoff «Naturstein» Interessierten umfassende Informationen an. Mit dem Auf- und Ausbau eines qualifizierten Fotoarchives will die Geschäftsstelle das Dienstleistungsangebot auch im nächsten Jahr verfeinern und verbessern. Zu diesem Zwecke bitten wir Sie um Ihre Mitarbeit. Wir wären Ihnen dankbar, wenn Sie uns mit nebenstehendem Talon auf Objekte aufmerksam machen*

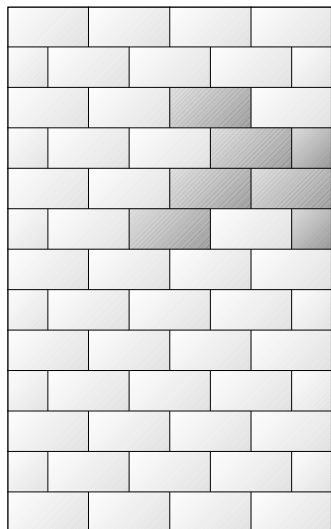
*– von denen entweder bereits Fotomaterial besteht resp. Sie solches besitzen*

*– oder aber, von welchem Pro Naturstein Fotomaterial produzieren und bereitstellen könnte resp. sollte.*

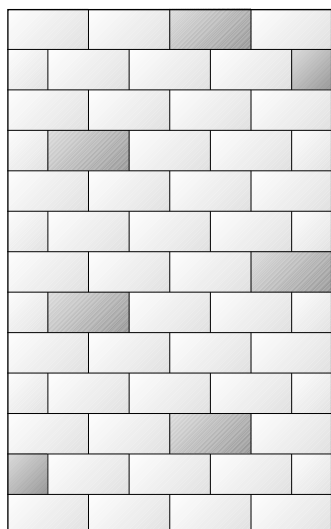
*Dank einer auf diese Weise produzierten Referenzliste von Naturstein-Objekten können wir mit Bestimmtheit auch für Architekten wertvolle Informationsdrehscheibe bei der Planung und Realisierung von Bauobjekten aus Naturstein sein. Wir freuen uns auf Ihre Mitarbeit und bitten Sie, uns die notwendigen Informationen möglichst rasch zur Verfügung zu stellen. Besten Dank!*

*Jürg Depierroz*

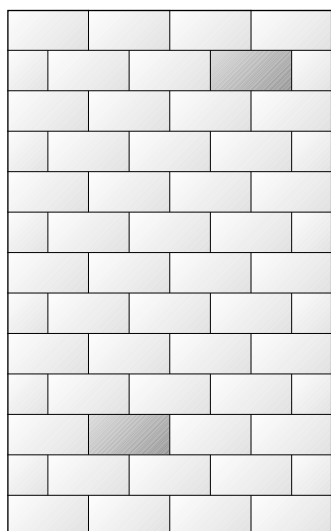
## PLATTENBILD, DEFEKTE UND POLITUR Dr. Peter Eckardt



Nest = falsch!



verteilt = richtig



Querschläger = falsch!

Der nachfolgende Artikel von Dr. Peter Eckardt thematisiert drei der häufigsten Verlegemängel und spricht über Plattenbilder (Vorkontrolle und Selektion), Defekte (Kanten, Ecken, Löcher) und über Politur (Werkmangel und Spätmangel).

**Plattenbild**

Das Plattenbild ist von zwei Punkten abhängig: Erstens von der Übereinstimmung mit dem gewählten Stein (Musterkonformität) und zweitens vom ausgeglichenen Verlegen. Fehlende Musterkonformität ist eine der häufigsten Klagen. Es sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Wenn der Plattenleger selber bemustert hat, ist er für eine gute Musterkonformität verantwortlich. Der Bauherr kann den Stein zurückweisen, wenn die Abweichung zu gross ist. Die «naturbedingten» Abweichungen nach Norm SIA 246 und den Texten auf Musteretiketten sind natürlich interpretationsbedürftig, werden jedoch meist zu stark strapaziert. Bei lebhaften Gesteinen muss auf die Extreme aufmerksam gemacht werden.
- Wird ein Material lediglich in einem Devis ausgeschrieben, ohne Verpflichtung auf ein Muster, so hat der Unternehmer das verlangte Gestein zu liefern und kann nicht auf ein, meist leider viel zu schönes Muster verpflichtet werden.

Die vorgeschriebene Selektion trägt jedoch keine weitherzige Interpretationen. So ist ein Botticino tipo classico eben kein Botticino classico und der Carrara CID kein Carrara C.

Merkpunkte zum Kapitel «Musterkonformität» sind:

- Paletten auf der Baustelle öffnen und Zustimmung Architekt/Bauherr einholen.
- Nie mit Versetzen beginnen, auch unter Termindruck nicht, wenn nicht eine Einigung vorliegt. Der Bauherr, der unter Zeitdruck sagt, man solle einmal versetzen, wird nachher trotzdem den Belag nicht akzeptieren wollen.

Ein Experte in diesem Zeitpunkt ist die billigere Lösung als das mühsame nachträgliche Gerangel. Sich nicht auf Sortierungswünsche einlassen, wenn nicht geklärt ist, wer das Sortieren bezahlt. Es ist auch nie sicher, ob eine zusätzliche Lieferung besser ist.

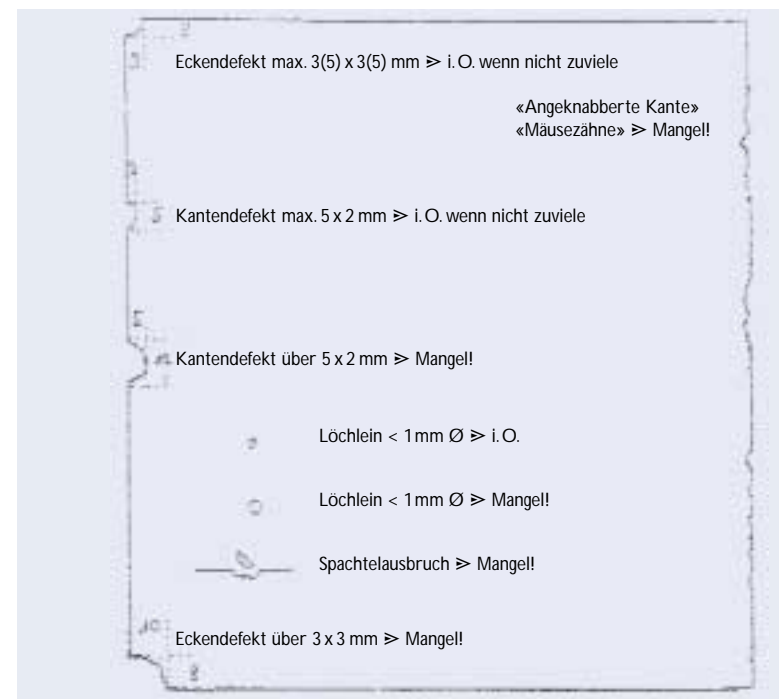
Das ausgeglichene Verlegen ist ebenfalls ein heikles Kapitel. Es gibt hierzu zwei handwerkliche Grundsätze:

- Innerhalb des Belages sollen keine «Nester» vorhanden sein. Nester werden durch eine Anzahl einander ähnlicher Platten gebildet, die sich von den anderen unterscheiden; z.B. zehn Platten mit einer markanten diagonalen Ader, die sonst nicht vorkommt.
- Im Belag dürfen keine «Querschläger» sein, d.h. einzelne Platten, die sich optisch stark von allen übrigen abheben. Interessanterweise bringen es Plattenleger immer wieder fertig, solche Platten ausgerechnet am optisch empfindlichsten Ort zu versetzen.

Nun kann man vom Plattenleger nicht verlangen, dass er die Platten vorher auslegt, um ein ausgewogenes Bild zu erhalten. Es gehört aber wirklich dazu, dass man alle Vorschläge vorher öffnet und sich den Inhalt in Stichproben ansieht. Das laufende Mischen von Platten aus verschiedenen Verschlagen ist eine selbstverständliche Massnahme, die nur unterlassen werden darf, wenn ein Gestein sehr uniform ist. Umstritten ist, ob der Bauherr verlangen darf, dass bestimmte Platten aussortiert und z.B. im Keller verwendet werden müssen. Nach meiner Meinung muss er solche Ansinnen bezahlen, ausser es handle sich um eine Massnahme, um eine schlechte Lieferung halbwegs brauchbar zu machen.

Merkpunkte zum Kapitel «Ausgeglichenes Verlegen» sind:

- Alle Verschlage vor Arbeitsbeginn öffnen und Platten beim Verlegen laufend mischen.
- Auf auffällige Platten achten und diese gut verstreut in den Belag einmischen.
- Einzelne «Ausreisser» überhaupt nicht versetzen.
- Gegenüber Sortierwünschen zurückhaltend sein; zuerst abklären, wer das Sortieren bezahlt. Auf den Lieferanten kann nie zurückgegriffen werden, wenn er nicht vorher zugestimmt hat.
- Werden die Platten vom Bauherrn zur Verfügung gestellt, ist nicht der Plattenleger für das Sortieren zuständig, sondern der Bauherr.
- Arbeitet jedoch der Plattenleger als Unterakkordant für den Werkvertragsnehmer, ist er für das ausgeglichene Verlegen zuständig.

**Kanten- und Eckendefekte, Löcher**

Bei brüchigen und spröden Gesteinen sind die Toleranzen u.U. etwas höher anzusetzen. Auf dem Bau gefräste Schnitte dürfen nicht schlechter sein als Werkschnitte!

An dieser Stelle sei noch ein Hinweis zu Musterabweichungen angebracht:

- Es gehört zur Beratungspflicht, einen Kunden auf zu erwartende Extremstrukturen und Farben aufmerksam zu machen und wenn möglich an Grenzmustern zu zeigen. Gehen Sie aber nie auf ausgefallene Wünsche der Kunden ein («nur gerade diese Farbe», «keine diagonalen Adern»).

**Defekte**

Im Normalfall werden zwei Mängel reklamiert: erstens ausgefräste Kanten oder gebrochene Ecken und zweitens Löcher in der Plattenfläche. Stein lässt sich nicht so einfach bearbeiten wie Holz. Aber ebenso oft werden Platten beim Transport und Verlegen nicht so sorgfältig behandelt wie rohe Eier. Meist betroffen sind harte, spröde Kalksteine und körnige Granite. Die Folge sind wie von Mäusen angeknabberte Kanten und gebrochene Ecken. Löcher in der Fläche hingegen sind, wenn nicht gerade ein spitzes Werkzeug fallengelassen wurde, meist natürlich bedingt (Grosssporen, Salzlöcher, Letten- und Kohllöcher).

Für ausgefräste Kanten und gebrochene Ecken haben sich folgende, nicht normierte Regeln gebildet:

- Kanten dürfen nicht durchgehend stark gefranst sein (>1 mm)
- Gelegentliche Ausbrüche bis etwa 5 mm Länge und 2 mm Breite sind zu akzeptieren, wobei diese Masse

für gut bearbeitbare Steine eher zu verkleinern sind. Eckausbrüche sind bis etwa 3 x 3 mm akzeptabel, dürfen aber auch nicht zu zahlreich sein. Beim Verlegen sollen Platten mit solchen Defekten als Schnittplatten verwendet oder an optisch nicht relevanten Stellen versetzt werden.

Löcher in der Fläche dürfen, wenn es sich nicht um ein poriges Gestein (Travertin, Basaltlava) handelt, nur bis 1 mm Durchmesser aufweisen, wenn sie nicht gespachtelt sind. Ein Grossteil der Kalksteine (Botticino, Crema Marfil, Jura z.B.) sind werkseitig gespachtelt. Spachtel müssen farbkorrekt sein, überpoliert werden und dürfen nicht herausfallen. Bei kristallinen Gesteinen (Granit) sind kleine (bis 1 mm) Flächenausbrüche ebenfalls zu akzeptieren.

Merkpunkte zum Kapitel «Plattendefekte» sind:

- Gleichzeitig mit der Konformitätskontrolle sind die Platten auf bestehende Schäden zu kontrollieren; die Kanten und Ecken können auch ohne Herausnehmen von Platten geprüft werden.
- Der Lieferant muss auf Schäden, die erst nach dem Verlegen gemeldet werden, nicht mehr eingehen. Viele Schäden entstehen erst beim Zwischenlagern, auch wenn zwei Leisten unter den Platten liegen. Schräg stehende Platten erleiden auch auf Holz hohe Kantendrucke. Deshalb Schaumstoff-

streifen als Unterlage verwenden. Versetzte Platten nur mit der breiten Kelle nachrichten, nie mit schmalen Werkzeugen.

- Spachtelungen besonders gut kontrollieren; wenn sie schon beim Versetzen herausfallen, Platten nicht versetzen.
- Das Nachspachteln an Ort ist nur für einzelne Löcher machbar.
- Echte Marmore nur akzeptieren, wenn lediglich wenige Platten Löcher bis max. 1 mm haben; sind die meisten Platten gelöchert und die Löcher gross, ist mit dem Marmor etwas faul. Der Klang sollte hell und gesund sein; wenn nicht, ist der Marmor ev. «verzuckert» («cotto»). Abzuraten!

**Politur**

Polituren werden bemängelt weil sie:

- unregelmässig fleckig sind
- matte Randstreifen haben
- in Plattenmitte Wolken haben
- wirklich schlecht poliert sind.

Diese vier Mängel haben verschiedene Ursachen:

- Unregelmässige Flecken, die nie fugenübergreifend sind, sind bei Kalksteinen kaum vermeidbar. Sie korrespondieren mit den Strukturen des Steins und entstehen durch die stark wechselnde Porosität solcher Gesteine. Je dichter das Gestein ist, desto besser lässt es sich polieren. Das muss dem Kunden erklärt werden. Kalksteine, die makellos glänzen sind heikel. Chemie?
- Granite und echte Marmore weisen diese Flecken nicht auf. Unregelmässige Politurstörungen entstehen aber auch durch ungeeignete Schutzabdeckungen. Unter Plastik entsteht Kondenswasser, das bei langer Einwirkung matte Flecken bewirkt. Baukarton und -papier kann sauer sein und die Politur bei Feuchte anätzen (und verfärben!).
- Matte Randstreifen oder Ecken sind meist ein Werkmangel, der durch die taglablochi entsteht, welche Bodenplatten im Fertigmass produziert, die erst nachträglich geschliffen und poliert werden.
- Durch schlechte Schleifkopfeinstellung wird die Platte nicht voll auspoliert. Es ist daher unerlässlich, auch die korrekte Politur vor dem Verlegen zu prüfen.
- Matte Wolken nur innerhalb der Platten haben meist einen anderen Ursprung. Die Wolken waren beim Verlegen noch nicht vorhanden, sondern sind eine Folge starker Wasserwanderung durch den Stein aus dem Unterbau. Dabei

werden Salze (Kalkhydrat) mitgeführt, die im Stein verbleiben und beim Austrocknen kristallisieren. Feine Salznadelchen in der Politur verderben sie dann. Dieser Vorgang kann so weit gehen, dass nicht nur die Politur matt wird, sondern richtiggehende Flächenausbrüche in Form kleiner Krater entstehen. In ihnen kann man meist das Hydrat nachweisen. Am meisten leiden Platten, die mit chemischen Polituren geschont sind.

- Schlechte Politur i.e.S.: Es gibt weitere, meist im Werk schon entstandene Politurfehler wie:
  - nicht sauber durchpoliert (mal matt, mal glänzend)
  - Reste alter Oberflächenunebenheiten (Sägerillen etc.)
  - Schleifkopfkratzer
  - falsche Schleifköpfe
- Konzentrische Ringe um eine reflektierende Lichtquelle, die sich bei Standortwechsel verschieben, sind jedoch im Normalfall kein Mangel, da sie durch nicht vermeidbare optische Effekte verursacht werden (Reflexion/Refraktion), auf die das Auge sehr empfindlich reagiert.

**Merkmale zum Kapitel «Politur» sind:**

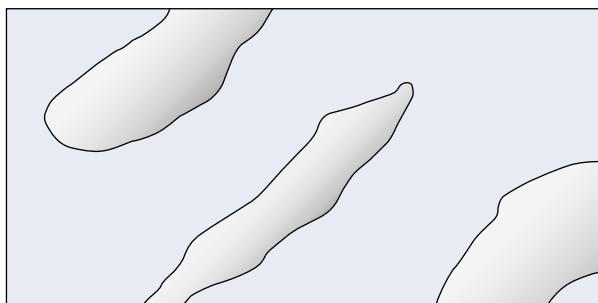
- Es ist unerlässlich, vor Beginn der Arbeit auch die Polituren zu prüfen. Dazu müssen einige Platten gereinigt und abgetrocknet werden. Im Reflexlicht sieht man Politurfehler dann gut. Es ist sogar ratsam, sich vom Bauherrn das O.K. dazu geben zu lassen. Die Ausrede, man hätte erst nach dem Versetzen, dem Abdecken und dem Reinigen (und das meist erst nach Wochen) die Politurmängel gesehen, gilt nicht. Werkseitige Mängel sind in diesem Falle keine verdeckten Mängel.
- Nicht nur wegen Verfärbungen, sondern auch wegen der Politur darf nur auf trockene Unterbauten versetzt werden. Verwendet man Dickbettmörtel, so darf er nur erdfeucht sein und eine Zementdosierung nicht über 300 haben. Als Zement muss Trass- (oder neu Puzzolanerde-) zement verwendet werden.
- Schutzabdeckungen müssen wasserdurchlässig sein, also nur geeignete Materialien verwenden; nie Baufolie. Nachpolieren an Ort ist i. A. nicht befriedigend möglich. Einige Gesteine (Marmor, einige Kalksteine) können kristallisiert werden (Hexafluorkieselsäure erzeugt durch Einarbeiten mit Stahlwatte Calciumfluorid, das härter ist als Calciumcarbonat).

### Schlussfolgerungen

- Die «Materialkontrolle» vor dem Versetzen ist ausserordentlich wichtig.
- Gegenüber dem Lieferanten können bestehende Mängel nur solange geltend gemacht werden, als er die Ware ersetzen kann.
- Zu diesen Mängeln gehören: Steinssorte, Typ, Kanten- und Ecken-Schäden, Spachtel- und Politur-Mängel, Toleranzüberschreitungen.

– Wichtig: Nie mit versetzen beginnen, wenn Architekten oder Bauherren Einwände haben oder Platten nicht in Ordnung sind, auch wenn der Termin noch so drückt.

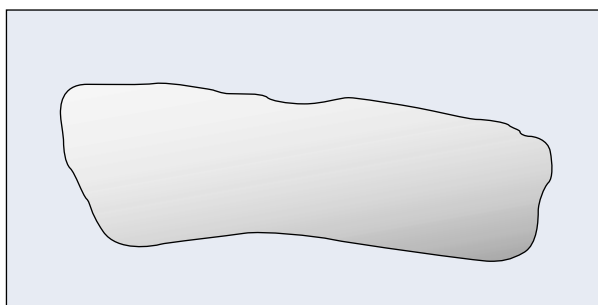
*Dr. Peter Eckardt*



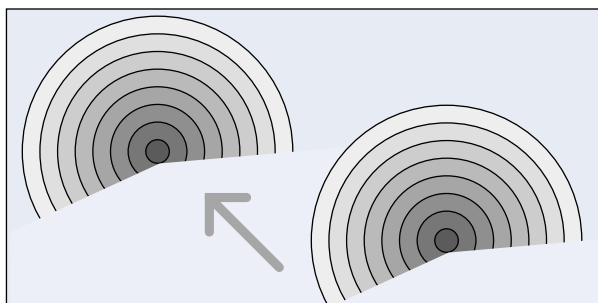
**Politurdefekte**  
Unregelmässige Flecken, nicht plattenübergreifend  
= bei Kalksteinen etc. strukturbedingt durch wechselnde Porosität.



**Matte Randstreifen, meist nur einseitig**  
= Werkmangel durch schlechte Einstellung der Schleifköpfe.



**Matte Wolke innerhalb Platte**  
= Salzkristalle durchstossen Politur.



**Ringbildung um reflektierende Lichtquelle, verschiebend**  
= feinste optische Struktur, kein Mangel.

## NATURSTEINFARBE UND NATURSTEINVERFÄRBUNGEN Dr. Philipp Rück

### Allgemeines

Natursteine stehen heute in einer grossen farblichen Vielfalt für verschiedenste Anwendungen zur Verfügung. Planer und Endkunde können die Gesteine dank des breiten Angebotes ganz nach ihren Vorstellungen bezüglich Farbe und Struktur auswählen und einsetzen. Die Farb- und Strukturpalette ist heute so gross, dass sich der Kunde den zu seinen Teppichen oder Möbel passenden Stein aussuchen kann. Dabei muss der Anwender immer im Auge behalten, dass sich die verschiedenen Gesteinstypen unterschiedlich für diesen oder jenen Zweck eignen. Gleichzeitig mit der Verbreiterung der Anwendung von Naturstein sind auch die Ansprüche an Homogenität und Farbbeständigkeit gewachsen – da Naturstein ein Naturmaterial ist, das sehr vielfältig zusammengesetzt ist, lassen sich diese Ansprüche nicht immer befriedigen. Im Folgenden soll zuerst die Farbwirkung von Natursteinen erläutert werden. Danach wird auf verschiedene Prozesse eingegangen, die diese Farbwirkung verändern können und darauf, wie sich solche Veränderungen vermeiden bzw. beheben lassen.

### Farbe und Farbwirkung von Natursteinen

Natursteine bestehen aus Mineralien. Den Hauptbestandteil bilden die Gesteine aus Quarz, bei Graniten Quarz und Feldspat. Calzit und/oder Dolomit bilden die grosse Masse der Kalksteine und Marmore. Die genannten Mineralien sind meist farblos und je nach Reinheit und Zustand unterschiedlich transparent: Zumal treten farbige Varietäten auf – vor allem der Feldspat ist für Rot- und Brauntöne bekannt. Neben den Hauptbestandteilen eines Gesteins treten in geringerer Menge dunkle Mineralien auf, die für die Farbwirkung oftmals bestimmend sind als die Hauptbestandteile. Wichtig ist hier für die Granite der Glimmer, in seltenen Fällen Granat und für die basischen Gesteine (z. B. Gabbro, Basalt) Olivin, Hornblende und Pyroxen. Je heller und transparenter die Hauptbestandteile eines Gesteins sind, desto wichtiger sind kleine Anteile farbiger Mineralien sowie feinste Einlagerungen von Eisenmineralien, Tonmineralien etc. und in seltenen Fällen von Kohlenstoff.

Die optische Erscheinung einer Gesteinsoberfläche ist aber nicht nur von der Eigenfarbe der Mineralien

abhängig, sondern auch von ihrer Korngrösse. Je feinkörniger ein Gestein ist, desto stärker hängt die Farbwirkung von der Feinheit der Oberflächenbearbeitung ab – das feine Korn kommt farblich nur bei polierter Oberfläche voll zur Geltung – ist die Oberfläche rau, so hellt sich die Farbe auf und wirkt matt. Grobkörnige Gesteine wie Granite kommen auch bei grober z. B. geflammter Oberfläche farblich gut zur Geltung.

Neben der eigentlichen Farbe gibt es noch eine Reihe optischer Effekte, die ganz entscheidend zur Erscheinung einer Gesteinsoberfläche beitragen. Ein prominentes Beispiel ist der Marmor, der durch sein feines, perlmuttartiges Schillern immer wieder Bewunderung auslöst. Dieser Effekt beruht auf der Reflexion des Lichts an sehr dünnen Mineralschichten. Spektakuläre Schillereffekte, teilweise in lebhaften Farben sind auch in Feldspatgesteinen zu beobachten (Anorthosite, z. B. Arctic Blue). Schillereffekte sind auch bei spaltrohen oder in Lager aufgesägten Gneis- und Quarzitplatten wichtig – hier ist es der Glimmer, der das Phänomen hervorruft.

Je nach Gesteinstyp und Art der Oberflächenbearbeitung ist die



Bild 1: Hartnäckige Verschmutzung eines Granites im Restaurantbereich im Durchgang zur Küche.

Farbwirkung einer Gesteinsoberfläche unterschiedlich dauerhaft. Die farbgebenden Stoffe in den Gesteinen sind Erdfarben und darum in der Regel beständig.

### Grundsätzliches zur Farbveränderung von Natursteinen

Leichte Veränderungen durch Verwitterung, Nutzung und Pflege werden als Patina aufgefasst und geben dem Material eine zusätzliche, von Kennern geschätzte Qualität. Ist die Veränderung aber massiv, so stellt sich die Frage, ob über das Verhalten des Gesteins in der betreffenden Anwendung realistische Vorstellungen bestanden. Neben dem Verlust der Originalfarbe durch die Abnutzung und Verwitterung gibt es noch eine Reihe von Zusammenhängen, die bei Natursteinen zu Verfärbungen und Fleckenbildungen führen können. Da diese Verfärbungen oftmals erhebliche optische Beeinträchtigungen hervorrufen und in vielen Fällen nicht mehr entfernt werden können, sollen in diesem Artikel der aktuelle Stand der Kenntnisse zusammengefasst, ausgesprochene Risikomaterialien genannt und Möglichkeiten zur Verhinderung oder Behebung von Verfärbungen aufgezeigt werden.

### Allgemeines zur Wahl des Materials

Je geringer die Beanspruchung eines Materials, um so dauerhafter ist seine Originalfarbe. Wandverkleidungen im Innenbereich bleiben farblich langfristig stabil. Bei stärker beanspruchten Anwendungen (Böden aussen, Nassbereiche, Aussenbereich allgemein) sollte ein Gestein nicht nur nach seiner werkfrischen Originalfarbe sondern auch nach seiner «Nutzfarbe» ausgewählt werden. Die Abweichung der Nutzfarbe von der Originalfarbe ist je nach Gesteinstyp, Oberflächenbearbeitung und Nutzungseinwirkung unterschiedlich stark. Bei Unsicherheiten ist die Besichtigung eines bestehenden Werkes, das seit längerer Zeit unter vergleichbaren Belastungen steht, ratsam. Grundsätzlich können folgende Arten der Farbveränderung unterschieden werden:

#### a) Nutzungsbedingte Farbveränderung

##### Mechanismus

Nutzungsbedingte Farbänderungen beruhen entweder auf Verschmutzungen (Bild 1), die sich auf der Gesteinsoberfläche oder im Porenraum des Gesteines ablagern oder auf dem Verschleiss der Oberfläche durch Begehen, Befahren etc.. Gesteine mit beständiger Politur (Granite und Granitähnliche) zeigen kaum Veränderungen. Je nach Umfeld neigen dieselben Gesteine bei geschliffener oder gröberer Oberflächenbearbeitung (geflammt, gestockt, etc.) zu nachhaltiger Verschmutzung, so dass die Optik der Oberfläche stark von der Art und Häufigkeit der Reinigung abhängt. Vor allem in nicht beregneten, stark begangenen öffentlichen Bereichen wird dieses Phänomen beobachtet. Helle Gesteine mit hohem Anteil an transparenten Mineralien (Quarzite, Gneise, Marmore) können durch die Einlagerung von Schmutz im Porenraum, vor allem in Verbindung mit Fetten und Ölen ihre Farbe nachhaltig verändern. Sie werden in der Regel dunkler. Im Innenbereich muss dies vor allem in Küchen- und Essbereichen berücksichtigt werden.

##### Massnahmen

Unerwünschte, nutzungsbedingte Farbveränderungen werden durch eine optimale Materialwahl, durch die richtige Wahl der Oberflächenbearbeitung und durch ein an den jeweiligen Stein angepasstes Reinigungskonzept vermieden. Nachträgliche Reinigungen können je nach Steintyp sehr schwierig sein. Die fachgerechte Anwendung von

Imprägnaturen verbessert die Voraussetzungen, enthebt aber nicht vom Obgenannten. Falsche Oberflächenbehandlungen mit Chemikalien können zu irreversiblen Schäden führen. Der Anwender oder der gestaltende Planer sollte das Thema

steine, die aufgenommene Feuchtigkeit langsam abgeben oder beschattete, dauerfeuchte Orte bilden ideale Voraussetzungen für die Besiedlung (z.B. feinkörnige Sandsteine an Fassaden mit nahestehenden Bäumen).



Bild 2: Veralgung eines feinkörnigen Sandsteines in schattiger Lage (Mainsandstein).

möglicher Farbveränderungen beim Steinlieferanten zu Sprache bringen und sich nicht nur von seinen ästhetischen Vorstellungen leiten lassen.

#### b) Verwitterungsbedingte Farbveränderung

Verwitterungsbedingte Farbveränderungen im Aussenbereich können nicht als eigentliche Verfärbungen bezeichnet werden, werden aber von nicht Fachkundigen hie und da als solche aufgefasst. Besonders hier verschwimmen die Grenzen zwischen akzeptierter, natürlicher Patina und unerwünschter Veränderung. An historischen Gebäuden werden teilweise erhebliche Veränderungen der Gesteinsoberfläche als selbstverständlich verstanden, während dessen von vorgehängten Natursteinfassaden ein optisch dauerhaftes und homogenes Äusseres erwartet wird, auch wenn die gleichen Ausgangsmaterialien vorliegen.

##### Mechanismus

Die wichtigsten Erscheinungen lassen sich wie folgt aufzählen:  
– Algen und Flechten besiedeln die Gesteinsoberflächen in Abhängigkeit der Wetter-Exposition und verändern so die optische Erscheinung (Bild 2). Feinporige Ge-

- Krustenbildung infolge Vergipung und Schmutzablagerung in städtischen Gebieten.
- «Auskreiden» der Eigenfarbe: Stark farbige karbonatische Gesteine, aber auch schwarze Tonschiefer, Serpentine und Sodalithe (Azul Bahia) verlieren ihre Eigenfarbe im Aussenbereich (rot, schwarz, braun, dunkelgrau, grün, blau) durch oberflächliche Anwitterung und werden in der Regel stark aufgehellt.
- Politurverlust: Die Politur verstärkt die Eigenfarbe der Gesteine und erzeugt Glanzeffekte. Geht sie infolge der Verwitterung verloren, so verändert sich die optische Erscheinung der Gesteinsoberfläche teilweise beträchtlich.

##### Massnahmen

Als Massnahmen gegen Algenbildung und Flechtenbewuchs dient alles, was die Lebensbedingungen für die Organismen verschlechtert. Oft genügt die Verminderung der Beschattung bei nahestehenden Bäumen. In Situationen, wo dies nicht möglich ist, bleibt nur eine regelmässige Reinigung mit oder ohne Unterstützung durch Algizide/Fungizide. Hydrophobierungen können bei bestimmten Gesteinen die Neuan siedlung stark verzögern. Hydrophobierende Behandlungen bedürfen

aber sorgfältiger Voruntersuchungen, da sonst Schäden entstehen können. Krustenbildungen in städtischen Gebieten können nur durch periodische Fassadenreinigungen verhindert werden. Das «Auskreiden» farbiger Gesteine durch Anwärtendes Eisen auch von verwitternden, eisenhaltigen Mineralien (Biotit, Hornblende, Olivin, Glaukonit) geliefert werden. Eisenhaltige Pigmente können auch als diffus im Gestein vorhandenes Eisenhydroxid durch Nass/Trockenzyklen an die Gesteinsoberfläche wandern und so durch Anreicherung zu bräunlichen Verfärbungen führen

#### c) Verwitterungsbedingte Verfärbungen

##### Mechanismus

Eisen ist ein in Gestein allgegenwärtiges Element. Besonders Pyrit wandelt sich bei Kontakt mit Wasser

Einschlüsse, so bilden sich Rostläufe, von dunklen Rostflecken ausgehend. Pyrit kommt in fast allen Gesteinstypen vor, nicht aber in allen Sorten. Kalksteine, Marmore, Granite und Sandsteine können Pyrit enthalten. Neben Pyrit kann verfärbendes Eisen auch von verwitternden, eisenhaltigen Mineralien (Biotit, Hornblende, Olivin, Glaukonit) geliefert werden. Eisenhaltige Pigmente können auch als diffus im Gestein vorhandenes Eisenhydroxid durch Nass/Trockenzyklen an die Gesteinsoberfläche wandern und so durch Anreicherung zu bräunlichen Verfärbungen führen

##### Massnahmen

In vielen Fällen stören die hier beschriebenen Verfärbungen nicht oder bleiben unerkant und müssen darum weder verhindert noch behoben werden. Bei weissen oder hellgrauen Gesteinen können erhebliche

Eisen-Reservoir im Gestein aber so gross, dass die Verfärbungen nach einer gewissen Zeit wieder auftreten.

#### d) Verfärbungen durch chemische Wechselwirkung mit dem Unterbau

##### Mechanismus

Die hier beschriebene Verfärbungsart beruht auf der Wechselwirkung von im Gestein vorhandenen Stoffen mit alkalischer Feuchtigkeit aus dem zementösen Unterbau und tritt damit unabhängig von der Witterung im Innen- und Aussenbereich auf. Diese Art der Verfärbung ist besonders bei Natursteinbelägen im Kontakt mit zementösen Baustoffen bekannt (Beton, Zementmörtel, zementöse Plattenkleber). Zwei Arten von Verfärbungen können unterschieden werden:

- Das Gestein enthält Huminsäuren, die sich bei Kontakt mit alkali-



Bild 3: Verwitterungsbedingte Verfärbung eines Kalksilikarfelses (Castione), oben Ersatzplatte bruchfrisch, unten Platte nach 25 Jahren (Stadt Zürich).

und Luft zu Eisenhydroxid um und führt so zu gelblichen bis rostbraunen Verfärbungen der Gesteinsoberfläche (Bild 3). Ist der Pyrit fein verteilt, so sind die Verfärbungen wolkgig, handelt es sich um grössere

Beeinträchtigungen entstehen. Störende Verfärbungen des vorliegenden Typs lassen sich in bestimmten Fällen mittels Phosphorsäurebehandlung entfernen sofern die Gegebenheiten dies erlauben. Oft ist das

schen Lösungen in braune Sekundärprodukte umwandeln. Die Verfärbungen sind intensiv braun (Bild 4). Die Huminstoffe stammen aus Humusüberlagerungen am Abbauort und sind bis zum er-

sten Kontakt mit einer alkalischen Lösung nicht sichtbar.

- Das Gestein enthält mikrofein verteilten Pyrit, der sich bei Kontakt mit alkalischen Zementlösungen zusammen mit Sauerstoff zu Eisenhydroxid umwandelt. Besonders bekannt für diese Verfärbungsart ist der Marmor vom Typo Bianco Carrara, der sich gelb bis braun verfärbt und unansehnlich wird (Bild 5). Etliche andere Gesteine, auch Granite können sich in der selben Weise verfärben. Da aber die meisten pyrithaltigen Gesteine bereits eine gelbliche Farbkomponente besitzen, werden die Verfärbungen kaum oder nicht als störend wahrgenommen.

#### Massnahmen

Verfärbungen durch Huminsäuren lassen sich mit diversen Chemikalien ausbleichen (z. B. mit Wasserstoffsuperoxid). Bei Verdacht können Huminsäuren mittels einer einfachen Versuchsanordnung im noch nicht verlegten Plattenmaterial erkannt werden.

Im Falle des Bianco Carrara gibt es für bereits eingetretene Verfärbungen des zweiten beschriebenen Typs zur Zeit kein Gegenmittel. Die einzige Möglichkeit liegt in der Schadenvermeidung durch Anpassung

der Verlegetechnik. Ziel dabei ist es, die alkalischen Lösungen daran zu hindern, durch den Marmor an die Oberfläche zu steigen. Dies kann mittels Minimierung der Wassermenge (trockener Untergrund + Dünnbettverlegetechnik) oder Elimination alkalischer Baustoffe in direktem Kontakt zum Gestein bewerkstelligt werden (rückseitige Abdichtung der Natursteinplatten). Sind silikatische Gesteine (Granite, Quarzite) von diesem Phänomen betroffen, so besteht, falls notwendig, die Möglichkeit einer Säurebehandlung (Phosphorsäure/Salzsäure), wobei Versuche ratsam sind, und nur der Fachmann ans Werk sollte.

#### e) Verfärbungen durch Stoffwanderungen aus dem Unterbau

##### Mechanismus

Im Gegensatz zum Obgenannten sind hier Verfärbungen und Fleckenbildungen gemeint, die aus dem Unterbau des Natursteins stammen, wobei der Stein nur der Träger der Verfärbung ist, chemisch aber nicht daran teilnimmt. Diese Art von Verfärbung kann auch als Verschmutzung des Natursteins von unten/hinten verstanden werden. Ursache für derartige Verfärbungen und Flecke können sein: Verunreinigungen des Traggrundes durch Rost, Sägemehl,

nicht entfernten Teppichkleber etc. die durch die alkalische Baufeuchtigkeit teilweise gelöst und in den Naturstein eingelagert werden.

Durch den Transport von hygroskopischen Salzen aus den zementösen Baustoffen des Unterbaus können neben den bekannten Ausblühungen an der Gesteinsoberfläche auch dunkelgraue Verfärbungen entstehen («Schwarzwerden»), die oft entlang der Plattenränder zu beobachten sind (Bild 6). Besonders bei feinkörnigen Sandsteinen ist dieses Phänomen bekannt. Die Stärke des Phänomens hängt wesentlich mit der Bau-, Nutz- und Luftfeuchtigkeit zusammen – bei trockenem Wetter und vollständiger Bauaustrocknung gehen diese Verfärbungen zurück, treten bei Wiederbefeuchtung aber wieder auf.

##### Massnahmen

Verunreinigungen des Traggrundes müssen vermieden werden. Sind aufgrund solcher Verunreinigungen Flecken im Naturstein entstanden, so kann in den meisten Fällen nur ein Ersatz des betroffenen Materials das Problem beheben.

«Schwarzwerden» ist im normalen Bauablauf und bei normalen Nutzungsbedingungen selten. Wenn es auftritt, so ist die Beseitigung meist nicht mehr möglich. Besonders ge-



Bild 4: Verfärbung eines Quarzites infolge Huminstoffumwandlung in Zusammenarbeit mit zementösem Untergrund.

fährt sind im Mörtelbett verlegte Natursteinbeläge auf Terrassen und Balkonen, deren Unterbau nicht entwässert ist. Daneben sind alle Umfelder als problematisch zu betrachten, bei denen Wasser periodisch in den Unterbau eines Natursteinbelages eindringt und in Trockenzeiten wieder durch den Belag entweichen muss. Dies kann sowohl im Aussenbereich durch Regen und Grundfeuchte gegeben sein, als auch im Innenbereich in Nassbereichen oder übertriebenen Wassermengen bei der Reinigung. Die notwendigen Gegenmassnahmen entsprechen den Massnahmen zur Verhinderung von Ausblühungen. Hier stehen optimale Mörtelwahl, Reduktion der Baufeuchte und in Nass- und Aussenbereichen ein durchdachtes Entwässerungskonzept im Vordergrund.

#### Fazit

Farbveränderungen von Natursteinarbeiten infolge der beschriebenen Prozesse sind in der Regel ein Teil des normalen Alterungsprozesses einer Bauteiloberfläche. Bei kluger Wahl des Steintyps und ausreichendem Unterhalt stellen diese Veränderungen kein Problem dar. In vielen Fällen tragen sie positiv zur Wirkung eines Werkes bei. In einigen Fällen aber, die seit geraumer Zeit bekannt sind, die durch Unwissen jedoch immer wieder auftreten, stellen Verfärbungen eine erhebliche Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes dar. Da in solchen Fällen eine Behebung durch Reinigung oftmals nicht mehr möglich ist, sind sie für den Bauherrn sehr ärgerlich und enden für den Unternehmer als Schadenfall mit all seinen Konsequenzen.

Naturstein ist ein einzigartiges Material für eine grosse Zahl von Anwendungen. So vielfältig das Material bezüglich seiner Farbeigenschaften ist, so vielfältig ist es auch bezüglich seiner anderen materialtechnischen Eigenschaften. Letztere bestimmen die Eignung eines Gesteins für den einen oder anderen Zweck und definieren damit auch die Dauerhaftigkeit der Oberfläche und damit die Beständigkeit der farblichen Erscheinung.

*Dr. Philipp Rück*



Bild 5: Gelbverfärbung Bianco Carrara auf zementösem Untergrund.

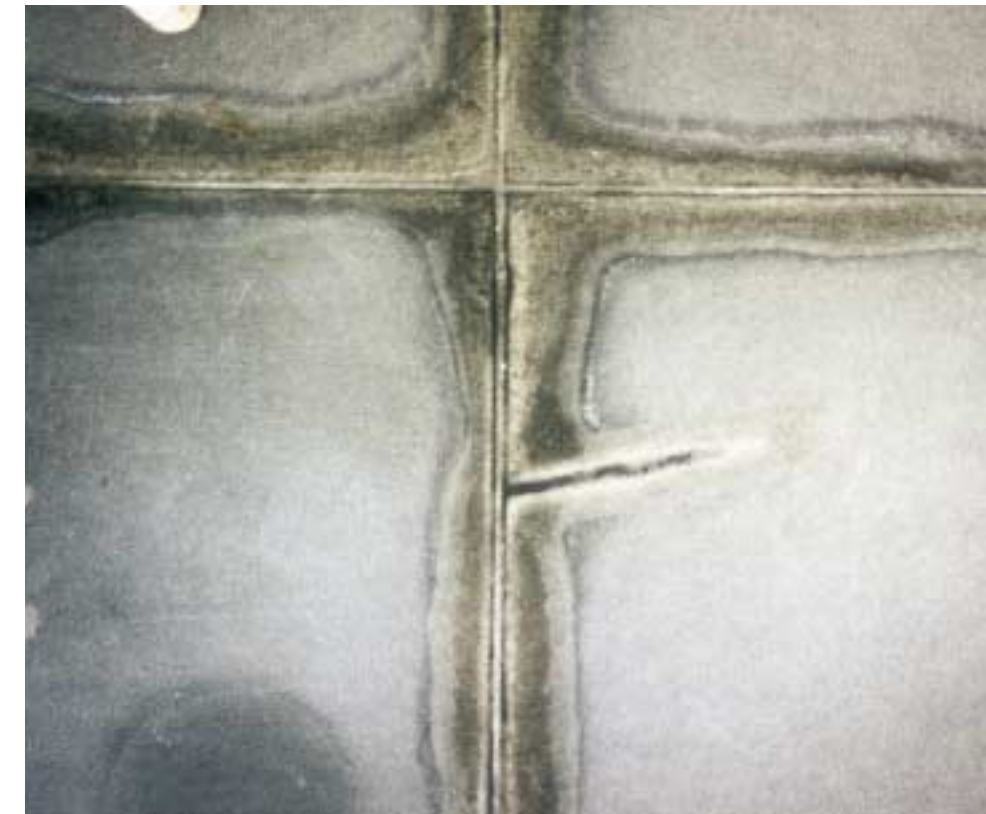


Bild 6: «Schwarzwerden» und Ausblühungen auf einem feinkörnigen Sandstein infolge ständiger Durchfeuchtung des Mörtelbettes und aufsteigenden Zementlösungen.