

8 Verschiedene Ursachen von Verfärbungen bei Naturwerksteinen

Thomas Grunenberg

8.1 Einleitung

Als Ursache von Verfärbungen in Naturwerksteinen stehen heute Lösungs- und Transporterscheinungen wasserlöslicher farblicher Bestandteile fest. Alkalische Lösungen, wie das Anmachwasser zementärer Verlegemörtel erhöhen dabei die Verfärbungsneigung. Für diese Verfärbungsmechanismen kommen gesteins eigene Substanzen in Frage, aber auch das Eindringen von färbenden Fremdstoffen in den Naturwerkstein.

Die Farbe eines Gesteins hängt ab von der Menge und der Art der pigmentierten Minerale, aus welchen das Gestein aufgebaut ist, bei den Sedimenten spielt zusätzlich der Anteil an organischen Substanzen eine Rolle. Durch mineralogische und geochemische Untersuchungen können die für Farbe und Struktur der Gesteine verantwortlichen Bestandteile bestimmt werden. Zwischen den Ursachen, die für die Farbe eines Naturwerksteines verantwortlich sind, und den Ursachen, die für die Verfärbung dieses Naturwerksteines in Betracht kommen bestehen bestimmte Zusammenhänge. Im Nachfolgenden sind einige typische Beispiele von Verfärbungen bei Naturwerksteinen aufgeführt, die jedoch nur einen Bruchteil aller möglichen Erscheinungsformen darstellen können. Weitere Beispiele sind dargestellt bei Günter Zimmermann „Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten“ [8.6].

8.2 Verfärbungen von Kalksteinen

Ein farblicher Vergleich des säureunlöslichen Rückstandes von Kalksteinen mit der entsprechenden Naturwerksteinplatte zeigt, dass die gröberen Bestandteile (Quarz, Feldspat, Eisenverbindungen) hierbei maßgeblich für die Farbe des Gesamtgesteins sind. Die Feinfraktion des säureunlöslichen Rückstandes weist einen gleichbleibenden dunklen Farbton auf und wirkt sich dadurch auf die Helligkeit dieser Gesteine aus. Ein Teil dieser dunklen Bestandteile besteht aus organischen Substanzen (Abb. 1, 7).

Schematische Zusammensetzung des organischen Materials in fossilen Sedimenten

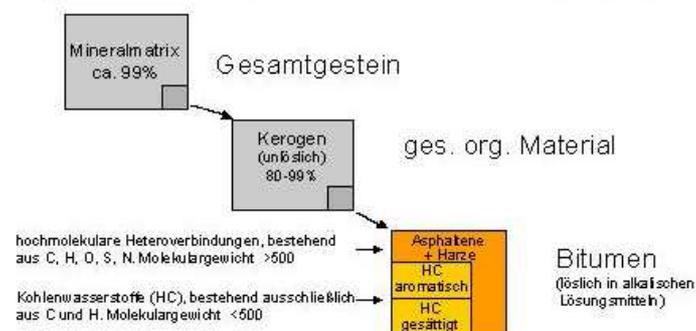


Abb. 1: Schematische Zusammensetzung des organischen Materials in Kalksteinen

Diese organischen Stoffe können bei der Verlegung bestimmter Kalksteinsorten zu Verfärbungen führen. In den Abbildungen auf Farbtafel 1 sind besonders starke Verfärbungen im Vergleich zum nicht beeinträchtigten Material dargestellt (Abb. 4-6). Als verfärbender Stoff wirkt das aus Huminsäuren und Harzen bestehende Bitumen (Abb. 7). Huminsäuren werden durch das alkalische Anmachwasser des Verlegemörtels braun gefärbt und in relativ gut lösliche und somit transportierfähige Verbindungen umgewandelt [2, 4]. Das organische Material feinkörniger Kalksteine besteht zu 80-99 Prozent aus Substanzen, die in organischen Lösungsmitteln oder verdünnter Natronlauge unlöslich sind. Nur 1-20 Prozent bestehen aus löslichem Bitumen. Messungen der organischen Spurenelemente an Kalksteinen geben eine Vorstellung davon, welche geringen Mengen zu gravierenden Verfärbungen führen können (Abb. 2).

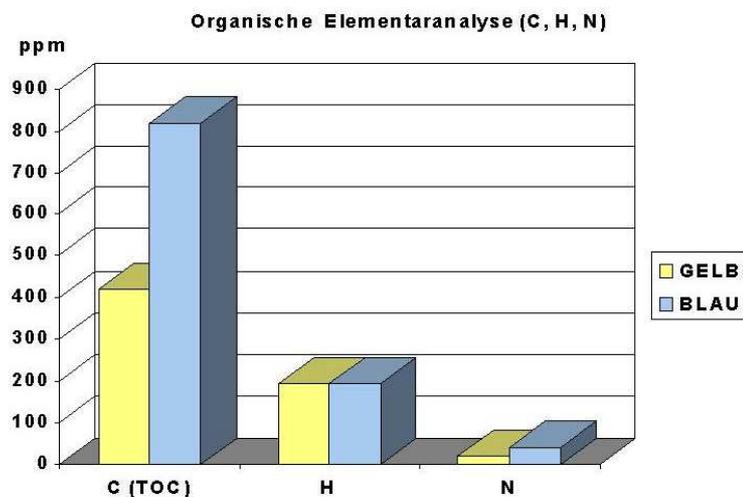


Abb. 2: Organische Spurenelementanalyse C (TOC), H und N an beigen und grauen Kalksteinen

Neben dem Gehalt eines Kalksteins an organischen Substanzen spielt die Durchlässigkeit des Gesteins eine wesentliche Rolle für die Verfärbungsempfindlichkeit. Die Durchlässigkeit eines Gesteins kann näherungsweise durch die Bestimmung der Gesamtporosität abgeschätzt werden [5]. Die unten stehende Abbildung veranschaulicht die Gesamtporositäten einiger Kalksteine im Vergleich zu Granit (Abb. 3).

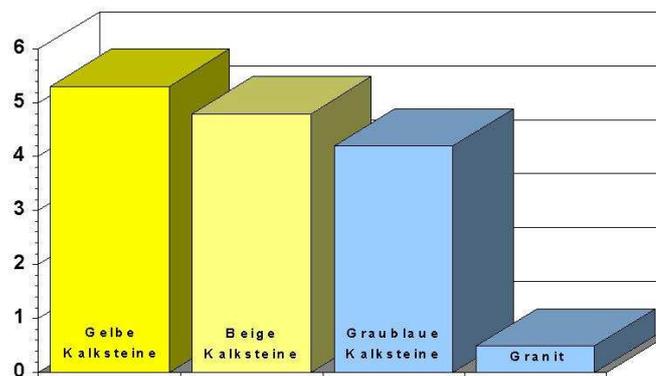


Abb. 3: Vergleich der mittleren Gesamtporositäten von Kalksteinen in Vol. %

8.4 Verfärbung von echtem Marmor

Organische Bestandteile, wie sie in den sedimentären Kalksteinen und Sandsteinen vorkommen (Abb. 4-9), sind im echten Marmor nicht enthalten. Bei der Entstehung des Marmors durch Metamorphose, das heißt bei Temperaturen von mehr als 350° C und erhöhtem Druck, wird sämtliche organische Substanz in reinen Graphit überführt. Dieser Graphit ist verantwortlich für die grauen bis schwarzen Adern im Marmor. Graphit ist unlöslich und kann daher nicht zu Verfärbungen führen. Verfärbungen durch gesteins-eigene Substanzen bei echten Marmoren können daher nur auf das Vorhandensein anorganischer Metallverbindungen zurückgeführt werden. Größte Bedeutung ist hierbei dem Eisen zuzuschreiben. Die Oxidation von Eisen spielt hierbei die wichtigste Rolle. Durch das alkalische Milieu, wie es der Verlegemörtel hervorruft, wird dieser Vorgang begünstigt. Fein verteilte Einlagerungen von Eisenverbindungen sind aufgrund ihrer größeren Angriffsfläche diesen Vorgängen stärker ausgesetzt als grobkörnige Einschlüsse. Die hierbei hervorgerufenen Verfärbungen sind gemeinhin als Rost bekannt (Abb. 10). Durch die Reinigung mit säurehaltigen Rostumwandlern wird die Oberfläche des Marmors angeätzt.

8.5 Verfärbungen von Nero Impala Gabbro

Es ist als üblich, die Oberflächen von harten Naturwerksteinen wie Graniten und Gneisen vom Zementschleier der Verfugung mit geeigneten Zementschleierentfernern zu befreien. Ebenso werden Granite und Gneise mit Rostumwandlern behandelt um Ausrostungen an der Oberfläche zu entfernen. Sowohl Zementschleierentferner als auch Rostumwandler sind säurehaltig und können daher auf kalkhaltigen Naturwerksteinen nicht eingesetzt werden ohne die Oberfläche anzuätzen. Gleiches gilt für die sehr starke Flusssäure, auf welcher chemische Methoden zur nachträglichen Erhöhung der Rutschsicherheit von Bodenbelägen aus Naturwerkstein basieren. Aber auch Hartgesteine wie der Gabbro Nero Impala können durch säurehaltige Produkte angegriffen werden. An einem Bodenbelag aus Nero Impala in einem großen Geschäftshaus wurde der Naturwerkstein nachträglich mit säurehaltigen Produkten zur Erhöhung der Rutschsicherheit behandelt. Durch die Reaktion der Säure mit dem Gestein entstand ein Schaden, welcher nur durch Schleifen der gesamten Fläche behoben werden konnte (Abb. 11)

8.6 Verfärbung durch Langzeiteinwirkung von Wasser

Alleine durch die Anwesenheit von Wasser kann es zu nachhaltigen und irreversiblen Verfärbungen in Belägen aus Naturwerkstein kommen wie die nachfolgenden Beispiele zeigen. In einem Bank- und Geschäftshaus wurde im Atrium ein Bodenbelag aus Kashmir White verlegt und war zunächst in einwandfreiem Zustand. Wenige Wochen nach Bezug des Hauses kam es zu einem Wasserschaden durch auslaufende Bepflanzungsanlagen (Abb. 12, 13). Durch das in den Bodenaufbau eingedrungene Wasser kam es zu stellenweise dunklen Verfärbungen des Naturwerksteines. Diese Verfärbungen waren auch nach einem Zeitraum von sechs Monaten unverändert vorhanden. Versuche die Flecken durch Trocknen oder Schleifen zu entfernen blieben erfolglos. Ursächlich für die Verfärbungen waren Salze, welche durch das eingedrungene Wasser aus dem Belagsaufbau gelöst wurden und in der

oberflächennahen Zone des Naturwerksteines wieder auskristallisierten. Der Belag konnte nur durch Austausch der betroffenen Platten saniert werden.

Ähnliche Schäden durch Verfärbungen können bei Terrassen auftreten, die mit Naturwerksteinen belegt werden. Ein Beispiel einer südwestlich ausgerichteten Terrasse wird hier dargestellt (Abb. 14, 15). Kein Terrassenbelag aus Natursteinplatten ist wasserdicht. Regenwasser dringt regelmäßig durch die Fugen sowie durch den Stein in die Konstruktion. Ebenso bildet sich Tauwasser in den Poren des Verlegemörtels und in unvermeidbaren Poren an der Grenzfläche Naturstein/Mörtel. Der ständige Wechsel von Wassereintrag in den Aufbau sowie das anschließende Verdunsten der Feuchtigkeit an der Belagsoberfläche führt zu einer permanenten Feuchtebelastung des Verlegemörtels. Besonders stark tritt dies an stark bewitterten südwestlich orientierten Flächen auf. Dieser Effekt führt dazu, dass der Verlegemörtel ständig ausgelaugt wird. Im vorliegenden Fall führte dies offensichtlich zu einem Versagen des als Haftbrücke eingesetzten Dünnbettmörtels und als Folge hiervon zu den festgestellten Hohlstellen. In überdachten Bereichen sowie an nördlich und östlich ausgerichteten Belagsflächen war dies nicht der Fall.

Gelöste Salze werden in die Fugen und den Naturstein transportiert und kristallisieren dort wieder aus, was bereits zu Verfärbungen führen kann (siehe oben). Da Salze wasseranziehend sind, trocknen die betroffenen Stellen auch bei langanhaltenden Trockenperioden nicht mehr ab was die Verfärbungserscheinungen zusätzlich verstärkt. Der Terrassenbelag musste komplett erneuert werden.

Dass diese Art von Verfärbungen keineswegs auf Bodenbeläge beschränkt ist, soll am Beispiel einer hinterlüfteten Außenwandbekleidung aus Granit dargestellt werden (Abb. 16, 17). Im Sockelbereich der Fassade waren die Granitplatten zum Schutz gegen Stoßlasten mit hintermörtelt, jedoch nicht wie richtig mit kapillarbrechendem Einkornmörtel sondern mit dem üblichen Baustellenmörtel. Ebenfalls entgegen den allgemein anerkannten Regeln der Technik wurden die Sockelplatten in das angrenzende Gelände eingebunden. Stetiges kapillares Saugen des Naturwerksteines und des Hinterfüllmörtels führte so zu einer Dauerdurchfeuchtung der unteren beiden Plattenreihen mit den entsprechenden Verfärbungen.

8.7 Lassen sich Verfärbungen vermeiden?

Ein Ansatz Verfärbungen von Naturwerksteinplatten zu verhindern ist die Verwendung von Trasszement mit besonders hohem Gehalt an kalkbindender Kieselsäure. Dadurch wird der Gehalt an Calciumhydroxid im Mörtel gesenkt und das Entstehen von Verfärbungen verringert. Durch den Einsatz von Trasszement sind Verfärbungen jedoch nicht grundsätzlich auszuschließen, im besonderen bei unsachgemäßer Verarbeitung wie zu schnellem Verfugen der Beläge oder zu hohem W/Z-Wert von Dickbett oder Haftschlämme.

Eine Möglichkeit die Verfärbungsneigung von Naturwerksteinen weiter zu verringern besteht darin, die Rückseite der Steinplatten mit geeigneten Haftbrücken oder Anstrichen abzusperren und damit den Transport des Anmachwassers durch die Steinplatte zu reduzieren. Dies ist jedoch immer mit einem zusätzlichen Arbeitsschritt verbunden.

Farbtafel 1



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6

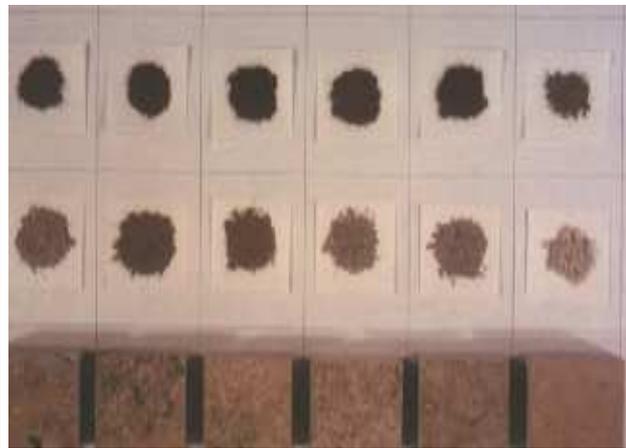


Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9

Abbildung 4: Verfärbter Bodenbelag Jura Grau

Abbildung 5: Kalkstein Jura Grau in Originalfarbe

Abbildung 6: Verfärbter Treppenbelag Jura Grau

Abbildung 7: Säureunlöslicher Rückstand in Kalksteinen,

Feinfraktion oben, Grobfraktion Mitte, Gestein unten

Abbildung 8: Solnhofer Platten links in Trasszement, rechts in Portlandzement verlegt

Abbildung 9: Jura Gelb links in Trasszement, rechts in Portlandzement verlegt

Farbtafel 2



Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12



Abb. 13

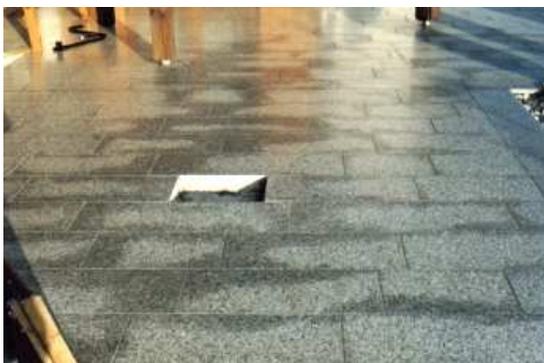


Abb. 14



Abb. 15



Abb. 16

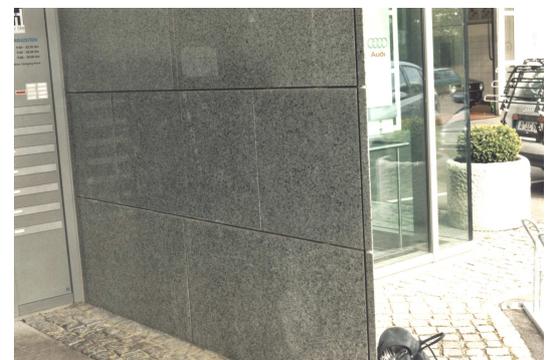


Abb. 17

- Abbildung 10: Bräunliche Verfärbungen in echtem Marmor, hervorgerufen durch feinverteilte Eisenverbindungen im Gestein. Die alkalische Reaktion mit dem Anmachwasser des Verlegemörtels führt zum Rosten der Eisenverbindungen.
- Abbildung 11: Die Oberfläche des Gabbros Impala Nero wurde bei dem Versuch die Rutschsicherheit nachträglich durch Säurebehandlung zu erhöhen verätzt.
- Abbildung 12: Irreversible Verfärbung eines Bodenbelages aus Kashmir White durch Wassereintrich
- Abbildung 13: dito
- Abbildung 14: Dauerfeuchter Belag aus Granit auf Terrasse.
- Abbildung 15: Geöffneter Terrassenbelag, als Haftbrücke zwischen Naturwerksteinplatte und Dickbett eingesetzter „flexibler“ Dünnbettmörtel ist zersetzt.
- Abbildung 16: Verfärbte Sockelplatten an hinterlüfteter Außenwandbekleidung durch Einbinden der Sockelplatten in das anstehende Gelände.
- Abbildung 17: dito

Durch die Verwendung von geeigneten, speziell für die Verarbeitung von Naturwerkstein ausgelegten Dünn- und Mittelbettmörteln lässt sich die Verfärbungsneigung ebenfalls minimieren. Entsprechende Produkte sind unter anderem schnell abbindend eingestellt, um eine längere Durchfeuchtung des Naturwerksteines auszuschließen. Bei der Verwendung derartiger Klebersysteme wird zudem wesentlich weniger Wasser in den Bodenaufbau eingetragen und damit den Verfärbungen zusätzlich entgegengewirkt. Dies wird sofort klar, wenn man nur die Schichtdicken von zirka fünf Millimetern beim Dünnbett und mindestens 20 Millimetern beim Dickbett gegenüberstellt. Beim Dickbettverfahren wird eben mehr Wasser in das System eingebracht, das später wieder über die Platten und Fugen an die Umgebung abgegeben werden muss.

Mineralogische Untersuchungsmethoden geben bereits im Vorfeld Hinweise auf besonders verfärbungsempfindliche Naturwerksteine. Eine wichtige Rolle hierbei spielt die chemische Zusammensetzung eines Gesteins ebenso wie seine Porosität. Es sei darauf hingewiesen, dass Gesteine nie vollkommen dicht ausgebildet und in keinem Fall völlig frei von verfärbenden Substanzen sind. Sie tragen daher wie alle Naturprodukte (Holz, Leder) eine gewisse Neigung zur nachträglichen Farbänderung in sich. Im Zweifelsfalle empfiehlt sich immer eine Probeverlegung mit dem geplanten Verlegemörtel.

8 Literatur

- [1] Grunenberg, T. , Bausch, W.M.
Spektrale Farbmessung an grauen und gelben Malmkalken – Korrelation der Farbparameter mit den Gehalten an Eisen und organischem Kohlenstoff (TOC). – Berichte der deutschen mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zum European Journal of Mineralogie Vol. 3: 102, E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 1991
- [2] Grunenberg, T.
Schädigungen an Wand- und Bodenbelägen aus Kalkstein aufgrund der Verfärbung durch gesteins-eigene organische Bestandteile. - Berichte der deutschen mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zum European Journal of Mineralogie Vol. 4: 105, E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 1992
- [3] Grunenberg, Th.
Über Farben und Verfärbungen von Naturwerksteinen – insbesondere Kalksteinen
Berichtsband zum Fünften internationalen WTA-Kolloquium Werkstoffwissenschaften und Bauinstandsetzung – MSR V, Technische Akademie Esslingen, Band 2: 1675-1682
AEDIFICATIO Publishers, Freiburg, 1999
- [4] Tissot, B.P. & Welte, D.H.
Petroleum formation and occurrence, 2 nd edn.
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1984
- [5] Weiss, E., Schellhorn H.
Zur Bestimmung des Gesamtporenvolumens von Karbonatgesteinen
Z. dt. geol. Ges., 140: 201-207, 1989
- [6] Zimmermann, G.
Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten – Schadenfreies Bauen, Band 25, Fraunhofer IRB Verlag, 2001