

NVS Kurs 111 vom 9./10. Feb. 2004

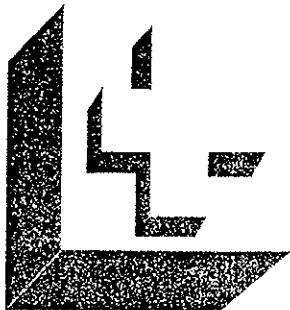
Referent: Erich Lanicca

Naturstein – Böden im Aussenbereich

Kursverantwortung:

Tobis Eckardt, Mitglied Bildungskommission NVS

eine Veranstaltung des



NVS Naturstein-Verband der Schweiz

Inhaltsverzeichnis

Themen	Seite
1. Tragschichten und Bettungsmaterialien	1
1.1 Ungebundene Bauweise	1
1.2 Gebundene Bauweise	2
1.3 Mischbauweise	5
2. Fugen	5
2.1 Funktion	5
2.2 Art der Fugenfüllung	5
2.3 Ausführung von Fugenfüllungen	7
3. Kapillare Saugfähigkeit von Bettungsmaterialien	10
3.1 Ungebundene Bauweise	10
3.2 Gebundene Bauweise	10
4. Normaler Mörtel im Dickbettverfahren, weshalb funktioniert er nicht?	11
5. Verhindern von Ausblühungen und Verfärbungen	12

1. Tragschichten und Bettungsmaterialien

1.1 Ungebundene Bauweise

Tragschicht

Die ungebundene Pflasterbauweise benötigt keine gebundene Tragschicht. Die Unterlage muss wasserdurchlässig sein und die Oberfläche geschlossen, so dass keine Feinanteile vom Bettungsmaterial in die Tragschicht abgeschwemmt werden.

Für die Tragschicht ist es vorteilhaft, wenn ein Hartgesteinsmaterial zur Anwendung kommt. Kalkmaterialien neigen zu Verfestigung und führen oft zur Wasserundurchlässigkeit.

Wird ein ungebundener Belag auf eine gebundene Tragschicht verlegt, dann muss diese wasserdurchlässig sein oder die untere Entwässerungsebene muss so ausgeführt sein, dass im Bettungsmaterial kein Wasserstau entstehen kann. Eine gebundene, wasserdurchlässige Tragschicht muss mit einem alkalibeständigen Vlies abgedeckt werden, wenn als Bettungsmaterial ein Splitt-Brechsandgemisch zur Anwendung kommt. Dies verhindert, dass keine Feinteile vom Bettungsmaterial in die Hohlräume abgeschwemmt werden.

Bettungsmaterial

Als Bettungsmaterial eignet sich eine kornabgestufte Splitt-Brechsandmischung oder ein Splitt. Das Bettungsmaterial muss auf das Fugenmaterial abgestimmt sein, d.h. wenn ein reiner Splitt als Bettungsmaterial zur Anwendung kommt, dann muss in befahrbaren Flächen in den Fugen ebenfalls ein reiner Splitt eingefüllt werden. Kommt ein Splitt-Brechsandgemisch zur Anwendung, dann muss in den Fugen ebenfalls ein Splitt-Brechsandgemisch eingefüllt werden.

Beim Splitt-Brechsandgemisch muss der Brechsand die Hohlräume zwischen den Splittkörnern füllen. Der Splitt bildet das Stützgerüst und gibt dem Bettungsmaterial die Stabilität. Untersuchungen der Ruhruniversität Bochum haben gezeigt, dass ein Bettungsmaterial aus einem Splitt-Brechsandgemisch von 0 – 8 mm ein besseres Tragverhalten aufweist als ein Bettungsmaterial mit den Korngrößen 0 – 5 mm.

Beim Bettungsmaterial verhält es sich ähnlich wie beim Asphalt, je größer das Korn, desto besser das Stützgerüst und desto geringer die Verformungen.

Ist regional Pflasterersand erhältlich, kann auch dieser verwendet werden. Das Bettungsmaterial muss unter Wasserzugabe immer standfest bleiben.

Tragschicht-, Bettungs- und Fugenmaterialien dürfen bei den Natursteinbelägen keine Verfärbungen bewirken, d.h. es dürfen keine Mineralien mit Eisenverbindungen (Limonit, Hämatit und Pyrit) zur Anwendung kommen. Bei verfärbungsempfindlichen Natursteinen können auch Kalkmineralien zu Verfärbungen führen.

1.2 Gebundene Bauweise

Tragschicht

Die Tragschicht muss so dimensioniert sein, dass keine Verformungen entstehen.

- Betonplatten aus Dränbeton mit einem Hohlraumgehalt von 15 - 20 % haben den Vorteil, dass sie keine Feuchtigkeit speichern und eine bessere Tragfähigkeit aufweisen als Dränasphaltbeläge.
- Betonplatten mit Bewehrung benötigen eine Entwässerung und je nach Grösse Dehnungsfugen, die im Natursteinbelage berücksichtigt werden müssen.
- Dränasphaltbeläge können z.B. auf Tiefgaragendecken von Vorteil sein, weil sie keine Kalkausschwemmungen verursachen, die zu Leitungsverstopfungen führen können.

Drainbeton ist im Ga La Bau eine hervorragende Tragschicht mit kapillarberechender Wirkung, so dass kaum Feuchtigkeit aus dem Untergrund hochsteigt. Für die Dränbetontragschicht kann folgende Zusammensetzung empfohlen werden:

Drainbeton aus Rundkorn:

~~10 % Sand 0 - 4 mm~~
10 % Rundkorn 4 - 8 mm
80 % Rundkorn 8 - 16 mm

oder

Drainbeton aus gebrochenen Materialien:

~~10 % Sand 0 - 2 mm~~
10 % Splitt 4 - 8 mm
80 % Splitt 8 - 22 mm

200 kg/m³ Zement CEM I
W/Z - Faktor ca. 0,35 - 0,37



Das Korn muss von der flüssigen Zementmilch sauber umhüllt sein, damit bei der Verbindung zu den einzelnen Steinkörnern Leimpunkte entstehen. Der W/Z-Faktor beträgt 0,36 – 0,38, wobei eine zu nasse Mischung besser ist als eine zu trockene. Bei zu trockenen Mischungen entstehen keine Zementleimpunkte, die die Körner punktuell verbinden können. Die Folge davon ist eine ungenügende Festigkeit des Drainbetons und das Loslösen der Steine.

Die Verdichtung des Drainbetons erfolgt mit einer Rüttelplatte. Die Erhärtungszeit beträgt ca. 2 - 3 Tage. Die Natursteinplatten können ca. 1 – 2 Tagen nach dem Einbringen des Drainbetons versetzt werden, da zu diesem Zeitpunkt, bei normalen Temperaturen, eine Festigkeit von 70 % erreicht ist.

Vor dem Versetzen der Platten ist die Wasserdurchlässigkeit des Drainbetons mittels Abspritzen mit Wasser nochmals zu kontrollieren. Die Drainbetontragschicht muss mit Radlader und 2-Achsfahrzeugen befahrbar sein. Wird sie bei dieser Belastung an der Oberfläche zerstört, dann ist die Würfeldruckfestigkeit zu gering.

Die Drainbetontragschicht wird ohne Dehnungsfugen erstellt, da sich diese negativ auf den Plattenbelag auswirken können. Ausserdem ist der Temperaturunterschied in dieser Schicht viel geringer als im Plattenbelag. Das Schwind- und Ausdehnungsverhalten des Drainbetons ist sehr gering und die Messwerte liegen nahe bei Null, so dass keine Schäden im Plattenbelag, infolge Fehlen der Dehnungsfugen in der Tragschicht, entstehen können.

Bettungsmaterial

Bei einer starren Fugenfüllung ist ein bindemittelgebundenes Bettungsmaterial bei dünnen Platten oder Natursteinbelägen, die befahren werden, vorteilhaft. Dieses Material muss eine optimale Kraftübertragung aufweisen.

Einkornbeton aus Splitt 3/6 bzw. 6/11 mm oder Rundkorn 4/8 mm haben eine mittlere Druckfestigkeit von ca. 15 N/mm² bei einem Zementgehalt von 200 kg/m³.

Normaler Bettungsmörtel mit Sandanteilen und einem Zementgehalt von 400 kg/m³, der verarbeitungsbedingt erdfeucht eingebracht werden muss, weist eher eine leicht geringere Druckfestigkeit auf.

Aus folgenden Gründen ist das Einkornbettungsmaterial besser geeignet:

- Es hat eine optimale Kraftübertragung, da Korn auf Korn liegt.
- Wasser wird abgeleitet, nicht gespeichert. Dadurch werden Feuchtigkeitsschäden vermieden.
- Das Material ist frosttausalzbeständig, weil es kein Wasser aufnimmt.

Aus folgenden Gründen sollten herkömmliche Mörtel als Bettungsmaterial nicht mehr verwendet werden:

- Das Bettungsmaterial sollte wasserdurchlässig sein, damit keine Feuchtigkeitsschäden entstehen.

- Bettungsmörtel können nur durch das Hereinschlagen der Steine verdichtet werden. Dadurch kann kein homogener, qualitativ hochwertiger Mörtel entstehen.
- Zwischen den Steinen erfolgt keine Verdichtung. Dadurch wird die qualitativ hochwertige Schichtdicke vermindert.
- Durch den niedrigen Wasser/Zementfaktor und die ungenügende Verdichtung entsteht bei Verkehrsbelastung eine Nachverdichtung mit Nachhydratation, die zu Rissbildungen im Natursteinbelag führt.
- Diese Mörtel haben einen Kapillarporenanteil von 15 und mehr Volumen-%. Sie nehmen deshalb viel Wasser auf und sind im Winter frost- und tausalzgefährdet.
- Bei empfindlichen Steinen können Schäden oder Verfärbungen entstehen.

Der Wasser/Zement-Faktor bei diesem Einkornbettungsmaterial ist ein entscheidender Faktor und muss sehr exakt eingehalten werden. Der W/Z-Faktor muss zwischen 0,35 – 0,37 liegen. Ist der W/Z-Faktor zu gross, setzt sich eine Zementhaut auf der gebundenen Tragschicht ab, die die Wasserdurchlässigkeit stark mindert. Ist der W/Z-Faktor zu klein, dann fliesst die Zementmilch nicht richtig um die einzelnen Körner. Es entstehen keine richtigen Leimpunkte und die Druckfestigkeit wird völlig ungenügend. Die Praxis hat gezeigt, dass die Zementleimpunkte von entscheidender Bedeutung sind und ein leicht erhöhter W/Z-Faktor keine negativen Auswirkungen hat, obwohl die Wasserdurchlässigkeit gemindert wird.

Einkornbettungsmaterialien mit einem Hohlraumgehalt von über 15 % klingen beim Abklopfen immer hohl. Dies ist systembedingt und kein Mangel. Aus diesem Grund ist es zweckmässig, wenn der Bauherr darauf aufmerksam gemacht wird.

Vorsicht: An heissen Tagen trocknen diese Materialien sehr schnell aus und können qualitätsmässig kaum richtig verarbeitet werden. Das Bettungsmaterial muss auf der Baustelle nach Bedarf gemischt oder in Kleinmengen geliefert werden. Es ist innerhalb zwei Stunden zu verarbeiten und die betontechnologischen Grundsätze sind einzuhalten. Bei Sonneneinstrahlung und Wind sind die Materialien speziell zu schützen.

1.3 Mischbauweise

Die Mischbauweise mit ungebundenem Bettungsmaterial und gebundener Fugenfüllung muss auf die Belastung und die Plattendicke des Natursteinbelages abgestimmt sein, damit durch die elastische Bettungsschicht keine Tragfähigkeitsrisse zwischen Fugenmörtel und Natursteinen entstehen.

Diese Bauweise wird bei Pflästerungen angewandt und ist für Plattenbeläge weniger zu empfehlen.

2. Fugen

2.1 Funktion

Die Fugen haben folgende Funktionen:

- Übertragen von horizontalen Lasten.
- Ausgleichen von Masstoleranzen der Natursteine.
- Abbauen von Spannungen infolge thermischen Einflüssen.

2.2 Art der Fugenfüllung

Stumpf gestossen ohne Fugenfüllung

Bei stumpf gestossenen Fugen werden die Natursteinplatten aneinander gestossen. Diese Verlegeart kann nur bei Platten mit gesägten Kanten angewendet werden. Solche Fugen dürfen nur bei geringen Belastungen ausgeführt werden. Die Plattenoberseiten müssen eben sein.

Vorsicht, bei dieser Fugenausführung können keine Masstoleranzen und Unebenheiten ausgeglichen werden.

Bei eingespannten Flächen müssen auch bei stumpf gestossenen Plattenbelägen entlang Mauern und Pfeilern Dehnungsfugen erstellt werden.

Ungebundene Fugenfüllung

Bei der ungebundenen Bauweise werden die Horizontalkräfte über den Reibungswiderstand des Bettungs- und Fugenmaterials zu den Seitenflächen bzw. Unterseiten und über die anschliessenden Steine abgebaut. Die Abbauintensität der Horizontalkräfte ist unterschiedlich und von verschiedenen Faktoren abhängig. Die

beiden Hauptfaktoren sind das Verlegemuster und die Rauigkeit der Steinflächen. Der innere Reibungswert des Bettungsmaterials spielt eine untergeordnete Rolle.

Vorsicht bei Platten mit gesägten Kanten bei zu starker Belastung. Der Sand kann sich mit den Kantenflächen nicht verbinden und kraftschlüssig verfestigen. Wenn die Belastung zu gross wird, können sich die Platten verschieben. Kreuzfugenverlegung mit Verkehrsbelastung führen in den meisten Fällen zu Plattenverschiebungen.

Die Fugen sollten möglichst schmal sein, ausser es wird bei einer geringen Belastung eine begrünte Fuge gewünscht.

Das Fugenmaterial muss immer auf das Bettungsmaterial abgestimmt sein. Ist als Bettungsmaterial reiner Splitt verwendet worden, dann muss in befahrenen Flächen für die erste Fugenfüllung ebenfalls Splitt verwendet werden. Ist ein Splitt-Brechsandgemisch als Bettungsmaterial zur Anwendung gekommen, dann sollte für die Fugenfüllung ebenfalls ein Splitt mit Brechsand gemischt verwendet werden. Der Brechsand soll nur die Hohlräume im Splitt auffüllen, damit durch Vibration keine Kornverschiebung stattfindet. Gebrochene Materialien verkeilen und verfestigen sich besser und schneller.

Für die oberste Schicht muss ein ungewaschener, bindiger Feinsand oder Brechsand aus Kalkstein verwendet werden, damit sich die Sandfugen optimal verfestigen können. Sind solche Sandmaterialien regional nicht erhältlich, kann bei der obersten Sandfugenmischung Trasskalk beigegeben werden. Die Beigabe von Trasskalk muss über einen Mischer erfolgen, damit eine gute Durchmischung gewährleistet ist. Durch die Beigabe von Trasskalk erreicht man eine Anfangsverfestigung der Fugen. Die fertig eingesandete Fläche benötigt Feuchtigkeit und eine Sperrzeit von mind. 14 Tagen, damit der Kalk leicht erhärten kann.

Damit ein stabiler Natursteinbelag entsteht, müssen die Platten abgerüttelt und die Sandfugen mit viel Wasser eingeschwenmt werden, so dass die Hohlräume gefüllt sind und die Platten optimal im Bettungsmaterial aufliegen.

Tropfkanten an Dachtraufen, Balkonen oder Vordächern zeichnen sich ab. Im Bereich mit Fahrverkehr entsteht bei nassem Wetter eine normale Fugenvertiefung durch die Sogwirkung, die beim Überfahren mit Autos hinter den Reifen entsteht.

Sandfugen müssen schonend von Hand gereinigt und sollten nicht mit Wasser abgespritzt werden.

Überdachte Flächen sollten nicht mit Sand ausgefugt werden, da bei diesen Flächen die natürliche Feuchtigkeit fehlt. Der Sand trocknet aus, verliert seine Stabilität und wird bei der normalen Reinigung aus den Fugen gewischt.

Gebundene Fugenfüllung

Bei der gebundenen Bauweise hat das Verlegemuster eine untergeordnete Bedeutung. Die Horizontalkräfte werden bei dieser Bauweise über die Fläche abgebaut, da die gebundene Fugenfüllung die Kräfte direkt weiterleitet. **Damit bei Natursteinbelägen mit Verkehrsbelastung die Kräfte optimal abgeleitet werden können, sind raue Steinflächen eine Grundvoraussetzung.** Diamantgesägte Flächen haben eine sehr geringe bis keine Haftung zum Bettungs- bzw. Fugenmaterial und können deshalb nur bedingt Kräfte übertragen.

Bei „weichen“ Natursteinmaterialien wie z.B. Sandstein darf die Druckfestigkeit des Fugenmaterials nicht grösser sein als die Druckfestigkeit vom Naturstein selber. Fugenfüllungen mit unterschiedlichen Materialien können zusätzliche Probleme bereiten.

2.3 Ausführung von gebundenen Fugenfüllungen

Verfugen mit Zementmörtel

Grundsätzliches:

Die Verfübung muss frisch in frisch über die ganze Fugenhöhe erfolgen. Die betontechnologischen Grundsätze sind einzuhalten. Bei Sonneneinstrahlung und Wind sind die Materialien zu schützen.

Risse infolge von Temperaturspannungen und Schwindrisse sind unvermeidlich. Je nach Temperatur bei der Ausführung entstehen mehr oder weniger Risse infolge Temperaturrückgang = Zugspannungen.

Bei zementgebundenen Verfugungen ist es wichtig, dass, beim Einsatz von Tausalzen der Mörtel frosttausalzbeständig ist und durch die Reinigung die Mörtelqualität an der Oberfläche nicht gemindert wird.

Wird die Fugenfüllung mit Zementmörtel ausgeführt, dann ist anfänglich, verarbeitungsbedingt ein Zementschleier auf den Steinoberflächen. Dieser Zementschleier wird durch Frost und sauren Regen entfernt, so dass die Steine nach ca. einem Jahr ihre natürliche Farben haben. Die Flächen, die nicht bewittert werden, müssen nachträglich behandelt werden, damit sie gleich aussehen.

Fugenbreite:

In der Betontechnologie rechnet man mit dem 2,5-fachen Korndurchmesser. Demzufolge muss die Mindestfugenbreite, bei einem Mörtel mit 3 mm Grösstkorn, 8 mm betragen. Zu diesem Mass müssen die Toleranzen von den Steinabmessungen und deren Bauchungen dazugerechnet werden. Aus diesen Massen entsteht eine Mindest- und eine Maximalfugenbreite.

Portlandzement CEM I

Werden Fugen mit Zementmörtel aufgefüllt, dann besteht die Möglichkeit einen frosttausalzbeständigen Werksmörtel in Säcken oder Silo zu verwenden, der anschliessend mit der Schwammputzmaschine oder KM 2000 gereinigt wird.

KM 2000 ist ein Reinigungsmittel. Es ist ein weisses Pulver, das mit Wasser angerührt wird, so dass Masse, ähnlich wie Nassschnee, entsteht. Dieser „Nassschnee“ entzieht dem Fugenmörtel das Überschusswasser, ohne sich mit dem Fugenmörtel zu vermischen. Die Arbeitsweise ist die Gleiche wie bei der Reinigung mit Sägespänen. Der „Nassschnee“ wird mit einer Moosgummikrücke hin und her geschoben, anschliessend abgezogen. Das Material saugt das zementhaltige Überschusswasser auf und dabei werden die Steine gereinigt. Der Vorgang erfolgt je nach Rauigkeit der Steinoberflächen 2 – 3 Mal bzw. bis die Steinoberflächen sauber sind.

Eine andere Möglichkeit ist eine Verfugung nach dem System der Fa. ACOSiM, welche mit speziell entwickelten Maschinen den Fugenmörtel verdichtet, ohne dass die gebundenen Steine gelöst werden.

Reinigen mit Wasser oder Sägespänen mindert die Qualität des Fugenmörtels und sollte in der heutigen Zeit nicht mehr angewendet werden.

Trasszement CEM II

Bei verschiedenen Natursteinbelägen mit Trasszementmörtelfugen sind in der Praxis wenige bis keine Risse festzustellen. Trassmörtel werden nicht so hart und können aus diesem Grund Spannungen infolge thermischen Einflüssen in den Fugen abbauen. Bei diesen „weicheren“ Mörteln entstehen weniger Spannungsrisse infolge von Temperaturunterschieden.

Dem Bauherrn müssen zwei Punkte bekannt sein:

- Der Fugenmörtel mit Trasszement ist nur frostbeständig, nicht frosttausalzbeständig.
- Die Erhärtungszeit für Verkehrsbelastung von 28 Tagen muss bei diesen geringeren Druckfestigkeitswerten eingehalten werden.

Verfugen mit Kunststoffprodukten

Auf dem Markt werden verschiedene Kunststoffmörtel mit unterschiedlichen Eigenschaften angeboten.

Die Qualitätsangaben der Hersteller sind in den meisten Fällen Laborwerte, die in der Praxis selten erreicht werden.

Die Kunststoffmörtel können kaum Bewegungen ausgleichen und reagieren ebenfalls empfindlich auf Zugspannungen, weil die Haftzugspannungen zu den Natursteinflächen nur gering höher sind als bei den Zementmörteln.

Wird die Fugenfüllung mit Kunststoffmörtel ausgeführt, dann haftet nach dem Verfugen ein Film vom Epoxydharzkleber auf den Steinoberflächen. Dieser bewirkt, dass die Steine eine intensivere Farbe haben. Der Epoxydharzkleber verschwindet mit der Zeit durch Witterungseinflüsse und Benutzung. Es kann vorkommen, dass die Natursteinoberfläche durch die unterschiedliche Abnutzung und Witterungseinflüsse ein fleckiges Aussehen bekommt.

Das PreisLeistungsverhältnis rechnet sich meistens nur bei dünnen Platten und geringem Fugenanteil.

3. Kapillare Saugfähigkeit von Bettungsmaterialien

3.1 Ungebundene Bauweise

Die kapillare Saugwirkung ist vom Gesteinsmaterial abhängig. In der Regel haben gebrochene Materialien eine grössere kapillare Saugwirkung als natürlich rundgeschliffene Oberflächen. Bei gröberen Materialien ist die kapillare Saugwirkung nur geringfügig kleiner als bei feineren Komponenten.

3.2 Gebundene Bauweise

Normale Mörtel im Dickbettverfahren haben 15 oder mehr Prozent Kapillarporen, die erst Feuchtigkeit abgeben, wenn sie Hundertprozent gesättigt sind. Einkornmaterialien mit zu feinen Splitten, z.B. Splitt 2 – 5 mm, haben ebenfalls eine kapillare Saugfähigkeit. Durch die Feuchtigkeit der kapillaren Saugfähigkeit entstehen Feuchtigkeitsverfleckungen an den Plattenoberflächen bzw. Schäden im Bettungsmaterial.

Die kapillare Saugfähigkeit der Bettungsmaterialien muss sowohl bei der ungebundenen wie bei der gebundenen Bauweise beim Anschluss an das Terrain berücksichtigt werden, damit keine Feuchtigkeit vom anschliessenden Terrain in die Unterkonstruktion bzw. in den Natursteinbelag einziehen kann.

Entweder erstellt man beim Anschluss an den Natursteinbelag eine Dränageschicht mit Rundkies oder man erstellt eine Abdichtung zum Natursteinbelag. Dies kann mit einem Mörtelglattstrich geschehen, der entweder mit einem Bitumenanstrich abgedichtet wird oder man klebt bzw. verlegt über den Glattstrich eine Folie zum abdichten.

4. Normaler Mörtel im Dickbettverfahren, weshalb funktioniert er nicht?

Wie bereits kommentiert, haben erdfeucht eingebrachte Mörtel einen Kapillarporenanteil von 15 und mehr Prozent. Durch den Feuchtigkeitsspeicher der zementösen Materialien, die im erdfeuchten Zustand unter Natursteinbelägen eingebaut werden müssen, weil in einen plastischen Mörtel nicht Platten versetzt werden können, entstehen oft Feuchtigkeitsverfleckungen an den Oberflächen der Natursteinbeläge, die von den Bauherren bemängelt werden. Nebst der Feuchtigkeitsverfleckung hat der unten eingebaute Feuchtigkeitsspeicher noch andere negative Eigenschaften, die ein positives Langzeitverhalten stark mindern.

Aus folgenden Gründen können die erdfeuchten zementösen Bettungsmaterialien und Unterbaukonstruktionen nicht funktionieren.

- Erdfeuchte zementöse Bettungsmaterialien und Unterbaukonstruktionen können nicht richtig verdichtet werden, wie dies betontechnologisch erforderlich wäre.
- Bei Pflaster und Plattenbelägen können erdfeuchte Bettungsmörtel nur durch das Hereinschlagen der Steine verdichtet werden, dadurch entsteht eine qualitativ inhomogene minderwertige Schicht.
- Erdfeucht eingebrachter Bettungsmörtel hat einen Kapillarporenanteil von 15 und mehr Volumen-%. Er nimmt deshalb viel Wasser auf und ist im Winter frost- und tausalzgefährdet.
- Unter gebundenen Natursteinbelägen im Aussenbereich ist immer Feuchtigkeit vorhanden, die in den Kapillarporen gespeichert wird.
- Bei empfindlichen Steinen können Schäden oder Verfärbungen entstehen.
- Durch den niedrigen Wasser/Zementfaktor, den diese erdfeuchten Bettungsmörtel und Betons von Abschlüssen verarbeitungsbedingt benötigen, und zusammen mit der ungenügenden Verdichtung entsteht bei Verkehrsbelastung eine Nachverdichtung mit Nachhydratation, die zu Verdrückungen und Rissbildung zwischen Fugenmörtel und Steinen führt.
- Erdfeuchte Mörtel und Betons haben bei der Verarbeitung zu wenig Wasser, damit der Zementklinker richtig aushydrieren kann. Unter Feuchtigkeitseinwirkung, die unter jedem Natursteinbelag immer vorhanden ist, kann eine Nachhydratation stattfinden. Ausserdem wird aus dem Mörtel durch die Feuchtigkeit Kalziumhydroxid herausgelöst, das sich unter Einwirkung der Kohlensäure aus der Luft als Kalziumkarbonat wieder verfestigt.
- Die Nachhydratation und die Kalziumkarbonatbildung bewirken bei erdfeuchten Bettungsmörteln eine Verfestigung und führen somit über Jahre zu einer höheren Druckfestigkeit.
- Unter Verkehrsbelastung werden diese zementösen Materialien nachkomprimiert und wieder verfestigt. Die Nachverfestigung dauert so

lange bis nicht mehr genügend Zementklinker vorhanden ist, der nachhydrieren kann und die Kalziumhydroxidausscheidung, welche zur Kalziumkarbonatbildung führt, sich verringert.

- Diese Nachverdichtung unter Verkehrsbelastung führt zu Rissen zwischen Fugenmörtel und Steinen, kurze Zeit später zu Fugenmörtelausbrüchen und je nach Verkehrsbelastung zu Spurrinnenbildung.
- Diese erdfeuchten zementösen Mörtel und Betons sind immer feucht, weil Kapillarporen erst Wasser abgeben, wenn sie komplett gesättigt sind. Wenn bei Frost das Wasser in den Kapillarporen zu Eis erstarrt, entsteht durch die Eisbildung eine Volumenvergrößerung von 9 %. Dadurch wird das zementöse Gefüge zerstört.

Weil diese erdfeucht eingebrachten zementösen Bettungsmaterialien und Unterbaukonstruktionen selbstzerstörende, nachverdichtbare und feuchtigkeitspeichernde Materialien sind, sollten sie nicht im Dickbettverfahren bei Plattenbelägen und auch nicht für Abschlüsse und Pflästerungen verwendet werden.

5. Verhindern von Ausblühungen und Verfärbungen

Grundsätzliches

Verfärbungen sind chemische Umwandlungen, die durch Wasser, Sauerstoff und Wärme ausgelöst werden. Um Verfärbungen zu vermeiden, sind die entscheidenden Faktoren die Betonkonstruktion unter dem Naturstein mit einer funktionierenden Entwässerung, die die Feuchtigkeit ableitet und kapillarbrechende Bettungsmaterialien, die keine Feuchtigkeit speichern.

Verfärbungsempfindliche Steine sind hauptsächlich Marmor, Sand- und Kalksteine sowie poröse Granite.

Weniger empfindliche Materialien sind Porphyr, Gneis und Quarzitgestein.

Unterschieden wird zwischen Ausblühungen, Auslaugungen und Feuchtigkeitsflecken.

Ausblühungen

Ausblühungen sind lösliche Stoffe, die aus dem Stein, Mörtel oder aus Umwelteinflüssen stammen, durch Feuchtigkeitstransport an die Oberfläche gelangen und sich dort ablagern und teilweise umwandeln.

Auslaugungen

Auslaugungen entstehen durch nicht karbonatisiertes Kalkhydrat (Kalziumhydroxyd = ungelöschter Kalk) in wässriger Lösung, das aus dem Mörtel durch im allgemeinen von aussen kommendem Wasser ausgelöst wird. Dieses reagiert an der Oberfläche mit Kohlendioxyd aus der Luft und nach dem Verdunsten des Wassers entsteht eine Kalkfahne aus wasserunlöslichem Kalziumkarbonat.

Feuchtigkeitsflecken

Feuchtigkeitsflecken entstehen im Naturstein, wenn durch Kapillarwirkung der Feuchtigkeitstransport zur Oberfläche entstehen kann. Aus diesem Grund müssen unter den Naturwerksteinen kapillarbrechende Schichten eingebaut werden, die den Feuchtigkeitstransport unterbinden.

Verfärbung durch Zement als Bindemittel

Wenn Natursteine in Mörtel versetzt wird, ist immer Wasser aus dem Frischmörtel vorhanden. Dieses Wasser wird bei der Hydratation des Bindemittels teils chemisch eingebunden. Immer ist ein Überschuss mit Kalziumhydroxyd in Lösung da, das austrocknen will. Bei diesem Austrocknen nimmt das Wasser das in ihm gelöste Kalkhydrat und eventuell bereits gelöste verfärbende Stoffe mit sich auf den Weg durch die Poren des Naturwerksteins an die Oberfläche.

Wegen des für die Oxidationsvorgänge benötigten Sauerstoffs finden die verfärbenden Reaktionen vornehmlich in der Kontaktzone des Porenwassers zur Luft statt, also im Grenzbereich von durchfeuchteten Poren, nahe der Verdunstungszone. Liegt dieser Bereich unmittelbar an der Steinoberfläche, dann sind die Verfärbungen sichtbar. Liegt dieser Bereich tiefer im Steininnern, dann sind die Verfärbungen von aussen nicht sichtbar und stören nicht.

Die Stärke der Feuchtigkeitwanderungen ist unter anderem auch abhängig von der Porigkeit des Steines. Wechselnde Porigkeit ist bei vielen Natursteinen vorhanden. Das kalkhaltige Wasser wird sich vorrangig den Weg des geringsten Widerstandes durch die porigen Partien suchen, die somit auch stärker der Verfärbung ausgesetzt sind. Verfärbungen sind deshalb selten gleichmässig und wirken daher meist fleckig. Die beschriebenen Verfärbungsmechanismen funktionieren nicht nur mit dem Überschusswasser des Mörtels, sondern mit Wasser jeder Art, das in die Poren des Natursteins und in den Mörtel eindringen und Kalziumhydroxyd lösen oder auch aus anderen Bauteilen mitbringen kann. Fremdwasser ist besonders kritisch, weil es manchmal unkontrolliert grosse Mengen sein können. Wenn von Bauteilen unter oder neben der Natursteinkonstruktion permanent Feuchtigkeit eindringen kann, muss dieses Wasser aus der Konstruktion verdunsten. Die Folge ist ein ständiger Transport nicht nur von Wasser, sondern auch von im Wasser gelösten, zu Verfärbung neigenden Stoffen. Bei durchnässten Natursteinen verschiebt sich die Trocknungs- bzw. die Verfärbungszone an die Oberfläche, so dass auftretende Verfärbungen sichtbar werden.

Zur Vermeidung von Kalkausblühungen wird bei der Natursteinverlegung bei verfärbungsempfindlichen Gesteinen Trasszement eingesetzt.

Bezeichnung nach der Norm

Benennung	Kurzbezeichnung	Portlandzement- klinker in %	Weiterer Haupt- bestandteil
Portlandpuzzolanzement	CEM II / A-P	80 – 94	Puzzolan
Portlandpuzzolanzement	CEM II / B-P	65 – 79	Puzzolan

RE: Mischzement

Trass ist ein latent hydraulisches Bindemittel, das zum Abbinden einen Anreger benötigt, z.B. Kalziumhydroxyd.

Heute nutzen wir Trass vor allem wegen der hohen Kalkbindefähigkeit, denn auf diese Weise wird das vom Portlandzement beim Erhärten abgegebene Kalziumhydroxyd zum grossen Teil wieder eingebunden.

Die Menge an überschüssigem Kalziumhydroxyd ist beim Puzzolanzement geringer als bei anderen Zementen. Sie ist umso geringer, je höher der Anteil Puzzolan ist. Anzustreben ist immer ein Puzzolananteil von mindestens 35%. Die Normzemente haben einen zu grossen Spielraum des Puzzolananteils, so dass trotzdem Verfärbungen entstehen können. Für eine Naturwerksteinverlegung mit verfärbungsempfindlichen Steinen ist somit ein Spezial-Puzzolanzement einzusetzen, der einen Puzzolananteil >35 % hat. Da nur ein Teil (35%) des Anmachwassers chemisch gebunden werden kann, muss der überschüssige Wasseranteil über die Plattenfugen und Kapillare des Natursteines verdunsten.

Bei einigen wenigen Natursteinen, wie z.B. empfindliche Marmore, genügt der Einsatz von Puzzolanzement nicht. Bei diesen Materialien muss der Feuchtigkeitstransport vom Anmachwasser mit einem Schnellkleber, der vollflächig auf der Plattenunterseite aufgezogen wird, unterbunden werden.

Bei sehr verfärbungsempfindlichen Natursteinen, die selten im GALABAU eingesetzt werden, ist es zweckmässig, einen technischen Berater des Spezialmörtelherstellers beizuziehen.

Verfärbung durch chemische Veränderungen von Gesteinsinhaltsstoffen

Bei diesen Verfärbungen handelt es sich meist um das Entstehen von im Allgemeinen ungleichmässigen gelblichen bis braunen Flecken. Die Verfärbungen treten bei Sediment-, kristallinen, metamorphen Gesteinen und auch manchmal bei Hartgesteinen auf.

Ob sie in den Zeiten, in denen relativ dicke Platten verwendet wurden, völlig unbekannt waren, ist zu bezweifeln. So richtig bekannt wurden sie jedoch in den letzten zwei Jahrzehnten mit dem Vordringen der dünnen Plattenbeläge.

Es ist bekannt, dass die Sedimentgesteine und möglicherweise die aus ihnen hervorgehenden kristallinen metamorphen Gesteine organische Stoffe fossiler Herkunft, wie z.B. Mumiensäure, Harze und Bitumen enthalten. Solche Stoffe können sich in Verbindung mit kalkhaltigem Wasser gelb bis braun verfärben.

Zur Hauptsache sind es jedoch die Eisenverbindungen, die zu Verfärbungen führen. Nahezu alle mineralischen Stoffe enthalten Eisenverbindungen, meist als Oxyde, aber auch als Schwefelverbindung wie Pyrit.

- Limonit:** Eisenverbindung (FeO OH = natürlicher Rost), die andere Minerale und Gesteine je nach Konzentration braun, gelb-beige oder elfenbein färbt.
- Hämatit:** Eisenverbindung (Fe_2O_3 = Eisenoxyd). Färbt andere Mineralien und Gesteine je nach Anreicherung rot oder rosa.
- Pyrit:** Messingglänzende Verbindung aus Eisen und Schwefel (FeS_2 , „Katzengold“). Dieses Spurenmineral verwittert rasch zu braunem Limonit und ist dann oft verantwortlich für braun-gelbe Verfärbungen bei ursprünglich hellem Gestein.

Neben den beschriebenen Mineralien existiert natürlich noch eine Vielzahl anderer, die in unseren Gesteinen beigemischt sind. Ihre Anteile sind allerdings so gering, dass sie die Gesteinseigenschaft nicht beeinflussen.

Auch Verwitterungseinflüsse infolge Einwirkung von sauren Gasen in der Luft oder Regen und Nebel können sich fördernd auf die Umbildung der Eisenmineralien auswirken.

Verfärbungen durch Verunreinigungen

Bei Verfärbungen durch Verunreinigungen, die von aussen auf den Stein einwirken, ist die Ursache im Allgemeinen offensichtlich und man muss sich lediglich Gedanken über die Beseitigung machen. Bei Verfärbungen infolge Verunreinigungen unter einem Belag ist das Erkennen der Ursache meist schwierig. Manchmal bedarf es detektivischer Fähigkeiten, um die Ursache zu erkennen. Deshalb hier einige Beispiele:

- Eine häufige Verfärbung ist Rost. Es können Stahlteile wie z.B. Späne oder Schweissgut in die Kiesschicht oder über den Sand in den Mörtel gelangt sein. Sie bilden eine grosse Reaktionsoberfläche zur Rostbildung und sind oft über grosse Flächen verteilt. Dieses Schadensbild ist am Punktmuster auf der Plattenunterseite zu erkennen.
- Finden sich solche Punktmuster vorwiegend entlang von Fugen, sollte abgeklärt werden, ob der Metallbauer vor dem Verfugen des Natursteinbelages seine Arbeit ausgeführt hat und so Stahlspäne in die noch offenen Fugen gelangt sind.

- Werden stahlschrottgesägte Natursteinplatten nicht abgesäuert, entstehen Verfärbungen durch Rückstände des Stahlschrottes. Diese Ursache kann durch eine Laboruntersuchung geklärt werden.
- Braune Flecken an den Rändern können auch von Stahlbändern des Verpackungsmaterials verursacht werden. Winzige Rostpartikel können dann durch das Kapillarwasser des Mörtels zu braunen Verfärbungen führen.
- Loser Rundkies enthält vielfach eisenhaltige Kieselsteine, die auch zu Verfärbungen führen können. Dies kann festgestellt werden, indem eine verfärbte Platte abgehoben wird. Der rostige Kieselstein und der Rostfleck an der Plattenunterseite müsste mit dem Fleck an der Oberfläche identisch sein.
- Weitere Ursachen von Verfärbungen können von organischen Verunreinigungen im Sand stammen. Holzspäne, Zigarettenreste, Hundekot, Humus usw. geben Säuren ab, welche mit dem Kapillarwasser an die Oberfläche gelangen. Die Ursache festzustellen ist sehr aufwendig und teuer.

Verfärbung durch Feuchtigkeit

Oft entstehen dunkle Verfärbungen durch Feuchtigkeit in der Baukonstruktion. Dies ist ein Problem der Entwässerung und der entsprechenden sickerungsfähigen Bettungsmaterialien, wie bei der gebundenen Bauweise von Natursteinpflaster und Plattenbelägen beschrieben.

Vorsicht mit Splitten, die eine hohe Feuchtigkeitsaufnahme haben. Solche Splitte können auch zu Feuchtigkeitsverfleckungen führen.

Verfärbung durch elastisches Fugenmaterial

Manches elastische Fugenmaterial enthält einen Weichmacher, der von der Fuge her in das Gestein einwandert und dort abgedunkelte „fettige“ Ränder verursacht. Auch da sollte die Eignung des verwendeten Fugenmaterials für die Gesteinsart abgeklärt werden.

Verfärbung durch Reinigungsmittel

Alkalische Reiniger lösen ähnliche Verfärbungen aus, wie beim alkalischen Anmachwasser des Mörtels. Besonders problematisch ist die Dauerwirkung alkalischer Reinigungsmittel, wenn sie in offene oder schadhafte Fugen einsickern und immer wieder austrocknen. Bei jeder Nassreinigung werden sie neu wirksam.

Werden saure Reiniger eingesetzt, führen diese zur direkten Umwandlung von Eisenmineralien und somit zu Rostflecken oder gelb-braunen Verfärbungen.

Nicht umsonst wird immer wieder empfohlen, vor allem junge Beläge nur mit klarem Wasser zu reinigen. Werden Reinigungsmittel verwendet, sollte die Eignung abgeklärt sein.

La Jan. 03