



Walter Gutjahr (r. mit den Herren Sieksmeier, Hagemann, Mehmcke und Zanocco) demonstrierte den Wassertransport in Monokornmörtel.



Das Thema wurde kontrovers, aber konstruktiv diskutiert. V. l. n. r. die Herren Felkel, Stemmermann und Zanocco

14. Expertengespräch:

Sicherer mit Monokorn

Naturstein lädt in Zusammenarbeit mit Rock and Mineral Consulting Experten zum Gespräch. Ziel ist die Vermeidung von Schäden. Hier die Ergebnisse der Diskussion zum Thema Monokornmörtel mit Produktempfehlungen zum Sammeln.

Monokornmörtel bietet viele Vorteile, ist aber kein Patentrezept für schadensfreies Verlegen. Der Anwender muss wissen, was er tut. Je nachdem, wo und zu welchem Zweck Monokornmörtel zur Anwendung kommen sollen, sind unterschiedliche Anforderungen zu berücksichtigen.

Über die richtige Definition, Herstellung und Anwendung dieses Verlegesystems diskutierten am 8. November 19 Experten. Unterschiedliche Standpunkte wurden am 13. Februar in kleinerer Runde nachdiskutiert. Gast-

geber für beide Veranstaltungen war Walter Gutjahr am Sitz seines Unternehmens in Bickenbach bei Darmstadt, dem wir an dieser Stelle herzlich danken, nicht nur für Raum und Bewirtung, sondern auch für die sachkundige Vorbereitung der Tagung mit Versuchsaufbauten und Informationen. Die Moderation des Gesprächs übernahm der Steinmetzmeister, Bauleiter, Berater und ö.b.u.v. Sachverständige Hans-Joachim Mehmcke.

Die in diesem Artikel getroffenen Aussagen sind nicht als verbindliche Ausführungsvorgabe zu verstehen!

Definition

Warum Monokorn? Praktiker suchten ein Mörtelsystem für die schnelle Frisch-in-Frisch-Verlegung von Naturwerkstein. Es sollte schwindarm sein und nicht teurer als herkömmliche Systeme. Diesen Anforderungen entspricht das seit gut zehn Jahren gebräuchliche Monokornsystem. Die i. d. R. gute Drainagefunktion dieses Mörtelsystems war nichts Neues. Die Verlegung mit Monokornmörtel ist eigentlich nur eine »gebundene« Variante der Verlegung im Splittbett, die der Deutsche Naturwerkstein-Verband (DNV) schon früh in seinen Bautechnischen Informationen beschrieben hat.

Der Name »Ein- bzw. Monokornmörtel« stammt von Dipl.-Bau-Ing. Karl-Heinz Kranz. »Monokorn« beschreibe das Verlegesystem nicht korrekt, »aber einen besseren Namen wusste ich nicht«, so der Gründer des Sachverständigenkreises Euro-FEN (Schloss Raesfeld) im Expertengespräch. Kranz hat Monokornmörtel nach eingehenden Untersuchungen durch zahlreiche Veröffentlichungen und Seminarbeiträge über die letzten 15 Jahre populär gemacht. Viele Anwender berichten von guten Erfahrungen mit diesem System bei Verlegungen im Innen- und Außenbereich. Monokornmörtel sind Mörtel aus

EXPERTENGESPRÄCHE:

- | | |
|---|---|
| ■ Naturstein im Außenbereich (5/05) | ■ Treppen aus Naturwerkstein (4/07) |
| ■ Imprägnierung von Naturwerkstein (8/05) | ■ Hohlböden mit Naturwerkstein (6/07) |
| ■ Bauabschlussreinigung (1/06) | ■ Außenwandbekleidungen mit Naturwerkstein (8/07) |
| ■ Reinigung von Natursteinfassaden (3/06) | ■ Zukunft der Naturwerksteinwirtschaft (12/07) |
| ■ Reinigung und Pflege von Natursteinböden (5/06) | ■ Sauberlaufzonen im Fokus (1/08) |
| ■ Prüfung des Verlegeuntergrunds (10/06) | ■ Sicherer mit Monokorn (3/08) |
| ■ Naturwerkstein in Nassbereichen (11/06) | |



(Foto: L. Felkel)

3 cm dicker **Granit** mit 15 cm dickem **Monokornmörtel**

KURZINFO:

Warum Monokorn?

Monokornmörtel/-estriche sind besondere Baustoffe, die – richtig hergestellt und angewendet – dazu beitragen können, Schäden an Bodenkonstruktionen zu minimieren sowie Zeit und Kosten zu sparen. Dies erfordert aber genaue Kenntnisse zur Herstellung dieses Mörtels. Der Anwender muss die Abhängigkeiten der Komponenten und deren Auswirkungen im Monokornsystem kennen, um den für ihn gewünschten Mörtel zu bekommen. Hierzu muss man wissen, dass generell:

- viel Zement im System eine höhere Biegezugfestigkeit ergibt, aber eine höhere Schwindung produziert

- Spezialzemente bessere Festigkeiten bringen, aber deutlich höhere Kosten verursachen
- ein zu niedriger Wasserzementwert geringere Festigkeiten bringt, aber eine geringere Schwindung im System aufbaut
- feinere Körnungen (Zuschlagsstoffe) höhere Biegezugfestigkeiten erreichen als grobe Körnungen, aber auch ein größeres Schwindmaß zur Folge haben
- gröbere Zuschlagsstoffe ein besseres Wasserableitungsvermögen bei Drainmörteln haben als feine Körnungen

Dipl.-Ing. Lothar Felkel

überwiegend groben Gesteinskörnungen über 2 mm Durchmesser, also ohne Feinanteile, die dadurch ein hohlraumreiches Gefüge mit entsprechend großen Poren aufweisen. Sie werden u. a. zur Herstellung von lastverteilenden Schichten oder Dickbettmörtel unter Hartbelägen aus Na-

tur- und Betonwerkstein eingesetzt. Von anderen Mörteln unterscheiden sie sich eben durch das Fehlen des Feinkornanteils (0–2 mm in der Sieblinie); d. h. es werden nur Zuschläge ab 2 mm aufwärts verwendet, daher die i. d. R. gute Drainfunktion für Außenbeläge. Den Experten zufolge

hat sich der Begriff »Monokornmörtel« bzw. »Monokorn-Drainmörtel« inzwischen so sehr eingebürgert, dass er nicht durch einen anderen ersetzt werden sollte.

Die Experten differenzierten zwischen dem klassischen Monokornmörtel mit einer Sieblinie von 2 bis

Die neue Art Natursteinflächen zu stocken: Leichter, leiser, schneller, sanfter

ITALMONT

Europ. Pat.



Großflächenstocker Lupato S6 u. S12

arbeiten rotierend, wie eine normale Schleifscheibe. Auf diese Weise können selbst **ganz dünne**, oder auch defekte Platten **ohne Bruchgefahr** bearbeitet werden. Mit **nur einem Werkzeug** (wahlweise Ø 300 oder Ø 450)

kann man, durch Verstellen der Halterungen vier verschiedene Stockbilder, von fein bis grob, erstellen.



Die Großflächenstocker können an Fußbodenschleifmaschinen, Wandarmmaschinen oder stationären Schleifanlagen betrieben werden.

e-Mail: info@italmont.de, Internet: www.italmont.de

Benzstraße 20, 82178 Puchheim, Tel.: 089/ 804020, Fax: 089/803116

Lithofin®

Was tun bei Grünbelägen?

Extrem ärgerlich ist die Bildung von Grünbelägen auf Terrassen- und Gehwegplatten. Besonders schnell entsteht diese unerwünschte Patina in einer feuchten und schattigen Umgebung.

Unser Tipp: Sprühen Sie den Belag einmal im Jahr mit Lithofin ALLEX ein. So entfernen Sie zuverlässig Grünbeläge und beugen der Neuanschmutzung vor.

Mehr Informationen erhalten Sie unter www.lithofin.com – Literatur




AZ 116-D2.08

KURZINFO:

Ausblühungen sind möglich

Die Materialprüfanstalt Darmstadt hat Monokornmörtel untersucht und Folgendes festgestellt: Trotz des hohen Anteils an großen Poren ist ein Feuchtigkeits-transport nach oben nicht auszuschließen. Befinden sich auf der Abdichtungsebene Pfützen, ist die Wahrscheinlichkeit relativ hoch, dass dieses Wasser die Oberflächen von saugfähigen Natur- und Betonwerksteinplatten erreicht und dort partiell zu feuchtebedingten Farbvertiefungen führt. Auch Ausblühungen an den Fugen und auf den Belagsoberflächen sind nicht auszuschließen, weshalb sich eine Verwendung von Hydrophobiermitteln im Mörtel empfiehlt (gilt nicht für Baustellenmischungen).

Zum besseren Verständnis: Calciumhydroxid-Ausfällungen aus dem Zement von Monokornmörteln werden begünstigt durch die größere frei zugängliche Oberfläche des Zementleims auf den Körnern des groben Zuschlags. Die Versuche ergaben: Je länger die Sickerstrecken, desto mehr und, je kürzer die Sickerstrecken, desto weniger Calciumhydroxid wurde gelöst.



Foto: H. Friesenrothen

Binnen eines Tages entstanden diese Ausblühungen. Wasser ist über Flankenabriss an den Fugen in die Konstruktion eingedrungen und hat sich gestaut. Calciumhydroxid-Ausfällungen waren die Folge.

In belüfteten Randbereichen entstanden barriereartige Kalkkrusten, die den Abfluss von Wasser zunehmend behinderten.

Walter Gutjahr: Weil Fugen im Außenbereich unvermeidbar Haarrisse (Flankenabriss) bilden, ist das in den Mörtel gelangende Wasser gezielt abzuführen.

Lothar Felkel: Bei verfugten Belägen gelangen nur sehr geringe Mengen Wasser in den Untergrund (1–5%).

8 mm und drainfähigen Mörtelsystemen ab einer Sieblinie von ca. 0,6 bis 4 mm Korndurchmesser (Werk trockenmischungen).

Die Bestandteile

Monokorn-Drainmörtel bestehen aus einem Bindemittel, Zuschlägen und Wasser. Man unterscheidet Eigenmischungen (Baustellenmörtel) und Werk trockenmischungen (Werksmörtel, vorwiegend als Sackware).

Als **Bindemittel** kommen zum Einsatz:

- im Innenbereich Normzemente für vorgezogene Estriche
- im Innenbereich für Frisch-in-Frisch-Verlegungen von Natursteinen und kritischen Betonwerksteinen Portlandpuzzolanzemente mit > 40 % Trass
- im Außenbereich immer Portland-

puzzolanzemente mit > 40 % Trass

- Sonderzemente mit Trassanteil > 40%, z. B. TUBAG 40 L (teilweise nur auf Bestellung verfügbar)
- Spezielle Bindemittel der Bauindustrie

Die speziellen Bindemittel der Bauindustrie (z. B. Gräfix 418 Monodrain Spezialbindemittel und Mapei-Mapecem) können Ausblühungen reduzieren bzw. verhindern. Im Außenbereich sollten Bindemittel zur Anwendung kommen, aus denen keine großen Mengen von Calciumhydroxid in Lösung gehen können, weshalb Portlandpuzzolanzemente mit einem Trassanteil > 40 % unbedingt zu empfehlen sind. Trass bindet das bei der Hydratation des Portlandzements frei werdende Calciumhydroxid. Diese chemischen Prozesse zeigen erst nach einigen Tagen ihre erste Wir-

kung. Nach ca. vier bis sechs Wochen sind sie weitestgehend abgeschlossen; das Ausblühungsrisiko ist dann geringer. Deshalb sind bei Außenanwendung die frisch verlegten Bereiche in den ersten Tagen vor Feuchtigkeit zu schützen.

Zuschläge

sind u. a. folgende Gesteinskörnungen:

- Feinsplitt 2–5 mm
- Feinsplitt 3–7 mm
- Splitt 4–8 mm
- Feinkies 2–8 mm
- Kies 4–8 mm

Zu bevorzugen sind Körnungen aus Kies, Quarz, Basalt und Diabas. Die Zuschläge sollten bei kritischen Natursteinbelägen gewaschen und ohne abschlämmbare Bestandteile sein.

Als praktikabelste Mischung hat sich die mit Zuschlägen von 2/5–2/8 mm (Lothar Felkel: 2–8 mm Kies oder 3–7 mm Splitt) herauskristallisiert.

Dem **w/z-Wert** (Wasserzementfaktor = Masseverhältnis von Wassergehalt und Zementgehalt in l/kg) kommt beim Anmischen von Monokornmörtel eine große Bedeutung zu: Ein zu niedriger w/z-Wert bedingt im Regelfall geringere Festigkeiten (Mörtel wirkt krümelig), ein zu hoher führt oft zum Absinken des Zementleims in die untere Zone des Mörtels und reduziert somit die Drainagewirkung erheblich (verminderte Wasserdurchlässigkeit und verringerte Festigkeit im oberen Bereich).

Je nach Art des Zuschlags und der Sieblinie sind für Monokornmörtel w/z-Werte von 0,38 bis 0,44 gebräuchlich (die Angabe bezieht sich auf vorge-trocknete Zuschläge unter Laborbedingungen). Der Wassergehalt von auf der Baustelle vorhandenen Zuschlägen ist zu berücksichtigen.

Entscheidend ist, wie der Mörtel aussieht und wie er sich anfühlt: Der Zementleim muss noch glänzen und bei der Handprobe muss der Mörtel »zu-

sammenkleben«. Andernfalls ist er zu trocken. Die Experten empfehlen für das Anmischen von Mörteln mit dem Zuschlag 2–8 mm Kies ein Mischungsverhältnis von 1:5 und einen w/z-Wert von ca. 0,40.

Achtung:

Bei feuchteren Zuschlägen an der Baustelle die Wasserzugaben reduzieren! Bei drainierenden Werk trockenmischungen sind die Angaben der Hersteller zu beachten.

Verarbeitung

Monokorn-Baustellenmörtel werden im Freifällmischer oder mit Zwangsmischer gemischt. Mischungen mit kleineren Körnungen (Feinkies 2/8 und Feinsplitt 2/5 mm) sind problemlos mit Estrichpumpen förderbar. Körnungen ab 4/8 mm Durchmesser sind nur bedingt pumpfähig.

Der vorgezogene Mörtel ist auf der Baustelle vor Nässe und zu schneller Austrocknung zu schützen (abdecken!). Bei der Frisch-in-Frisch-Verlegung schützt der Belag vor zu schneller Austrocknung. Der Baustellenmörtel ist vor Ort in bedarfsgerechten Mengen anzumischen und in Anlehnung an DIN 18560, Teil 1, 7.5, unverzüglich und ohne längere Pausen zu verarbeiten. Ob der Mörtel noch ausreichend nass ist, lässt sich leicht auf der Baustelle prüfen (Handprobe, siehe oben!). Hohe Temperaturen, Sonneneinstrahlung und Wind reduzieren die Verarbeitungszeit von Monokornmörteln erheblich. Die Verarbeitungszeit ist deutlich kürzer als bei normalen Verlegemörteln und deshalb sollte man ab einer gewissen Temperatur und vor allem bei zusätzlichem Wind keinen Monokornmörtel verarbeiten.

Achtung:

Bereits angetrocknetem Monokornmörtel niemals Wasser zugeben, um diesen wieder verarbeitbar zu machen – dies führt zum Versagen des Systems!

Bei Verwendung von Werk trockenmischungen sollte man ganze Gebinde anrühren, da der Inhalt durch den Transport entmischt sein kann.

Verlegetechnisch lassen sich Mörtel mit feineren Körnungen besser verarbeiten als die mit groben. Sie haben aber auch ein höheres Schwindmaß, weshalb sie für die Frisch-in-Frisch-Verlegung nicht besonders geeignet und nur für den Einsatz als vorzuziehender Estrich zu empfehlen sind.

Wasser abführen!

Monokornmörtel setzen grundsätzlich einen fachgerechten Verlegetechnik voraus.

- Gefälle von mindestens 1,5 % (ggf. ist ein Gefälleverbundestrich zu erstellen)
- Keine große Pfützenbildung (entsprechende Bereiche sind zu spachteln)
- Möglichst glatte Oberfläche

Monokornmörtel sind hohlraumreich; nur so können sie eine Drainfunktion erfüllen. Ihr Entwässerungsvermögen ist in der Senkrechten gut bis sehr gut. Gerade im Außenbereich ist dies gegenüber normalem Mörtel mit einer Sieblinie 0/8 mm ein großer Vorteil. Bei richtiger Ausführung kann man Frostschäden wirksam begegnen.

In der Ebene (horizontal, Neigung $\geq 1,5\%$) ist das Wasserableitvermögen von Monokornmörteln gering. Die unregelmäßig geformten Poren entwässern in der Ebene nur stark verzögert, d.h. das Wasser sickert – ein Gefälle vorausgesetzt – nur sehr langsam und allein in der untersten Mörtel-ebene. Die längere Verweilzeit von Wasser in diesen Mörteln kann dann zu hohen Calciumhydroxid-Ausscheidungen führen, wenn die Hydratation noch nicht weitestgehend abgeschlossen ist (▷ S. 32). Mörtel mit

grobkörnigen Zuschlägen entwässern etwa fünfmal besser als Werk trockenmischungen mit einem Zuschlag mit Körnung ca. 0,6–4 mm.

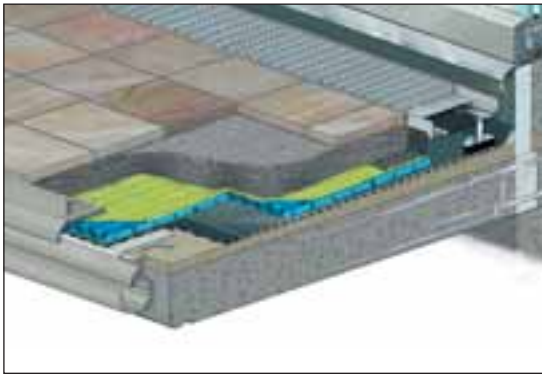
Entscheidend für ein positives Verlegeergebnis ist somit die Wasserableitung auf dem Untergrund (unterste wasserführende Ebene, meist Abdichtung, siehe auch Kasten ▷ S. 35). Der Verarbeiter muss für die Beurteilung des Untergrunds eine Wasserprobe machen, in der die zu belegende Fläche mit Wasser kontrolliert wird. Sind Pfützen auf der Abdichtung oder den Betonuntergründen nicht auszuschließen, ist zusätzlich eine geeignete, ausreichend kapillarbrechende Drainmatte einzubauen, die einen Kapillarkontakt des Mörtels zu Stauwasser unterbindet. Voraussetzung ist eine entsprechende Konstruktionsdicke; Monokornestriche sind in Anlehnung an die DIN 18560 zu bemessen.

Merke:

Durch den Einbau einer Drainmatte auf der Rohdecke bzw. Abdichtung wird die horizontale Wasserableitung wesentlich verbessert. Man muss aber auf die notwendige Konstruktionsdicke achten.

Eine nahezu pfützenfreie Entwässerung ist mit Verbundabdichtungen, wie sie auf Balkon- oder Gartenterassen-Tragplatten zulässig sind, zu erreichen, wenn durch einen separat hergestellten Gefälleverbundestrich ein Mindestgefälle von ca. 1,5 % vorgegeben werden kann.

Bei der **Frisch-in-Frisch-Verlegung** ist auf der Naturstein-Plattenrückseite vollflächig eine Haftbrücke (gespachtelt oder geschlämmt) aufzutragen, die einen guten Verbund gewährleistet. Diese darf nicht zu dünn aufgetragen werden, so dass sie sich im Monokornmörtel »verkrallen« kann. Die Haftbrücke ist dabei auf den Naturstein abzustimmen und vom Her-



(Grafik: Gutjahr)

Die durch die Drainagematte kapillarbrechend aufgestellte Konstruktion verhindert Feuchtflecken und Ausblühungen.



Aufgetragene Kleberschicht



(Fotos: L. Felkel)

Aufgetragene Haftschlämme

steller freizugeben. Dies gilt für innen und außen. Für Naturstein geeignete Haftbrücken sind nicht wasserdicht; sie verzögern jedoch den Eintritt rückseitig einwirkender Feuchte in den Stein.

Für **Verlegungen im Dünn- oder Mittelbett auf vorgezogenen erharteten Estrichen** im Außenbereich aus Monokornmörtel empfehlen die Experten die Verlegung der Platten mit einem frostbeständigen

Klebemörtel, der auf den jeweiligen Naturstein abgestimmt sein muss. Lassen Sie sich vom Klebemörtelhersteller Ihrer Wahl beraten, und lassen Sie sich das gewählte System für die geplante Anwendung freigeben!

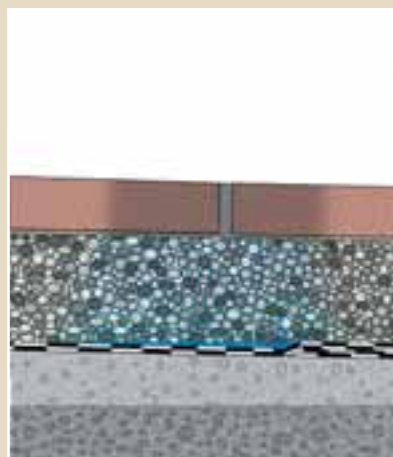
Walter Gutjahr: Die Klebemörtel sind vollflächig als Kontaktschicht auf die Rückseite der Platten aufzukämmen (Kamm 10–15 mm). Die Buttering-Floating-Methode ist i. d. R. kontraproduktiv, weil dabei die Fugen zwi-

schen den Platten mit Klebemörtel gefüllt werden. Dadurch kann das über die Fugen eindringende Wasser nicht in den Mörtel sickern. Wenn der Monokornestrich abgespachtelt werden soll, um ein Herausbrechen der Körnung während der Verlegung zu vermeiden, darf dies im Außenbereich nur mit einem besonders wasserdurchlässigen, feinkörnigen Mörtel geschehen. Innen sind bei dieser Ausführungsweise auf den Oberbelag abgestimmte Klebersysteme zu verwenden.

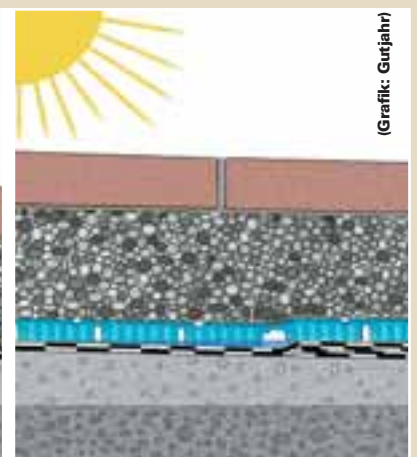
KURZINFO:

Wassertransport im Fokus

Alle Zuschläge sind saugfähig, d.h. sie saugen Wasser an und transportieren dieses von der Abdichtungsebene an die Gesteinsoberfläche. Gesteinskörnungen selbst als Zuschläge ohne Bindemittel transportieren bereits Wasser, wenn z. B. kleinere flache Pfützen auf der Abdichtung stehen. Weil diese Erkenntnis auch unter Fachleuten nicht ganz selbstverständlich ist, wurde dies in Versuchen für alle sichtbar nachgestellt. Die MPA Wiesbaden hat nachgewiesen, dass Wasser aus nur 3 mm tiefen Pfützen in Kies 4/8 bis zu 100 mm, in Feinkies 2/8 bis 125 mm und in Basaltsplitt 4/8 bis zu 270 mm aufsteigt. Grobkörniger Kies transportiert das Wasser wegen der geringeren Oberfläche nicht so schnell und intensiv wie feinere Körnungen. Kalkhaltige Gesteinskörnungen (Zuschläge) saugen besonders stark, was sich unter Umständen auf das verlegte Gestein negativ auswirken kann. Untersuchungen der MPA Darmstadt an frei bewitterten Außenbelägen auf Monokornmörtel haben ergeben, dass nur bei einer verzögerungsfreien Ableitung des Sickerwassers auf der Abdichtungsebene das Auswaschen von freiem Kalk (Calciumhydroxid) praktisch verhindert werden kann (bei Versuchsflächen mit kapillarbrechender Drainagematte). An einer parallel dazu hergestellten Fläche, wo das über die zum Teil offenen Fugen eingedrungene Wasser allein in die Monokornmörtel-



An den Überlappungen der Abdichtung stehendes Wasser wird kapillar bis in den saugfähigen Stein transportiert.



(Grafik: Gutjahr)

Durch kapillarbrechende Drainage (AquaDrain(R) EK) wird ein Kontakt zu auf der Abdichtung stehendem Wasser ausgeschlossen.

schicht entwässerte, war die Menge gelösten Kalkes anfänglich 300-mal höher (als im Vergleichsbelag mit Drainage), nahm jedoch während des Versuchszeitraumes von sechs Monaten sehr deutlich ab.

Walter Gutjahr

Fugen richtig planen!

Vor allem Außenbeläge sind bekanntlich thermischen Wechselbelastungen ausgesetzt. Bei dunklen Belägen sind Temperaturdifferenzen von 100°K (Winter: -25° , Sommer: $+75^{\circ}$) möglich. Diese Differenzen verursachen Längenänderungen im Belag. Fugen zu aufgehenden Bauteilen sind ein Muss. Wegen unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten von Belag und Lastverteilungsschicht entstehen häufig Haarrisse in den Fugen des Oberbelags. Feldbegrenzungs- und Anschlussfugen in ausreichender Breite (Empfehlung: ca. 10 mm) sind unerlässlich. Sie sind über die gesamte Fläche als Bewegungsfugen so einzuplanen und auszuführen, dass sie die Belagskonstruktion über ihren gesamten Querschnitt trennen. In Abhängigkeit von der Art und Farbe des genutzten Natursteins sind gedrungene Felder mit Seitenlängen zwischen 2 und 5 m vorzusehen. Für dunkle Beläge sind kleine Belagsfelder anzulegen, für hellere Beläge größere.

KURZINFO:

Keine Pfützen!

Bei der Verlegung von Naturwerksteinplatten im Außenbereich treten häufiger als im Innenbereich Reklamationen auf. Meistens ist ein direkter Zusammenhang mit in der Konstruktion gespeichertem Wasser festzustellen. Solche Beläge sind bekanntlich nicht wasserdicht. Über die Fugenmörtel selbst, aber auch vor allem über Flankenabriss der Fugen sickert Wasser in die Mörtelkonstruktion. Selbst auf genormten und fachgerecht ausgeführten Bahnenabdichtungen mit üblichem Gefälle (1–2 %) entstehen an Überlappungen oft größere flache Mulden, die

zum Stau von Wasser führen. Dieses in der Konstruktion gestaute Wasser führt bei konventionell verlegten Belägen unmittelbar zu Ausblühungen und feuchtebedingten Farbvertiefungen. Laut Flachdachrichtlinie müsste bei Normenabdichtungen das Gefälle $> 3^{\circ}$ (5 %) betragen, um eine Pfützenbildung auf der Andichtung auszuschließen. Eine solche Neigung ist objektiv betrachtet so gut wie nie an Gebäuden möglich. Auch die Auftraggeber selbst wollen keine solche Schräge.

Walter Gutjahr

Technische Eigenschaften berücksichtigen!

Wie eingangs betont, setzt der schadensfreie Einsatz von Monokornmörtel Kenntnisse der technischen Eigenschaften dieses besonderen Estrichmörtels voraus. Schwindung und Festigkeiten sind bei Anwendungen in

Innen- und Außenbereichen zu beachten; bei Anwendungen in Außenbereichen spielen außerdem das Wasserleitvermögen in der Ebene, die Wasseraufnahme (kapillares Saugen / Lothar Felkel: die Wasseraufnahme über den Zementleim) und die Ausscheidung von Calciumhydroxid eine

NEUES ONLINE LAGER

www.marmirossi.com

Marmi Rossi SpA

Località Montelano Z.I. - 37010 Cavalen V.se (VR - I)
Tel. 0039-045-6260115 r.a. Fax. 0039-045-7236410

KURZINFO:

Hydrophobierung

Unter Hydrophobierungsmitteln versteht man chemische Zusatzstoffe, die die Oberflächenspannung des Wassers verändern und so z. B. zu einem Abperleffekt führen. Durch das Einmischen in Baustoffe können so wasserabweisende Mörtel hergestellt werden. Insbesondere das kapillare Saugvermögen von zementären Produkten kann hierdurch verringert werden. Die Atmungsaktivität (Diffusionsfähigkeit) der Baustoffe bleibt hierbei erhalten. Zu den Hydrophobierungsmitteln zäh-

len z. B. siliciumorganische Verbindungen, Wachsemlulsionen oder Metallseifen (Oleate, Stearate u. v. m.). Die Dauerhaftigkeit der unterschiedlichen hydrophobierenden Wirkstoffe richtet sich nach deren chemischen Zusammensetzung und der Einwirkung von äußeren Einflüssen wie z. B. Reinigungsmittel, Säuren, Laugen, Moosbewuchs, Bakterienablagerungen und Verschmutzungen.

Dipl. Chem. Ing. Sieksmeier

Rolle. Lothar Felkel: Das sog. Wasserkriechen lässt sich durch Hydrophobiermittel unterbinden (▷ Kasten).

Schwinden:

Das Schwinden ist abhängig von der Körnunggröße (Gerüstbau, Sieblinie), von Bindemittelart und -anteil sowie vom Wasserzementwert. Mörtel mit kleiner Körnung und hohem Zementanteil schwinden stärker als Mörtel mit gröberer Körnung und niedrigem Zementanteil. Monokornmörtel schwinden weniger stark als normale Dickbettmörtel. Das endgültige Schwindmaß wird früher er-

reicht. Die Hohlräume im Monokornmörtel begünstigen ein schnelleres und gleichmäßigeres Abtrocknen des freien Überschusswassers aus dem Frischmörtel. Daher kommt es im Monokornmörtel i. d. R. nicht zu Schüsselungen.

Festigkeit und Tragverhalten:

Die Festigkeiten von auf der Baustelle hergestellten Monokornmörteln schwanken in Abhängigkeit vom Bindemittel, den Zuschlägen (Gesteinsart, Kornform und Korngröße) und dem Wasserzementfaktor. Abhängig vom Objekt ist zunächst die Verkehrs-

last festzulegen (Vorgabe des Planers). In Anlehnung an die DIN 18560 sind die Anforderungen der Tragfähigkeit zu erfüllen. Die Dicke der Lastverteilungsschicht ist abhängig von den zu erwartenden Belastungen und von der Nachgiebigkeit der Untergründe. Sie wird über die Bruchkraftberechnung (Bestätigungsprüfung in Anlehnung an die DIN 18560) im Vergleich zu einem Normalmörtel ermittelt. Hier werden geringere Biegezugfestigkeiten als bei herkömmlichen Zementestrichen erreicht, d. h. für gleiche Tragfähigkeiten sind höhere Dicken erforderlich. Ausgehend von 45 mm Mindestschichtdicke für einen herkömmlichen CT-F4-S45 Estrich sind Mehrdicken von etwa 35 % einzukalkulieren. Dabei ist stets die zur Verfügung stehende Höhe der Gesamtkonstruktion zu beachten. Die Tragfähigkeit der Monokornmörtelschicht kann nicht nur durch die Dicke beeinflusst werden, sondern ist auch von der Menge und der Art des Bindemittels abhängig. Um mit üblichen Zementestrichen vergleichbare Festigkeiten zu erreichen, sind im Regelfall deutlich höhere Zementzugaben, größere Schichtdicken oder die Verwendung eines Spezialzements erforderlich. Der Einsatz von Spezialze-

AUSSENANWENDUNGEN

Anwendung	Mörtelart	Zementanteil (%)	Körnung	Korngröße (mm)	Eigenschaften			Verhalten	Anmerkungen
					Wasserzementwert	Wasserabstoßung	Atmungsaktivität		
Estrich	Dickbettmörtel	20-30	0,5	2,0/4,0	+++	+++	+	+	Keine Anwendung
	Dickbettmörtel	20-30	0,5	2,0/4,0	++	+	++	+	Keine Anwendung
	Dickbettmörtel	20-30	0,5	2,0/4,0	++	+	++	+	Keine Anwendung
Wandputz	Mörtel mit Zuschlag	15-20	0,5/1,0/2,0	2,0/4,0	0	0	+	++	Keine Anwendung
	Mörtel mit Zuschlag	15-20	0,5/1,0/2,0	2,0/4,0	0	0	+	000	Keine Anwendung

INNENANWENDUNGEN

Anwendung	Mörtelart	Zementanteil (%)	Körnung	Korngröße (mm)	Eigenschaften			Verhalten	Anmerkungen
					Wasserzementwert	Wasserabstoßung	Atmungsaktivität		
Estrich	Dickbettmörtel	20-30	0,5	2,0/4,0	+++	+++	+	+	Keine Anwendung
	Dickbettmörtel	20-30	0,5	2,0/4,0	++	+	++	+	Keine Anwendung
	Dickbettmörtel	20-30	0,5	2,0/4,0	++	+	++	+	Keine Anwendung
Wandputz	Mörtel mit Zuschlag	15-20	0,5/1,0/2,0	2,0/4,0	0	0	+	++	Keine Anwendung
	Mörtel mit Zuschlag	15-20	0,5/1,0/2,0	2,0/4,0	0	0	+	000	Keine Anwendung

+++ = sehr gut; ++ = gut; + = befriedigend; 0 = ausreichend; 00 = gerade noch ausreichend; 000 = in Verbindung mit Naturstein nicht zu empfehlen (Tabelle von Hans-Joachim Mehmcke)

menten kann das Tragverhalten von Monokornestrichen erheblich verbessern.

Anmerkung von Lothar Felkel: Eine Kosten-Nutzen Analyse ist hier anzuraten, da Spezialzemente eine Konstruktion stark verteuern können.

Für die Zuschläge gilt folgende Faustregel: Je größer die Zuschläge sind, desto geringer sind die zu erwartenden Festigkeiten. Die Drainagewirkung ist dafür entsprechend höher. Schiefbrig gebrochene Splittsorten lassen sich schwerer verdichten als rund gebrochene. Günstig sind Feinkies 2/8 mm oder Feinsplitt 3/5 mm. In Vergleichsprüfungen wurden mit Feinkies in der Regel höhere Festigkeiten erreicht. Die meisten Werk trockenmischungen enthalten einen Zuschlag in der Korngröße ca. 0,6–4 mm. Diese sollten im Außenbereich nur in Verbindung mit hierzu freigegebenen Drainagematten verarbeitet werden, da das horizontale Ablaufvermögen dieser Körnungen nicht besonders gut ist.

Für Fälle, in denen eine höhere Biegefestigkeit erforderlich ist, rät Erich Lanicca dazu, einen feineren Zement zu verwenden und diesen zusammen mit 40%igem Trass fein zu vermahlen.

Achtung:

Die im Vergleich mit normalen Zementmörteln oftmals geringere Biegefestigkeit der Monokornmörtel lässt sich nur über eine größere Schichtdicke, höhere Bindemittelanteile oder die Verwendung von Spezialzementen ausgleichen. Ein höherer Bindemittelanteil bedingt aber mehr Schwund, eine Verringerung der Drainfähigkeit und ein höheres Ausblüherisiko.

Die Produzenten von Mörtelmischungen deklarieren Festigkeitsklassen, geben aber nicht an, welche Festigkeiten nach der Verlegung erreicht werden. Ohne dies lässt sich jedoch die Tragfähigkeit nicht beurteilen.

Verdichtung:

Monokornmörtel lässt sich relativ schlecht verdichten. Das Mörtelbett ist daher möglichst genau aufzuziehen. Dickentoleranzen der Werkstücke werden teilweise auch in der Haftbrücke ausgeglichen. Bei Monokornmörtel liegt bereits Korn an Korn. Deshalb lässt er sich nur begrenzt weiter verdichten.

Auf Dämmschichten und nachgiebigen Untergründen wie z. B. auf wärmedämmten Dachterrassenflächen, auf vlieskaschierten Abdichtungen bzw. auf Drainmatte sind generell mit größeren Körnungen nur deutlich schlechtere Verdichtungen möglich. In diesen Fällen sind relativ dicke (>80 bis > 100 mm) Mörtelschichten erforderlich. Werk trockenmischungen lassen sich aufgrund der kleineren Körnungen besser verarbeiten und verdichten als Eigenmischungen.

Zum Erreichen der maximalen Festigkeiten entsprechend der Herstellerangaben ist immer die maximale Verdichtung erforderlich.

Tipps für die Innenanwendung

Innen (Bodenbeläge, Stufenbeläge) ermöglicht der Einsatz von Monokornmörtel eine frühere Belegreife der Lastverteilungsschicht bzw. Nutzung der Beläge bei Frisch-in-Frisch-Verlegung. Vorteilhaft ist hier das geringe Schwinden. Für die in Innenbe-

reichen geforderte Tragfähigkeit sind größere Dicken erforderlich. Durch höhere Zementzugaben oder dem Einsatz von hochwertigem Spezialzement können die Biegezugwerte deutlich gesteigert werden, dies aber zu Lasten des Schwindmaßes (bei mehr Zement) oder der Wirtschaftlichkeit (Sonderzemente). Vor dem Verlegen von kritischen Natur- oder Betonwerksteinen sowie kunststoffgebundenen Platten ist zunächst ein Estrich zu erstellen, auf dem dann nach ca. einer Woche weitergearbeitet werden kann. Im zweiten Schritt wird die Oberfläche dieses Monokornestrichs mit Klebemörtel abgespachtelt (Verhinderung des Herausbrechens von Zuschlägen durch Begehen). Im dritten Schritt werden die zu verlegenden Platten im gleichen Klebersystem aufgebracht.

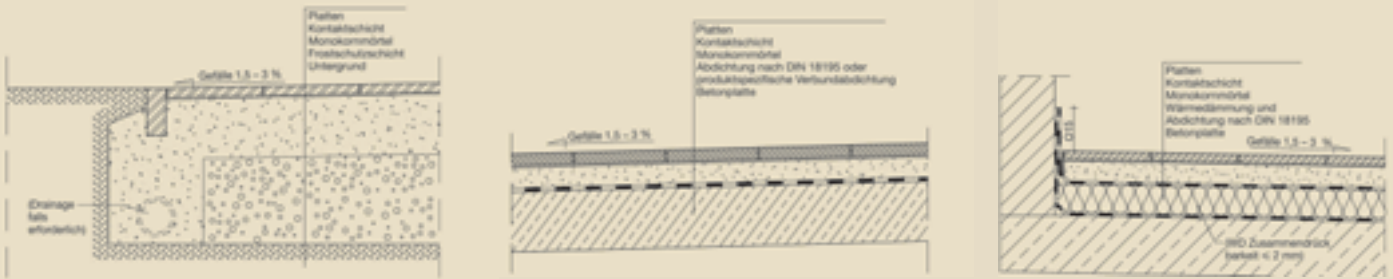
Belegreife:

Ein gut verdichteter Estrich ist nach Erfahrungen einiger Gesprächsteilnehmer innen und – wenn ordentlich abgedeckt – auch außen in vielen Fällen nach ca. sechs Tagen belegreif ($\leq 2\%$ Restfeuchte), sofern dies überhaupt bei der minimalen Schüsselung bei Monokorn von Bedeutung ist (Anmerkung von Lothar Felkel).

Feuchtigkeitsmessungen im Innenbereich werden grundsätzlich dann notwendig, wenn feuchteempfindliche Oberbeläge zur Ausführung kommen, und werden von der Mehrzahl der Experten grundsätzlich empfohlen (Vormessungen elektronisch, dann eine CM-Messung). Beim Einsatz von Fertigmischungen sind die Angaben des Herstellers zu beachten.

<p>gräfix® 418 Monodrän</p> <p>Hochwertiges, vergütetes Spezialbindemittel auf Trass-Basis für Einkornmörtel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnelle Wasserabführung • Kein kapillarer Wasseraufstieg • Schnelle Trocknung • Kurze Bauzeit 	<p>LithoRapid®</p> <p>Die neue Generation flexibler, schneller und leichter Dünn- und Mittelbettkleber für Natursteine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leicht zu verarbeiten • Hohe Standfestigkeit • Schnelle, dauerhaft hohe Haftzugfähigkeit • Kurzfristig begeh- und verfuhrbar 	<p>RABOLIN 210 Steinschutz</p> <p>Sichere Verlegung von Naturstein durch Vorbehandlung mit Rabolin 210 Steinschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> Verhindert: <ul style="list-style-type: none"> • Wasserflecken • Ausblühungen • Anhaften von Zementschleiern • Schüsseln
---	---	---

...DIE SICHEREN DREI FÜR DIE NATURSTEINVERLEGUNG



Tipps für die Außenanwendung

Außen kann Monokornmörtel auf Balkonen, Terrassen und Treppen eingesetzt werden. In der Senkrechten entwässern diese Mörtel gut. Wenn unterhalb des Belagsmaterials keine geschlossenen Hohlräume im Klebemörtel vorhanden sind, kann hier vor allem schädliches Stauwasser vermieden werden. Die Verbundzone wird dann dauerhaft nicht geschädigt. Der Einsatz von Monokornmörtel ist bauphysikalisch optimal, wenn ein Untergrund mit ausreichendem Gefälle ohne Pfützenbildung vorhanden ist oder wenn diese Trag-/Lastverteilungsschichten durch geeignete kapillarbrechende Drainagematten entwässert werden. Dank der sehr kurzen senkrechten Sickerstrecken (allein Estrichdicke) und des hohen horizontalen Wasserableitvermögens spezieller Drainmatten wird so gut wie kein Calciumhydroxid gelöst. Allerdings

erfordern diese Matten eine dickere Mörtelschicht, wie sie auch für Außenbeläge auf Abdichtungsbahnen bzw. wärmegeprägten Dachterrassen oder Belägen auf Trennlage nötig sind. In Bezug auf die Dicke der Mörtelschicht gelten ansonsten die gleichen Empfehlungen wie für Innenanwendungen. Sinnvoll ist der Einsatz von Monokornmörteln als Lastverteilungsschicht über Abdichtungen nach DIN 18195, als Anprallschutz bei hinterlüfteten Fassaden in Verbindung mit Langlöchern in der Verankerung und im Galabau.

Schäden durch falsche Verarbeitung

- Zu großer Bindemittelanteil. Die Draingewirkung wird geringer.
- w/z-Wert zu hoch. Absacken des Bindemittels in die unteren Schichten des Mörtels, was zu einem Verschließen der Hohlräume im Mörtel

führen kann. Die Drainwirkung ist nur noch sehr eingeschränkt gegeben. Es kann u.a. zu Feuchtflecken im Oberbelag kommen.

- w/z-Wert zu gering. Die gewünschten Festigkeiten werden nicht mehr erreicht.
- Verarbeitungszeit überschritten (Schädigender Einfluss von Sonne und Wind). Die gewünschten Festigkeiten werden nicht mehr erreicht.

Beim Einsatz in Außenbereichen können nicht vollflächig aufgetragene Haftbrücken zu partiellen Feuchtflecken durch z. B. Kondensat und/oder kriechendes Wasser führen. Die Glattschichtung einer erhärteten Estrichoberfläche mit Standard-Klebmörtel behindert die vertikale Entwässerung. Partiiell stehendes Wasser auf abgedichteter Ebene kann Ausblühungen und Feuchtflecken in den Fugen und auf einigen Natursteinsorten bewirken, sofern der Mörtel nicht mit einer Hydrophobierung versehen wurde.

Fazit

Die meisten Monokornmörtel werden mit erheblich weniger Wasser als übliche Zementestriche hergestellt (erdfeuchte Konsistenz) und trocknen wegen der größeren Hohlräume wesentlich schneller. Sie schwinden schneller und tendenziell weniger (günstigeres Schwindverhalten). Im Außenbereich entwässern sie als lastverteilende Tragschicht für Beläge aus Natur-Betonwerkstein und sie sind bei richtiger schwindarmer Mischung für eine Frisch-in-Frisch-Verlegung geeignet. Sie entwässern für den dauerhaften Verbund schädliches Stauwasser aus der Klebemörtelschicht. Wenn man die für die jeweilige Anwendung richtige Mischung verwendet und der Untergrund ein ausreichendes Gefälle



(Foto: Gutjahr)

Nahezu dauerhafte Feuchtflecken auf ROSA BETA: Der relativ feinkörnige Verlegemörtel (nach DIN 18332) ist nass; entsprechend verfleckt der saugfähige Granit.

aufweist, kann man mit diesem System harte Oberbeläge schadensfrei sowie schnell und günstig verlegen.

Aber diese Mörtel haben auch Schwächen: Die geringere Biegezugfestigkeit im verlegten Zustand erfordert in der Regel größere Einbaudicken, die auf der Baustelle nicht immer realisierbar sind. Diese Mörtel transportieren Wasser kapillar, wenn Pfützen auf dem Untergrund vorhanden sind – nicht nur vertikal, sondern auch horizontal, so ein Teil der Experten. Der EUROFEN formuliert es anders: Ein Wasserkriechen, vertikal und horizontal, lässt sich ohne Zugabe eines Hydrophobierungsmittels nicht verhindern, wenn auf dem Untergrund Pfützen stehen. Das lösliche Calciumhydroxid wird beim Einsatz von Monokornmörtel schneller und in größeren Mengen ausgewaschen, weshalb der Belag während der Hydratationsphase abgedeckt werden sollte. Das Wasserkriechen im Zementstein kann sonst zu Feuchtflecken und Ausblühungen führen. Deshalb ist unbedingt darauf zu achten, dass

KURZINFO:

Blick nach Österreich und in die Schweiz

Unter Punkt 2.3.5.3.2 Bodenbeläge im Außenbereich im Mörtelbett, Abschnitt 4 Verlegemörtel, ist bereits 1987 kommentiert, dass eine Ausfallkörnung zu verwenden ist. Beim Verweis 3) ist festgehalten, dass eine Ausfallkörnung keine Feinteile enthalten dürfen. Ein Steinmetz der Firma Poschacher hat bewirkt, dass diese Art des Verlegemörtels in die Norm aufgenommen wurde.

In der Schweiz hat der Verband Schweizerischer Pflasterermeister (VSP) die Initiative ergriffen und ab 1995 Versuche auf der Rundlaufanlage in Dübendorf, in Zusammenarbeit mit der ETHZ*, Abteilung IVT* und meinem Büro unter meiner Leitung durchgeführt. Das einzigartige an dieser Rundlaufanlage ist, dass diese im Freien betrieben wird und nicht in einer Halle. Ergebnisse von Versuchen in Hallen entsprechen oft nicht der Praxis. Die Versuche in der Schweiz haben viele neue Erkenntnisse gebracht und aufgezeigt, dass der Monokornbeton das gebundene Bettungsmaterial ist, welches der

Schwerverkehrsbelastung standhält. Voraussetzung dafür ist, dass die Tragschicht standfest ist. Diesbezüglich haben die Versuche hervorgebracht, dass ein Drainagebeton als Tragschicht die Lösung bringt. Ein Drainagebeton bildet die erforderliche untere Entwässerungsebene und hat eine optimale Tragfähigkeit.

Der Aufbau mit Drainagebeton als Unterlage und Monokornbeton als Bettungsmaterial, kann bei Terrassen erstellt werden die auf dem Terrain liegen und nicht unterkellert sind. Im Garten- und Landschaftsbau wird dies mit Erfolg ausgeführt.

* ETHZ = Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

IVT = Institut für Verkehrstechnik

40% Trass

Das sollte schon drin sein!



40% Trass sollte drin sein. Erst mit rheinischem tubagTrass wird es ein original tubag Trasszement. Der macht den Mörtel geschmeidig und schützt vor Kalkausblühungen. Ein Muss, wenn Sie Natursteine verlegen, versetzen oder mauern.

www.tubag.de

tubag 

die Entwässerung einwandfrei funktioniert. Für abgedichtete Außenbereiche und auf der wasserführenden Ebene mit partieller Pfützenbildung ist daher der Einbau einer hierfür geeigneten kapillarbrechenden Drainmatte zu empfehlen mit dem Nachteil einer erhöhten Konstruktionsdicke und zusätzlichen Kosten (Bauherren die Vor- und Nachteile erläutern).

Achtung:

Auf die im Merkblatt des Fachverbandes des Deutschen Fliesengewerbes »Außenbeläge« geforderte kapillarbrechende Drainageschicht bei Lastverteilungsschichten ohne Verbundabdichtung, sollte auch beim Einbau von Monokornmörtel nicht verzichtet werden.

Normen und Merkblätter

- Bautechnische Informationen (BTI) des Deutschen Naturwerkstein-Verbands (DNV): BTI 1.3 Freitreppen massiv und Stufenplatten, außen; BTI 1.4 Bodenbeläge, außen; BTI 1.6 Mörtel für Außenarbeiten; BTI 1.7 Bauchemische und bauphysikalische Einflüsse, außen
- Merkblatt des Fachverbandes des Deutschen Fliesengewerbes »Außenbeläge«
- EURO-FEN-Merkblatt »Dickbettverlegung von Natur- und Betonwerkstein auf Fußbodenkonstruktionen im Innenbereich«, Mai 2005
- EURO-FEN-Merkblatt »Verlegung von Natur- und Betonwerkstein sowie keramischen Fliesen und Platten in kapillarbrechender Mörtelschicht«, Februar 2008

Monokornmörtel entsprechen weder den Anforderungen der DIN 18332 (Naturwerksteinarbeiten), noch der DIN 18560 (Estriche im Bauwesen). Sie haben sich aber über Jahrzehnte bewährt und werden von vielen Sachverständigen als alternatives System für besondere Bodenaufbauten anerkannt. Die Ausführung ist im Innenbereich eine Sonderkonstruktion; im Außenbereich entspricht sie inzwischen dem Stand der Technik. Der Ausführende ist allerdings in jedem Fall dazu verpflichtet, den Einsatz von Monokorn mit seinem Auftraggeber vertraglich zu vereinbaren.

Bearbeitung: Bärbel Holländer

KURZINFO:

Die Teilnehmer

Dipl.-Ing. Peter Erbertz,

GF Erbertz Fußbodenbau GmbH, Köln

Volker Kersten,

tubag Trass Vertrieb GmbH & Co. KG, Kruft

Stefan Reinmüller,

Steinmetz und Architekt, Technischer Berater des BIV, Frankfurt

Dipl.-Phys. Oliver Erning,

SV, Institut für Baustoffprüfung u. Fußbodenforschung, Troisdorf, stellv. Obmann im Normenausschuss Estriche im Bauwesen

Dr. Ralf Kownatzki,

GF Rock and Mineral Consulting, Herzogenrath

Karlheinz Seberich,

PCI Augsburg GmbH, Augsburg, Produktmanagement

Dipl.-Ing. Lothar Felkel,

SV, Euro-FEN SV-Kreis Schloss Raesfeld

Dipl. Bau-Ing. Karl-Heinz Kranz,

Sachverständigen- und Ingenieurbüro, Herne

Dipl.-Chem.-Ing. Jörg Sieksmeier,

Witten, Stellv. Leiter Forschung und Entwicklung bei der Ardex GmbH

Walter Gutjahr,

SV und GF Gutjahr Innovative Bausysteme GmbH, Bickenbach

Dipl.-Ing. (FH) Reiner Krug,

GF Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. (DNV), Würzburg

Peter Stemmermann,

Leiter Fliesentechnik bei der Ardex GmbH, Witten

Werner Hagemann,

Henkel KGaA/Werk Unna, Leiter Anwendungstechnik

Dipl.-Ing. (FH) Erich Lanicca,

Fachberatungsbüro f. Pflasterungen u. Natursteinbeläge, Borcheln

Erich Zanocco,

Fliesenlegermeister und SV, GF der Erich Zanocco GmbH & Co. KG, Freudenstadt

Matthias Hofmeister,

Steinmetzmeister, SV und GF Hofmeister GmbH, Frankfurt

Dipl.-Ing. Walter Mauer,

Mapei GmbH, Bottrop, Leiter der Anwendungstechnik

Dipl.-Ing. André Hornemann,

Schönox GmbH, Rosendahl, Leiter Anwendungstechnik

Hans-Joachim Mehmcke,

Steinmetzmeister- und techniker, SV, Beratungsbüro für Naturwerkstein, Erkrath

Gast: **Sandro Thronicke,**

Gutjahr Innovative Bausysteme GmbH, Bickenbach, neuer Bereichsleiter Technik und Produktentwicklung