



1 Die Wände und Böden einer Fertiggarage dienen als Testflächen im Innen- und Außenbereich. Jede Testfläche wurde in drei Sektoren eingeteilt, in denen jeweils verschiedene Mörtelsysteme und Verlegetechniken angewandt wurden.

# Mit Mikrorissen fängt es an

**Außenbereich** ■ Die Elotex AG führt zusammen mit der Universität Bern und der Eidgenössischen Materialprüf- und Forschungsanstalt Empa in Dübendorf (Schweiz) einen Langzeitversuch über die Verlegung von Feinsteinzeug im Außenbereich durch. Erste Ergebnisse nach einem Jahr zeigen: Dringt Wasser in Mikrorisse entlang der Verbundstelle Fliese/Mörtel ein, kommt ein Schadensmechanismus in Gang, an dessen Ende die Loslösung der Fliese steht.

Karsten Pass, Roger Zurbriggen, Hanspeter Waser, Alexander Wetzler, Andrea Greminger, Marco Herwegh, Josef Kaufmann

Die meisten Schadensfälle im Außenbereich können auf zwei Problemfelder zurückgeführt werden. Das sind zunächst eine unsachgemäße Verlegung und ein falscher Belagsaufbau zu nennen. So führt der Zwang zu kürzeren Bauzeiten und geringeren Baukosten zum Beispiel dazu, dass auf ausreichende Drainage und das Floating-Buttering-Verfahren verzichtet wird, Mörtelsysteme eingesetzt werden, die den Belastungen im Außenbereich nicht gewachsen sind, oder der Belag zur Nutzung freigegeben wird, bevor der Verlegemörtel wirklich durchgetrocknet ist.

Der zweite Grund liegt nach unserer Ansicht im Einsatz großformatiger Feinsteinzeugfliesen. Dieses Material wird in allen erdenklichen Designs angeboten und ist darüber hinaus auch noch lichtfest, chemikalien- und witterungsbeständig, zeigt kaum einen Verschleiß durch Abrieb oder Hochdruckreinigungen und ist nicht zuletzt frostresistent. Was will man mehr? Nun, die Probleme bestehen in der glasartigen Rückseite dieser Fliesen und den Scherkräften, die gerade bei Großformaten in der Verbundschicht zwischen Fliese und Kleber auftreten. Beim Abbinden (chemischer Schwund), Austrocknen

(hygrischer Schwund) und Aufwärmen (thermische Expansion, zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung) möchte sich der Kleber um andere Beträge verkürzen oder ausdehnen als die Feinsteinzeugfliese. Man spricht hier von differenziellen Bewegungen, die aber durch den Verbund an der Grenzfläche behindert werden.

Als Folge dieses behinderten Schwindens und Expandierens werden Scherkräfte erzeugt. Der springende Punkt ist: Je größer die Fliese ist, desto mehr nimmt auch die Distanz von der Fliesenmitte zum Rand zu, entlang der sich die Scherkräfte aufstauen. Bei Fliesenformaten ab

40 x 40 Zentimetern können diese Scherkräfte die Haftfestigkeit übersteigen. Es kommt zu fugennahen Ablösungen, die zuerst unerkannt bleiben. Aus ihnen entwickeln sich aber später Hohllagen, die durch Abklopfen lokalisierbar sind. Meistens ist der Schaden dann schon so weit fortgeschritten, dass das Abfallen und Loseliegen der Feinsteinzeugfliesen nur noch eine Frage der Zeit ist. Jahreszeitenwechsel stellen für diesen Prozess einen kritischen Zeitpunkt dar, weil dann die Temperaturen stark schwanken oder im Winter gar Frost ins Spiel kommt.

### Im Außenbereich auf Floating-Buttering nicht verzichten

Ein typisches Schadensbild zeigt das Foto auf dieser Seite: Risse in Fugen und Fliesen, Abplatzungen sowie Ausblühungen (Kalksinterungen an den Austrittsstellen von Sickerwasser). Nach derzeitigem Erkenntnisstand können diese Schäden folgende Ursachen haben:

- Stauwasser auf der Abdichtung und Belagsoberfläche (Pfützen) durch zu geringes Gefälle und unzureichende Drainage. Das führt zu weiten Sickerstrecken und langen Verweilzeiten des eingedrungenen Wassers,
- Verlegung von Fliesen auf jungen Estrichen,
- zu frühe Nutzung des Fliesenbelages bei Temperaturen unter 15 °C,
- keine oder zu große Felddaufteilung des Fliesenbelages, weil keine oder zu

wenig Dehnfugen angelegt wurden, und

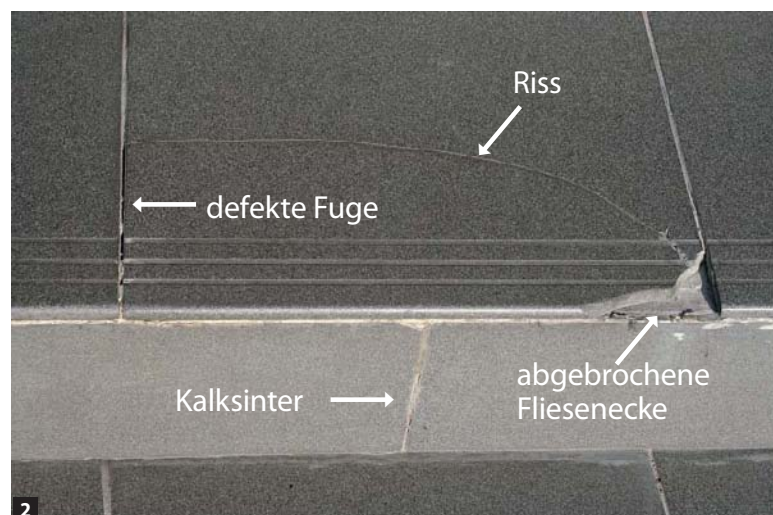
- eingespannte Fliesenbeläge durch Einbauteile und Wände.

Nach derzeitigem Stand der Technik kann solchen Schäden durch eine Reihe von Maßnahmen vorgebeugt werden. Dazu zählen insbesondere:

- Wahl geeigneter Produkte wie früh erhärtende, schnell trocknende Mörtel mit langen klebeoffenen Zeiten und ausblühreduzierenden Zusatzmitteln sowie Einbau einer flexiblen Abdichtung oder einer kapillARBrechenden Tragschicht (Monokorn, Drainagematten).
- Ebenso wichtig ist eine qualifizierte Ausführung, wie das Verlegen im Floating-Buttering-Verfahren mit Dünn- oder Mittelbettmörteln. Eine weitgehend hohlraumfreie Ausführung und ein dementsprechend satter Verbund müssen dabei unbedingt angestrebt werden.

### Langzeitstudie soll Schadensmechanismen klären

Warum diese Maßnahmen so wichtig sind, soll eine Langzeitstudie zeigen, die die Elotex AG zusammen mit der Universität Bern und der Eidgenössischen Materialprüf- und Forschungsanstalt Empa in Dübendorf (Schweiz) durchführt. Finanziert wird dieses Projekt durch die Schweizerische Kommission für Technik und Innovation. Das Ziel der Feldstudie



2 Dieses typische Schadensbild einer mit Feinsteinzeug verfliesen AuBentreppe zeigt einen Riss, eine defekte Fuge, Kalksinterungen und eine abgebrochene Fliesenecke.



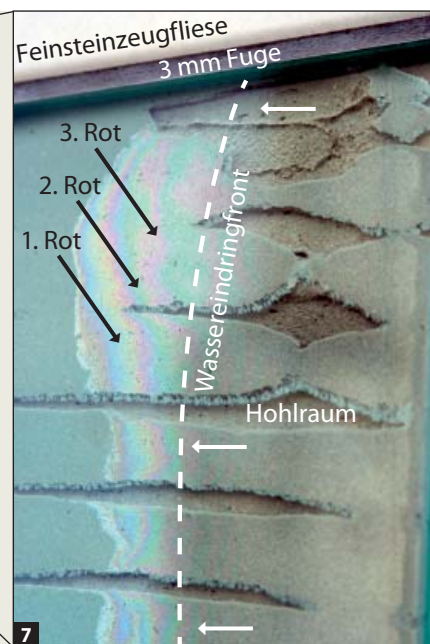
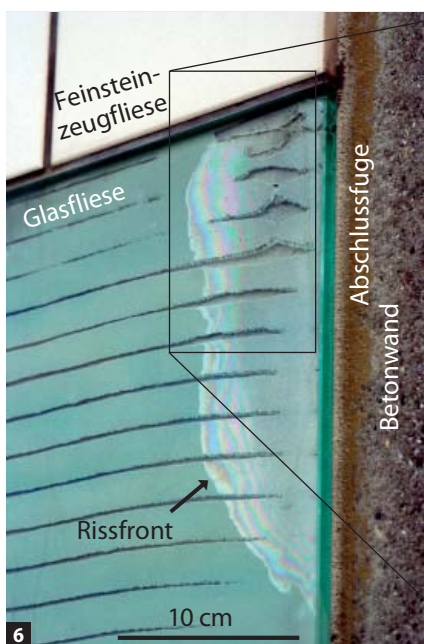
ist es aufzuzeigen, unter welchen Umständen sich ein Schaden an der Verbundstelle Mörtel/Fliese anbahnt und welche Versagensmechanismen zum Tragen kommen, lange bevor sich der Schaden an der Oberfläche zeigt. Als Testobjekt dient eine drei Wochen alte Betonfertiggarage. Bestimmte Wände innen und außen, die nach Südwesten – also zur Wetterseite – ausgerichtet sind, sowie die Boden- und Dachflächen wurden mit Feinsteinzeug im Format 30 x 30 Zentimeter gefliest. Alle Fliesenbeläge dieser Studie wurden durch einen ausgewiesenen Fliesenlegermeister fachgerecht nach Angaben des Herstellers und nach den anerkannten Regeln der Technik verlegt. An ausgewählten Positionen der Testflächen wurden Glasfliesen im gleichen Format zwischengeschaltet, um eventuell entstehende Effekte wie Wasseransammlungen, Verfärbungen, Hohlräume und

Risse beobachten zu können. Außerdem wurden Messbolzen angebracht, um Längenänderungen im Fliesenbelag zu messen. Zur Ermittlung von Temperaturgradienten baute der Fliesenleger auch Temperaturfühler auf und unter den Fliesen sowie im Mörtelbett und im Untergrund ein. Die Außenbereiche wurden während der Ausführung durch Plastikplanen vor Sonne und Regen geschützt.

Um typische Schäden zu erzeugen, wurde auf einigen Testflächen bewusst auf eine Verbundabdichtung und das kombinierte Verfahren verzichtet.

### Wasser dringt entlang der Verbundstelle ein

Nach einem Jahr Außenbewitterung liegen jetzt erste Testergebnisse vor. Die bisherigen Beobachtungen wurden allesamt an Glasfliesen gemacht. Die Haftung der





**3** Referenzfläche im Innenbereich: Die Glasfliese im Hintergrund zeigt eine unvollständige Benetzung, weil dort kein Floating-Buttering-Verfahren angewandt wurde.

**4** Ausgewählte Fliesenpositionen wurden mit Schwundmessbolzen versehen, um die Längenänderungen des Fliesenbelages über die Zeit zu verfolgen.

**5** Bestimmte Fliesen wurden mit Temperatursensoren versehen, um später die Temperaturgradienten messen zu können.

Mörtel an Fensterglas ist sicherlich noch um einiges schlechter als an Feinsteinzeug. Es gibt aber klare Hinweise, dass hinter beiden Fliesentypen dieselben Mechanismen ablaufen und sich deswegen die Beobachtungen von einem Fall auf den anderen übertragen lassen. Durch die schlechtere Anhaftung an Glas ergibt sich sogar eine für den Versuch vorteilhafte Beschleunigung des Versagensmechanismus.

Das Foto auf Seite 28 unten zeigt ein Paradebeispiel eines typischen Schadenshergangs. Obwohl ein im Handel erhältlicher, qualitativ guter Fugenmörtel eingesetzt wurde, ist nur zwei Wochen nach der Verlegung bereits nach dem ersten heftigen Sommerregen Wasser über die Fuge bis zu zwei Zentimeter entlang der Verbundstelle eingedrungen. In der darauffolgenden Periode heißen und trockenen Wetters erlangte der benetzte Rand-

bereich durch Austrocknung wieder seine ursprüngliche Farbe. Gleichzeitig entstand aber ein Schwundriss, den man wegen der Newtonringe mit bloßem Auge beobachten konnte.

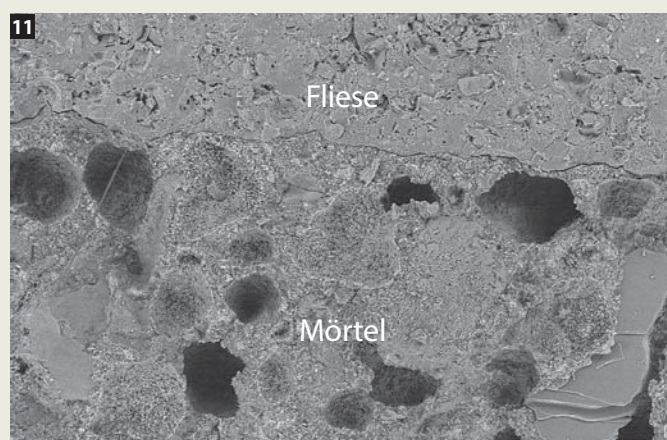
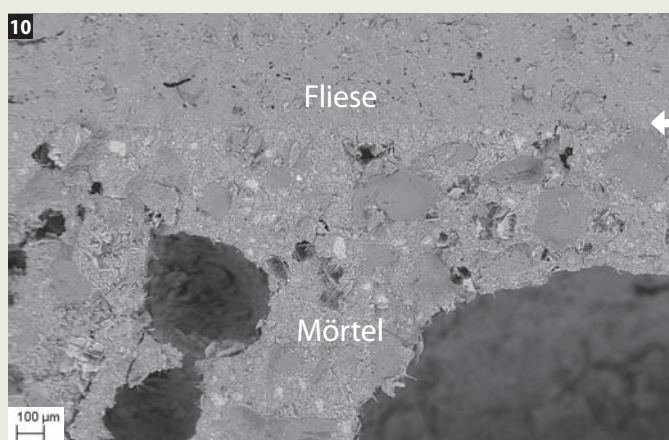
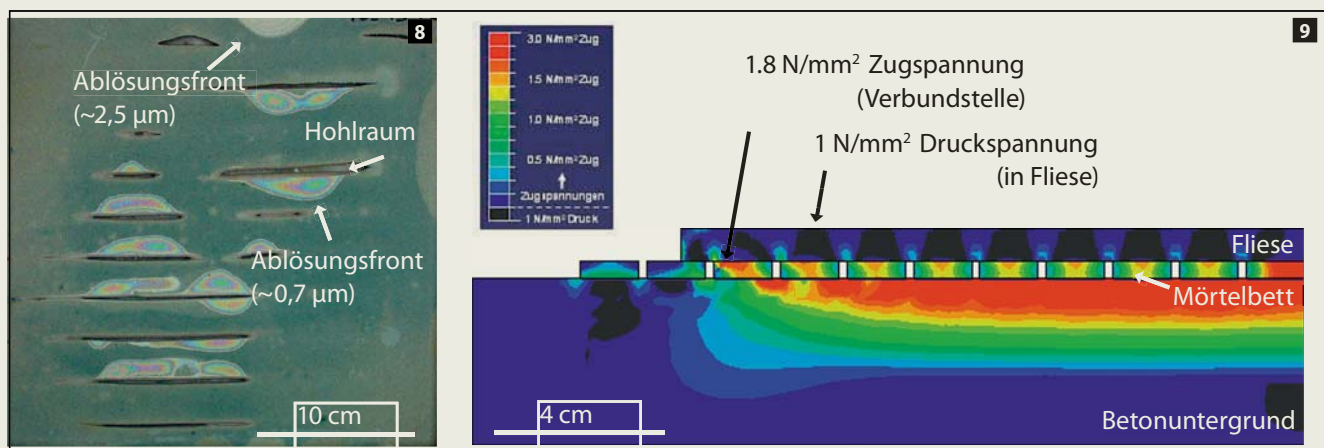
Die meisten von uns kennen das Phänomen der Newtonringe von Seifenblasen oder Benzinlachen, die schillernde Farbringe zeigen. Newtonringe entstehen an durchsichtigen Schichten, die wenige Mikrometer (tausendstel Millimeter) dünn sind. Das Licht wird jeweils an beiden Grenzflächen gespiegelt. Weil das Licht, das an der hinteren Grenzfläche gespiegelt wird, noch durch die dünne Schicht hindurchwandern muss, ist es gegenüber dem vorn reflektierten Licht um wenige Mikrometer verschoben. Diese Verschiebung liegt im Bereich der Lichtwellenlängen. Deshalb kommt es zu Überlagerungen (Interferenzen), die diese pastellartigen

**6/7** Diese Glasfliese an der Außenwand löst sich von der oberen rechten Ecke her zunehmend ab. Der nur wenige tausendstel Millimeter dünne Riss verläuft genau an der Grenzfläche zur Glasfliese und zeichnet sich durch farbige Newtonringe ab.

### Das sollten Sie im Außenbereich beachten!

- Architekten und Kunden über Risiken und Folgen informieren, die es haben kann, wenn unzureichende Materialien eingesetzt werden.
- Konsequenz die Herstellerangaben einhalten.
- Verlegung fachgerecht unter Berücksichtigung der anerkannten Regeln der Technik ausführen.
- Eng mit professionellen Herstellern, Händlern und Zulieferern zusammenarbeiten und die neuesten Informationen nutzen.
- Anwendungstechnische Beratung der Mörtelhersteller in Anspruch nehmen.

TECHNIK



**8** Die durch eine unvollständige Benetzung entstandenen Hohlräume unter dieser Bodenfliese im Außenbereich erweisen sich als Schwachstellen. Die Glasfliese beginnt sich vom Mörtel abzulösen. Dadurch entstehen die typischen Newtonringe. Die Aufnahme wurde zehn Wochen nach der Ausführung gemacht.

**9** Im Computer wurde die Schwundspannungsverteilung in einer einzeln verlegten Fliese sieben Wochen nach der Verlegung modelliert.

**10/11** Diese Rasterelektronenmikroskopaufnahmen wurden bei einem anderen Versuch gemacht. Sie zeigen Grenzflächen zwischen Mörtel und Feinsteinzeugfliesen nach drei Jahren Außenbewitterung. Das linke Bild zeigt den Verbund zwischen Fliese und einem Mörtel mit „Elotex FX5600 Dispersionspulver“. Im rechten Bild ist zu erkennen, dass der Verbund nach drei Jahren Bewitterung nicht mehr stabil ist. Mikrorisse ziehen sich entlang der Verbundfläche. Diese Ausführung erfolgte mit einem anderen, im Handel erhältlichen Mörtel.

Schillerfarben (Newtonringe) bewirken.

In ähnlicher Weise entstehen Newtonringe an Mikrorissen zwischen Glasfliese und Mörtel. Das Farbmuster der Newtonringe erlaubt sogar eine ungefähre Abschätzung der Dicke dieser Ablösungen. So ist auf der Abbildung im Bereich des „Dritten Rots“ der Spalt zwischen Fliese und Mörtel nur zirka einen tausendstel Millimeter dünn.

Feldbeobachtungen durch Glasfliesen sowie Spannungsberechnungen durch Computersimulationen bestätigen, dass Hohlräume, die in der Regel durch eine unvollständige Benetzung entstehen, Schwachstellen darstellen. Hier nimmt der Schaden seinen Anfang. Die betroffene

ne Glasfliese im Versuch beginnt sich schon nach sieben bis zehn Wochen lokal zu lösen, weil die Schwundspannungen an diesen Stellen die Haftfestigkeit übersteigen. Übertragen auf eine Feinsteinzeugfliese heißt das: Sie beginnt sich noch nicht zu lösen, da sie besser haftet. Aber entsprechende Hohlstellen sind genauso vorgespannt.

Die Loslösungen werden daher kommen, wenn auch erst später.

Kontinuierliche Feldbeobachtungen im ersten Versuchsjahr haben gezeigt, dass die Haftsituation besonders kritisch wird, wenn Mikrorisse entlang der Verbundstelle bis an die Fuge reichen und hierüber Wasser eindringen kann. Durch die wech-

selnden Regen- und Schönwetterphasen kommt ein Versagensmechanismus in Gang, der innerhalb eines Jahres die ganze Fliese abzulösen vermag.

Wenn Wasser an der Verbundstelle entlang von Mikrorissen lokal eindringt, quillt das Mörtelbett lokal auf. Die Fliese wird dadurch senkrecht zum Mörtelbett abgedrückt.

Es entstehen hohe Presskräfte auf die Verbundstelle und diese bewirken, dass unmittelbar daneben neue Mikrorisse entstehen oder bereits bestehende Mikrorisse weiter aufreißen. Dieser Mechanismus hält über wechselnde Wetterbedingungen fortlaufend an.



## Fazit

Gerade großformatiges Feinsteinzeug fordert die Verbundstelle Fliese/Mörtel. Da die Glasartigkeit dieser Keramik dem Mörtel keine mechanische Verkrallung erlaubt, müssen der Mörtel und insbesondere die Polymerfilme die Adhäsion durch ein sattes und rissfreies Ankleben bewerkstelligen. Hierzu wurden spezielle Polymertypen von der Elotex AG entwickelt, die in einer feinabgestimmten Mörtelformulierung dauerhaft eine defektfreie Verbundstelle gewährleisten, und zwar auch im Außenbereich.

*Der Langzeitversuch wird fortgesetzt. FLIESEN & PLATTEN wird Sie über die Ergebnisse auf dem Laufenden halten.* ■

## Danksagung

Die Autoren danken folgenden Personen für ihre wertvollen Beiträge im Rahmen der mehrjährigen Zusammenarbeit der Elotex AG mit der Universität Bern und der Eidgenössischen Materialprüf- und Forschungsanstalt Empa in Dübendorf (Schweiz): Jörg Lang, Ralph Mettier und Frank Winnefeld.

## Die Autoren

**Karsten Pass** ist Fliesenlegermeister und arbeitet für die Elotex AG im Applikationslabor in Frankfurt. Alle Verlegearbeiten innerhalb dieser Studie wurden von ihm ausgeführt.

**Roger Zurbruggen** koordiniert als promovierter Mineraloge in der F&E-Abteilung der Elotex AG (Schweiz) die Zusammenarbeit mit den externen Forschungslabors.

**Hanspeter Waser** ist diplomierter Maurer und entwickelt als Mörteltechnologe seit über 25 Jahren Additive und Mörtelformulierungen bei der Elotex AG (Schweiz).

**Alexander Wetzel** macht im Rahmen dieser Forschungszusammenarbeit seine Doktorarbeit an der Universität Bern zur Thematik der Schadensmechanismen bei großformatigen Feinsteinzeugfliesen im Außenbereich.

**Andrea Greminger** macht ihre Diplomstudie an der Universität Bern und fokussiert sich dabei auf die Schadenskartierungen an den Testflächen des Feldversuchs.

**Marco Herwegh** ist als promovierter Geologe Privatdozent für Gefügekunde und Tektonik am Geowissenschaftlichen Institut der Universität Bern und führt die Modellberechnungen für die Spannungsverteilungen im Verlegesystem durch.

**Josef Kaufmann** ist promovierter Physiker an der Empa in Dübendorf (Schweiz) und spezialisiert auf Messtechnik, Rasterkraftmikroskopie und Porositätsanalysen.

## Weitere Informationen

Felixberger, J.: Einflussfaktoren auf den Haftverbund Untergrund – Fliese – keramischer Belag, GDCh-Tagung Bauchemie, München, 9./10. Okt. 2003, Monographie Bd. 27, S. 47–53.

Wetzel A., Zurbruggen R., Herwegh M., und Kaufmann J. (2009): Wenn der Haftverbund versagt. Schadensmechanismen bei großformatigen Feinsteinzeugfliesen. Farbe und Lack, Vol. 3, S. 98–101.

Zurbruggen R., Wetzel A., Greminger A., Kaufmann J., Pass K., und Waser H. (2009): Outdoor tile damages: a study on critical parameters and characteristic microstructures. Proceedings of the idmmc two, p. 18–24, 30.3.09, Nuremberg, Germany.

Aderhold V. (2003): Die Messlatte liegt hoch. Thema Feinsteinzeug. FLIESEN & PLATTEN, 07/03, S. 12–15.

[www.fliesenundplatten.de](http://www.fliesenundplatten.de)

Schlagworte für das Online-Archiv

**Außenbereich, Balkon/Terrasse, Verlegung**