

## Edge spalling and efflorescence

Tips from practice for optimized construction and claim assessment

## Kantenausbrüche und Ausblühungen

Praxistipps zur optimierten Herstellung und Schadensbewertung

### AUTHOR

Dr. rer. nat.  
Karl-Uwe Voß  
Materialprüfungs- und  
Versuchsanstalt (MPVA)  
Neuwied  
voss@mpva.de



Geb. 1966; Promotion an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster; 1992-1997 Sachbearbeiter, dann stellv. Prüfstellenteiler des ZEMLABOR, Beckum; 1998-2000 Technischer Geschäftsführer der Duisburger Überwachungsverbände und des Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen (BÜV NW); 2000-2002 Prüfstellenteiler des ZEMLABOR, Beckum; seit 2002 Geschäftsführer und Institutsleiter der MPVA Neuwied Forschungsinstitut für vulkanische Baustoffe GmbH; seit 2004 ö. b. u. v. S. der IHK Koblenz für den Bereich „chemische Analyse zementgebundener Baustoffe“; Mitarbeit im Normenausschuss „Bauwesen“ und im NABau-Arbeitskreis „Prüfverfahren“

### Current situation

Edge spalling, efflorescence and discoloration, apart from damage caused by frost/de-icing-salt, have always been the most frequent causes of complaints about concrete block pavements. Efflorescence and/or discoloration as well as edge spalling may result from

- » faulty design,
- » paving blocks of poor quality,
- » incorrect laying as well as
- » inappropriate utilization of the materials used in the construction of the pavement.

Experts are constantly faced with the problem of assessing edge spalling on paving blocks, although there exist no test and assessment specifications in the form of standards, guidelines or codes of practice for this. Before an expert concerns himself with the cause of damage, he must assess the amount of edge spalling, taking into consideration the utilization of the pavement and the execution of the edges of the concrete pavers (sharp-edged blocks or blocks with chamfer) and determine to what extent the spalling is typical for the construction materials used and is therefore not regarded as damage.

Once the expert has formed a general opinion on this, the real problems of assessment begins. Damage due to inappropriate utilization, for example, can often not be properly assessed in retrospect, because the actual utilization of the pavement (e.g. trafficked by forklift trucks, or edges compressed by chips or gravel grains) can no longer be determined or only in a highly complex procedure.

Damage due to laying can also often not be fully assessed in retrospect, because it can usually not be established beyond doubt what vibration plates were used and at what age the concrete block pavement was compacted. Large aggregate particles on the pavement can also lead to considerable edge spalling during compaction. Since the expert has usually no sufficient knowledge of the prehistory of the pavement, damage assessment will typically take place in that the expert, employing the exclusion principle, arrives at the conclusion that the damage can only have been caused by the poor quality of the paving blocks.

The manufacturers of the concrete products, in contrast, are likely to confirm the conformity of their products to the applicable standard and, as a result, generally refuse to acknowledge and settle the claim. This approach is also inappropriate for the assessment of damages because tests based on standards are not

### Aktuelle Situation

Kantenabplatzungen sowie Ausblühungen und Verfärbungen stellen neben den Frost-Tausalzschäden seit jeher die häufigste Reklamationsursache an Flächenbefestigungen aus Betonpflastersteinen dar. Die Entstehung von Ausblühungen bzw. Verfärbungen sowie von Kantenabplatzungen kann auf

- » Planungsfehler;
- » Minderqualitäten der Pflastersteine;
- » eine fehlerhafte Verlegung sowie
- » eine nicht materialgerechte Nutzung der Flächenbefestigung

zurück zu führen sein.

Schon seit jeher stehen Sachverständige vor dem Problem, Kantenabplatzungen an Pflastersteinen beurteilen zu müssen, obwohl es keine entsprechenden Prüf- und Bewertungsvorgaben in Form von Normen, Richtlinien oder Merkblättern gibt. Bevor sich der Sachverständige mit der Bewertung der Schadensursache beschäftigt, muss er im Rahmen derartiger Schadensfälle beurteilen, wie viele Kantenabplatzungen unter Berücksichtigung der Nutzung der Flächenbefestigung und der Kantenausführung der Pflastersteine (scharfkantige Steine oder Steine mit Fase) überhaupt baustofftypisch sind und damit keinen Mangel darstellen.

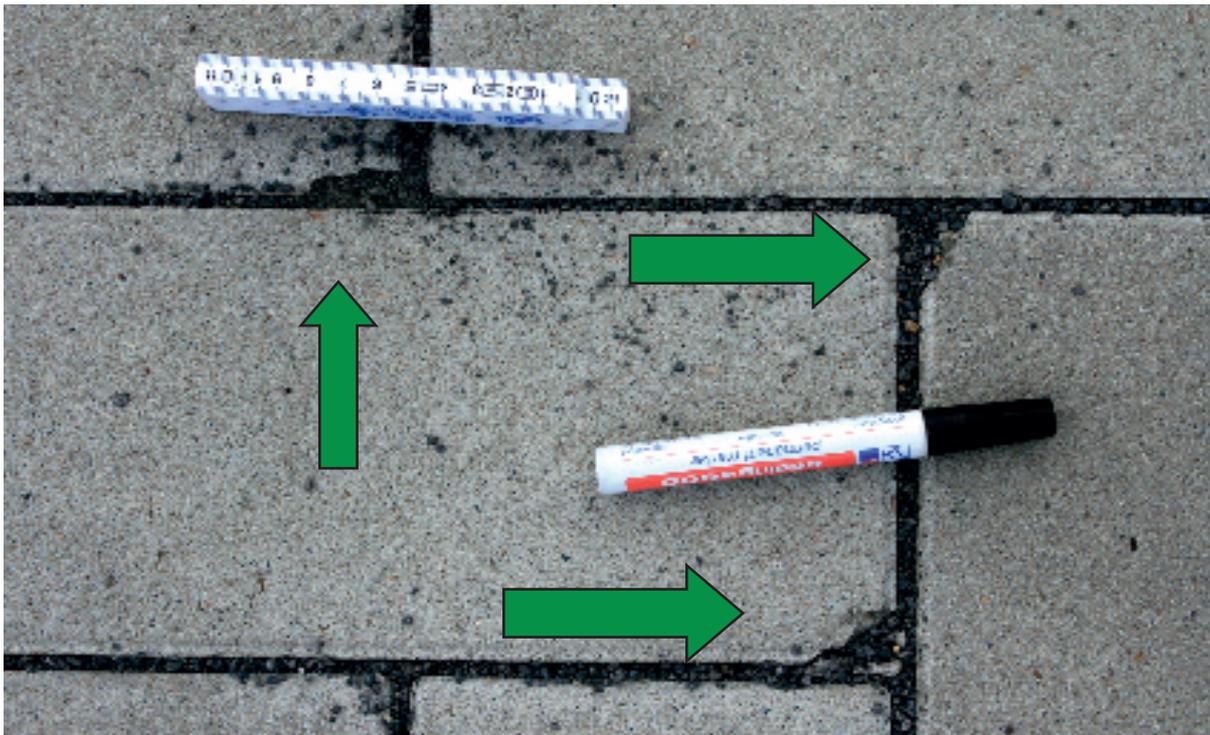
Hat sich der Sachverständige diesbezüglich ein Meinungsbild geschaffen, dann beginnen die eigentlichen Bewertungsprobleme. So sind nutzungsbedingte Schäden im Nachhinein häufig nicht sachgerecht zu beurteilen, da die Überprüfung der tatsächlichen Nutzung der Fläche (z. B. Befahrung mit „Ameisen“ oder Kantenpressungen durch auf der Flächenbefestigung befindliche Splitt- oder Kieskörner) nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich ist.

Auch verlegebedingte Schäden lassen sich nur zum Teil im Nachhinein bewerten, da sich üblicherweise nicht zweifelsfrei belegen lässt, mit welchen Rüttelplatten gearbeitet und in welchem Alter die Betonpflastersteine abgerüttelt worden sind. Auch können beim Abrütteln auf der Flächenbefestigung befindliche grobe Gesteinskörner zu massiven Kantenabplatzungen führen. Da die Vorgesichte der Flächenbefestigung dem Sachverständigen i. d. R. nicht ausreichend bekannt ist, läuft die Schadensbewertung üblicherweise so ab, dass über das Ausschlussprinzip festgestellt wird, dass ja nur Minderqualitäten an den Pflastersteinen zu den Schäden geführt haben können.

Im Gegensatz dazu belegen die Betonwarenhersteller im Schadensfall gerne die Normenkonformität ihrer Produkte und lehnen allein auf Basis dieser Ergebnisse eine

**1**  
**Typical edge spalling**

Typische Kantenabplatzungen



suitable for assessing the stability of edges of paving blocks. Splitting-tensile and compressive strengths of paving blocks are first of all determined by the quality of the core concrete, while the quality of the edges of paving blocks is primarily determined by the quality of the face concrete and the execution of the block edge.

In order to be able to draw on practice-related and applicable processes both for assessing the quality assurance practiced within the concrete plant and in the assessment of damages, MPVA Neuwied GmbH launched a comprehensive research project on this problem in the autumn of 2010. Apart from a number of associations, major manufacturers of manufactured concrete products as well as companies of the supplier and the cement industry participated in this project, by providing both active and financial support to this research project scheduled to run over 12 months.

The objective of the project was to work out possible solution approaches for the assessment of edge spalling on paving blocks and to develop on this basis test and assessment specifications.

**Assessment of the cause of edge spalling**  
**Implementation of the research project**

Within the scope of the research project, a total of six series of sharp-edged paving blocks were manufactured in a concrete block plant. The quality of the face concrete was varied via the w/c ratio and the binder content of the mix, while the same core concrete and the same paver shape were used. Since, based on the previously gained findings, the stability of paver edges is not only influenced by an inclination to efflorescence and the resistance of the paver to frost and freeze-thaw cycles with de-icing salt, but to a considerable extent also by the quality of the face concrete, these proper-

Schadensregulierung ab. Auch diese Vorgehensweise ist ungeeignet zur Bewertung entsprechender Schäden, da die normativen Prüfungen nicht geeignet sind, um die Kantenstabilität von Pflastersteinen zu bewerten. So werden die Spaltzug- und Druckfestigkeiten der Pflastersteine in erster Linie durch die Qualität des Kernbetons bestimmt, während die Qualität der Pflastersteinkante im Gegensatz dazu in erster Linie durch die Qualität des Vorsatzbetons und von der Ausführung der Steinkante beeinflusst wird.

Um sowohl bei der Qualitätssicherung innerhalb der Betonwarenwerke als auch bei der Beurteilung entsprechender Schäden auf praxisgerechte und anwendbare Verfahren zurück greifen zu können, startete die MPVA Neuwied GmbH im Herbst des Jahres 2010 ein umfangreiches Forschungsvorhaben zu diesem Thema. Neben einigen Verbänden beteiligten sich auch namhafte Betonwarenhersteller sowie Firmen der Zulieferindustrie und der Zementindustrie sowohl durch aktive als auch durch finanzielle Unterstützung an diesem auf zwölf Monate ausgelegten Forschungsvorhaben.

Ziel war es, mögliche Lösungsansätze zur Bewertung von Kantenabplatzungen an Pflastersteinen zu erarbeiten, um hierauf basierend Prüf- und Bewertungsvorgaben zu entwickeln.

**Bewertung der Ursache von Kantenabplatzungen**  
**Umsetzung des Forschungsvorhabens**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden insgesamt sechs Serien scharfkantiger Pflastersteine in einem Betonwarenwerk hergestellt. Hierbei wurde die Qualität des Vorsatzbetons über den w/z-Wert und den Bindemittelgehalt der Mischung variiert, während der gleiche Kernbeton und dieselbe Pflastersteinform zum Einsatz kamen. Da auf Basis der bisherigen Erkenntnisse nicht nur die Kantenstabilität sondern auch die Ausblühneigung und die

Mix series Mischungsreihe	Number	1b	2a	2b	2c	3b	4b
	w/c ratio w/z-Wert	0,31	0,41	0,39	0,33	0,39	0,40
	Cement content Zementgehalt	400 kg	350 kg	400 kg	450 kg	400 kg	380 kg
	Trass content Trassgehalt	--	--	--	--	--	40 kg
	Cement-paste content Zementleimgehalt	253 kg/m <sup>3</sup>	256 kg/m <sup>3</sup>	285 kg/m <sup>3</sup>	294 kg/m <sup>3</sup>	285 kg/m <sup>3</sup>	303 kg/m <sup>3</sup>
Rock characteristics „Steincharakterisierung“	Compressive strength / Druckfestigkeit	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Splitting tensile strength / Spaltzugfestigkeit	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Efflorescence test 1 / Ausblühtest 1	always 1 block / jeweils 1 Stein					
	Efflorescence test 2 / Ausblühtest 2	always 1 block / jeweils 1 Stein					
	Efflorescence test 3 / Ausblühtest 3	always 1 block / jeweils 1 Stein					
Assessment of efflorescence potential Bewertung des Ausblühpotentials	Capillary elevation / kapillare Steighöhe	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Drying behavior / Abtrocknungsverhalten	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Mercury penetration porosimetry / Quecksilberdruckporosimetrie	always 1 block / jeweils 1 Stein					
	Leachable lime content / eluierbarer Kalkgehalt	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Outstorage tests / Auslagerungsversuche	always 24 blocks / jeweils 24 Steine					
Assesment of the quality of the face concrete Bewertung des Vorsatzbeton- qualität	Capillary elevation / kapillare Steighöhe	efflorescence potential please see assessment / siehe unter Bewertung des Ausblühpotentials					
	Drying behavior / Abtrocknungsverhalten	efflorescence potential please see assessment / siehe unter Bewertung des Ausblühpotentials					
	Mercury penetration - porosimetry / Quecksilberdruckporosimetrie	efflorescence potential please see assessment/ siehe unter Bewertung des Ausblühpotentials					
	Dry density and water absorption / Trockenrohichte und Wasseraufnahme	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Compressive strength / Druckfestigkeit	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Resistance to freeze-thaw with de-icing salt / Frost-Tausalz-Widerstand	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
Assessment of the edge stability t Bewertung der Kantenstabilität	Splitting tensile strength on the edge / Spaltzugfestigkeit auf der Kante	always 3 blocks / jeweils 3 Steine					
	Point load tests / Punktlastversuche	always 3 blocks on two measuring points à 2 sides/ jeweils 3 Steine an zwei Messstellen à 2 Seiten					

Tab. 1

Scope of testing  
within the context of  
the research project

Prüfungsumfang im  
Rahmen des For-  
schungsvorhabens

ties were likewise investigated within the scope of the research project and will be described in greater detail. **Table 1** gives a survey of the test program.

In order to assess the stability of the edges of paving blocks, the quality of the facing concrete was investigated to determine the suitability of the mix design and the compaction in the plant. In a second step, a procedure was developed, based on which the edge stability of paving blocks can be directly assessed.

### Outlook and future procedure

To confirm the parameters determined within the scope of the research project, more experience from concrete practice must be documented. For this reason, the companies that participated in the research project unanimously agreed on a continuation of the research project. Towards that end, further specifically targeted series are to be manufactured based on which the limit values for the assessment of the edge stability of pavers can be determined. In addition, installation tests, performed under realistic conditions, are to be carried out in order to assess the influence of the installation process on the occurrence of edge spalling. Interested companies are invited to contact the management of MPVA Neuwied GmbH for more information. the mixing process, the applied mixing energy and the manufacture of the specimens will be investigated and varied again in a separate series of tests.

Frost-Tausalzbeständigkeit der Pflastersteine von der Qualität des Vorsatzbetons maßgeblich beeinflusst wird, wurden auch diese Eigenschaften im Rahmen des nachfolgend beschriebenen Forschungsvorhabens untersucht. Die **Tabelle 1** liefert eine Übersicht über das Versuchsprogramm.

Zur Bewertung der Kantenstabilität der Pflastersteine wurde die Qualität des Vorsatzbetons überprüft, um so Aussagen über die Eignung des Rezeptes und die Verdichtung in der Anlage zu ermöglichen. Im zweiten Schritt wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die Kantenstabilität der Pflastersteine direkt bewertet werden kann.

### Ausblick und weitere Vorgehensweise

Zur Verifizierung der im Rahmen des Forschungsvorhabens ermittelten Kenngrößen müssen weitere Erfahrungen gesammelt werden. Aus diesem Grunde wurde seitens der beteiligten Firmen einstimmig entschieden, das Forschungsvorhaben weiter zu führen. Hierbei soll durch die gezielte Herstellung weiterer Serien eine größere Datenbasis geschaffen werden, die es gestattet, Grenzwerte für die Bewertung der Kantenstabilität festzulegen. Daneben sollen praxisnahe Verlegeversuche an gesondert hergestellten Betonpflastersteinen durchgeführt werden, um den Einfluss der Verlegung auf die Entstehung von Kantenabplatzungen bewerten zu können. Interessierte Firmen können sich gerne mit der Geschäftsleitung der MPVA Neuwied GmbH in Verbindung zu setzen.