

In the context of legal disputes, the expert author was commissioned to answer questions concerning, among other things, the defectiveness and cause of shrinkage spots and rust discoloration in concrete slab or paving stone surfaces.

Im Rahmen von Rechtsstreitigkeiten wurde der sachverständige Autor beauftragt, u. a. Fragen zur Mangelhaftigkeit und Ursache von Lunkerstellen sowie von Rostverfärbungen bei Betonplatten- bzw. -pflastersteinoberflächen zu beantworten.

Evaluation of blowholes in the surface of concrete slabs or paving stones

Bewertung von Lunkerstellen in der Oberfläche von Betonplatten bzw. -pflastersteinen

Text: Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß

1 Initial question

1.1 Issue case 1 (concrete slabs)

The plaintiff had ordered approx. 133 m² of concrete slabs at a net price of 20.50 euros via the construction trade. Shortly after the concrete slabs were laid by a landscaping contractor, the plaintiff complained about the appearance of cavities and holes as well as rust stains in the surface of the concrete slabs.

In the course of the legal dispute, the expert was commissioned to answer questions regarding the defectiveness and cause of the blowholes and the rust stains, among other things. In addition, the client complained that a muddy stone abrasion occurred when driving over the slab surface.



Figure: MPVA Neuwied

Fig. 1 a+b: Blowholes and their visual conspicuity

Abb. 1 a+b: Lunker und deren optische Auffälligkeit



Figure: MPVA Neuwied

1 Ausgangs-Fragestellungen

1.1 Fragestellung Fall 1 (Betonplatten)

Der Kläger hatte ca. 133 m² Betonplatten zum Preis von netto 20,50 Euro über den Baufachhandel bestellt. Bereits kurze Zeit nach der Verlegung der Betonplatten durch einen GaLa-Bauer reklamierte der Kläger das Auftreten von Lunkern und Löchern sowie von Rostflecken in der Oberfläche der Betonplatten.

Im Rahmen des Rechtsstreits wurde der Sachverständige beauftragt, u. a. Fragen zur Mangelhaftigkeit und Ursache der Lunkerstellen sowie der Rostverfärbungen zu beantworten. Darüber hinaus reklamierte der Bauherr, dass ein "matschiger" Steinabrieb beim Befahren des Plattenbelags auftrat.

1.2 Fragestellung Fall 2 (Betonpflastersteine)

Der Bauherr hatte Betonpflastersteine zur Herstellung einer Pflasterdecke erworben und die Pflastersteine durch eine GaLa-Bauer verlegen lassen. Nach der Verlegung reklamierte der Kläger das Auftreten von Löchern in der Oberfläche der Pflastersteine. Im Rahmen der Auftragsbearbeitung wurde der Sachverständige beauftragt, die nachfolgenden Fragen zu beantworten:

- » Zerbröseln die Oberflächen der Betonpflastersteine?
- » Worauf sind diese Schäden ursächlich zurückzuführen?

2 Objektbeschreibungen

2.1 Objektbeschreibung Fall 1 (Betonplatten)

Bei dem zu beurteilenden Plattenbelag handelte es sich um eine teilweise befahrene Flächenbefestigung vor einem privaten Wohnhaus. Im Rahmen der Inaugenscheinnahme des Plattenbelags traten weder die Lunker noch die Rostflecken optisch deutlich in Erscheinung.

Erst bei suchender Betrachtung sowie im Streiflicht war eine Vielzahl von kleinen bis mittelgroßen Lunkern/Löchern in den Plattenoberflächen erkennbar.

Im Zentrum einiger Lunker wurden Reste von witterungsunbeständigen Bestandteilen vorgefunden.

Ein "matschiger" Steinabrieb war im Rahmen des Orts-termins nicht feststellbar.



Figure: MPVA Neuwied



Figure: MPVA Neuwied

Figure 2: Visibility of shrinkage cavities in grazing light

Abb. 2: Sichtbarkeit der Lunker im Streiflicht

Figure 3: Detailed image of a blowhole filled with material

Abb. 3: Detailbild eines mit Material gefüllten Lunkers

Bei der detaillierten Begutachtung des Pflasterbelags zeigte sich weiterhin, dass in der Plattenoberfläche zum Teil bräunliche Verfärbungen erkennbar waren.

Auf Basis des optischen Erscheinungsbildes war es nahezu auszuschließen, dass diese Verfärbungen ursächlich auf mobilisierbare Eisenanteile aus dem Vorsatz- oder Kernbeton der Platten zurück zu führen und damit materialbedingt waren.

2.1.1 Untersuchungen vor Ort und Entnahme von Proben
Zur Beantwortung der Antragsfragen wurde der Plattenbelag an zwei Stellen geöffnet. In diesen Bereichen wurde der Aufbau und die Entwässerungsfähigkeit der Bettung begutachtet sowie Proben zur Durchführung von Laboruntersuchungen entnommen. Im Bereich dieser Flächen-

öffnungen wurde der nachfolgende Aufbau vorgefunden:

- » Als Fugenmaterial kam ein Brechsand 0/1 mm zur Anwendung. Die Fugen waren nahezu vollständig gefüllt;
- » Unterhalb der Betonplatten wurde ein Bettungssplitt 2/5 mm in einer Einbaustärke von ca. 3,5 cm vorgefunden. Somit ist festzustellen, dass Fugen- und Bettungsmaterialien nicht filterstabil zueinander waren. Trotzdem war eine Einwanderung des Fugenmaterials in die Bettung nicht zu erkennen.

Im Rahmen eines vereinfachten Entwässerungstestes zeigte sich, dass die Unter-Bettung eine ausgezeichnete Entwässerungsfähigkeit aufwies.

2.2 Objektbeschreibung Fall 2 (Betonpflastersteine)

Es erfolgte kein Ortstermin durch den Sachverständigen.

FÜR SELBSTABHOLER: BETON IN KLEINEN UND GROSSEN MENGEN



DIE AMMANN ELBA BETONTANKSTELLE CFS 30 SL

- Einfacher Transport, geringer Platzbedarf
- Hohe Ausstoßleistung 30 m³/h, kurze Zykluszeiten
- Dosierung von vier Zuschlägen in der Basisversion
- Beton-Direktabgabe vom Mischer auf das Fahrzeug
- Plug-and-play, Anlage pneumatisch und elektrisch vormontiert
- Geringe Betriebskosten

Fig. 4: Brownish discoloration on some concrete slabs

Abb. 4: Bräunliche Verfärbungen auf einigen Betonplatten



Fig. 5: Concrete paving stones submitted for laboratory testing

Abb. 5: Zur Laboruntersuchung eingereichte Betonpflastersteine



Figure: MPVA Neuwied

Figure: MPVA Neuwied

1.2 Issue case 2 (concrete paving stones)

The client had purchased concrete paving stones for the production of a paved surface and had the paving stones laid by a GaLa contractor. After laying, the plaintiff complained about the appearance of holes in the surface of the paving stones. As part of the order processing, the expert was commissioned to answer the following questions:

- » Are the surfaces of the concrete paving stones crumbling?
- » What is the cause of this damage?

2 Object descriptions

2.1 Object description case 1 (concrete slabs)

The slab pavement to be evaluated was a partially trafficked surface pavement in front of a private residence. During the visual inspection of the slabbed surface, neither the blowholes nor the rust stains were visually apparent.

Only on searching inspection as well as in the grazing light was a multitude of small to medium-sized blowholes/holes in the slab surfaces discernible.

In the center of some of the blowholes, remnants of weathering-resistant components were discernible.

No slushy stone abrasion was detectable during the site visit. The detailed inspection of the pavement further revealed that brownish discolorations were partially visible in the slab surface. On the basis of the visual appearance, it could almost be ruled out that these discolorations were caused by mobilizable iron contents from the facing or core concrete and were thus material-related.

2.1.1 On-site investigations and taking of samples

To answer the application questions, the slab pavement was opened in two locations. In these areas, the structure and drainage capability of the bedding was assessed, and samples were taken for laboratory testing. The following structure was found in the area of these surface openings:

- » A crushed sand 0/1 mm was used as joint material. The joints were almost completely filled;
- » Below the concrete slabs, a bedding chippings 2/5 mm was found in an installation thickness of approx. 3.5 cm. Thus, it can be stated that joint and bedding materials were not filter stable to each other. Nevertheless, immigration of the joint material into the bedding was not evident.

A simplified drainage test showed that the sub-bedding had an excellent drainage capacity.

Vielmehr wurden 16 Pflastersteine durch einen sachverständigen Auftraggeber zur Durchführung von Laboruntersuchungen und zur Erstellung einer baustoffkundlichen Bewertung eingereicht.

3 Ergebnisse von Laboruntersuchungen

3.1 Laboruntersuchung der Betonpflastersteine

Bild 5 zeigt die eingereichten Pflastersteine. Bei der detaillierten Probenansprache zeigte sich, dass einige Pflastersteine ausgefranzte Steinkanten und andere Löcher in der Steinoberfläche aufwiesen.

3.1.1 Bewertung der Normkonformität

Zur Bewertung der Mangelhaftigkeit der Betonpflastersteine zum Untersuchungszeitpunkt wurden diese auf deren Spaltzugfestigkeit und längenbezogene Bruchlast nach DIN EN 1338 untersucht. Hierbei wurde eine mittlere Spaltzugfestigkeit von 4,8 N/mm² und ein kleinster Einzelwert unter 3,6 N/mm² ermittelt.

Bei der Bewertung der ermittelten Spaltzugfestigkeiten ist zu berücksichtigen, dass sich die Grenzwerte der einschlägigen Technischen Regelwerke ausschließlich auf die Bewertung von neuen und noch nicht genutzten Betonpflastersteinen beziehen. Weiterhin ist festzustellen, dass auch keine weitergehenden Verfahren bekannt sind, nach denen die Eigenschaften bereits verbauter und genutzter Betonpflastersteine zu bewerten sind.

Die Bewertung der Materialeigenschaften von Bauwerksproben ist sowohl bei Betonpflastersteinen als auch bei anderen Produkten wie Natursteinen und Asphaltflächen von deren vorangegangenen Beanspruchung im Objekt abhängig.

So ist bei Bauwerksproben zu berücksichtigen, dass die Produkte im Objekt i. d. R. schon einer Vielzahl von Frost-Tau-Wechseln sowie mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt waren, die auch bei normenkonformen Produkten zu einer Reduzierung der Materialqualität führen können. Aus diesem Grunde können bei der Untersuchung von Bauwerksproben in Abhängigkeit von der Einbringung und Nutzung auch negative Materialeigenschaften (Frost- und Frost-Tausalz widerstand, Abrieb, Spaltzugfestigkeit aber auch Ausblühneigung) vorgefunden werden, obwohl die Produkte zum Lieferzeitpunkt normenkonform waren.

Da die Beurteilung der Normkonformität von Bauwerksproben, die bereits einer Nutzung ausgesetzt waren, zum

2.2 Object description case 2 (concrete pavers)

No on-site visit was made by the expert. Instead, 16 paving stones were submitted by an expert client for laboratory testing and for the preparation of a material evaluation.

3 Results of laboratory tests

3.1 Laboratory testing of concrete paving blocks

Picture 5 shows the submitted paving stones. Detailed examination of the samples showed that some pavers had frayed stone edges and others had holes in the stone surface.

3.1.1 Assessment of conformity to standards

To evaluate the defectiveness of the concrete pavers at the time of testing, they were examined for their splitting tensile strength and length-related breaking load according to DIN EN 1338. The average tensile splitting strength was 4.8 N/mm² and the smallest individual value was less than 3.6 N/mm². When evaluating the determined splitting tensile strengths, it must be taken into account that the limit values of the relevant technical codes refer exclusively to the evaluation of new and not yet used concrete pavers. It should also be noted that there are no further known procedures for evaluating the properties of concrete paving blocks that have already been installed and used.

The evaluation of the material properties of building samples, both for concrete paving blocks and for other products such as natural or concrete paving blocks and asphalt surfaces, depends on their previous exposure in the object. In the case of building samples, for example, it must be taken into account that the products in the object have generally already been subjected to a large number of freeze-thaw cycles and mechanical stresses, which can lead to a reduction in the material quality even in the case of standard-compliant products. For this reason, negative material properties (frost and freeze-thaw resistance, abrasion, splitting tensile strength, but also efflorescence tendency) can be found in the examination of building samples depending on the installation and use, although the products were standard-compliant at the time of delivery.

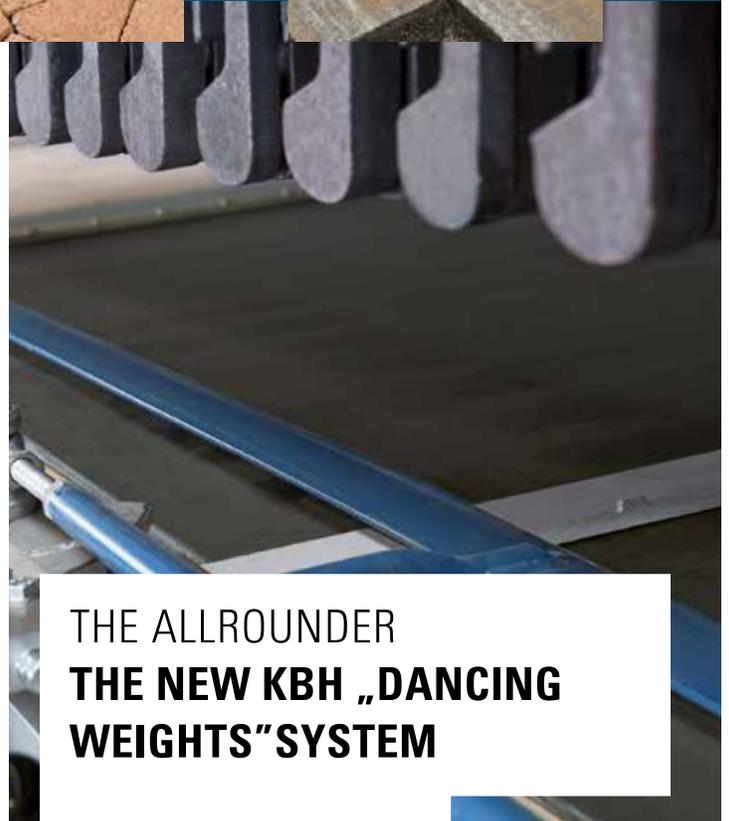
Since it is not possible, or only possible to a very limited extent, to assess the standard conformity of building samples that have already been subjected to use at the time of delivery, the quality of the concrete pavers was roughly assessed according to Table B.1 of DIN EN 1338. According to this, four pavers were to be tested to determine the splitting tensile strength in Case II (externally inspected plant). Each of these four pavers had to meet the requirements for the characteristic splitting tensile strength $T (\geq 3.6 \text{ N/mm}^2)$. In the event that only one of these four pavers fell below the splitting tensile strength, the number of specimens would have had to be increased to 16 and the following requirements would have had to be met:

- » The splitting tensile strength of a maximum of one paver may be less than 3.6 N/mm².
- » All split tensile strengths must be above 2.9 N/mm².

15 of the 16 concrete pavers tested in the laboratory showed tensile splitting strengths of more than 3.6 N/mm² and all tensile splitting strengths determined were above 2.9 N/mm². Thus, the tested pavers met the requirements of DIN EN 1338 mutatis mutandis (the pavers were building samples and not new and unbuilt pavers). Based on the test results, it could be assumed that the pavers also met the requirements of DIN EN 1338 at the time of delivery.

3.2 Estimation of the discoloration tendency of the concrete slabs

The following results were obtained when estimating the tendency of the concrete slabs to discolor:



THE ALLROUNDER THE NEW KBH „DANCING WEIGHTS“ SYSTEM

- REGULAR PAVERS AND SLABS OF ANY SHAPE, STYLE AND SIZE
- RETAINING WALLS SPLIT OR NON SPLIT
- VARIOUS DANCING WEIGHT GEOMETRIES AVAILABLE TO CREATE DIFFERENT AGING LOOKS AND STYLES
- SYSTEM IS CAPABLE OF CREATING BUSHAMMERED LOOKS
- BOTH SURFACES (TOP AND BOTTOM) CAN BE TREATED
- PRODUCT HEIGHTS FROM 50 MM – 400 MM IN ONE SYSTEM
- CYCLE TIME FROM 10 TO 15 S FOR PAVERS, 15 – 25 S FOR RETAINING WALLS
- SUPER LOW OPERATIONAL COSTS
- PRODUCT CHANGE OVER BETWEEN 1 – 5 MINUTES

Baustoffwerke

Gebhart & Söhne GmbH & Co. KG

>> KBH Maschinenbau

Einoede 2, 87760 Lachen, Germany

Phone +49 (0) 83 31-95 03-0

Fax +49 (0) 83 31-95 03-40

maschinen@k-b-h.de

www.k-b-h.de

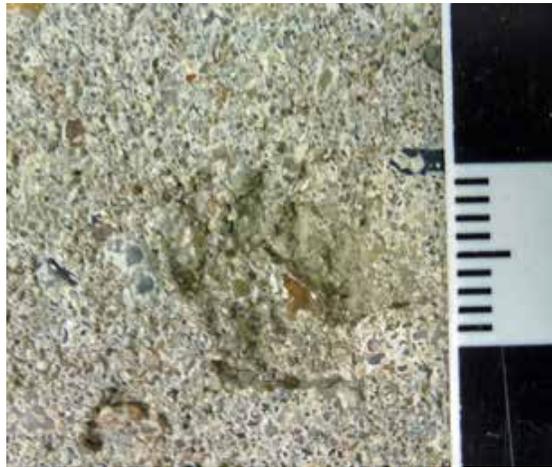


Fig. 6 a+b: Holes in the surface of the paving stones

Abb. 6 a+b: Löcher in der Oberfläche der Pflastersteine

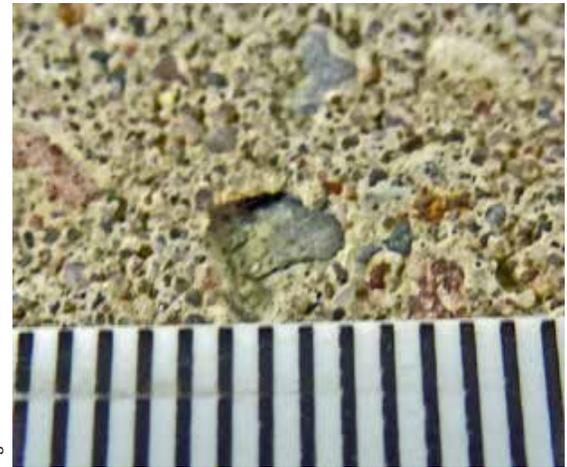


Figure: MPVA Neuwied

Figure: MPVA Neuwied

- » Both the absorption behavior and the drying behavior of the concrete slabs were found to be as expected;
- » The water absorption of the facing concretes was found to be very low and thus at least as expected;
- » The compressive strength of the facing concretes was rated as high and thus at least as expected.
- » The tendency of the concrete slabs to discolor was to be rated as expected on the basis of the test results.
- »

3.3 Abrasion of the concrete slabs

To assess the abrasion resistance, the concrete slabs were tested for abrasive wear according to Annex H of DIN EN 1339, and it was found that the concrete slabs exhibited only very low abrasion.

4 Damage assessment

4.1 Damage assessment of the concrete slabs (case 1)

Some of the concrete slabs showed blowholes or holes. Due to their small size and the appearance of the slab pavement, these were hardly visible from the usual viewing distance. Only when viewed in grazing light did these flaws become visually more apparent. The blowholes were caused by insufficiently weather-resistant components in the slab surface, which were introduced during production and weathered out when exposed to frost. In the area of the locally limited flaws, the concrete slabs exhibited a reduced weather resistance, which is to be evaluated as not usual and thus not as expected.

However, solely due to these weather-resistant inclusions, the concrete slabs were not defective in their entirety. On the contrary, the laboratory tests showed that the facing concrete of the concrete slabs was of high quality overall (strength, resistance to frost and de-icing salt, abrasion resistance, etc.). From a technical point of view, the blowholes do not impair the slab quality, since both the durability and the serviceability of the concrete slabs were given despite the inclusions they contained.

Regardless of the technical properties of the concrete slabs, however, the appearance of the pavement was adversely affected in certain areas by the contained blowholes. However, the conspicuousness of the blowholes in the pavement was very low from a usual viewing distance and under normal lighting conditions due

Lieferzeitpunkt nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist, erfolgte die groborientierende Beurteilung der Qualität der Betonpflastersteine nach der Tabelle B.1 der DIN EN 1338. Hiernach waren zur Ermittlung der Spaltzugfestigkeit im Fall II (fremdüberwachtes Werk) vier Pflastersteine zu prüfen. Jeder dieser vier Pflastersteine musste die Anforderungen an die charakteristische Spaltzugfestigkeit $T (\geq 3,6 \text{ N/mm}^2)$ erfüllen. Im Falle einer Unterschreitung der Spaltzugfestigkeit bei nur einem dieser vier Pflastersteine hätte die Probenanzahl auf 16 erhöht werden müssen und wären die nachfolgenden Anforderungen dann einzuhalten:

- » Die Spaltzugfestigkeit von maximal einem Pflasterstein darf geringer als $3,6 \text{ N/mm}^2$ sein.
- » Alle Spaltzugfestigkeiten müssen über $2,9 \text{ N/mm}^2$ liegen.

15 der 16 im Rahmen der Laboruntersuchungen geprüften Betonpflastersteine wiesen Spaltzugfestigkeiten von mehr als $3,6 \text{ N/mm}^2$ auf und alle ermittelten Spaltzugfestigkeiten lagen über $2,9 \text{ N/mm}^2$. Somit erfüllten die untersuchten Pflastersteine sinngemäß (bei den Pflastersteinen handelte es sich um Bauwerksproben und nicht um neue und unverbaute Pflastersteine) die Anforderungen der DIN EN 1338. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse war davon auszugehen, dass die Pflastersteine die Anforderungen der DIN EN 1338 auch zum Zeitpunkt der Lieferung erfüllt haben.

3.2 Abschätzung der Verfärbungsneigung der Betonplatten (Fall 1)

Bei der Abschätzung der Verfärbungsneigung der Betonplatten wurden nachfolgende Ergebnisse ermittelt:

- » Sowohl das Saug- als auch das Abtrocknungsverhalten der Betonplatten war als erwartungsgemäß zu bewerten;
- » Die Wasseraufnahme der Vorsatzbetone war als sehr gering und damit mindestens als erwartungsgemäß einzustufen;
- » Die Druckfestigkeit der Vorsatzbetone war als hoch und damit mindestens als erwartungsgemäß einzustufen.

Die Verfärbungsneigung der Betonplatten war auf Basis der Untersuchungsergebnisse somit als erwartungsgemäß zu bewerten.

3.3 Abrieb der Betonplatten

Zur Beurteilung des Abriebwiderstandes wurden die Betonplatten nach Anhang H der DIN EN 1339 auf deren

to the nuance of the concrete slabs.

Regarding the brown discoloration, it was noted that the concrete slabs did not have an increased tendency to discolor. Furthermore, the apparent impression of the discolorations suggested that they had been applied from the outside and that they could not be attributed to mobilizable iron contents from the facing or core concrete.

The stone abrasion claimed by the plaintiff when driving on the pavement with a car could not be verified by the expert. The concrete slabs had a very high abrasion resistance. Regardless of the concrete abrasion behavior of the concrete slabs, it was much more likely that any material abrasion would come from the much softer car tires than from the concrete slabs, which were in any case much harder.

4.2 Damage assessment of the concrete paving stones (case 2)

Some of the concrete paving stones had holes ranging in size from 2 mm to slightly over 10 mm. Such holes are often hardly visible in pavements from the usual distance. Thus, the question arises whether such small holes in the stone surface basically represent a technical defect.

Small holes are not completely avoidable in terms of production technology. This is already clear from a „logical view“, since it must be clear even to any layman that „holes“ with a size of e.g. 0.1 mm cannot be avoided. If, however, there are holes of a size of, for example, 10 mm, they can certainly be avoided from a technical point of view and also represent a deviation from the design specification.

From a technical point of view, such holes do not normally impair either the durability or the serviceability of the paving stones. As a rule, the technical properties are nevertheless given. Irrespective of the technical properties of the paving stones, however, a visual impairment of the paved surface may be caused by the voids they contain. This was to be assessed by the expert client.

The frayed edges of the paving stones were visually conspicuous in the present case. The cause was the use of heavily worn stone molds in the manufacture of the paving stones. Such burrs often break off even at low mechanical stresses, resulting in part in a visually unattractive appearance of the „frayed edges“. Very weak burrs, in contrast to strong burrs, are not avoidable in regular production.

5 Answers to expert questions

5.1 Answering questions case 1 (concrete slabs)

5.1.1 What is the cause of the shrinkage cavities/holes in the surface of the concrete slabs? Do these constitute a defect?

The cause of the shrinkage cavities and holes was the production-related introduction of individual components that were not sufficiently resistant to weathering.

It is both expected and in accordance with the rules that a certain amount of weathering-resistant constituents is used in the production of concrete slabs. However, the amount of resulting weathering must neither exceed the requirement values nor go beyond the usual level. Thus, from a technical point of view, the occurrence of small holes/spots alone does not constitute a defect and is not completely avoidable.

In the present case, the shrinkage cavities or holes in the panel surface were only very slightly visually conspicuous. From the point of view of the expert, these were therefore not defects from a technical point of view.

5.1.2 What is the cause of the rust stains on the surface of the concrete slabs? Do these constitute a defect?

The brown discolorations were applied on the basis of the visual appearance from the outside and were therefore caused by use.

Schleifverschleiß untersucht, wobei festgestellt wurde, dass die Betonplatten nur einen sehr geringen Abrieb aufwiesen.

4 Schadensbewertung

4.1 Schadensbewertung der Betonplatten (Fall 1)

Einige der Betonplatten wiesen Lunker bzw. Löcher auf. Diese waren in der Flächenbefestigung aufgrund ihrer geringen Größe und dem Erscheinungsbild des Plattenbelags aus betrachtungsüblichem Abstand kaum erkennbar. Erst bei der Betrachtung im Streiflicht traten diese Fehlstellen optisch deutlicher in Erscheinung. Ursächlich waren die Lunker/Löcher auf in der Plattenoberfläche befindliche, nicht ausreichend witterungsbeständige Bestandteile zurückzuführen, die im Rahmen der Produktion eingebracht wurden und die bei der Einwirkung von Frost herauswitterten. Im Bereich der lokal begrenzt auftretenden Fehlstellen wiesen die Betonplatten eine reduzierte Witterungsbeständigkeit auf, die als nicht üblich und somit als nicht erwartungsgemäß zu bewerten ist.

Allein aufgrund dieser witterungsunbeständigen Einschlüsse waren die Betonplatten aber nicht in ihrer Gesamtheit mangelhaft. Ganz im Gegenteil zeigte sich im Rahmen der Laboruntersuchungen, dass der Vorsatzbeton der Betonplatten insgesamt eine hohe Qualität (Festigkeit, Abriebwiderstand etc.) aufwies.

Aus technischer Sicht stellen die Lunker keine Beeinträchtigung der Plattenqualität dar, da sowohl die Dauerhaftigkeit als auch die Gebrauchstauglichkeit der Betonplatten trotz der enthaltenen Einschlüsse gegeben war.





NOEplast - Betongestaltung
Formgebend. Individuell. Ausdrucksstark







Fig. 7: Frayed edges and burrs on the paving stones

Abb. 7: Ausgefranzte Kanten und Grate an den Pflastersteinen

Figure: MPVA Neuwied

Thus, the discolorations did not represent a defect of the delivered product.

5.1.3 Does a „muddy“ stone abrasion occur when driving over the slabbed surface?

The expert did not find any evidence of stone abrasion when the slabbed surface was driven over by cars. Since the abrasion resistance of the concrete slabs was also rated as „high“, this was not a material defect.

5.2 Question answer case 2 (concrete paving stones)

5.2.1 Do the surfaces of the concrete paving blocks crumble?

Yes, a large number of the concrete paving blocks examined showed „frayed“ paving block edges, some of which were massive. In addition, holes of various sizes were found in the surface of the concrete pavers.

5.2.2 What is the cause of this damage?

Since the laboratory tests did not find any indications of production or mixing defects in the paving blocks, the question as to the cause of the „holes“ could not be answered without doubt. Possible causes of such damage are summarized below:

- » Use of aggregates not completely resistant to weathering for the production of the facing concrete of the paving stones (area of responsibility: production);
- » Formation of mixed agglomerates that weather out during use (area of responsibility: production);
- » Lifting during the production of the paving blocks (production responsibility);
- » Pre-damage to the concrete pavers prior to installation (area of responsibility unclear),
- » Installation errors (e.g., use of a vibratory plate without a plate sliding device) or
- » Improper use (e.g., loading with steel roll-tired containers) (user responsibility).



Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß
Ö.b.u.v. Sachverständiger für die Analyse zementgebundener Baustoffe, insbesondere Flächenbefestigungen aus Betonpflastersteinen und Betonwaren

Unabhängig von den technischen Eigenschaften der Betonplatten wurde die Optik der Flächenbefestigung durch die enthaltenen Lunker punktuell aber negativ beeinflusst. Die Auffälligkeit der Lunker in der Pflasterdecke war aus einem üblichen Betrachtungsabstand und unter normalen Belichtungsverhältnissen aufgrund der Nuanzierung der Betonplatten allerdings sehr gering.

Bezüglich der braunen Verfärbungen war festzustellen, dass die Betonplatten keine erhöhte Verfärbungsneigung aufwiesen. Darüber hinaus legte der augenscheinliche Eindruck der Verfärbungen nahe, dass diese von außen aufgebracht worden waren und sie nicht auf mobilisierbare Eisenanteile aus dem Vorsatz- oder Kernbeton zurück zu führen waren.

Der seitens des Klägers reklamierte Steinabrieb beim Befahren des Pflasterbelags mit PKW ließ sich durch den Sachverständigen nicht nachvollziehen. So wiesen die Betonplatten einen sehr hohen Abriebwiderstand auf. Unabhängig vom konkreten Abriebverhalten der Betonplatten war es viel wahrscheinlicher, dass ein möglicher Materialabrieb von den sehr viel weicheren Autoreifen als von den in jedem Fall deutlich härteren Betonplatten stammen würde.

4.2 Schadensbewertung der Betonpflastersteine (Fall 2)

Einige der Betonpflastersteine wiesen Löcher mit einer Größe zwischen 2 mm und etwas über 10 mm auf. Derartige Löcher sind in Flächenbefestigungen aus betrachtungstüblichem Abstand häufig kaum auffällig. Somit stellt sich die Frage, ob derartige Löcher in der Steinoberfläche grundsätzlich einen technischen Mangel darstellen.

Kleine Löcher sind produktionstechnisch nicht völlig vermeidbar. Dies wird bereits bei einer „logischen Betrachtung“ deutlich, da auch jedem Laien klar sein muss, dass sich „Löcher“ mit einer Größe z. B. von 0,1 mm nicht vermeiden lassen. Liegen aber Löcher in einer Größenordnung von z.B. 10 mm vor, so sind diese technisch durchaus vermeidbar und stellen auch eine Abweichung zum Bausoll dar.

Aus technischer Sicht beeinträchtigen derartige Löcher im Normalfall aber weder die Dauerhaftigkeit noch die Gebrauchstauglichkeit der Pflastersteine. Die technischen Eigenschaften sind im Regelfall trotzdem gegeben. Unabhängig von den technischen Eigenschaften der Pflastersteine kann aber eine optische Beeinträchtigung der Pflasterdecke durch die enthaltenen Lunker vorliegen. Diese war durch den Auftraggeber zu beurteilen.

Die ausgefranzten Kanten der Pflastersteine waren im vorliegenden Fall optisch auffällig. Ursächlich war die Verwendung stark abgenutzter Steinformen im Rahmen der Herstellung der Pflastersteine. Derartige Grate brechen häufig bereits bei geringen mechanischen Beanspruchungen ab, wodurch zum Teil ein optisch unschönes Erscheinungsbild der „ausgefranzten Kanten“ entsteht. Sehr schwache Grate sind im Gegensatz zu starken Graten bei regulärer Produktion nicht vermeidbar.

5 Beantwortung gutachterlicher Fragestellungen

5.1 Fragenbeantwortung Fall 1 (Betonplatten)

5.1.1 Worauf ist die Bildung der Lunker/Löcher in der Oberfläche der Betonplatten ursächlich zurückzuführen? Stellen diese einen Mangel dar?

Ursächlich waren die Lunker und Löcher auf die produkti-

onsbedingte Einbringung von einzelnen, nicht ausreichend witterungsbeständigen Bestandteilen zurückzuführen.

Es ist sowohl erwartungsgemäß als auch regelwerkskonform, dass zur Herstellung von Betonplatten eine gewisse Menge an witterungsunbeständigen Bestandteilen eingesetzt wird. Die Menge der resultierenden Abwitterungen darf aber weder die Anforderungswerte überschreiten, noch über das übliche Maß hinaus gehen. Allein das punktuelle Auftreten von kleinen Löchern/Lunkern stellt somit aus technischer Sicht keinen Mangel dar und ist auch nicht völlig vermeidbar. Im vorliegenden Fall wiesen die Lunker bzw. Löcher in der Plattenoberfläche nur eine sehr geringe optische Auffälligkeit auf. Aus der Betrachtung des Sachverständigen handelte es sich aus technischer Sicht somit nicht um einen Mangel.

5.1.2 Worauf ist die Bildung der Rostflecken in der Oberfläche der Betonplatten ursächlich zurück zu führen? Stellen diese einen Mangel dar?

Die braunen Verfärbungen waren auf Basis des optischen Erscheinungsbildes von außen aufgebracht worden und demnach nutzungsbedingt. Somit stellten die Verfärbungen keinen Mangel des gelieferten Produktes dar.

5.1.3 Entsteht ein "matschiger" Steinabrieb beim Befahren des Plattenbelags?

Seitens des Sachverständigen wurden keine Hinweise dafür vorgefunden, dass beim Befahren des Plattenbelags mit PKW ein Steinabrieb entstanden ist. Da der Abriebwider-

stand der Betonplatten zusätzlich als „hoch“ zu bewerten war, handelt es sich diesbezüglich ebenfalls nicht um einen Materialmangel.

5.2 Fragenbeantwortung Fall 2 (Betonpflastersteine)

5.2.1 Zerbröseln die Oberflächen der Betonpflastersteine?

Ja, eine Vielzahl der untersuchten Betonpflastersteine zeigte zum Teil massiv „ausgefranste“ Pflastersteinkanten. Darüber hinaus wurden Löcher unterschiedlicher Größe in der Oberfläche der Betonpflastersteine vorgefunden.

5.2.2 Worauf sind diese Schäden ursächlich zurückzuführen?

Da im Rahmen der Laboruntersuchungen keine Hinweise auf Produktions- bzw. Mischfehler an den Pflastersteinen vorgefunden wurden, ließ sich die Frage nach der Ursächlichkeit der „Löcher“ nicht zweifelsfrei beantworten. Mögliche Ursachen für derartige Schäden:

- » Verwendung nicht vollständig witterungsbeständiger Gesteinskörner zur Herstellung des Vorsatzbetons der Pflastersteine (Verantwortungsbereich Produktion);
- » Bildung von Mischagglomeraten, die im Rahmen der Nutzung herauswittern (Verantwortungsbereich Produktion);
- » Abheber im Rahmen der Fertigung der Pflastersteine (Verantwortungsbereich Produktion);
- » Vorschädigungen an den Betonpflastersteinen vor dem Einbau (Verantwortungsbereich unklar),
- » Einbaufehler (z. B. Verwendung einer Rüttelplatte ohne Plattengleitvorrichtung) (Verantwortungsbereich Ausführung) oder
- » Unsachgemäße Nutzung (z. B. Beanspruchung mit stahlrollenbereiften Containern) (Verantwortungsbereich Nutzer).



UNDERSTANDING CONCRETE CURING.

SCHLÜSSELFERTIGES SYSTEM AUS EINER HAND

- ▶ Regale und Kammern, inklusive Isolierung und Rolltore
- ▶ Steuerung von Wärme, Feuchtigkeit und Luftzirkulation
- ▶ Vollmontage
- ▶ Lieferung zum Kunden



MADE IN GERMANY.



Besuchen Sie
uns online!

Visit us online!



TURNKEY SYSTEM FROM A SINGLE SOURCE

- ▶ Racks and chambers, including insulation and roller shutter doors
- ▶ Heat, humidity and airflow control
- ▶ Full assembly
- ▶ Customer delivery

