

In the last few years, the number of complaints about discolored concrete block pavements has increased considerably. On the basis of selected examples and current rules and regulations, this technical paper is dealing with several damages, which are not (always) in the responsibility of the manufacturer of concrete blocks, and it evaluates the damage patterns.

Die Reklamation von verfärbten Betonpflastersteinen in Flächenbefestigungen hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Anhand ausgewählter Beispiele und aktueller Regelwerke wird in diesem Fachaufsatz auf mehrere Schäden einschließlich deren Bewertung eingegangen, die nicht (immer) in der Verantwortung des Steinproduzenten liegen.

Discoloration of paving block surfaces – Case examples and their evaluation

Verfärbungen von Pflastersteinoberflächen – Fallbeispiele und deren Bewertung

Text: Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß

In the last few years, the number of complaints about discolored concrete block pavements has increased considerably [6], [7], [9], [10]. This raises the question why the number of complaints owing to discolorations has increased so much in recent years. The investigation of these damages reveals that the increase of such complaints is subject to different root causes:

1. Increased entitlement mentality on the part of customers;
2. Complaints as a means to cut expenses when installing pavements both in private areas (terraces, driveways) and in public paved areas, where neat streetscapes but also visually demanding market squares are to be created;
3. The use of inappropriate joint and bedding materials.

On the one hand, the promises (partly being even irrational) expressed by the manufacturers of paving blocks in their advertising catalogs boost the ever growing demands of the customers concerning the visual appearance of the pavements. Hence, customers now expect a color shade that is almost similar to the sample area even though every customer should be aware of the fact that it is not possible that one paving block looks like another. Nevertheless, when it comes to disputes, the visual appearance (color and surface structure) of the paving blocks laid on site are partly even compared with photos of the product catalog, which, as a rule, cannot reflect the actual visual appearance nor, in particular, even the surface quality of the product in a proper way. In addition, certain differences in color are merely due to technically inevitable variations of the basic materials as well as the fluctuations in production and therefore, they cannot be avoided completely. Moreover, we have to consider that both the installation of the paving blocks (e.g., by the selection of the joint material to be used) and the usage of the pavement (occurrence of

Die Reklamation von verfärbten Betonpflastersteinen in Flächenbefestigungen hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen [6], [7], [9], [10]. Hier stellt sich die Frage, warum die Menge an Reklamationen aufgrund von Verfärbungen in den letzten Jahren so stark zugenommen hat. Die Bearbeitung dieser Schäden zeigt, dass die Zunahme derartiger Reklamationen unterschiedliche Ursachen hat:

1. Erhöhtes Anspruchsdenken der Kunden;
2. Reklamation als Kostenbremse bei der Herstellung von Flächenbefestigungen sowohl bei privaten Flächen (Terrassen, Garagenzufahrten) aber auch bei öffentlichen Flächenbefestigungen, bei denen ein gepflegtes Straßenbild oder auch optisch anspruchsvolle Marktplätze erstellt werden sollen;
3. Verwendung ungeeigneter Fugen- und Bettungsmaterialien.

Die immer weiter steigenden Ansprüche der Kunden an die Optik von Flächenbefestigungen werden zum einen durch die (zum Teil auch irrationalen) Versprechen der Steinproduzenten in den Werbekatalogen gefördert. So erwarten Kunden heute eine annähernd vollständige Farbgleichheit zu Musterflächen und das, obwohl eigentlich jedem Kunden klar sein müsste, dass nicht ein Pflasterstein aussehen kann wie der andere. Trotzdem wird die Optik (Farbe und Oberflächenstruktur) der vor Ort verlegten Pflastersteine bei Streitigkeit teilweise sogar mit Fotos aus Produktkatalogen verglichen, welche die tatsächliche Optik und im Besonderen auch die Oberflächenbeschaffenheit der Produkte im Regelfall nicht sachgerecht wiedergeben können. Darüber hinaus sind gewisse Farbunterschiede allein aufgrund der technisch unvermeidbaren Schwankungen der Ausgangsstoffe und der Produktionsschwankungen nicht völlig zu vermeiden. Außerdem ist zu beachten, dass sowohl die Verlegung der Pflastersteine (z. B. durch die Auswahl des zu verwendeten Fugenmaterials) als auch die Nutzung der Flächenbefestigung (Aufbringung von

contaminations) frequently have a significant impact on the coloring of the pavement.

In particular, the effects that the installation and usage have on the coloring of the pavement are often not taken into account adequately, so that there are more disputes where the usage or the use of inappropriate joint materials are the reason for the occurrence of discolorations on concrete paving blocks. In the following this paper is especially dealing with discolorations of paving blocks which are caused by the usage and the joint materials used, respectively.

1 Currently valid technical guidelines

Apart from many other requirements, the currently valid technical guidelines regarding the installation of concrete paving blocks in road construction also include specific requirements on the joint materials being allowed for the production of load-bearing and durable pavements. In this regard, special reference has to be made to the requirements of the German ZTV Pflaster-StB 06:

“A material is to be used that is resisting any extraction as much as possible” (use of crushed joint materials [1] and [4], with a very strong locking effect in the joint.”

“Aggregates with high fines contents are suited to close the joints” (at first sweeping them in dry and then closing the joints wet by watering aggregates with high fines contents of 0/2 mm [1] and [4]).

Both requirements are aiming at minimizing the extraction of joint materials due to the usage, thus increasing the resistance to permanent deformation and durability, and they are therefore appropriate in this regard.

Unfortunately, these advantages are traded by an increased risk of discoloration of the block surface. Hence, crushed fine joint materials not only minimize the extraction from the joint, but these very materials even more tend to show a locking effect in rougher (not ground) block surfaces. Against this backdrop, a maximum proportion of fines contents amounting to 9 wt.% according to the technical delivery terms “TL Pflaster-StB 06” is to be assessed as critical regarding the risk of discoloration of visually demanding areas.

It should however be stressed here that the guidelines for the standardization of road construction (FGSV, TL Pflaster, etc.), of course, do not primarily focus on avoiding complaints about the visual appearance. First and foremost, the technical guidelines in fact are to serve the purpose of increasing the stability and durability of traffic areas. Therefore, simply transferring these regulations from road construction to the private sector (often focusing on visual appearance) is not only critical, but often also giving rise to damage.

Hence, crushed gravel of 2/5 mm instead of crushed gravel of 0/5 mm – as also permitted according to ZTV Wegebau (road building) – should be rather used for the bedding of a terrace area as no vehicles will pass over, and because the drainability (subject to compliance with the percolation rules) can be ensured even more easily using crushed gravel of 2/5 mm than by crushed gravel of 0/5 mm.

Verschmutzungen) nicht selten einen erheblichen Einfluss auf die Farbgebung der Flächenbefestigung hat.

Gerade die Einflüsse der Verlegung und Nutzung auf die Farbgebung der Flächenbefestigung werden häufig nicht ausreichend beachtet, sodass sich die Streitigkeiten mehren, bei denen die Nutzung oder die Verwendung ungeeigneter Fugenmaterialien ursächlich für die Entstehung von Verfärbungen auf Betonpflastersteinen sind. Im nachfolgenden Artikel wird speziell auf Farbveränderungen an Pflastersteinen eingegangen, die ursächlich auf die Nutzung beziehungsweise die verwendeten Fugenmaterialien zurückzuführen sind.

1 Aktuelles Technisches Regelwerk

Im aktuellen Technischen Regelwerk für die Verlegung von Betonpflastersteinen im Straßenbau finden sich neben vielen anderen Anforderungen auch konkrete Anforderungen an die Fugenmaterialien, die zur Herstellung tragfähiger und dauerhafter Flächenbefestigungen eingesetzt werden dürfen. Hier sind im Besonderen die Anforderungen aus der ZTV Pflaster-StB 06 zu nennen:

„Es ist ein Material zu verwenden, das dem Ausaugen möglichst großen Widerstand entgegenbringt“ (Verwendung gebrochener Fugenmaterialien [1] und [4], die sich besonders stark in der Fuge verkrallen).“

„Für den Fugenschluss eignen sich Gesteinskörnungen mit hohem Feinanteil“ (zuerst trockenes Einfegen und dann nasses Einschlämmen einer feinkornreichen Gesteinskörnung 0/2 mm als Fugenschluss [1] und [4]).

Beide Vorgaben dienen dem Ziel, den Austrag der Fugenmaterialien im Rahmen der Nutzung zu reduzieren und damit die Verformungsstabilität und Dauerhaftigkeit der Flächenbefestigung zu erhöhen und sind diesbezüglich auch sinnvoll.

Leider werden diese Vorteile aber mit einer erhöhten Gefahr der Verfärbung von Steinoberflächen erkauft. So reduzieren feine, gebrochene Fugenmaterialien nicht nur den Austrag aus der Fuge, vielmehr weisen gerade derartige Materialien auch eine deutlich erhöhte Tendenz zur Verkrallung in raueren (nicht geschliffenen) Steinoberflächen auf. Vor diesem Hintergrund ist auch der maximale Anteil an Feinanteilen mit 9 M.-% nach TL Pflaster-StB 06 als kritisch für die Verfärbungsgefahr optisch anspruchsvoller Flächen zu bewerten.

An dieser Stelle ist daran zu erinnern, dass die Regelwerksetzung für den Straßenbau (FGSV, TL Pflaster, usw.) selbstverständlich nicht den Schwerpunkt auf die Vermeidung von optischen Reklamationen hat. Vielmehr soll das Technische Regelwerk in erster Linie dem Zweck dienen, die Stabilität und Dauerhaftigkeit von Verkehrsflächen zu erhöhen. Aus diesem Grunde ist eine einfache Übertragung der Vorschriften aus dem Straßenbau auf den privaten (häufig optisch geprägten) Bereich nicht nur kritisch, sondern häufig sogar schadensauslösend.

So sollte die Bettung einer Terrassenfläche aufgrund der nicht zu erwartenden Befahrung – wie auch gemäß ZTV Wegebau zulässig – besser mit einem Splitt 2/5 mm als mit einem Splitt 0/5 mm ausgeführt werden, da die Entwässerungsfähigkeit (bei Einhaltung der Filterregeln) mit einem Splitt 2/5 mm viel einfacher sicherzustellen ist als mit einem Splitt 0/5 mm.

Similarly, aggregates with high fines contents of 0/2 mm should not be used for closing the joint, if pavements are produced which are very demanding in terms of the visual appearance. Even the use of crushed materials should be questioned as far as private pavements are concerned where no vehicles pass over and instead it should be pointed to repeated spreading of sand on a regular basis. It is recognized that the use of crushed joint materials (in comparison to the use of joint materials that are not crushed) usually increases the risk of discoloration of paving blocks significantly.

Checking the question submitted for respective surveys reveals that the customers assume, as a rule, that the defective quality of the blocks is the cause of the discolorations occurring on site, and that they therefore take action against the block manufacturer by mistake. The following sections at first present some case examples, in which the concrete blocks are not responsible for the occurrence of discolorations. Afterwards the paper gives some information on the points to be considered for the visual inspection of pavements in order to determine the cause of damage appropriately.

2 Examples of damage patterns

2.1 Damage pattern 1: Contaminations

The first example is a legal dispute in which the building contractor had sued a paving block supplier because the concrete paving blocks of a pavement (Fig. 1) being privately used by the complainant showed efflorescence and discolorations.

The visual inspection of this pavement revealed that pavers installed on site showed a noticeable discoloration (brightening) in comparison to the paving blocks supplied (see Fig. 2: the paving block not yet laid show-

In ähnlicher Weise sollte auf die Einbringung eines Fugenschlusses mit einer feinkornreichen Gesteinskörnung 0/2 mm verzichtet werden, wenn Flächen hergestellt werden, die hohen optischen Anforderungen genügen sollen. Sogar die Verwendung von gebrochenen Materialien sollte bei nicht befahrenen, privaten Flächenbefestigungen hinterfragt und dafür auf ein regelmäßiges Nachsanden hingewiesen werden. So hat sich gezeigt, dass die Verwendung gebrochener Fugenmaterialien (im Vergleich zur Verwendung ungebrochener Fugenmaterialien) üblicherweise die Verfärbungsgefahr an Pflastersteinen deutlich erhöht.

Eine Prüfung der Antragsfragen bei entsprechenden Gutachten zeigt, dass die Kunden im Regelfall davon ausgehen, dass die vor Ort vorliegenden Verfärbungen ursächlich auf eine mangelhafte Steinqualität zurück zu führen sind, weshalb sie fälschlicherweise gegen den Steinproduzenten klagen. In den nachfolgenden Abschnitten werden zuerst einige Fallbeispiele vorgestellt, bei denen nicht das Steinmaterial verantwortlich für die Entstehung der Verfärbungen ist. Abschließend werden einige Hinweise gegeben, was bei der Inaugenscheinnahme von Flächenbefestigungen beachtet werden sollte, um die Schadensursache sachgerecht zu ermitteln.

2 Schadensbeispiele

2.1 Schadensbeispiel 1: Verschmutzungen

Beim ersten Beispiel handelt es sich um einen Rechtsstreit, bei dem die Bauherrin gegen den Pflastersteinlieferanten geklagt hatte, da die Betonpflastersteine der Flächenbefestigung des seitens der Klägerin privat genutzten Objektes (Abb. 1) Ausblühungen und Farbveränderungen aufwiesen.

Bei der Inaugenscheinnahme dieser Flächenbefestigung zeigte sich, dass das vor Ort eingebrachte Pflaster eine deutliche Farbveränderung (Aufhellung) im Vergleich zu den gelieferten Pflastersteinen aufwies (siehe Abb. 2: Nicht verlegter Pflasterstein mit im Randbereich dunklerer Farbe im Vergleich zur Flächenbefestigung).

Im Rahmen der Inaugenscheinnahme der betroffenen Flächenbefestigung, des in der Nähe der Flächenbefestigung befindlichen Lagerplatzes der Pflastersteine und der Umgebung um die betroffene Flächenbefestigung fielen nachfolgende Punkte auf:

- » Auf dem Lagerplatz der Pflastersteine lag eine deutliche Staubentwicklung zum Zeitpunkt des Ortstermins vor (Abb. 3 rechts). Die dort gelagerten Pflastersteine zeigten bereits vor der Verlegung deutliche Verschmutzungen, bei denen es sich i. d. R. nicht um Calciumcarbonate (übliche Ausblühungen) handelte;
- » Direkt neben der beanstandeten Flächenbefestigung fanden sich Teilflächen, wo feinkörnige Fremdmaterialien anstanden (Abb. 3 links), welche zum Teil auch die umgebenden Flächenbefestigungen verschmutzt hatten.

Zur Beurteilung der Ursache der Verfärbungen wurden vor Ort Pflastersteine entnommen und im Labor der MPVA Neuwied GmbH wie nachfolgend beschrieben untersucht:

- » Durchführung von Reinigungstests;
- » Durchführung digitalmikroskopischer Untersuchungen an den verfärbten Pflastersteinen (Abb. 4 links) bzw. den gewonnenen Reinigungsflotten (Abb. 4 rechts).

1

Damage pattern 1:
claimed pavement

Schadensbeispiel 1:
Reklamierte Flächen-
befestigung



Figure: MPVA Neuwied

2

Damage pattern 1:
color difference
between a retained
sample and the blocks
of the pavement

Schadensbeispiel 1:
Farbunterschied
zwischen einer
Rückstellprobe und
den Steinen der
Flächenbefestigung



Figure: MPVA Neuwied



3
Damage pattern 1:
ambient sources of
contamination

Schadensbeispiel 1:
Umgebende Ver-
schmutzungsquellen

Figure: MPVA Neuwied

ing a darker shade at the edge zone in comparison to the pavement).

During the visual inspection of the pavement concerned, of the storage area of the paving blocks close to the pavement and of the surroundings of the pavement concerned, the following points were noticed:

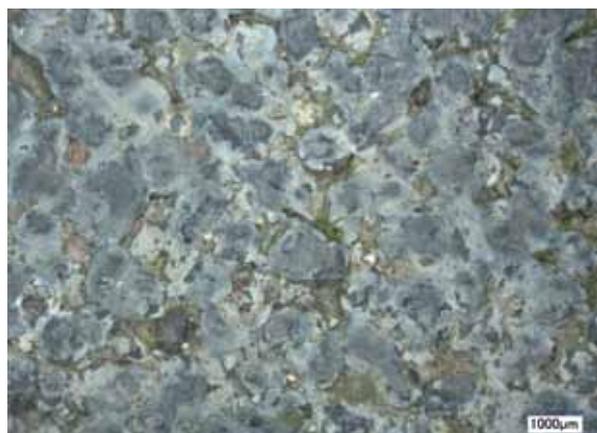
- » Dust formation on the storage area of the paving blocks was clearly noticeable at the time of the on-site inspection (Fig. 3 right). The paving blocks stored there showed noticeable contaminations already before being installed, these are generally not calcium carbonates (usual efflorescence);
- » Right beside the defective pavement there were partial areas with fine-grain extraneous materials (Fig. 3 left), which had partly contaminated the surrounding pavements, as well.

For the evaluation of the root cause of the discolorations, paving blocks were removed on site and examined at the laboratory of MPVA Neuwied GmbH as described below:

- » Execution of cleaning tests;
- » Execution of digital microscopic examinations of the discolored paving blocks (Fig. 4 left) and/or the gained cleaning solutions (Fig. 4 right).

In the context of these investigations it could be noticed that the surface of the paving blocks was severely covered with dirt and biological growth.

Evaluation: The concrete paving blocks installed on site obviously showed discolorations. However, this discoloration cannot be attributed to an increased tendency to efflorescence of the paving blocks as root cause. Within



4
Damage pattern 1:
contamination on the
block surfaces (on the
left, contaminated
block surface/on the
right, gained con-
taminant)

Schadensbeispiel 1:
Verschmutzung der
Steinoberflächen
(links verschmutzte
Steinoberfläche/rechts
gewonnene Verunrei-
nigung)

Figure: MPVA Neuwied

Im Rahmen dieser Untersuchungen war festzustellen, dass die Oberfläche der Pflastersteine massiv mit Schmutz und Grünbewuchs bedeckt war.

Bewertung: Die vor Ort verlegten Betonpflastersteine waren deutlich verfärbt. Ursächlich ist diese Verfärbung aber nicht auf eine erhöhte Ausblühneigung der Pflastersteine zurück zu führen. Vielmehr zeigte sich im Rahmen der Untersuchungen, dass die Verfärbungen ursächlich auf einen Schmutzeintrag während der Zwischenlagerung und/oder Nutzung der Flächenbefestigung zurückzuführen waren.

2.2 Schadensbeispiel 2:

Verfärbung durch Fugenmaterial

Bei dem betreffenden Objekt handelt es sich um die Flächenbefestigung eines Firmenparkplatzes (siehe Abb. 5), auf dem ein Betonsteinpflaster verlegt wurde. Nach der Verlegung der Pflastersteine wurde die Fuge mit einem Diabas-Splitt 1/3 mm gefüllt und die Flächenbefestigung abgerüttelt. Abschließend wurde nochmals Diabas-Splitt 1/3 mm aufgebracht und der überschüssige Splitt über den Winter auf der Flächenbefestigung belassen.

Direkt nach der Verlegung der Flächenbefestigung wiesen die Betonpflastersteine nach Aussage des Bauherrn keine signifikante Verfärbung/Aufhellung auf.

Zum Zeitpunkt des Ortstermins war festzustellen, dass nahezu die gesamte Flächenbefestigung eine deutliche Verfärbung/Aufhellung aufwies. Daneben fanden sich kleine Teilflächen, in denen die Pflastersteine noch annähernd ihre Ausgangsfarbe zeigten (Abb. 6).

Gemäß den Informationen im Rahmen des Ortstermins handelt es sich bei der in Abbildung 6 gezeigten Teilfläche um einen nachträglich eingebrachten Bereich.

5

Damage pattern 2:
discolored pavement
of a company parking
lot

Schadensbeispiel 2:
Verfärbte Flächen-
befestigung eines
Firmenparkplatzes



Figure: MPVA Neuwied

the investigations it became rather obvious that the discolorations were caused by the ingress of dirt during the temporary storage and/or usage of the pavement.

2.2 Damage pattern 2: Discoloration due to joint material

The respective object is the pavement of a company parking lot (see Fig. 5) where concrete paving blocks were installed. After the installation of the paving blocks, the joint was filled with diabase crushed gravel of 1/3 mm and the pavement was vibrated. Then diabase crushed gravel of 1/3 mm was spread again and the surplus crushed gravel was left on the pavement over the winter.

As stated by the building contractor, the concrete paving blocks did not show any significant discoloration/brightening directly after the installation.

At the time of the on-site inspection it could be noticed that virtually the entire pavement showed significant discoloration/brightening. Besides there were small partial areas with paving blocks roughly showing their original color (Fig. 6).

According to the information obtained during the on-site inspection, the partial areas shown in Figure 6 are areas which had been installed subsequently.

Paving blocks were removed from the pavement on site as well as bedding and joint materials in order to clarify the cause of damage. At the laboratory of MPVA Neuwied GmbH, the contaminations resting on the paving blocks were separated (Fig. 7 right) and examined under the microscope, the same was done with the contaminated block surface (Fig. 7 left) and the joint materials taken from the pavement on site.

Finally, it could be demonstrated within the more in-depth tests that the joint material used (diabase crushed gravel of 1/3 mm) was the cause of the discolorations occurring on site. At the laboratory it was possible to reproduce the discolorations occurring on the pavement by incorporating the joint material into the surface of a paving block not showing discolorations (Fig. 8).

Evaluation: The concrete paving blocks installed on site obviously showed discolorations. The discolorations are caused by the fact that the joint material was mechanically locking in the block surface. On the one hand, the joint material used had a critical impact in this case as well as, on the other hand, the long residence time dur-

Zur Klärung der Schadensursache wurden vor Ort Pflastersteine sowie die Bettungs- und Fugenmaterialien entnommen. Im Labor der MPVA Neuwied GmbH wurden die auf den Pflastersteinen aufsitzenden Verschmutzungen abgetrennt (Abb. 7 rechts) und ebenso wie die verschmutzten Steinoberflächen (Abb. 7 links) und die vor Ort entnommenen die Fugenmaterialien digitalmikroskopisch untersucht.

Abschließend konnte im Rahmen weitergehender Tests gezeigt werden, dass das vor Ort eingesetzte Fugenmaterial (Diabas-Splitt 1/3 mm) ursächlich für die vor Ort aufgetretenen Verfärbungen war. So konnten die Verfärbungen der Flächenbefestigung im Labor durch Einarbeiten des Fugenmaterials in die Oberfläche eines nicht verfärbten Pflastersteins nachgestellt werden (Abb. 8).

Bewertung: Die vor Ort verlegten Betonpflastersteine waren deutlich verfärbt. Ursächlich sind die Verfärbungen darauf zurück zu führen, dass sich das Fugenmaterial mechanisch in der Steinoberfläche verkrallt hat. Kritisch wirkte sich im vorliegenden Fall zum einen das verwendete Fugenmaterial, zum anderen aber auch die lange Liegezeit des Fugenmaterials auf der Flächenbefestigung (über den Winter) aus.

2.3 Schadensbeispiel 3: Verfärbung von oberflächenvergüteten Betonplatten

Beim dritten Schadensfall sollte ein Gutachten erstellt werden, da die im Bereich eines repräsentativen Gebäudeeingangs (Abb. 9) verlegten hochpreisigen, oberflächenvergüteten Betonplatten nach Ansicht des Verlegers und des Bauherrn keine ausreichende Reinigungsfähigkeit

6

Damage pattern 2:
small partial area,
where the paving
blocks still roughly
feature their original
color

Schadensbeispiel 2:
Kleine Teilfläche, in
der die Pflastersteine
noch annähernd ihre
Ausgangsfarbe aufwiesen



Figure: MPVA Neuwied

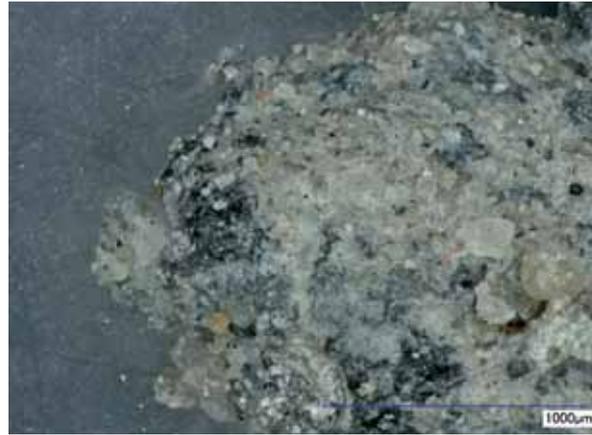


Figure: MPVA Neuwied

7
Damage pattern 2: investigation of a discolored paving block (left) and the contaminant separated from the block surface (right) with the help of a digital microscope

Schadensbeispiel 2: Digitalmikroskopische Untersuchung eines verfärbten Pflastersteins (li.) und der aus der Steinoberfläche abgetrennten Verschmutzung (re.)

ing which the joint material was left on the pavement (over the winter).

2.3 Damage pattern 3: Discoloration on surface-finished concrete slabs

A survey was to be produced for the third case of damage because the expensive, surface-finished concrete slabs laid in the representative entrance area of a building (Fig. 9) did not feature adequate cleanability, in the opinions of the pavior and the building contractor. Already soon after being laid, the pavement showed severe contaminations.

Both the pavior and the building contractor were of the opinion that the expensive and surface-finished concrete slabs used must not become soiled after such a short time. Closer visual inspection of the object and the proximity revealed that the building products (Fig. 10 left) installed in the area of the walkway showed severe contaminations, too. In addition to this, concrete slabs stored on pallets on the back side of the building and not yet laid were considerably contaminated to some extent, as well (Fig. 10 right).

Based on the investigations carried out, the contaminations of the concrete slabs were due to the fact that the ground situated laterally had a high content of clay and that this clay content had got in the slab surface. Furthermore, the joint sand had been left on the pavement for several days, according to the information given, enabling the sand to get in the slab surface intensively as a result of the usage.

The present case is a typical example for the fact that in some cases the customers (or also the paviors) make high demands on the products which are not justified. Though surface finishing can reduce the tendency of concrete slabs to become soiled and improve their cleanability at the same time, but these so-called "stain-resistant coatings" are generally not in the position to avoid a contamination through severely soiling components (this includes clayey grounds) completely. The high proportion of very fine components of the clayey grounds, which have a strongly locking effect in the slab surface, have to be removed even in case of premium-quality concrete slabs promptly. Otherwise permanent contaminations will remain, which can only be removed again with the aid of drastic measures (leading to alterations of the slab surface, as the case may be).

aufwiesen und deshalb bereits kurz nach der Verlegung massive Verschmutzungen zeigten.

Sowohl der Verleger als auch der Bauherr waren der Ansicht, dass die verwendeten hochpreisigen und oberflächenvergüteten Betonplatten nicht derart schnell verschmutzen dürften. Bei der näheren Inaugenscheinnahme des Objektes und dessen Umgebung zeigte sich, dass auch die im Gehwegbereich verlegten Baustoffe (Abb. 10 links) massive Verschmutzungen aufwiesen. Darüber hinaus waren auch die auf der Gebäuderückseite auf Paletten gelagerten, noch unverlegten Betonplatten zum Teil deutlich verschmutzt (Abb. 10 rechts).

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen waren die Verschmutzungen der Betonplatten darauf zurückzuführen, dass der seitwärts liegende Boden hohe Lehmanteile enthielt und sich diese Lehmanteile in die Plattenoberflächen eingearbeitet hatten. Des Weiteren wurde der Fugensand angabengemäß mehrere Tage auf der Flächenbefestigung belassen, sodass auch dieser durch die Nutzung intensiv in die Plattenoberfläche eingearbeitet wurde.

Der vorliegende Fall ist ein typisches Beispiel dafür, dass in einigen Fällen seitens der Kunden (oder auch Verleger) ungerechtfertigt hohe Anforderungen an die Produkte gestellt werden. So können Oberflächenvergütungen zwar das Anschmutzungsverhalten von Betonplatten reduzieren und gleichzeitig deren Reinigungsfähigkeit verbessern, doch sind auch diese so genannten „Fleckschutzbeschichtungen“ im Regelfall nicht in der Lage, eine Verschmutzung mit stark anschmutzenden Bestandteilen (und hierzu gehören lehmhaltige Böden) vollständig zu verhindern. Die hohen Anteile an sehr feinen und sich stark in der Plattenoberfläche verkrallenden Bestandteilen von lehmhaltigen Böden müssen auch bei hochwertigen Betonplatten zeitnah wieder entfernt werden. Ansonsten verbleiben dauerhafte Verschmutzungen, die nur mit drastischen Maßnahmen (die ggf. zur einer Veränderung der Plattenoberfläche führen) wieder beseitigt werden können.

Bewertung: Die Verfärbungen wurden durch den seitwärts anstehenden, lehmhaltigen Boden verursacht. Auch oberflächenvergütete Betonplatten sind nicht in der Lage, derartige Verschmutzungen

8
Damage pattern 2: laboratory test for the reproduction of discoloration of paving blocks by applying the joint material

Schadensbeispiel 2: Laborversuch zum Nachstellen der Verfärbung der Pflastersteine durch Einarbeiten des Fugematerials



Figure: MPVA Neuwied

9

Damage pattern 3:
pavement with the
contaminated
anthracite-colored
concrete slabs

Schadensbeispiel 3:
Flächenbefestigung
mit den verschmutzten
anthrazitfarbenen
Betonplatten



Figure: MPVA Neuwied

Evaluation: The discolorations were caused by the clayey ground situated laterally. Even surface-finished concrete slabs are not in the position to prevent such contaminations (especially in case of long periods of contact between the slab surface and contaminations) permanently.

2.4 Damage pattern 4: **Contamination of surface-finished concrete slabs through bonded joint materials**

A survey was to be produced in this last case, because the shade of the expensive and surface-finished concrete slabs installed on site significantly deviated from the sample slab. The object concerned was a representative terrace area laid with anthracite-colored concrete slabs which were grouted with a cementitious joint material (semi-bonded construction method). The two left rows of slabs shown in [Figure 11](#) at the right are not grouted with such cementitious joint materials and do not show any brightening in contrast to the areas grouted.

As [Figure 11](#) illustrates, the area grouted with the cementitious joint material (see the right partial area in [Fig. 11 right](#)) showed a much more brighter color than the partial area without joint filler (see the left partial area in [Fig. 11 right](#)).

(gerade bei langen Kontaktzeiten zwischen den Stein-oberflächen und den Verschmutzungen) dauerhaft zu verhindern.

2.4 Schadensbeispiel 4: **Verschmutzung von oberflächenvergüteten Betonplatten durch gebundene Fugenmaterialien**

Bei diesem letzten Fall sollte ein Gutachten erstellt werden, da die vor Ort verlegten hochpreisigen und oberflächenvergüteten Betonplatten eine deutlich von der Musterplatte abweichende Farbe aufwiesen. Beim betroffenen Objekt handelt es sich um eine repräsentative Terrassenfläche, auf der anthrazitfarbene Betonplatten verlegt und mit einem zementären Fugenmaterial verfugt wurden (halbgebundene Bauweise). Die beiden linken Plattenreihen in [Abbildung 11 rechts](#) sind nicht mit diesem zementären Fugenmaterial verfugt worden und zeigen im Gegensatz zu den verfugten Bereichen keine Aufhellung.

Wie [Abbildung 11](#) zeigt, wies die mit dem zementären Fugenmaterial verfugte (siehe rechte Teilfläche in [Abb. 11 rechts](#)) eine deutlich hellere Farbe als die unverfugte Teilfläche (siehe linke Teilfläche in [Abb. 11 rechts](#)) auf.

Aufgrund der Verfärbung der Betonplatten wurden Reinigungsversuche mit einem Zementschleierentferner an einer verfärbten Teilfläche der Flächenbefestigung seitens

10

Damage pattern 3:
contaminated walkway
area (left) and concrete
slabs not yet installed
and stored on pallets
(right)

Schadensbeispiel 3:
Verschmutzter Gehweg-
bereich (li.) und auf
Paletten gelagerte un-
verbaute Betonplatten
(re.)



Figure: MPVA Neuwied

Because of the discoloration of the concrete slabs, a staff member of the manufacturer of the joint material carried out cleaning tests on a discolored partial area using a cement residue remover. On the basis of this preliminary test, the manufacturer of the joint material recommended the cleaning of large surfaces of the terrace area using a cement residue remover. As a result, the complained concrete slabs still appeared brighter.

Evaluation: Not one but several mistakes were made when executing the works and/or carrying out the cleaning tests of the above-mentioned object:

- » Preliminary tests with the concrete slabs and the joint material to be used were not carried out in a proper way;
- » After placing the joint material, the concrete slabs were presumably cleaned too late, which is why the cementitious joint material could no longer be removed from the surface with usual measures;
- » Using a cement residue remover for cleaning of surface-finished concrete products is to be assessed as highly critical. When using cement residue removers on concrete products, there is the risk that the surface structure of the concrete product is altered, often resulting in changes of the porosity and color.

Such changes of porosity and color are to be assessed as particularly critical in the case of expensive, surface-finished concrete slabs owing to the high visual importance of the pavement produced with the same. In addition, the materials used for surface finishing were soluble in acid themselves, so that the acid treatment removed the surface finish at the zone close to the surface.

3 Information for the visual inspection of pavements complained

This section is intended to provide information to be considered in the context of an appropriate visual inspection of pavements which have been complained owing to color differences or alterations in shade on the pavement.

Apart from the question whether there are discolorations at all, as a rule, the authorized expert must also answer the question about the root cause of the

eines Mitarbeiters des Produzenten des Fugenmaterials vorgenommen. Auf Basis dieses Vorversuches empfahl der Produzent des Fugenmaterials die großflächige Reinigung der Terrassenfläche mit einem Zementschleierentferner. Im Ergebnis wiesen die reklamierten Betonplatten immer noch eine Aufhellung auf.

Bewertung: Bei der Ausführung der Arbeiten beziehungsweise der Reinigungsversuche an dem oben genannten Objekt sind gleich mehrere Fehler gemacht worden:

- » Es wurden keine sachgerechten Vorversuche mit den zu verwendenden Betonplatten und dem Fugenmaterial durchgeführt;
- » Nach der Einbringung des Fugenmaterials erfolgte die Reinigung der Betonplatten vermutlich zu einem zu späten Zeitpunkt, weshalb sich das zementgebundene Fugenmaterial mit normalen Maßnahmen nicht mehr vollständig aus der Oberfläche der Betonplatten entfernen ließ;
- » Die Verwendung eines Zementschleierentferners ist bei oberflächenvergüteten Betonprodukten als ausgesprochen kritisch zu bewerten. So besteht bei der Anwendung von Zementschleierentfernern auf Betonprodukten das Risiko, dass die Oberflächenstruktur der Betonprodukte verändert wird, was häufig zu Porositäts- und zu Farbveränderungen führt.

Bei den hochpreisigen, oberflächenvergüteten Betonplatten sind derartige Porositäts- und Farbveränderungen aufgrund der hohen optischen Bedeutung der damit hergestellten Flächenbefestigung als besonders kritisch zu bewerten. Darüber hinaus waren die Materialien, die zur Oberflächenvergütung eingesetzt wurden, selbst säurelöslich, sodass die Oberflächenvergütung im oberflächennahen Bereich durch die Säurebehandlung entfernt wurde.

3 Hinweise für die Inaugenscheinnahme von reklamierten Flächenbefestigungen

In diesem Abschnitt sollen Hinweise gegeben werden, worauf im Rahmen einer sachgerechten Inaugenscheinnahme von Flächenbefestigungen zu achten ist, bei denen Farbunterschiede oder Farbänderungen auf Flächenbefestigungen reklamiert wurden.

Im Regelfall hat der Sachverständige bei entsprechenden Streitigkeiten neben der Frage, ob Verfärbungen



11

Damage pattern 4:
terrace area with anthracite-colored concrete slabs showing discoloration

Schadensbeispiel 4:
Terrassenfläche mit verfärbten anthrazitfarbenen Betonplatten

Discolorations due to the use of black joint material used for concrete paving blocks colored white

Verfärbungen durch die Verwendung eines schwarzen Fugenmaterials bei weiß eingefärbten Betonpflastersteinen



Figure: MPVA Neuwied

Source of contamination: fertilizer

Verschmutzungsquelle: Dünger

discolorations, in corresponding disputes. Consequently, it has to be clarified who is responsible for the visual complaints, and thus being also responsible to remedy the same.

So as to be able to give an appropriate answer to the question of the responsibility in respect of the discolorations, in the course of the survey of damage, the authorized expert ought to inspect also the proximity, apart from the pavement concerned, in order to gain information about the root cause of the discolorations. Below-mentioned some points are stated, which should be taken into account in an assessment of respective discolorations:

- a) Have the joints been filled with a joint material that strongly differs in color?

The color of the joint material should more or less correspond to the block surface. If this is not possible, however, at least not too extreme color differences should be selected (very light joint material for very dark paving blocks or very dark joint material for very light paving blocks), as such combinations entail a very high risk of discoloration (see Fig. 12).

- b) Are there any materials on adjacent areas that might have led to discolorations of the products?

In this regard, surrounding grounds, applied bark mulch or the leaves of trees, for example, come into consideration.

- c) How is the pavement used?

Are there, for example, pot plants on the pavement, which are fertilized (see Fig. 13), or does the owner regularly pass over the pavement with the lawn mower and the adhering grass clippings.

- d) Is the pavement shadowed for most of the day?

Strong shadowing of the pavement may lead to significant biological growth on the product, and thus resulting in discoloration on the block surface.

- e) Is the pavement cleaned on a regular basis, not allowing soiling particles to adhere to the product surface over a longer period?

As a rule, products become much more soiled if the applied contaminations can act on the product surface over a longer period. Even products with a surface finish generally show contaminations after long residence times of critical materials (e.g., leafage); afterwards it is not possible to remove these contaminations appropriately. Therefore, leafage can lead to permanent discolorations of the pavement because of the containing tannins.

4 Reducing the risk of discoloration caused by the joint materials

Especially in the recent past, the number of complaints due to severe discolorations of concrete blocks



Figure: MPVA Neuwied

vorliegen auch die Frage zu beantworten, worauf die Verfärbungen ursächlich zurückzuführen sind. Im Ergebnis ist zu klären, wer für die optischen Beanstandungen verantwortlich ist und damit auch für deren Beseitigung zuständig ist.

Um die Frage nach der Verantwortlichkeit für die Verfärbungen sachgerecht beantworten zu können, sollte der Sachverständige im Rahmen der Schadensaufnahme neben der betroffenen Flächenbefestigung auch die Umgebung in Augenschein nehmen, um hier Hinweise auf potentielle Ursachen für die Verfärbungen zu gewinnen. Nachfolgend sind einige Punkte aufgelistet, auf die bei der Bewertung entsprechender Verfärbungen einzugehen ist:

- a) Wurden die Fugen mit einem farblich stark abweichenden Fugenmaterial verfügt?

Die Farbe des Fugenmaterials sollte in etwa dem der Steinoberfläche entsprechen. Sofern dies nicht möglich ist, sollten aber zumindest keine extremen Farbunterschiede (sehr helles Fugenmaterial bei sehr dunklen Pflastersteinen oder sehr dunkles Fugenmaterial bei sehr hellen Pflastersteinen) gewählt werden, da diese Kombinationen ein sehr hohes Verfärbungsrisiko beinhalten (siehe Abb. 12).

- b) Befinden sich auf den Nachbarflächen Materialien, die zur Verfärbung der Produkte geführt haben könnten? Hier kommen beispielsweise anstehende Böden, aufgebrauchter Rindenmulch oder das Laub von Bäumen in Betracht.

- c) Wie wird die Flächenbefestigung genutzt?

Stehen auf der Flächenbefestigung zum Beispiel Topfpflanzen, die gedüngt werden (siehe Abb. 13), oder fährt der Eigentümer regelmäßig mit dem Rasenmäher und anhaftendem Grünschnitt über die Flächenbefestigung.

- d) Befindet sich die Flächenbefestigung über große Teile des Tages im Schatten?

Eine starke Verschattung der Flächenbefestigung kann zu einem deutlichen Grünbefall der Produkte und damit zu einer Verfärbung der Steinoberflächen führen.

- e) Wird die Flächenbefestigung regelmäßig gereinigt, sodass sich die verschmutzenden Bestandteile nicht über einen langen Zeitraum in den Produktoberflächen festsetzen können?

Im Regelfall verschmutzen Produkte deutlich stärker, wenn die aufgebrauchten Verschmutzungen über einen langen Zeitraum auf die Produktoberflächen einwirken können. Selbst vergütete Produkte zeigen bei langen Einwirkzeiten kritischer Stoffe (z. B. Blattwerk) im Regelfall Verschmutzungen, die im Nachhinein nicht mehr sachgerecht zu entfernen sind. So kann Blattwerk auf den Produkten aufgrund der enthaltenen Gerbstoffe zu dauerhaften Verfärbungen am Pflaster führen.

and slabs used in pavements has increased significantly. Because of the increase of complaints, this paper pointed out the potential risks for the occurrence of discolorations. In particular, the joint materials used nowadays are a crucial source of damage in this respect.

In discussions with manufacturers on the topic regarding which joint material can be used without damage, even the expert has to pass in general. Usually, the authorized expert at least gives the information that fines contents in joint materials should not be too high (according to TL Pflaster 9 wt.% are permitted). But on the basis of current cases of damage, only giving this information is not sufficient, because joint materials with fines contents of below 9 wt.% are to be assessed as critical in respect of the tendency to discoloration. Furthermore, the below-mentioned recommendations to reducing the risk of discoloration should be taken into account:

- » Joint materials should not be left too long on pavements;
- » The color of the joint material should more or less correspond to the block surface;
- » For visually premium-quality pavements, the proportion of fines contents in the joint material should be limited significantly below 9 wt.%; the joints should not be closed – as far as possible – in case of such pavements.

Even if all above-mentioned measures are taken into account, it is not completely possible to avoid the occurrence of discolorations caused by joint materials. For this reason, preliminary tests should be carried out, using the respective joint material and the paving block to be used, providing a basis for assessing whether these products are subject to an increased risk of discoloration.

4 Reduzierung der Verfärbungsgefahr durch Fugenmaterialien

Gerade in der jüngeren Vergangenheit hat die Anzahl an Reklamationen aufgrund massiver Verfärbungen von Betonpflastersteinen und -platten in Flächenbefestigungen deutlich zugenommen. Aufgrund der Zunahme der Reklamationen wurde im vorliegenden Beitrag auf potenzielle Gefahren für die Entstehung von Verfärbungen hingewiesen. Gerade die heutzutage verwendeten Fugenmaterialien stellen hierbei eine wichtige Schadensquelle dar.

Bei der Diskussion mit Verarbeitern über das Thema, welche Fugenmaterialien schadensfrei zu verwenden sind, muss im Regelfall auch der Sachverständige passen. Üblicherweise kommt seitens des Sachverständigen noch der Hinweis, dass die Fugenmaterialien nicht zu hohe Feinteile (gemäß TL Pflaster sind 9 M.-% zulässig) aufweisen sollten. Allein dies reicht auf Basis aktueller Schadensfälle aber nicht aus, da auch Fugenmaterialien mit unter 9 M.-% Feinanteilen bezüglich der Verfärbungsneigung als kritisch zu bewerten sein könnten. Darüber hinaus sollten die nachfolgend genannten Empfehlungen zur Reduzierung der Verfärbungsgefahr beachtet werden:

- » Die Fugenmaterialien sollten nicht zu lange auf der Flächenbefestigung belassen werden;
- » Die Farbe des Fugenmaterials sollte in etwa dem der Steinoberfläche entsprechen;
- » Die Menge an Feinanteilen des Fugenmaterials sollte bei optisch hochwertigen Flächen auf deutlich unter 9 M.-% begrenzt werden; auf einen Fugenschluss sollte bei diesen Flächen – soweit möglich – verzichtet werden.

Selbst wenn alle oben genannten Maßnahmen beachtet wurden, lässt sich die Entstehung von Verfärbungen durch Fugenmaterialien nicht vollständig vermeiden. Aus diesem Grunde sollten Vorversuche mit dem zu verwendenden Fugenmaterial und den zu verwendenden Pflastersteinen durchgeführt werden, auf deren Basis bewertet werden kann, ob bei diesen Produkten eine erhöhte Verfärbungsgefahr vorliegt.



Voß, Karl-Uwe

From 1985 to 1992, study of chemistry and conferral of a doctorate at the Westfälische Wilhelms Universität, Münster; from 1992 to 1997, responsible clerk and deputy Test Institute Manager at Zemlabor, Beckum; 1996 certificate attesting advanced knowledge in concrete technology, ("E-Schein") at BEW - Bau, Dortmund; from 1998 to 2000 Technical Manager at Duisburg Federal Association for Surveillance and of Building Materials Monitoring Association of North Rhine-Westphalia; from 2000 to 2002 Test Institute Manager

at Zemlabor; since March 2002 Managing Director and Institute Manager at the Material Testing and Research Institute Neuwied, Forschungsinstitut für Vulkanische Baustoffe GmbH; since 2004 public appointment and swearing in by the Chamber of Commerce in Koblenz as expert in „chemical analysis of cementitious building materials“; since 2007 SIVV Certificate / German Concrete and Construction Technology Association (DBV), Dortmund; member of the Standards Committee Building and Civil Engineering; member in the NABau working group 06.01.04 "Test Methods"; since 2013 deputy Section Group Leader at LVS - State Association of publicly appointed and sworn in as well as qualified experts
voss@mpva.de

REFERENCES/LITERATUR

- [1] SLG „Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen – Richtig planen und ausführen“ (Fassung Juni 2014);
- [2] TL Pflaster-StB 06 „Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen“ (Fassung 2006);
- [3] TL Pflaster-StB 06/15 „Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen“ (Fassung 2015);
- [4] ZTV Pflaster-StB 06 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen“ (Fassung 2006);
- [5] ZTV Wegebau „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs“ (Fassung 2013);
- [6] Dr. Voß, Karl-Uwe „Verfärbungen auf Flächenbefestigungen aus Beton“, in BetonWerk International, Ausgabe 3/10;
- [7] Dr. Voß, Karl-Uwe „Kantenausbrüche und Ausblühungen – Praxistipps zur optimierten Herstellung und Schadensbewertung“, in BetonWerk International, Ausgabe 2/11;
- [8] Dr. Voß, Karl-Uwe „Kantenabplatzungen an Betonwaren“, in BetonWerk International, Ausgabe 2/12;
- [9] Dr. Voß, Karl-Uwe „Ausblühungen auf Betonwaren – Ursachen und Einflussgrößen, Teil 1“, in BetonWerk International, Ausgabe 5/13;
- [10] Dr. Voß, Karl-Uwe „Ausblühungen auf Betonwaren – Ursachen und Einflussgrößen, Teil 2“, in BetonWerk International, Ausgabe 6/13;
- [11] Dr. Voß, Karl-Uwe „Kantenfestigkeit von Betonwaren – Wie sind Schäden zu vermeiden / zu bewerten“, in BFT International, Ausgabe 2/16.