



## AUS FEHLERN LERNEN

Die Verlegung von Betonpflastersteinen sowohl im privaten als auch im öffentlichen Bereich ist eine – oftmals verkannte – anspruchsvolle Handwerksleistung. Zunehmend ist jedoch zu beobachten, dass besonders im Bereich der privaten Objekte Unternehmer tätig sind, die grundlegende Regeln bei der Ausführung von Pflasterflächen missachten. Die daraus entstehenden – finanziellen – Konsequenzen übersteigen oftmals den gesamten Auftragswert, da die Mängelbehebung aufwendig und kostenintensiv ist. Worauf es bei einer fachgerechten Ausführung ankommt und was es zu vermeiden gilt, lesen Sie hier.

**FEHLERQUELLE WASSERUNDURCHLÄSSIGKEIT:** Zur Sicherstellung einer sachgerechten Entwässerung von Flächenbefestigungen müssen sämtliche Tragschichten sowie die Bettung wasserundurchlässig konzipiert werden, das heißt, sie müssen einen  $k_f$ -Wert von  $\geq 10^{-5}$  m/s aufweisen. Besitzen die Tragschichten keine ausreichende Wasserundurchlässigkeit, so ist die Anordnung von Sickeranlagen zumindest bei befahrenen Flächen zwingend vorzusehen. Sind die Tragschichten und/oder die Bettung nicht ausreichend wasserundurchlässig, kann das über die Fugen in die Pflasterkonstruktion eindringende Wasser nicht sachgerecht in den Unterbau abgeleitet werden. Es sammelt sich also oberhalb der wasserundurchlässigen Schicht.

Beim Befahren von Pflasterflächen kann in die Konstruktion eingedrungenes Wasser die Pflastersteine unterspülen, woraufhin die Steine zu „wackeln“ beginnen und sich in der Folgezeit verschieben. Aus diesem Grunde wird üblicherweise die nachfolgend genannte Anforderung an die Wasserundurchlässigkeit der Bettung gestellt: „Es ist ein Bettungsmaterial zu verwenden, das einerseits aufgrund seiner Materialeigenschaften ausreichende Festigkeiten aufweist, sowie ausreichend wasserundurchlässig ist und andererseits nicht in die Unterlage eingespült wird (Filterstabilität).“

Neben der Spurbildung steigt die Gefahr der Entstehung von Ausblühungen massiv an,

Betonpflaster sind vielseitig einsetzbar und mit ihnen lassen sich ästhetisch ansprechende Pflasterflächen gestalten, vorausgesetzt die Verlegung wird fachgerecht ausgeführt.

Foto: Betonwerke  
Emsland A. + J. Kwade



wenn sich Wasser auf der Bettung ansammelt und die Pflastersteine „mit den Füßen“ in diesem Wasser stehen.

Gründe für eine nicht ausreichend wasser-durchlässige Bettung oder Tragschicht sind:

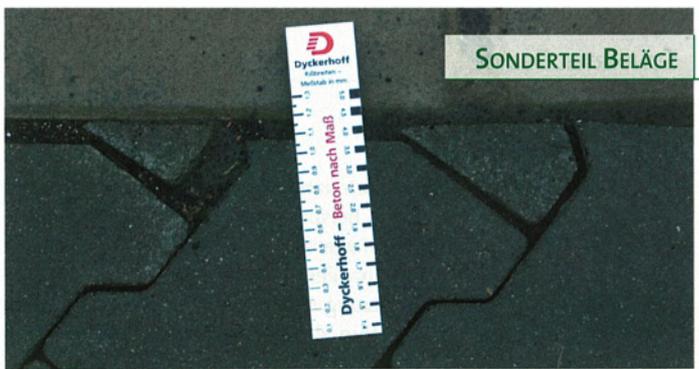
- die Verwendung von nicht ausreichend schlagfesten Gesteinskörnungen, die beim Befahren zerstört werden und deren Feinteile sich bei der Einwirkung von Wasser gegebenenfalls verfestigen können. Hier sind in erster Linie kalksteinhaltige Gesteinskörnungen zu nennen, bei denen in der Praxis derartige Verfestigungen häufiger beobachtet worden sind.
- die Verwendung einer Gesteinskörnung mit zu hohem Feinteilgehalt, die sich in das Korngerüst der gröberen Körnungen setzen und dieses abdichten;
- nicht ausreichende Beachtung der Filterregel.

**FEHLERHAFT SCHNEIDARBEITEN AN DEN STEINEN:**

Spitz zulaufende oder zu kleine Pflastersteine dürfen nicht verlegt werden, da die Gefahr der Steinerstörung bei schmalen Schnittkörpern deutlich anwächst. Die Steine müssen so geschnitten und verlegt werden, dass die Steine nicht spitzwinklig sind und die kürzere Länge des Pass-Steins nicht kleiner als die Hälfte der langen Seite des Ausgangssteins ist. In der einschlägigen Fachliteratur findet sich aus diesem Grunde die konkrete Forderung: Kein Pass-Stein ist kleiner als der halbe Normalstein und Winkel unter 45 Grad sind bei Pass-Steinen möglichst zu vermeiden. Aus diesem Grunde ist die Verlegung der Pflastersteine in den Bereichen von Baustoffwechseln, Flächenbegrenzungen oder Einbauteilen vorher zu planen. Die Praxis sieht jedoch häufig anders aus.

**FEHLERHAFT FUGENBREITEN:** Im Rahmen einer sachgerechten Verlegung von Pflastersteinen auf ungebundenen Mineralstoffen sind im Regelfall Fugenbreiten von mindestens drei und höchstens fünf Millimetern einzuhalten. Bei einer zu geringen Fugenbreite (sogenannte „Knirsch-Verlegung“) besteht die Gefahr, dass

- der Fugensand nicht in ausreichender Menge und/oder nicht ausreichend tief in die Fuge eingebracht werden kann;
- die verlegten Steine bei der Nutzung so eng beieinander liegen, dass diese beim Befahren aufgrund der nicht in ausreichendem Maße mit Fugensand gefüllten Fugen „kipeln“ und die Steinkanten aneinander schlagen, woraufhin Kantenabplatzungen entstehen;
- ein direkter linienförmiger Kontakt zwischen dem Abstandhalter des einen und dem Korpus des anderen Steines vorliegt, was gegebenenfalls zu erheblichen linienförmigen Beanspruchungen am Nachbar-



Fehlerhaft zugeschnittene Steine.



Typischer Zusammenhang zwischen zu geringen Fugenbreiten und Kantenabplatzungen.



Schäden durch Lkw-Hubstütze. Fotos: MPVA Neuwied GmbH

stein führt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Abstandhaltern der Steine in der Regel um Produktionshilfen handelt und nicht um ein Maß für die Einstellung von Fugenbreiten im Objekt.

Bei einer zu großen Fugenbreite können die eingeleiteten Lasten ebenfalls nicht sachgerecht von Stein zu Stein übertragen werden, da

- das Fugenmaterial die eingebrachten Horizontallasten nicht so gut übertragen kann. Das Fugenmaterial ist deutlich verformbarer als die benachbarten Pflastersteine, weshalb sich die Steine in der Fläche mit zunehmender Fugenbreite bei Horizontallasten bewegen können;
- sich das Fugenmaterial nicht in ausreichendem Umfang an den Steinkanten ver-

Beispiel einer nicht ausreichend wasser-durchlässigen Bettung.



krallen kann, so dass das Fugenmaterial zum Beispiel beim Reinigen zu leicht aus der Fuge ausgespült wird. In der Konsequenz leert sich die Fuge im Rahmen der Nutzung oder Reinigung der Fläche, woraufhin die Steine in der Pflasterfläche nicht mehr stabil eingebunden sind. Im Rahmen der weiteren Nutzung kann sich dann der in der Fuge verbliebene Fugensand zum Teil unterhalb der Steine ansammeln, weshalb die Steine nicht mehr ebenflächig auf der Bettung aufliegen.

Im Resultat verschieben sich die Steine, was zu einer Veränderung der Fugenbreiten führt und letztendlich zu Kantenabplatzungen.

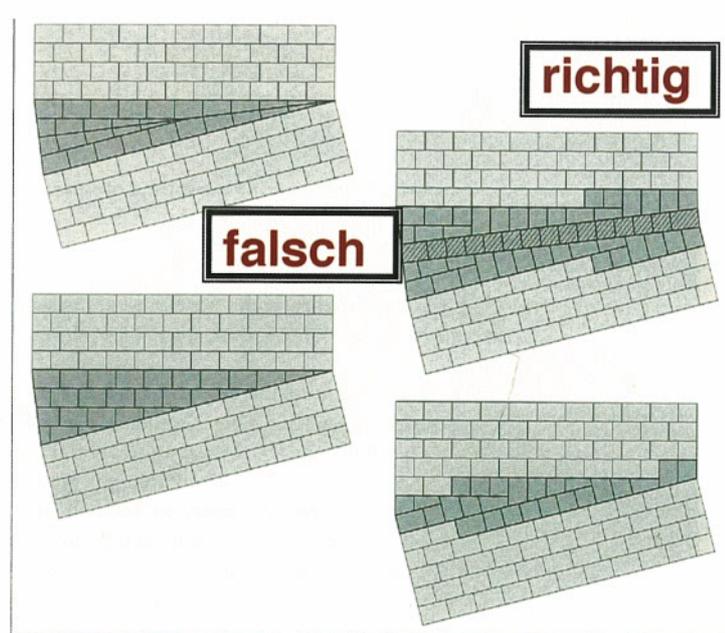
**NICHT AUSREICHENDE FUGENFÜLLUNG:** Die vollständige Füllung der Fuge dient dazu, eine möglichst gleichmäßige (horizontale) Kraftübertragung von Stein zu Stein zu gewährleisten. Andernfalls ist eine gleichmäßige Kraftübertragung über die Fuge nicht sichergestellt und die Steine fangen an zu „kipeln“.

Dem Stand der Technik entsprechend sind Fugen kontinuierlich mit dem Fortschreiten der Verlegearbeiten zu füllen und nach dem Abrütteln erneut zu füllen. Anschließend ist das Fugenmaterial einzuschlämmen. Nach vollständiger Einbringung ist überschüssiges Fugenmaterial abzukehren. Die Verkehrs- oder Nutzungsfreigabe sollte erst nach dem Abschluss dieser Arbeiten erfolgen.

Probleme ergeben sich häufig aufgrund des Einsatzes von Reinigungsmaschinen, die mit Unterdruck arbeiten und das Fugenmaterial aus der Fuge herausaugen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die dauerhafte Sicherstellung einer ausreichenden Fugenfüllung im Aufgabenbereich des Bauherrn liegt.

**FEHLERHAFT E D I C K E D E R B E T T U N G:** Die Dicke der Bettung soll im verdichteten Zustand üblicherweise zwischen drei und fünf Zentimetern betragen. Die Einhaltung der Mindestdicke der Bettung ist erforderlich, um leichte Unebenheiten der Tragschicht ausgleichen zu können. Eine Überschreitung der Maximaldicke der Bettung steigert die Verformbarkeit der Bettung und reduziert somit die Tragfähigkeit der Flächenbefestigung.

In der Baupraxis ist immer wieder zu beobachten, dass die Bettung genutzt wird, um unzulässig große Unebenheiten in der Tragschicht auszugleichen. Dies führt zu Dickenschwankungen der Bettung und zum Überschreiten der maximalen Bettungsdicke von fünf Zentimetern mit der Folge, dass diese Flächen zum Teil bereits nach dem Abrütteln, jedoch spätestens unter Verkehrsbelastung Verformungen erfahren, die die Gebrauchstauglichkeit in Frage stellen.



**KANTENABPLATZUNGEN:** Flächenbefestigungen können nur dann dauerhaft schadensfrei bleiben, wenn diese bestimmungsgemäß genutzt werden. So trivial diese Aussage auch klingen mag, ist in der Praxis regelmäßig festzustellen, dass zum Beispiel der Lkw-Verkehr auf entsprechenden Flächen etwa durch Zulieferfahrzeuge erheblich größer als erwartet ist. In diesen Bereichen finden sich dann häufig auch Kantenabplatzungen, die seitens des Bauherrn beanstandet werden, jedoch ursächlich auf die Überlastung der Fläche zurückzuführen sind.

Schäden an Pflasterflächen können auch durch das Befahren mit Flurförderfahrzeugen, beispielsweise Palettenhubwagen, auftreten. Zwar werden mit diesen „nur“ Lasten von bis zu einer Tonne bewegt, doch erfolgt die Lasteinleitung in die Pflasterfläche hier üblicherweise über kleine Hartgummirollen, wodurch sehr hohe Punktlasten auf den Pflastersteinkanten entstehen. Kantenabplatzungen, besonders bei scharfkantigen Steinen ohne Fase, sind in diesem Fall vorprogrammiert. Ähnliche Kantenabplatzungen entstehen auch durch Kantenpressungen von Lkw-Laderampen. Noch stärkere Schäden treten auf, wenn etwa Abfallcontainer mit Stahlrollen auf Pflasterflächen zum Einsatz kommen.

Häufig werden entsprechende Kantenabplatzungen schon kurz nach der Verlegung der Pflastersteine vorgefunden. Gerade in dieser Zeit werden Flächenbefestigungen häufig ungeplant starken Beanspruchungen ausgesetzt, beispielsweise wenn Lkw über ihre Hubstützen hohe Lasten ohne Oberflächenschutz in die Flächenbefestigung einleiten.

Oft stehen Kantenabplatzungen an Pflastersteinen auch damit in Verbindung, dass sich erhebliche Mengen an Kies oder Splitt auf der Flächenbefestigung befinden. Werden diese Flächen beispielsweise mit Pkw befahren, können in ungünstigen Fällen sehr hohe Punktlasten auf die Steinkanten einwirken, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zu kleinen Kantenabplatzungen führen.

Spitzwinklige Verlegung  
Quelle: SLG-Merkblatt

An den oben erläuterten Schäden ist erkennbar, dass die Nutzung nicht selten einen erheblichen Einfluss auf die Entstehung von Kantenabplatzungen an Flächenbefestigungen hat. Auch der beste Stein ist bei ungeplanter Nutzung, etwa bei Befahrung mit Stahlrollen, nicht in der Lage dauerhaft frei von Kantenabplatzungen zu bleiben.

**RÜTTELSCHÄDEN:** Neben den „punktuellen“ Kantenabplatzungen finden sich ab und an auch „flächig auftretende“ Kantenabplatzungen an entsprechenden Flächenbefestigungen. Diese sind im Normalfall verlege- oder materialbedingt. Während die materialbedingten Kantenabplatzungen in der Regel aus einer Vielzahl kleinerer Abplatzungen bestehen, stellen sich die verlegebedingten Schäden eher durch eine Abrundung der ehemals scharfen Kanten dar. Diese Schäden treten im Normalfall auf, wenn die Pflasterfläche ohne Plattengleitvorrichtung oder mit zu hoher Rüttelenergie verdichtet wird. Demzufolge sind geeignete Flächenrüttler (Beachtung des Gewichtes und der Rüttelfrequenz) und Plattengleitvorrichtungen zu verwenden.

**AUSBLÜHUNGEN UND VERFÄRBUNGEN:** Ausblühungen auf zementgebundenen Betonwaren bestehen im Normalfall aus Calciumcarbonat. Sie bilden sich, wenn wasserlösliches Ca<sup>2+</sup> im Beton gelöst und durch die im Beton vorhandenen Kapillare zur Baustoffoberfläche transportiert wird. Hier verdunstet das Wasser, wodurch Kalkhydrat abgelagert wird. Dieses reagiert mit dem Kohlendioxid der Luft unter Bildung von weißem schwer löslichem Calciumcarbonat. Da Kalkhydrat immer bei der Hydratation zementgebundener Baustoffe entsteht, ist die Entstehung von Calciumcarbonatausblühungen bei Betonwaren nicht mit Sicherheit zu vermeiden.

Wie bereits ausgeführt, müssen sämtliche Tragschichten sowie die Bettung von Pflasterflächen wasserdurchlässig konzipiert werden. Bei nicht ausreichender Wasserdurchlässigkeit nimmt die Tendenz zur Entstehung von Ausblühungen deutlich zu, beispielsweise wenn bei

starkem Regen die verlegten Betonsteine lange „mit den Füßen im Wasser stehen“. Die Austrocknung der Fläche erfolgt dann unter anderem dadurch, dass das Wasser die im Steininneren vorliegenden Kalkhydrate löst und mit zur Steinoberfläche transportiert.

**VERFÄRBUNGEN DURCH EISENHALTIGE FUGENSANDE:** Gelbliche Verfärbungen von Betonwaren können unter ungünstigen Bedingungen durch eisenhaltige Fugensande verursacht werden. Die Gefahr der Entstehung der Gelbverfärbung wird beispielsweise dadurch stark negativ beeinflusst, dass der Fugensand über einen langen Zeitraum auf der Fläche verbleibt. Unter diesen Bedingungen können eisenhaltige Feinanteile bei Regen aus dem Fugensand gelöst werden und sich auf der Pflasterfläche ablagern. Auch die Gefahr der Verkrallung gelblicher Fugensande in der Steinoberfläche nimmt bei langen Liegezeiten des Fugensandes auf der Flächenbefestigung signifikant zu. Aus diesem Grunde ist überschüssiges Fugenmaterial vor dem Abrütteln vollständig abzukehren. Nach dem Abrütteln sind die Fugen gegebenenfalls nochmals erneut zu füllen und das überschüssige Material wieder abzukehren.

**FAZIT:** Die Verlegung von Betonpflastersteinen stellt eine Handwerksleistung dar, die neben der Erfahrung der Ausführenden auch das Wissen über die Ausführungsregeln erfordert. Die zunehmend steigenden Anforderungen der Auftraggeber an die Qualität der Ausführung erfordert auf Seiten der Ausführenden neben der Kenntnis der anzuwendenden Regelwerke auch immer mehr das Erkennen möglicher Schadenspotenziale infolge ungünstiger Randbedingungen oder fehlerhafter Nutzungen. Im Schadensfall stehen meist der Verleger und der Betonwarenhersteller sehr schnell als Schadensverursacher für den Auftraggeber fest und es folgen oftmals langwierige Streitigkeiten, die nicht selten durch Gerichte entschieden werden müssen.

Dr. Karl-Uwe Voss | Oliver Mann | Neuwied



Massive Ausblühungen auf Betonpflastersteinen.



Gelbverfärbungen durch Verkrallung eines eisenhaltigen Fugensandes in der Steinoberfläche.

#### **KONTAKT:**

Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH, [www.mpva.de](http://www.mpva.de)

Anzeige

**Ambiente unter freiem Himmel**

[www.nomawood.com](http://www.nomawood.com)

**NOMA WOOD**  
Die 100% Kunststofferrassendiele

**nmc**