

Punktuelle Verfärbung der Bodenbeschichtung

Ursache und Vermeidung

1. Problemstellung

Auf dem oberen Parkdeck eines Parkhauses wurde auf dem Boden ein Oberflächenschutzsystem aufgebracht. Einige Tage nach der Applikation traten nach der ersten Beregnung der Fläche auf der beschichteten Oberfläche punktuelle bräunliche Verfärbungen auf (Abb. 1). Die Verfärbungen waren stets in Vertiefungen und Poren aufgetreten und hatten eine Größe von maximal einem Quadratzentimeter. Im Zuge der Mangelfeststellung sollte die Ursache der Verfärbungen ermittelt und die Vorgehensweise zur Beseitigung der Schäden vorgeschlagen werden.

Zur gleichen Zeit traten bei einigen weiteren Bauwerken (Abb. 2) auf bewitterten, beschichteten Bodenbereichen punktuelle Farbveränderungen auf, die einige wenige Tage nach der Applikation des Oberflächenschutzes auftraten. Auch an diesen Bauwerken wurde die Ursache für die Farbveränderungen ermittelt.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise bei der Ursachenermittlung erläutert, sowie mögliche Varianten zur Vermeidung der Verfärbungen aufgezeigt.



Abb. 1: Boden des oberen Parkdecks eines Parkhauses (anonymisiert)

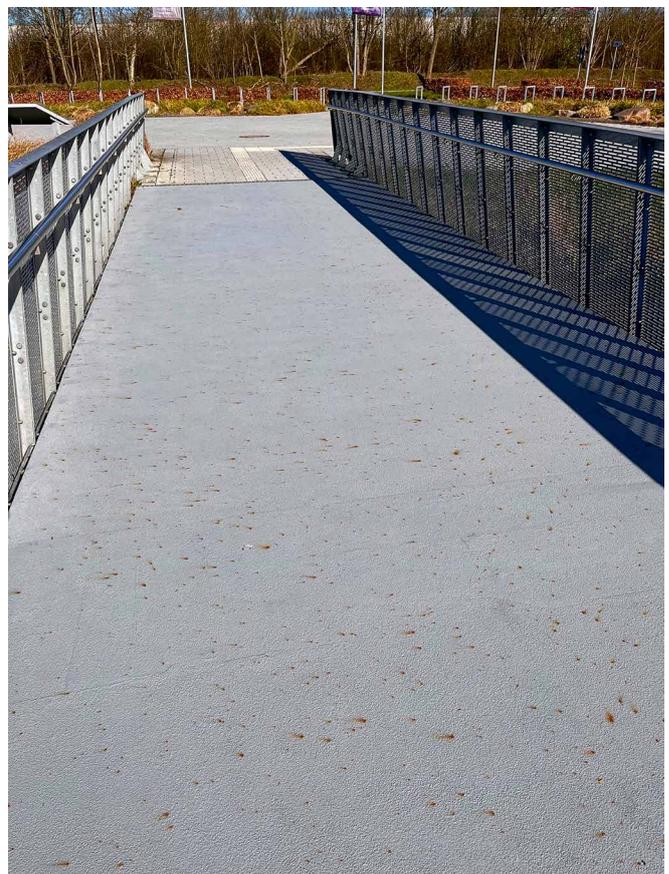


Abb. 2: Boden einer Fußgängerbrücke stark gesprenkelt

2. Ausführungsvarianten und Befunde

Der Aufbau der Bodenbeschichtung, wie exemplarisch in Abb. 3 dargestellt, beinhaltete stets eine auf dem Untergrund und ohne Dichtungsschicht applizierte, sandgefüllte und abgesandete Verschleißschicht mit einer Deckversiegelung. Die Befunde wurden in allen gängigen begeh- und befahrbaren Oberflächenschutzsystemen mit Absandung festgestellt. Allen Oberflächen war eigen, dass die Deckversiegelung keine ausreichende Schichtdicke aufwies, um die hervorstehenden Gesteinskörner vollflächig zu bedecken. Es traten immer wieder Perforationen in der Deckversiegelung auf.

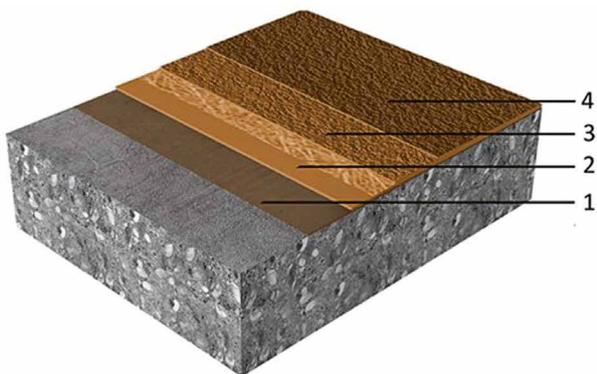


Abb. 3: Exemplarische Darstellung eines Bodenbeschichtungssystems in Schichtaufbau aus
 1. Grundierung
 2. Dichtungsschicht
 3. Verschleißschicht
 4. Deckversiegelung
 Quelle: Sika Deutschland GmbH sikafloor-prontorb-58.pdf

Abb. 4 und Abb. 5 zeigen in der Draufsicht exemplarisch die Verfärbungen. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Verfärbungen von einem Korn ausgehen und dass sich auf der Beschichtungs Oberfläche über diesen Punkt hinaus konzentrisch eine gefärbte Korona mit nach außen abnehmender Farbintensität eingestellt hat. Die Färbung in der Abstufung gelblich-rötlich-braun erinnert an frisch entstandenen Eisenrost. Ebenfalls ist festzustellen, dass die Körner häufig in flachen

Mulden vorliegen, die nach Regenereignissen mit Wasser gefüllt sind.

Des Weiteren ist auf Abb. 4 auffallend, dass sich an mehreren Kornspitzen der Sandeinstreuung in der Deckschicht Einrisse gebildet hatten. Das zeigte ebenfalls die sehr dünn applizierte Deckversiegelung. In Abb. 5 liegt sogar die meiste Gesteinskörnung frei.

Aus dem Beschichtungsaufbau sind Kleinproben mit jeweils verfärbtem Korn einschließlich darauf haftenden Beschichtungsresten herauspräpariert und ins Labor gebracht worden.

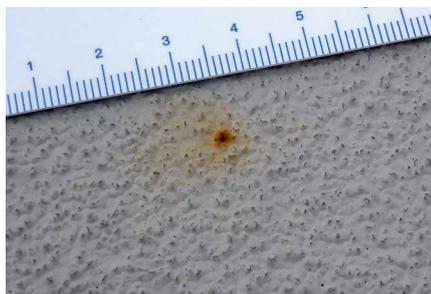


Abb. 4: Exemplarische Darstellung einer Verfärbung (Parkdeck)

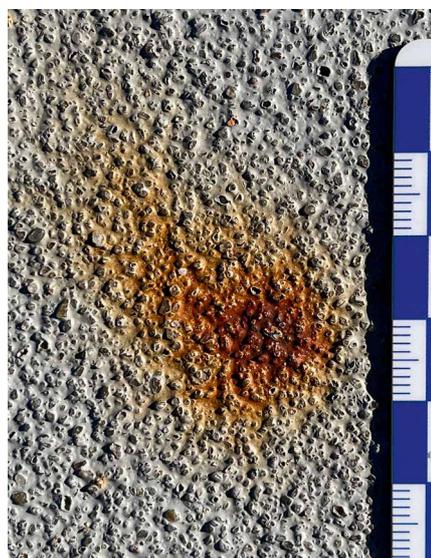


Abb. 5: Nahaufnahme des Verfärbungs-Korrosionspunktes mit Saum (Brücke)

3. Analytische Laboruntersuchungen zu den Verfärbungen

3.1 Sanduntersuchungen

Aus Rückstellproben zum verwendeten Sand wurde eine Sandmenge entnommen, die auf einem Quadratdezimeter Papier flächig verteilt werden konnte. Diese Sandmenge wurde mit Wasser besprüht. Nach zwei Stunden wurde das Papier auf Verfärbungen untersucht. Das Ergebnis ist in der Abb. 6 dargestellt. Bereits bei dieser geringen und zufällig gewählten Sandmenge traten nach kurzer Zeit Verfärbungen auf dem Papier auf.

Die auf einem Quadratdezimeter auftretenden drei verfärbten Körner zeigten

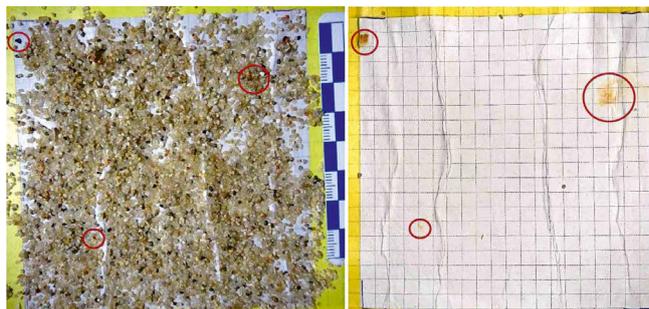


Abb. 6: Zufällig entnommene und benetzte Probe vor und nach der Benetzung

bereits nach kurzer Zeit eine Reaktion auf Wasser. Die Korrosion der eisenoxidhaltigen Produkte dauert jedoch für gewöhnlich um einen großen Faktor länger, bis sich durch Oxidation Korrosionsprodukte gebildet und sich die Verfärbungen an der Oberfläche in der vorhandenen Intensität eingestellt haben.

3.2 Mikroskopische und raster-elektrodenmikroskopische Aufnahmen

Abb. 7 bis Abb. 12 zeigen einige mikroskopische Aufnahmen der färbenden Korneinschlüsse im Zentrum der gelblich-rötlich-braunen Korona, die gefärbten Bereiche der einzelnen Proben in etwas vergrößerter Form sowie die genau identischen Stellen der Proben in einer raster-elektronenmikroskopischen (REM) Aufnahme. Auch hier erkennt man, dass sich der Korneinschluss von der rings umgebenden Bindemittelmatrix der Deckbeschichtung abgetrennt hat.

Bei den entnommenen Proben sind die betreffenden Korneinschlüsse entsprechend präpariert und im REM einer energiedispersen Röntgenspektroskopie unterzogen worden. Daraus kann eine Detektion der chemischen Elemente (Atome) der Proben abgeleitet werden.

Die Ergebnisse dieser Röntgenspektroskopie sind in Abb. 13 in jeweiligen Rechteckmessfeldern erfasst, welche direkt über die jeweiligen Korneinschlüsse projiziert worden sind. Für alle Proben sind mittels Röntgenspektroskopie vorhandene Elemente ermittelt worden. Diese sind durch Kürzel der für die Verfärbung relevanten Atome (oben links in der farbigen Messfläche) und die Quantifizierung derselben in Prozent (oben rechts in der Messfläche) dokumentiert.

In einer Zusammenstellung, dargestellt in Diagramm 1 und Diagramm 2, sind zehn, bezüglich der aufzuklärenden Verfärbungen, relevante Elemente ausgewählt und dort in Masse-% der in der Probe auftretenden Menge eingetragen worden.

Diesen Elementen sind dann die jeweiligen messtechnisch erfassten Mengen in Prozent zugeordnet worden.

Die qualitative Detektion der chemischen Elemente sowie deren quantitative Ermittlung ist exemplarisch für einige Proben mit den Bezeichnungen 1, 3, 5 und 6 dargestellt.

4. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Die analytischen Ergebnisse haben gezeigt, dass die betreffenden Korneinschlüsse aus folgenden Bestandteilen bestehen, bzw. solche Bestandteile enthalten:

- a) Hämatit Fe_2O_3 , Eisenoxid
- b) Goethit $FeO(OH)$, Eisenoxidhydroxid
- c) Pyrit FeS_2 , Schwefelkies

Diese Mineralien liegen in der Regel in Erzlagerstätten vor, können jedoch auch in andere geologische Lagerstätten gelangen. Die genannten Mineralien sind normalerweise nicht magnetisierbar. Durch Temperung können sie jedoch partiell in einen magnetisierbaren Zustand versetzt werden.

Den Mineralien a) und b) sind im sichtbaren Spektralbereich des Lichts gelblich-rötlich-bräunliche Färbungen zu eigen. Wenn sie verwittern, kann sich daraus eine Farbintensivierung sowie eine strukturelle Auflösung entwickeln.

Höchstwahrscheinlich wurden die Korneinschlüsse über Fehlstellen in der quarz-sandhaltigen Verschleiss-/Deckschicht/Versiegelung von Niederschlagswasser erreicht. Das gefärbte Eluat ist somit an die Beschichtungs Oberfläche gelangt.

In diesem Zusammenhang sei der Hinweis erlaubt, dass auf ungeschützten Stahlbauteilen im Freien unter atmosphärischen Bedingungen Korrosionsprodukte entstehen, die chemisch betrachtet genauso Hämatit bzw. Goethit sind (wie oben definiert). Diese Oxidation bezeichnet man trivial als Rosten. Die vorliegenden Färbungen sind jedoch nicht durch einen solchen Mechanismus entstanden, sondern sind bereits urzeitliche Eisenoxide/-hydroxide, die durch Eluieren auf die Oberfläche der Beschichtung kapillar ausgespült wurden.

Das Mineral c) Pyrit ist anfänglich ein hartes Mineral, kann im Verlauf von erdgeschichtlichen Zeiträumen verwittern und wird dann »weicher«. Aus Beobachtungen und Untersuchungen an Betonbauwerken ist bekannt, dass Betonzuschläge Pyriteinschlüsse enthalten können, die sich unter atmosphärischen Bedingungen treibend und färbend (grünlich-grau) bemerkbar machen.

Vorliegend kann jedoch ausgeschlossen werden, dass Pyrit an den Verfärbungen der Bodenbeschichtung beteiligt ist, da diese sofort nach Wasserbeauf-

schlagung entstanden sind und pyritartige Einschlüsse erst einige Monate bis Jahre benötigen, um an der Oberfläche zu oxidieren und diese zu verfärben.

5. Fazit und Ausblick

Die Befunde ergaben eine Kontamination des Sandes mit Eisenoxid- und Eisenhydroxid-Körnern. Das Vorkommen dieser Verbindungen in Abstreusand ist in der Menge, die an der Rückstellprobe festgestellt wurde, eher ungewöhnlich hoch.

Die Erklärung für das plötzliche Auftreten der Verfärbung auf der Fläche, die bereits nach dem ersten Regenschauer zu sehen waren, ist auf Grund der Untersuchungsergebnisse recht eindeutig. Die vorliegende Kontamination des Sandes – in der Umgangssprache bekannt als Rost – benötigte nur einmalig eine Wasserzugabe, um sich als Eluat auf der Oberfläche färbend zu verteilen.

Nach Aussage einiger Quarzsandhersteller sind die derzeit erschlossenen Gewinnungsstandorte mit diesen Verbindungen kontaminiert. Ein vollflächiges Reinigen des Quarzsandes von den Verunreinigungen ist technisch nicht immer möglich.

Um vorbeugend die Verfärbungen zu identifizieren, kann vor der Verwendung des Quarzsandes eine Kontaminationsprobe, wie in Abb. 6 dargestellt,

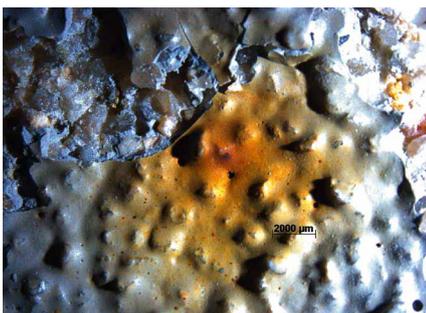


Abb. 7: Färbendes Korn der Probe 1



Abb. 8: Färbendes Korn der Probe 1, Nahaufnahme

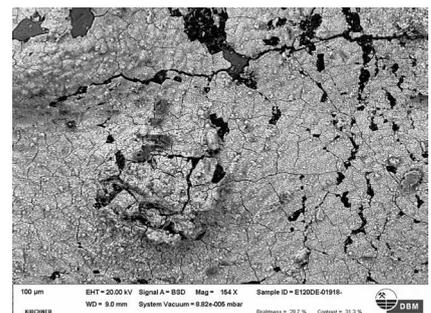


Abb. 9: REM Aufnahme der Probe 1

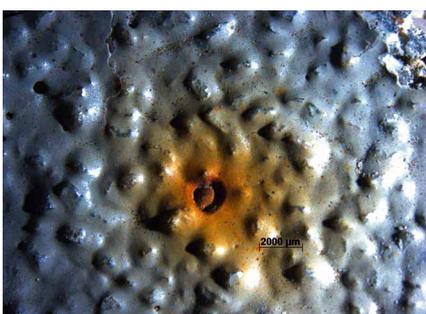


Abb. 10: Färbendes Korn der Probe 6



Abb. 11: Färbendes Korn der Probe 6, Nahaufnahme

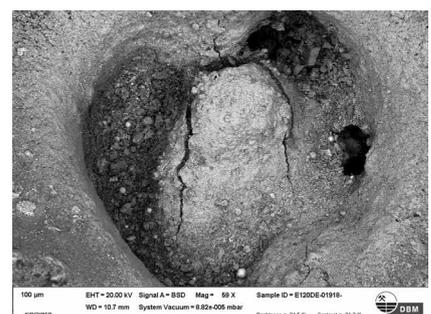


Abb. 12: REM Aufnahme Probe 6

durchgeführt werden. Ferner sollte die Deckversiegelung so gewählt und ausgeführt werden, dass diese die Oberfläche vollständig bedeckt. Leider wird die Verfärbung dann mit der Alterung und dem Verschleiß der Deckversiegelung auftreten, aber dann nur vereinzelt in ausgewählten Bereichen. Anzumerken ist aber, dass diese Oberflächenverfärbungen während der Flächennutzung sowie durch Verschmutzungen, nicht so deutlich auffallen werden.

Wenn eine Verfärbung bereits eingetreten ist, kann entweder eine Kostenminderung durch den optischen Mangel erfolgen oder eine Nachbesserung durch einen Abtrag der Deckversiegelung sowie einer Teil-Applikation der Verschleißschicht und Neuauftrag der vollflächigen Versiegelung ausgeführt werden.

Weitere Ausführungsvarianten zu Mängelbeseitigungen werden zurzeit experimentell durchgeführt. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass eine Reinigung der Flächen möglich ist und können bei Bedarf per Mail erfragt werden.

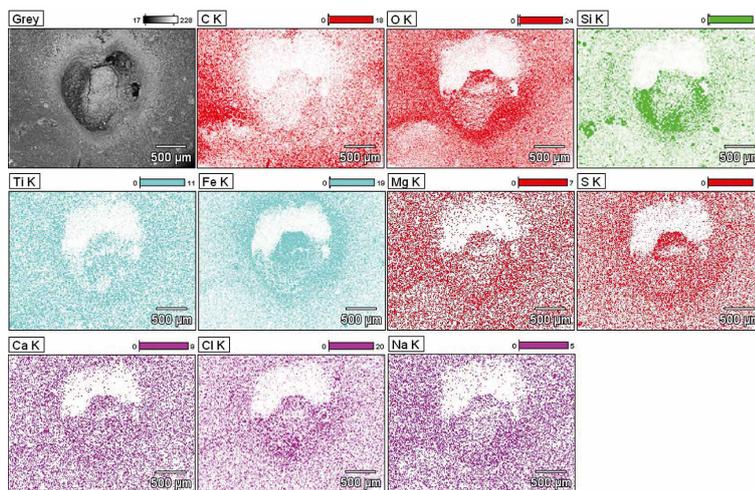


Abb. 13: Elementdarstellung der REM Aufnahme der ausgewählten Probe, als exemplarische Darstellung

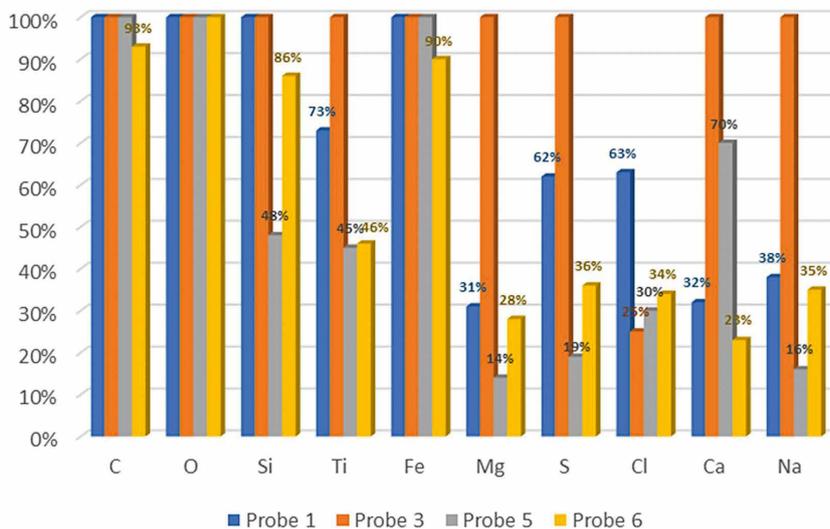


Diagramm 1: Elemente (Atome) der Proben 1, 3, 5 und 6 angegeben in Masse-% bezogen auf die Gesamtmenge

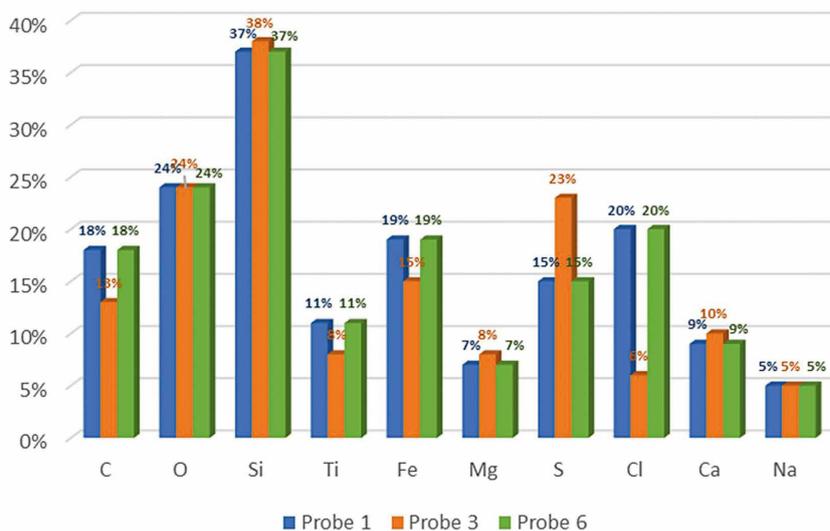


Diagramm 2: Auftreten der Elemente (Atome) der Proben 1, 3, 5 und 6 angegeben in Masse-%

Die Autorin



Dipl.-Ing. Helena Eisenkrein-Krebsch

zert. Sachverständige für Schäden am Beton und Betoninstandsetzung, Sachverständige für Oberflächenschutzbeschichtung

Nach ihrem Bauingenieurstudium leitete Dipl.-Ing. Helena Eisenkrein-Krebsch von 2005 bis 2011 das Prüflabor für Beschichtungsstoffe an der TU Dortmund. Ab 2011 war sie Geschäftsführende Gesellschafterin des Institutes für Betontechnologie und Oberflächenschutz – IBOS GmbH. Seit 2019 ist sie Niederlassungsleiterin der Engineering West der Kiwa GmbH mit Schwerpunkten der Bauwerksdiagnostik und Instandsetzungsplanung.

Anfragen für gerichtliche Sachverständigen-gutachten: sv-hek@dohest.de

Kiwa GmbH
 Alexanderstr. 50
 45472 Mülheim a.d.R.
 Tel. 0179 78 45 660
 helena.eisenkrein-krebsch@kiwa.com