

Aus Schäden lernen!

Philipp Truffer, dipl. Bauing. ETH/SIA
Truffer Ingenieurberatung AG, Lalden, Schweiz

Zusammenfassung

Industrieflächen aus Beton unterliegen den verschiedensten Anforderungen an ihre technische Gebrauchstauglichkeit und an ihr Aussehen. Die Erfahrungen zeigen, dass, obwohl das technische Wissen und die diesbezüglichen Erkenntnisse der Fachwelt schon länger zur Verfügung stehen, in der Praxis immer wieder elementarste Regeln in der Planung und Ausführung von Industrieböden missachtet und nicht berücksichtigt werden. Die dadurch entstehenden Schäden verursachen hohe Kosten für die Instandsetzung und bringen diese Bauweise in ungerechtfertigter Weise in Verruf. Anhand von konkreten Beispielen wird im vorliegenden Bericht auf die Problematik von Frühschwindrissen, von fehlerhaften Fugenausbildungen, von falschen Versprechungen und schliesslich auf die noch wenig erforschte Problematik von AKR-Schäden bei Industrieböden eingegangen. Dies vor dem Hintergrund, dass man aus Fehlern lernen kann.

1. Ausgangslage

Jeder kann Fehler machen, nur sollte man nicht zweimal den gleichen machen! Diese alt bekannte Weisheit wird im Bauwesen häufig nicht wahrgenommen bzw. mit grossem Erfolg verdrängt. So muss jeder schliesslich seine eigenen Erfahrungen mit Mängeln und Schäden machen. Man schämt sich, seine eigene Unvollkommenheit gegenüber den Kollegen und der Konkurrenz kund zu tun. Dabei kann man aus Fehlern, auch von anderen, immer lernen.

Nachfolgend sollen an einzelnen Beispielen aus der Praxis mögliche Schäden und deren Ursachen aufgezeigt werden. Dabei soll es keineswegs darum gehen die Beteiligten an diesen Schadenfällen blosszustellen, sondern darum, aus den aufgetretenen Schäden zu lernen und nicht die gleichen Fehler bei eigenen Projekten zu wiederholen.

2. Fallbeispiel 1: Risse bei einem flügelgeglätteten Industrieboden

2.1 Ausgangslage

Beim vorliegenden Fallbeispiel handelt es sich um eine in zwei Etappen ausgeführte Bodenplatte (Breite 16 m, Länge 51 m) einer Gewerbehalle (siehe Abb. 2-1). Die Bodenplatte mit einer Schichtstärke von 28 cm wurde nach dem Einbringen des Betons abgeflügelt (Monobeton). Vor dem Abflügeln wurde dem Beton ein Einstreustoff zur Oberflächenvergütung beigegeben. Auf

die fertige Oberfläche wurden keine weiteren Schichten aufgebracht. Für die Bodenplatte wurde ein Beton C30/37 mit der Expositionsklasse XC4 (w/z kleiner 0.5) eingebaut.

Bereits kurz nach Inbetriebnahme wurden seitens des Bauherrn aufgetretene Risse in der Bodenplatte beanstandet.



Abb. 2-1 Draufsicht auf die in zwei Etappen ausgeführte Bodenplatte

2.2. Schadensbild

Auf der abgeflügelteten Bodenplatte zeigten sich praktisch über die gesamte Fläche Risse. Neben relativ grossen (Rissweiten bis über 1.0 mm), eher langgezogenen, gerichteten Rissen (siehe Abb. 2-2) wurden in einzelnen Bereichen auch typische Netzkrisse festgestellt. Zum Teil wurden waren bei einzelnen Rissen die Rissflanken abgebrochen und es waren lokale Ausbrüche zu erkennen.



Abb. 2-2 typischer langgezogener Riss in der Bodenplatte

Im Bereich der klaffenden Risse wurden gezielt Bohrkern gezogen (siehe Abb. 2-3). Dabei zeigte es sich, dass es sich um durchgehende Trennrisse handelte. Die Risse waren vorwiegend kornumrandend, teilweise jedoch auch kornbrechend.



Abb. 2-3 Bohrkern d=50 mm aus der Bodenplatte

Einzelne Bohrkern wurden gespalten und die Spaltflächen mit einer Indikatorflüssigkeit (Phenolphthalein) besprüht. Der Farbumschlag von durchsichtig auf violett markiert dabei die Karbonatisierungstiefe. Der Bohrkern in Abb. 2-4 zeigt, dass die Rissflanken ebenfalls im ähnlichen Ausmass wie an die Oberfläche der Bodenplatte karbonatisiert waren.

Die ebenfalls durchgeführten mikroskopischen Gefügeanalysen an Dünnschliffen zeigten zudem, dass vereinzelte Makrorisse kornbrechend waren (siehe Abb. 2-5). Die ungleichförmigen Lunkern im Beton wiesen auf eine nicht optimale Konsistenz bei der Verarbeitung hin.

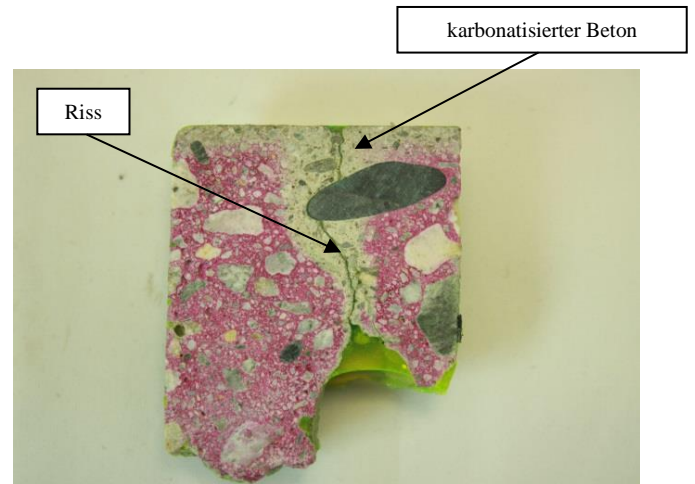


Abb. 2-4 gespaltenen Bohrkern, mit Indikatorflüssigkeit besprüht

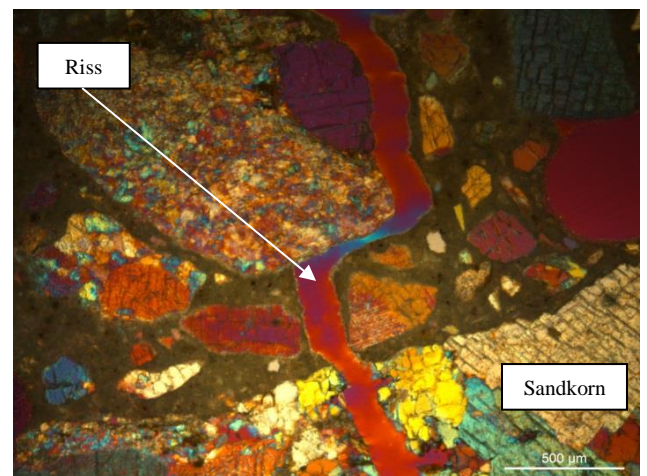


Abb. 2-5 Dünnschliffmikroskopie, Polarisation ca. 3-4 mm von der Oberfläche Vergrößerung 50x, Bildausschnitt ca. 2.5 x 2.0 mm

2.3. Schadensursachen

Bei den klaffenden Rissen in der Bodenplatte handelt es sich um Fröhschwindrisse, welche auf einen kapillaren Wasserverlust durch Verdunstung im noch plastischen Zustand des Betons zurückzuführen sind. Diese Risse entstanden im noch nicht abgebandenen Beton (grüner Beton).

Die Auswertungen der Meteorodaten während den beiden Betonierterminen zeigte folgendes auf. Beim Betonieren der ersten (stärker geschädigten) Etappe der Bodenplatte herrschten Lufttemperaturen von 29 °C. Die relative Feuchte betrug rund 25 % und zudem herrschte noch Wind mit maximalen Geschwindigkeiten von über 30 km/h. Bei der zweiten Etappe waren die klimatischen Randbedingungen nur unwesentlich günstiger.

Nach Rücksprache mit dem Unternehmer hatte dieser erst nach dem Abscheiben der Betonoberflächen mit der Nachbehandlung begonnen (vollflächiges Abde-

cken mit einer PE-Folie (Bauplastik)). In der Liegezeit, d.h. der Zeit zwischen dem Einbringen des Betons und dem Beginn des Abscheibens wurden keine Massnahmen zur Vermeidung der Austrocknung des Betons getroffen.

Die Frühschwindrisse sind auf die ungünstigen meteorologischen Randbedingungen und die fehlende Nachbehandlung zwischen dem Einbau und der Oberflächenbearbeitung des Betons zurückzuführen. Die Verwendung eines Betons mit einem reduzierten Wasser-Zement-Wert führt vielfach zu einer verringerten Wasserabsonderung (Bluten) an der Oberfläche des Betons. Die Betonoberfläche trocknet dadurch bereits kurze Zeit nach dem Einbau ab und erste Trocknungsrisse entstehen. Durch die Verdunstung des Wassers an der Bauteiloberfläche entwickelt sich ein Kapillardruck bis hin zur Rissbildung. Diese Frühschwindrisse werden dann häufig beim anschließenden Abscheiben oberflächlich verschmiert und brechen dann später durch das Trockenschwinden wiederum auf.

Die kornbrechenden Risse in der Betonplatte können hingegen nicht mit dem Frühschwindrissmodell erklärt werden. Diese Risse sind auf ein verstärktes Trockenschwinden zurückzuführen.

2.4. Schadensvermeidung

Bei der Herstellung von Industrieflächen stellt die Zeit nach dem Einbau des Betons und dem anschließenden Flügelglätten eine kritische Phase dar. Einerseits muss der ideale Zeitpunkt für den Beginn des Flügelglättens erwirkt werden (Glättfenster). Technisch muss dieser kurz oder bei Beginn des Erstarrens (Betonoberfläche mattfeucht und trittfest) liegen und bei Erstarrungsende müssen die Glättarbeiten abgeschlossen sein. Der ideale Zeitpunkt variiert je nach klimatischen Randbedingungen, Betonzusammensetzung oder verwendetem Fließmittel.



Abb. 2-6 Betonoberfläche nach zu spätem Glätten

Wird der Beton zu früh bearbeitet, kommt es vielfach zu einer Zementleimanreicherung an der Oberfläche. Bei einer zu späten Bearbeitung kann es zu Gefügestörungen im erhärtenden Beton kommen (siehe Abb. 2-6).

In der Praxis liegt es primär an der Erfahrung der Glättemannschaft den „richtigen“ Zeitpunkt für den Beginn des Glättens einzuschätzen. Eine weitere Möglichkeit zur quantifizierbaren Festlegung des optimalen Glättebeginns bietet der Einsatz der Betonsonde nach Humm (siehe Abb. 2-7). Für die Bestimmung des Erstarrungszustandes des Betons wird über ein Fallgewicht eine bestimmte Energie in Form von Schlagarbeit auf die Oberfläche der Betonfläche gebracht. Die sich daraus ergebende Eindringtiefe beschreibt das Erstarrungsverhalten.



Abb. 2-7 Einsatz der Betonsonde nach Humm

Die Herstellung von hochwertigen Betonoberflächen erfordert andererseits eine sorgfältige und ausreichend lange Nachbehandlung (Nachbehandlungskonzept). Die Norm EN 13670 [1] äusserst sich hierzu wie folgt. „Nach Abschluss des Verdichtens und der Oberflächenbearbeitung des Betons ist die Oberfläche unverzüglich nachzubehandeln. Soll die Rissbildung an der freien Oberfläche infolge Frühschwindes vermieden werden, ist eine zwischenzeitliche Nachbehandlung vor der Oberflächenbearbeitung durchzuführen.“

Die durch den Wasserverlust entstehenden Kapillarspannungen gehen sofort zurück, sobald der Oberfläche wieder Wasser zugeführt wird bzw. wenn verhindert wird, dass die Randzone des Betons austrocknet.

Folglich ist es bei der Herstellung von Betonplatten wichtig, dass neben der finalen Nachbehandlung auch dem temporären Verdunstungsschutz in der Liegezeit genügende Bedeutung zugemessen wird. Dies ist insbesondere bei hohen Verdunstungsraten (hohe Lufttemperaturen, niedrige Luftfeuchtigkeiten und erhöhte

Windgeschwindigkeiten), hohen Feinststoffgehalten und spätem Erstarren des Betons wichtig. Es gibt hierzu in der Zwischenzeit baustellentaugliche Kapillardrucksensoren, welche es erlauben den idealen Zeitpunkt der Nachbehandlung festzulegen bzw. nicht zu verpassen [8].

Bei einem Zwischennachbehandlungsmittel handelt es sich um einen sprühfähigen Verdunstungsschutz, der direkt nach dem Betoneinbau bzw. Abziehen auf die frische Betonoberfläche appliziert wird [4]. Die Sperrwirkung des Mittels reduziert die Verdunstungsrate und ermöglicht eine effektive Nachbehandlung in den relevanten ersten Stunden nach dem Betonieren.

Normalerweise werden Curing Compounds auf die mattfeuchte Betonoberfläche aufgesprüht. Die Zwischennachbehandlungsmittel (auf dem Markt gibt es speziell für diese Anwendung konzipierte Mittel) werden hingegen auf die frische Betonoberfläche (Wasserfilm) aufgetragen. Es können folglich deutliche und unkontrollierte Wirkungsverluste auftreten [4].

Die Applikation eines Zwischennachbehandlungsmittels auf die Betonoberflächen entbindet die Beteiligten in keinem Fall von zusätzlichen Massnahmen nach dem Abscheiben der Oberflächen (finale Nachbehandlung).

2.5. Instandsetzung

Bei den vorhandenen Rissen kann es durch die Befahrung mittels rollenbestückten Wagen zu Rissflankenbrüchen kommen. An einigen Stellen zeichnete sich dieses Schadensbild bereits ab. Es ist insgesamt mit einer Zunahme der entsprechenden Schäden zu rechnen. Rissflankenbrüche werden bei befahrbaren Industrieböden aus Beton als Verschleisserscheinung eingestuft. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Wahl der Räder, mit welchen ein Boden befahren wird, einen dominierenden Einfluss auf die Rissflankenbruchneigung hat. Dabei spielen das Reifenmaterial wie auch die Rollenabmessungen eine wesentliche Rolle. Die Rissbreite hat hingegen nur einen geringen Einfluss, wogegen der Rissverlauf (Verästelungen) sowie die Ausführungsqualität der Oberfläche einen weit deutlicheren Einfluss auf die die Rissflankenbruchneigung hat.

Die Rissentwicklung, insbesondere bei den Frühwindrissen, ist abgeschlossen, so dass im vorliegenden Fall ein kraftschlüssiges Verbinden der Trennrisse vorgeschlagen wurde.

Die Trennrisse wurden hierzu keilförmig bis auf eine Tiefe von rund 15 mm, d.h. oberhalb der Bewehrung, angeschliffen. Anschliessend wurde ein niedrigviskoser Epoxidharz drucklos vergossen (siehe Abb. 2-8). Die

erforderliche Fülltiefe wurde vorgängig festgelegt und durch Bohrkernnahmen kontrolliert.



Abb. 2-8 Vergiessen eines Trennrisses mit einem niedrigviskosen Epoxidharz

3. Fallbeispiel 2: fehlerhafte Fugenplanung und –ausführung bei einem Designboden

3.1 Ausgangslage

Beim nachfolgend beschriebenen Fallbeispiel handelt es sich nicht um einen Industrieboden sondern um einen eingefärbten Designboden in einem neu erstellten Schulhaus. Auf Zementestrichen (CT C20-F4) und auf Calciumsulfatestrichen (CA-C20-F4) wurde ein zementgebundener, polymermodifizierter Spachtelbelag (Baustoffklasse A2 fl-s1 gem. EN 13501-1) in einer variablen Schichtstärke zwischen 6 und 15 mm eingebaut. Die Bodenflächen wurden mittels speziellen Fugenprofilen in Einzelfelder unterteilt (siehe Abb. 3-1). Insgesamt wurden über 2000 Laufmeter Fugen verarbeitet.



Abb. 3-1 eingebautes Bewegungsprofil

Es handelt sich dabei um ein selbstklebendes Fugenprofil für Bewegungsfugen. Die Fugenbreite beträgt dabei 10 mm. Für die konkrete Fugenausbildung wurde kein Detailplan erarbeitet.

3.2 Schadensbild

Kurz nach dem Einbau des Spachtelbelags traten bei zahlreichen Fugen (Feldbegrenzungsfugen) fugenparallele Risse auf. Die Risse hatten sich dabei hauptsächlich im Belag und teilweise zwischen Fugen und Belag gebildet (siehe Abb. 3-2 und 3-3). Ausserhalb des Fugenbereichs d.h. auf den Belagsflächen konnten keine Risse festgestellt werden. Zum Teil waren im Bereich der Risse Materialablösungen und –abplatzungen vorhanden.

Zusätzlich zu den Rissen im Bodenbelag wurde seitens des Auftraggebers die Ungleichmässigkeit im Spachtelbelag bemängelt. Auf diese Problematik soll im vorliegenden Bericht jedoch nicht weiter eingegangen werden.



Abb. 3-2 fugenparallele Risse beidseitig der elastischen Fuge

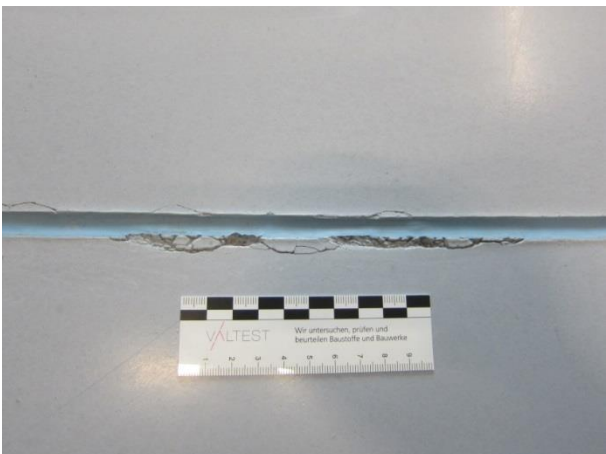


Abb. 3-3 fugenparallele Ausbrüche und Materialablösungen

3.3 Schadensursache

Aufgrund des regelmässigen Auftretens der Risschäden musste im vorliegenden Fall von einem systematischen Fehler in der Planung und/oder Ausführung ausgegangen werden. Nur mit Mühe konnten die Beteiligten überzeugt werden, dass für die Ursachenfindung eine Bohrkernnahme im Bodenbelag erforderlich war. Schliesslich konnten an zwei Stellen Bohrungen durchgeführt werden.

Die beiden entnommenen Bohrkern im Bereich der Risschäden wurden makroskopisch begutachtet. Dabei konnte folgendes festgestellt werden:

- Bei beiden Proben war das geplante Bewegungsprofil nicht über die gesamte Höhe des Calciumsulfatestrichs eingebaut worden (siehe Abb. 3-4 und 3-5).
- Der Bereich oberhalb des Bewegungsprofils war mit einer nicht elastischen zementösen Masse ausgefüllt. Konstruktiv war über dem eingebauten Profil effektiv keine Fugenausbildung vorhanden.
- Im Calciumsulfatmörtel waren in der Verlängerung des Bewegungsprofils Risse vorhanden, welche bis in den Spachtelbelag durchgeschlagen waren.

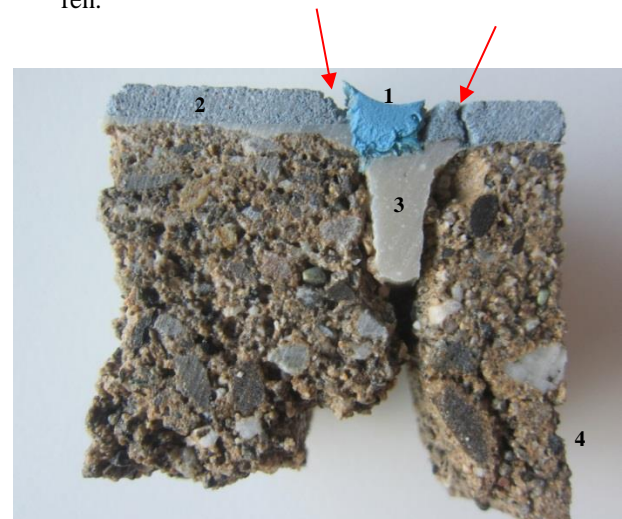


Abb. 3-4 Bohrkern BK.01, $d=50$ mm, aufgeschnitten
1 Silikonfuge
2 Spachtelbelag
3 Fugenausfüllmaterial, starr
4 Calciumsulfatestrich
5 Bewegungsprofil

Die Pfeile in den Abbildungen 3-4 und 3-5 markieren die Risse an der Belagsoberfläche.

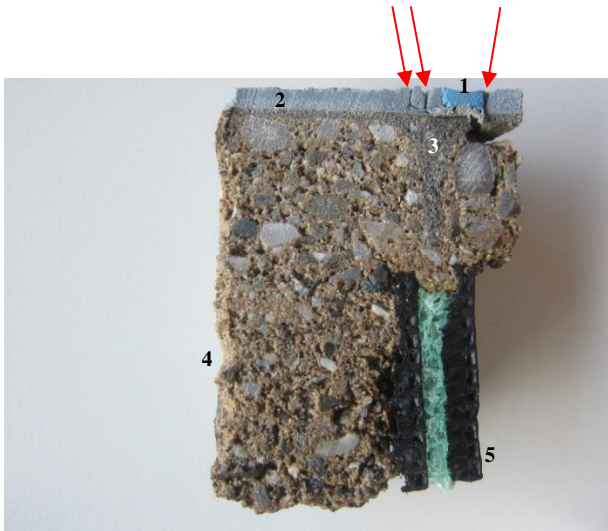


Abb. 3-5 Bohrkern BK.02, $d=50\text{ mm}$, aufgeschnitten

Die Untersuchungen zeigten, dass die Ursache für die Risschäden im Spachtelbelag auf eine mangelhafte Ausbildung der Bewegungsfugen zurückzuführen war. Die vom Systemlieferanten zur Verfügung stehenden Profiltypen waren für die vorliegende Anwendung zu wenig hoch. Die starre konstruktive Ausbildung der Fugen über dem Bewegungsprofil hatte zu den vorgefundenen Risschäden geführt.

3.4 Fazit

Das beschriebene Schadensbild belegt eine Tatsache, welche häufig im Zusammenhang mit Schäden von Belägen und Beschichtungen auftritt. Obwohl in der Fläche der Systemaufbau und die Verarbeitung fachgerecht ausgeführt wurde, werden vielfach die Details wie Fugen, Bauteilanschlüsse und Durchdringungen nicht geplant und folglich auch nicht fachgerecht ausgeführt.

Im vorliegenden Fall mussten sämtliche Fugen ausgebaut und fachgerecht ausgeführt werden.

4. Fallbeispiel 3: falsche Versprechungen bei einer Parkdeckbeschichtung

4.1 Ausgangslage

In einem Ferienhaus mit einem hohen Ausbaustandard wünschte sich der Bauherr einen Designbelag (wie auch immer dieser definiert war) in seiner Autoeinstellhalle. Die beteiligten Planer und Handwerker haben den Wunsch des Auftraggebers nachgegeben.

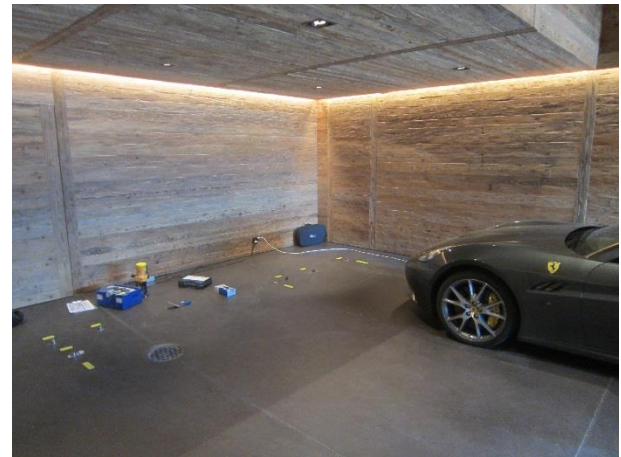


Abb. 4-1 Einstellhalle

Auf einem schwimmend eingebauten Zementestrich wurde ein mineralischer Spachtelbelag mit einer wässrigen, zweikomponentigen Epoxidharz-Versiegelung aufgebracht.

Relativ nach kurzer Zeit nach der Inbetriebnahme des Gebäudes bemängelte der Bauherr jedoch die Qualität des Bodenbelags in der Einstellhalle.

4.2 Schadensbild

Das vorgefundene Schadensbild lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- An einigen lokalen Stellen hatte sich die Beschichtung bis auf den Zementestrich abgelöst (siehe Abb. 4-2).
- Ebenfalls nur lokal an einigen wenigen Stellen hatte sich die Versiegelung vom Untergrund abgelöst (siehe Abb. 4-3).
- An zahlreichen Stellen waren Verfärbungen und Wolkenbildungen in bzw. auf der Beschichtung erkennbar.



Abb. 4-2 lokale Ablösung der gesamten Beschichtung vom Zementestrich

- Beim manuellen Abziehen von Klebebändern auf der Versiegelung blieben Teile der Versiegelung darauf haften (siehe Abb. 4-4).



Abb. 4-3 lokale Ablösung der Versiegelung vom Untergrund

Insgesamt beschränkten sich die Schäden auf lokale Stellen, vielfach in Bereichen wo die Autoreifen über längere Zeit Kontakt zum Untergrund hatten.



Abb. 4-4 abgezogenes Klebeband auf der Versiegelung

4.3. Schadensursachen

Am Objekt wurden Haftzugversuche (siehe Abb. 4-4) durchgeführt. Zusätzlich wurden gezielt Bohrkerne gezogen und diese anschliessend makroskopisch und mikroskopisch untersucht.

Die wesentlichsten Erkenntnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Zum Teil wurde nur eine einlagige und nicht wie vorgesehen zweilagige Versiegelung aufgebracht.
- Teilweise wurde zu wenig Material, sie es bei der Versiegelung oder bei der Beschichtung eingebaut (Minderschichtstärken).
- Die Ablösung der Beschichtung vom Untergrund (siehe Abb. 4-2) war auf eine mangelhafte Untergrundvorbereitung zurückzuführen. Dies zeigt u.a. die oberflächenparallele Ablösung in der obersten

Schicht des Zementestrichs im Dünnschliff in Abb. 4-5.

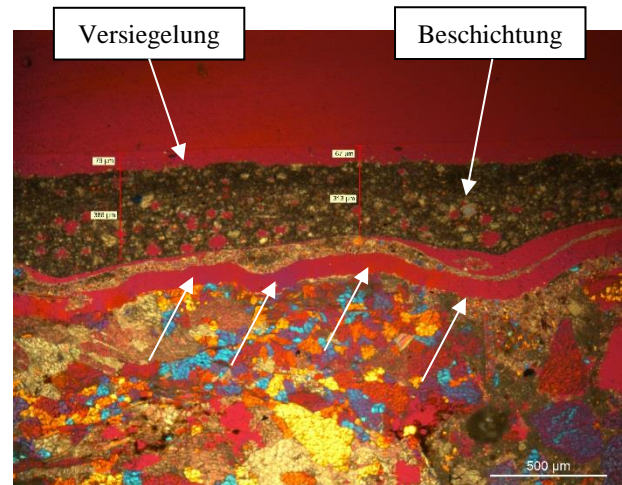


Abb. 4-5 Dünnschliffaufnahme unter doppelt polarisiertem Licht
Vergrößerung 50x, Bildausschnitt ca. 2.5 x 2.0 mm
Die Pfeile markieren die oberflächenparallele Ablösung im Zementestrich.

- Die Verfärbungen in der Versiegelung sind auf eine Weichmacherwanderung aus den Autoreifen zurückzuführen. Die Fahrzeuge blieben während Monaten an der gleichen Stelle in der Einstellhalle.

4.4 Fazit

Dieses Beispiel soll viel weniger auf die technischen Ursachen der aufgetretenen Schäden als auf die konzeptionelle Fehlentscheidung bei der Wahl der Beschichtung eingehen.

Der Entscheid in einer Einstellhalle für Autos einen sogenannten Designbelag einzubauen um somit dem Wunsch des Auftraggebers nachzukommen, ist schon mal an sich sehr fragwürdig. Beim nichtkundigen Auftraggeber stehen primär die ästhetischen und nicht die technischen Aspekte im Vordergrund. Der Projektverfasser muss in einem solchen Fall auf die Einwirkungen (Exposition) in einer Parkhalle hinweisen. Neben den mechanischen Anforderungen aus der Bereifung der Fahrzeuge (glücklicherweise wurden im vorliegenden Fall noch keine Ketten oder nagelbestückten Spikesreifen eingesetzt), kommen noch zusätzliche chemische Einwirkungen aus Chloriden in Kombination mit Feuchte zum Tragen. Den Beteiligten (Planern wie auch Unternehmern) stehen hierzu eigentlich verschiedene geprüfte Parkdecksysteme zur Auswahl. Entsprechend gilt es den Auftraggeber kompetent zu informieren und die getroffenen Abmachungen z.B. in einer Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

5. Fallbeispiel 4: AKR-Schäden bei beschichteten Bodenplatten

5.1 Ausgangslage

Beim Objekt handelt es sich um ein Tanklager mit insgesamt drei Tanks auf entsprechenden Sockeln aufgelagert. Beim Tanklager handelt es sich um eine erdberührte Stahlbetonwanne mit einer Dicke von 20 cm. Diese wurde im Rahmen einer Instandsetzung beschichtet. Bei der Beschichtung handelt es sich um einen rund 2.0 bis 3.0 mm dicken epoxyvergüteten Fließbelag auf Zementbasis.



Abb. 5-1 Bodenplatte und Sockel des Tanklagers

Rund ein halbes Jahr nach der Applikation der Beschichtung wurden auf der Bodenplatte wie auch im Sockelbereich unter den Tanks Risse festgestellt.

5.2 Schadensbild

Das Schadenbild wurde visuell erfasst:

- Die Risse traten an verschiedenen Stellen ohne erkennbare Systematik auf.
- Die Risse wiesen z.T. Aussinterungen und Ausscheidungen auf (siehe Abb. 5-3).
- Es waren keine Ablösungen oder Hohlstellen in der Beschichtung vorhanden. Der Verbund der Beschichtung zum Untergrund war durchwegs intakt.
- An den vertikalen Flächen der Tanksockel waren ebenfalls Risse, vielfach mit Aussinterungen und Ausscheidungen vorhanden.



Abb. 5-2 Rissbild Bodenplatte

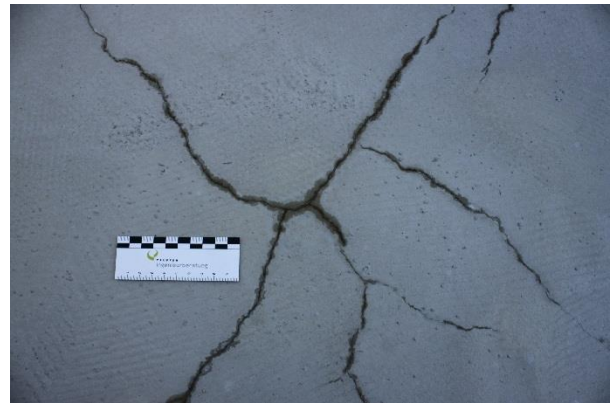


Abb. 5-3 Detail Rissbild
z.T. handelte es sich bei den Ausscheidungen
um Silikagel

5.3 Schadensursachen

Aus dem Bauwerk wurden verschiedene Bohrkern gezogen und anschließend materialtechnologisch untersucht.

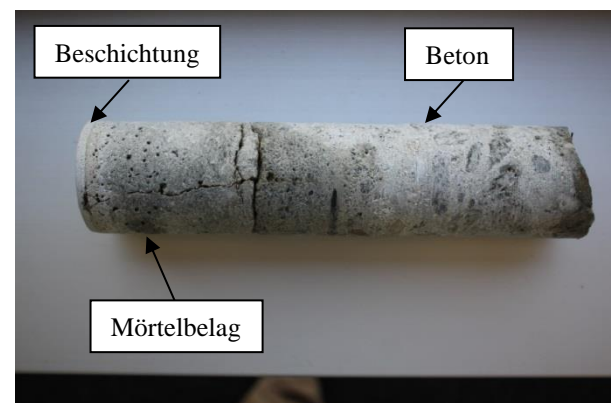


Abb. 5-4 entnommener Bohrkern aus der Bodenplatte

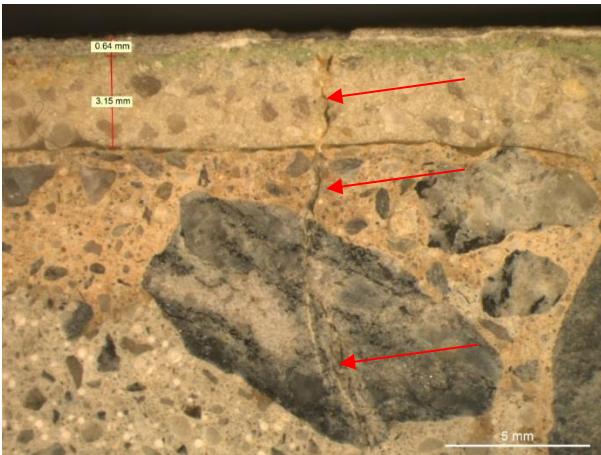


Abb. 5-5 *Anschliff Bohrkern
Die Pfeile markieren den vertikalen kornbrechenden Riss.*

- Anhand der Bohrkern konnte festgestellt werden, dass die Risse aus dem Beton der Bodenplatte in den darüberliegenden Mörtelbelag durchgeschlagen waren. Die entsprechenden Risse haben dann auf der oberflächigen Beschichtung durchgeschlagen (siehe Abb. 5-4 und 5-5).
- Die Risse verliefen senkrecht zur Oberfläche.
- Auf den Schnittflächen der Bohrkern war zu erkennen, dass die Risse im Beton wie auch im Mörtel vielfach kornbrechend waren.
- Die mikroskopischen Gefügeanalysen (siehe Abb. 5-6) an den Dünnschliffen zeigten zudem im Bereich der Zuschlagskörner sowie bei den Luftporen erhöhte Ansammlungen an Silikagel.

Insgesamt wiesen die vorgefundenen Feststellungen auf eine AKR-Schädigung des Betons der Bodenplatte hin. Bei einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton handelt es sich um eine chemische Reaktion bei welcher reaktive Gesteinskörner im alkalischen Milieu unter Anwesenheit von Feuchte zu quellen beginnen. Der Quellvorgang löst im Beton Spannungen aus, welche zu Rissen in den Zuschlagstoffen und in der Zementsteinmatrix führen können.

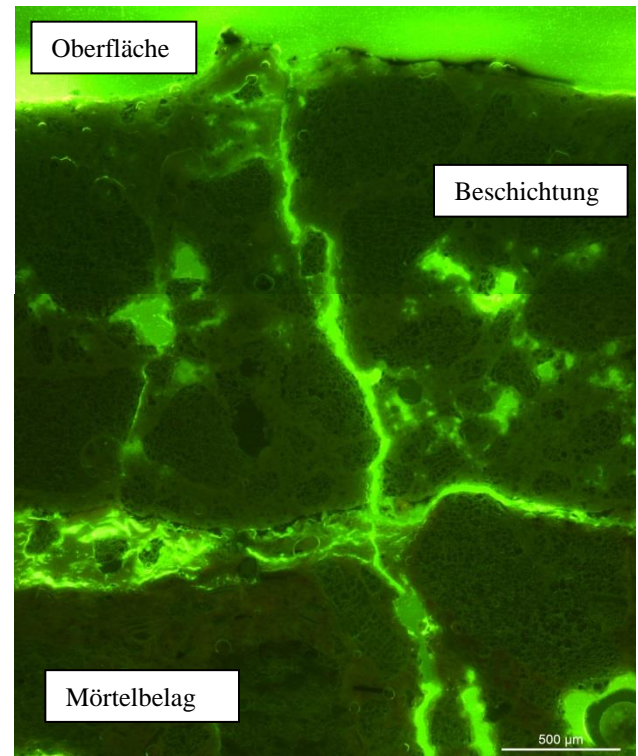


Abb. 5-6 *Dünnschliffaufnahme unter UV-Licht
Vergrößerung 50x, Bildausschnitt ca. 2.5 x 2.0 mm*

5.4. Fazit

Erdberührte Bodenplatten können durch Alkali-Kieselsäure-Reaktion geschädigt sein. Nachträgliche Beschichtungen können u.U. durch den noch nicht abgeschlossenen Quellprozess im Beton ebenfalls geschädigt werden.

Das nachfolgende Beispiel zeigt eine Beschichtung (OS 13) einer Bodenplatte in einem Parkhaus. Die Beschichtung wurde im Rahmen einer Instandsetzungsmassnahme im Alter von rund 15 Jahren nach der Erstellung aufgebracht.



Abb. 5-8 *Blasenbildung in einer Parkdeckbeschichtung*



Abb. 5-9 Blasenbildung in einer Parkdeckbeschichtung

Nach rund 2 Jahren zeigten sich auf der Beschichtung erstmals Blasen im Durchmesser von wenigen Zentimetern (siehe Abb. 5-8 und 5-9). Im Laufe der Jahre wurde auf der Bodenplatte eine nahezu vollflächige Blasenbildung festgestellt. Die Blasen waren nicht mit Flüssigkeit gefüllt. Die Ablösung geschah vorwiegend zwischen Betonoberfläche und Grundierung. Die mikroskopischen Gefügeanalysen an Dünnschliffen bestätigten eine AKR-Schädigung im Beton. Wie bereits in [7] erwähnt, beeinflusst die Alkalireaktivität der Gesteinskörnung im Beton eine Blasenbildung massgeblich.

Die verschiedensten Einflüsse auf die Blasenbildung bei polymeren Beschichtungen auf Beton, wenn dieser alkalireaktive Gesteinskörnungen aufweist, ist aktuell Bestandteil von verschiedenen noch laufenden Untersuchungen.

Es empfiehlt sich in jedem Fall bei bestehenden Bauwerken im Rahmen der Zustandsuntersuchungen auf die Problematik einer bereits vorhandenen AKR-Schädigung im Beton einzugehen und die sich daraus ergebenden Erkenntnisse zu berücksichtigen. Hierzu eignen sich die heute zur Verfügung stehenden Untersuchungs- und Analysemethoden wie die mikroskopische Gefügeanalyse an Dünnschliffen hervorragend.

Literaturverzeichnis

- [1] EN 13670:2009 Ausführung von Tragwerken aus Beton
- [2] Trockenschwinden von Beton
Andreas Leemann, Cathleen Hofmann, EMPA, Abteilung Beton/Bauchemie, Dezember 2009
- [3] Frühschwinden von Beton
Pietro Lura, Andreas Leemann, EMPA, Abteilung Beton/Bauchemie, Dezember 2010
- [4] Zwischennachbehandlungsmittel für Beton – Untersuchungen zum Einfluss auf Beschichtungen von Industrieböden
Iris Marquardt et al., Beton 10/2015
- [5] Oberfläche und Nachbehandlung von Industrieböden aus Beton
Jürgen Krell, Symposium Industrieböden aus Beton, Karlsruhe, März 2007
- [6] Frühschwindrissbildung in flächigen Betonbauteilen – Ursachen und Vermeidung
Stefan Röhling, Heinz Meichsner, Der Bausachverständige 6/2015
- [7] Zum Einfluss alkalireaktiver Gesteinskörnungen auf die Blasenbildung polymerer Beschichtungen auf Beton
Kay A. Boden et al., Bausubstanz 2/2011
- [8] Instrumentation for Optimizing Concrete Curing
Markus Schmidt, Volker Slowik, Concrete International, 08/2013