

25a

Losse toplagen in monoliet afgewerkte betonvloeren

analyse van de oorzaak en aandachtspunten ter voorkoming

Hohlliegenden Oberschichten in monolithisch bearbeiteten Betonböden

**- Untersuchung und Analyse der Ursache und
Hinweise zur Vermeidung**

Studie Zelle 9 / *Stufib* – Stutech – Report 25a-duits

Ir. P.A.M. Maas, M.Sc. (Vorsitzender)
Ir. H. Ouwerkerk, M.Sc. (Sekretaar)

Dr. M.M.R. Boutz (Redaktion)
Ir. J.H. Snetselaar, M.Sc. (Redaktion)
H.H.M. Soen (Redaktion)
Ing. M.B.M. Verbaten, B Eng (Redaktion)

Ir. H. Borsje, M.Sc. (Mentor Stutech, Redaktion)
Ir. G.Chr. Bouquet MICT, M.Sc. (Mentor *Stufib*, Redaktion)

Ing. M. Bijl, B Eng
Ing. J.H. Gepken, B Eng
Ir. G.H.P. Hol, M.Sc.
Ing. J.H. Holthuis, B Eng
Dr. H.J.E.G. Slangen, M.Sc.

Ein *Stufib* - Report ist erst vollständig, wenn das Protokoll der Diskussion über diesem Report in einer *Stufib* – Mitgliederversammlung beigefügt ist.

Copyrights *Stufib*, Nieuwegein, Niederlanden, 2006

Copyrights *Stutech*, 's-Hertogenbosch, Niederlanden, 2006

Stufib und *Stutech* haben diese Veröffentlichung mit dem größt möglichen Sorgfalt zusammengestellt.

Um alle in Schutz zu nehmen die hieran mitgearbeitet haben, schließt *Stufib* und *Stutech* jedoch jeden möglichen Anspruch ,die aus dem Gebrauch und der Anwendung von Daten dieser Veröffentlichung entstehen könnte aus. Die Übernahme vom ganzen Inhalt oder Teile des Inhalts dieses Reports, wird nur mit vorher eingeholter schriftlichen Zustimmung der Autoren und .die der Quelle.

Vorwort

In den letzten Jahren wurden sehr viele Betonböden in Industriegebäuden und Fabriken hergestellt in einem Gesamtbauvolumen von ungefähr 5 Million Quadratmetern pro Jahr, wovon ca. 70% als flachgegründete und ca. 30% als tiefgegründeten monolithischen Betonboden.

Bis 1980 wurden monolithische Betonböden fast ausschließlich mit Fugen hergestellt in Feldgrößen von 25 – 50m². Ab 1980 kam die Anwendung der fugenlosen monolithischen Fußböden in der Gange, um die ständig wachsenden funktionelle Forderungen, z. B. nach Flüssigkeitsdichtheit, erhöhter Ebenflächigkeit, Hygiene, Ästhetik, etc. zu befriedigen.

Diese Betonböden wurden und werden meistens durch sachkundige Ingenieurbüros und Fachplanern konstruiert und durch spezialisierten Bodenverlegerfirmen hergestellt.

Die Zement- und Betonmörtelindustrie stützen diese wichtige Betonanwendung aktiv durch das initiieren von Vorschriften in Form von CUR –Empfehlungen (CUR = holländisches Ziviltechnisches Zentrum Ausführung Research und Vorgabe) und das herbeischaffen von Informationen in Form von Publikationen, Artikel in der Fachzeitschrift Zement und Vorlesungen bei Fachtagungen. Durch diesen Einsatz von vielen fachkundigen und Enthusiasten ist das Ergebnis meistens ein erfolgreiches Produkt womit der Kunde zufrieden ist und wobei viele Fachfirmen in einer ausgezeichneten Weise Ihre Facharbeit ausüben können.

Regelmäßig erhalten die Betriebsleitungen der STUFIB und STUTECH jedoch Informationen aus dem Markt über Schadensfälle bei monolithisch hergestellten Betonböden. Nach Beratung nahmen STUFIB und STUTECH gemeinsam die Initiative auf eine kombinierte STUFIB - STUTECH Studie „Zelle 9“, für das Inventarisieren der wichtigsten Ursachen dieser Schadensfälle und das Geben von praktischen Empfehlungen um diese Schadensfälle zu vermeiden.

Dieser Report enthält eine Analyse von dem Schadensfall, der in der Form entsteht, dass die Oberschicht der monolithisch hergestellten Betonböden hohl liegt, bzw. hoch kommt.

Dieses Phänomen wird bereits den letzten 15 Jahren beobachtet und tritt in ungefähr 1 bis 3% aller monolithischen bearbeiteten Betonböden auf.

Zusammenfassung

Kapitel 1

In diesem Kapitel wird kurz erklärt wie monolithisch hergestellten Betonböden aufgeführt werden.

Kapitel 2

In diesem Kapitel werden praktische Fälle beschrieben, bei denen die Oberschicht hohl liegt bzw. hoch gekommen ist.. Diese Beschreibung bezieht sich auf die Erscheinungsform dieses Schadensphänomens.

Kapitel 3

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Untersuchungsergebnisse, die bei verschiedenen Betonböden mit hohl liegenden Oberschichten ermittelt wurden. Dies bezieht sich sowohl auf der Untersuchung des eingebauten Betons und seine Zusammensetzung, als auf mikroskopische Untersuchungen, die bei einigen entsprechend eingebauten Betonböden durchgeführt wurden.

Kapitel 4

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Analysen der Ursachen für das hohl liegen bzw. hoch kommen der Oberschichten. Diese Analysen basieren auf den Resultaten der Forschung, die wie in Kapitel 3 beschrieben durchgeführt wurde.

Kapitel 5

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Maßnahmen, die ergriffen werden können, um die Gefahr für das hohl liegen bzw. hoch kommen der Oberschichten zu verringern. Hier werden auch Empfehlungen für eine anschließende Forschung gegeben.

Inhaltsübersicht

Vorwort

Zusammenfassung

Inhaltsübersicht

Einleitung

1. Das monolithisch Bearbeiten von Betonböden
2. Praktische Erfahrungen
3. Ergebnisse von Untersuchungen an Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten
 - 3.1 Allgemeine Information
 - 3.2 Eingebaute Betonzusammensetzung
 - 3.3 Mikroskopische Untersuchung
4. Analyse der Schadensursachen
5. Empfehlungen für das Verhindern von hohlliegenden Oberschichten
 - 5.1 Empfehlungen für die gegenwärtige Praxis
 - 5.2 Empfehlungen für eine anschließende Forschung
6. Literatur

Anhänge

1. Resultate der PFM Untersuchung von Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten
2. Checkliste für Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten

Auftrag STUFIB STUTECH Studie Zelle 9

In STUFIB und STUTECH wurde festgestellt, dass ein Großteil der entstehenden Schäden an Betonböden (unerwünschte Rissbildung und Ablösung) begründet ist durch unzureichende Kenntnis von der Materie und/ oder Unsorgfältigkeit bei und/ oder Missverständnisse zwischen den Planern und Ausführenden.

Der Auftrag, an der Studienzelle war, eine Studie durchzuführen über die Hintergründe von solchen Schäden und anschließend Empfehlungen zu formulieren, womit solche Schäden zukünftig verhindert werden können. Dieser Report ist das Ergebnis der Arbeitsgruppe, die das Phänomen Oberflächenablösung entsprechend studiert hat.

Einleitung

In der Fußbodenbranche entwickelt sich zurzeit eine zunehmende Nachfrage nach fugenlosen Industriefußböden. Dieses liegt an den wachsenden Funktionsanforderungen von der Industrie und durch Regelungen (z. B. Flüssigkeitsdichtheit). Bei fugenlosen Betonböden wird meistens bewehrten Beton gewählt, abhängig von der Größe, auch für Stahlfaserbeton.

Seit vielen Jahre werden diese Betonböden monolithisch bearbeitet. Der Vorteil ist, dass die Böden nach dem Betonieren, Bearbeiten und Aushärten, sofort benutzt werden können, ohne dass eine weitere Bodenbearbeitung stattfinden muss. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass solche Betonböden einen hohen Widerstand gegen Verschleiß haben und verhältnismäßig hohen Lasten aufnehmen können.

Aus Schäden der täglichen Praxis scheint es, dass monolithisch bearbeiteten Betonböden nicht immer den erwarteten Standards solcher Fußböden entsprechen. Manchmal zeigt sich im Laufe der Zeit, dass die Oberschicht teilweise hohl liegt. Dieses Phänomen, wird verursacht durch eine Rissbildung parallel zur Fußbodenoberfläche, auch Oberflächenablösung genannt. In vielen Fällen wird eine Hohllage der Oberschicht auf den ersten Blick nicht wahrgenommen, sondern wird sie erst wahrgenommen, wenn ein auf den Boden fallender Gegenstand einen hohlen klang verursacht. Die Stärke der hohlliegenden Oberschicht liegt meistens zwischen 3 und 10 Millimeter.

Der Zweck dieses Reports ist, die Ursachen für das Entstehen der Hohllage der Oberschichten zu suchen und der Bauindustrie praktische Empfehlungen für das Verhindern solcher Beschädigungen zu geben. Hierzu hat eine Arbeitsgruppe innerhalb Studie Zelle 9 alle vorhandenen Erfahrungen, mit hohlliegenden Oberschichten gesammelt. Auf der Grundlage einer gründlichen Analyse von diesen Informationen sind die Ursachen für eine Hohllage von Oberschichten erkannt worden. Es wurde auch eine beschränkte Literaturuntersuchung durchgeführt (siehe Kapitel 6), hieraus ergab sich aber kein eindeutiger Anhalt für die Ursache für hohlliegende Oberschichten.

Ab dem 1. Januar 2006 liefern die meisten Betonmischanlagen Beton nach NEN - EN 206-1 und NEN 8005. Weil in diesem Report berichtet wird über Fußböden, wofür der Beton nach NEN 5950 (VBT 1995 niederländische Vorschriften für Beton Technologie) geliefert wurde, ist die Terminologie in diesem Report auch in Übereinstimmung mit dem VBT 1995. Das gilt unter anderen für die Festigkeitsklassen, die Milieuklassen und die Konsistenzgebieten.

1. Monolithisch Bearbeiten von Betonböden

Das monolithische Bearbeiten von Betonböden ist ein Job, der speziellen Fähigkeiten erfordert und in der Regel von hierin spezialisierten Firmen durchgeführt werden. Das monolithisch Herstellen von Betonböden läuft zeitlich in der Regel wie folgt ab:

- Nach dem Betoneinbau wird der Beton von Hand gleichmäßig verteilt, so dass eine relativ gleichmäßige Oberfläche entsteht.
- Die Oberfläche wird auf Höhe abgezogen mit einem Richtscheit oder mit einem Oberflächenverdichter.
- Nachdem das Wasser als Folge von eventuellem Betonbluten verschwunden ist und nach genügendem Ansteifen vom Beton beginnt die Betonbearbeitung mit Reibmaschinen, bzw. das Reiben der Betonoberfläche.
- Wenn eine Hartstoffbeschichtung als Einstreuung durchgeführt wird, wird diese durch einmal oder mehrmals Einstreuen aufgebracht und mit den Reibmaschinen eingerieben (Tabelle 1.1).
- Das Reiben wird solange durchgeführt bis die Oberfläche eine genügende Ebenheit, Dichte und Homogenität erhalten hat.
- Eventuell wird eine letzte mechanische Bearbeitung angewendet, nl. das Glätten.
- Nach der o.g. Bearbeitung beginnt die Nachbehandlung des Bodens.

Der oben genannte Bearbeitungsablauf sichert in der Regel einen Betonboden zu, der die funktionelle und ästhetischen Forderungen erfüllt. In einigen Fällen ist jedoch die Rede von einer Ablösungsfläche, parallel zu der Bodenoberfläche, in einer Tiefe von 3 bis 10 Millimeter. Diese Ablösungsfläche ergibt eine Oberschicht des Fußbodens die vollständig oder zum Teil hohl liegt (Tabelle 1.2).



Bild 1.1: Hartstoffeinstreuung in der Oberfläche eines monolithischen Betonbodens



Bild 1.2: Hohlliegende Oberschicht eines monolithischen Betonbodens

2. Erfahrungen mit Fällen aus der Praxis

Aus einer Inventarisierung von Projekte, die eine hohlliegende Oberschicht hatten geht hervor, dass das Problem nicht auf irgendeine Region eingeschränkt wird, sondern über den ganzen Niederlanden auftritt. Die ersten bekannten Schadensfälle datieren von der Mitte der 80iger Jahre und als die Arbeitsgruppe seine Forschung in 2005/2006 durchführte wurden immer noch neuen Schadensfälle gemeldet. Der Schaden wird nur dort vorgefunden, wo monolithisch bearbeiteten Betonböden mit selbsttragenden Oberflächenverdichtern oder anderen Abziehbohlen abgezogen wurden.

Hinsichtlich der Erscheinungsform dieser hohlliegenden Oberschichten gelten die folgenden allgemeinen Eigenschaften:

- Die Teile des Fußbodens mit hohlliegenden Oberschichten zeigen häufig eine grobmaschiges, netzartig (Craquelé) geformtes Rissbild (Tabelle 2.1).
- Die hohlliegenden Teile der Oberschicht sind einfach zu lokalisieren indem man auf der Fußbodenoberfläche klopft.
- Die Oberfläche der einzeln hohlliegenden Teile der Oberschicht kann stark variieren, von ca. 0,01m² bis zu mehreren m² (Tabelle 2.2).
- Die Zahl der einzeln hohlliegenden Teile der Oberschicht kann ebenso stark variieren, abhängig von der Größe der einzeln hohlliegenden Teile.
- Die Verteilung der einzeln hohlliegenden Teile der Oberschicht kann auch stark variieren, von einzelnen Hohlstellen in einem bestimmten Teil des Bodens bis Hohlstellen verteilt über der gesamten Fußbodenoberfläche.
- Die Stärke der hohlliegenden Oberschicht variiert von ungefähr 3 bis 10 Millimeter.
- Die hohlliegende Oberschicht stimmt nicht mit der Hartstoffeinstreuung. Die Ablösungsfläche liegt praktisch ohne Ausnahme in dem Beton unter der Hartstoffeinstreuung.



Bild 2.1: grobes, netzartig (Craquelé) geformtes Rissbild im Bereich hohlliegenden Oberschicht



Bild 2.2: Hohlliegende Oberschicht bei einer verhältnismäßig großen Bodenoberfläche

Es nicht genau bekannt, wann der Schaden eintritt. Auf einigen Bauvorhaben wurde bereits während dem maschinellen Reiben wahrgenommen, dass die Oberschicht teilweise hohl lag bzw. sich vom Untergrund löste. Es gibt auch Bauvorhaben, wo die hohlliegenden Schichten erst nach einigen Wochen, bei der Montage der Regale, auffielen. Von diesen Bauvorhaben ist aber nicht bekannt, wie lange jeweils der Zeitraum zwischen dem Ablösen selbst und dem Wahrnehmen der Ablösung war.

Untersuchungen zeigen, dass der Umfang vom Schaden sich mit der Zeit vergrößern kann.

Von einem Bauvorhaben, wo sich die Oberschicht bereits beim maschinellen Reiben löste, erzählt ein Mitarbeiter der Fußbodenfirma zum Beispiel folgendes:

„Der Beton wurde eingebaut und nach einiger Zeit wurde die Oberfläche maschinell Vorgerieben. Die Verschleißschicht, meistens Quarzsand, wurde eingestreut in die Betonoberfläche eingearbeitet mit den gleichen Reibmaschinen. Nachdem der Beton ausreichend abgebunden war, wurden die Reibscheiben abgebaut um mit den flachen Glättflügeln weiterarbeiten zu können, diese werden zunehmend angewinkelt je nach dem Härter werden des Betons. Beim ersten Glättgang mit diesen Glättflügeln erschienen kleine (ca. 10-30cm Durchmesser) und große (ca. 1,00-1,50m Durchmesser) Blasen auf dem Beton. Die Blasen kamen sogar bis zu 10cm über der Oberfläche hoch. Beim Aufpicken der Blase schien darunter nur Luft und manchmal etwas Wasser zu sein. Die Blasenhaut war eine sehr feine Schicht und hatte sich vom darunter liegenden Beton abgelöst. Einige Dutzend Blasen bei ca. 2000m² Fußboden waren keine Ausnahme“.

3. Ergebnisse der Untersuchung an Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten

3.1 Allgemeine Informationen

Um letztendlich zu prüfen ob es allgemeine Übereinstimmungen gibt bei Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten, wurde von einigen Bauvorhaben eine Übersicht der folgenden, allgemeinen Eigenschaften erstellt, soweit diese Information vorhanden war. (Tabelle 3.1):

- Festigkeitsklasse des Betons.
- Expositionsklasse des Betons.
- Konsistenzklasse worin der Beton einbaut wurde.
- Bewehrung mit Baustahlgewebematten oder mit Stahlfasern

Zusätzlich wurde das Allgemeinwissen der Mitglieder der Arbeitsgruppe zu dieser besonderen Schadensart in Anspruch genommen.

Hieraus ergibt sich folgendes:

- Monolithische bearbeiteten Betonböden werden hauptsächlich in der Festigkeitsklasse B 25 bis B 35 hergestellt. Hohlliegenden Oberschichten kommen in allen Festigkeitsklassen vor.
- Monolithisch bearbeiteten Betonböden können in unterschiedlichen Expositionsclassen ausgeführt werden müssen. Hohlliegenden Oberschichten kommen in allen Expositionsclassen vor.
- Der Beton für monolithisch zu bearbeiteten Betonböden wird hauptsächlich im Konsistenzbereich F4 geliefert.
- Hohlliegenden Oberschichten kommen sowohl bei herkömmlich bewehrten Böden, als bei stahlfaserbewehrten Böden vor.

3.2 Eingesetzte Betonzusammensetzungen

Um letztendlich zu prüfen ob es Übereinstimmungen gibt bei den Betonbestandteilen für Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten, wurde von einigen Bauvorhaben eine Übersicht mit der eingesetzten Betonzusammensetzung erstellt, soweit diese Information vorhanden war. In dieser Übersicht ist folgendes aufgenommen (Tabelle 3.1):

- Bindemittel: Art und Gehalt.
- Füllstoffen: Art und Gehalt.
- Wasser-/ (Bindemittel) Zementwert.
- Hilfsstoffe: Art, Lieferant und Dosierung.

Zusätzlich wurde das Allgemeinwissen der Mitglieder der Arbeitsgruppe zu dieser besonderen Schadensart in Anspruch genommen.

Hieraus ergibt sich folgendes:

- Hohlliegenden Oberschichten kommen beim Beton mit unterschiedlichen Zementsorten Arten und auch beim Beton mit stark variierenden Zementmengen vor.
- Das Vorhandensein von Füllstoffen im Beton ist nicht bestimmend für das Entstehen von hohlliegenden Oberschichten.
- Hohlliegenden Oberschichten kommen sowohl bei „niedrigen“, als auch bei „hohen“ Wasser-/ Zementwerten vor. Der festgestellter Wasser-/ Zementwert in den Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten variierte von 0,40 bis 0,55.
- Hohlliegenden Oberschichten kommen sowohl bei Betonzusammensetzungen mit Verflüssiger als bei Beton mit Superverflüssiger vor. Es ist keine Rede von einem übereinstimmenden Lieferanten, oder von einer übereinstimmenden Dosierung der Hilfsstoffe.

3.3 Mikroskopische Untersuchung

Einige Betonböden mit hohlliegender Oberschicht wurden mit Hilfe der Polarisation- und Fluoreszenzmikroskopie (PFM) untersucht. Diese mikroskopische Technik gibt einen Einblick in dem Aufbau des Betons und in eventuell vorhandenen Unvollkommenheiten im Beton. In dem Anhang 1 sind einige Bilder enthalten, die während dieser PFM Untersuchung aufgenommen wurden. Aus diesen Untersuchungen ergibt sich folgendes (s. Anhang 1):

- In allen untersuchten Betonböden mit hohlliegender Oberschicht war der Rede von einem stark erhöhten Luftporengehalt im Beton, verteilt über den ganzen Querschnitt des Betonbodens, mit Ausnahme in der Oberschicht. Dieser Luftporengehalt variiert pro Bauvorhaben, liegt aber meistens zwischen ca. 5 bis 15% (V/V).
- In der Oberschicht ist der Luftporengehalt immer deutlich niedriger als in dem hierunter liegenden Beton.
- Es gibt Bauvorhaben, wo der Wasser-/ Zementwert in der hohlliegenden Oberschicht niedriger ist als der in dem hierunter liegenden Beton, es gibt aber auch Bauvorhaben, wo dieser grade höher ist.
- Es gibt Bauvorhaben, wo der Rede ist von einem erhöhten Wasser-/ Zementwert in dem Bereich um die Ablösung herum.
- Es gibt Bauvorhaben, wo die Ablösungsoberfläche Luftlinsen folgt die in der Höhe dieser Fläche vorhanden sind.
- Es gibt Bauvorhaben, wo die Zementsorte von der Einstreuung die Gleiche ist wie die von dem hierunter liegenden Beton, es gibt aber auch Bauvorhaben, wo die Zementsorten grade von einander abweichen.
- Die in der hohlliegenden Oberschicht vorhandenen vertikalen Risse setzen sich nicht im dem Beton unter der Oberschicht fort.

Tabelle 3.1: Übersicht von einigen der untersuchten Bauvorhaben, mit der Information die pro Bauvorhaben zur Verfügung stand.

| Bauvorhaben | | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---------------------|--------------------------|---------------------------------|------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| Festigkeitsklasse | | B35 | B25 | B25 | B25 | B25 | B25 | B35 | B25 |
| Expositionsklasse | | 5d | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5d | 2 |
| Konsistenzgebiet | | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Bewehrung | | Stahlfaser | Stahlfaser | Stahlfaser | Stahlfaser | Stahlfaser | Stahlmatte | Stahlfaser | Stahlfaser |
| Zement | Sorte (*) | CEM I 42,5 R/ CEM III/B 42,5 | HoC A | PC | HoC | CEM III/B | CEM III/B 42,5 | CEM III/B 42,5 | CEM I 42,5 R/ CEM III/A 32,5 |
| | Gehalt kg/m ³ | 390 | 320 | 340 | 350 | 340 | 310 | 360 | 340 |
| Füllstoff | Sorte | Flugasche | / | / | / | / | / | / | / |
| | Gehalt kg/m ³ | 30 | / | / | / | / | / | / | / |
| Wasser-/ Zementwert | | 0,41 | 0,51 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,55 | 0,45 | 0,55 |
| Zusatzm. | Sorte | Superplast | Superplast | Plastifizierer | Plastifizierer | Superplast/ Plastifizierer | Superplast | Superplast | Superplast |
| | Lieferant | I | II | III | III | ? | II | ! | IV |
| | Dosierung % | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | ? | 0,7 | 0,7 | 1,0 |

(*) Die Bezeichnung der Zementen ist wiedergegeben worden, sowie sie als Information pro Bauvorhaben zur Verfügung stand.

4. Analyse der Schadensursachen

Folgende Schlussfolgerungen können aus den Untersuchungen aus den vorgenannten Kapiteln gezogen werden:

- Es gibt keine spezifischen allgemeinen Eigenschaften für Betonböden mit hohl liegender Oberschicht, noch gibt es spezifische Komponenten in der Betonzusammensetzung.
- Eine Oberflächenablösung kann in jedem Fall in einem sehr frühen Stadium entstehen, sogar während der Bearbeitung des Betonbodens.
- In den Betonböden mit hohl liegender Oberschicht ist der Luftporengehalt in dem Beton unter der Oberschicht immer stark erhöht, oft ohne das ein LP-Mittel dem Beton zugegeben wurde.
- Die Ursache für den stark erhöhten Luftporengehalt ist gewöhnlich unbekannt, genauso wie der Zeitpunkt in dem die Luftblasenbildung entsteht. Vorerst wird angenommen, dass die Ursache eine unerwartete Nebenreaktion von einem plastifizierenden Hilfsstoff und/oder von einem Kleber der Stahlfasern sein kann.

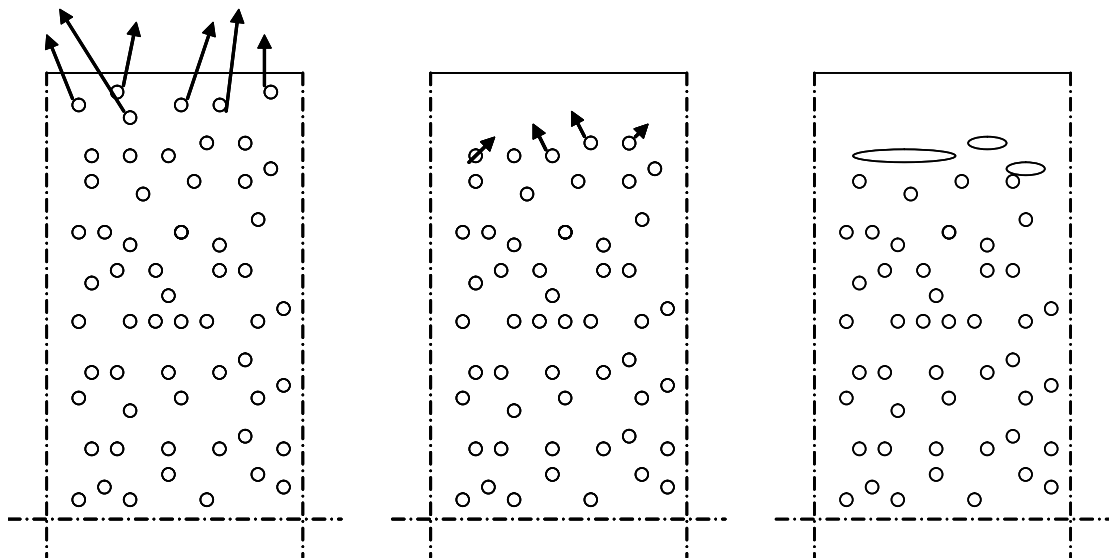
Die Ablösungsfläche befindet sich immer ca. 3 to 10 Millimeter tief, in einer schwachen Zone in dem Beton. Diese schwache Zone muss entstanden sein, während der Bearbeitung des Betonbodens. Vorläufig wird angenommen, dass es zwei Mechanismen gibt die dazu geführt haben können, dass eine schwache Zone entstanden ist.

- Wenn ein Beton mit einem erhöhten Luftporengehalt auf Höhe bearbeitet wird mit einem Oberflächenverdichter, werden die Luftblasen fast völlig aus der Oberschicht des Betons vertrieben (Phase 1 in Abbildung 4.1). Hierdurch wird die Oberschicht derart verdichtet, dass Luftblasen, die aus dem tiefer gelegenen Beton vertrieben werden, sich sammeln unterhalb der Oberschicht und dort Luftlinsen bilden (Phase 2 und 3 in Abbildung 4.1). Nach diesem System entsteht die schwache Zone bereits vor das Aufbringen einer eventuellen Hartstoffeinstreuung.
- Wenn ein Beton, der relativ viel blutet, auf Höhe bearbeitet ist, hat der Boden in der oberen Zone eine geringere Qualität als tiefer im Beton. Durch das Aufbringen der Hartstoffeinstreuung wird dann nur der obere Teil dieser Zone verbessert, wodurch unter der Einstreuung eine Zone mit geringerer Qualität verbleibt. Nach diesem System entsteht die schwache Zone während dem Aufbringen einer eventuellen Hartstoffeinstreuung.

Wenn sich im Beton schwachen Zonen, parallel zur Bodenoberfläche, befinden, kann die Oberflächenablösung wie folgt entstehen:

- Schwache Zonen, die als Folge von Luftlinsen entstanden sind, können von derartigem Umfang sein, dass sie bereits vor dem Aufbringen der Hartstoffeinstreuung eine Oberflächenablösung verursachen.
- Schwache Zonen können sich als Folge von Kräften die während der Bearbeitung auf dem Boden einwirken, ablösen.
- Nach der Durchführung der Nachbehandlung eines Betonbodens wird der Boden an der Oberfläche austrocknen. Hieraus resultieren Schrumpfspannungen in der Bodenoberfläche. Diese Schrumpfspannungen haben meistens vertikale Oberflächenrisse zu Folge.

Wenn von einer schwachen Zone im Beton der Rede ist, werden die Oberflächenrisse sich erst mal bis in der schwachen Zone fortbilden. Bei fortlaufender Austrocknung wird der Beton zwischen den Rissen schüsseln, wodurch eine Ablösung entsteht. Nachfolgend wird diese Ablösung sich bis eine durchgehende Ablösungsfläche weiterbilden. (siehe Tabelle 4.2).



Phase 1 (Links): Vertreiben von Luftblasen aus der Oberschicht

Phase 2 (Mitte): Vertreiben von Luftblasen aus dem tieferen Beton, bis zur dichten Oberschicht

Phase 3 (Rechts): Bildung von Luftlinsen unterhalb der dichten Oberschicht.

Abbildung 4.1: Schematische Darstellung, Bildung von Luftlinsen unterhalb der Oberschicht.

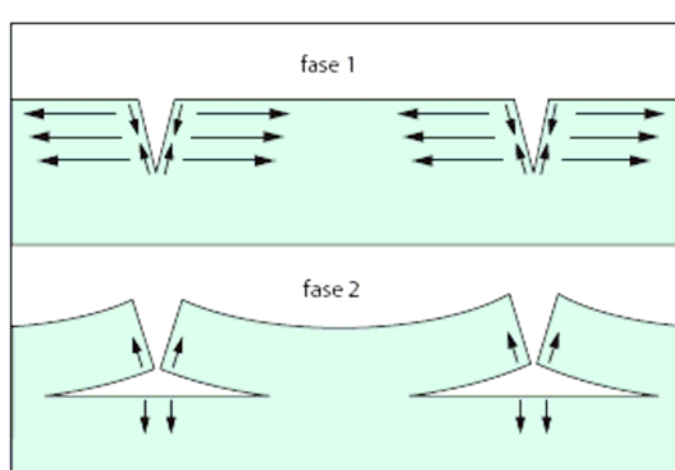


Abbildung 4.2: Reißen (Phase 1) und Schüsseln (Phase 2) von der Oberschicht [2].

5. Empfehlungen

5.1 Empfehlungen für die gegenwärtige Praxis

Auf der Grundlage der durch Arbeitsgruppe durchgeführten Untersuchungen und Analysen, scheint es, dass eine hohlliegende Oberschicht nur entstehen kann, wenn von einer schwachen Zonen einige Millimeter unter der Bodenoberfläche der Rede ist. Um das Entstehen von hohlliegenden Oberschichten zu vermeiden, muss dafür gesorgt werden, dass keine schwachen Zonen im Beton vorhanden sind.

Aus einer näheren Untersuchung der schwachen Zonen ist hervorgegangen, dass diese in einem Beton mit erhöhtem Luftporengehalt, durch die Bildung von Luftlinsen, entstehen können. Sie können aber auch durch übermäßiges Betonbluten entstehen. Um Hohlliegen von Oberschichten zu vermeiden, wird deshalb empfohlen folgende Maßnahmen zutreffen:

- 1 Vermeiden Sie im Beton einen Luftporengehalt von mehr als 5% (V/V).
- 2 Vermeiden Sie übermäßiges Betonbluten

Ad. 1: Stark erhöhter Luftporengehalt

Die Ursache für den stark erhöhten Luftporengehalt ist gewöhnlich unbekannt und auch der Zeitpunkt indem die Luftblasenbildung entsteht gewöhnlich unbekannt. Vorerst wird angenommen, dass die Rede ist von einer unerwarteten Nebenreaktion von einem plastifizierenden Hilfsstoff und/oder von einem Kleber der Stahlfasern, die nur entsteht in Kombination mit vorläufig noch unbekanntem Komponenten in den übrigen Bestandteilen des Betons. Es wird angenommen, dass die Reaktion erst entsteht nach dem der Beton das Transportbetonwerk verlassen hat, wo möglich erst nachdem der Beton eingebaut wurde.

Weil die Ursache für die Luftblasenbildung vorerst noch nicht bekannt ist, wird empfohlen, eine unerwünschte Luftblasenbildung durch verstärkte Qualitätskontrollen im frühen Stadium zu ermitteln. Diese Kontrolle sollte nicht nur im Betonwerk, sondern auch auf der Baustelle, weil es nicht auszuschließen ist, dass die Reaktion erst entsteht nach dem der Beton das Betonwerk verlassen hat.

Ad. 2: Übermäßiges Betonbluten

Übermäßiges Bluten ist zu verhindern, indem bei der Betonzusammensetzung eine besondere Aufmerksamkeit auf die Stabilität der Mischung gelegt wird. Bekannte technologischen Maßnahmen für das Erreichen einer stabilen Mischung sind:

- Gute, stetige Sieblinie
- Nicht mehr Wasser dosieren als für die Verarbeitbarkeit notwendig
- Ausreichend feines (< 250 µm) Material (Zement, Füllstoffen), nach NEN 8005
- Verwenden einer geeigneten plastifizierenden Hilfsstoff in richtiger Dosierung (Festzustellen in einer entsprechenden Verträglichkeitsprüfung).

Der Baustelle wird empfohlen, mit dem Betonwerk sofort Kontakt aufzunehmen, wenn man übermäßiges Bluten feststellt, um die Mischung sofort entsprechend ändern zu lassen.

5.2 Empfehlungen für Anschlussforschung

Unerwünschte Luftblasenbildung

Aus den durchgeführten Untersuchungen hat sich ergeben, dass der erhöhte Luftporengehalt in den Beton von Betonböden mit hohlliegender Oberschicht meistens nicht vorgesehen und damit unerwünscht war.

Höchstwahrscheinlich war bei den betroffenen Bauvorhaben die Rede von einer unerwarteten Nebenreaktion von einem plastifizierenden Hilfsstoff und/oder von einem Kleber der Stahlfasern, die nur entsteht in Kombination mit vorläufig noch unbekanntem Komponenten in den übrigen Bestandteilen des Betons.

Es wird geraten noch eine Folgeuntersuchung durchzuführen nach der Ursache der unerwünschten Luftblasenbildung, nach dem Zeitpunkt indem die luftbildende Reaktion entsteht und nach dem Verhindern der Luftblasenbildung.

Einfluss Ausführung

Eine hohlliegende Oberschicht kann erst entstehen, wenn der frisch eingebaute Beton bearbeitet wird. Deshalb wird geraten an Hand von Probeplatten zu untersuchen welche Teile der Ausführungsprozedere bestimmend sind für das Entstehen von einer hohlliegenden Oberschicht. Hierfür ist es in erster Instanz notwendig Probeplatten mit einer hohlliegenden Oberschicht zu reproduzieren. Wenn dies gelingt, wird geraten neue Probeplatten herzustellen, wobei zuerst nur das Glätten und nachfolgend das Glätten und das Reiben fehlen gelassen wird. Nachfolgend könnten auch noch Probeplatten hergestellt werden, die mit einer anderen Weise von auf Höhe Abziehen hergestellt werden. Wobei z. B. die „Berge“ von dem nicht bearbeiteten Beton in den „Tälern“ gerieben werden.

Bestandsprotokollierung

Um die Schadensanalyse in diesem Report verifizieren ist es sinnvoll alle relevanten Informationen von neuen Betonböden mit hohlliegenden Oberschichten zu protokollieren. Auf dieser Weise wird parallel mehr Einsicht gewonnen im Umfang dieser Problematik.

Um von neuen Bauvorhaben die relevante Information zu erhalten und zu erfassen, wird das Ausfüllen einer Checkliste empfohlen (Anhang 2). Die ausgefüllten Checklisten sollten dem STUTECH Sekretariat zugeschickt werden, damit die zuständige Arbeitsgruppe die neuen Informationen rechtzeitig analysieren und, wenn notwendig, in den gegenwärtigen Report einarbeiten kann.

6. Literatur

- [1] „Monoliet afwerken - Dag- von nachtvinders? “; Betoniek 27, Juli August 2000.
- [2] „Monolitisch afgewerkte betonvloeren - en Preventie van Het oorzaken loslaten van de toplaag“; A.C.J.Th.B. Lemmens, B Englisch; Kleber 4 (2003) pp. 73-78.
- [3] „decken sedimentäre Transportphänomene der Mikroskalas den Ursprung von Abblätterung in einem industriellen Fußboden“ auf; Maarten A.T.M. Broekmans; Material-Kennzeichnung 53 (2004) pp. 233-241.
- [4] „Entwicklungen als zusatz Technologie für konkrete Fußböden.“; Neil Williamson; Konkretes Februar 2001.
- [5] „Verladung und Abblätterung lüften“, D.R. Lankard, konkretes internationales, November 2004.

Anhang 1: Resultate PFM Untersuchung Betonböden mit hohlliegender Oberschicht

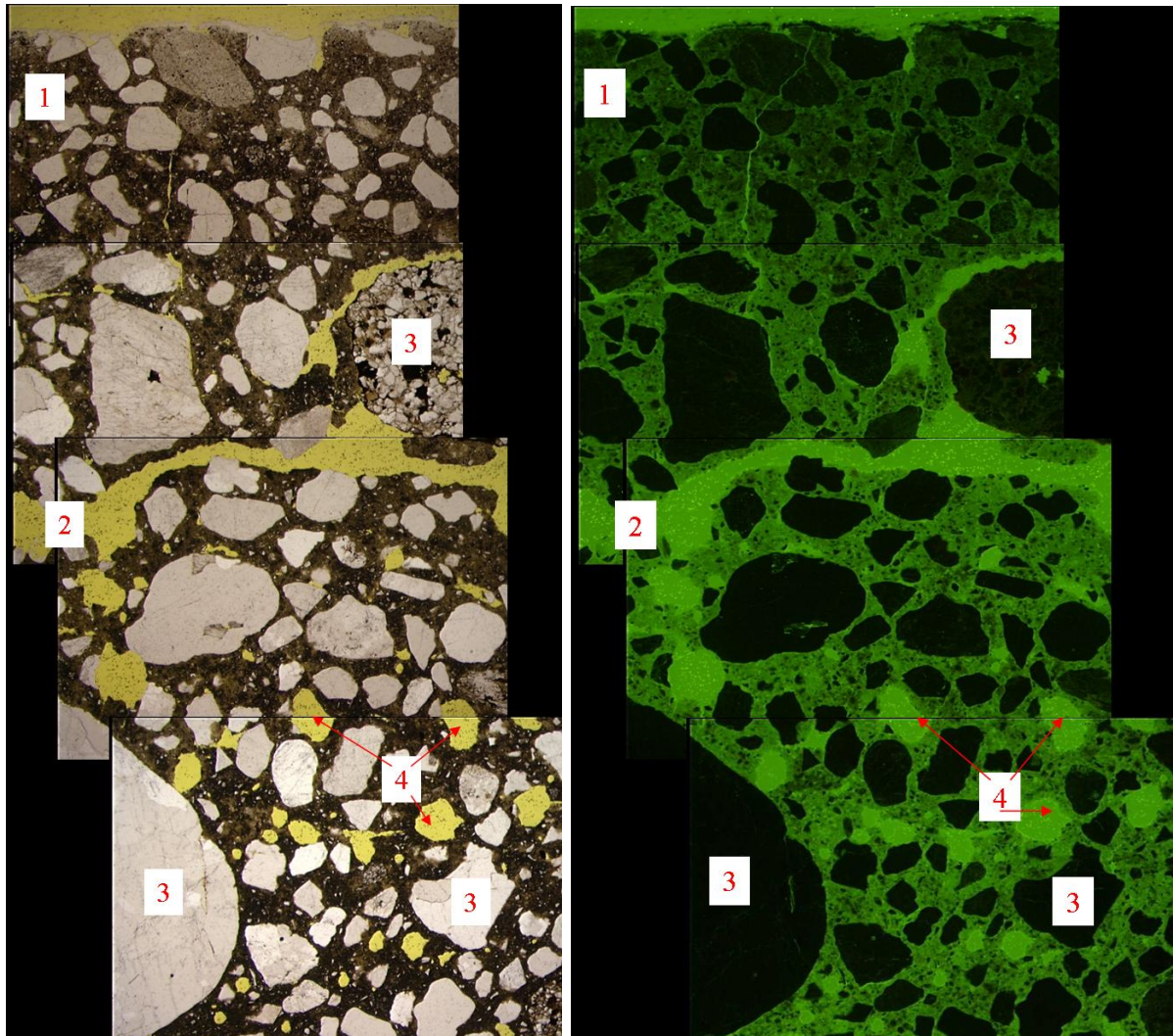


Bild A.1: PFM- Mikrographaufnahme einer hohlliegenden Oberschicht in einem monolithischen Betonboden mit durchfallendem Licht (links) und mit fluoreszierendem Licht (rechts)

1 = Einstreuschicht

2 = Oberflächenablösung ca. 4 Millimeter unterhalb der Betonbodenoberfläche

3 = Gesteinskörnung

4 = Luftblasen

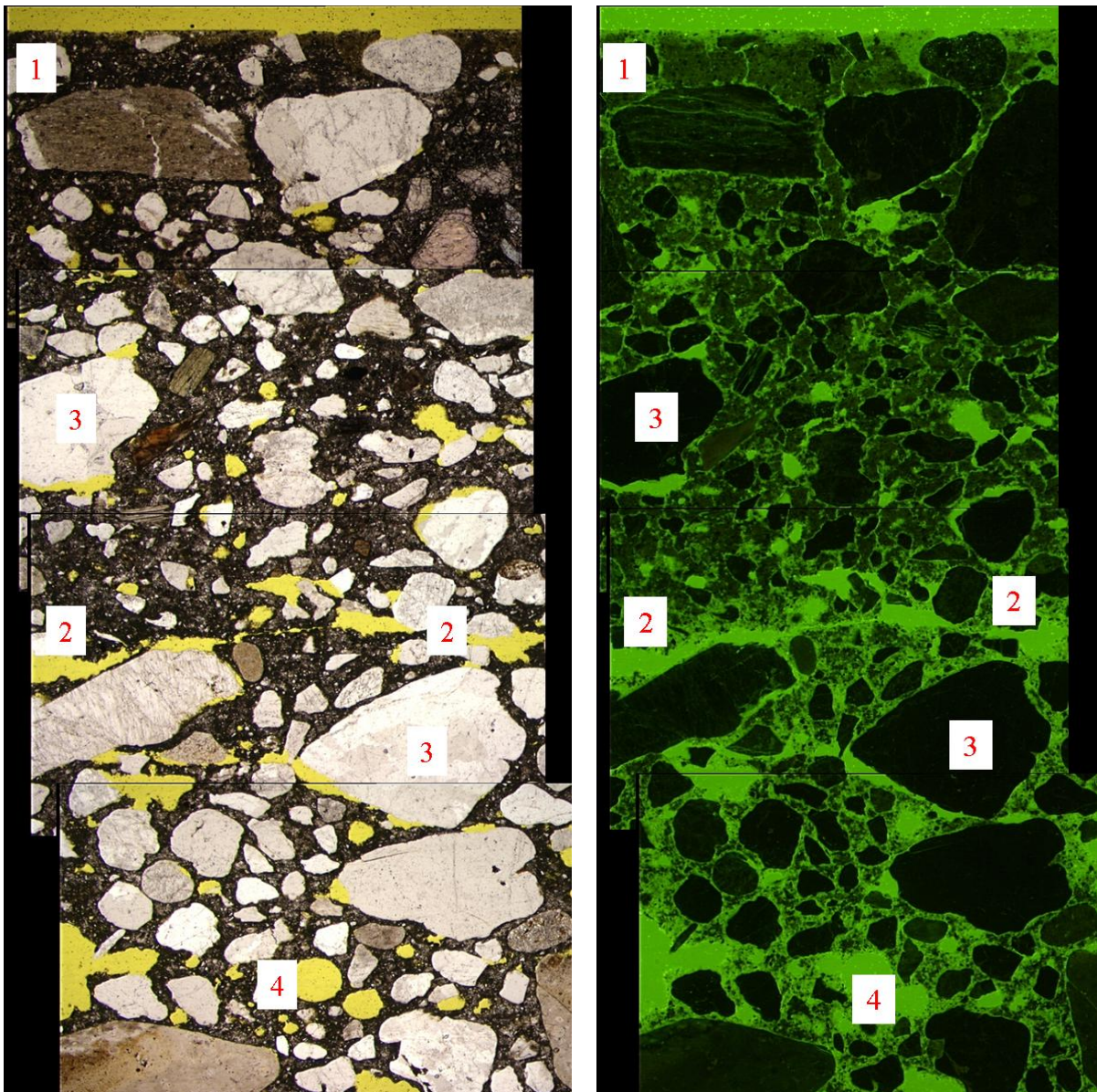


Bild A.2: PFM- Mikrographaufnahme einer hohl liegenden Oberschicht in einem monolithischen Betonboden mit durchfallendem Licht (links) und fluoreszierendem Licht. (rechts)

1 = Einstreuschicht

2 = Luftlinsen ca. 5 Millimeter unterhalb der Betonbodenoberfläche

3 = Gesteinskörnung

4 = Luftblasen

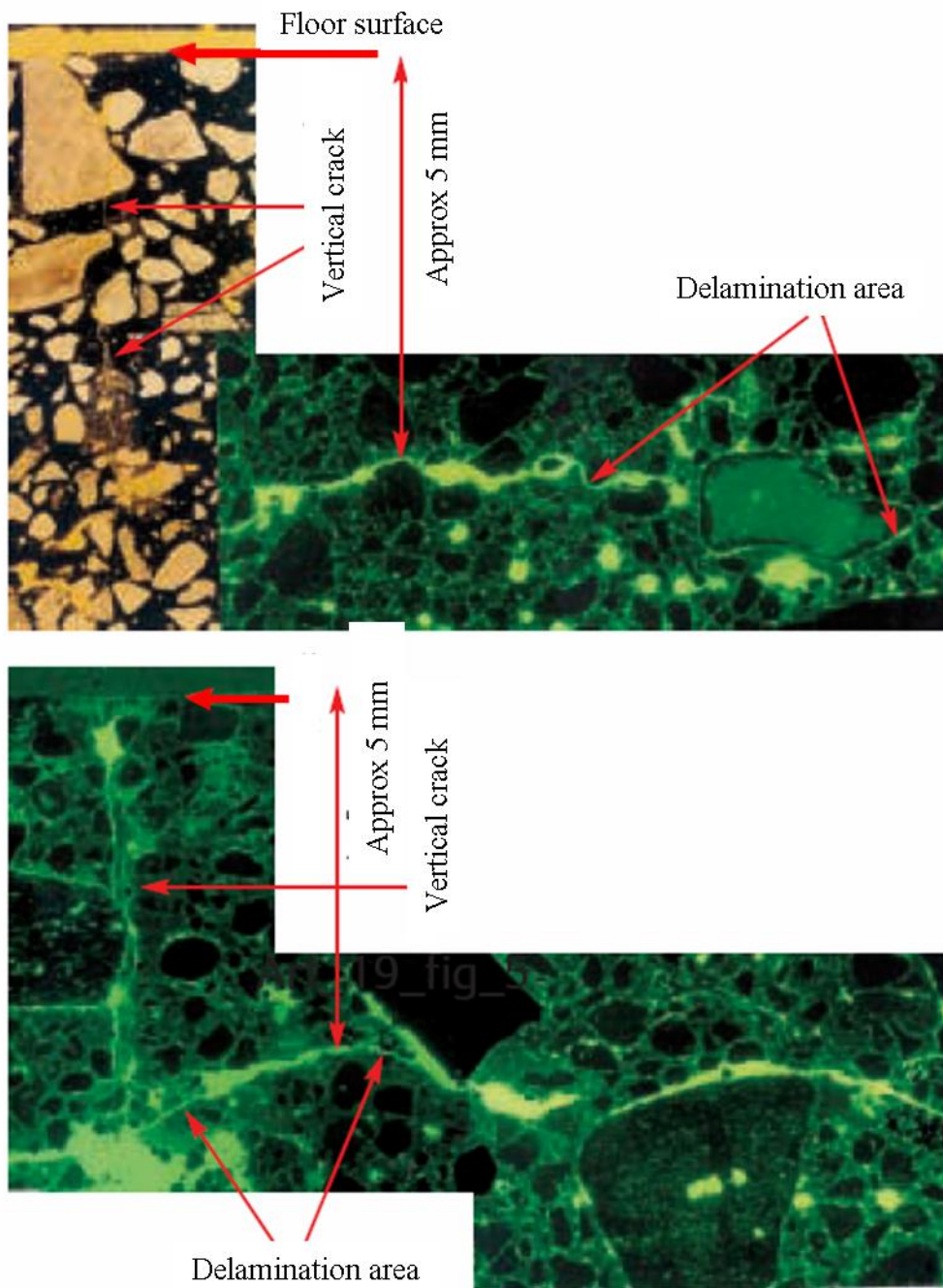


Bild A.3: Mikroskopische Aufnahmen von zwei Schadensfällen, wobei vertikale Haarrissen sichtbar sind, die sich bis auf der Ablösungsfläche fort gebildet haben. [2]

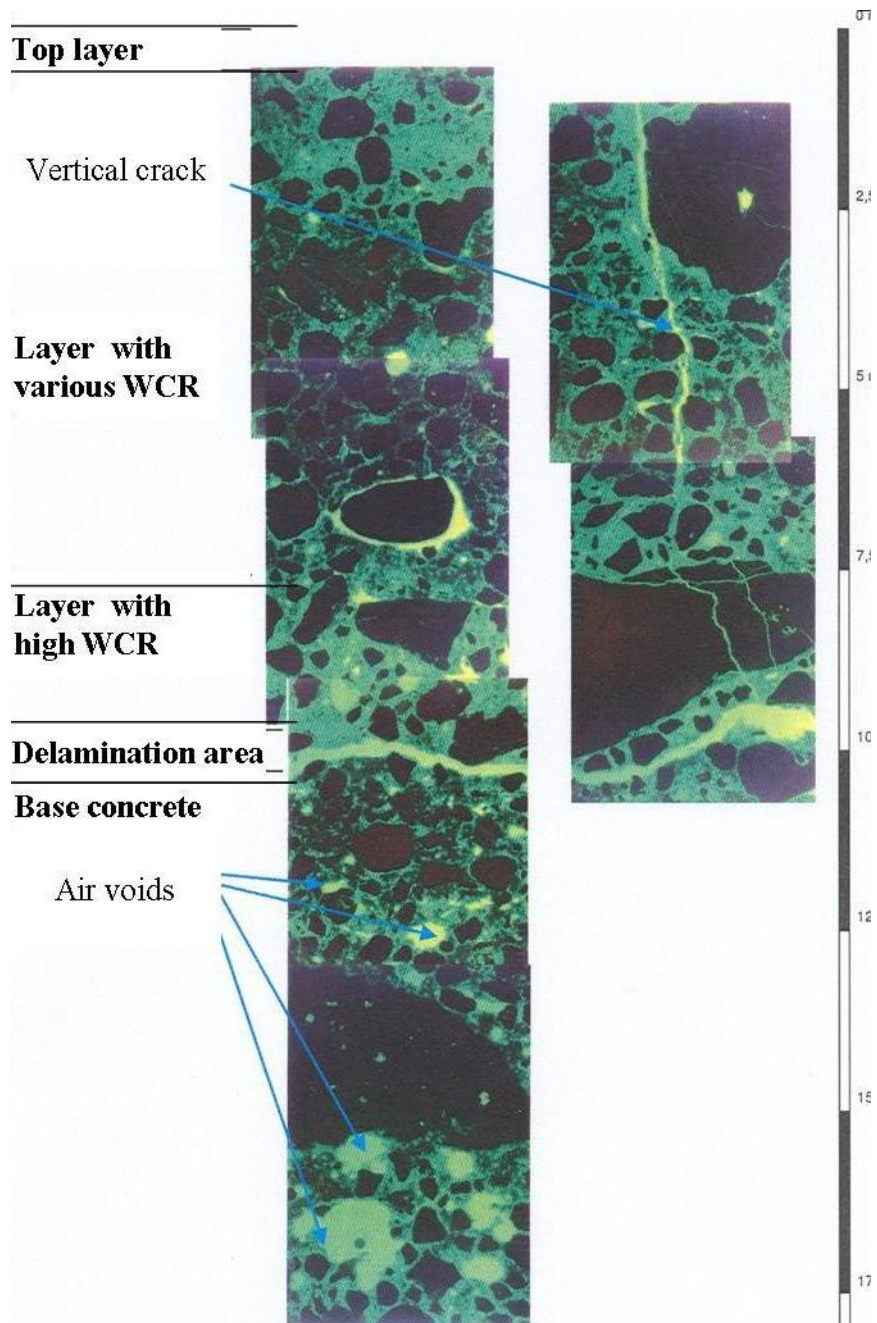


Bild A.4: Beispiel einer Oberflächenablösung in einer Zone mit erhöhtem Wasser-/ Zementwert in Bezug auf den unteren Beton.

Anhang 2: Checkliste für Betonböden mit hohl liegender Oberschicht

Absender:

Firma (Name und Adresse):

Kontaktperson:

Telefonnummer:

E-Mail Adresse:

Fußboden:

Position des Fußbodens (innen/aussen):

Gründung („flach“ / „tief“):

Aufbauweise (monolithisch/anderes):

Abmessung:

Fläche (m²)

Bodenstärke (mm):

maximaler Fugenabstand (m):

Bewehrung:

Position (oben, unten)

Bewehrungsmenge (%):

Marke und Art der Stahlfasern:

Fasergehalt (kg/m³):

Beton:

Festigkeitsklasse

Expositionsklasse

Konsistenzgebiet

Menge Feinmaterial (l/m³):

Wassergehalt (l/m³):

Wasser-/ Zementwert:

Zement:

Type und Festigkeitsklasse:

Zementgehalt (kg/m³):

Füllstoff

Sorte:

Füllstoffgehalt (kg/m³):

Zusatzmittel

Sorte:

Marke und Type:

Dosierung (% m/m):

Synthetische Fasern:

Sorte:

Fasergehalt (kg/m³):

Qualitätskontrolle:

Luftporengehalt (% des V/V):

Rohdichte (kg/m³):

Druckfestigkeit (N/mm²):

Ausführung:

Verarbeitung des Betons:

klimatische Verhältnisse (Temperatur./RF/Wind):

Einbaumethode (Pumpe/ Bombe /andere):

Methode der auf Höhe Bearbeitung:

Methode des maschinellen Reibens und Glättens:

Einstreuen

Art des Materials:

Einbaumenge (kg/m²):

Besondere Einzelheiten:

Schaden durch Oberflächenablösung:

Alter Fußboden, als Beschädigung zuerst gemerkt wurde:

Umfang der Ablösung (m²):

Besondere Einzelheiten: