

Michael Holler, Herbert Juling

Neue Abdichtungsmaterialien bzw. -kombinationen – der Teufel steckt wie immer im Detail

1 Einleitung

Bei einem 2013 erbauten Seniorenpflegeheim mit insgesamt 80 Pflegeplätzen, ereignete sich 2015 eine Havarie im Untergeschoss. Hierbei traten fäkalienhaltige Abwässer in größerer Menge aus, sodass in der Folge der gesamte Fußbodenaufbau im Untergeschoss bis auf die Bodenplatte rückgebaut werden musste. Im Zuge dieser Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen wurde von der Bauleitung vor Ort festgestellt, dass das ursprünglich als WU-Konstruktion geplante Untergeschoss diverse Mängel im Hinblick auf die Abdichtungsfunktion aufwies.

2 Aufgabenstellung

Das Untergeschoss des Pflegeheims beherbergt diverse versorgungstechnische Einheiten wie Umkleide-, Aufenthalts- und Sanitärräume für das Personal, eine Großküche, Kühl- und Lagerräume, eine Wäscherei und Hausmeisterräume. Trotz der festgestellten Mängel der WU-Konstruktion war seit Erstellung des Gebäudes jedoch noch kein Wasserzutritt im UG festgestellt worden. Da jedoch der gesamte Bodenaufbau und alle Einrichtungsgegenstände schon rückgebaut waren und der Investor keine Mängel im UG-Bereich des Gebäudes akzeptieren wollte, wurden die Autoren damit beauftragt, Lösungswege für eine fachgerechte Sanierung des UG aufzuzeigen.

3 Feststellungen

Die statisch-konstruktiven Belange des UG bzw. der WU-Konstruktion wurden durch ein externes Statik-Büro geprüft und waren nicht Teil der Begutachtung des Autors. Technische Unterlagen über das Gebäude waren nur dürftig vorhanden, aus einigen Baustellenfotos konnten ein paar Rückschlüsse über die Ausführung getätigt werden. Der Autor hat zuerst eine Grundlagenermittlung für die Konstruktion der Weißen Wanne durchgeführt. Hierbei wurden u.a. nachfolgende Parameter verifiziert:

- Art der Wasserbeanspruchung,
- Bemessungswasserstand,
- Schichtenaufbau des Baugrunds mit Durchlässigkeitsbeiwerten.

Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass gemäß WU-Richtlinie [1] nicht stauendes Sickerwasser am Keller vorliegt. Beim Vorlie-

gen von Bodenfeuchte und nichtstauendem Sickerwasser erfolgt gemäß WU-Richtlinie [1] eine Einstufung in die Beanspruchungsklasse 2.

Als nächstes musste die Festlegung der Nutzungsklassen erfolgen. Da das Untergeschoss komplett ausgebaut ist, muss eine Einstufung in die höchste Nutzungsklasse A erfolgen. Ausweislich der spärlich vorhandenen Unterlagen waren die Minstdicken der Wände und der Bodenplatte sowie die Betonqualitäten ausreichend für eine WU-Konstruktion im Sinne der WU-Richtlinie [1].

Einer der vorhandenen Mängel war das Fehlen eines Fugenblechs oder einer anderweitigen Abdichtungsmaßnahme am Übergang bzw. an der Arbeitsfuge Bodenplatte-Außenwand. Es sollte deshalb unter anderem für diesen Problempunkt eine Sanierungsmöglichkeit entwickelt und umgesetzt werden.

4 Sanierung

Um diese Arbeitsfuge zu sanieren, gibt es mehrere Möglichkeiten. Im vorliegenden Fall dient das WTA-Merkblatt 4-6 Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile [2] als Richtschnur. Es wurden drei Varianten andiskutiert:

- Variante 1: Abdichtung der Fuge von außen,
- Variante 2: Verpressung der Fuge mittels EP- oder PU-Harzen oder geeigneter Gele,
- Variante 3: Abdichtung der Fuge von innen.

Der Auftraggeber hat sich im weiteren Verlauf für die Variante 3 – Abdichtung der Fuge von innen entschieden, da der Wand-Bodenplatten-Bereich raumseitig schon freigelegt war.

Die Ausschreibung und Detailplanung wurde durch die Bauleitung des AG sowie durch den Planer und Objektmanager eines namhaften Herstellers erstellt. Man hatte sich nicht für eine Innenabdichtung mittels einer klassischen mineralischen Dichtschlämme (MDS), Trockenschichtstärke 2 mm, wie vom Autor vorgeschlagen, entschieden.

Zur Ausschreibung und Ausführung für die Innenabdichtung sollte eine Kombination von einer flexiblen polymeren Dickbeschichtung (FPD) mit einer MDS in reduzierter Schichtdicke kommen. Der Verbrauch der MDS sollte gemäß Vorgabe bei ca. 1,6 kg/m² liegen, dies entspricht einer Schichtdicke von < 1,0 mm. Die FPD soll die Eigenschaften flexibler rissüberbrückender mine-

ralischer Dichtungsschlämme (MDS) und Bitumendickbeschichtungen (PMBC) vereinen. Die Basis der FPD sind Polymerbindemittel, Zement, Additive und Spezial-Füllstoffe.

Neben diversen anderen Bereichen war auch der Boden-Wand-Anschlussbereich von innen abzudichten. Die Planung und Ausführung war wie folgt:

- Untergrundvorbereitung der Betonboden- und Wandflächen für die Abdichtarbeiten mittels Kugelstrahl-/Schleiftechnik und lokaler Absaugung,
- Vornässen der Betonflächen,
- Mineralische Grundabdichtung der Boden/Wandfuge auf freigelegter Bodenplatte und vorbereiteter Außenwandfläche ganzflächig, mit flüssiger Kieselsäureverbindung (Mischungsverhältnis 1:1 in Wasser) und einer starren mineralischen Dichtschlämme mit hohem Sulfatwiderstand,
- Dichtungskehle im Boden- /Wandanschluss herstellen,
- Abdichtung der Bodenplatte und Wandflächen nach ca. 19 Stunden mit zwei Aufträgen FPD herstellen.

Der Hersteller kann für das angebotene Verfahren/Produkt einen Untersuchungsbericht der MPA Braunschweig vorweisen über die Prüfung der Wasserundurchlässigkeit der FPD in Verbindung mit der MDS gegen rückseitig auf die Beschichtung wirkenden Wasserdruck. Prüfungsgrundlage für den Untersuchungsbericht ist das WTA-Merkblatt 4-6 Ausgabe 11.2014/D Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile [2]. Des Weiteren haben die FPD und die MDS jeweils ein Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis für Bauwerksabdichtungen gemäß Bauregelliste A, Teil 2, Lfd. Nr. 2.49. Die Produkte bzw. die Kombination der Produkte sind somit, zumindest auf dem Papier, bestens für diesen Anwendungsfall geeignet.

Zusätzliche weitere Nachbehandlungsmaßnahmen wurden nicht durchgeführt. Die Arbeiten im gesamten UG wurden entsprechend ausgeführt, die einzelnen Arbeitsschritte wurden vom Planer und Objektmanager des Herstellers und von der örtlichen Bauleitung regelmäßig überwacht, eine einwandfreie und fachgerechte Ausführung gemäß den Herstellervorgaben durch die ausführende Firma wurde vom Hersteller bestätigt.

5 Schadensfeststellung

Bei einer abschließenden Routinekontrolle durch die örtliche Bauleitung und den Autor wurde bemerkt, dass sich an einigen Stellen im Hohlkehlenbereich infolge einer zu dicken Auftrags-

stärke kleinere Risse in der FPD gebildet hatten. Im Rahmen dieser Feststellung und einem anschließenden Aufschneiden der FPD in diesen Bereichen stellte man fest, dass die FPD nur sehr wenig Haftung zum Untergrund aufwies bzw. dass sich unter der FPD eine hellgraue, staubige Schicht befand.

Erste Vermutungen über die Ursache waren eine evtl. mangelhafte Vorbehandlung bzw. Säuberung der Betonflächen. Diese konnten jedoch durch die Bauleitung widerlegt werden, die Vorarbeiten wurden fachgerecht und sauber ausgeführt. Um die Ursache für die Ablösung zu finden und um das hellgraue Pulver zu verifizieren, entschied sich der Autor den Schichtenbereich im Labor der Amtlichen Materialprüfungsanstalt Bremen, Analytische Baustoffmikroskopie bei Dr.-Ing. Herbert Juling untersuchen zu lassen. Hierzu wurden u.a. Bohrkerne (Abdichtung inkl. Beton der Bodenplatte) aus verschiedenen Bereichen im Keller entnommen und zur weiteren Untersuchung an die MPA Bremen geschickt.

Laboruntersuchungen an der MPA Bremen

An drei Bohrkernen wurden Haftzugprüfungen auf der Abdichtung durchgeführt. Die Werte lagen zwischen 0,33 N/mm² und 0,65 N/mm². Die Soll-Vorgabe gemäß WTA-Merkblatt 4-6 [2] liegt bei $\geq 0,5$ N/mm². An drei weiteren Bohrkernen (Beton der Bodenplatte) wurden ebenfalls Haftzugprüfungen durchgeführt. Die Werte lagen zwischen 2,00 N/mm² und 2,30 N/mm². Die Proben wurden eingebettet und als Querschnitte senkrecht zur Oberfläche präpariert. Lichtmikroskopisch konnte der prinzipielle Aufbau der Schichtfolgen nachvollzogen werden.

Es war aber auch erkennbar, dass die Versagenszone in allen Fällen immer innerhalb der MDS aufgetreten ist, was bereits bei den Haftzugprüfungen makroskopisch erkennbar war. Die Querschliffe wurden zusätzlich im Rasterelektronenmikroskop (REM) untersucht, um die Ursachen für das Versagen der MDS zu ermitteln. Hierfür war es erforderlich, die Präparate mit einer leitfähigen Schicht zu überziehen (Kohle-Bedampfung).

Durch den Elektronenbeschuss werden aus der Oberfläche des Probenmaterials verschiedene Signale freigesetzt (Sekundär(SE-) und Rückstreuungselektronen (RE-), elementspezifische Röntgenstrahlen), die durch spezielle Detektorsysteme erfasst werden. Aus den Sekundärelektronen bzw. den Rückstreuungselektronen wird jeweils ein sichtbares Bild auf dem Bildschirm zusammengesetzt.

Für die Untersuchung von Querschliffen wird von den beiden bildgebenden Signalen aufgrund der Politur (glatte Oberfläche)

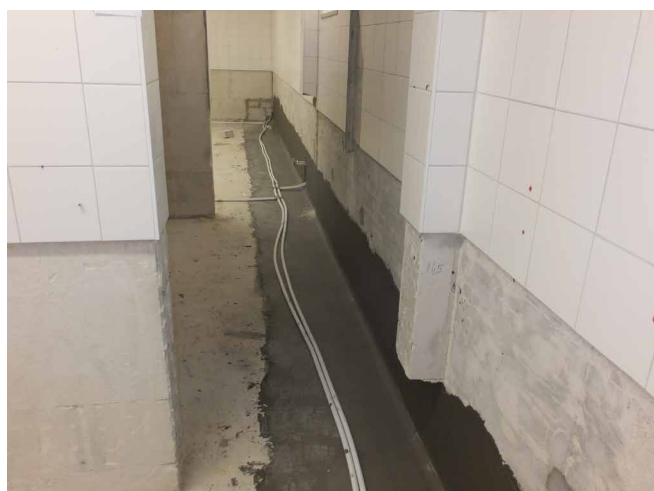


Abb. 1: saniertes Boden/Wand-Anschlussbereich

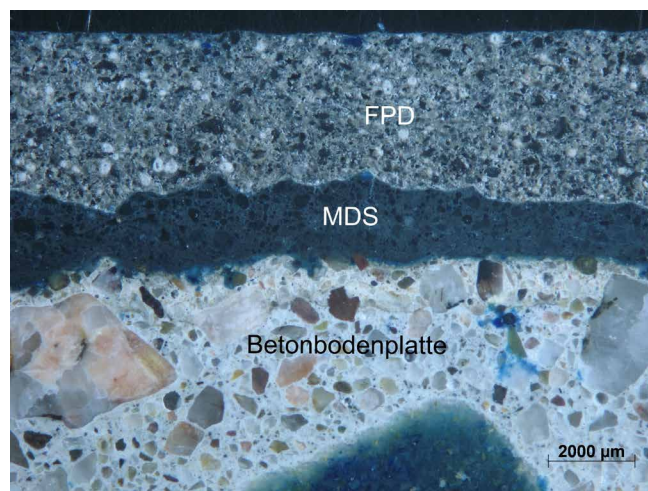


Abb. 2: Übersicht Schichtenaufbau

nur die RE-Abbildung genutzt. Die Rückstreuerelektronenabbildung liefert aufgrund der Abhängigkeit des Rückstreuvermögens von der Ordnungszahl Informationen über die Materialzusammensetzung.

Chemische Verbindungen, die schwerere Elemente enthalten, erscheinen in der Rückstreuabbildung heller als Verbindungen, die aus leichteren Elementen aufgebaut sind. Durch diesen Materialkontrast können im REM unterschiedliche Bestandteile (Phasen) einer Probe erkannt und unterschieden werden. Im vorliegenden Fall konnte auf diesem Wege dargestellt werden, dass die mit Kieselsäure behandelte Betonoberfläche ein kompaktes Matrixgefüge zeigte und als Versagensursache ausgeschlossen werden kann. Im Gefüge der MDS zeigte sich jedoch kein ausgebildetes Bindemittel (Abb.3). Die Füllstoffe und Zementklinker liegen wie locker geschüttet nebeneinander, ohne dass sich zwischen ihnen ein mineralisches Bindemittel ausgebildet hätte. In höherer Vergrößerung (Abb. 4) erkennt man die im RE-Bild heller erscheinenden Zementklinker, die aber keine Hydratsäume ausweisen und auch keine Bindemittelmatrix ausgebildet haben.

Zusammenfassung der Laboruntersuchungen

Die auf die mit Kieselsäure behandelte Oberfläche der Betonbodenplatte aufgebraute MDS hat kein mineralisches Bindemittel ausgebildet, obwohl hier ein zementäres System vorliegt. Bei

Zugbelastung versagt das Schichtsystem innerhalb der MDS. In allen Fällen (makroskopische Beurteilung der Abrisse nach dem Zugversuch und der eingegangenen Proben) lag der Versagenshorizont in der MDS. Offensichtlich ist der Hydratationsprozess des zementären Systems der MDS nicht in Gang gekommen bzw. sehr früh unterbrochen worden.

Es wurde schnell klar, dass die Haftzugprobleme im Bereich der MDS zu suchen waren. Der Hersteller führte dies auf Anwenderfehler zurück. Nach Rücksprache erstellte der Hersteller durch seinen eigenen Techniker verschiedene Probeflächen mit dem vorgegebenen Schichtaufbau und alternativen Varianten.

Anschließende Haftzugprüfungen ergaben hier jedoch auch wieder schwankende Werte, die teilweise wieder unter 0,5 N/mm² lagen. Partiiell ließ sich die FPD von Hand abziehen. Die gesamte Innenabdichtung wurde in der Zwischenzeit rückgebaut, da keine ausreichende Haftung nachgewiesen werden konnte und die besagten Hydratisationsprobleme in der MDS vorhanden waren.

Es wurden anschließend noch weitere Probeflächen teils vom Anwender, teils vom Hersteller ausgeführt. Die Haftzugwerte sind leicht angestiegen, eine ausreichende Hydratisierung der MDS konnte jedoch unter Zugrundelegung des ursprünglichen Applikations-/Anwendungsverlaufs nicht erreicht werden.

Erst nachdem die Applikation durch den Autor in Zusammenarbeit mit dem Anwender dahingehend verändert wurde,

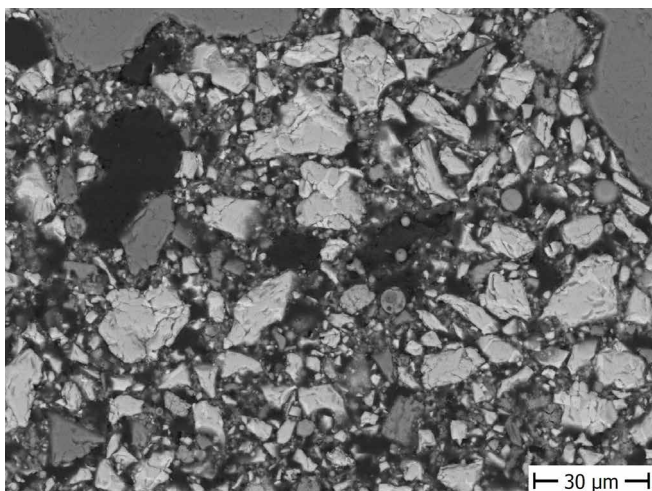


Abb. 3: REM-Aufnahme, MDS



Abb. 5: Probeflächen

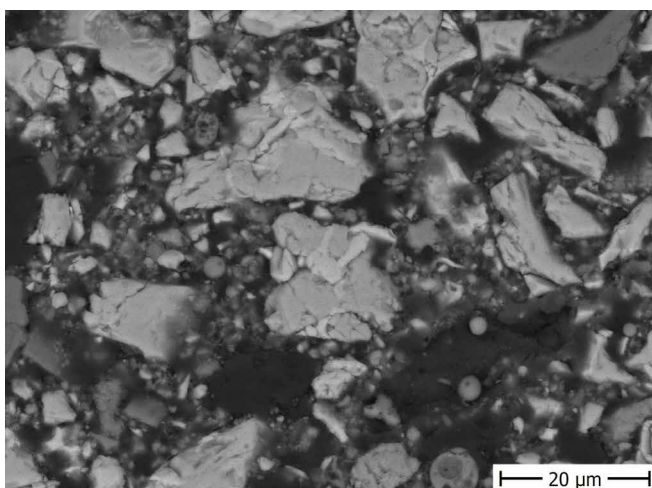


Abb. 4: REM-Aufnahme, MDS, Ausschnitt aus Abb. 3



Abb. 6: Schutz der MDS mit Folie

- dass die MDS anstatt in einfacher dünner Lage zweifach aufgetragen wurde,
 - die Betonflächen sehr stark vorgehäst wurden,
 - die MDS nach der Applikation durch eine Folie 2-3 Tage lang vor dem zu frühen Austrocknen geschützt wurde,
- gelang die Hydratisierung der MDS. Danach wurde die FPD nach Herstellervorgabe aufgebracht. Bestätigt wurde dies wieder durch entnommene und mikroskopisch untersuchte Bohrkern. Mit der optimierten Anwendungsmethode zeigen die Zementklinker eine deutliche Hydratationszone an der Oberfläche, erkennbar durch einen dunkleren Saum. Zwischen den Zementklinkern und Füllstoffen hat sich eine kompaktere Bindemittelmatrix gebildet, die zu einer deutlichen Festigkeitssteigerung führt. Auch die im Anschluss durchgeführten Haftzugprüfungen ergaben Werte, die deutlich über den geforderten $0,5 \text{ N/mm}^2$ lagen.

6 Fazit

Bei einer Anwendung der Produkte gemäß Herstellervorgabe konnte partiell keine funktionierende Innenabdichtung hergestellt werden. Die Werte der Haftzugprüfungen pendelten zu meist um die geforderten $0,5 \text{ N/mm}^2$, viele waren jedoch auch deutlich schlechter. Die Hydratisierung der MDS erfolgte gar nicht oder nur sehr unzureichend, was zu einem Versagen (Haftzugversuch) des Schichtenaufbaus in der MDS führte. Hier wurden durch den Hersteller/Anbieter zwei eigenständige Abdichtungsmaterialien (MDS und FPD) kombiniert, um zusammen eine Abdichtungsschicht herzustellen, die beständig ist gegen negativen Wasserdruck und gleichzeitig eine hohe Rissüberbrückung besitzt. Etwas aus den Augen verloren hatte man dabei jedoch den Prozess der Hydratisierung der MDS und den damit verbundenen Wasser- und Zeitaufwand.

Augenscheinlich sind für eine ausreichende Hydratisierung nachfolgende Faktoren maßgebend:

- Erhöhung der Schichtstärke der MDS,
- Verstärktes Vornässen des Untergrunds,
- Schützen der MDS vor Austrocknung durch eine Abdeckung durch Folie,

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Michael Holler

von der Industrie- und
Handelskammer Karlsruhe
ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden
Franz-Sigel-Str. 1
76646 Bruchsal
Tel. 07251/982982
Fax 07251/982981
info@holler-sv.de
www.holler-sv.de



Dr.-Ing. Herbert Juling

Amtliche Materialprüfungsanstalt der Freien
Hansestadt Bremen, Abteilungsleiter Analytische
Baustoffmikroskopie
Paul-Feller-Straße 1
28199 Bremen

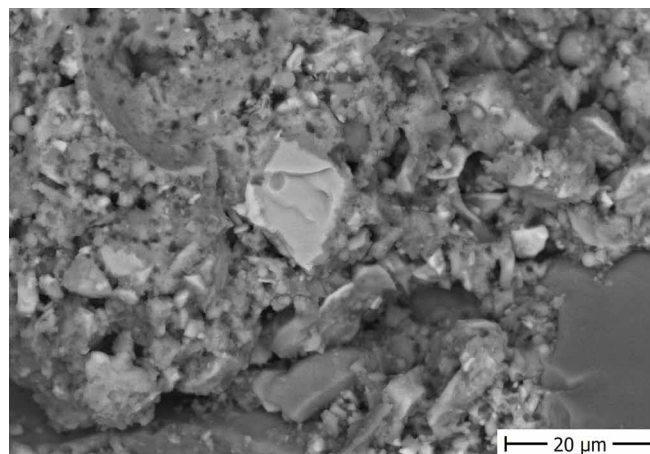
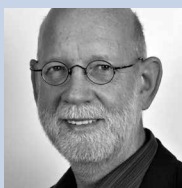


Abb. 7: REM-Aufnahme, Hydratisiertes Zementkorn, abgedeckte MDS

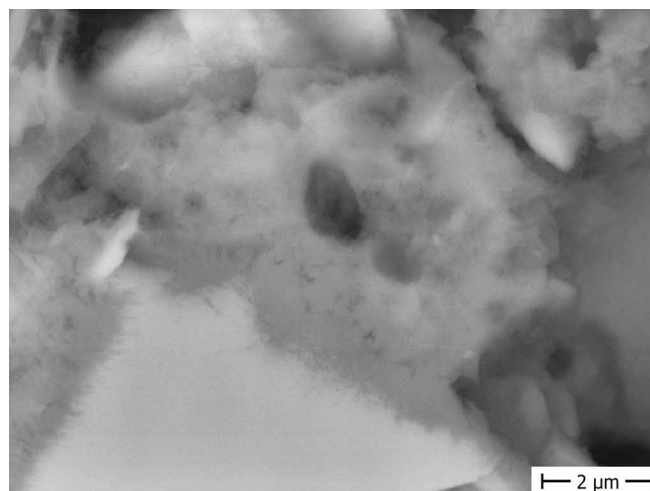


Abb. 8: In höherer Vergrößerung ist der Hydratationsring bestehend aus Calciumsilikathydrat um den ansonsten noch trocken gebliebenen hellen Zementklinkerkern als dunklere Oberflächenzone gut zu erkennen. Ausschnitt aus Abb. 7

- Längere Wartezeit vor dem Aufbringen der FPD, 19 Stunden sind zu gering.

Die drei ersten Maßnahmen erhöhen das Wasserangebot für die MDS während der Hydratisierung, der letzte Punkt gibt der MDS mehr Zeit, um eine ausreichende Bindemittelmatrix auszubilden. Werden diese Vorgaben umgesetzt, ergibt sich ein Abdichtungsaufbau der die Forderungen

- beständig gegen negativen Wasserdruck,
 - eine hohe Rissüberbrückung,
- leisten kann. Wie so häufig muss man auch Herstellervorgaben kritisch hinterfragen und diese ggf. anpassen. Nicht immer steht jedoch ein solch immenser labortechnischer Untersuchungssupport wie im vorliegenden Fall zur Verfügung.

Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb): DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie) Ausgabe 11/2003
- [2] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.: WTA Merkblatt 4-6 Nachträgliche Abdichtung erdberührter Bauteile, Ausgabe 01.2014