

Feuchte- und Rissmonitoring auf Fahrbahndecken aus Beton

Marko WIELAND, BAST, Bergisch Gladbach

Kurzfassung. In den vergangenen Jahren wurden in verschiedenen Teilen Deutschlands an einigen Autobahnen in Betonbauweise Schäden infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion festgestellt. Die Maßnahmen zur Baulichen Erhaltung fallen bis dato sehr unterschiedlich aus, da noch kein allgemeingültiger Lösungsansatz für die Instandsetzung derart geschädigter Strecken vorliegt. In Sachsen-Anhalt wurde diesbezüglich eine Erprobungsstrecke angelegt, auf der sechs verschiedene Erhaltungsmaßnahmen zur Ausführung kamen. In einem umfangreichen Untersuchungsprogramm wird dabei die Wirksamkeit und die Nachhaltigkeit der einzelnen Maßnahmen untersucht. Für das Feuchte- und Rissmonitoring werden die für den Straßenbau neuen Messverfahren „MOIST SCAN“ und „RoadControl“ eingesetzt. Der Einsatz beider Verfahren hat sich aus heutiger Sicht und heutigem Wissensstand als zweckdienlich erwiesen, da aus den Ergebnissen wichtige Informationen zur Wirksamkeit der einzelnen Erhaltungsmaßnahmen abgeleitet werden konnten. Weiterhin ergaben sich durch die Anwendung straßenbauspezifische Erkenntnisse, die bei künftigen Einsätzen der Geräte zu berücksichtigen sind.

1 Einleitung

Seit ca. 90 Jahren werden in Deutschland Betonstraßen mit einem guten Langzeitverhalten hergestellt. Trotz ständig zunehmender Verkehrsbelastung werden mit dieser Bauweise Liegedauern von über 30 Jahren – ohne nennenswerte Schäden an den Betondecken – erzielt. In den letzten Jahren wurden an einigen Bundesautobahnen in Betonbauweise Rissbildungen festgestellt, die auf eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) zurückzuführen sind. Um einer Verschlechterung des Gebrauchs- bzw. Substanzwertes der Straßen vorzubeugen, haben die betroffenen Straßenbauverwaltungen verschiedene Erhaltungsmaßnahmen entwickelt und praktisch umgesetzt. Aufgrund der Aktualität liegen für diese Maßnahmen noch keine Langzeiterfahrungen vor. Für den Neubau von Betonfahrbahndecken hat der Bund vorbeugende Maßnahmen festgelegt, um das künftige Auftreten der Betonschädigung infolge AKR zu verhindern. In Sachsen-Anhalt wurde 2008 auf einem geschädigten Streckenabschnitt der BAB A14 eine Erprobungsstrecke angelegt, um sechs verschiedene Erhaltungsmaßnahmen zu erproben. Mit dem Ziel, die Wirksamkeit bzw. Nachhaltigkeit der ausgeführten Maßnahmen zu untersuchen und Erfahrungen im Bereich der wirtschaftlichen Erhaltung AKR-geschädigter Betondecken zu sammeln. Bei der Untersuchung der Schadensentwicklung spielen z.B. der Feuchtehaushalt im Beton und die Risszunahme an dessen Oberfläche eine bedeutende Rolle. Aus diesem Grund wurde dem Monitoring dieser beiden Kennwerte ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Zur Lösung der Messaufgaben kamen das Mikrowellen-Feuchtemessverfahren „MOIST SCAN“ der Firma hf-sensor und das hochauflösende Messsystem für mobile Risserfassung „RoadControl“ der Firma GBM Wiebe Gleisbaumaschinen GmbH zum Einsatz. Im Bereich des Straßenbaus lagen zu Beginn der Untersuchungen für diese Messverfahren noch keine Erfahrungen vor, da sie – abgesehen von einigen Tastversuchen mit „RoadControl“ – im Rahmen dieser Maßnahme erstmals Verwendung fanden.

2 Allgemeines

2.1 Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Nach einer ersten Meldung 1922 berichtete STANTON 1940 detailliert über Schäden an Betonkonstruktionen in Amerika als Folge einer chemischen Treibreaktion zwischen den Alkalien des Zementsteins und den verwendeten Zuschlagstoffen [1]. Inzwischen sind AKR-Fälle in verschiedenen Formen weltweit aufgetreten.

In [2] wird die Alkali-Kieselsäure-Reaktion wie folgt beschrieben: Einige Gesteinskörnungen enthalten alkalireaktive Kieselsäure, die mit im Porenwasser des Betons gelöstem Alkalihydroxid zu einem Alkalisilikat reagieren kann. Unter bestimmten Voraussetzungen führt diese Reaktion zu einer Volumenvergrößerung, die zu einer Schädigung des Betons führen kann. Diese Volumenvergrößerung wird als „Alkalitreiben“ und die chemische Reaktion, die dies verursacht, als „Alkali-Kieselsäure-Reaktion“ (AKR) bezeichnet. Ablauf und Ausmaß der Reaktion hängen insbesondere von der Art und Menge der alkaliempfindlichen Gesteinskörnung, ihrer Größe und Verteilung, dem Alkalihydroxidgehalt in der Porenlösung sowie den Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen des erhärteten Betons ab. Bei trockenem Beton kommt die Alkali-Kieselsäure-Reaktion zum Stillstand. Durch Alkalizufuhr von außen kann die AKR verstärkt werden. Das Ausmaß der Schäden nimmt zu, wenn mehrere ungünstige Bedingungen zusammentreffen. In der Abbildung 1 sind die Bedingungen für eine AKR schematisch dargestellt. Dabei wird deutlich, dass durch gezielte Veränderung der Randbedingungen die Reaktion verhindert werden kann.

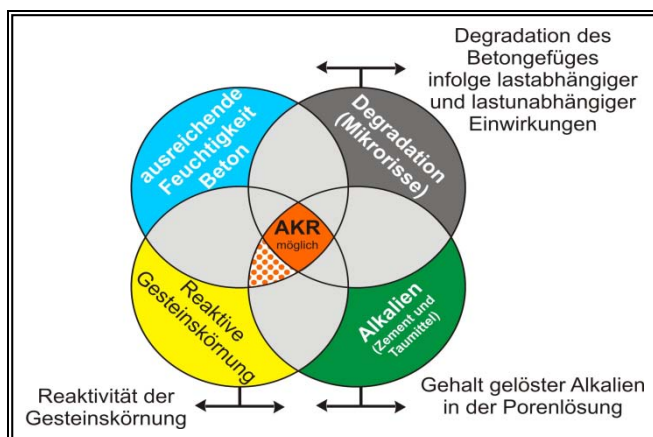


Abb. 1: Schematische Darstellung der Reaktionsbedingungen [3]

2.2 Zustandserfassung auf AKR-geschädigten Betondecken

Für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen ist es wichtig, den IST-Zustand der Fahrbahn genau zu kennen. Aus diesem Grund erfolgt auf Bundesstraßen in regelmäßigen Abständen eine Zustandserfassung und -bewertung. Im Rahmen dieser Messkampagnen werden jedoch keine AKR-spezifischen Daten erfasst. Der Zustand AKR-geschädigter Betondecken wird bis heute durch Inaugenscheinnahme anhand visueller Oberflächenmerkmale beurteilt und klassifiziert. Da die äußeren Merkmale einer schädigenden AKR in verschiedener Intensität sowohl einzeln, als auch kombiniert auftreten können, ist deren Detektion gerade in der Frühphase sehr schwierig. Außerdem weisen die betroffenen Streckenabschnitte oft ein inhomogenes Oberflächenbild auf. Gemäß [4] kann der Schädigungsgrad anhand des Oberflächenbildes, wie in Abbildung 2 dargestellt, klassifiziert werden.

		
<u>Kategorie I</u> <ul style="list-style-type: none"> • Verfärbung im Bereich der Querfugen • beginnende Netzrissbildung • beginnende Längsrissbildung an Querfugen • und/oder tangentielle Rissbildung an Fugenkreuzen 	<u>Kategorie II</u> <ul style="list-style-type: none"> • ausgeprägte Netzrissbildung • ausgeprägte Längsrissbildung an Querfugen • zusätzliche Querrisse parallel zur Fuge • zusätzliche Längsrissbildung in Rüttelgassen • kein Substanzverlust 	<u>Kategorie III</u> <ul style="list-style-type: none"> • starke Schäden an der Oberfläche • einbrechende Querfugenbereiche • beginnende „Verschotterung“ • Substanzverlust (Ausbrüche)

Abb. 2: Betonoberflächen der Schadenkategorie I bis III und Beschreibung der Oberflächenmerkmale

2.3 Bauliche Erhaltung AKR geschädigter Betondecken

Einige Möglichkeiten der Baulichen Erhaltung werden in [4] beschrieben. In Abhängigkeit von der Schadenskategorie werden hier sechs unterschiedliche Unterhaltungsmaßnahmen vorgeschlagen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wahl einer Erhaltungsmaßnahme von vielen Kriterien abhängig ist. So können z.B. Zwangspunkte im Höhengniveau (Bauwerke, Entwässerung, passive Schutz Einrichtung, ...) die Möglichkeiten der Erhaltung eingrenzen. Eine grundhafte Erneuerung und somit ein kompletter Ausbau des AKR-geschädigten Betons sollte wenn möglich vermieden werden, da neben hohen Kosten auch mit langen sowie gewichtigen Beeinträchtigungen des Verkehrs in der Bauphase zu rechnen ist.

3 Erprobungsstrecke

3.1 Allgemeine Angaben zur Erprobungsstrecke

Der für die Erprobungsstrecke ausgewählte Abschnitt der BAB A14 in Sachsen-Anhalt liegt zwischen den Anschlussstellen (AS) Könnern und Bernburg auf der Richtungsfahrbahn (RF) Magdeburg und besitzt eine Länge von 14,2 km. In der Abbildung 3 sind die geographische Lage sowie allgemeine Angaben zur Strecke dargestellt. Zu Beginn der Baumaßnahmen konnten auf dem gesamten Streckenabschnitt ausschließlich AKR-Schädigungen der Kategorie I festgestellt werden.

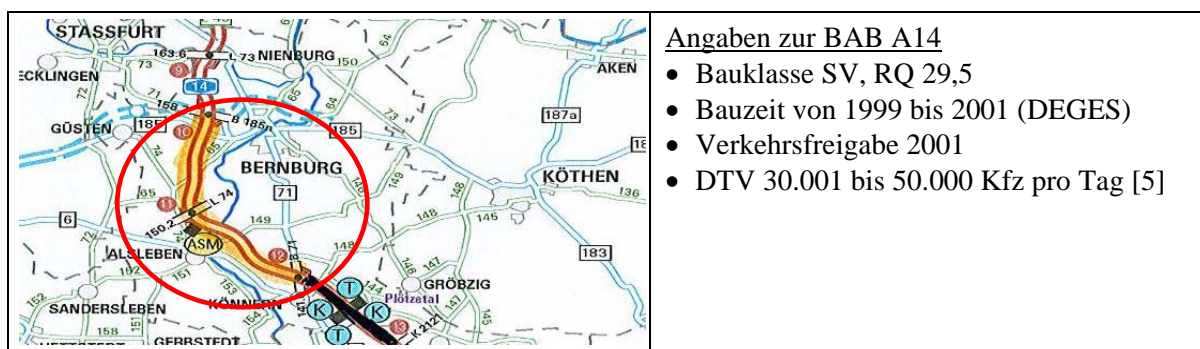


Abb. 3: Geographische Lage der Erprobungsstrecke

3.2 Ausgeführte Erhaltungsmaßnahmen

In Sachsen-Anhalt wurde das Ziel verfolgt – sofern möglich – die AKR in einer frühen Phase zu detektieren und die Betondecken derart instand zu setzen, dass eine effektive Verzögerung des irreversiblen Reaktionsprozesses erreicht wird. In erster Linie basiert die Vorgehensweise auf dem Ansatz die Reaktionsbedingungen einer AKR (siehe 2.1), in diesem Fall den Wasserhaushalt im Beton sowie die Alkalizufuhr von außen, gezielt zu beeinflussen. Die Erprobungsstrecke setzt sich aus insgesamt 11 Einzelabschnitten zusammen. Diese beinhalten auch 3 Referenzabschnitte ohne jegliche Behandlung. Die Tabelle 1 beinhaltet eine Aufstellung aller ausgeführten Maßnahmen.

Tabelle 1: Auf der Erprobungsstrecke ausgeführte Erhaltungsmaßnahmen

Ausgeführte Erhaltungsmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none">• DSK 0/3 (mit Fugenprofil), DSK 0/5 (Fuge vergossen), DSK 0/3 (Fuge vergossen)• Epoxidharz (Oberflächenbeschichtung gemäß ZTV BEB-StB)• Lithium-Nitrat-Lösung (Auftrag mit 120 und 240 g/m²,)• Hydrophobierung (SILCO-TEC OS-A, Emulsion gemäß ZTV-ING OS-A)• Imprägnierung (Leinölabmischung)• Antigrffiti (Théf APP, wasserbasierte Lösung komplexer Acrylkopolymeren)• 3 Referenzbereiche (ohne Behandlung)

Um das Eindringen des Oberflächenwassers und der Alkalien von außen zu verhindern, wurde der Beton z.B. mit DSK (Dünne Schicht im Kalteinbau) überbaut oder mit Epoxidharz beschichtet. Außerdem kamen transparente Applikationen mit hydrophobierender bzw. imprägnierender Wirkung zum Einsatz. Mit der Applikation von LiNO₃-Lösung wird ein anderes Wirkprinzip verfolgt. Hier soll eine chemische Bindung von Lithium anstelle der Alkalien am Alkalisilikatgel erfolgen.

4. Feuchte- und Rissmonitoring

Im Rahmen des Projektes war es notwendig, ein umfangreiches Untersuchungsprogramm anzulegen. Neben zahlreichen Labor- und in situ-Versuchen, die zum Teil schon in der Planungsphase erfolgten, musste ein Monitoring durchgeführt werden, um die Wirksamkeit der ausgeführten Erhaltungsmaßnahmen langfristig beobachten und letztlich quantifizieren zu können. Ausgangspunkt für die sichere Bewertung der Maßnahmen, die sich über eine Länge von 14,2 km (A \approx 160.000 m²) erstrecken, ist die Erfassung repräsentativer sowie statistisch abgesicherter Messwerte. Das bedeutet, dass bspw. Laboruntersuchungen am Ausbaustück oder visuelle Begutachtungen und Dokumentationen des äußeren Erscheinungsbildes in traditioneller Art und Weise (Inaugenscheinnahme der Strecke) nur als bedingt geeignet betrachtet werden können. Das ist i. A. darauf zurückzuführen, dass diese Verfahren sehr viel Zeit in Anspruch nehmen und bei einer umfangreichen Probenentnahme die Decke zusätzlich geschädigt wird. Aus diesen Gründen wurde entschieden, eine Bewertung anhand einer Veränderung des Oberflächenbildes insbesondere des Rissbildes vorzunehmen. Da diese nicht ausschließlich von einem Fortschreiten der AKR abhängt, wird der Feuchtehaushalt des Betons bzw. dessen Entwicklung als zusätzliches Bewertungskriterium herangezogen.

Für die Aufnahme des gesamten Oberflächenzustandes wird das schnellfahrende Riss-erfassungssystem „RoadControl“ der Fa. GBM Wiebe Gleisbaumaschinen GmbH eingesetzt, mit dem die gesamte Betonoberfläche aufgenommen und ausgewertet werden kann. Zur Beurteilung des Feuchtehaushaltes im Beton kommt das mikrowellenbasierte Rasterfeuchtemessverfahren „MOIST SCAN“ der Fa. hf-sensor GmbH zum Einsatz, welches durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Mikrowellensonden eine Aufnahme der Feuchteverteilung im Beton erlaubt. Nachfolgend werden die beiden Verfahren detaillierter beschrieben.

4.1 Automatische Risserfassung [6]

RoadControl ist die Weiterentwicklung des Systems CrackControl, das für die Rissuche auf Eisenbahnstrecken (Betonschwellen und Feste Fahrbahn) bereits erfolgreich eingesetzt wird. Das digitale Aufzeichnungssystem RoadControl dient der automatischen Zustandsüberprüfung von Betonfahrbahnen. Feinste Rissstrukturen werden je nach geforderter Auflösung bei Geschwindigkeiten bis zu 90 km/h erkannt. Die maximale Geschwindigkeit ergibt sich aus der eingestellten Bildauflösung in Fahrtrichtung (variabel) und der maximalen Zeilenfrequenz der Kameras (nicht veränderbar). Die möglichen Einstellungen zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Auflösung und Geschwindigkeit

In Fahrtrichtung	Quer zur Fahrtrichtung	Maximale Geschwindigkeit
0,25 mm	0,25 mm	22 km/h
0,5 mm	0,25 mm	45 km/h
1,0 mm	0,25 mm	90 km/h

Das senkrecht über der Fahrbahn angeordnete Kamerasystem besteht aus insgesamt zwei monochromen digitalen Hochgeschwindigkeits-Zeilenkameras u. hoch vergüteten Objektiven mit Festbrennweite. Jede Kamera zeichnet einen 1 Meter breiten Bereich der Fahrbahn auf. Insgesamt wird pro Fahrt eine Breite von 2 Metern ohne Lücken abgedeckt. Zur Aufzeichnung der gesamten Breite eines Autobahnfahrstreifens sind 2 seitlich versetzte Fahrten erforderlich. Die Fahrbahn wird mit vier leistungsstarken Halogenscheinwerfern ausgeleuchtet. Die hohe Auflösung der Kameras gewährleistet eine optimale Erkennung ab Rissbreiten von 0,1 mm. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen das montierte System am Inspektionsfahrzeug sowie die Werte zur Umrechnung der x-Position von Kamerapixeln in Meter (1 Pixel = 0,25 mm). Die y-Position (km-Position) kann zum einen über einen am Rad befestigten Drehgeber ermittelt werden, über den auch die Steuerung der Bildaufnahme erfolgt. Zum anderen erfolgt eine zusätzliche Aufnahme der GPS-Koordinaten, die je nach der zum Empfangszeitpunkt verfügbaren Satellitenkonfiguration eine Genauigkeit zwischen 2 cm und 2 m erreichen.

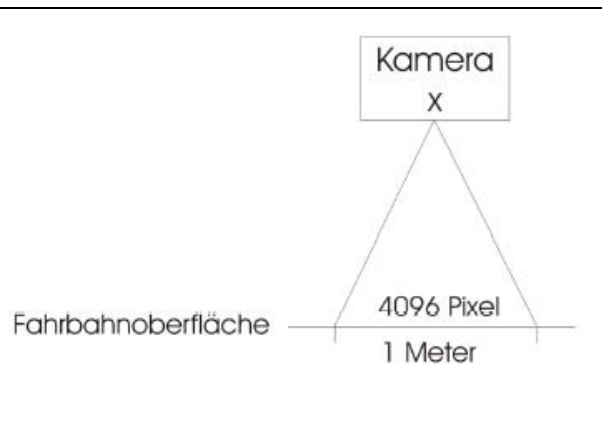


Abb. 4: Montiertes System am Inspektionsfahrzeug Abb. 5: Auflösung Kamera

Computergestützte Auswerteverfahren ermöglichen eine genaue und übersichtliche Auswertung der aufgezeichneten Bilder. Dabei wird jedem detektierten Riss ein Auswertungsbild mit präziser Positionsangabe, Fehlermerkmalen und weiteren Parametern zugeordnet. Die Fehlerbilder können hinsichtlich Rissart, Risslänge, Rissverlauf und Rissbreite klassifiziert werden. Die Ergebnisse werden in einem Fehlerprotokoll bereitgestellt. Im Rahmen der Dokumentation wird z.B. die Häufigkeitsverteilung der erkundeten Risse grafisch dargestellt. Für die detaillierte Darstellung der Ergebnisse greift das Auswerteprogramm RoadControl auf die Gesamtliste zurück, in der alle gefundenen Risse aufgeführt sind. Über verschiedene

Filterparameter können die Risse nach gewünschten Kriterien gesichtet werden. In der neuen Liste werden dann nur die den Kriterien entsprechenden Risse angezeigt. Auch die Häufigkeitsverteilung passt sich automatisch den Filterkriterien an. Überdies kann jedes Bild, das mindestens einen Riss enthält, als jpeg-Bild angezeigt werden. Der in der Liste ausgewählte Riss wird durch eine Markierung hervorgehoben (siehe Abbildung 6).

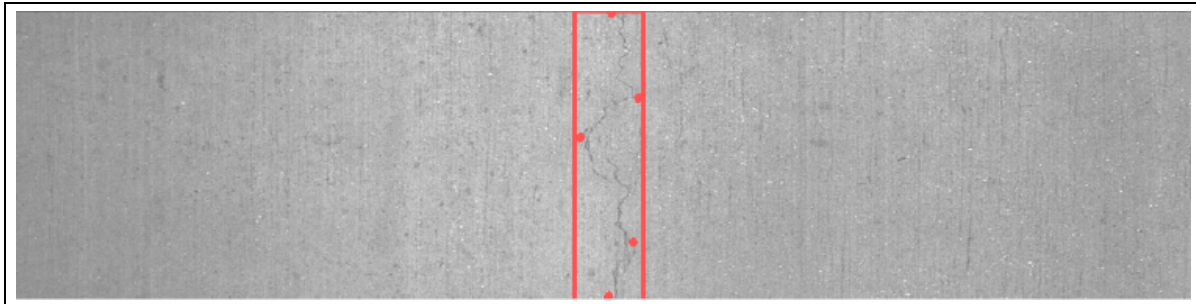


Abb.6: Markierter Riss im Kamerabild (auf ca. 10% der Originalgröße verkleinert)

4.2 Feuchtemessung [7]

Die Aufnahme von Rasterfeuchtemessungen ist eine seit Jahren bekannte Technik für die Beurteilung des Feuchtestatus von Bauobjekten. Der Mikrowellen-Mobilscanner MOIST SCAN wird hier im Sinne einer mehrdimensional arbeitenden Mikrowellenkamera benutzt. Er enthält als Basisplattform ein Geräteträgermodul, das Feuchtesensoren verschiedener Eindringtiefen gleichzeitig fassen kann, sowie geeignete Sensoren zur Positionsbestimmung. In Vorbereitung der Mikrowellenscans können bis zu drei Feuchtesensoren am Scanner montiert werden. Die Visualisierung und Vorauswertung der Messdaten erfolgt an einer im Mobilscanner untergebrachten Steuereinheit mit Touchpanel und Menüführung. Zur Ausführung des Scanvorgangs wird nach der Eingabe der gewünschten Ortsauflösung, des Startpunktes und der Scanrichtung der Scanner einfach spalten- oder zeilenweise über die zu messende Fläche gefahren. Die Verfahrensgeschwindigkeit spielt dabei keine Rolle, sie kann bis zu etwa 1 m/s betragen. Die Ortsauflösung kann vorab zwischen 5 cm und 200 cm gewählt werden. Die Maximalgröße eines Scans ist derzeit auf 1 M Voxel festgelegt, dies entspricht z. B. der Größe eines Fußballfeldes gemessen mit einer Ortsauflösung von 10 cm. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Arbeitsweise sowie den Einsatz des Mobilscanners.

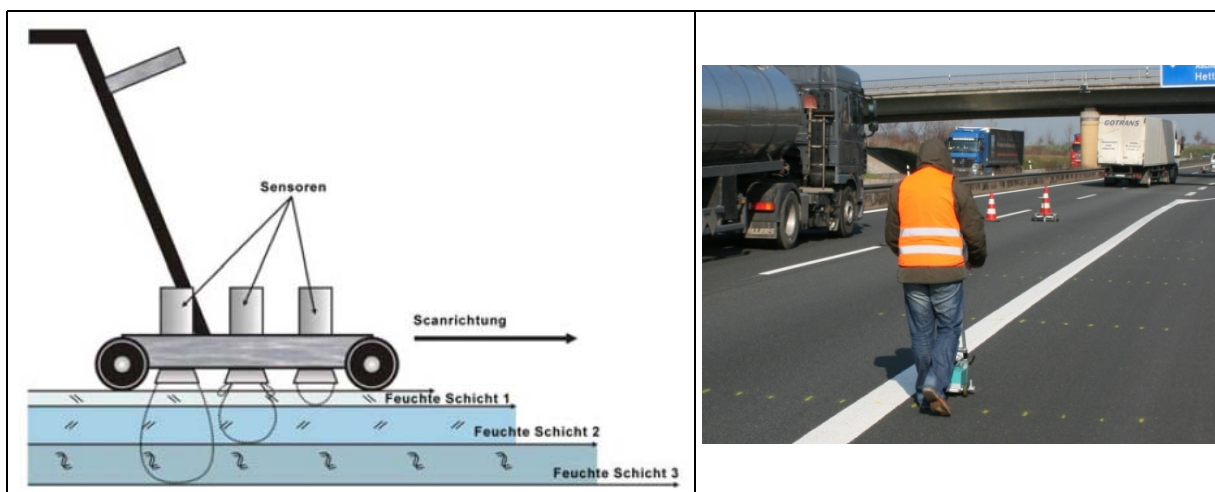


Abb.7: Arbeitsweise des Mikrowellenscanners MOIST SCAN Abb. 8 Scannen großer Flächen

Der Mobilscanner verarbeitet die Messdaten aller angeschlossenen Mikrowellensonden in Echtzeit. Ebenso sind Schnittstellen zu dem nachgelagerten Softwaremodul MOIST SCANALYZE zur Weiterverarbeitung vorgesehen. Dieses Softwaremodul überführt die

Daten in die angestrebte mehrdimensionale Darstellung. Eine weitere Funktionalität ist die Filterung der aufgenommenen Rohdaten mit verschiedenen Ortsfiltern. Hierdurch lassen sich bestimmte Strukturen, wie z. B. regelmäßige Störungen, die durch den konstruktiven Aufbau bedingt sind (z. B. wassergefüllte Rohre), unterdrücken oder auch hervorheben.

4.3 Messprogramm

Bezogen auf das Feuchte- und Rissmonitoring mit den o. g. Systemen wurde das in Tabelle 3 dargestellte Messprogramm aufgestellt. Dabei ist zu erwähnen, dass die Feuchtemessung mit dem MOIST SCAN erst nachträglich in das Untersuchungsprogramm aufgenommen wurde. Zusätzlich erfolgten bzw. erfolgen die nachfolgend aufgeführten Untersuchungen:

- Bestimmung der Hydrophobierungsqualität gemäß ZTV-ING,
- manuelle Risserfassung, Videobefahrung, Inaugenscheinnahme,
- Laboruntersuchungen an Ausbaustücken sowie
- Georadar.

Tabelle 3: Untersuchungsprogramm MOIST SCAN und RoadControl

Messverfahren	Zeitpunkt der Messung	Umfang der Messung	Umfang der Auswertung
MOIST SCAN	<ul style="list-style-type: none"> • jährlich Frühj. + Herbst 	3 Rastermessungen je Abschnitt <u>Angaben zu den Messlinien</u> Länge: je 25 m Abstände: x= 0,10 m y= 0,15 m Anzahl: 13	vollständig
RoadControl	<ul style="list-style-type: none"> • vor Sanierung • nach Sanierung • jährlich Frühj. + Herbst 	Aufnahme aller Fahrstreifen über die gesamte Länge	teilweise

5 Auswertung und erste Ergebnisse

5.1 Feuchtemessung

Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden zwei Messungen (17.12.08 und 31.03.09) durch die Fa. Bilfinger Berger AG in Zusammenarbeit mit der Fa. hf-sensor GmbH ausgeführt. Dabei kam ein Mobilscanner mit drei Messköpfen zur Anwendung. Die Ortsauflösung betrug $y= 0,15$ m und $x= 0,1$ m.

Zur Bearbeitung der Rohdaten wurde das Softwaremodul MOIST SCANALYZE verwendet. Die hier entstandenen Rastergrafiken beinhalten eine Abbildung der Feuchteverteilung über die Fläche in 3 verschiedenen Tiefen, die auch Aussagen zur räumlichen Feuchteverteilung erlauben. Der Feuchtegrad wird im Scanbild über einen Indexwert (IF) dargestellt. Um eine optimale Darstellung der Feuchteverteilung zu erzielen, wurden die in Tabelle 4 aufgeführten IF-Skalierungen verwendet.

Tabelle 4: IF-Skalierung für die drei Sensoren (R,D,P)

Sensor	Untere Grenze	Obere Grenze	Schrittweite
R (oberer Bereich)	1150	1630	24
D (mittlerer Bereich)	1340	1460	6
P (unterer Bereich)	1400	1700	15

In der Abbildung 9 sind die Scanbilder einer Prüffläche eines Versuchsabschnitts zu sehen. Die Bilder lassen deutlich erkennen, dass sich im Bereich der Scheinfugen und insbesondere

der Fugenkreuze ein erhöhter Feuchtehaushalt abzeichnet. Bei genauer Betrachtung besitzt dieser in Richtung des Seitenstreifens eine größere Ausprägung. Dies ist vermutlich auf die Entwässerungsrichtung nach außen zurückzuführen. Ferner ist wie erwartet zu erkennen, dass sich die Fugenstruktur anhand der Feuchteverteilung im oberflächennahen Bereich sehr klar erkennen lässt. Mit zunehmender Tiefe wird dieser Zusammenhang undeutlicher. Eine Ableitung des Feuchtegehaltes im Beton kann derzeit noch nicht erfolgen, da die Kalibrierung des Systems am Straßenbeton noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Aus Erfahrung sind hier Werte zwischen 3 und 6 Prozent zu erwarten.

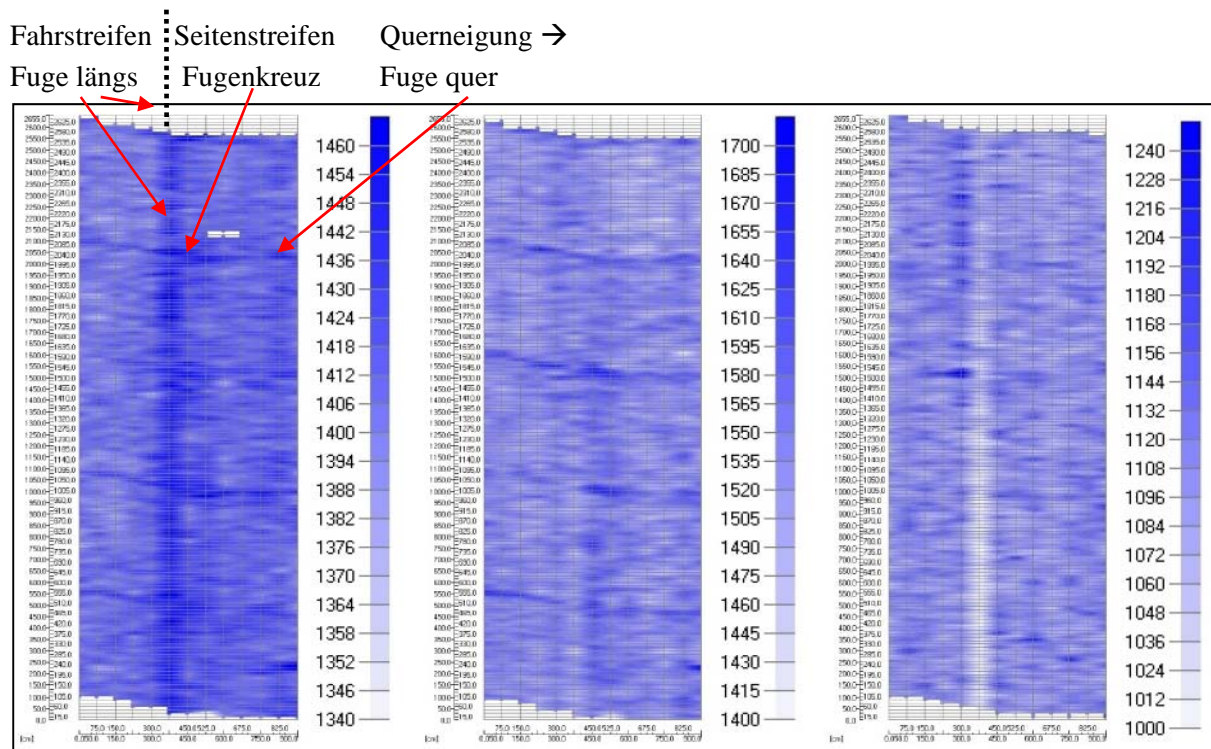


Abb.9: Scanbilder der Sensoren R, D, P (v. links nach rechts, oberflächennah beginnend) einer Prüffläche

5.2 Automatische Risserfassung

Auf der Erprobungsstrecke wurden durch die Fa. GBM Wiebe Gleisbaumaschinen GmbH bis dato vier Inspektionsfahrten durchgeführt. Am 18.07.2008 erfolgte die erste Inspektionsfahrt im ursprünglichen Zustand der Strecke. Alle anderen folgten nach Durchführung der Erhaltungsmaßnahmen. Dabei ist anzumerken, dass die 2. Messung unter ungünstigen Bedingungen (feuchte Fahrbahn) stattfand. Wie in Tabelle 3 angegeben, wurde vorerst nur eine Teilauswertung vorgenommen. Das heißt, bei jedem Versuchsabschnitt wurden jeweils 50 m am Anfang, in der Mitte und am Ende ausgewertet, also insgesamt 1650 Meter.

Die Abbildungen 10 und 11 zeigen für zwei Streckenabschnitte die in den vier Inspektionsfahrten detektierte Rissanzahl (Anfang: blau, Mitte: braun, Ende: grün). Diese lassen einen signifikanten Zuwachs der Rissanzahl zwischen der 1. und der 2. Messung erkennen. Der weitere Zuwachs fällt hingegen geringfügig aus. Bisher ist noch ungeklärt, warum der Zuwachs genau über diesen Zeitraum so beachtlich ausfällt. Anhand der unterschiedlichen Rissanzahl innerhalb eines Abschnittes ist die inhomogene Intensität der Schädigung deutlich deduzierbar. Durch eine Auswertung der gesamten Streckendaten sollte künftig geklärt werden, ob sich auffällige Rissanhäufungen mit bestimmten Randbedingungen in situ, wie z.B. mit der Lage der Gradienten (Damm, Einschnitt), der Entwässerung usw., in Verbindung bringen lassen.

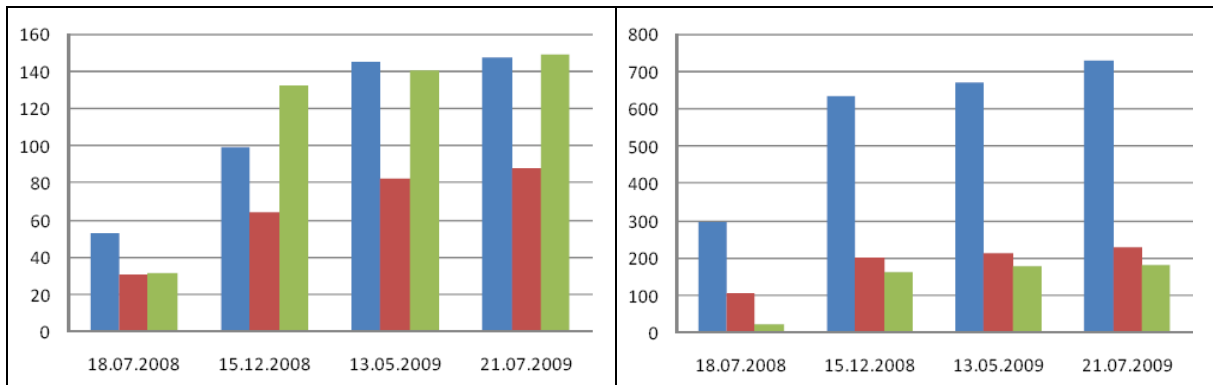


Abb. 10 und 11: Entwicklung der Rissanzahl auf zwei verschiedenen Versuchsabschnitten

Die Validierung der Messergebnisse erfolgte durch Überprüfung einzelner Risse nach dem Zufallsprinzip. Dabei wurden die im Programm abgelegten Koordinaten und die Angaben zum Riss vor Ort überprüft. Im Allgemeinen konnte hier eine gute Übereinstimmung festgestellt werden. Weiterhin wurde die Entwicklung ausgewählter Risse über den Untersuchungszeitraum von 1 Jahr hinweg genauer betrachtet. In den Abbildungen 13 und 14 ist stellvertretend ein Riss dargestellt, der bspw. keine Veränderungen über den Zeitraum von 1 Jahr erkennen lässt.

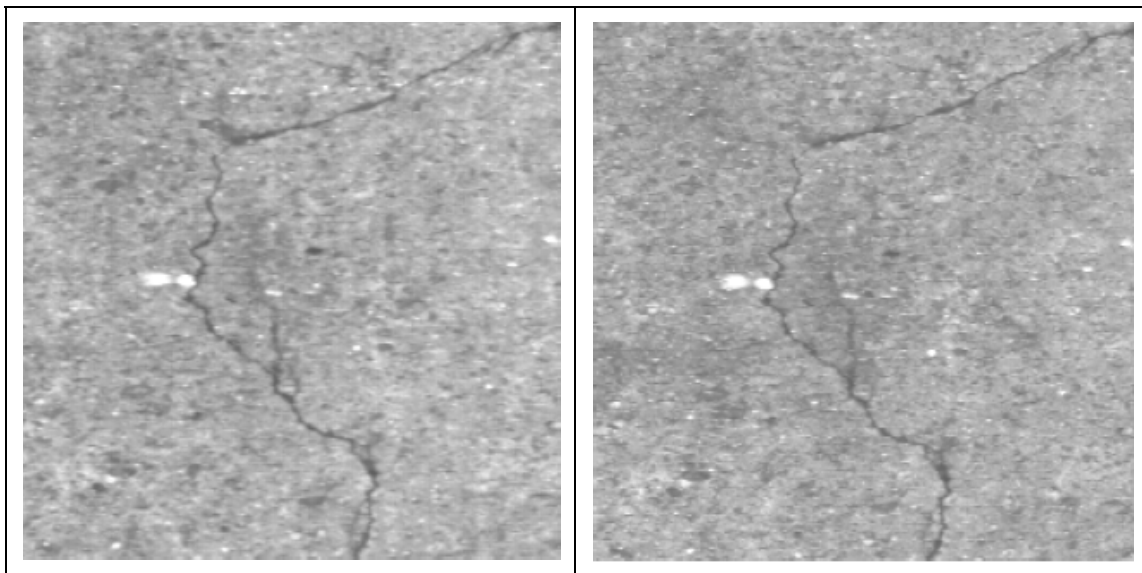


Abb. 13 und 14: Einzelner Riss aus der Messung am 18.07.08 (links) und 21.07.09 (rechts)

4 Zusammenfassung

In den letzten Jahren sind auf einigen Bundesautobahnen in Betonbauweise Schäden aufgetreten, die in erster Linie auf eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion zurückzuführen sind. Bezogen auf die Bauliche Erhaltung liegen für derartige Schäden noch keine abgesicherten Erkenntnisse vor. Aus dieser Situation heraus werden durch die betroffenen Bundesländer Erhaltungsstrategien entwickelt und erprobt. In Sachsen-Anhalt wurde 2008 auf der BAB A14 eine Erprobungsstrecke angelegt, die verschiedene Erhaltungsmaßnahmen beinhaltet. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden und werden Untersuchungen durchgeführt, um die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der ausgeführten Maßnahmen quantifizieren zu können. Hauptsächlich interessiert hier das Langzeitverhalten, da die AKR über einen längeren Zeitraum (Jahre) abläuft. Demgemäß wird ein Feuchte- und Rissmonitoring durchgeführt, bei dem – für den Straßenbau – neue Messverfahren Benutzung finden. Dies betrifft einerseits den Mikrowellen-Mobilscanner „MOIST SCAN“, der im Sinne einer mehrdimensional

arbeitenden Mikrowellenkamera für die Feuchtemessung benutzt wird und andererseits das mit hochauflösenden Zeilenkameras arbeitende „RoadControl“ zur automatischen Risserfassung.

Der Einsatz beider Verfahren hat sich aus heutiger Sicht und heutigem Wissensstand als zweckdienlich erwiesen, da aus den Ergebnissen wichtige Informationen zur Wirksamkeit der einzelnen Erhaltungsmaßnahmen abgeleitet werden konnten. Weiterhin ergaben sich durch die Anwendung straßenbauspezifische Erkenntnisse für den Einsatz der Geräte, die in einigen Fällen in einer direkten Weiterentwicklung der Geräte mündeten. In den ersten Anwendungen des MOIST SCAN konnte bspw. festgestellt werden, dass ein absolut gerades Abfahren der Messlinie ohne Hilfsmittel (Hilfslinien, Orientierungslaser) nicht möglich ist. Dies kann in der Rastergrafik zu einer Verschiebung der Messpunkte führen. Die Beurteilung der Feuchteverteilung im Beton wird dadurch jedoch nicht beeinflusst. Aufgrund einiger imponderabler Faktoren sind zum jetzigen Zeitpunkt noch keine direkten Vergleiche der einzelnen Messreihen möglich. Weiterhin können noch keine Angaben zum Feuchtegehalt des Betons getroffen werden. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass die erste Messung erst nach Fertigstellung der Maßnahmen durchgeführt werden konnte und die Kalibrierung der Sensoren am Straßenbeton bisher noch nicht abgeschlossen ist. Aus diesem Grund wurden die MOIST SCAN-Messungen auf eine andere Erprobungsstrecke verlagert, da hier die Aufnahme der Nullmessung erfolgen konnte.

Auch bei dem Messverfahren „RoadControl“ konnte festgestellt werden, dass die Koordinaten zur Bestimmung der Rissposition in Messrichtung anhand von Bezugspunkten korrigiert werden müssen, da der über den Radsensor ermittelte – tatsächlich zurückgelegte Weg – nicht zur genauen Positionsbeschreibung geeignet ist. Die Genauigkeit der Bild-zuordnung ist dabei von der gefahrenen Strecke abhängig und liegt im Bereich von 0,1% der Streckenlänge. Ferner ergab sich, dass auch die Messungen auf den in Asphalt (DSK) ausgeführten Flächen zufriedenstellende Ergebnisse liefern. Über den Zeitraum eines Jahres konnte die Messtechnik für die Anwendung im Straßenbau weiter modifiziert werden. Neben einer zusätzlichen Kamera, die künftig eine plattennummernbezogene Rissaufnahme ermöglichen soll, ist weiterhin die Montage eines Infrarot-Thermometers zu nennen, die dann eine berührungslose Ermittlung der Oberflächentemperatur ermöglicht. Diese wird für die Beurteilung der Rissöffnungsweiten benötigt. Ebenso wurden zweckgerichtete Filterkriterien in das Auswerteprogramm implementiert, um eine Unterteilung der gefundenen Risse nach Rissbreite, Risstyp (Längs-, Quer-, Netz-, Tangentialriss) und Risseigenschaften (verzweigt, unverzweigt, mit oder ohne Ausbrüchen) vornehmen zu können.

Referenzen

- [1] Stanton, T.E.: The Expansion of Concrete through Reaction between Cement and Aggregate, Proceedings American Society of Civil Engineers, 66 Dezember 1940, S. 1781-1811
- [2] DAfStb-Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie) Teil 1: Allgemeines, Ausgabe 02/2007
- [3] Breitenbücher, R.: Einfluss von Alkali-Kieselsäure-Reaktionen auf die Rissbildung in Beton-Fahrbahndecken, Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2007
- [4] Empfehlungen für die Schadensdiagnose und die Bauliche Erhaltung von AKR - geschädigten Fahrbahndecken aus Beton, Erstfassung 2009
- [5] Übersichtskarte Straßenverkehrszählung, Verkehrsstärken auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen –Gesamtverkehr, Bonn 2005
- [6] RoadControl-Risserkennung auf Betonfahrbahnen, Mobile Aufnahme, Auswertung und Bewertung der Entwicklung von AKR-Rissen auf der BAB A14, Abschlussbericht der GBM Wiebe Gleisbaumaschinen GmbH, 2009
- [7] Göller, A.: Mobiler Mikrowellenscanner MOIST SCAN – Eine neue Ära der Bauwerksdiagnose, Informationsblatt der hf- sensor GmbH, Leipzig 2009