

Beurteilung von Betonfahrbahndecken hinsichtlich deren in-situ-AKR-Potenzial bei Gesteinskörnungen nach dem ARS Nr. 4/2013

FA 8.235

Forschungsstelle: Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) gGmbH, Düsseldorf

Bearbeiter: Eickschen, E. / Müller, C. / Böhm, M. / Pierkes, R. / Hermerschmidt, W.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: September 2019

1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Eignung von Gesteinskörnungen beziehungsweise Betonzusammensetzungen hinsichtlich deren AKR-Sensitivität ist seit der Einführung des Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau zur "Vermeidung von Schäden an Fahrbahndecken aus Beton in Folge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)" Nr. 04/2013 nach einem bundesweit festgelegten Vorgehen zu bewerten. Dies gilt für alle Straßen der Belastungsklassen Bk 100 bis 1,8 gemäß RStO 12 (Feuchtigkeitsklasse WS).

Damit sind auch solche Gesteinskörnungen zu prüfen, die in der Vergangenheit (vor 2013) nicht im Verdacht standen, potenziell alkalireaktiv zu sein. Gemäß Angaben der BAST wurden infolge der Durchführung von WS-Grundprüfungen gemäß ARS Nr. 04/2013 insbesondere in Bayern "AKR-unverdächtige" Gesteine als alkaliempfindlich eingestuft, mit denen teilweise bereits seit Jahrzehnten Betonfahrbahndecken gebaut wurden, an denen – nach pauschaler Aussage – bis heute keine Anzeichen einer schädigenden AKR festgestellt wurden. Es stellt sich daher die Frage, ob das Verhalten solcher Gesteinskörnungen beziehungsweise Fahrbahndeckenbetone mit den nach ARS Nr. 04/2013 anzuwendenden Prüfverfahren und Bewertungskriterien korrekt abgebildet wird.

Ziel des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war eine Gegenüberstellung des Praxisverhaltens von bisher weitgehend ungeschädigten Betonfahrbahndecken und dem Verhalten der entsprechenden Betone beziehungsweise Gesteinskörnungen in Laborversuchen. Die Untersuchungen sollten sich schwerpunktmäßig auf ungeschädigte Betonfahrbahndecken beziehen, in denen vor rund 30 Jahren Gesteinskörnungen zur Anwendung kamen, die nach Auskunft der BAST gemäß den heutigen Bestimmungen nach dem ARS Nr. 04/2013 als alkaliempfindlich einzustufen sind.

2 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

2.1 Auswahl und Begutachtung der Betonfahrbahnen

In Abstimmung mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) wurden insgesamt fünf Streckenabschnitte des bayerischen Autobahnnetzes für die Untersuchungen ausgewählt. Dazu zählten zwei Abschnitte der A7 (N1 und N2), zwei Abschnitte der A92 (F und W) und ein Abschnitt der A93 (WE). Drei der Betonfahrbahndecken wiesen einen einschichtigen Aufbau und zwei einen zweischichtigen Aufbau auf.

In einem ersten Bearbeitungsschritt erfolgten die visuelle Begutachtung der Betondecken und eine Zuordnung zu AKR-

Schadenskategorien. An keinem der fünf Streckenabschnitte wurden AKR-typische Schäden festgestellt, sodass jeweils eine Zuordnung zur Schadenskategorie 0 vorgenommen wurde.

2.2 Zusammenstellung baulosbezogener Daten

Auf Basis der von den zuständigen Autobahndirektionen Bayern-Süd und Bayern-Nord zur Verfügung gestellten Unterlagen wurden AKR-relevante Kennwerte der verwendeten Betonzusammensetzungen zusammengestellt. In den Betonen kamen Portlandzemente PZ 35 F aus den Lieferwerken Mergelstetten, Burglengenfeld und Karlstadt zum Einsatz. Die Zementgehalte lagen zwischen 310 kg/m³ und 350 kg/m³, die Wassermenge zwischen 0,43 und 0,46. Die Bestandsunterlagen enthielten keine Angaben zum Na₂O-Äquivalent der Zemente. Als gebrochene Gesteinskörnungen kamen Granit-, Basalt- und Diabassplitte zum Einsatz. Die zugehörigen Steinbrüche liegen in Bayern und werden bis auf eine Ausnahme bis zum jetzigen Zeitpunkt weiter betrieben. Weiterhin kamen Sande und Kiese aus lokalen Kieswerken zum Einsatz, die zumeist in der Nähe der Streckenabschnitte lagen. Zu den Kieswerken konnten mit einer Ausnahme keine Kontaktdaten mehr gefunden werden, sodass davon auszugehen ist, dass ein Großteil der Werke mittlerweile nicht mehr in Betrieb ist.

2.3 Untersuchungen an Bohrkernen

In der Regel wurden aus jedem Streckenabschnitt fünf Bohrkern mit 350 mm Durchmesser, zwei Bohrkern mit 150 mm Durchmesser und sechs Bohrkern mit 100 mm Durchmesser entnommen. In einzelnen Fällen wurde aufgrund von technischen Problemen mit der Bohrkronen von dieser Systematik abgewichen.

2.3.1 Prüfung der Spaltzugfestigkeit und der Druckfestigkeit

Aus den Bohrkernen mit 100 mm Durchmesser wurden Probekörper für die Prüfung der Spaltzugfestigkeit (Scheiben Ø = 100 mm, Dicke = 50 mm, Prüfung nach TP B-StB, Teil 3.1.05) und der Druckfestigkeit (Zylinder Ø = 100 mm, Höhe = 100 mm, Prüfung nach DIN EN 12390-3) präpariert. Für die Betone ergaben sich mittlere Spaltzugfestigkeiten zwischen 4,9 und 7,1 MPa. Die mittleren Druckfestigkeiten lagen zwischen 59,5 und 118,5 MPa und waren damit teilweise deutlich höher als die in den Bestandsunterlagen angegebenen Werte aus den Eignungsprüfungen.

2.3.2 60 °C Betonversuche mit Alkalizufuhr

Für die Prüfung des Restdehnungspotenzials infolge AKR wurden, gemäß Vorgaben der BAST, Prismen mit Abmessungen von rd. 100 x 100 x 300 mm³ aus den Bohrkernen mit 350 mm Durchmesser gesägt. Die Prismen wurden mit dem 60 °C Betonversuch mit Alkalizufuhr durch eine 3 %ige und eine 10 %ige NaCl-Lösung geprüft. Die während der Versuche gemessenen Dehnungsverläufe sind in Bild 1 dargestellt. Alle Probekörper

zeigten verhältnismäßig hohe Dehnungen im ersten Prüfzyklus, die nicht ausschließlich auf eine AKR zurückzuführen sein dürften. Parallel durchgeführte Untersuchungen zur Dehnungsentwicklung infolge Feuchtaufnahme an zwei Prismen bestätigten die Vermutung, dass ein Großteil der Dehnungen im ersten Prüfzyklus auf eine Feuchtaufnahme und nicht auf eine AKR zurückzuführen sein dürfte. Für die Auswertungen wurden daher die Dehnungsverläufe ab dem zweiten Prüfzyklus herangezogen. Innerhalb von zehn Prüfzyklen, ausgewertet ab dem Beginn des zweiten Zyklus, zeigten die Betone bei Alkalizufuhr durch eine 10%ige NaCl-Lösung eine Dehnungszunahme zwischen 0,11 und 0,37 mm/m. Die Dehnungszunahme lag damit

für alle Betone unterhalb des üblicherweise angewendeten Bewertungskriteriums von $\epsilon \leq 0,50$ mm/m. In den Versuchen mit Alkalizufuhr durch eine 3%ige NaCl-Lösung lag die Dehnungszunahme innerhalb der betrachteten 10 Prüfzyklen zwischen 0,19 und 0,38 mm/m. Damit wurde das für Feuchtigkeitsklasse WS übliche Bewertungskriterium von $\epsilon \leq 0,30$ mm/m in vier Fällen erfüllt und in zwei Fällen nicht erfüllt (Beton aus Streckenabschnitt F sowie Unterbeton aus Streckenabschnitt WE).

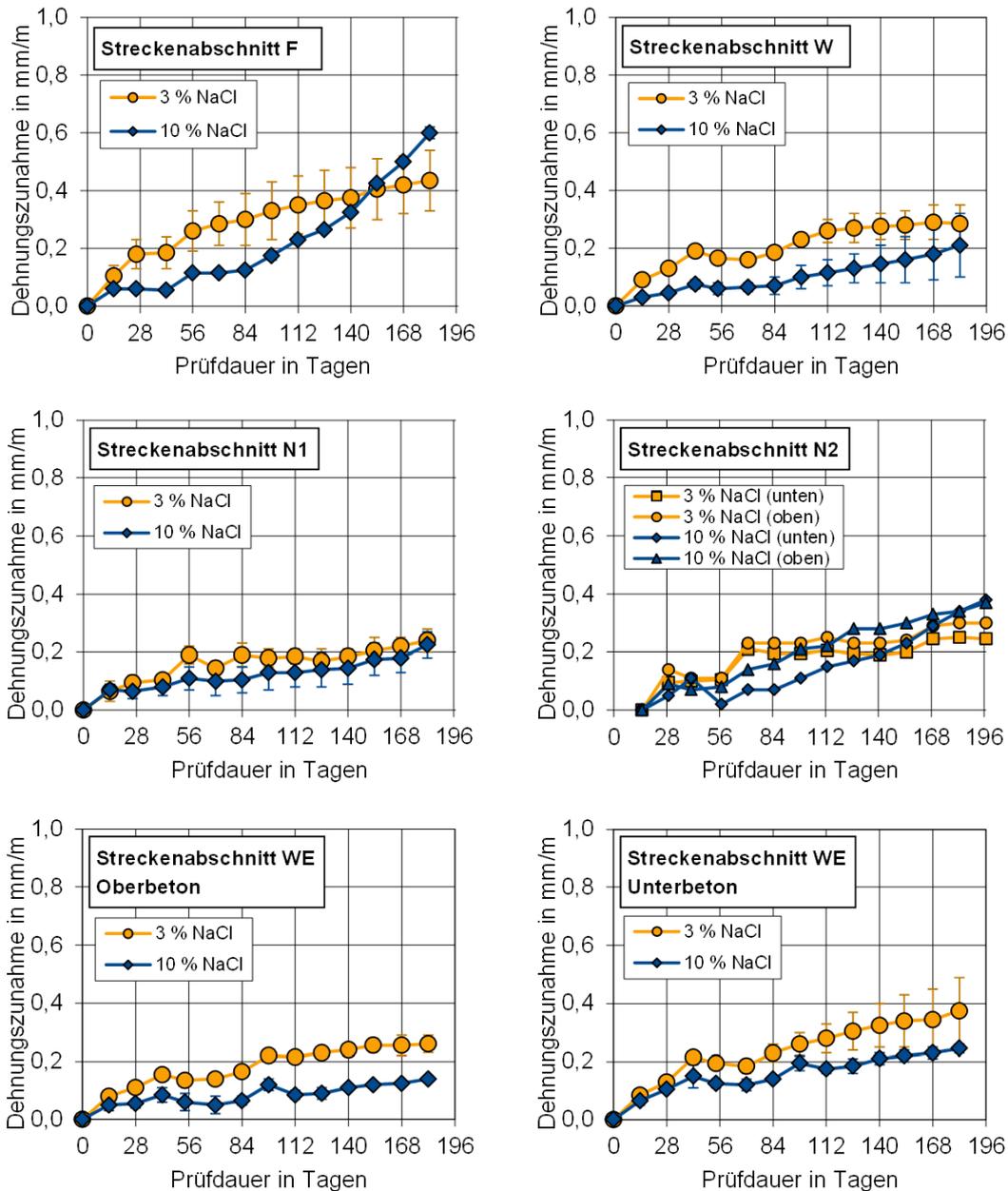


Bild 1: Dehnungsentwicklung der Bestandsproben (Prismen ca. 100 x 100 x 300 mm³) in 60 °C Betonversuchen mit Alkalizufuhr durch eine 3%ige und eine 10%ige NaCl-Lösung, ausgewertet ab dem zweiten Prüfzyklus

Eine Begründung für den Umstand, dass in einigen Fällen wider Erwarten der Versuch mit der geringeren NaCl-Konzentration zu höheren Dehnungen führte, konnte nicht gefunden werden. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Dehnungen in den Versuchen mit 10 % NaCl (bei Vernachlässigung des ersten Prüfzyklus) in Kombination mit den in den meisten Fällen zum Ende der Prüfdauer hin geringen Dehnungsanstiegen konnte geschlussfolgert werden, dass die Betone größtenteils ein geringes Restdehnungspotenzial bezüglich AKR aufweisen. Die Ergebnisse der Betonversuche spiegeln somit größtenteils die für die Betone vorhandenen positiven Praxiserfahrungen wider.

2.3.3 Dünnschliffmikroskopie

Aus den Bohrkernen mit 350 mm Durchmesser beziehungsweise den gesägten Prismen wurden im Anlieferungszustand und nach Prüfung im 60 °C-Betonversuch mit Alkalizufuhr durch eine 10%ige NaCl-Lösung Dünnschliffe hergestellt und untersucht. Es zeigte sich, dass die untersuchten Betone in ihrem jeweiligen Ausgangszustand keine AKR-bedingten Gefügeschäden aufwiesen. Dies bestätigt die Zuordnung der entsprechenden Streckenabschnitte zur Schadenskategorie 0. Nach Abschluss der 60 °C Betonversuche mit Alkalizufuhr von außen durch eine 10%ige NaCl-Lösung zeigten die Betone aus dem Abschnitt WE (Ober- und Unterbeton) keine Anzeichen für eine schädigende AKR. Die Betone aus den Abschnitten F, N1 und N2 (Unterbeton) wiesen nach der Prüfung in geringem Umfang Anzeichen für eine schädigende AKR auf. Nur in dem Beton aus dem Abschnitt W wurden nach der Prüfung in mäßigem Umfang Anzeichen für schädigende AKR beobachtet.

2.4 Untersuchungen an Gesteinskörnungen

Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt bildeten Untersuchungen an Gesteinskörnungen beziehungsweise Vergleiche zwischen den im Beton vorhandenen mit den aktuell in den Abbaustätten produzierten Gesteinskörnungen.

2.4.1 Röntgenbeugungsanalysen

Zur Charakterisierung des Mineralphasenbestands wurden Röntgenbeugungsanalysen an den aus den Betonproben rückgewonnenen Gesteinskörnungen und an aktuellen Proben der Gesteinskörnungen durchgeführt, soweit deren Beschaffung möglich war. Für die drei untersuchten Granitsplitte (Neustift, Schwarzach, Nittenau) konnte jeweils eine große Ähnlichkeit zwischen den rückgewonnenen und den aktuellen Proben festgestellt werden. Die rückgewonnenen Gesteinskörnungen, die gemäß der Bestandsunterlagen als Diabassplitte (Bad Berneck, Untersteinach) bezeichnet wurden, wiesen die für Diabas typischen Mineralphasen auf, hinsichtlich der Mengenteile unterschieden diese sich aber teilweise deutlich von den aktuellen Proben. Ein ähnlicher Umstand ergab sich für den untersuchten Basaltplitt (gemäß Bestandsunterlagen Zeilberg). In der rückgewonnenen Gesteinskörnung konnten die für einen Basalt typischen Mineralphasen festgestellt werden, die Mengenteile unterschieden sich aber deutlich von denen der aktuellen Probe. Die aus den Bohrkernen des Abschnitts 1 (F) zurückgewonnene Kiesprobe, gemäß Bestandsunterlagen als Kies

Moosburg bezeichnet, wies Ähnlichkeiten mit den aktuellen Gesteinskörnungsproben 0/4 und 4/8 aus dem Kieswerk Moosburg auf. Die in den weiteren Abschnitten eingesetzten Kiese wurden nicht analysiert, da zu den in den Bestandsunterlagen genannten Kieswerken keine Kontaktdaten gefunden werden konnten.

2.4.2 Petrografie an Dünnschliffen

Die Petrografie der Gesteinskörnungen wurde an Dünnschliffen aus den Betonproben vor der Lagerung im 60 °C Betonversuch und an Dünnschliffen aus Streupräparaten aus aktuellen Gesteinskörnungsproben untersucht. Dabei zeigte sich, dass die neu beschafften Gesteinskörnungen Kies Moosburg, Granit Schwarzach, Granit Neustift, Basalt Zeilberg und Granit Nittenau in ihren Eigenschaften gut mit den entsprechenden Gesteinen aus den gleichen Quellen übereinstimmen, die in den Betonen eingesetzt wurden. Der neu beschaffte Diabas Kupferberg zeigte dagegen wenig Übereinstimmung mit dem Diabas Untersteinach (Beton N1), der aus einem nah der Lagerstätte Kupferberg gelegenen Steinbruch stammt.

2.4.3 Schnellprüfverfahren nach Alkali-Richtlinie

Die aktuellen Gesteinskörnungsproben wurden mit dem Schnellprüfverfahren nach Alkali-Richtlinie charakterisiert. Die Basaltplitte und der Basaltbrechsand aus dem Werk Zeilberg (gemäß Bestandsunterlagen im Abschnitt N2 verwendet) zeigten im Schnellprüfverfahren mit max. 0,2 mm/m die geringsten Dehnungen von allen untersuchten Gesteinskörnungen. Die Prüfungen der Granitsplitte aus den Werken Nittenau (verwendet in Abschnitt WE, Oberbeton), Neustift und Schwarzach (beide verwendet in den Abschnitten F und W) ergaben Dehnungen im mittleren Bereich zwischen 0,7 und 1,0 mm/m. Die höchsten Dehnungen im Schnellprüfverfahren ergaben sich für die Diabassplitte aus den Werken Bad Berneck (rd. 1,6 mm/m, verwendet in Abschnitt N2) und Kupferberg (rd. 2,1 mm/m, Bezug zu Abschnitt N1, ersatzweise untersucht, da Steinbruch Untersteinach geschlossen) sowie für den Sand und Kies aus dem Kieswerk Moosburg (Sand 2,0 mm/m, Kies 1,4 mm/m, beide verwendet in Abschnitt F).

3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Schwerpunkt des Vorhabens waren Untersuchungen an bisher ungeschädigten Betonfahrbahndecken im Bundesfernstraßennetz, in denen vor rund 30 Jahren Gesteinskörnungen zur Anwendung kamen, die nach Auskunft der BASt gemäß den heutigen Bestimmungen nach dem ARS Nr. 04/2013 teilweise als alkaliempfindlich einzustufen sind.

Bei der visuellen Begutachtung der für das Untersuchungsprogramm ausgewählten Fahrbahndecken wurden an keinem der fünf Streckenabschnitte AKR-typische Schäden festgestellt. Die Laboruntersuchungen zum Schädigungsgrad und zum Restdehnungspotenzial infolge AKR bestätigten im Wesentlichen den aufgrund der Begutachtung angenommenen hohen AKR-Widerstand der Betone.

