

Fahrbahndecke aus Beton mit Flugasche

Erfahrungsbericht 25 Jahre „Werksstraße Knepper“

Rolf Breitenbücher, Bochum, Udo Wiens, Berlin, und Matthias Meißner, Herten

Bis heute darf Flugasche in Betonen für Fahrbahndecken nach ZTV-Beton StB/TL Beton-StB nicht auf den Zementgehalt und den w/z-Wert angerechnet werden. Die Betonfahrbahn der „Werksstraße Knepper“ wurde von Beginn an als Versuchsstrecke konzipiert, um den Einfluss von Flugasche als Zusatzstoff auf die Dauerhaftigkeit eines Straßenbetons insbesondere bei Beanspruchung durch Frost-Tauwechsel mit Taumitteln und Lkw-Verkehr wissenschaftlich untersuchen zu können. Über eine Nutzungsdauer von ca. 25 Jahren hinweg wurden mehrfach Untersuchungen zum Zustand der Fahrbahn und des eingebauten Betons durchgeführt – zuletzt auch mit Blick auf eine mögliche Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Über die Ergebnisse der Untersuchungen wird im Folgenden berichtet.

1 Einleitung

Im Jahr 1990 wurde in Dortmund-Mengede eine ca. 500 m lange Verbindungsstraße zwischen dem Kraftwerk Knepper und dem öffentlichen Straßennetz mit einer Fahrbahndecke aus Beton erstellt. Diese Werksstraße war von Beginn an als Versuchsstrecke zum Nachweis des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands von flugaschehaltigem Beton konzipiert worden. Die Fahrbahndecke der Straße ist in vier Felder unterteilt (Bild 1).

Vom öffentlichen Straßennetz aus betrachtet wurde in den beiden vorderen Feldern ein Beton ohne Flugasche eingebaut. Für die beiden hinteren Felder wurde ein Beton mit einer Kombination aus Portlandzement und Flugasche verwendet (Tafel 1). In den ersten fünf Betriebsjahren wurde in dem ersten und dem letzten Feld Schmelzkammergranulat als Streumittel verwendet, in den beiden mittleren Feldern Tausalz.

Die Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher studierte Bauingenieurwesen an der TU München. Nach kurzer Zeit in einem Technischen Büro war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baustoffkunde der TU München tätig, wo er auch promoviert wurde. Anschließend leitete er das Zentrale Baustofflabor der Philipp Holzmann AG und war gleichzeitig Geschäftsführer der Philipp Holzmann Bautechnik GmbH. Seit 2003 ist Rolf Breitenbücher Inhaber des Lehrstuhls für Baustofftechnik an der Ruhr-Universität Bochum.

Dr.-Ing. Udo Wiens studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen mit der Vertiefungsrichtung „Konstruktiver Ingenieurbau“. Nachfolgend war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) mit den Arbeitsschwerpunkten Reaktionsmechanismen von puzzolanischen Zusatzstoffen im Beton sowie Auswirkungen von Puzzolanen auf die Dauerhaftigkeit von Beton. 1996 übernahm er die Leitung der Arbeitsgruppe „Bindemittel und Beton“ im ibac. Von 2001 bis 2009 leitete Udo Wiens die Geschäftsstelle des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton im DIN e.V. Seit der Verselbständigung zum DAFStb e.V. im Oktober 2009 hat Udo Wiens die Geschäftsführung des Vereins inne.

Dr.-Ing. Matthias Meißner studierte nach einer Berufsausbildung zum Beton- und Stahlbetonbauer Bauingenieurwesen an der Ruhr-Universität Bochum mit der Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau. Von 1992 bis 1996 war er als Bauleiter in der Bauindustrie tätig und von 1996 bis 1999 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Stahlbeton- und Spannbetonbau der Ruhr-Universität Bochum. Im Anschluss an seine Promotion im Jahr 1999 war er bis 2001 Projektsteuerer bei einem Ingenieurbüro. Seit 2001 ist Matthias Meißner bei der BauMineral GmbH u.a. für die Qualitätssicherung von Steinkohlenflugasche verantwortlich.

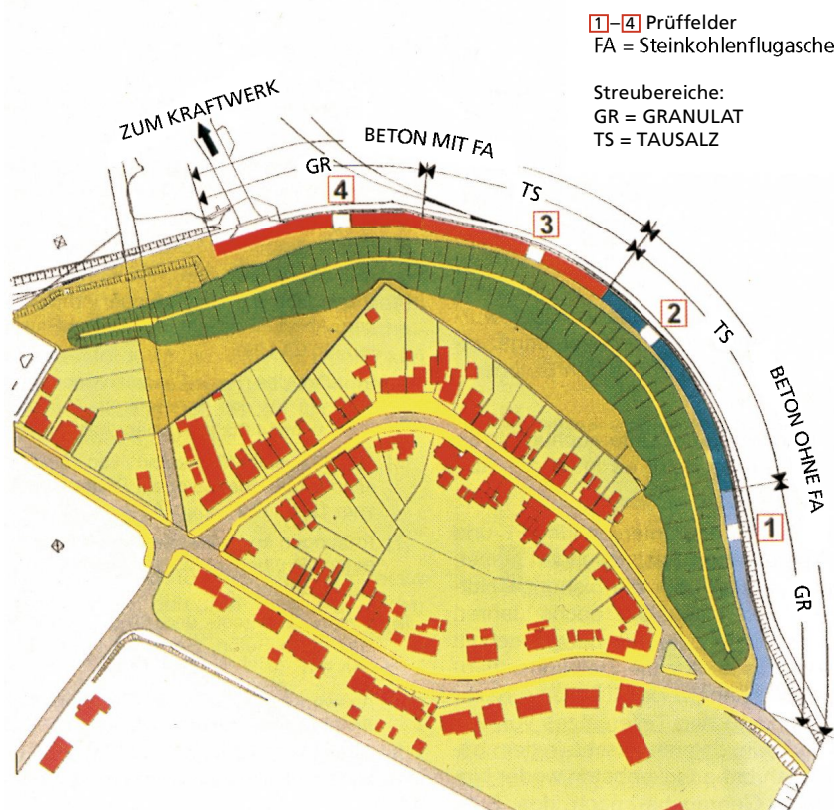


Bild 1: Lageplan [1]

Tafel 1: Zusammensetzung der Betone [1]

		Felder 1 und 2 (ohne Flugasche)	Felder 3 und 4 (mit Flugasche)
Zement PZ 35F ¹⁾	kg/m ³	330	270
Flugasche	kg/m ³		90
Wasser	kg/m ³	145	141
w/z		0,44	
(z+f) ²⁾			0,42
(w/z) _{eq} mit k = 0,4 ³⁾			0,46
(w/z) _{eq} mit k = 0,56 ⁴⁾			0,44
Natursand 0/2	kg/m ³	534	505
Grauwackesplitt 5/11	kg/m ³	186	201
Basaltsplitt 8/22	kg/m ³	1263	1233
Mehlkorn	kg/m ³	364	391
Luftporenbildner	kg/m ³	1,32	1,20

¹⁾ entspricht dem heutigen CEM I 32,5 R

²⁾ bei f = 0,25 · Z

³⁾ k-Wert gemäß DIN 1045-2/DIN EN 206-1

⁴⁾ k-Wert zur Einstellung von (w/z)_{eq} = w/z

2 Durchgeführte Untersuchungen

In den Jahren 1996, 2006 und 2014 wurde der Zustand der Straße umfangreich untersucht und begutachtet. Die durchgeführten Untersuchungen sind in Tafel 2 zusammengestellt. Neben betontechnischen Untersuchungen an Probekörpern wurde mit Messfahrzeugen der Gesamtzustand der Betonfahrbahndecke überprüft. 1997 und 2000 wurde über das Projekt und die nach ca. fünfjährigem Monitoring vorliegenden Prüfergebnisse bereits berichtet [1–3].

Die Zustandserfassung erfolgte in gleicher Weise, wie sie bei Bundesautobahnen sowie Bundes- und Landstraßen üblich ist. Zusätzlich wurden aus allen Feldern der Fahrbahndecke Bohrkerne zur Untersuchung der Festbetonei-

genschaften gezogen. 2006, nach ca. 15-jähriger Nutzung, wurde die Zustandserfassung der Betonfahrbahndecke wiederholt. Wiederrum wurden aus allen Feldern der Fahrbahndecke Bohrkerne gezogen. Vertieft wurden dabei insbesondere die Untersuchungen zum Frost-Tausalz-Widerstand. 2014, nach fast 25-jähriger Nutzung, wurde erstmals die eingesetzte Gesteinskörnung auf eine mögliche Alkali-Kieselsäure-Reaktivität sowie – nach positivem Befund – der Beton auf AKR-induzierte Schäden überprüft.

3 Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen

3.1 Ergebnisse der Zustandserfassungen

Die Schniering Ingenieurgesellschaft führte 1996 und 2006 die Zustandserfassung der Straße mit den schnellfahrenden Messsystemen ARGUS und SCRIM/SKM nach dem geltenden Regelwerk durch [4, 5]. 1996 wurde die Zahl der Fahrzeugbewegungen seit Inbetriebnahme der Straße auf 100000 geschätzt. Hochgerechnet ergeben sich somit für 2006 nach über 15-jähriger Nutzung ca. 270000 Fahrzeugbewegungen, die überwiegend auf Lkw-Verkehr zurückzuführen sein dürften. Auf die Messverfahren und die Auswertung der Messergebnisse

wird im Folgenden nicht näher eingegangen. Einzelheiten sind [4] und [5] zu entnehmen.

3.1.1 Längsebenheit

Die Längsebenheit wurde 1996 und 2006 mit dem Messsystem ARGUS ermittelt. Kennwerte zur Beurteilung der Längsebenheit sind die AUN-Werte (Allgemeine Unebenheit) und die Welligkeiten. 2006 wurden im Vergleich zu 1996 lediglich geringfügige Änderungen der AUN-Werte festgestellt. Die Ursache dafür wurde im Untergrund vermutet und nicht auf die Betonqualität zurückgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den Abschnitten mit und ohne Flugasche waren nicht erkennbar [5].

3.1.2 Querebenheit

Die Querebenheit wurde ebenfalls mit dem Messsystem ARGUS ermittelt. Stellenweise wurden sowohl 1996 als auch 2006 unabhängig von der verwendeten Betonrezeptur tendenziell abriebbedingte Einebnungen der durch Besenstrich erzeugten Rauhtiefen festgestellt. Insgesamt waren im Vergleich zu 1996 jedoch keine nennenswerten Veränderungen erkennbar [5].

3.1.3 Griffigkeit

Die Griffigkeit wurde mit dem Messsystem SCRIM/SKM ermittelt. Eine tendenzielle Abnahme der Griffigkeit zwischen 1996 und 2006 wurde nur auf der Fahrbahn Richtung Werkstor gemessen. In Gegenrichtung war dies nicht der Fall. Die Ursachen hierfür sind nicht ohne weiteres ersichtlich. Insgesamt wurde festgestellt, dass auch in 2006 die Griffigkeit der Fahrbahn in allen Bereichen immer noch über dem Zielwert von 0,58 für Bundesfernstraßen und Autobahnen lag und deutlich über dem als Abnahmekriterium für neue Betonfahrbahnen definierten Grenzwert von 0,51 (Bilder 2 und 3) [5].

3.1.4 Makrotextur

Die Makrotextur kennzeichnet die Oberflächenrauheit im Wellenlängenbereich zwischen 1 mm und 50 mm und wird mit einer Laserrauehtssohle ermittelt. Aufgrund unterschiedlicher Verfahren sind die Messergebnisse aus 1996 und 2006 nicht direkt vergleichbar. 2006 wurde die Makrotextur als normal eingestuft, Einflüsse aus der unterschiedlichen Betonzusammensetzung wurden nicht festgestellt.

3.1.5 Substanzmerkmale

Substanzmerkmale wie Risse, Eckabbrüche, Kantenschäden sowie Stufenbildungen im Bereich der Plattenfugen wurden visuell im Rahmen von Fahrbahnbegehungen aufgenommen. Festgestellt wurden an wenigen Stellen Abplatzungen an Plattenrändern, feine Netzrisse, die als oberflächennahe Schwindrisse eingestuft wurden sowie in einem Teilbereich eine stärkere Bloßlegung des in der Korngruppe 8/22 eingesetzten Basaltsplitts.

Zusammenfassend wurde 2006 festgestellt, dass sich die Straße Knepper im Hinblick auf die ermittelten Merkmale insgesamt in einem guten Zustand befindet und

Tafel 2: Untersuchungen am Fahrbahnbeton der Werksstraße Knepper [1, 2, 4, 5].

1990	
Heilit + Woerner	Frischbetonprüfungen beim Einbau Temperatur, Konsistenz, LP-Gehalt
1990 bis 1995	
BauMineral	Betondruckfestigkeit an Würfeln und Bohrkernen im Alter von 28 d bis 5 a bei Lagerung im Labor sowie unter natürlichen Witterungsbedingungen
ibac	Frost-Tausalz-Widerstand (VDZ-Verfahren) an 100-mm-Würfeln gesägt aus Bohrkernen im Alter von 28 d bis 5 a
Urbana VBM / Schniering Ing.-GmbH	Zustandserfassung Terristische Fotogrammetrie, Längsebenheit, Querebenheit, Griffigkeit, Makrotextur, Substanzmerkmale
2006	
ibac	Festigkeits- und Dauerhaftigkeitsuntersuchungen an Bohrkernen Druckfestigkeit, Carbonatisierung, Porenstrukturkennwerte, Chloridgehalt LP-Kennwerte, Frost-Tausalz-Widerstand (Würfel- und CDF-Verfahren)
Schniering Ing.-GmbH	Zustandserfassung Längs- und Querebenheit, Griffigkeit, Makrotextur, Substanzmerkmale
2014	
RUB	Untersuchungen zur Alkali-Kieselsäure-Reaktion an Bohrkernen Alkaliempfindlichkeit der verwendeten Gesteinskörnung (Grauwacke) sowie der hergestellten Betone

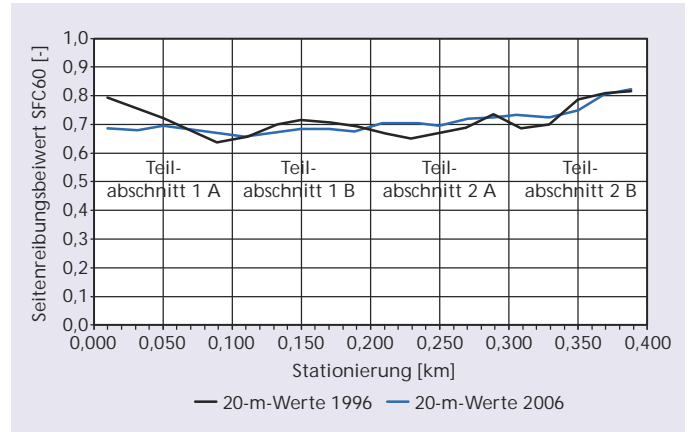
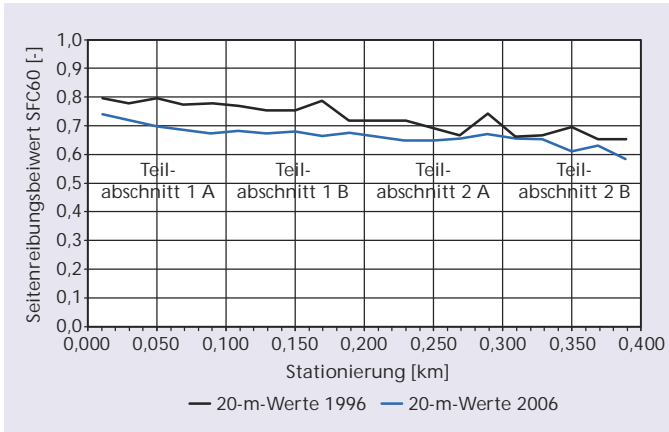


Bild 2: SKM – Griffigkeitsmessung, Fahrtrichtung Werkseinfahrt; Teilabschnitte 1 A und 1 B: Beton ohne Flugasche, Teilabschnitte 2 A und 2 B: Beton mit Flugasche [5]

Bild 3: SKM – Griffigkeitsmessung, Fahrtrichtung öffentliche Straße; Teilabschnitte 1 A und 1 B: Beton ohne Flugasche, Teilabschnitte 2 A und 2 B: Beton mit Flugasche [5]

die Abschnitte mit und ohne Flugasche auf hohem Niveau als gleichwertig anzusehen sind.

3.2 Betoneigenschaften

3.2.1 Frischbetoneigenschaften

Die beim Einbau des Betons ermittelten Frischbetoneigenschaften sind in Tafel 3 dargestellt. Die an den beiden Betonen gemessenen Parameter lagen eng beieinander. Die

gemessenen LP-Gehalte entsprachen den anvisierten Werten von ca. $5 \pm 0,5$ Vol.-% [1].

3.2.2 Druckfestigkeiten

Die Ergebnisse der an Würfeln und Bohrkerne durchgeführten Festbetonprüfungen im Alter von 28 d bis ca. 15 a sind in Tafel 4 dargestellt.

Die nach über 15 Jahren an einem einzelnen Bohrkern ermittelte Druckfestigkeit

des flugaschehaltigen Betons korrespondiert nicht mit den Druckfestigkeiten, die zuvor an Würfeln und Bohrkerne bis zu einem Alter von fünf Jahren ermittelt wurden [1, 2]. Vermutlich handelt es sich um einen Ausreißer, die Gründe dafür können vielfältig sein. Festzuhalten ist, dass die Druckfestigkeiten beider Betone > 60 N/mm² betragen, die des flugaschehaltigen Betons stellenweise sogar > 70 N/mm².

Tafel 3: Beim Einbau auf der Baustelle gemessene Frischbetoneigenschaften [1]

		Beton ohne Flugasche	Beton mit Flugasche
Frischbetontemperatur	°C	21	21
Verdichtungsmaß	–	1,28	1,28
Frischbetonrohddichte	kg/dm ³	2,46	2,48
Luftgehalt	Vol.-%	5,2	5,1

Tafel 4: Gemessene Druckfestigkeiten an Würfeln und Bohrkerne im Alter von 28 d bis ca. 15 a [1, 2]

Probekörper	Eigenschaft	Alter		Beton ohne Flugasche	Beton mit Flugasche
Würfel s = 150 mm	Druckfestigkeit ¹⁾	28 d	N/mm ²	37,6	39,5
		90 d		43,0	47,4
	Rohddichte ¹⁾	28 d	kg/dm ³	2,46	2,45
		90 d		2,48	2,47
Bohrkerne d = 150 mm h = 200 mm	Druckfestigkeit ¹⁾	28 d	N/mm ²	37,4	40,4
		90 d		41,6	57,0
		365 d		49,1	63,0
		5 a		60,9	71,3
	Rohddichte ¹⁾	28 d	kg/dm ³	2,44	2,48
		90 d		2,46	2,49
		365 d		2,51	2,52
		5 a		2,50	2,53
Bohrkern d = 100 mm h = 200 mm	Druckfestigkeit ²⁾	ca. 15 a	N/mm ²	64,5	60,5
	Rohddichte ²⁾			kg/dm ³	2,51

¹⁾ Mittelwerte aus drei Einzelwerten

²⁾ Einzelwerte

3.2.3 Carbonatisierung

Nach über 15 Jahren wurde an den Reststücken von sechs Bohrkerne, die beim Zutrechtsägen von Prüfkörpern für die Frost-Tausalz-Untersuchungen anfielen, die Carbonatisierungstiefe bestimmt. Je Betonsorte wurden somit 46 bis 48 Messungen durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse ist Tafel 5 zu entnehmen [2].

Bei dem Beton mit Flugasche wurde im Mittel eine Carbonatisierungstiefe von 1,4 mm gemessen, bei dem Beton ohne Flugasche eine mittlere Carbonatisierungstiefe von 1,1 mm.

3.2.4 Porengefüge

Sowohl nach fünf Jahren als auch nach über 15 Jahren wurden an Bohrkerne die Porengrößenverteilungen mittels Quecksilberdruckporosimetrie gemessen [1, 3].

Die Ergebnisse zeigen übereinstimmend, dass der Median des Porenradius bei dem Beton mit Flugasche kleiner ist als bei dem Beton ohne Flugasche und dass die Porenstruktur des flugaschehaltigen Betons tendenziell feiner ist (siehe exemplarisch Bild 4 aus [3]).

3.2.5 Frost-Tau-Salz-Widerstand

Der Frost-Tau-Salz-Widerstand wurde bis zu einem Alter von fünf Jahren mit dem VDZ-Verfahren geprüft sowie nach über 15 Jahren zusätzlich noch mit dem CDF-Verfahren. In Tafel 6 sind zunächst die an Bohrkerne ermittelten Luftporenkennwerte dargestellt.

Zur Durchführung des VDZ-Verfahrens wurden im Alter von 28 d, 90 d, 365 d sowie nach ca. fünf Jahren und mehr als 15 Jahren Bohrkerne aus der Betonfahrbahn gezogen

Tafel 5: Carbonatisierungstiefen der Fahrbahnbetone im Alter von > 15 a gemessen an Reststücken aus Bohrkernen [2]

Beton	Anzahl der Messungen	Carbonatisierungstiefe [mm]		
		Min.	Max.	Mittel
mit Flugasche	46	0,5	3,2	1,4
ohne Flugasche	48	0,5	2,4	1,1

Tafel 6: Luftporenkennwerte, ermittelt an Bohrkernen [1-3]

Beton	Alter	Mikroluftporengehalt A_{300}	Abstandsfaktor \bar{L}
		Vol.-%	mm
mit Flugasche	28 d	3,10	0,07
	15 a	2,16	0,171
ohne Flugasche	28 d	4,50	0,06
	15 a	2,10	0,174

und aus diesen dann Würfel mit einer Kantenlänge von 10 cm herausgesägt. Die Prüfergebnisse sind in Bild 5 dargestellt.

Bei beiden Betonen zeigt sich erwartungsgemäß, dass mit zunehmendem Alter und damit zunehmendem Hydratationsgrad die Abwitterungsraten abnehmen. Nach ca. 15 Jahren sind die Abwitterungen beider Betone auf niedrigem Niveau nahezu gleich.

Bild 6 zeigt die mit dem CDF-Verfahren ermittelten Abwitterungsraten beider Betone im Alter von mehr als 15 Jahren. Die für die Beurteilung maßgebenden Abwitterungsra-

ten liegen bei beiden Betonen nach 28 Zyklen und auch noch nach 56 Zyklen deutlich unter dem Grenzwert von 1500 g/m².

3.3.6 Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)

Im November 2013 wurde die Betonfahrbahn im Rahmen einer Begehung auf mögliche AKR-Schäden hin visuell begutachtet. Obgleich äußerlich keine Hinweise auf AKR-indizierte Schäden erkennbar waren, wurden im Anschluss an die Begehung Bohrkern aus sämtlichen Feldern gezogen, da dokumentiert ist, dass bei der Betonherstel-

lung u.a. Grauwackesplitt verwendet wurde (s. Tafel 1) [1].

Im ersten Schritt wurden zunächst jeweils aus einem Bohrkern ohne bzw. mit Flugasche die Gesteinskörnung herausgelöst, aus dieser durch Brechen und Klassieren die Korngruppe 0,5/1 und 1/2 erzeugt und mit diesen Korngruppen dann ein Mörtel für drei Prismen zur Durchführung des Alternativverfahrens/Schnelltests gemäß der Alkali-Richtlinie des DAfStb hergestellt. Die Dehnungsverläufe der beiden Mörtel sind in Bild 7 dargestellt.

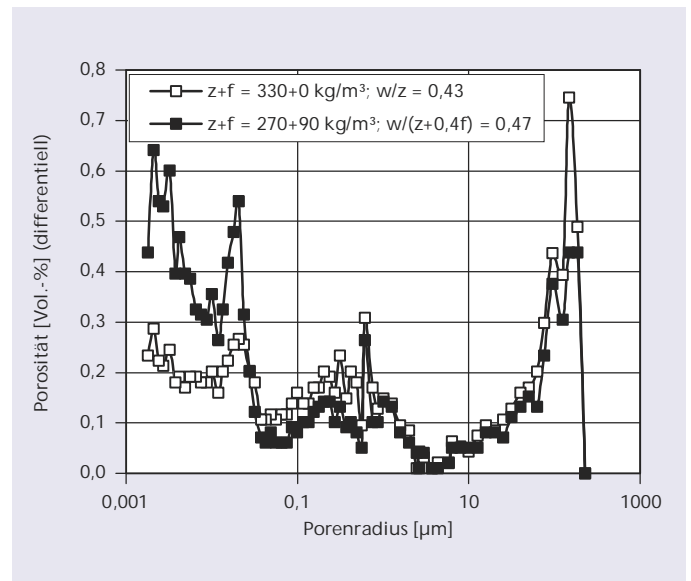
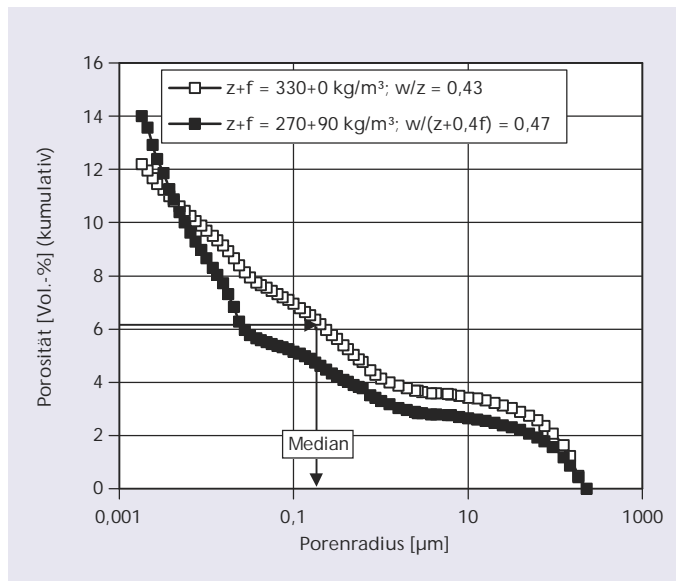


Bild 4: Porengrößenverteilung der untersuchten Betone im Alter von fünf Jahren (links: kumulative Darstellung; rechts: differentielle Darstellung) [3]

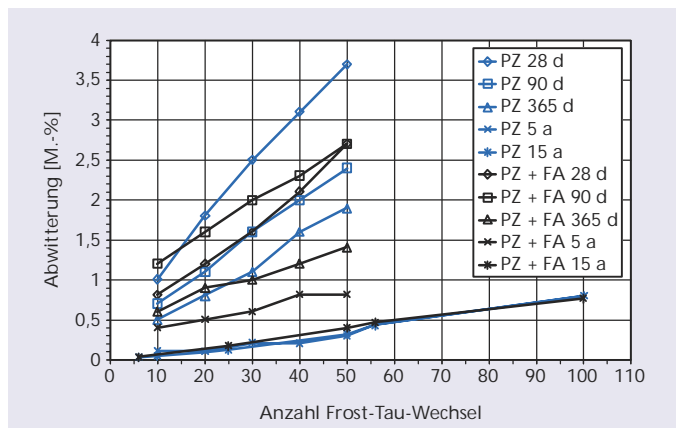


Bild 5: Kumulierte Abwitterungen beider Fahrbahnbetone abhängig von der Anzahl der Frost-Tau-Wechsel sowie ihrem Prüfalter bei dem VDZ-Prüfverfahren [1-3]

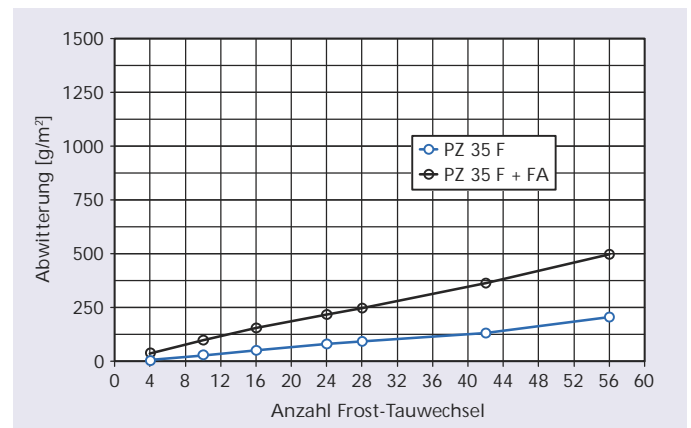


Bild 6: Kumulierte Abwitterungen der Fahrbahnbetone im Alter von ca. 15 Jahren abhängig von der Anzahl der Frost-Tau-Wechsel bei dem CDF-Prüfverfahren [2]

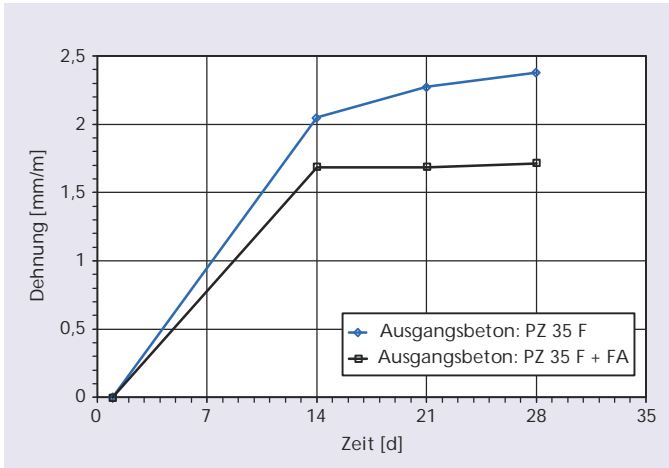


Bild 7: Dehnungsverläufe von Mörteln, hergestellt mit aus Bohrkernen herausgelösten Gesteinskörnungen, ermittelt nach dem Schnelltest/Alternativverfahren

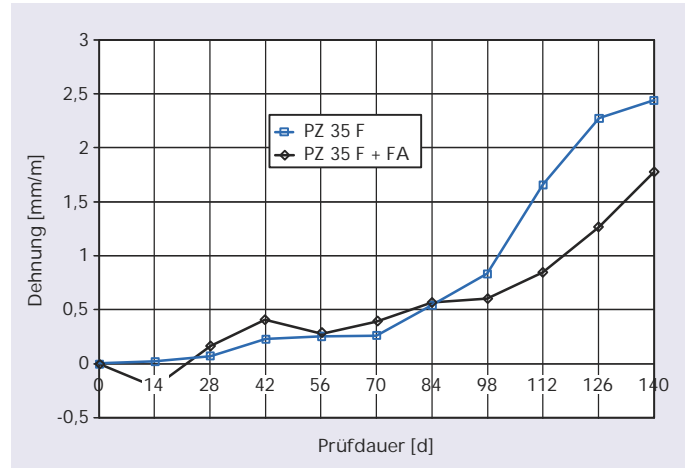


Bild 9: Dehnungsverläufe beider Betone nach dem „modifizierten VDZ-Betonversuch bei 60 °C mit Alkalizufuhr von außen“, (10 Prüfzyklen) [6]



Bild 8: Aufnahmen der Betonstraße im Bereich der Bohrkernentnahmestellen (links: ohne Flugasche; rechts: mit Flugasche)

Beide Mörtel überschreiten die Grenzdehnung von 1,5 mm/m für die Einstufung einer Gesteinskörnung als alkaliunempfindlich gemäß der Alkali-Richtlinie. Der Mörtel mit dem aus dem Bohrkern ohne Flugasche herausgelösten Grauwackesplitt zeigt dabei noch eine um ca. 40 % größere Dehnung als der Mörtel mit dem Grauwackesplitt aus dem Bohrkern mit Flugasche [6].

Im zweiten Schritt wurden wiederum Bohrkern aus der Fahrbahn entnommen und aus diesen dann Prismen herausgesägt. Aufnahmen der Fahrbahnbereiche, aus denen die Bohrkern entnommen wurden, zeigt Bild 8.

Auf diese Weise wurden je Betonsorte sechs Prismen gewonnen, die gemäß dem modifizierten „VDZ 60 °C-Betonversuch mit Alkalizufuhr von außen“ unter Verwendung einer 3 %-igen Natriumchlorid-Lösung einer AKR-Prüfung unterzogen wurden. Die gemessenen Dehnungsverläufe sind in Bild 9 dargestellt, Bild 10 zeigt die korrespondierenden Massenänderungen [6].

Aufgrund der gegebenen Randbedingungen, d.h. Feuchteklasse WS, 3 %-ige Natriumchlorid-Lösung und zehn Wechsellagerungen, beträgt der Grenzwert für die Einstufung eines Betons als alkaliunempfindlich 0,30 mm/m. Beide Betone überschreiten diesen Grenzwert deutlich.

Die Alkaliempfindlichkeit der Betone ist vermutlich auf ihre Anteile an Grauwackesplitt zurückzuführen. Der Beton mit Flugasche enthält 201 kg Grauwacke je m^3 und damit 15 kg/m^3 mehr als der Beton ohne Flugasche (s. Tafel 1). Dennoch sind die Dehnungen des Betons ohne Flugasche nach 140 d und zehn Wechsellagerungen um ca. 37 % größer als die Dehnungen des Betons mit Flugasche (s. Bild 9). Die Massenänderungen korrespondieren mit den Dehnungsverläufen. Der Beton ohne Flugasche weist nach 140 d und zehn Wechsellagerungen eine um ca. 13 % größere Massenzunahme auf als der Beton ohne Flugasche (s. Bild 10).

4 Zusammenfassung

Die Betonfahrbahn der „Werksstraße Knepper“ wurde von Beginn an als Versuchsstrecke

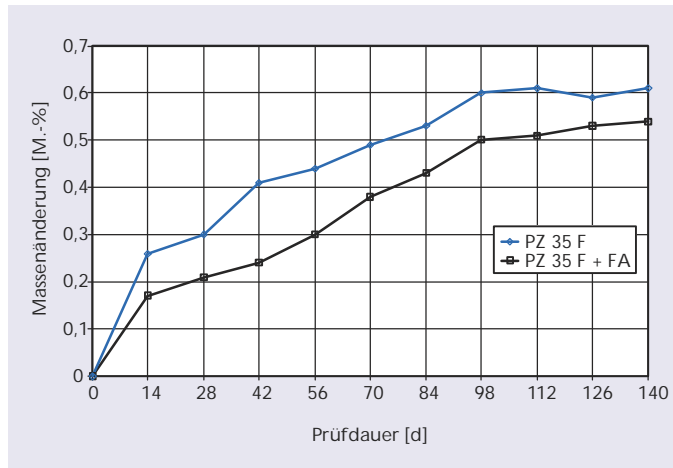


Bild 10: Massenänderungen beider Betone nach dem „modifizierten VDZ-Betonversuch bei 60 °C mit Alkalizufuhr von außen“ [6], (10 Prüfzyklen)

konzipiert, um den Einfluss von Flugasche als Zusatzstoff auf die Dauerhaftigkeit eines Betons insbesondere bei Frost-Tauwechsel-Bearbeitung mit Tausalzeinwirkung in der Praxis wissenschaftlich untersuchen zu können. Hierzu wurde jeweils ein Fahrbahnabschnitt mit und ohne Flugasche hergestellt. Über einen Zeitraum von ca. 25 Jahren hinweg wurde die Betonfahrbahn mehrfach untersucht.

Beide Betone konnten im Hinblick auf ihre Frisch- und Festbetoneigenschaften ziel sicher hergestellt werden. Dies gilt insbesondere auch für die projektierten Luftporenkennwerte. In Abständen von mehreren Jahren wurde mit verschiedenen Prüfverfahren an aus der Fahrbahn entnommenen Bohrkernen mehrfach auch der hohe Frost-Tausalz-Widerstand des flugaschehaltigen Betons bestätigt.

Die Griffigkeit der Betonfahrbahn lag bei der letzten Messung nach über 15-jähriger Nutzung immer noch über den Abnahmegrenzwerten für eine neue Betonfahrbahn.

Auch die nach den für Bundesfernstraßen und Autobahnen geltenden Kriterien ermittelten Längs- und Querebenheiten sowie Makrotexturen bestätigten den guten Zustand der Betonfahrbahn.

Ohne dass zwischenzeitlich Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt wurden, befand sich die Betonfahrbahn auch zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung nach fast 25-jähriger Nutzung immer noch in einem guten Gesamtzustand.

Ogleich äußerlich keine typischen Schadensbilder zu erkennen waren, wurden abweichend von den vorherigen Untersuchungen diesmal die aus der Fahrbahn entnommenen Bohrkern auf eine mögliche Alkali-Kieselsäure-Reaktivität des eingesetzten Grauwackesplitts sowie die Alkaliempfindlichkeit der Betone untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Betone über ein entsprechende Reaktionspotential verfügen, dass dieses bei dem flugaschehaltigen Beton jedoch deutlich geringer ist als bei dem Beton ohne Flugasche.

Die gut dokumentierten Untersuchungen bestätigen die Praxistauglichkeit von Flugasche zur Herstellung dauerhafter Fahrbahnbetone über eine Nutzungsdauer von ca. 25 Jahren. Es ist bekannt, dass der w/z-Wert bzw. der äquivalente w/z-Wert maßgebenden Einfluss auf die Festigkeit und Dauerhaftigkeit eines Betons hat. Ein gleicher w/z-Wert ist somit häufig eine wesentliche Voraussetzung um Einflüsse unterschied-

licher Ausgangsstoffe auf die Eigenschaften eines Betons miteinander vergleichen zu können.

Betrachtet man die Betonzusammensetzungen, dann ergibt sich bei einem k-Wert von 0,56 ein äquivalenter w/z-Wert, der gleich dem w/z-Wert des Betons ohne Flugasche ist (s. Tafel 1).

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Flugasche unter den üblichen Anwendungsbedingungen gemäß DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 auch in Fahrbahndecken gemäß [7, 8] eingesetzt werden kann.

Literatur

- [1] Koch, H.-J.; Lutze, D.: Fahrbahndecken aus Beton – Versuchsstrecke mit Steinkohlenflugasche. beton 47 (1997) H. 6, S. 319–322
- [2] Brameshuber, W.; Uebachs, S.: Untersuchungen an Straßenbetonen. Prüfbericht M 900 des ibac – Institut für Bauforschung Aachen vom 27.08.2007
- [3] Wiens, U.; Schneider, E.; Lutze, D.: Zum Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand von flugaschehaltigen Betonen – Interpretation von Prüfergebnissen und Praxiserfahrung. CDF-/CIF-Fachtagung, Universität Essen, Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft (IBPM), Oktober 2000
- [4] Schniering, A.; Lutze, D.: Fahrbahndecke aus Beton mit Steinkohlenflugasche als Bindemittelkomponente. Straße und Autobahn 49 (1998) H. 12, S. 679–684
- [5] Schniering, A.; Herrfurth, M.: Versuchsstrecke Kraftwerk Knepper – Messtechnische Zustandserfassung und Gegenüberstellung der Ergebnisse 1996/2006. Bericht der Schniering Ingenieurgesellschaft mbH vom 22.12.2006
- [6] Breitenbücher, R.; Schulte-Schrepping, C.: Untersuchungen der Werksstraße des Kraftwerks Knepper. Ruhr Universität Bochum, Lehrstuhl für Baustofftechnik, Prüfbericht B 5–29, Teil 1 vom 23.05.2014 und Teil 2 vom 08.04.2015
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonbauweisen: ZTV Beton-StB 07 Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitsgruppe Betonbauweisen: TL Beton-StB 07 Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007