



DFG-FOR 1498/0

AKR unter kombinierter Einwirkung

Teilprojekt 6:

Schadensrisiko und Schadensentwicklung in Betonfahrbahndecken als Folge einer AKR

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller

Dr.-Ing. Engin Kotan

Dipl.-Ing. Andreas Wiedmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB)

Problemstellung:

Schädigung und Schädigungsfolgen einer AKR auf Meso- und Makroebene sind noch weitgehend unbekannt, da

- die aus der AKR resultierenden Änderungen der Betoneigenschaften (z. B. Zugfestigkeit, E-Modul) bisher nicht quantifiziert sind
- die Schadensentwicklung von der Gesamtbeanspruchung im Bauteil abhängt, die bisher nur unzureichend erforscht ist.



Längsrisse in BAB

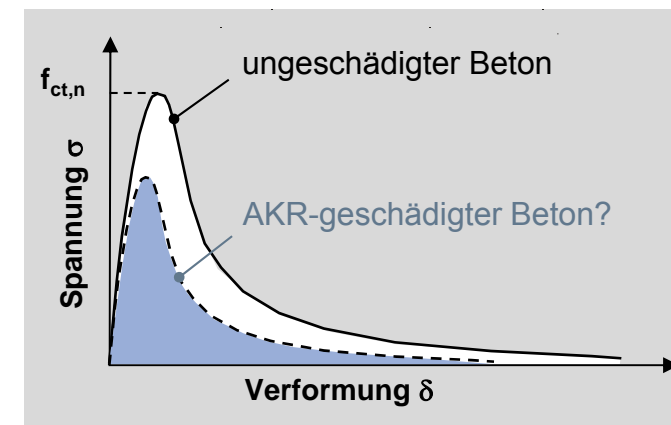


Zielsetzung:

- Erfassung mechanischer Eigenschaften von AKR-beanspruchten Betonen
- Analyse der Bauteilbeanspruchungen infolge einer AKR unter den in der Praxis gegebenen komplexen Einwirkungen und Widerständen
- Analyse und Prognose der Bildung makroskopischer Risse in Straßenbetonen und Herleitung möglicher Gegenmaßnahmen

Lösungsansatz:

- Experimentelle Untersuchung der zeitlichen Veränderung von Festigkeits- und Verformungskennwerten
- Theoretisch-numerische Untersuchungen am System Betonstraße unter komplexen Einwirkungen bei veränderlichen Widerständen



Nr.	Arbeitsschritt	Methodik
1	<ul style="list-style-type: none">• Ermittlung der zeitabhängigen Festigkeits- und Verformungseigenschaften geschädigter Betone	<ul style="list-style-type: none">• Experimentelle Untersuchungen für ausgewählte Parameterkombinationen
2	<ul style="list-style-type: none">• Formulierung von Materialgesetzen (Widerstand)• Quantitative Beschreibung der komplexen Beanspruchungen einer Betonfahrbahn (Einwirkung)	<ul style="list-style-type: none">• Theoretisch-analytische Untersuchungen
3	<ul style="list-style-type: none">• (Weiter-)Entwicklung des numerischen Berechnungsmodells• Analyse der Beanspruchungen und der Rissbildung in Betonfahrbahnen	<ul style="list-style-type: none">• Numerische Untersuchungen für beliebige definierte Parameterkombinationen
4	<ul style="list-style-type: none">• Herleitung von Maßnahmen zur Schadensreduktion und Schadensvermeidung	<ul style="list-style-type: none">• Ergebnisanalyse

Hauptversuche

- Druckversuche
- Einaxiale Zugversuche
- Biegezugversuche
- Spaltzugversuche

Begleitversuche

- Schwindversuche
- Kriechversuche
- Ultraschallprüfungen
- Computertomographie (TP 4, BAM)

Kennwerte

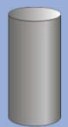



- Druckfestigkeit f_{cm}
- statischer E-Modul $E_{c,stat}$
- Zugfestigkeit $f_{ct}, f_{ct,n}$
- E-Modul E_{c0}
- Bruchenergie G_F
- Biegezugfestigkeit $f_{ct,fl,n}$
- Bruchenergie $G_{F,f}$
- Spaltzugfestigkeit $f_{ct,sp}$

Kennwerte, Parameter

- Schwindmaß $\varepsilon_{cs}(t, t_s)$
- Kriechzahl φ , Kriechfunktion $J(t_0, t)$
- dynamischer E-Modul $E_{c,dyn}$
- Rissverteilung/innere Schädigung

Hauptversuche – Überblick



Prüfzeitpunkte t_i mit $t_0 = 0$ $t_1 = 1$ $t_2 = 2$			Prüfkörper aus Straßenbeton					
								
mechanischer Kennwert			f_c	$f_{ct,sp}$	$E_{c,stat}$	$f_{ct,fl,n}, G_{F,f}$	$f_{ct,n}, G_F$	f_{ct}, E_{c0}
Vorschädigung der Prüfkörper in	TP 1, TP 5	REF	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2
		ÜR	1	1	1	1	1	-
		AKRa	-	-	-	1, 2	1, 2	-
		AKRa + ÜR	-	-	-	1, 2	1, 2	-
	TP 4	REF	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2
		AKRa	-	-	-	1, 2	1, 2	-
		AKRa + WB/ÜR	-	-	-	1, 2	1, 2	-
		AKRa + FTW	-	-	-	1, 2	1, 2	-
		AKRa + WB/ÜR + FTW	-	-	-	1, 2	1, 2	-
	TP 6	REF	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2	0, 1, 2
AKRi		1, 2	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2	

Legende:

REF Referenzlagerung

ÜR zyklische mechanische Belastung und Einwalken von Alkalien bei Überrollung

AKRa AKR durch Alkalizufuhr von außen (Klimawechsel-lagerung)

WB zyklische mechanische Wechselbeanspruchung

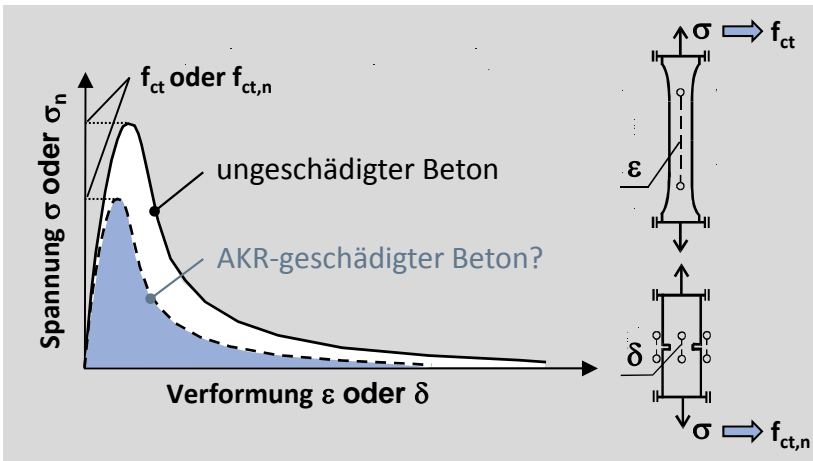
FTW Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

AKRi AKR durch Zugabe von Alkalien bei der Herstellung

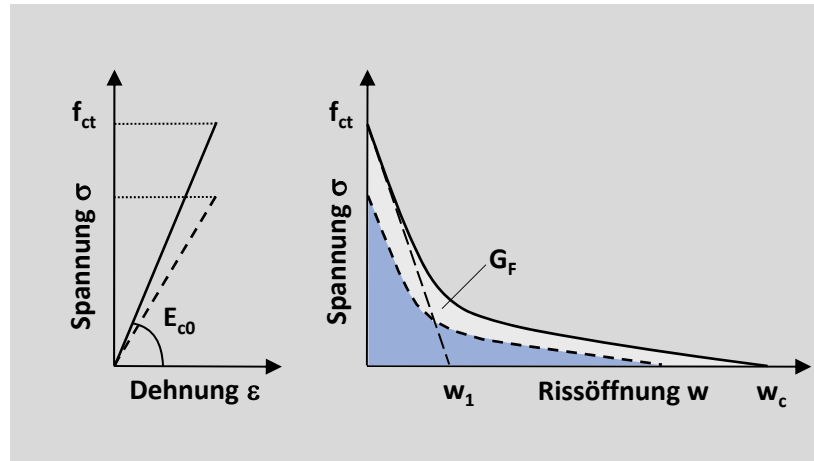
Materialgesetze – bruchmechanische Ansätze



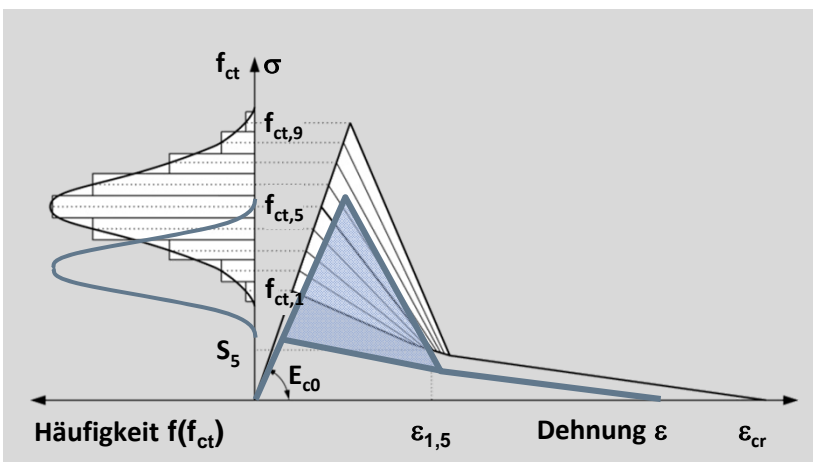
Spannungs-Dehnungs- und Spannungs-Rissöffnungsbeziehung



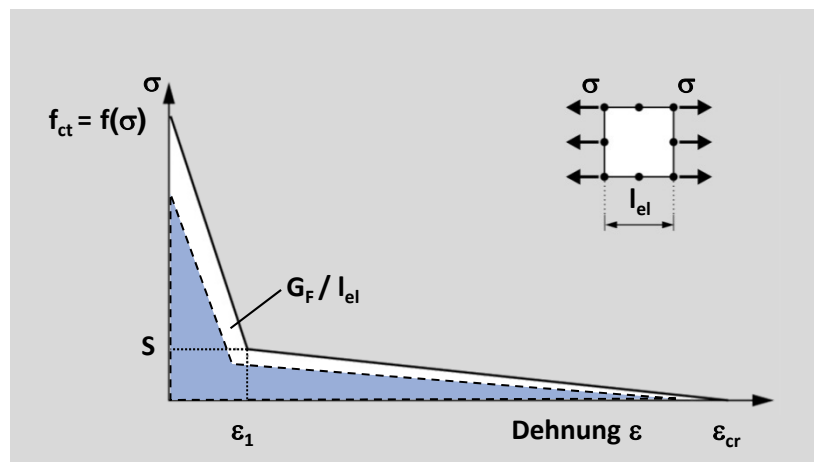
Grundmodelle und Kennwerte (abgeleitete Kennwerte)



Idealisierte Heterogenität

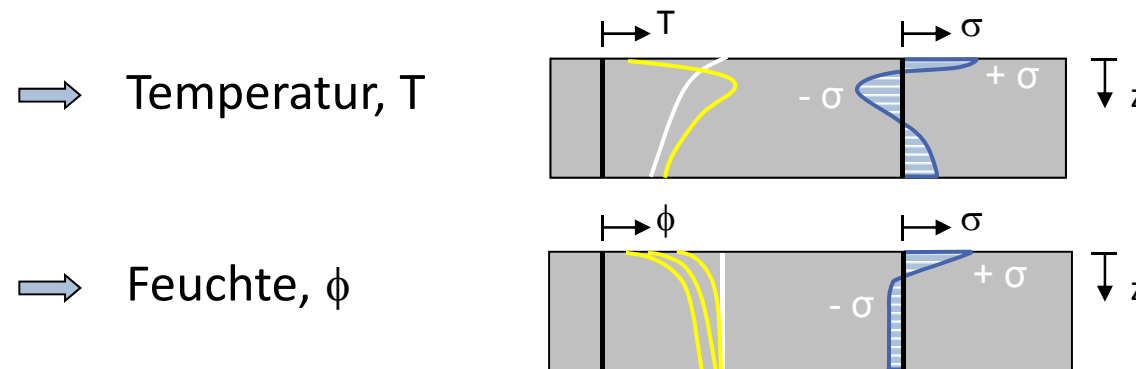


Idealisierte Rissöffnungsbeziehung



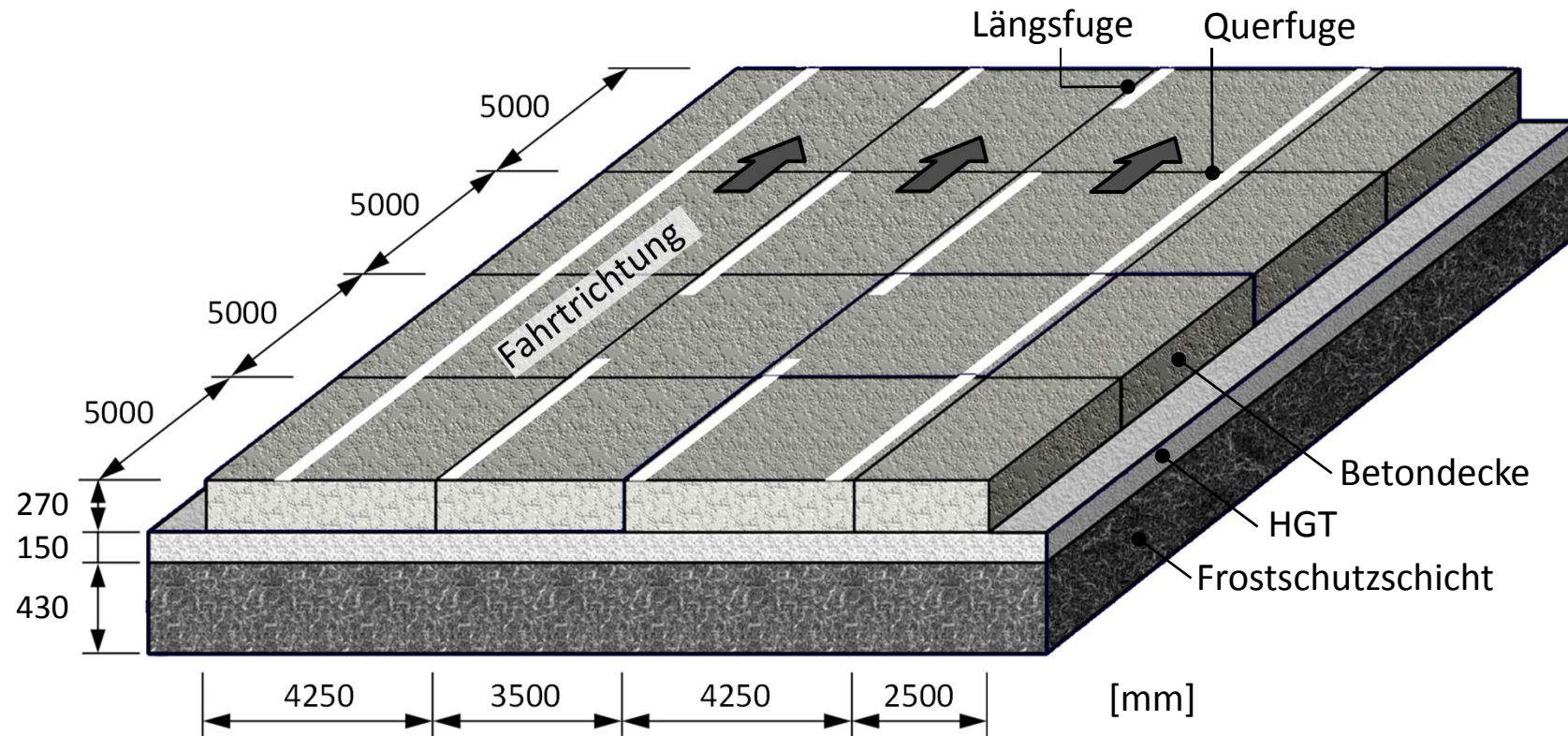
Beanspruchung einer Betonfahrbahndecke

- Verkehr: statisch/dynamisch
- Witterung: Sonne, Regen, Hagel, Eis (Streusalz)

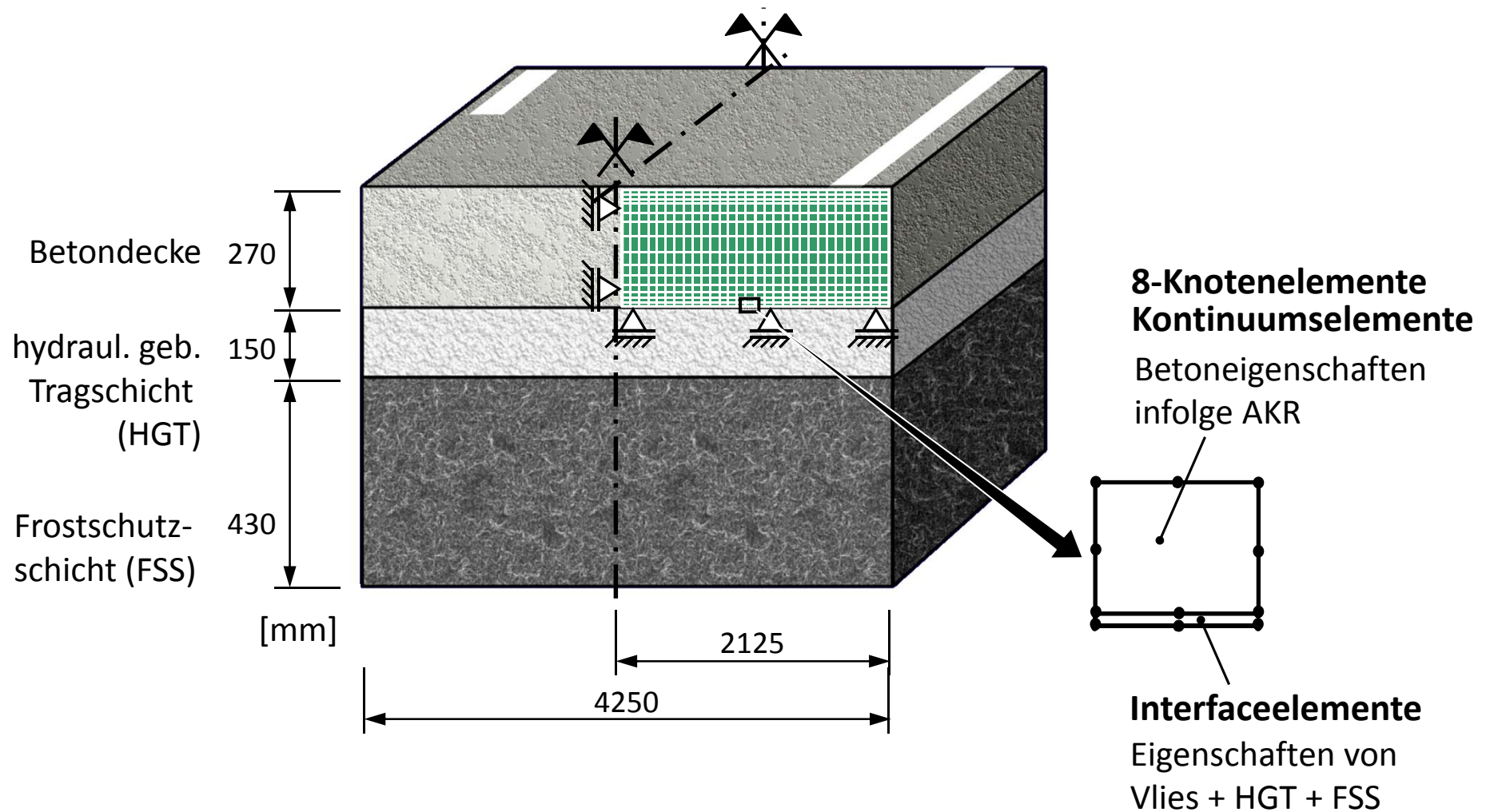


- Herstellung: Nullspannungstemperatur, Verbund, Entwässerung
- Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR): → Dehnung, $\epsilon_{AKR}(z, t, \dots)$

Betrachtete Betonfahrbahn



Bauteilanalyse – numerisches Modell



- Validierung des Modells anhand bekannter Schadensfälle
- Entwicklung eines Bemessungswerkzeugs
- Herleitung möglicher Gegenmaßnahmen zur Minimierung der Schädigungsgefahr



Optimierung des Systems Straße



Vielen Dank!