

27. Informations-Seminar – Bauwerke instand setzen – heute und morgen

09. November 2016 in Bad Nauheim

# Rissinjektion

## Planung, Ausführung und Qualitätssicherung

Dr.-Ing. Angelika Eßer

Universität Duisburg-Essen, Institut für Massivbau



1

### Inhalt

- **Planung**
  - Rissfüllstoffe
  - Rissarten
  - Einwirkungen aus dem Betonuntergrund
  - Prinzipien u. Verfahren
  - Füllarten
  - Füllziele
- **Ausführung und Qualitätssicherung**



2

## Rissfüllstoffe

### Nach EN 1504-5 und Instandhaltungsrichtlinie

(bauaufsichtlich zurückgezogen DIN V 18028 – weiterhin technisch o.k.)

#### Rissfüllstoffe für kraftschlüssiges Füllen (**F**) → kraftschlüssig = **f**orce transmitting

starrer Rissfüllstoff → Verbund zur Betonflanke zur Übertragung von Zug-, Druck-, Schubkräften, **rissfüllstoffabhängige Festigkeitseigenschaften**

#### ▪ für begrenzt dehnbares Füllen (**D**) → dehnbar = **d**uctile

dehnbarer Rissfüllstoff → Verbund zur Betonflanke zur Aufnahme von **Rissbreitenänderungen**

#### ▪ für quellfähiges Füllen (**S**) → quellfähig = **S**welling fitted

wiederholtes Quellen durch **Wasseradsorption**



3

## Rissarten

### Riss: Trennung im Betongefüge, Scheinfugen, Arbeitsfugen

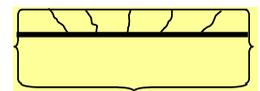
#### ▪ oberflächige Risse

netzartig oder gerichtet, wenige Millimeter tief



#### ▪ oberflächennahe Risse

erfassen geringe Querschnittsteile bis max. Unterkante der äußeren Bewehrungslage

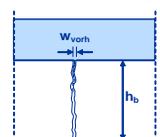


#### ▪ Biegerisse / Schuberisse

Durchtrennung wesentlicher Teile, verbleib. ungerissene Querschnittsteile, z. B. Druckzone



#### ▪ Trennrisse Durchtrennung des Gesamtquerschnitts



4

Einwirkungen aus dem Betonuntergrund		UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN
<b>XSTAT</b> (static)	Statisch mitwirkend	<b>Beispiel (informativ)</b> Reprofilierung v. druckbeansp. Bauteil kraftschlüssiges Füllen von Rissen und Hohlräumen
<b>XBW2</b> (backfacing water)	Rückseitige Durchfeuchtung mit Durchströmung (flächig)	Bauteile mit Beanspruchung durch drückendes Wasser
<b>XCR</b> (cracks)	Risse	
<b>w</b> (width)	mit Rissbreite $w$ in mm	
<b>Δw</b>	mit Rissbreitenänderung $\Delta w$ in mm	
<b>LFR</b> (low frequent)	– zyklisch niedrigfrequent (Temperatur-, Wasserstandsänderung)	WU-Bauteil 
<b>HFR</b> (high frequent)	– zyklisch hochfrequent (Verkehrslasten)	Brücke 
<b>CON</b> (continuous)	– kontinuierliche Rissbreitenänderung (Schwinden, Setzungen)	Bodenplatte; Rissbildung durch Stützensenkung 
<b>XDYN</b>	Dynamische Beanspr. bei Applikation	Brücke unter Verkehr; ggf. Parkdeck

5

INSTITUT FÜR MASSIVBAU

Einwirkungen aus dem Betonuntergrund		UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN
<b>DY</b> (dry)	mit Feuchtezustand "trocken" <ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserzutritt nicht möglich</li> <li>Beeinflussung des Riss-/Hohlraumbereiches durch Wasser nicht feststellbar bzw. seit ausreichend langer Zeit ausschließbar</li> </ul>	<b>Beispiel (informativ)</b> Innenbauteil
<b>DP</b> (damp)	mit Feuchtezustand "feucht" <ul style="list-style-type: none"> <li>Farbtonveränderung im Riss- oder Hohlraumbereich durch Wasser, jedoch kein Wasseraustritt.</li> <li>Anzeichen auf Wasseraustritt in der unmittelbar zurückliegenden Zeit (z. B. Aussinterungen, Kalkfahnen).</li> <li>Riss oder Hohlraum erkennbar feucht oder matt-feucht (beurteilt an Trockenbohrkernen)</li> </ul>	frei bewitterte Bauteile; erdberührte Bauteile
<b>WT</b> (wet)	mit Feuchtezustand "nass (drucklos gefüllt)" <ul style="list-style-type: none"> <li>Wasser in feinen Tröpfchen im Rissbereich erkennbar.</li> <li>Wasser perlt aus dem Riss</li> </ul>	frei bewitterte Bauteile; erdberührte Bauteile
<b>WF</b> (waterflow)	mit Feuchtezustand "fließendes Wasser (druckwasserführend)" <ul style="list-style-type: none"> <li>Zusammenhängender Wasserstrom tritt aus dem Riss aus</li> </ul>	WU-Bauteil

6

INSTITUT FÜR MASSIVBAU

## Einwirkungen aus dem Betonuntergrund

### Weitere Rissmerkmale

- Verschmutzung
- Aussinterung
- vorangegangene Maßnahmen



## Prinzipien und Verfahren

1. Schutz gegen das Eindringen von Stoffen	<b>1.5 Füllen von Rissen oder Hohlräumen</b> a) Injektion – kraftschlüssige oder dehnbare Rissfüllstoffe b) Vergießen – kraftschlüssige Rissfüllstoffe
2. Regulierung des Wasserhaushaltes des Betons	<b>2.6 Füllen von Rissen oder Hohlräumen</b> Injektion – kraftschlüssige oder dehnbare Rissfüllstoffe
4. Verstärkung des Betontragwerks	<b>4.5 Füllen von Rissen oder Hohlräumen</b> a) Injektion – kraftschlüssige Rissfüllstoffe b) Vergießen – kraftschlüssige Rissfüllstoffe
7. Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität	<b>7.6 Füllen von Rissen oder Hohlräumen</b> a) Injektion – kraftschlüssige oder dehnbare Rissfüllstoffe b) Vergießen – kraftschlüssige Rissfüllstoffe

## Füllart

### ▪ Injektion (I)

Rissfüllstoffe werden mithilfe eines Injektionsgerätes unter geregelterm Druck über Packer mit oder ohne Verdämmung injiziert

### ▪ Vergießen (V)

Rissfüllstoffe werden drucklos durch Gravitation oder kapillares Saugen an **gesäuberten, vorbereiteten Rissen** unter **ständig gefülltem Füllstoffreservoir** vergossen. Die **erforderliche Fülltiefe** wird **vorab festgelegt** und **kontrolliert**

### ▪ (Tränken)

Kein eigenständiges Instandsetzungsverfahren – nur evtl. als vorbereitende Maßnahme unter OS-System



9

## Füllziele

- Schließen (Begrenzen der Rissbreite durch Füllen)
- Abdichten
- Kraftschlüssiges Verbinden
- Begrenzt dehnbar Verbinden



10

## Füllziele

### Verbinden der Rissflanken

- **kraftschlüssig**
  - Wiederherstellung einer höheren Bauteilsteifigkeit, Zustand I
  - **Nicht** dauerhaft realisierbar **bei wiederkehrender Rissursache**
  - **Gefahr der Neurissbildung im benachbarten Beton**
- **begrenzt dehnbar**
  - Beibehaltung Bauteilsteifigkeiten im gerissenen Zustand II
  - **keine Gefahr der Neurissbildung im benachbarten Beton**
  - dauerhaft realisierbar **bei wiederkehrender Rissursache**



11

## Füllziele

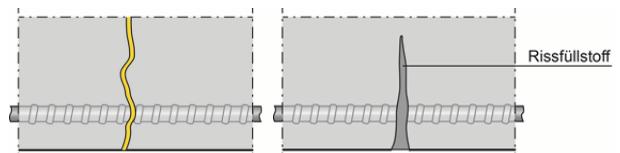
### Kraftschlüssig Verbinden kraftschlüssiger, starrer Rissfüllstoff

- mit reaktivem Polymerbindemittel (P) z. B. Epoxidharz (EP)
- mit hydraulischem Bindemittel (H) z. B. Zementleim (ZL),  
Zementsuspension (ZS)

druck-, schub-, zugfest

F1:  $f_{ct} = 3,0 \text{ MPa}$  (2,5 MPa)

F2:  $f_{ct} = 2,0 \text{ MPa}$  (1,5 MPa)



12

**Füllziele** UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

Vergleich Biegezugversuche Epoxidharz – Zementleim / Zementsuspension			
Merkmal		EP	ZS ZL
Festigkeit	ohne Wasser	> Beton	≤ C25/30
	mit Wasser	undefiniert / prüfen	≤ C25/30
Überbeanspruchung		Riss im Beton	erneute Rissöffnung
Zusintern		nein	ja

13

INSTITUT FÜR MASSIVBAU

**Füllziele** UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

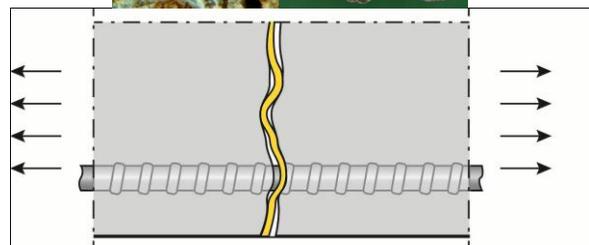
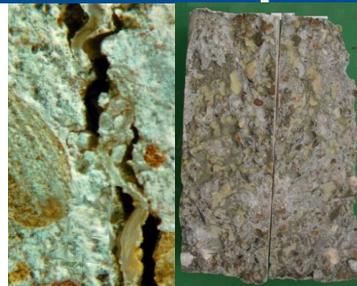
## Dehnbar Verbinden

### Begrenzt dehnbarer Rissfüllstoff

- mit reaktivem Polymerbindemittel (P)
- z. B. Polyurethan

Dehnung > 10 %

d.h.  $\Delta w \leq 10 \%$



14

**if**  
INSTITUT FÜR MASSIVBAU

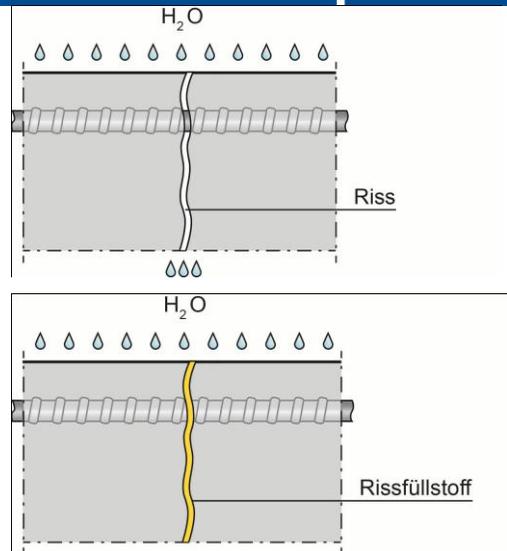
## Abdichten von Rissen

- Kraftschlüssiger Rissfüllstoff F(P,H)
- Begrenzt dehnbarer Rissfüllstoff D(P)
- Quellfähiger Rissfüllstoff S(P)

Wasserdichtheitsklasse

D1: wasserdicht bei  $2 \times 10^5$  Pa

D2: wasserdicht bei  $7 \times 10^5$  Pa



15

## Schließen von Rissen (Begrenzen der Rissbreite w)

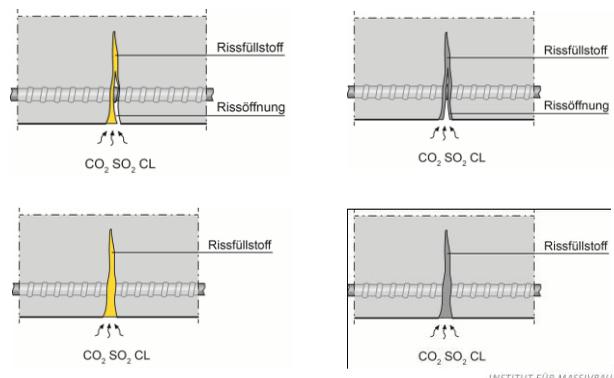
- Kraftschlüssiger Rissfüllstoff F(P,H)
- Begrenzt dehnbarer Rissfüllstoff D(P)

**Zutritt** von korrosionsfördernden  
 beton- und stahlangreifenden Stoffen

- **Hemmen**  $w_{neu} \leq w_{zulässig}$

oder

- **Verhindern**  $w_{neu} = 0$



INSTITUT FÜR MASSIVBAU

16

**Füllziele** UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

# Schließen von Rissen (Begrenzen der Rissbreite w)

**Zutritt von korrosionsfördernden  
 beton- und stahlangreifenden Stoffen**

▪ **Hemmen**       $W_{neu} \leq W_{zulässig}$

oder

▪ **Verhindern**       $W_{neu} = 0$

EC2	
Exposition	$w_k$ zul [mm]
X0, XC1	0,4
XC2 – XC4	0,3

EC2/NA	
Exposition	$w_k$ zul [mm]
XD1, XD3	0 ? 0,3 + OS ?



17

**Beispiel** UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

Zum Schutz oder zur Instandsetzung von Bewehrungskorrosion

7. Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität

**7.6 Füllen von Rissen oder Hohlräumen**

Vertikaler Trennriss in einer Winkelstützwand kreuzt horizontale Bewehrung

Exposition: Außenbauteil mit direkter Beregnung: XC4

Außenbauteil - Frost ohne Taumittel: XF1

Rissursache: Schwinden u. Temperaturänderung

Rissbreite:  $w = 0,8 \text{ mm}$ , ca.  $10^\circ\text{C}$

Rissfüllung mit ZL

in der Winterperiode erneuter Flankenabriss,  $w_{neu} = 0,1 \text{ mm} \leq 0,3 \text{ mm}$  ✓



18

## Verwendung von Rissfüllstoffen

S	1	2	3	Einwirkung auf den Füllbereich			
				trocken <sup>a</sup> DY (dry)	feucht DP (damp)	nass WT (wet)	fließendes Wasser <sup>b</sup> WF (waterflow)
Z	Füllziel	Verfahren	Füllart	Zuordnung von Rissfüllstoffen, Füllart und Verfahren			
				F-I (P) F-I (H) D-I (P)	F-I (P) <sup>c</sup> F-I (H) D-I (P)	-- F-I (H) D-I (P)	-- F-I (H) D-I (P)
1a	Schließen (Begrenzen der Riss- breite durch Füllen)	1.5a 7.6a	durch Injektion	F-I (P) F-I (H) D-I (P)	F-I (P) <sup>c</sup> F-I (H) D-I (P)	-- F-I (H) D-I (P)	-- F-I (H) D-I (P)
1b		1.5b <sup>d</sup> 7.6b <sup>d</sup>	durch Vergießen	F-V (P) F-V (H)	-- F-V (H)	--	--
2a		1.5a 2.6	durch Injektion	F-I (P) F-I (H) D-I (P)	F-I (P) <sup>c</sup> F-I (H) D-I (P) S-I (P)	-- F-I (H) D-I (P)	-- D-I (P)
2b		1.5b <sup>d</sup>	durch Vergießen	F-V (P) F-V (H)	-- F-V (H)	--	--
3	Begrenzt dehnbares Verbinden	1.5a, 2.6 7.6a	durch Injektion	D-I (P)	D-I (P)	D-I (P)	D-I (P)
4a	Kraftschlüs- siges Verbinden	4.5a	durch Injektion	F-I (P) F-I (H) <sup>e</sup>	F-I (P) <sup>c</sup> F-I (H) <sup>e</sup>	-- F-I (H) <sup>e</sup>	-- F-I (H) <sup>e</sup>
4b		4.5b	durch Vergießen	F-V (P) F-V (H) <sup>e</sup>	-- F-V (H) <sup>e</sup>	--	--

- <sup>a</sup> Flanken von Rissen und innere Oberflächen von Hohlräumen müssen gegebenenfalls gemäß Angaben zur Ausführung vorgenaßt werden.
- <sup>b</sup> Zusammen mit Maßnahmen zur Druckminderung (z. B. Entlastungsbohrungen, Wasserhaltung) und rückseitigem Abdichten (SPUR)
- <sup>c</sup> F-I (P) mit explizit nachgewiesener Feuchteverträglichkeit
- <sup>d</sup> Füllgrad muss durch Bohrkernentnahme nachgewiesen werden
- <sup>e</sup> gilt sinngemäß auch für Hohlräume

### Rissfüllstoff

**F: kraftschlüssiges Füllen** von Rissen  
 mit reaktivem Polymerbindemittel (P) - z. B. Epoxidharz (EP)  
 mit hydraulischem Bindemittel (H) - z. B. Zementleim (ZL) oder  
 Zementsuspension (ZS)

### D: dehnbares Füllen von Rissen,

mit reaktivem Polymerbindemittel (P) - z. B. Polyurethan (PUR)  
 evtl. mit zugehörigem schnellschäumenden Polyurethan (SPUR)

### S: quellfähiges Füllen

19

## Einflussgrößen - Rissinjektion



20

## Rissinjektion und zugehöriges Injektionsverfahren

Injektionsverfahren besteht aus

- Injektionsgerät,
- ggf. Anlage(n) zur Herstellung des Rissfüllstoffes als Stoffgemisch,
- ggf. Verdämmung,
- Einfüllstutzen (Packer), ggf. Injektionsschläuche.
- Die Angaben zur Ausführung regeln den Einsatz des Verfahrens.



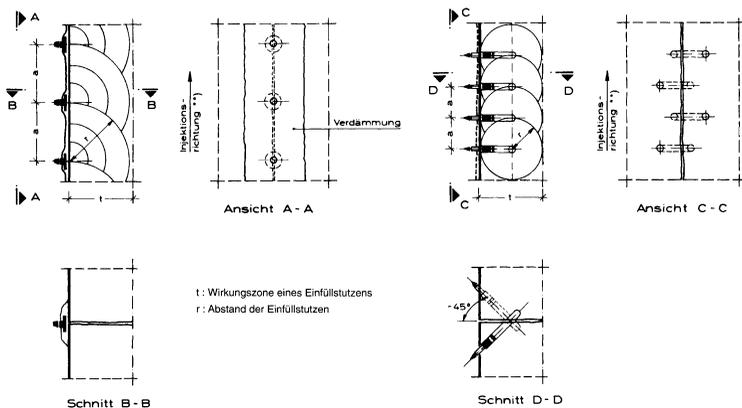
21

## Ausführung und Qualitätssicherung

### Packeranordnung

a) Befestigung auf der Bauteiloberfläche  
 (id.R mit Verdämmung)

b) Befestigung in Bohrlöchern (Bohrpacker)  
 (id.R ohne Verdämmung)



22

## Verdämmung auf der Bauteiloberfläche

- Injektionsdruck anpassen
- Reparaturmaterialien für Leckstellen vorhalten
- bei Entfernen der Verdämmung mit Sorgfalt !



Beschädigungen an der ursprünglichen Bauteiloberfläche trägt der Auftragnehmer

23

## Verwendung von Bohrpäckern

- keine Beschädigung tragender Bewehrung
- Packeranordnung in Abhängigkeit der Bauteiltiefe
- bei dickwandigen Bauteilen → Bohrpackerreihen in unterschiedlichen Tiefen anordnen
- Durchgängigkeit des Bohrlochs durch Reinigungsmaßnahmen sichern
- bei Verbleib von Bohrpackerteilen im Bauwerk → nicht rostend + Sollbruchstelle ausbilden



24

**1-K-Anlagen** UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN



**Viskositätsentwicklung**

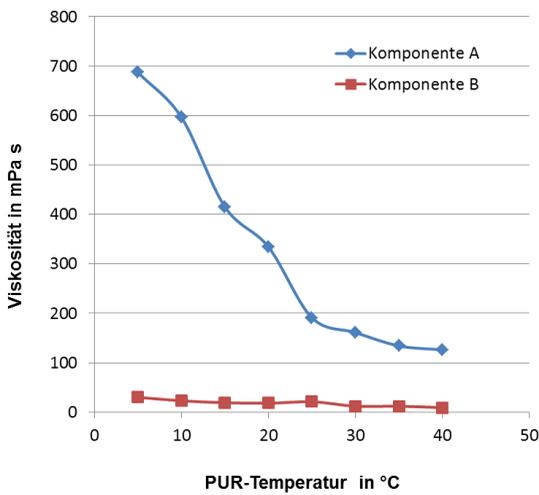
Füllgut	Viskosität ( $\eta$ ) f (Zeit (t))
EP	
PUR	

25



**2-K-Anlagen** UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

**Viskositäten der Einzelkomponenten**



26



## Ausführung und Qualitätssicherung

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

- Protokollführung
- Vorhaltung von Verschleiß- und Ersatzteilen
- Rückstellproben

Kontrolle - Mischungsverhältnis

→ Auslitern

Viskositäten der Komponenten sind temperaturabhängig



27



**if**  
INSTITUT FÜR MASSIVBAU

## Ausführung und Qualitätssicherung

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

Als Checkliste zu empfehlen

Merkblatt  
für die  
**Bauüberwachung**  
von Ingenieurbauten

**M-BÜ-ING**

Teil 3  
Massivbau

Abschnitt 5  
Füllen von Rissen und Hohlräumen  
in Betonbauteilen

**if**  
INSTITUT FÜR MASSIVBAU

28

## Füllen von Rissen als dauerhafte Maßnahme

- **Bauwerksverhältnisse feststellen**
- **Instandsetzungsziel / Füllziel definieren**
- **Beachtung materialspezifischer Anwendungsbedingungen**
- **Eigenüberwachung der Ausführung**

29



Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit