



DFG FOR 1498/0

**AKR unter kombinierter Einwirkung**

Teilprojekt TP1:

**Externer Alkalieintrag in mechanisch / thermisch  
vorgeschiedigtes Betongefüge**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher

Dipl.-Ing. Denise Hussein

Lehrstuhl für Baustofftechnik  
Ruhr-Universität Bochum

# Problemstellung



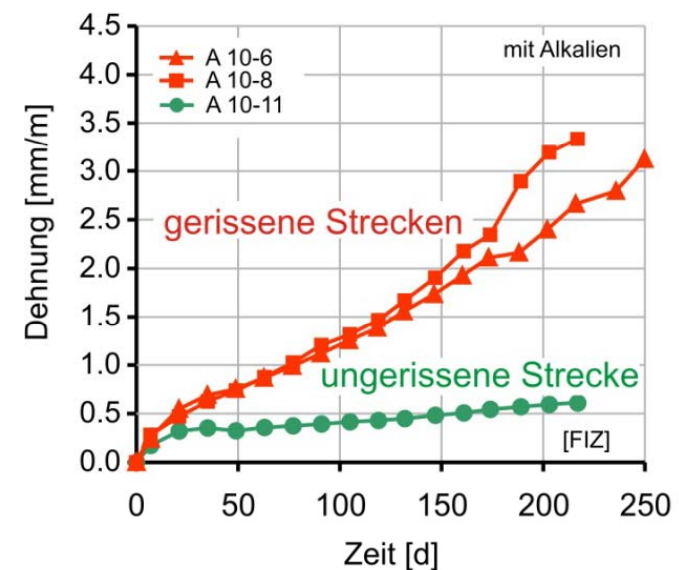
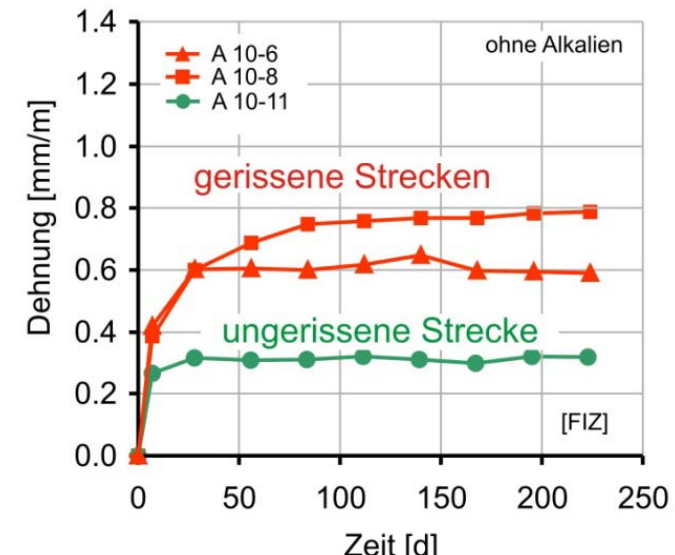
## Aus bisherigen Praxisuntersuchungen bekannt:

- Einfluss einer Vorschädigung
- Einfluss einer externen Alkalizufuhr

-> auf die Bildung einer AKR

## Bisher unklar: Gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Einwirkungen

Bewertung des tatsächlichen Schädigungspotentials bisher nicht möglich

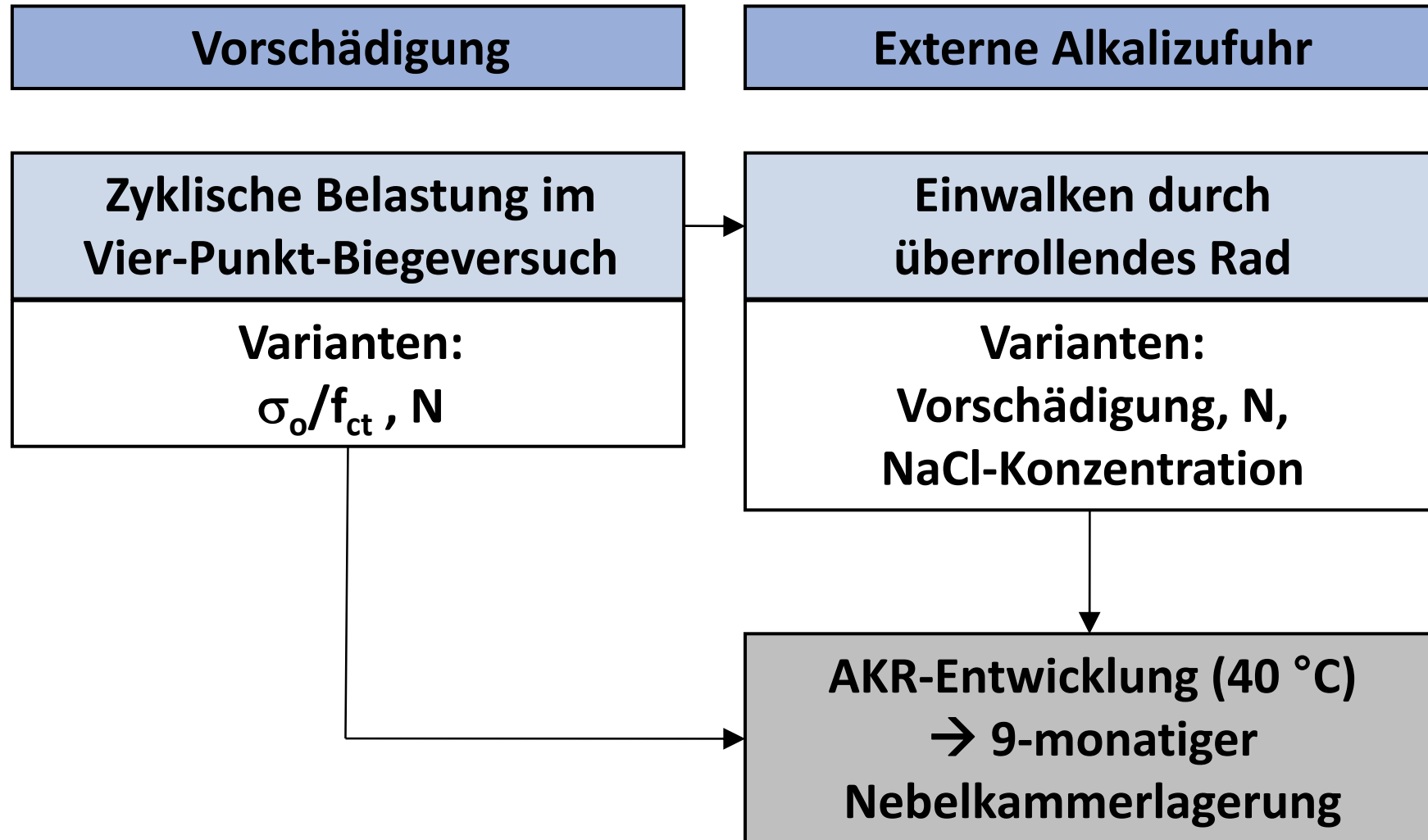


Charakterisierung von:

- **Schädigung im Mikrogefüge**
- **Alkali-Eindringverhalten infolge Einwalken**
- **AKR-Entwicklung**
- **Druckverhältnisse im Betongefüge in situ**
- **Betonzusammensetzung**

**Bewertung des Einflusses von Vorschädigungen und externer Alkalizufuhr**

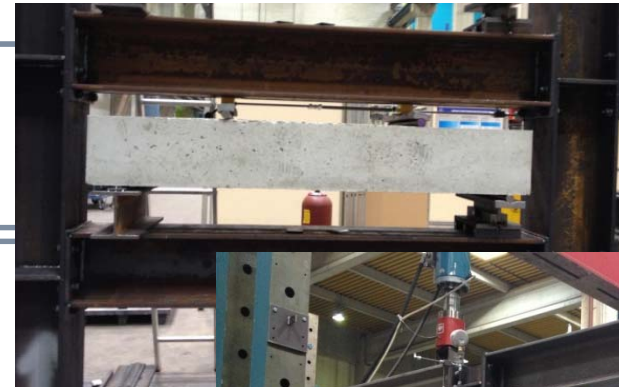
- **auf das Eindringverhalten alkalihaltiger Lösungen und**
- **auf die Bildung einer AKR**



# Untersuchungen nach zyklischer Beanspruchung



<b>Versuchsmethode</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Zyklische Belastung</li><li>▪ Vier-Punkt-Biegeversuch</li><li>▪ Frequenz: 7 Hz</li></ul>
<b>Variationen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Spannungen <math>\sigma_o/f_{ct}</math><ul style="list-style-type: none"><li>▪ <math>\sigma_o/f_{ct} \approx 0,4</math></li><li>▪ <math>\sigma_o/f_{ct} \approx 0,6</math></li></ul></li><li>▪ Lastzyklen<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <math>N = (0 - 5,0 \text{ Mio.})</math></li></ul></li></ul>
<b>Untersuchungen</b>	<p><b>Steifigkeitsänderung (<math>E_{dyn}</math>)</b></p> <p><b>Mikrorissfläche <math>A_{riss}</math></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Entnahme von Dünnschliffproben in Längs- &amp; Querrichtung</li></ul> <p><b>Rissausrichtung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 3D-CT: mit TP 4 (BAM)</li></ul>



⇒ Schädigungsmechanismus und –fortschritt im Mikrogefüge und Orientierung von Mikrorissen  
⇒ Bewertung des Vorschädigungsgrads

# Einwalken von NaCl in vorgeschädigten Beton



## Versuchsmethode

- Einwalken von NaCl-Lösung im Überrollstand
- Radlast: 1 Tonne

## Variationen

- Grad der Vorschädigung
- NaCl Konzentration (3,6% / 5%)
- Anzahl Überrollungen  
Nü = 0 - 2,0 Mio.

## Untersuchungen

### Feuchte-, Na- und Cl- Profile

- Feuchtemessung NMR
- RFA (Cl) / ICP-OES (Na, K)
- REM/EDX (Punktanalyse Na, K, Cl, Ca)
- LIBS (mit TP 4)

### Kapillardruckmessung (auch in-situ)

### AKR - Dehnverhalten





# AKR – Entwicklung



<b>Versuchsmethode</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 9-monatige Nebelkammerlagerung bei 40 °C</li></ul>
<b>Variationen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Grad der Vorschädigung</li><li>▪ Anzahl der Überrollungen</li><li>▪ Konzentration der NaCl-Lösung</li></ul>
<b>Untersuchungen</b>	<p><b>Dehnung <math>\epsilon</math>: <math>f(t)</math></b></p> <p><b>Dynamischer E-Modul <math>E_{\text{dyn}}</math></b></p> <p><b>Mikrorissfläche <math>A_{\text{riss}}</math></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Entnahme von Dünnschliffproben in Längs- &amp; Querrichtung</li></ul>

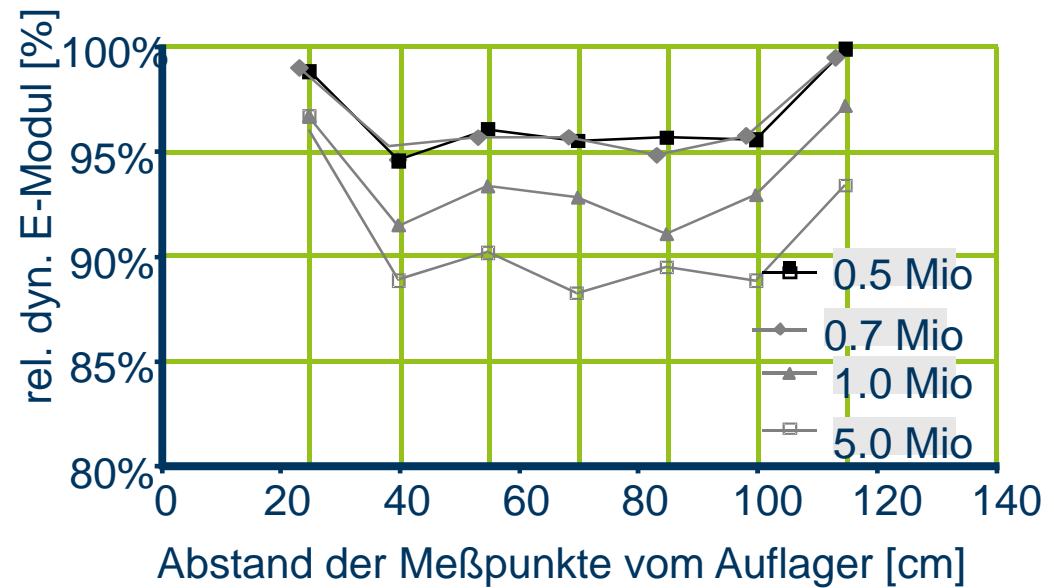
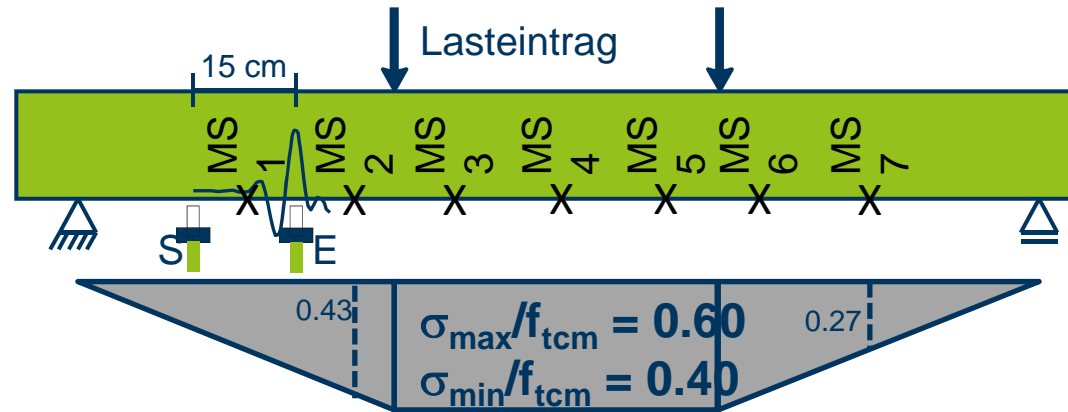


⇒ Charakterisierung der Abhängigkeit von Vorschädigungen und externer Alkalizufuhr auf eine anschließende AKR

# Ergebnisse aus Voruntersuchungen



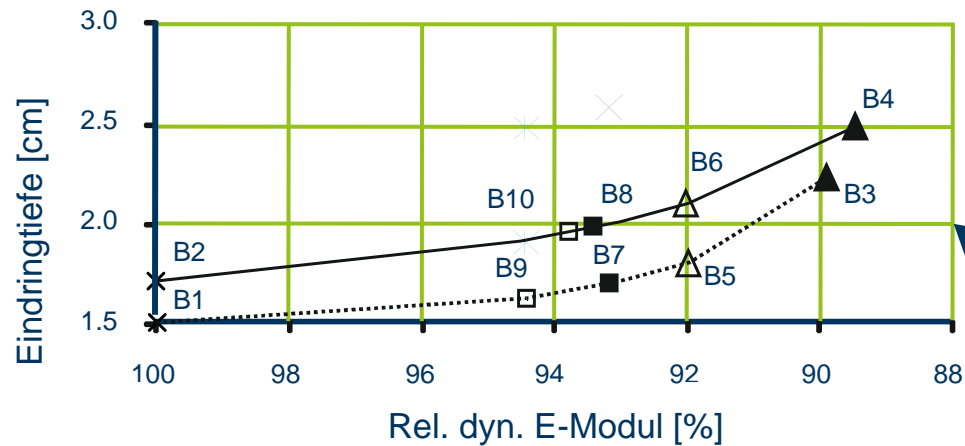
## Dyn. E-Modul nach zyklischer Beanspruchung



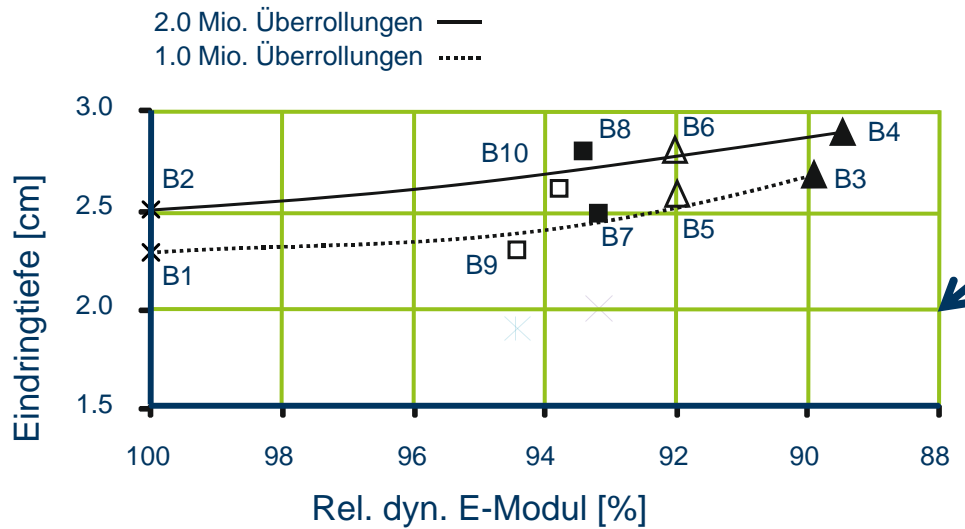
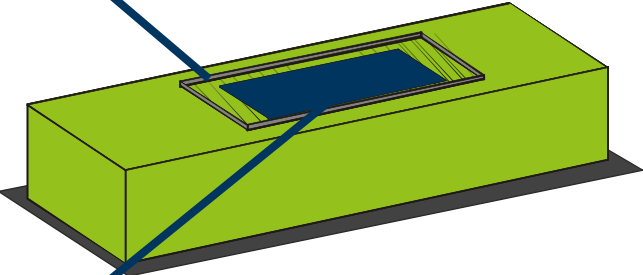


# Ergebnisse aus Voruntersuchungen

## Taumittleindringtiefe nach Einwalzen der Taumittellösung



Mit Vorschädigung  
ca. 35% größere  
Eindringtiefe

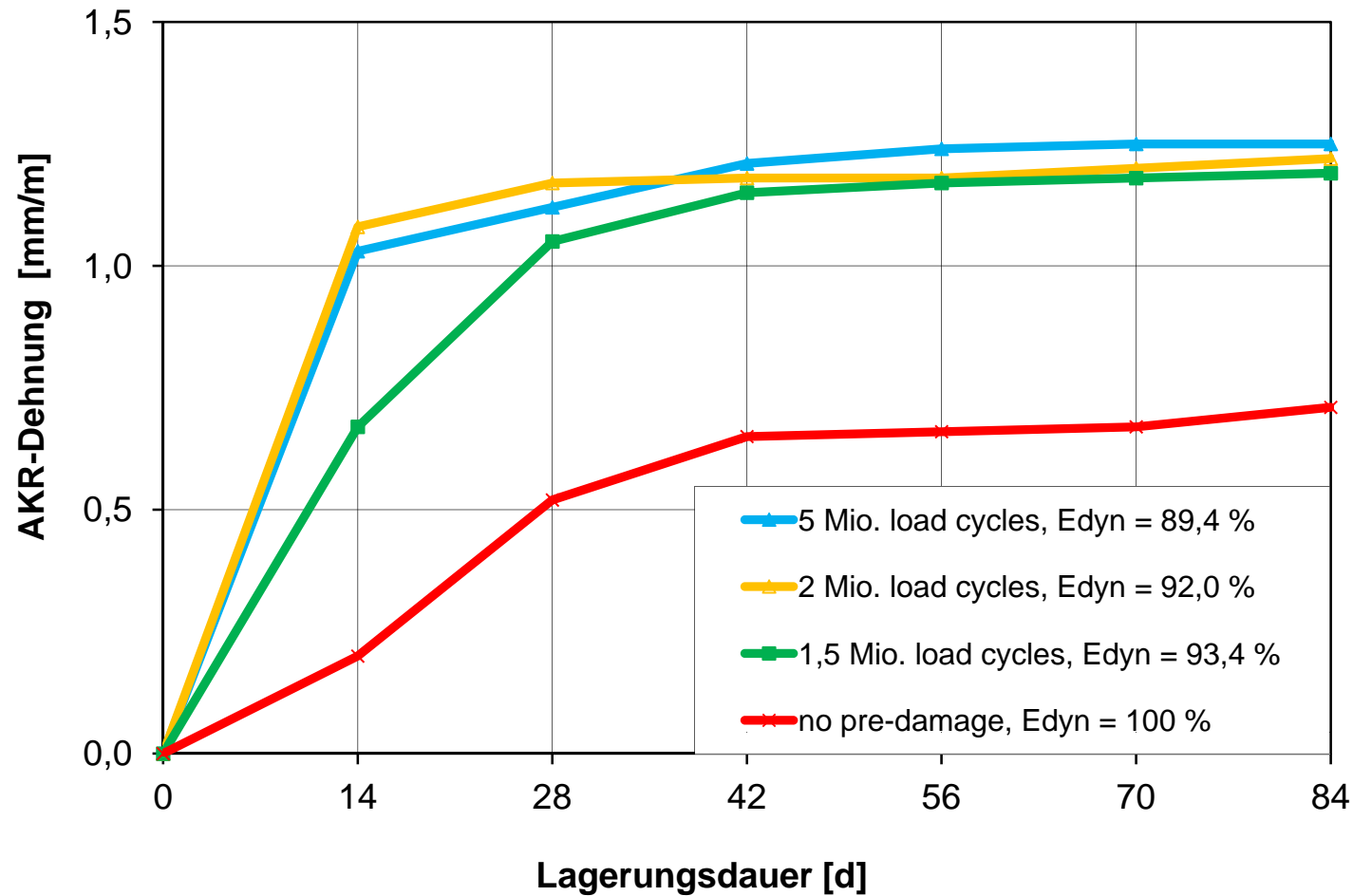


Einwalkeffekt:  
zusätzlich ca. 20%  
größere Eindringtiefe

# Ergebnisse aus Voruntersuchungen



## Dehnungen nach 60° C Nebelkammerlagerung infolge AKR





**Vielen Dank!**