

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT

**Untersuchung der hochwertigen Wiederverwendung  
von mineralischem Abbruchmaterial im erstmaligen  
Einsatz von Baustoffen aus Porenbetonrezyklaten in  
einem Bauprojekt**

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt  
mit dem Aktenzeichen 31711-02,  
gefördert von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



von

Dipl.-Ing. Hakan Aycil & Dipl.-Ing. Frank Hlawatsch

Bremen, Januar 2020

## **Bezugsmöglichkeit des Abschlussberichtes**

Amtliche Materialprüfungsanstalt der Freien Hansestadt Bremen,  
ein Geschäftsbereich des Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT  
Paul-Feller-Straße 1  
28199 Bremen

Tel.: +49 (0)421 53 708 – 0  
Fax: +49 (0)421 53 708 – 10  
E-Mail: [info@mpa-bremen.de](mailto:info@mpa-bremen.de)

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Hakan Aycil  
Tel.: +49 (0)421 53708 – 60  
E-Mail: [aycil@mpa-bremen.de](mailto:aycil@mpa-bremen.de)

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT

**Untersuchung der hochwertigen Wiederverwendung  
von mineralischem Abbruchmaterial im erstmaligen  
Einsatz von Baustoffen aus Porenbetonrezyklaten in  
einem Bauprojekt**

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt  
mit dem Aktenzeichen 31711-02,  
gefördert von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



von

Dipl.-Ing. Hakan Aycil & Dipl.-Ing. Frank Hlawatsch

Bremen, Januar 2020

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>31711/02</b>	Referat	<b>23</b>	Fördersumme	<b>29.685,00 €</b>
----	-----------------	---------	-----------	-------------	--------------------

**Antragstitel**      **Untersuchung der hochwertigen Wiederverwendung von mineralischem Abbruchmaterial im erstmaligen Einsatz von Baustoffen aus Porenbetonrezyklaten in einem Bauprojekt**

**Stichworte**      Recycling, Ressource, Bau, Baustoff, Demonstration, Renaturierung

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>15 Monate</b>	<b>08.06.2018</b>	<b>07.09.2019</b>	<b>1</b>

Zwischenberichte

<b>Bewilligungsempfänger</b>	Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT	Tel	0421/21851400
	Badgasteiner Str. 3	Fax	0421/21851333
	28359 Bremen	Projektleitung	Dipl.-Ing. Axel Meyer
		Bearbeiter	Dipl.-Ing. Hakan Aycil

**Kooperationspartner**      Brockmann Recycling GmbH, Heinrich-Brockmann-Str. 1, 24568 Nützen  
Stebah GmbH & Co. KG, Gutenbergstr. 4 b, 28816 Stuhr  
Forschungsvereinigung RWB e. V., Paul-Feller-Str. 1, 28199 Bremen (T1)

Weitere Beteiligte      Berding Beton GmbH, Freie Hansestadt Bremen, Immobilien Bremen AöR (T1)

### **Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

In mehreren F&E Projekten wurden an der MPA Bremen Verwertungsstrategien entwickelt für Porenbetonschutt, ein Abbruchmaterial, das aufgrund seiner physikalischen, chemischen und ökologischen Eigenschaften bislang vom restlichen Bauschutt aussortiert und deponiert werden muss. Im Labormaßstab wurden leichte Recyclingwerkstoffe hergestellt für den Mauerwerksbau (Wandbausteine und Mörtel), die die bauphysikalischen Vorteile des Porenbetons weitgehend beibehalten. Im 1. Teilprojekt (DBU 31711-01) wurden im Bauvorhaben „Neubau Recycling-Station Borgfeld“ in Bremen erstmalig nicht tragende Innenwände aus Porenbeton-Recyclingprodukten errichtet, die auf industriellen Anlagen hergestellt wurden. Das 2. Teilprojekt (DBU 31711-02) beinhaltete das Monitoring der Wände aus PB-Recyclingmaterial gekoppelt mit Öffentlichkeitsarbeiten, um über diese umweltbewussten Technologien zu informieren.

### **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Im vorliegenden Projekt wurden die errichteten Recyclingwände über einen Zeitraum von bis zu 125 Wochen begleitet. Im Betrachtungszeitraum wurden die Umgebungsbedingungen (Lufttemperatur und relative Luftfeuchte) sowie Längenänderungen in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung erfasst. Die Längenänderungen wurden anhand manueller Messungen zwischen geklebten Messmarken (Messlänge: 40 cm) ermittelt sowie mit Hilfe von Datenloggern kontinuierlich aufgezeichnet. Zudem erfolgten optische Begutachtungen der Wände in festgelegten Zeitabständen.

Die Ergebnisse wurden der Öffentlichkeit durch Publikationen und Vorträge vorgestellt. Die Sichtmauerfläche einer der Recyclingwände dient als dauerhaftes Exponat und wurde mit einem Informationsschild versehen. Eine Broschüre wurde erstellt und u. a. in der Recyclingstation ausgehängt. Die Führung von Gruppen zur RC-Station wurde angeboten und durchgeführt. Die Forschungsstelle steht aber auch nach Abschluss des Vorhabens weiterhin für Führungen zur Verfügung.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Anhand der manuellen Messungen wurden in vertikaler Richtung keine nennenswerten Längenänderungen ermittelt. Die relative Längenänderung in horizontaler Richtung betrug nach 125 Wochen -1,2 mm/m (H1) bzw. -0,9 mm/m (H2), wobei die größere Schwindverkürzung sich in der oberen der beiden Messstrecken einstellte.

Im Vergleich zu den manuellen Messungen über mehrere Stein- und Mörtelbereiche hinweg handelte es sich bei den kontinuierlichen Messungen um eine relativ geringe Messstrecke (ca. 1,5 cm) im Bereich einer Lager- sowie einer Stoßfuge. Eine Vergleichbarkeit mit den manuellen Messungen ist daher nicht gegeben. Die Längenänderung in vertikaler Richtung betrug maximal ca. -0,04 mm. In horizontaler Richtung wurde eine Längenänderung von ca. -0,08 mm verzeichnet.

Es wurden optische Begutachtungen bis zu einem Alter der Recyclingwände von 92 Wochen durchgeführt. Besonders stark ausgeprägte Risse mit horizontalem Verlauf im Grenzbereich zwischen dem Stein und dem Mörtel traten im oberen Teil der RC-Sichtmauerwand auf. Die Risse weiteten sich auf bis zu 1,2 bzw. 1,6 mm. Es wurden aber auch vertikal verlaufende Risse mit geringeren Rissweiten von maximal 0,6 mm beobachtet.

Die tendenziell höhere Ausprägung der Risse hinsichtlich Häufigkeit wie auch der Rissweite im oberen Bereich der Sichtmauerfläche war aufgrund der o. g. Längenänderungsmessungen zu erwarten, jedoch für die Vertikalrisse. Dass sich die Horizontalrisse besonders stark weiteten, ist vermutlich auf Verformungen der angrenzenden Stahlbetondecke zurückzuführen.

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden veröffentlicht. An dem Sichtmauerwerk der Recyclingstation (dauerhaftes Exponat) wurde ein Informationsschild angebracht. Zudem wurde eine Broschüre erstellt, die im Eingangsbereich des Gebäudes sowie in der Forschungsstelle ausgehängt ist.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Die Projektergebnisse wurden auf der Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle in Berlin (2016-06), auf der Fachtagung Recycling R'16 in Weimar (2016-09), auf dem 1. Norddeutschen Fachsymposium Recycling-Baustoffe in Kiel (2017-03), auf dem Kongress 2018 Baustoffrecycling- und Wertstoffverwertung in Bremen (2018-03) und auf der 6. Internationalen Porenbetonkonferenz in Potsdam (2018-09) präsentiert. Des Weiteren wurde das Projekt in mehreren Zeitungsartikeln und Veröffentlichungen (Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 3, ZKG-Drymix 2017, 6th ICAAC, Mauerwerk) sowie auf der Homepage und den Jahresberichten der Forschungsstelle vorgestellt. Die errichteten Wände sind dauerhafte Exponate. Führungen zur Recyclingstation wurden durchgeführt und werden weiterhin angeboten. Eine Broschüre zum Vorhaben wurde erstellt und liegt u. a. in der Recyclingstation sowie in der Forschungsstelle aus.

## **Fazit**

Im 1. Teilprojekt wurden erstmalig Recyclingbaustoffe aus Porenbetonrezyklaten als Wandbildner in einem Bauvorhaben eingesetzt und deren Eignung unter baupraktischen Bedingungen nachgewiesen.

Im 2. Teilprojekt erfolgten ein Monitoring der errichteten Wände sowie Öffentlichkeitsarbeiten.

Grundlegendes Fazit des Demonstrationsvorhabens ist die Erkenntnis, dass das neue RC-Wandsystem aus Porenbetonrezyklaten vergleichbar ist mit klassischen Wandsystemen und sich für die Errichtung von nicht tragenden Innenwänden eignet.

Die Werksteine zeigen ein uneingeschränktes Einsatzvermögen als Wandbaustoff. Der Werk trocken-Mauermörtel ist grundsätzlich einsatzbereit. Die Projektergebnisse zeigen jedoch, dass noch Optimierungsbedarf hinsichtlich des Schwindverhaltens besteht.

Erste Schätzungen der Forschungsstelle belegen, dass die Recyclingprodukte im Vergleich zu Primärbaustoffen kostengünstiger hergestellt werden können. Hierbei ist mit einem geringeren Primärenergiebedarf sowie einem niedrigeren globalen Erwärmungspotenzial zu rechnen.

Durch die Wiederverwendung des problematischen Porenbetonbruchs auf demselben technisch hohen Niveau wie das Primärprodukt können Deponien und die Umwelt entlastet sowie natürliche Ressourcen geschont werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Monitoring .....</b>	<b>3</b>
2.1 Längenänderungsmessungen.....	3
2.2 Aufzeichnungen mit Datenloggern .....	3
2.3 Optische Begutachtung.....	5
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>5</b>
3.1 Längenänderungsmessungen.....	5
3.2 Aufzeichnungen mit Datenloggern .....	7
3.3 Optische Begutachtung.....	9
3.3.1 <i>Begutachtung Nr. 1 in einem Alter der Wände von 2 Wochen.....</i>	<i>9</i>
3.3.2 <i>Begutachtung Nr. 2 in einem Alter der Wände von 5 Wochen.....</i>	<i>10</i>
3.3.3 <i>Begutachtung Nr. 3 in einem Alter der Wände von 9 Wochen.....</i>	<i>12</i>
3.3.4 <i>Begutachtung Nr. 4 in einem Alter der Wände von 14 Wochen.....</i>	<i>14</i>
3.3.5 <i>Begutachtung Nr. 5 in einem Alter der Wände von 25 Wochen.....</i>	<i>15</i>
3.3.6 <i>Begutachtung Nr. 6 in einem Alter der Wände von 41 Wochen.....</i>	<i>17</i>
3.3.7 <i>Begutachtung Nr. 7 in einem Alter der Wände von 53 Wochen.....</i>	<i>19</i>
3.3.8 <i>Begutachtung Nr. 8 in einem Alter der Wände von 66 Wochen.....</i>	<i>20</i>
3.3.9 <i>Begutachtung Nr. 9 in einem Alter der Wände von 78 Wochen.....</i>	<i>22</i>
3.3.10 <i>Begutachtung Nr. 10 in einem Alter der Wände von 92 Wochen.....</i>	<i>23</i>
3.3.11 <i>Zusammenfassung der optischen Begutachtungen.....</i>	<i>24</i>
<b>4 Abgleich zwischen der Zielsetzung und den erzielten Ergebnissen. 27</b>	<b>27</b>
<b>5 Porenbetonmengen und Deponiekapazitäten .....</b>	<b>28</b>
<b>6 Ökologische und ökonomische Bewertung.....</b>	<b>32</b>
6.1 Werk trocken-Leichtmauermörtel .....	32
6.2 Mauersteine .....	34
6.2.1 <i>Mauerziegel.....</i>	<i>34</i>
6.2.2 <i>Kalksandsteine .....</i>	<i>35</i>
6.2.3 <i>Porenbeton.....</i>	<i>35</i>
6.2.4 <i>Recycling-Mauerstein aus PB-Rezyklaten.....</i>	<i>36</i>
<b>7 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse .....</b>	<b>39</b>
<b>8 Fazit und Ausblick.....</b>	<b>40</b>

## Anhangverzeichnis

<b>Anhang 1: Bilder 1. Begutachtung</b> .....	<b>A1</b>
Anhang 1.1: Begutachtung Nr. 1 (B1); Außenansicht Gebäude.....	A1
Anhang 1.2: B1; Risse Nr. 1 und 2.....	A1
Anhang 1.3: B1; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm.....	A2
Anhang 1.4: B1; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm.....	A2
Anhang 1.5: B1; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm.....	A3
<b>Anhang 2: Bilder 2. Begutachtung</b> .....	<b>A4</b>
Anhang 2.1: Begutachtung Nr. 2 (B2); Außenansicht Gebäude.....	A4
Anhang 2.2: B2; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 0,45 mm.....	A4
Anhang 2.3: B2; Riss Nr. 1.1 und 1.3; Rissweiten: 0,6 und 0,4 mm.....	A5
Anhang 2.4: B2; Übersicht Riss Nr. 2.....	A5
Anhang 2.5: B2; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,45 mm.....	A6
Anhang 2.6: B2; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm.....	A6
Anhang 2.7: B2; Riss Nr. 2.3; Rissweite: 0,05-0,1 mm.....	A7
Anhang 2.8: B2; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm.....	A7
Anhang 2.9: B2; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,1 mm.....	A8
Anhang 2.10: B2; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,25 mm.....	A8
Anhang 2.11: B2; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm.....	A9
Anhang 2.12: B2; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm.....	A9
Anhang 2.13: B2; Riss Nr. 5.1; Rissweite: 0,4 mm.....	A10
Anhang 2.14: B2; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,05-0,1 mm.....	A10
Anhang 2.15: B2; Riss Nr. 6.1; Rissweite: max. 0,35 mm.....	A11
Anhang 2.16: B2; Riss Nr. 6.2; Rissweite: max. 0,35 mm.....	A11
Anhang 2.17: B2; Riss Nr. 7.1; Rissweite: 0,15 mm.....	A12
Anhang 2.18: B2; Riss Nr. 7.2; Rissweite: 0,1 mm.....	A12
Anhang 2.19: B2; Riss Nr. 7.3; Rissweite: max. 0,35 mm.....	A13
Anhang 2.20: B2; Riss Nr. 7.4; Rissweite: 0,2 mm.....	A13
Anhang 2.21: B2; Übersicht Riss Nr. 8.....	A14
Anhang 2.22: B2; Riss Nr. 8; Rissweite: 0,15 mm.....	A14
<b>Anhang 3: Bilder 3. Begutachtung</b> .....	<b>A15</b>
Anhang 3.1: Begutachtung Nr. 3 (B3); Außenansicht Gebäude.....	A15
Anhang 3.2: B3; Riss Nr. 1.2 und 1.3; Rissweiten: 0,45 und 0,4 mm.....	A15
Anhang 3.3: B3; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 0,7 mm.....	A16
Anhang 3.4: B3; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,45 mm.....	A16
Anhang 3.5: B3; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm.....	A17
Anhang 3.6: B3; Riss Nr. 2.3; Rissweite: 0,05-0,1 mm.....	A17
Anhang 3.7: B3; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm.....	A18
Anhang 3.8: B3; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,1 mm.....	A18
Anhang 3.9: B3; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,25 mm.....	A19
Anhang 3.10: B3; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm.....	A19
Anhang 3.11: B3; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm.....	A20
Anhang 3.12: B3; Riss Nr. 5.1; Rissweite: 0,4 mm.....	A20
Anhang 3.13: B3; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,1 mm.....	A21
Anhang 3.14: B3; Riss Nr. 6.1; Rissweite: 0,4 mm.....	A21
Anhang 3.15: B3; Riss Nr. 6.2; Rissweite: 0,35 mm.....	A22
Anhang 3.16: B3; Riss Nr. 8; Rissweite: 0,05 mm.....	A22
Anhang 3.17: B3; Übersicht Riss Nr. 9.....	A23
Anhang 3.18: B3; Riss Nr. 9; Rissweite: 0,3 mm.....	A23

**Anhang 4: Bilder 4. Begutachtung..... A24**

Anhang 4.1: Begutachtung Nr. 4 (B4); Fertiger Fußboden (Estrich und Bodenbelag).....A24  
Anhang 4.2: B4; Abgehängte Decke im Flurbereich .....A24  
Anhang 4.3: B4; Übersicht Risse Nr. 1 und Nr. 2.....A25  
Anhang 4.4: B4; Übersicht Riss Nr. 1 .....A25  
Anhang 4.5: B4; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 0,8 mm .....A26  
Anhang 4.6: B4; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,45 mm .....A26  
Anhang 4.7: B4; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,25 mm .....A27  
Anhang 4.8: B4; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm .....A27  
Anhang 4.9: B4; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm .....A28  
Anhang 4.10: B4; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,4 mm.....A28  
Anhang 4.11: B4; Riss Nr. 9; Rissweite: 0,35 mm .....A29

**Anhang 5: Bilder 5. Begutachtung..... A30**

Anhang 5.1a: Begutachtung Nr. 5 (B5) Trennelement im Flur, Ansicht vom Eingang .....A30  
Anhang 5.2b: B5; Trennelement im Flur, Ansicht vom Sanitärraum.....A30  
Anhang 5.2: B5; Übersicht Riss Nr. 1 .....A30  
Anhang 5.3: B5; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,4 mm .....A31  
Anhang 5.4: B5; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2 mm .....A31  
Anhang 5.5: B5; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,5 mm .....A32  
Anhang 5.6: B5; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm .....A32  
Anhang 5.7: B5; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,15 mm .....A33  
Anhang 5.8: B5; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm .....A33  
Anhang 5.9: B5; Übersicht Riss Nr. 2.6 .....A34  
Anhang 5.10: B5; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,2 mm .....A34  
Anhang 5.11: B5; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm .....A35  
Anhang 5.12: B5; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm .....A35  
Anhang 5.13: B5; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm .....A36  
Anhang 5.14: B5; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,4 mm.....A36  
Anhang 5.15: B5; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,2 mm .....A37  
Anhang 5.16: B5; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm.....A37  
Anhang 5.17: B5; Übersicht Riss Nr. 10 .....A38  
Anhang 5.18: B5; Riss Nr. 10; Rissweite: max. 1,0 mm.....A38

**Anhang 6: Bilder 6. Begutachtung..... A39**

Anhang 6.1: Begutachtung Nr. 6 (B6); Übersicht Riss Nr. 1.....A39  
Anhang 6.2: B6; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,4-1,5 mm .....A39  
Anhang 6.3: B6; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2 mm .....A40  
Anhang 6.4: B6; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,6 mm .....A40  
Anhang 6.5: B6; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm .....A41  
Anhang 6.6: B6; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,15 mm .....A41  
Anhang 6.7: B6; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm .....A42  
Anhang 6.8: B6; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,25 mm .....A42  
Anhang 6.9: B6; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm .....A43  
Anhang 6.10: B6; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm .....A43  
Anhang 6.11: B6; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm .....A44  
Anhang 6.12: B6; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,6 mm.....A44  
Anhang 6.13: B6; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,2-0,3 mm .....A45  
Anhang 6.14: B6; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm.....A45  
Anhang 6.15: B6; Riss Nr. 10; Rissweite: zw. 2,0 und 2,5 mm .....A46  
Anhang 6.16: B6; Übersicht Riss Nr. 11.1 .....A46  
Anhang 6.17: B6; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm .....A47  
Anhang 6.18: B6; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,2 mm .....A47  
Anhang 6.19: B6; Riss Nr. 11.3; Rissweite: 0,05 mm .....A48  
Anhang 6.20: B6; Riss Nr. 11.4; Rissweite: 0,15-0,2 mm .....A48  
Anhang 6.21: B6; Übersicht Riss Nr. 12.1 .....A49

Anhang 6.22: B6; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,1 mm .....	A49
Anhang 6.23: B6; Übersicht Riss Nr. 12.2 .....	A50
Anhang 6.24: B6; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,05-0,1 mm .....	A50

## **Anhang 7: Bilder 7. Begutachtung..... A51**

Anhang 7.1: Begutachtung Nr. 7 (B7); Übersicht Riss Nr. 1.....	A51
Anhang 7.2: B7; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm .....	A51
Anhang 7.3: B7; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,4 mm .....	A52
Anhang 7.4: B7; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,6 mm .....	A52
Anhang 7.5: B7; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm .....	A53
Anhang 7.6: B7; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,15 mm .....	A53
Anhang 7.7: B7; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm .....	A54
Anhang 7.8: B7; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,3 mm .....	A54
Anhang 7.9: B7; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm .....	A55
Anhang 7.10: B7; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm .....	A55
Anhang 7.11: B7; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm .....	A56
Anhang 7.12: B7; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,7 mm.....	A56
Anhang 7.13: B7; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,35 mm .....	A57
Anhang 7.14: B7; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm.....	A57
Anhang 7.15: B7; Riss Nr. 10; Rissweite: 2,0 mm .....	A58
Anhang 7.16: B7; Übersicht Riss Nr. 11.1 .....	A58
Anhang 7.17: B7; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm .....	A59
Anhang 7.18: B7; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,2 mm .....	A59
Anhang 7.19: B7; Riss Nr. 11.3; Rissweite: 0,05 mm .....	A60
Anhang 7.20: B7; Riss Nr. 11.4; Rissweite: max. 0,2 mm.....	A60
Anhang 7.21: B7; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,05-0,1 mm .....	A61
Anhang 7.22: B7; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,05-0,1 mm .....	A61

## **Anhang 8: Bilder 8. Begutachtung..... A62**

Anhang 8.1: Begutachtung Nr. 8 (B8); Übersicht Riss Nr. 1.....	A62
Anhang 8.2: B8; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm .....	A62
Anhang 8.3: B8; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2 mm .....	A63
Anhang 8.4: B8; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,65 mm .....	A63
Anhang 8.5: B8; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm .....	A64
Anhang 8.6: B8; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,2 mm .....	A64
Anhang 8.7: B8; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm .....	A65
Anhang 8.8: B8; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,4 mm .....	A65
Anhang 8.9: B8; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm .....	A66
Anhang 8.10: B7; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm .....	A66
Anhang 8.11: B8; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm .....	A67
Anhang 8.12: B8; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,8 mm.....	A67
Anhang 8.13: B8; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,4 mm .....	A68
Anhang 8.14: B8; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm.....	A68
Anhang 8.15: B8; Riss Nr. 10; Rissweite: 2,0 mm .....	A69
Anhang 8.16: B8; Übersicht Riss Nr. 11.1 .....	A69
Anhang 8.17: B8; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm .....	A70
Anhang 8.18: B8; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,25 mm .....	A70
Anhang 8.19: B8; Riss Nr. 11.3; Rissweite: 0,05 mm .....	A71
Anhang 8.20: B8; Riss Nr. 11.4; Rissweite: max. 0,2 mm.....	A71
Anhang 8.21: B8; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,1 mm .....	A72
Anhang 8.22: B8; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,15 mm .....	A72

**Anhang 9: Bilder 9. Begutachtung..... A73**

Anhang 9.1: Begutachtung Nr. 9 (B9); Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm.....	A73
Anhang 9.2: B9; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2-1,3 mm .....	A73
Anhang 9.3: B9; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,75 mm .....	A74
Anhang 9.4: B9; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm .....	A74
Anhang 9.5: B9; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,5-0,6 mm .....	A75
Anhang 9.6: B9; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 1-1,2 mm.....	A75
Anhang 9.7: B9; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,5-0,6 mm .....	A76
Anhang 9.8: B9; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,45 mm.....	A76
Anhang 9.9: B9; Riss Nr. 10; Rissweite: 2,0-2,5 mm .....	A77
Anhang 9.10: B9; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm .....	A77
Anhang 9.11: B9; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,3 mm .....	A78
Anhang 9.12: B9; Riss Nr. 11.4; Rissweite: max. 0,3 mm.....	A78
Anhang 9.13: B9; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,15-0,2 mm .....	A79
Anhang 9.14: B9; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,2 mm .....	A79

**Anhang 10: Bilder 10. Begutachtung..... A80**

Anhang 10.1: Begutachtung Nr. 10 (B10); Übersicht Riss Nr. 1.....	A80
Anhang 10.2: B10; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm .....	A80
Anhang 10.3: B10; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2-1,3 mm .....	A81
Anhang 10.4: B10; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,75 mm .....	A81
Anhang 10.5: B10; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm .....	A82
Anhang 10.6: B10; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,4-0,6 mm .....	A82
Anhang 10.7: B10; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 1-1,2 mm.....	A83
Anhang 10.8: B10; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,5-0,6 mm .....	A83
Anhang 10.9: B10; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,45 mm.....	A84
Anhang 10.10: B10; Riss Nr. 10; Rissweite: max. 2,5 mm.....	A84
Anhang 10.11: B10; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm.....	A85
Anhang 10.12: B10; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,3 mm.....	A85
Anhang 10.13: B10; Riss Nr. 11.4; Rissweite: 0,2 mm.....	A86
Anhang 10.14: B10; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,15-0,2 mm.....	A86
Anhang 10.15: B10; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,1-0,2 mm .....	A87

**Anhang 11: Informationsschild und Broschüre..... A88**

Anhang 11.1: Informationsschild für das Sichtmauerwerk (dauerhaftes Exponat).....	A88
Anhang 11.2: Broschüre zum Vorhaben DBU 31711.....	A89
Anhang 11.3: Informationsschild und Broschüre im Eingangsbereich der RC-Station .....	A90

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Relativen Längenänderungen (manuelle Messungen) .....	6
Tabelle 2: Risse Begutachtung Nr. 1 (B1).....	9
Tabelle 3: Risse B2 .....	11
Tabelle 4: Risse B3 .....	13
Tabelle 5: Risse B4 .....	15
Tabelle 6: Risse B5 .....	16
Tabelle 7: Risse B6 .....	18
Tabelle 8: Risse B7 .....	19
Tabelle 9: Risse B8 .....	21
Tabelle 10: Risse B9 .....	22
Tabelle 11: Risse B10 .....	23
Tabelle 12: Entwicklung der Risse 1 und 2.....	25
Tabelle 13: Entwicklung der Risse 3 bis 5 und 9.....	26
Tabelle 14: Entwicklung der Risse 10 bis 12 .....	26
Tabelle 15: Beispielrezepturen für LM 36 mit Blähton sowie mit Porenbetonrezyklat.....	32
Tabelle 16: Vergleich Primärenergiebedarf und globales Erwärmungspotenzial.....	37

## **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Grundriss des Mitarbeitergebäudes im BV „Recycling-Station Borgfeld“ .....	2
Abb. 2: Längenänderungsmessung an geklebten Messmarken (hier: Messung V1).....	4
Abb. 3: Kontinuierliche Aufzeichnung mit Datenloggern .....	4

## **Diagrammverzeichnis**

Diagramm 1: Ergebnis der manuellen Längenänderungsmessungen.....	6
Diagramm 2: Messdaten vom Datenlogger vertikal .....	8
Diagramm 3: Messdaten vom Datenlogger horizontal .....	8

## Zusammenfassung

In mehreren Vorgängervorhaben wurden an der MPA Bremen Verwertungsstrategien für Porenbetonbruch, ein Abbruchmaterial, das aufgrund seiner physikalischen, chemischen und ökologischen Eigenschaften bislang vom restlichen Bauschutt aussortiert und deponiert werden muss, entwickelt. Im Labormaßstab wurden leichte Werk trockenmörtel und Wandbausteine hergestellt und deren Produktion auf vorhandenen industriellen Anlagen erfolgreich erprobt. Im 1. Teil des DBU-Projektes 31711 wurden diese Recyclingprodukte zur Errichtung von nicht tragenden Innenwänden im Bauvorhaben „Neubau Recycling-Station Borgfeld“ in Bremen erstmalig unter baupraktischen Bedingungen eingesetzt. Die RC-Materialien ließen sich wie herkömmliche Primär-Wandbaustoffe sehr gut und ohne zusätzlichen Aufwand verarbeiten.

Im vorliegenden 2. Teilprojekt wurden die errichteten Wände über einen Zeitraum von bis zu 125 Wochen begleitet. Im Betrachtungszeitraum wurden die Umgebungsbedingungen (Lufttemperatur und relative Luftfeuchte) sowie Längenänderungen in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung erfasst. Die Längenänderungen wurden anhand manueller Messungen zwischen geklebten Messmarken (Messlänge: 40 cm) ermittelt sowie mit Hilfe von Datenloggern kontinuierlich aufgezeichnet. Zudem erfolgten optische Begutachtungen der Wände in festgelegten Zeitabständen.

Anhand der manuellen Messungen wurden in vertikaler Richtung keine nennenswerten Längenänderungen ermittelt. Die relative Längenänderung in horizontaler Richtung betrug nach 125 Wochen jedoch  $-1,2 \text{ mm/m}$  (H1) bzw.  $-0,9 \text{ mm/m}$  (H2), wobei die größere Schwindverkürzung sich in der oberen (H1) der beiden Messstrecken einstellte.

Im Vergleich zu den manuellen Messungen handelte es sich bei den kontinuierlichen Messungen mit den Datenloggern um eine relativ geringe Messstrecke (1,8 cm bzw. 1,3 cm) im Bereich einer Lager- sowie einer Stoßfuge. Eine Vergleichbarkeit mit den manuellen Messungen ist daher nicht gegeben, da die Messstrecke ausschließlich Mörtelabschnitte enthält. Die Längenänderung in vertikaler Richtung betrug maximal  $-0,042 \text{ mm}$ . In horizontaler Richtung wurde eine maximale Längenänderung von  $-0,075 \text{ mm}$  verzeichnet.

Es wurden optische Begutachtungen bis zu einem Alter der Recyclingwände von 92 Wochen durchgeführt. Besonders stark ausgeprägte Risse mit horizontalem Verlauf im Grenzbereich zwischen dem Stein und dem Mörtel traten im oberen Teil der Recyclingwand auf. Die Risse weiteten sich auf bis zu 1,2 bzw. 1,6 mm. Es wurden aber auch vertikal verlaufende Risse mit geringeren Rissweiten von maximal 0,6 mm beobachtet.

Die tendenziell höhere Ausprägung der Risse hinsichtlich Häufigkeit wie auch der Rissweite im oberen Teil der Wand war aufgrund der o. g. Längenänderungsmessungen zu erwarten, jedoch für Vertikalrisse. Dass sich die Horizontalrisse besonders stark weiteten, ist vermutlich auf Verformungen der angrenzenden Stahlbetondecke zurückzuführen.

Auf der beidseitig verputzten Recyclingwand wurden keine Risse und sonstigen Auffälligkeiten beobachtet. Es stellte sich lediglich ein Abriss in der Putzschicht zwischen der Außenwand und der RC-Wand ein. Hierbei handelte es sich aber um einen konstruktionsbedingten Riss, welcher nicht auf Verformungen der Recyclingwand zurückzuführen ist.

Auf der verputzten Recyclingwand im Sozialraum aber auch auf den verputzten Kalksandsteinwänden wurden Risse vorgefunden. Da diese Stellen jedoch nur kurzzeitig zugänglich waren, konnten hier keine Langzeitdaten gesammelt werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden bereits mehrfach veröffentlicht. An dem Sichtmauerwerk der Recyclingstation (dauerhaftes Exponat) wurde ein Informationsschild angebracht. Zudem wurde eine Broschüre erstellt, die u. a. im Gebäude der RC-Station ausgehängt ist.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

## 1 Einleitung

Porenbeton wird aufgrund seiner hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften und seiner leichten Verarbeitbarkeit seit mehreren Jahrzehnten verstärkt im Hochbau eingesetzt. Mit einer der Lebensdauer entsprechenden Phasenverschiebung erscheint das Material im Bauschutt aus Rückbaumaßnahmen. Es stellt sich somit die Frage, wie mit diesem Material, das aufgrund seiner außerordentlich hohen Porosität eine relativ geringe Festigkeit und einen geringen Widerstand gegen Witterungseinflüsse aufweist, bezüglich Verwertung oder Entsorgung umzugehen ist. Derzeit wird der Rücklauf von Porenbeton im Bauschutt nicht explizit erfasst. Die anfallenden Mengen werden aussortiert und deponiert. Eine Deponierung der Porenbetonabbruchmassen ist aber teuer und Deponieraum nur begrenzt vorhanden.

Mineralische Abbruchmassen, zu denen auch Porenbeton zählt, werden hauptsächlich im Straßenbau eingesetzt. Hier wird ein Mindestmaß an Festigkeit und Frostwiderstand der Altbaustoffe gefordert, die Porenbeton jedoch nicht erfüllt.

Gegenwärtig wird sortenreiner Porenbetonbruch entweder in die Produktion zurückgeführt oder zu Granulat aufbereitet und für Wärmedämmschüttungen, Dachbegrünungen, als Ölbinder oder auch als Hygienestreu genutzt. Die Mengen, die auf diesem Weg verwertet werden, sind aber im Vergleich zu den derzeit anfallenden und insbesondere zu den zukünftig zu erwartenden Abbruchmassen sehr gering. Sie werden bereits durch den Produktionsausschuss der Porenbetonwerke mehr als gedeckt. Zudem beschränken sich die genannten Verwertungswege hauptsächlich auf die grobe Splittfraktion. Bei der Aufbereitung von Porenbeton fällt aber ein hoher Brechsandanteil an. Dieser beträgt selbst bei schonenden Aufbereitungsverfahren noch über 50 %.

Daher wurden an der MPA Bremen im Rahmen der Bearbeitung dreier IGF-Forschungsvorhaben [1, 2, 3] im Labormaßstab zwei bautechnische Verwertungswege insbesondere für die Feinanteile des Porenbetonschutts entwickelt, die ein Recycling des problematischen Abbruchmaterials auf sehr hohem Niveau ermöglichen. Beide Verwertungsmöglichkeiten verfolgten das Arbeitsziel, die Porenbetonbrechsande in eine Zementsteinmatrix einzubetten:

- Verwertungsweg 1: Herstellung von leichten Mauersteinen (IGF 14280 N)  
„Leichtstein“ [1]
- Verwertungsweg 2: Herstellung von leichten Mörteln (IGF 11764 N und IGF 13994 N)  
„PB-Mörtel I und II“ [2, 3]

Zur Umsetzung der Projektergebnisse der o. g. Forschungsvorhaben in die Baupraxis war es erforderlich, größere Mengen der entwickelten Recyclingprodukte fertigen zu können. Hierzu mussten die Ergebnisse aus den Laborversuchen auf industrielle Produktionsanlagen überführt werden. Dieses Ziel wurde im abgeschlossenen Vorhaben der Forschungsstelle mit dem Titel „Scale up des Porenbetonrecyclings“ [4] erreicht. Im Forschungsvorhaben DBU 31711-01 [5] wurden die Rezepturen weiter optimiert und eine Pilotcharge an Steinen und Mauermörteln, wobei der Gesteinskörnungsanteil vollständig aus Porenbetonrezyklaten bestand, auf den Anlagen von Berding Beton GmbH in Bremen sowie von Stebahr GmbH & Co. KG in Stuhr hergestellt und im Bauvorhaben „Neubau Recycling-Station Borgfeld“ in Bremen zur Errichtung von nicht tragenden Innenwänden verwendet. Für die Herstellung des Werk trocken-Mauermörtels wurde getrocknetes Porenbetonrezyklat der Körnung 0/2 mm und für die Produktion

der Mauersteine mit den Abmessungen von ca. 250 x 120 x 100 mm wurden Porenbetonrezyklate der Körnung 0/8 mm eingesetzt. Das Verhältnis von Zement zu Porenbetonrezyklat betrug 1:4,5 RT (Raumteile) beim Mörtel und 1:11 RT bei den Mauersteinen. Der Zementgehalt lag bei 270 kg/m<sup>3</sup> (Mörtel) bzw. 150 kg/m<sup>3</sup> (Stein). Der Mauermörtel wies nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von ca. 6 N/mm<sup>2</sup> auf bei einer Trockenrohdichte von 0,9 kg/dm<sup>3</sup>. Die Druckfestigkeit der Steine betrug nach 28 Tagen ca. 11 N/mm<sup>2</sup> bei einer Trockenrohdichte von knapp über 1 kg/dm<sup>3</sup>. Die Verarbeitung der Recyclingprodukte unterschied sich nicht von der Verarbeitung herkömmlicher Mauerwerksprodukte aus natürlichen Gesteinskörnungen.

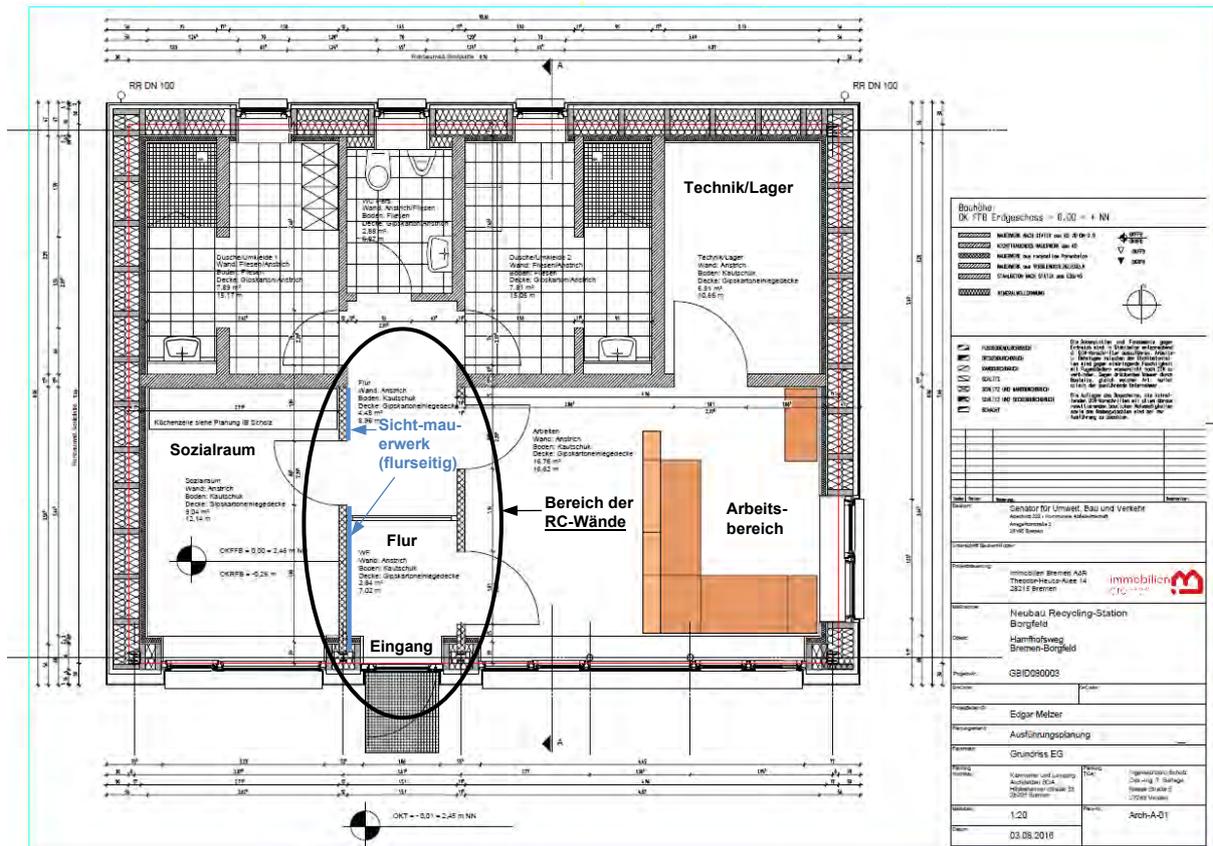


Abb. 1: Grundriss des Mitarbeitergebäudes im BV „Recycling-Station Borgfeld“

Im Bauvorhaben „Neubau Recyclingstation-Borgfeld“ wurde ein eingeschossiges Gebäude mit einer Grundfläche von ca. 80 m<sup>2</sup> erstellt. Das Gebäude beinhaltet einen Arbeitsraum, einen Sozialraum, ein Lager sowie Sanitärräume und Umkleiden für das Personal der Recyclingstation. Ein Großteil der Innenwände erfüllt eine tragende Funktion und besteht aus Kalksandsteinen. Die nicht tragenden Innenwände aus Recyclingprodukten mit einer Länge von jeweils 4 m befinden sich im Eingangsbereich des Gebäudes. Die Recyclingwände trennen den Flur vom Arbeitsbereich (rechts vom Eingang) und vom Sozialraum (links vom Eingang). Die Trennwand zum Arbeitsbereich wurde beidseitig mit einem Kalk-Zementmörtel verputzt und mit weißer Farbe gestrichen. Die Trennwand zum Sozialraum wurde flurseitig als Sichtmauerwerk belassen, die Rückseite der Wand wurde verputzt und gestrichen. Die Recyclingwand zum Arbeitsbereich enthält zwei Türöffnungen und die Wand zum Sozialraum eine Türöffnung.

Der Flurbereich ist durch eine Trennwand mit Glaselementen in zwei Abschnitte unterteilt. Die Recyclingwände wurden über die gesamte Raumhöhe von der Stahlbetonsohle bis zur Stahlbetondecke gemauert.

Das Ziel des vorliegenden Vorhabens DBU 31711-02 war es, die errichteten Recyclingwände über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr zu untersuchen und Auffälligkeiten wie z. B. Risse aufzuzeichnen, um die Umsetzbarkeit und die Verwendbarkeit des neuen RC-Wandsystems zu bewerten. Das neue Kreislaufmodell vom Abbruch von Gebäuden bestehend aus Porenbeton über die Aufbereitung der Porenbetonbruchs, der Charakterisierung der Rezyklate, die Herstellung von Mauerwerksprodukten aus Recyclingmaterial bis hin zur Verwendung in einem zweiten Lebenszyklus in einem neuen Gebäude sollte einer breiten Öffentlichkeit durch Vorträge, Veröffentlichungen, Informationsmaterial sowie Führungen zur Recyclingstation vorgestellt werden.

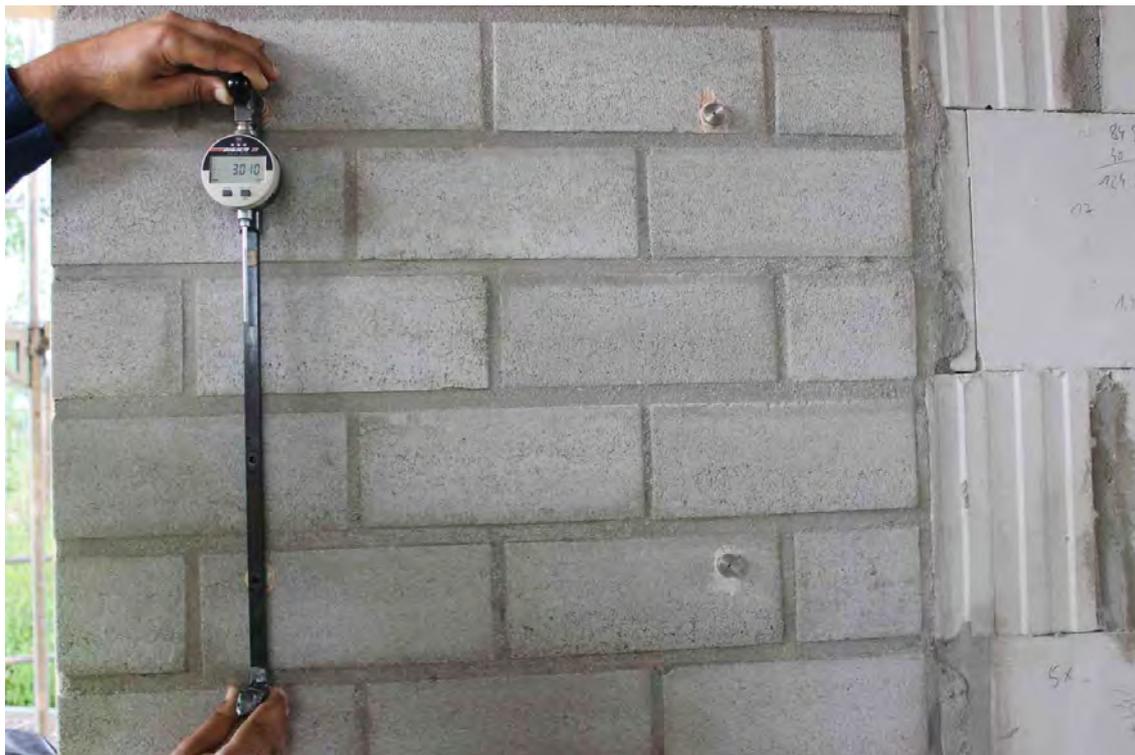
## **2 Monitoring**

### **2.1 Längenänderungsmessungen**

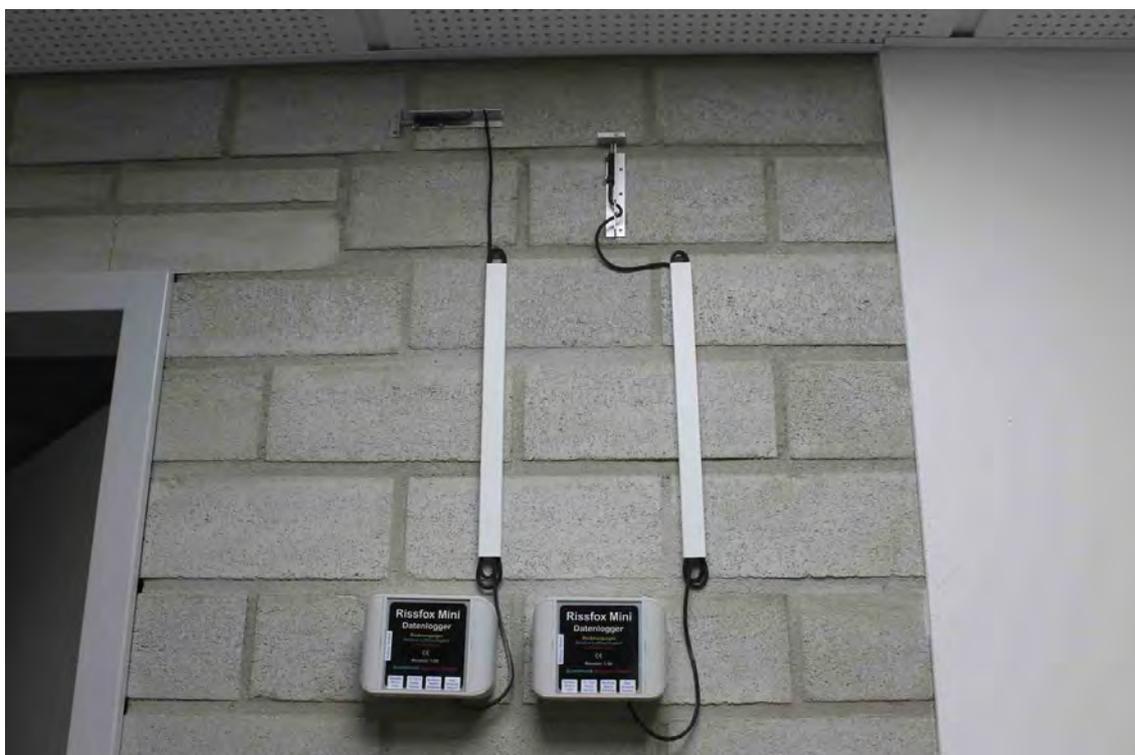
Eine Woche nach der Errichtung der Innenwände wurden vier Messmarken auf das Sichtmauerwerk neben der Türöffnung zum Sozialraum geklebt und die Ausgangsmessung zur Ermittlung der Längenänderungen über die Zeit durchgeführt. Die Messlänge zwischen den Messpunkten betrug ca. 40 cm. Nach der Ausgangsmessung wurden weitere Messungen in einem Alter der Wand von 9, 12, 14, 21 und 28 Tagen sowie 5, 9, 14, 25, 41, 53, 66, 78, 92 und 125 Wochen durchgeführt. Vor jeder Messung wurde die Messuhr auf einem Nullstab mit einem einer Messlänge von 40 cm tariert. Es wurde der Abstand vertikal zwischen der oberen linken und unteren linken Messmarke (V1, siehe Abb. 2) sowie zwischen der oberen rechten und unteren rechten Messmarke (V2) wie auch horizontal zwischen den oberen Messmarken (H1) sowie zwischen den unteren Messmarken (H2) ermittelt. Des Weiteren wurden die Temperatur sowie die relative Luftfeuchte zum Zeitpunkt der Messungen erfasst. Zwischen den Messmarken lagen in vertikaler Richtung vier Mörtelfugen sowie etwas mehr als drei Steinlagen und in horizontaler Richtung eine Mörtelfuge und etwas weniger als zwei Steinlängen.

### **2.2 Aufzeichnungen mit Datenloggern**

Oberhalb der im Abschnitt 2.1 beschriebenen Messmarken wurden zwei Datenlogger angebracht, welche die Temperatur, die relative Luftfeuchte sowie die Längenänderung kontinuierlich in einem Messintervall von einer Stunde aufzeichneten (siehe Abb. 3). Verwendet wurden Datenlogger der Firma Scantronik Mugrauer GmbH vom Typ „Rissfox Mini“. Mit den Messungen wurde eine Woche nach der Errichtung der Recyclingwände begonnen. Der Sensor für die Wegermittlung sowie der Sensoranschlag wurden über einer Stoßfuge (horizontal) und einer Lagerfuge (vertikal) angebracht. Vor Beginn der Messung wurden die Datenlogger für die Wegmessung tariert. Die Messdaten wurden in definierten Zeitabständen über die Software „SoftFOX 2.73“ ausgelesen und in eine Excel-Datei exportiert.



**Abb. 2:** Längenänderungsmessung an geklebten Messmarken (hier: Messung V1)



**Abb. 3:** Kontinuierliche Aufzeichnung mit Datenloggern

## 2.3 Optische Begutachtung

Zwei Wochen nach der Fertigstellung der Innenwände aus Porenbetonrecyclingprodukten wurde die erste optische Begutachtung der Wände vorgenommen. Weitere Begutachtungen wurden in einem Alter der Wände von 5, 9, 14, 25, 41, 53, 66, 78 und 92 Wochen durchgeführt. Es wurden Risse im Mauerwerk erfasst. Hierzu wurden die Lage des jeweiligen Risses, seine Verlaufsrichtung (horizontal/vertikal) sowie die Rissweite dokumentiert. Zudem wurden Bilder der Risse aufgenommen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Längenänderungsmessungen

Bis zu einem Alter der Recyclingwände von 35 Tagen war die Gebäudehülle noch nicht geschlossen. Die relative Luftfeuchte an der Messstelle lag in diesem Zeitraum zwischen 64 und 91 % und die Lufttemperatur zwischen 17,0 und 20,1 °C (Ausnahme: 53 % relative Luftfeuchte und 26,5 °C Lufttemperatur in einem Alter der Wände von 28 Tagen). Ab einem Alter der Wände von 63 Tagen war die Gebäudehülle vollständig geschlossen. Die relative Luftfeuchte lag ab diesem Messzeitpunkt zwischen 36 und 67 % (niedrige Luftfeuchten in den Heizperioden) und die Lufttemperatur zwischen 20,1 und 22,9 °C.

In vertikaler Richtung wurden keine nennenswerten Schwindverkürzungen festgestellt. In einem Alter der Wände von 877 Tagen betrug die relative Längenänderung -0,03 mm/m (V1) bzw. 0,01 mm/m (V2). Die maximale Schwindverkürzung betrug an der Stelle V1 -0,06 mm/m und an der Stelle V2 -0,14 mm/m. Zeitweise wurde auch eine positive relative Längenänderung (Quellen) verzeichnet. Hier lagen die Maxima bei 0,21 (V1) bzw. 0,25 mm/m in einem Alter der Wände von 177 Tagen.

In horizontaler Richtung traten deutlich höhere Längenänderungen auf. Die maximalen Schwindverkürzungen betragen ca. -1,2 mm/m (H1) und -0,9 mm/m (H2).

Während sich die Verformungskurven in vertikaler Richtung (V1 und V2) noch fast auf einem Niveau bewegten, war die horizontale Schwindverkürzung in der oberen Messstrecke (H1) um ca. 0,3 mm/m merklich höher als in der unteren Messstrecke (H2).

Im Anfangszeitraum war die Luftfeuchte noch relativ hoch und durch wechselnd trockene und niederschlagsreiche Tage stark schwankend. Mit der ersten Heizperiode sank die relative Luftfeuchte und es trat ein starkes Schwinden in horizontaler Richtung auf. Durch den Anstieg der Luftfeuchte in der nicht beheizten Periode verlangsamte sich das Schwinden und kam zum Stillstand. In der nächsten Heizperiode sank die relative Luftfeuchte wieder und das Schwinden setzte wieder ein, nur nicht mehr in dem Ausmaß wie noch in der ersten Heizperiode. In der letzten Phase kam das Schwinden zum Erliegen.

Die Ergebnisse der manuellen Längenänderungsmessungen sind in der nachfolgenden Tabelle 1 sowie im Diagramm 1 zu finden.

Tabelle 1: Relative Längenänderungen (manuelle Messungen)

Wandalter [d]	Rel. Längenänderung [mm/m]				Lufttemperatur [°C]	Relative Luftfeuchte [%]
	V1	V2	H1	H2		
7	0,00	0,00	0,00	0,00	19,8	91
9	-0,04	-0,10	-0,01	0,00	17,0	88
12	-0,04	-0,11	-0,04	-0,02	17,8	64
14	-0,02	-0,10	-0,02	0,00	18,0	72
21	-0,06	-0,14	-0,08	-0,07	18,3	81
28	0,05	-0,05	-0,16	-0,13	26,5	53
35	0,10	0,02	-0,16	-0,11	20,1	77
63	0,03	-0,02	-0,23	-0,12	20,3	67
97	0,04	0,00	-0,30	-0,19	20,1	65
177	0,21	0,25	-0,71	-0,58	20,6	37
287	0,02	0,12	-0,94	-0,74	21,9	47
372	0,00	0,07	-0,91	-0,69	22,9	50
463	0,00	0,07	-0,91	-0,69	22,9	50
547	-0,03	0,01	-1,19	-0,92	22,7	37
645	-0,05	-0,01	-1,22	-0,92	21,9	40
877	-0,03	0,01	-1,19	-0,89	20,9	36

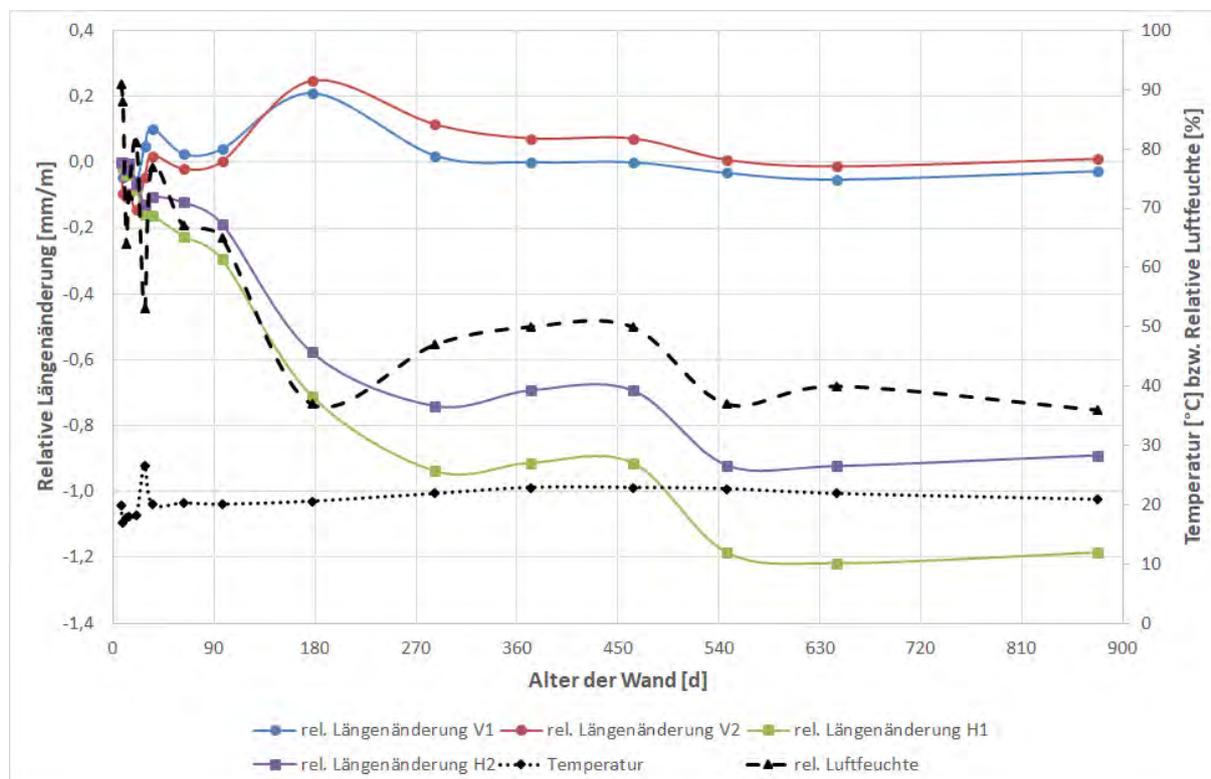


Diagramm 1: Ergebnis der manuellen Längenänderungsmessungen

### 3.2 Aufzeichnungen mit Datenloggern

Im Vergleich zu den im Kapitel 3.1 aufgeführten Messungen handelte es sich bei den Messungen mit den Datenloggern nicht um punktuelle sondern um kontinuierliche Messungen. Hierdurch ergab sich eine höhere Auflösung der Messdaten. Die Längenänderungsmessungen beschränkten sich aber auf eine sehr geringe Messstrecke im Bereich einer Lager- (vertikal) und einer Stoßfuge (horizontal). Die Längenänderung wurde in der Einheit Millimeter erfasst und in den Diagrammen 2 und 3 (schwarze Linie) dargestellt. Die rote Linie gibt die Lufttemperatur in Grad Celsius und die blaue Linie die relative Luftfeuchte in Prozent wieder.

Die relative Luftfeuchte war bis zu einem Wandalter von 100 Tagen mit im Mittel 78 % (Min. 49 % / Max. 93 %) zunächst hoch. Im Zeitraum zwischen 100 und 120 Tagen sank die Luftfeuchte auf im Mittel 70 % (Min. 54 % / Max. 81 %). Anschließend pendelte sich die relative Luftfeuchte zwischen ca. 20 und 65 % (im Mittel 43 %) ein.

Die Lufttemperatur betrug bis zu einem Alter der Wand von 56 Tagen im Mittel ca. 19 °C (Min. 12 °C / Max. 26 °C). Im Zeitraum zwischen 56 und 300 Tagen Wandalter betrug die Lufttemperatur im Mittel 21 °C (Min. 17 °C / Max. 27 °C). Im anschließenden Zeitraum lag die Lufttemperatur im Mittel bei ca. 24 °C (Min. 20 °C / Max. 32 °C).

Die Längenänderung vertikal lag bis zu einem Alter der Wand von 28 Tagen zwischen -0,015 und 0,015 mm. Anschließend erhöhte sich die Längenänderung innerhalb kurzer Zeit auf einen Wert von -0,042 mm. Im Zeitraum von 28 bis 56 Tage Wandalter lag die Längenänderung zwischen minimal -0,013 und maximal -0,042 mm. Ab einem Alter der Wand von 56 Tagen bis zu einem Wandalter von 120 Tagen konnte eine Tendenz in Richtung der Ausgangslänge beobachtet werden. In diesem Zeitraum wurde eine Längenänderung von -0,021 bis 0,000 mm verzeichnet. In der anschließenden Phase von 120 bis 290 Tage Wandalter erhöhte sich die Längenänderung in Folge der ersten Heizperiode (niedrige Luftfeuchte) wieder auf einen Maximalwert von -0,039 mm. In dem letzten Abschnitt von 290 bis 823 Tage Wandalter blieb die Längenänderung weitgehend stabil mit einer leicht steigenden Tendenz. In diesem Zeitraum lag die Längenänderung zwischen -0,031 bis -0,042 mm.

Die in horizontaler Richtung gemessene Längenänderung lag bis zu einem Alter der Wand von 56 Tagen zwischen 0,005 und -0,020 mm. Im Zeitraum zwischen 56 und 186 Tagen konnte eine Erhöhung der Längenänderung in positiver Richtung (Quellen) beobachtet werden. Die Längenänderung stieg bis auf einen Wert von 0,018 mm. Anschließend zeigte sich eine Umkehr in die negative Richtung (Schwinden) in Folge der ersten Heizperiode. Das Schwinden setzte sich aber weiter fort, obwohl die relative Luftfeuchte nach der Heizperiode wieder anstieg. Im Zeitraum von 186 bis 412 Tage Wandalter lag die Längenänderung zwischen 0,018 mm und -0,026 mm. Dem folgte ein plötzlicher Sprung auf -0,041 mm. Im letzten Zeitabschnitt von 412 bis 823 Tage Wandalter betrug die Längenänderung -0,026 bis -0,076 mm.

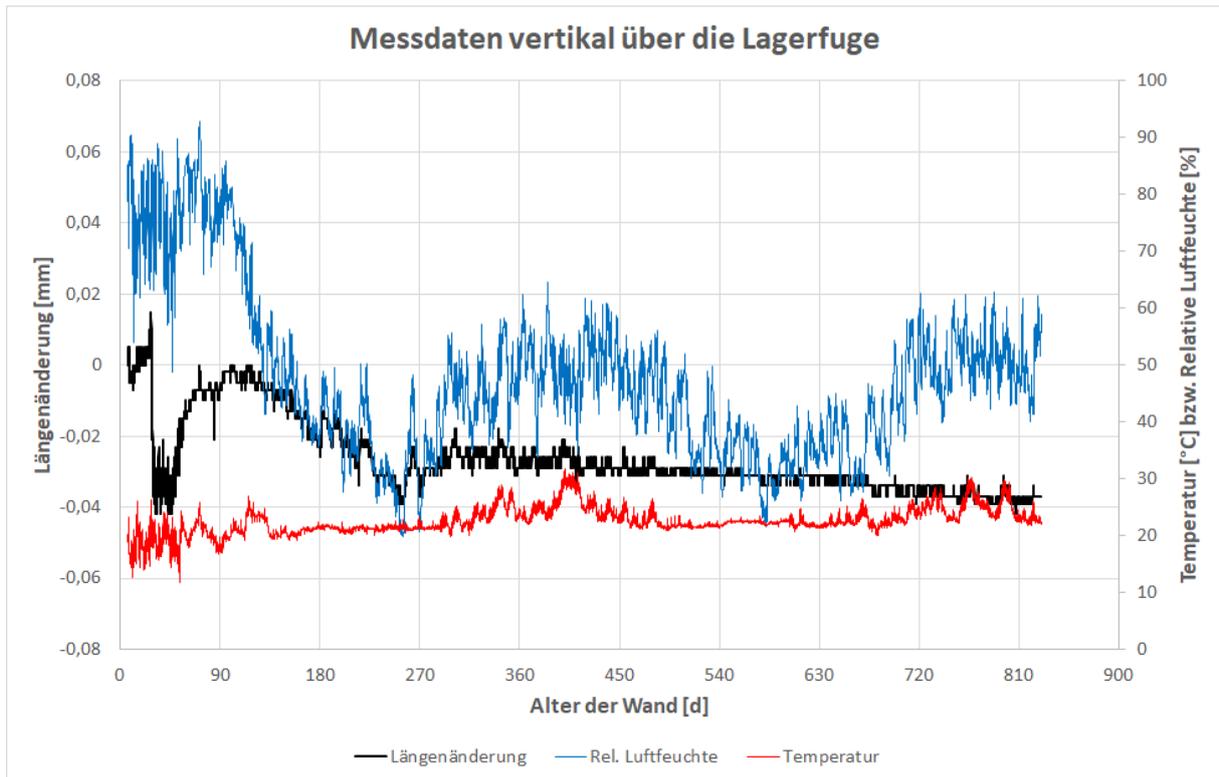


Diagramm 2: Messdaten vom Datenlogger vertikal

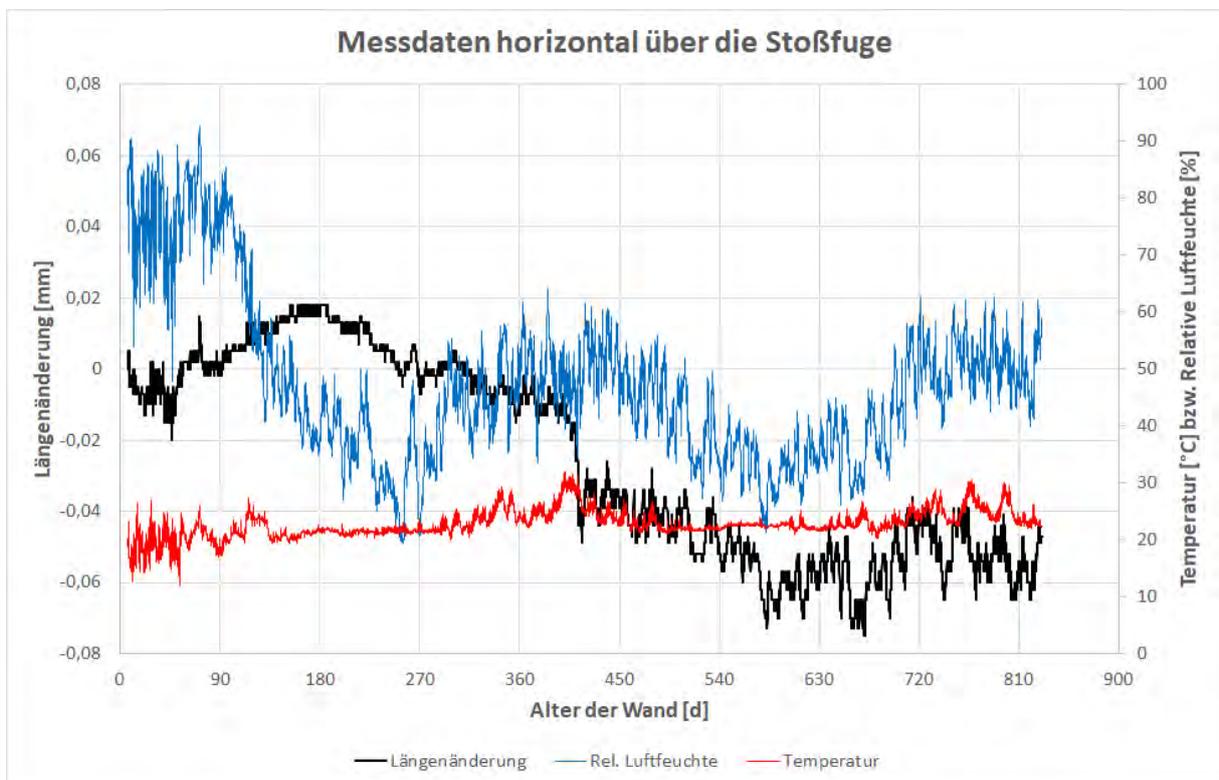


Diagramm 3: Messdaten vom Datenlogger horizontal

### 3.3 Optische Begutachtung

#### 3.3.1 Begutachtung Nr. 1 in einem Alter der Wände von 2 Wochen

Zum Zeitpunkt der ersten optischen Begutachtung in einem Alter der Wände von 2 Wochen war die Gebäudehülle noch nicht geschlossen. Anhang 1.1 zeigt den Gebäudezustand zum Zeitpunkt der Begutachtung Nr. 1 (B1).

An den Recyclingwänden konnten keine Risse beobachtet werden, die sich im Bereich der Stoßfugen befanden. Auch vertikal verlaufende Risse waren nicht ersichtlich. Es konnten aber horizontal verlaufende Risse erfasst werden. Diese befanden sich mit Ausnahme von Riss Nr. 4 zwischen der jeweiligen Steinunterseite und der Lagerfuge.

Tabelle 2 zeigt die bei der ersten optischen Begutachtung (B1) aufgenommenen Risse. Die zugehörigen Bilder sind im Anhang zu finden.

Riss Nr. 1 befand sich zwischen der Unterseite der 2. Steinreihe von oben (Stahlbetondecke) und der darunter befindlichen Lagerfuge. Die Rissweite betrug maximal ca. 0,4 mm.

Riss Nr. 2 lag zwischen der Unterseite der 2. Steinreihe von oben und der Lagerfuge der Steinreihe. Hier lag die Rissweite bei maximal ca. 0,3 mm. Beide Risse konnten bei der ersten Begutachtung noch nicht aus der Nähe untersucht werden.

Die Risse Nr. 3.1 und 3.2 befanden sich zwischen der Unterseite der 9. Steinreihe von unten (Abstand zur Oberkante der Stahlbetonsohle: 0,93 m) und der Lagerfuge dieser Steinreihe im Bereich zwischen dem Eingang und der Tür zum Sozialraum. Die Rissweite der Risse 3.1 und 3.2 wurde in einem Abstand zur Türöffnung von 0,34 m bzw. 1,05 m gemessen. Sie betrug 0,3 bzw. 0,4 mm.

Riss Nr. 4 befand sich zwischen der Oberseite der 8. Steinreihe von unten (Abstand zur Oberkante der Stahlbetonsohle: 0,91 m) und der darüber befindlichen Lagerfuge im Bereich zwischen der Tür zum Sozialraum und der Kalksandsteinwand. Die Weite von Riss Nr. 4 wurde in einem Abstand zur Türöffnung von 0,14 m ermittelt und lag bei 0,1 mm.

**Tabelle 2:** Risse Begutachtung Nr. 1 (B1)

Riss Nr.	Wand/Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
1*	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben (UK-Decke)	ca. 0,4	1.2
2*	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben (UK-Decke)	ca. 0,3	1.2
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Stb.-Sohle: 0,93 m	0,3	1.3
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Stb.-Sohle: 0,93 m	0,4	1.4
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,91 m	0,1	1.5

\* Diese Risse konnten bei der 1. Begutachtung nicht aus der Nähe untersucht werden  
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig)  
Anh.-Nr.: Anhang-Nummer

### 3.3.2 Begutachtung Nr. 2 in einem Alter der Wände von 5 Wochen

Auch zum Zeitpunkt der 2. Begutachtung in einem Alter der Recyclingwände von fünf Wochen war die Gebäudehülle noch nicht geschlossen. Jedoch wurde zwischen der 1. und der 2. Begutachtung auf das Recyclingmauerwerk rechts vom Eingang beidseitig und auf das Recyclingmauerwerk links vom Eingang auf der Wandseite im Sozialraum ein Kalkzementputz aufgebracht. Auch die Kalksandsteinwände wurden verputzt. Anhang 2.1 zeigt den Gebäudezustand zum Zeitpunkt der Begutachtung Nr. 2.

Im Gegensatz zur ersten Begutachtung waren nun auch Risse in den Stoßfugen vorzufinden. Die horizontal verlaufenden Risse gingen teilweise über die Stoßfugen hinweg. Auf den verputzten Wandflächen (Recycling- wie auch Kalksandsteinwände) wurden Risse vorgefunden. Lediglich die Recyclingwand zwischen dem Flur und dem Arbeitsraum wies beidseitig keine Risse auf.

Die maximale Rissweite von Riss Nr. 1 betrug 0,6 mm und wurde unterhalb vom 8. Stein (1/2 Länge; Messstelle 1.1) vom Gebäudeeingang aus gemessen. Die Risslänge betrug insgesamt ca. 1,7 m. Der Riss verlief vom 5. bis zum 11. Stein ab Gebäudeeingang. In Tabelle 3 sind die unterhalb der einzelnen Steine sowie in zwei Stoßfugen ermittelten Rissweiten aufgeführt. Anhang 2.2 zeigt den Riss Nr. 1 im Bereich zwischen dem 7. und dem 8. Stein (Messstelle 1.2) und Anhang 2.3 im Bereich zwischen dem 8. und 9. Stein (Messstellen 1.1 und 1.3).

Der maximale Rissweite von Riss Nr. 2 wurde in einem Abstand der Türöffnung zum Sozialraum von 0,58 m in Richtung der Außenwand ermittelt (Messstelle 2.1) und betrug 0,45 mm (siehe Anhang 2.5). Tabelle 2 enthält die Risslängen und Rissweiten von Riss Nr. 2 beginnend ab dem 1. Stein vom Gebäudeeingang aus betrachtet bis zum 7. Stein. Im Bereich zwischen dem 5. und 6. Stein (Messstelle 2.4; Anhang 2.8) sowie zwischen dem 6. und 7. Stein (Messstelle 2.5; Anhang 2.9) verlief dieser Horizontalriss über die Stoßfuge hinweg. Die Rissweiten im Bereich der Stoßfuge lagen bei 0,25 bzw. 0,1 mm. Am rechten Ende von Stein Nr. 3 konnte ein Vertikalriss mit einer Rissweite von maximal 0,1 mm zur darunter befindlichen Steinlage beobachtet werden (Messstelle 2.2; Anhang 2.6). In der Stoßfuge zwischen dem 4. und dem 5. Stein wurde ein leichter Diagonalriss ebenfalls mit einer Rissweite von maximal 0,1 mm (Messstelle 2.3; Anhang 2.7) ersichtlich.

Die Risse Nr. 3.1, 3.2 und 4 (Anhänge 2.10 bis 2.12) blieben im Vergleich zur 1. Begutachtung nahezu unverändert. Lediglich beim Riss Nr. 3.1 wurde anstelle von 0,3 mm eine Rissweite von 0,25 mm ermittelt.

Als neuer horizontaler Riss im Bereich des Sichtmauerwerks wurde Riss Nr. 5 (Anhang 2.13) zwischen der Stahlbetondecke und der obersten Fugenlage aufgenommen. Dieser Riss hatte seinen Anfang am Gebäudeeingang und wies eine Länge von ca. 1,3 m auf. Er verlief an seinem rechten Ende zwischen dem Stein Nr. 5 und Stein Nr. 6 vertikal über die Stoßfuge zur Unterseite der ersten Steinlage von oben (Riss Nr. 2). Die maximale Weite von Riss Nr. 5

betrug 0,4 mm (Messstelle 5.1; Anhang 2.13). Im Bereich der o. g. Stoßfuge betrug die Rissweite maximal 0,1 mm (Messstelle 5.2; Anhang 2.14).

Auf der Rückseite der Recyclingwand im Sozialraum, die inzwischen verputzt worden war, konnten ein Vertikalriss (Riss Nr. 6.1) oberhalb der Türöffnung sowie ein Horizontalriss nahe der Außenwand (Riss Nr. 6.2) mit einer maximalen Rissweite von jeweils 0,35 mm (Anhänge 2.15 und 2.16) beobachtet werden.

Aber auch auf den verputzten Kalksandsteinwänden im Sozialraum (Risse Nr. 7.1 bis 7.4) wie auch im Arbeitsraum (Riss Nr. 8) wurden Risse vorgefunden. Die maximale Rissweite der Risse 7.1 bis 7.4 lag zwischen 0,1 und 0,35 mm (Anhänge 2.17 bis 2.20). Die Rissweite von Riss Nr. 8 betrug 0,15 mm (Anhänge 2.21 und 2.22).

**Tabelle 3: Risse B2**

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.- Nr.
1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, Länge: 1,69 m (vom Gebäudeeingang aus 5. bis 11. Stein), max. Rissweite am 8. Stein, durchgehender Riss (geht über die Stoßfugen hinweg)	0,05-0,6	---
---			5. Stein (volle Steinlänge)	0,05-0,15	---
---			6. Stein (volle Steinlänge)	0,2-0,25	---
---			7. Stein (volle Steinlänge)	0,3-0,45	---
1.1			8. Stein (1/2 Stein, volle Steinlänge)	0,45-0,6	2.3
---			9. Stein (volle Steinlänge)	0,4-0,45	---
---			10. Stein (volle Steinlänge)	0,3-0,35	---
---			11. Stein (volle Steinlänge)	0,25-0,4	---
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	0,45	2.2
1.3			Stoßfuge zw. 8. und 9. Stein	0,4	2.3
2.1			RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben; maximale Rissweite gemessen in einem Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum von 0,58 m; folgende Steinnummerierung beginnend vom Gebäudeeingang aus gezählt:
---	1. Stein (Risslänge: 19,5 cm)	0,15			---
---	2. Stein (Risslänge: 13 cm)	0,15			---
2.2	horizontal/ vertikal	3. Stein (volle Steinlänge), am rechten Steinende Vertikalriss (Rissweite 0,1 mm) zur darunter liegenden Steinreihe		0,1	2.6
2.3	horizontal/ diagonal	4. Stein (volle Steinlänge), leichter Diagonalriss im Bereich der Stoßfuge zw. 4. und 5. Stein		0,05-0,1	2.7
2.4	horizontal	5. Stein (volle Steinlänge), verläuft über die Stoßfuge hinweg zum 6. Stein		0,25	2.8
2.5		6. Stein (volle Steinlänge), verläuft über die Stoßfuge hinweg zum 7. Stein		0,1	2.9
---		7. Stein (Risslänge: 12 cm)		0,2-0,35	---
---		Im weiteren Verlauf Risse vorhanden, diese gehen aber nicht über die Stoßfugen hinweg		max. 0,1-0,2	---

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Stb.-Sohle: 0,93 m	0,25	2.10
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Stb.-Sohle: 0,93 m	0,40	2.11
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,91 m	0,10	2.12
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage, Länge: ca. 1,25 m, Rissanfang am Gebäudeeingang	max. 0,4 mm	2.13
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zur darunter liegenden Steinreihe	0,05-0,1	2.14
6.1	RC/SR	vertikal	oberhalb der Türöffnung, Abstand zur Türöffnung: 0,50 m (Risslänge: 5,5 cm)	0,35	2.15
6.2	RC/SR	horizontal	nahe der Außenwand (Risslänge: 14,5 cm)	0,35	2.16
7.1	KS/SR	horizontal	Abstand zur RC-Wand: 0,99 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,58 m	0,15	2.17
7.2	KS/SR	diagonal	Abstand zur RC-Wand: 1,62 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,63 m	0,1	2.18
7.3	KS/SR	diagonal	Abstand zur RC-Wand: 2,22 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,85 m	0,35	2.19
7.4	KS/SR	vertikal	Abstand zur RC-Wand: 1,63 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 1,06 m	0,2	2.20
8	KS/AR	horizontal	oberhalb der Türöffnung zum Lagerraum in Richtung der Außenwand; Abstand zur Decke: 0,24 m, Risslänge: 1,7 m	0,15	2.21, 2.22
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig) RC/SR: Recyclingwand, Seite Sozialraum (verputzt) KS/SR: Kalksandsteinwand im Sozialraum KS/AR: Kalksandsteinwand im Arbeitsraum Anh.-Nr.: Anhang-Nummer					

### 3.3.3 Begutachtung Nr. 3 in einem Alter der Wände von 9 Wochen

Zum Zeitpunkt der dritten Begutachtung war die Gebäudehülle geschlossen, die Fassadenelemente jedoch noch nicht angebracht. Anhang 3.1 zeigt eine Außenansicht des Gebäudes zum Zeitpunkt der Begutachtung Nr. 3.

Die maximale Rissweite von Riss Nr. 1 lag an der Messstelle 1.1 bei 0,7 mm (Anhang 3.3). Im Bereich der Stoßfuge zwischen dem 7. und 8. Stein sowie dem 8. und 9. Stein wurden Rissweiten von 0,45 bzw. 0,4 mm ermittelt (Anhang 3.2).

Die maximale Rissweite von Riss Nr. 2 betrug an der Messstelle 2.1 weiterhin 0,45 mm (Anhang 3.4). Im Bereich der Stoßfugen zwischen den Steinen 5 und 6 (Messstelle 2.4) sowie 6 und 7 (Messstelle 2.5) lag die Rissweite immer noch bei 0,25 bzw. 0,1 mm (Anhang 3.7 und

3.8). Auch die Rissweiten des Vertikalrisses zwischen den Steinen 3 und 4 (Messstelle 2.2; Anhang 3.5) und des Diagonalrisses zwischen den Steinen 4 und 5 (Messstelle 2.3; Anhang 3.6) blieben im Vergleich zur 2. Begutachtung unverändert.

Im Vergleich zur vorherigen Begutachtung konnte keine Veränderung der Rissweiten von Riss Nr. 3.1 und Riss Nr. 3.2 (Anhänge 3.9 und 3.10) beobachtet werden.

Die Rissweite der Risse Nr. 4 (Anhang 3.11), 5.1 (Anhang 3.12) und 5.2 (Anhang 3.13) blieben ebenfalls unverändert.

Die Rissweite von Riss Nr. 6.1 erhöhte sich von 0,35 auf 0,4 mm (Anhang 3.14). Die Rissweite von Riss Nr. 6.2 verblieb bei 0,35 mm (Anhang 3.15).

Die Risse Nr. 7.1 bis 7.4 waren ab der Begutachtung Nr. 3 nicht mehr zugänglich.

Der Riss Nr. 8 (Anhang 3.16) war kaum noch sichtbar und wies eine Rissweite von lediglich 0,05 mm auf.

Im Vergleich zu den vorherigen Begutachtungen wurde ein neuer Horizontalriss (Riss Nr. 9) auf dem Sichtmauerwerk vorgefunden. Dieser Riss befand sich zwischen der Oberseite der zweiten Steinreihe von oben und der darüber befindlichen Lagerfuge (Anhang 3.17) im Bereich oberhalb der Türöffnung zum Sozialraum. Der Abstand der Messstelle zur Kalksandsteinwand betrug 0,77 m. Die Rissweite lag bei 0,3 mm (Anhänge 3.17 und 3.18).

**Tabelle 4: Risse B3**

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh..- Nr.
1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, Länge: 1,69 m (vom Gebäudeeingang aus 5. bis 11. Stein), max. Rissweite am 8. Stein, durchgehender Riss (geht über die Stoßfugen hinweg)	0,05-0,7	---
---			5. Stein (volle Steinlänge)	0,05-0,2	---
---			6. Stein (volle Steinlänge)	0,2-0,3	---
---			7. Stein (volle Steinlänge)	0,3-0,5	---
1.1			8. Stein (1/2 Stein, volle Steinlänge)	max. 0,7	3.3
---			9. Stein (volle Steinlänge)	0,4-0,5	---
---			10. Stein (volle Steinlänge)	0,3-0,4	---
---			11. Stein (volle Steinlänge)	0,25-0,55	---
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	0,45	3.2
1.3			Stoßfuge zw. 8. und 9. Stein	0,4	3.2
2			RC/SM	horizontal/ vertikal/ diagonal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben
2.1	horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m		0,45	3.4
2.2	vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe		0,1	3.5
2.3	diagonal	In der Stoßfuge zw. 4. und 5.		0,05-0,1	3.6
2.4	horizontal	Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein		0,25	3.7
2.5		Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein		0,1	3.8
3.1	RC/SM	horizontal		zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Stb.-Sohle: 0,93 m	0,25

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Stb.-Sohle: 0,93 m	0,40	3.10
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,91 m	0,10	3.11
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage, Länge: ca. 1,25 m, Rissanfang am Gebäudeeingang	max. 0,4 mm	3.12
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zur darunter liegenden Steinreihe	0,05-0,1	3.13
6.1	RC/SR	vertikal	oberhalb der Türöffnung, Abstand zur Türöffnung: 0,50 m (Risslänge: 5,5 cm)	0,4	3.14
6.2	RC/SR	horizontal	nahe der Außenwand (Risslänge: 14,5 cm)	0,35	3.15
7.1	KS/SR	horizontal	Abstand zur RC-Wand: 0,99 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,58 m	Wand nicht zugänglich	---
7.2	KS/SR	diagonal	Abstand zur RC-Wand: 1,62 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,63 m	Wand nicht zugänglich	---
7.3	KS/SR	diagonal	Abstand zur RC-Wand: 2,22 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 0,85 m	Wand nicht zugänglich	---
7.4	KS/SR	vertikal	Abstand zur RC-Wand: 1,63 m, Abstand zur OK-Stb.-Sohle: 1,06 m	Wand nicht zugänglich	---
8	KS/AR	horizontal	oberhalb der Türöffnung zum Lagerraum in Richtung der Außenwand; Abstand zur Decke: 0,24 m, Risslänge: 1,7 m	0,05	3.16
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,3	3.17, 3.18
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig) RC/SR: Recyclingwand, Seite Sozialraum (verputzt) KS/SR: Kalksandsteinwand im Sozialraum KS/AR: Kalksandsteinwand im Arbeitsraum Anh.-Nr.: Anhang-Nummer					

### 3.3.4 Begutachtung Nr. 4 in einem Alter der Wände von 14 Wochen

Zum Zeitpunkt der 4. Begutachtung waren der Fußbodenaufbau fertig gestellt, die Innentüren eingebaut, die Decke abgehängt und die verputzten Wände mit weißer Farbe gestrichen. Die Anhänge 4.1 und 4.2 zeigen den Fußboden und die Decke im Flurbereich zum Zeitpunkt der Begutachtung Nr. 4 in einem Alter der Wände von 14 Wochen.

Im Vergleich zur 3. Begutachtung hatte sich der Riss Nr. 1 an der Messstelle 1.1 um 0,1 mm auf insgesamt 0,8 mm geweitet (Anhänge 4.3 bis 4.5). Die Rissweite von Riss Nr. 2 an der Messstelle 2.1 verblieb bei maximal 0,45 mm (Anhang 4.6). Auch die Rissweiten der Risse 3.1, 3.2 und 4 blieben unverändert (Anhänge 4.7 bis 4.9). Während die Rissweite von Riss Nr. 5.1 weithin 0,4 mm betrug (Anhang 4.10), erhöhte sich die Weite des Risses Nr. 5.2 von 0,15 mm auf 0,2 mm.

Die Risse 6.1 und 6.2 sowie 7.1 bis 7.4 waren nicht mehr zugänglich. Riss Nr. 8 war nach dem Streichen der Wände nicht mehr sichtbar.

Die Rissweite von Riss Nr. 9 erhöhte sich von 0,3 auf 0,35 mm (Anhang 4.11).

**Tabelle 5: Risse B4**

Riss Nr.	Wand/Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 0,8	4.3, 4.4, 4.5
2.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben; maximale Rissweite gemessen in einem Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum von 0,58 m in Richtung Gebäudeeingang	max. 0,45	4.3, 4.6
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,25	4.7
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,40	4.8
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,65 m	0,10	4.9
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 0,4 mm	4.10
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,05-0,15	---
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,35	4.11
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig) Anh.-Nr.: Anhang-Nummer					

### 3.3.5 Begutachtung Nr. 5 in einem Alter der Wände von 25 Wochen

Im Zeitraum zwischen der vierten und fünften Begutachtung wurde der Flur durch ein Trennelement in zwei Bereiche aufgeteilt. Die Anhänge 5.1a und 5.1b zeigen den Flur mit eingebautem Trennelement zum Zeitpunkt der Begutachtung Nr. 5 in einem Alter der Recyclingwände von 25 Wochen.

Die Rissweite von Riss Nr. 1.1 hatte sich von 0,8 mm auf 1,4 mm (Anhang 5.3) erhöht. In der Stoßfuge zwischen dem 7. und 8. Stein (Riss Nr. 1.2) betrug die Rissweite 1,2 mm (Anhang 5.4).

Die Rissbreite von Riss Nr. 2 erhöhte sich im Vergleich zu den vorherigen Begutachtungen an der Messstelle 2.1 geringfügig von 0,45 auf 0,5 mm (Anhang 5.5). An den Messstellen 2.4 und

2.5 wurden Rissweiten von 0,2 bzw. 0,15 mm ermittelt (Anhänge 5.6 und 5.7). Die Weite von Riss Nr. 2.2 verblieb weiterhin bei 0,1 mm (Anhang 5.8). Es wurde ein neuer Vertikalriss sichtbar. Dieser verlief von der Unterseite von Stein Nr. 6 ab Gebäudeeingang vertikal runter zum Riss Nr. 1. Dieser Riss mit der Nr. 2.6 wies eine Rissweite von 0,2 mm auf (Anhänge 5.9 und 5.10).

Die Weite von Riss Nr. 3.1 betrug 0,3 mm (Anhang 5.11). Die Rissweite der Risse 3.2 und 4 blieb unverändert bei 0,4 und 0,1 mm (Anhang 5.12 und 5.13).

Die Weite von Riss Nr. 5.1 erhöhte sich von 0,4 mm auf 0,45 mm (Anhang 5.14). Riss Nr. 5.2 wies im Vergleich zur 4. Begutachtung anstelle von 0,15 mm eine Rissweite von maximal 0,2 mm auf (Anhang 5.15).

Die Rissweite von Riss Nr. 9 stieg um 0,05 mm auf einen Wert von 0,4 mm an (Anhang 5.16). Als neuer Vertikalriss wurde Riss Nr. 10 aufgenommen (Anhänge 5.17 und 5.18). Dieser Riss verlief über die volle Raumhöhe zwischen der verputzten Recyclingwand im Flurbereich rechts vom Eingang und der Außenwand. Die maximale Rissweite wurde in einem Abstand zum Fußboden von ca. 2 m gemessen und betrug 1,0 mm.

Tabelle 6: Risse B5

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.- Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 1,4	5.2, 5.3
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	1,2	5.4
2	RC/SM	horizontal/ vertikal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben	0,1-0,5	---
2.1		horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m	0,5	5.5
2.4			Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein	0,2	5.6
2.5			Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein	0,15	5.7
2.2		vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1	5.8
2.6			von der Unterseite 6. Stein über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlaufend	0,2	5.9, 5.10
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,3	5.11
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,4	5.12
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,65 m	0,1	5.13
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 0,45 mm	5.14

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1-0,2	5.15
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,4	5.16
10	RC-VF/A	vertikal	volle Raumhöhe, zw. Recycling- und Außenwand; max. Rissweite in einem Abstand zum Fußboden von 2,03 m	max. 1,0	5.17, 5.18
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig) RC-VF/A: Ecke Recyclingwand (verputzt, flurseitig) / Außenwand Anh.-Nr.: Anhang-Nummer					

### 3.3.6 Begutachtung Nr. 6 in einem Alter der Wände von 41 Wochen

In einem Alter der Recyclingwände von 41 Wochen wurde die sechste Begutachtung durchgeführt.

Die Rissweite von Riss Nr. 1.1 betrug maximal 1,4 bis 1,5 mm (Anhänge 6.1 und 6.2). Die Rissweite von Riss Nr. 1.2 blieb unverändert bei 1,2 mm (Anhang 6.3).

Die Weite von Riss Nr. 2.1 erhöhte sich im Vergleich zur fünften Begutachtung von 0,5 mm auf 0,6 mm (Anhang 6.4). Riss Nr. 2.4 weitete sich von 0,2 mm auf 0,25 mm (Anhang 6.5). Riss Nr. 2.5 verblieb bei einer Rissweite von 0,15 mm (Anhang 6.6) und Riss Nr. 2.2 bei einer Rissweite von 0,1 mm (Anhang 6.7). Anhang 6.8 zeigt, dass sich die Rissweite von Riss Nr. 2.6 von 0,2 mm auf 0,25 mm erhöhte.

Die Risse 3.1, 3.2 und 4 blieben im Vergleich zur fünften Begutachtung unverändert (Anhänge 6.9 bis 6.11).

Die Rissweite von Riss Nr. 5.1 erhöhte sich von 0,45 auf maximal 0,6 mm (Anhang 6.12). Die Rissweite von Riss Nr. 5.2 stieg von 0,2 auf 0,3 mm (Anhang 6.13).

Die Rissweite von Riss Nr. 9 blieb unverändert bei 0,4 mm (Anhang 6.14), während die Rissweite von Riss Nr. 10 von 1,0 mm auf einen Wert zwischen 2,0 mm und 2,5 mm anstieg (Anhang 6.15).

Als neue Risse wurden Vertikalrisse mit einem Beginn unterhalb der 2. Steinreihe von oben (Risse 11.1 bis 11.4) sowie einem Beginn unterhalb der 3. Steinreihe von oben (Risse 12.1 und 12.2) beobachtet. Riss Nr. 11.1 befand sich unterhalb vom 6. Stein, Riss Nr. 11.2 unterhalb vom 8. Stein, Riss Nr. 11.3 unterhalb vom 10. Stein und Riss Nr. 11.4 unterhalb vom 11. Stein vom Eingang aus beginnend gezählt. Riss Nr. 12.1 befand sich unter dem 6. Stein ab dem Eingang und Riss Nr. 12.2 unterhalb vom 5. Stein ab der KS-Wand beginnend gezählt. Die Rissweite der Risse 11.1 bis 11.4 lag zwischen 0,05 und 0,2 mm (Anhänge 6.16 bis 6.20), wobei die höchsten Rissweiten an den Rissen 11.2 und 11.4 ermittelt wurden. Die Rissweite der Risse 12.1 und 12.2 betrug 0,05 bis 0,1 mm (Anhänge 6.21 bis 5.24).

Tabelle 7: Risse B6

Riss Nr.	Wand/Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 1,4-1,5	6.1, 6.2
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	1,2	6.3
2	RC/SM	horizontal/ vertikal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben	0,1-0,6	---
2.1		horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m	0,6	6.4
2.4			Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein	0,25	6.5
2.5			Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein	0,15	6.6
2.2		vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1	6.7
2.6			von der Unterseite 6. Stein über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlaufend	0,25	6.8
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,3	6.9
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,4	6.10
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,65 m	0,1	6.11
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 0,6 mm	6.12
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,2-0,3	6.13
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,4	6.14
10	RC-VF/A	vertikal	volle Raumhöhe, zw. Recycling- und Außenwand; max. Rissweite in einem Abstand zum Fußboden von 2,03 m	2,0-2,5	6.15
11	RC/SM	vertikal	Unterseite 2. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
11.1			- 6. Stein ab Eingang	0,1	6.16, 6.17
11.2			- 8. Stein ab Eingang	0,2	6.18
11.3			- 10. Stein ab Eingang	0,05	6.19
11.4			- 11. Stein ab Eingang	0,15-0,2	6.20
12	RC/SM	vertikal	Unterseite 3. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
12.1			- 6. Stein ab Eingang	0,05-0,1	6.21, 6.22
12.2			- 5. Stein ab KS-Wand	0,05-0,1	6.23, 6.24

RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig)  
RC-VF/A: Ecke Recyclingwand (verputzt, flurseitig) / Außenwand  
Anh.-Nr.: Anhang-Nummer

## 3.3.7 Begutachtung Nr. 7 in einem Alter der Wände von 53 Wochen

Die siebte Begutachtung wurde in einem Alter der Recyclingwände von 53 Wochen durchgeführt.

Die Rissweite von Riss Nr. 1.1 erhöhte sich von 1,4 bis 1,5 mm auf einen Wert von 1,6 mm (Anhänge 7.1 und 7.2), während die Rissweite von Riss Nr. 1.2 weiterhin bei 1,2 mm verblieb (Anhang 7.3).

Die ermittelten Rissweiten der Risse 2.1, 2.4, 2.5 und 2.2 blieben im Vergleich zur sechsten Begutachtung unverändert (Anhänge 7.4 bis 7.7). Die Weite von Riss Nr. 2.6 erhöhte sich jedoch von 0,25 auf 0,3 mm (Anhang 7.8).

Eine Veränderung der Rissweite der Risse 3.1 und 3.2 sowie 4 wurde nicht verzeichnet (Anhänge 6.9 bis 6.11).

Die Rissweite von Riss Nr. 5.1 erhöhte sich im Vergleich zur vorherigen Begutachtung von 0,6 auf 0,7 mm. Die Weite von Riss Nr. 5.2 stieg von maximal 0,3 mm auf 0,35 mm an.

Die Rissweite von Riss Nr. 10 ging von 2,0-2,5 mm auf einen Wert von maximal 2,0 mm zurück. Die restlichen Risse (9, 11.1-11.4 und 12.1-12.2) blieben im Vergleich zur vorherigen Messung unverändert.

Tabelle 8: Risse B7

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.- Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 1,6	7.1, 7.2
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	1,2	7.3
2	RC/SM	horizontal/ vertikal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben	0,1-0,6	---
2.1		horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m	0,6	7.4
2.4			Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein	0,25	7.5
2.5			Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein	0,15	7.6
2.2		vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1	7.7
2.6			von der Unterseite 6. Stein über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlaufend	0,3	7.8
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,3	7.9
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,4	7.10
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,65 m	0,1	7.11

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 0,7 mm	7.12
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,3-0,35	7.13
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,4	7.14
10	RC-VF/A	vertikal	volle Raumhöhe, zw. Recycling- und Außenwand; max. Rissweite in einem Abstand zum Fußboden von 2,03 m	2,0	7.15
11	RC/SM	vertikal	Unterseite 2. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
11.1			- 6. Stein ab Eingang	0,1	7.16, 7.17
11.2			- 8. Stein ab Eingang	0,2	7.18
11.3			- 10. Stein ab Eingang	0,05	7.19
11.4			- 11. Stein ab Eingang	0,15-0,2	7.20
12	RC/SM	vertikal	Unterseite 3. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
12.1			- 6. Stein ab Eingang	0,05-0,1	7.21
12.2			- 5. Stein ab KS-Wand	0,05-0,1	7.22

RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig)  
RC-VF/A: Ecke Recyclingwand (verputzt, flurseitig) / Außenwand  
Anh.-Nr.: Anhang-Nummer

### 3.3.8 Begutachtung Nr. 8 in einem Alter der Wände von 66 Wochen

In einem Alter der Recyclingwände von 66 Wochen wurde die 8. Begutachtung durchgeführt.

Die Risse 1.1 und 1.2 blieben im Vergleich zur 7. Begutachtung unverändert (Anhänge 8.1 bis 8.3).

Die Rissweite von Riss Nr. 2.1 erhöhte sich um 0,05 mm auf 0,65 mm (Anhang 8.4). Die Risse 2.4 und 2.5 wiesen eine Rissweite von jeweils 0,2 mm auf (Anhänge 8.5 und 8.6). Die Rissweite von Riss Nr. 2.2 betrug weiterhin 0,1 mm (Anhang 8.7). Die Weite von Riss Nr. 2.6 erhöhte sich von 0,3 mm auf 0,4 mm (Anhang 8.8).

Die Risse 3.1, 3.2 und 4 blieben im Vergleich zur vorherigen Begutachtung unverändert (Anhänge 8.9 bis 8.11).

Der Riss Nr. 5.1 weitete sich von 0,7 mm auf 1,2 mm (Anhang 8.12) und der Riss Nr. 5.2 von 0,35 mm auf maximal 0,6 mm (Anhang 8.13).

Die Rissweite von Riss Nr. 9 änderte sich nicht und betrug weiterhin 0,4 mm (Anhang 8.14).

Der Riss Nr. 10 wies wieder eine Rissweite zwischen 2,0 und 2,5 mm auf (Anhang 8.15).

Die Risse 11.1, 11.3 und 11.4 blieben unverändert (Anhänge 8.16, 8.17, 8.19 und 8.20), während sich die Weite des Risses 11.2 von 0,2 mm auf 0,25 mm erhöhte (Anhang 8.18).

Eine Veränderung der Rissweite von Riss Nr. 12.1 trat nicht ein (Anhang 8.21). Die Rissweite von Riss Nr. 12.2 erhöhte sich jedoch von 0,1 mm auf 0,15 mm (Anhang 8.22).

Tabelle 9: Risse B8

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 1,6	8.1, 8.2
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	1,2	8.3
2	RC/SM	horizontal/ vertikal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben	0,1-0,65	---
2.1		horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m	0,65	8.4
2.4			Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein	0,2	8.5
2.5			Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein	0,2	8.6
2.2		vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1	8.7
2.6			von der Unterseite 6. Stein über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlaufend	0,4	8.8
3.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,34 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,3	8.9
3.2	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 9. Steinreihe von unten, Messpunkt 1,05 m links der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,67 m	0,4	8.10
4	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 8. Steinreihe von unten, Messpunkt 0,14 m rechts der Türöffnung zum Sozialraum, Abstand zur OK Bodenbelag: 0,65 m	0,1	8.11
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 1,2 mm	8.12
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,5-0,6	8.13
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,4	8.14
10	RC-VF/A	vertikal	volle Raumhöhe, zw. Recycling- und Außenwand; max. Rissweite in einem Abstand zum Fußboden von 2,03 m	2,0-2,5	8.15
11	RC/SM	vertikal	Unterseite 2. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
11.1			- 6. Stein ab Eingang	0,1	8.16, 8.17
11.2			- 8. Stein ab Eingang	0,25	8.18
11.3			- 10. Stein ab Eingang	0,05	8.19
11.4			- 11. Stein ab Eingang	0,2	8.20
12	RC/SM	vertikal	Unterseite 3. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
12.1			- 6. Stein ab Eingang	0,1	8.21
12.2			- 5. Stein ab KS-Wand	0,15	8.22

RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig)  
RC-VF/A: Ecke Recyclingwand (verputzt, flurseitig) / Außenwand  
Anh.-Nr.: Anhang-Nummer

## 3.3.9 Begutachtung Nr. 9 in einem Alter der Wände von 78 Wochen

Zum Zeitpunkt der neunten Begutachtung waren die Recyclingwände 78 Wochen alt.

Die Rissweite von Riss Nr. 1.1 betrug weiterhin maximal 1,6 mm (Anhang 9.1). In der Stoßfuge zwischen dem 7. und 8. Stein (Riss Nr. 1.2) wurde eine leichte Erhöhung der Rissweite von 1,2 mm auf 1,3 mm festgestellt (Anhang 9.2).

Die Rissweite von Riss Nr. 2.1 erhöhte sich im Vergleich zur vorherigen Begutachtung von 0,65 mm auf 0,75 mm (Anhang 9.3). Während die Risse 2.4, 2.5 und 2.2 unverändert blieben, stieg die Rissweite von Riss Nr. 2.6 von 0,4 mm auf bis zu 0,6 mm (Anhang 9.5).

Die Rissweite der Risse 3.1 und 3.2 sowie 4 wurde nicht mehr aufgenommen, da die vorherigen Begutachtungen gezeigt hatten, dass hier keine Veränderungen zu erwarten sind.

Die Rissweite der Risse 5.1 und 5.2 blieb im Vergleich zur achten Begutachtung unverändert (Anhänge 9.6 und 9.7).

Die Rissweite von Riss Nr. 9 erhöhte sich von 0,4 mm auf 0,45 mm (Anhang 9.8).

Eine Änderung der Rissweite von Riss Nr. 10 wurde nicht verzeichnet (Anhang 9.9).

Während die Rissweiten der Risse 11.1 und 11.3 unverändert bei 0,1 und 0,05 mm blieben, weiteten sich die Risse 11.2 und 11.4 von 0,25 mm bzw. 0,2 mm auf jeweils 0,3 mm (Anhänge 9.10 bis 9.12).

Die Rissweiten der Risse 12.1 und 12.2 stiegen von 0,1 bzw. 0,15 mm auf jeweils 0,2 mm (Anhänge 9.13 und 9.14).

Tabelle 10: Risse B9

Riss Nr.	Wand/Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 1,6	9.1
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	1,2-1,3	9.2
2	RC/SM	horizontal/vertikal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben	0,1-0,75	---
2.1		horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m	0,75	9.3
2.4			Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein	0,2	9.4
2.5			Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein	0,2	---
2.2		vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1	---
2.6			von der Unterseite 6. Stein über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlaufend	0,5-0,6	9.5
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 1,0-1,2 mm	9.6
5.2		horizontal/vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,5-0,6	9.7
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,45	9.8

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.- Nr.
10	RC-VF/A	vertikal	volle Raumhöhe, zw. Recycling- und Außenwand; max. Rissweite in einem Abstand zum Fußboden von 2,03 m	2,0-2,5	9.9
11	RC/SM	vertikal	Unterseite 2. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
11.1			- 6. Stein ab Eingang (11.1)	0,1	9.10
11.2			- 8. Stein ab Eingang (11.2)	0,3	9.11
11.3			- 10. Stein ab Eingang (11.3)	0,05	---
11.4			- 11. Stein ab Eingang (11.4)	0,3	9.12
12	RC/SM	vertikal	Unterseite 3. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
12.1			- 6. Stein ab Eingang (12.1)	0,15-0,2	9.13
12.2			- 5. Stein ab KS-Wand (12.2)	0,2	9.14
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig) RC-VF/A: Ecke Recyclingwand (verputzt, flurseitig) / Außenwand Anh.-Nr.: Anhang-Nummer					

### 3.3.10 Begutachtung Nr. 10 in einem Alter der Wände von 92 Wochen

Die letzte Begutachtung der Recyclingwände wurde in einem Wandalter von 92 Wochen durchgeführt.

Die Rissweiten aller Risse blieben im Vergleich zur neunten Begutachtung unverändert (Anhänge 10.1 bis 10.15).

Tabelle 11: Risse B10

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.- Nr.
1.1	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Unterseite 2. Steinreihe von oben, max. Rissweite am 8. Stein vom Gebäudeeingang aus beginnend gezählt	max. 1,6	10.1, 10.2
1.2			Stoßfuge zw. 7. und 8. Stein	1,2-1,3	10.3
2	RC/SM	horizontal/ vertikal	zw. Lagerfuge und Unterseite 1. Steinreihe von oben	0,1-0,75	---
2.1		horizontal	Abstand zur Türöffnung zum Sozialraum: 0,58 m	0,75	10.4
2.4			Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein	0,2	10.5
2.5			Stoßfuge zw. 6. und 7. Stein	0,2	---
2.2		vertikal	In der Stoßfuge zw. 3. und 4. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,1	---
2.6			von der Unterseite 6. Stein über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlaufend	0,4-0,6	10.6
5.1	RC/SM	horizontal	Fugenmörtel zw. Decke und oberster Steinlage	max. 1,0-1,2 mm	10.7
5.2		horizontal/ vertikal	verläuft am rechten Ende über die Stoßfuge zw. 5. und 6. Stein zur darunter liegenden Steinreihe	0,5-0,6	10.8
9	RC/SM	horizontal	zw. Lagerfuge und Oberseite 2. Steinreihe von oben; Messpunkt in einem Abstand zur KS-Wand von 0,77 m	0,45	10.9

Riss Nr.	Wand/ Seite	Ausrichtung	Lage	Rissweite [mm]	Anh.-Nr.
10	RC-VF/A	vertikal	volle Raumhöhe, zw. Recycling- und Außenwand; max. Rissweite in einem Abstand zum Fußboden von 2,03 m	max. 2,5	10.10
11	RC/SM	vertikal	Unterseite 2. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
11.1			- 6. Stein ab Eingang (11.1)	0,1	10.11
11.2			- 8. Stein ab Eingang (11.2)	0,2-0,3	10.12
11.3			- 10. Stein ab Eingang (11.3)	0,05	---
11.4			- 11. Stein ab Eingang (11.4)	0,2-0,3	10.13
12	RC/SM	vertikal	Unterseite 3. Steinreihe von oben über die Stoßfuge nach unten:	---	---
12.1			- 6. Stein ab Eingang (12.1)	0,15-0,2	10.14
12.2			- 5. Stein ab KS-Wand (12.2)	0,1-0,2	10.15
RC/SM: Recyclingwand, Seite Sichtmauerwerk (flurseitig) RC-VF/A: Ecke Recyclingwand (verputzt, flurseitig) / Außenwand Anh.-Nr.: Anhang-Nummer					

### 3.3.11 Zusammenfassung der optischen Begutachtungen

In den Kapiteln 3.3.1 bis 3.3.10 wurden die aufgenommenen Risse zum Zeitpunkt der jeweiligen Begutachtung beschrieben. Zugehörige Bilder sind in den Tabellen 2 bis 11 angegeben und sind im Anhang zu finden. In den folgenden Tabellen 12 bis 14 sind die einzelnen Risse und die Entwicklung ihrer Rissweite von der 1. bis zur 10. Begutachtung übersichtlich dargestellt. Aufgeführt sind die Riss-Nummern und die Ausrichtung der Risse (horizontal bzw. vertikal). Informationen zur genauen Lage der Risse sind nicht enthalten und können den Tabellen 2 bis 11 entnommen werden.

Nicht enthalten in den Übersichtstabellen 12 bis 14 sind die Risse 1.3, 2.3, 6.1, 6.2, 7.1 bis 7.4 und 8, da für diese Risse nur eine geringe Datenbasis vorliegt. Informationen zum Riss Nr. 1.3 wurden nur an zwei Begutachtungstagen (B2 und B3) gesammelt. Anschließend wurde darauf verzichtet, da mit Riss Nr. 1.2 bereits ein Horizontalriss im Bereich einer Stoßfuge vorlag, der über den vollen Zeitraum des Monitorings betrachtet wurde. Auch zum Riss Nr. 2.3. wurden nur an zwei Tagen Daten gesammelt (B2 und B3). Eine Fortführung der Betrachtung dieses feinen Risses entfiel, da mit Riss Nr. 2.2 ein ähnlicher Riss mit vertikaler Ausrichtung in einer Stoßfuge vorlag und über den gesamten Zeitraum des Monitorings beobachtet wurde. Die Risse 6.1, 6.2 und 7.1 bis 7.4 befanden sich an Stellen, die nur zeitweise zugänglich waren. Eine Begutachtung über den gesamten Betrachtungszeitraum konnte daher nicht gewährleistet werden. Der Riss Nr. 8 war zwar zugänglich, aber nach dem Streichen der Wände nicht mehr sichtbar.

Zum Zeitpunkt der ersten Begutachtung in einem Alter der Recyclingwände von zwei Wochen wurden zunächst nur horizontal verlaufende Risse (Risse 1, 2, 3.1, 3.2 und 4) vorgefunden. In den Stoßfugen lagen zu diesem Zeitpunkt noch keine Risse vor. Während die Risse Nr. 1, 2, 3.1 und 3.2 sich zwischen der Steinunterseite und der Mörtelfuge befanden, lag Riss Nr. 4 zwischen der Steinoberseite und der Mörtelfuge. Die folgenden Begutachtungen zeigten, dass sich die Rissweite der Risse 3.1, 3.2 und 4, nicht veränderte, während die Rissweite der Risse

1 und 2 sich im Betrachtungszeitraum maximal (Stellen 1.1 und 2.1) von 0,4 mm bzw. 0,3 mm auf bis zu 1,6 mm bzw. 0,75 mm erhöhte. Die Risse 3.1, 3.2 und 4 befanden sich in einem Abstand zur Oberkante der Stahlbetonsohle von knapp über 90 cm, d. h. im unteren Bereich der Recyclingwand auf der Sichtmauerfläche. Zudem handelte es sich im Vergleich zu den Rissen Nr. 1 und 2 um kurze Risse, die nicht über die Steinlänge hinaus verliefen. Bei den Rissen Nr. 1 und 2 handelte es sich um vergleichsweise lange Risse, die ab der zweiten Begutachtung auch über die Stoßfugen hinweg verliefen. Diese Risse befanden sich nahe der Stahlbetondecke unterhalb der 2. bzw. 1. Steinreihe von oben.

Ab der zweiten Begutachtung in einem Alter der Recyclingwände von fünf Wochen wurden nicht nur horizontal verlaufende Risse über die Stoßfugen hinweg beobachtet (Risse 1.2, 2.4 und 2.5), auch traten in den Stoßfugen vertikal verlaufende Risse auf (Risse 2.2 und 5.2). Zudem wurde ein horizontal verlaufender Riss zwischen der Stahlbetondecke und der obersten Mörtelfuge (Riss Nr. 5.1) ersichtlich. Dieser Riss weitete sich im Betrachtungszeitraum von 0,4 mm auf bis zu 1,2 mm und hatte seinen Beginn an der Außenwand (Gebäudeeingang). An seinem rechten Ende in der Stoßfuge zwischen dem 5. und 6. Stein ab dem Gebäudeeingang verlief dieser Riss runter zum Riss Nr. 2 unterhalb der 1. Steinlage von oben. Dieser Riss, bezeichnet als 5.2, weitete sich von anfänglich 0,1 mm auf bis zu 0,6 mm. Der Riss 2.2 blieb über den gesamten Betrachtungszeitraum unverändert bei einer Rissweite von 0,1 mm. Die Rissweite des Horizontalrisses, gemessen im Bereich der Stoßfugen zwischen dem 7. und 8. Stein der zweiten Steinreihe von oben (Riss Nr. 1.2), erhöhte sich von 0,45 mm auf bis zu 1,3 mm. Die Rissweite der Horizontalrisse, gemessen zwischen dem 5. und 6. Stein der ersten Steinreihe von oben (Riss Nr. 2.4) und zwischen dem 6. und 7. Stein der ersten Steinreihe von oben (Riss Nr. 2.5), veränderten sich im Betrachtungszeitraum nur unwesentlich von 0,25 mm bzw. 0,1 mm auf jeweils 0,2 mm.

Ab der fünften Begutachtung wurde der Vertikalriss Nr. 2.6 beginnend von der Unterseite des 6. Steins der 1. Steinreihe unterhalb der Decke ersichtlich, welcher über die Stoßfuge der 2. Steinreihe von oben zum Riss Nr. 1 verlief. Die Rissweite dieses Risses erhöhte sich von 0,2 mm auf bis zu 0,6 mm zum Zeitpunkt der zehnten Begutachtung.

**Tabelle 12:** Entwicklung der Risse 1 und 2

Begutachtung Nr.	Riss-Nr. (Ausrichtung) / max. Rissweite [mm]						
	1.1 (H)	1.2 (H)	2.1 (H)	2.2 (V)	2.4 (H)	2.5 (H)	2.6 (V)
B1 (2 Wo.)	ca. 0,4	---	ca. 0,3	---	---	---	---
B2 (5 Wo.)	0,6	0,45	0,45	0,1	0,25	0,1	---
B3 (9 Wo.)	0,7	0,45	0,45	0,1	0,25	0,1	---
B4 (14 Wo.)	0,8	n.b.	0,45	n.b.	n.b.	n.b.	---
B5 (25 Wo.)	1,4	1,2	0,5	0,1	0,2	0,15	0,2
B6 (41 Wo.)	1,5	1,2	0,6	0,1	0,25	0,15	0,25
B7 (53 Wo.)	1,6	1,2	0,6	0,1	0,25	0,15	0,3
B8 (66 Wo.)	1,6	1,2	0,65	0,1	0,2	0,2	0,4
B9 (78 Wo.)	1,6	1,3	0,75	0,1	0,2	0,2	0,6
B10 (92 Wo.)	1,6	1,3	0,75	0,1	0,2	0,2	0,6

H: horizontal; V: vertikal

Ab der dritten Begutachtung in einem Alter der Wände von neun Wochen wurde oberhalb der Türöffnung zum Sozialraum ein weiterer Horizontalriss zwischen der Oberseite der zweiten Steinreihe von oben und der Mörtelfuge ersichtlich. Die Rissweite dieses Risses mit der Nr. 9 betrug (gemessen in einem Abstand zur Kalksandsteinwand von 0,77 m) 0,3 mm und weitete sich im Betrachtungszeitraum lediglich auf bis zu 0,45 mm.

Tabelle 13: Entwicklung der Risse 3 bis 5 und 9

Begutachtung Nr.	Riss-Nr. (Ausrichtung) / max. Rissweite [mm]					
	3.1 (H)	3.2 (H)	4 (H)	5.1 (H)	5.2 (V)	9 (H)
B1 (2 Wo.)	0,3	0,4	0,1	---	---	---
B2 (5 Wo.)	0,25	0,4	0,1	0,4	0,1	---
B3 (9 Wo.)	0,25	0,4	0,1	0,4	0,1	0,3
B4 (14 Wo.)	0,25	0,4	0,1	0,4	0,15	0,35
B5 (25 Wo.)	0,3	0,4	0,1	0,45	0,2	0,4
B6 (41 Wo.)	0,3	0,4	0,1	0,6	0,3	0,4
B7 (53 Wo.)	0,3	0,4	0,1	0,7	0,35	0,4
B8 (66 Wo.)	0,3	0,4	0,1	1,2	0,6	0,4
B9 (78 Wo.)	n.b.	n.b.	n.b.	1,2	0,6	0,45
B10 (92 Wo.)	n.b.	n.b.	n.b.	1,2	0,6	0,45

H: horizontal; V: vertikal

Ab der fünften Begutachtung wurde ein vertikal über die gesamte Raumhöhe verlaufender Riss (Riss Nr. 10, konstruktiv bedingter Riss) zwischen der verputzten Recyclingwand rechts vom Eingang (flurseitig) und der Außenwand erfasst. Dieser Riss weitete sich von 1 mm auf bis zu 2,5 mm.

Ab der sechsten Begutachtung wurden mehrere Vertikalrisse mit einem Beginn unterhalb der 2. Steinreihe von oben (Risse 11.1 bis 11.4) sowie unterhalb der 3. Steinreihe von oben (Risse 12.1 und 12.2) ersichtlich. Die Rissweite dieser Risse erhöhte sich im Betrachtungszeitraum nicht (Riss Nr. 11.3) bzw. lediglich um 0,1 mm auf bis zu 0,2 mm (Risse 11.1, 12.1 und 12.2) bzw. 0,3 mm (11.2 und 11.4).

Tabelle 14: Entwicklung der Risse 10 bis 12

Begutachtung Nr.	Riss-Nr. / max. Rissweite [mm]						
	10 (V)	11.1 (V)	11.2 (V)	11.3 (V)	11.4 (V)	12.1 (V)	12.2 (V)
B1 (2 Wo.)	---	---	---	---	---	---	---
B2 (5 Wo.)	---	---	---	---	---	---	---
B3 (9 Wo.)	---	---	---	---	---	---	---
B4 (14 Wo.)	---	---	---	---	---	---	---
B5 (25 Wo.)	1,0	---	---	---	---	---	---
B6 (41 Wo.)	2,5	0,1	0,2	0,05	0,2	0,1	0,1
B7 (53 Wo.)	2,0	0,1	0,2	0,05	0,2	0,1	0,1
B8 (66 Wo.)	2,5	0,1	0,25	0,05	0,2	0,1	0,15
B9 (78 Wo.)	2,5	0,1	0,3	0,05	0,3	0,2	0,2
B10 (92 Wo.)	2,5	0,2	0,3	0,05	0,3	0,2	0,2

H: horizontal; V: vertikal

## **4 Abgleich zwischen der Zielsetzung und den erzielten Ergebnissen**

Die im Projektantrag beschriebenen Arbeitsschritte 1 bis 3 wurden erledigt:

Es wurden Messmarken auf das Sichtmauerwerk geklebt und die Längenänderungen in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung über einen Zeitraum von über einem Jahr gemessen. Über einen Datenlogger wurden im Bereich einer Stoß- und Lagerfuge kontinuierlich Längenänderungen, die relative Luftfeuchte sowie die Temperatur aufgenommen. Zudem fanden visuelle Begutachtungen der Wandflächen statt. Hierbei wurden auftretende Risse dokumentiert.

Die Eröffnung der Recyclingstation erfolgte durch den Bremer Bausenator. Hierbei waren Medienvertreter anwesend. Diese wurden von Mitarbeitern der Forschungsstelle über die Forschungsarbeiten informiert. Über die Eröffnung der Recyclingstation wurden anschließend Beiträge in Zeitungen und Magazinen veröffentlicht.

Auf dem Sichtmauerwerk wurde im Eingangsbereich des Gebäudes ein Informationsschild angebracht. Besucher der Recyclingstation erhalten hierüber allgemeine Informationen zum Vorhaben und können weiterführende Informationen der im Eingangsbereich ausgehängten Broschüre entnehmen.

Für eine Studentengruppe von Frau apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke von der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus (Trägerin des Bundesumweltpreises der DBU) wurde eine Vortragsveranstaltung samt einer Besichtigung der Wände im Gebäude der Recyclingstation organisiert.

Die Forschungsstelle steht auch nach Projektabschluss für entsprechende Veranstaltungen zur Verfügung. Ein Hinweis dazu ist in der Broschüre zu finden.

Die Projektergebnisse wurden der Öffentlichkeit in Tagungen und Kongressen vorgestellt. Weitere Veröffentlichungen sind geplant.

Das Projektziel wurde erreicht.

## 5 Porenbetonmengen und Deponiekapazitäten

Beide vorgeschlagenen Recyclingbaustoffe können auf den bestehenden Anlagen von Werk-trockenmörtel- bzw. von Betonwaren-Produzenten hergestellt werden. Diese Hersteller werden solche neuartigen Recycling-Produktlinien jedoch nur dann in ihr Portfolio aufnehmen, wenn sichergestellt ist, dass entsprechend aufbereitete PB-Brechsande in hinreichenden Mengen und erforderlichen Qualitätsgrenzen verfügbar sind. Die Voraussetzung zur Herstellung der neuen RC-Baustoffe liegt somit in einem hinreichenden Volumenstrom an Porenbetonbruch aus dem Bestand. Eine Bilanzierung dieser Stoffströme ist nur eingeschränkt möglich, da erst Projekte, wie dieses Pilotvorhaben, den Weg zu einem geregelten Stoffstrom vom Porenbetonbruch zum Ausgangsstoff für RC-Baustoffe ebnet. Hierzu muss die aktuelle Situation von derzeitigen Wiederverwendungsmöglichkeiten, Deponiekapazitäten und gesellschaftlicher Bewusstseinsentwicklung für Recycling, Ressourcen- und Klimaschutz betrachtet werden.

Die Rücklaufmengen von Porenbetonbruch können nur abgeschätzt werden, da Porenbeton keinen eigenen sogenannten Abfallschlüssel hat, auf dessen Basis sämtliche übergebenen Mengen automatisch erfasst werden. Daher müssen andere Quellen herangezogen werden, um Informationen zusammenzutragen, auf deren Basis so der tatsächliche Volumenstrom erfasst werden kann.

Nach der Sensitivstudie von DEILMANN [6] verfügte die Bundesrepublik Deutschland 2010 über einen Gebäude-Massen-Bestand in Höhe von 15.256 Mio. t, davon fielen ca. 1,2 % auf Porenbeton, d.h. ca. 179 Mio. t (bei einer durchschnittlichen Rohdichte von  $500 \text{ kg/m}^3$  entspricht das ca. 358 Mio.  $\text{m}^3$ ). DEILMANN kombiniert gebäudetypbezogene Materialkennwerte mit Mengendaten zum Bestand an Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Daten zum derzeitigen und künftigen Baugeschehen und führt Hochrechnungen zum Bestands-Stofflager sowie zu den Stoffströmen der Bautätigkeit (Abriss, Neubau, Sanierung) durch. Für Porenbeton gibt DEILMANN für das Jahr 2010 anfallende Porenbetonrücklaufmengen in Höhe von ca. 0,3 Mio. t an (bei durchschnittlicher Rohdichte von Porenbeton P2 und P4 im Herstellungszeitraum zwischen 1960 und 2000 gemäß SCHLEGEL & HUMS [7] von  $500 \text{ kg/m}^3$  entspricht das ca. 0,6 Mio.  $\text{m}^3$  pro Jahr). Auf Basis seines Rechenmodells erwartet DEILMANN anfallende Mengen an Porenbetonbruch bis zum Jahr 2030 in Höhe von 0,8 Mio. t pro Jahr und bis zum Jahr 2050 in Höhe von 2,5 Mio. t pro Jahr (bei durchschnittlicher Rohdichte von  $500 \text{ kg/m}^3$  entspricht das für das Jahr 2030 1,6 Mio.  $\text{m}^3$  pro Jahr und für das Jahr 2050 sogar bis zu 5 Mio.  $\text{m}^3$  pro Jahr).

Schon in den frühen 2000er Jahren ging KOHLER [8] von einem Rücklauf des Porenbetonbruchs aus Abbruchmassen in Höhe von ca. 0,7 Mio. t pro Jahr aus (bei durchschnittlicher Rohdichte von  $0,5 \text{ Mg/m}^3$  entspricht das ca. 1,4 Mio.  $\text{m}^3$  pro Jahr). Auch KREFT gibt bereits im Jahr 2016 in [D] auf Basis von Quellen der Bauhausuniversität Weimar, Lehrstuhl für Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, 2010, sowie des Deutschen Statistischen Bundesamtes anfallende Mengen Porenbetonabfall in Höhe von 0,5 bis 1,0 Mio. t an (bei durchschnittlicher Rohdichte von  $0,5 \text{ Mg/m}^3$  entspricht das ca. 1 bis 2 Mio.  $\text{m}^3$  pro Jahr).

Stier und Forberger [10] ermittelten 2014 in einer systematischen Befragung deutscher Abbruchunternehmen die dort anfallenden Mengen des Porenbetonbruchs. Auf Basis der Befragungsergebnisse und unter Berücksichtigung der vom Statistischen Bundesamt angegebenen Werte schlossen sie auf ein Aufkommen von bis zu 2,05 Mio. t Porenbetonbruch pro Jahr (bei durchschnittlicher Rohdichte von  $0,5 \text{ Mg/m}^3$  entspricht das ca.  $4,1 \text{ Mio. m}^3$  pro Jahr). Aktuell rechnet KREFT in [11] mit einem jährlichen Aufkommen an Porenbetonbruch in Höhe von ca. 2,5 Mio. t (entspricht einem Volumen von ca.  $5 \text{ Mio. m}^3$ ). Ein Porenbetonbruch-Aufkommen in dieser Größenordnung erwartete DEILMANN [6] auf Basis seines Rechenmodells erst für das Jahr 2050.

Die Mengenangaben zum Aufkommen von Porenbetonbruch unterscheiden sich, zeigen aber deutlich, dass schon heute ähnlich große Mengen Porenbetonbruch aus dem Gebäudebestand anfallen wie primärer Porenbeton in den Gebäudebestand einfließt. KREFT gibt in [12] für 2004 Produktionsmengen für Porenbeton von  $3,6 \text{ Mio. m}^3$  an, DEILMANN gibt in [6] für 2010  $3,8 \text{ Mio. m}^3$  an, Mengen, die sich bis heute nur unwesentlich geändert haben dürften. Dem steht in 2019 nach KREFT mit über  $5 \text{ Mio. m}^3$  eine mindestens gleich große Menge Porenbetonbruch gegenüber.

Die Sensitiv-Studie von DEILMANN ließ grundsätzlich ein Anwachsen der Porenbetonbruchmengen bereits erwarten. Die weiteren Mengenangaben von KOHLER, STIER und FORBERGER und aktuell KREFT deuten chronologisch betrachtet auf ein noch schnelleres Anwachsen des Volumenstroms des Porenbetonbruchs aus dem Gebäudebestand hin als von DEILMANN prognostiziert. Für den Fall, dass mögliche Verwertungswege keinen bedeutenden Einsatz in Produktion und Verwendung von Recyclingprodukten finden, würden die zu deponierenden Porenbetonmengen im gleichen Maße anwachsen.

Deponiekapazitäten orientieren sich grundsätzlich am Bedarf und stehen daher begrenzt zur Verfügung. Gemäß BIEDERMANN [13] geht das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB) für Deponien der Deponieklasse 1 (DK 1) in ganz Deutschland inzwischen von einer Entsorgungssicherheit von 17 bis 19 Jahren aus (Stand 2018). Zudem ist eine Deponieerweiterung oder gar eine Neueinrichtung einer Deponie grundsätzlich möglich, bedarf jedoch eines hohen organisatorischen und finanziellen Aufwandes und ist häufig mit großen Widerständen aus Umweltverbänden o. ä. verbunden. Die faktische Entsorgungssicherheit muss jedoch regional betrachtet und gerade hinsichtlich der DK 1-Kapazitäten bewertet werden.

Diesbezüglich betrachtet HAEMING [14] fortführend den Auslastungszustand sämtlicher Deponien Deutschlands. Detailliert arbeitet er heraus, dass in jedem Bundesland Bemühungen erkennbar sind, erforderliche Deponiekapazitäten vorzuhalten bzw. zu beschaffen. Die Betrachtung ergab insbesondere, dass:

- in Sachsen, Hessen, Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Hamburg, Bremen und im westlichen Landesteil Schleswig Holsteins regionaler Deponie-Bedarf besteht,
- Sachsen-Anhalt in der Summe betrachtet Entsorgungssicherheit vorweisen kann, in einigen Regionen jedoch Entfernungen von bis zu 150 km zurückgelegt werden müssen, um die

nächstgelegene Deponie der DK 1 zu erreichen. Folglich hat Sachsen-Anhalt regionalen Deponiebedarf. Verstärkt wird der Bedarf möglicherweise in dem Fall, wenn die sogenannte bergrechtliche Verfüllung, die besonders von Sachsen-Anhalt als Entsorgung verwendet wird, nicht mehr vollzogen werden kann.

Der Status Quo ist jedoch nur eingeschränkt zu werten, da vielerorts genehmigte und noch nicht ausgebaute, beantragte oder beklagte Deponieerweiterungen und –neubauten verfolgt werden. Grundsätzlich zeigt sich zwar, dass die Summe der erforderlichen Deponiekapazitäten eine Entsorgungssicherheit belegen, regional aber vielerorts die Deponie-Kapazitäten bald erschöpft sein werden oder, dass beachtliche Entfernungen zurückgelegt werden müssen, um die nächstgelegene Deponie zu erreichen. Verschärfend muss berücksichtigt werden, dass zukünftig die Einführung der Mantelverordnung (MantelV) [15] den Deponiebedarf wahrscheinlich, je nach Hochrechnungsmethode, zwischen 13 und 50 Millionen t/a erhöhen wird.

Die Mengenangaben über dezentral anfallenden Porenbetonbruch zeigen, dass schon heute ein ähnlich großer bzw. sogar größerer Volumenstrom aus dem Gebäudebestand anfällt, wie primärer Porenbeton verbaut wird. Die Tatsache, dass für ganz Deutschland aufsummiert genügend Deponie-Kapazitäten der DK 1 vorhanden sind, täuscht darüber hinweg, dass Porenbeton von den Abbruchunternehmen und Aufbereitern regional vielerorts nicht beseitigt werden können. In der Folge sind enorme Transportkosten zusätzlich zu den sehr hohen Annahmehöhen der Deponien aufzubringen. Die Umwelt wird abermals belastet. Das prognostizierte Anwachsen der Rücklaufmengen wird die Situation weiter verschärfen. Somit zeigt sich einmal mehr, dass eine rasche Umsetzung von Verwertungswegen, wie das hier vorgestellte neuartige Recycling-Wandsystem aus Porenbetonrezyklaten, die Umwelt mehrfach entlasten würde:

- Deponiekapazitäten werden geschont, Transfers entfallen,
- Ressourcen für die Produktion primärer Baustoffe werden geschont,
- sogenannte „graue Energien“ zur Herstellung des Primärbaustoffes werden nicht mehr nur einen Lebenszyklus lang genutzt, sondern mindestens für einen weiteren Zyklus.

Im Zuge der Arbeiten an den Vorgängervorhaben, wie z. B. „Scale up des Porenbetonrecyclings“ [4] und dem ersten Arbeitsabschnitt des vorliegenden Forschungsvorhabens, hat sich dennoch gezeigt, dass Porenbetonbruch schwer zu organisieren war, obwohl schon heute beachtliche Mengen an Porenbetonbruch anfallen. Diese scheinbar unverständliche Situation ergibt sich aus der Tatsache, dass sich bislang keine Verwertungswege für Porenbetonbruch etabliert haben, die auch nur ansatzweise die anfallenden Mengen an Porenbetonbruch aufnehmen können. Die anfallenden Mengen werden mit 65 bis zu 180 €/t kostenintensiv zu Lasten der mittelstandsgeprägten Abbruchunternehmer und letztlich der Bauherren deponiert. Porenbetonbruch wird kaum thematisiert, da dieser in den Statistiken aufgrund des fehlenden Abfallschlüssels nicht erfasst und nicht dargestellt wird. Für diesen Wertstoff gab es bislang keine volumenmäßig interessanten Verwertungswege und somit keine Wiederverwendungs- bzw. Infrastruktur, die derartigen Bauschutt aufbereitet als Produkt beziehbar macht. Die Forschungseinrichtung geht fest davon aus, dass derartige Verwertungswege, wie das hier erfolgreich erprobte RC-Wandsystem, dazu führen wird, dass für Porenbetonbruch ein Markt

entsteht, da Baustoffhersteller damit rechnen können, dass mittelfristig Porenbetonbruch günstiger zu beziehen sein wird als stetig teurer werdende primäre Sande.

Somit ist die Durchführung des hier vorgestellten Praxisprojektes ein Meilenstein im Umgang mit Porenbetonbruch:

Baustoffhersteller ergänzen bereits ihr Repertoire um „klimafreundliche“ und „umweltfreundliche“ Baustoffe, da deren Nachfrage aufgrund der Sensibilisierung der Bauherren hinsichtlich der Umwelt- und Klimarelevanz stetig wächst. Das neue RC-Wandsystem aus Porenbetonbruch entspricht im vollen Umfang den gesellschaftlich neu angelegten Maßstäben und wird wahrscheinlich von den Herstellern aufgegriffen werden. Die prognostizierten Porenbeton-Mengen lassen erwarten, dass eine nicht kontinuierliche aber regelmäßige Produktion der RC-Baustoffe möglich sein wird.

Aufbereiten bietet eine Vermarktung von Porenbetonbruch eine Wertschöpfung aus einem bisher problembehafteten Material. Auf die aufwendige und kostenintensive Beseitigung kann verzichtet werden. Mit üblicher Aufbereitung lässt sich ein neues vermarktungsfähiges Zwischenprodukt erzeugen, das wahrscheinlich nachgefragt sein wird.

Letztlich ergibt sich auch Abbruchunternehmen ein Nutzen, da diese Porenbetonbruch aus dem Rückbau nicht mehr mit z. T. großem Aufwand sehr teuer entsorgen müssen. Abbruchunternehmen können mit geringen Annahmehöhen für Porenbetonbruch bei Aufbereitern rechnen.

Der größte Nutzen ergibt sich für die Umwelt: Einerseits werden naturgemäß begrenzte Deponiekapazitäten geschont. Andererseits werden natürliche Ressourcen geschont, da für die Produktion des RC-Wandsystems keine Sande aus den Gruben eingesetzt werden.

Eine genauere Kostenaufstellung/Bilanzierung vorzunehmen, ist aufgrund der geschilderten Umstände derzeit noch nicht möglich. Es ist aber zu erwarten, dass sich mittelfristig günstigere Kosten für die Bereitstellung von Porenbetonbruch ergeben als für primäre Sande, schon allein bei der Betrachtung der aktuellen Deponierungsgebühren für Porenbetonbruch in Höhe von 65 bis 180 €/t, der derzeit 10 bis 20 €/t Beschaffungskosten für primäre Sande gegenüberstehen.

Damit diese ökologischen, ökonomischen und gesellschaftspolitischen Vorteile bei der Verwendung des neuen RC-Wandsystems zukünftig genutzt werden können, sind weitere Demonstrationsprojekte und deren intensives Kommunizieren in der Fachwelt und in den populärwissenschaftlichen Medien von großem Vorteil. Im konservativ geprägten Bauwesen erfordert die Umsetzung dieser qualitativ hochwertigen ressourceneffizienten Recyclingstrategie für Porenbeton wahrscheinlich einen langen Zeithorizont.

Das öffentliche Interesse an Naturschutz und vor allem an Ressourcenschutz nahm in den vergangenen Jahren deutlich zu. So lassen sich möglicherweise politische Unterstützungen umsetzen, wie die Schaffung von Anreizen zur Verwendung mineralischer Recyclingstoffe zur Gebäudeerrichtung und beim Bauen im Bestand, z. B. durch Steuervergünstigungen. Das Forcieren ressourceneffizienter Baustoffe entspräche zudem den zukünftig erwarteten bauaufsichtlichen Regelungen, z. B. der BauPVO [16].

## 6 Ökologische und ökonomische Bewertung

### 6.1 Werk trocken-Leichtmauermörtel

Leichtmauermörtel bestehen im Allgemeinen aus Gesteinskörnung, Bindemittel, künstlichen Füllstoffen und Zusätzen. Die Gesteinskörnung setzt sich zusammen aus Sand, Gesteismehl und leichter Gesteinskörnung, wie z. B. dem künstlich hergestellten Blähton oder dem natürlichen Bims. Das Bindemittel besteht überwiegend aus Zement sowie aus Kalkhydrat. Im Folgenden ist eine Beispielrezeptur aus der Praxis für einen Leichtmauermörtel LM 36 mit Blähton als leichte Gesteinskörnung im Vergleich zum Recycling-Leichtmauermörtel LM 36 mit Porenbetonrezyklat aufgeführt:

Tabelle 15: Beispielrezepturen für LM 36 mit Blähton sowie mit Porenbetonrezyklat

Ausgangsstoff	Einheit	Beispielrezeptur LM 36 mit Blähton	Ausgangsstoff	Rezeptur LM 36 mit PB-Rezyklat
Kalksteinsand	M.-%	10	Porenbetonrezyklat	65
Kalksteinmehl	M.-%	15		
Blähton	M.-%	32		
Zement	M.-%	40	Zement	35
Weißkalkhydrat	M.-%	3		
Methylcellulose	M.-% *	0,030	MHEC	0,075
Luftporenbildner	M.-% *	0,015	Luftporenbildner	0,005

\* bezogen auf die trockene Mörtelmasse

Leichtmauermörtel werden in den folgenden Arbeitsschritten hergestellt:

1. Dosieren und Einwiegen der Ausgangskomponenten
2. Förderung der Materialien in den Mischer
3. Mischen
4. Förderung des fertigen Produktes zur Abpackanlage
5. Abpacken in Säcke bzw. Füllen von Silos
6. Palettierung (entfällt bei Siloware)

Die Rohstoffe werden dosiert und intensiv miteinander vermischt. Das Mischgut wird abgepackt bzw. in Silos gefördert, ggf. palettiert und als Werk trockenmörtel ausgeliefert.

Für das Vorhaben wurde ein Leichtmauermörtel mit Gesteinskörnung aus Porenbetonrezyklaten hergestellt. Die Rezeptur bestand aus 65 M.-% Porenbetonrezyklat und 35 M.-% Zement. Der Gehalt an Methylhydroxyethylcellulose (MHEC) und Luftporenbildner betrug 0,075 bzw. 0,005 M.-% der Trockenmörtelmasse.

Im Vergleich zur o. g. Beispielrezeptur eines LM 36 mit Blähton besteht die Gesteinskörnung des Recyclingmörtels zu 100 % aus Porenbetonrezyklat. Natürliche Gesteinskörnungen werden somit nicht eingesetzt. Auch die Verwendung des energetisch relevanten Blähtons, welcher durch das Mahlen und Granulieren eines kalkarmen Tons und dem Brennen bei Temperaturen von ca. 1200 °C im Drehrohfen hergestellt wird, ist nicht erforderlich. Somit können durch die Herstellung von Recyclingmörtel mit Porenbetonrezyklaten nicht nur natürliche Ressourcen geschont werden, auch ist zu erwarten, dass die Energiebilanz eines solchen RC-

Mörtels im Vergleich zu herkömmlichen Leichtmauermörteln günstiger ausfällt und der herstellungsbedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert wird. Dass im Vergleich auch weniger Bindemittel eingesetzt wird, welches ebenfalls sehr energieintensiv hergestellt werden muss, sollte sich auf die Energiebilanz des Recyclingmörtels positiv auswirken und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß weiter reduzieren.

In den Umwelt-Produktdeklarationen mit den Nummern EPD-QMX-2010131-D [17] und EPD-IWM-20130237-IBG1-DE [18] für auf dem Markt angebotene Leichtmauermörtel ist der Primärenergiebedarf für die Herstellung von 1 kg Trockenmörtel mit 3,5 MJ bzw. 5,5 MJ angegeben. Die erstgenannte Deklaration besagt, dass 81-96 % der erforderlichen Primärenergie für die Bereitstellung der Rohstoffe benötigt wird. Hierbei entfallen ca. 54 % auf die Bindemittel und ca. 30 % auf künstliche Leichtzuschläge. Bei einer angenommenen Ergiebigkeit des Trockenmörtels von 1,5 l/kg beträgt somit der Primärenergieverbrauch für einen Kubikmeter Frischmörtel 2308 bzw. 3662 MJ.

Das globale Erwärmungspotenzial für die Herstellung von 1 kg Trockenmörtel wird in den o. g. Deklarationen mit 0,432 bzw. 0,578 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Bei einer Ergiebigkeit von 1,5 l/kg entsprechen diese Angaben 288 bzw. 385 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je Kubikmeter Frischmörtel.

Die Herstellung der Säcke zur Verpackung sowie der Vertriebstransport fallen mit 0,01 MJ bzw. 0,057 MJ je Kilogramm Trockenmörtel nicht ins Gewicht.

Sieht man von dem hohen Energiebedarf für die Herstellung von künstlichen Leichtzuschlägen, z. B. Blähton, ab, wird die benötigte Primärenergie für die Herstellung, die Verpackung und den Transport des Recycling-Trockenmörtels vergleichbare Werte annehmen wie für die marktgängigen Leichtmörtel. Ein Unterschied, der sich positiv für den Recyclingmörtel darstellt, besteht jedoch darin, dass er aus weniger Ausgangsstoffen besteht und somit weniger Silos für die Vorhaltung der Ausgangsmaterialien erforderlich sind.

Der Recyclingmörtel könnte kostengünstiger als ein herkömmlicher Leichtmauermörtel hergestellt werden, da als Gesteinskörnung Abbruchmaterial verwendet wird, das sonst aufwendig und kostenintensiv entsorgt werden müsste. Recyclingunternehmen könnten die Annahmgebühren, die in einigen Regionen bei bis zu 180 Euro je Tonne liegen, reduzieren, so dass sie mit den Einnahmen lediglich den Aufwand für die Aufbereitung und Qualitätssicherung des Rezyklats abdecken und können einen sekundären Ausgangsstoff an Produkthersteller verkaufen. Der Ausgangsstoff „Porenbetonrezyklat“ könnte dadurch günstiger zu beschaffen sein als natürliche Sande und Mehle und vor allem als der Blähton. Es ist somit zu erwarten, dass der RC-Mörtel günstiger als herkömmliche Leichtmauermörtel hergestellt werden kann, da geringere Kosten für die benötigten Rohstoffe anfallen und kein zusätzlicher Aufwand für das Fördern, Mischen und Abpacken erforderlich ist.

## 6.2 Mauersteine

Die klassischen Mauersteine zur Errichtung von Mauerwerk sind Ziegel, Kalksandsteine und Porenbeton.

### 6.2.1 Mauerziegel

Mauerziegel sind Bauprodukte aus gebranntem Ton. Die Herstellung unterteilt sich in:

1. Rohstoffgewinnung
2. Rohstoffaufbereitung
3. Formgebung
4. Trocknung (ca. 50-100 °C)
5. Brennen (ca. 950-1300 °C)
6. Ggf. Planschleifen
7. Palettierung

Mauerziegel bestehen nahezu vollständig aus Ton. Weitere Ausgangsstoffe sind mineralische Zuschlagstoffe und Wasser. Der benötigte Rohstoff Ton wird i. d. R. in Gruben nahe des Ziegelwerks abgebaut, zum Werk transportiert und anschließend aufbereitet. Das grobe Material wird im „Kollergang“ mit tonnenschweren Stahlwalzen zerkleinert und im Walzwerk weiter zerkleinert und zermahlen. Anschließend wird das feine Material zur Zwischenlagerung in das „Sumpfhaus“ gefördert, wo eine gleichmäßige Durchmischung und Durchfeuchtung erfolgt. Das gut durchmischte, feuchte Rohmaterial wird in der „Strangpresse“ mit hohem Druck durch ein Stahl-Mundstück gepresst und somit in Form gebracht. Der aus der Presse kommende Ziegelstrang wird mit einem Stahldraht geschnitten. Die nächste Station ist der Trockner, in dem die Ziegel über eine Dauer von 1 bis 3 Tagen bei Temperaturen von ca. 50 bis 100°C getrocknet werden. Nach dem Trocknungsprozess gelangen die Ziegel in den Tunnelofen. Dort werden die Ziegel bei Temperaturen zwischen ca. 950 und 1300 °C über einen Zeitraum von bis zu 24 Stunden gebrannt. Bei Planziegeln werden nach dem Brennvorgang noch die Lagerfugen plangeschliffen. Abschließend erfolgen die Palettierung und die Auslieferung der Produkte.

In den Umwelt-Produktdeklarationen EPD-UNI-2008111-D [19] und EPD-AMZ-20140244-ICG1-DE [20] ist der Primärenergieverbrauch für 1 m<sup>3</sup> Mauerziegel mit 1202 MJ bzw. 1561 MJ angegeben. Gemäß der erstgenannten Deklaration entfallen 78 % des Primärenergieverbrauchs auf den Produktionsprozess und lediglich 16 % auf den Rohstoff. Multipliziert mit dem in der zweitgenannten Deklaration angegebenen Umrechnungsfaktor beträgt der Primärenergieverbrauch für die Herstellung von einem Kilogramm Ziegel 2,715 MJ.

Für die Herstellung von einem Kubikmeter Mauerziegel ist in den o. g. Deklarationen das globale Erwärmungspotenzial mit 209 bzw. 138 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Mit dem Umrechnungsfaktor aus der zweitgenannten Deklaration errechnen sich 0,240 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Kilogramm Ziegel.

### 6.2.2 Kalksandsteine

Kalksandsteine bestehen überwiegend aus Sand sowie Branntkalk und Wasser. Die Rezeptur kann zudem Kies und Gesteinsmehl enthalten. Die Herstellung von Kalksandsteinen unterteilt sich in:

1. Dosieren und Mischen der Ausgangskomponenten
2. Zwischenlagerung im Reaktor
3. Ggf. Nachmischen unter weiterer Wasserzugabe
4. Pressen und Stapeln der Steine
5. Autoklavhärtung (ca. 200 °C)
6. Einschweißen in Folie
7. Auslieferung

Die Ausgangsstoffe werden dosiert und intensiv miteinander vermischt. Die Mischung wird in einem Reaktionsbehälter zwischengelagert, um den Branntkalk abzulöschen. Vom „Reaktor“ aus gelangt das Material ggf. in einen Nachmischer und wird durch weitere Wasserzugabe auf eine pressfähige Konsistenz gebracht. Die Rohmasse wird in Formen zu stabilen Rohlingen gepresst und auf Härtewagen gestapelt. Die Wagen werden anschließend über ein Schienensystem in den Autoklaven gefahren und dort über einen Zeitraum von ca. 6 bis 12 Stunden bei einer Temperatur von etwa 200 °C unter Sattdampfatmosfera durch die Bildung von Calcium-Silikat-Hydratphasen gehärtet. Nach der Autoklavhärtung sind die Steine gebrauchsfertig und können in Folie eingeschweißt und ausgeliefert werden.

In der Umwelt-Produktdeklaration EPD-BKS-20160002-IAE1-DE [21] ist der Primärenergieverbrauch für die Herstellung von einem Kilogramm Kalksandstein mit 1,172 MJ angegeben. Bei einer Rohdichte des Kalksandsteins von z. B. 1800 kg/m<sup>3</sup> entspricht das ca. 2110 MJ je Kubikmeter Stein.

Das globale Erwärmungspotenzial ist in der genannten Deklaration mit 0,136 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je Kilogramm Kalksandstein angegeben. Das entspricht 245 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bei einer angenommenen Rohdichte von 1800 kg/m<sup>3</sup> je Kubikmeter Stein.

### 6.2.3 Porenbeton

Porenbeton besteht aus fein gemahlenem Sand, Bindemittel (Zement und/oder Branntkalk), Anhydrit/Gips, Aluminiumpulver/-paste und Wasser. Im Folgenden sind die erforderlichen Arbeitsschritte für die Herstellung von Porenbeton aufgeführt:

1. Dosieren und Mischen der Ausgangskomponenten
2. Gießen in Form
3. Schneiden des Rohblocks
4. Autoklavhärtung (ca. 200 °C)
5. Einschweißen in Folie
6. Auslieferung

Die Ausgangsstoffe werden zu einer wässrigen Suspension gemischt und in Formen abgegossen. Der Kalk wird dabei abgelöscht. Im alkalischen Milieu reagiert das Aluminium. Hierbei bildet sich gasförmiger Wasserstoff und porosiert die Rohmasse. Nach einer Standzeit von

etwa 15 bis 50 Minuten wird der Rohblock aus der Form gekippt und mit Drähten auf die gewünschten Steinmaße geschnitten. Anschließend erfolgt, wie auch bei der Kalksandsteinproduktion, die Dampfhärtung im Autoklaven bei Temperaturen von ca. 200 °C über einen Zeitraum von 6 bis 12 Stunden. Anschließend sind die Steine gebrauchsfertig und können in Folie eingeschweißt und ausgeliefert werden.

In der Umwelt-Produktdeklaration mit der Nummer EPD-XEL-20170147-IAD1-DE [22] ist der Primärenergieverbrauch für die Herstellung von einem Kubikmeter unbewehrtem Porenbeton für eine durchschnittliche Rohdichte von 438 kg/m<sup>3</sup> mit 1452 MJ angegeben. Umgerechnet auf einen Kilogramm Porenbeton werden 3,314 MJ Primärenergie benötigt.

Das globale Erwärmungspotenzial beträgt gemäß der vorgenannten Deklaration 167 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für einen Kubikmeter Porenbeton und 0,381 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für einen Kilogramm Porenbeton.

#### *6.2.4 Recycling-Mauerstein aus PB-Rezyklaten*

Im Vergleich zu den klassischen Mauersteinen Ziegel, Kalksandstein und Porenbeton besteht der im Vorhaben produzierte Recyclingstein zu einem überwiegenden Anteil aus Porenbetonrezyklat sowie Zement, Steinkohlenflugasche und Wasser. Das Verhältnis von Zement zu Porenbetonrezyklat beträgt 1:11 in Raumteilen. Die Härtung der Steine erfolgt durch die Hydratation des Bindemittels. Das Brennen bei sehr hohen Temperaturen wie bei der Herstellung von Mauerziegeln bzw. die Autoklavhärtung bei ca. 200 °C wie bei der Herstellung von Kalksandsteinen und Porenbeton ist nicht erforderlich. Neben den erforderlichen Rohstoffen wird Primärenergie im Herstellungsprozess für das Mischen der Ausgangsstoffe, die Verdichtung zu stabilen Rohlingen und nach einer Lagerung in Hochregalen für die Palettierung, Verpackung und die Auslieferung benötigt.

Die Herstellung des Recyclingsteins ist mit einer klassischen Pflastersteinproduktion vergleichbar. Gemäß der Umwelt-Produktdeklaration EPD-KLO-20170147-IAC1-DE [23] ist für die Herstellung der dort betrachteten Pflastersteine ein Gesamt-Primärenergiebedarf von ca. 220 MJ je Quadratmeter Stein erforderlich. Umgerechnet auf einen Pflasterstein mit der Masse von 1 kg werden 1,16 MJ Primärenergie benötigt. Zieht man den Primärenergiebedarf für die Rohstoffversorgung ab, verbleiben für die Herstellung ca. 63 MJ je Quadratmeter Stein und 0,33 MJ je Kilogramm Pflasterstein. Somit entfallen ca. 70 % der Primärenergie auf die Bereitstellung der Rohstoffe.

In der o. g. Deklaration ist das globale Erwärmungspotenzial mit 25,46 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je Quadratmeter Pflasterstein angegeben, wobei ca. 88 % auf die Bereitstellung der Rohstoffe entfallen.

In der nachstehenden Tabelle 16 sind der Primärenergiebedarf sowie das globale Erwärmungspotenzial, ausgedrückt durch CO<sub>2</sub>-Äquivalente, aus beispielhaften Umwelt-Produktdeklarationen für das Produktionsstadium klassischer Mauersteine im Vergleich zum RC-Mauerstein aus Porenbetonrezyklaten aufgeführt. Die Werte für den Recyclingstein wurden abgeschätzt, da derzeit keine belastbare Datenbasis für deren Kalkulation vorliegt.

Für die vorliegende Abschätzung des Primärenergiebedarfs (PEB) und des globalen Erwärmungspotenzials (GEP) für den Recyclingstein aus Porenbetonrezyklaten wurden folgende Annahmen getroffen:

- Porenbetonrezyklat: 670 kg/m<sup>3</sup>, PEB je kg: 0,12 MJ; GEP je kg: 0,008 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- Zement: 150 kg/m<sup>3</sup>; PEB je kg: 2,768 MJ; GEP je kg: 0,67 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- Steinkohleflugasche: 60 kg/m<sup>3</sup>, PEB je kg: 0,14 MJ; GEP je kg: 0,01 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- PEB für Herstellung je kg PB-RC-Mauerstein: 0,33 MJ
- GEP für Herstellung je kg PB-RC-Mauerstein: 0,017 kg CO<sub>2</sub>-Äq.
- Trockenrohdicke PB-RC-Mauerstein: 1110 kg/m<sup>3</sup>

**Tabelle 16:** Vergleich Primärenergiebedarf und globales Erwärmungspotenzial

	Einheit	Ziegel <sup>a)</sup>	Kalksandstein <sup>b)</sup>	Porenbeton <sup>c)</sup>	PB-RC-Mauerstein <sup>d)</sup>
Primärenergiebedarf (PEB)	MJ/kg	2,715	1,172	3,314	0,904
	MJ/m <sup>3</sup>	1561	2110	1452	1003
Globales Erwärmungspotenzial (GEP)	kg CO <sub>2</sub> -Äq./kg	0,240	0,136	0,381	0,138
	kg CO <sub>2</sub> -Äq./m <sup>3</sup>	138	245	167	153
Werte entnommen aus der Umwelt-Produktdeklaration mit der Nr.:					
a) EPD-AMZ-20140244-ICG1-DE vom 26.08.2015					
b) EPD-BKS-20160002-IAE1-DE vom 03.03.2016					
c) EPD-XEL-20170147-IAD1-DE vom 09.11.2017					
d) Die Werte für den PB-RC-Mauerstein wurden abgeschätzt.					

Gemäß den Schätzungen der Forschungsstelle ist anzunehmen, dass die Produktion von Recycling-Mauersteinen aus Porenbetonrezyklaten ca. 0,9 MJ/kg und ca. 1000 MJ/m<sup>3</sup> betragen wird. Im Vergleich zu klassischen Mauersteinen aus Primärmaterial wäre somit ein geringerer Energiebedarf erforderlich. Den höchsten Anteil am Primärenergiebedarf für die Herstellung des PB-RC-Mauersteins nimmt hierbei mit ca. 52 % die Bereitstellung des Zements ein.

Die Herstellung des Recyclingsteins verursacht nach den o. g. Schätzungen ein globales Erwärmungspotenzial von ca. 0,14 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Kilogramm bzw. ca. 150 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Kubikmeter. Mit diesen Werten schneidet der Recyclingstein trotz eines hohen Beitrags von ca. 83 % verursacht durch die Bereitstellung des Zements im Vergleich zu den klassischen Mauersteinen gut ab. Je Kilogramm Mauerstein verursacht der Recyclingstein zusammen mit dem Kalksandstein das geringste globale Erwärmungspotenzial und je Kubikmeter Mauerstein nach dem Ziegel das geringste Erwärmungspotenzial.

Sollten Recyclingunternehmen das Porenbetonrezyklat zu einem mit natürlichen Gesteinskörnungen vergleichbaren Preis und weniger zur Verfügung stellen, könnte der Recyclingstein

nach derzeitigen Annahmen günstiger als die o. g. klassischen Mauersteine hergestellt werden. Je nach Vergleichsbaustoff könnte sich selbst ein etwas höherer Preis für das Rezyklat rechnen.

Im Vergleich zum Mauerziegel wird für den RC-Stein zwar Zement als Bindemittel benötigt. Dieser Vorteil könnte sich aber durch das sehr energie- und kostenintensive Brennen der Ziegel für den Recyclingstein umkehren.

Ein Kalksandstein besteht überwiegend aus Sand sowie aus Branntkalk (ca. 8-10 M.-%) und Wasser. Vergleichend hierzu besteht der Recyclingstein überwiegend aus Porenbetonrezyklat. Als Bindemittel wird Zement (ca. 10 M.-%) verwendet. Die Bindemittelanteile beider Baustoffe scheinen vergleichbar hoch zu sein. Jedoch weist ein Kalksandstein üblicherweise eine höhere Rohdichte als der RC-Stein auf, so dass der Bindemittelgehalt je Kubikmeter Mauerstein für einen Kalksandstein höher ausfällt. Der Branntkalk ist zudem etwas teurer als der Zement. Des Weiteren ist für die Herstellung des Recyclingsteins keine Autoklavhärtung mehr erforderlich. Somit ist anzunehmen, dass die Produktion des RC-Mauersteins aus Porenbetonrezyklaten zu einem geringeren Preis als der Kalksandstein möglich ist.

Der Porenbeton besteht zu einem Großteil aus fein gemahlenem Sand. Die Bindemittelanteile sind im Vergleich zum RC-Stein zwar etwas niedriger, jedoch ist der gemahlene Sand deutlich teurer als nicht gemahlener Sand und stellt bei der Herstellung von Porenbeton den größten Kostenfaktor dar. Das Produkt „Porenbetonrezyklat“ wird mit großer Sicherheit deutlich günstiger zu beschaffen sein als gemahlener Sand. Des Weiteren ist die Autoklavhärtung für die Herstellung des Recyclingsteins nicht erforderlich. Es ist daher davon auszugehen, dass der RC-Mauerstein günstiger produziert werden kann als ein Porenbeton.

Abschließend bleibt zu bemerken, dass es sich bei den vorstehenden Beschreibungen um vergleichende Einschätzungen handelt. Eine konkrete Datenbasis für eine belastbare Kalkulation liegt nicht vor. Nach den derzeitigen Schätzungen der Forschungsstelle scheint im Vergleich zu den klassischen Mauersteinen mit natürlichen Rohstoffen eine kostengünstigere Produktion von Recyclingsteinen mit Porenbetonrezyklaten mit einem geringeren Primärenergiebedarf und einem geringeren globalen Erwärmungspotenzial möglich. Mit der Verwendung von Porenbetonrezyklaten als Gesteinskörnung können Primärrohstoffe geschont und Depo-nien entlastet werden. Die baurechtlichen Voraussetzungen für eine Produktion dieses Recyclingbaustoffes sowie eine Akzeptanz zur Verwendung von RC-Produkten müssten jedoch noch geschaffen/forciert werden.

## 7 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse

Informationen zum Vorhaben wurden auf der Homepage sowie in den Jahresberichten der Forschungsstelle veröffentlicht.

Das Projekt fand Erwähnung in diversen Zeitungsberichten/Magazinen:

- Beneke, M.: Aus Müll wird Baustoff, Weser Kurier, 28.12.2016
- Zeidler, U.: Das Warten hat ein Ende, Wümme-Zeitung, 25.09.2017
- Frohne, K.: Recycling-Station in Borgfeld eröffnet, 26.09.2017
- Ein schöner Tag für Borgfeld – die neue Recycling-Station öffnet ihre Tore, TONNE Nr. 10, November 2017, S. 4
- Modernes Recyceln!, Oberneuland Magazin Nr. 11/2017, S 89

Ergebnisse des Vorhabens wurden auf der Berliner Konferenz „Mineralische Nebenprodukte und Abfälle“ in Berlin am 21.06.2016 unter dem Titel „Hochwertige Verwertungswege für Porenbetonbruch in Mörteln und Leichtsteinen für Mauerwerk“ vorgestellt und im Tagungsband (Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 3 – Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen -, Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.), TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, Neuruppin, 2016, S. 433-453) veröffentlicht.

Weitere Veröffentlichungen erfolgten auf der Fachtagung Recycling R'16 am 20.09.2016 in Weimar unter dem Titel „Hochwertige Verwertungsmöglichkeiten für Porenbetonrezyklate“ (mit Fachbeitrag in elektronischer Form), auf dem 1. Norddeutschen Fachsymposium Recycling-Baustoffe am 29.03.2017 in Kiel unter dem Titel „Recycling von Porenbeton“, in der Fachzeitschrift ZKG International, Special 2017, Drymix Mortar and Construction Chemistry (2017), S. 36-41 unter dem Titel „Recycled autoclaved aerated concrete (AAC) from processed construction and demolition waste for producing dry premixed mortars“, auf dem Kongress 2018 Baustoffrecycling- und Wertstoffverwertung am 22.03.2018 in Bremen unter dem Titel „Das RC-Wandsystem: Stein + Mörtel“, auf der 6. Internationalen Porenbetonkonferenz in Potsdam unter dem Titel „Autoclaved aerated concrete (AAC) rubble for new recycling building products: In dry premixed mortars for masonry, in masonry blocks and in lightweight blocks“ (engl.), ICAAC 6th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, 04.-06.2018, Potsdam, Germany, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018, S 457-464 sowie in der internationalen Zeitschrift Mauerwerk unter dem Titel „Autoclaved aerated concrete (AAC) rubble for new recycling building products: In dry premixed mortars for masonry, in masonry blocks and in lightweight blocks (engl. und dtsh.)“, Mauerwerk Volume 23 (2019) 6, S. 364-377. Weitere Veröffentlichungen z. B. in der Zeitschrift „AAC Worldwide“ und Vorträge (bautec 2020 in Berlin sowie 1. Fachtagung Kreislaufwirtschaft und Recycling 2020 in Kirchheim/Teck) sind geplant.

Das errichtete Sichtmauerwerk dient als dauerhaftes Exponat, woran ein Informationsschild angebracht wurde. Des Weiteren wurde eine Broschüre erstellt und u. a. in der Recyclingstation ausgehängt. Das Schild sowie die Broschüre sind im Anhang 11 abgebildet.

Eine Veranstaltung (Vorträge inklusive Besichtigung der Recyclingstation) für Studierende der Technischen Universität Cottbus wurde durchgeführt. Für interessierte Kreise werden weiterhin Besichtigungstermine im Gebäude in Kombination mit Fachvorträgen zur Thematik angeboten.

## 8 Fazit und Ausblick

Im 1. Teilprojekt wurden erstmalig Recyclingbaustoffe aus Porenbetonrezyklaten als Wandbildner in einem Bauvorhaben eingesetzt und deren Eignung unter baupraktischen Bedingungen nachgewiesen. Durch die Wiederverwendung dieses problematischen Abbruchmaterials auf demselben technisch hohen Niveau wie das Primärprodukt werden Deponien und die Umwelt entlastet sowie natürliche Ressourcen geschont.

Im 2. Teilprojekt erfolgten ein Monitoring der errichteten Wände sowie Öffentlichkeitsarbeiten.

Grundlegendes Fazit des Demonstrationsvorhabens ist die Erkenntnis, dass das neue RC-Wandsystem aus Porenbetonrezyklaten vergleichbar ist mit klassischen Wandsystemen: die Baustoffe werden herstellerseitig in üblichen Witterungsschutz-Verpackungen geliefert. Die Mörtel werden mit den üblichen Werkzeugen angemischt und verarbeitet. Die Konsistenz und die Verarbeitungszeit der Werk trockenmörtel erfordert keine andere Verarbeitungsweise, nach einem Tag tritt eine übliche Frühfestigkeitsentwicklung ein, so dass die Arbeiten in gewohnter Weise fortschreiten können.

Die Werksteine zeigen ein uneingeschränktes Einsatzvermögen als Wandbaustoff für die Errichtung von Mauerwerken auf. Gerade bei diesem volumenmäßig interessanten Verwertungsweg für Porenbetonbruch ist diese Erkenntnis von großer Bedeutung.

Industrie-Interesse besteht bereits. Die positiven Ergebnisse aus dieser Praxisanwendung bekräftigen die Forschungseinrichtung und die eingebundene Forschungsvereinigung dazu, die Herstellung des Werksteines aus PB-Bruch zukünftig breiter aufzustellen, so dass auch Kalksandstein-Hersteller mit ihrer speziellen Produktionstechnik das neue Recycling-Produkt fertigen können. Ein entsprechendes FuE-Projekt wird derzeit vorbereitet. Aufgrund der durchweg nachgewiesenen positiven Eigenschaften soll der neue RC-Stein aus Porenbetonbruch in der weiteren Entwicklung auch statisch tragend eingesetzt werden und somit seine Etablierung forcieren.

Der Werk trocken-Mauermörtel ist grundsätzlich einsatzbereit. Diesbezüglich steht die Forschungseinrichtung bereits im Kontakt mit einem Baustoffhersteller. Die aufgetretenen Risse weisen jedoch auf ein Optimierungspotenzial hin, das neben einer weiteren Bindemittel-Optimierung sowie der Konzeption als Dünnbettmörtel ausgelotet werden soll.

Das vorliegende Praxisvorhaben hat großes Interesse geweckt bei Vertretern der Baustoffindustrie und der Aufbereiter. Mit Blick auf die beschriebenen Entwicklungen der Stoffströme und der Annahmepreise, der Preise für Primärbaustoffe sowie das wachsende Bestreben beim Umwelt-, Ressourcen- und Klimaschutz ist mit einer raschen Entwicklung der erforderlichen Infrastruktur für die vorhandenen Stoffströme aus Porenbetonbruch zu rechnen. Die Forschungsvereinigung RWB unterstützt diese Entwicklung weiter mit einem geplanten Forschungsvorhaben, bei dem tatsächliche Stoffströme des Porenbetonbruchs ergründet werden, die zu erwartenden Eigenschaften als Grundlage für spätere Lieferverträge benannt werden, um so die Kapazitäten für die Herstellung eigenständiger RC-Sparten bei den vorhandenen Baustoffherstellern planen zu können.

## Literaturverzeichnis

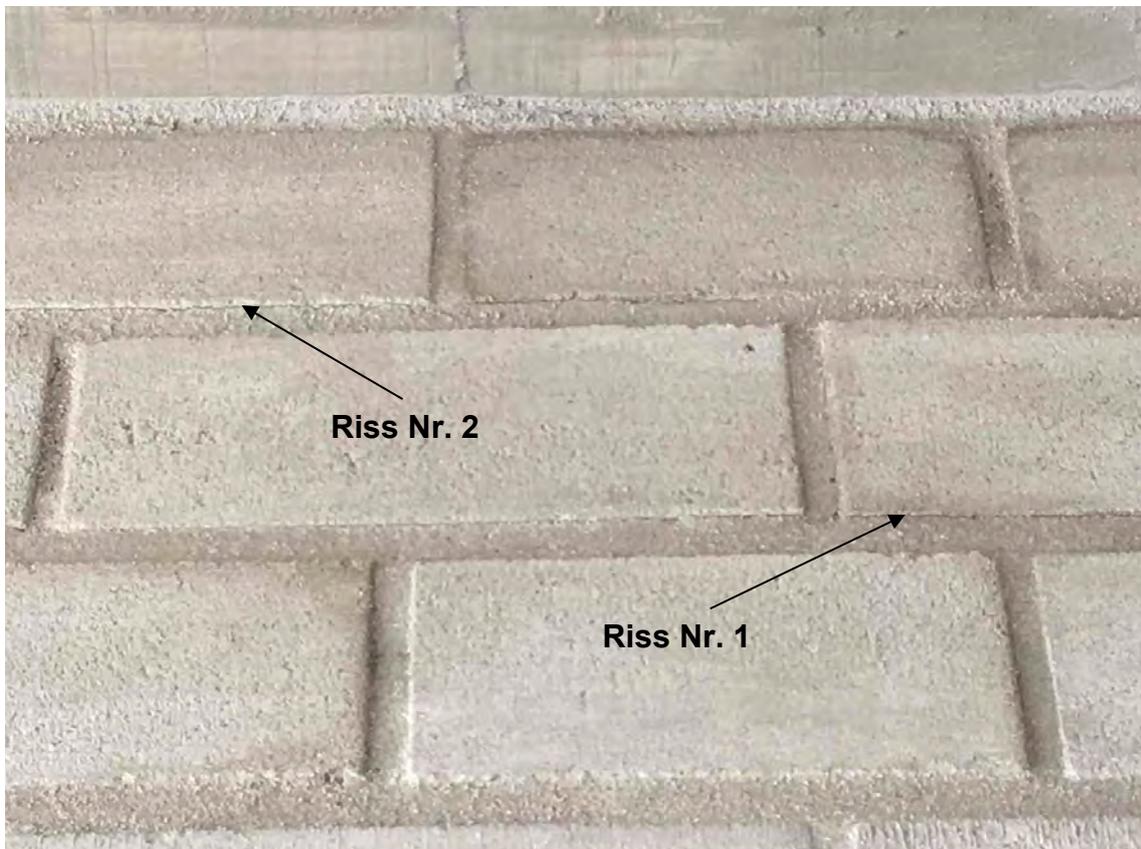
- [1] Hlawatsch, F.; Kropp, J.: Leichtmörtelsteine aus feinen Porenbetongranulaten, Baustoff Recycling + Deponietechnik 4/2008, S. 28-35
- [2] Diedrich, R.; Brauch, A.; Kropp, J.: Werk trockenmörtel mit Porenbetongranulaten aus der Bauschutttaufbereitung. Schlussbericht zum IGF-Forschungsvorhaben 11764 N, 2001
- [3] Aycil, H.; Kropp, J.: Werk trockenmörtel mit Porenbetonrezyklaten aus der Bauschutttaufbereitung. Schlussbericht zum IGF-Forschungsvorhaben 13994 N, 2006
- [4] Aycil, H.; Kropp, J.: Scale up des Porenbetonrecyclings, Tagungsband 19. Internationale Baustofftagung ibausil, 16.-18.09.2015, Weimar, Deutschland. F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Bauhaus-Universität Weimar (Hrsg.), 2015, Band 2, S. 361-368
- [5] Aycil, H.; Kropp, J.: Hochwertige Wiederverwendung von mineralischem Abbruchmaterial und erstmaliger Einsatz von Baustoffen aus Porenbetonrezyklaten in einem Bauvorhaben zur Errichtung von nicht tragenden Innenwänden. Schlussbericht zum DBU Vorhaben mit dem Aktenzeichen 31711, 2018
- [6] Deilmann, C., Krauß, N., Gruhler, K. (2014). Sensitivitätsstudie zum Kreislaufwirtschaftspotenzial im Hochbau; Endbericht, Stand 17. Juli 2014; im Auftrag des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
- [7] Schlegel, E., Hums, D. (2002): Porenbeton – die Entwicklung von Gefüge und Eigenschaften eines Werkstoffes; Das Mauerwerk, Heft 3, 2002; Verlag Ernst & Sohn
- [8] Persönliche Mitteilung von Hr. Dr. Kohler; damals freier Mitarbeiter von Xella International GmbH
- [9] Kreft, O. (2016): Geschlossener Recyclingkreislauf für Porenbeton, Mauerwerk 20 (2016), Heft 3, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin
- [10] Stier, Chr., Forberger, J. (2016): Ergebnisse einer Befragung zum Umgang mit Porenbetonabfällen aus dem Abbruch von Gebäuden, Chem. Ing. Tech. 2016, 88, No. 4, 506-513
- [11] Kreft, O. (2019): Porenbeton – Ressourceneffizienz im Lebenszyklus, Vortrag, 3. Norddeutsches Fachsymposium Recycling-Baustoffe, Ministerium f. Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung, Kiel
- [12] Mündliche Auskunft von Vertretern der Porenbetonindustrie
- [13] Biedermann, K. (2018): BMUB: Vortrag im Rahmen der Deponietechnik 2018, Hamburg, 30.01.2018
- [14] Haeming, H. (2018): Deponiesituation in Deutschland: Engpässe, Restlaufzeiten und Planungen zum Neubau – Überblick über die Situation der Bundesländer, S. 472-492, Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5; Thome-Kozmiensky Verlag GmbH, Neuruppin 2018; ISBN 978-3-944310-41-1
- [15] Mantel-Verordnung (Stand Februar 2017): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Referentenentwurf der MantelV
- [16] Bauproduktenverordnung (BauPVO), Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 09. März 2011
- [17] Umwelt-Produktdeklaration EPD-QMX-2010131-D der quick-mix Gruppe GmbH & Co. KG aus Osnabrück für das Produkt „Mineralische Werkmörtel: Mauermörtel – Leichtmauermörtel“ vom 10.03.2010

- [18] Umwelt-Produktdeklaration EPD-IWM-20130237-IBG1-DE des Industrieverbands WerkMörtel e.V. (IWM) aus Duisburg für das Produkt „Mineralische Werkmörtel: Mauermörtel – Leichtmauermörtel“ vom 07.02.2014
- [19] Umwelt-Produktdeklaration EPD-UNI-2008111-D der UNIPOR-Ziegel Marketing GmbH aus München für das Produkt „Mauerziegel“ vom 20.11.2011
- [20] Umwelt-Produktdeklaration EPD-AMZ-20140244-ICG1-DE der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. aus Bonn für das Produkt „Mauerziegel“ vom 26.08.2015
- [21] Umwelt-Produktdeklaration EPD-BKS-20160002-IAE1-DE des Bundesverbands Kalksandsteinindustrie e.V. aus Hannover für das Produkt „Kalksandstein“ vom 03.03.2016
- [22] Umwelt-Produktdeklaration EPD-XEL-20170147-IAD1-DE der Xella Baustoffe GmbH aus Duisburg für das Produkt „Ytong®-Porenbeton mit einer durchschnittlichen Rohdichte von 438 kg/m<sup>3</sup>“ vom 09.11.2017
- [23] Umwelt-Produktdeklaration EPD-KLO-20170147-IAC1-DE der H. Klostermann GmbH & Co. KG Betonwerke aus Coesfeld für das Produkt „Betonpflasterstein/Platte“ vom 09.11.2017

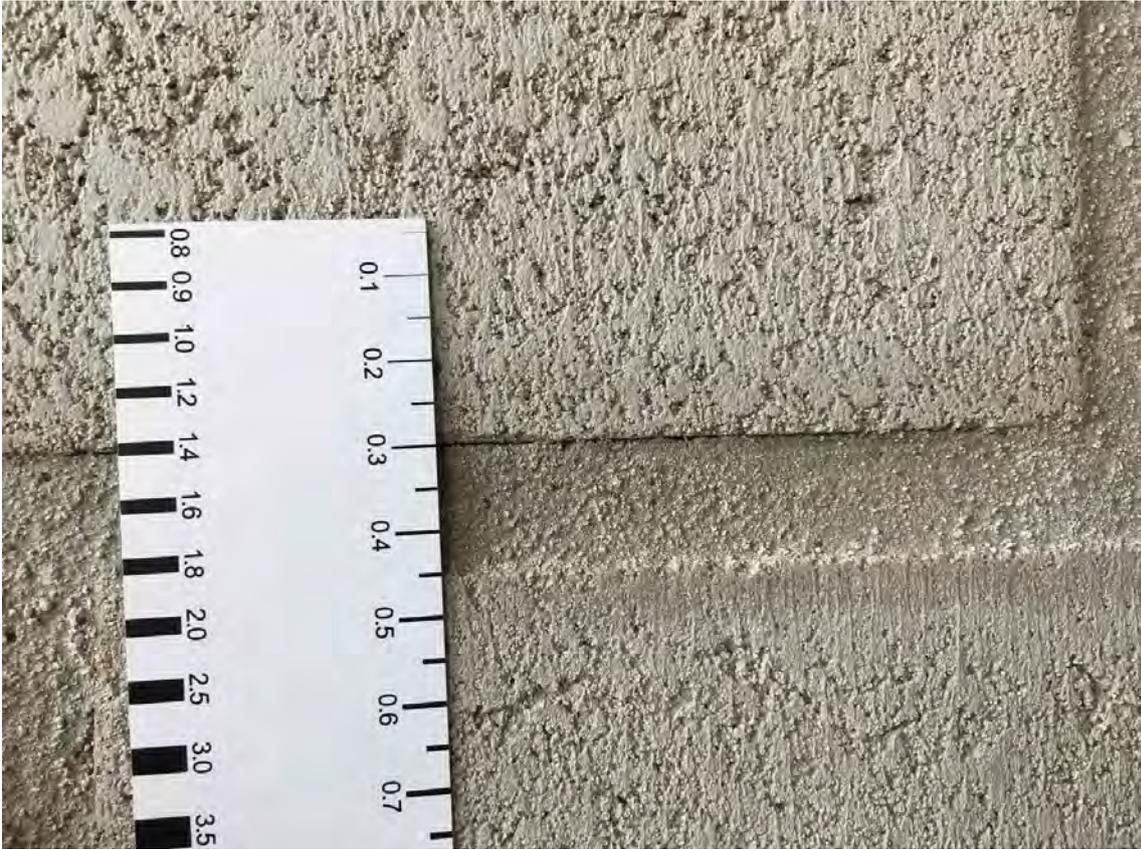
**Anhang 1: Bilder 1. Begutachtung**



Anhang 1.1: Begutachtung Nr. 1 (B1); Außenansicht Gebäude



Anhang 1.2: B1; Risse Nr. 1 und 2



Anhang 1.3: B1; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm



Anhang 1.4: B1; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm

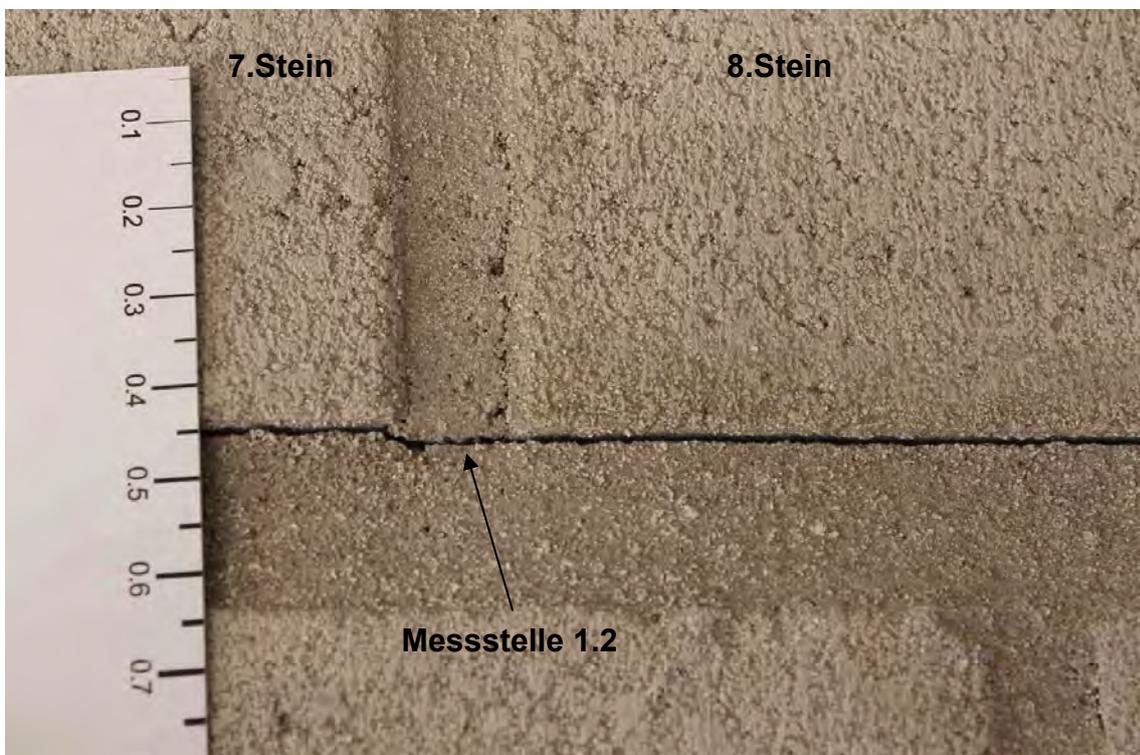


Anhang 1.5: B1; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm

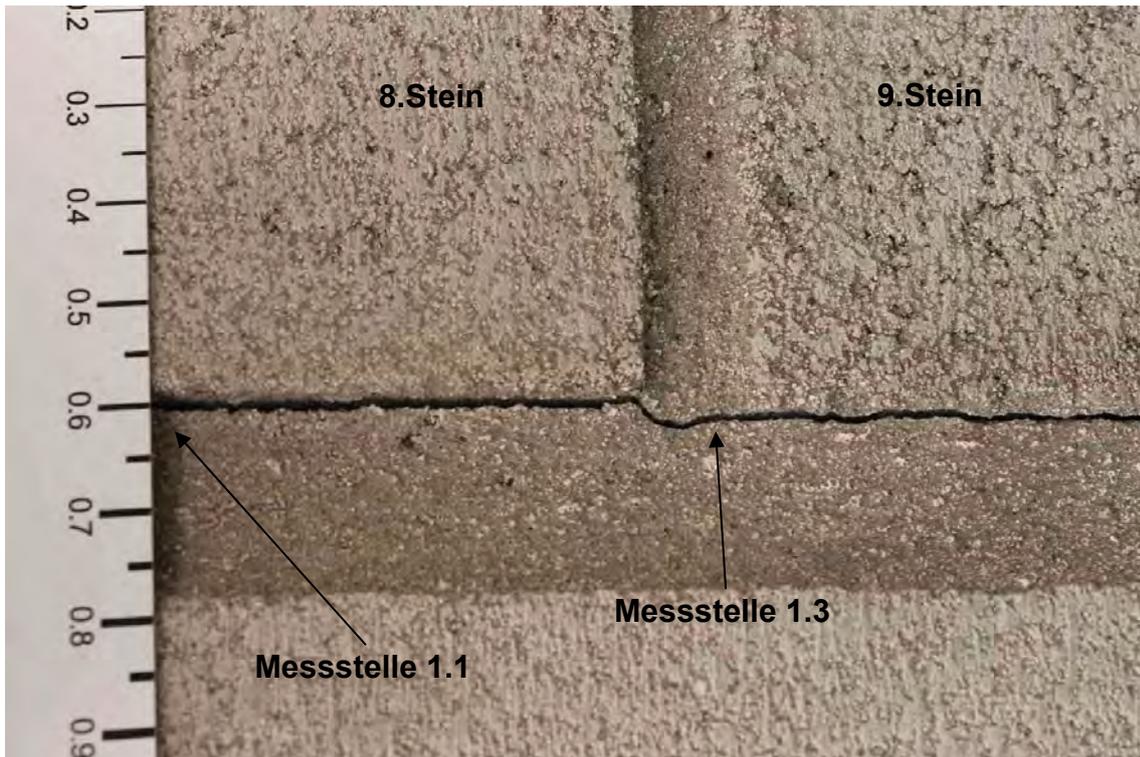
## **Anhang 2: Bilder 2. Begutachtung**



**Anhang 2.1:** Begutachtung Nr. 2 (B2); Außenansicht Gebäude



**Anhang 2.2:** B2; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 0,45 mm



Anhang 2.3: B2; Riss Nr. 1.1 und 1.3; Rissweiten: 0,6 und 0,4 mm



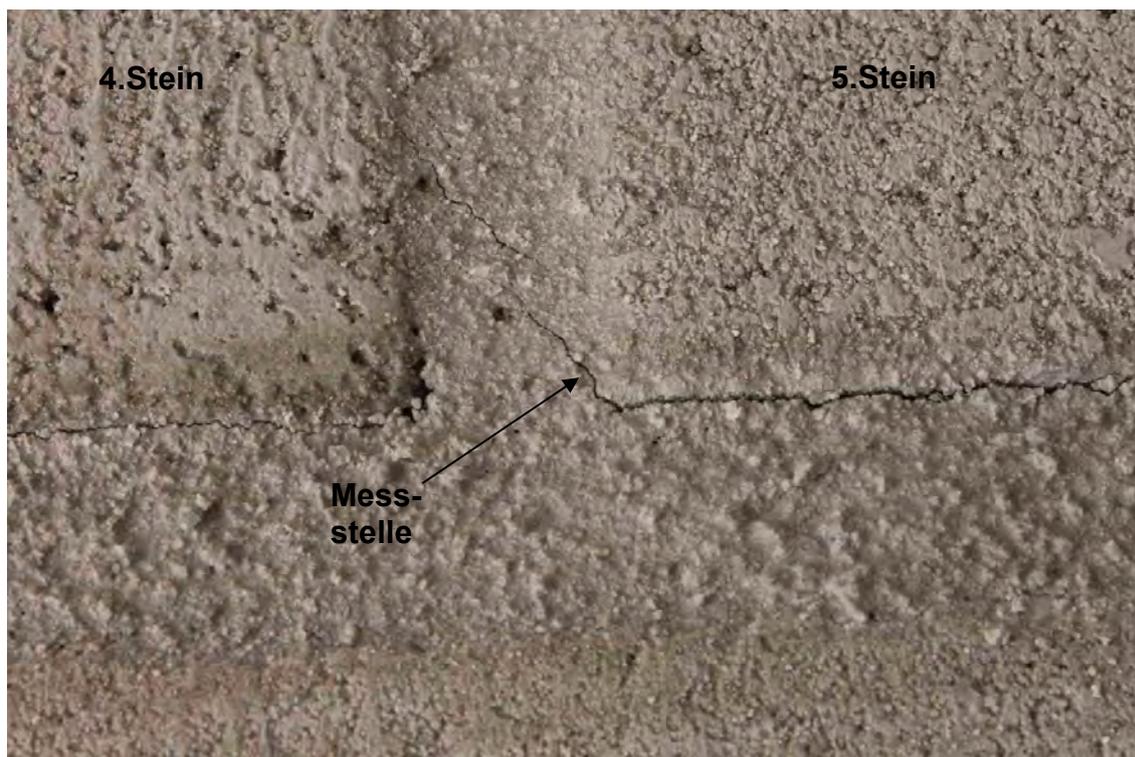
Anhang 2.4: B2; Übersicht Riss Nr. 2



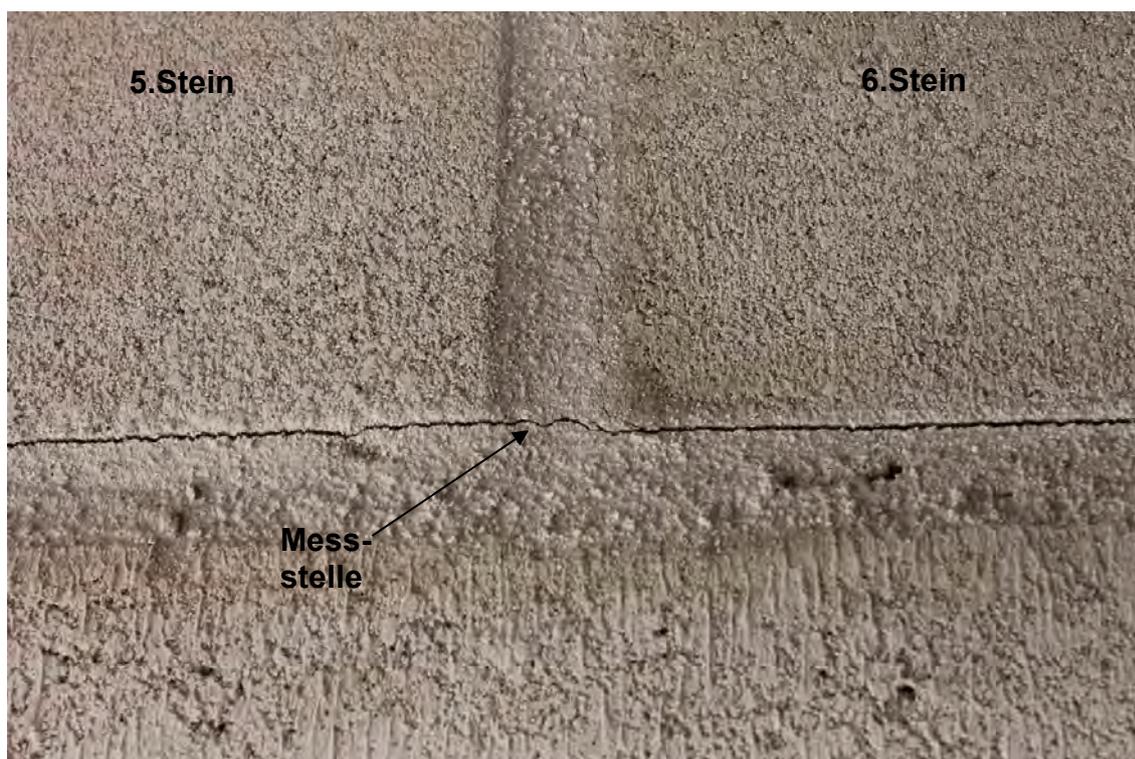
Anhang 2.5: B2; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,45 mm



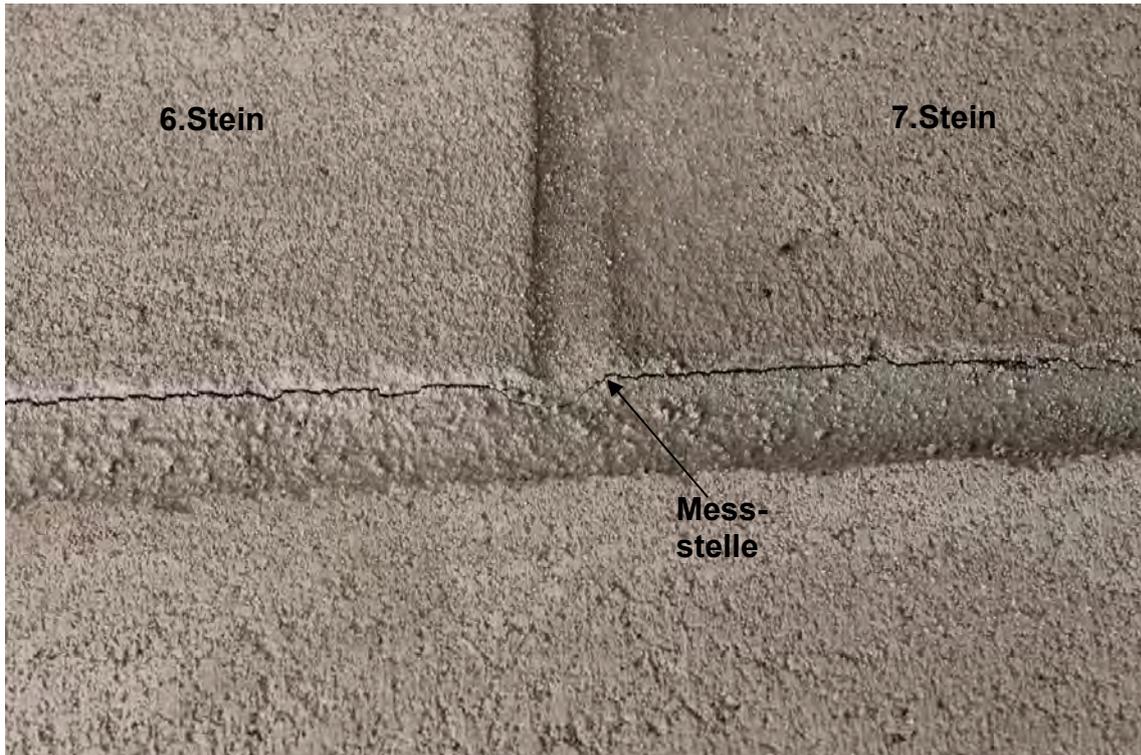
Anhang 2.6: B2; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 2.7: B2; Riss Nr. 2.3; Rissweite: 0,05-0,1 mm



Anhang 2.8: B2; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm



Anhang 2.9: B2; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 2.10: B2; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,25 mm



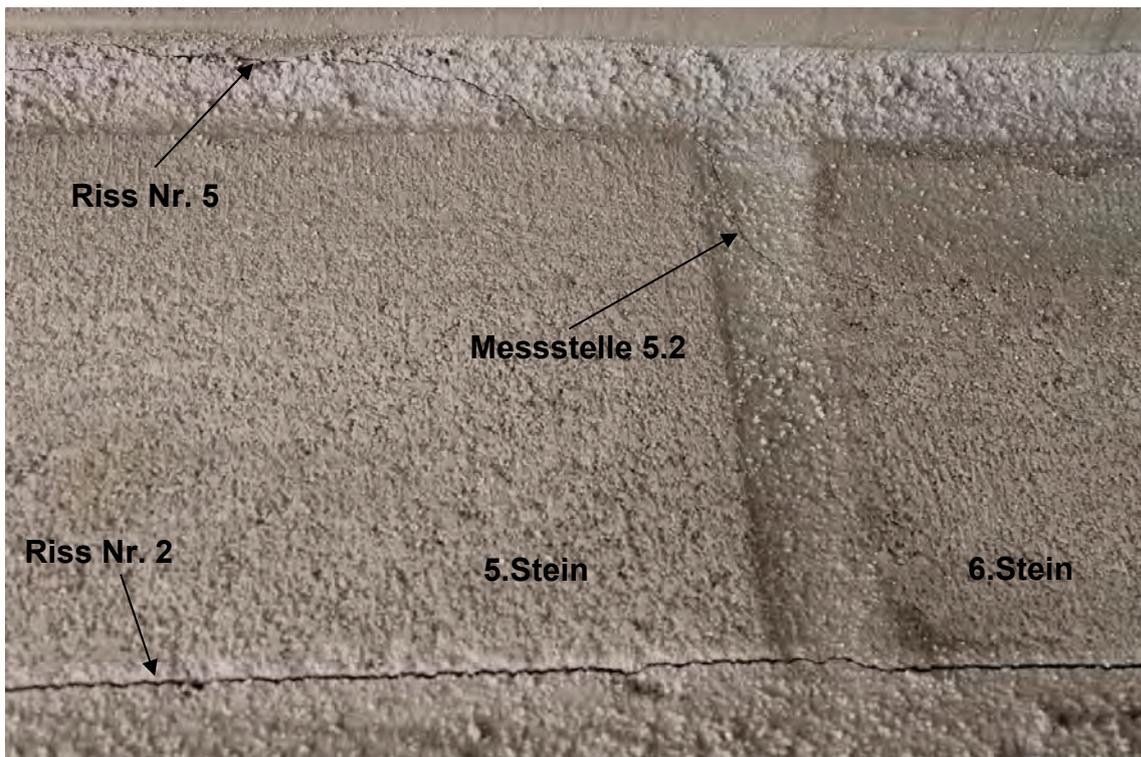
Anhang 2.11: B2; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



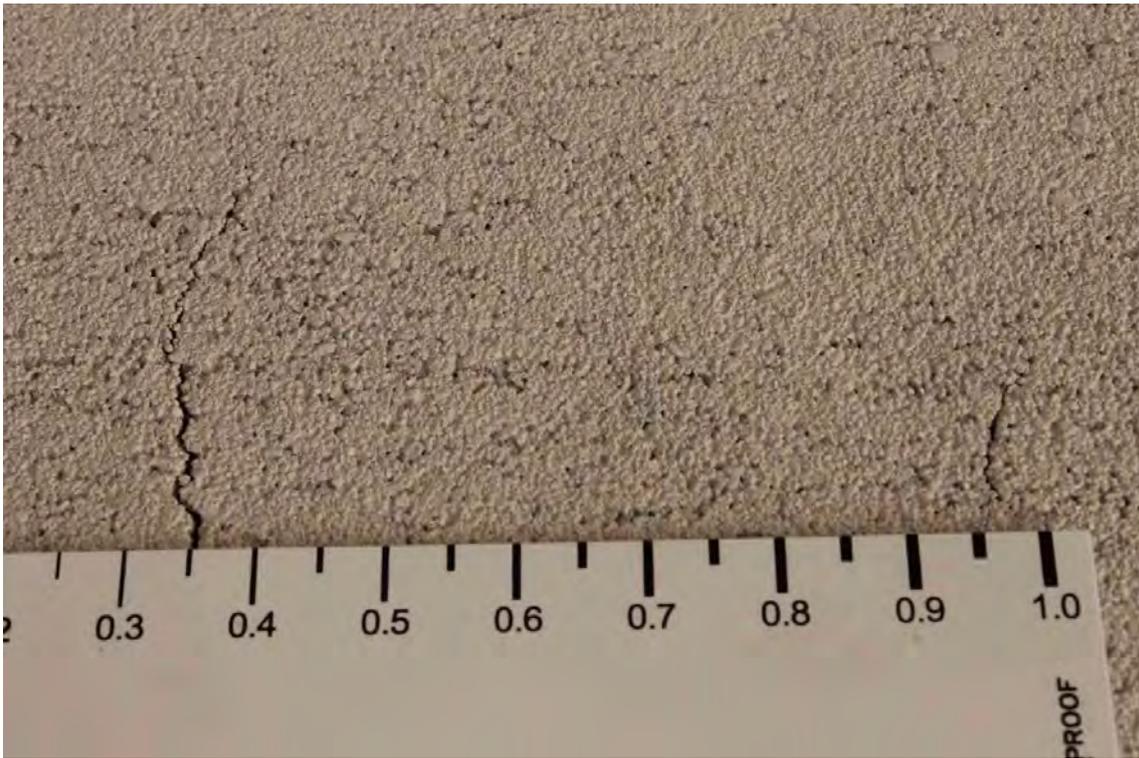
Anhang 2.12: B2; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 2.13: B2; Riss Nr. 5.1; Rissweite: 0,4 mm



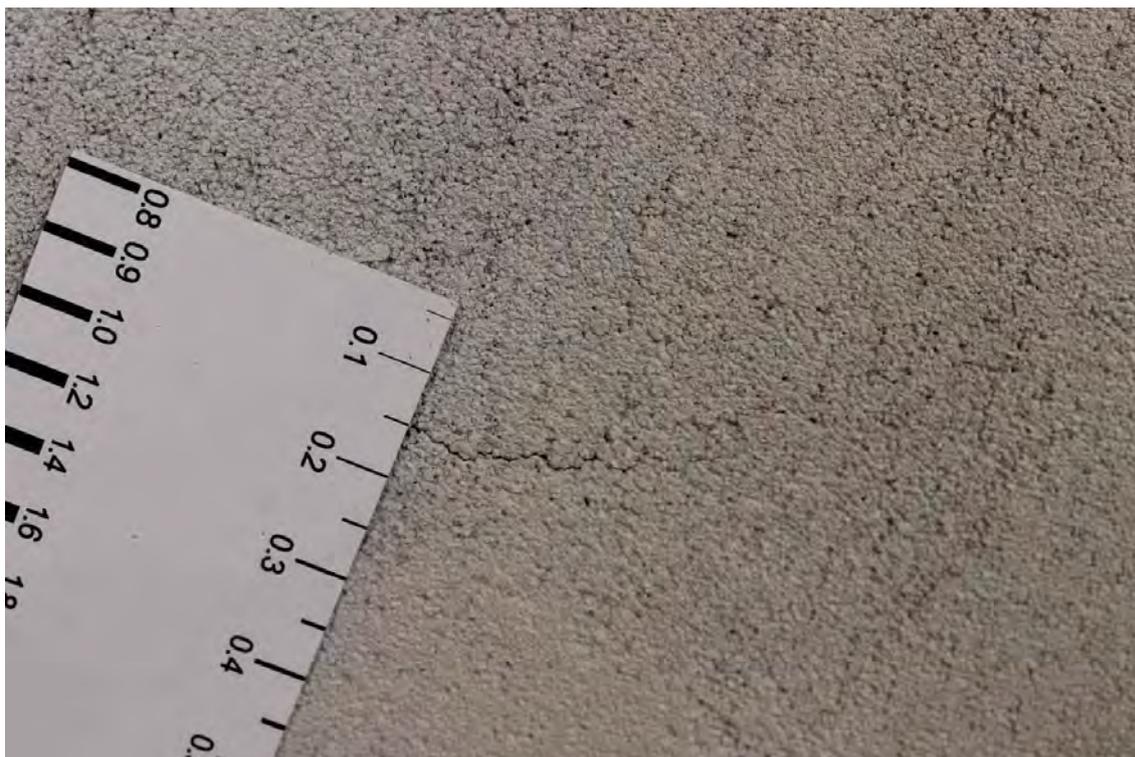
Anhang 2.14: B2; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,05-0,1 mm



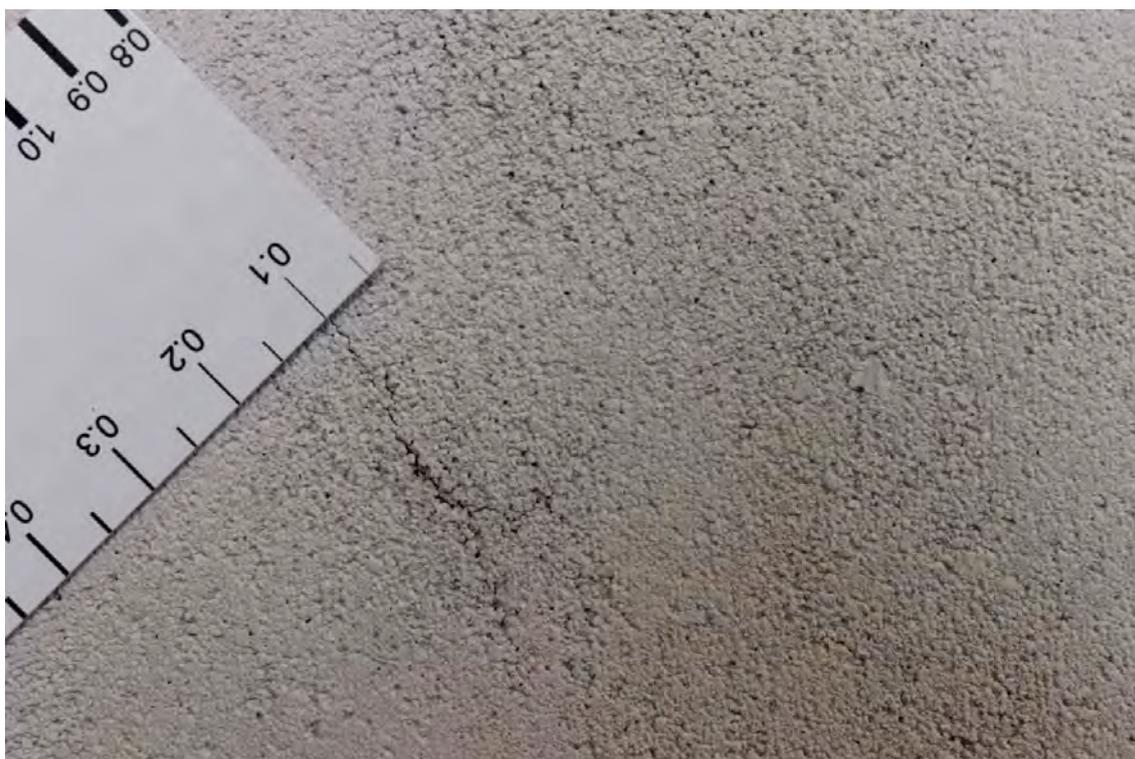
Anhang 2.15: B2; Riss Nr. 6.1; Rissweite: max. 0,35 mm



Anhang 2.16: B2; Riss Nr. 6.2; Rissweite: max. 0,35 mm



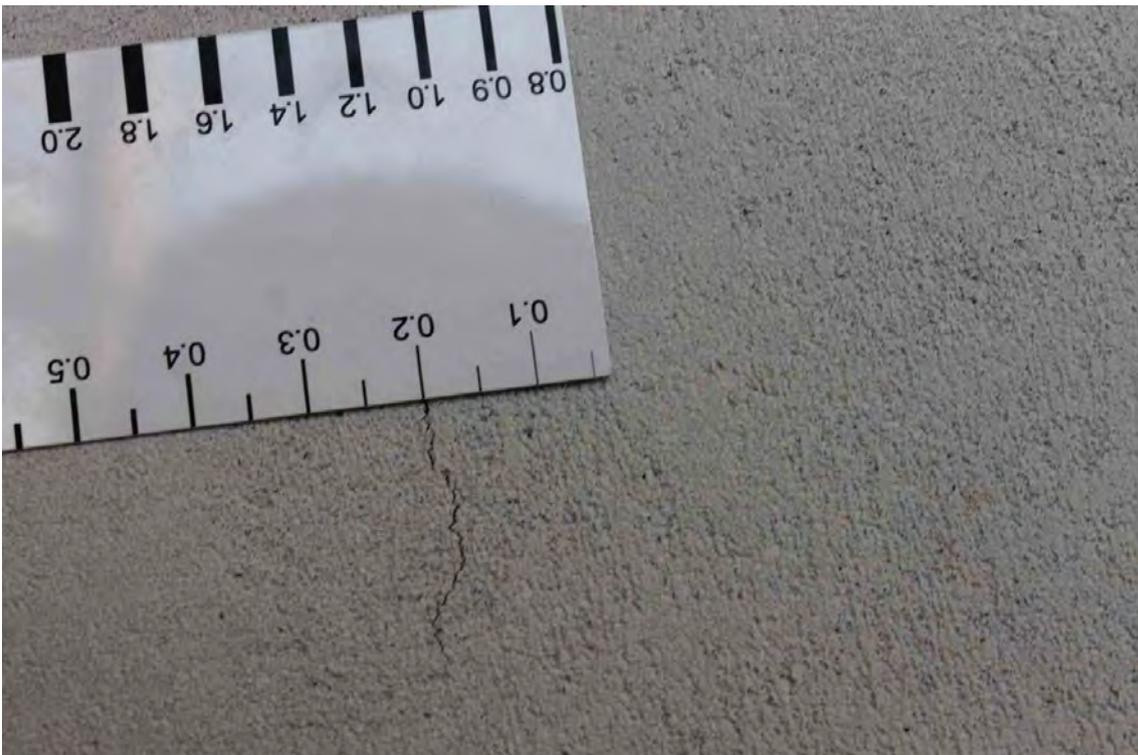
Anhang 2.17: B2; Riss Nr. 7.1; Rissweite: 0,15 mm



Anhang 2.18: B2; Riss Nr. 7.2; Rissweite: 0,1 mm



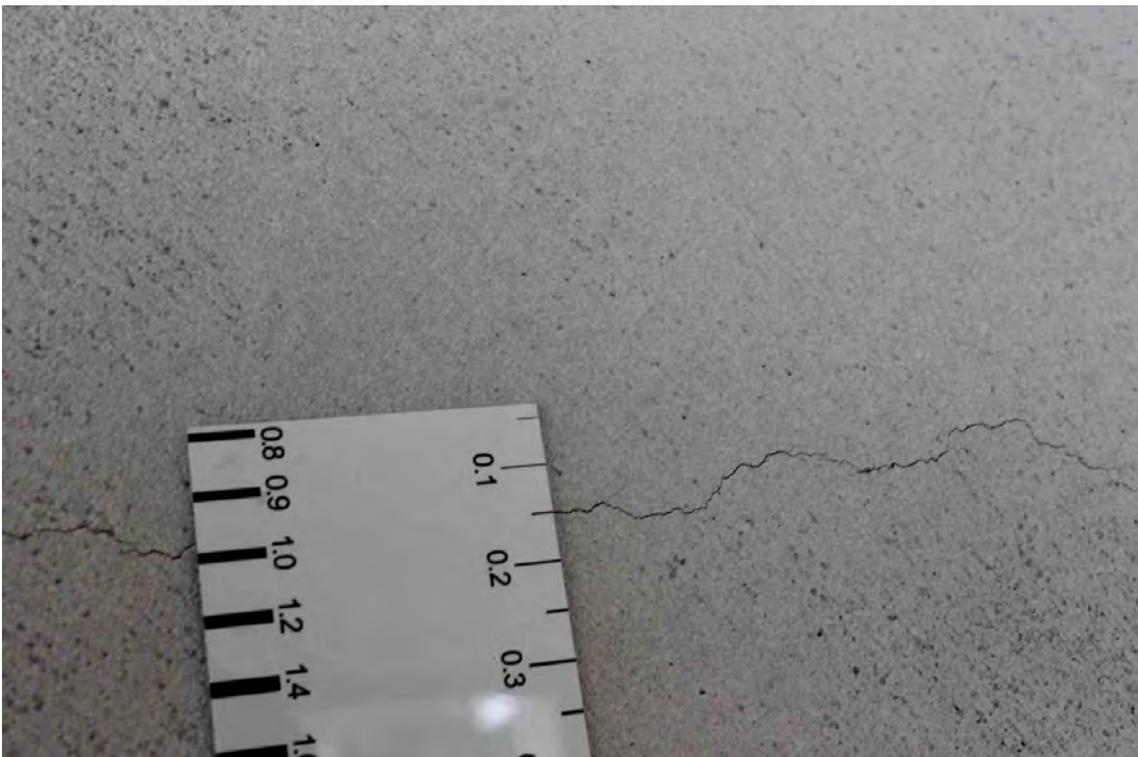
Anhang 2.19: B2; Riss Nr. 7.3; Rissweite: max. 0,35 mm



Anhang 2.20: B2; Riss Nr. 7.4; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 2.21: B2; Übersicht Riss Nr. 8



Anhang 2.22: B2; Riss Nr. 8; Rissweite: 0,15 mm

**Anhang 3: Bilder 3. Begutachtung**



**Anhang 3.1:** Begutachtung Nr. 3 (B3); Außenansicht Gebäude



**Anhang 3.2:** B3; Riss Nr. 1.2 und 1.3; Rissweiten: 0,45 und 0,4 mm



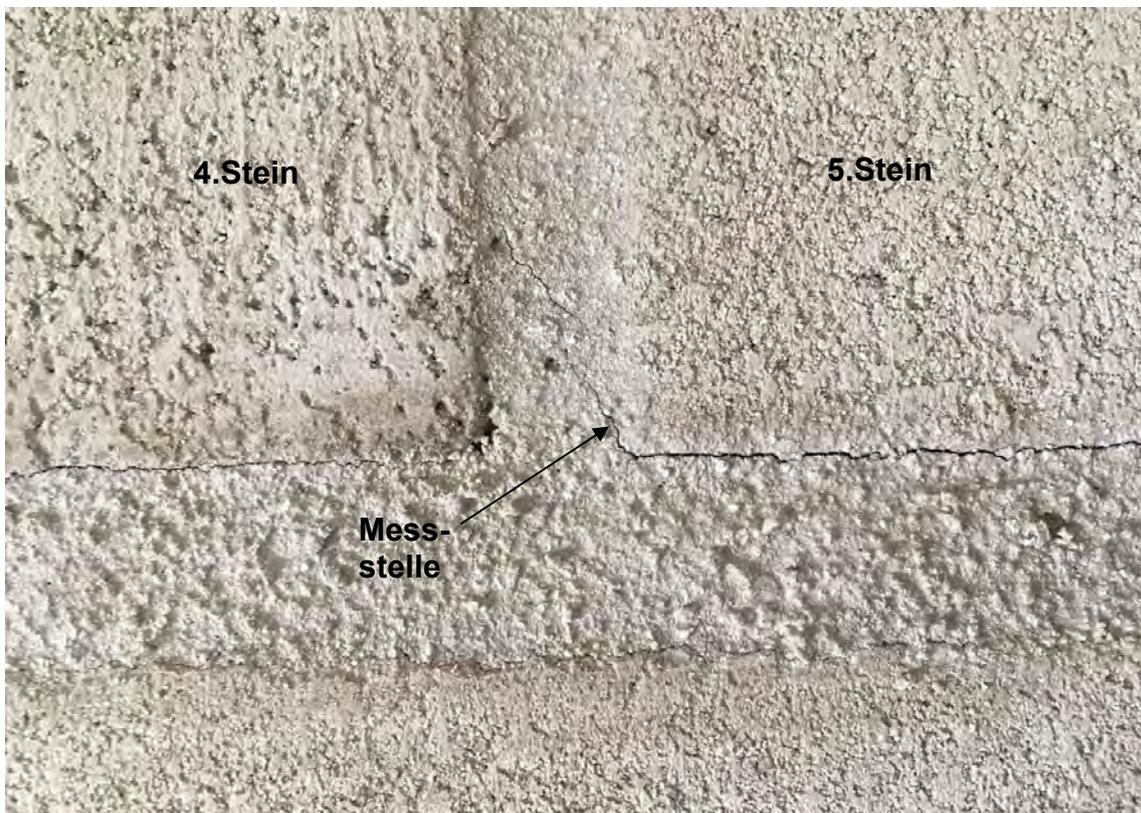
Anhang 3.3: B3; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 0,7 mm



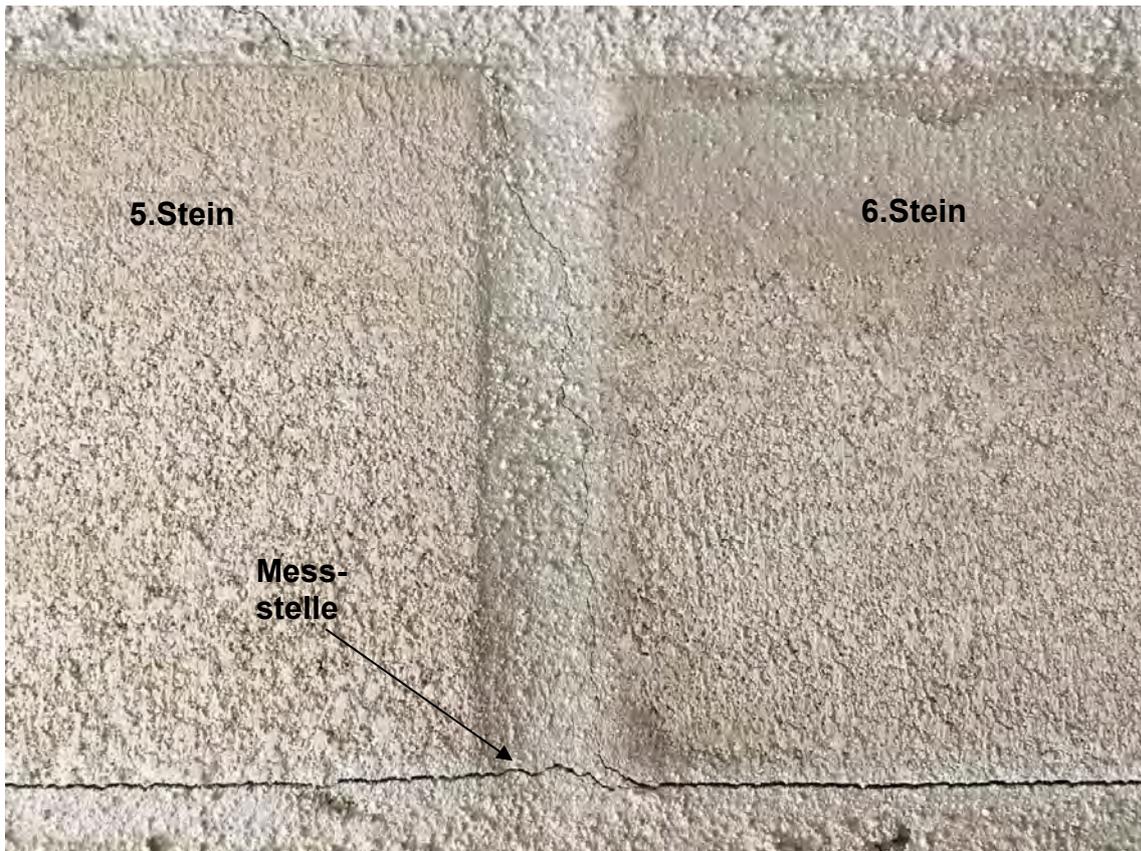
Anhang 3.4: B3; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,45 mm



Anhang 3.5: B3; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 3.6: B3; Riss Nr. 2.3; Rissweite: 0,05-0,1 mm



Anhang 3.7: B3; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm



Anhang 3.8: B3; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 3.9: B3; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,25 mm



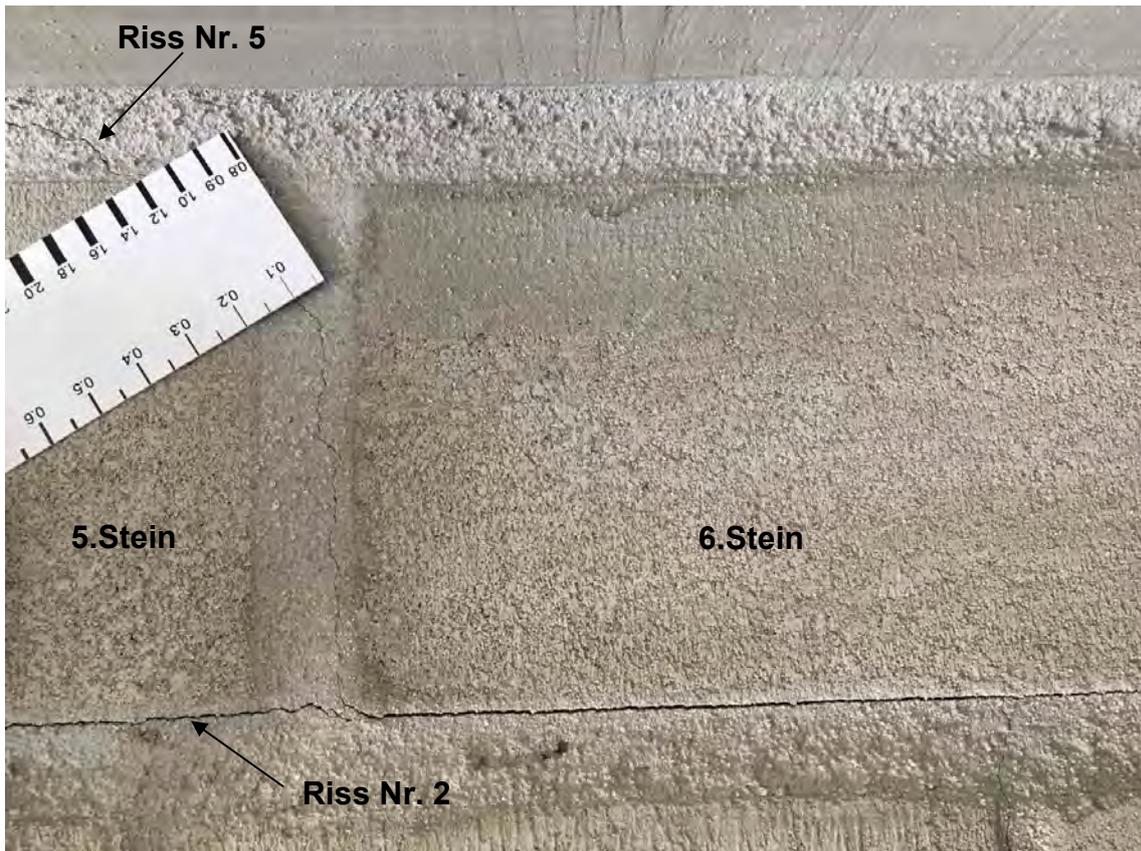
Anhang 3.10: B3; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



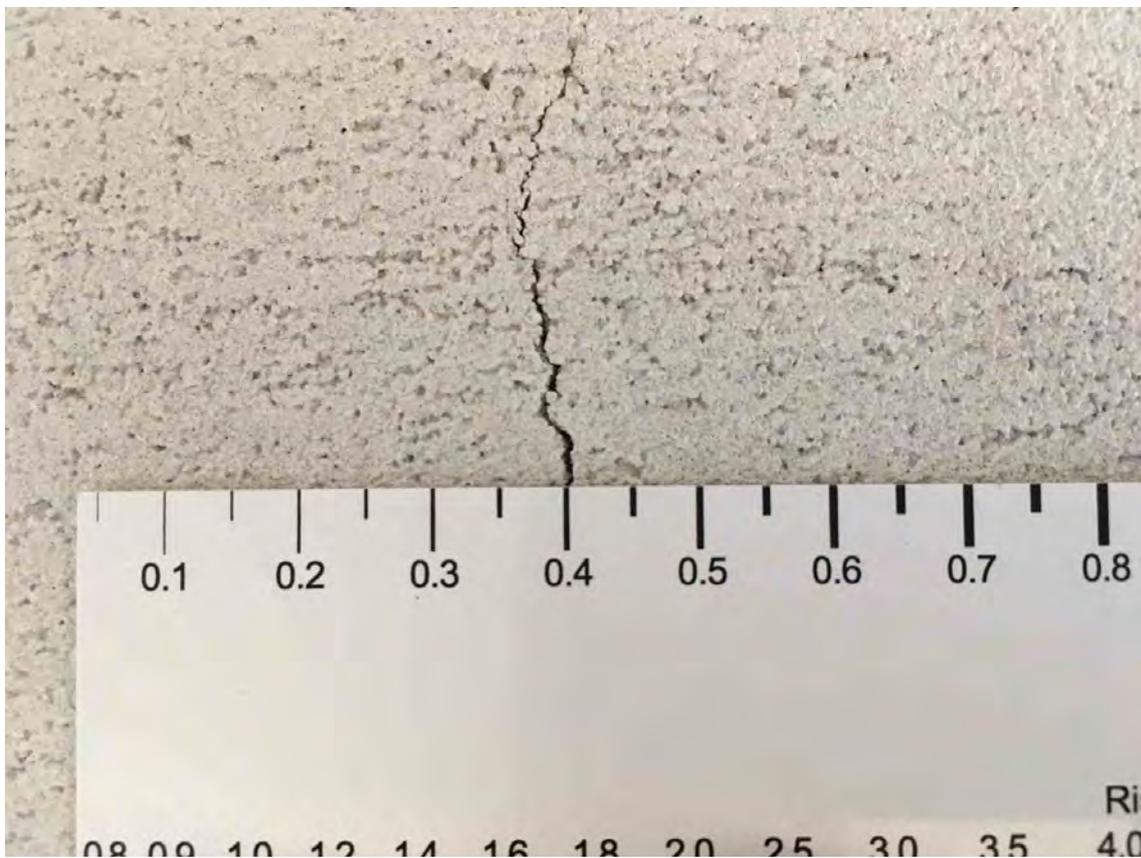
Anhang 3.11: B3; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 3.12: B3; Riss Nr. 5.1; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 3.13: B3; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,1 mm



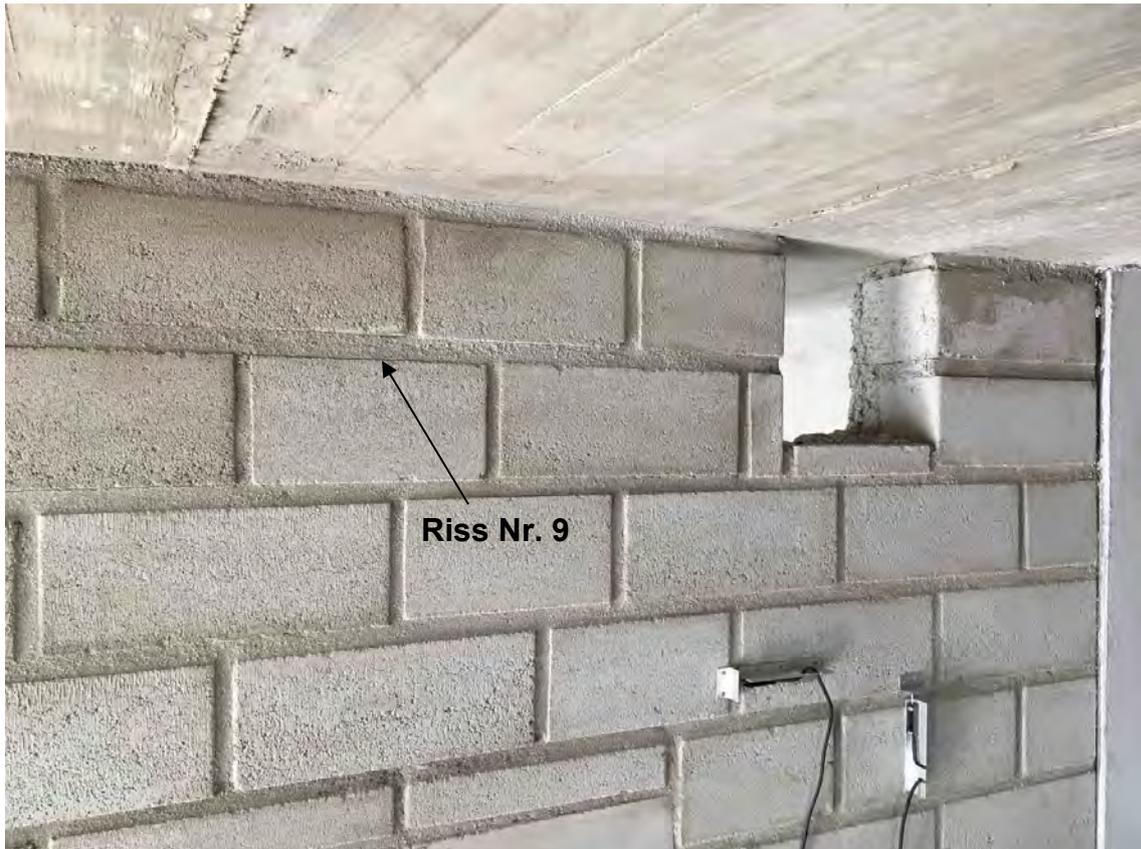
Anhang 3.14: B3; Riss Nr. 6.1; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 3.15: B3; Riss Nr. 6.2; Rissweite: 0,35 mm



Anhang 3.16: B3; Riss Nr. 8; Rissweite: 0,05 mm



Anhang 3.17: B3; Übersicht Riss Nr. 9



Anhang 3.18: B3; Riss Nr. 9; Rissweite: 0,3 mm

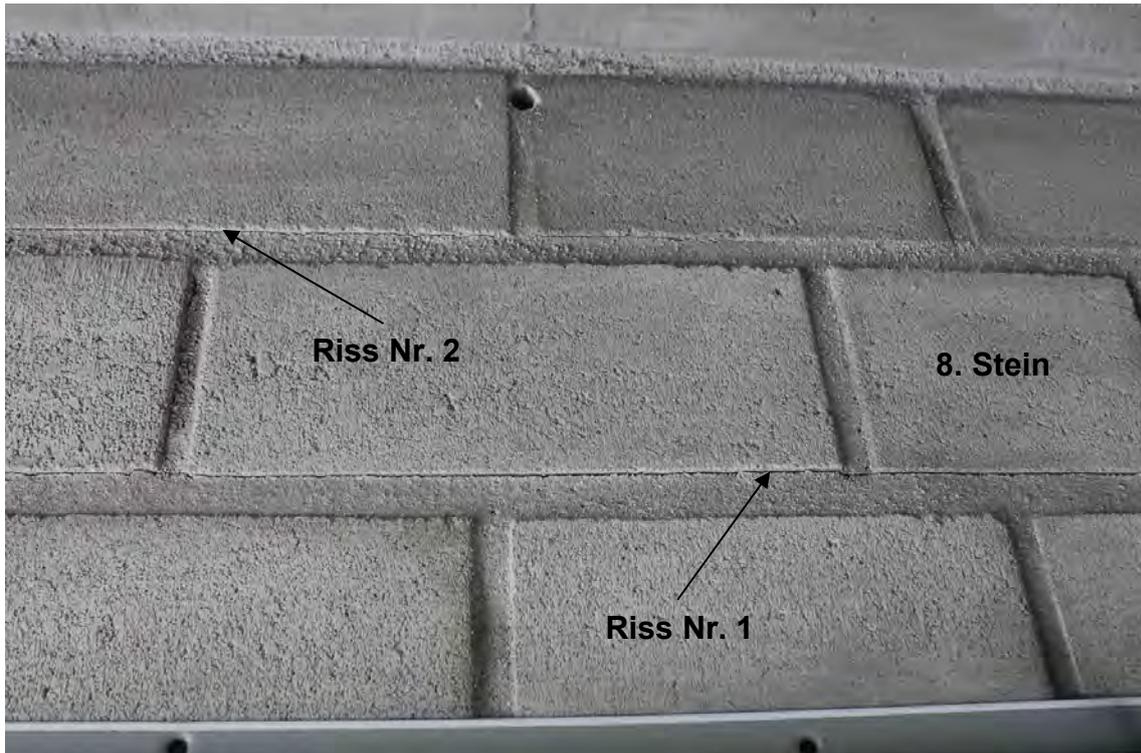
**Anhang 4: Bilder 4. Begutachtung**



Anhang 4.1: Begutachtung Nr. 4 (B4); Fertiger Fußboden (Estrich und Bodenbelag)



Anhang 4.2: B4; Abgehängte Decke im Flurbereich



Anhang 4.3: B4; Übersicht Risse Nr. 1 und Nr. 2



Anhang 4.4: B4; Übersicht Riss Nr. 1



Anhang 4.5: B4; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 0,8 mm



Anhang 4.6: B4; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,45 mm



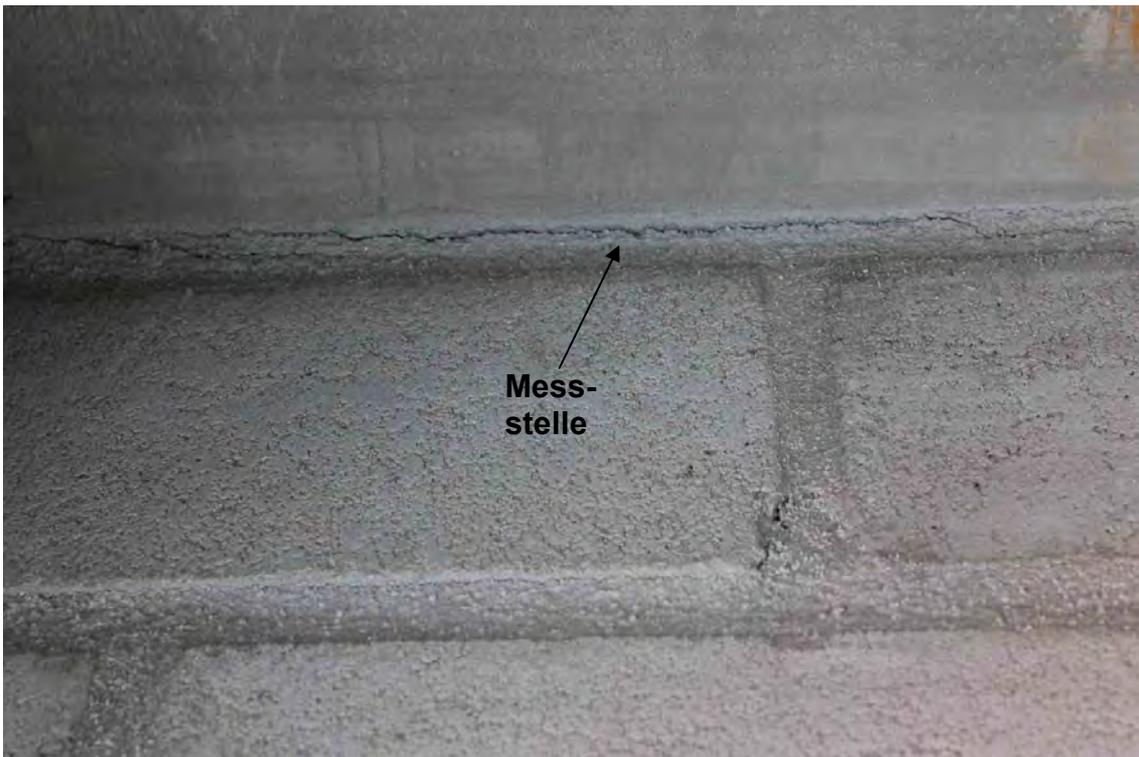
Anhang 4.7: B4; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,25 mm



Anhang 4.8: B4; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 4.9: B4; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm

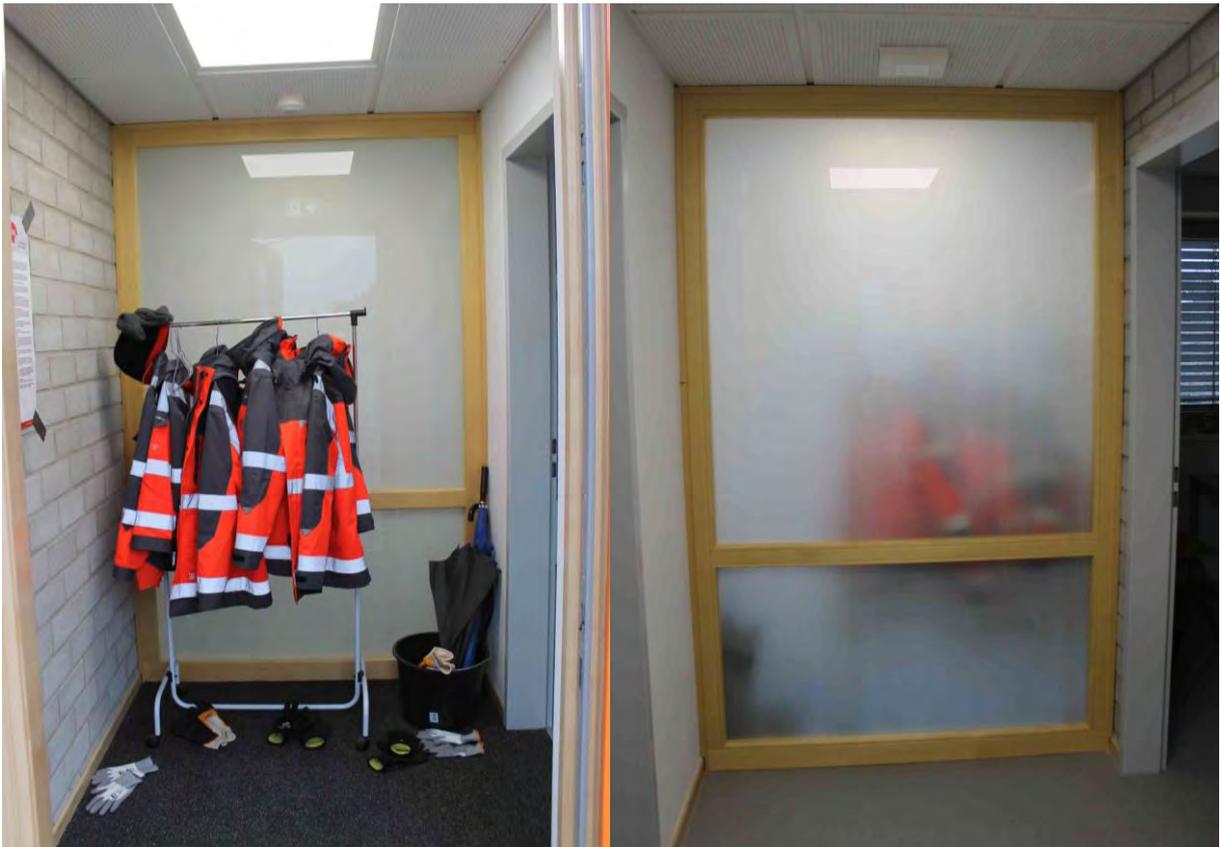


Anhang 4.10: B4; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,4 mm



Anhang 4.11: B4; Riss Nr. 9; Rissweite: 0,35 mm

**Anhang 5: Bilder 5. Begutachtung**



Anhang 5.1a: Begutachtung Nr. 5 (B5)  
Trennelement im Flur, Ansicht vom Eingang

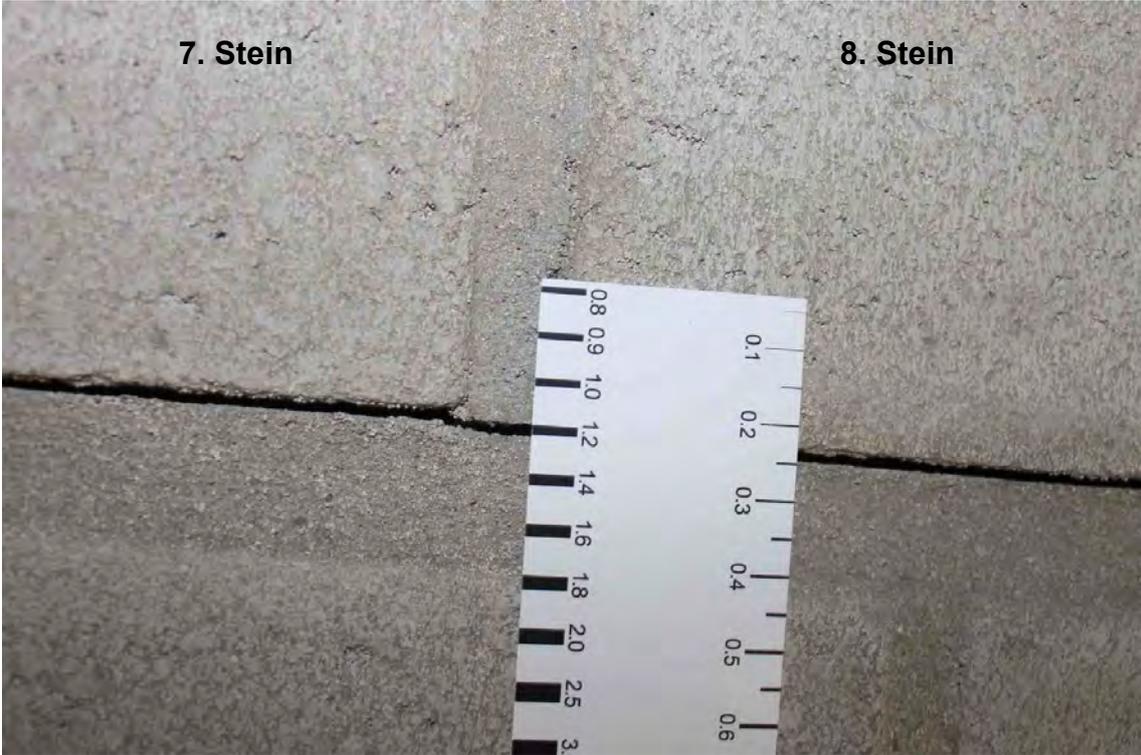
Anhang 5.1b: B5; Trennelement im Flur, An-  
sicht vom Sanitärraum



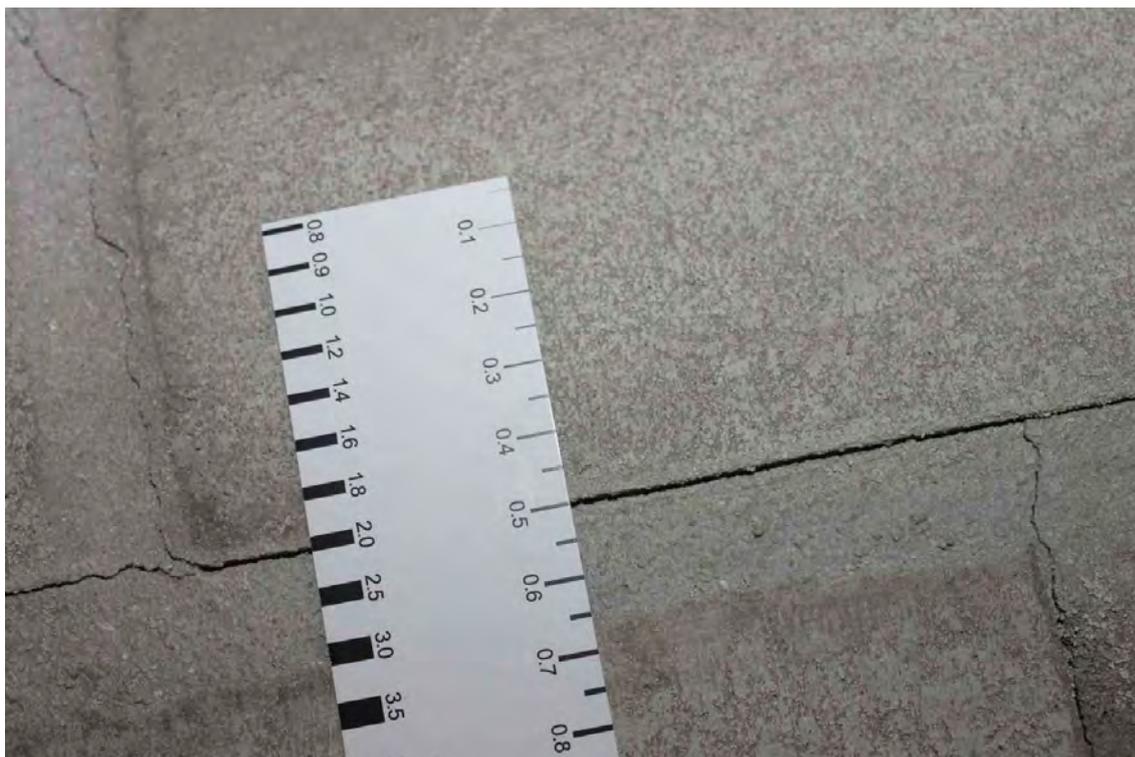
Anhang 5.2: B5; Übersicht Riss Nr. 1



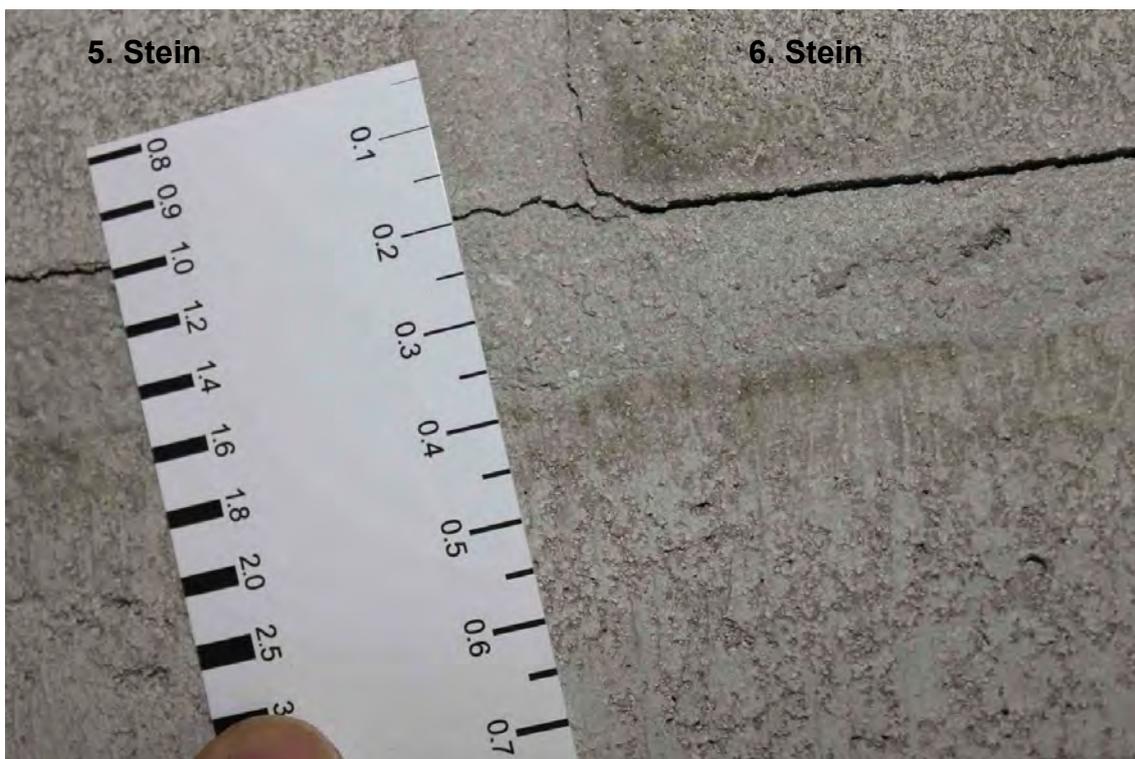
Anhang 5.3: B5; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,4 mm



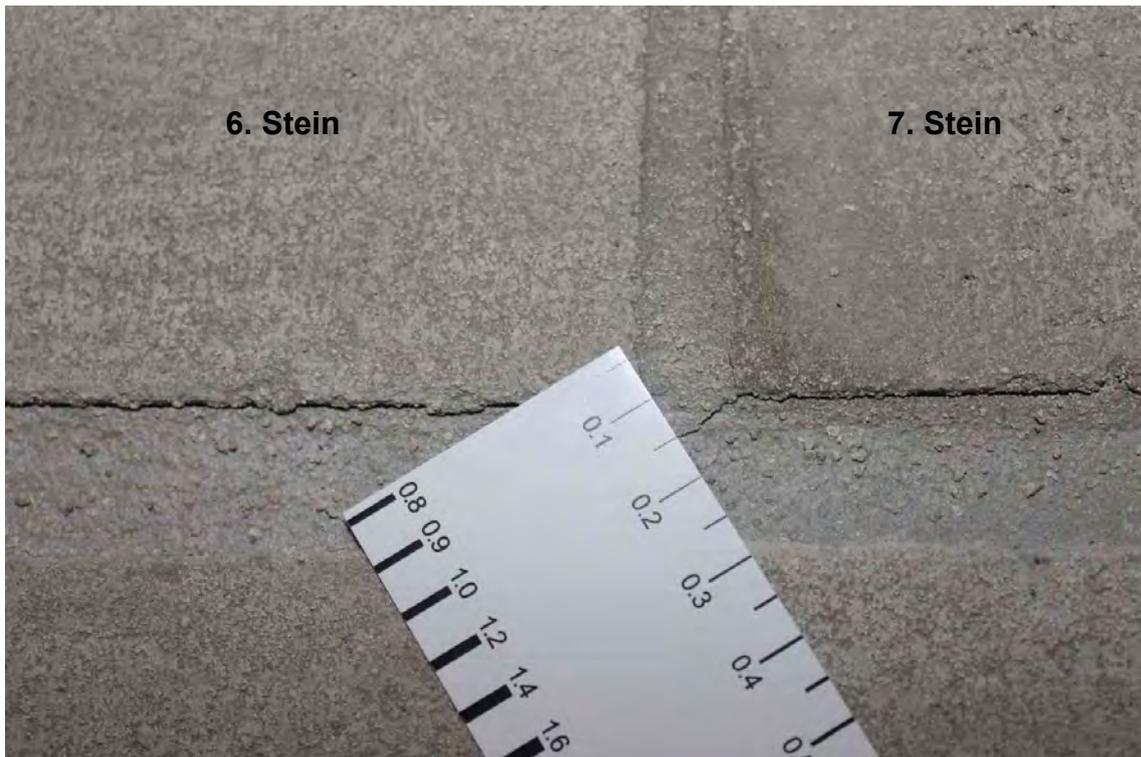
Anhang 5.4: B5; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2 mm



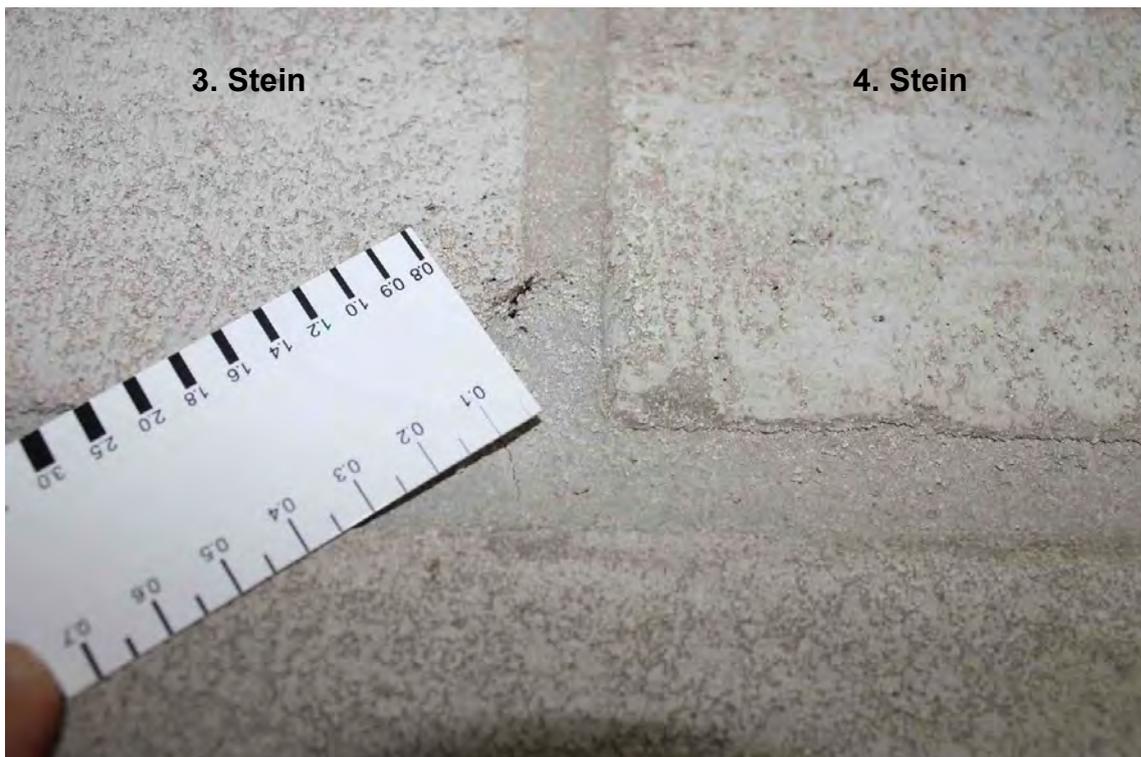
Anhang 5.5: B5; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,5 mm



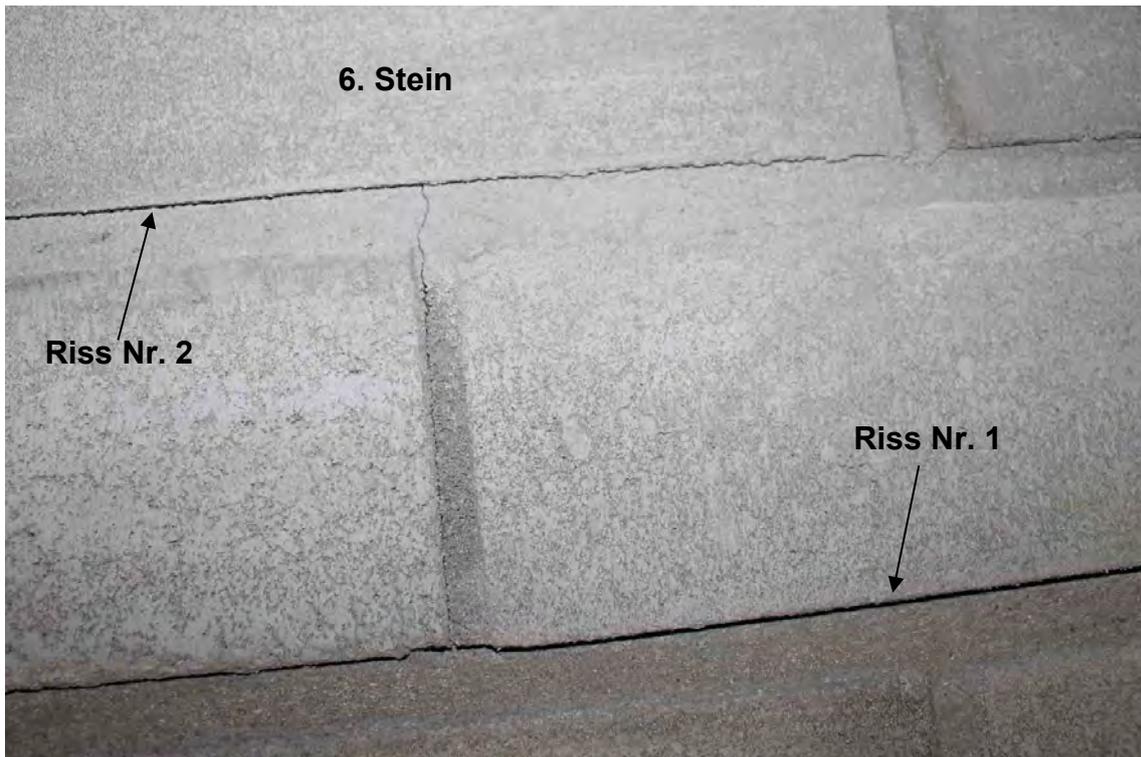
Anhang 5.6: B5; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 5.7: B5; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,15 mm



Anhang 5.8: B5; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 5.9: B5; Übersicht Riss Nr. 2.6



Anhang 5.10: B5; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 5.11: B5; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm



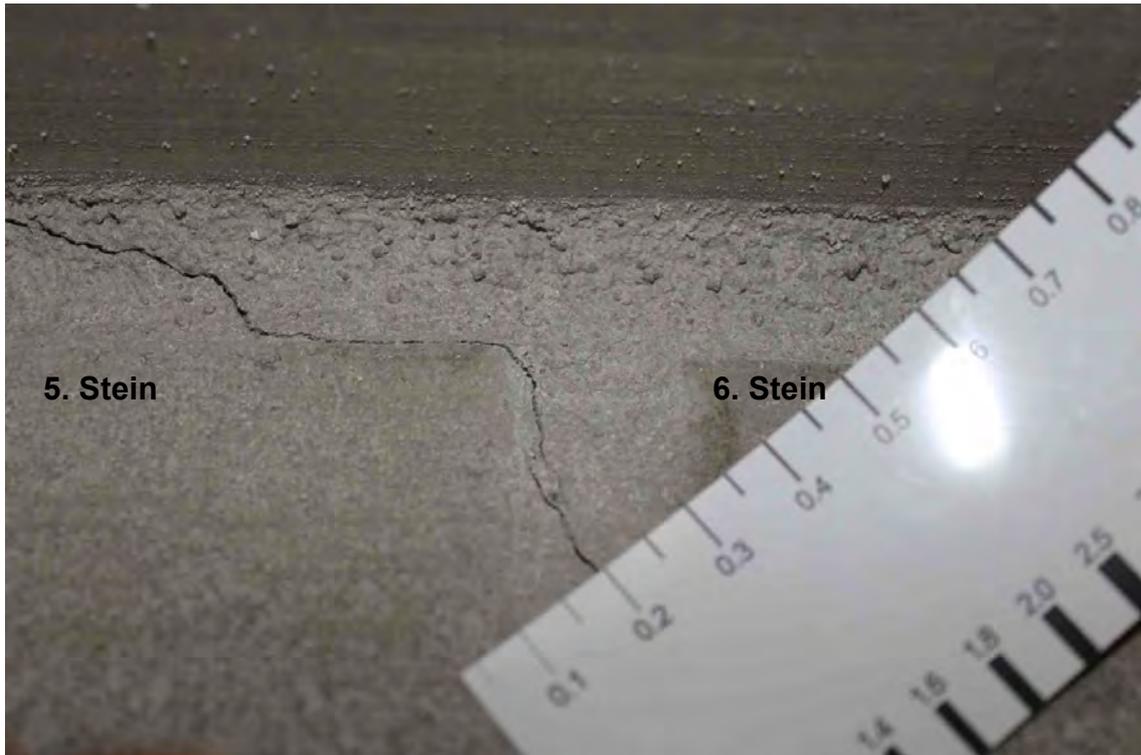
Anhang 5.12: B5; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 5.13: B5; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 5.14: B5; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,4 mm



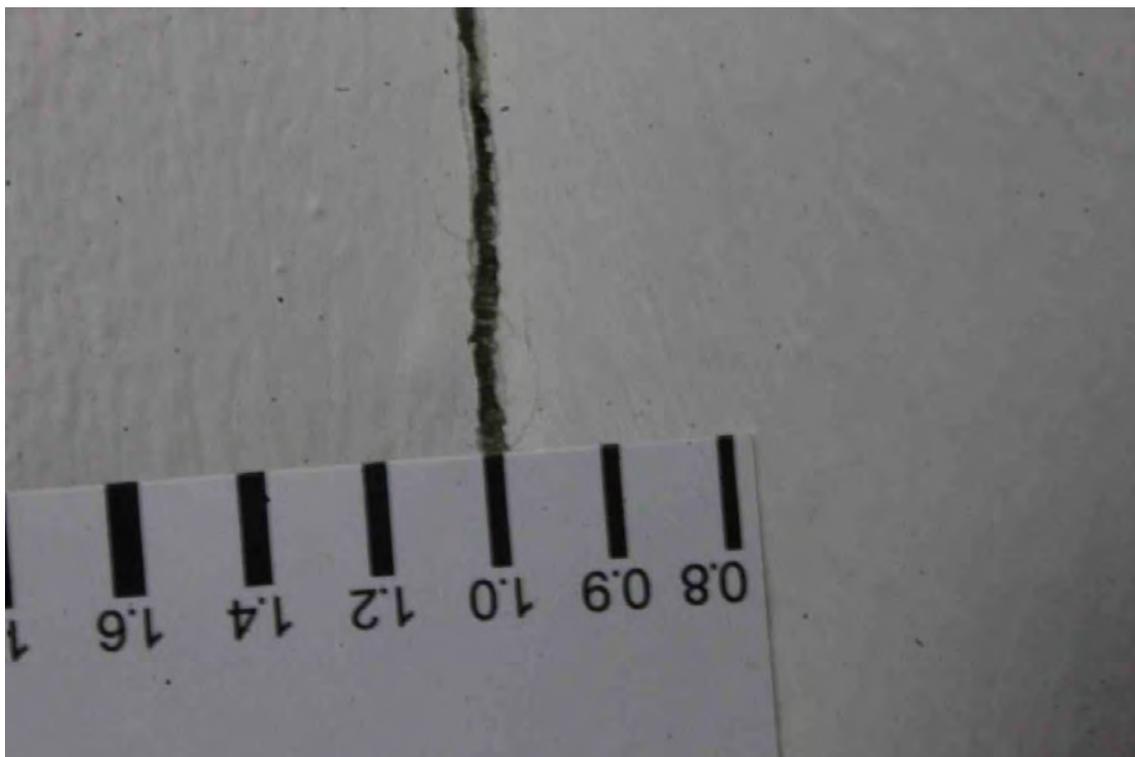
Anhang 5.15: B5; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 5.16: B5; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm



Anhang 5.17: B5; Übersicht Riss Nr. 10



Anhang 5.18: B5; Riss Nr. 10; Rissweite: max. 1,0 mm

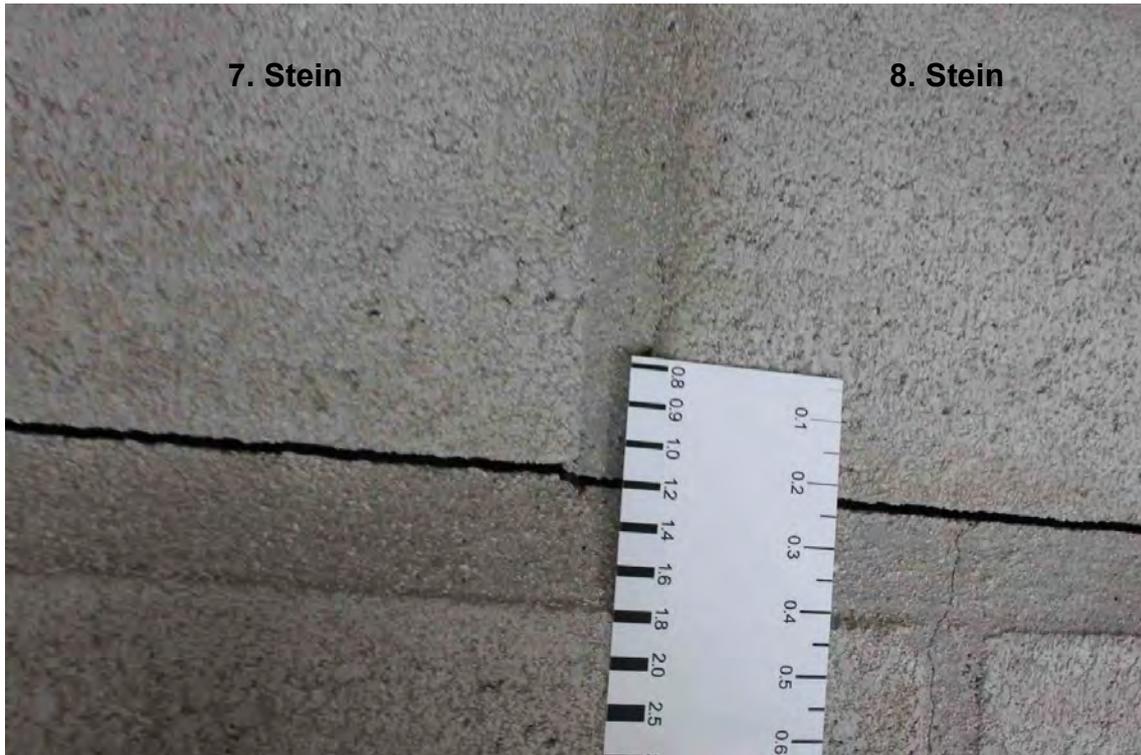
**Anhang 6: Bilder 6. Begutachtung**



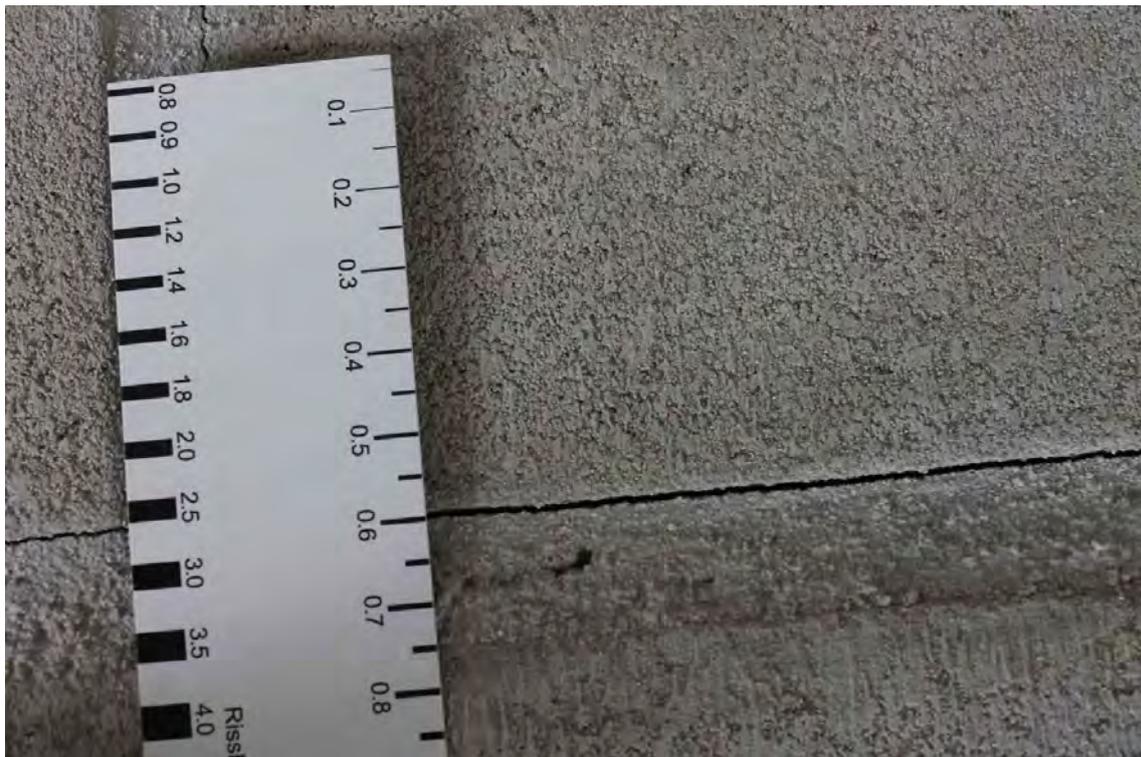
Anhang 6.1: Begutachtung Nr. 6 (B6); Übersicht Riss Nr. 1



Anhang 6.2: B6; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,4-1,5 mm



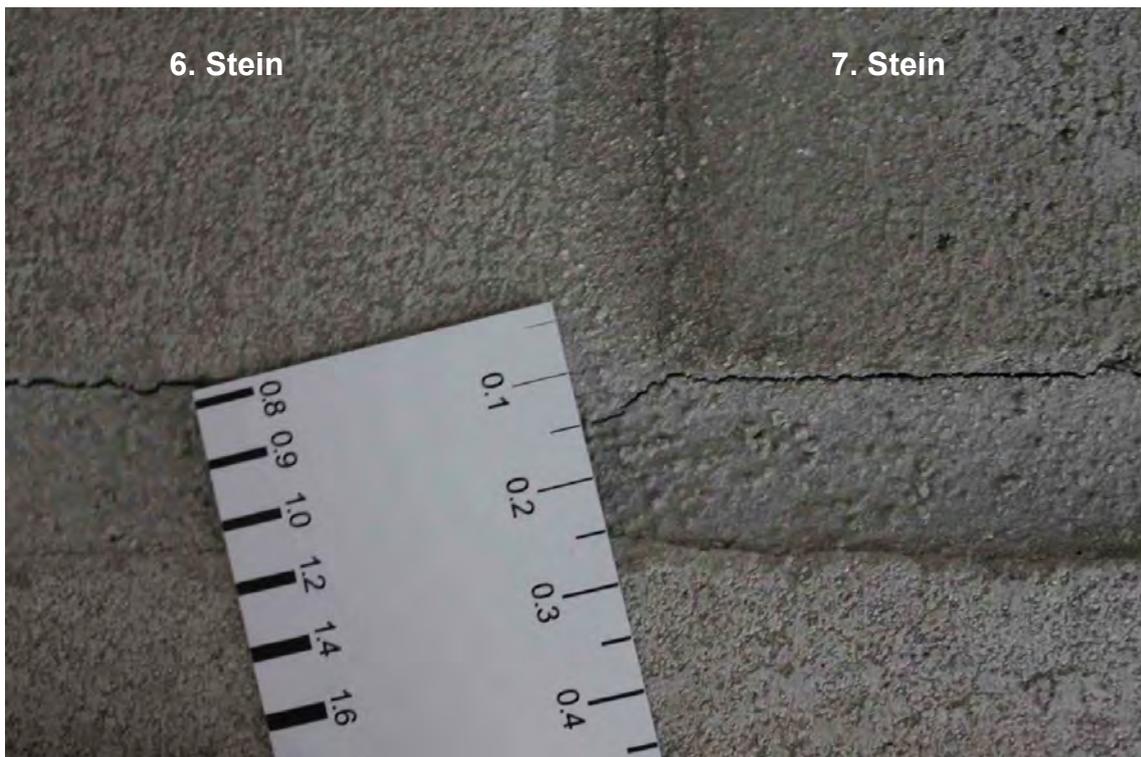
Anhang 6.3: B6; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2 mm



Anhang 6.4: B6; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,6 mm



Anhang 6.5: B6; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm



Anhang 6.6: B6; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,15 mm



Anhang 6.7: B6; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 6.8: B6; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,25 mm



Anhang 6.9: B6; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm



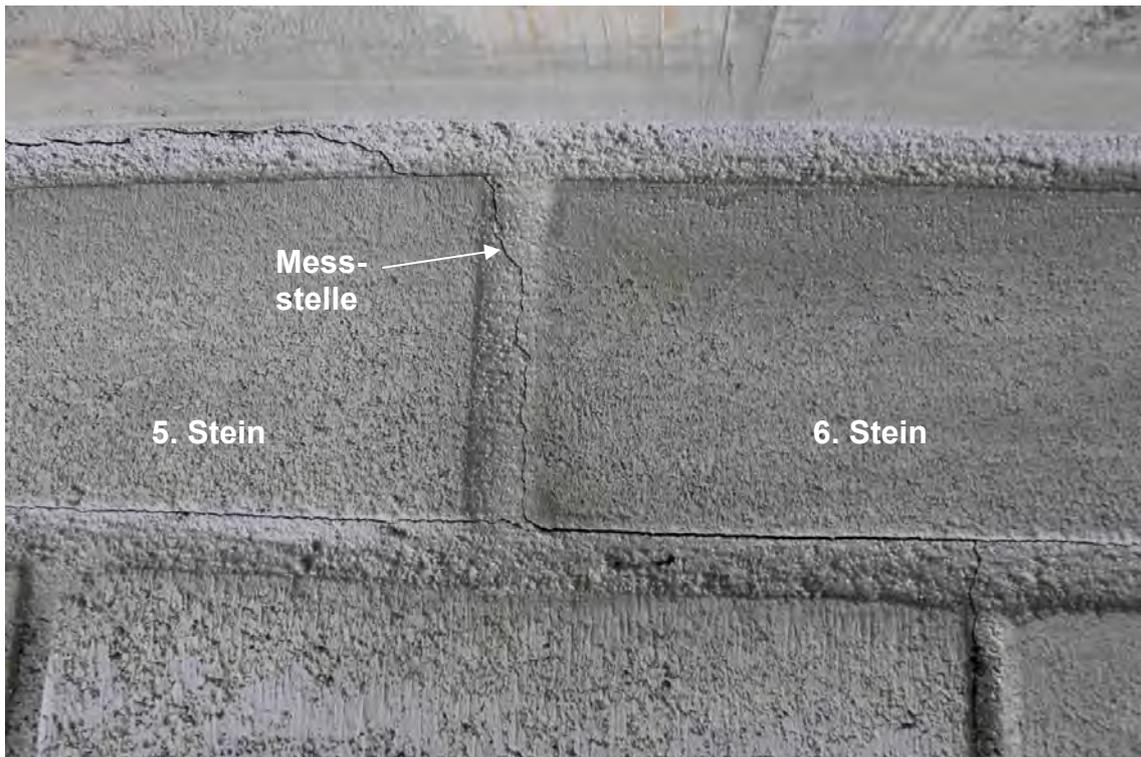
Anhang 6.10: B6; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



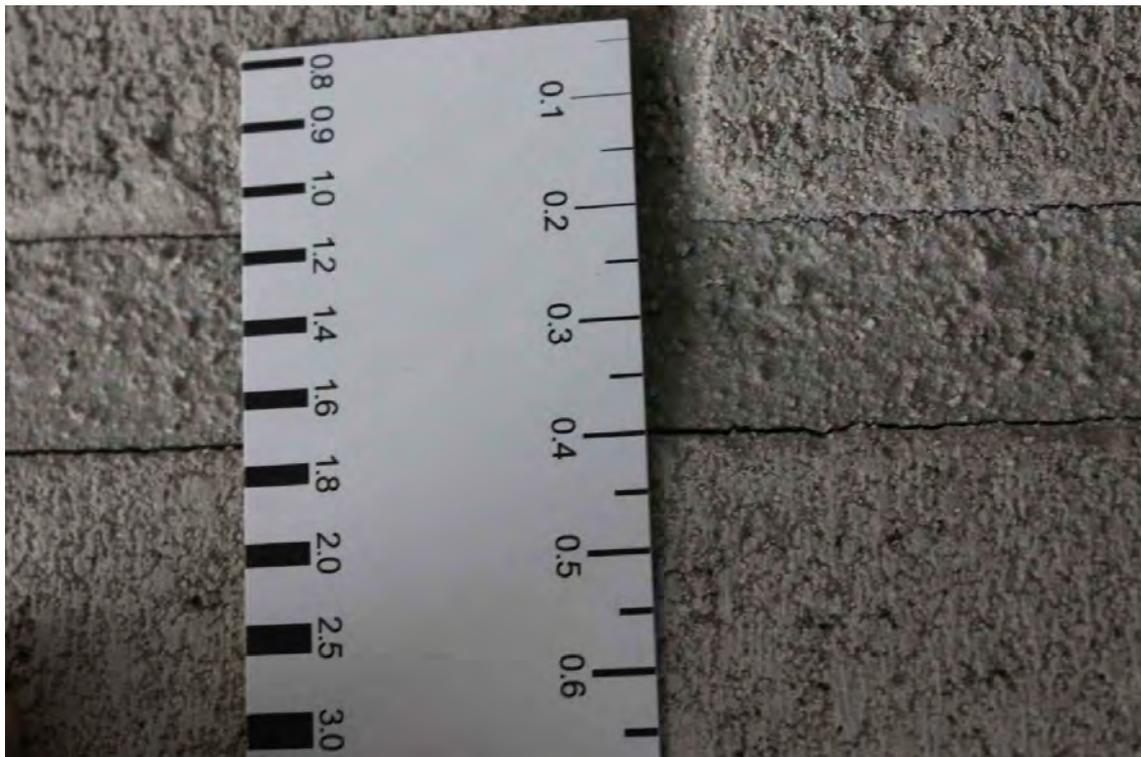
Anhang 6.11: B6; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm



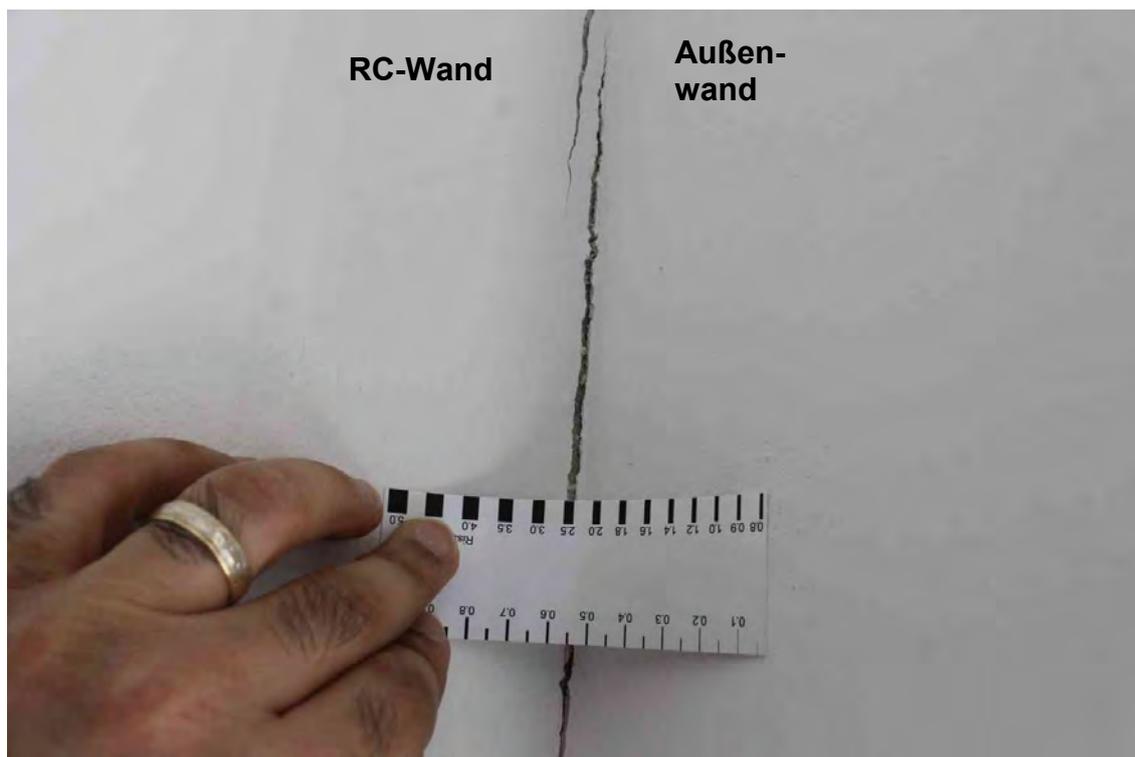
Anhang 6.12: B6; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,6 mm



Anhang 6.13: B6; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,2-0,3 mm



Anhang 6.14: B6; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm



Anhang 6.15: B6; Riss Nr. 10; Rissweite: zw. 2,0 und 2,5 mm



Anhang 6.16: B6; Übersicht Riss Nr. 11.1



Anhang 6.17: B6; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 6.18: B6; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,2 mm



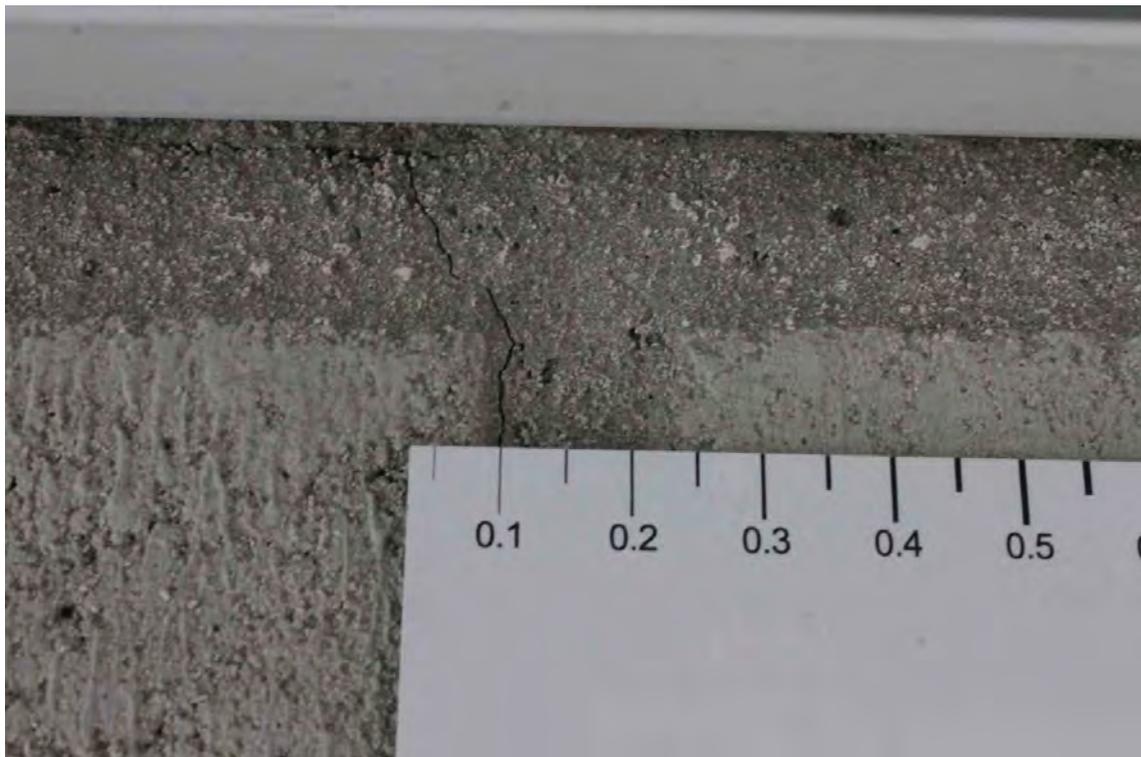
Anhang 6.19: B6; Riss Nr. 11.3; Rissweite: 0,05 mm



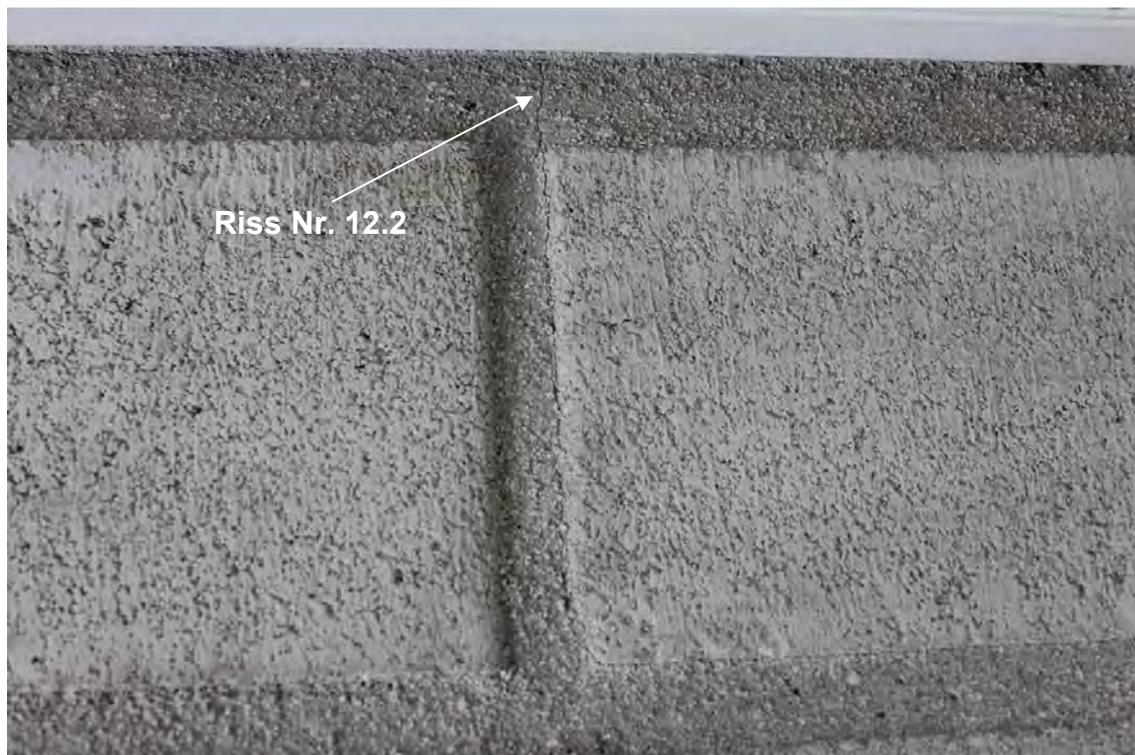
Anhang 6.20: B6; Riss Nr. 11.4; Rissweite: 0,15-0,2 mm



Anhang 6.21: B6; Übersicht Riss Nr. 12.1



Anhang 6.22: B6; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 6.23: B6; Übersicht Riss Nr. 12.2



Anhang 6.24: B6; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,05-0,1 mm

**Anhang 7: Bilder 7. Begutachtung**



Anhang 7.1: Begutachtung Nr. 7 (B7); Übersicht Riss Nr. 1



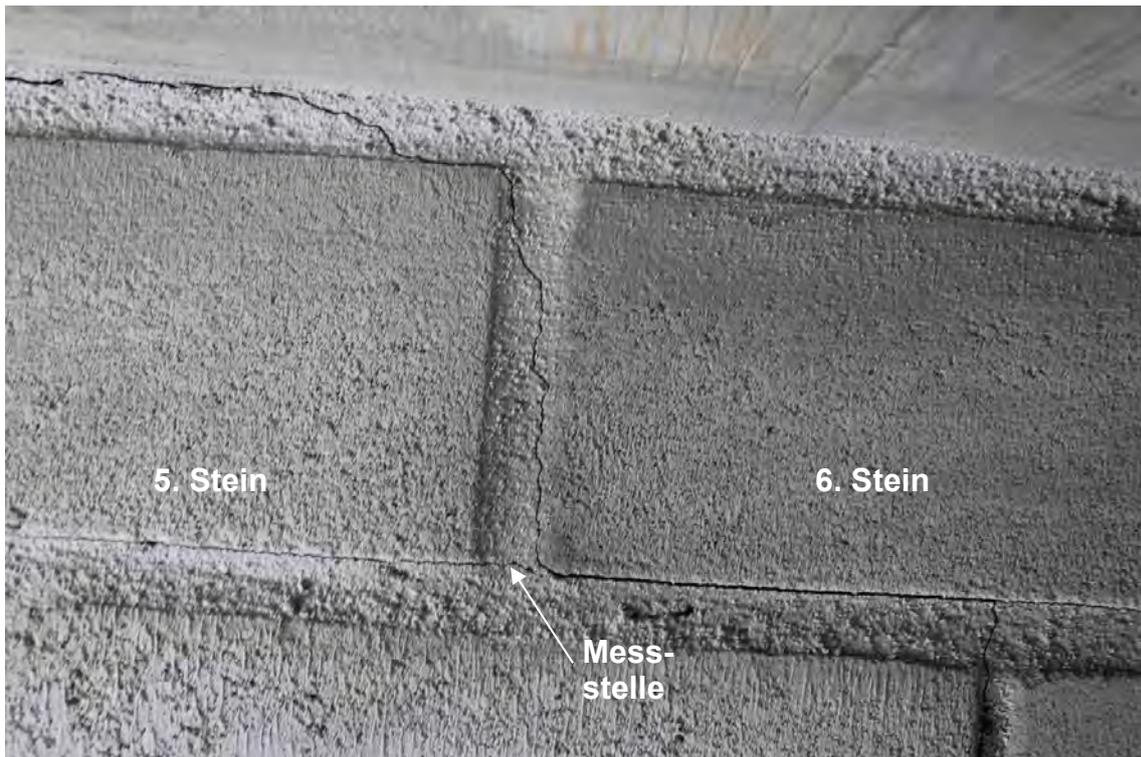
Anhang 7.2: B7; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm



Anhang 7.3: B7; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,4 mm



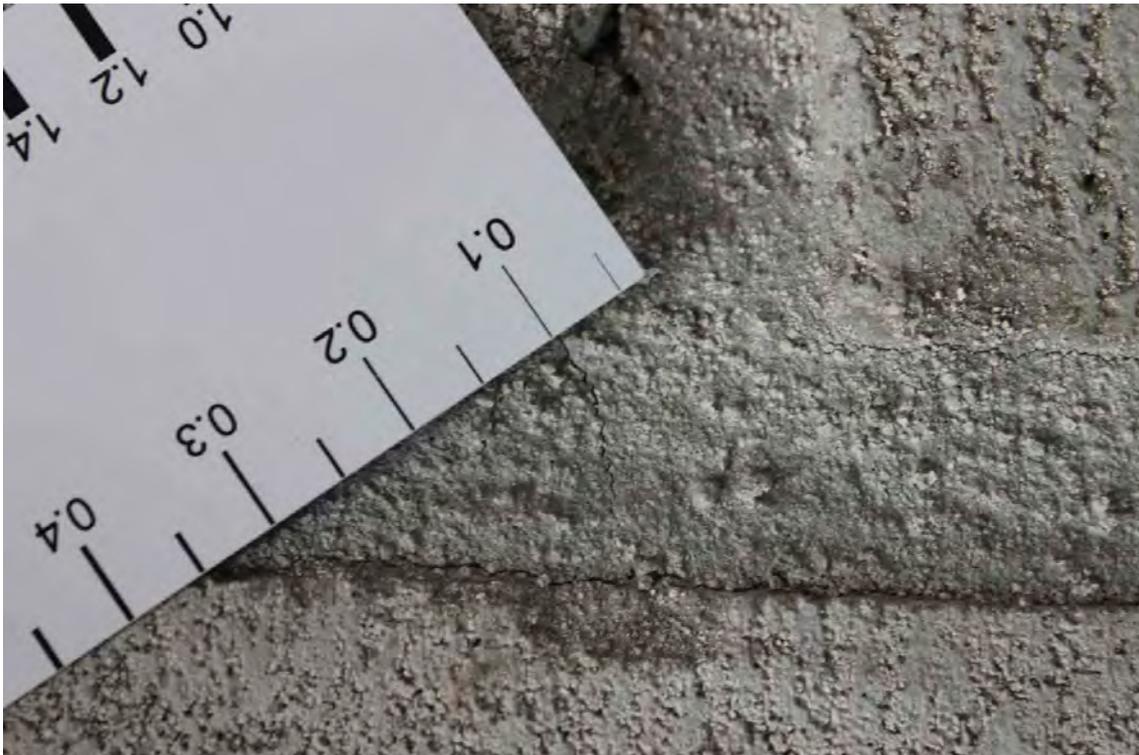
Anhang 7.4: B7; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,6 mm



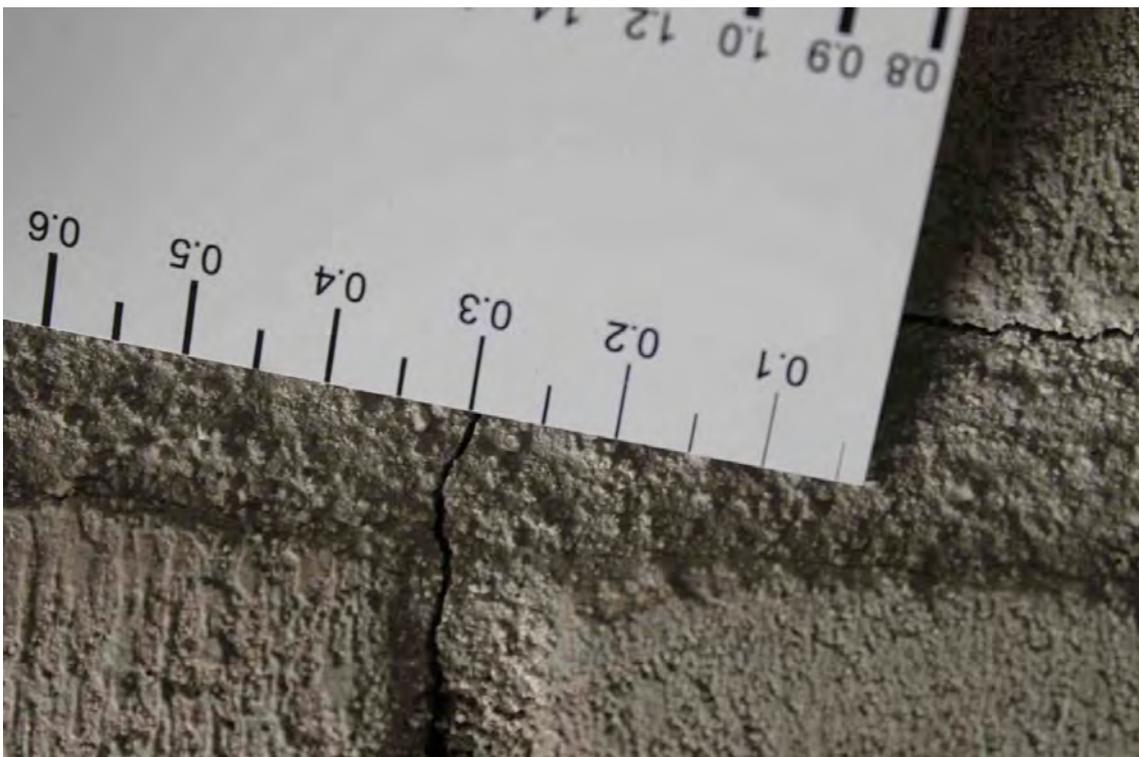
Anhang 7.5: B7; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,25 mm



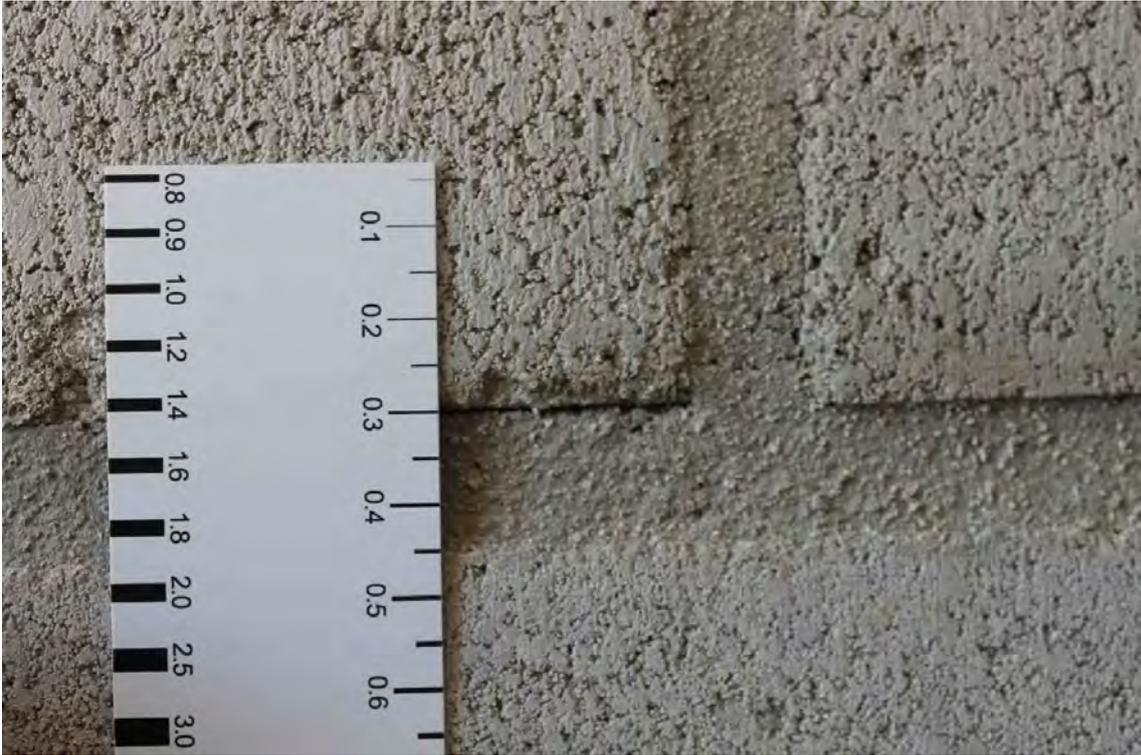
Anhang 7.6: B7; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,15 mm



Anhang 7.7: B7; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 7.8: B7; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,3 mm



Anhang 7.9: B7; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm



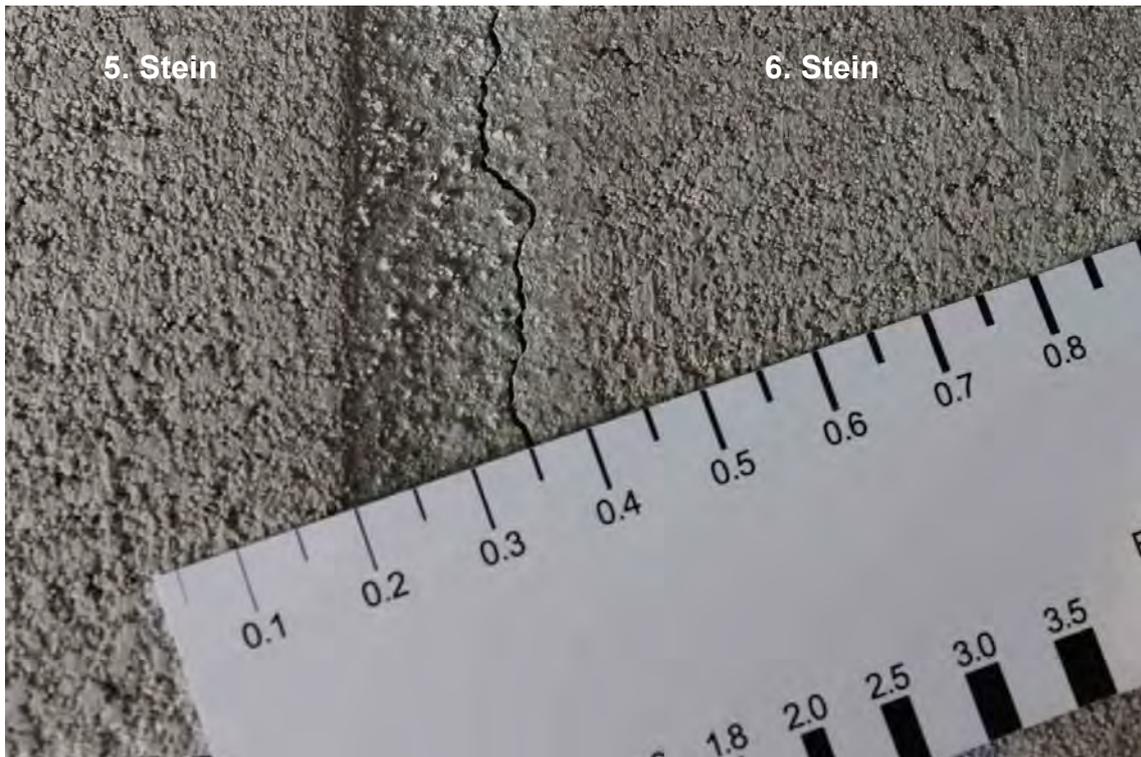
Anhang 7.10: B7; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



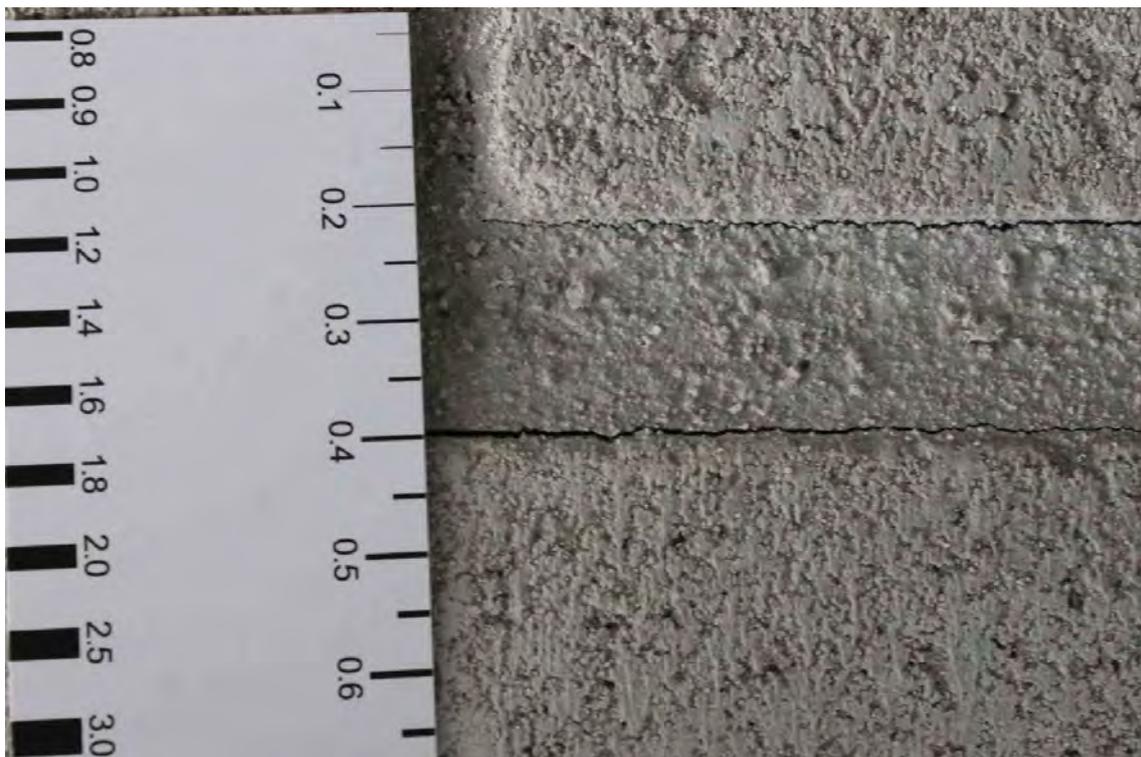
Anhang 7.11: B7; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm



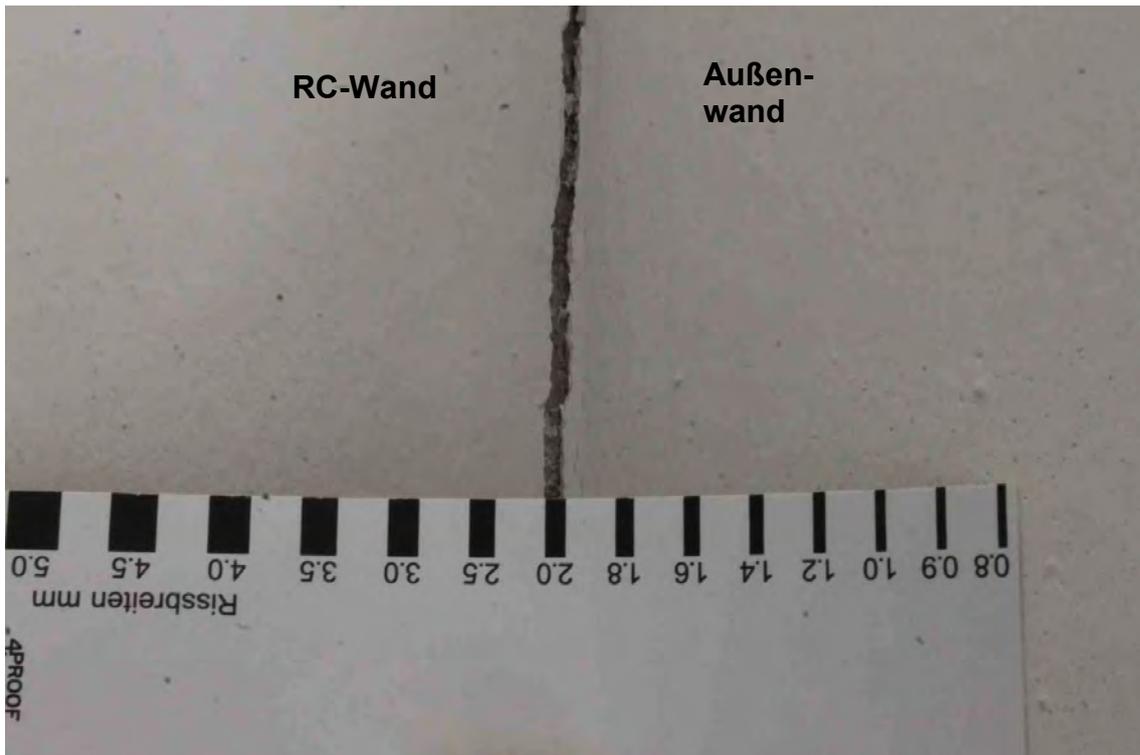
Anhang 7.12: B7; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,7 mm



Anhang 7.13: B7; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,35 mm



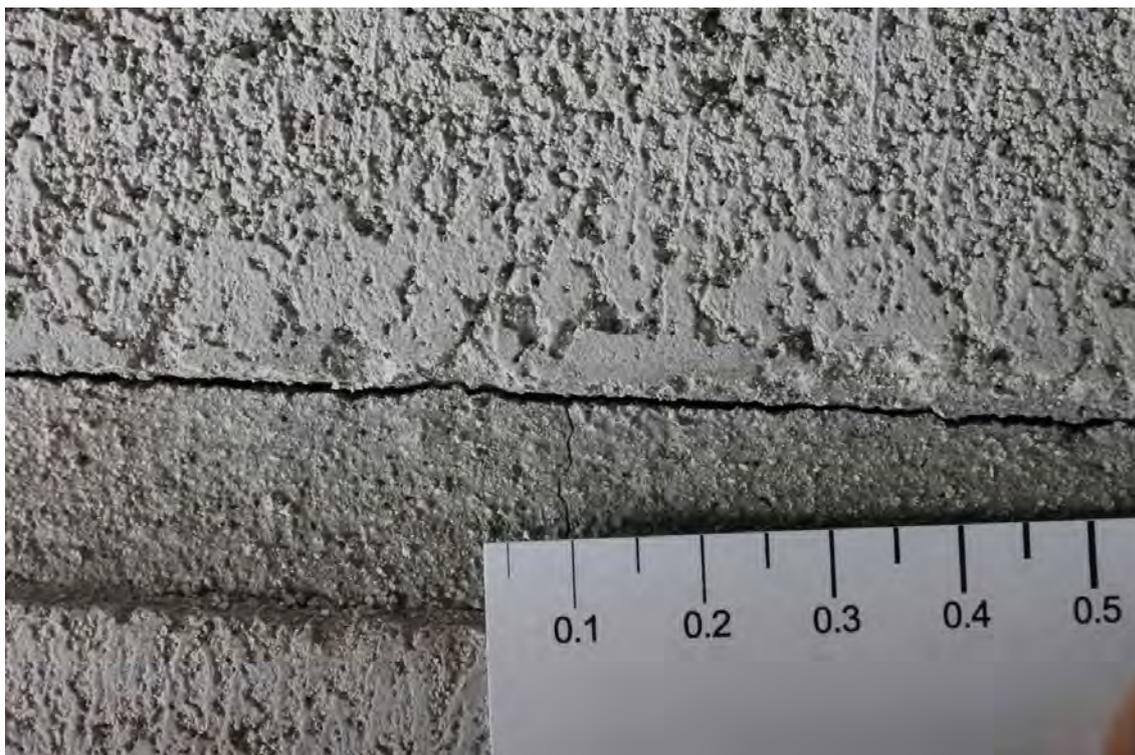
Anhang 7.14: B7; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm



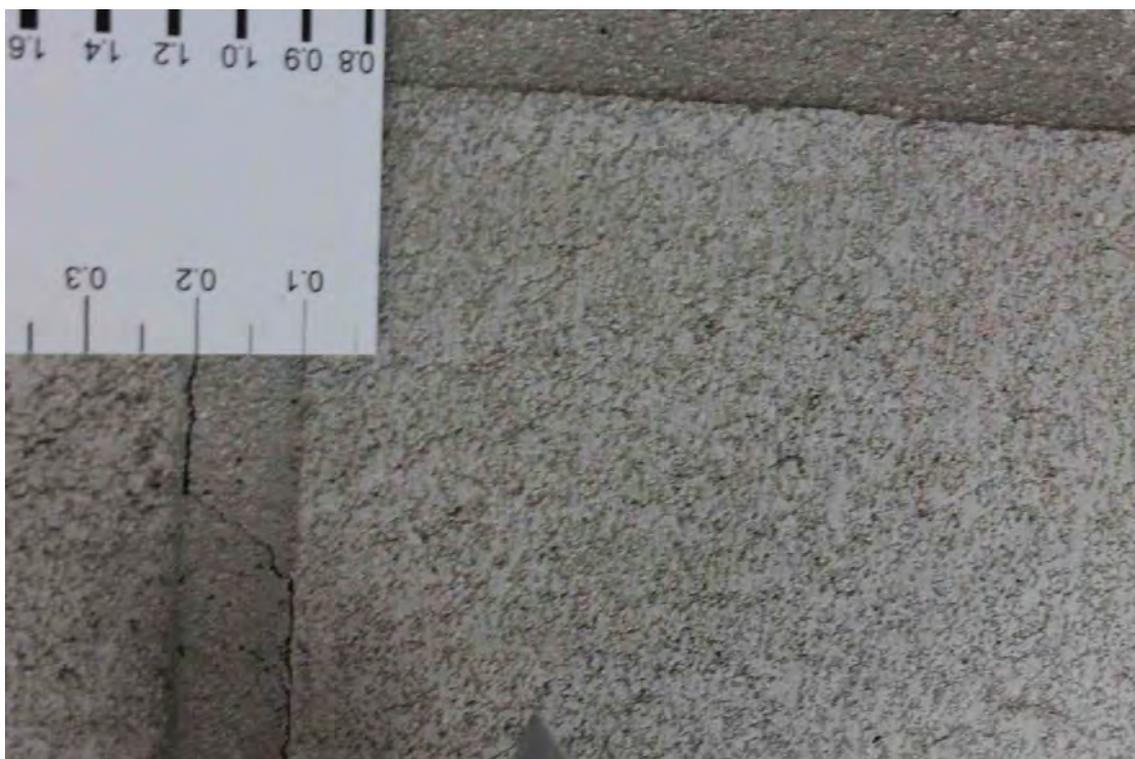
Anhang 7.15: B7; Riss Nr. 10; Rissweite: 2,0 mm



Anhang 7.16: B7; Übersicht Riss Nr. 11.1



Anhang 7.17: B7; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 7.18: B7; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,2 mm



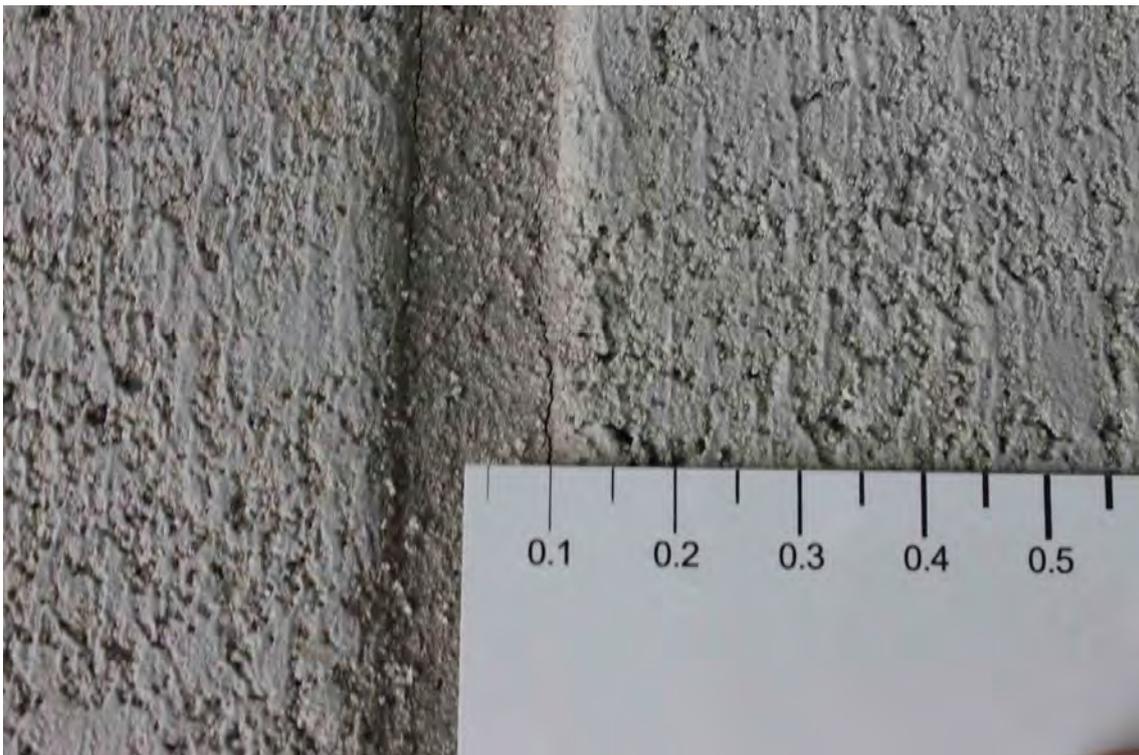
Anhang 7.19: B7; Riss Nr. 11.3; Rissweite: 0,05 mm



Anhang 7.20: B7; Riss Nr. 11.4; Rissweite: max. 0,2 mm



Anhang 7.21: B7; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,05-0,1 mm

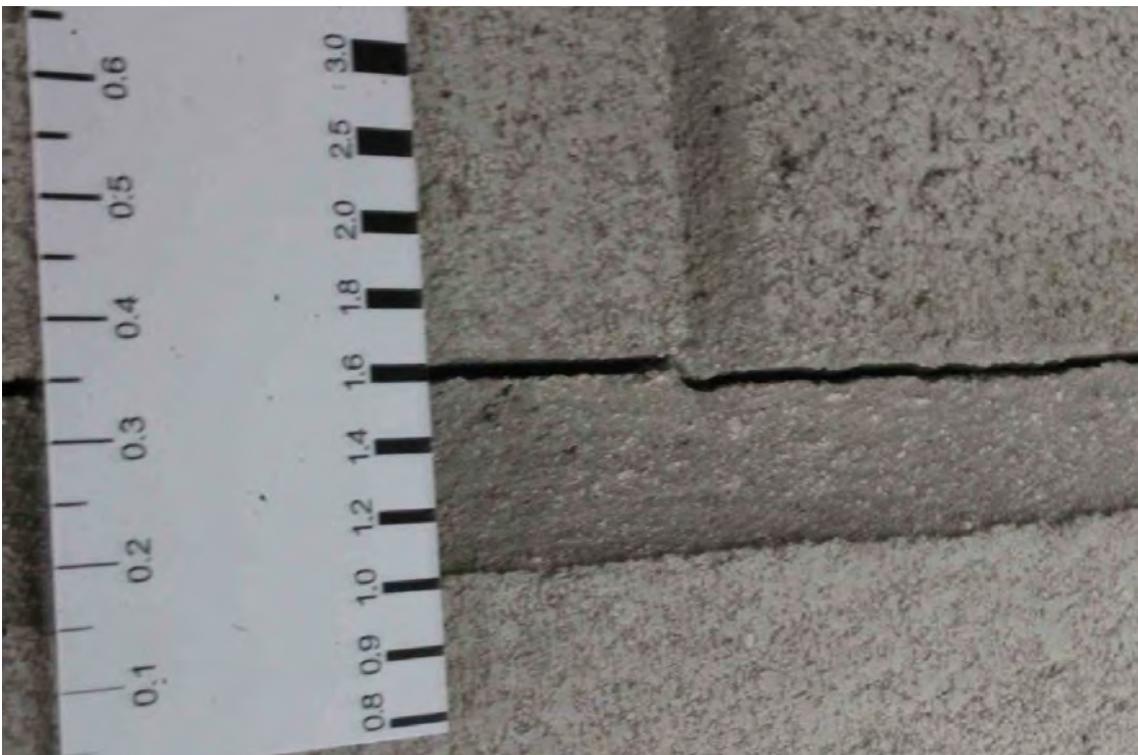


Anhang 7.22: B7; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,05-0,1 mm

**Anhang 8: Bilder 8. Begutachtung**



Anhang 8.1: Begutachtung Nr. 8 (B8); Übersicht Riss Nr. 1



Anhang 8.2: B8; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm



Anhang 8.3: B8; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2 mm



Anhang 8.4: B8; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,65 mm



Anhang 8.5: B8; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 8.6: B8; Riss Nr. 2.5; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 8.7: B8; Riss Nr. 2.2; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 8.8: B8; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 8.9: B8; Riss Nr. 3.1; Rissweite: 0,3 mm



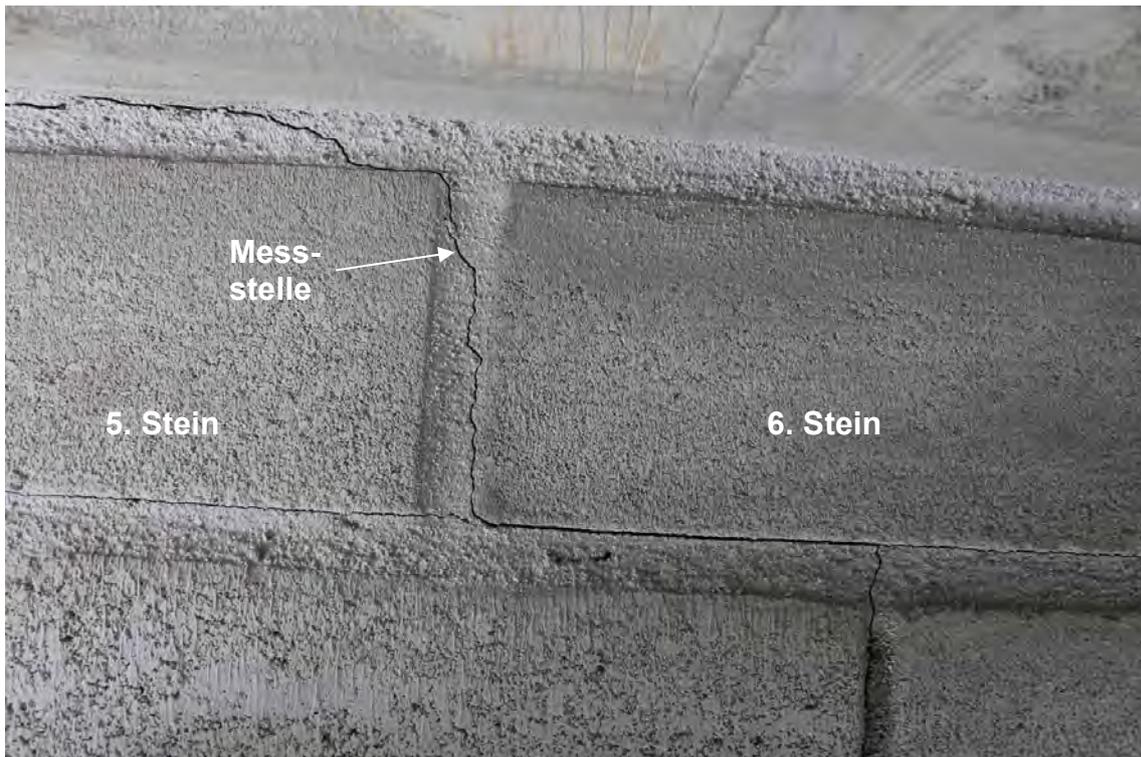
Anhang 7.10: B7; Riss Nr. 3.2; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 8.11: B8; Riss Nr. 4; Rissweite: 0,1 mm



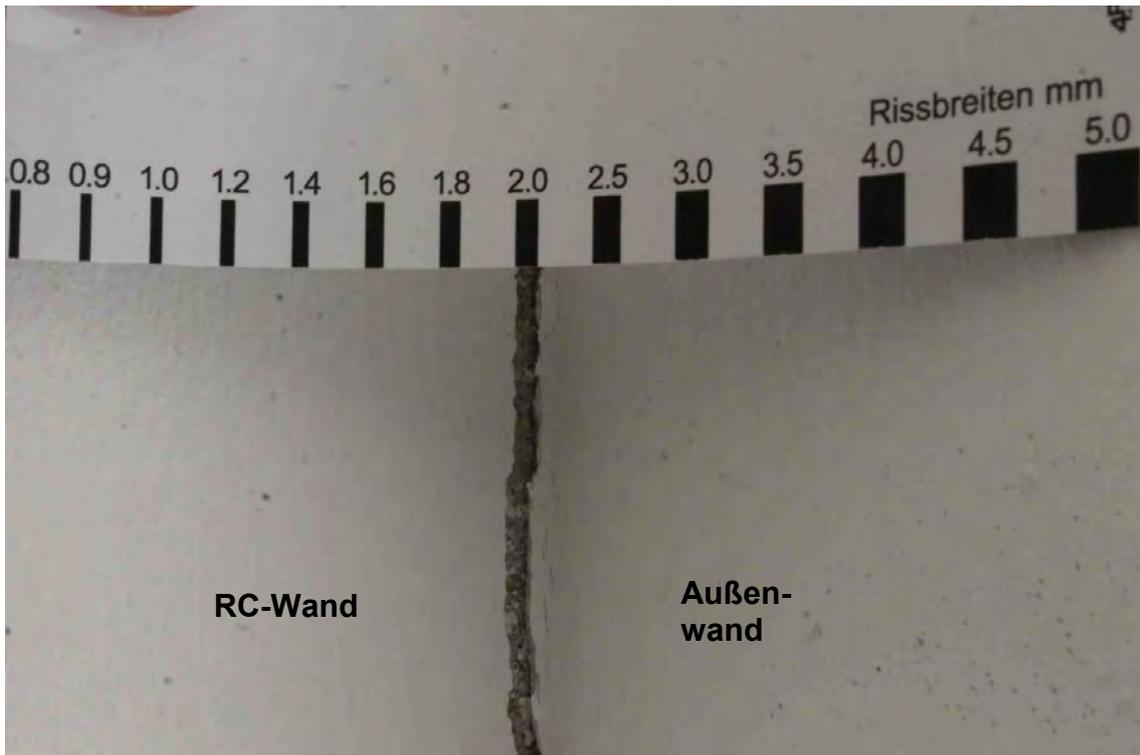
Anhang 8.12: B8; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 0,8 mm



Anhang 8.13: B8; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,4 mm



Anhang 8.14: B8; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,4 mm



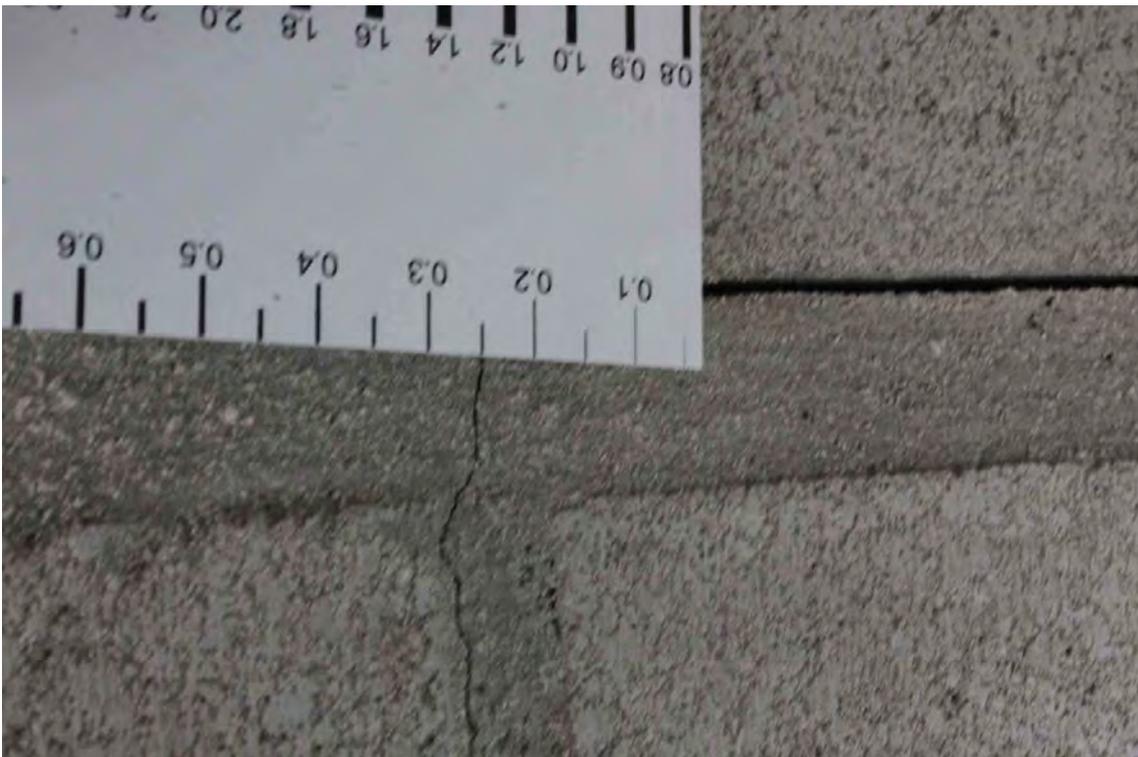
Anhang 8.15: B8; Riss Nr. 10; Rissweite: 2,0 mm



Anhang 8.16: B8; Übersicht Riss Nr. 11.1



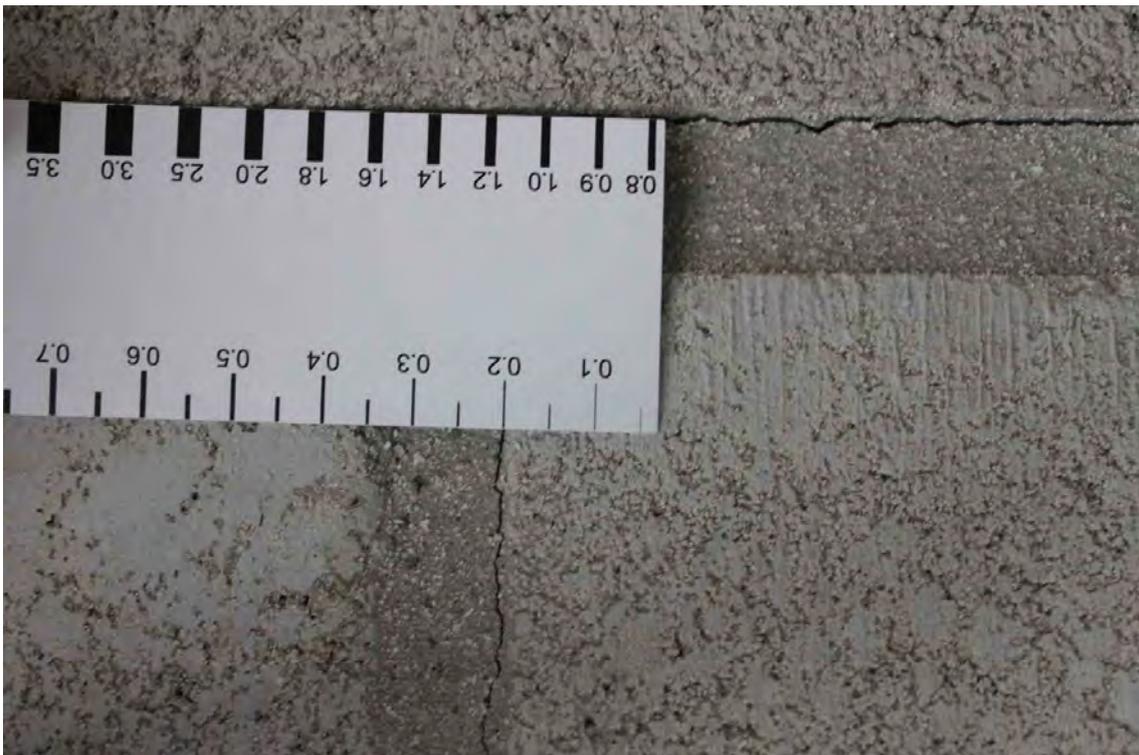
Anhang 8.17: B8; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm



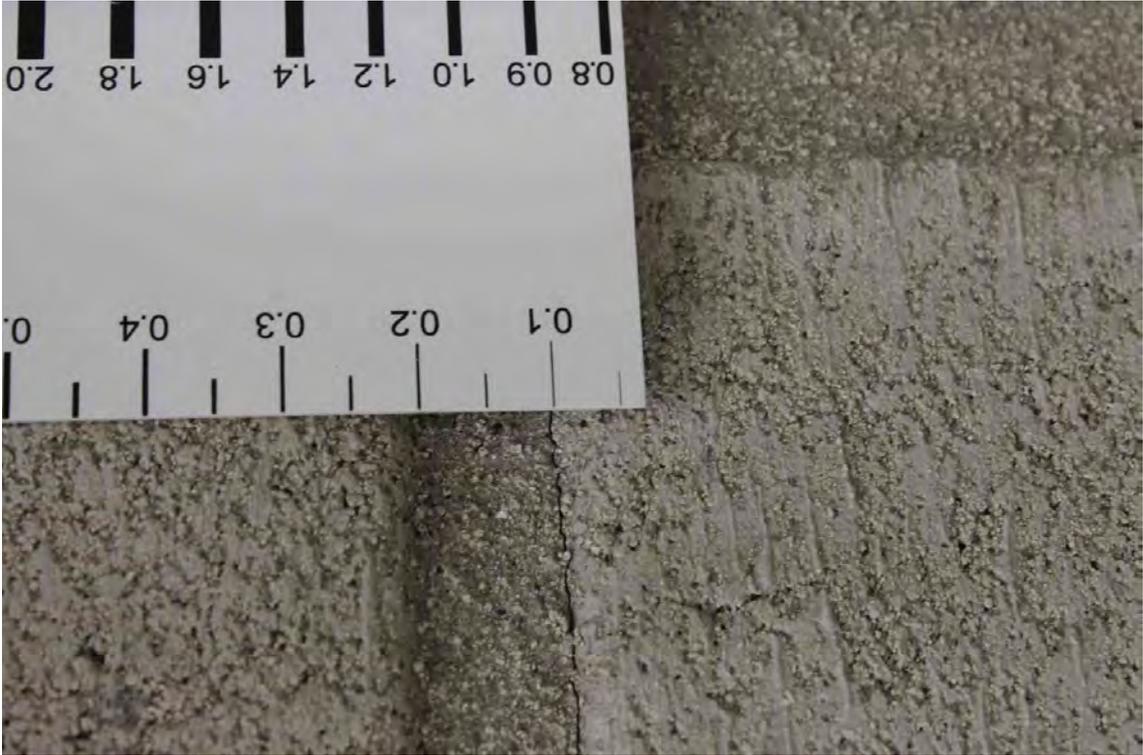
Anhang 8.18: B8; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,25 mm



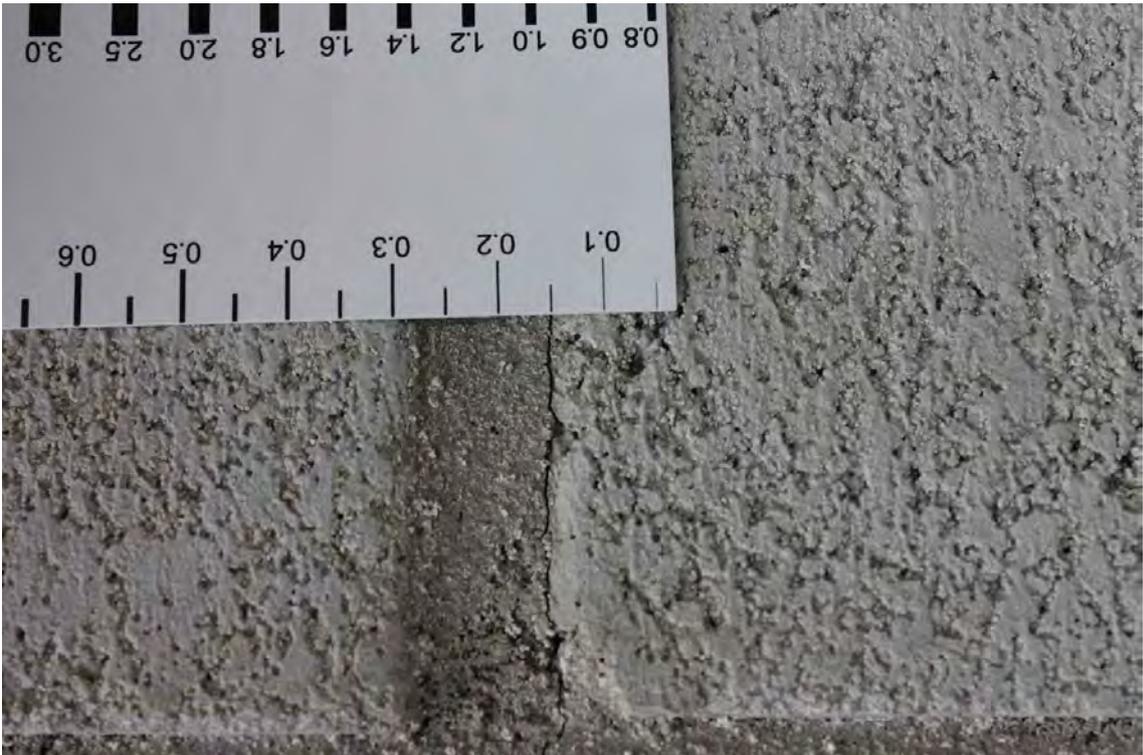
Anhang 8.19: B8; Riss Nr. 11.3; Rissweite: 0,05 mm



Anhang 8.20: B8; Riss Nr. 11.4; Rissweite: max. 0,2 mm



Anhang 8.21: B8; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,1 mm

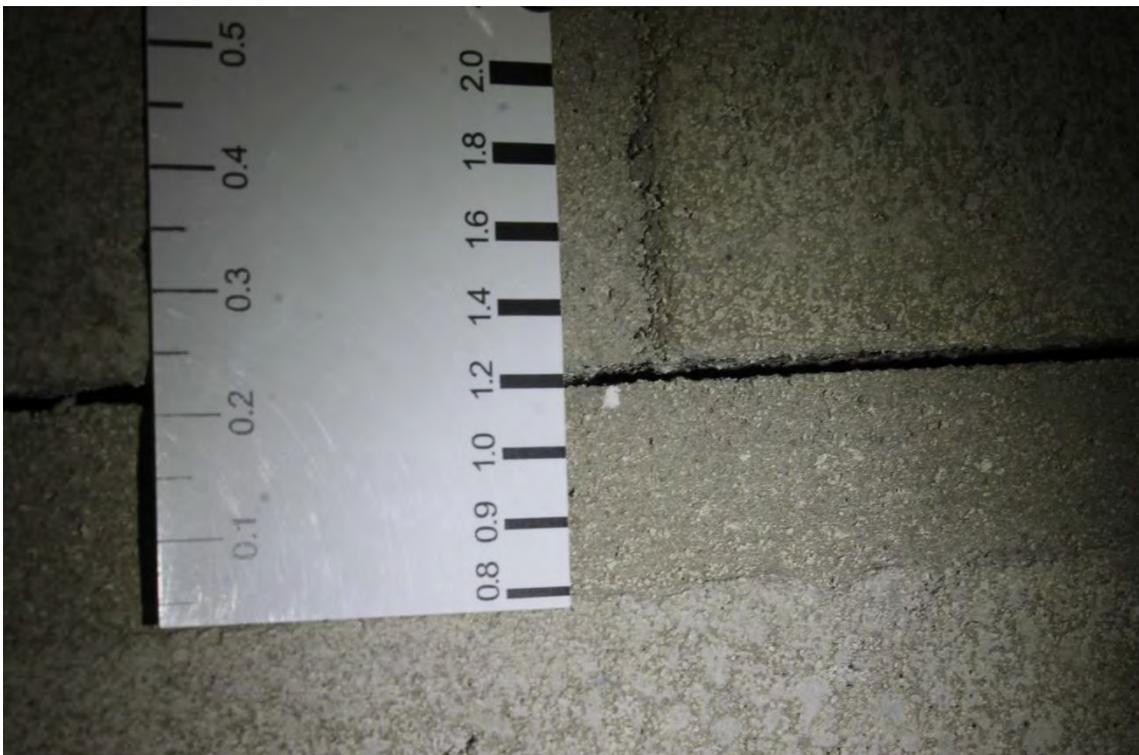


Anhang 8.22: B8; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,15 mm

**Anhang 9: Bilder 9. Begutachtung**



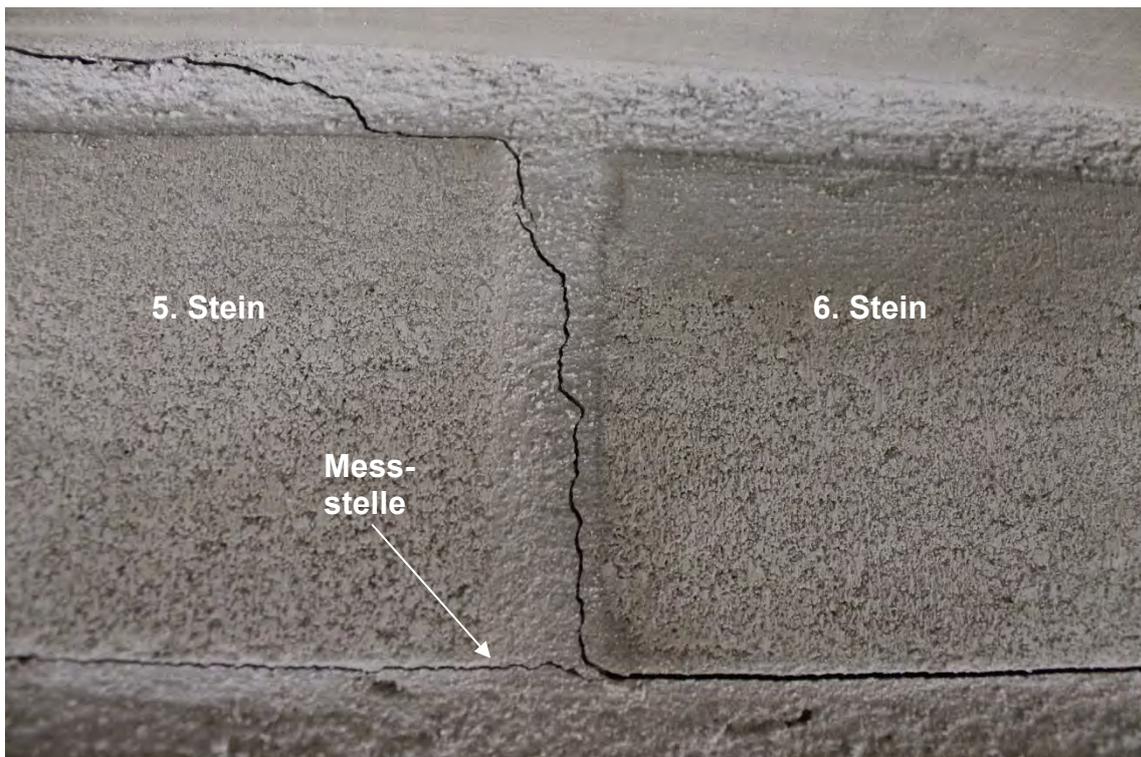
Anhang 9.1: Begutachtung Nr. 9 (B9); Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm



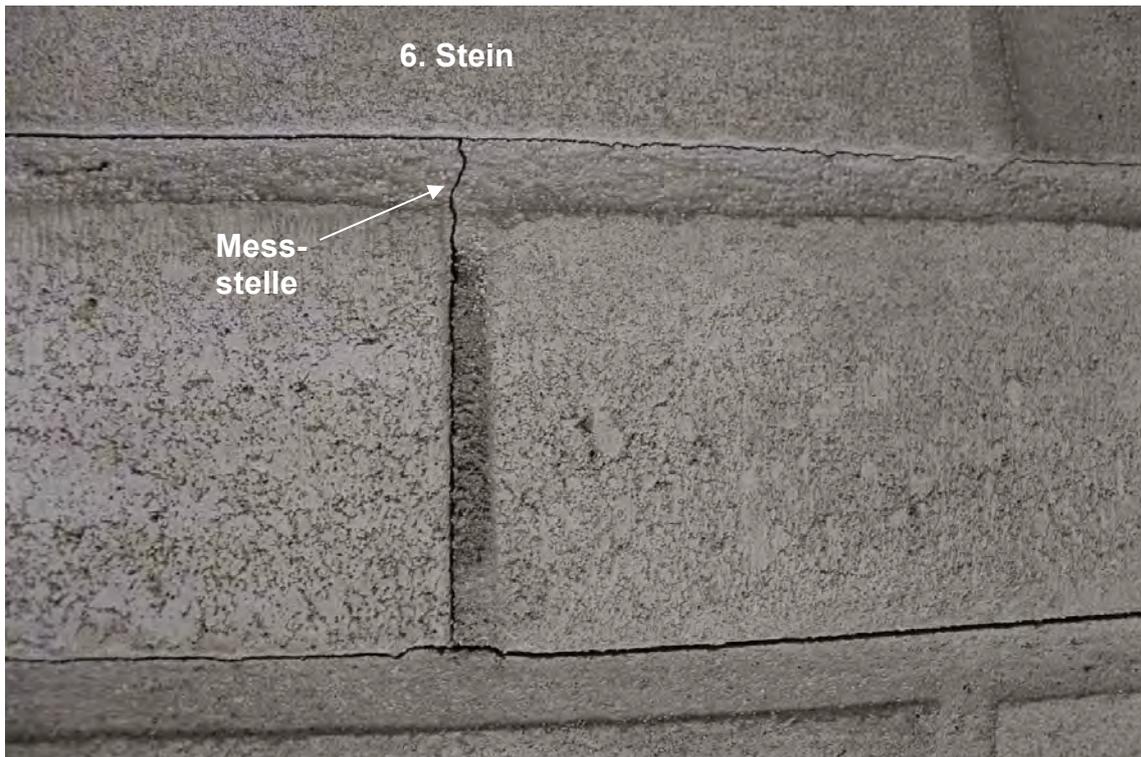
Anhang 9.2: B9; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2-1,3 mm



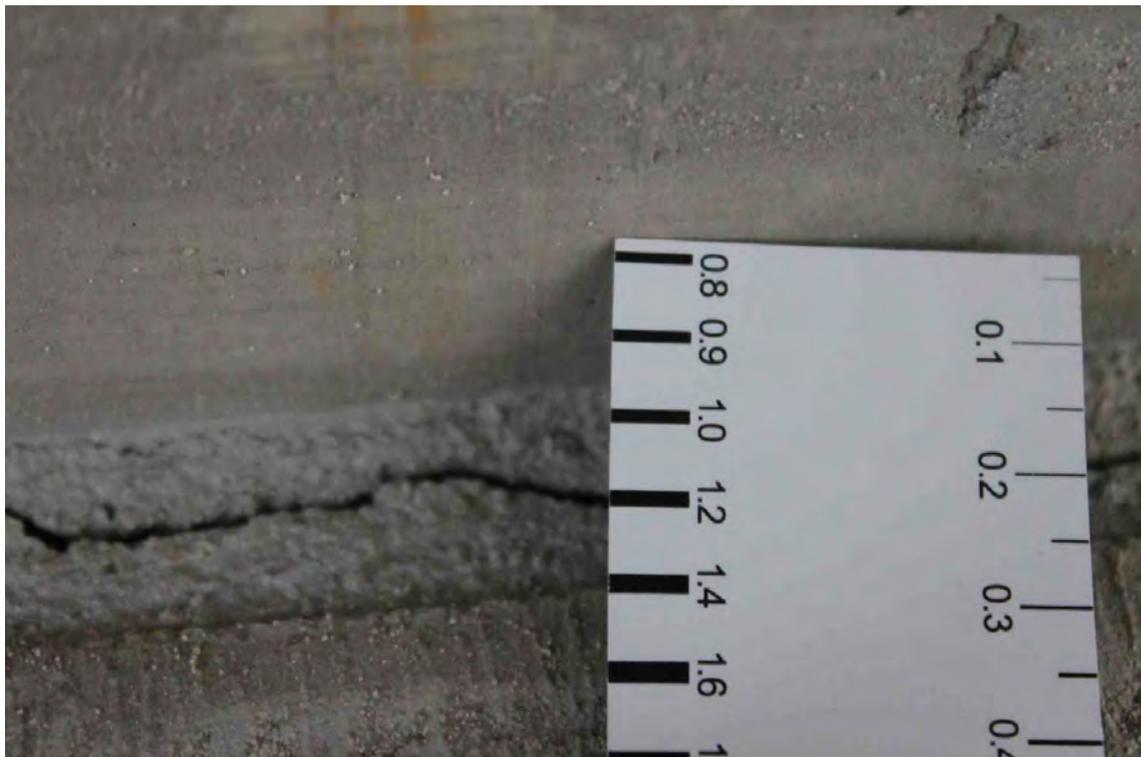
Anhang 9.3: B9; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,75 mm



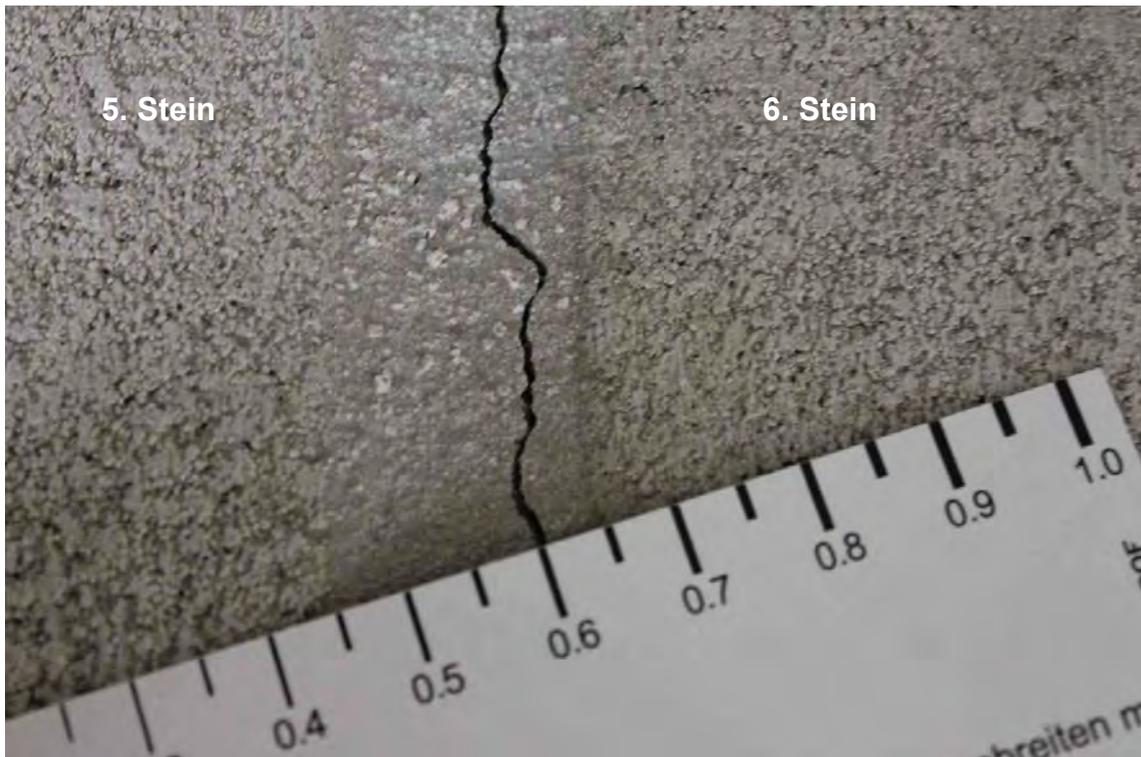
Anhang 9.4: B9; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm



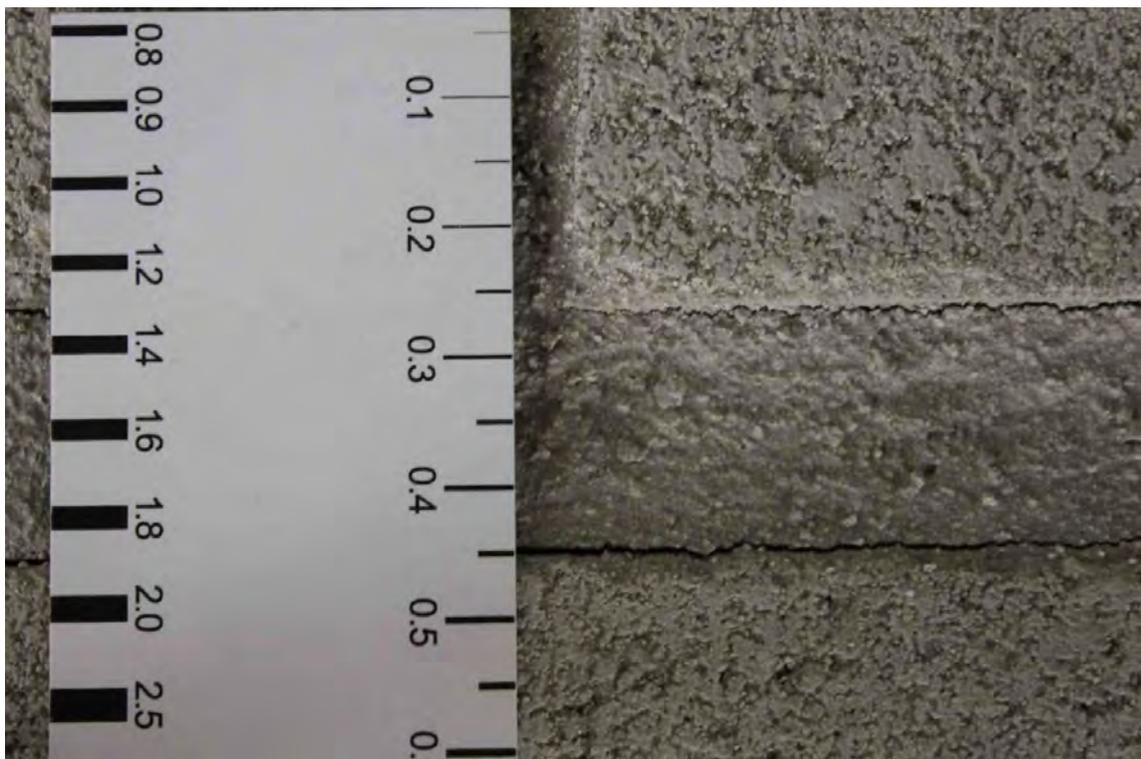
Anhang 9.5: B9; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,5-0,6 mm



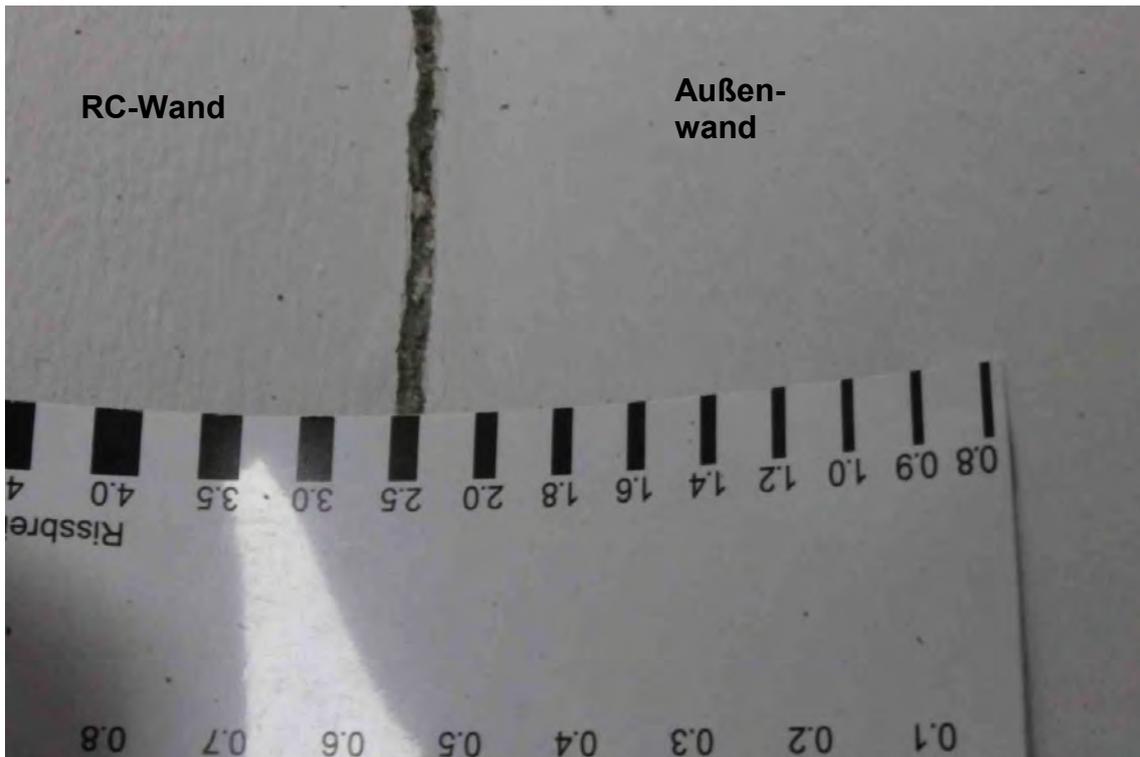
Anhang 9.6: B9; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 1-1,2 mm



Anhang 9.7: B9; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,5-0,6 mm



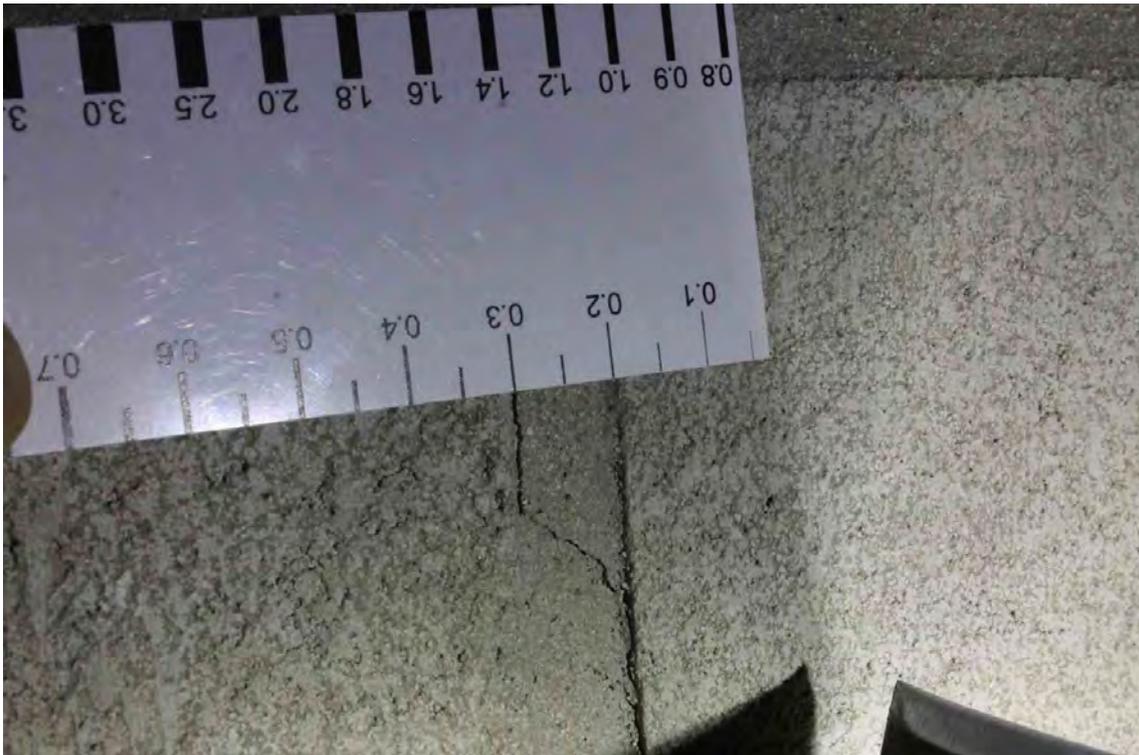
Anhang 9.8: B9; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,45 mm



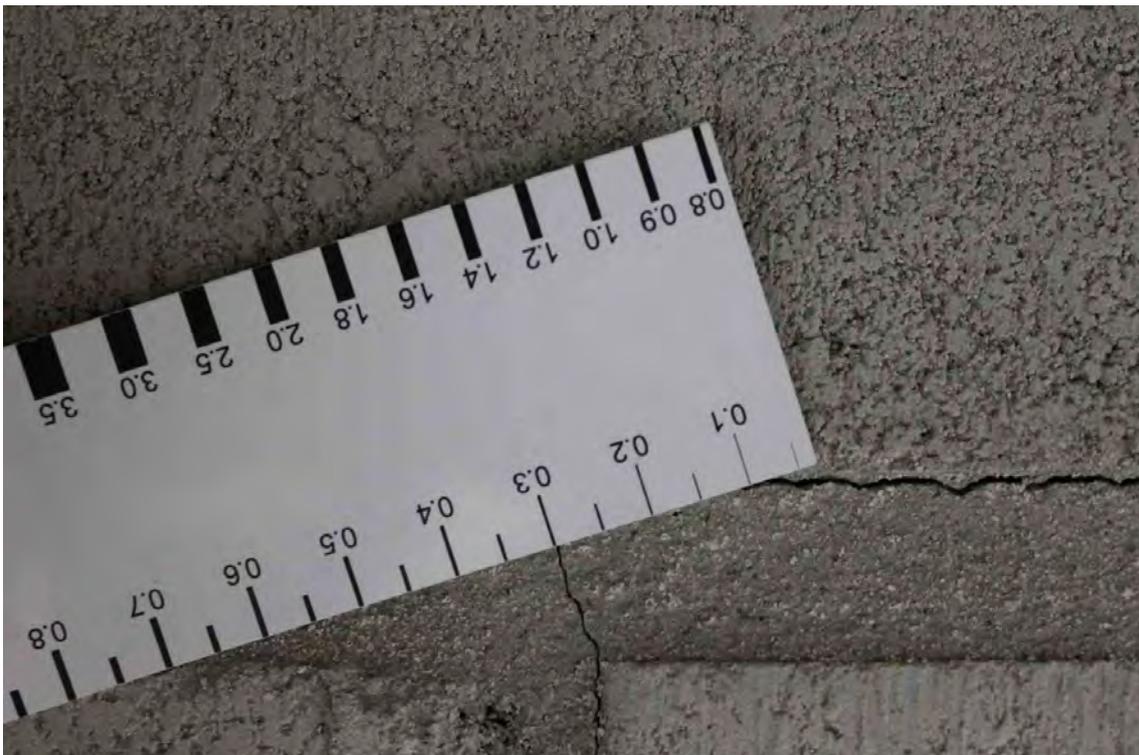
Anhang 9.9: B9; Riss Nr. 10; Rissweite: 2,0-2,5 mm



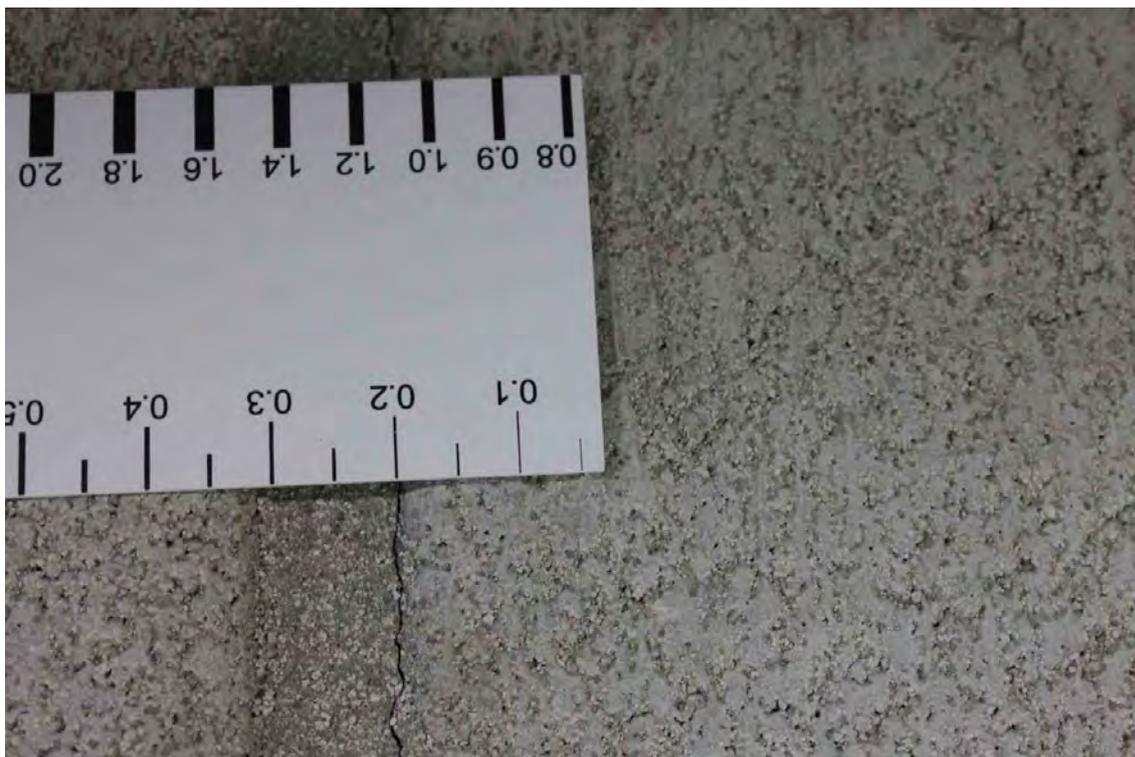
Anhang 9.10: B9; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm



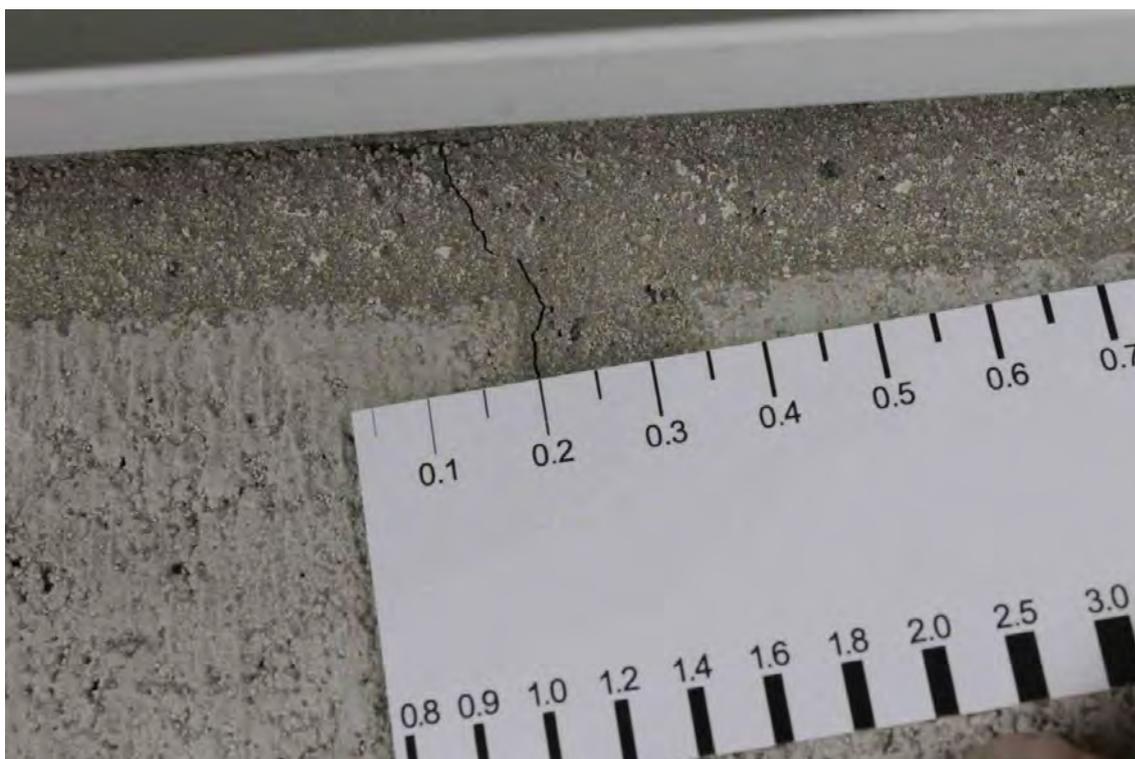
Anhang 9.11: B9; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,3 mm



Anhang 9.12: B9; Riss Nr. 11.4; Rissweite: max. 0,3 mm



Anhang 9.13: B9; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,15-0,2 mm



Anhang 9.14: B9; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,2 mm

**Anhang 10: Bilder 10. Begutachtung**



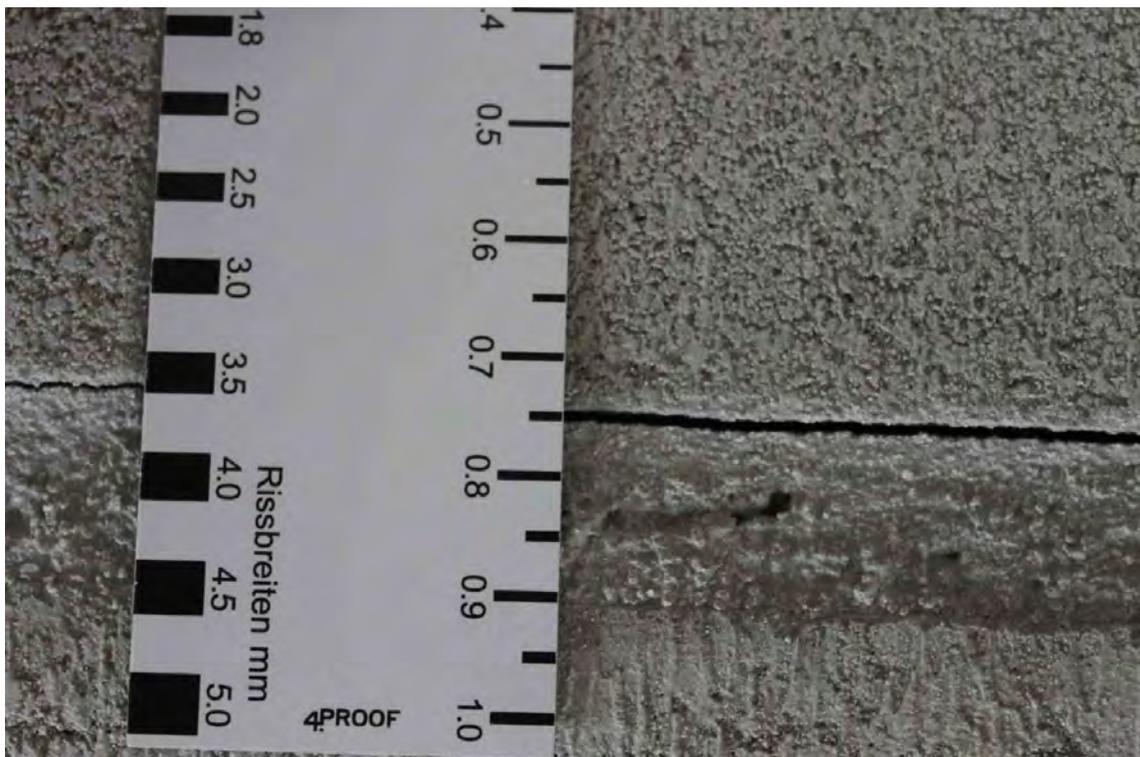
Anhang 10.1: Begutachtung Nr. 10 (B10); Übersicht Riss Nr. 1



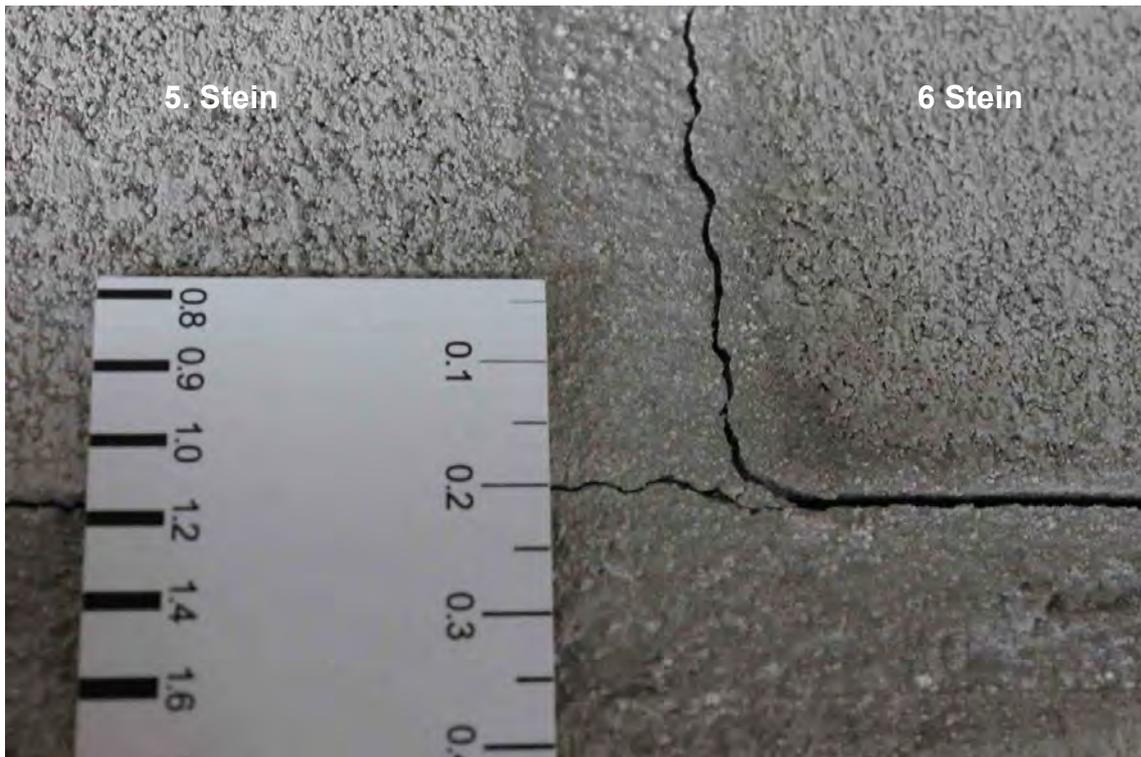
Anhang 10.2: B10; Riss Nr. 1.1; Rissweite: 1,6 mm



Anhang 10.3: B10; Riss Nr. 1.2; Rissweite: 1,2-1,3 mm



Anhang 10.4: B10; Riss Nr. 2.1; Rissweite: 0,75 mm



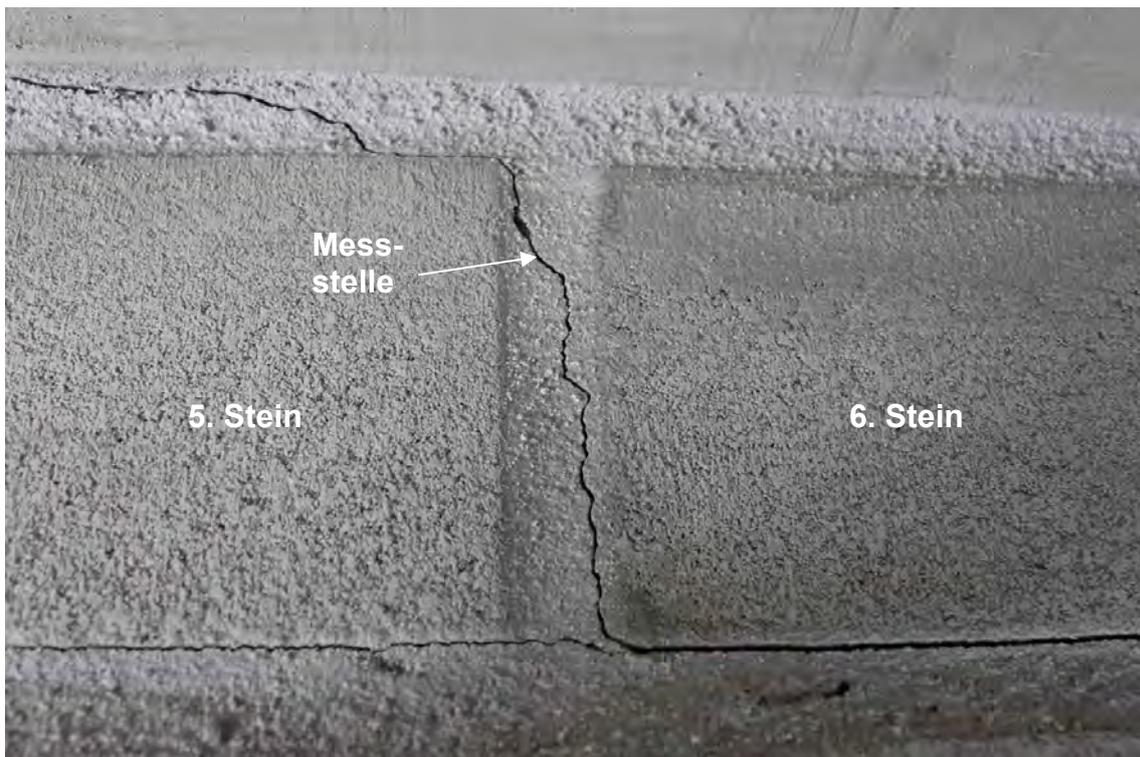
Anhang 10.5: B10; Riss Nr. 2.4; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 10.6: B10; Riss Nr. 2.6; Rissweite: 0,4-0,6 mm



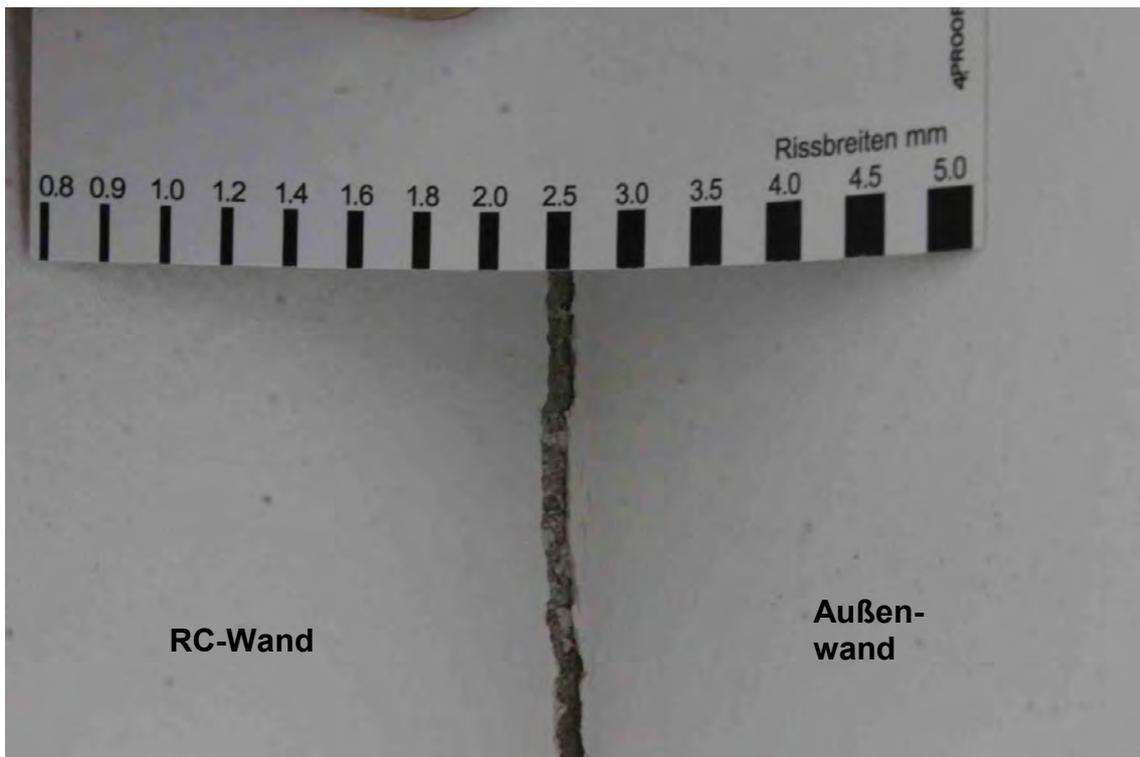
Anhang 10.7: B10; Riss Nr. 5.1; Rissweite: max. 1-1,2 mm



Anhang 10.8: B10; Riss Nr. 5.2; Rissweite: 0,5-0,6 mm



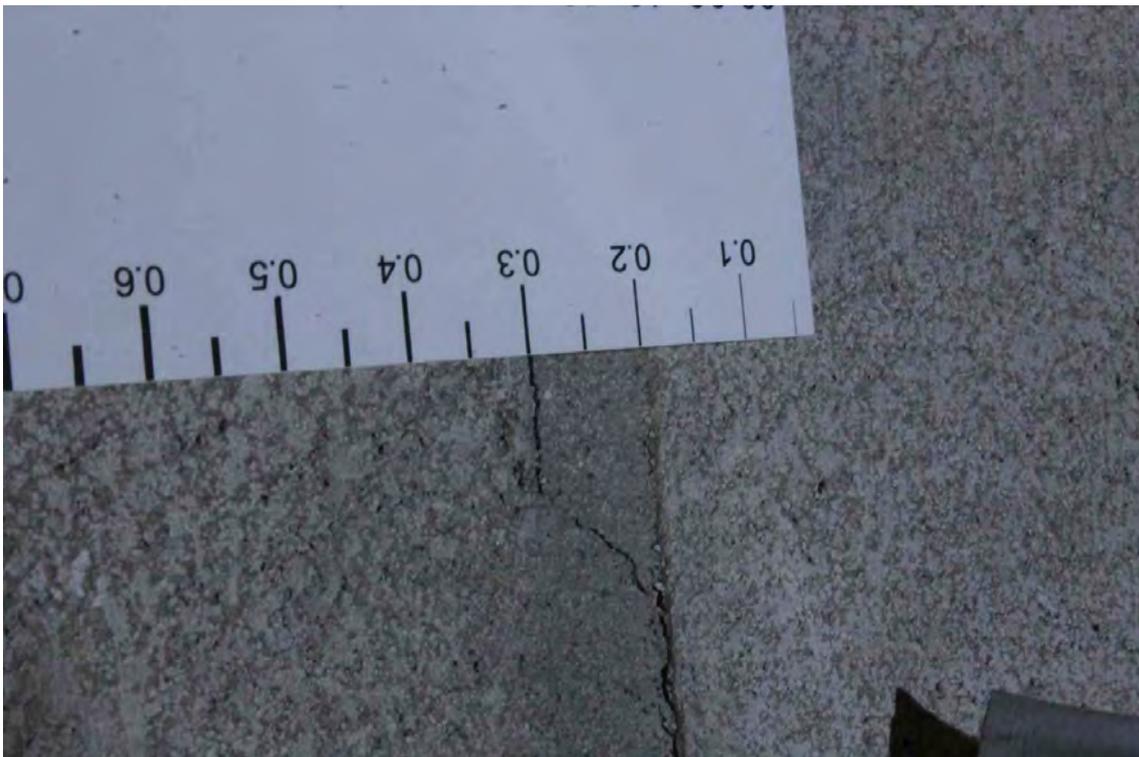
Anhang 10.9: B10; Riss Nr. 9; Rissweite: max. 0,45 mm



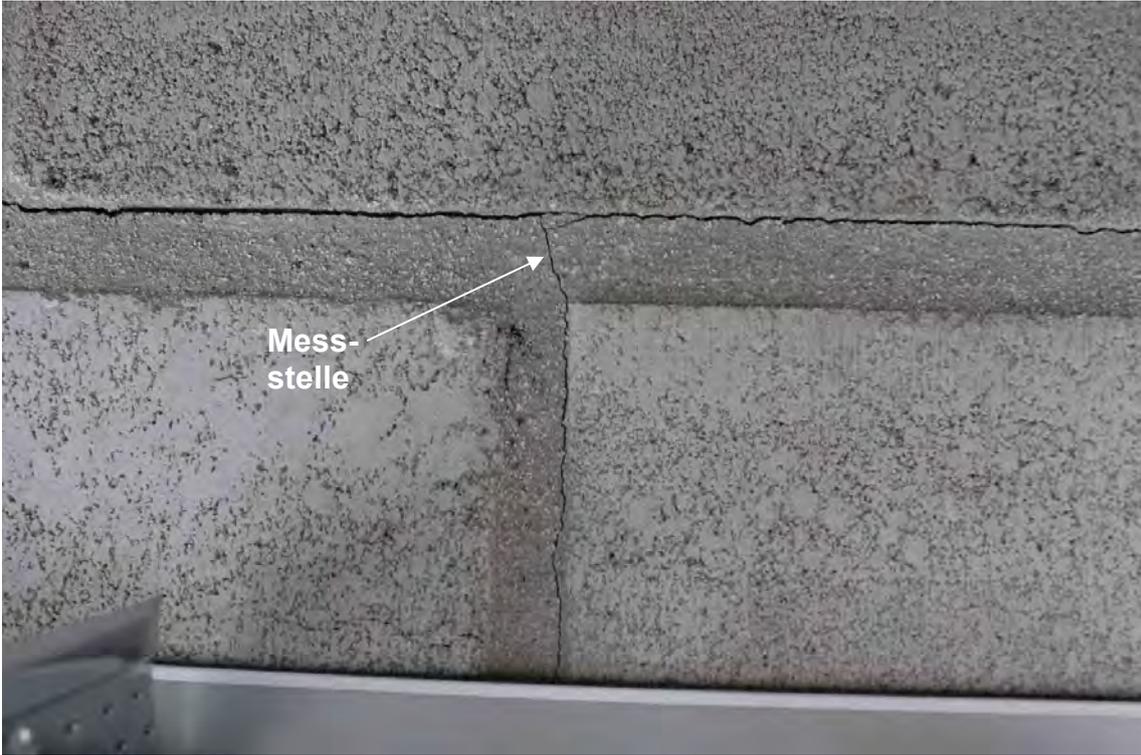
Anhang 10.10: B10; Riss Nr. 10; Rissweite: max. 2,5 mm



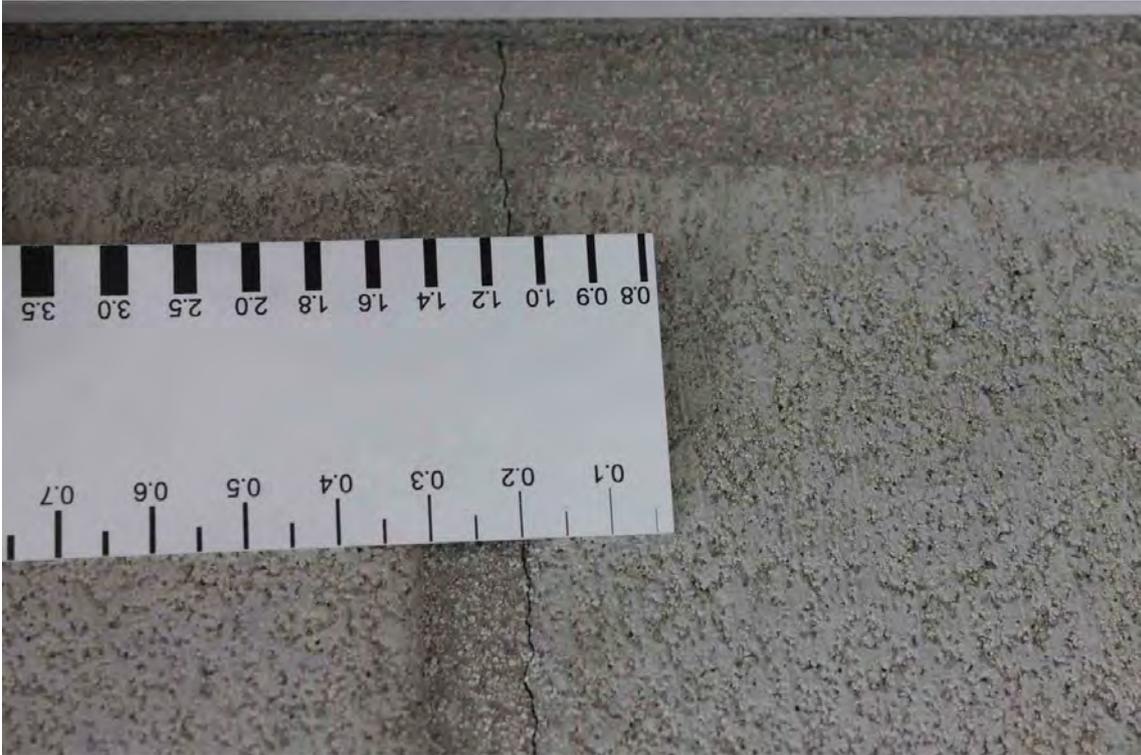
Anhang 10.11: B10; Riss Nr. 11.1; Rissweite: 0,1 mm



Anhang 10.12: B10; Riss Nr. 11.2; Rissweite: 0,3 mm



Anhang 10.13: B10; Riss Nr. 11.4; Rissweite: 0,2 mm



Anhang 10.14: B10; Riss Nr. 12.1; Rissweite: 0,15-0,2 mm



Anhang 10.15: B10; Riss Nr. 12.2; Rissweite: 0,1-0,2 mm

## Anhang 11: Informationsschild und Broschüre

Diese sowie die gegenüber befindliche Innenwand wurden mit Mauersteinen und Mauer Mörtel aus Porenbetonrezyklaten im Forschungsvorhaben DBU 31711-01 \* hergestellt und ihr Verhalten unter Praxisbedingungen im Forschungsvorhaben DBU 31711-02 \* überprüft.

\* Gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

<p><b>Titel der Forschungsvorhaben:</b></p>	<p><b>DBU 31711-01:</b> Hochwertige Wiederverwendung von mineralischem Abbruchmaterial und erstmaliger Einsatz von Baustoffen aus Porenbetonrezyklaten in einem Bauvorhaben zur Errichtung von nicht tragenden Innenwänden</p> <p><b>DBU 31711-02:</b> Untersuchung der hochwertigen Wiederverwendung von mineralischem Abbruchmaterial im erstmaligen Einsatz von Baustoffen aus Porenbetonrezyklaten in einem Bauprojekt</p>	
<p><b>Laufzeit:</b></p>	<p><b>DBU 31711-01:</b> 06.05.2015 bis 31.12.2017</p> <p><b>DBU 31711-02:</b> 08.06.2018 bis 07.09.2019</p>	
<p><b>Forschungsstelle:</b></p>	<p>Amtliche Materialprüfungsanstalt der Freien Hansestadt Bremen, ein Geschäftsbereich des Leibniz Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT</p>	
<p><b>Bereitstellung des Bauvorhabens durch:</b></p>	<p>Die Bremer Stadtreinigung AöR</p>	
<p><b>Kooperationspartner aus der Wissenschaft:</b></p>	<p>Forschungsvereinigung Recycling und Wertstoffverwertung im Bauwesen e. V.</p>	
<p><b>Porenbeton aufbereitet von:</b></p>	<p>Brockmann Recycling GmbH</p>	
<p><b>RC-Mauersteine hergestellt von:</b></p>	<p>Berding Beton GmbH</p>	
<p><b>RC-Mauermörtel hergestellt von:</b></p>	<p>Stebah GmbH &amp; Co. KG</p>	

Anhang 11.1: Informationsschild für das Sichtmauerwerk (dauerhaftes Exponat)





Anhang 11.3: Informationsschild und Broschüre im Eingangsbereich der RC-Station