

Anhang zu:

**Untersuchung der
Quellempfindlichkeit
veränderlich fester
Gesteine bei der
Verwendung als
Erdbaustoff**

von

Roberto Cudmani
Dirk Heyer
Emanuel Birle
Paula Möller

Lehrstuhl und Prüfamnt für Grundbau, Bodenmechanik,
Felsmechanik und Tunnelbau
Technische Universität München

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 164

bast

**Anlage A:
Probengewinnung und Aufbereitung**

Bilder:

Bild 1 / A: Probenahmestelle, Opalinustonstein (MT) 2

Bild 2 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, Opalinustonstein (MT)..... 3

Bild 3 / A: Probenahmestelle, Bentonit..... 4

Bild 4 / A: aufbereitete Mischprobe, Bentonit (aufgeteilt in Anteile < 31,5 mm und Anteile > 31,5 mm)... 5

Bild 5 / A: aufbereitete Mischprobe, Bentonit < 31,5 mm 5

Bild 6 / A: aufbereitete Mischprobe, Bentonit > 31,5 mm 6

Bild 7 / A: Probenahme, dunkelroter Mergel 7

Bild 8 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, dunkelroter Mergel 8

Bild 9 / A: Probenahme, Emscher Mergel 9

Bild 10 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, Emscher Mergel 10

Bild 11 / A: Probenahme, Feuerletten-Zersatz 11

Bild 12 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, Feuerletten-Zersatz..... 12



Bild 1 / A: Probenahmestelle, Opalinustonstein (MT)

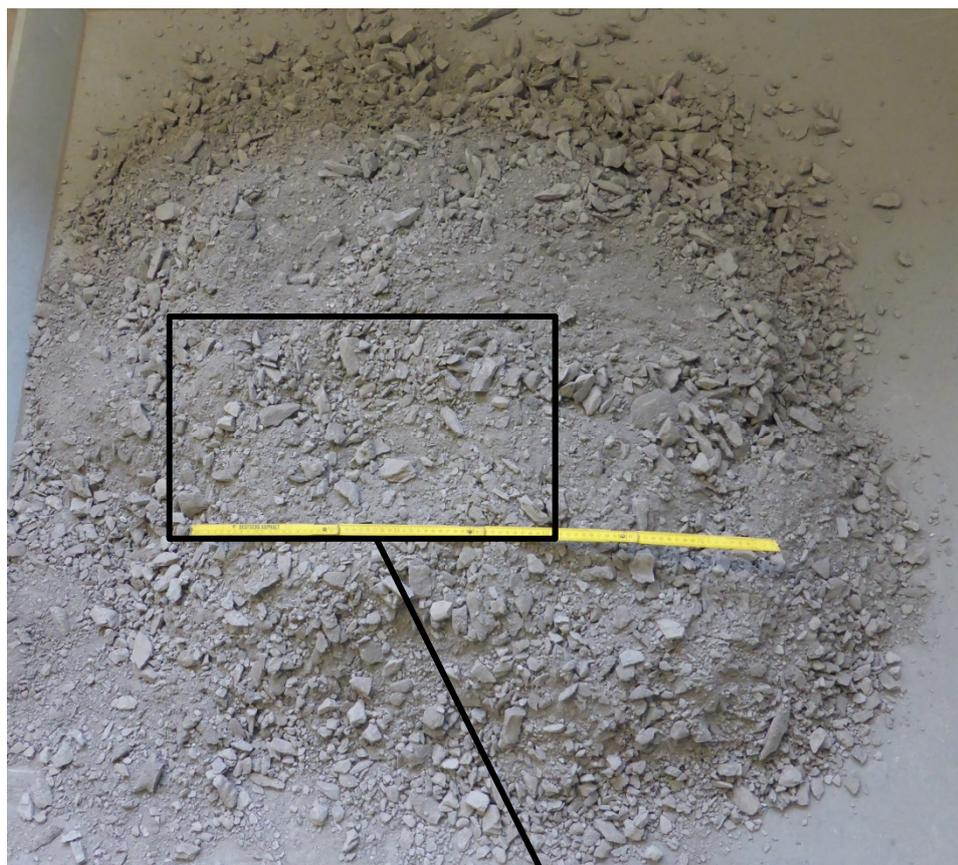


Bild 2 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, Opalinustonstein (MT)



Bild 3 / A: Probenahmestelle, Bentonit



Bild 4 / A: aufbereitete Mischprobe, Bentonit (aufgeteilt in Anteile < 31,5 mm und Anteile > 31,5 mm)



Bild 5 / A: aufbereitete Mischprobe, Bentonit < 31,5 mm



Bild 6 / A: aufbereitete Mischprobe, Bentonit > 31,5 mm



Bild 7 / A: Probenahme, dunkelroter Mergel

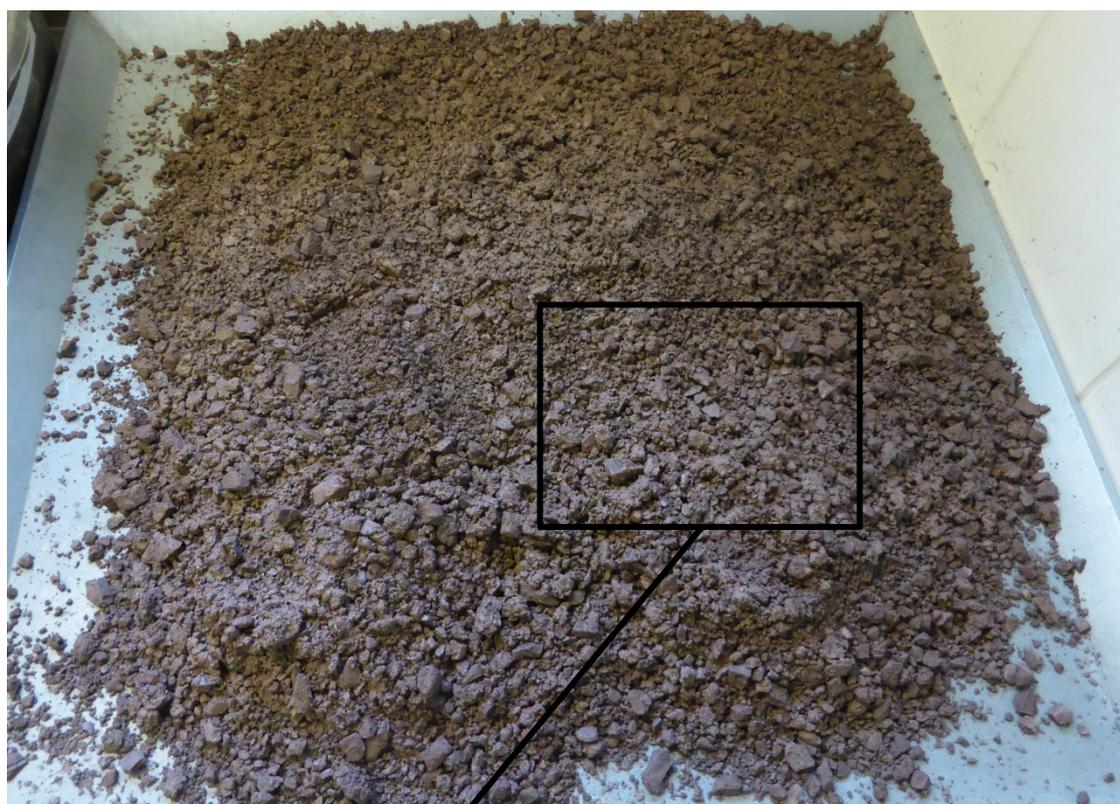


Bild 8 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, dunkelroter Mergel

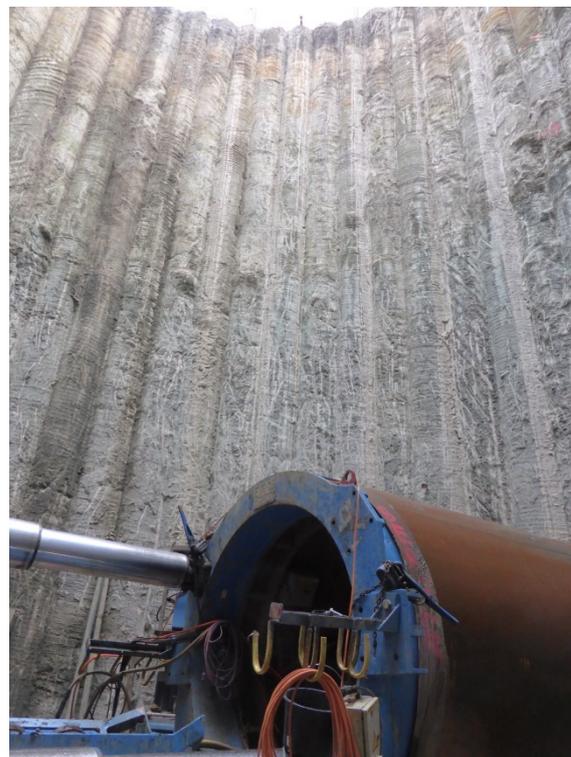


Bild 9 / A: Probenahme, Emscher Mergel

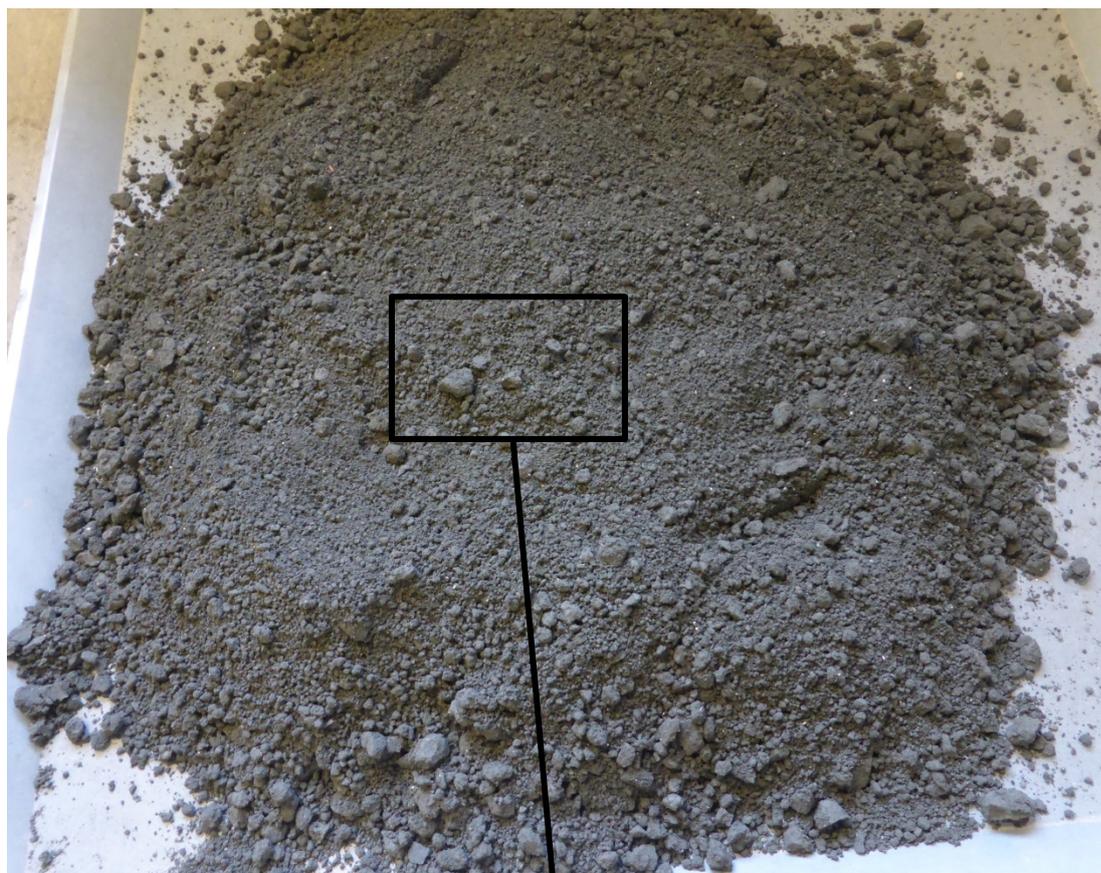


Bild 10 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, Emscher Mergel



Bild 11 / A: Probenahme, Feuerletten-Zersatz



Bild 12 / A: aufbereitete Mischprobe < 31,5 mm, Feuerletten-Zersatz

Anlage B.A-1:

Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel TBW, Opalinustonstein (MT)

Bild 1 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 50°-01 2

Bild 2 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 50°-02 3

Bild 3 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 50°-03 4

Bild 4 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 105°-01 5

Bild 5 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 105°-02 6

Bild 6 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 105°-03 7

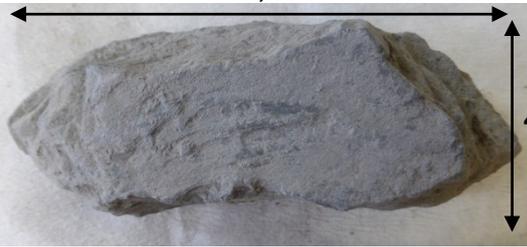
<p>$m_d = 256,96 \text{ g} / w = 6,22 \%$</p> <p>$T = 3,6 \text{ cm}$</p> <p>12,3 cm</p> <p>4,6 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	 <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 1 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 50°-01

<p>$m_d = 266,94 \text{ g} / w = 6,21x \%$</p> <p>9,0 cm</p> <p>T = 5,4 cm</p> <p>5,6 cm</p>  <p>Beginn</p>	 <p>nach 6.T</p>
 <p>nach 1.W</p>	 <p>nach 5.T</p>
 <p>nach 1.T</p>	 <p>nach 4.T</p>
 <p>nach 2.T</p>	 <p>nach 3.T</p>

Bild 2 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 50°-02

<p>$m_d = 120,58 \text{ g} / w = 6,24 \%$</p> <p>10,0 cm</p> <p>T = 1,9 cm</p> <p>6,8 cm</p>  <p>Beginn</p> <p>↓</p>	 <p>nach 6.T</p> <p>↑</p>
 <p>nach 1.W</p> <p>↓</p>	 <p>nach 5.T</p> <p>↑</p>
 <p>nach 1.T</p> <p>↓</p>	 <p>nach 4.T</p> <p>↑</p>
 <p>nach 2.T</p> <p>→</p>	 <p>nach 3.T</p> <p>↑</p>

Bild 3 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 50°-03

<p>$m_d = 208,92 \text{ g} / w = 6,64 \%$</p> <p>$T = 4,3 \text{ cm}$</p> <p>10,9 cm</p> <p>4,2 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	 <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 4 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 105°-01

<p>$m_d = 358,03 \text{ g} / w = 6,21 \%$</p> <p>10,8 cm</p> <p>T = 5,7 cm</p> <p>5,5 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	 <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 5 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 105°-02

<p>$m_d = 153,31 \text{ g} / w = 7,38 \%$</p> <p>9,0 cm</p> <p>T = 2,0 cm</p> <p>7,2 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	 <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 6 / B.A-1: TBW Opalinustonstein (MT) – 105°-03

Anlage B.A-2:

Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel TBW, Bentonit

Bild 1 / B.A-2: TBW Bentonit – 50°-01 2

Bild 2 / B.A-2: TBW Bentonit – 50°-02 3

Bild 3 / B.A-2: TBW Bentonit – 50°-03 4

Bild 4 / B.A-2: TBW Bentonit – 105°-01 5

Bild 5 / B.A-2: TBW Bentonit – 105°-02 6

Bild 6 / B.A-2: TBW Bentonit – 105°-03 7

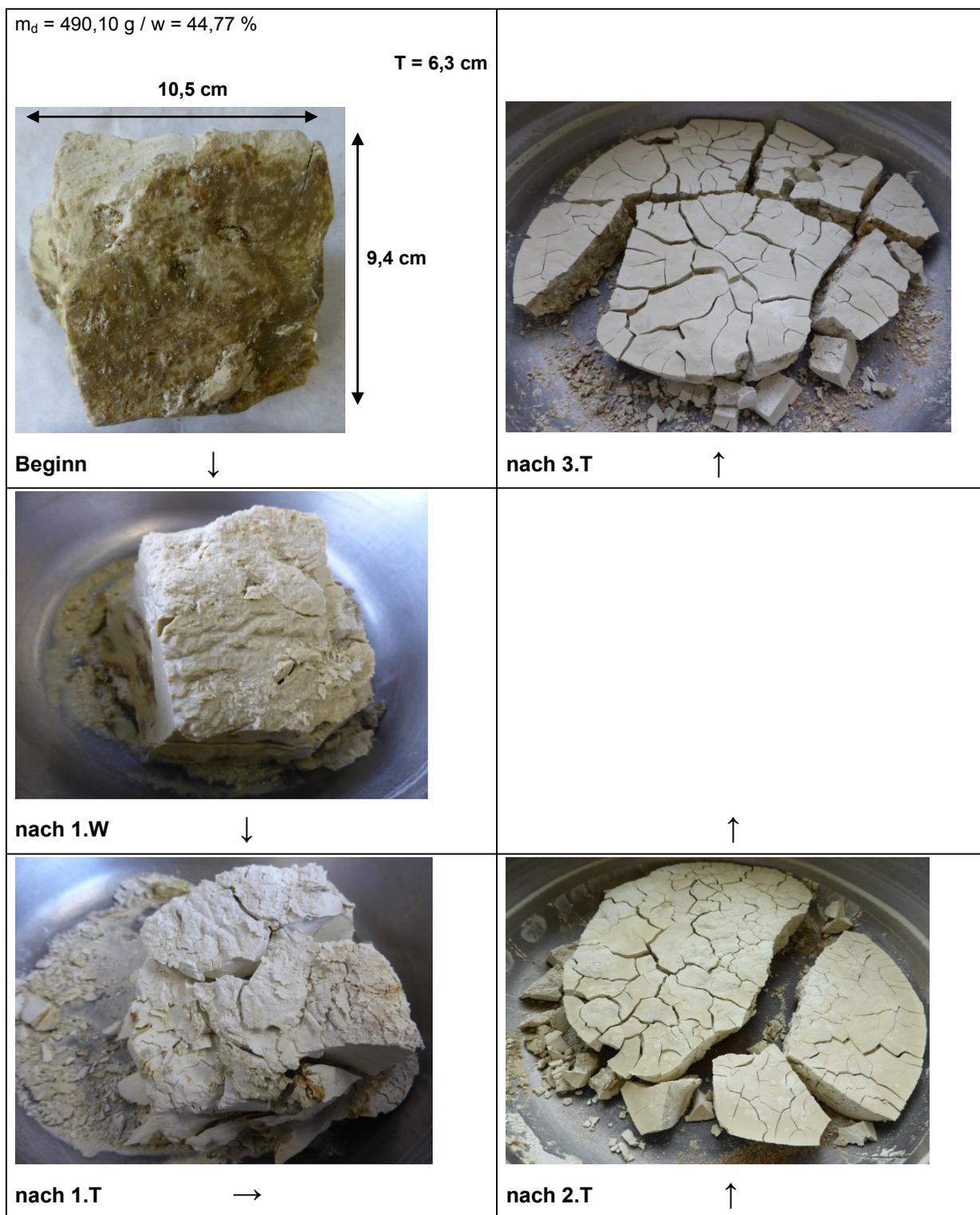


Bild 1 / B.A-2: TBW Bentonit – 50°-01

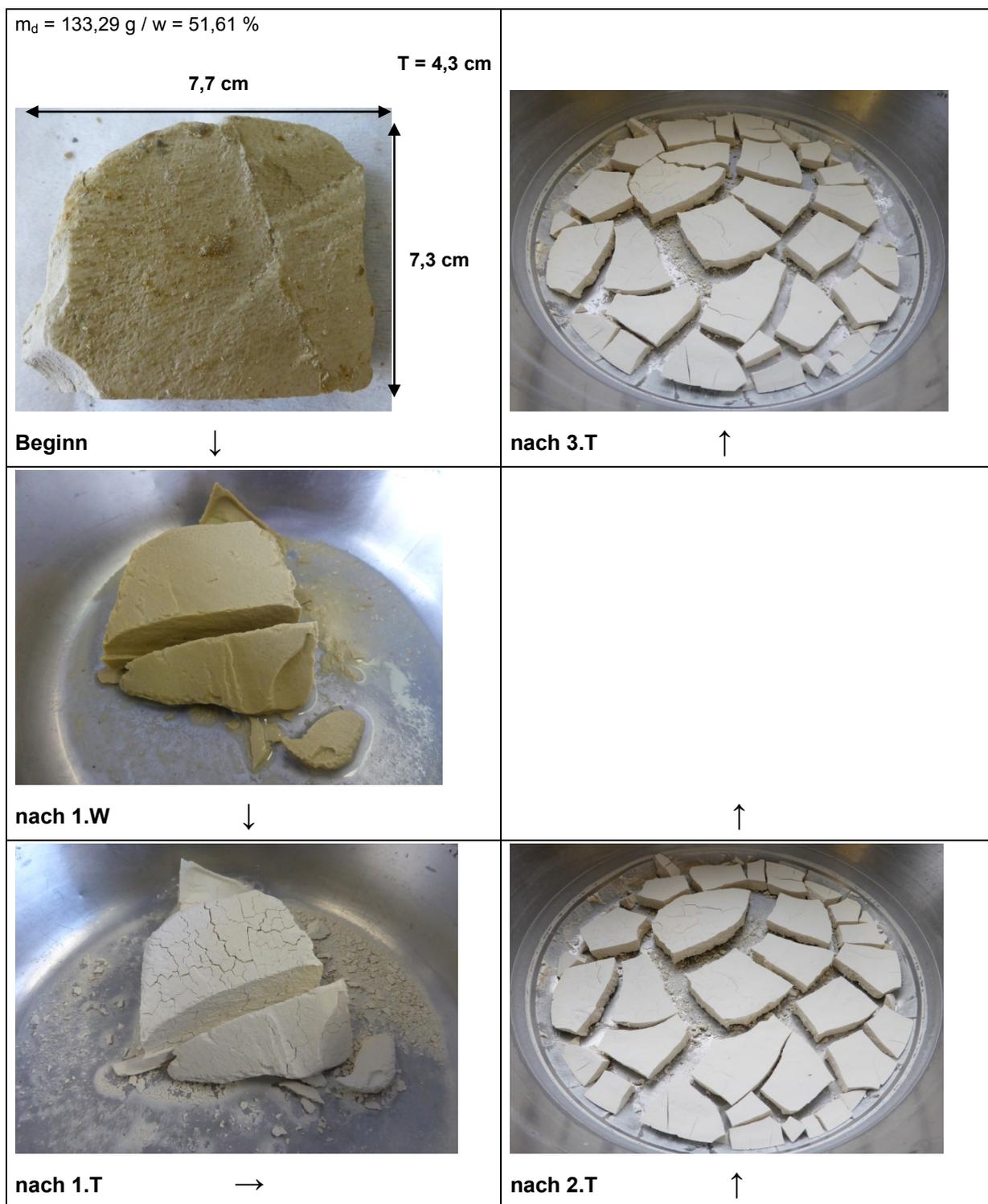


Bild 2 / B.A-2: TBW Bentonit – 50°-02

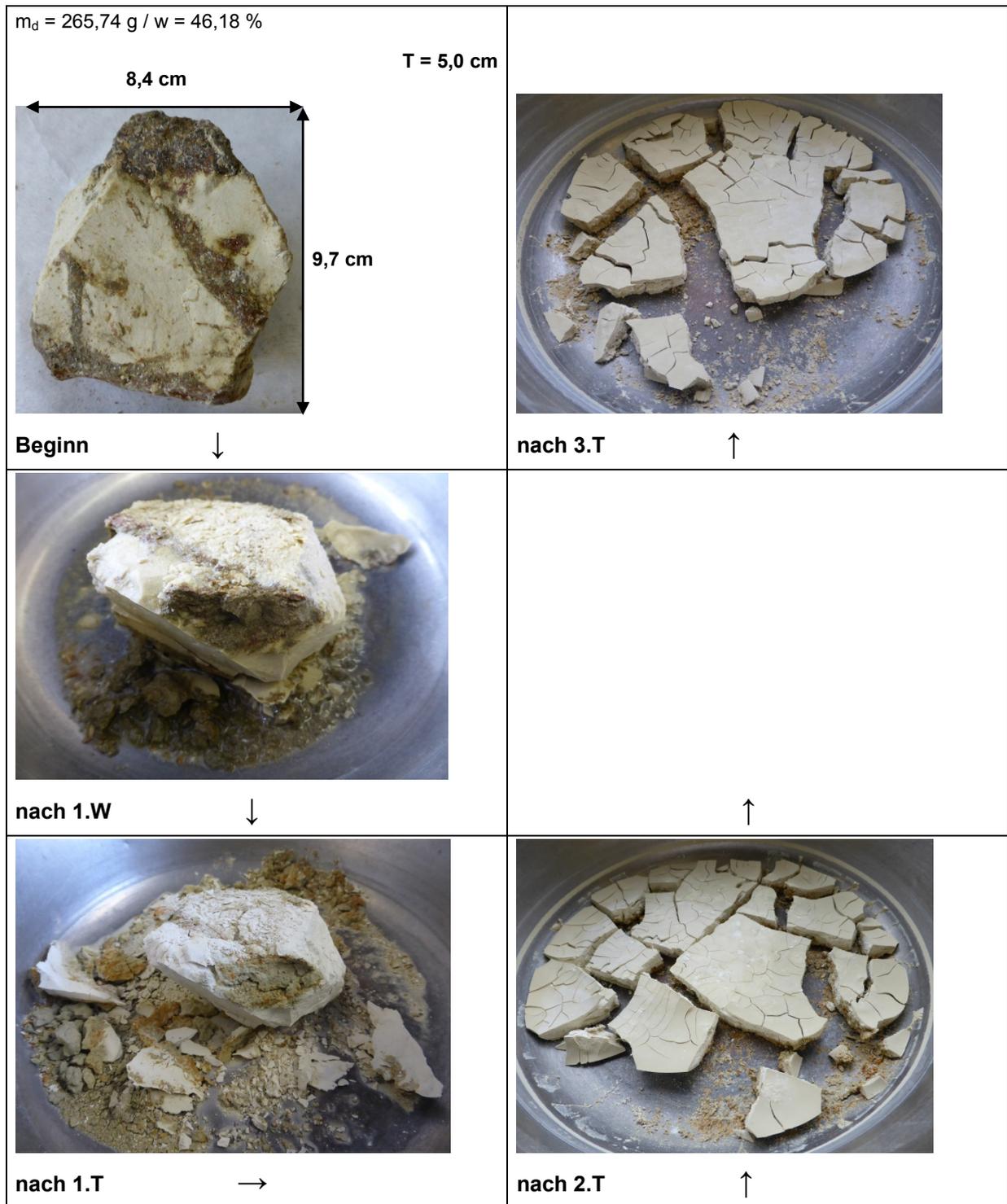


Bild 3 / B.A-2: TBW Bentonit – 50°-03

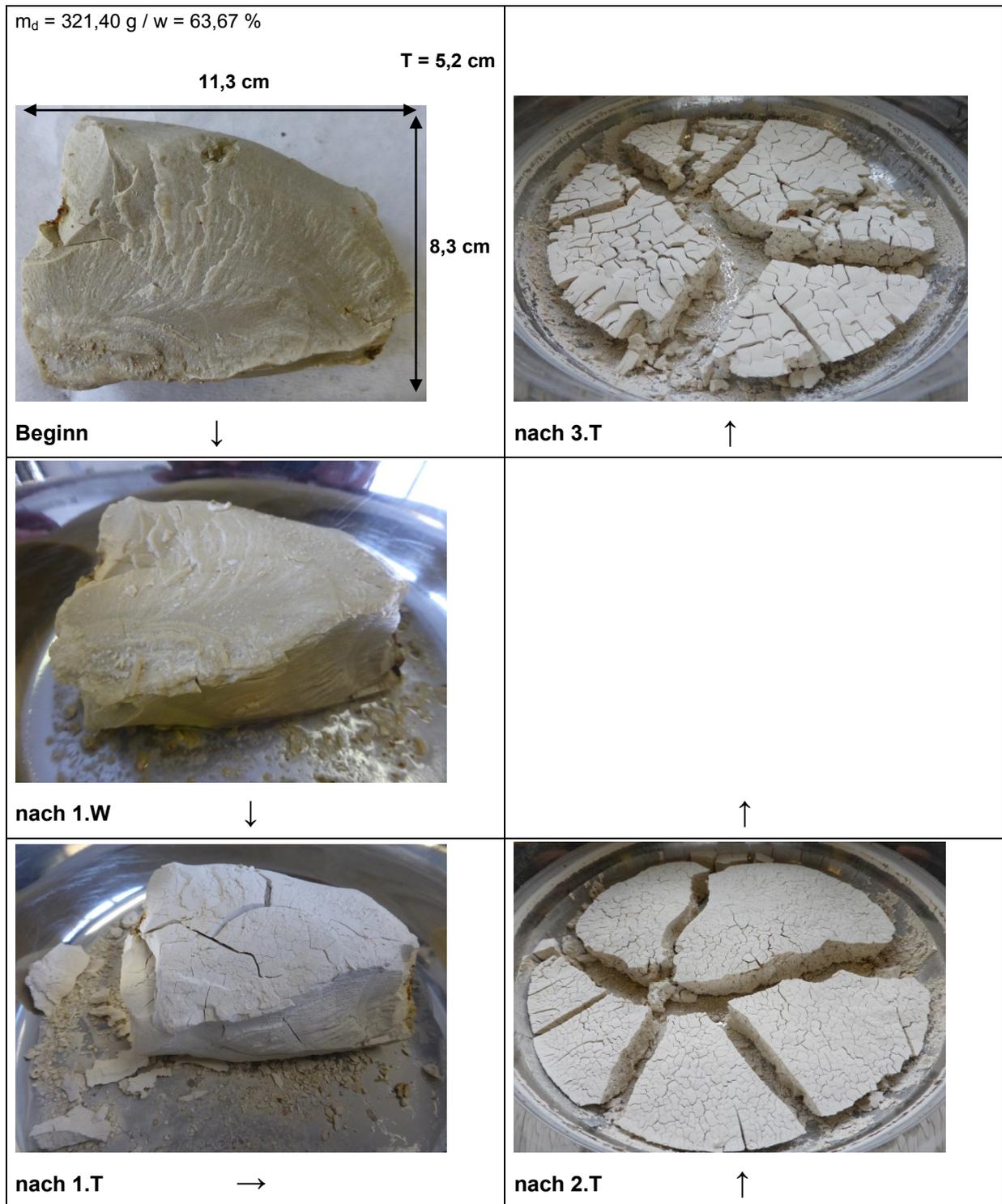


Bild 4 / B.A-2: TBW Bentonit – 105°-01

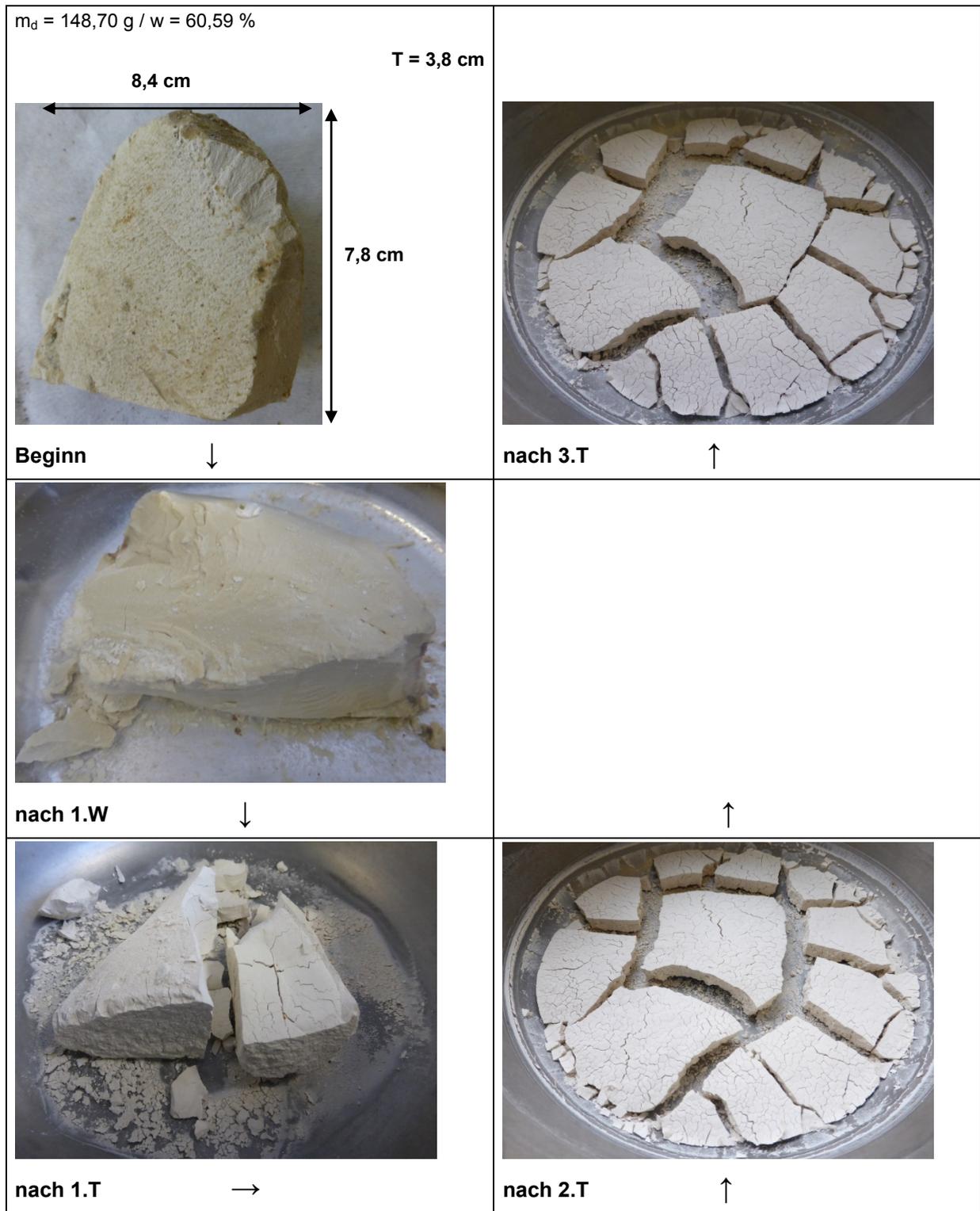


Bild 5 / B.A-2: TBW Bentonit – 105°-02

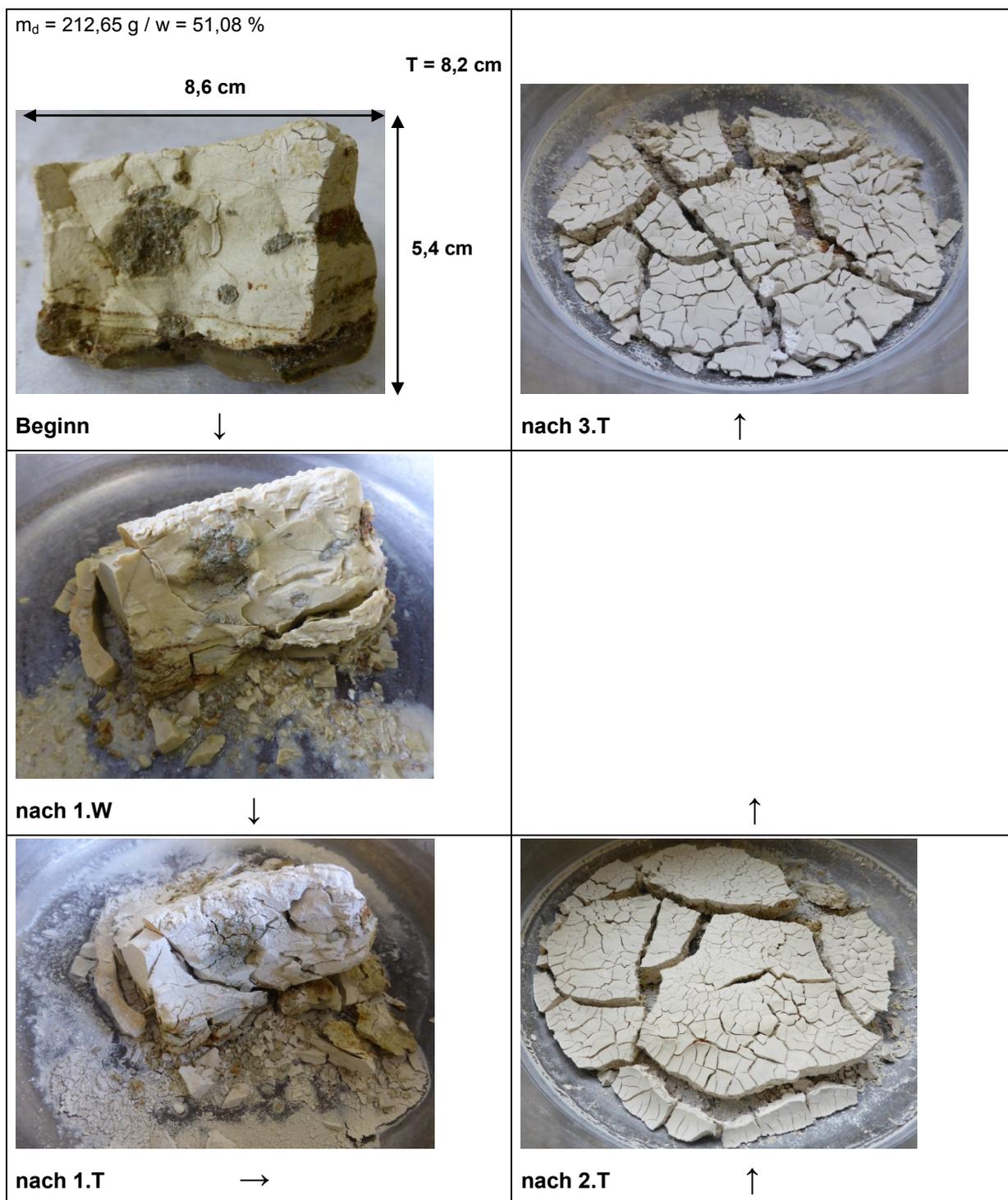


Bild 6 / B.A-2: TBW Bentonit – 105°-03

Anlage B.A-3:

Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel TBW, dunkelroter Mergel

Bild 1 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 50°-01.....	2
Bild 2 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 50°-02.....	3
Bild 3 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 105°-01.....	4
Bild 4 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 105°-02.....	5

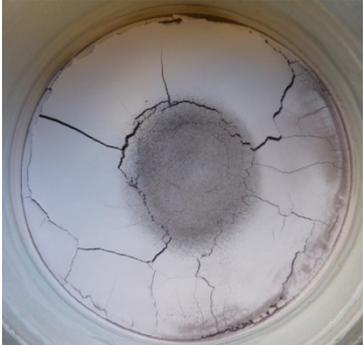
<p>$m_d = 157,35 \text{ g} / w = 10,61 \%$</p> <p>7,6 cm</p> <p>T = 3,2 cm</p> <p>5,2 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	 <p>↑</p> <p>nach 6.T</p>
 <p>↓</p> <p>nach 1.W</p>	 <p>↑</p> <p>nach 5.T</p>
 <p>↓</p> <p>nach 1.T</p>	 <p>↑</p> <p>nach 4.T</p>
 <p>→</p> <p>nach 2.T</p>	 <p>↑</p> <p>nach 3.T</p>

Bild 1 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 50°-01

<p>$m_d = 260,30 \text{ g} / w = 11,06 \%$</p> <p>7,8 cm</p> <p>T = 4,1 cm</p> <p>6,3 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	 <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 2 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 50°-02

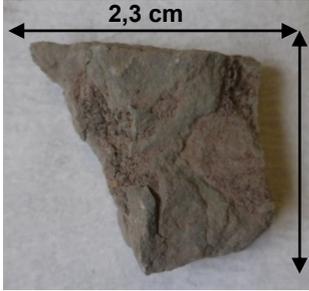
<p>$m_d = 168,51 \text{ g} / w = 7,54 \%$</p> <p>6,9 cm</p> <p>T = 3,3 cm</p> <p>5,5 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	<p>$m_{d, \text{größtes Reststück}} = 4,23 \text{ g}$</p> <p>T = 0,7 cm</p> <p>2,3 cm</p> <p>2,2 cm</p>   <p>↑ nach 6.T</p>
 <p>↓ nach 1.W</p>	 <p>↑ nach 5.T</p>
 <p>↓ nach 1.T</p>	 <p>↑ nach 4.T</p>
 <p>→ nach 2.T</p>	 <p>↑ nach 3.T</p>

Bild 3 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 105°-01

<p>$m_d = 326,00 \text{ g} / w = 6,32 \%$</p> <p>9,1 cm T = 3,3 cm</p>  <p>7,9 cm</p> <p>Beginn ↓</p>	<p>$m_d = 299,21 \text{ g}$</p> <p>9,1 cm T = 3,3 cm</p>  <p>7,4 cm</p> <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 4 / B.A-3: TBW dunkelroter Mergel – 105°-02

Anlage B.A-4:

Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel TBW, Emscher Mergel

Bild 1 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 50°-01.....	2
Bild 2 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 50°-02.....	3
Bild 3 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 105°-01.....	4
Bild 4 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 105°-02.....	5

<p>$m_d = 172,80 \text{ g} / w = 12,15 \%$</p> <p>6,5 cm</p> <p>T = 4,5 cm</p> <p>6,0 cm</p>  <p>Beginn</p> <p>↓</p>	<p>$m_d, \text{größtes Reststück} = 39,91 \text{ g}$</p> <p>4,7 cm</p> <p>T = 2,8 cm</p> <p>3,3 cm</p>   <p>nach 6.T</p> <p>↑</p>
 <p>nach 1.W</p> <p>↓</p>	 <p>nach 5.T</p> <p>↑</p>
 <p>nach 1.T</p> <p>↓</p>	 <p>nach 4.T</p> <p>↑</p>
 <p>nach 2.T</p> <p>→</p>	 <p>nach 3.T</p> <p>↑</p>

Bild 1 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 50°-01

<p>$m_d = 217,50 \text{ g} / w = 21,79 \%$</p> <p>$T = 5,5 \text{ cm}$</p> <p>8,6 cm</p> <p>6,0 cm</p>  <p>Beginn ↓</p>	<p>$m_{d, \text{gößtes Reststück}} = 83,77 \text{ g}$</p> <p>6,3 cm</p> <p>$T = 35 \text{ cm}$</p> <p>4,3 cm</p>   <p>nach 6.T ↑</p>
 <p>nach 1.W ↓</p>	 <p>nach 5.T ↑</p>
 <p>nach 1.T ↓</p>	 <p>nach 4.T ↑</p>
 <p>nach 2.T →</p>	 <p>nach 3.T ↑</p>

Bild 2 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 50°-02

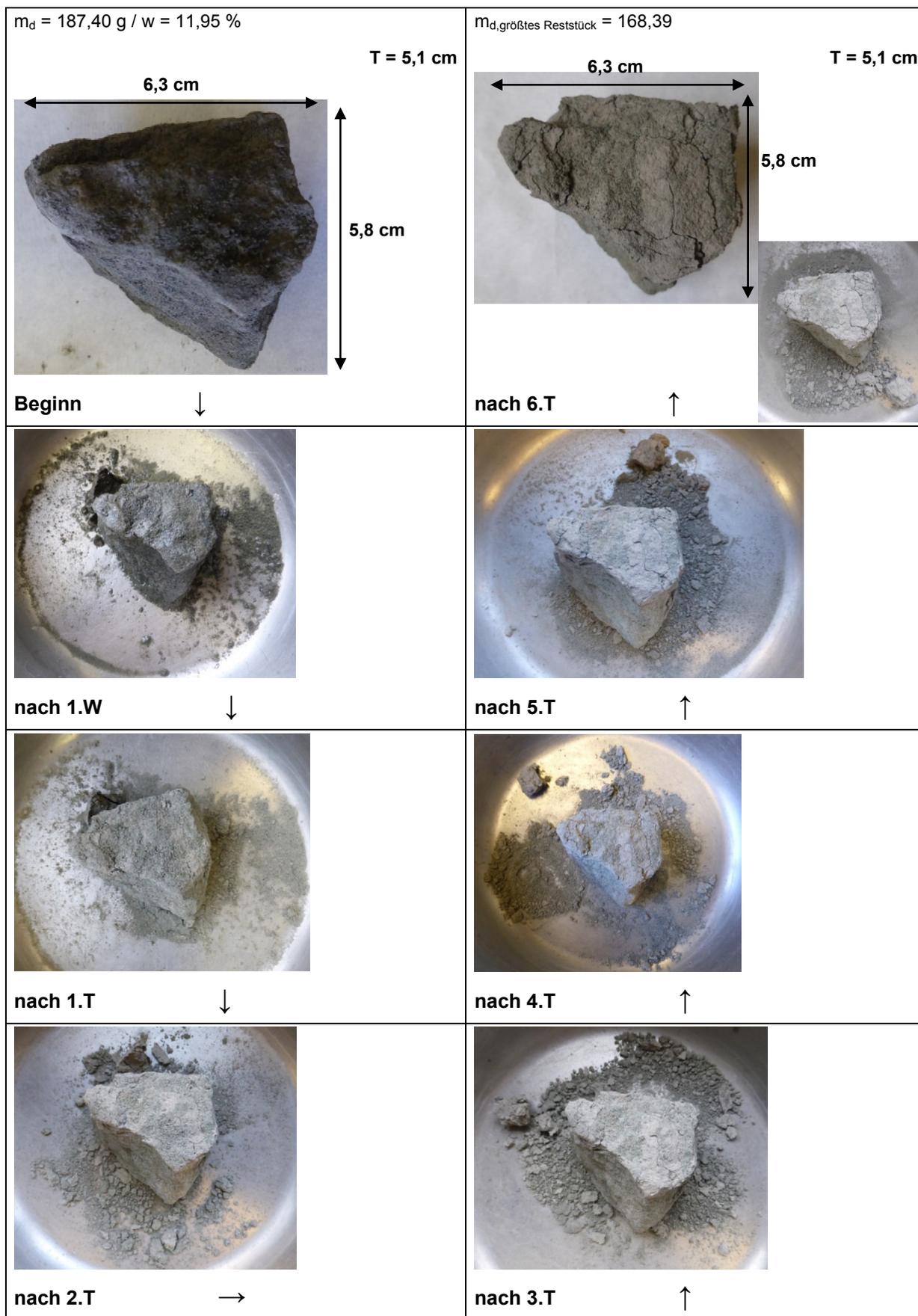


Bild 3 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 105°-01

<p>$m_d = 330,00 \text{ g} / w = 11,82 \%$</p> <p>9,1 cm</p> <p>T = 5,5 cm</p> <p>7,2 cm</p>  <p>Beginn</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>$m_d = 278,56 \text{ g}$</p> <p>9,0 cm</p> <p>T = 4,8 cm</p> <p>6,8 cm</p>  <p>nach 6.T</p> <p style="text-align: center;">↑</p>
 <p>nach 1.W</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	 <p>nach 5.T</p> <p style="text-align: center;">↑</p>
 <p>nach 1.T</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	 <p>nach 4.T</p> <p style="text-align: center;">↑</p>
 <p>nach 2.T</p> <p style="text-align: center;">→</p>	 <p>nach 3.T</p> <p style="text-align: center;">↑</p>

Bild 4 / B.A-4: TBW Emscher Mergel – 105°-02

Anlage B.B:

Trocknungs-Befeuchtungs-Versuche (TBV) nach NICKMANN

Bild 1 / B.B: Darstellung TBV nach NICKMANN, Opalinustonstein (MT), links: Versuch 1; rechts:
Versuch 2..... 2

Bild 2 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, Opalinustonstein (MT) - V1 (Versuch 1)..... 3

Bild 3 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, Opalinustonstein (MT) - V2 (Versuch 2)..... 3

Bild 4 / B.B: Vergleich TBV nach NICKMANN anhand des größten Reststückes, Opalinustonstein (MT)4

Bild 5 / B.B: Darstellung TBV nach NICKMANN, dunkelroter Mergel – V1..... 5

Bild 6 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, dunkelroter Mergel - V1 (Versuch 1) 6

Bild 7 / B.B: Vergleich TBV nach NICKMANN anhand des größten Reststückes, dunkelroter Mergel - V1
..... 6

Bild 8 / B.B: Darstellung TBV nach NICKMANN, Emscher Mergel 7

Bild 9 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, Emscher Mergel - V1 (Versuch 1) 8

Bild 10 / B.B: Vergleich TBV nach NICKMANN anhand des größten Reststückes, Emscher Mergel 8

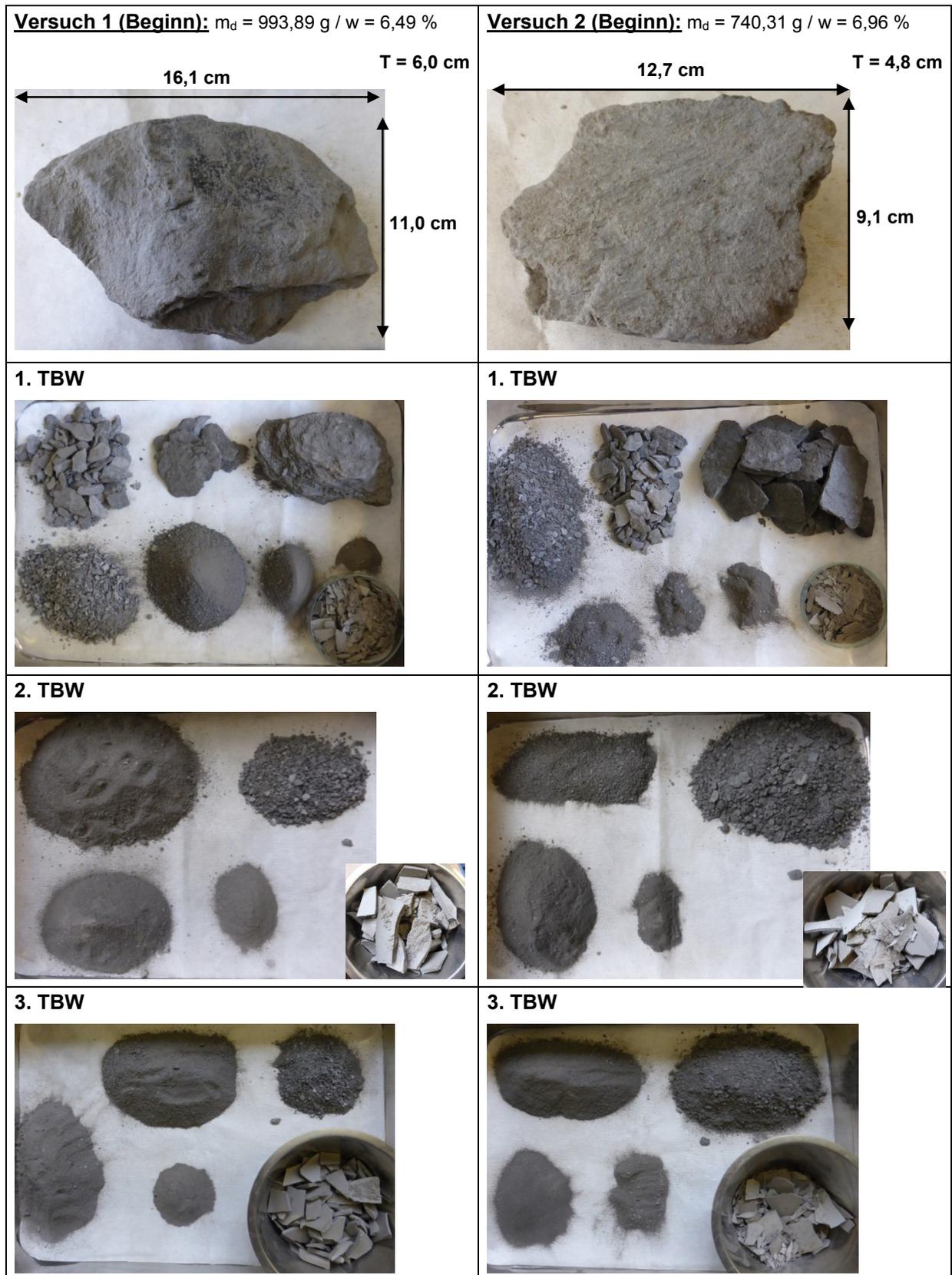


Bild 1 / B.B: Darstellung TBV nach NICKMANN, Opalinustonstein (MT), links: Versuch 1; rechts: Versuch 2

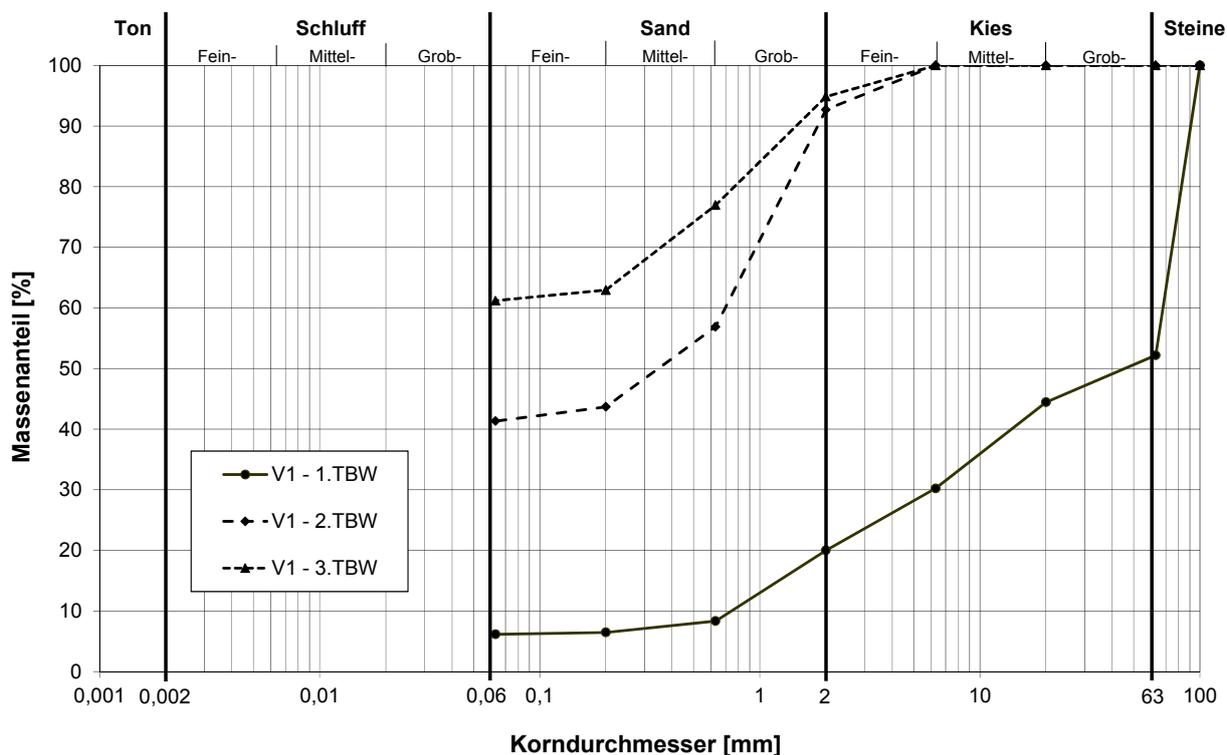


Bild 2 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, Opalinustonstein (MT) - V1 (Versuch 1)

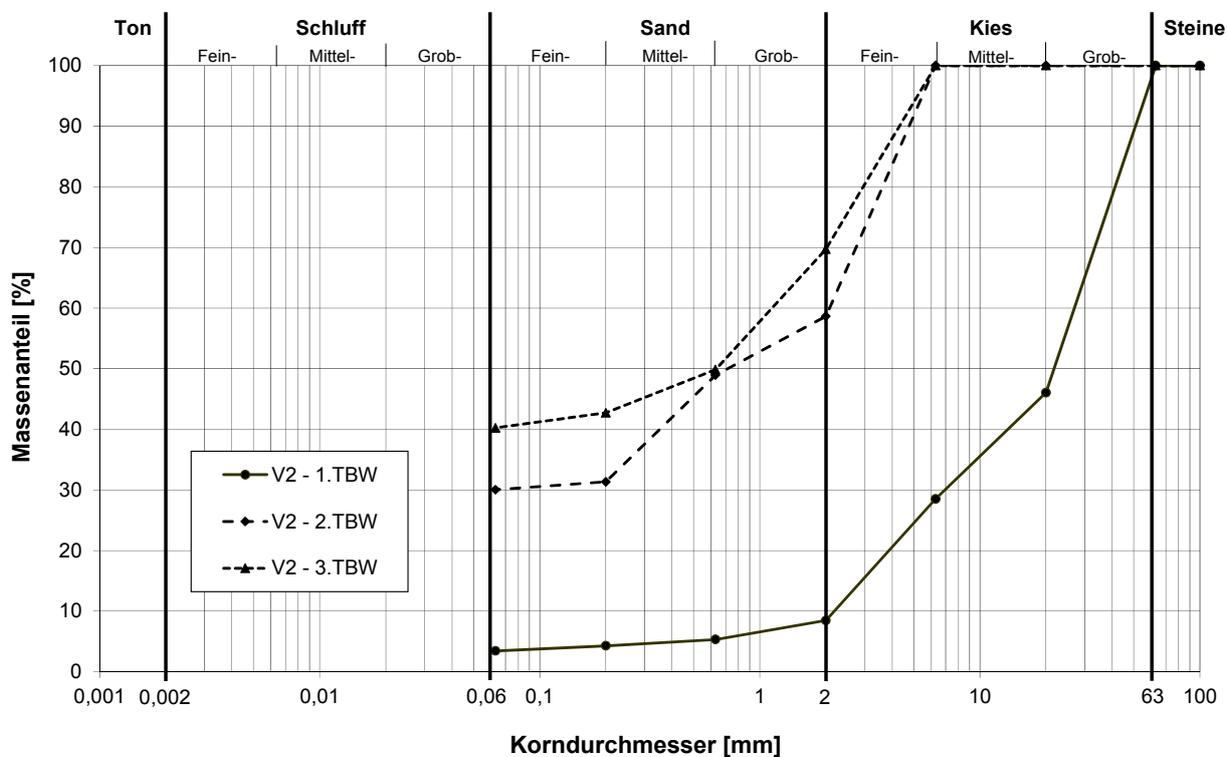


Bild 3 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, Opalinustonstein (MT) - V2 (Versuch 2)

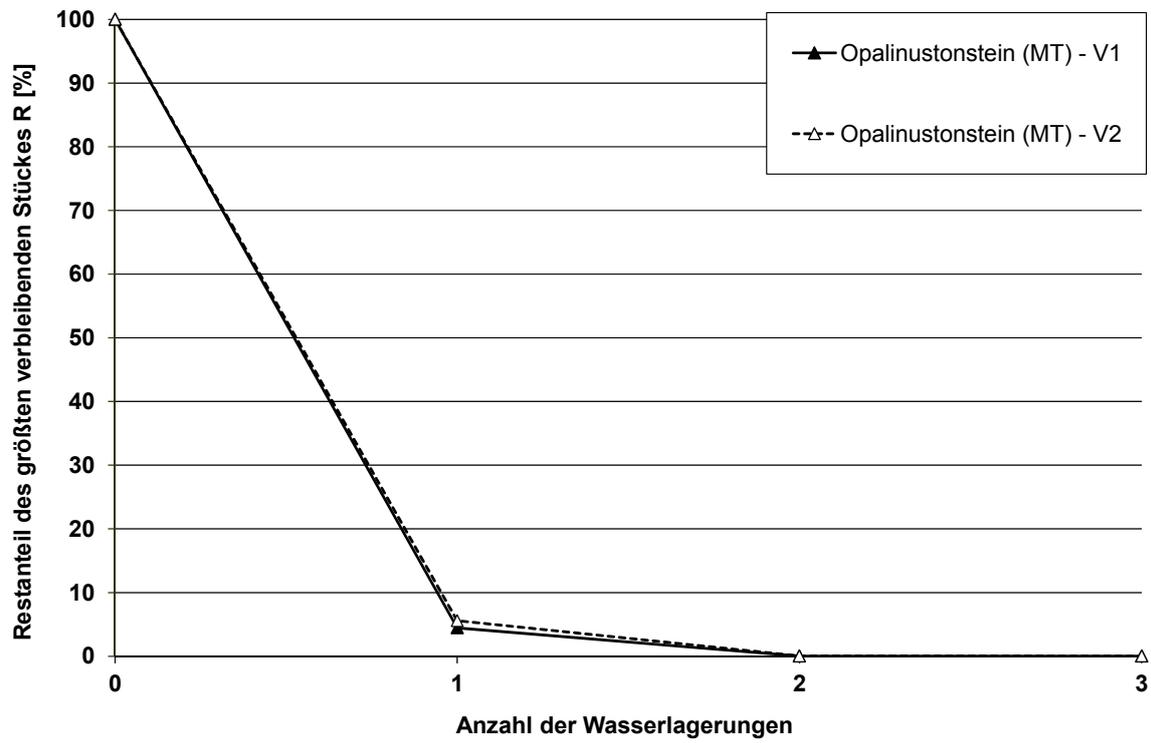


Bild 4 / B.B: Vergleich TBV nach NICKMANN anhand des größten Reststückes, Opalinustonstein (MT)

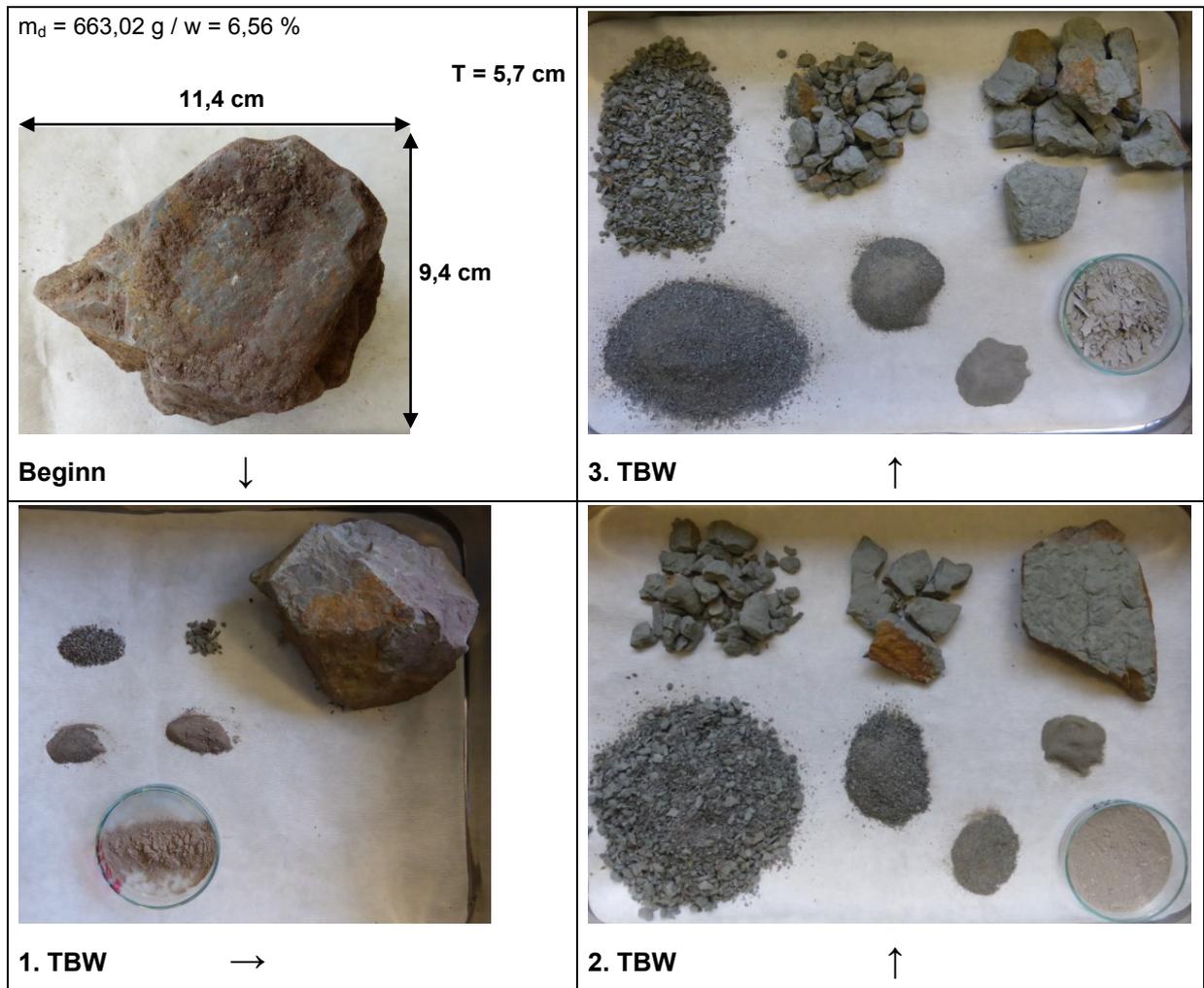


Bild 5 / B.B: Darstellung TBV nach NICKMANN, dunkelroter Mergel – V1

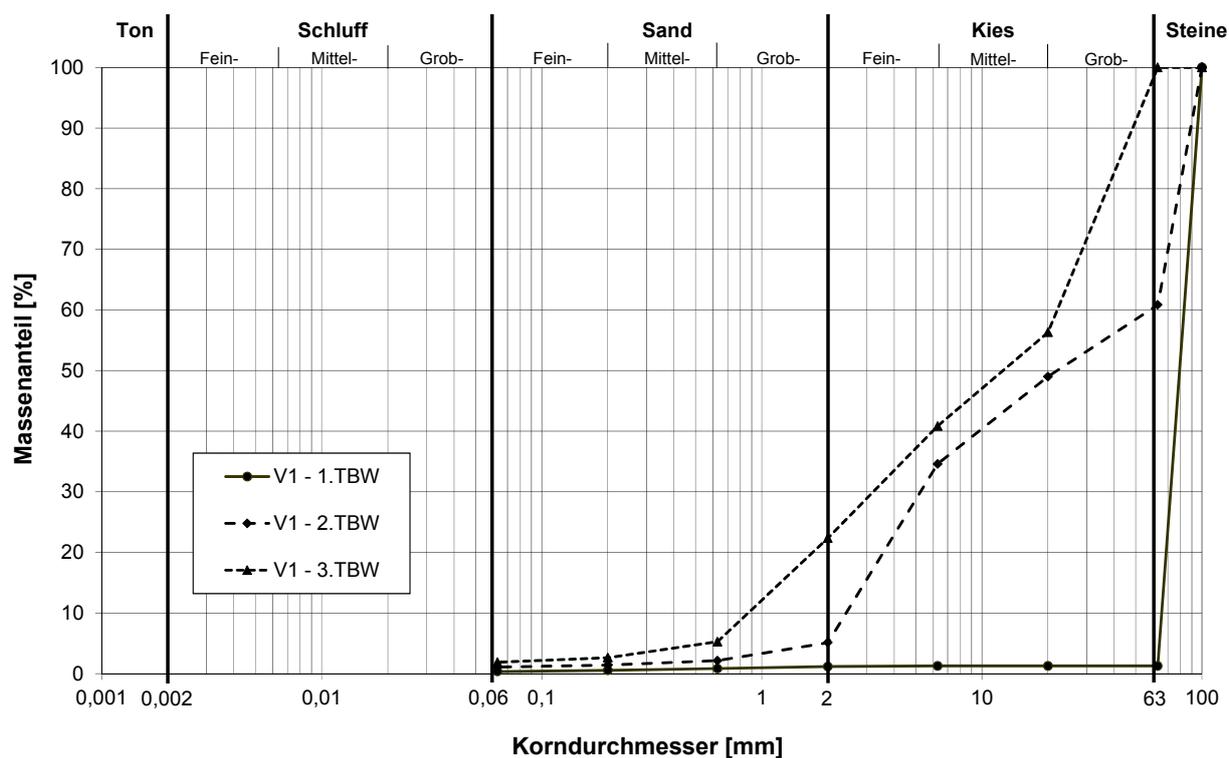


Bild 6 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, dunkelroter Mergel - V1 (Versuch 1)

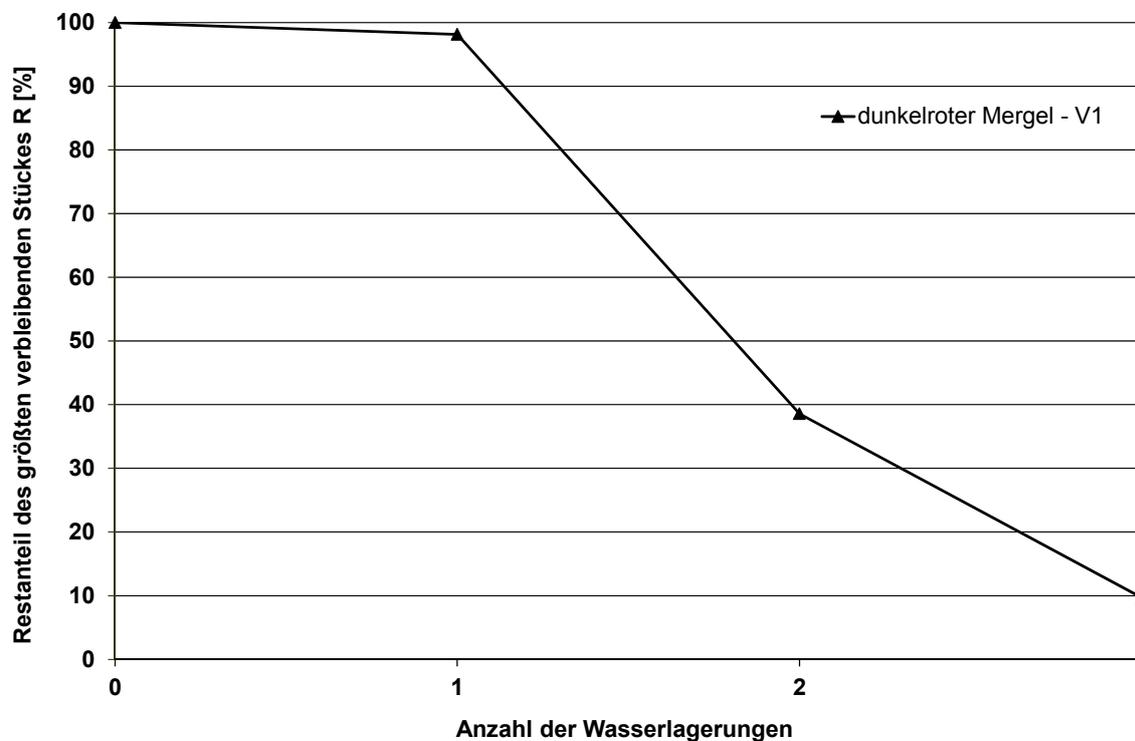


Bild 7 / B.B: Vergleich TBV nach NICKMANN anhand des größten Reststückes, dunkelroter Mergel - V1

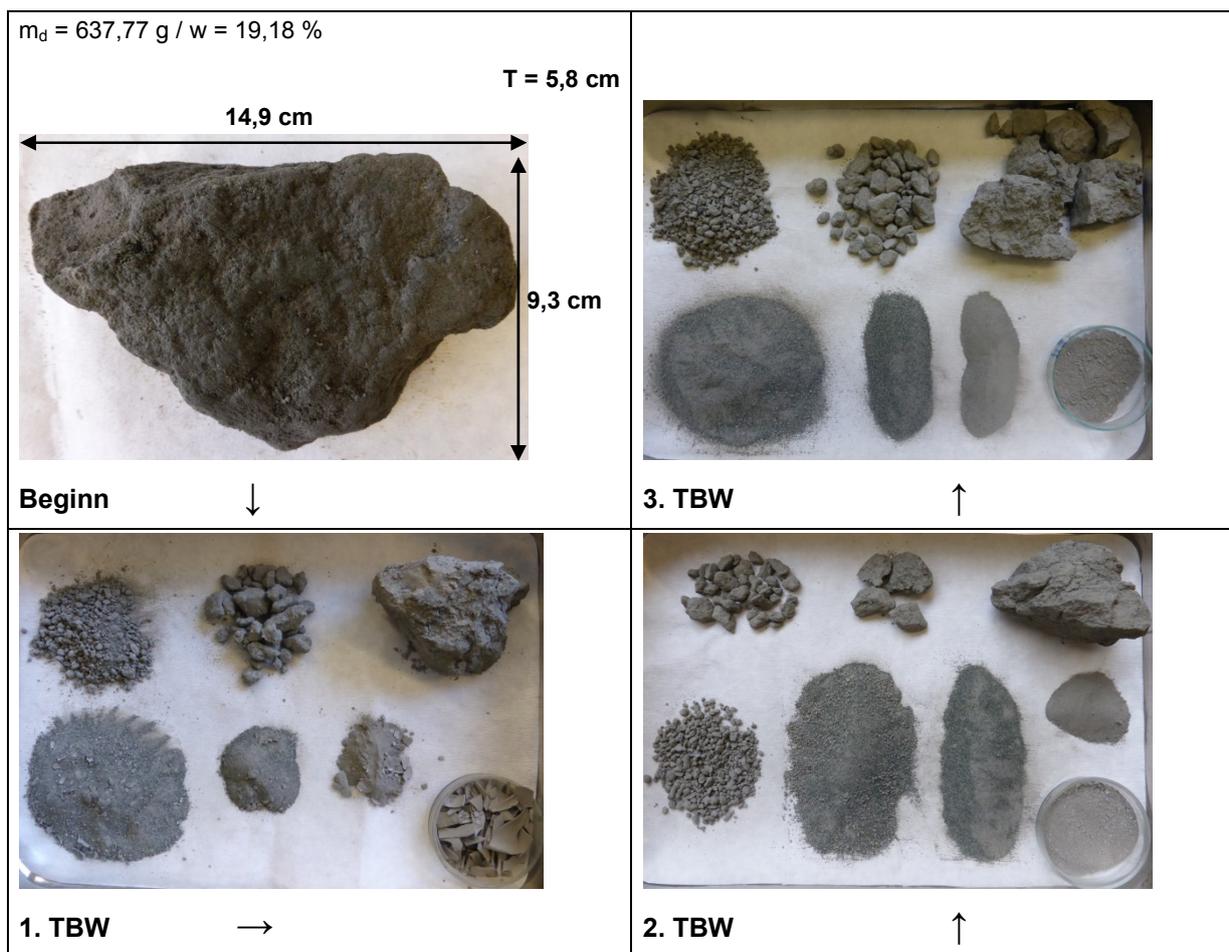


Bild 8 / B.B: Darstellung TBV nach NICKMANN, Emscher Mergel

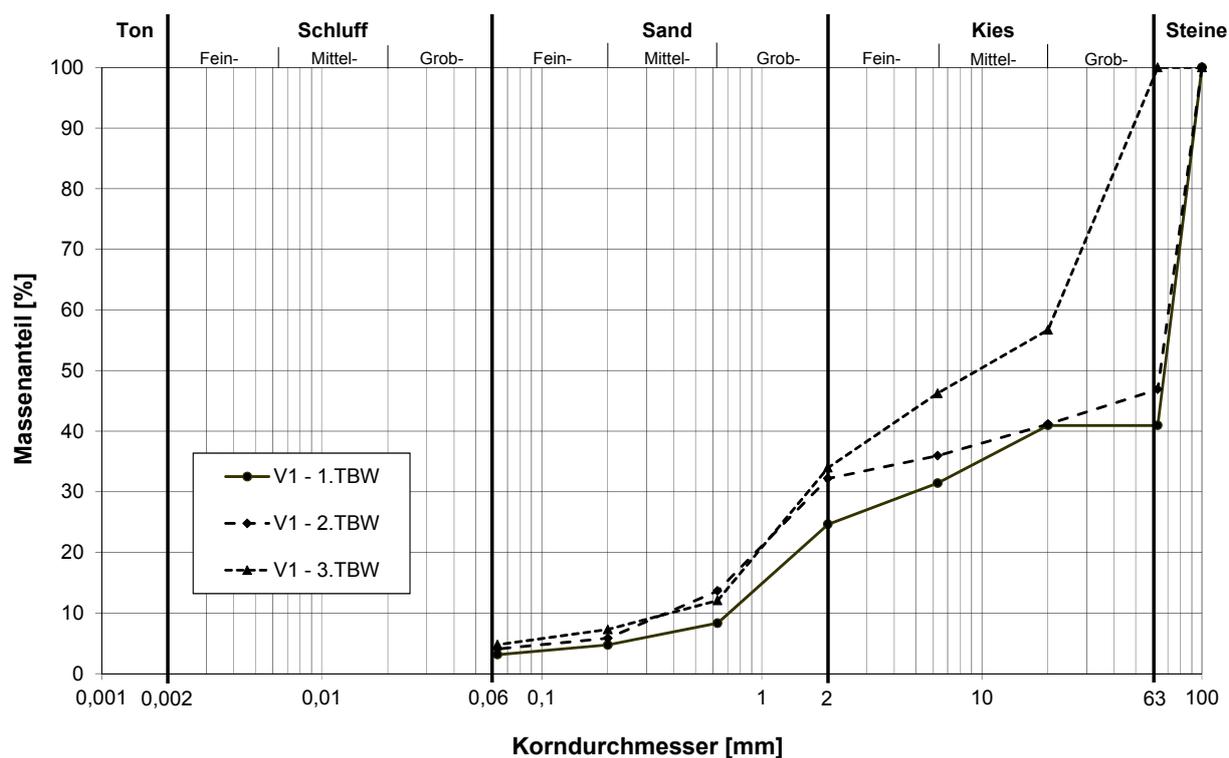


Bild 9 / B.B: Korngrößenverteilung TBV nach NICKMANN, Emscher Mergel - V1 (Versuch 1)

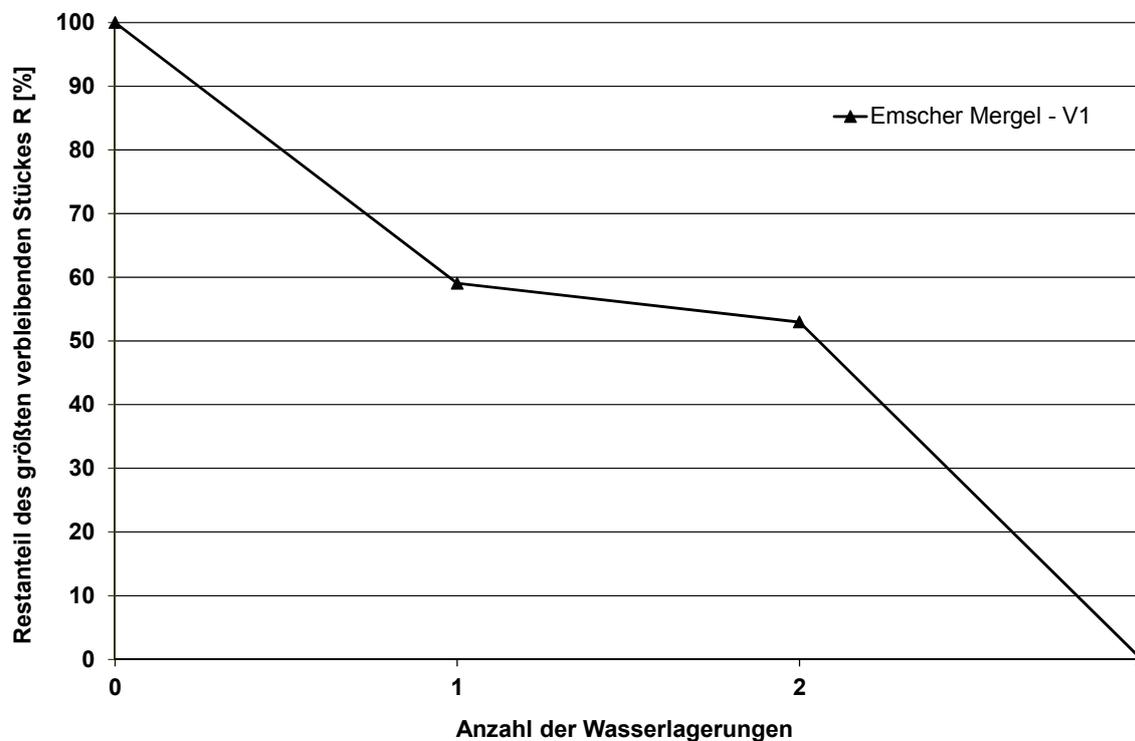


Bild 10 / B.B: Vergleich TBV nach NICKMANN anhand des größten Reststückes, Emscher Mergel

Anlage C:

Trocknungs-Befeuchtungs-Wechsel kombiniert mit Nasssiebungen (NS+TBW)

Bild 1 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, Opalinustonstein (MT)..... 2

Bild 2 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, Opalinustonstein (MT)..... 2

Bild 3 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, Opalinustonstein (MT) 3

Bild 4 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, dunkelroter Mergel..... 4

Bild 5 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, dunkelroter Mergel 4

Bild 6 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, dunkelroter Mergel..... 5

Bild 7 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, Emscher Mergel..... 6

Bild 8 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, Emscher Mergel 6

Bild 9 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, Emscher Mergel..... 7

Bild 10 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, Feuerletten-Zersatz..... 8

Bild 11 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, Feuerletten-Zersatz..... 8

Bild 12 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, Feuerletten-Zersatz 9

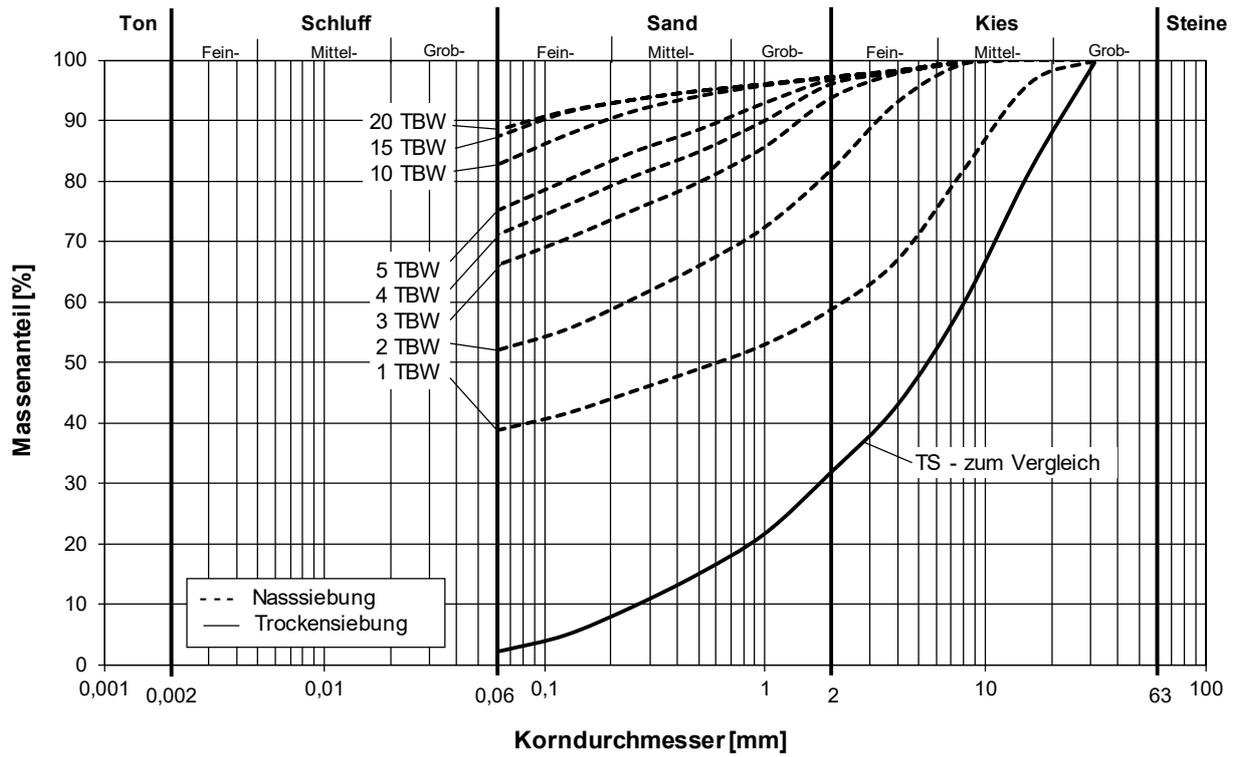


Bild 1 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, Opalinustonstein (MT)

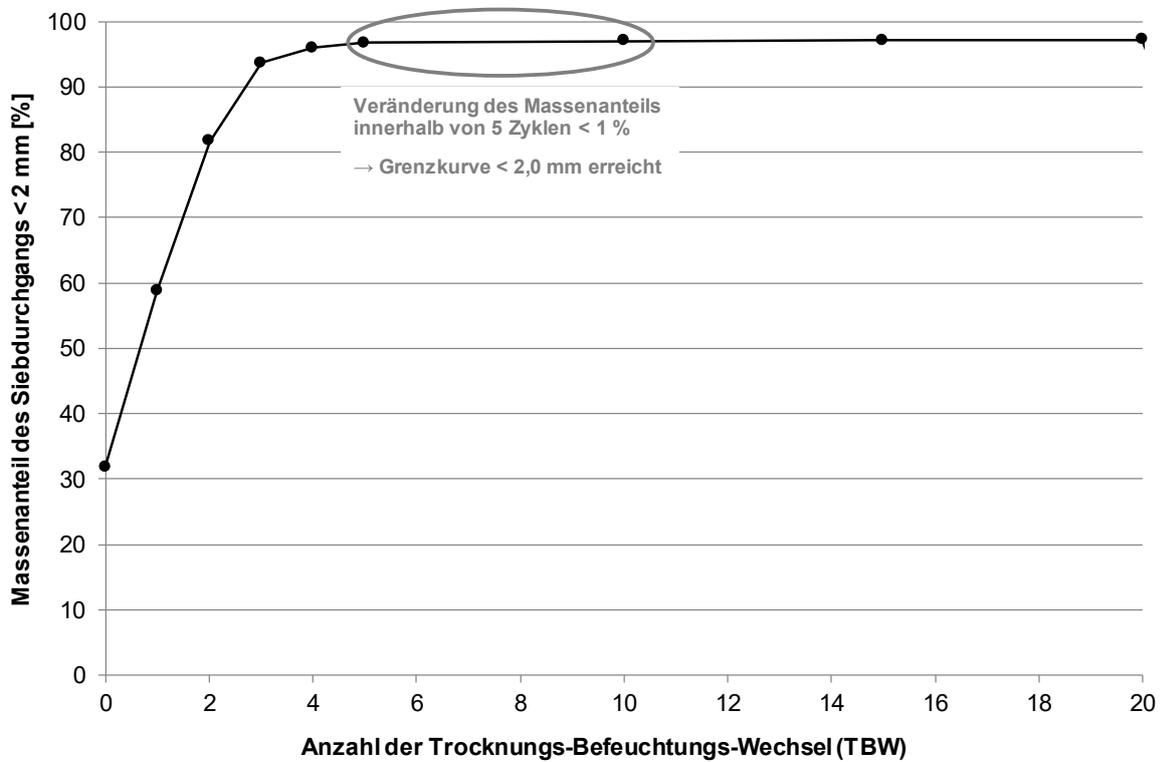


Bild 2 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, Opalinustonstein (MT)

	
<p>Beginn $m_d = 4685,6 \text{ g} / w = 6,71 \%$</p>	<p>nach 1.W</p>
	
<p>nach 1.T Feinkornanteil 38,9%</p>	<p>nach 2.T Feinkornanteil 52,1%</p>
	
<p>nach 3.T Feinkornanteil 66,3%</p>	<p>nach 5.T Feinkornanteil 75,3%</p>
	
<p>nach 10.T Feinkornanteil 82,9 %</p>	<p>Ende nach 20.T Feinkornanteil 88,6%</p>

Bild 3 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, Opalinustonstein (MT)

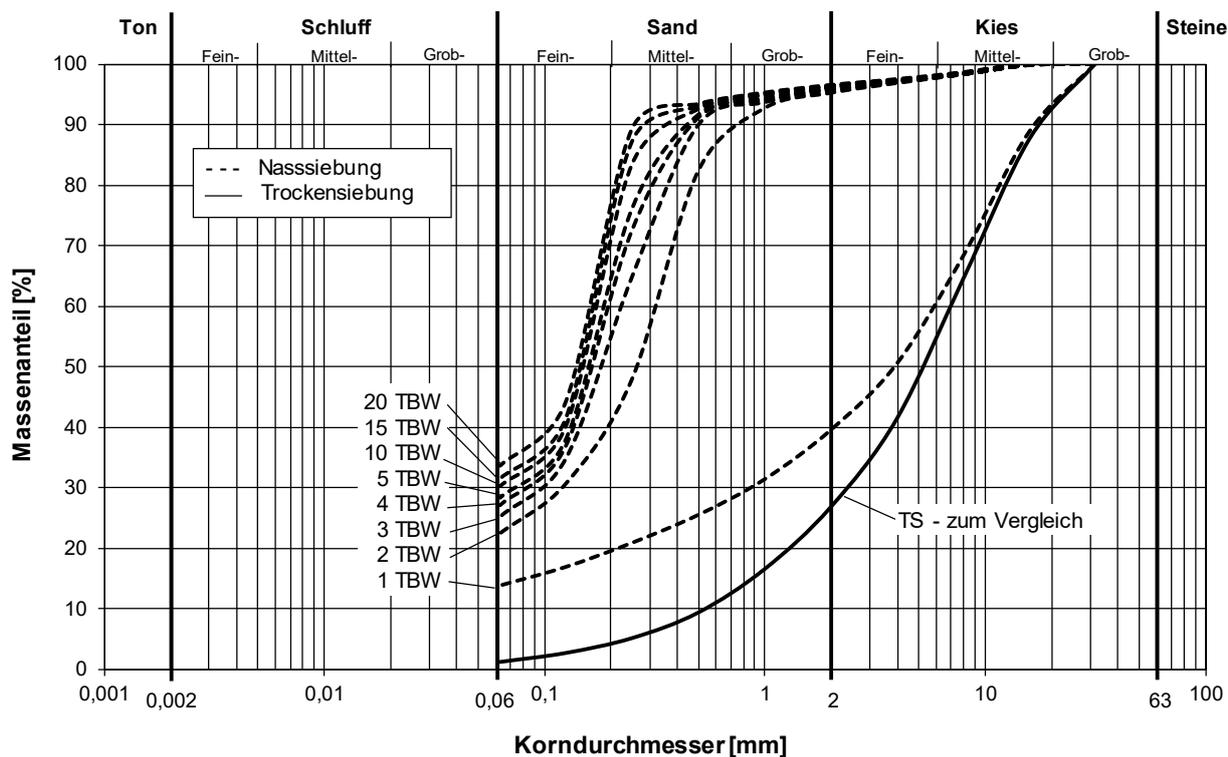


Bild 4 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, dunkelroter Mergel

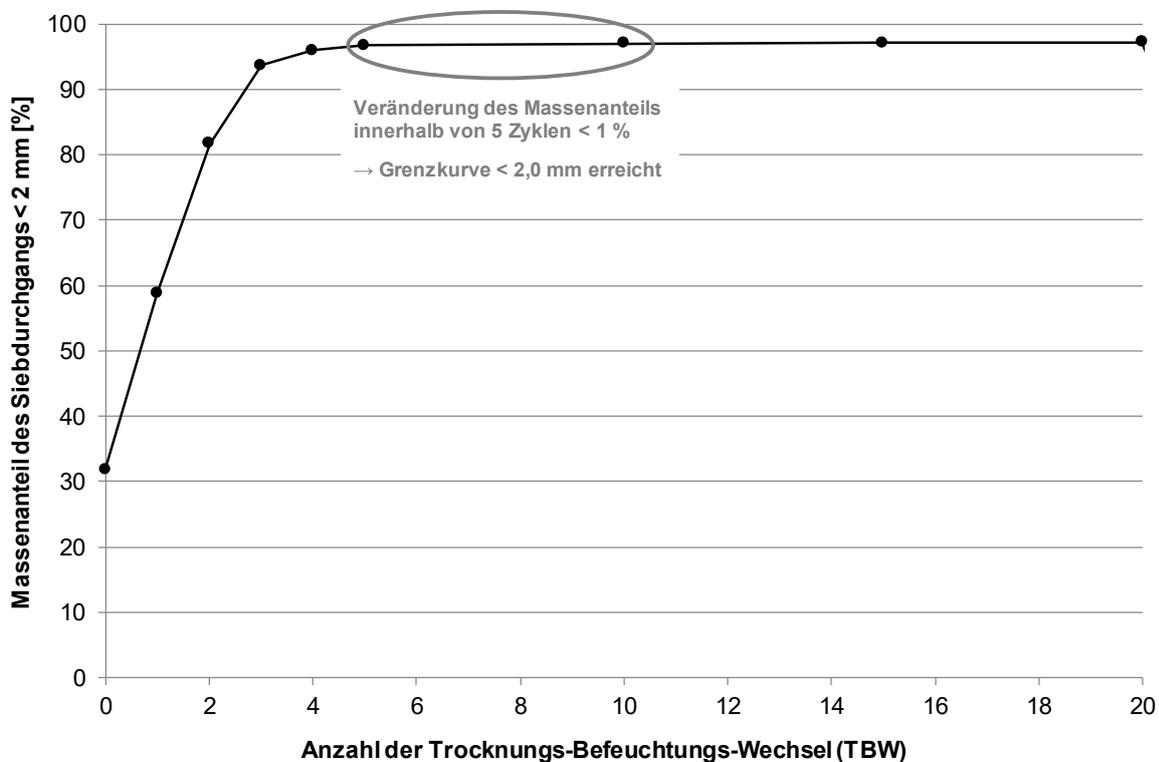


Bild 5 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, dunkelroter Mergel

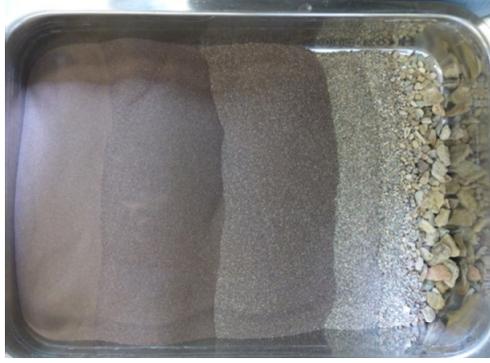
	
<p>Beginn $m_d = 4317,0 \text{ g} / w = 15,82 \%$</p>	<p>nach 1.W</p>
	
<p>nach 1.T Feinkornanteil 14,0%</p>	<p>nach 2.T Feinkornanteil 22,5%</p>
	
<p>nach 3.T Feinkornanteil 25,3%</p>	<p>nach 5.T Feinkornanteil 28,5%</p>
	
<p>nach 10.T Feinkornanteil 30,2%</p>	<p>Ende nach 20. T Feinkornanteil 33,7%</p>

Bild 6 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, dunkelroter Mergel

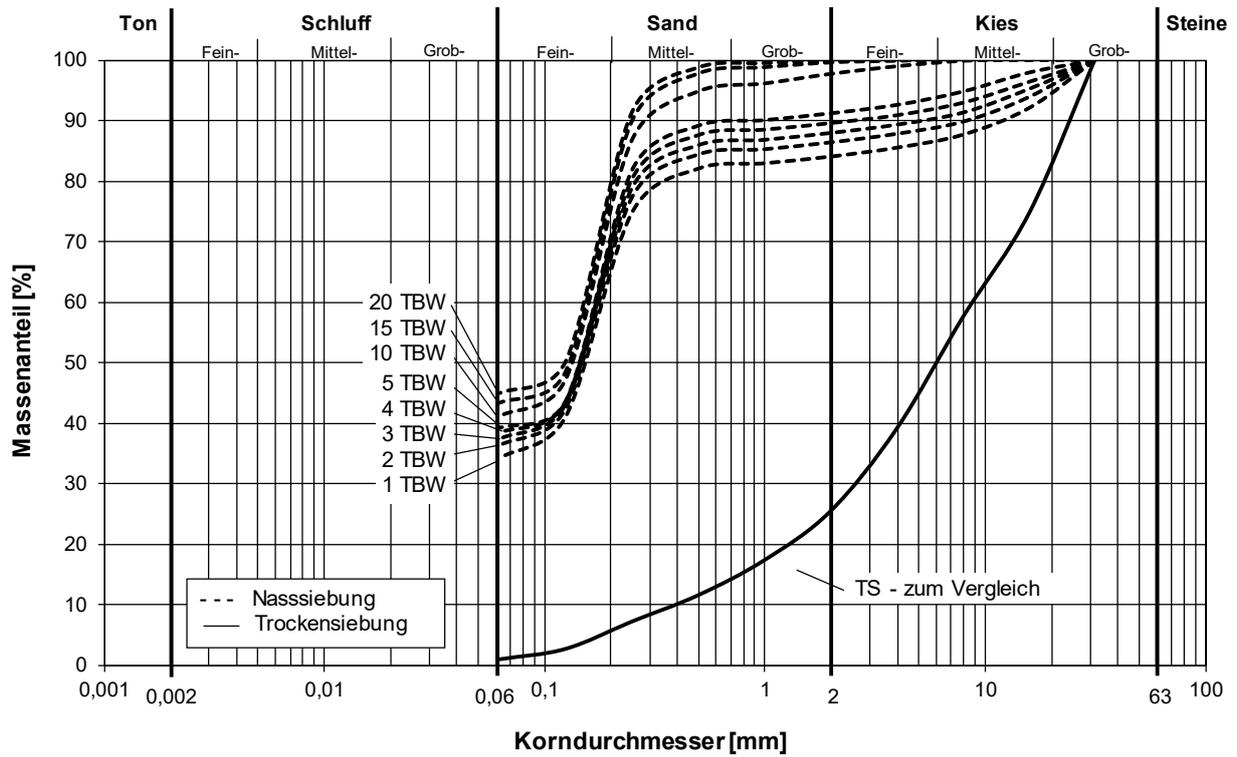


Bild 7 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, Emscher Mergel

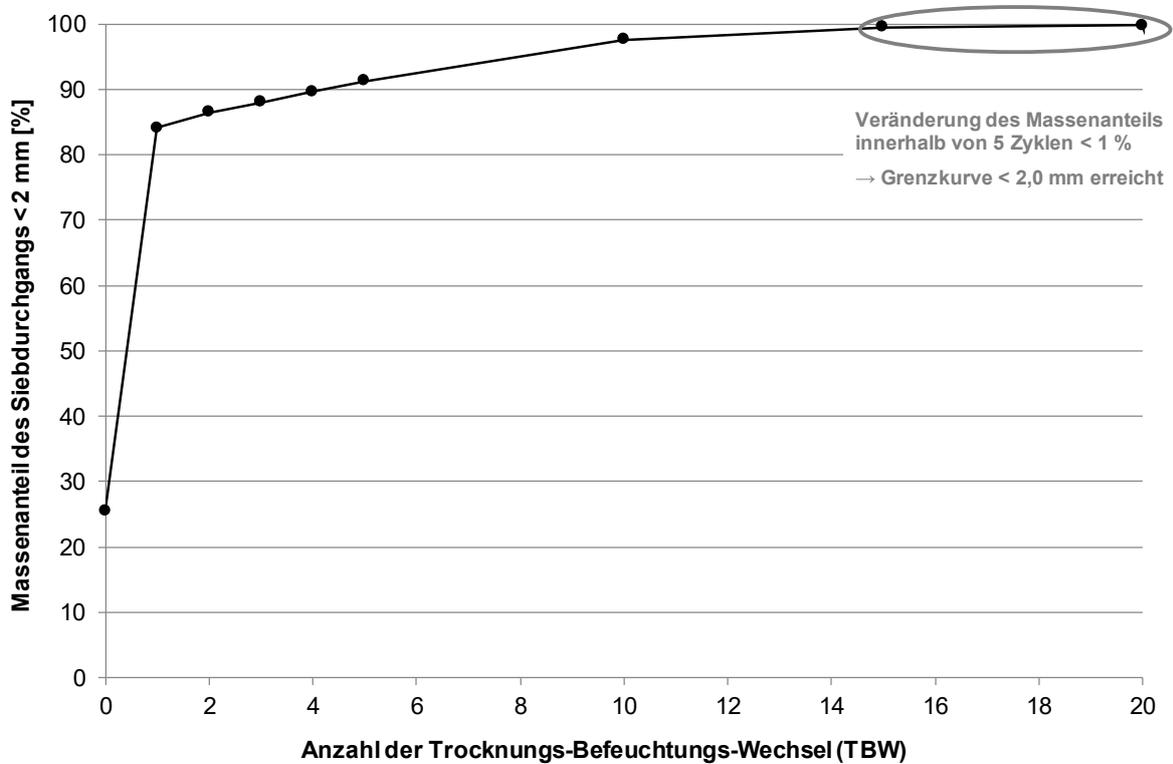


Bild 8 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, Emscher Mergel

	
<p>Beginn $m_d = 4229,2 \text{ g} / w = 18,23 \%$</p>	<p>nach 1.W</p>
	
<p>nach 1.T Feinkornanteil 34,2%</p>	<p>nach 2.T Feinkornanteil 36,3%</p>
	
<p>nach 3.T Feinkornanteil 37,4%</p>	<p>nach 5.T Feinkornanteil 39,3%</p>
	
<p>nach 10.T Feinkornanteil 41,2 %</p>	<p>Ende nach 20. T Feinkornanteil 45,1%</p>

Bild 9 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, Emscher Mergel

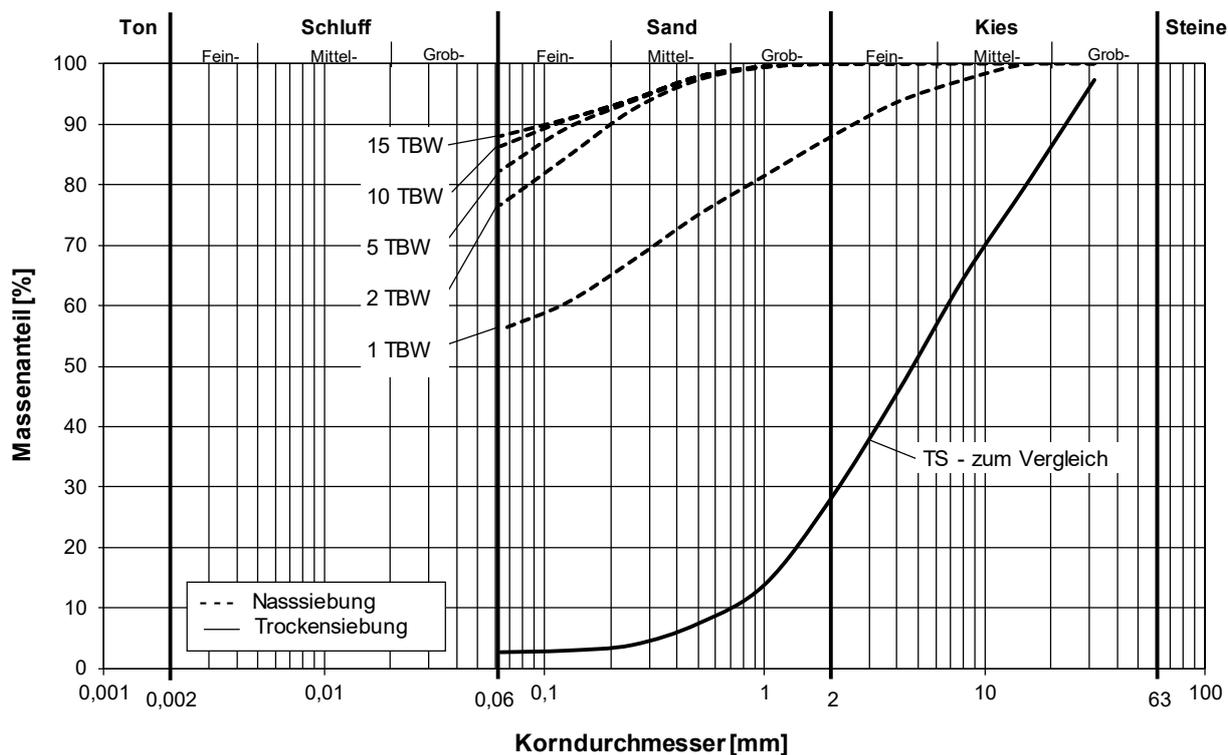


Bild 10 / C: Zerfallsverlauf anhand von NS+TBW, Feuerletten-Zersatz

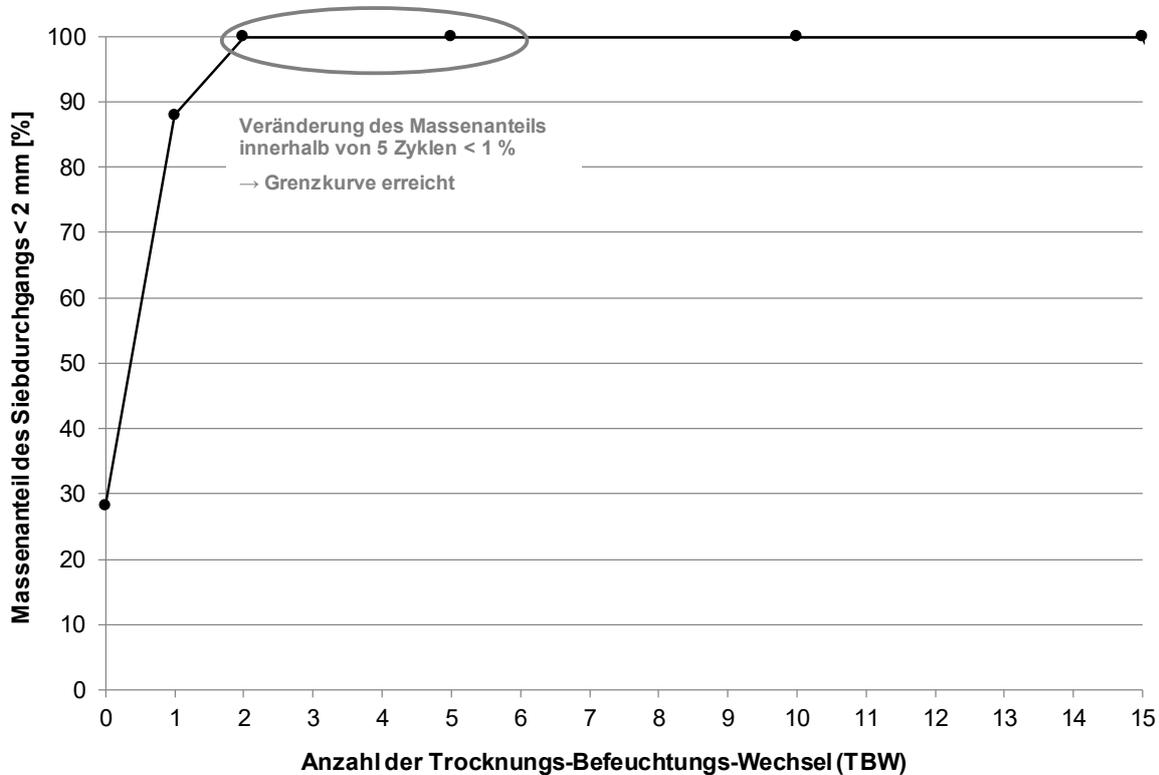


Bild 11 / C: Massenanteil des Siebdurchgangs < 2 mm, Feuerletten-Zersatz

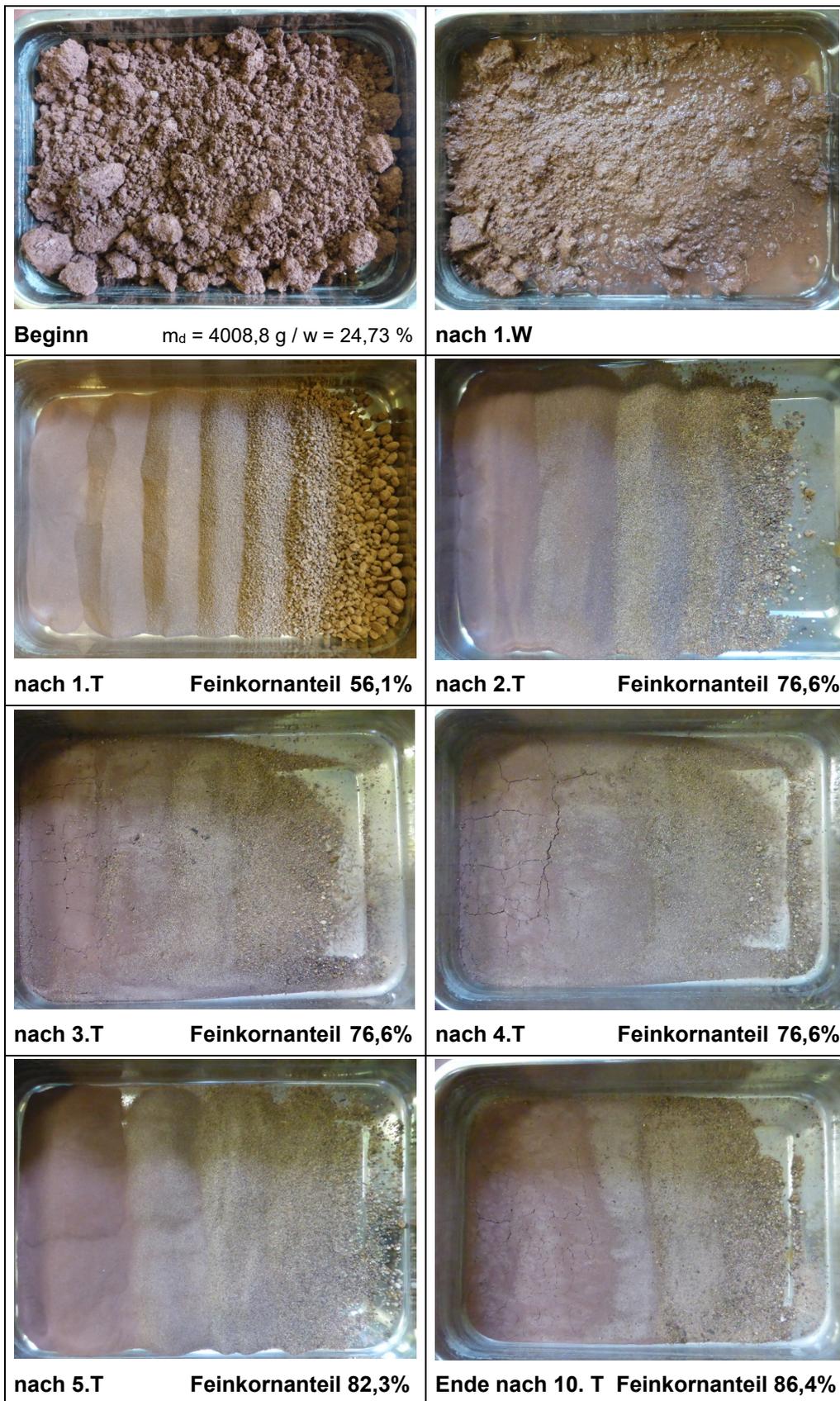


Bild 12 / C: bildhafte Darstellung NS+TBW, Feuerletten-Zersatz