Messtechnische Begleitung der Sanierung einer Brücke mittels Aufbeton

Y. Theiner und **G. Hofstetter**

Fakultät für Technische Wissenschaften
Institut für Grundlagen der Technischen Wissenschaften
Universität Innsbruck

Brückentagung 2013, Wien, Suite Hotel am Kahlenberg, 12. – 14. Juni 2013

INHALT

- **BRÜCKENTRAGWERK und SANIERUNGSARBEITEN**
- **VERSUCHSPROGRAMM**
  in situ
  Labor
- **ZEIT-** und **TIEFENABHÄNGIGE FEUCHTIGKEITSVERTEILUNG** im **BETON**
- **ZUSAMMENFASSUNG AUSBLICK**

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNG: B50 Burgenland Straße bei Neusiedl/See, ObjNr.: 06006
Plattenbalkenbrücke (4 Stege)

Gesamtlänge: 44.8 m

Gesamtbreite: 15.5 m

Errichtung: 1970

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNG:

- Umbau zu einem integralen Tragwerk (Rahmen)
- Ergänzung einer Aufbetonschicht

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNG:

- Umbau zu einem integralen Tragwerk (Rahmen)
- **Ergänzung einer Aufbetonschicht**

Versuchsprogramm

in situ

ZIEL

Versuchsprogramm

in situ

ZIEL

ERGEBNISSE:

zeit- und tiefenabhängigen

FEUCHTIGKEITSVERTEILUNGEN

Versuchsprogramm

in situ

ZIEL

ERGEBNISSE:

zeit- und tiefenabhängigen

FEUCHTIGKEITSVERTEILUNGEN

vor,

während,

und nach der Sanierung

Versuchsprogramm

in situ

✓ **ZIEL**

ERGEBNISSE:

zeit- und tiefenabhängigen

FEUCHTIGKEITSVERTEILUNGEN

Versuchsprogramm

in situ

✓ **ZIEL**

ERGEBNISSE:

zeit- und tiefenabhängigen

FEUCHTIGKEITSVERTEILUNGEN

?

WARUM

Versuchsprogramm

in situ

✓ **ZIEL**

ERGEBNISSE:

zeit- und tiefenabhängigen

FEUCHTIGKEITSVERTEILUNGEN

SCHWINDVERHALTEN

von mit

AUFBETON

verstärkten TRAGWERKEN

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

05.03.12

bestehende Fahrbahnplatte

Installation
Messsystem

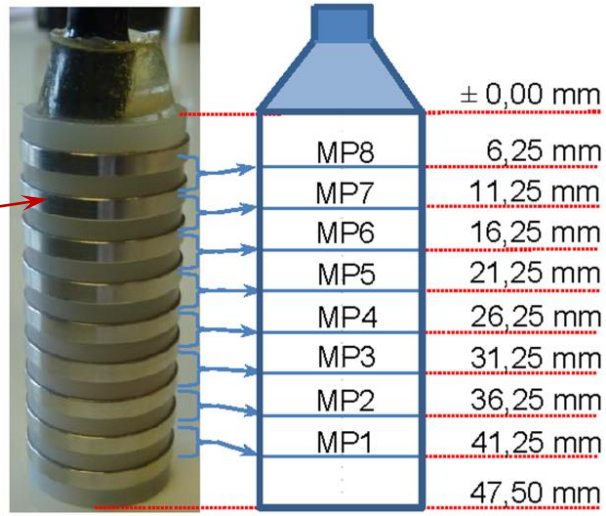
t = 0 Tage

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

Multi-Ring-Elektrode (MRS)



05.03.12

bestehende Fahrbahnplatte

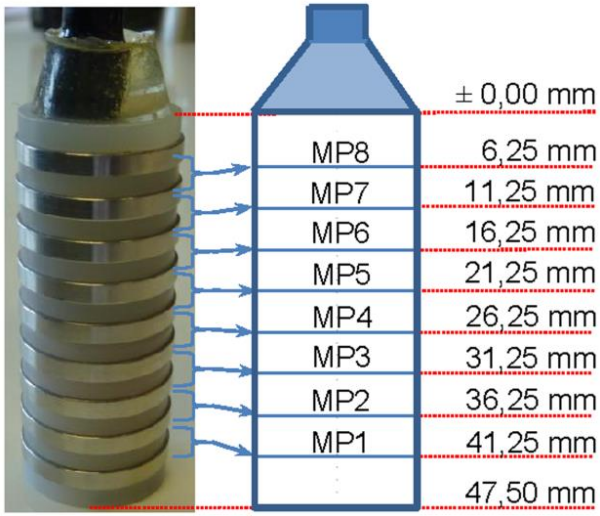
Installation
Messsystem

t = 0 Tage

Versuchsprogramm

in situ

Multi-Ring-Elektrode (MRS)



Widerstandsmessung
(Elektrolytwiderstand [Ωm])

↓

Kalibrierkurve
(Wassergehalts-Widerstandskurve)

↓

Wassergehalt

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

05.03.12

bestehende Fahrbahnplatte

Installation
Messsystem

t = 0 Tage

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

Richtlinie RVS 15.02.34

BEMESSUNG UND AUSFÜHRUNG VON AUFBETON AUF FAHRBAHNPLATTEN

05.03.12 — 21.05.12

bestehende Fahrbahnplatte

Installation Messsystem → **t = 0 Tage**

HDW → **t = 77 Tage**

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

Richtlinie RVS 15.02.34

BEMESSUNG UND AUSFÜHRUNG VON AUFBETON AUF FAHRBAHNPLATTEN

05.03.12 — 21.05.12 — 11.06.12 — 13.06.12

bestehende Fahrbahnplatte

Installation Messsystem → **t = 0 Tage**

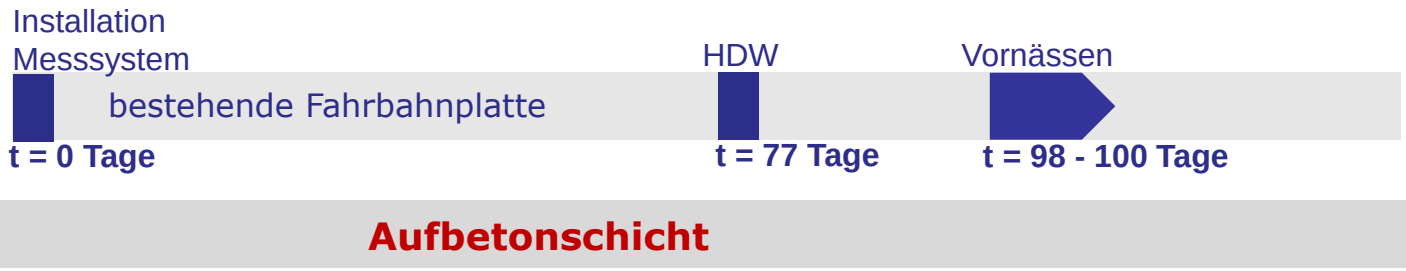
HDW → **t = 77 Tage**

Vornässen → **t = 98 - 100 Tage**

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN



Versuchsprogramm

in situ

VERSUCHS PROGRAMM in situ

SANIERUNGSARBEITEN

14.06.12

Installation Messsystem

bestehende Fahrbahnplatte

t = 0 Tage

HDW

t = 77 Tage

Vornässen

t = 98 - 100 Tage

Aufbetonschicht

90 mm Aufbeton

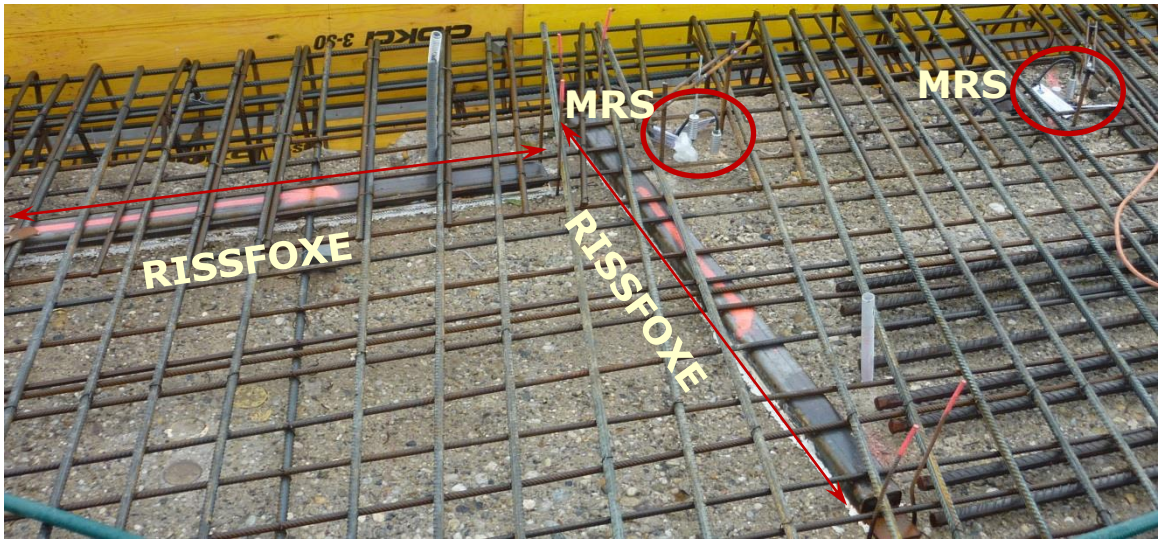
t = 101 Tage

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

Einbau Rissfoxe



14.06.12

Installation Messsystem

bestehende Fahrbahnplatte

HDW

Vornässen

t = 0 Tage

t = 77 Tage

t = 98 - 100 Tage

Aufbetonschicht

90 mm Aufbeton

t = 101 Tage

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

14.06.12 — 26.06.12

Aufbetonschicht

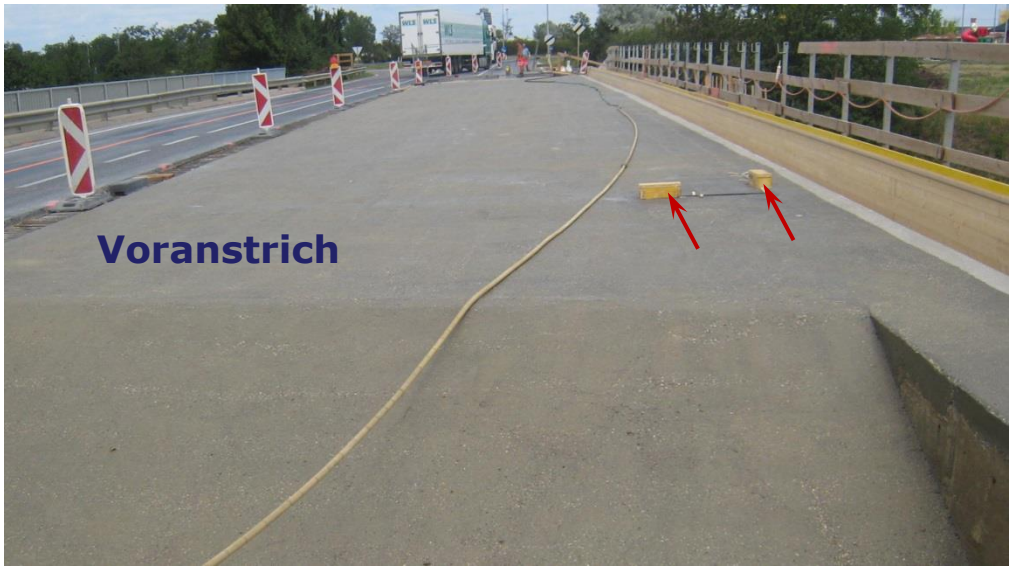
90 mm Aufbeton → **t = 101 Tage**

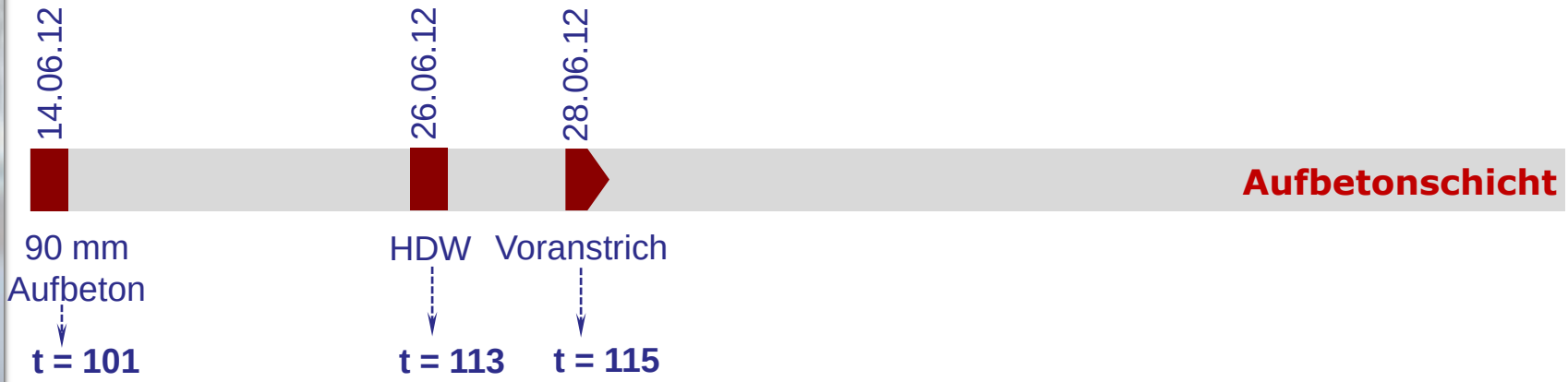
HDW → **t = 113 Tage**

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN





Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

14.06.12 | 26.06.12 | 28.06.12 | 29.06.12 | 02.07.12

Aufbetonschicht

90 mm Aufbeton → **t = 101**

HDW → **t = 113**

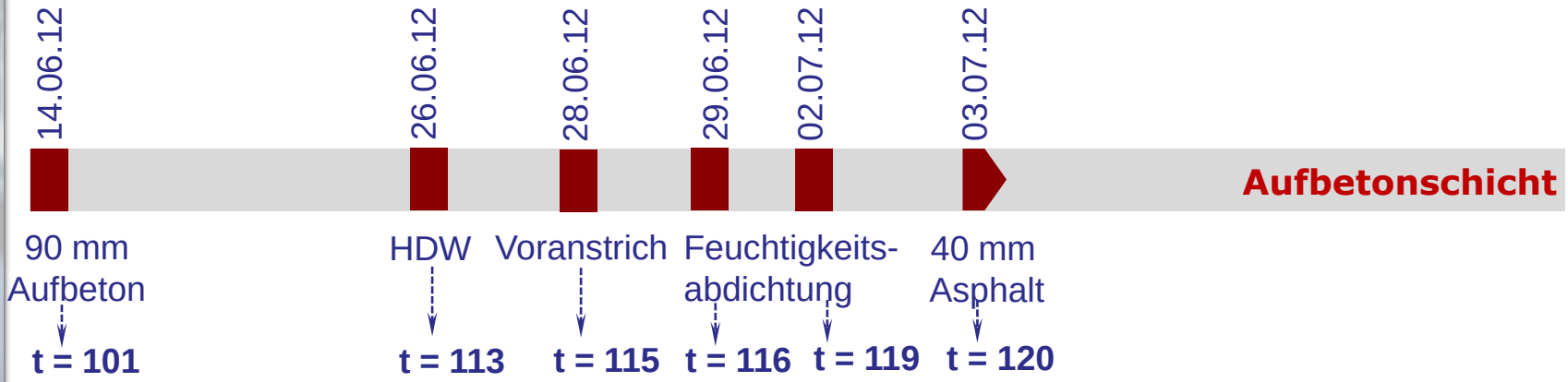
Voranstrich → **t = 115**

Feuchtigkeits-abdichtung → **t = 116**, **t = 119**

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN



Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

14.06.12	26.06.12	28.06.12	29.06.12	02.07.12	03.07.12	10.07.12
Aufbetonschicht						
90 mm Aufbeton	HDW	Voranstrich	Feuchtigkeits-abdichtung		40 mm Asphalt	Rand-balken
t = 101	**t = 113**	**t = 115**	**t = 116**	**t = 119**	**t = 120**	**t = 127**

Versuchsprogramm

in situ

SANIERUNGSARBEITEN

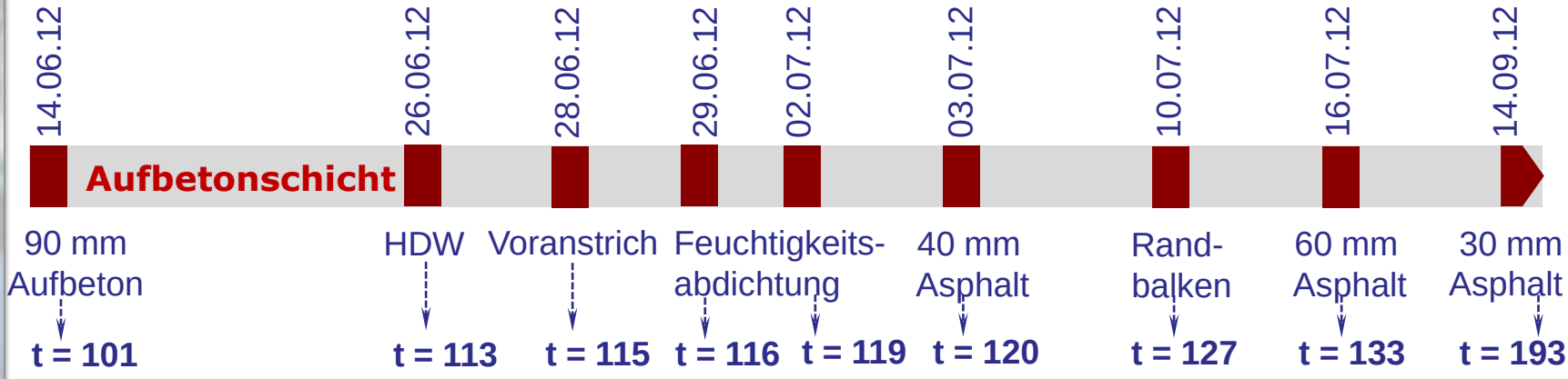
14.06.12	26.06.12	28.06.12	29.06.12	02.07.12	03.07.12	10.07.12	16.07.12
Aufbetonschicht							
90 mm Aufbeton	HDW	Voranstrich	Feuchtigkeits-abdichtung		40 mm Asphalt	Rand-balken	60 mm Asphalt
t = 101	**t = 113**	**t = 115**	**t = 116**	**t = 119**	**t = 120**	**t = 127**	**t = 133**

Versuchsprogramm

in situ

VERSUCHS PROGRAMM in situ

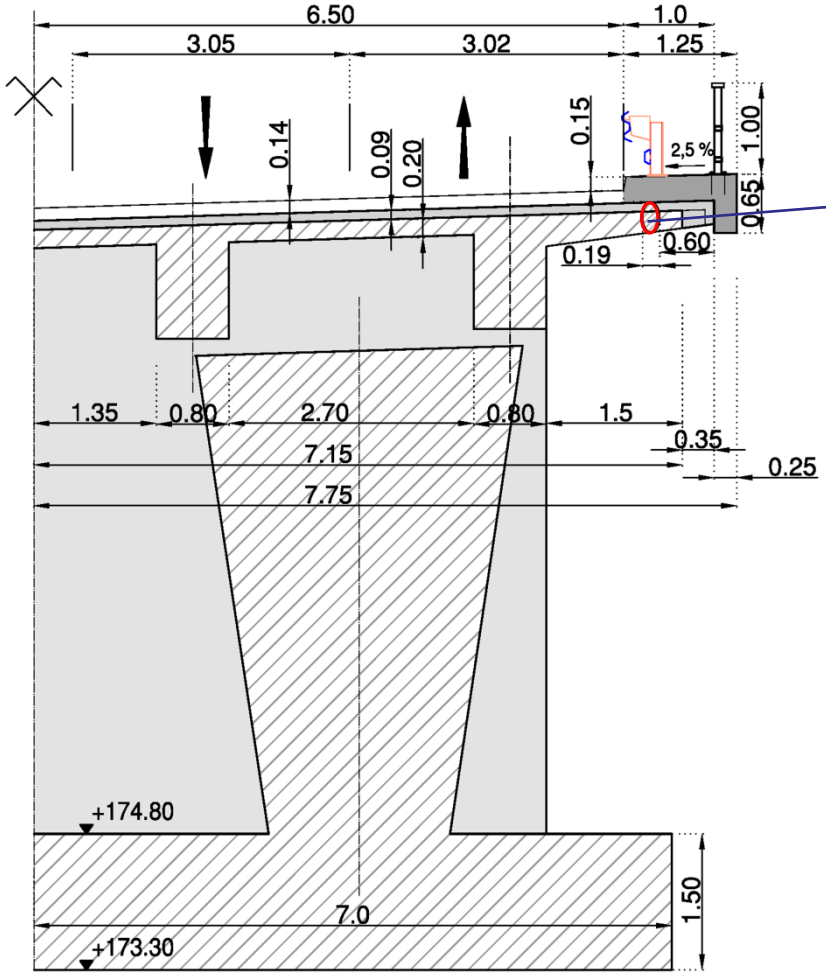
SANIERUNGSARBEITEN



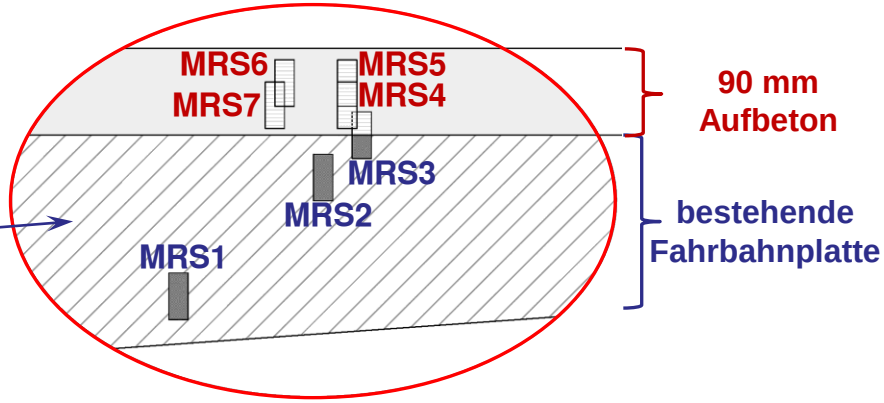
Versuchsprogramm

in situ

VERSUCHS PROGRAMM in situ



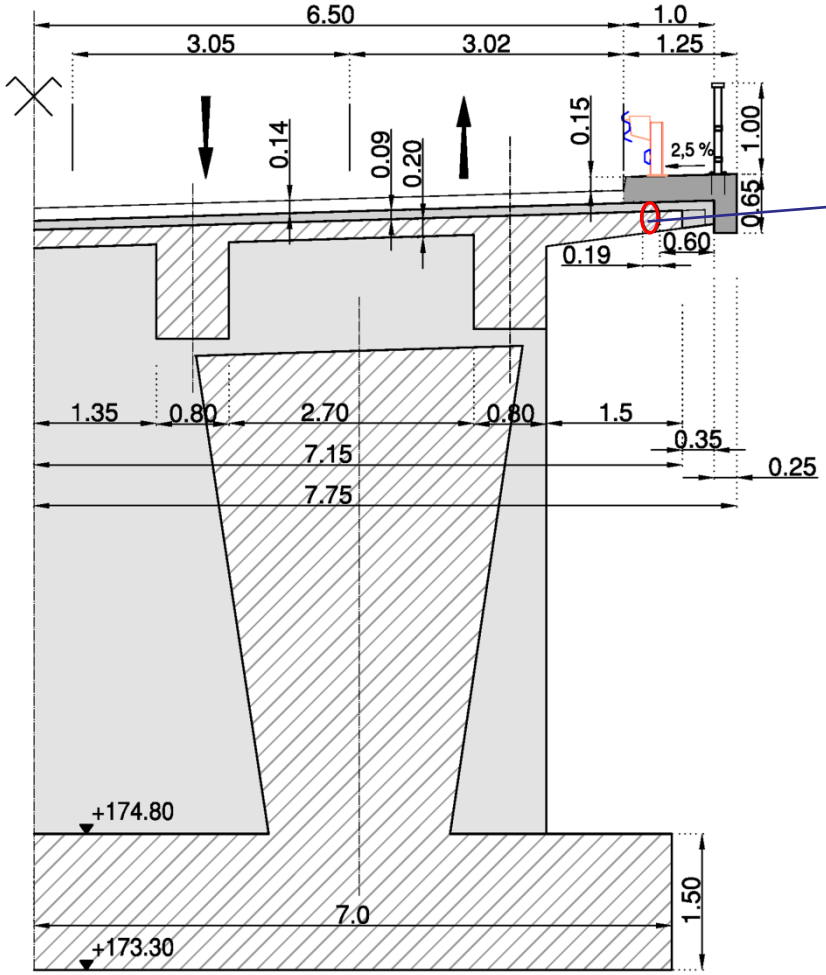
Detail des Messbereichs



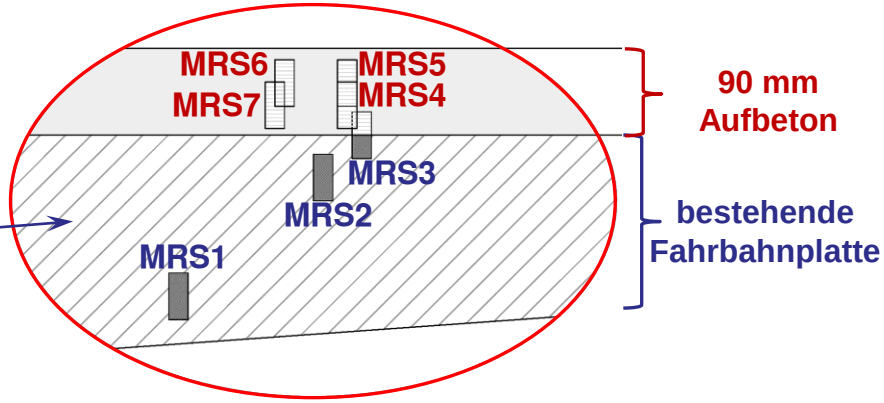
Versuchsprogramm

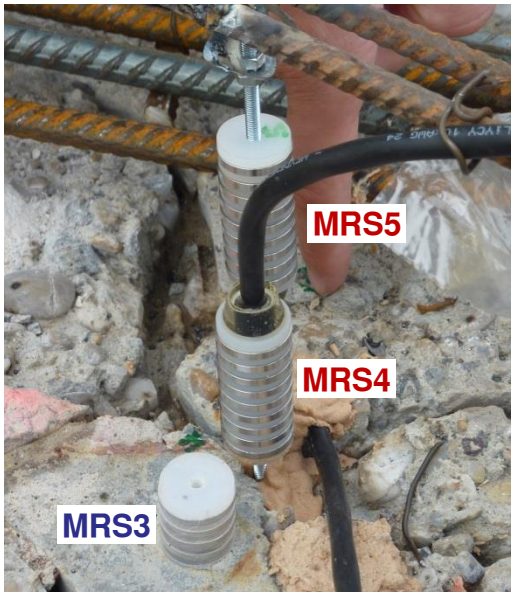
in situ

VERSUCHS PROGRAMM in situ



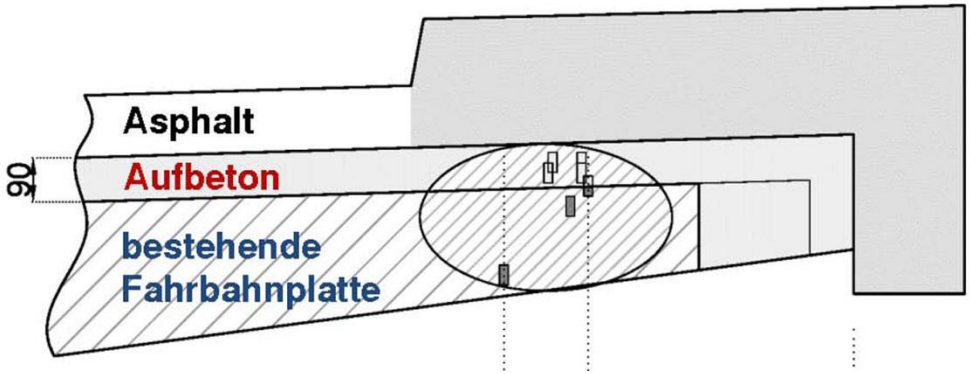
Detail des Messbereichs





Versuchsprogramm

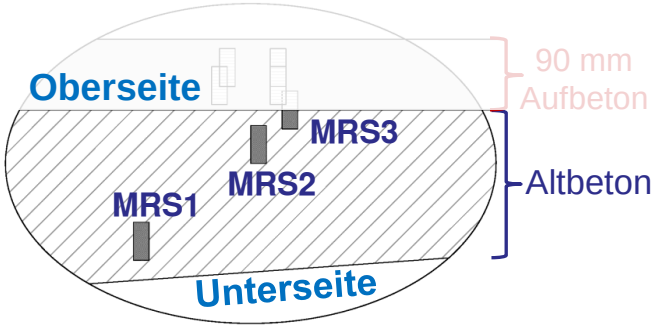
in situ

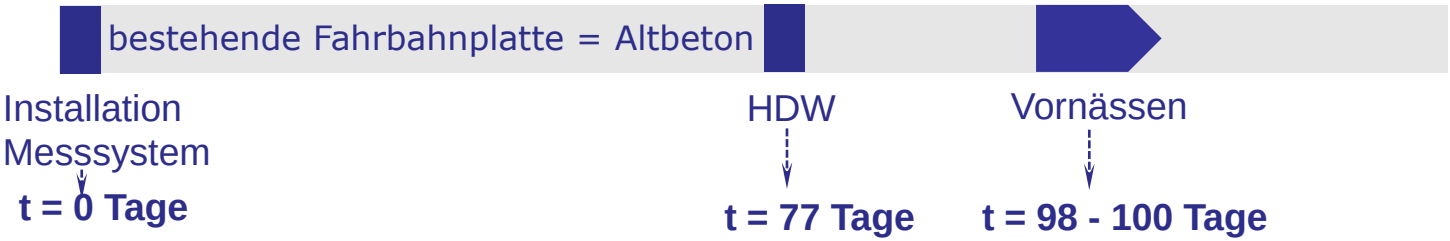


Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung

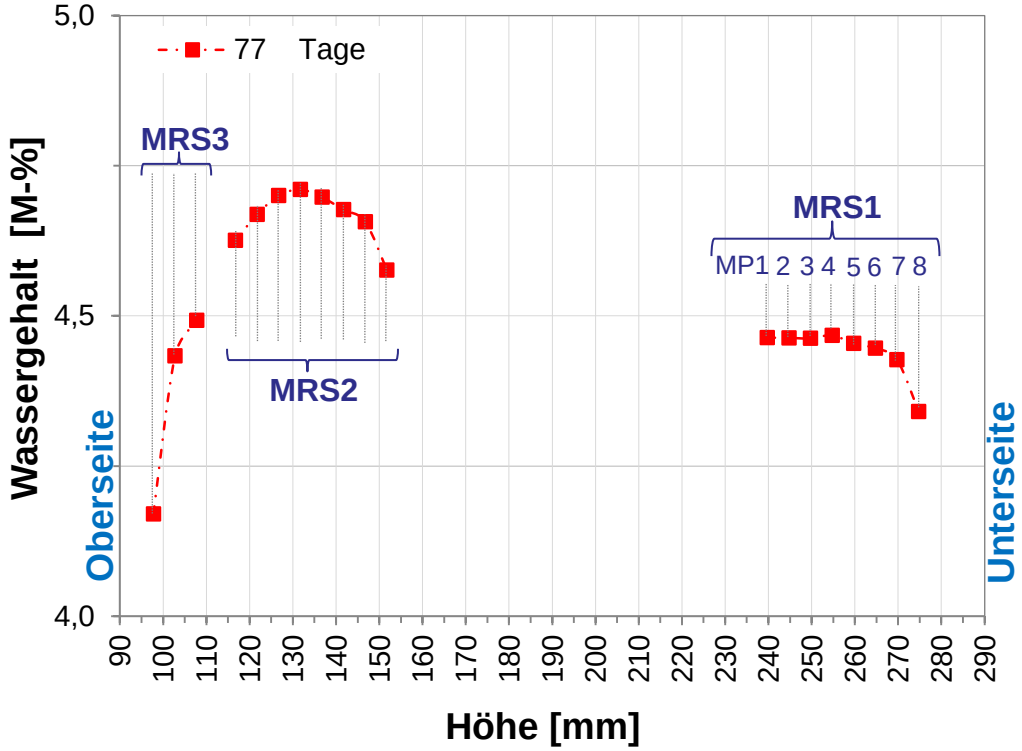


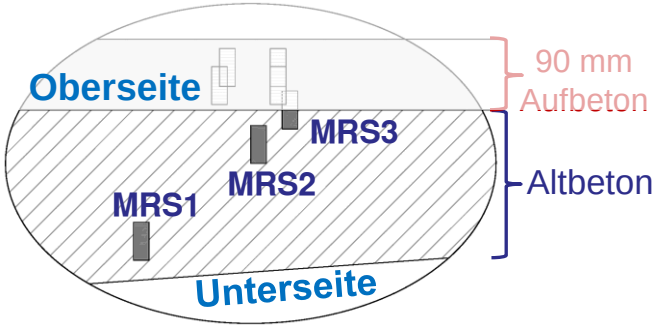


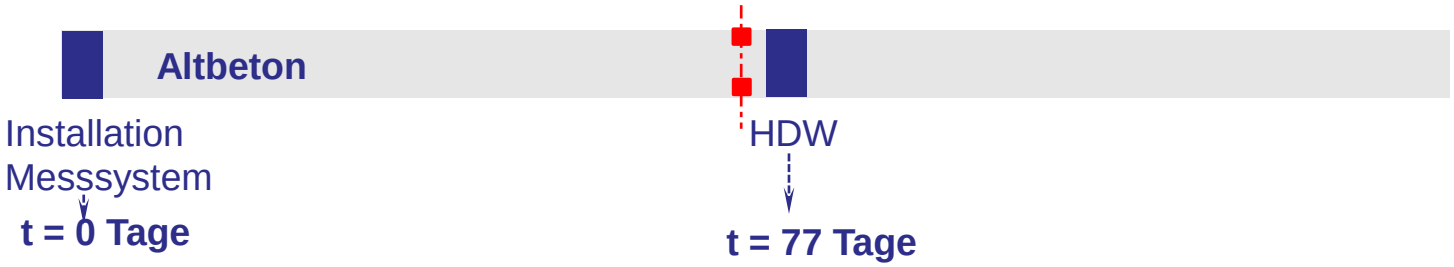
Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung



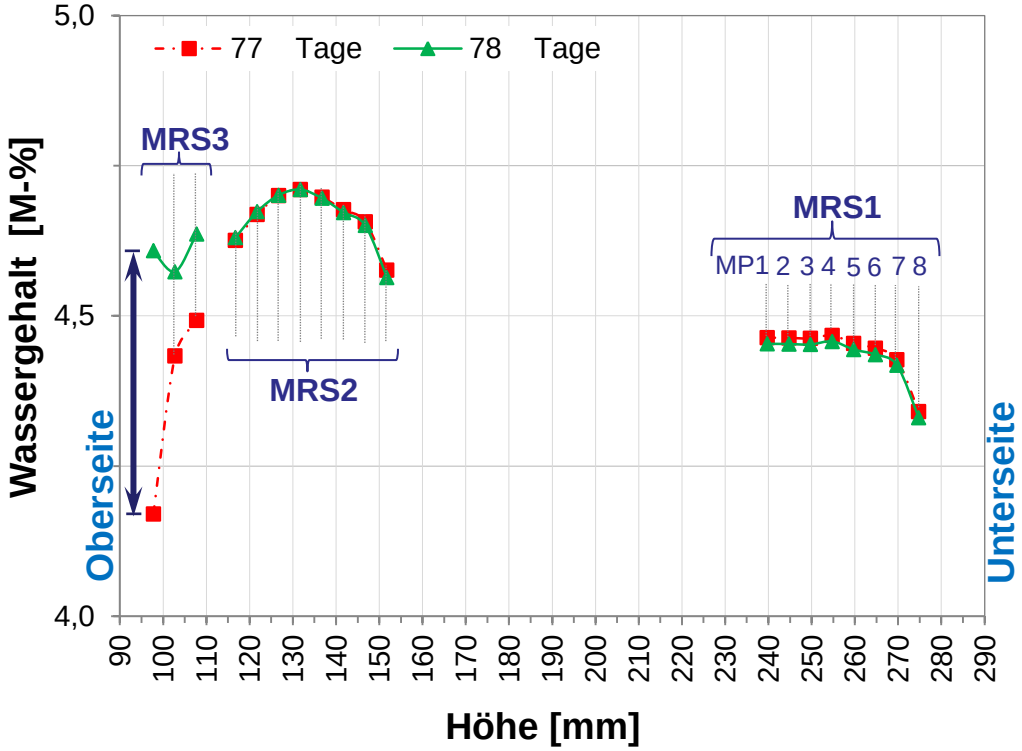


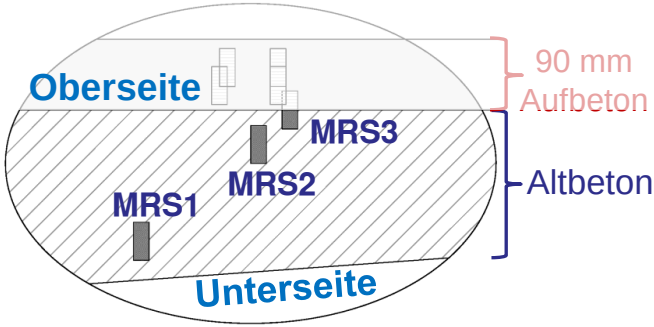


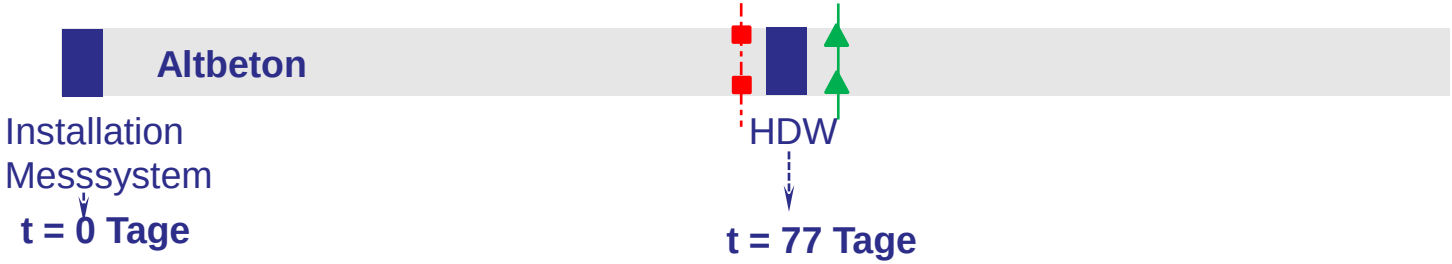
Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung



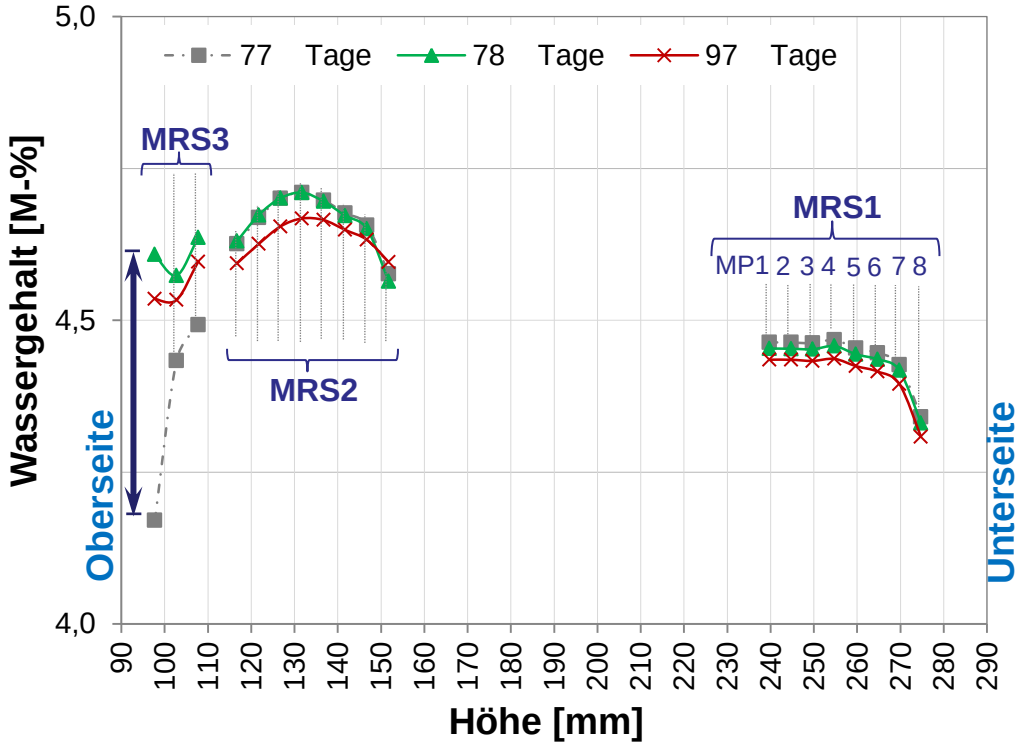


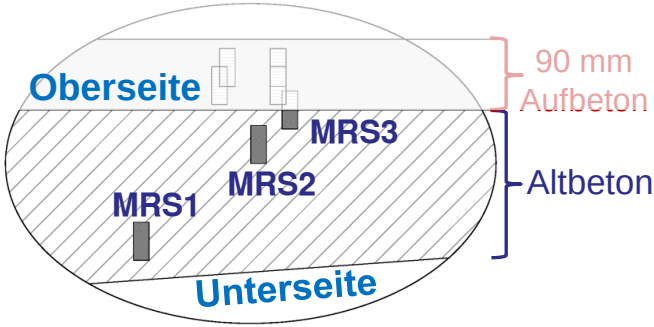


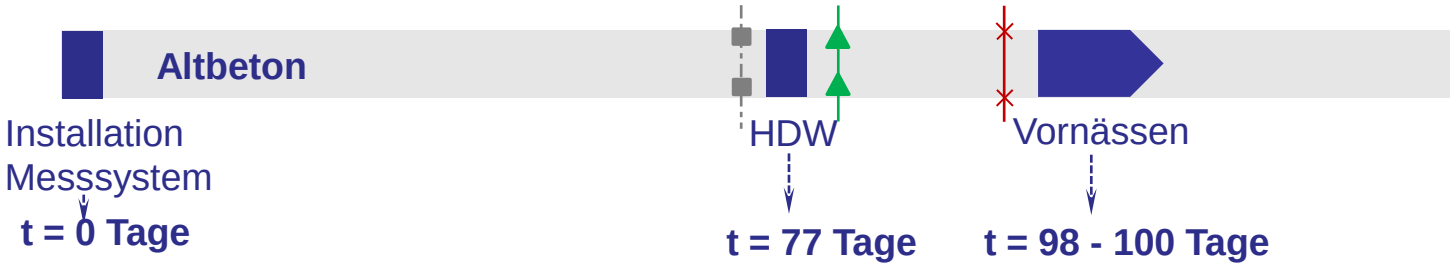
Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung



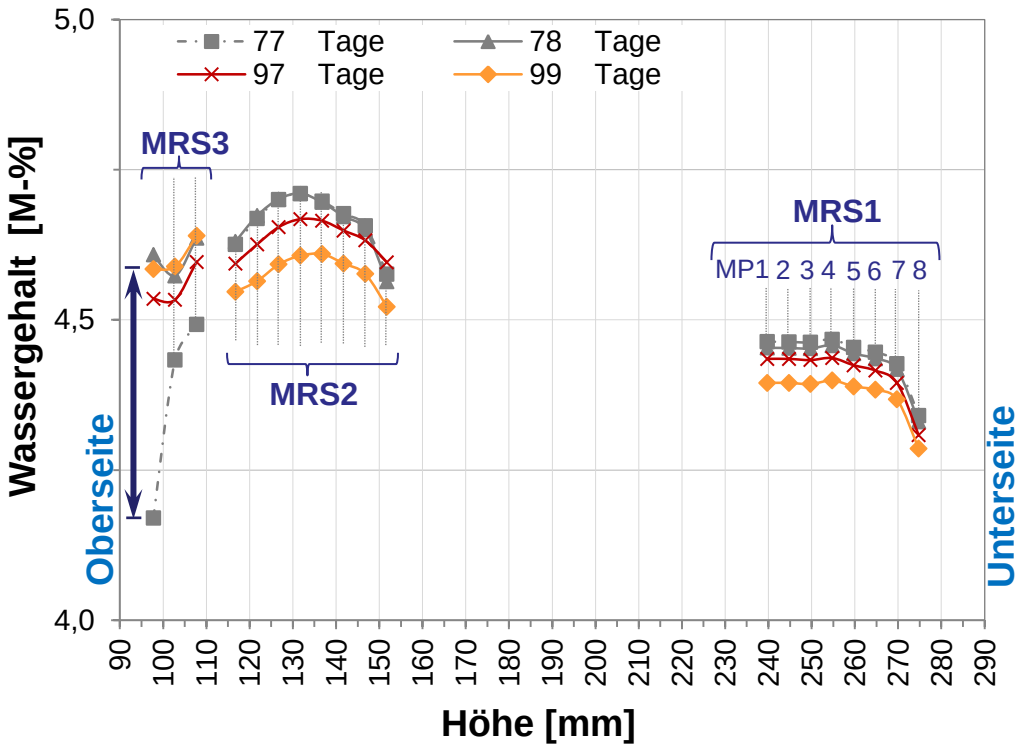


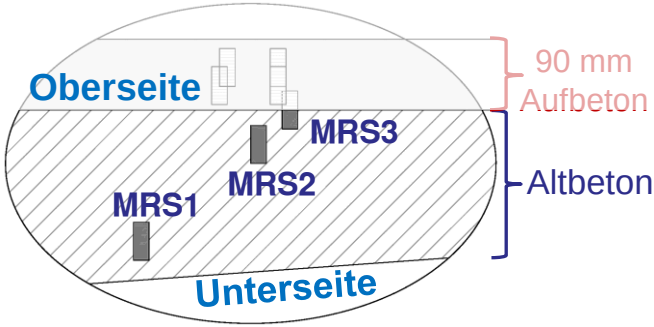


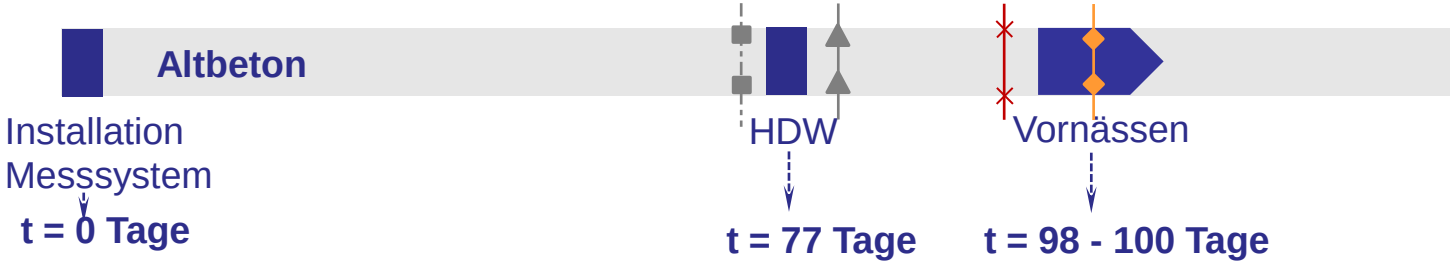
Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung



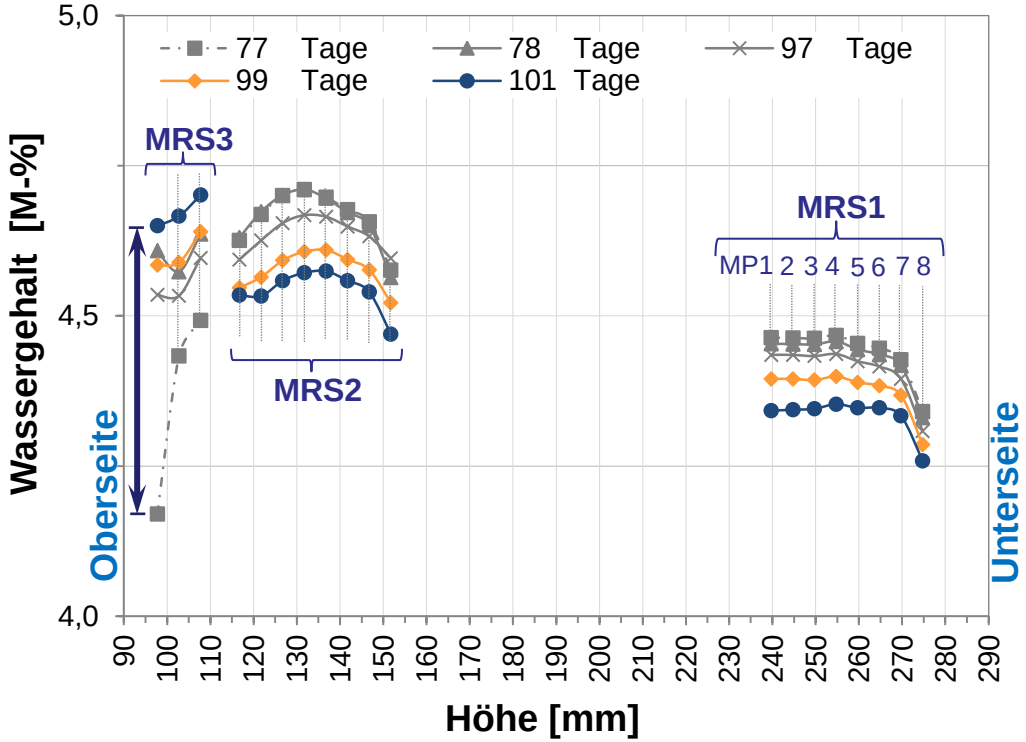


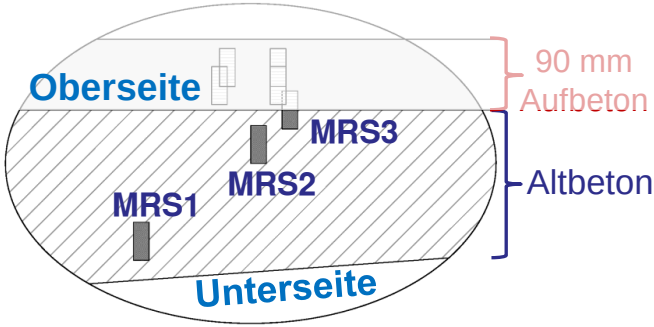


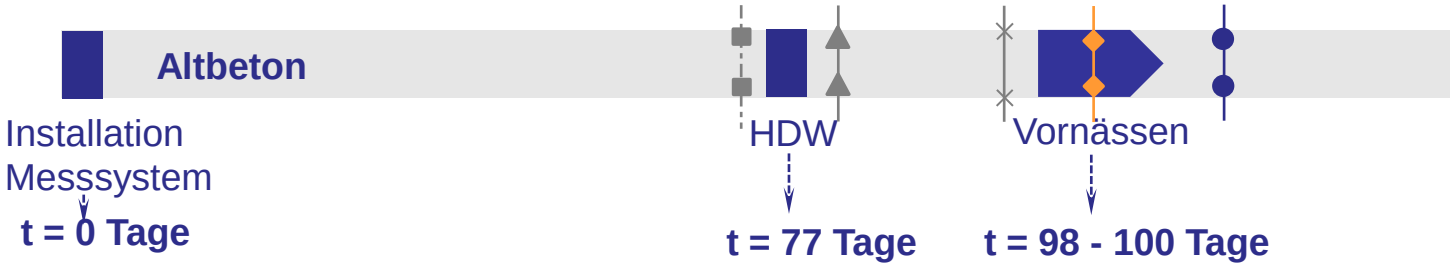
Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung



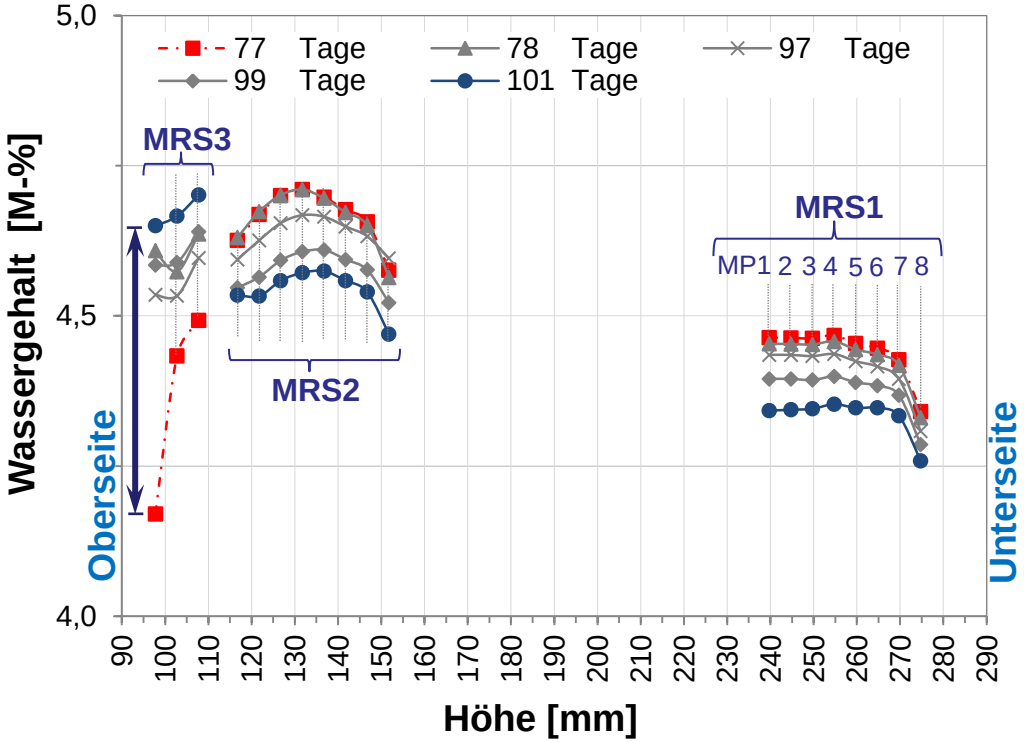


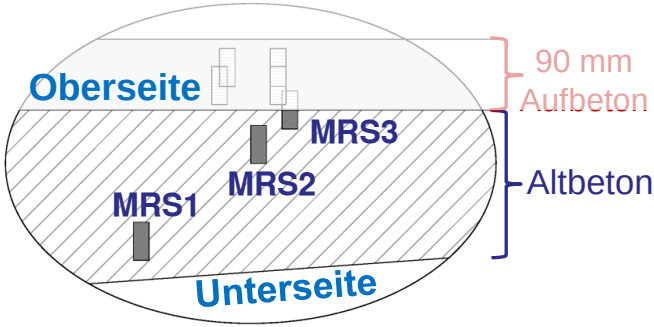


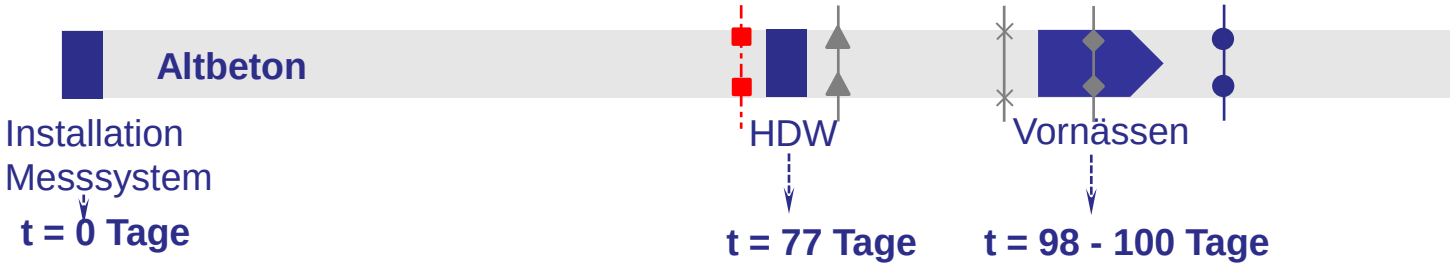
Ergebnisse

in situ

tiefenabhängige Feuchtigkeitsverteilung

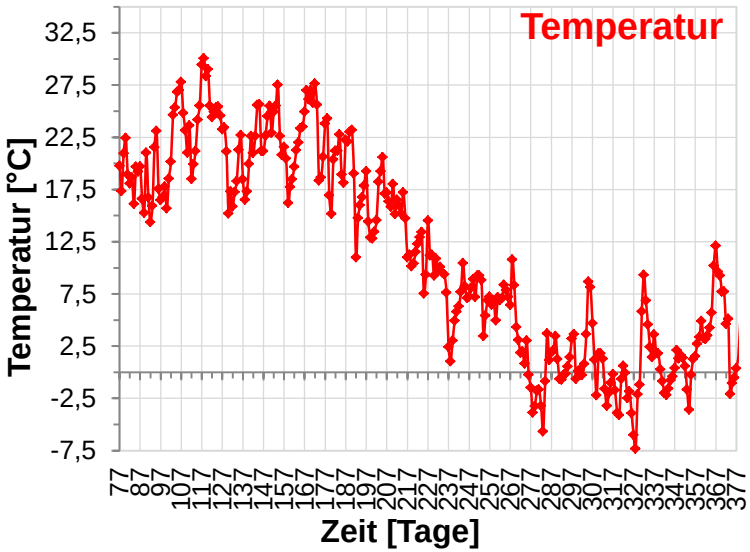






Ergebnisse

in situ



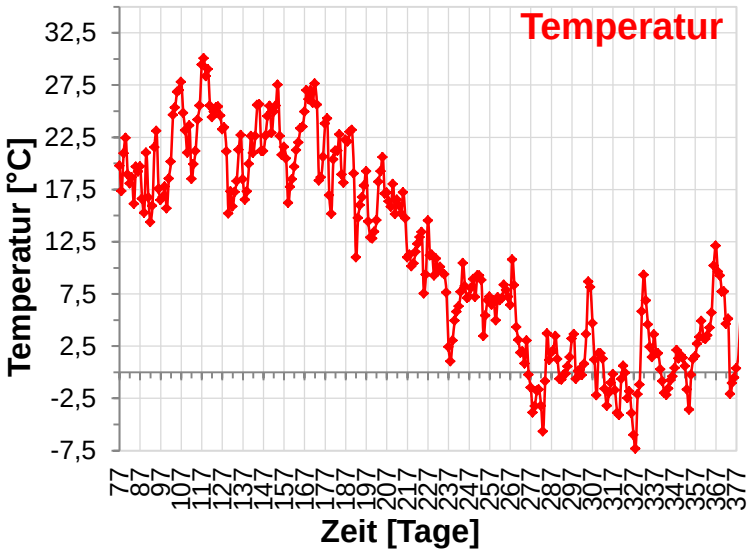
gemessen im Bereich der Baustelle

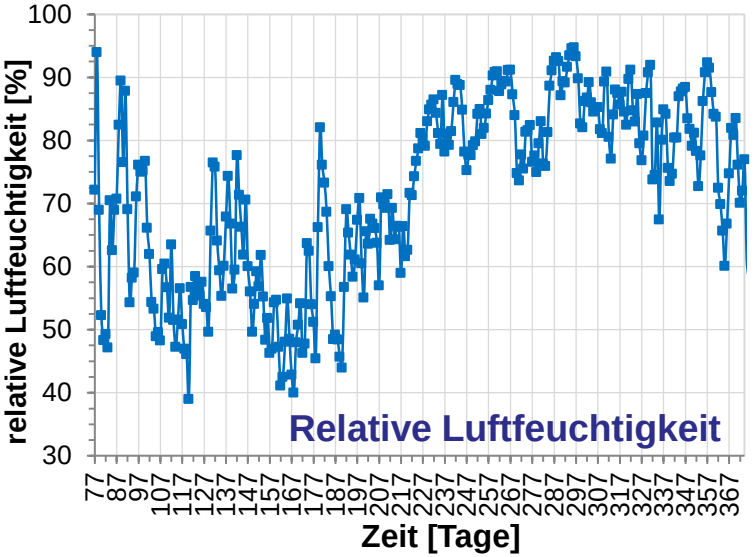
Ergebnisse

in situ

VERSUCHS PROGRAMM in situ

ERGEBNISSE

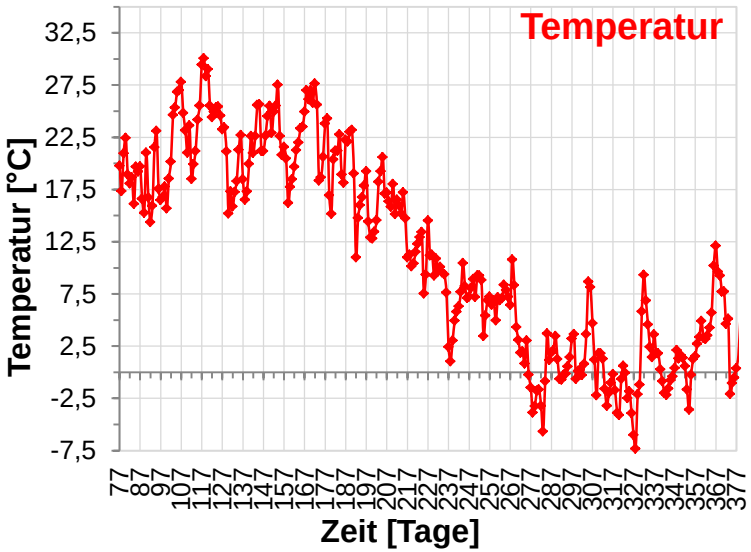


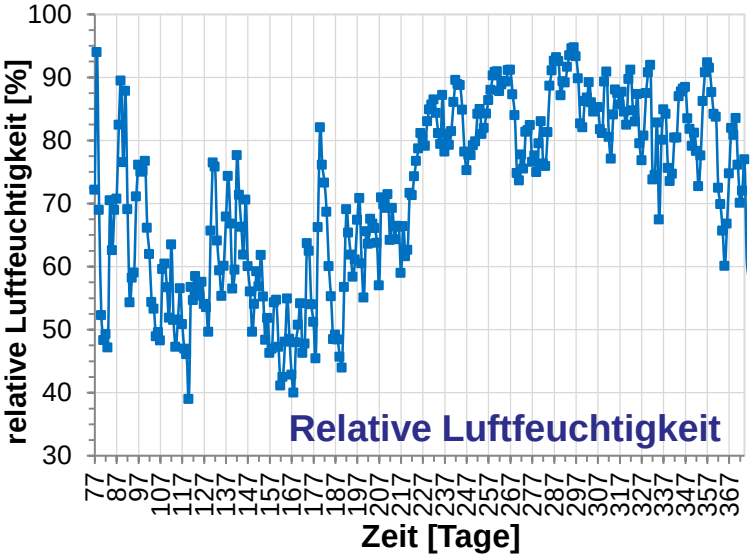


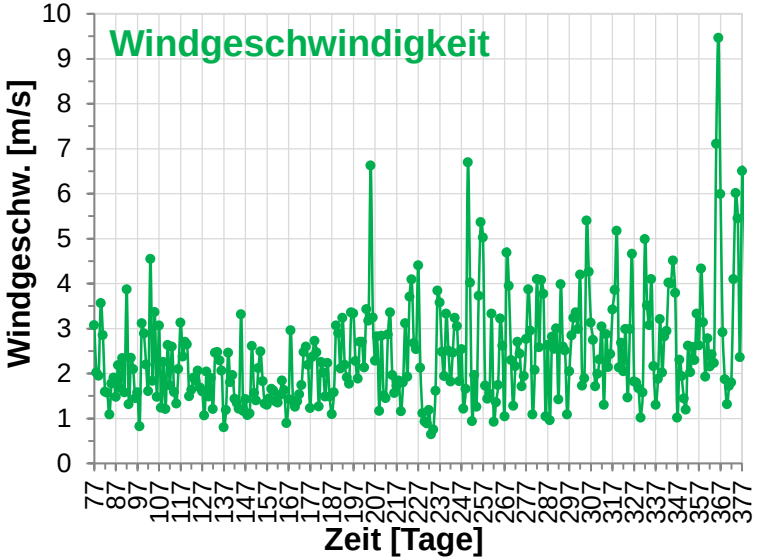
gemessen im Bereich der Baustelle

Ergebnisse

in situ



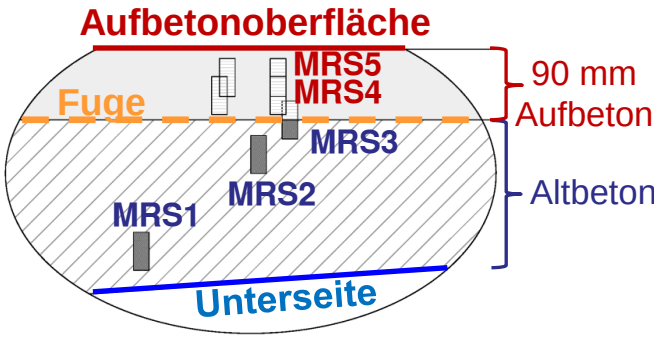


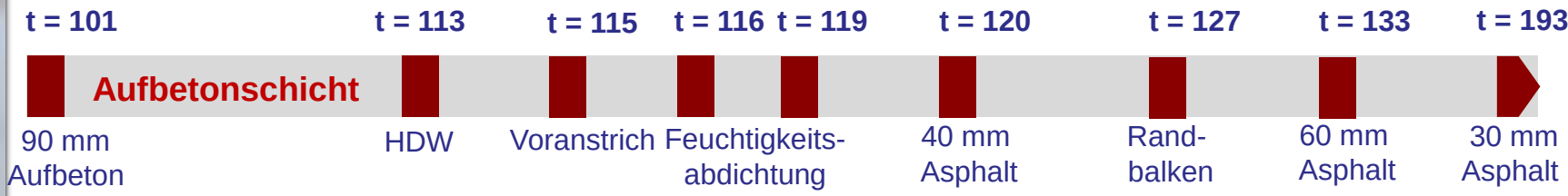


gemessen im Bereich der Baustelle

Ergebnisse

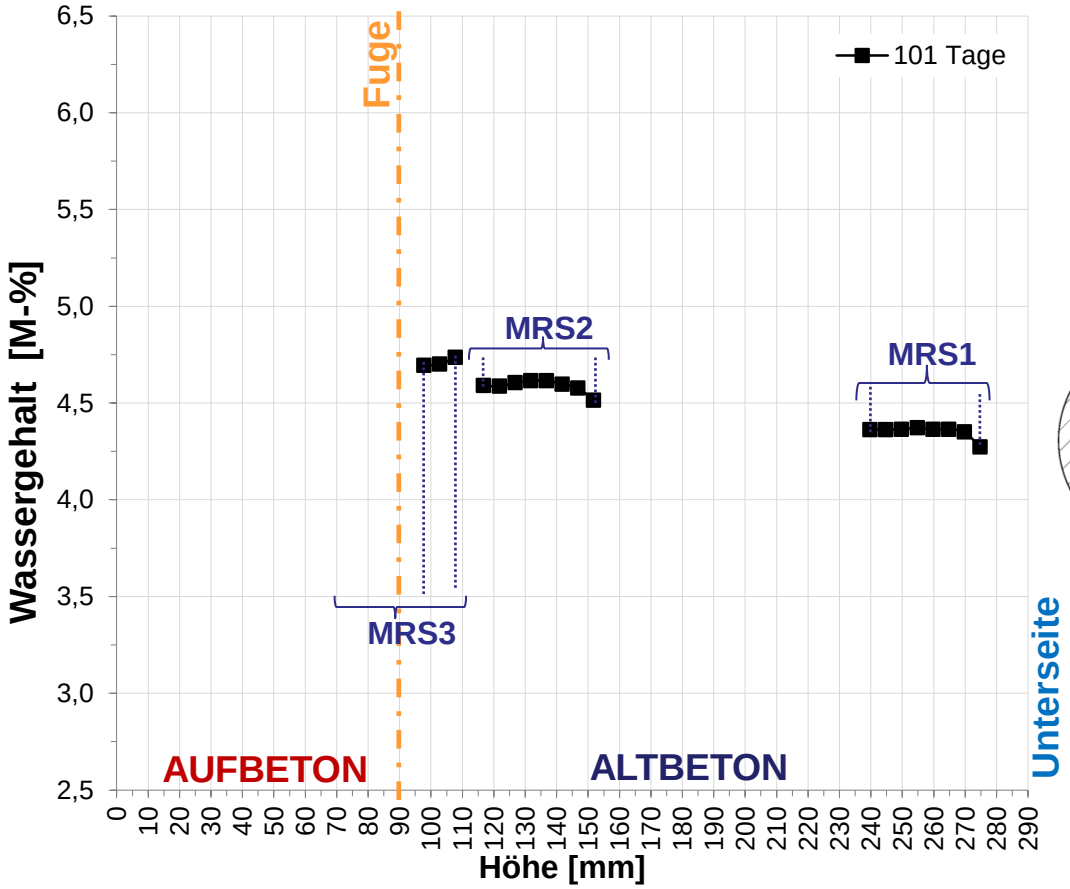
in situ

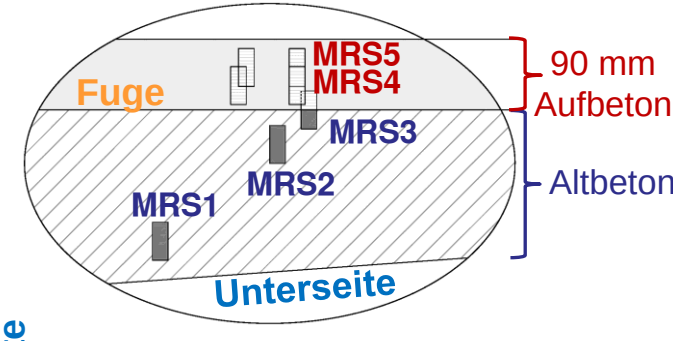




Ergebnisse

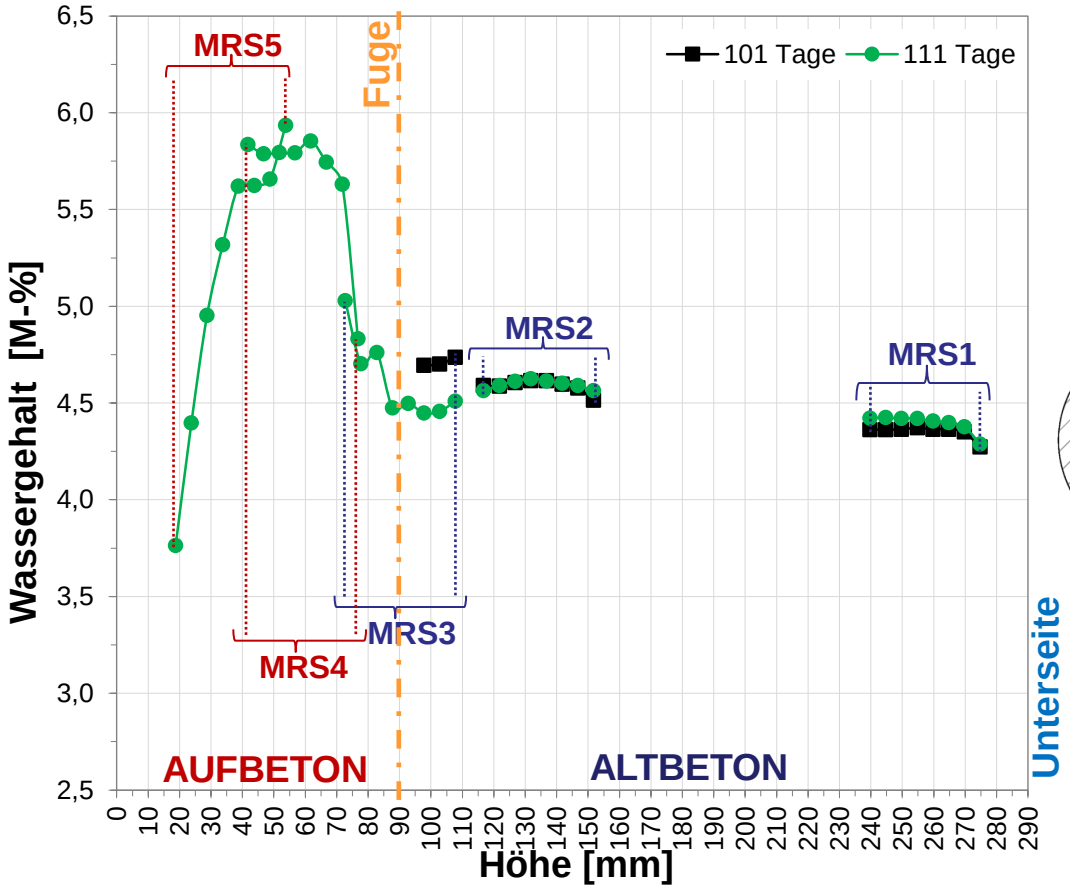
in situ

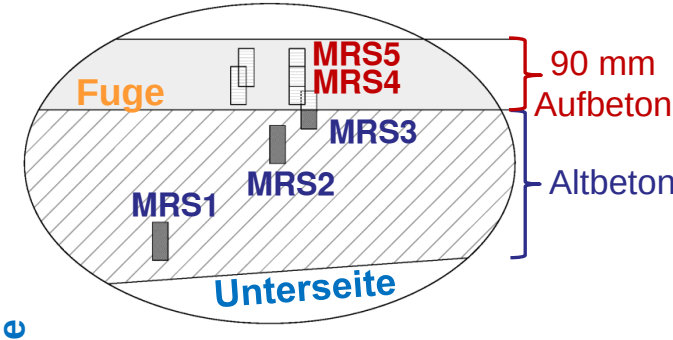




Ergebnisse

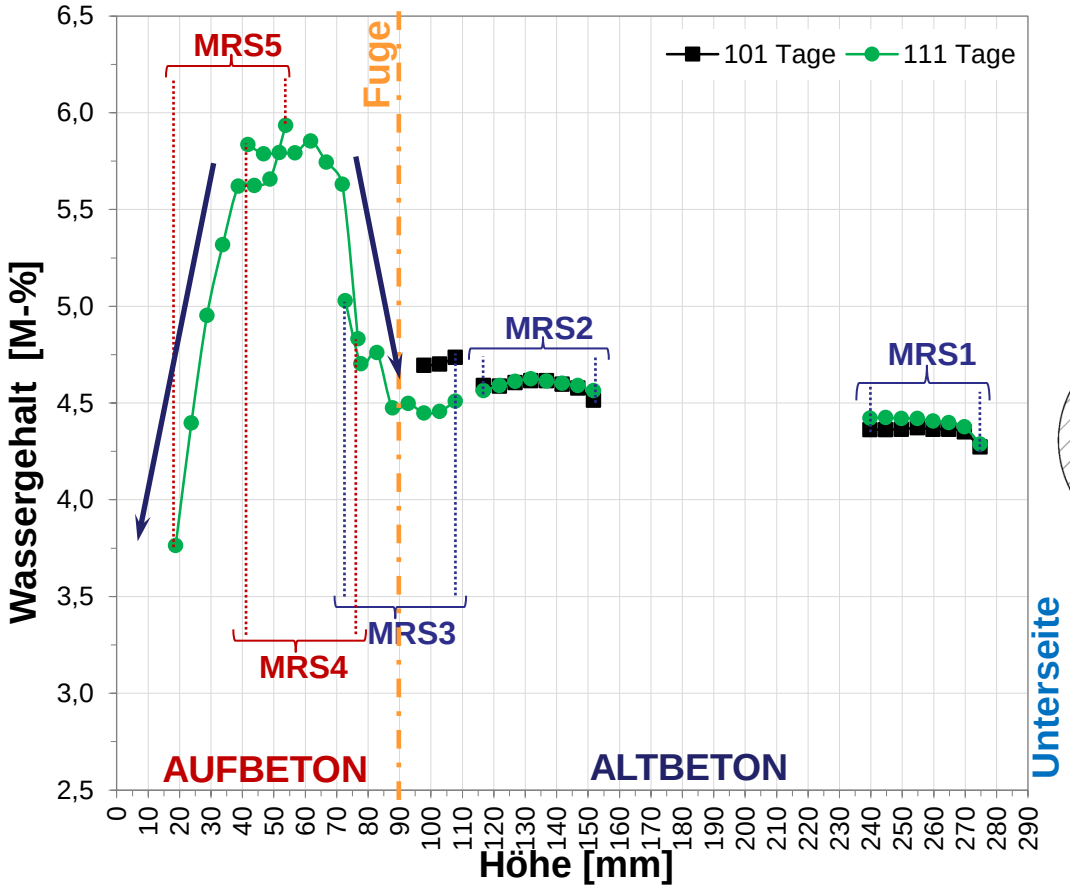
in situ

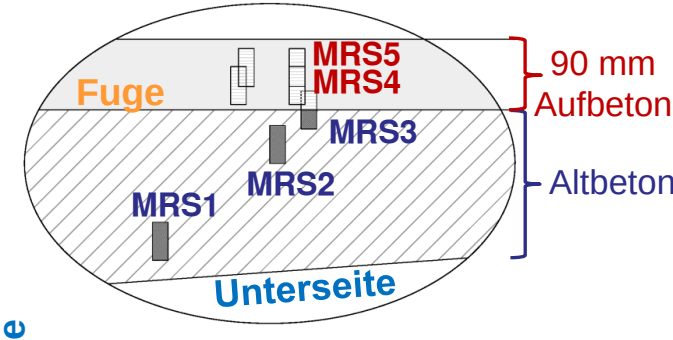




Ergebnisse

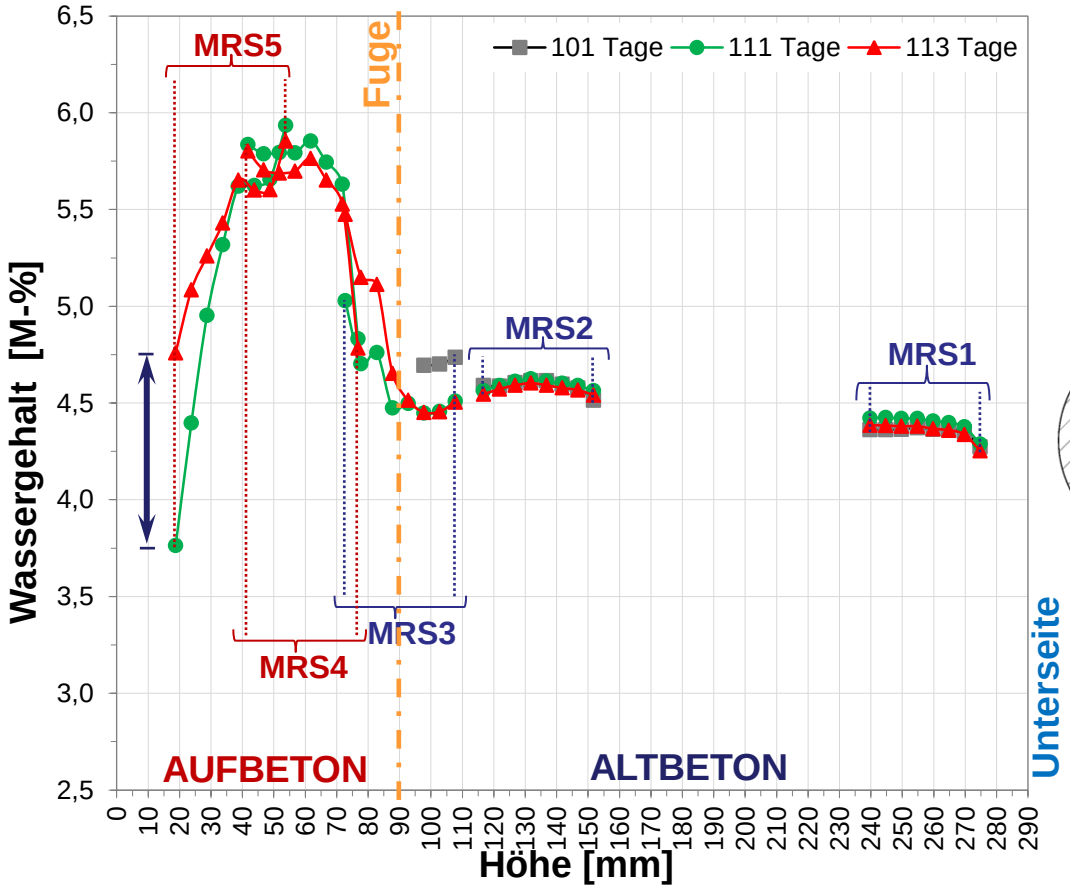
in situ

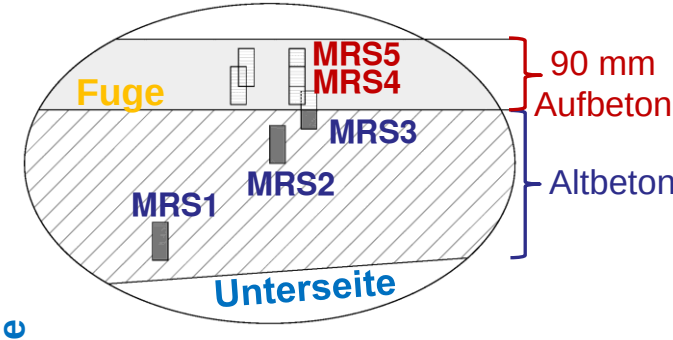




Ergebnisse

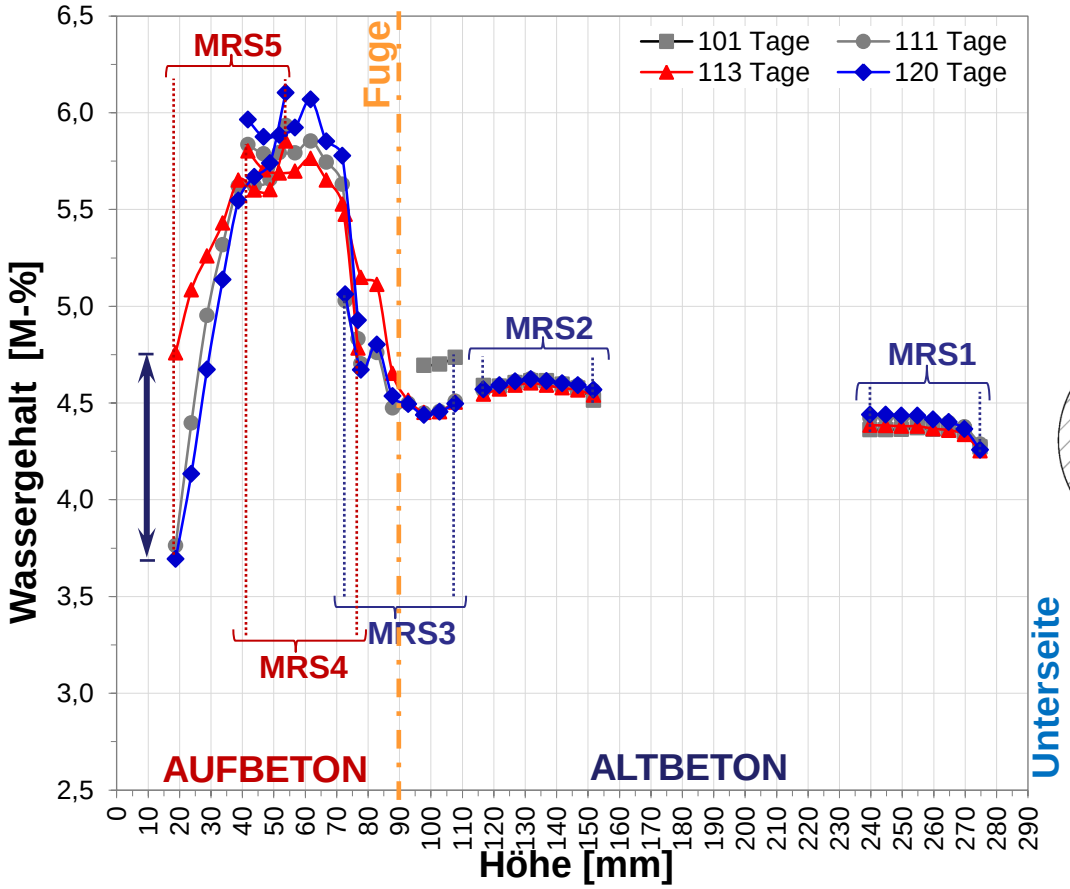
in situ

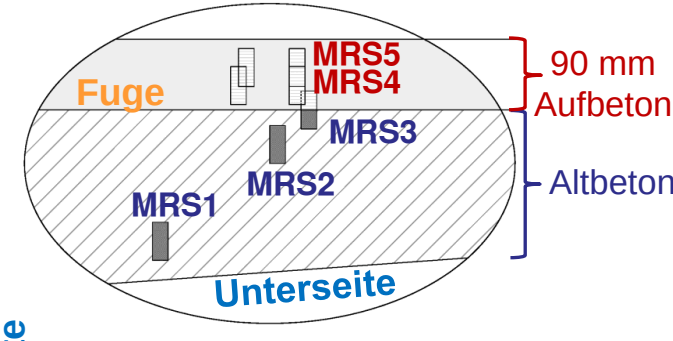


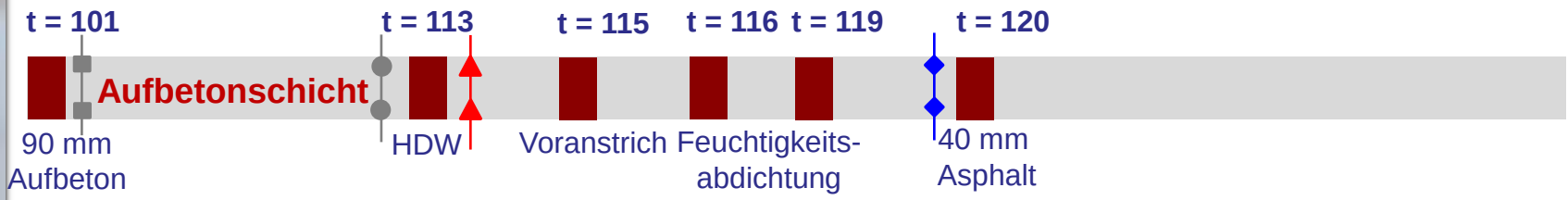


Ergebnisse

in situ

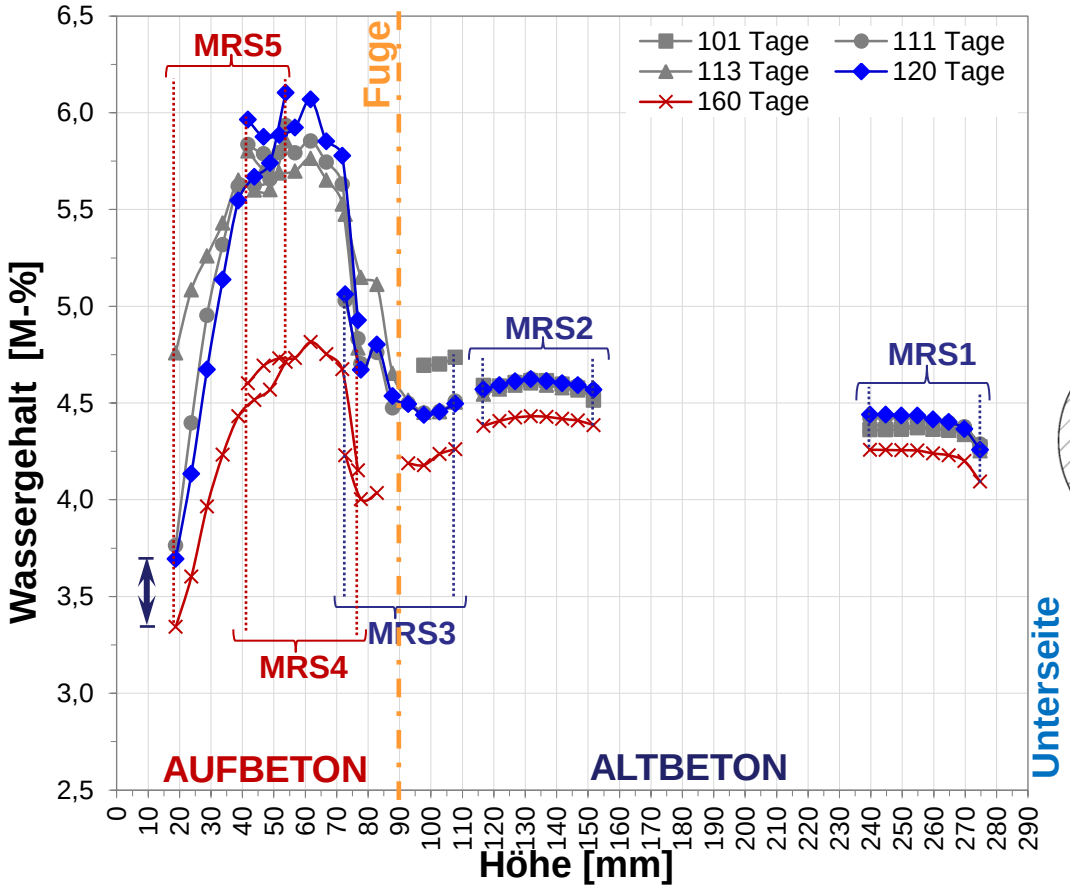


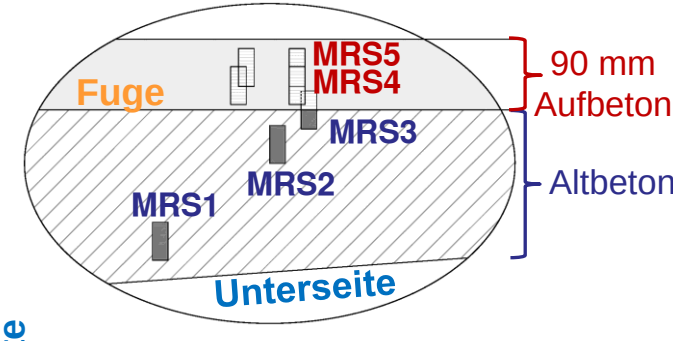


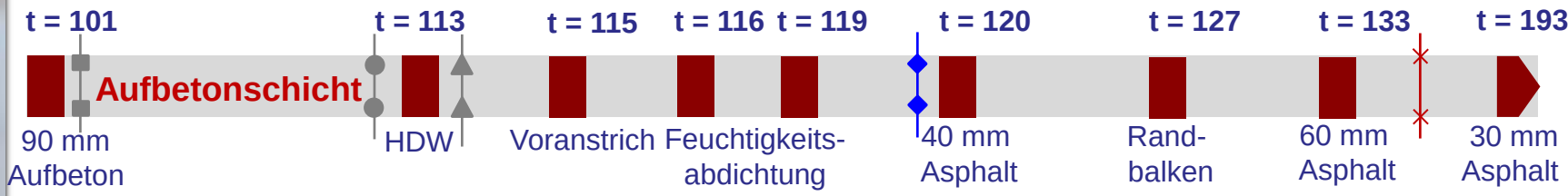


Ergebnisse

in situ

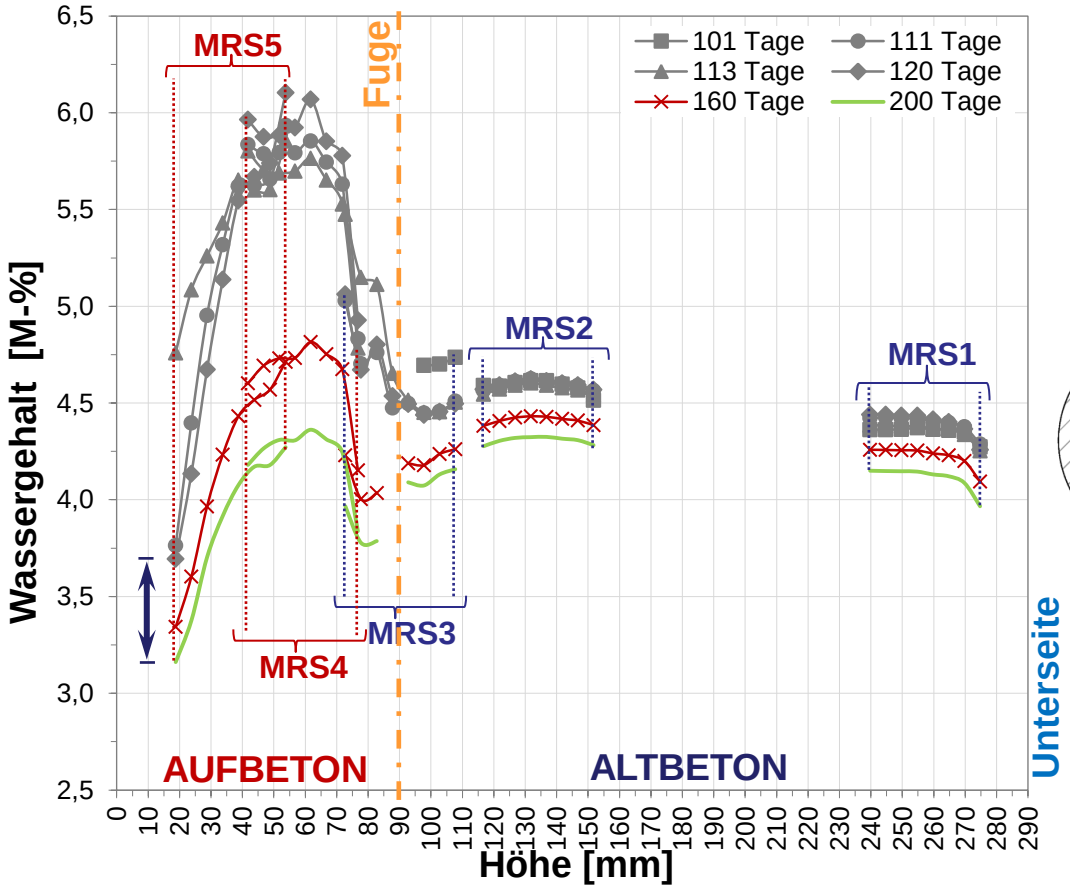


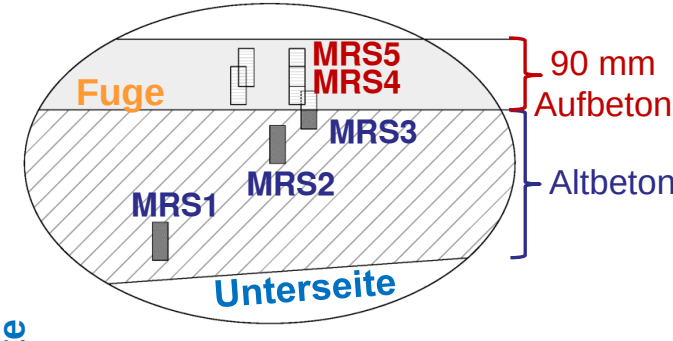


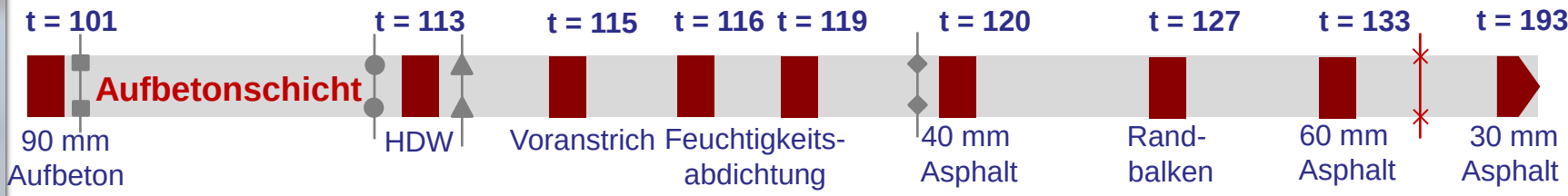


Ergebnisse

in situ

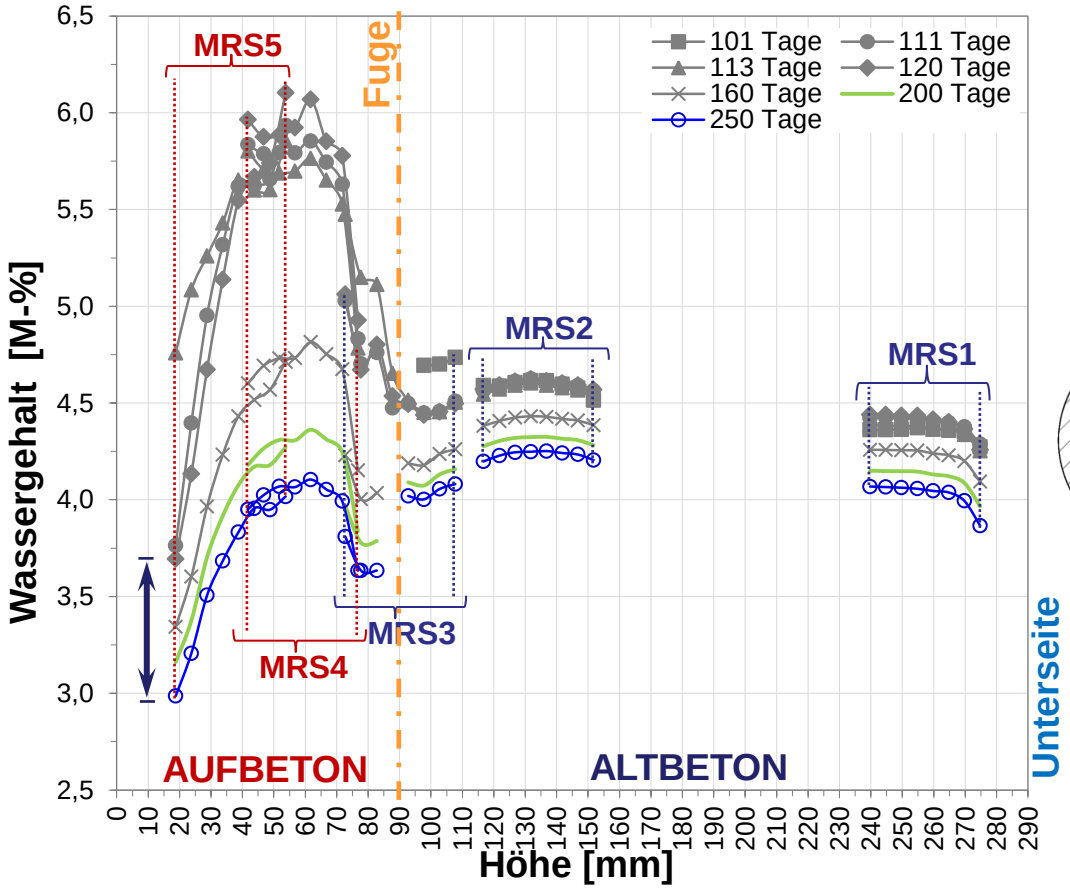


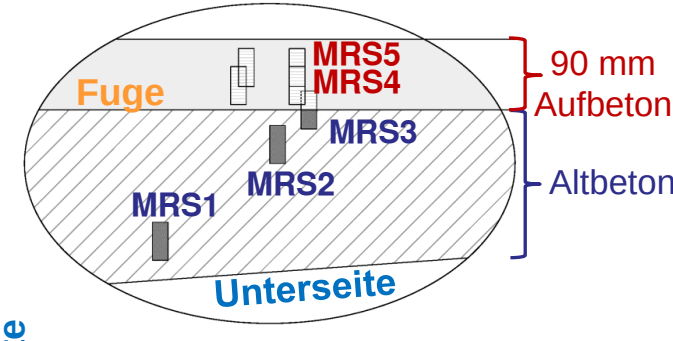


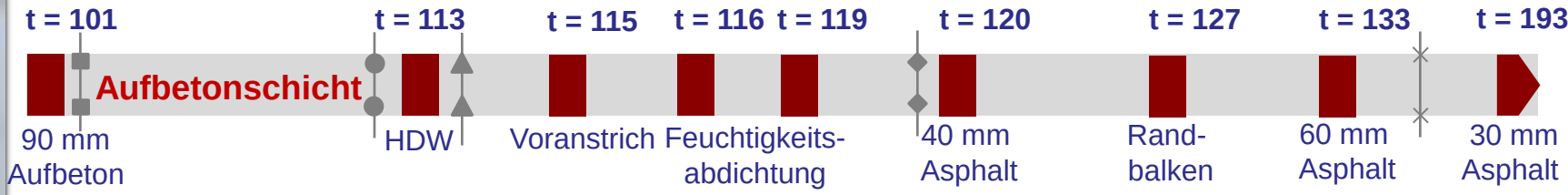


Ergebnisse

in situ

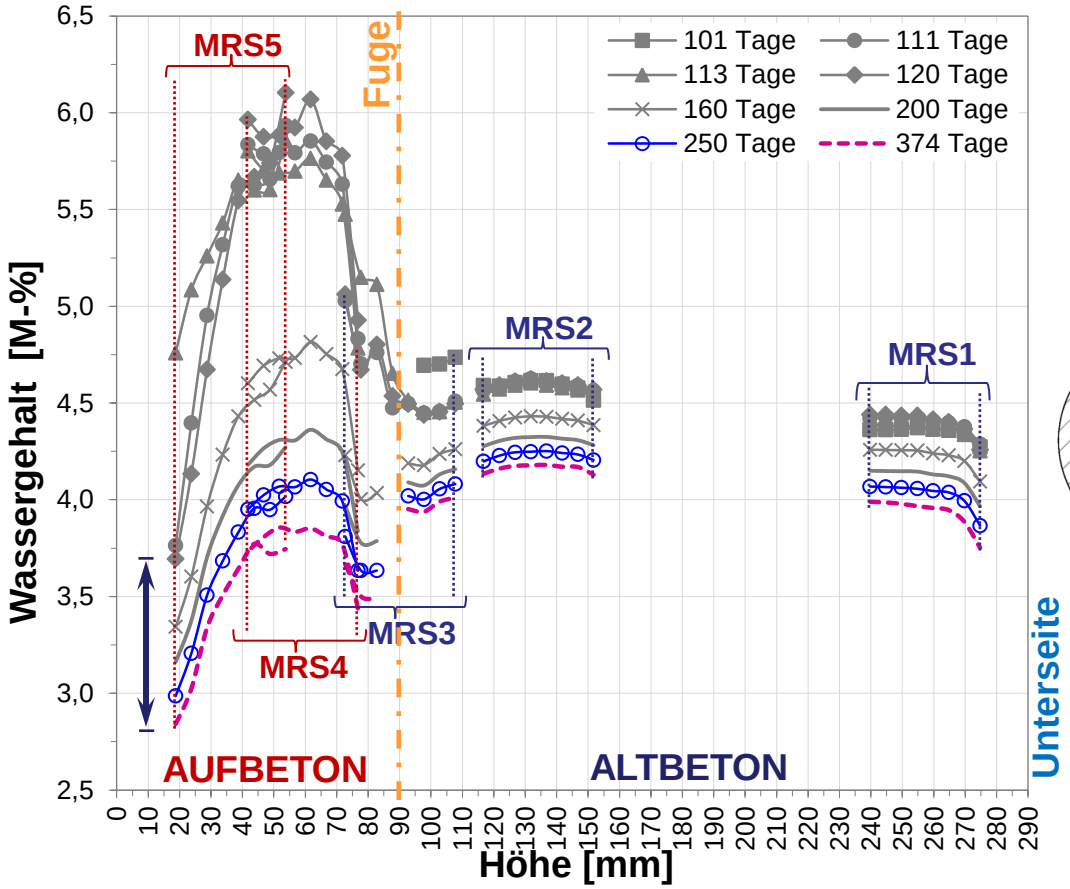


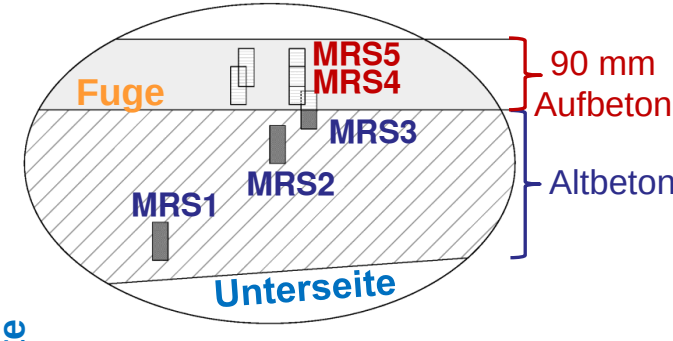


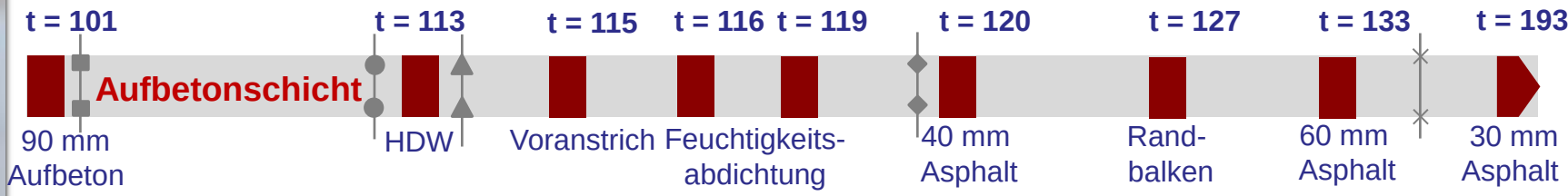


Ergebnisse

in situ

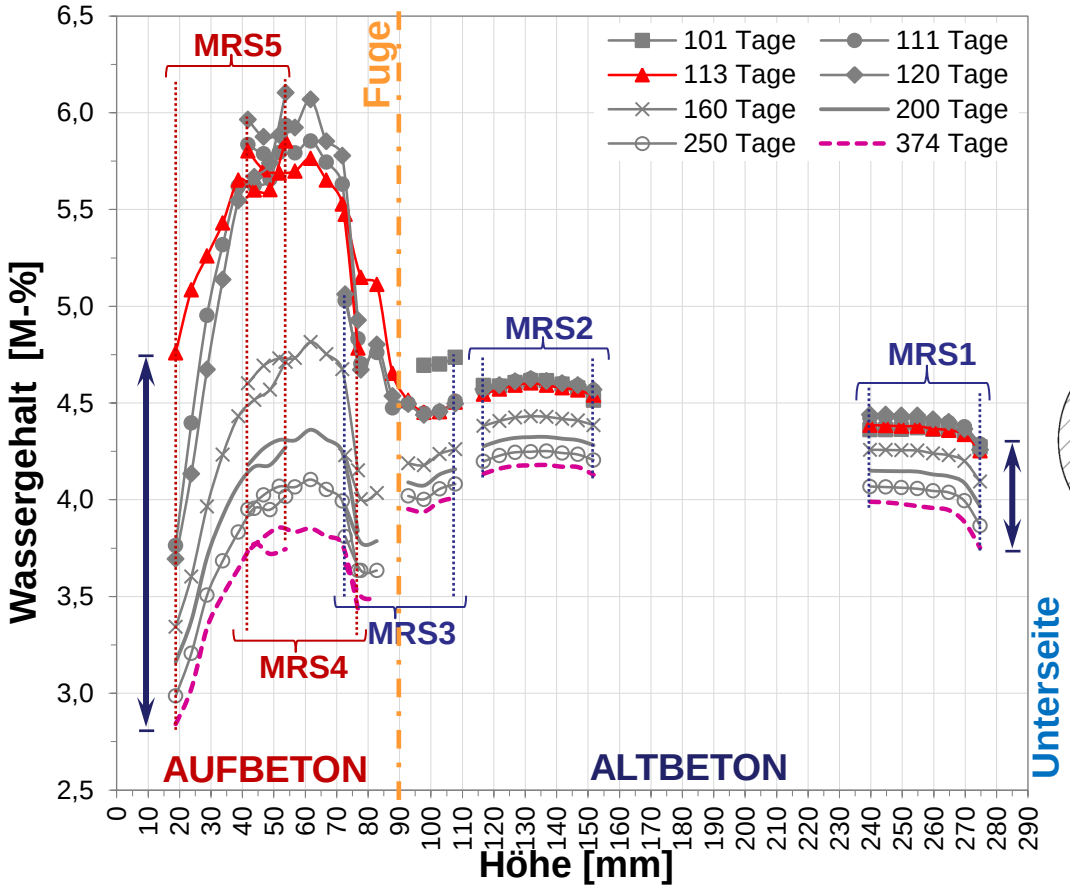


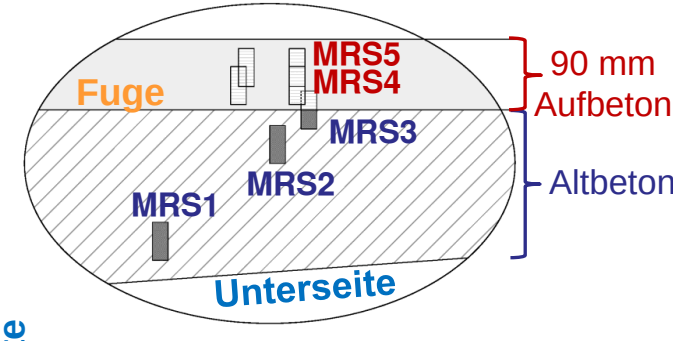


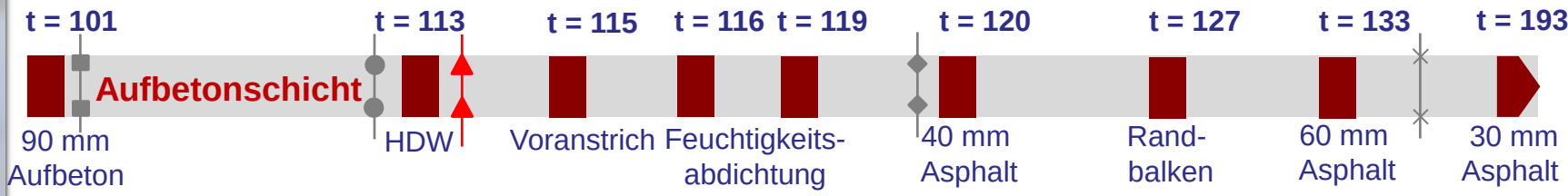


Ergebnisse

in situ







Versuchsprogramm

Labor

Versuchsprogramm

Labor

Mechanische Materialparameter

ALTBETON			
Alter	**42 Jahre**		
f_{cm}	34.2	[N/mm²]	gemessen
f_{ck}	26.2	[N/mm²]	
f_{ctm}	2.4	[N/mm²]	
E_{cm}	32393	[N/mm²]	

2012 - C25/30

Versuchsprogramm

Labor

Mechanische Materialparameter

ALTBETON laut Planung B300			
Alter	42 Jahre		
f_{cm}	34.2	[N/mm²]	gemessen
f_{ck}	26.2	[N/mm²]	
f_{ctm}	2.4	[N/mm²]	
E_{cm}	32393	[N/mm²]	

1970 - B300
f_{ck} = 22 N/mm²

2012 - C25/30

Versuchsprogramm

Labor

Mechanische Materialparameter

ALTBETON laut Planung B300			
Alter	42 Jahre		
f_{cm}	34.2	[N/mm²]	gemessen
f_{ck}	26.2	[N/mm²]	
f_{ctm}	2.4	[N/mm²]	
E_{cm}	32393	[N/mm²]	

1970 - B300
f_{ck} = 22 N/mm²

2012 - C25/30

AUFBETON							
Alter	1 Tag	3 Tage	7 Tage	14 Tage	28 Tage	56 Tage	[N/mm²]
$f_{cm,cube}$	20.3	29.0	33.0	40.0	45.9	51.0	[N/mm²]
$f_{ck,cube}$	12.3	21.0	25.0	32.0	37.9	43.0	[N/mm²]
f_{ctm}	2.0	2.5	2.6	2.9	3.2	3.3	[N/mm²]
E_{cm}	29400	31400	34400	36000	37600	39700	[N/mm²]

C30/37

Versuchsprogramm

Labor

Mechanische Materialparameter

BETONMISCHUNG -	AUFBETON
Zementtyp: CEM II AM (S-L) 42,5 N	375 kg/m³
W/B-Wert	0.44
Zusatzmittel: BV: Problast 200 FM: Profluid VP3 LP: Proair NVX	 2.0 % v.Z.G. 1.0 % v.Z.G. 0.4 % v.Z.G.
Korngrößenverteilung	0/4 4/16 16/32 mm 40 45 15 %

AUFBETON

Alter	1 Tag	3 Tage	7 Tage	14 Tage	28 Tage	56 Tage	[N/mm²]
$f_{cm,cube}$	20.3	29.0	33.0	40.0	45.9	51.0	[N/mm²]
$f_{ck,cube}$	12.3	21.0	25.0	32.0	37.9	43.0	[N/mm²]
f_{ctm}	2.0	2.5	2.6	2.9	3.2	3.3	[N/mm²]
E_{cm}	29400	31400	34400	36000	37600	39700	[N/mm²]

C30/37

Versuchsprogramm

Labor

Hygrisches Materialverhalten

Versuchsprogramm

Labor

Hygrisches Materialverhalten

Desorptionsisotherme

Wassergehalt ⟺ relative Luftfeuchtigkeit

Versuchsprogramm

Labor

Hygrisches Materialverhalten

Desorptionsisotherme

Aufbeton

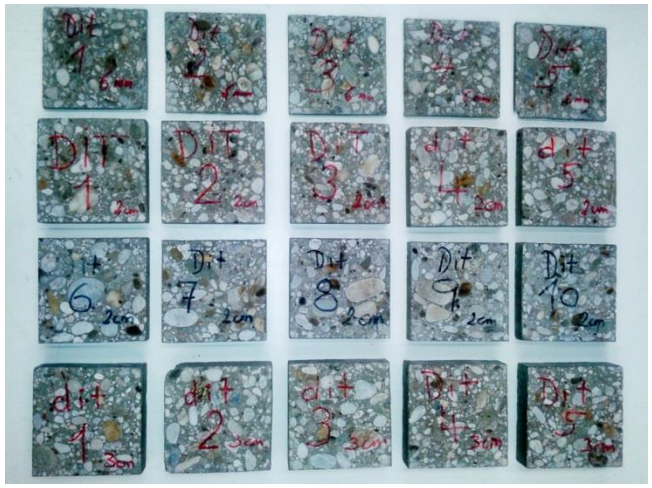
Altbeton

Versuchsprogramm

Labor

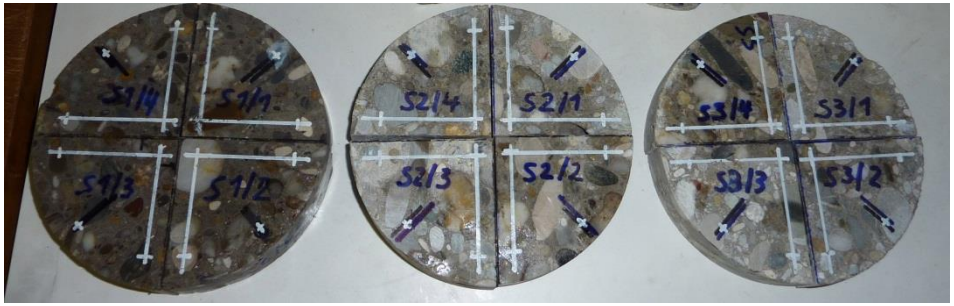
Hygrisches Materialverhalten

Desorptionsisotherme



Aufbeton
Dünne Scheiben

Altbeton
Probekörper
aus Bohrkernen



Versuchsprogramm

Labor

Hygrisches Materialverhalten

Desorptionsisotherme

Relative Luftfeuchtigkeit: 43% 59% 75% 85% 97%

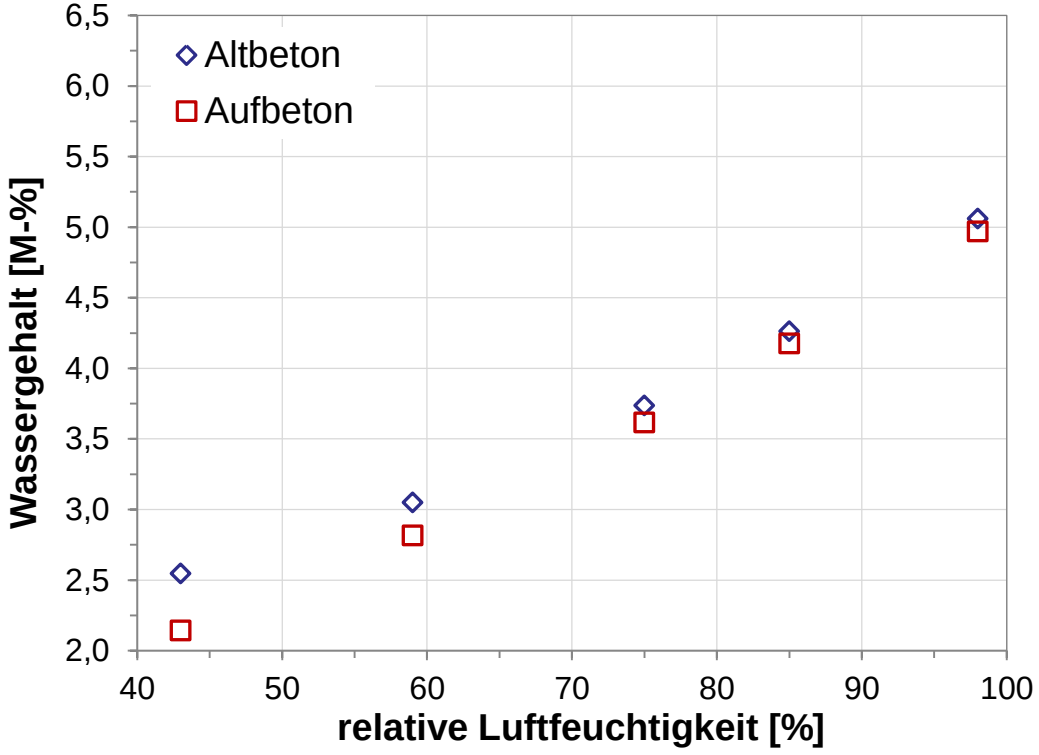
konst. Temperatur von 20°

Versuchsprogramm

Labor

Hygrisches Materialverhalten

Desorptionsisotherme

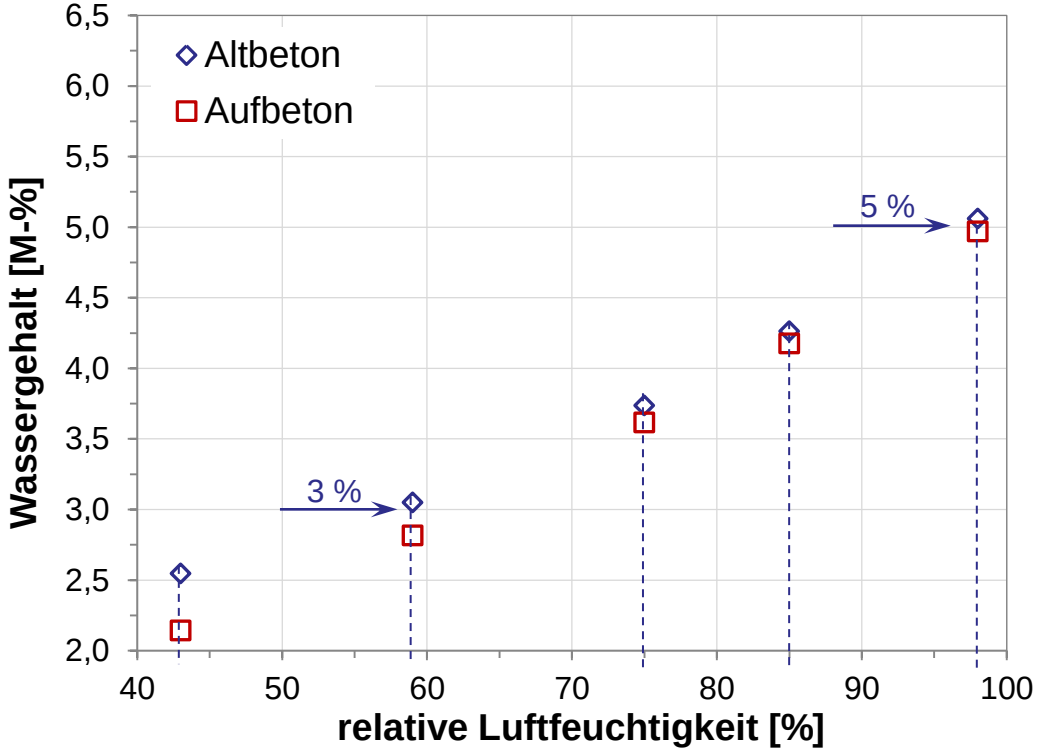


Versuchsprogramm

Labor

Hygrisches Materialverhalten

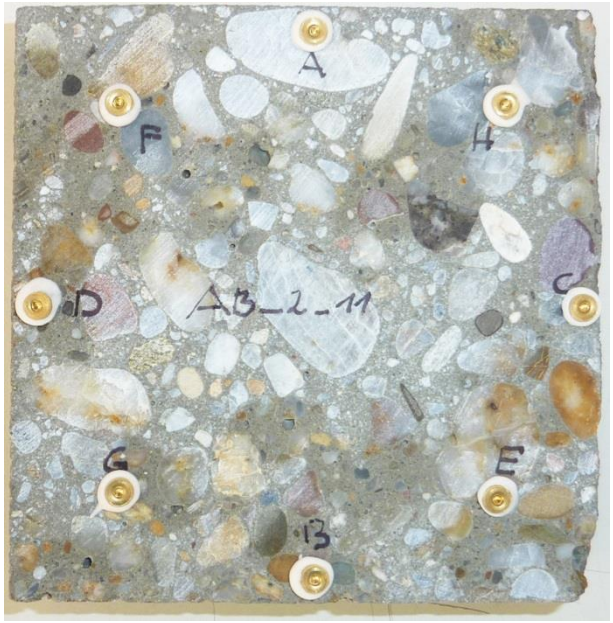
Desorptionsisotherme



Versuchsprogramm

Labor

Schwinddehnungen



Versuchsprogramm

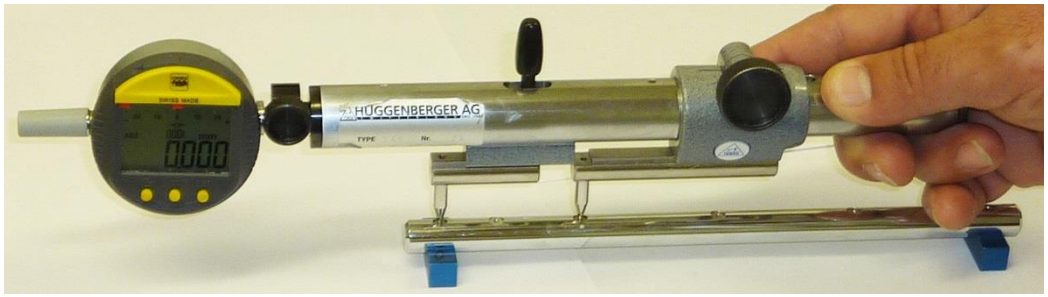
Labor

Schwinddehnungen

Versuchsprogramm

Labor

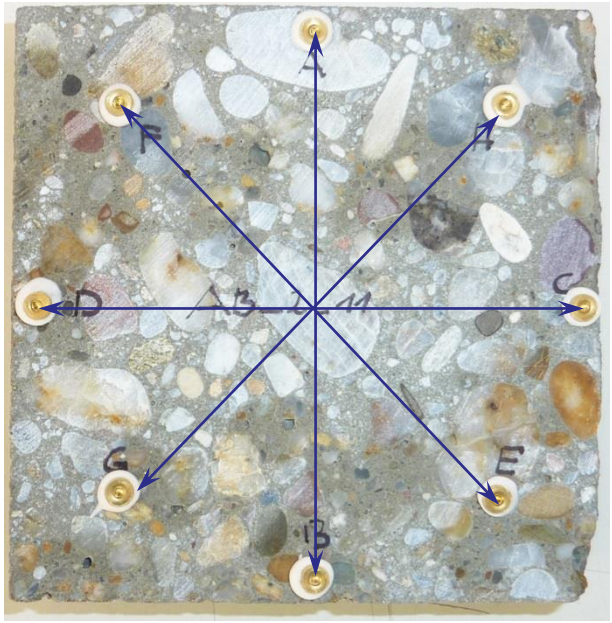
Schwinddehnungen

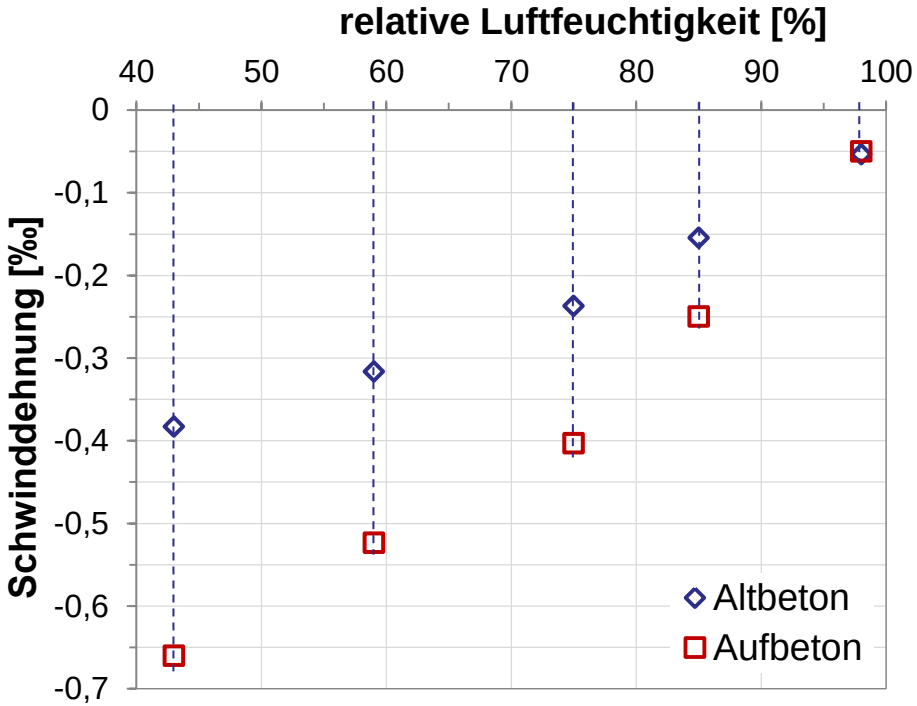


Versuchsprogramm

Labor

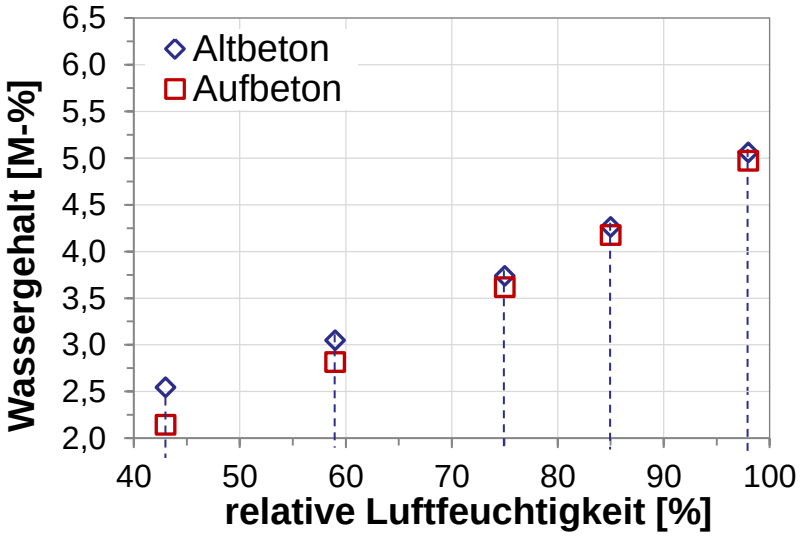
Schwinddehnungen



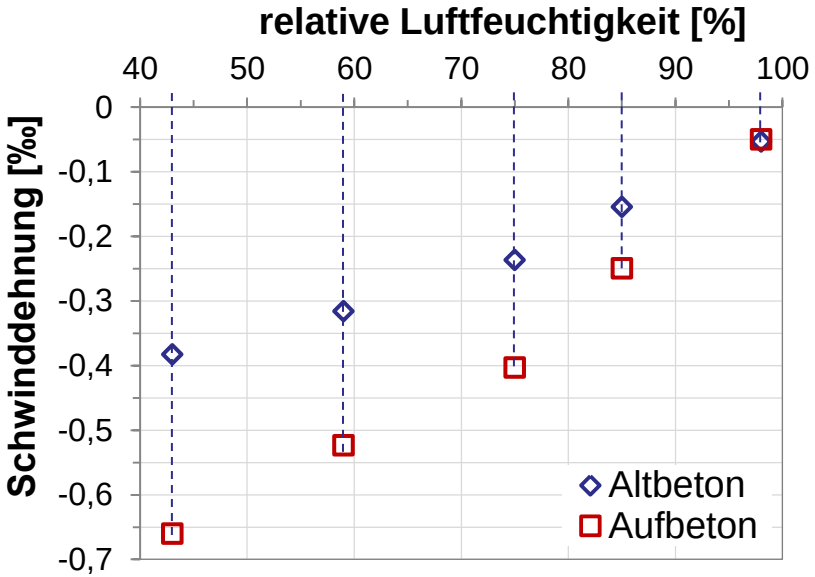


Versuchsprogramm

Labor



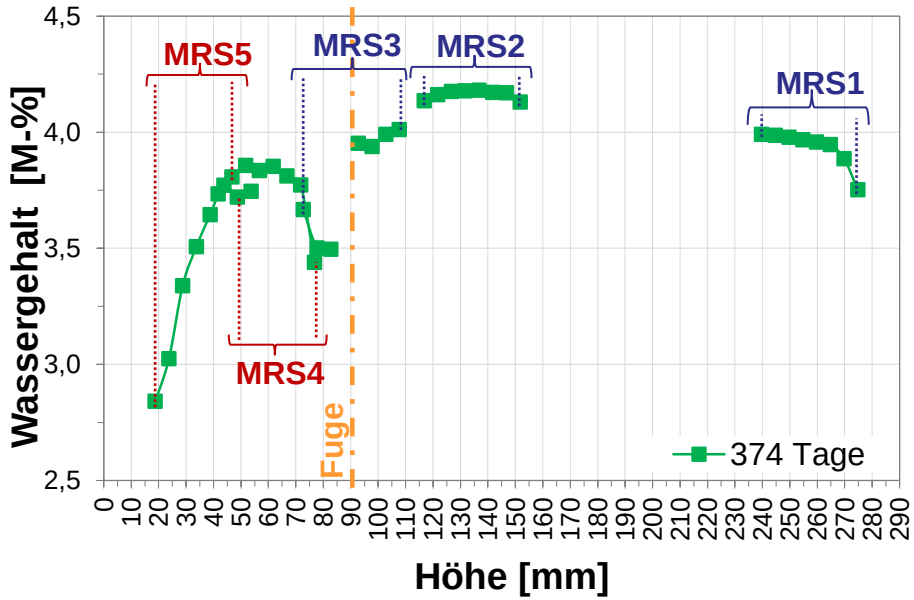
Desorptionsisotherme

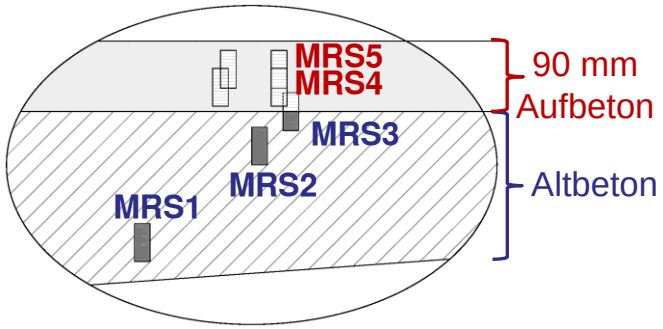


Schwinddehnungen

Vergleich Ergebnisse

in situ - Labor





t = 374 Tage entspricht einem Alter des Aufbetons von **273 Tagen**, (Aufbetonage am **101. Tag** nach Installation Messsystem)

Vergleich Ergebnisse

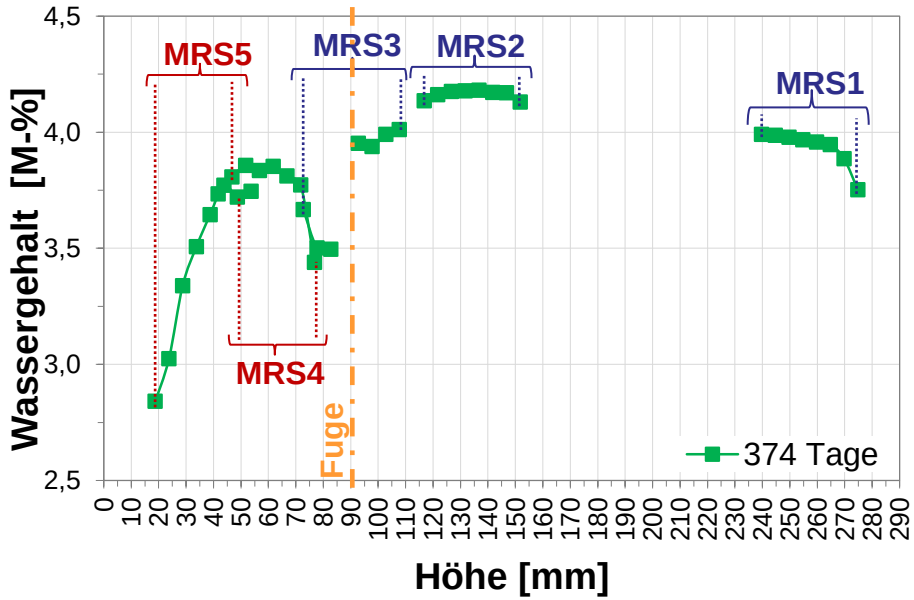
in situ - Labor

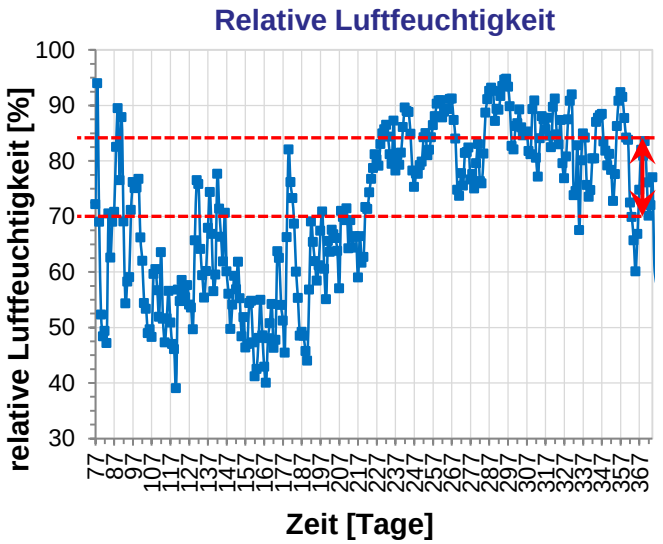
VERSUCHS PROGRAMM in situ

ERGEBNISSE

VERSUCHS PROGRAMM labor

VERGLEICH





Vergleich Ergebnisse

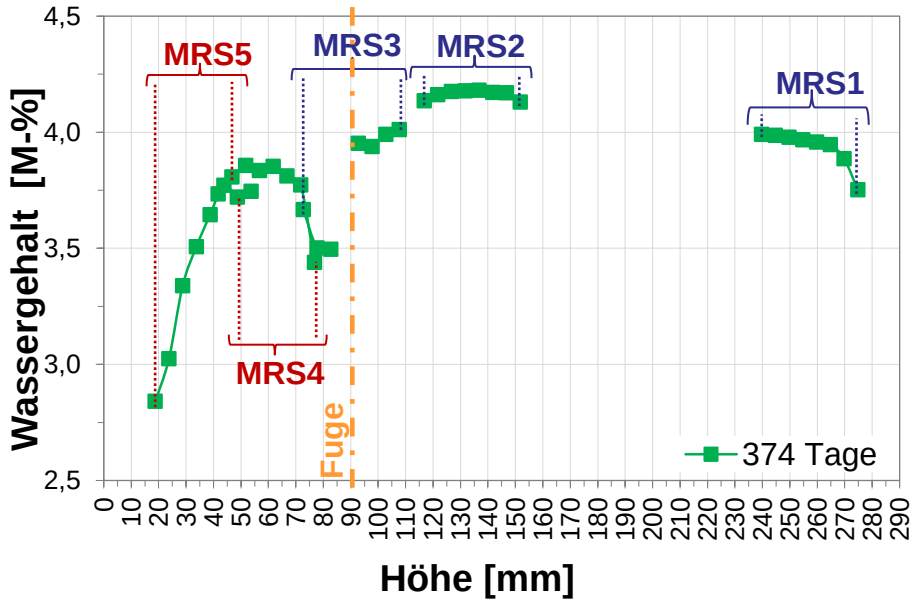
in situ - Labor

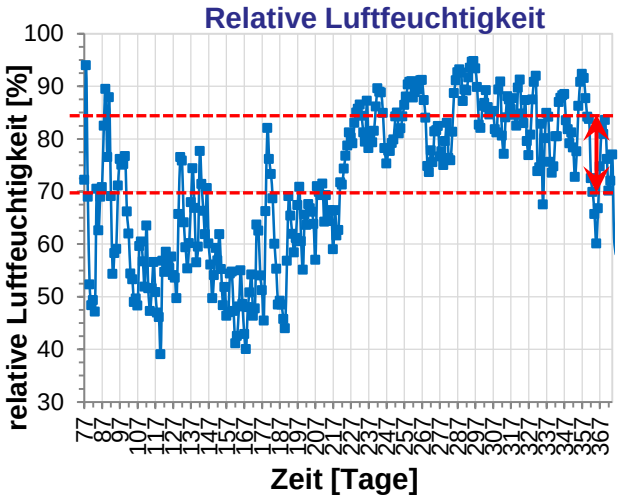
VERSUCHS PROGRAMM in situ

ERGEBNISSE

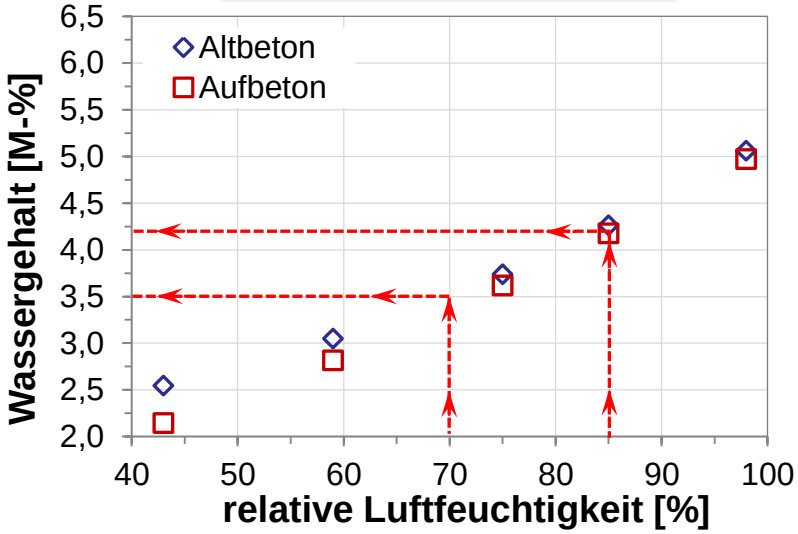
VERSUCHS PROGRAMM labor

VERGLEICH



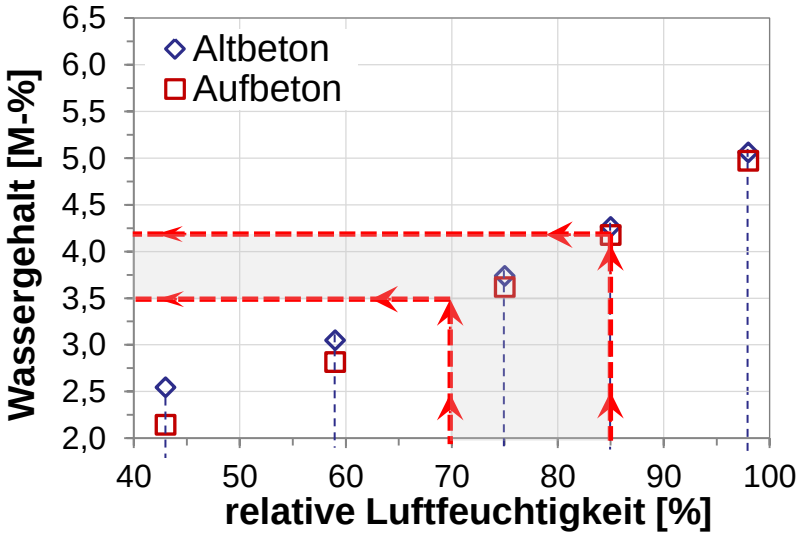


Desorptionsisotherme

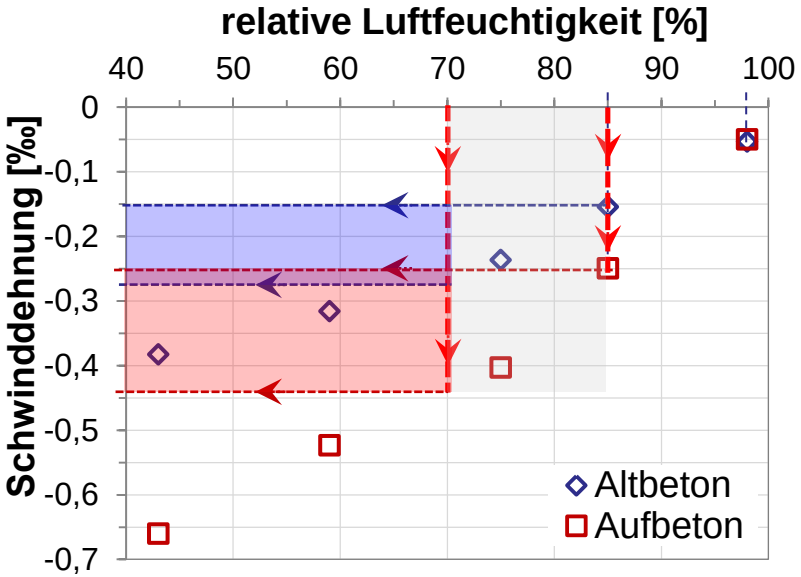


Vergleich Ergebnisse

in situ - Labor



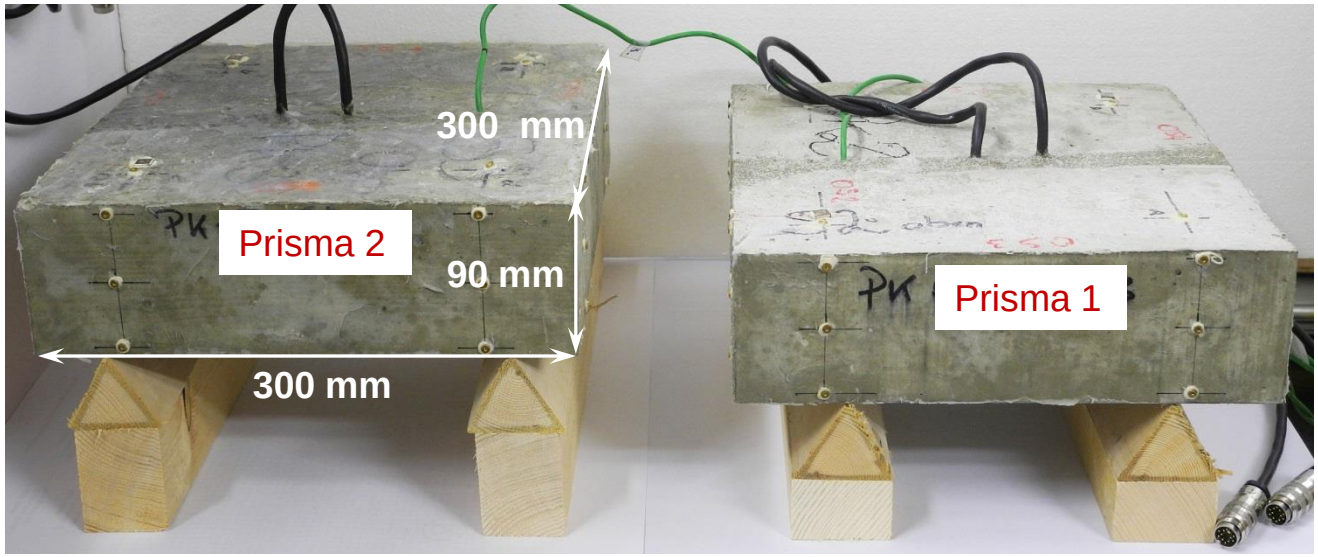
Desorptionsisotherme



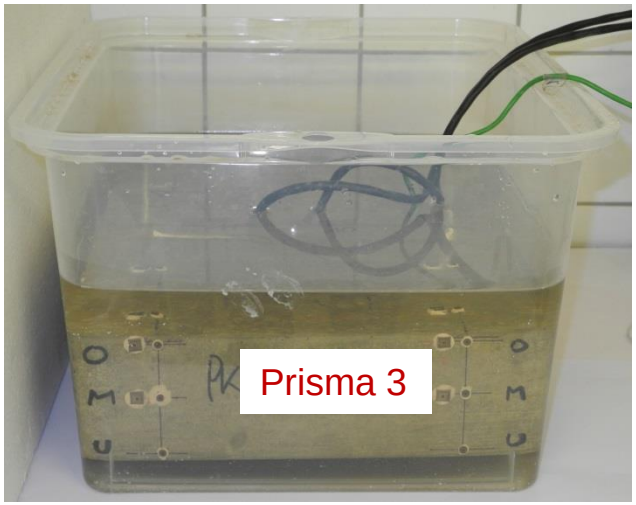
Schwinddehnungen

Versuchsprogramm

Labor

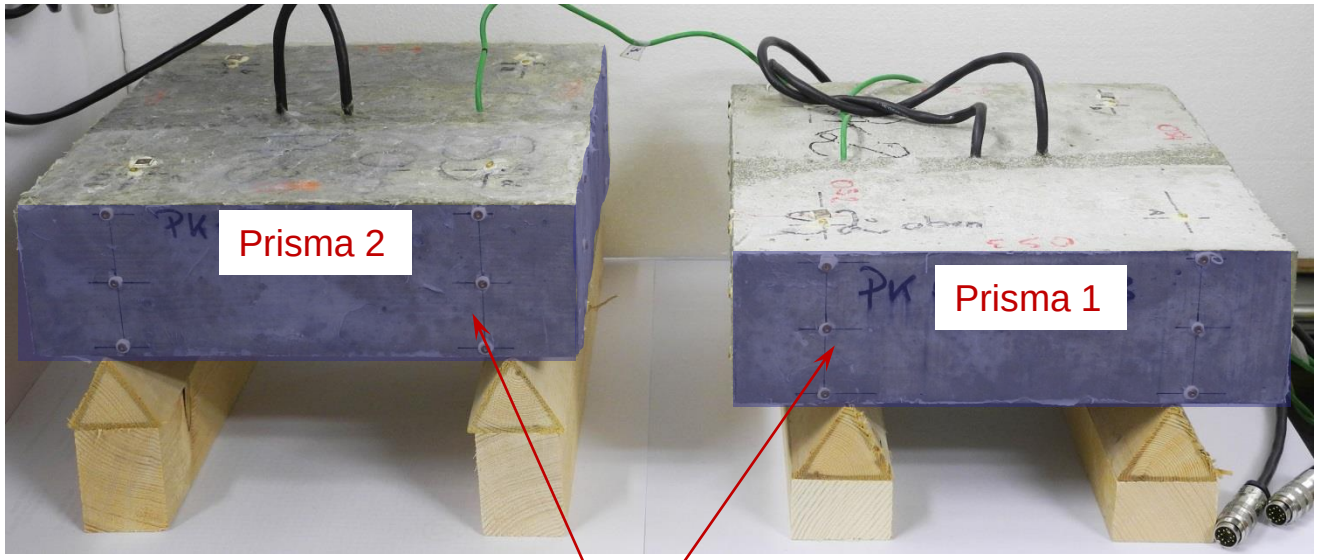


Aufbeton



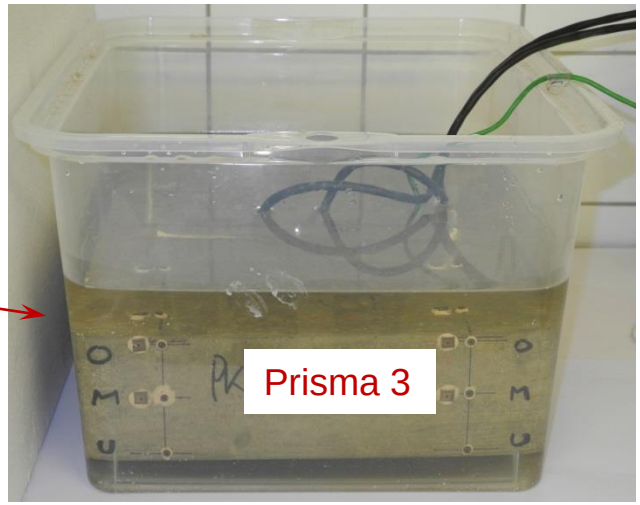
Versuchsprogramm

Labor



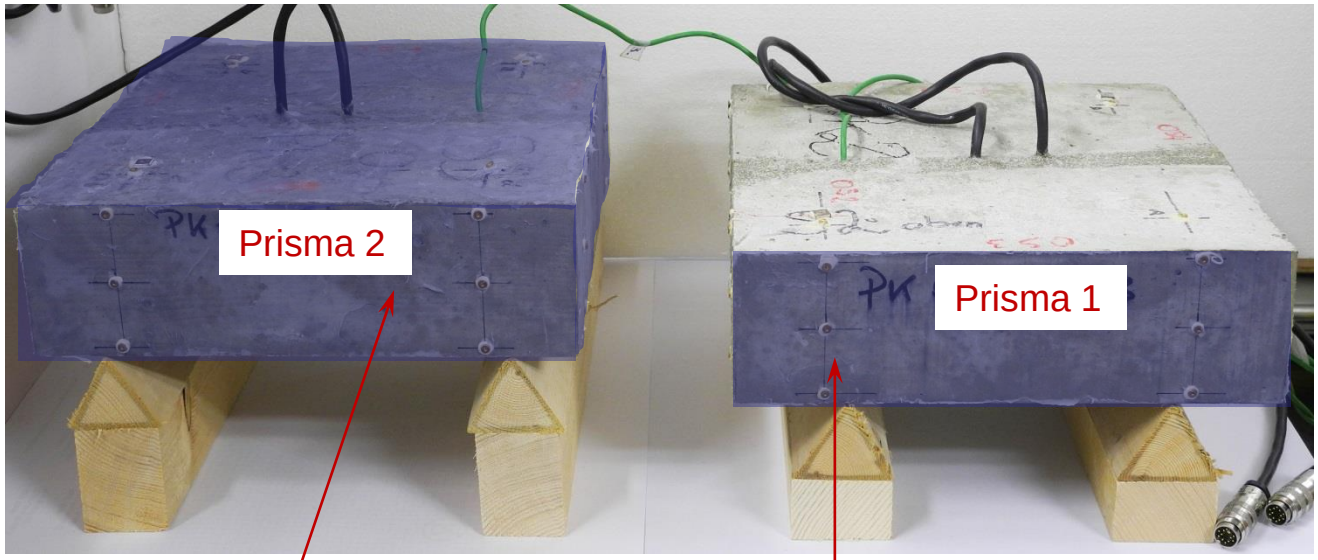
Prisma 1
Prisma 2 } Seitenflächen versiegelt

Prisma 3 — Lagerung Wasserbad

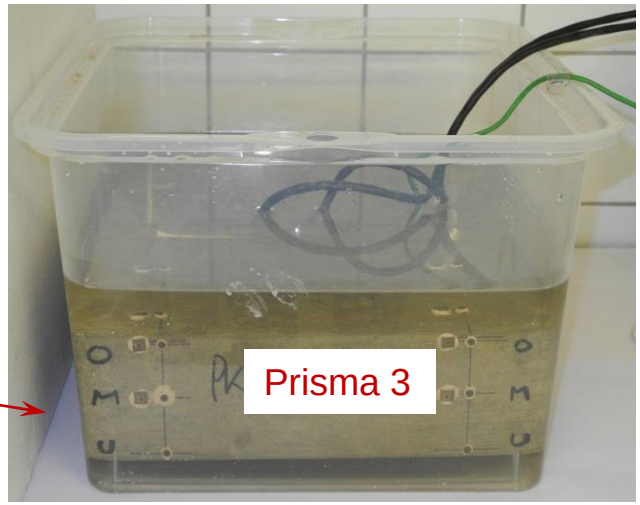


Versuchsprogramm

Labor

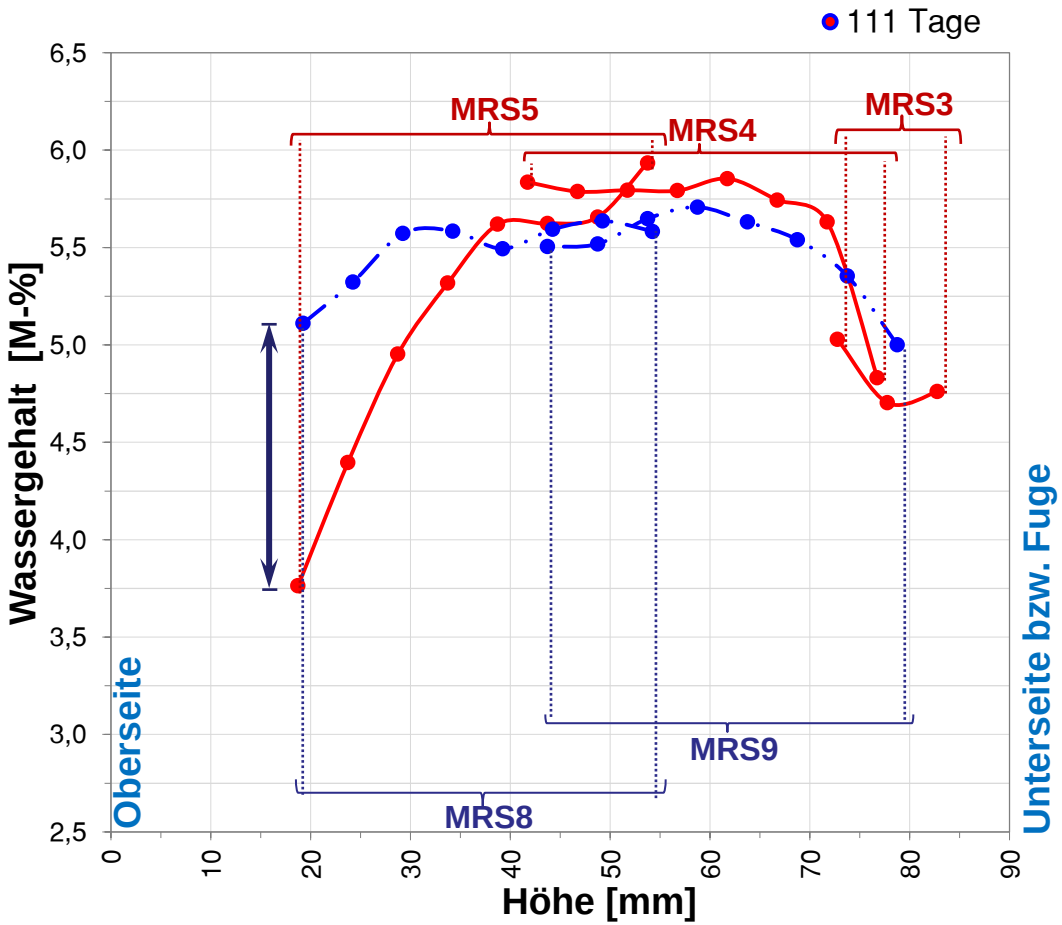


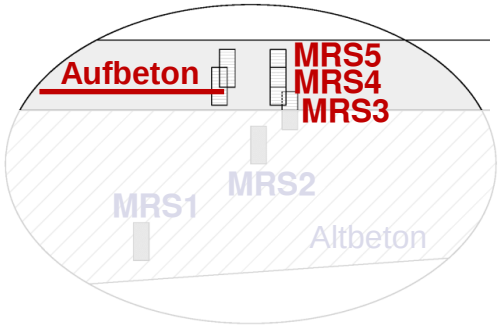
Prisma 2	Seitenflächen + Oberfläche versiegelt
Prisma 1	Seitenflächen versiegelt
Prisma 3	Lagerung Wasserbad

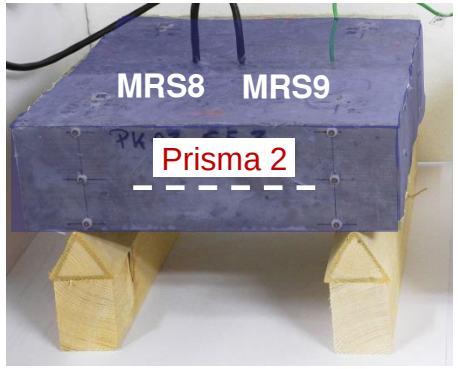


Versuchsprogramm

in situ - Labor

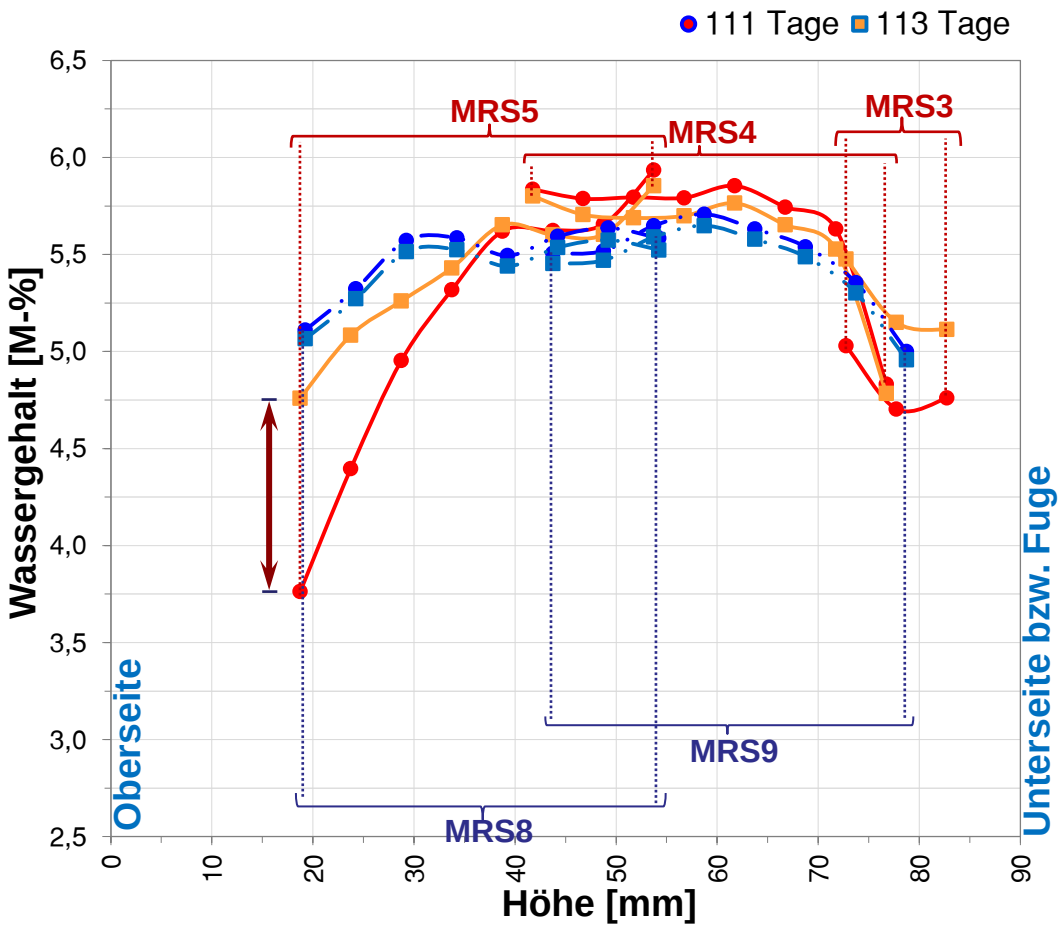


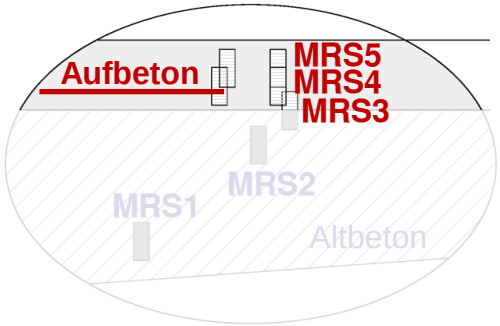


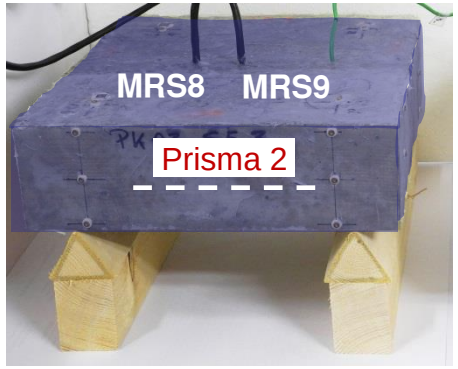


Versuchsprogramm

in situ - Labor

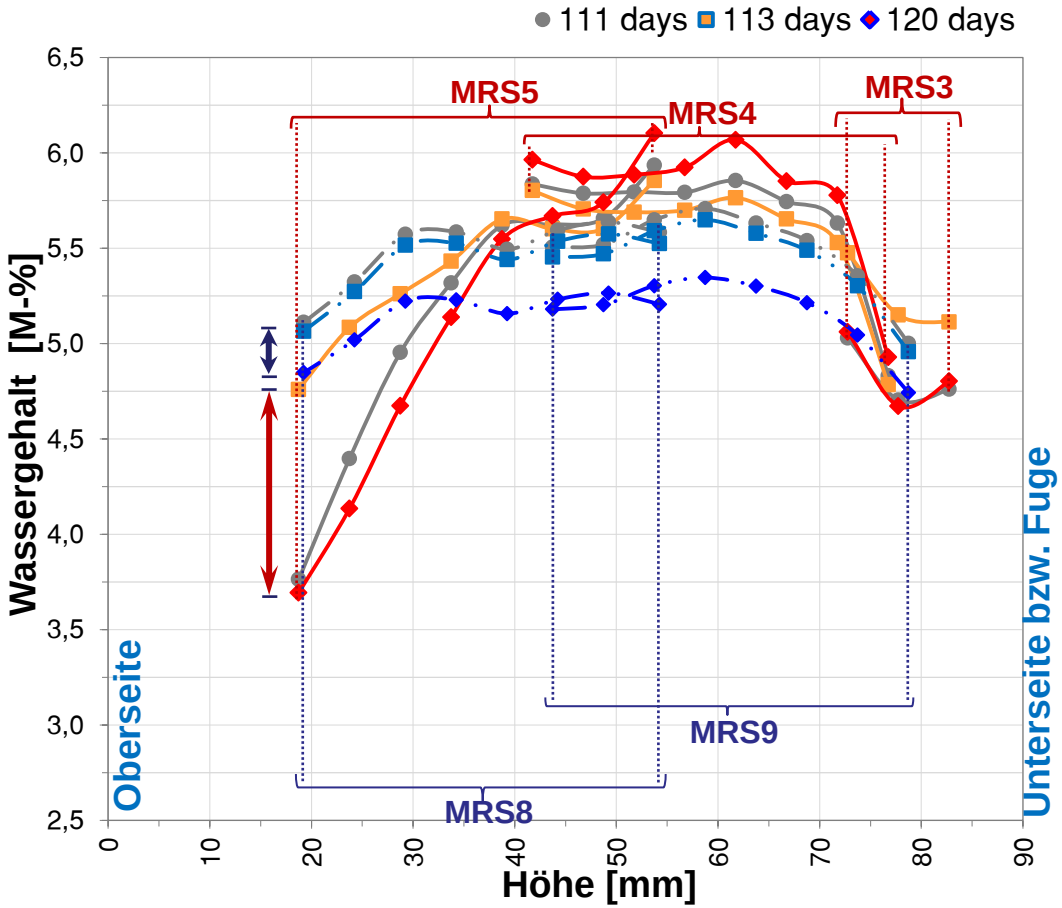


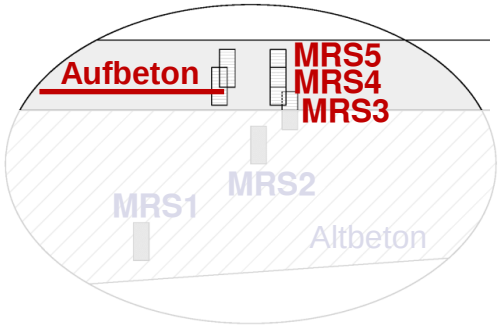


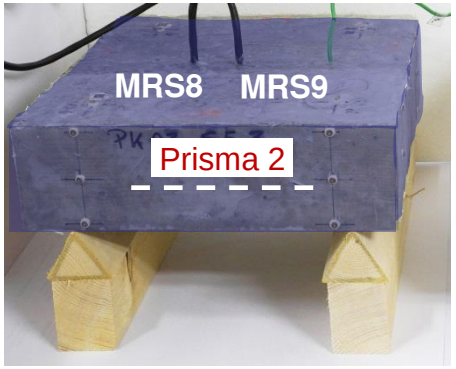


Versuchsprogramm

in situ - Labor

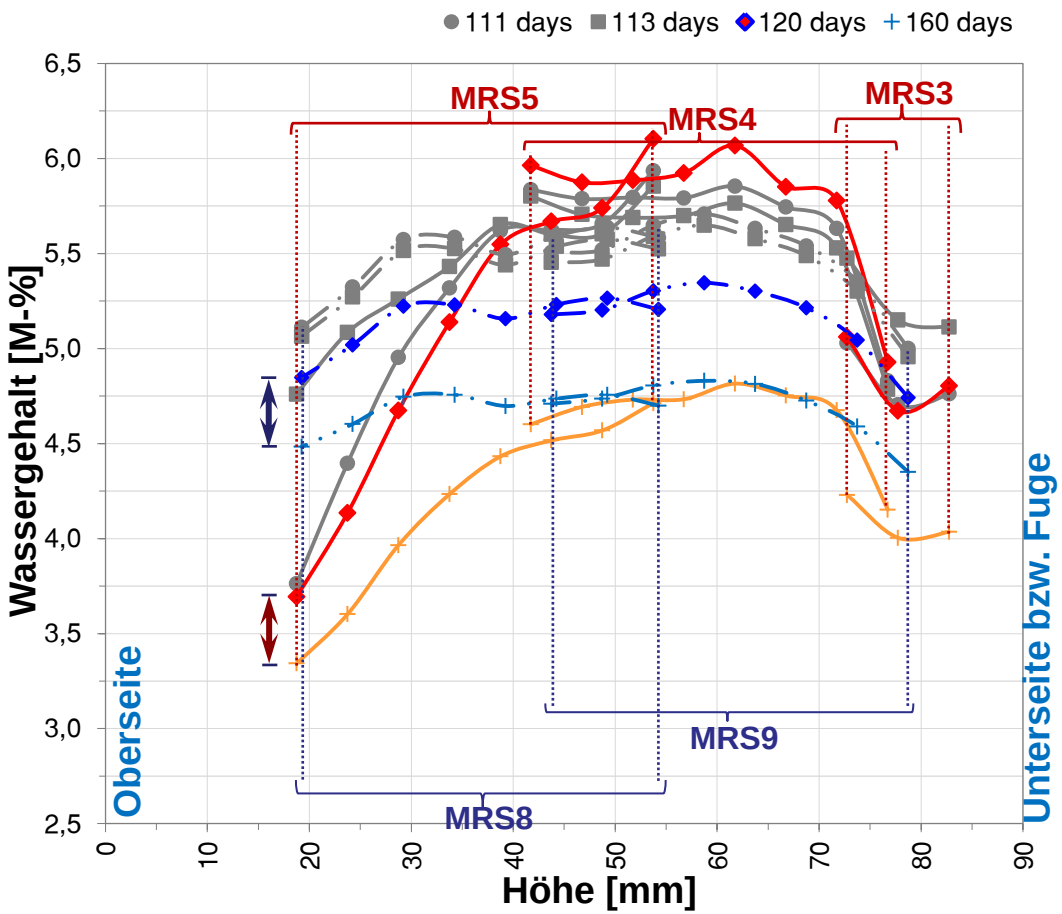


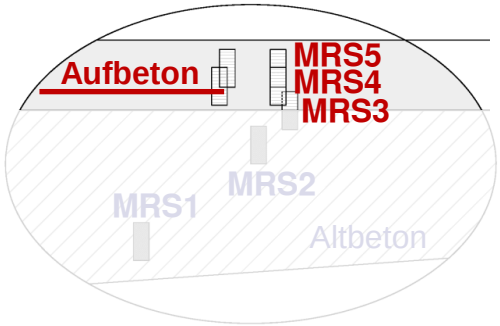


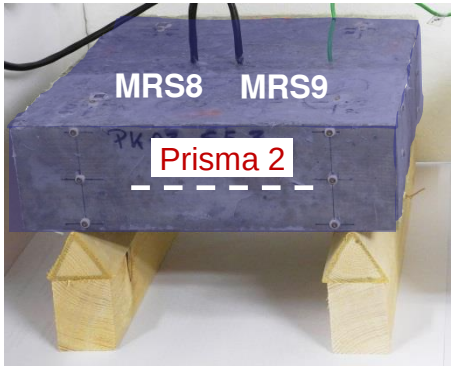


Versuchsprogramm

in situ - Labor







Versuchsprogramm

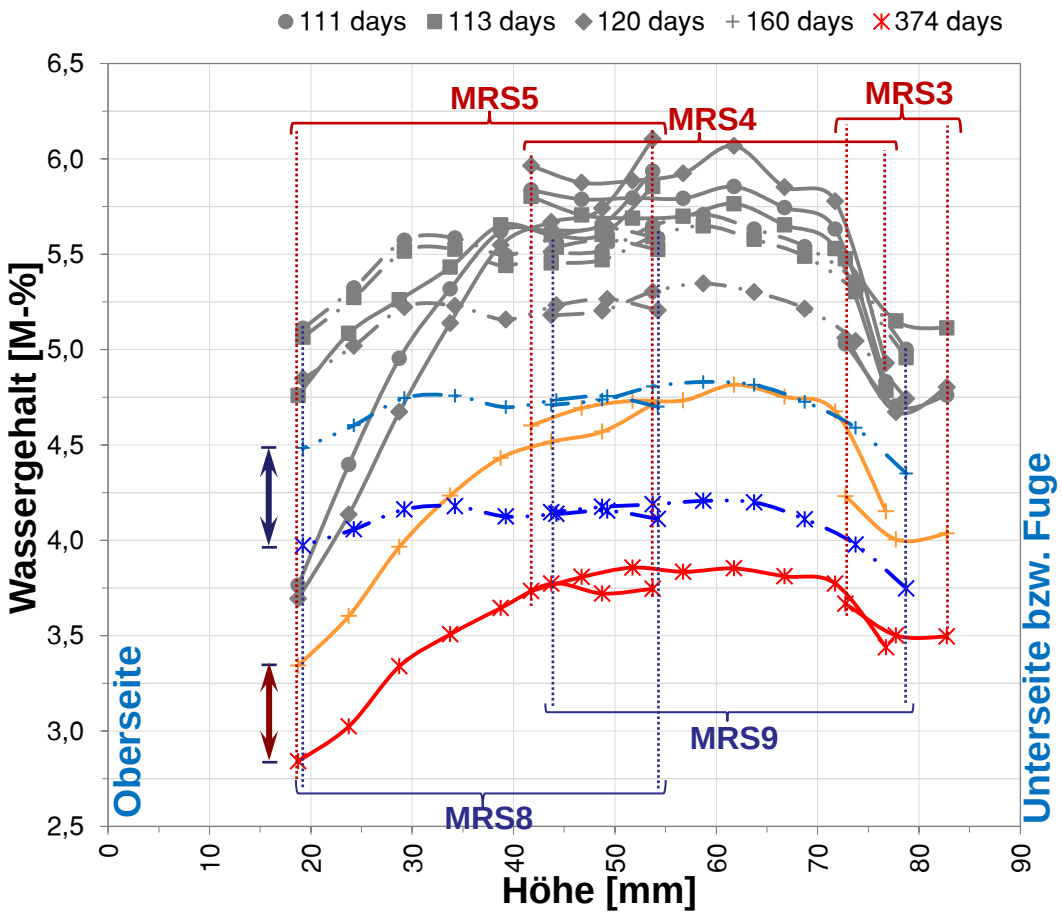
in situ - Labor

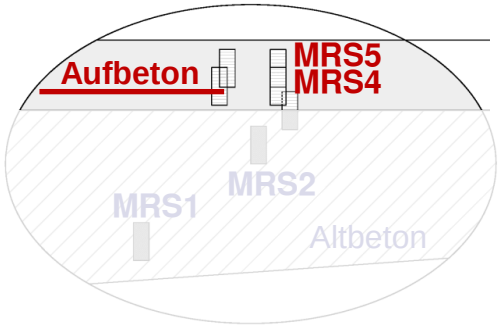
VERSUCHS PROGRAMM in situ

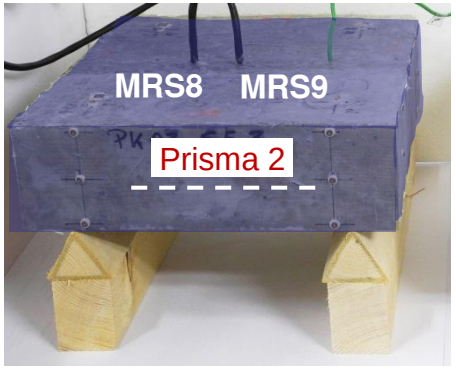
ERGEBNISSE

VERSUCHS PROGRAMM labor

VERGLEICH

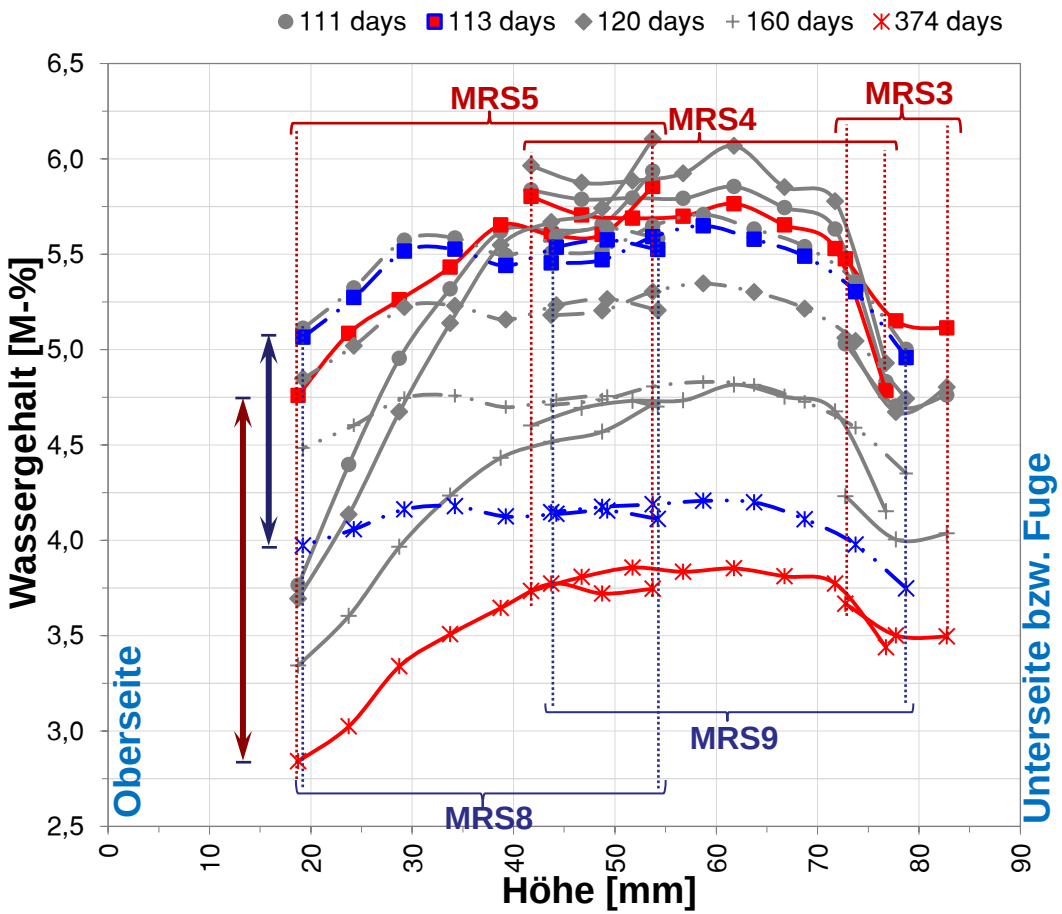


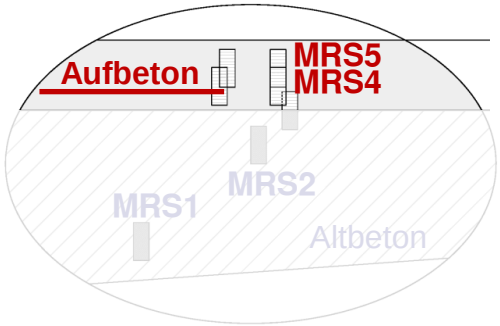


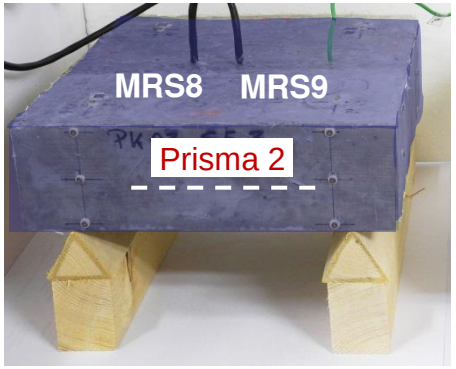


Versuchsprogramm

in situ - Labor







Zusammenfassung

- **TROTZ**

  HWD und **VORNÄSSEN** (sorgfältig ausgeführt lt. RVS 15.02.34)

  ⟹ **KEINE FREIE WASSERSÄTTIGUNG**
  oberflächennahen Bereichen des Altbetons

Zusammenfassung

- **TROTZ**
  HWD und **VORNÄSSEN** (sorgfältig ausgeführt lt. RVS 15.02.34)
  ⟹ **KEINE FREIE WASSERSÄTTIGUNG**
  oberflächennahen Bereichen des Altbetons

- **VORNÄSSEN** der bestehenden Fahrbahnplatte als
  ⟹ **EFFEKTIVE MAßNAHME** beurteilt

Zusammenfassung

- **TROTZ**
  HWD und **VORNÄSSEN** (sorgfältig ausgeführt lt. RVS 15.02.34)
  ⟹ **KEINE FREIE WASSERSÄTTIGUNG**
  oberflächennahen Bereichen des Altbetons

- **VORNÄSSEN** der bestehenden Fahrbahnplatte als
  ⟹ **EFFEKTIVE MAßNAHME** beurteilt

- Voranstrich, Feuchtigkeitsabdichtungen sowie Randbalken
  ⟹ **ABNAHME** des Feuchtegehalts

Ausblick

- ✓ **LÄNGENÄNDERUNGEN**
- ✓ **SCHWINDDEHNUNGEN**
  - ✓ **VERGLEICH IN SITU VERSUCH - LABORVERSUCH**
  - ✓ **AUTOGENE SCHWINDDEHNUNGEN**
  - ✓ **TROCKNUNGSSCHWINDDEHNUNGEN**

Ausblick

- ✓ **zeit- und tiefenabhängige FEUCHTIGKEITSVERTEILUNG**
- ✓ **zeitlicher Verlauf der SCHWINDDEHNUNGEN**
- ❖ **KRIECHVERSUCHE**

...VERTIEFTES VERSTÄNDNIS ZEITABHÄNGIGEN MATERIALVERHALTENS

Ausblick

- ✓ zeit- und tiefenabhängige FEUCHTIGKEITSVERTEILUNG
- ✓ zeitlicher Verlauf der SCHWINDDEHNUNGEN
- ❖ KRIECHVERSUCHE

....MATERIALPRAMATER

- ❖ DREI-PHASEN-MODELL für BETON
  - ...Junger Beton
  - ...Trocknungsschwinden
  - ...Kriechverhalten

...DETAILLIERTE SIMULATION ZEITABHÄNGIGEN MATERIALVERHALTENS

Messtechnische Begleitung der Sanierung einer Brücke mittels Aufbeton

Y. Theiner und **G. Hofstetter**

Fakultät für Technische Wissenschaften
Institut für Grundlagen der Technischen Wissenschaften
Universität Innsbruck

Brückentagung 2013, Wien, Suite Hotel am Kahlenberg, 12. – 14. Juni 2013