

# EP3 Langzeitverhalten des Verbundes

---

**Dr. Christian Angst**

IMP Bautest AG, Oberbuchsitzen

# Inhalt

- **Ziele**
- **Vorgehen**
- **Entwicklung von Prüfmethoden**
  - dynamischer Zug-Schwellversuch
  - dynamischer Schub-Schwellversuch
- **Prüfungen von Systemaufbauten**
- **Einfluss des Beton-Untergrundes**
- **Zusammenfassung**

# Vorgehen

- **Entwicklung von Prüfmethoden an einem Aufbau durch**
  - Parameter-Studien
  - Festlegung der Prüfbedingungen
- **Untersuchungen an Systemaufbauten mit dem Ziel**
  - Auswirkung der Konditionierung
  - Eignung der Prüfmethoden prüfen
- **Wahl einer Prüfmethode**
- **Fallbeispiel**

# Herstellung von Platten für die Methoden-Entwicklung

i.m.p

## Herstellung von 20 Platten 40 x 40 cm mit folgendem Aufbau:

- Gussasphalt MA 11                      40 mm
- PBD (SBS)
- EP-Grundierung
- Beton-Gartenplatte

# Herstellung von Platten für die Methoden-Entwicklung

i.m.p



# Herstellung von Platten für die Methoden-Entwicklung

i.m.p



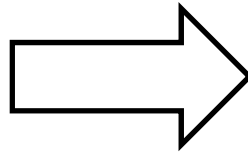
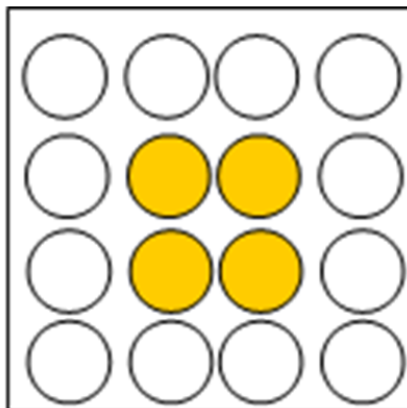
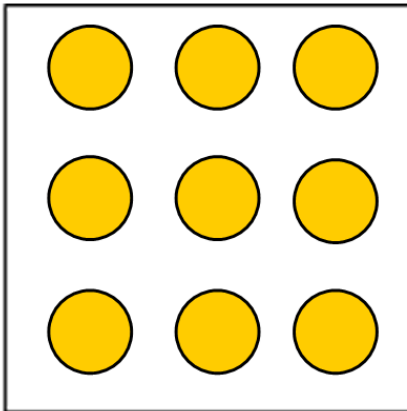
## Ziel der Methoden-Entwicklung

**Ziel der Arbeit: «Langzeitverhalten  
des Verbundes»**

Methoden derart festlegen, dass kein Bruch  
vor 2'000 Belastungszyklen auftritt

# Zug-Schwell-Versuch

## Probenahme im Labor



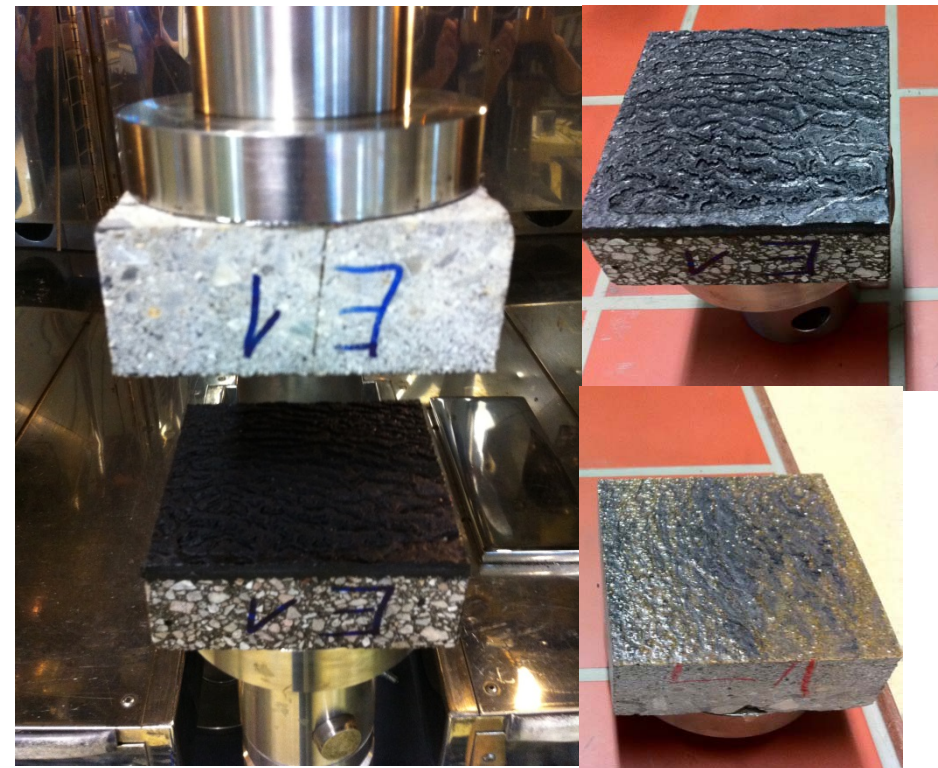
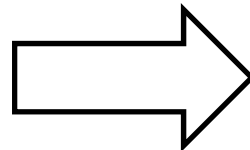
► häufiger Bruch



# Zug-Schwell-Versuch

## Probenahme im Labor

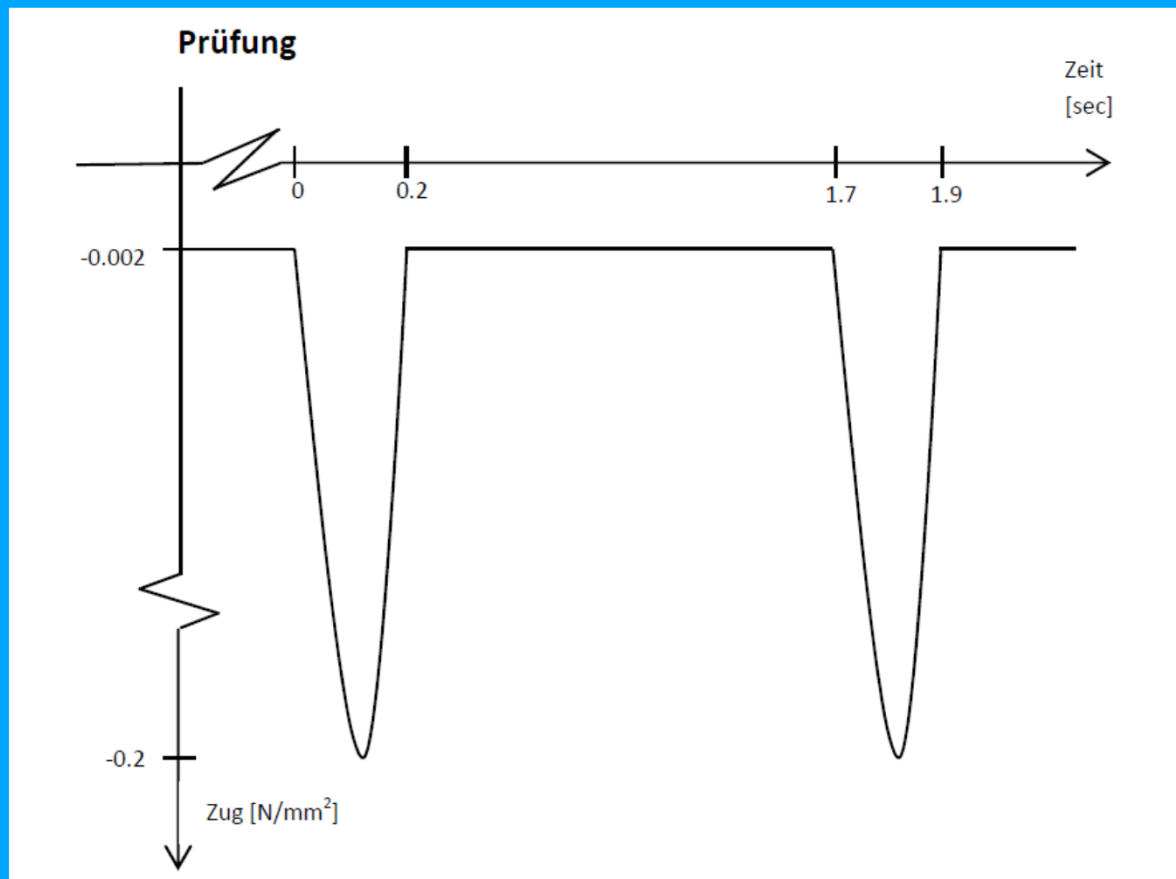
PK4	PK8	PK12	PK16
PK3	PK7	PK11	PK15
PK2	PK6	PK10	PK14
PK1	PK5	PK9	PK13



► seltener Bruch

# Zug-Schwell-Versuch

## Belastungskurve festgelegt:



# Zug-Schwell-Versuch

## Untersuchte Parameter:

- Unterlast
- Oberlast (Verhältnis Ober- / Unterlast  $> 10$ )
- Temperatur

# Zug-Schwell-Versuch

## Wahl der Prüfbedingungen

- Oberlast: 0.20 N/mm<sup>2</sup>
- Unterlast: 0.002 N/mm<sup>2</sup>
- Temperatur: 30 °C
- Anzahl Zyklen: 2'000
- Belastungskurve: Haversine mit Lastpausen

# Präzision Zug-Schwellversuch

Prüfserie	Probe Nr	Bemerkungen	Deformation bei 2000 Zyklen [mm]	
			EW	MW
1	12-04987-009,PK-1	keine Abscherung	0.1412	0.127
	12-04987-009,PK-2	keine Abscherung	0.1347	
	12-04987-009,PK-3	keine Abscherung	0.1039	
2	12-04987-009,PK-4	keine Abscherung	0.1354	0.133
	12-04987-009,PK-5	keine Abscherung	0.1399	
	12-04987-009,PK-6	keine Abscherung	0.1234	
3	12-04987-009,PK-7	keine Abscherung	0.1148	0.138
	12-04987-009,PK-8	keine Abscherung	0.1399	
	12-04987-009,PK-9	keine Abscherung	0.1593	
4	12-04987-009,PK-10	keine Abscherung	0.1763	0.209
	12-04987-009,PK-11	keine Abscherung	0.2497	
	12-04987-009,PK-16	keine Abscherung	0.2006	
5	12-04987-009,PK-13	keine Abscherung	0.1718	0.189
	12-04987-009,PK-14	keine Abscherung	0.2258	
	12-04987-009,PK-15	keine Abscherung	0.1683	
6	12-04987-009,PK-1_alt	keine Abscherung	0.1143	0.124
	12-04987-009,PK-2_alt	keine Abscherung	0.1321	
	12-04987-009,PK-3_alt	keine Abscherung	0.1252	
<b>r = 66 % (!)</b>		Mittelwert	[mm]	0.153
		Standardabweichung	[mm]	0.036
		Standardabweichung	[%]	23.7%

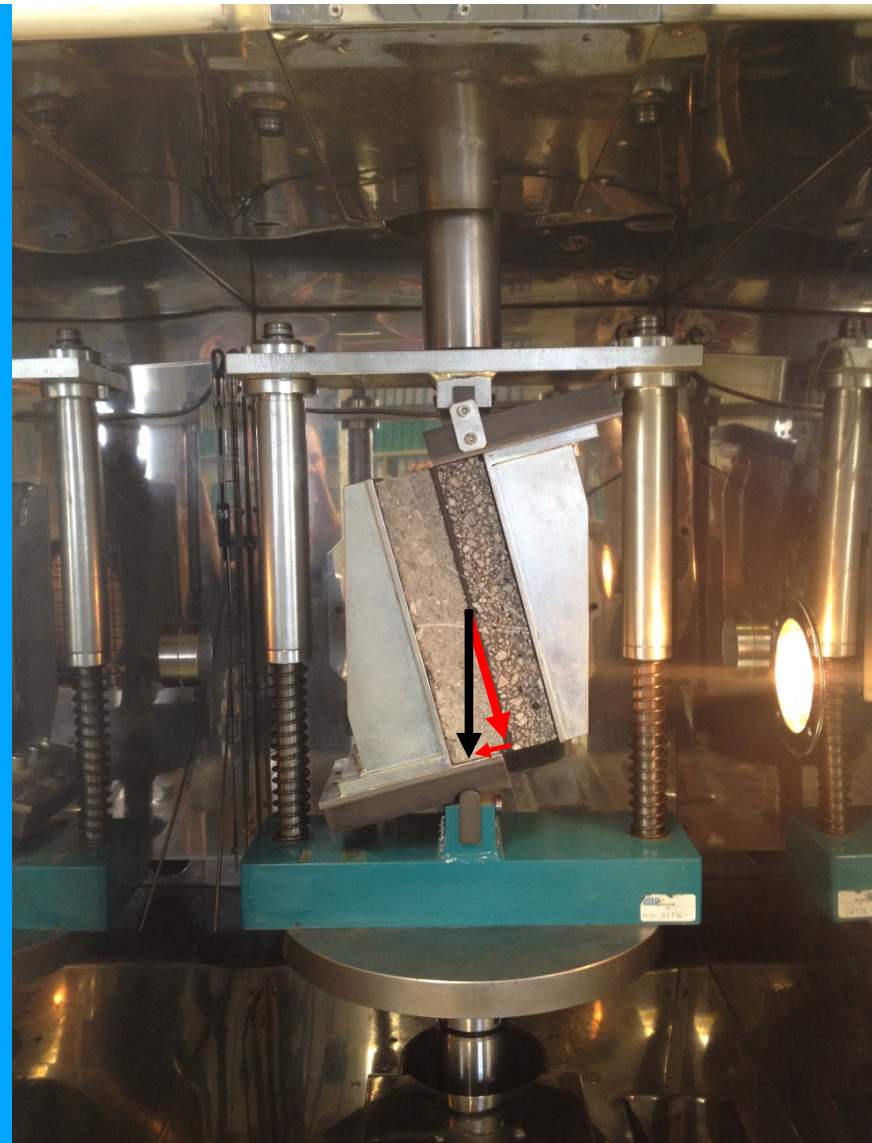
## Präzision Zug-Schwellversuch

- $r = 66 \%$
- Das heisst, dass zwei Ergebnisse, welche um 66 % auseinanderliegen statistisch gesehen sich **nicht unterscheiden!**

# Schub-Schwellversuch

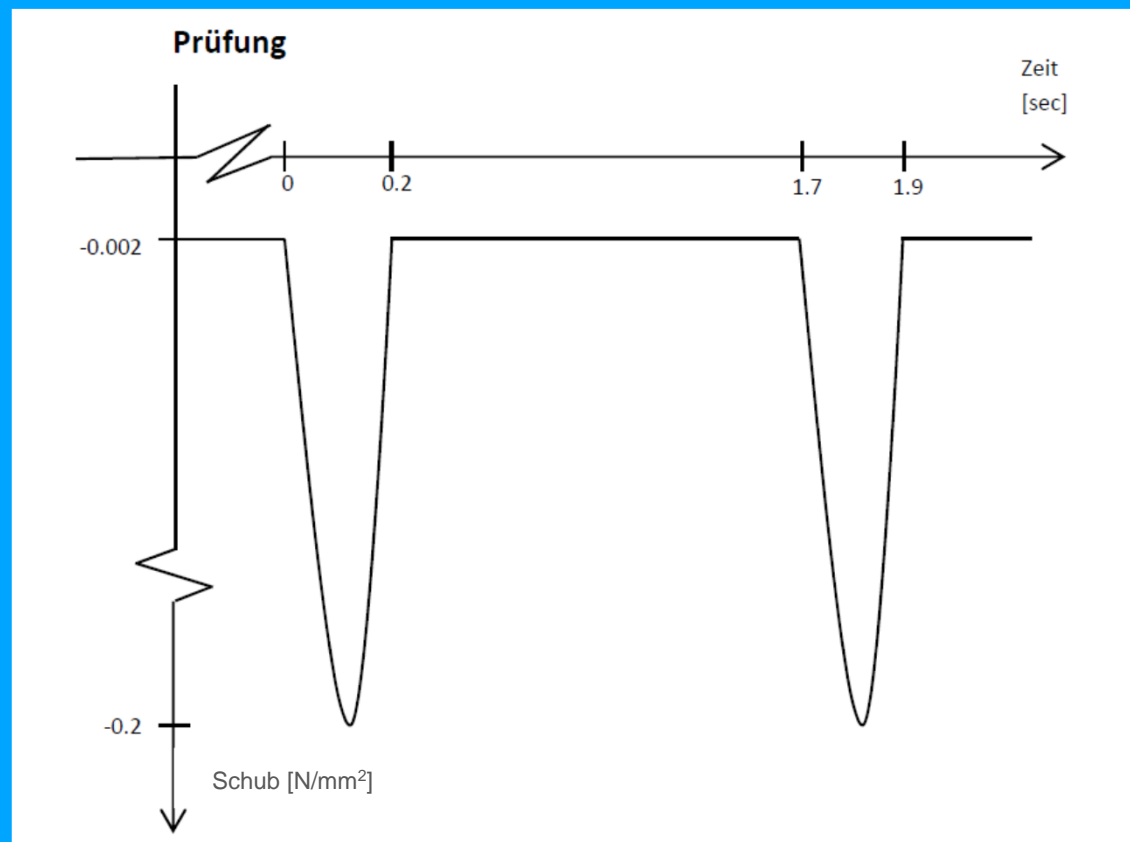
## Prüfeinrichtung

*Neu: dynamische  
Prüfung*



# Schub-Schwellversuch

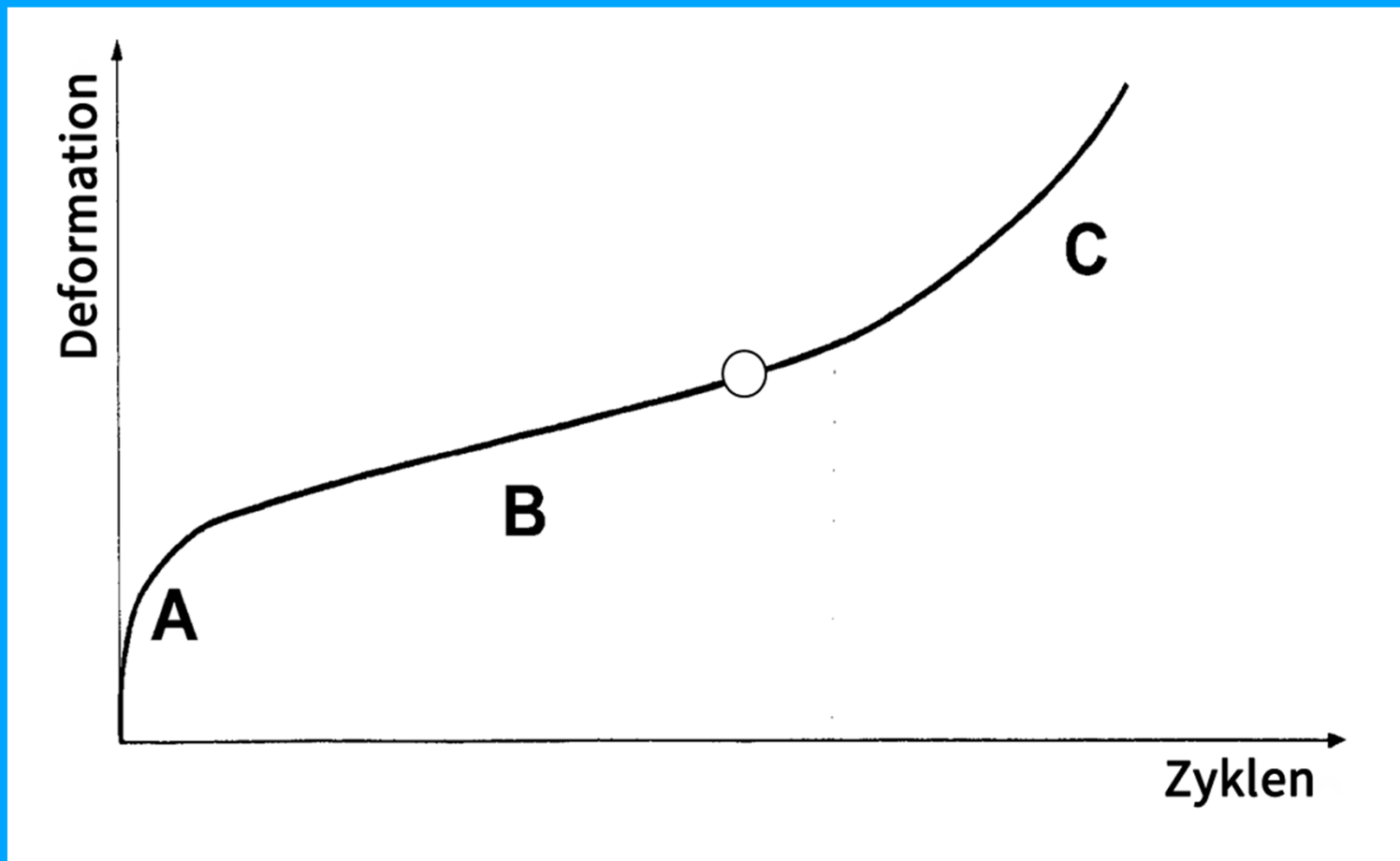
Belastungskurve gleich wie beim Zug-Schwell-Versuch:





# Schub-Schwellversuch

## Verformungskurve:



# Schub-Schwellversuch

## Parameter-Studie:

- Unterlast            0.01 / 0.015 / 0.02 N/mm<sup>2</sup>
- Oberlast            0.1 / 0.15 / 0.2 N/mm<sup>2</sup>
- Temperatur        15 / 23 / 30 °C

# Schub-Schwellversuch

## Festgelegte Prüfbedingungen:

- Unterlast            0.015    N/mm<sup>2</sup>
- Oberlast             0.15     N/mm<sup>2</sup>
- Temperatur        23       °C

# Präzision Schub-Schwellversuch

Prüfserie	Probe Nr	Bemerkungen	Deformation bei 2000 Zyklen	
			EW	MW
1	13-03319-002;PK1	keine Abscherung	2.68	2.946
	13-03319-002;PK2	keine Abscherung	3.36	
	13-03319-002;PK3	keine Abscherung	2.797	
2	13-03319-002;PK4	keine Abscherung	4.588	3.333
	13-03319-002;PK5	keine Abscherung	2.519	
	13-03319-002;PK6	keine Abscherung	2.892	
3	13-03319-002;PK7	keine Abscherung	3.455	3.132
	13-03319-002;PK8	keine Abscherung	2.929	
	13-03319-002;PK9	keine Abscherung	3.012	
4	13-03319-002;PK10	keine Abscherung	3.722	3.128
	13-03319-002;PK11	keine Abscherung	2.470	
	13-03319-002;PK12	keine Abscherung	3.192	
5	13-03319-002;PK13	keine Abscherung	3.206	3.408
	13-03319-002;PK14	keine Abscherung	3.701	
	13-03319-002;PK15	keine Abscherung	3.318	
6	12-04987-009,PK-1	keine Abscherung	2.615	2.991
	12-04987-009,PK-2	keine Abscherung	3.742	
	12-04987-009,PK-3	keine Abscherung	2.616	
<b>r = 16 %</b>		Mittelwert	[mm]	3.156
		Standardabweichung	[mm]	0.183
		Standardabweichung	[%]	5.8%

## Präzision Schub-Schwellversuch

**Die Präzision ist mit  
 $r = 16 \%$   
sehr befriedigend**

# Prüfungen an System-Aufbauten

## *Untersuchte Brückenabdichtungsaufbauten*

Bez.	Grundierung	Abdichtung	Schutzschicht (SS)	Lagerung vor Einbau SS
FLK PU	Epoxid	PU	MA	L1
				L2
				L3
FLK PMMA	PMMA	PMMA	MA	L1
				L2
PBD1	bitumenhaltig	PBD-SBS	MA	L1
				L2
PBD2	Epoxid	PBD-SBS	MA	L1
				L2
PBD3	Epoxid	PBD-APP	MA	L1
				L2

# Prüfungen an System-Aufbauten

## Unterschiedliche Lagerungen der Abdichtung vor dem Einbau der MA-Schutzschicht

*Wahl der Konditionierung der Abdichtung vor dem Einbau der Schutzschicht aus Gussasphalt MA8.*

Bezeichnung	Bemerkung
L1 (trocken)	„ <b>optimale Bedingungen</b> ; entspricht Normalfall mit günstigem Wetter“: 7 Tage 23°C / 50% rel. Luftfeuchtigkeit (rF) Applikation Verbindungsschicht (nur bei FLK) Applikation Gussasphalt
L2 (nass)	„ <b>Regen am Vortag</b> ; entspricht einer Situation nach Regen und Entfernen des sichtbaren Wassers“ 7 Tage 23°C/50% rF 24h im Wasser Wasser abstreifen 24 Stunden 23°C/80% rF Applikation Verbindungsschicht (nur bei FLK) Applikation Gussasphalt
L3 (feucht)	„Feucht, neblig; entspricht einer Situation mit <b>Taufeuchte</b> “ 7 Tage 23°C/50% rF; 48 Stunden 23°C/80% rF Applikation Verbindungsschicht (nur bei FLK) Applikation Gussasphalt

# Prüfungen an System-Aufbauten

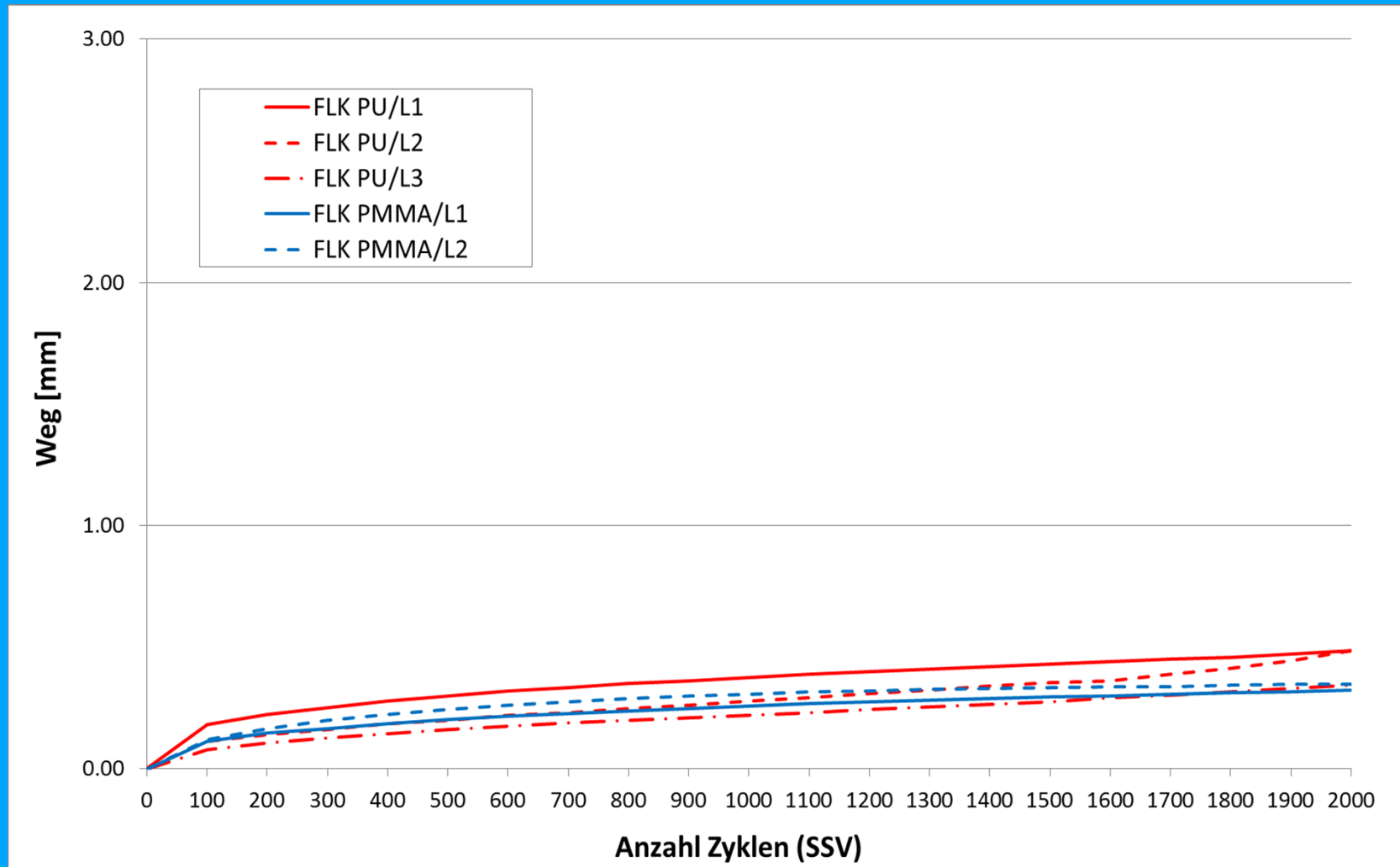
## Durchgeführte Prüfungen

### Übersicht zu den untersuchten Systemaufbauten

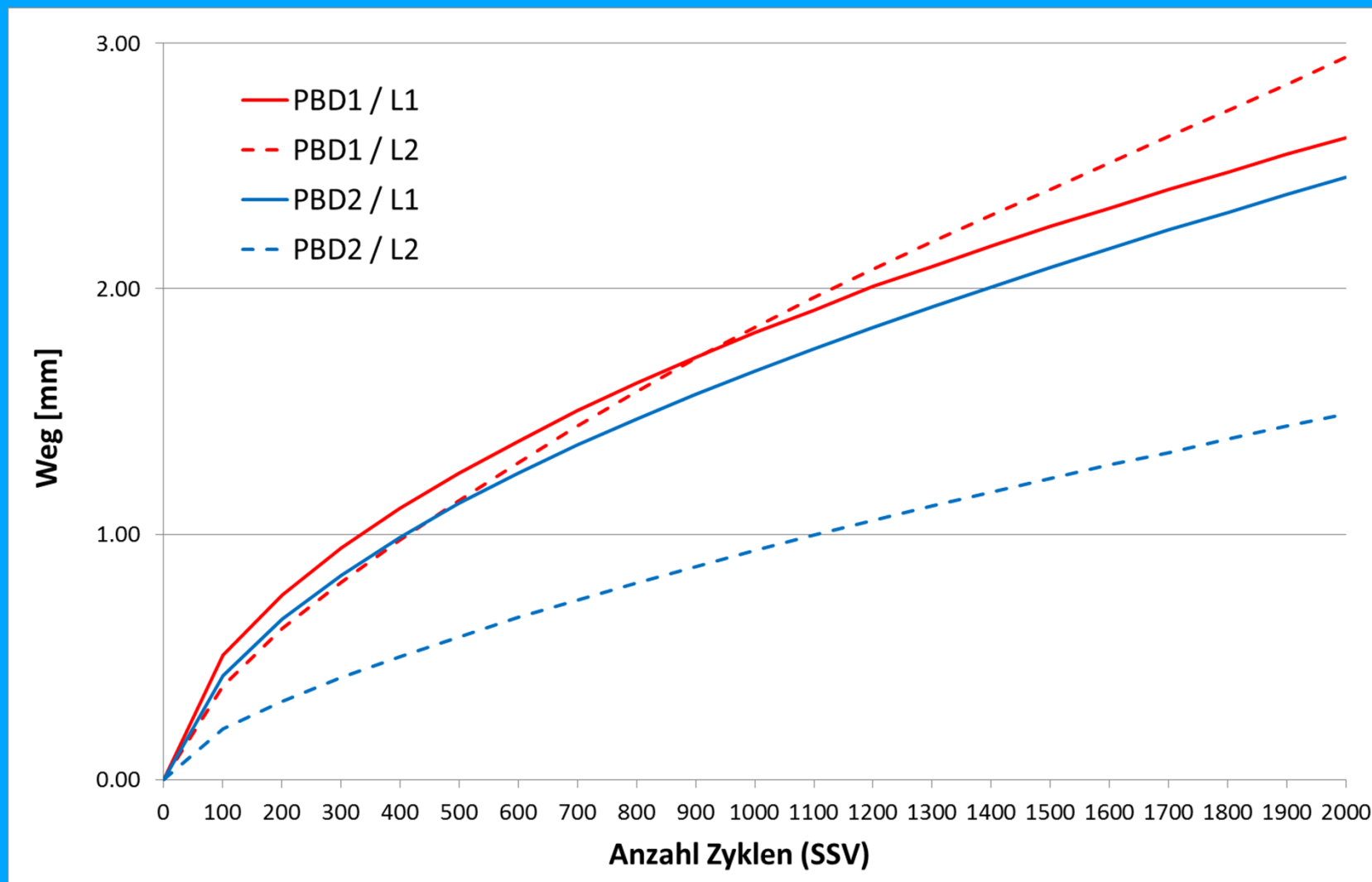
Bezeichnung	Lagerung	Zug-Schwellversuch	Schub-Schwellversuch
FLK PU	L1 (trocken)	X	X
	L2 (nass)	X	X
	L3 (feucht)	X	X
FLK PMMA	L1 (trocken)	X	X
	L2 (nass)	X	X
PBD1 (bit. Haftgrund)	L1 (trocken)	X	X
	L2 (nass)	X	X
PBD2 (Epoxi Haftgrund)	L1 (trocken)	X	X
	L2 (nass)	X	X



# Schub-Schwellversuche an FLK



# Schub-Schwellversuche an PBD



# Prüfungen an System-Aufbauten

## Fazit

- ▶ kein systematischer Einfluss der Konditionierung auf das Ergebnis
- ▶ Offenbar ist der Verbund Grundierung / Abdichtung entscheidend und nicht der Verbund Abdichtung / MA

# Einfluss des Beton-Untergrundes

## Variation Beton-Untergrund:

- **Luftporengehalt (FBK)**  
1.1 / 5.4 Vol.-%
- **Bearbeitung der Oberfläche**  
Flügelmaschine  
Vibrobalken
- **Porosität**  
1.4 / 2.2 / 4.0 / 5.8 Vol.-%

# Einfluss des Beton-Untergrundes

## Variation Abdichtungs-System

unterschiedliche Grundierung beim Systemaufbau PBD / MA:

- Epoxid-Grundierung
- bituminöse Grundierung

# Einfluss des Beton-Untergrundes

## 8 Versuchsfelder

Grundierung	Abdichtung	Luftporen Frischbeton	Bearbeitung der Oberfläche
		[Vol.-%]	
bit.	PBD	1.1	Flügelmaschine
bit.	PBD	5.4	Flügelmaschine
bit.	PBD	1.1	Vibroblech
bit	PBD	5.4	Vibroblech
EP	PBD	1.1	Flügelmaschine
EP	PBD	5.4	Flügelmaschine
EP	PBD	1.1	Vibroblech
EP	PBD	5.4	Vibroblech

## **Einfluss des Beton-Untergrundes**

**Trotz schlechterer Präzision wurden  
Zug-Schwell-Versuche durchgeführt**

- ▶ Grund: Prüfkörper = Bohrkerne  
(beim Schub-Schwell-Versuch = Platten)

## Einfluss des Beton-Untergrundes

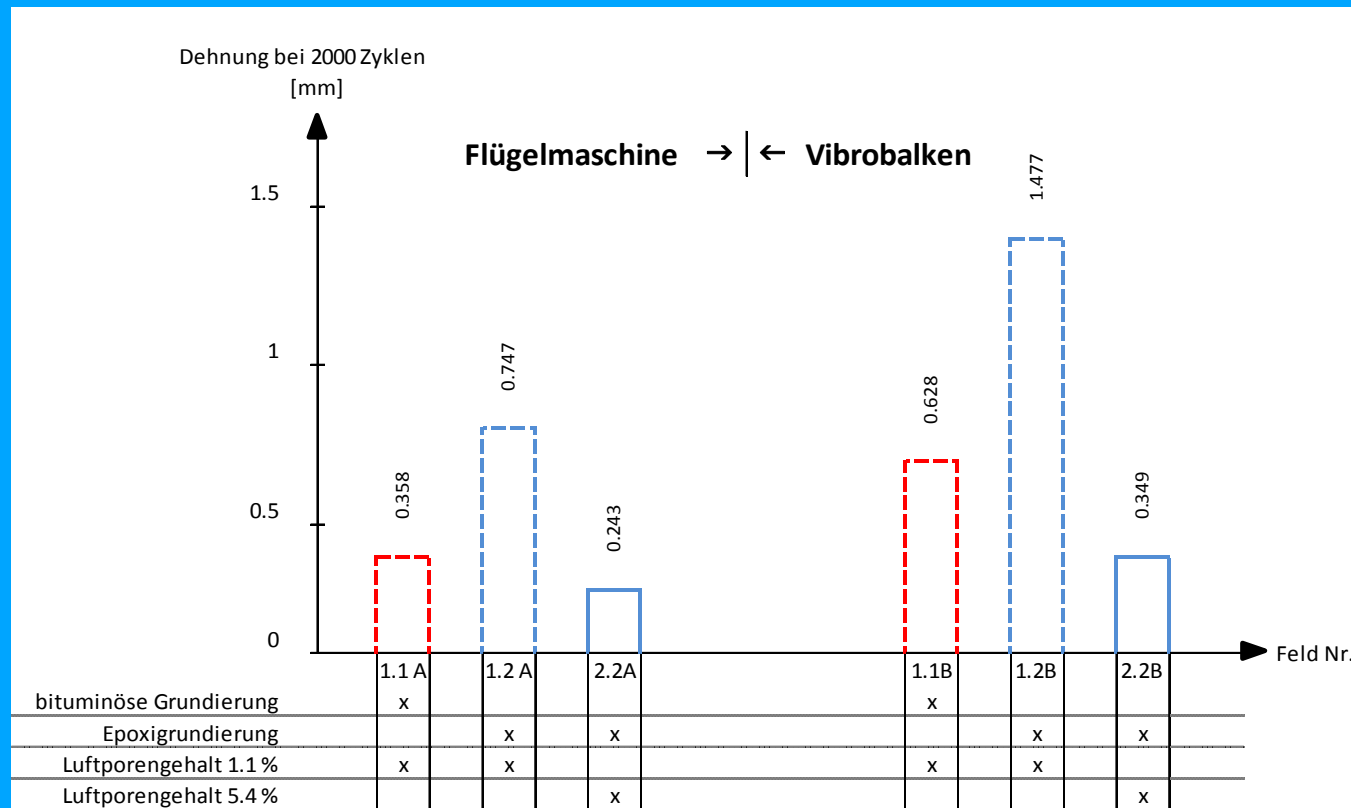
### Einfluss Luftporengehalt bei bituminöser Grundierung feststellbar:

- 5.4 Vol.-% Luft (FBK)      Bruch
- 1.1 Vol.- % Luft (FBK)      kein Bruch



# Einfluss des Beton-Untergrundes

## Einfluss Bearbeitung der Oberfläche



▶ mit FM generell tiefere Werte

# Einfluss des Beton-Untergrundes

**Bearbeitung mit Flügelmaschine ergibt  
tendenziell bessere Werte**

# Zusammenfassung

## Wahl der Prüfmethode:

- Schub-Versuch deutlich präziser  
Nachteil des Schub-Versuches: Form des PK
- Kein Einfluss der Konditionierung
- Deutliche Unterschiede zwischen den Abdichtungssystemen
- Der Einfluss des Betonuntergrundes wurde nachgewiesen

## Fazit

- Dynamischer Schub-Schwell-Versuch sehr geeignet um verschiedene Systeme zu vergleichen
- Noch kein Bewertungshintergrund um Anforderungen festzulegen

Besten Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit