

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



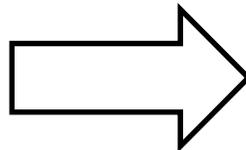
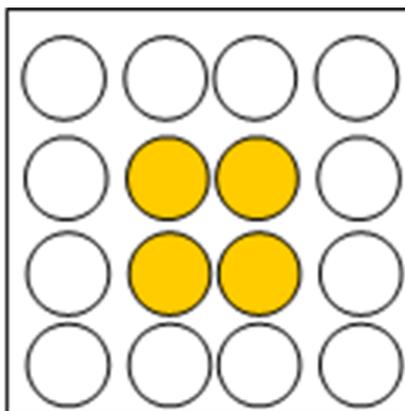
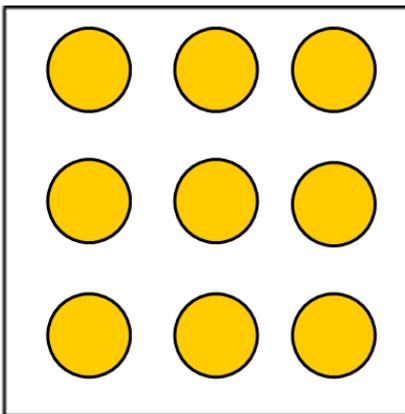
Ziel der Methoden-Entwicklung

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

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

Zug-Schwell-Versuch

Probenahme im Labor

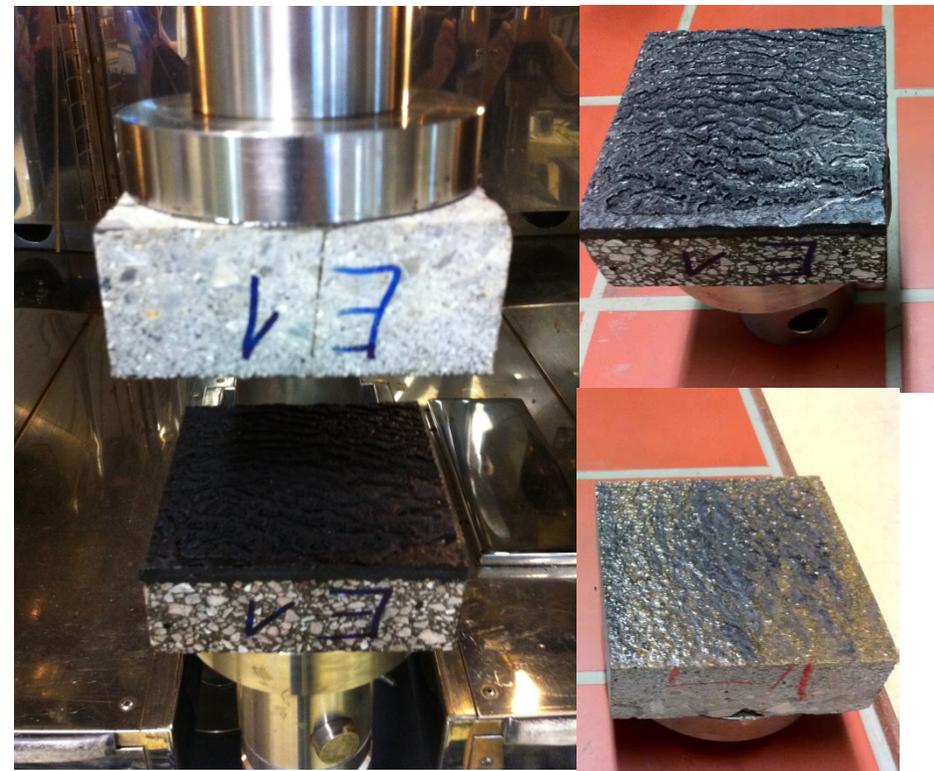
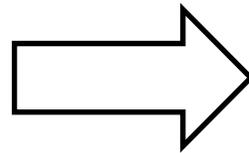


► häufiger Bruch

Zug-Schwell-Versuch

Probenahme im Labor

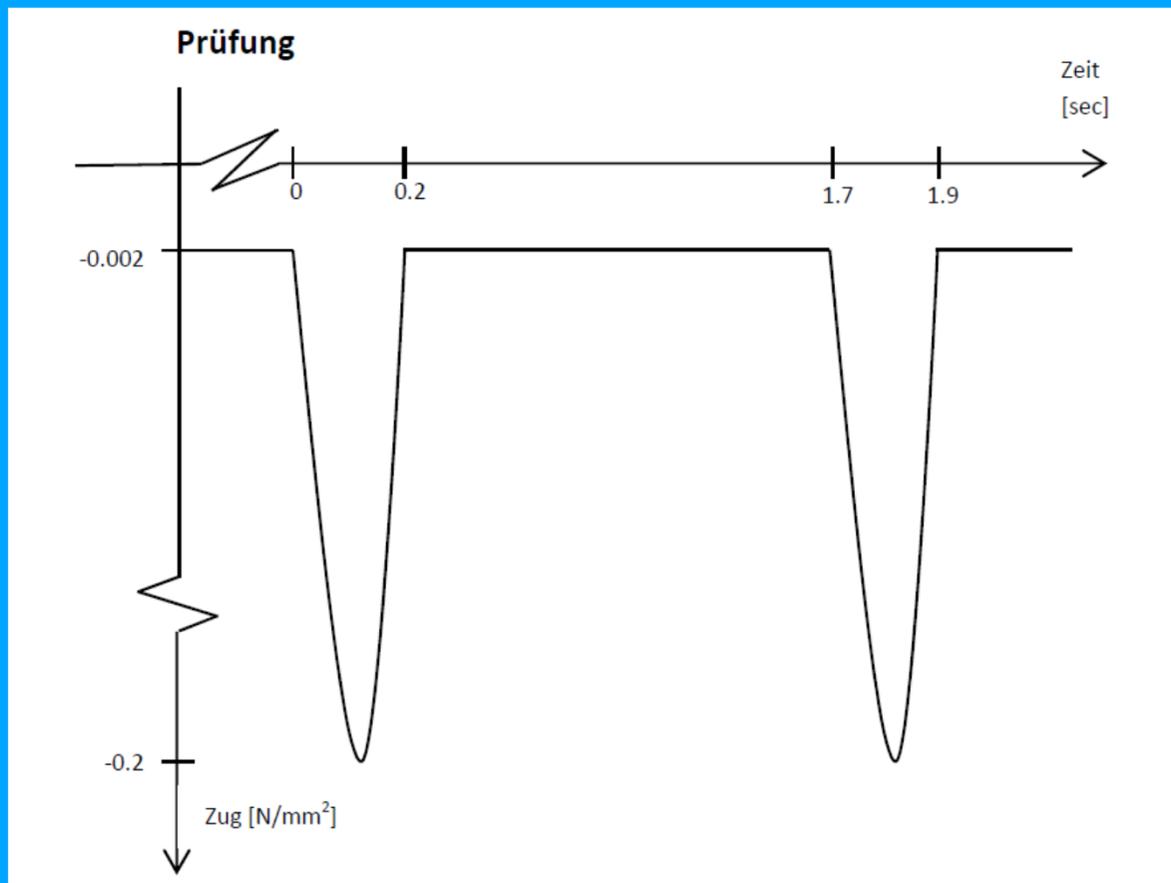
PK4	PK8	PK12	PK16
PK3	PK7	PK11	PK15
PK2	PK6	PK10	PK14
PK1	PK5	PK9	PK13



► 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/mm²
- Unterlast: 0.002 N/mm²
- Temperatur: 30 °C
- Anzahl Zyklen: 2'000
- Belastungskurve: Haversine mit Lastpausen

Präzision Zug-Schwellversuch

Prüfserie	Probe Nr	Bemerkungen	Defomation 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	
r = 66 % (!)		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

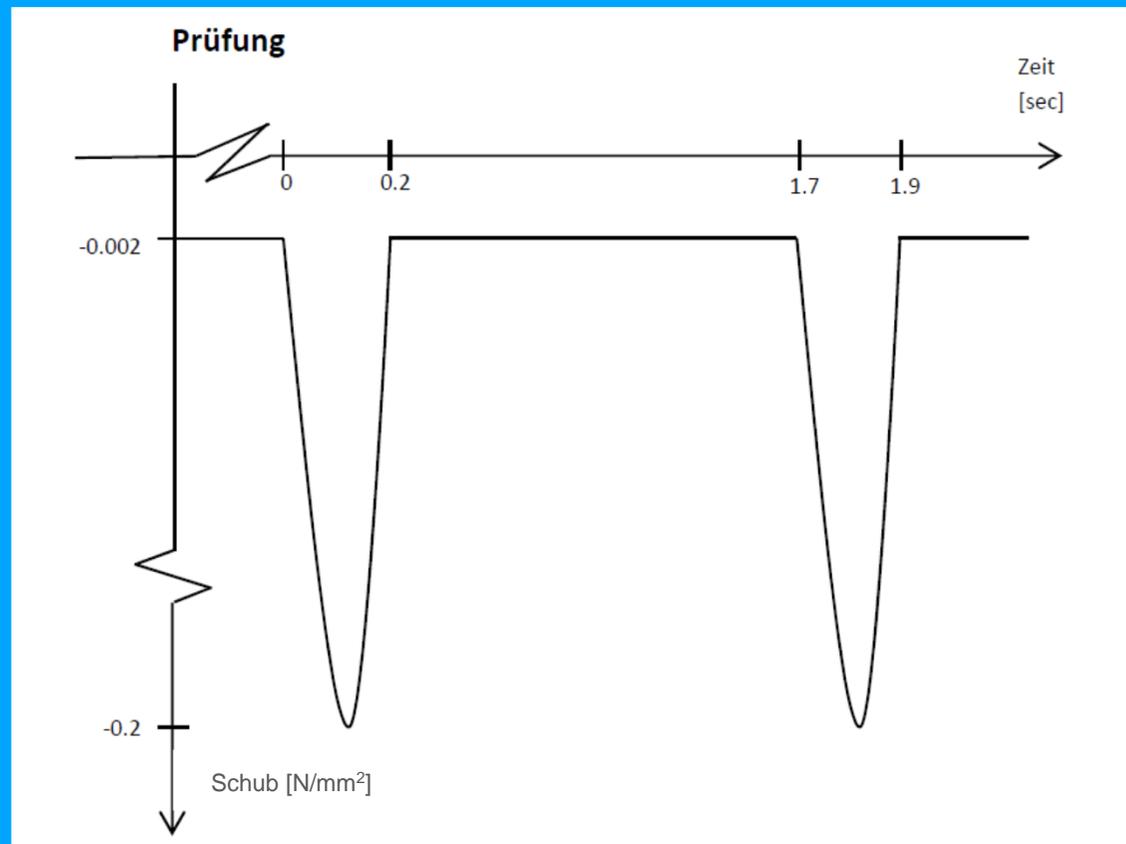
Prüfeinrichtung

*Neu: dynamische
Prüfung*



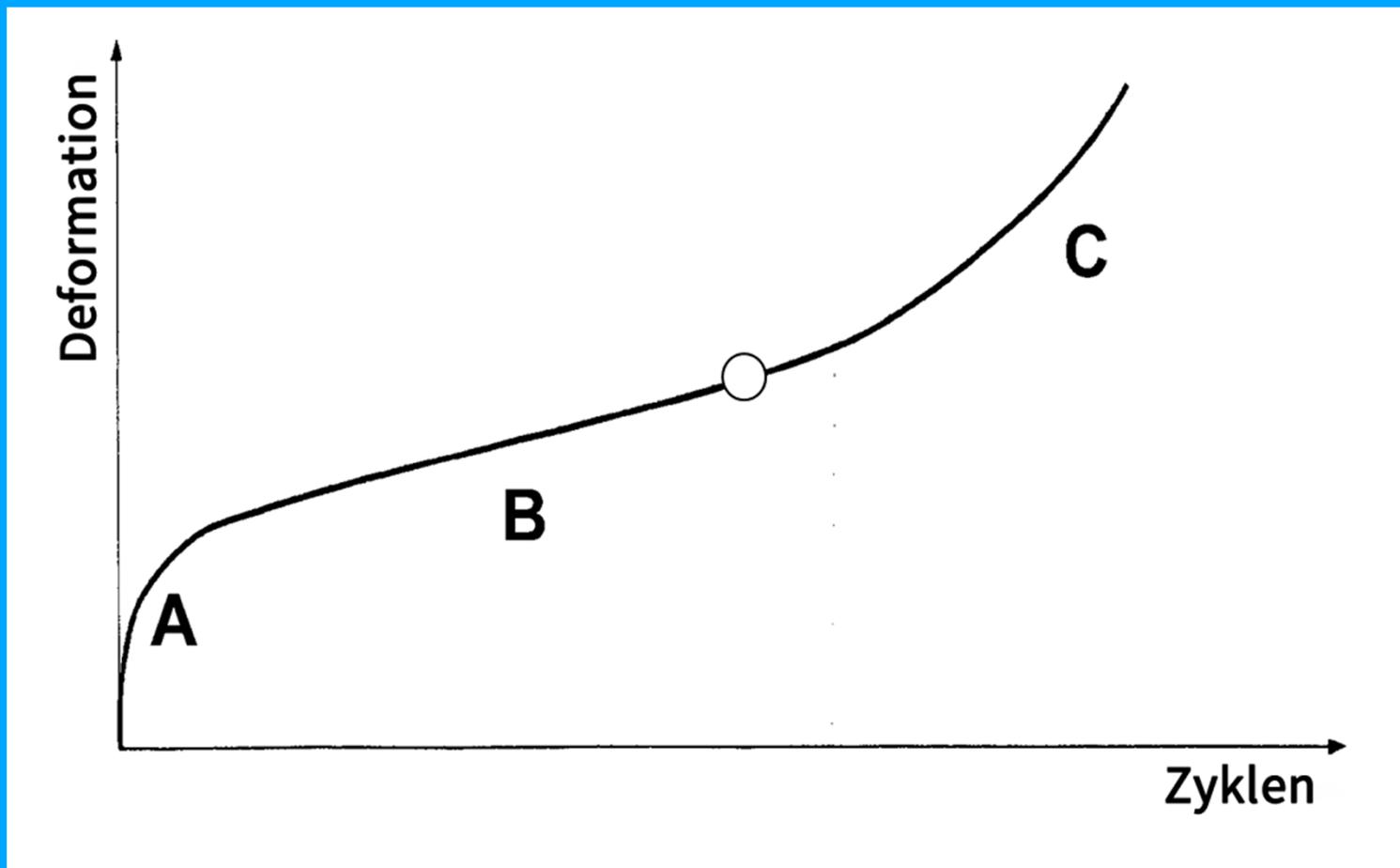
Schub-Schwellversuch

Belastungskurve gleich wie beim Zug-Schwell-Versuch:



Schub-Schwellversuch

Verformungskurve:



Schub-Schwellversuch

Parameter-Studie:

- Unterlast 0.01 / 0.015 / 0.02 N/mm²
- Oberlast 0.1 / 0.15 / 0.2 N/mm²
- Temperatur 15 / 23 / 30 °C

Schub-Schwellversuch

Festgelegte Prüfbedingungen:

- Unterlast 0.015 N/mm²
- Oberlast 0.15 N/mm²
- 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	
r = 16 %		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)	<p>„optimale Bedingungen; entspricht Normalfall mit günstigem Wetter“: 7 Tage 23°C / 50% rel. Luftfeuchtigkeit (rF) Applikation Verbindungsschicht (nur bei FLK) Applikation Gussasphalt</p>
L2 (nass)	<p>„Regen am Vortag; 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</p>
L3 (feucht)	<p>„Feucht, neblig; entspricht einer Situation mit Taufeuchte“ 7 Tage 23°C/50% rF; 48 Stunden 23°C/80% rF Applikation Verbindungsschicht (nur bei FLK) Applikation Gussasphalt</p>

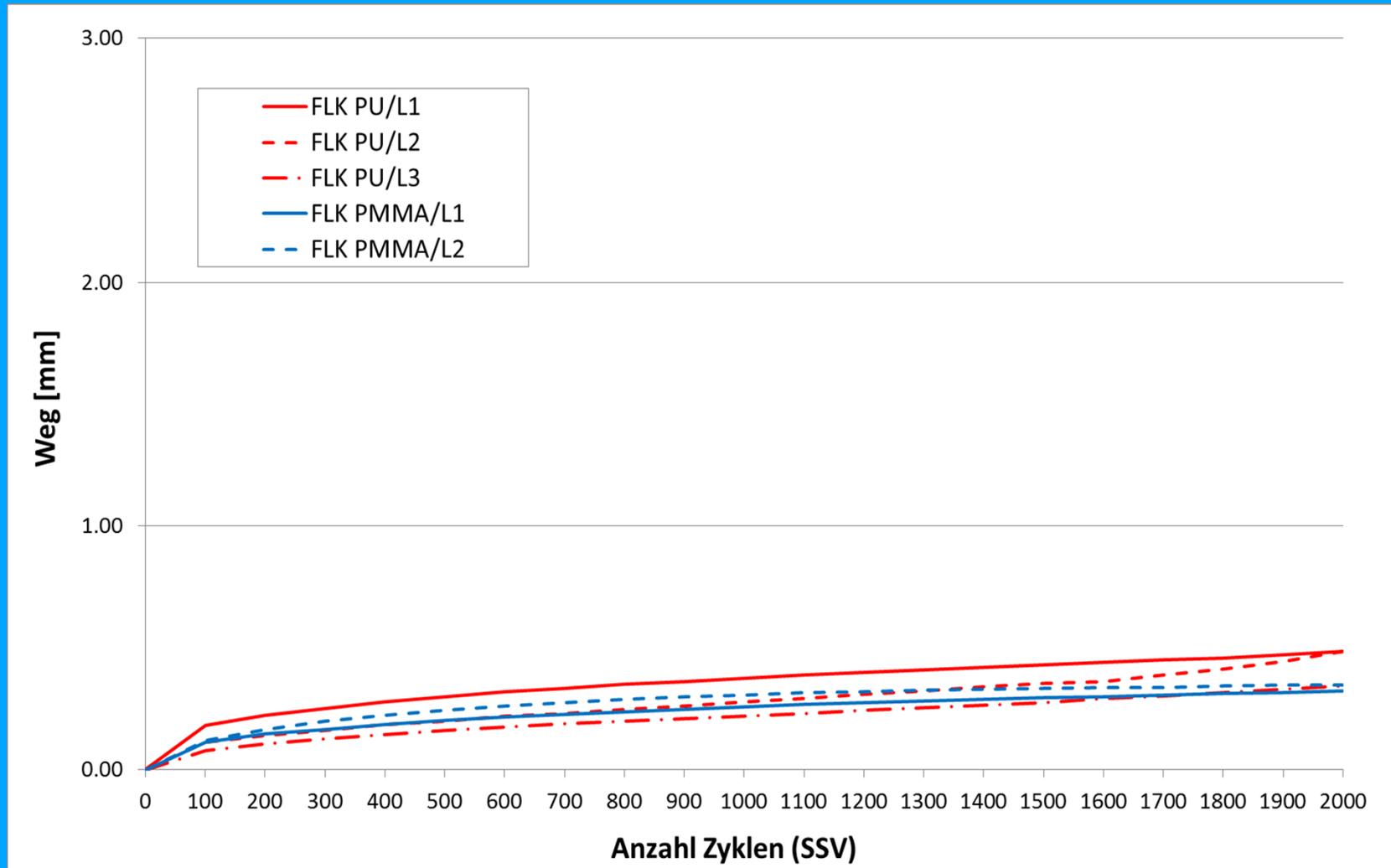
Prüfungen an System-Aufbauten

Durchgeführte Prüfungen

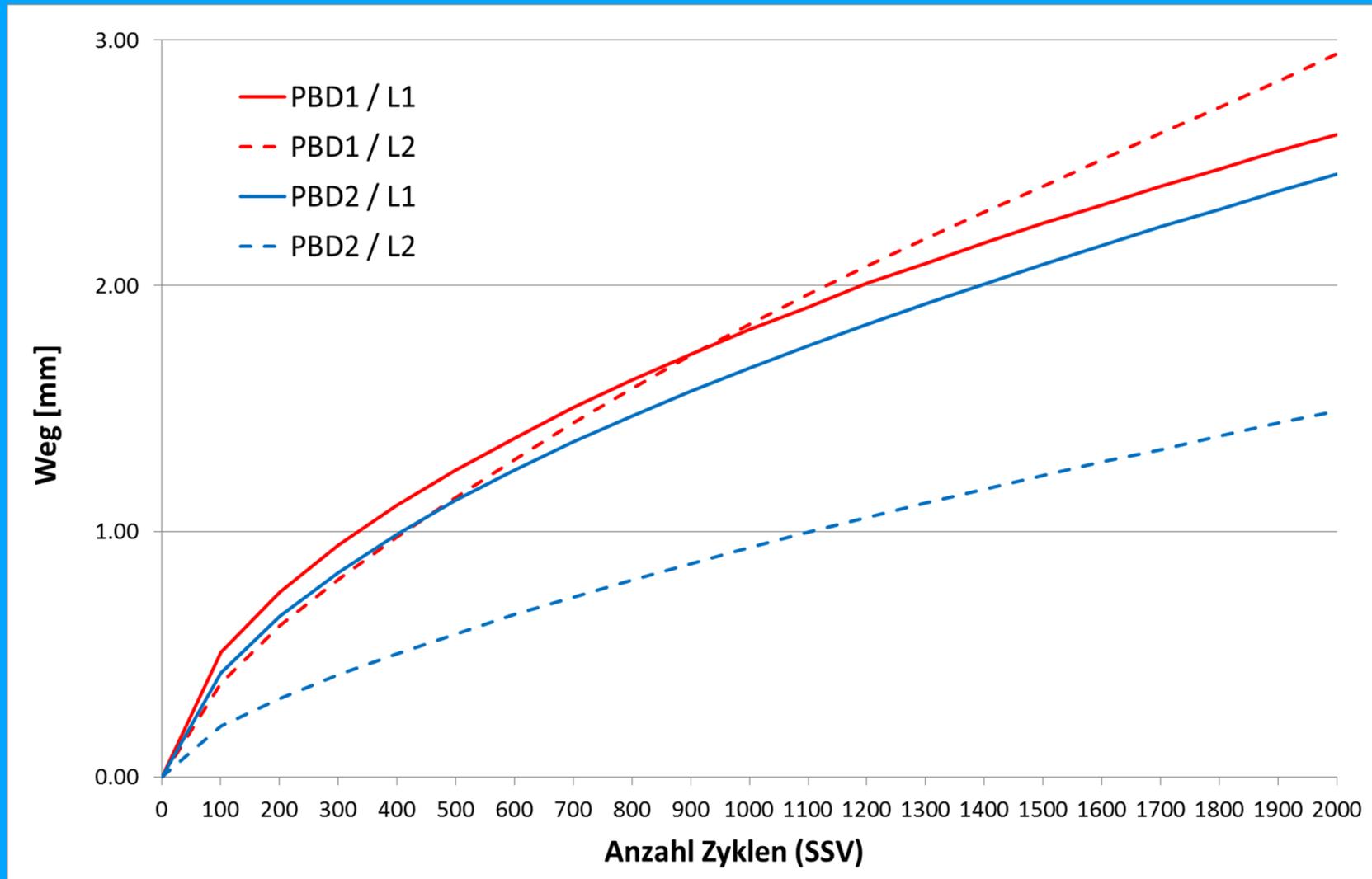
Übersicht zu den untersuchten Systemaufbauten

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)

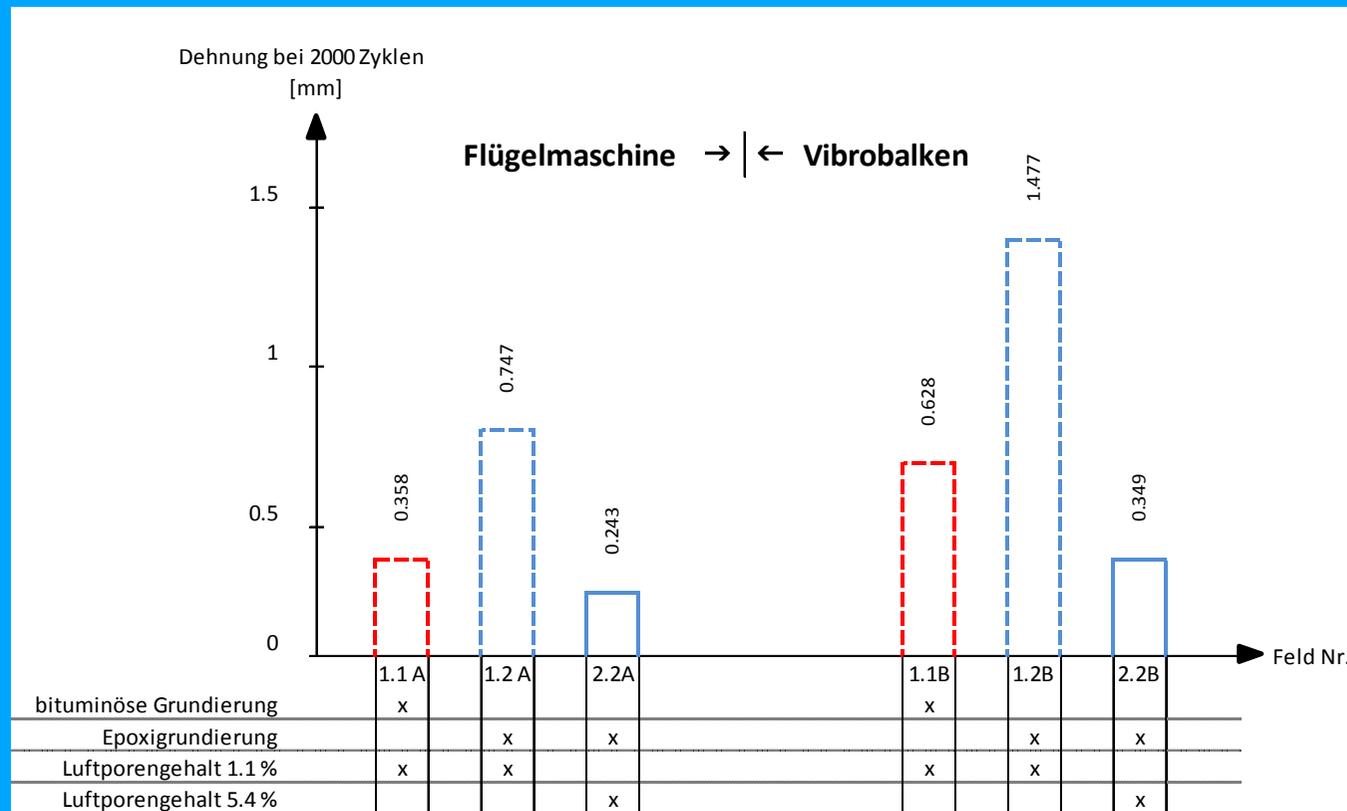
Einfluss des Beton-Untergrundes

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