



VILLARET
Ingenieurgesellschaft mbH



Hybrides Ertüchtigungssystem für die Straßenerhaltung

- HESTER -

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Dipl.-Ing. Stephan Villaret

Konferenz HighTechMatBau, Berlin, 31.01.2018

- 1 Bundesanstalt für Straßenwesen
(BASt)
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach



- 2 Otto Alte-Teigeler GmbH
Spezialbau Verkehrsflächen
Wildpfad 9
29313 Hambühren



- 3 Heinz Schnorpfeil Bau GmbH
Kastellauner Straße 51
56253 Treis-Karden



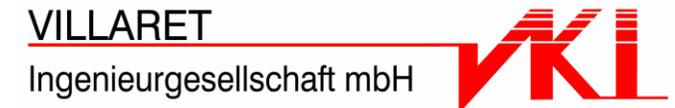
- 4 BTE Stelcon GmbH
Philippsburger Straße 4
76726 Germersheim



- 5 Technische Universität Dresden (TUD)
Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau,
Professur Straßenbau
Helmholzstraße 10
01069 Dresden



- 6 Villaret Ingenieurgesellschaft mbH
Am Lärchengrund 8
15366 Hoppegarten

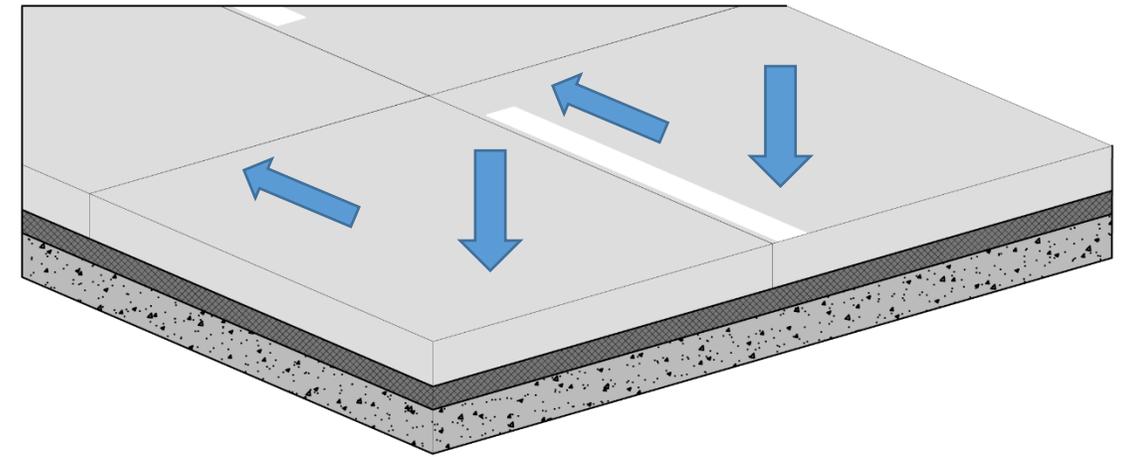
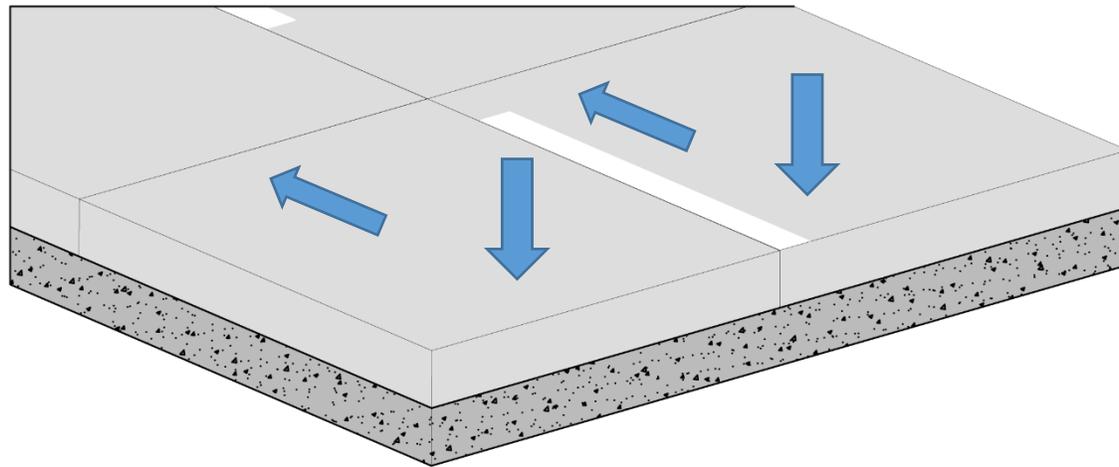


Ganzheitliche Lösung auf Basis der Betonfertigteilmontagebauweise für Straßenbefestigungen zur:

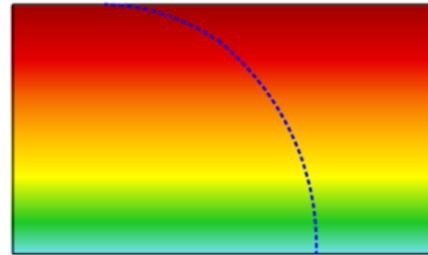


- Erhöhung der Dauerhaftigkeit der Befestigungen
- Reduzierung der Bauzeiten in situ
- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit
- Ressourcenschonung
- Dauerhafte nutzerorientierte Gebrauchseigenschaften

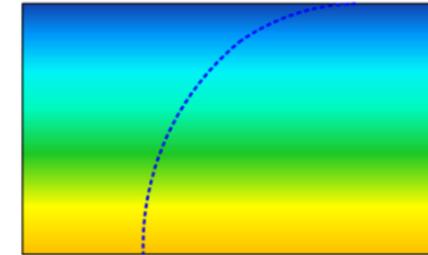
- Vertikalbelastung
- Horizontalbelastung



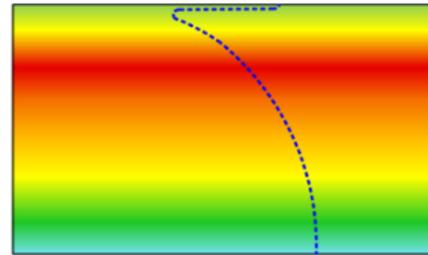
- Witterungsbelastung ?



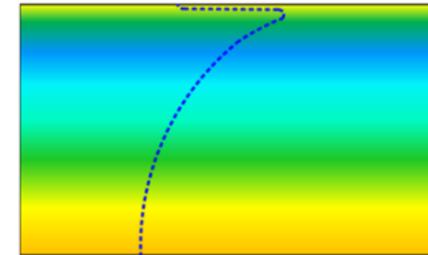
Erwärmung von oben



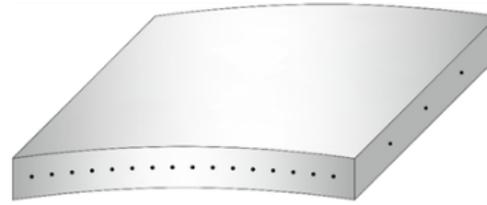
Abkühlung von oben



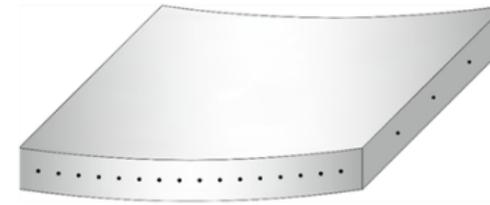
mit plötzlicher Abkühlung von oben (Regenschauer)



mit plötzlicher Erwärmung an der Oberseite



Aufwölbung
(positiver Temperaturgradient)



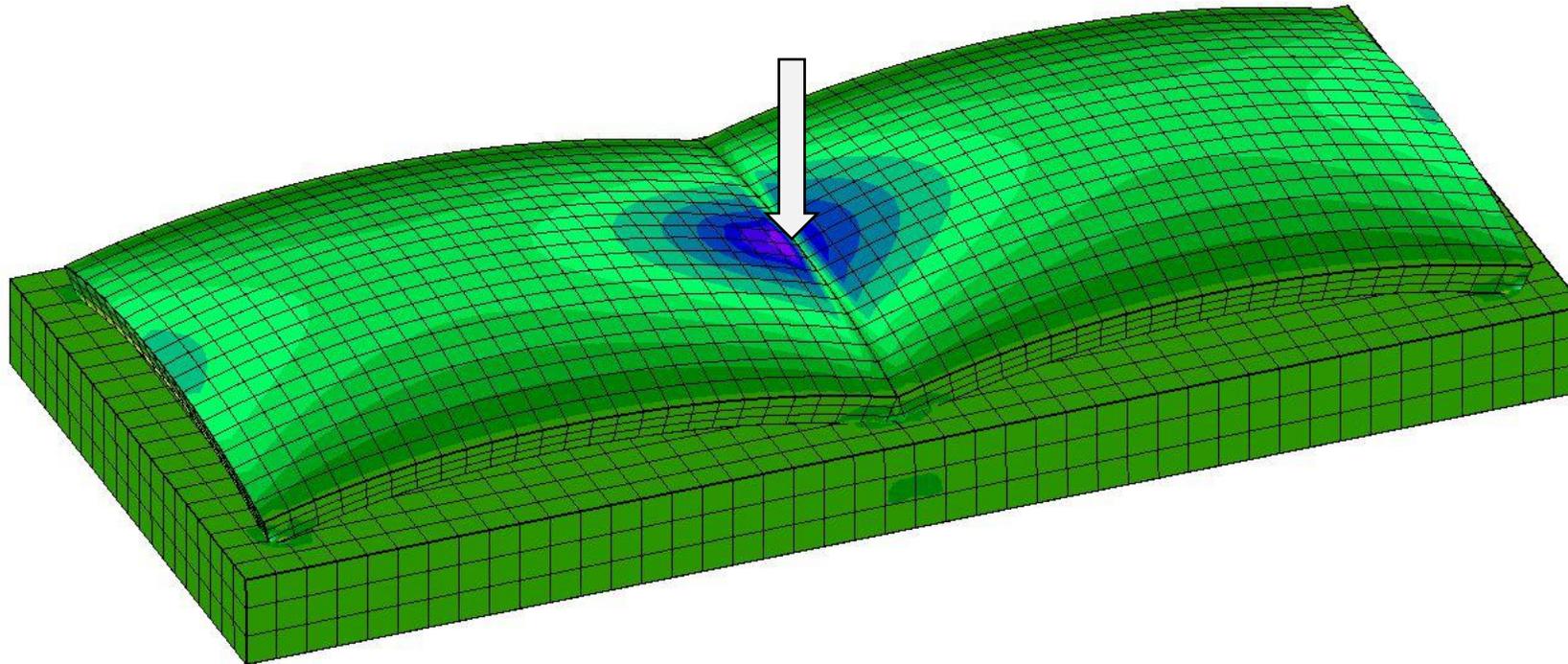
Aufschüsselung
(negativer Temperaturgradient)



Verkehrsbelastung trifft auf ein vorverformtes Plattenmodell

Wirkungsweise:

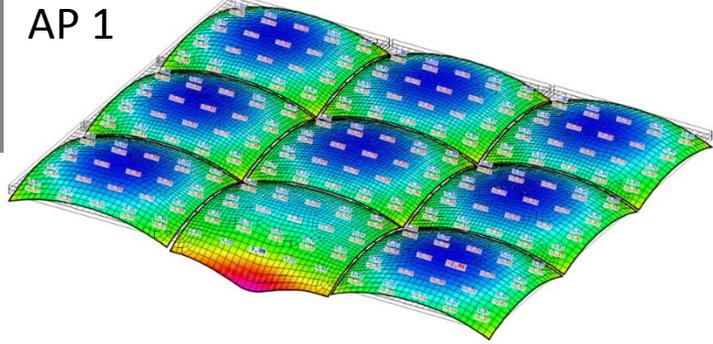
Temperaturgradient → Plattenverformung → Radlast auf vorverformter Platte → erhöhte Spannung



Last am verdübelten Plattenrand

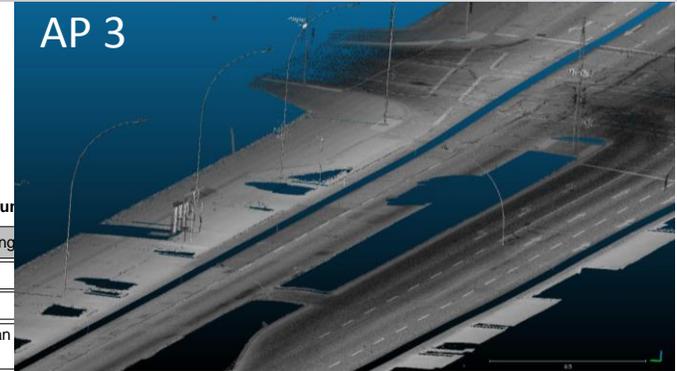
- Nutzung noch verwendbarer Schichten des Straßenoberbaus
- Qualitativ hochwertige Erneuerung der oberen Schichten
- Einsatz innovativer Baustoffe zielgerichtet je nach Funktionsbedarf
- Minimierung der Bauzeiten (Nutzerkosten) und der Unfallkosten

AP 1



Lastaufnahmemittel	VKI, BASI, STC, SPF
Auflagerung und Justierung Betonplatte	VKI, BASI, STC, SPF
Fertigteilkopplung	VKI, BASI, TUD, STC
3D FE-Modell	VKI, BASI
Erarbeitung eines Lastenheftes	VKI, BASI, TUD

AP 3



AP 2



Fertigteilsystem Baustoffe	
Baustoffe für Fertigteilsysteme	
Materialscreening	VKI, BASI, SPF
Auswahl und Charakterisierung der Ausgangsstoffe	VKI, BASI, SPF
Evaluierung der Baustoffauswahl	VKI, BASI
Neuartige Rezepturen für Spezialbetone	VKI, BASI
Einbauteile	
Multifunktionale Eigenschaften des Fertigteils	
Erforschung geeigneter Bettungsmaterialien	
Verarbeitbarkeit und -dauer der Bettungsmaterialien	
Ermüdungsverhalten, Auflagereigenschaften der Bettungsmaterialien	

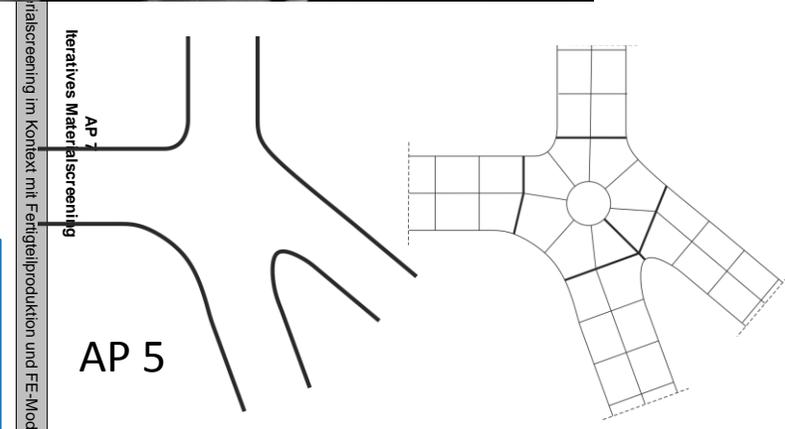
AP 3 Bestandsaufnahme und halbautomatische Planung	
Bestandsaufnahme und halbautomatische Planung	
Theoretische Grundlagen	
Neuartige Bestandsaufnahme	
Datenreduktion, Fehleranalyse und Anbindung an Dimensionierung	
Fertigteilsystemplan	



AP 4

AP 4 Systemanalyse	
Systemanalyse an hybriden multifunktionalen Oberbauten	VKI, BASI
Kleinmaßstäbliche Laborprobekörper	VKI, BASI
Texturierungen / Produktionsabläufe	VKI, BASI
Großformatige Probekörper	
Versuch und Modellstraße	
Modell und Dimensionierungsverfahren	
Integration zum Demonstrator in situ	

AP 5 Softwarelösung	
Halbautomatische Softwarelösung zur Fertigteilerstellung	
Extraktion von Einzelplatten	
Grundlagen für ein automatisiertes Dimensionierungssystem	
Plausibilitätsprüfungen und iterativer Lösungsprozess	
Integration der Detaillösungen und Höhenjustiersystem	



AP 4

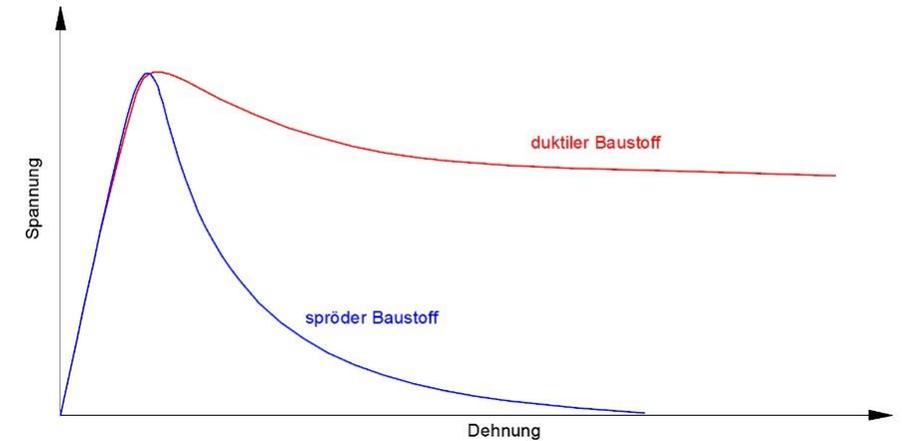
AP 6 Demonstrator	
Herstellung eines Demonstrators in situ	alle Partner
Vorbereitung, Koordinierung, Begleitung, Abstimmungen	
Fertigteilerstellung	STC
Transportsicherungssystem	STC
Transport der Fertigteile	STC
Verlegung	SPF, OAT
Monitoring am hergestellten Demonstrator	BASI, VKI



AP 6

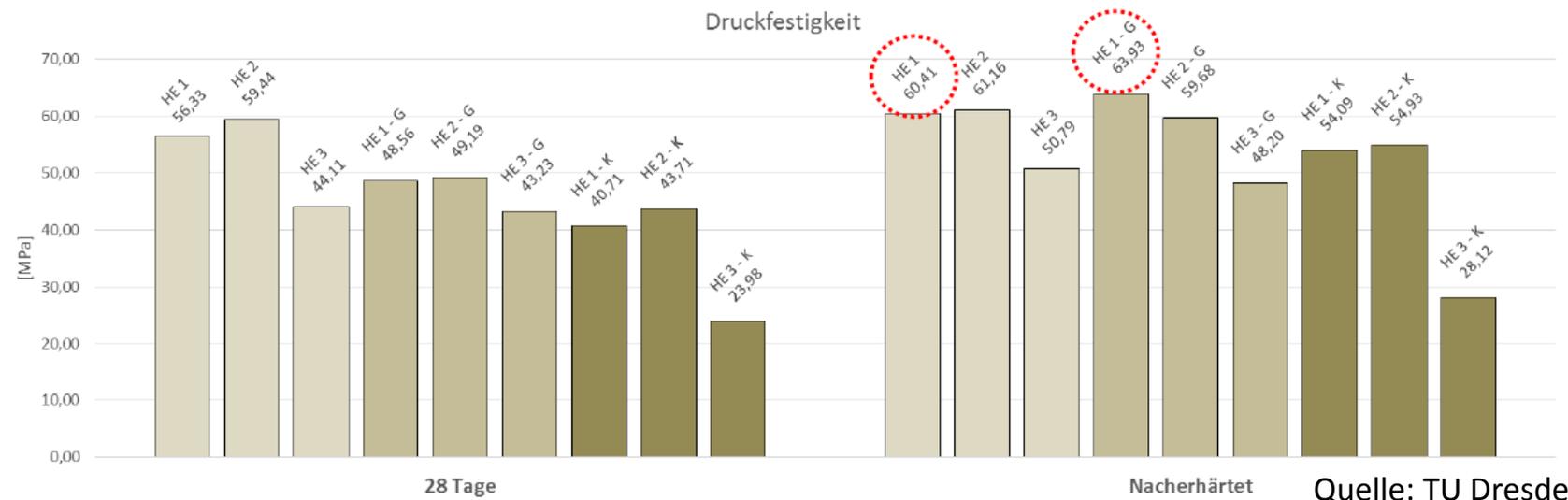
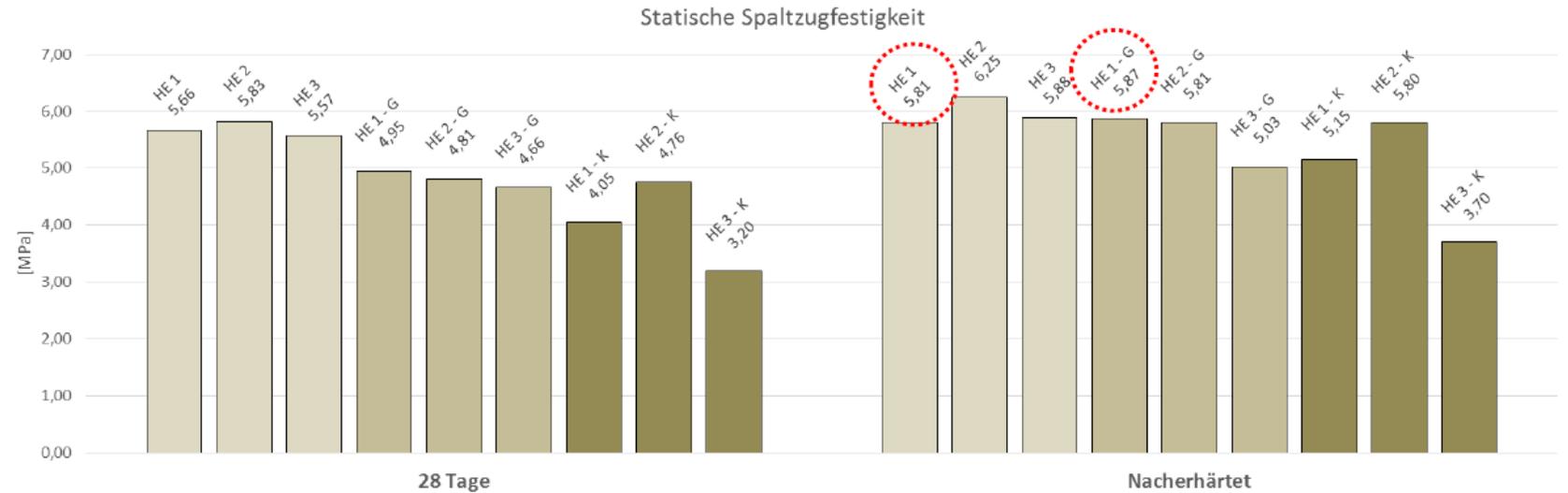
Anforderungen an die neuen Baustoffe:

- genaue Maßhaltigkeit – geringes Schwindverhalten
- hohe Zugfestigkeiten
- hoher Frost- Tausalz-Widerstand
- exakte Oberflächentexturen
- hohe Verschleißfestigkeit der Oberfläche
- hohe Verformungsbeständigkeit (witterungsunabhängig)
- helle Oberflächen (Sichtbarkeit und Reduzierung Energiebedarf)
- geeignete Bettungs- und Fugenmaterialien (Tragfähigkeit, Lagerung, Dehnungsverhalten)



3 Betongrundsorten
 (HE1, HE2, HE3):

Modifiziert für Einsatz von
 Kunststofffasern (HE..K) und
 Glasfasern (HE..G)

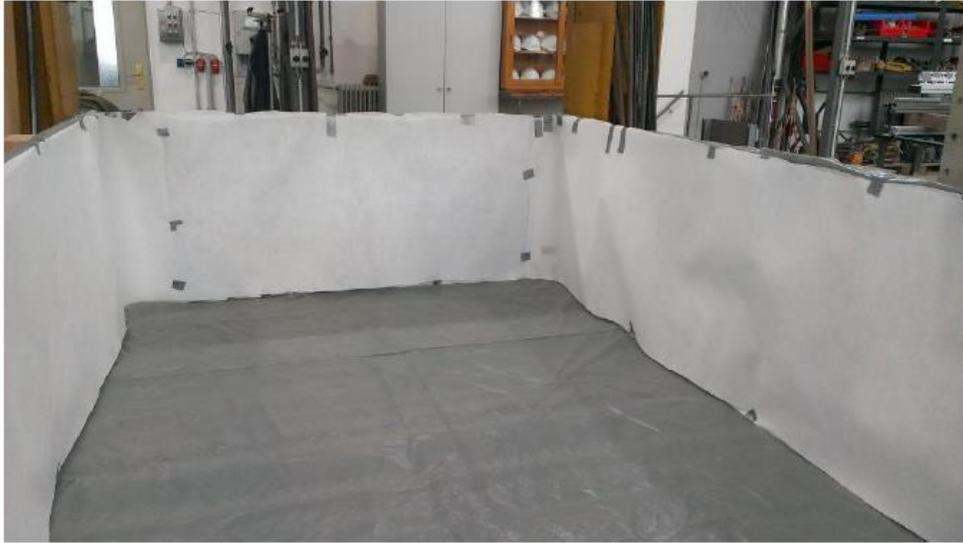


Quelle: TU Dresden

- Deutlich verringerte Spaltzugfestigkeit beim Einsatz von Kunststofffasern → keine weiteren Betrachtungen
- Zwischen den Mischungen HE1 und HE2 sind keine signifikanten Unterschiede erkennbar. Der Einsatz von Gesteinskörnung mit Größtkorn 5 mm wird aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter verfolgt.
- Durch den Einsatz von Glasfasern soll die fortschreitende Aufweitung der Mikrorisse in der Zementsteinmatrix unter wiederholter Belastung reduziert werden. Dies erhöht die Langlebigkeit des Betons. Daher wird trotz geringerer Festigkeitswerte der glasfaser-modifizierte Beton weiterverfolgt.
- Weitere Versuche mit Betonsorten HE1 und HE1G (Frost-Tausalz-Widerstand)

- Herstellung von insgesamt 4 Fertigteilen 2,30m x 2,30 m (Σ 8 Versuchsreihen)
- Einbau von jeweils zwei Fertigteilen im Versuchsstand der TU Dresden
- Testen unterschiedlicher Kopplungsvarianten (Nut/Feder, Nut/Nut, Dübel/Dübelkammer, Schiebedübel)
- Statische Rampe vor und nach zyklischer Dauerbelastung und Erfassen von Dehnungen und Verschiebungen

Aufbau Versuchsstand



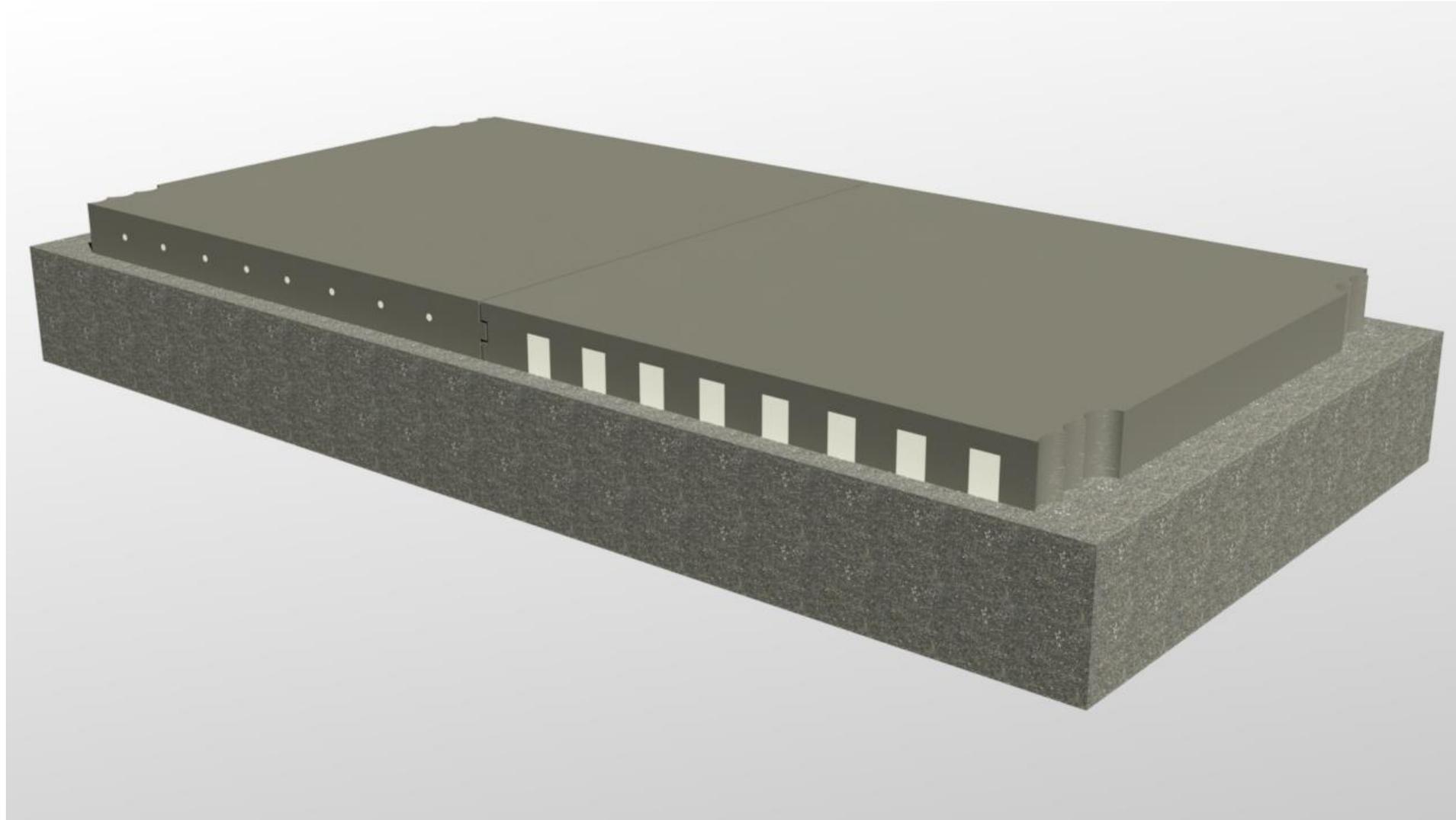
Quelle: TU Dresden

Aufbau Versuchsstand



Quelle: TU Dresden

Prinzipieller Versuchsablauf

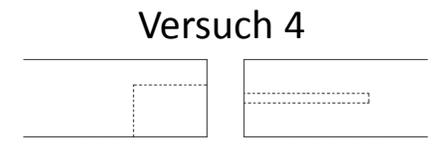
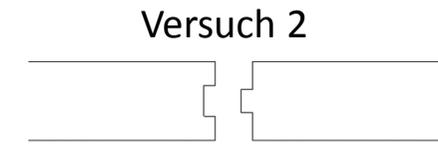
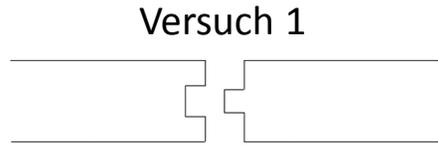


Quelle: TU Dresden

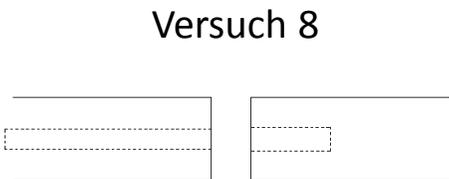
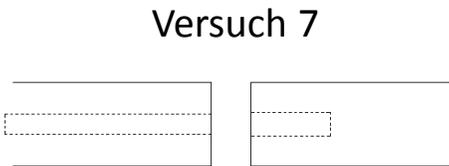
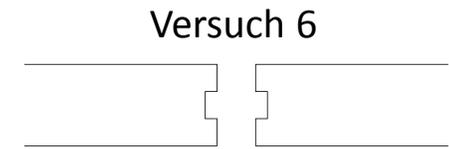
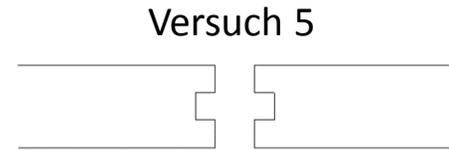


- Statische Rampe bis 80 kN in 10-kN-Schritten im Zuge der Erstbelastung
- Erfassen der Dehnungen und Verschiebungen
- Zyklische Dauerbelastung mit 1 Mio. LW und 80 kN
- Statische Rampe analog der Erstbelastung und Datenerfassung
- Trennen des Plattenverbundes
- Statische Rampe analog der Erstbelastung und Datenerfassung

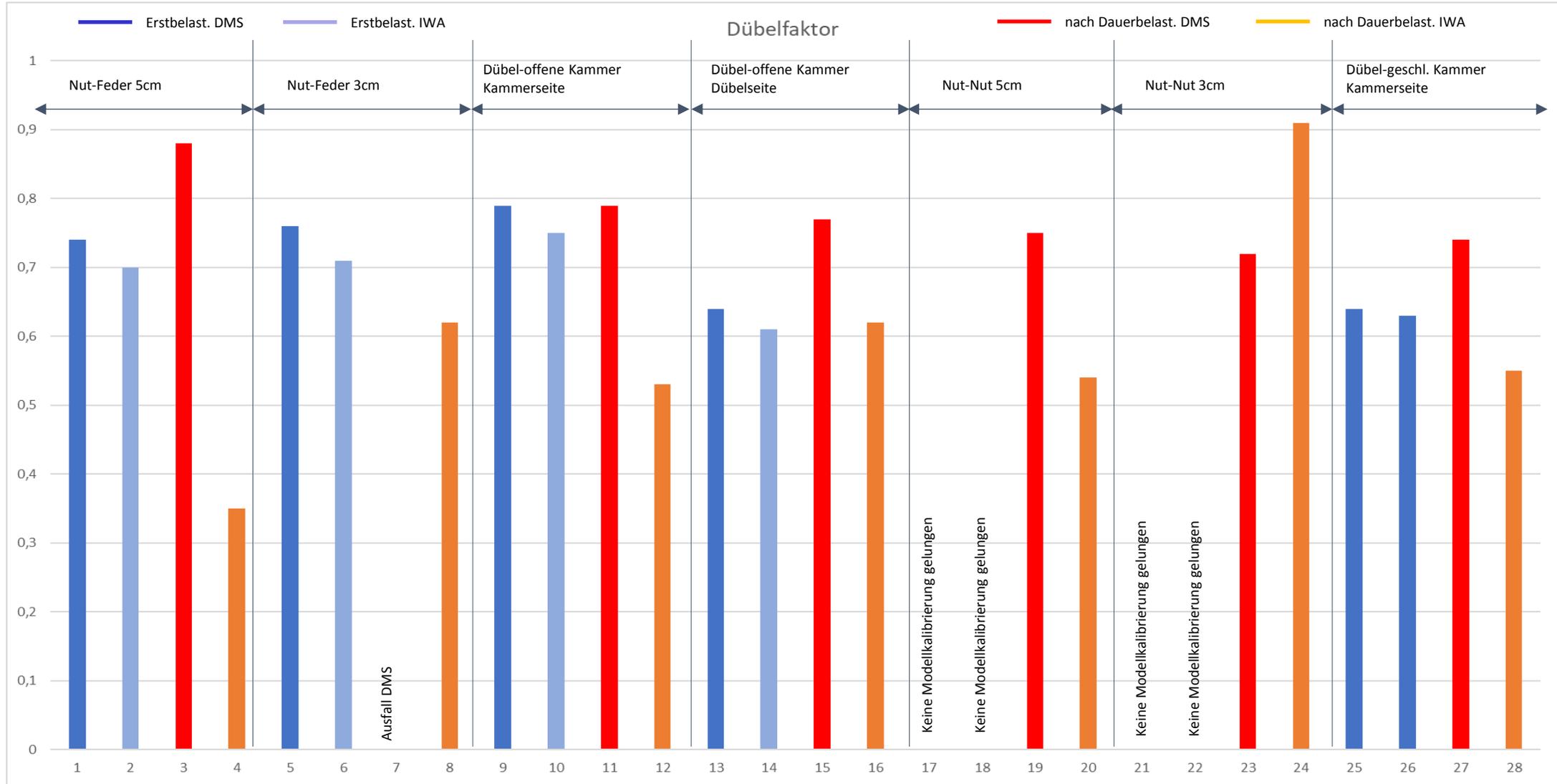
Quelle: TU Dresden



Teilversuch	belasteter Rand			unbelasteter Rand			Wirksamkeits- index WD
	DMS	IWA	Abweichung	DMS	IWA	Abweichung	
Erstbelastung	1,86	1,78	-4,4%	1,05	1,05	-0,2%	0,93
nach 1 Mio. LW	2,66	1,28	-51,7%	1,48	0,45	-70,0%	0,94
nach Trennschnitt	3,03	3,99	31,4%	-	-	-	-
Erstbelastung	1,99	1,86	-6,2%	1,12	1,07	-4,5%	0,96
nach 1 Mio. LW	1,91	1,72	-10,3%	1,05	1,07	2,1%	0,95
nach Trennschnitt	-	2,78	-	-	-	-	-
Erstbelastung	2,60	2,44	-6,4%	1,07	0,92	-13,9%	0,92
nach 1 Mio. LW	2,80	2,17	-22,8%	1,41	0,70	-50,5%	0,88
nach Trennschnitt	3,55	4,17	17,6%	-	-	-	-
Erstbelastung	2,24	2,13	-5,0%	0,80	0,49	-39,4%	0,95
nach 1 Mio. LW	2,38	2,18	-8,2%	0,79	0,84	6,7%	0,91
nach Trennschnitt	3,07	3,55	15,7%	-	-	-	-



Teilversuch	belasteter Rand			unbelasteter Rand			Wirksamkeits- index WD
	DMS	IWA	Abweichung	DMS	IWA	Abweichung	
Erstbelastung	1,97	1,72	-12,8%	0,74	0,78	4,4%	0,94
nach 1 Mio. LW	2,12	1,89	-10,7%	0,67	0,76	13,7%	0,90
nach Trennschnitt	2,82	1,04	-63,2%	-	-	-	-
Erstbelastung	1,83	3,38	85,4%	0,96	1,39	44,5%	0,92
nach 1 Mio. LW	1,81	1,77	-2,0%	1,00	0,30	-70,3%	0,65
nach Trennschnitt	2,50	1,96	-21,5%	-	-	-	-
Erstbelastung	1,92	1,90	-1,0%	0,81	0,80	-0,2%	0,97
nach 1 Mio. LW	2,08	1,79	-14,0%	0,94	0,48	-49,4%	0,88
nach Trennschnitt	2,82	3,25	15,2%	-	-	-	-
Erstbelastung	2,44	2,04	-16,4%	1,06	2,95	+178,3%	0,98
nach 1 Mio. LW	2,67	2,38	-10,9%	1,01	1,02	+1,0%	0,95
nach Trennschnitt	3,40	2,65	-22,1%	-	-	-	-

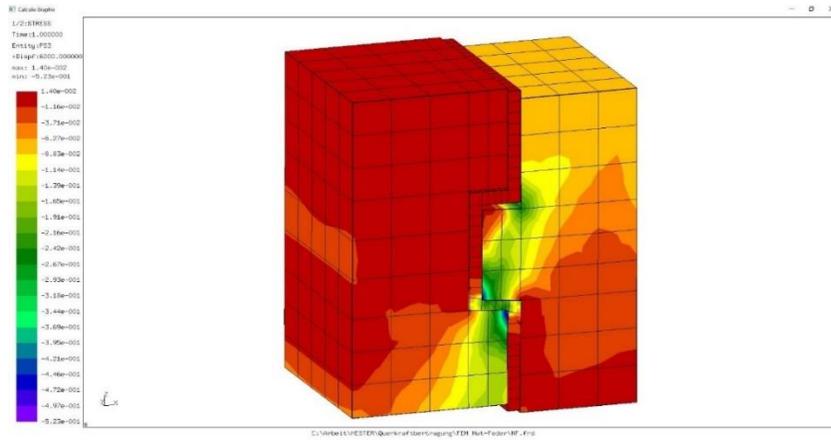


Parameter Silikatharz (Ergebnisse Labor- versuche BASt):

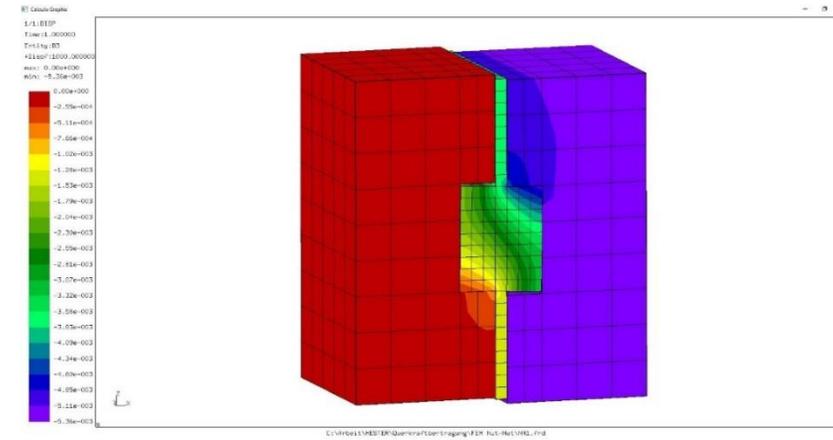
SEKANTENMODUL / ZUGMODUL		
Steigung der Sekante im Dehnungsbereich zw. 0,75% und 1,70%		
Berechnung	$E = \frac{\sigma_{1,7} - \sigma_{0,75}}{\epsilon_{1,7} - \epsilon_{0,75}}$	
Probe 1	459,99	N/mm ²
Probe 3	442,66	N/mm ²
Probe 6	376,05	N/mm ²
Steigung der Sekante im Dehnungsbereich zw. 2,2% und 2,5%		
Berechnung	$E = \frac{\sigma_{2,5} - \sigma_{2,2}}{\epsilon_{2,5} - \epsilon_{2,2}}$	
Probe 1	303,81	N/mm ²
Probe 3	316,16	N/mm ²
Probe 6	346,22	N/mm ²
Steigung der Sekante im Dehnungsbereich zw. 0,05% und 0,25%		
Berechnung	$E = \frac{\sigma_{0,25} - \sigma_{0,05}}{\epsilon_{0,25} - \epsilon_{0,05}}$ (nach DIN EN ISO 527-1)	
Probe 1	446,75	N/mm ²
Probe 3	462,48	N/mm ²
Probe 6	358,74	N/mm ²

Bruchdehnung 3,7% =>
 Zugfestigkeit 18,5MPa

Konstruktion Nut-Feder:



Konstruktion Nut-Nut:



Materialbeanspruchung bei Annahme eines E-Moduls von 500MPa

	S1 im Beton	S1 im Verpressmaterial
	[MPa]	[MPa]
Versuchsreihe 1	1,86	0,7
Versuchsreihe 2	1,19	0,9

Materialbeanspruchung bei Annahme eines E-Moduls von 500MPa

	S1 im Beton	S1 im Verpressmaterial
	[MPa]	[MPa]
Versuchsreihe 1	0,22	0,30
Versuchsreihe 2	0,25	0,33

Materialbeanspruchung bei Annahme eines E-Moduls von 1000MPa

	S1 im Beton	S1 im Verpressmaterial
	[MPa]	[MPa]
Versuchsreihe 1	3,09	1,3
Versuchsreihe 2	1,91	1,38

Materialbeanspruchung bei Annahme eines E-Moduls von 1000MPa

	S1 im Beton	S1 im Verpressmaterial
	[MPa]	[MPa]
Versuchsreihe 1	0,40	0,56
Versuchsreihe 2	0,64	0,87

Schlussfolgerung:

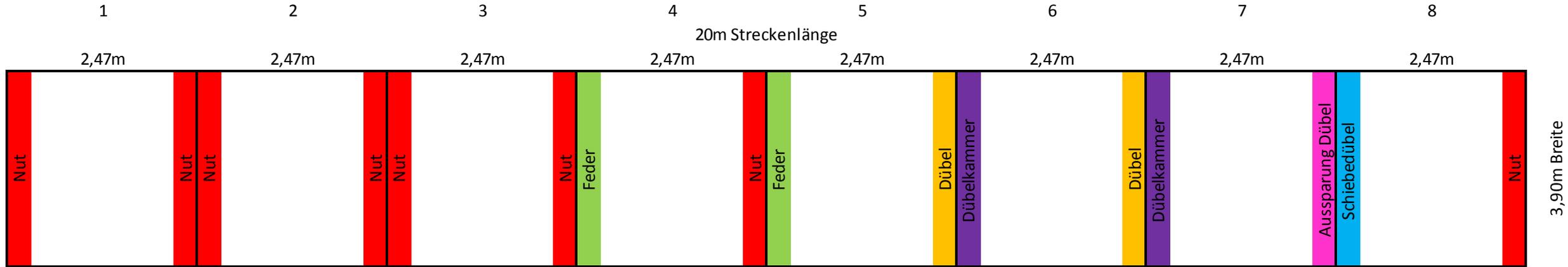
Die rechnerischen Spannungen im Fugenfüllmaterial liegen weit unter den ermittelten Festigkeiten.

Einschränkungen:

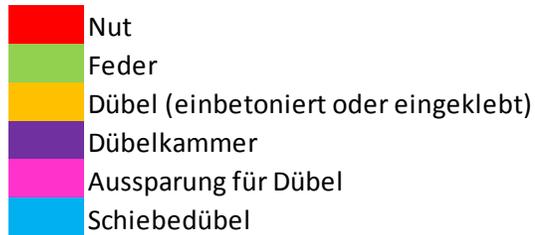
Die Zugfestigkeit bei niedrigen Temperaturen ist nicht bekannt.

Die Versuche wurden an Platten ohne temperaturbedingte Vorverformungen durchgeführt.

HESTER-Großversuch duraBAST



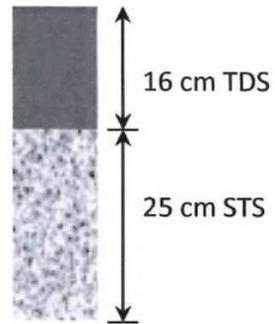
Kopplung

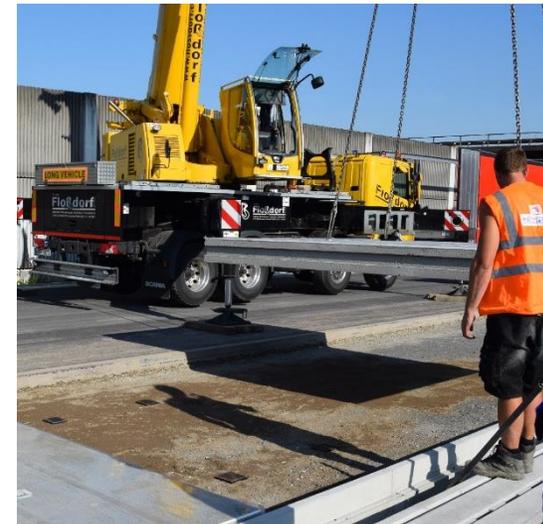


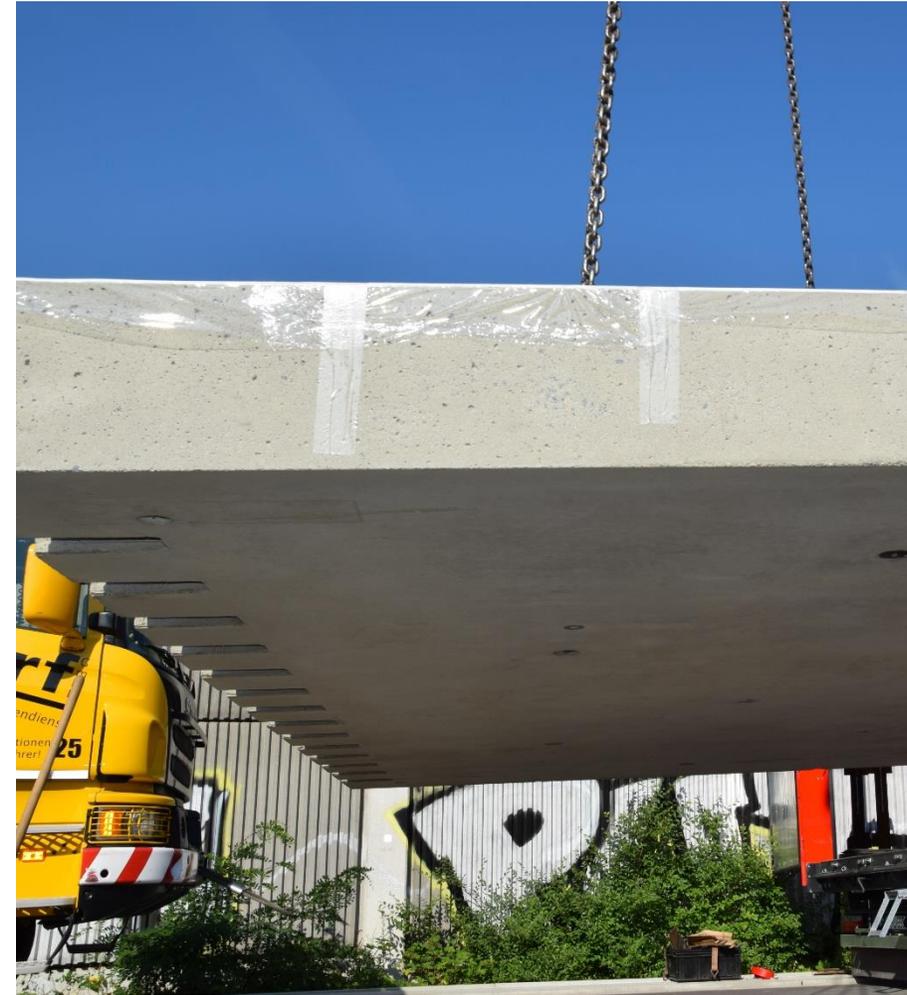
- Einbau von 8 Fertigteilplatten
- Maße je Fertigteil: 2,47 m x 3,90 m x 0,24 m
- Gewicht je Fertigteil: 5,8 t
- Einsatz unterschiedlicher Kopplungssysteme

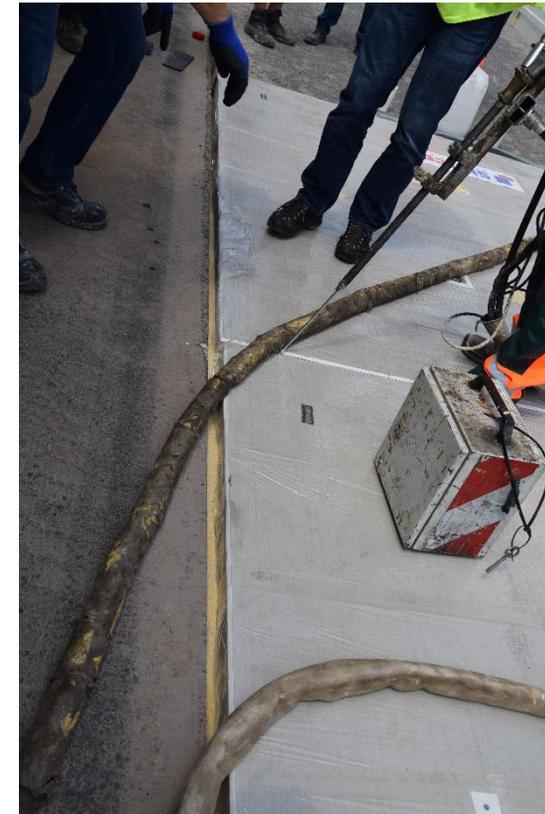


Vorhandener
Aufbau:









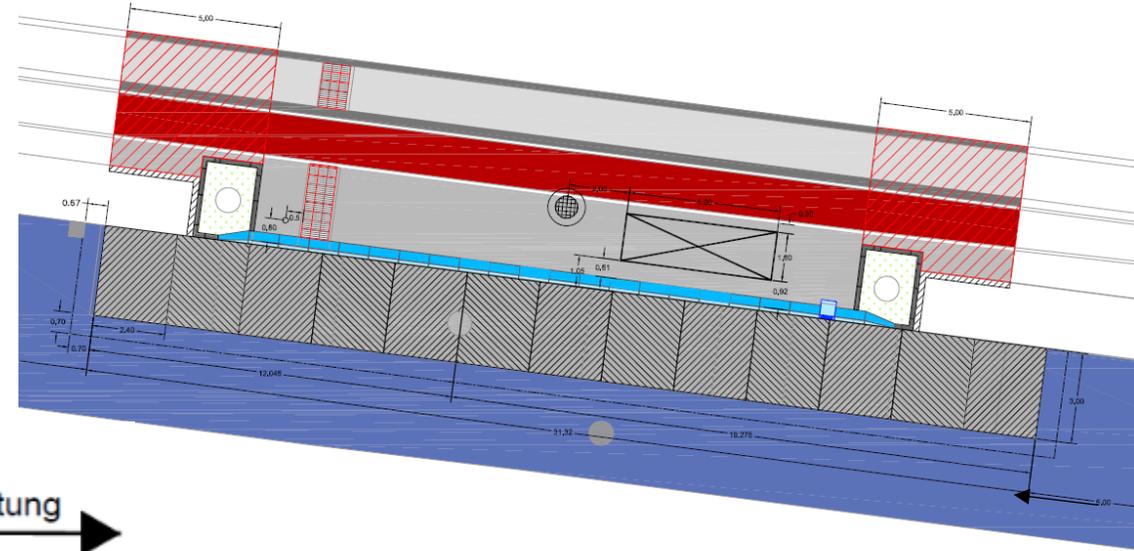


Fertiggestellte Fläche

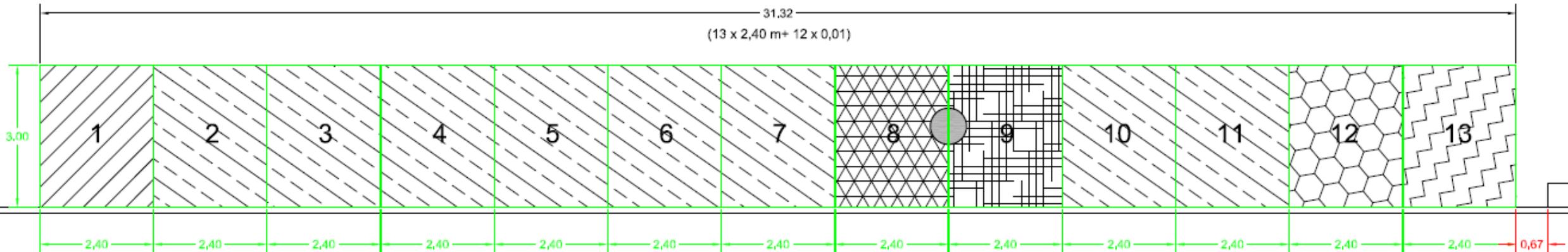
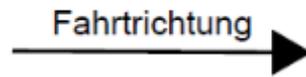
Foto: Thorsten Britz

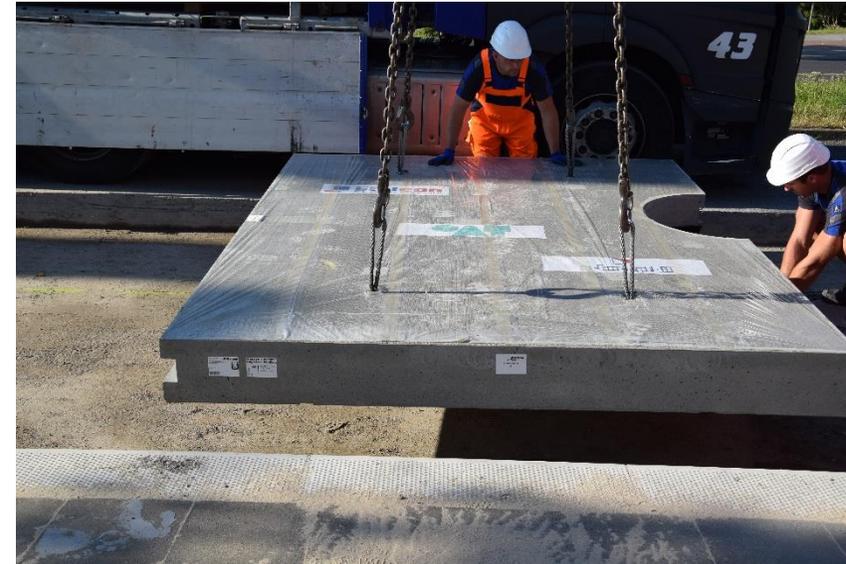


- Einbau von 13 Fertigteilplatten (6 verschiedene)
- Maße je Fertigteil:
2,40 m x 3,00 m x 0,24 m
- Gewicht je Fertigteil:
4,2 bzw. 4,3 t



Skizze Fertigteilreihe:







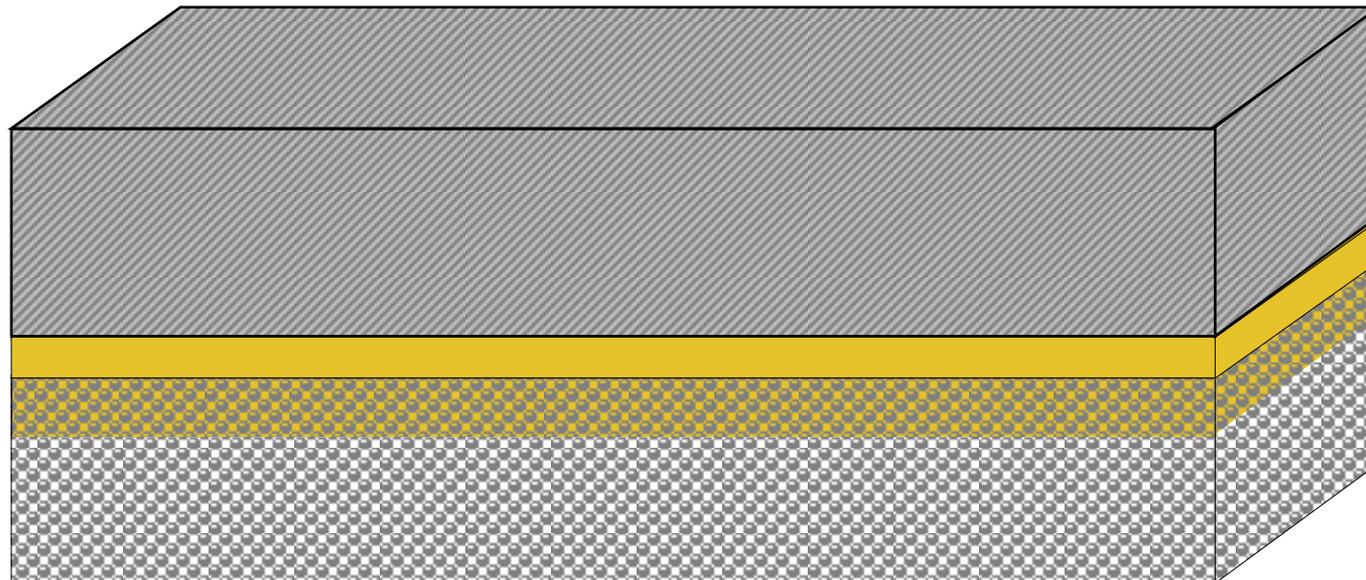
Höhenjustierung mit „HESTER-Kombi“







Hybrider Oberbau



Innovatives Betonfertigteile

Bettungsschicht,
Zwischenschicht

Tragschicht, ertüchtigt

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!