



---

Kolloquium für Fortgeschrittene im Straßenwesen am 20.11.2007

# **Tragfähigkeit von RC-Baustoffen unter höchster Beanspruchung – Beispiel A 8**

Dipl.-Ing. Thomas Chakar

---



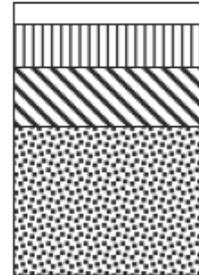
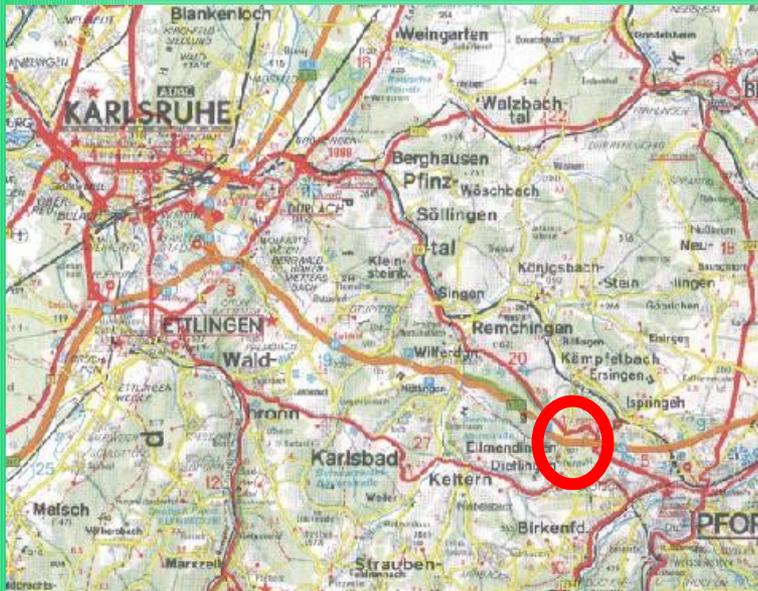
- Vergleichende Beurteilung des Zeit-Setzungs-**Verhaltens** unterschiedlich zusammengesetzter **Tragschichten ohne Bindemittel** mit verschiedenen großen **Asphaltanteilen** in einer Versuchsstrecke (kurz: Vertoba)
- Erarbeitung eines Bewertungshintergrundes für Tragfähigkeitsmessungen auf Basis von Zustandsindikatoren nach Jendia (kurz: Jendia)

## Untersuchungszeitraum (Versuchsstrecke):

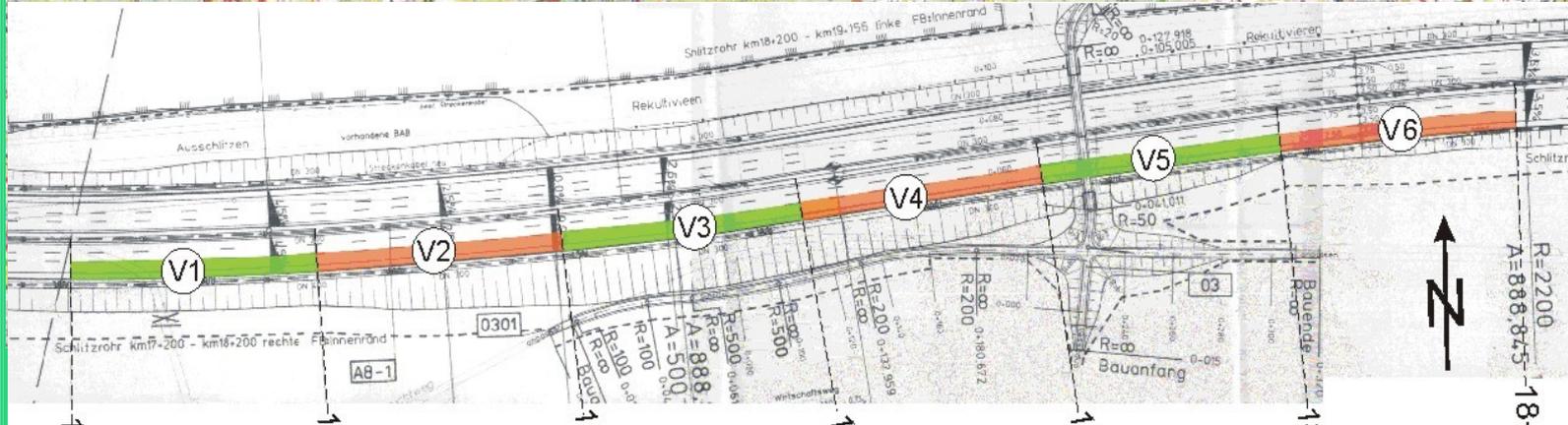




# Lage der Untersuchungsstrecke



- 4 cm Asphaltdeckschicht 0/11
- 8 cm Asphaltbinder 0/16
- 22 cm Asphalttragschicht 0/32
- 36 cm kombinierte Frostschutz-/Tragschicht,  
- in 6 verschiedenen Varianten -  
(RStO 01, Zeile 1, Bauklasse SV)



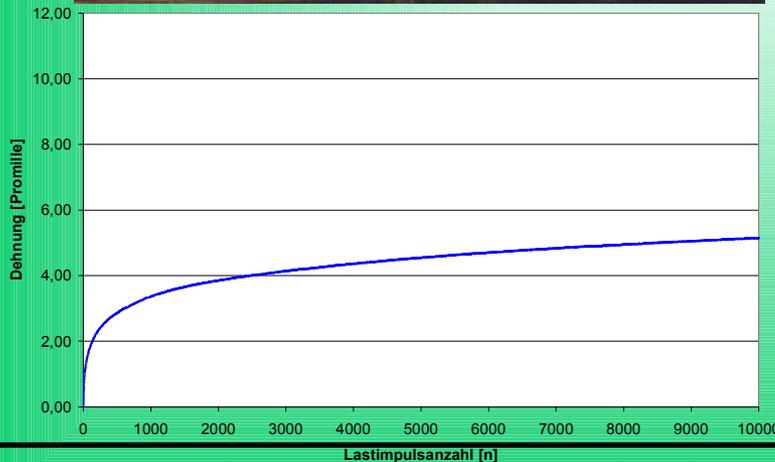


Kurzbezeichnung		Verwendete Baustoffgemische in der ToB
Variante	RC-Anteile oder Art des Gemisches	
V1	KTS	Kies-Sand-Gemisch (Oberrhein-Moräne)
V2	60/40	RC Gemisch, 60 M.-% Betonaufruch und 40 M.-% Asphaltgranulat
V3	STS	Schotter-Splitt-Sand-Gemisch (Muschelkalk)
V4	100/0	RC Gemisch, 100 M.-% Betonaufruch
V5	50/50	RC Gemisch, 50 M.-% Betonaufruch und 50 M.-% Asphaltgranulat
V6	70/30	RC Gemisch, 70 M.-% Betonaufruch und 30 M.-% Asphaltgranulat



## **Eigenschaften der Baustoffgemische:**

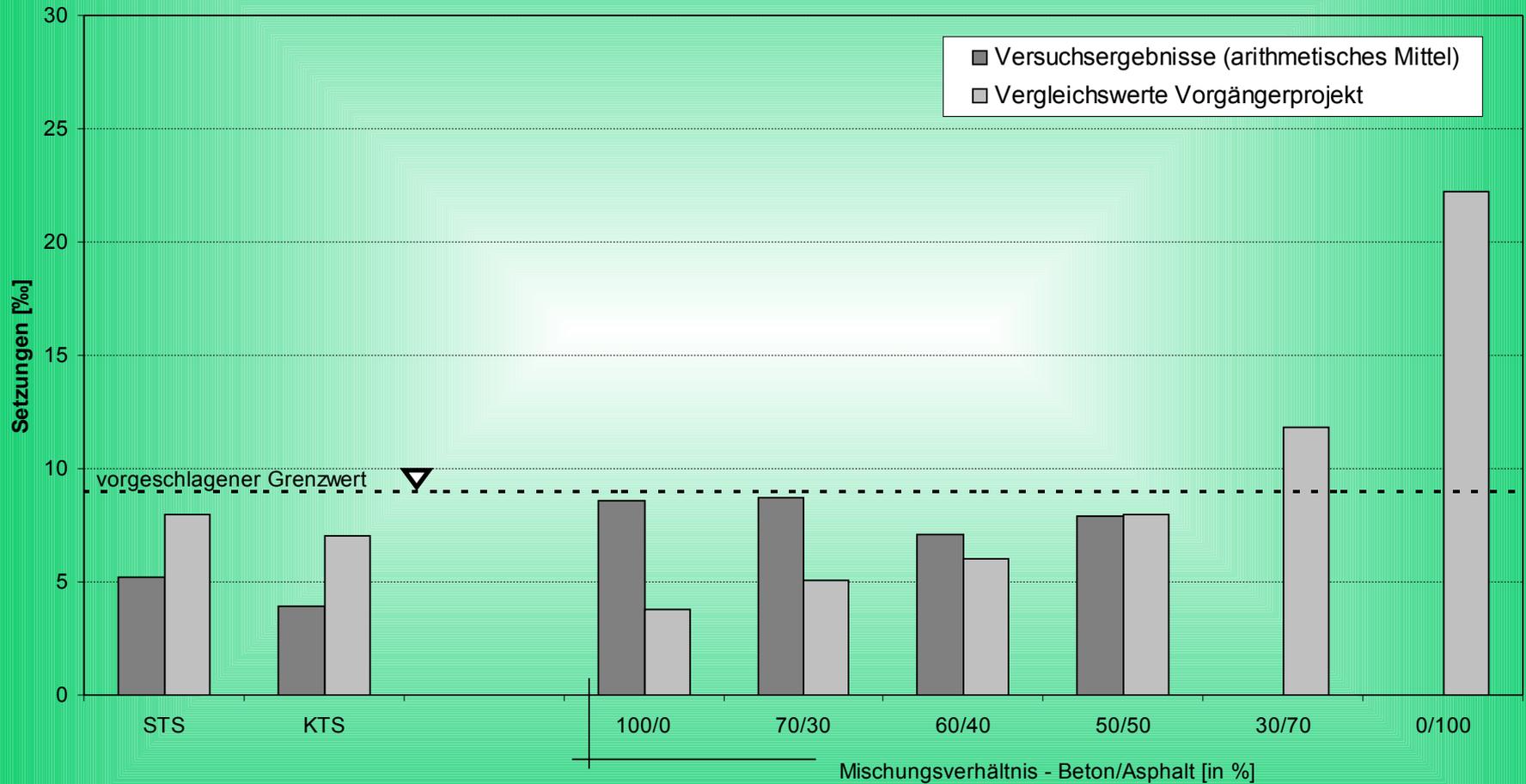
- Korn(Stück-)größenverteilung
- Stoffliche Kennzeichnung
- Frostbeständigkeit
- Widerstandsfähigkeit gegen Schlag
- Reinheit
- Proctordichte und optimaler Wassergehalt
- Wasserdurchlässigkeit
- Zeit-Setzungs-Verhalten

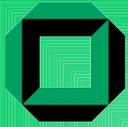


## Standardversuchsbedingungen für ungebundene Gemische

- Oberspannung  $\bar{\sigma}_o = 0,35 \text{ N/mm}^2$
- Unterspannung  $\bar{\sigma}_u = 0,011 \text{ N/mm}^2$
- Belastung: sinusförmiger Druckschwellimpuls, 0,2 s Impulsdauer; 1,5 s Lastpause
- Verdichtungsgrad:  $D_{pr} = 103\%$
- Prüftemperatur:  $T = 20^\circ\text{C}$
- Prüfdauer:  $N = 10.000$
- Probekörper:

3 Prüfsylinder  $d = 150 \text{ mm}$





## **Planum**

Statischer und dynamischer Plattendruckversuch

## **Ungebundene Tragschicht**

Verdichtungsgrad (Ballonverfahren)

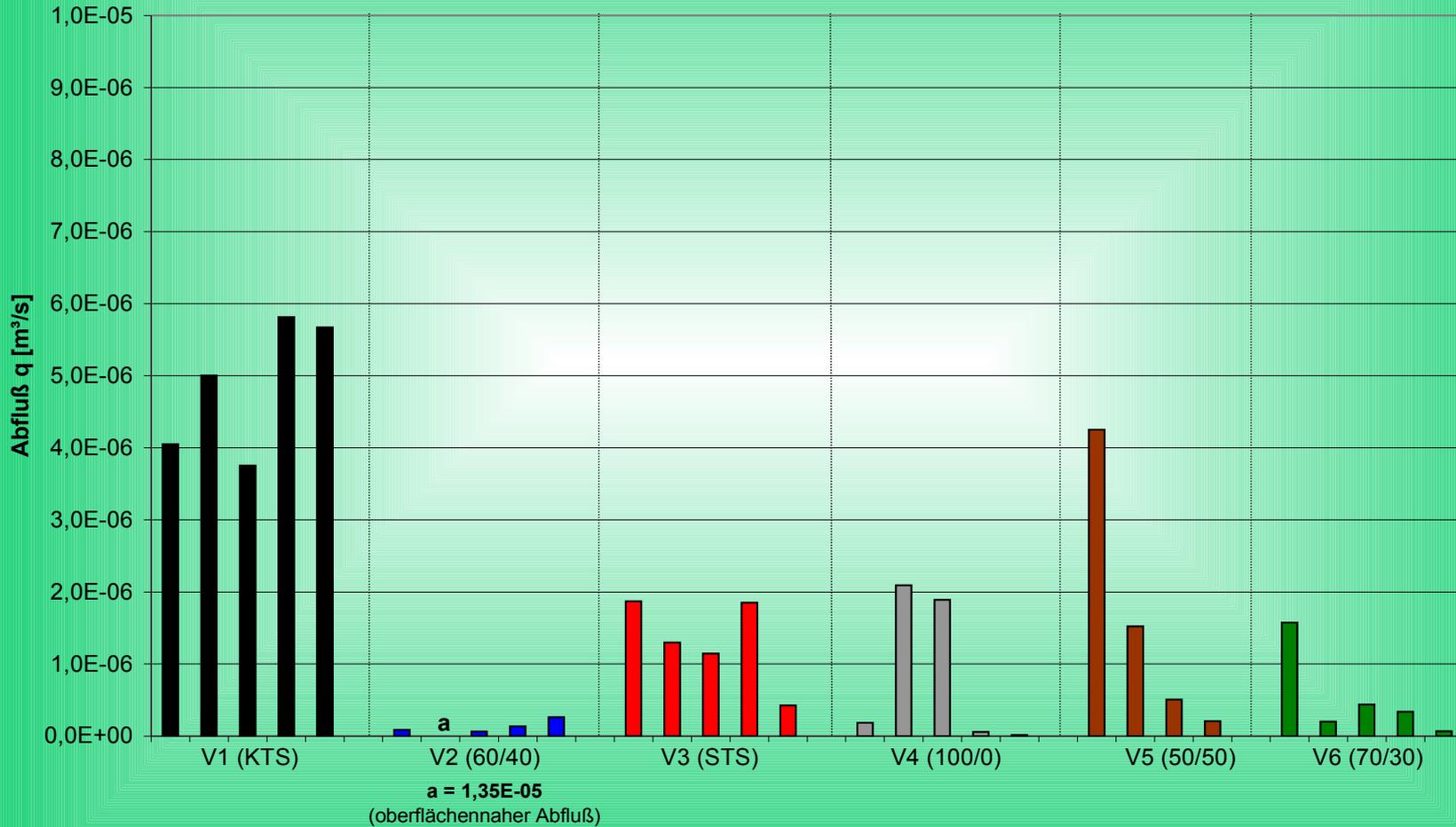
Statischer und dynamischer Plattendruckversuch

Tragfähigkeit mit dem Falling Weight Deflectometer (FWD)

Wasserdurchlässigkeit durch Versickerungsversuche

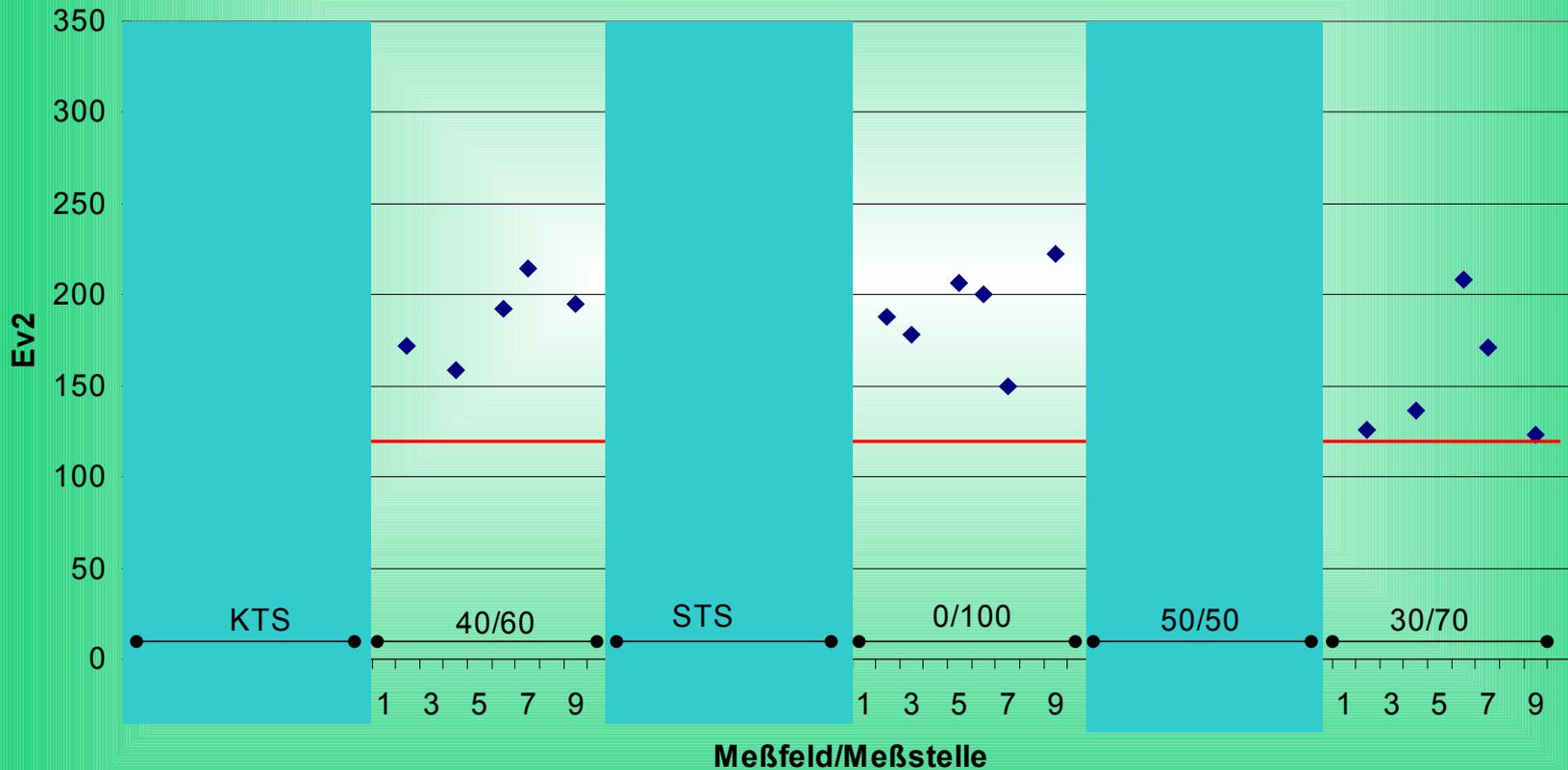
## **Asphalttragschicht /-binder und -deckschicht**

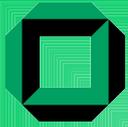
Tragfähigkeit mit dem FWD





## Plattendruckversuch Tragschicht





## Tragfähigkeitsmesssystem

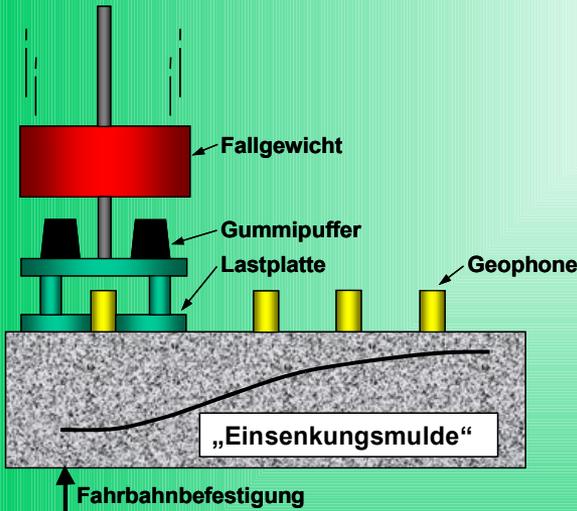
- Kraftimpuls 50 kN
- 9 Geophone
- Belastungsplatte  $\varnothing$  300 mm

## Ergebnis

- relativer Vergleich der Tragfähigkeit
- absoluter Vergleich der Tragfähigkeit
- Basisdaten für modelltheoretische Betrachtungen

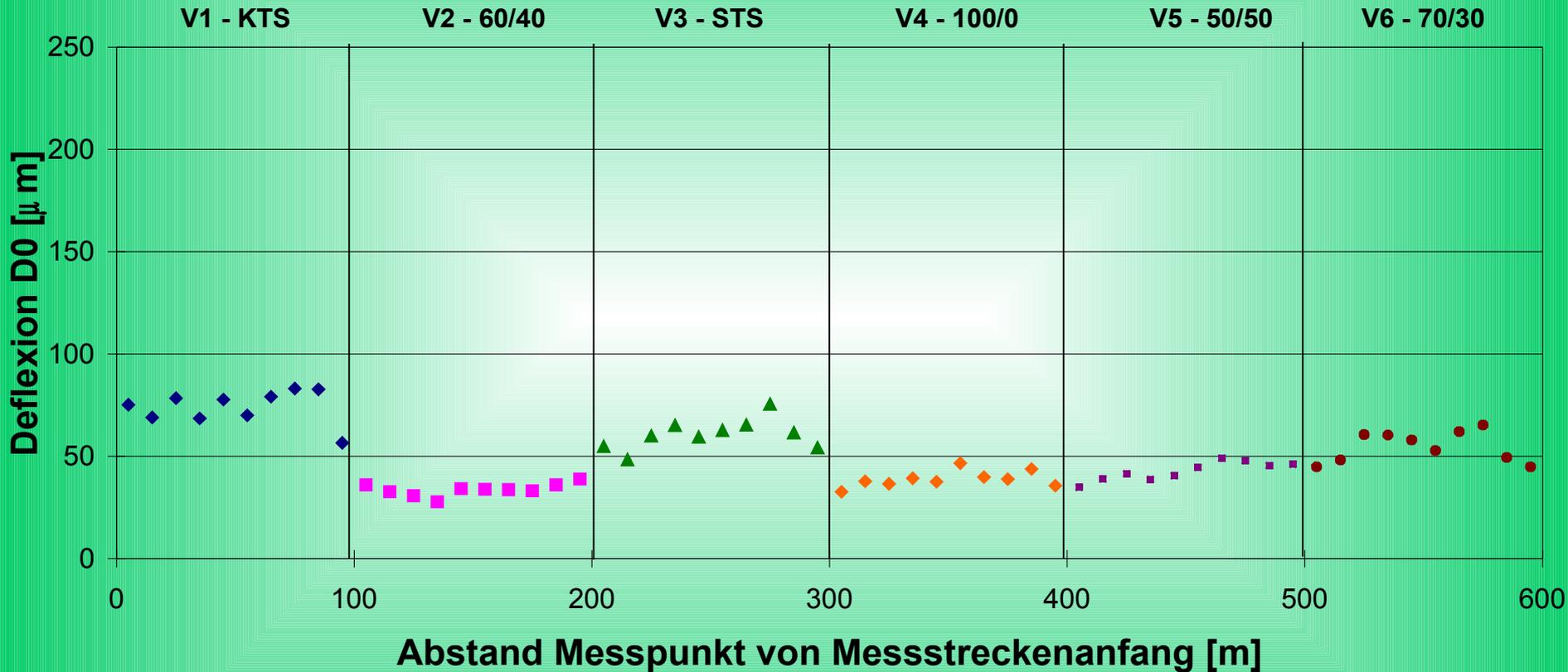
## Einsatzmerkmale

- gute Differenzierbarkeit der Ergebnisse
- gute Wiederhol- und Vergleichbarkeit
- schneller und unkomplizierter Einsatz





# Tragfähigkeitskenngrößen nach Jendia





Messtermin	Rang	schlechter <----- D0 -----> besser				
	6	5	4	3	2	1
Oktober 98 (ATS)	V6 161,9	V4 146,5	V1 129,6	V5 129,4	V3 98,9	V2 67,5
November 98 (ABS)	V1 79,7	V3 67,2	V6 63,5	V4 55,6	V5 52,8	V2 45,7
Junic 99 (ABS)	V1 115,1	V6 100,3	V3 91,2	V4 80,8	V5 75,7	V2 59,6
August99	V1 115,5	V6 114,6	V3 101,2	V4 99,0	V5 91,2	V2 58,9
November 00	V1 48,6	V6 42,1	V3 40,1	V5 32,0	V4 31,4	V2 22,1
März 01	V1 54,5	V6 40,2	V3 39,0	V5 30,4	V4 28,6	V2 20,6
Juli 01	V1 77,8	V3 65,1	V6 60,8	V5 46,5	V4 44,9	V2 35,0
Dezember 01	V1 53,9	V3 41,0	V6 39,6	V5 30,1	V4 28,8	V2 22,2
März 02	V1 53,7	V6 44,8	V3 39,0	V5 32,6	V4 30,2	V2 21,8
März 03	V1 52,1	V6 40,6	V3 39,0	V5 29,6	V4 28,6	V2 21,1
Juni 04	V1 74,8	V3 64,0	V6 57,2	V5 45,2	V4 41,9	V2 36,6
Oktober 04	V1 65,4	V3 54,0	V6 52,0	V5 38,0	V4 35,0	V2 30,6
Juni 05	V1 86,7	V3 80,0	V6 67,6	V5 54,4	V4 49,4	V2 45,4
August 05	V1 73,4	V3 61,0	V6 50,6	V5 41,5	V4 37,9	V2 31,5
September 05	V1 64,2	V3 50,8	V6 45,3	V5 34,5	V4 31,2	V2 26,7
Oktober 05	V1 60,3	V3 46,1	V6 42,0	V5 32,5	V4 32,5	V2 23,9

Konsolidierungsphase



Beharrungsphase

Legende:

Variante	
V1	KTS
V2	60/40
V3	STS
V4	100/0
V5	50/50
V6	70/30



# Tragfähigkeitskenngrößen

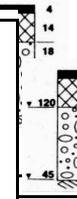
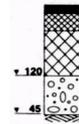
Aufbau nach RStO 01, Tafel 1, Zeile 1, Bauklasse IV:

Aufbau nach RStO 01, Tafel 1, Zeile 1, Bauklasse II:

Aufbau nach RStO 01, Tafel 1, Zeile 1, Bauklasse SV:

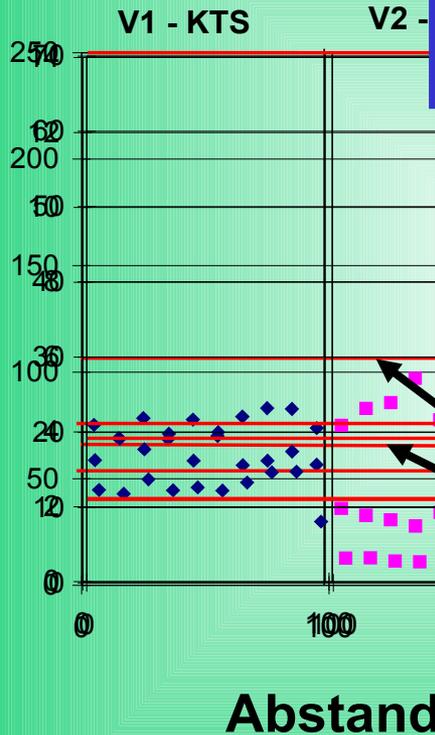
ToB: natürl. Gesteinskörnungen  
 Untergrund/-bau: nicht felsig  
 Frosteinwirkungszone: allgemein  
 Lage der Gradiente: allgemein  
 Zeitpunkt der Messung: allgemein  
 Jahreszeit: allgemein  
 Phase: Beharrungsphase  
 Alter: allgemein

Asphaltdeckschicht  
 Asphaltbinderschicht  
 Asphalttragschicht  
 Frostschuttschicht



6 - 70/30

Tragfähigkeitskenngrößen [µm]



Temperaturbereich	Deflexionsmuldenintervall (für Messlinie "R")	Kenngrößen (Jendia)		
		$\bar{x} \pm s$		
		R	M	
1: 5 - 17 °C		D0	73 ± 19 (n: 671)	73 ± 20 (n: 187)
		UI	13 ± 4 (n: 671)	13 ± 4 (n: 187)
		Tz	4,7 ± 1,3 (n: 671)	5,4 ± 2,0 (n: 187)
2: 17 - 25 °C		D0	85 ± 20 (n: 396)	80 ± 20 (n: 79)
		UI	15 ± 4 (n: 396)	13 ± 4 (n: 79)
		Tz	3,4 ± 0,7 (n: 396)	3,3 ± 0,6 (n: 79)
3: 25 - 35 °C		D0	102 ± 29 (n: 230)	106 ± 25 (n: 149)
		UI	16 ± 6 (n: 230)	16 ± 5 (n: 149)
		Tz	2,6 ± 0,6 (n: 230)	2,3 ± 0,6 (n: 149)

M	S	M	M		
				Messlinie	
				R	M
239 ± 24 (n: 31)		85 ± 20 (n: 148)	47 ± 6 (n: 31)		
		15 ± 4 (n: 148)	1,7 ± 0,3 (n: 31)		
		3,9 ± 1,1 (n: 148)	271 ± 40 (n: 39)		
		104 ± 26 (n: 80)	51 ± 8 (n: 39)		
		17 ± 4 (n: 80)	1,6 ± 0,2 (n: 39)		
		2,7 ± 0,7 (n: 80)	- (n=0)		
		108 ± 23 (n: 39)	- (n=0)		
		18 ± 5 (n: 39)	- (n=0)		
		2,4 ± 0,7 (n: 39)	- (n=0)		

600

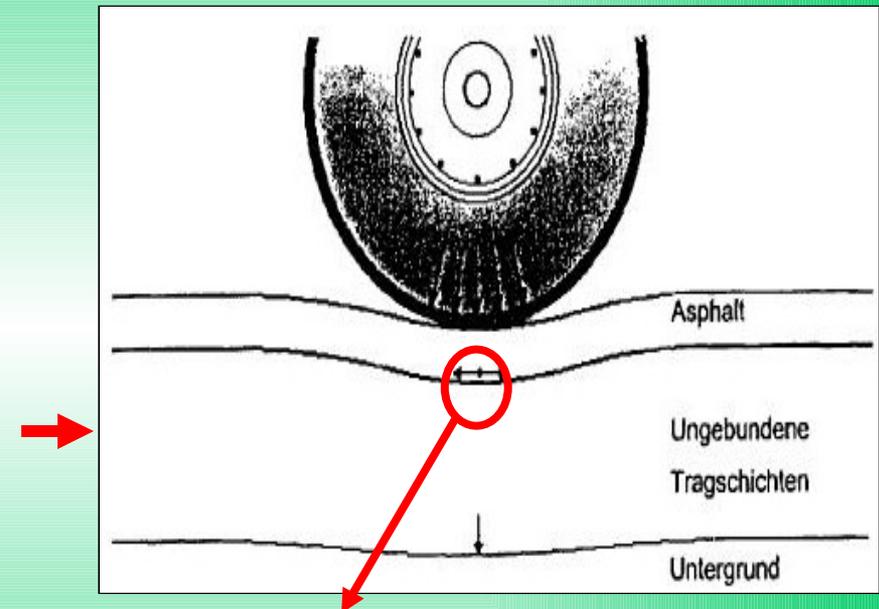
g [m]



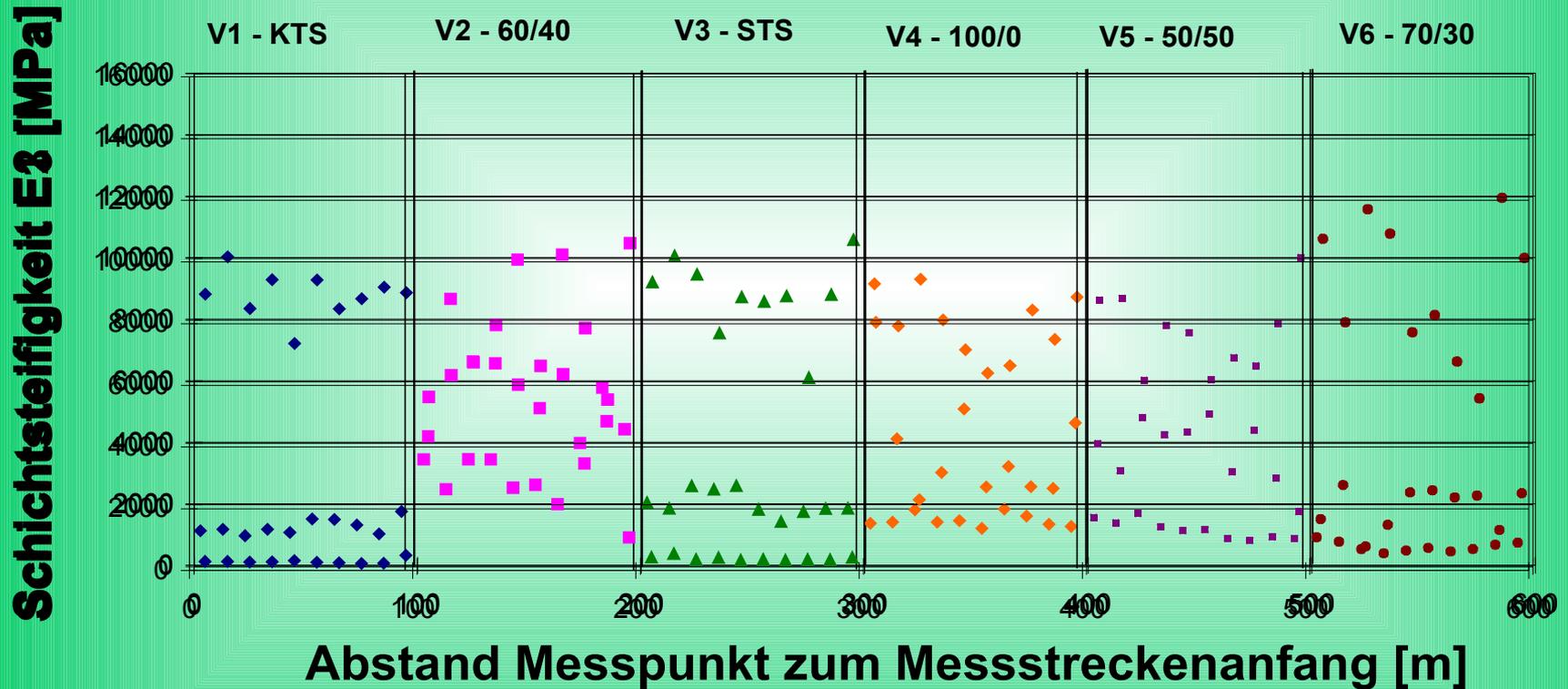
## Mehrschichtentheorie

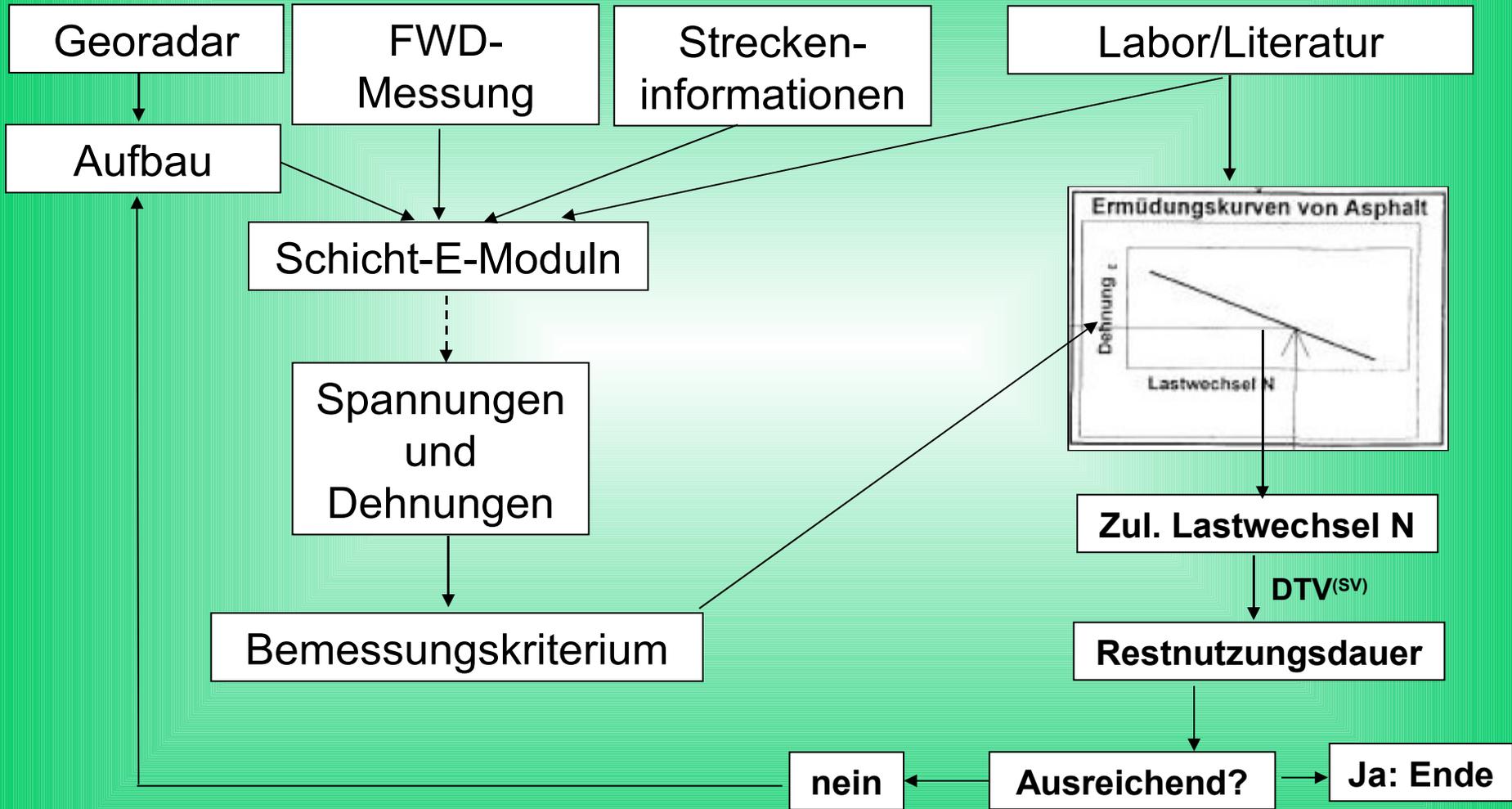
Schicht	Schichtdicke	E- Modul
Asphaltschicht	$h_1$	$E_1$
Ungeb. Tragschicht (ToB)	$h_2$	$E_2$
Untergrund/ Unterbau	unendlich	$E_3$

## Bemessungskriterien



z.B. kritische Spannung/Dehnung an der Unterseite der Asphaltschicht







Variante	E1 [MPa]	E2 [MPa]	E3 [MPa]	$\epsilon$ [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ]	$\sigma$ [MPa]	N [-]
KTS	8800	160	1400	35	-0,03	1,23E+09
60/40	6800	6000	3500	9	-0,16	9,11E+11
STS	8800	260	2200	32	-0,04	1,96E+09
100/0	7700	4000	1700	13	-0,13	2,00E+11
50/50	7600	3800	1300	13	-0,13	1,66E+11
70/30	9000	2000	800	19	-0,09	3,05E+10

(Berechnungsannahmen: Querdehnzahlen: 0,35;  
Schichtenverbund: 100%, Ermüdungsgesetz nach SPDM,  
Schichtdicken  $h_1$ : 34 cm;  $h_2$ : 36 cm)

Zusätzliche Berücksichtigung von:

- Alterung von Bitumen
- Frost-Tau-Wechselbeanspruchung
- Einbaubedingte Schwächungen durch Entmischungsprozesse oder Fugen



- Charakterisierung des Verhaltens definierter Baustoffgemische möglich durch
  - erweiterte Laboruntersuchungen
  - Messungen in situ (Monitoring): → quantitative Abschätzung der Beanspruchungsgrößen zur Beurteilung der Wechselwirkung zwischen den Schichten
- Bestätigung bisheriger Erkenntnisse:
  - Hohe Tragfähigkeiten
  - Bisher keine Tragfähigkeitsreduzierung innerhalb der Beharrungsphase feststellbar
  - Asphaltanteile bis 50 M.-% stellen kein grundsätzliches Problem daraber:
  - Geringere Wasserdurchlässigkeit



---

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

Dipl.-Ing. Thomas Chakar

---