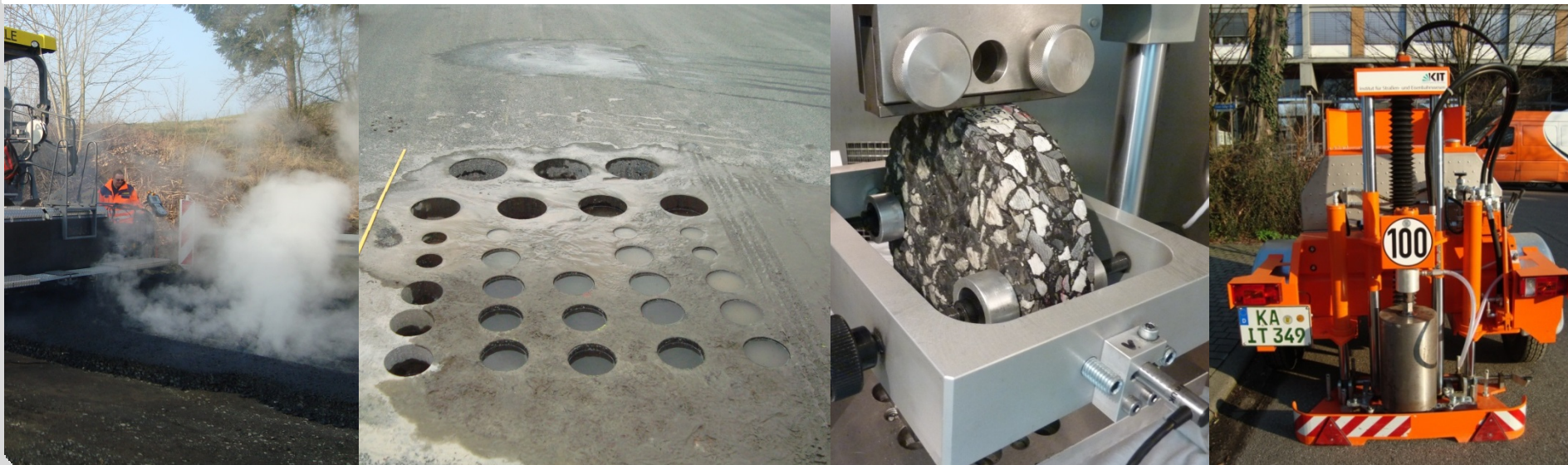


# Bestimmung der performance-relevanten Eigenschaften

## Steifigkeit und Ermüdungsverhalten

ISE-Kolloquium am 02. Dezember 2015



Dr.-Ing. Thomas Wörner

# Gliederung

- Definitionen, Grundlagen
- Versuchstypen
- Streckeninfos, Versuchsergebnisse
- Ausblick

# Definitionen

**Performance** wird anhand bestimmter Eigenschaften beschrieben

**Performance-Prüfung** ist die versuchstechnische Bestimmung physikalischer Kenngrößen unter bekanntem und eindeutigem Beanspruchungszustand, mit denen die Bewertung der Performance-Eigenschaften möglich wird.

**Performance-Anforderung**, Kenngrößen, die eine Bewertung eines Asphaltmischgutes hinsichtlich Performance ermöglichen (keine umfassende Beschreibung)

# Definitionen

<b>Funktionale Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche</b>	<b>Performance-Eigenschaften von Asphalt</b>
Griffigkeit	Steifigkeit
Helligkeit/Reflexion	Ermüdungswiderstand
Reifen-/Fahrbahngeräusch	Verformungswiderstand
Hydraulische Eigenschaften	Kälteflexibilität
	Dauerhaftigkeit

# Prüfverfahren

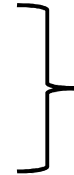
- Steifigkeit EN 12697-26
- Widerstand gegen Ermüdung EN 12697-24
- Widerstand gegen bleibende Verformungen EN 12697-25 \*
- Kälteverhalten EN 12697-46 \*
  
- Dauerhaftigkeit kein eindeutiges Verfahren

\* Teil der TP Asphalt-StB liegt vor

# Prüfverfahren

- Steifigkeit (je Variante 4 Probekörper)

- Asphaltdeckschicht
- Asphaltbinderschicht
- Asphalttragschicht



EP, MW, BK ( 756 PK)

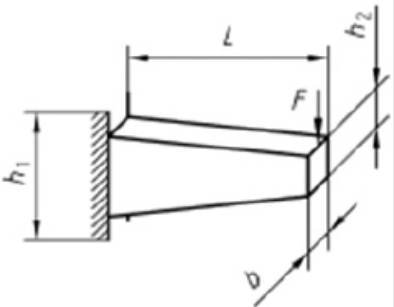
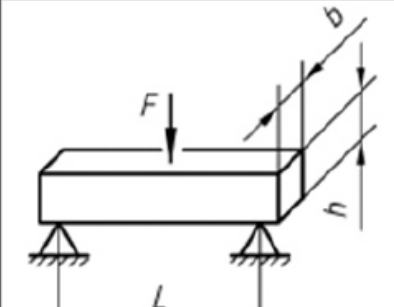
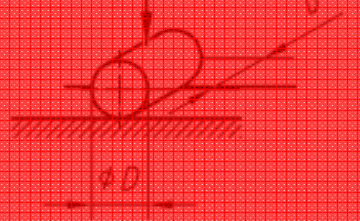
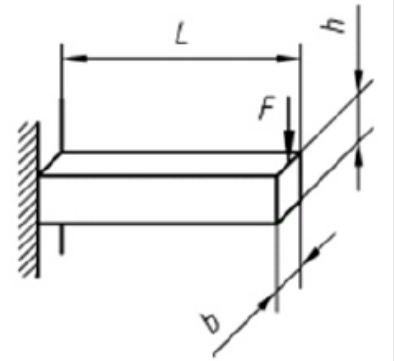
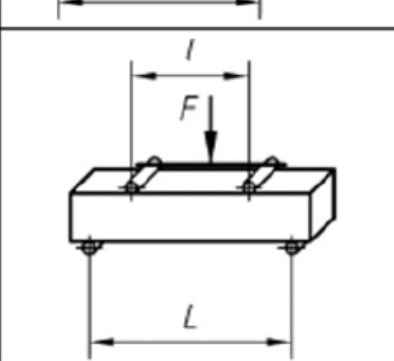
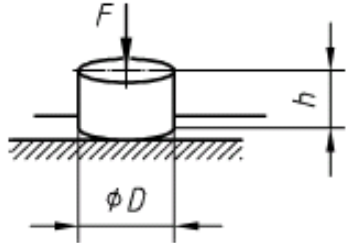
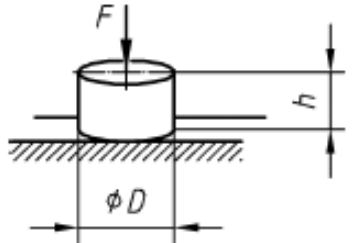
- Widerstand gegen Ermüdung (je Variante 10 Probekörper)

- Asphaltbinderschicht
- Asphalttragschicht



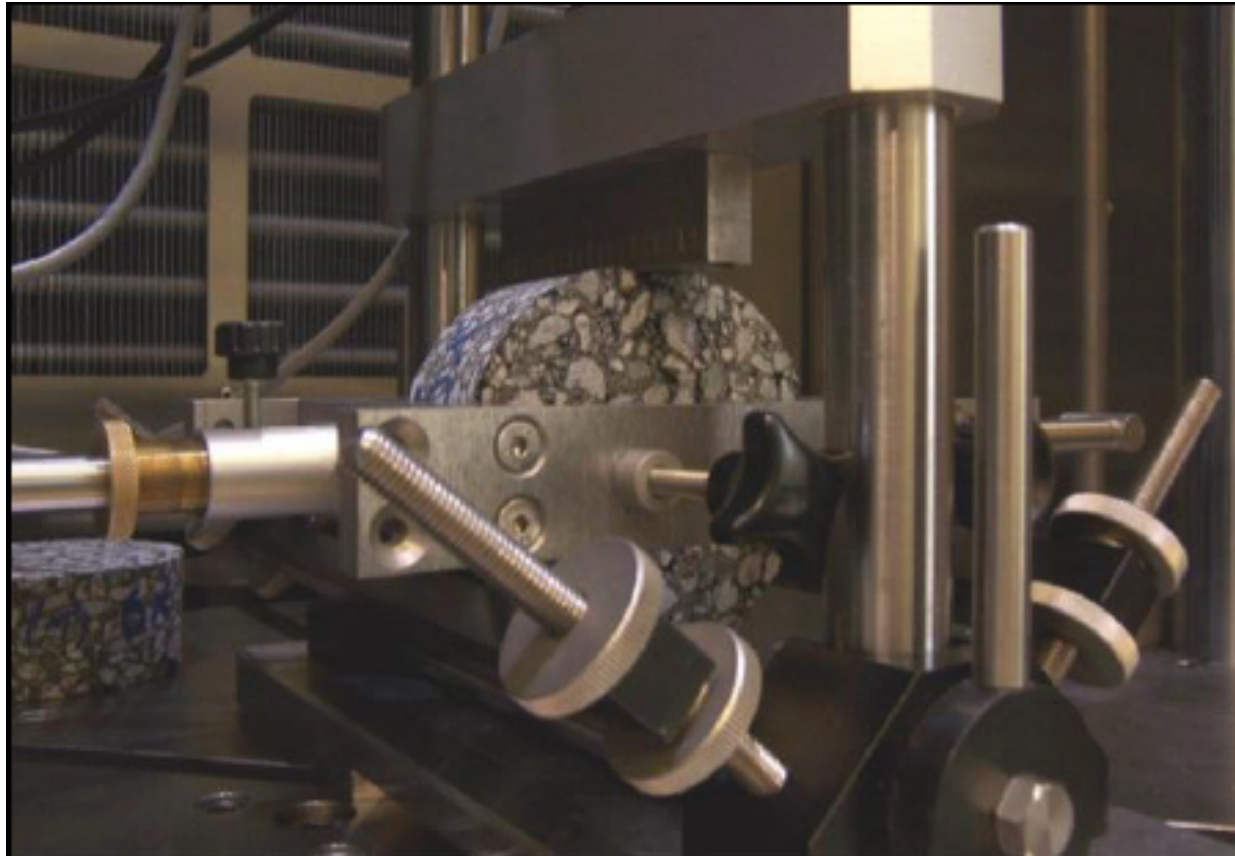
EP, MW, BK (1260 PK)

# Prüfverfahren

2PB-TR		3PB-PR		IT-CY CIT-CY 	
2PB-PR		4PB-PR		DTC-CY	
				DT-CY DT-PR	



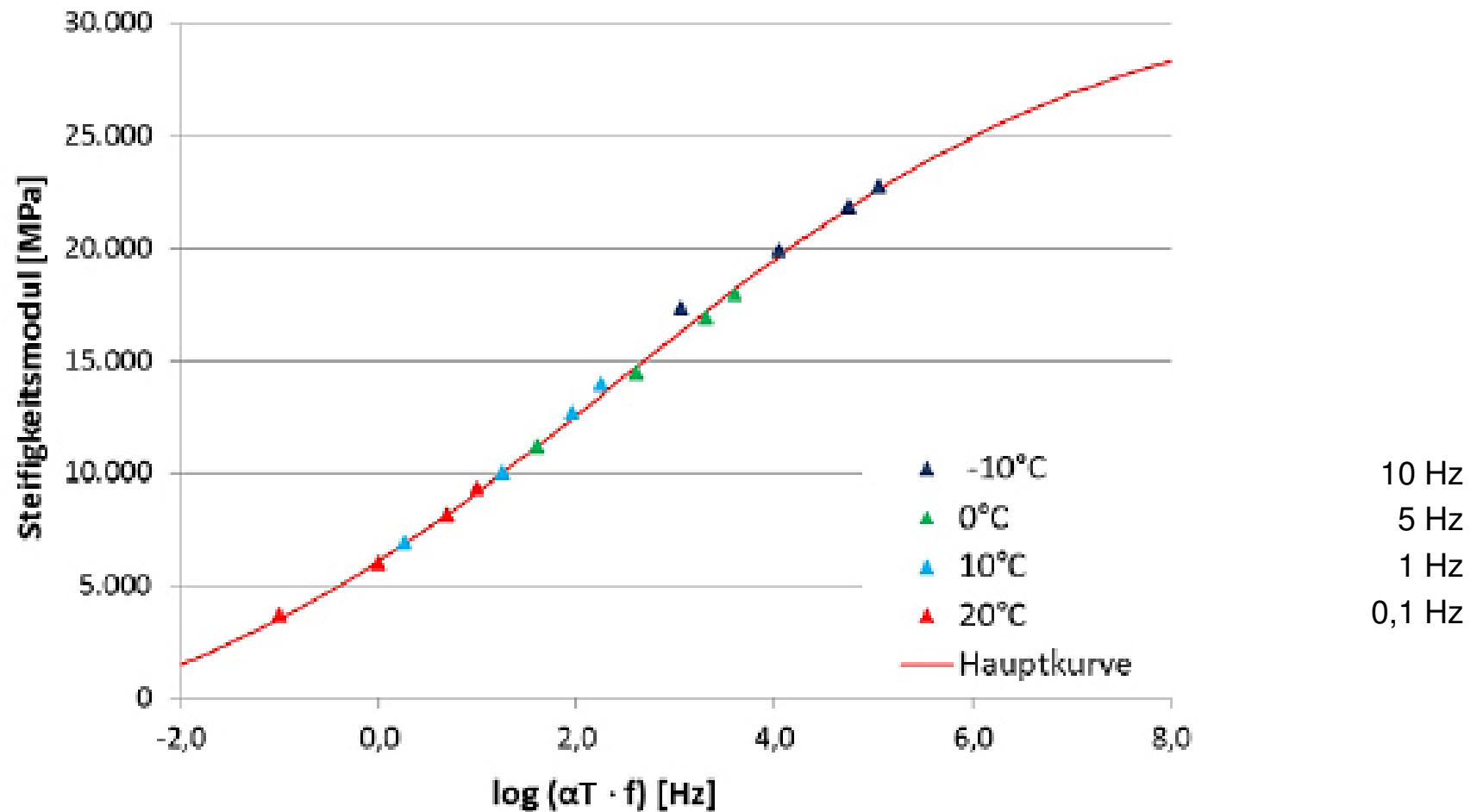
# Steifigkeit / Ermüdung



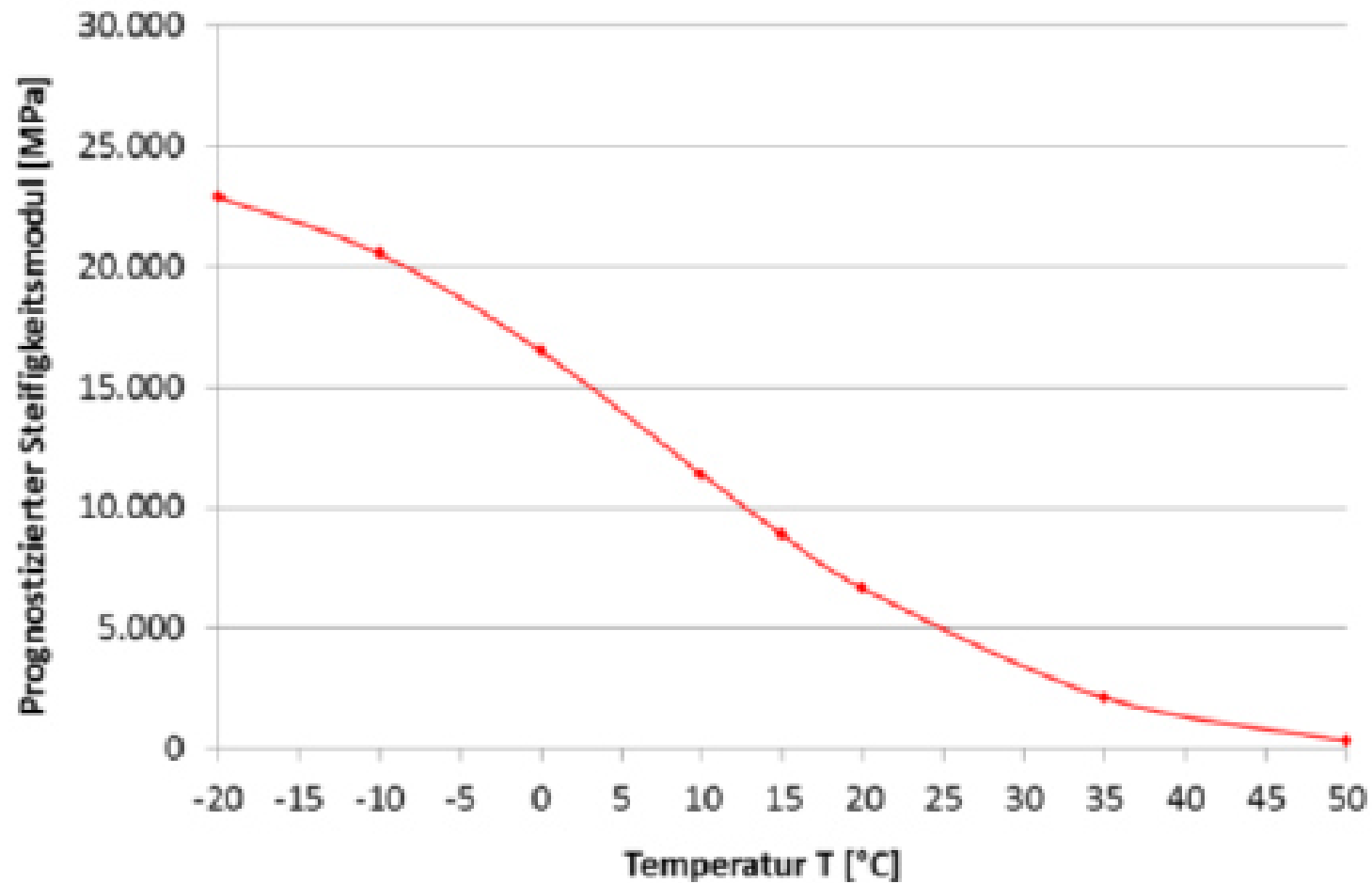
**Dynamischer  
Spaltzug-  
Versuch  
(AL Sp-Asphalt 09)**



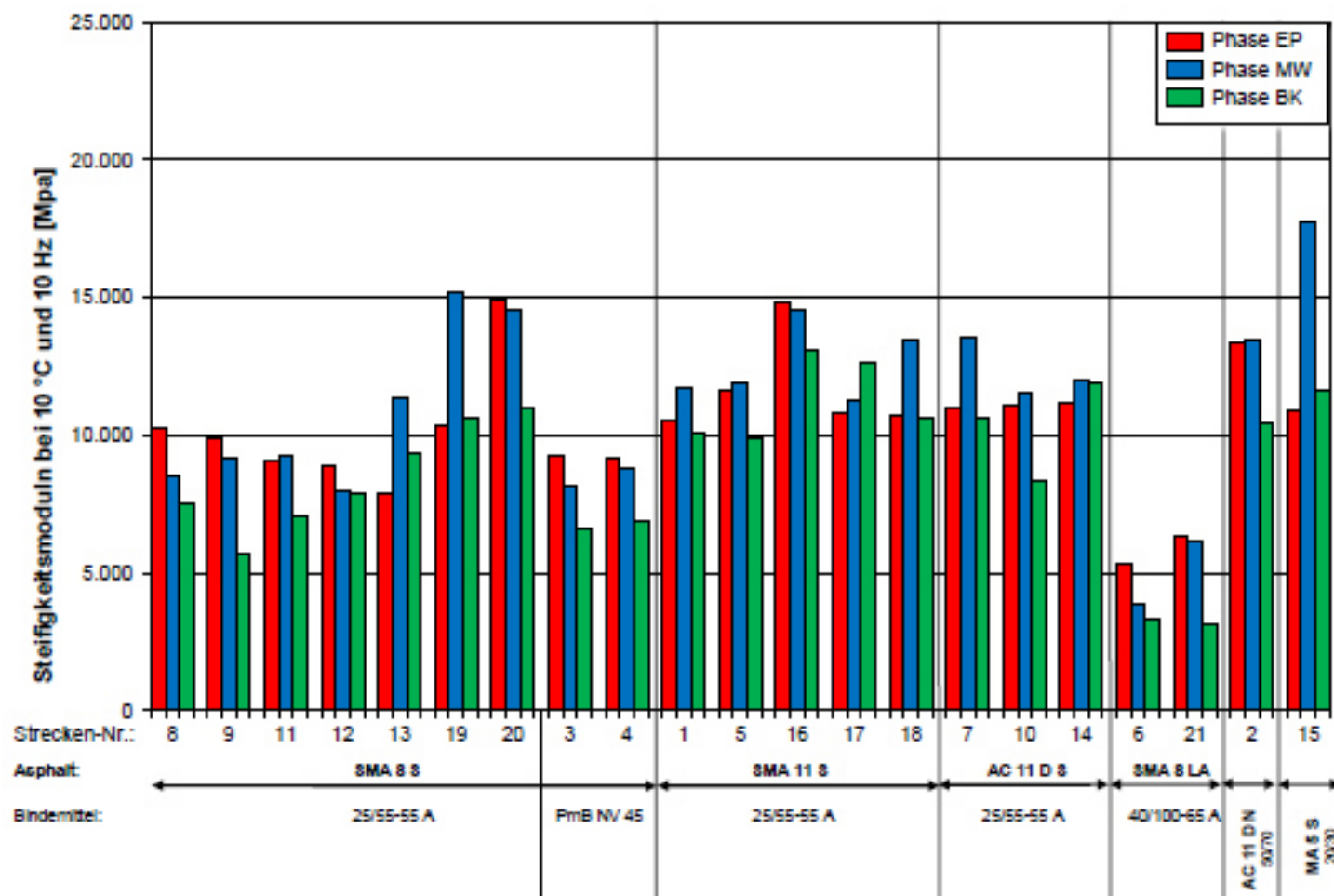
# Steifigkeit / Master curve



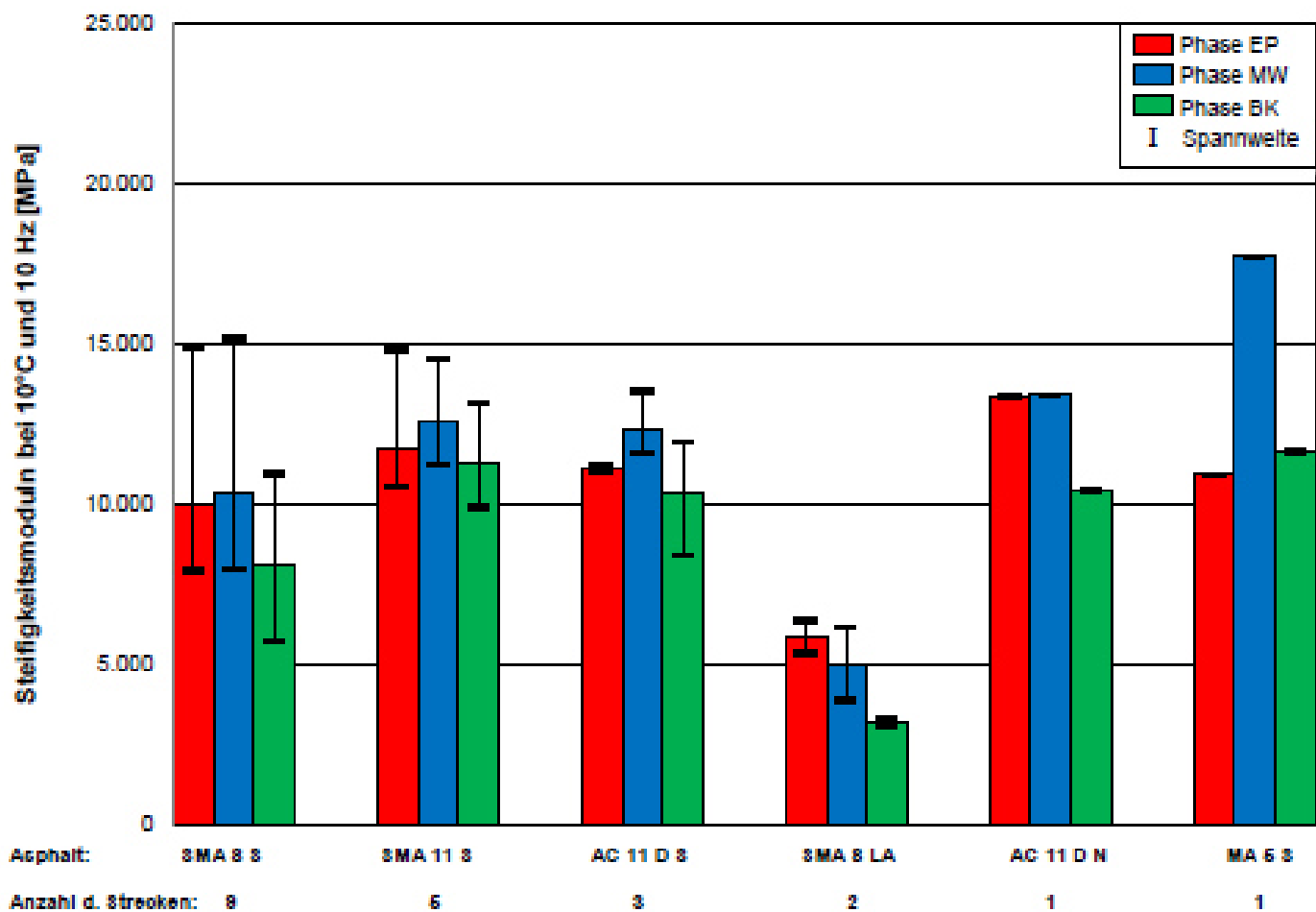
# Steifigkeit / berechn. Steifigkeitsmodul



# Steifigkeit - Asphaltdeckschicht



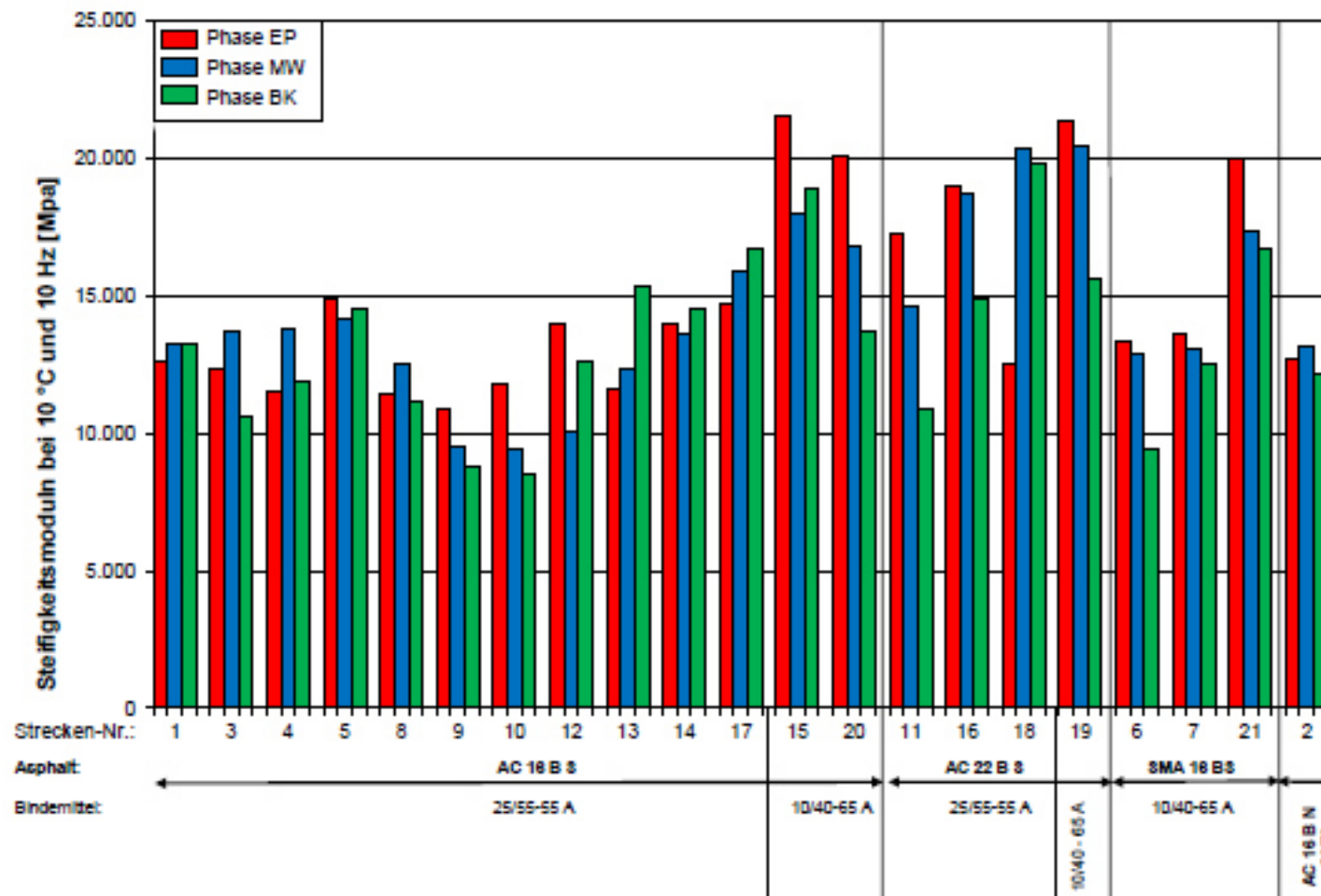
# Steifigkeit - Asphaltdeckschicht



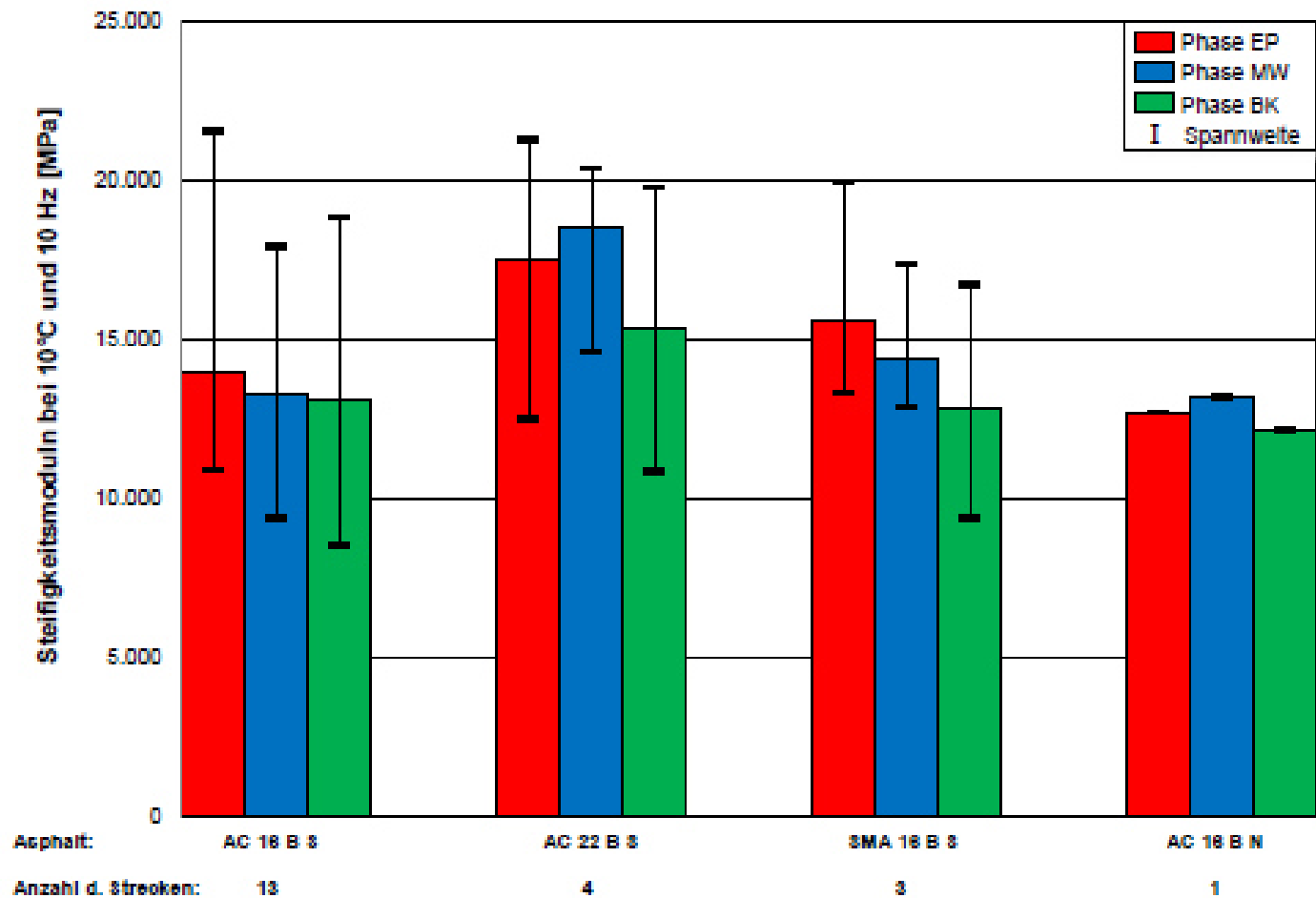
# Steifigkeit - Asphaltdeckschicht

SMA 8 S			einfache Varianz- analyse	LSD-Test									multiple			multiple							
				Ranking der homogenen Gruppen			Varianzanalyse			Varianzanalyse													
						EP			MW			BK											
						1. Gruppe			2. Gruppe			3. Gruppe											
						Faktor			Verwerf.			%			Faktor			Verwerf.			%		
						H0-Hypo.			H0-Hypo.			H0-Hypo.			H0-Hypo.			H0-Hypo.					
Steifigkeit bei 10 °C; 10 Hz	8	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■				■						Phase	ja	20,29	Phase	ja	17,45			
	9	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■	■			■						Strecke	ja	50,94	Strecke	ja	50,74			
	11	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■	■			■						Phase/ Strecke	ja	25,88	Phase/ Strecke	ja	28,92			
	12	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■				■	■					Fehler		2,89	Fehler		2,88			
	13	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■				■			■											
	19	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■				■	■													
	20	SMA 8 S	25/55-55 A	signifi.	■	■			■														
	3	SMA 8 S	PmB NV 45	signifi.	■				■			■											
	4	SMA 8 S	PmB NV 45	signifi.	■	■			■														

# Steifigkeit - Asphaltbinderschicht



# Steifigkeit - Asphaltbinderschicht

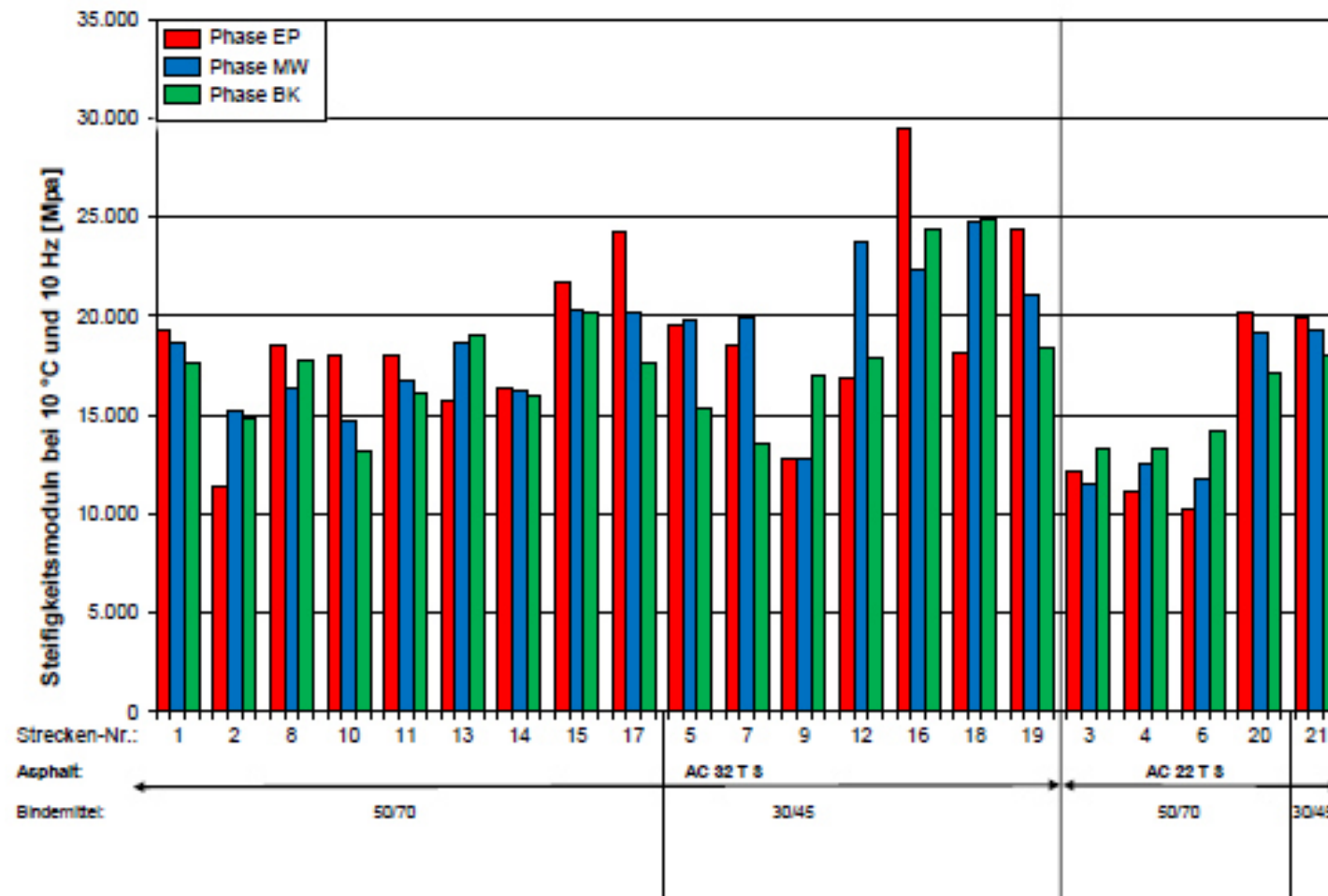




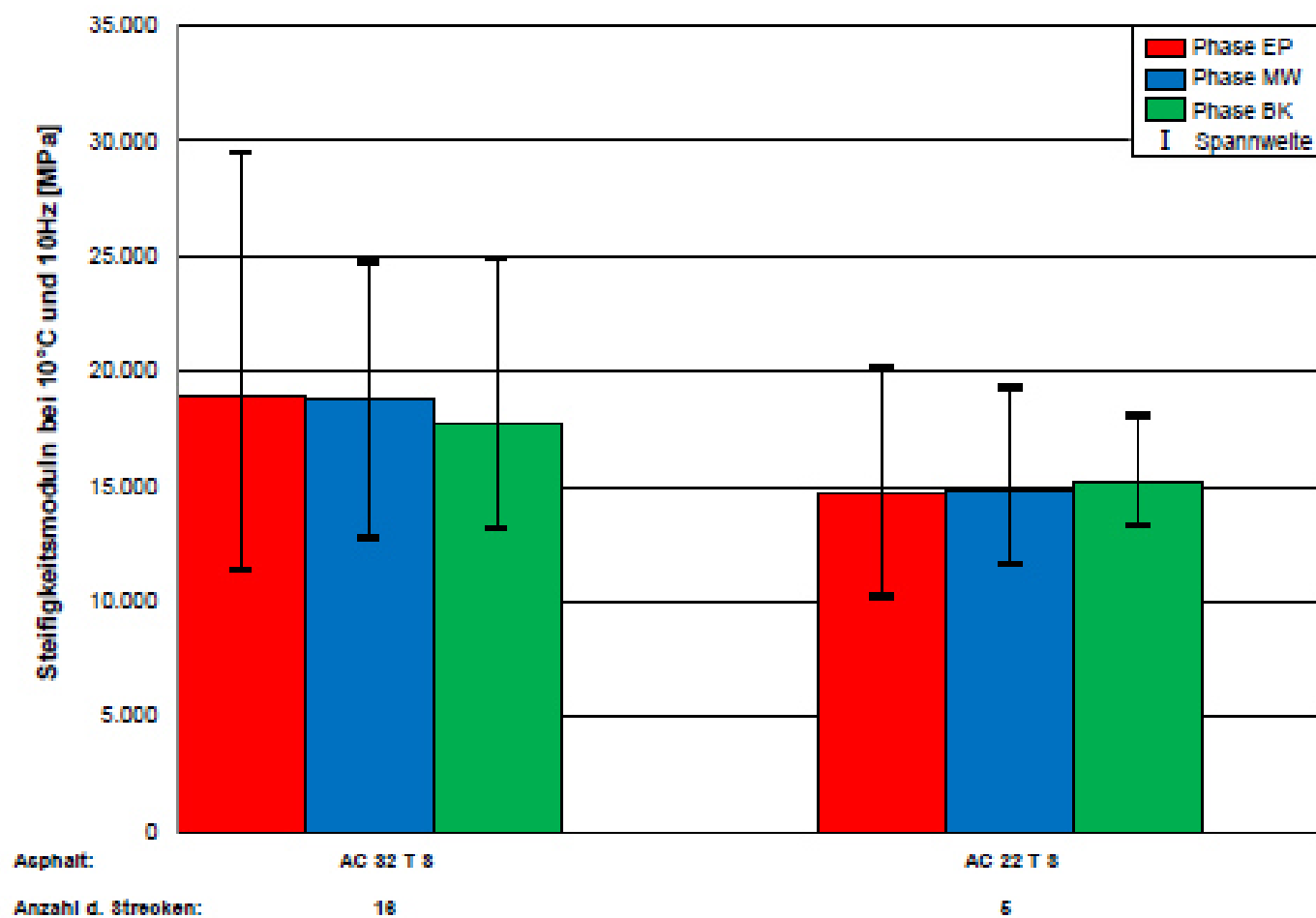
# Steifigkeit - Asphaltbinderschicht

AC 16 B S				einfache Varianz- analyse	LSD-Test									multiple Varianzanalyse			multiple Varianzanalyse				
					Ranking der homogenen Gruppen			Faktor			Verwerf.			Faktor			Verwerf.				
				1. Gruppe			2. Gruppe			3. Gruppe			HO-Hypo.			HO-Hypo.					
				EP			MW			BK											
Steifigkeit bei 10 °C 10 Hz	1	AC 16 B S	25/55-55 A	n. signifi.	█	█	█								Phase	ja	0,09	Phase	nein	-	
	3	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.				█				█			Strecke	ja	68,75	Strecke	ja	54,2	
	4	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.					█	█					Phase/			Phase/			
	5	AC 16 B S	25/55-55 A	n. signifi.	█	█	█								Strecke	ja	22,07	Strecke	ja	29,57	
	8	AC 16 B S	25/55-55 A	n. signifi.	█	█	█								Fehler		9,1	Fehler		16,23	
	9	AC 16 B S	25/55-55 A	n. signifi.	█	█	█														
	10	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.	█				█	█											
	12	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.	█	█					█										
	13	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.	█								█								
	14	AC 16 B S	25/55-55 A	n. signifi.	█	█	█														
	17	AC 16 B S	25/55-55 A	n. signifi.	█	█	█														
	15	AC 16 B S	10/40-65 A	signifi.	█				█	█									Phase	ja	43,25
	20	AC 16 B S	10/40-65 A	signifi.	█								█						Strecke	ja	24,38
																		Phase/Str.	ja	20,56	
																		Fehler		11,81	

# Steifigkeit - Asphalttragschicht



# Steifigkeit - Asphalttragschicht

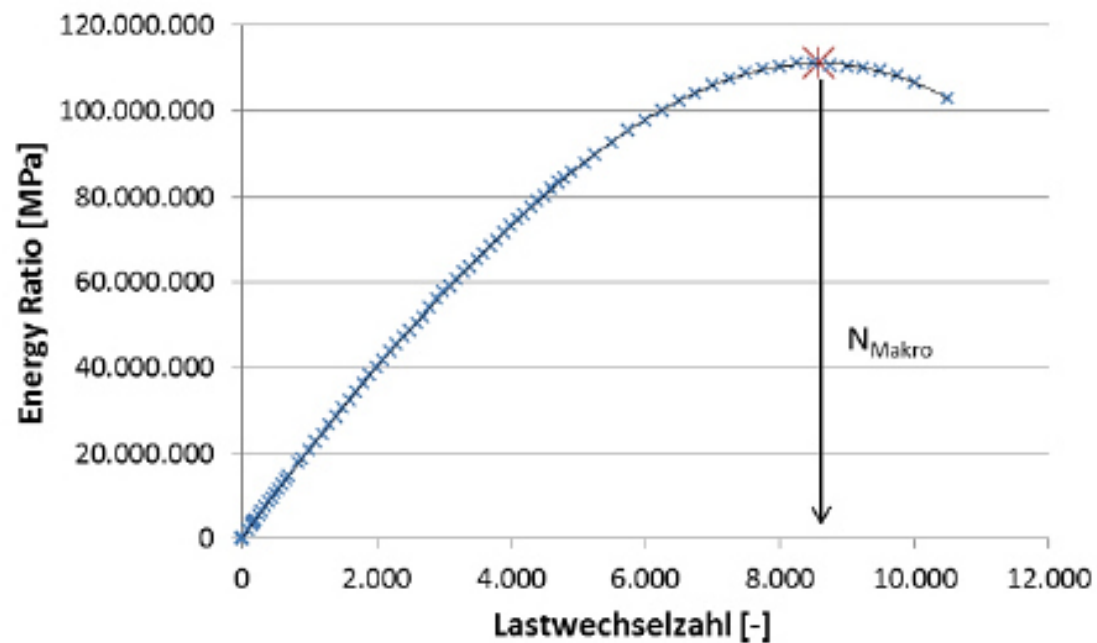


# Steifigkeit - Asphalttragschicht

AC 32 T S			einfache Varianz- analyse	LSD-Test									multiple Varianzanalyse			multiple Varianzanalyse						
				EP	MW	BK	Ranking der homogenen Gruppen									Faktor	Verwerf.	%	Faktor	Verwerf.	%	
						1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe							HO-Hypo.			HO-Hypo.				
Steifigkeit bei 10 °C; 10 Hz	1	AC 32 T S	50/70	n. signifi.	■	■	■									Phase	ja	0,28	Phase	ja	0,23	
	2	AC 32 T S	50/70	signifi.	■	■	■	■								Strecke	ja	49,67	Strecke	ja	48,71	
	8	AC 32 T S	50/70	signifi.	■	■	■									Phase/ Strecke	ja	38,83	Phase/ Strecke	ja	28,89	
	10	AC 32 T S	50/70	n. signifi.	■	■	■									Fehler		11,22	Fehler		22,17	
	11	AC 32 T S	50/70	signifi.	■	■	■															
	13	AC 32 T S	50/70	signifi.	■	■	■	■														
	14	AC 32 T S	50/70	n. signifi.	■	■	■															
	15	AC 32 T S	50/70	n. signifi.	■	■	■															
	17	AC 32 T S	50/70	n. signifi.	■	■	■															
	5	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■											Phase	ja	-	
	7	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■	■										Strecke	ja	43,98	
	9	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■	■										Phase/ Strecke	ja	49,7	
	12	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■	■										Fehler		6,32	
	16	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■	■													
	18	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■	■													
	19	AC 32 T S	30/45	signifi.	■	■	■	■	■													

# Ermüdung

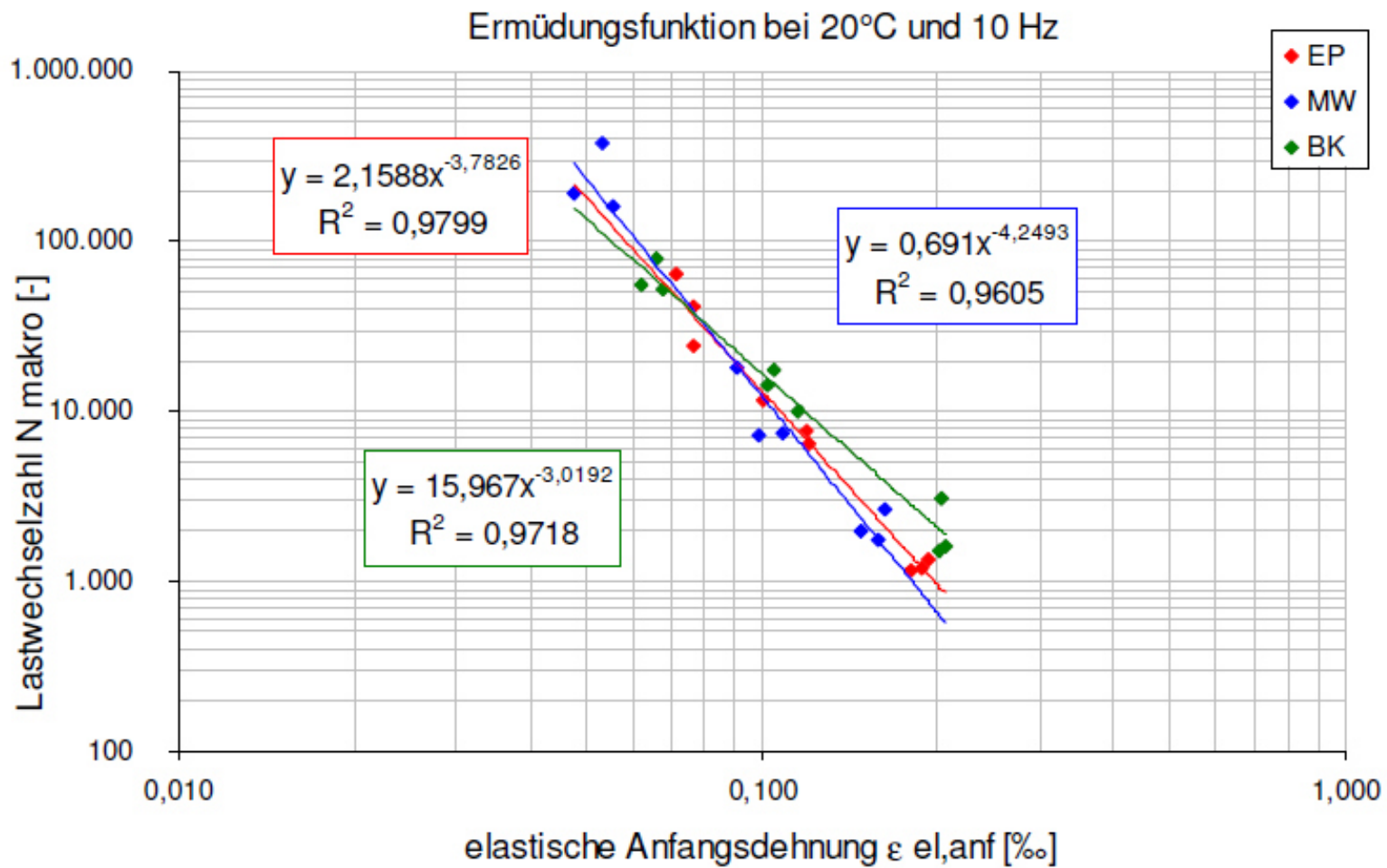
- 20 °C, 10 Hz, 3 Oberspannungen
  - Dehnungen zwischen 0,05 und 0,30 %
  - Lastwechselzahl N zwischen 1.000 und 1.000.000
- $N_{\text{Makro}}$



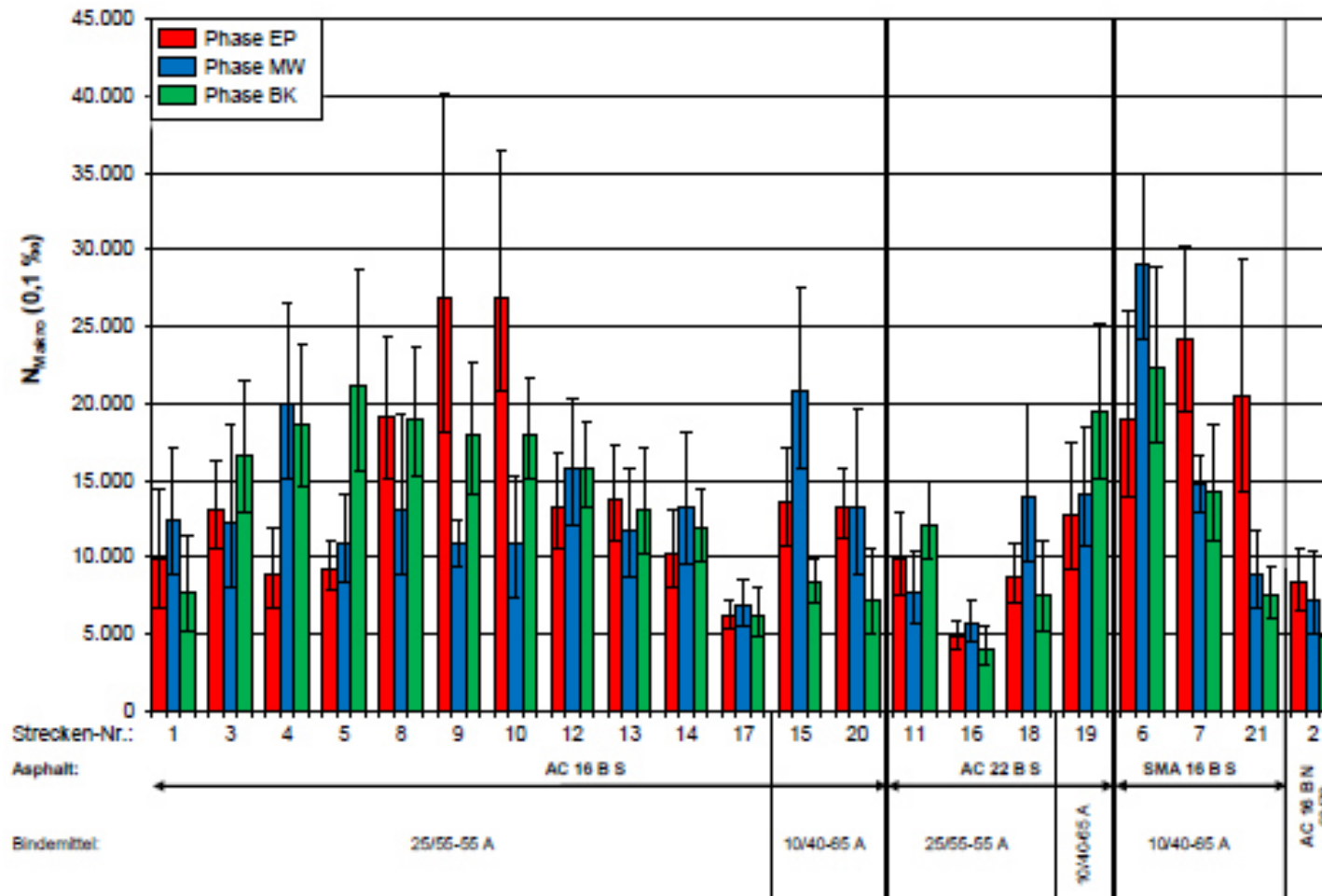
$$ER = N \cdot S$$

$$N_{\text{Makro}} = C1 \cdot \varepsilon_{\text{elast.,anf}}^{C2}$$

# Ermüdung

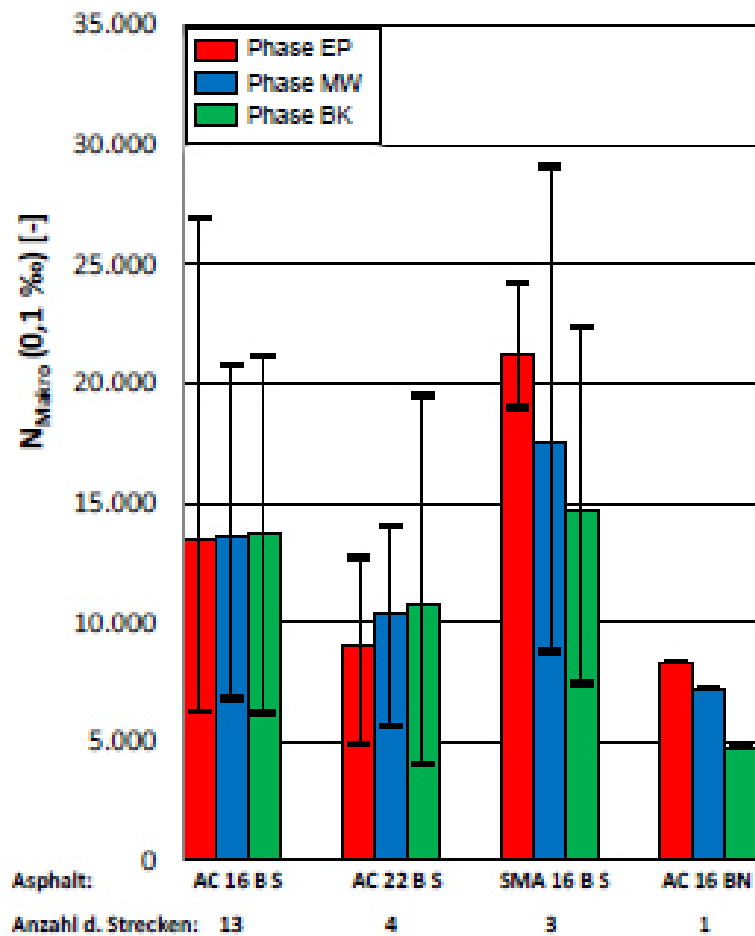


# Ermüdung - Asphaltbinderschicht

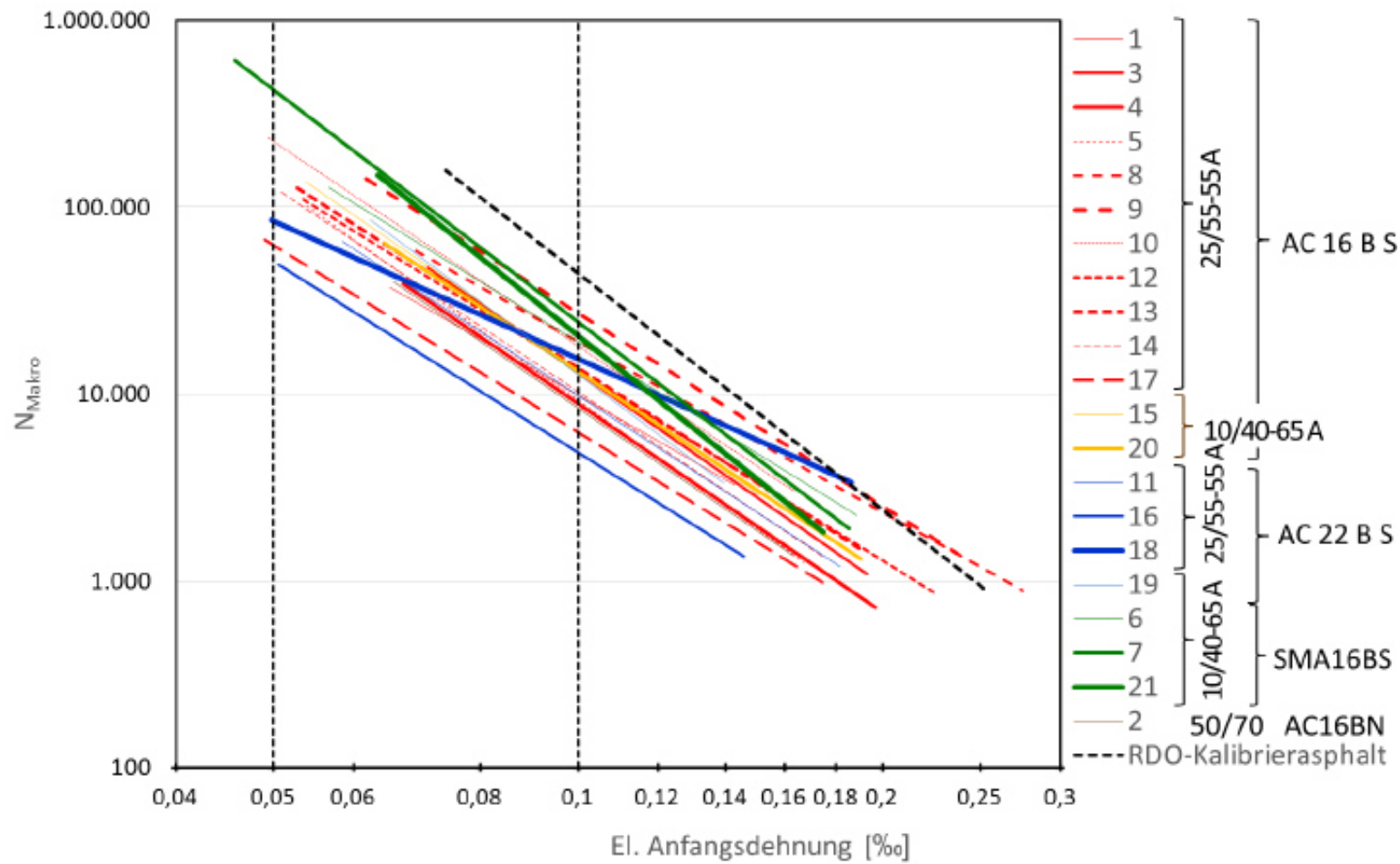




# Ermüdung - Asphaltbinderschicht



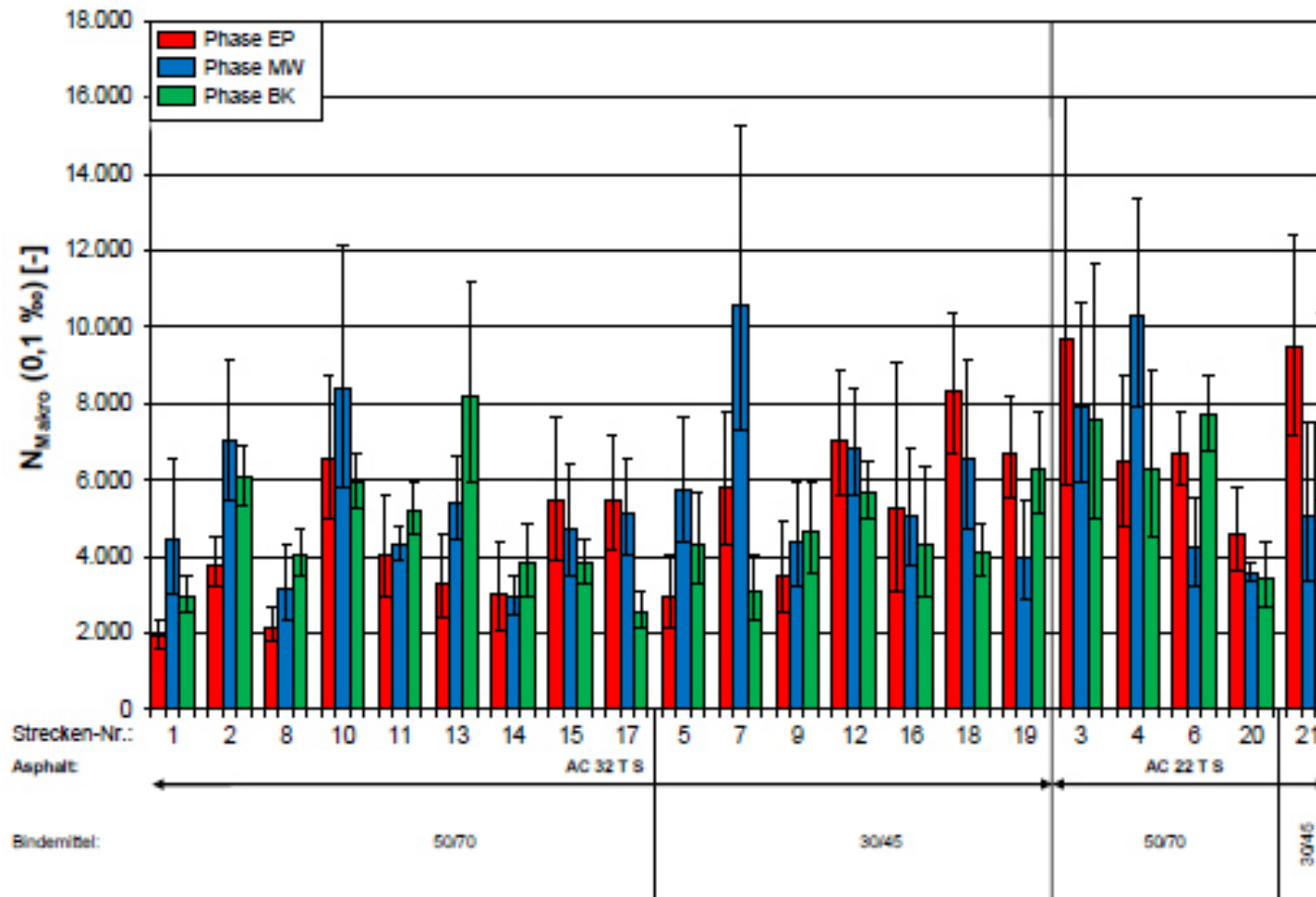
# Ermüdung



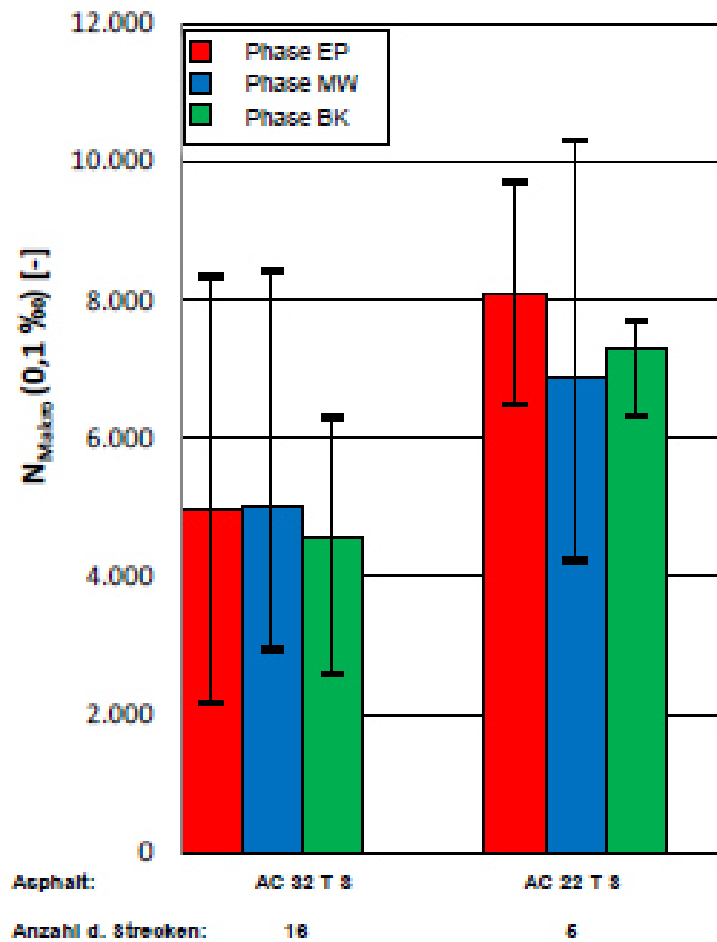
# Ermüdung - Asphaltbinderschicht

AC 16 B S				einfache Varianz- analyse	LSD-Test									multiple Varianzanalyse			multiple Varianzanalyse			
					Ranking der homogenen Gruppen			Faktor	Verwerf.	%	Faktor	Verwerf.	%							
										HO-Hypo.			HO-Hypo.							
				1. Gruppe			2. Gruppe			3. Gruppe										
Niveau (0,1 %)	1	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.											Phase	nein	-	Phase	nein	-
	3	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.											Strecke	ja	21,05	Strecke	ja	30,12
	4	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.											Phase/ Strecke			Phase/ Strecke		
	5	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.											Strecke	ja	32,35	Strecke	ja	23,9
	8	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.											Fehler		46,6	Fehler		46,58
	9	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.																
	10	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.																
	12	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.																
	13	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.																
	14	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.																
	17	AC 16 B S	25/55-55 A	signifi.																
	15	AC 16 B S	10/40-65 A	10/40-65 A	signifi.														Phase	ja
20	AC 16 B S	10/40-65 A	10/40-65 A	signifi.														Strecke	nein	5,17
																		Phase/Str.	nein	-
																		Fehler		37,7

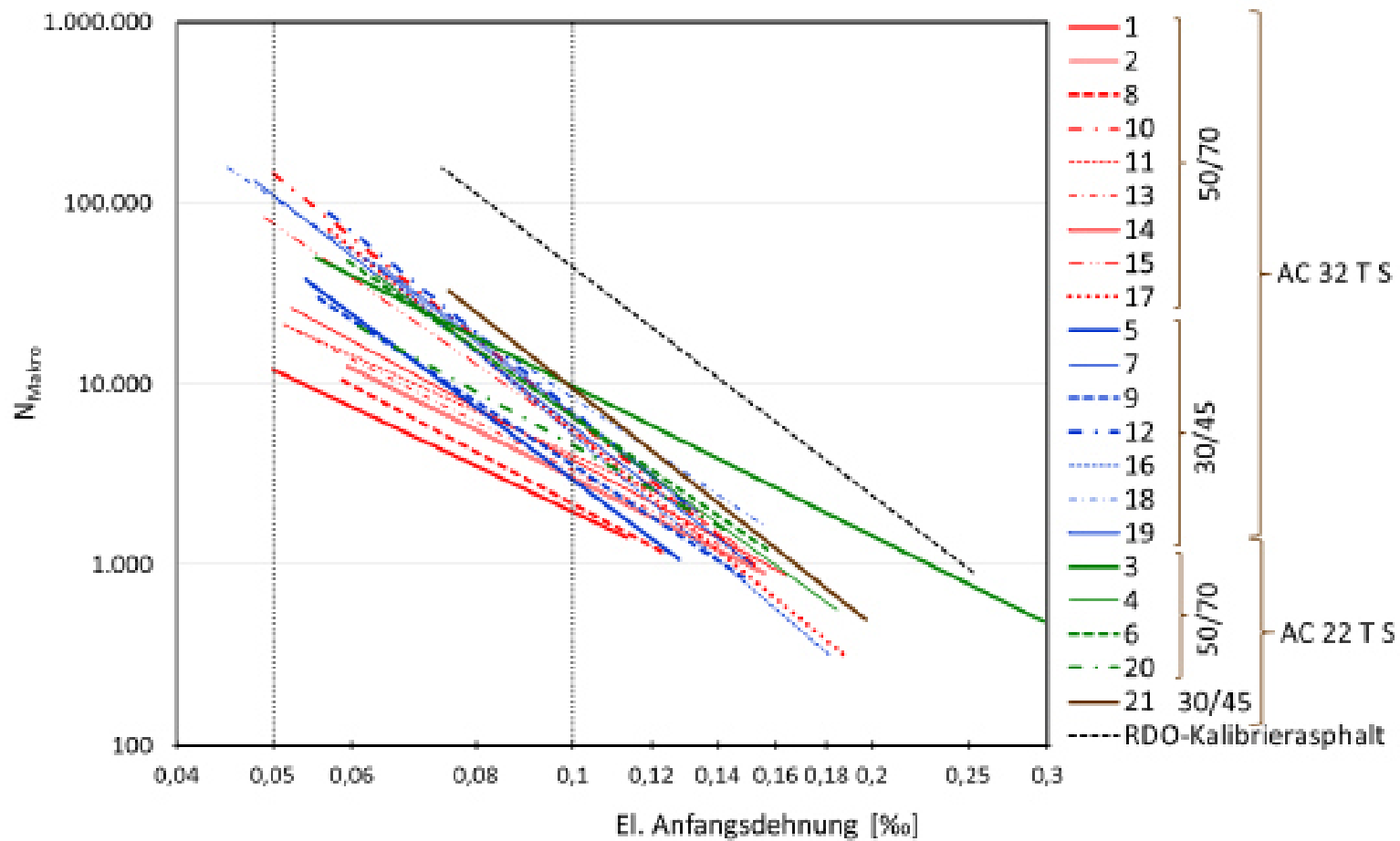
# Ermüdung - Asphalttragschicht



# Ermüdung - Asphalttragschicht



# Ermüdung - Asphalttragschicht



# Ermüdung - Asphalttragschicht

AC 32 T S			einfache Varianz- analyse	LSD-Test									multiple Varianzanalyse			multiple Varianzanalyse						
				Ranking der homogenen Gruppen			Faktor			Verwerf.			%			Faktor			Verwerf.			%
			1. Gruppe			2. Gruppe			3. Gruppe			H0-Hypo.			H0-Hypo.			H0-Hypo.				
Niveau(0,1%)	1	AC 32 T S	50/70	signifi.	█			█			█					Phase	ja	2,27	Phase	ja	4,57	
	2	AC 32 T S	50/70	signifi.	█	█		█			█					Strecke	ja	18,44	Strecke	ja	27,83	
	8	AC 32 T S	50/70	signifi.	█			█			█					Phase/			Phase/			
	10	AC 32 T S	50/70	signifi.	█	█	█				█					Strecke	ja	35,23	Strecke	ja	31,12	
	11	AC 32 T S	50/70	signifi.	█	█	█				█					Fehler		44,06	Fehler		36,48	
	13	AC 32 T S	50/70	signifi.	█			█			█											
	14	AC 32 T S	50/70	signifi.	█	█	█				█											
	15	AC 32 T S	50/70	signifi.	█	█	█				█											
	17	AC 32 T S	50/70	signifi.	█	█			█													
	5	AC 32 T S	30/45	signifi.	█			█			█			█						Phase	ja	1,39
	7	AC 32 T S	30/45	signifi.	█			█			█		█							Strecke	ja	-
	9	AC 32 T S	30/45	signifi.	█	█	█				█									Phase/		
	12	AC 32 T S	30/45	signifi.	█	█	█				█									Strecke	ja	40,89
	16	AC 32 T S	30/45	signifi.	█	█	█				█									Fehler		57,72
	18	AC 32 T S	30/45	signifi.	█	█			█													
	19	AC 32 T S	30/45	signifi.	█	█			█													



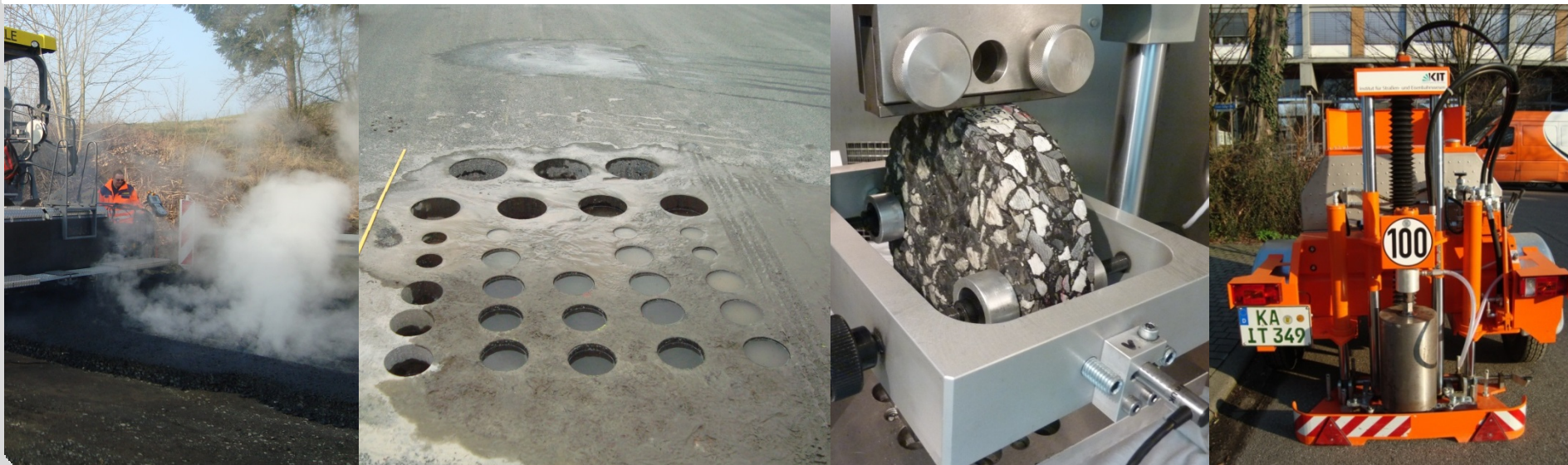
# Ausblick

- Asphalte sind in der Praxis bewährt aber derzeit nicht auf Performance optimiert
- Bewertungshintergrund ist durch Untersuchung zusätzlicher Strecken zu erweitern
- Dimensionierungsverfahren sind ggf. validieren
- Erstellen von detaillierten Prüfvorschriften und Ermittlung der Präzisionsdaten für die Performance-Prüfungen ist erforderlich
- Regelungen für Audits und die Kalibrierung der Prüfanlagen sind zu erarbeiten, Schulungen sind durchführen

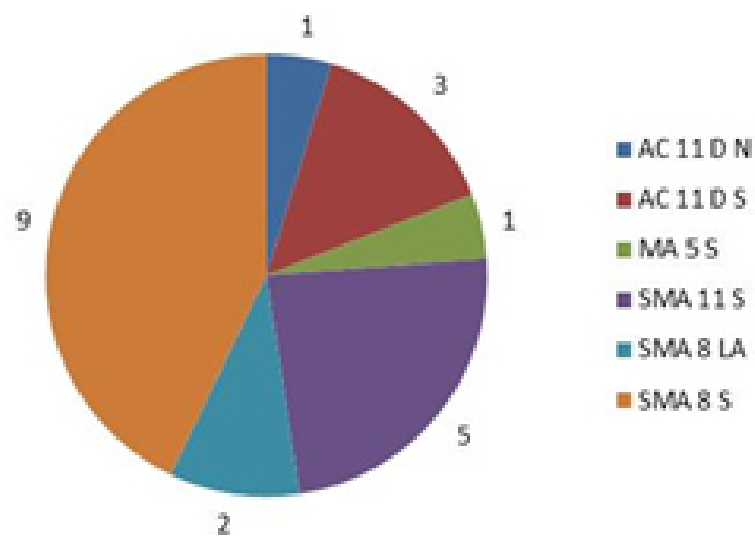
# Bestimmung der performance-relevanten Eigenschaften

## Steifigkeit und Ermüdungsverhalten

Vielen Dank!

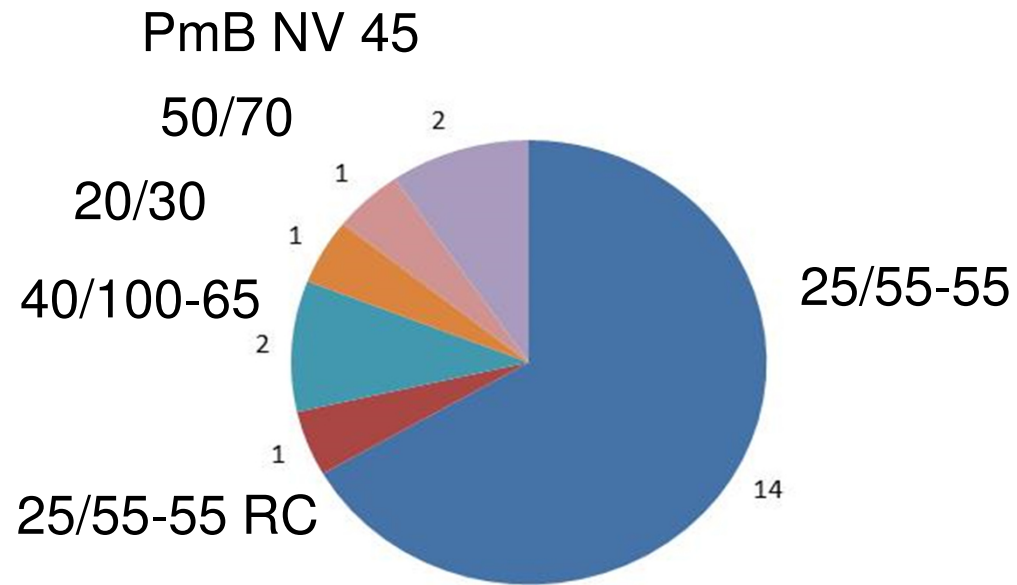


# Erprobungsstrecken



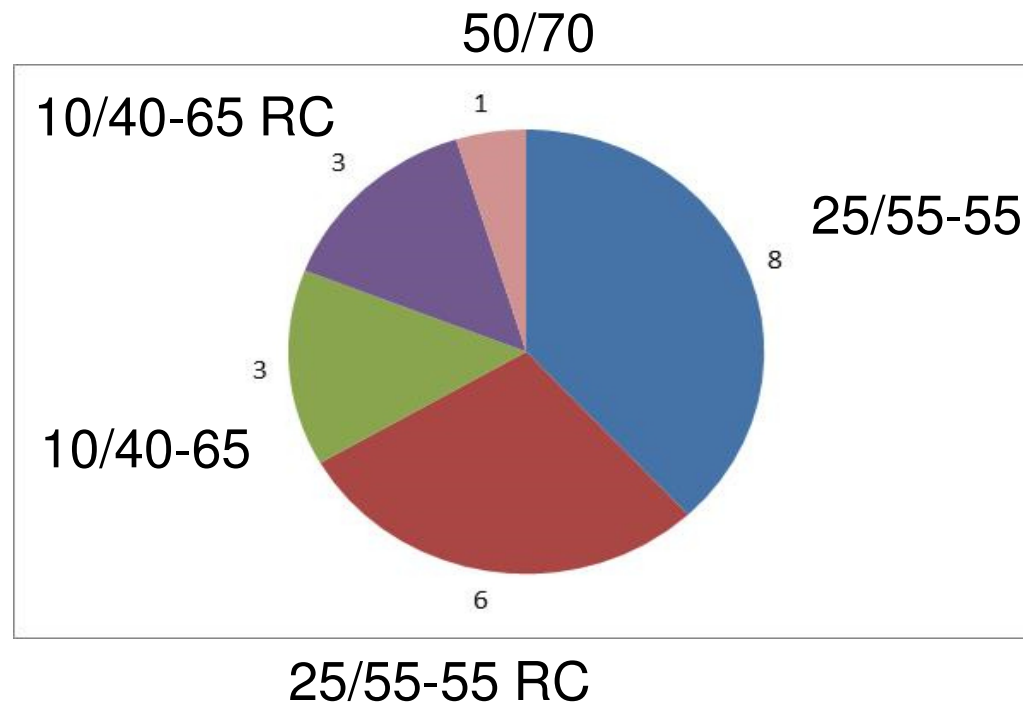
Asphaltdeckschicht

# Erprobungsstrecken



Asphaltdeckschicht

# Erprobungsstrecken



Asphaltbinderschicht