

**U N I K A S S E L**  
**V E R S I T Ä T**

# Widerstand gegen Kälterissbildung

Konrad Mollenhauer  
SG Bau und Erhaltung von Verkehrswegen

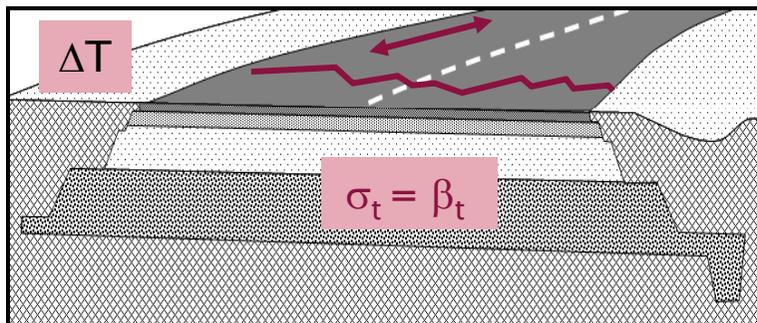
## Widerstand gegen Kälterissbildung

- **Kälterissbildung in der Praxis**
- **Prüfverfahren**
  - Prüfsystematik der Abkühl- und Zugversuche
  - Auswertung und Ergebnisse
  - Prüfvorschriften
- **Einflüsse auf den Kälterisswiderstand von Asphalt**
- **Aktuelle Forschungsergebnisse**
  - Korrelationen zu Bindemittelkennwerten
  - Anwendung zur Validierung eines Laboralterungsverfahrens

## Kfzlerissbildung in der Praxis

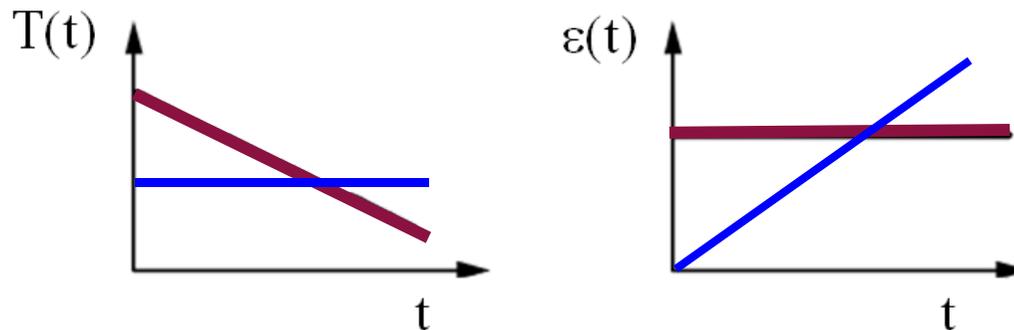
- Sinkende Temperaturen ( $\Delta T$ ) bewirken **Temperaturdehnung**  $\varepsilon_t$
- Einspannung und hohe Bindemittelviskosität verhindern Abbau der Zugdehnungen
- Umwandlung in **kryogene Spannung**  $\sigma_t$
- Wird die **Zugfestigkeit**  $\beta_t$  erreicht, kommt es zum Riss in der Befestigung

$$\sigma_t = E(T) \cdot \varepsilon_t = E(T) \cdot \alpha_t \cdot \Delta T$$

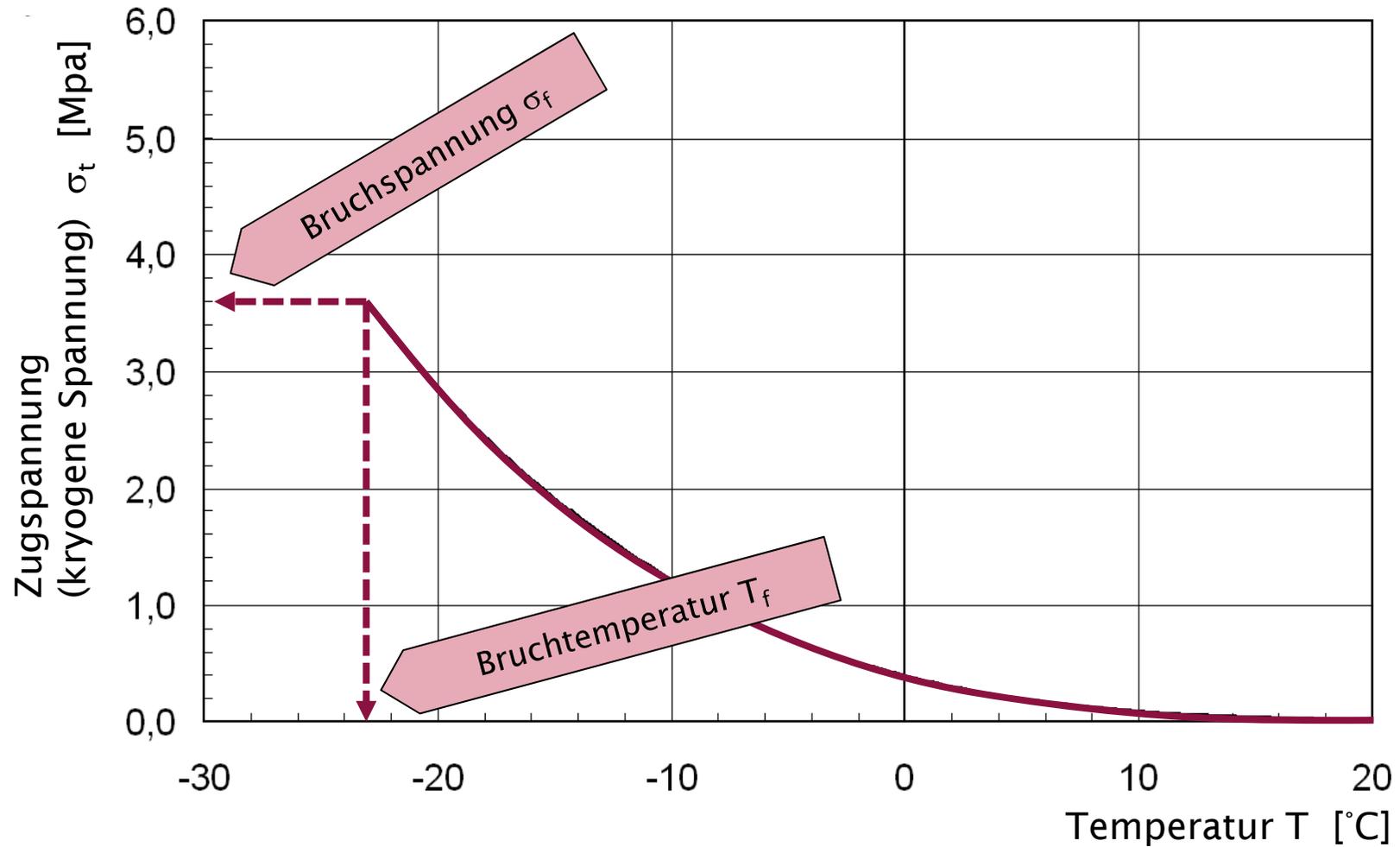


## Prüfverfahren zur Ansprache des Kfiteverhaltens

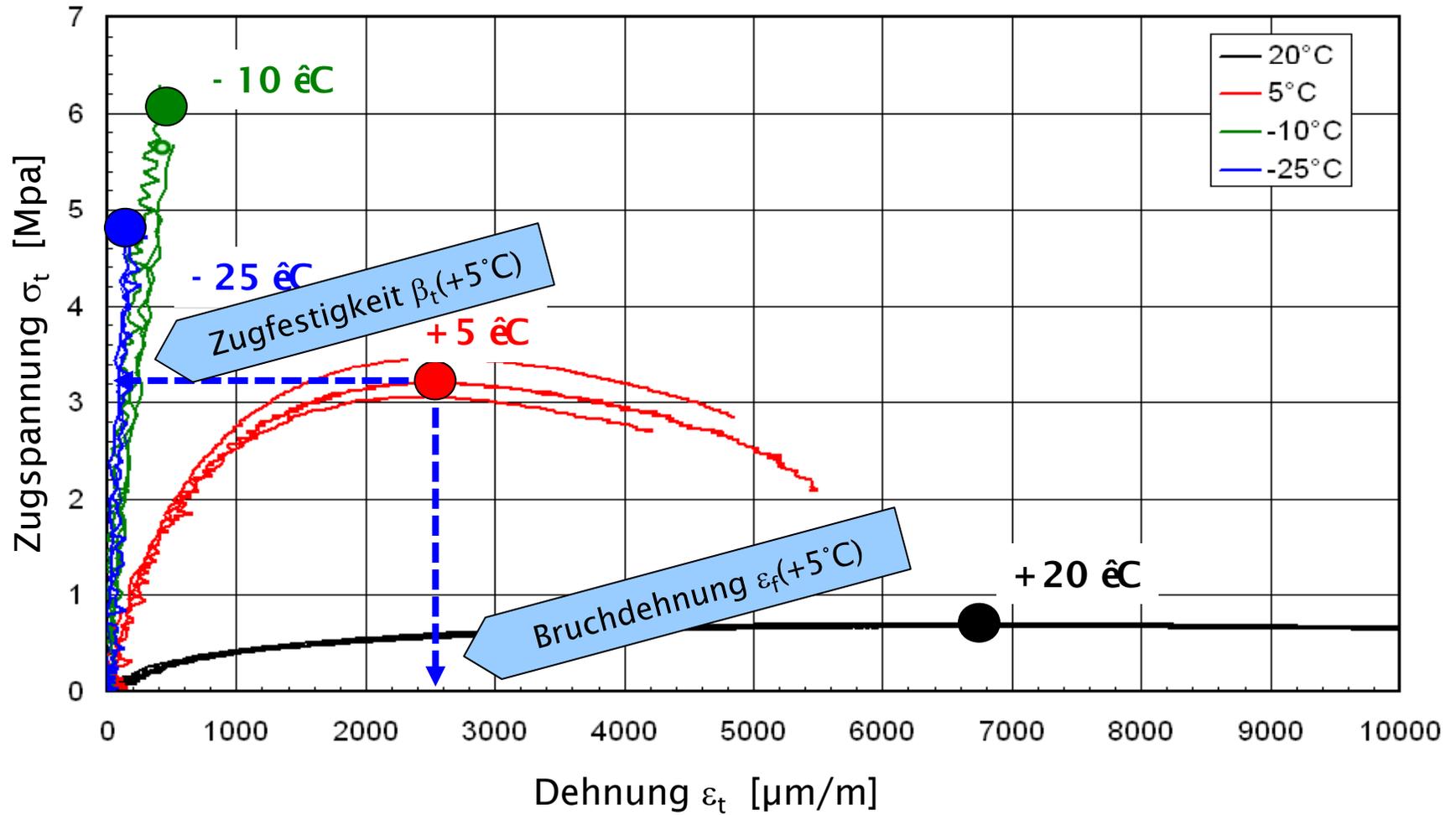
- **Abkühlversuch**
  - Abkühlung des Probekörpers  $T(t)$
  - Länge des Probekörpers bleibt konstant  
Dehnung  $\varepsilon_t = 0$
  - Messung der **kryogenen Spannung**  $\sigma_t(T)$
- **Einaxialer Zugversuch**
  - Konstante Prüftemperatur  $T = \text{konst.}$
  - Probekörper wird weggeregelt gezogen  $\varepsilon_t = \Delta L(t) / L_0$
  - Messung der Zugspannung und der **Zugfestigkeit**  $\beta_t$



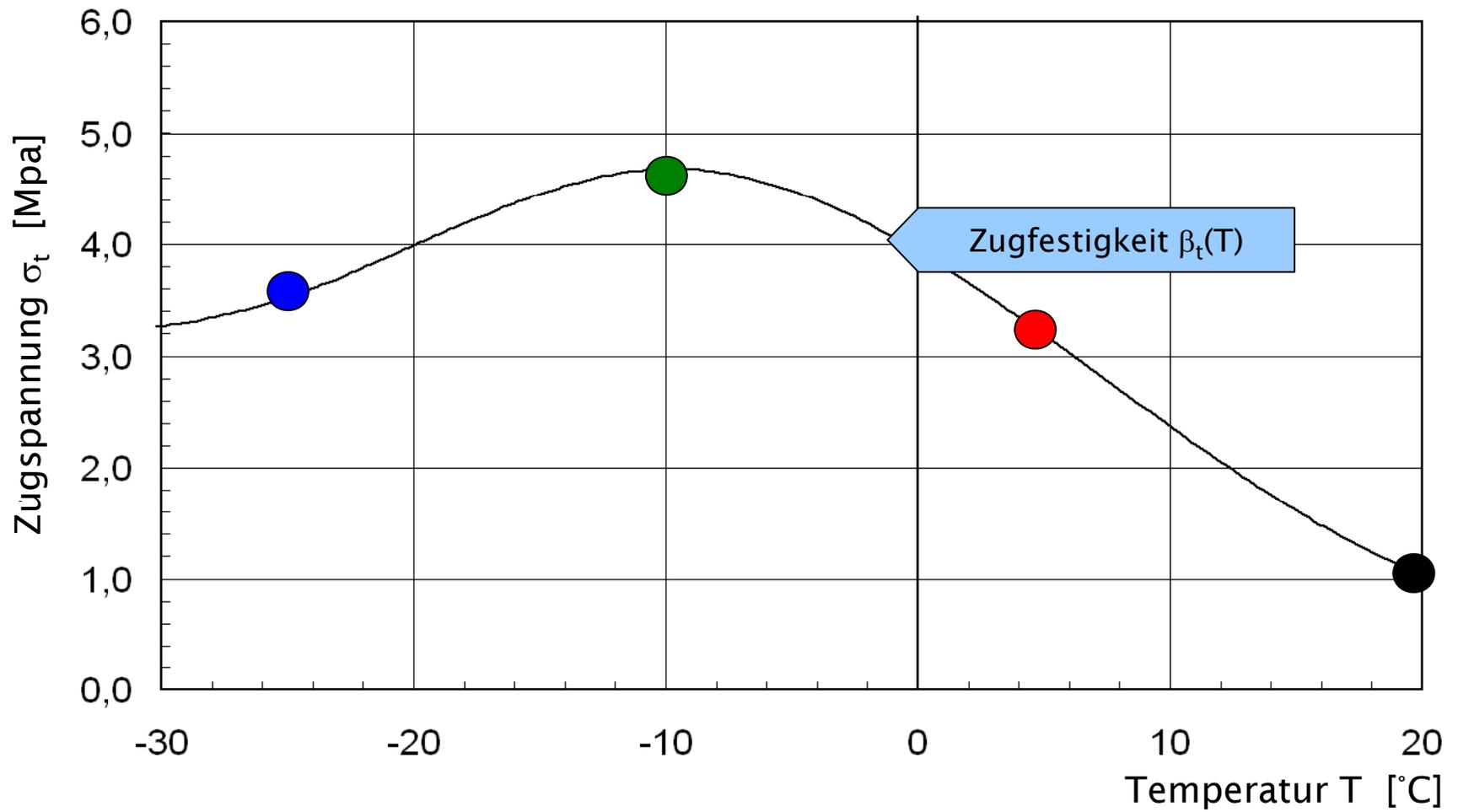
# Auswertung und Ergebnisse des Abkühlversuchs



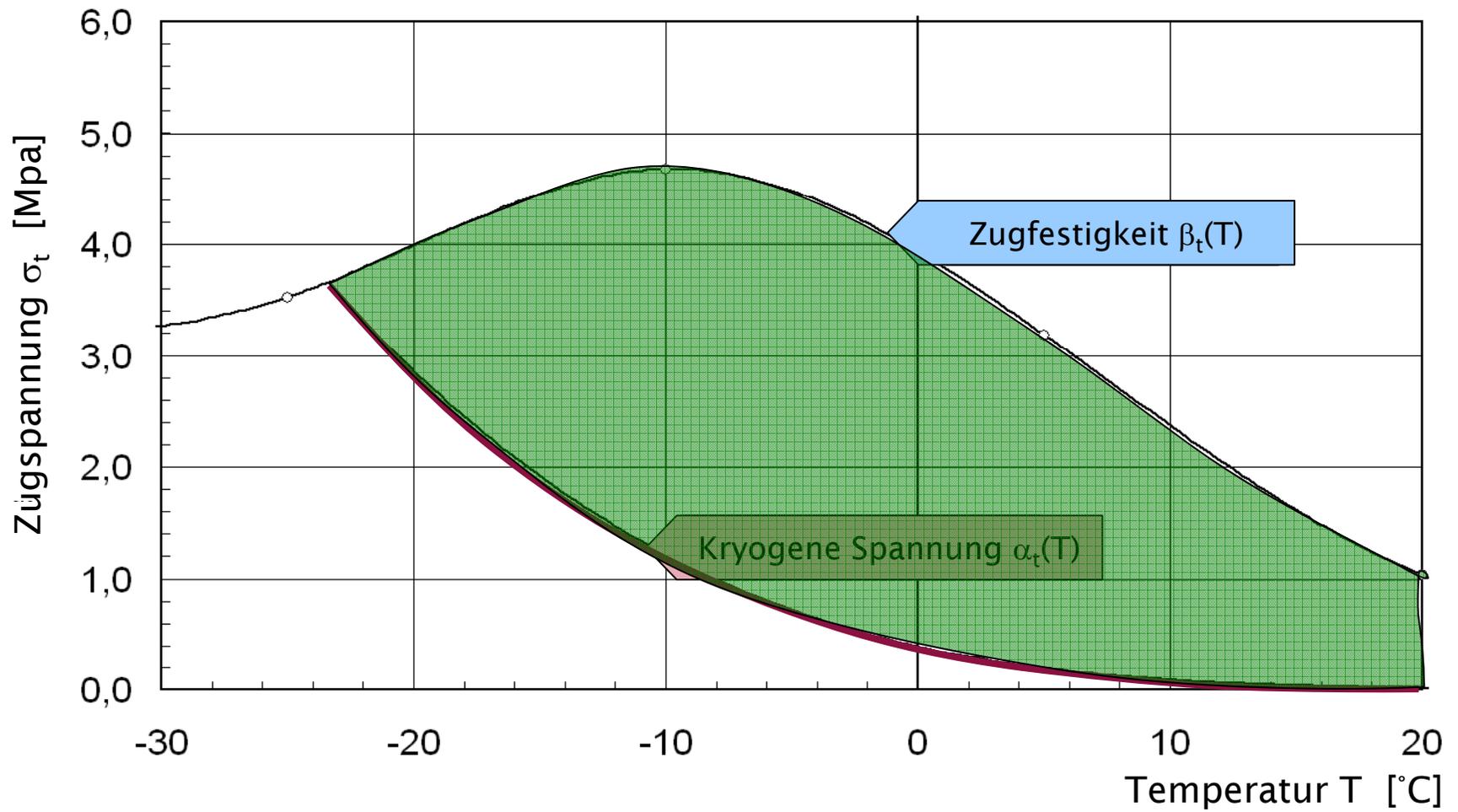
# Ergebnisse des Zugversuchs



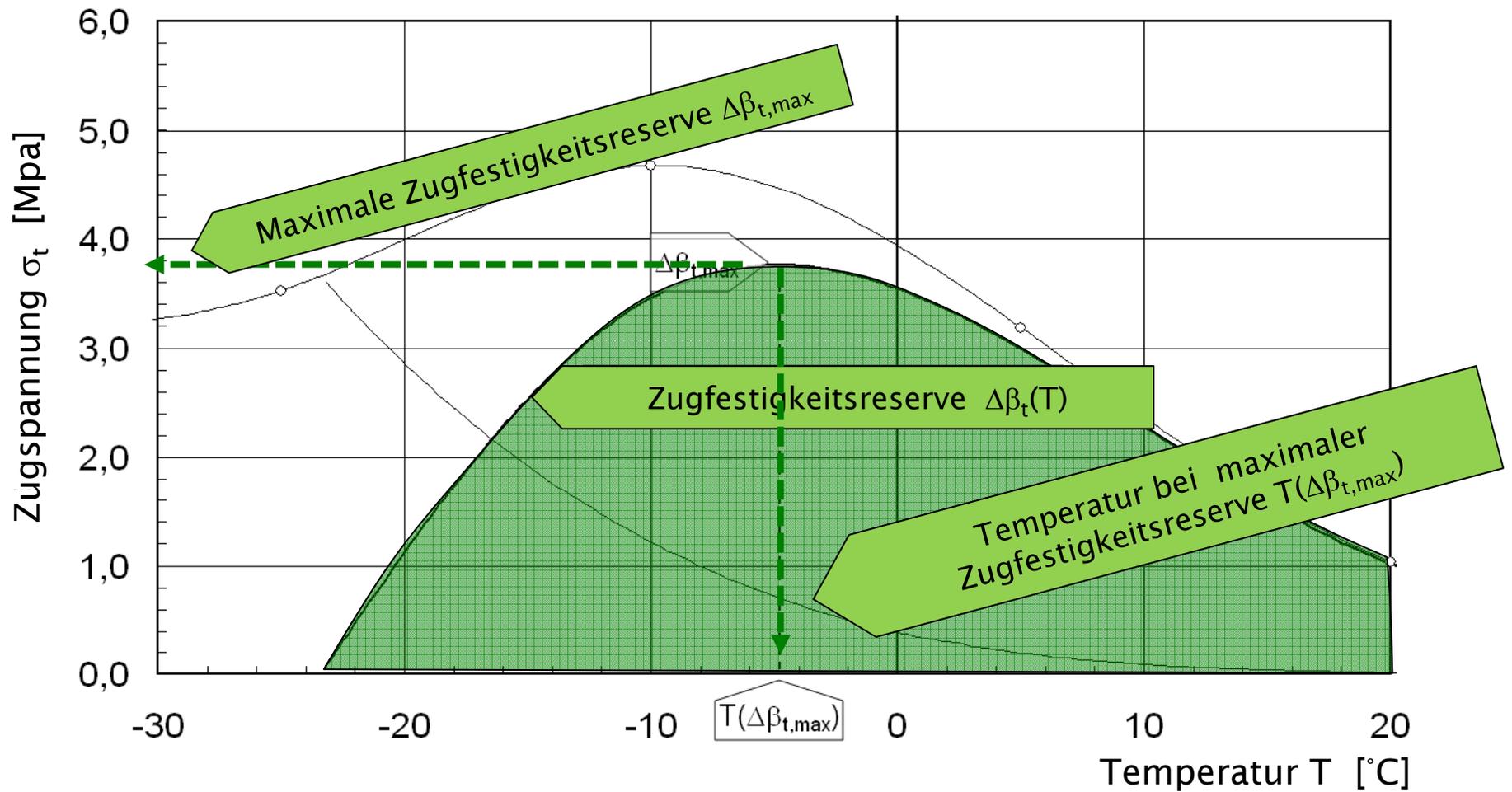
# Ergebnisse des Zugversuchs



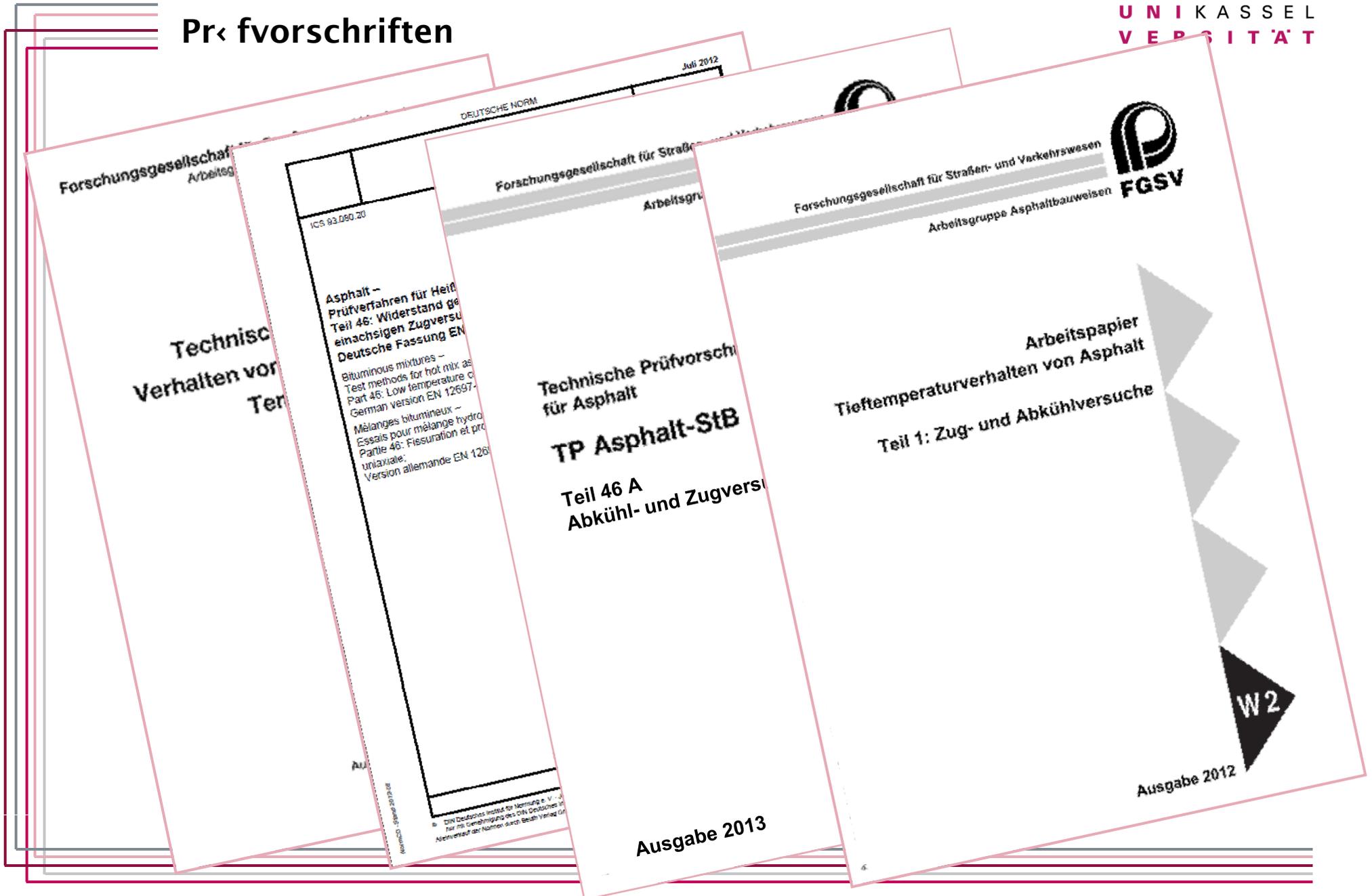
# Ermittlung der Zugfestigkeitsreserve



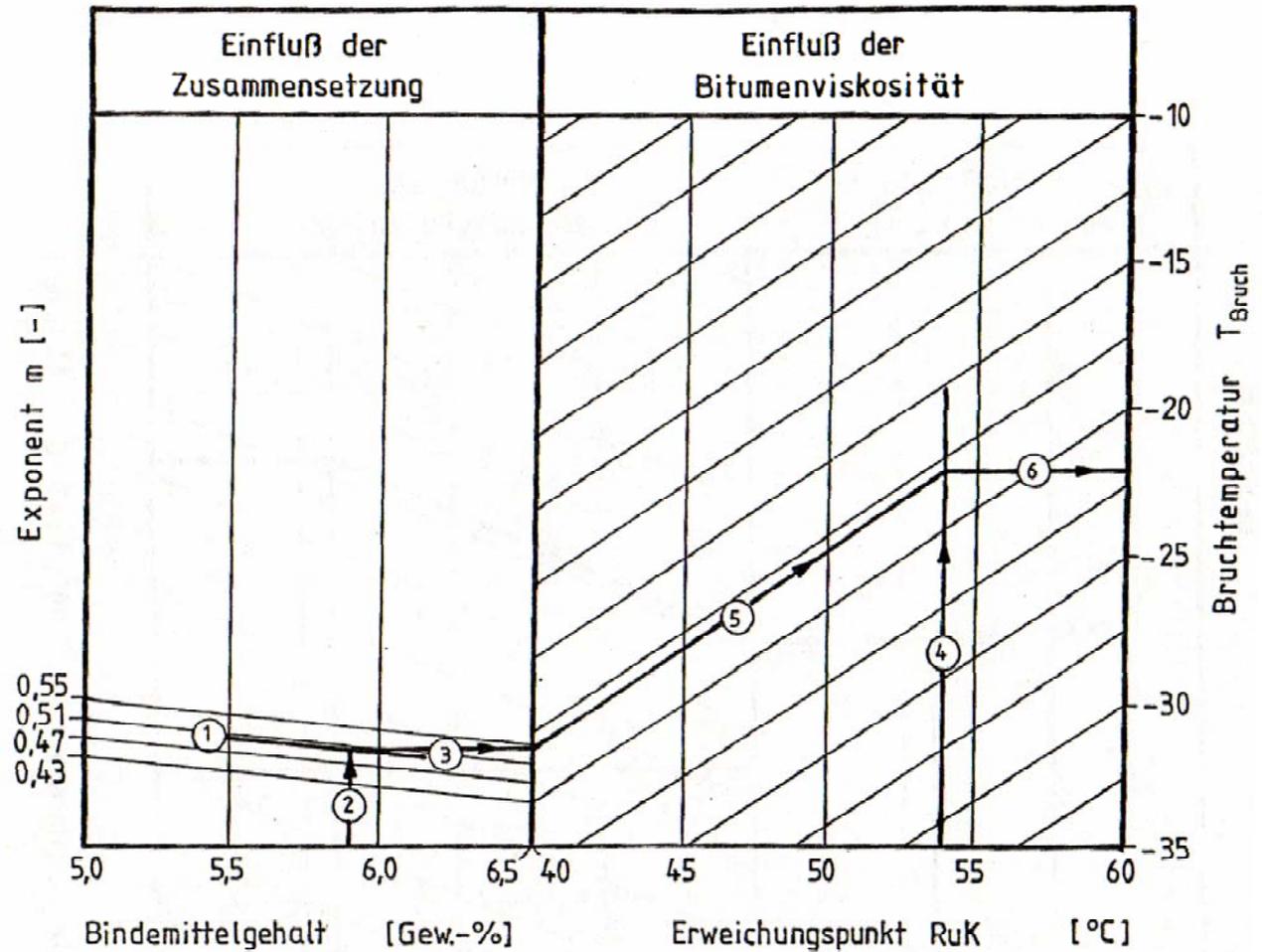
# Ermittlung der Zugfestigkeitsreserve



# Prüfvorschriften



# Einfluss auf den Kfiterisswiderstand : Asphaltbeton



Eulitz, H. (1987): Kälteverhalten von Walzasphalten, Prüftechnische Ansprache und Einfluß kompositioneller Merkmale, Braunschweig

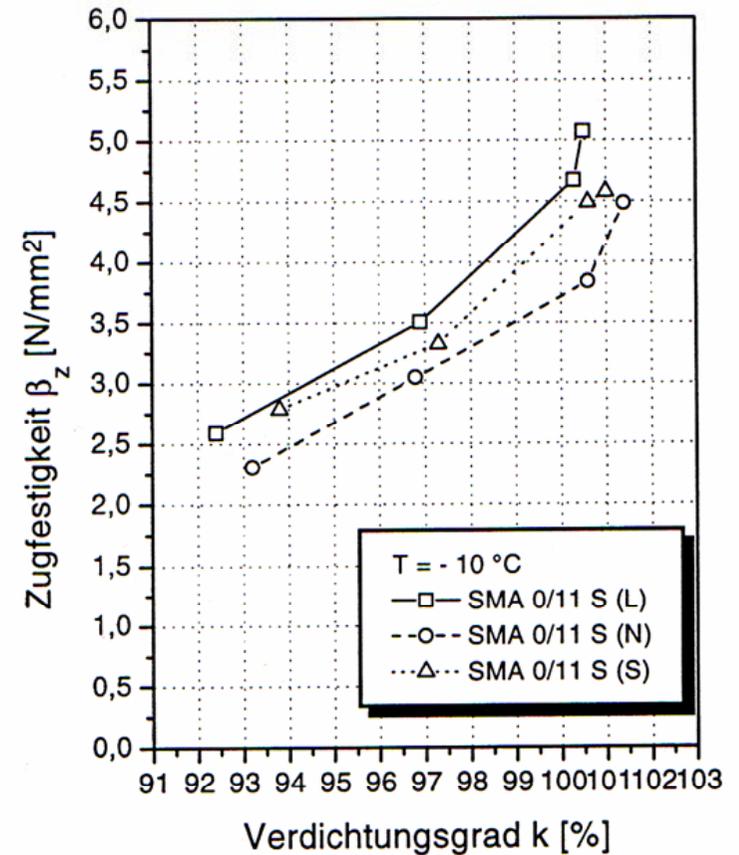
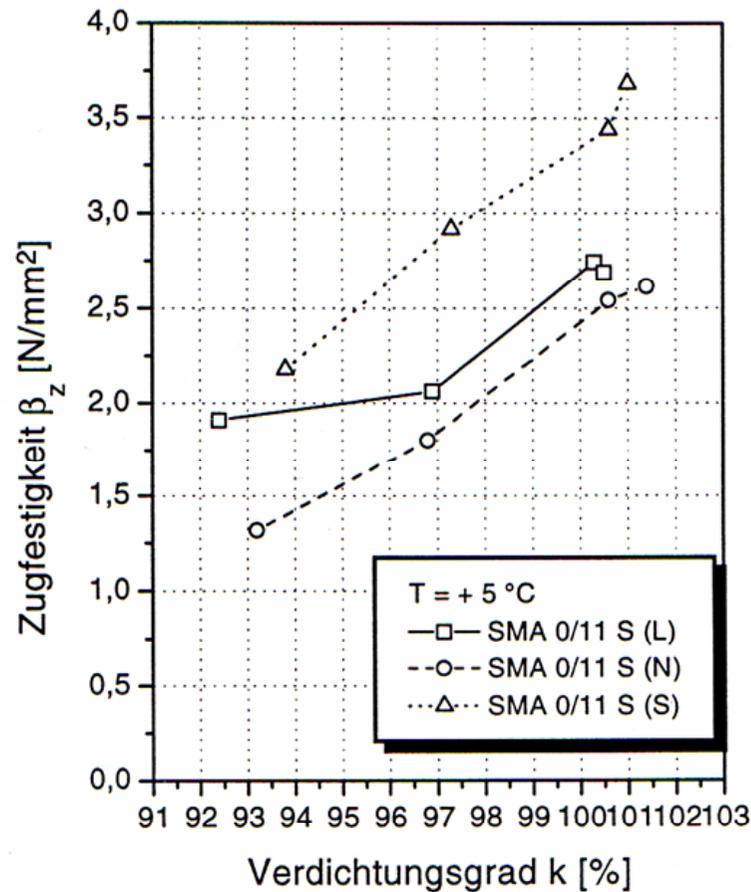
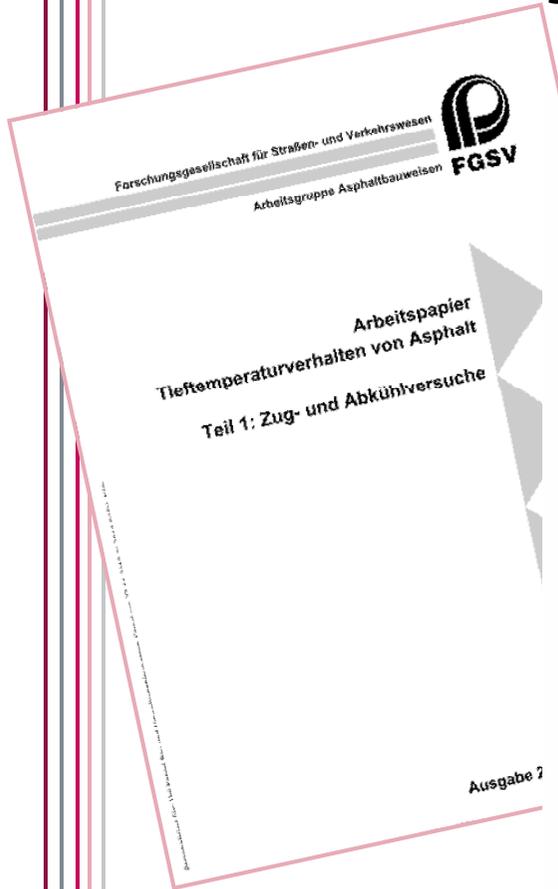
# Einfluss auf den Kfiteriswiderstand: Gussasphalt

Tabelle 1: Relative Veränderungen der Ergebnisse von Abkühlversuchen und von Direkten Zugversuchen durch verschiedene Gussasphalt-Eigenschaften [2]

Gussasphalt-Eigenschaft	Bindemittelgehalt			Bindemittelviskosität Erweichungspunkt Ring und Kugel			Penetrationsindex			Füllergehalt		
Einheit	M.-%			°C			-			M.-%		
Probe	D	S	L	D	S	L	D	S	L	D	S	L
Veränderung (von-bis)	6,5 - 8,5		6,8-8,0	60 - 80		52-64	-1 - +2		-0,6-+0,6	20 - 28		20-28
Bruchspannung	↓	↓	↙	↗	↓	↓	↙	↑	↓	↑	↑	↙
Bruchtemperatur	↗	↑	↙	↑	↑	↑	↓	↓	↙	↑	↓	↗
Zugfestigkeit	+20°C	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↗	↑	↑	↑	↑
	+5°C	↓	↙	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓
	-10°C	↓	↓	↙	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↙
	-25°C	↓	↓	↙	↓	↓	↓	↑	↑	↗	↑	↑
Zugfestigkeitsreserve	+5°C	↓	↙	↙	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↙
	-10°C	↓	↓	↙	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↙
	-25°C	↙	↓	↗	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↗	↑
Probe aus	D = Deckschicht			S = Schutzschicht			L = Laboratorium					
	↗: Anstieg			↑: Sig. Anstieg			↙: Abfall			↓: Sig. Abfall		

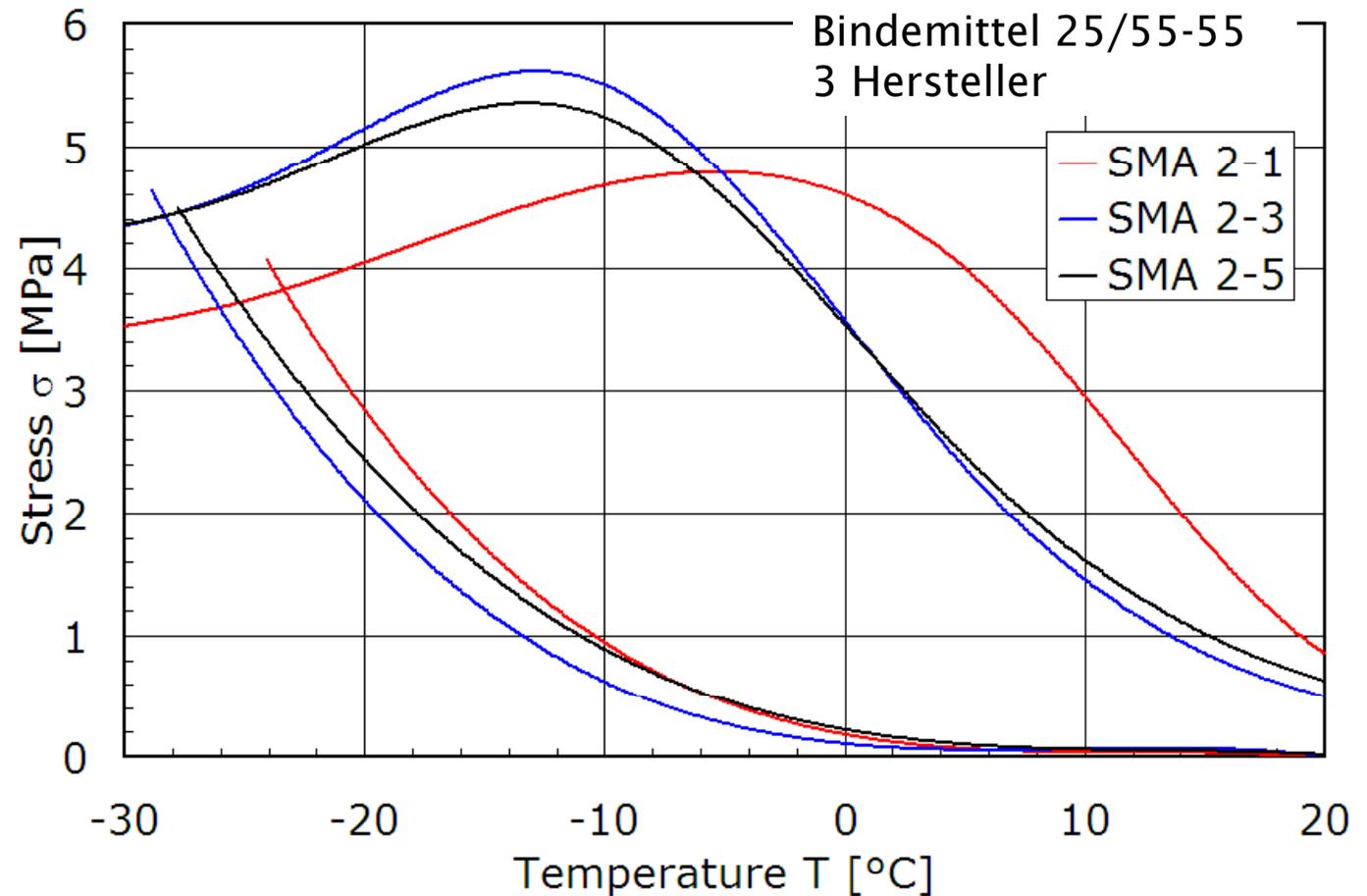
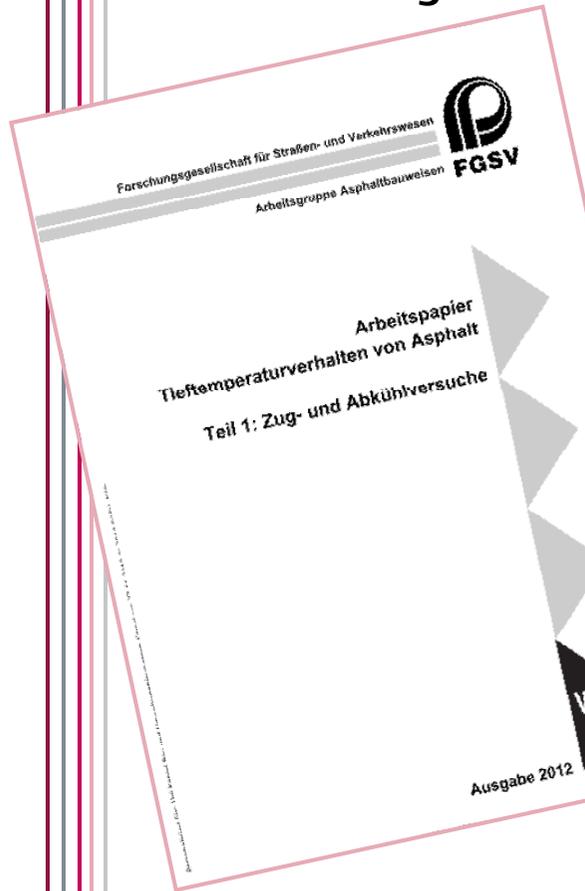
Arand, W.; Hase, M. (1990): Verhalten von Gußasphalten bei tiefen Temperaturen, Teil A: Bewertungshintergrund zur Beurteilung von Gußasphalten, Braunschweig

# Einfluss auf den Kfiteriswiderstand von Asphalt: Verdichtungsgrad



Leutner, R.; Renken, P.; Lühje, U. (2000): Nutzungsdauer von Asphaltbefestigungen in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad, AiF-Forschungsvorhaben Nr. 11239, Braunschweig

## Einfluss auf den Kälte- und Ermüdungswiderstand von Asphalt: PmB gleicher Sorte, verschiedene Hersteller



Renken, P.; Büchler, S.; Mollenhauer, K. 2007: Einfluss von modifizierten Bitumen auf die Kälte- und Ermüdungseigenschaften von Asphalt und deren Veränderung während der Nutzungsdauer, Braunschweig

# Korrelationen zu Bindemittelkennwerten (SMA 11 S)

Korrelationskoeffizient zwischen Asphalt- und Bitumeneigenschaft (lineare Korrelation) $R^2$ [%]		Abkühlversuch			Einaxialer Zugversuch								Zug- festigkeits- reserve	
					Zugfestigkeit				Bruchdehnung					
		Bruch- temperatur	Bruch- spannung	$\sigma_{kry}$ ( $T = -20^\circ\text{C}$ )	+20°C	+5°C	-10°C	-25°C	+20°C	+5°C	-10°C	-25°C	Max. Zug- Res. $\Delta\beta_{t,Max}$	Temperatur $T(\Delta\beta_{t,Max})$
Stand- dard	Erweichungspunkt	4	51	13	52	12	54	27	6	7	17	17	35	1
	Penetration	60	6	97	81	79	6	18	58	55	37	29	19	61
	El. Rückstellung	16	74	0	11	0	50	23	17	22	23	23	38	1
	Maximale Kraft	30	0	75	97	80	0	4	25	23	7	7	0	60
DSR	$G^*(60^\circ\text{C}; 1,59 \text{ Hz})$	30	0	80	95	70	1	3	23	20	9	9	0	44
	$\delta(60^\circ\text{C}; 1,59 \text{ Hz})$	33	81	0	11	0	87	54	39	44	49	47	71	7
BBR	S (-16°C)	68	22	77	49	66	25	31	73	75	52	40	40	62
	m (-16°C)	59	12	83	61	69	13	25	62	60	42	32	27	61
	T (S=300 MPa)	49	6	78	67	73	8	12	51	53	31	19	18	57
	m (S = 300 MPa)	65	13	82	52	69	16	26	67	65	54	31	33	57

Wistuba, Mollenhauer, Metzker (2009). Assessing low-temperature properties of asphalt materials by means of static testing techniques. BCRA Conference 2009

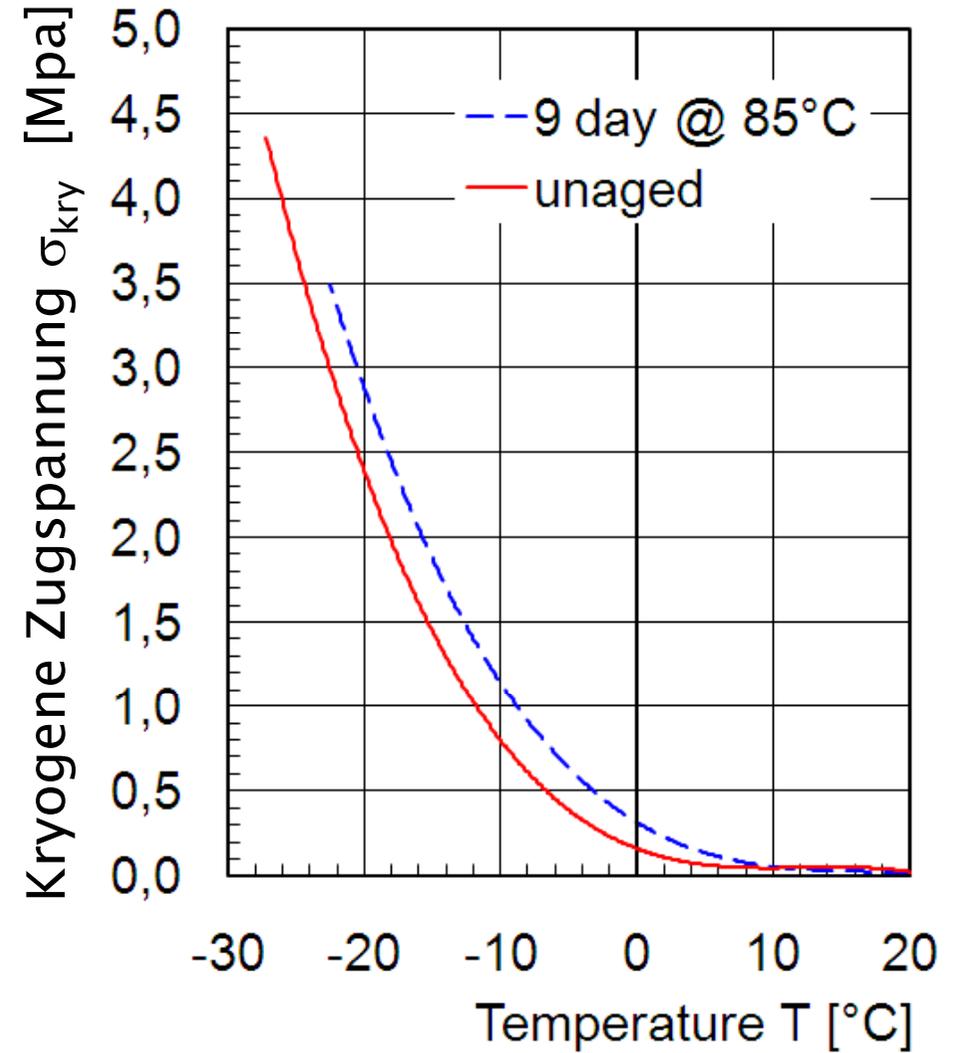
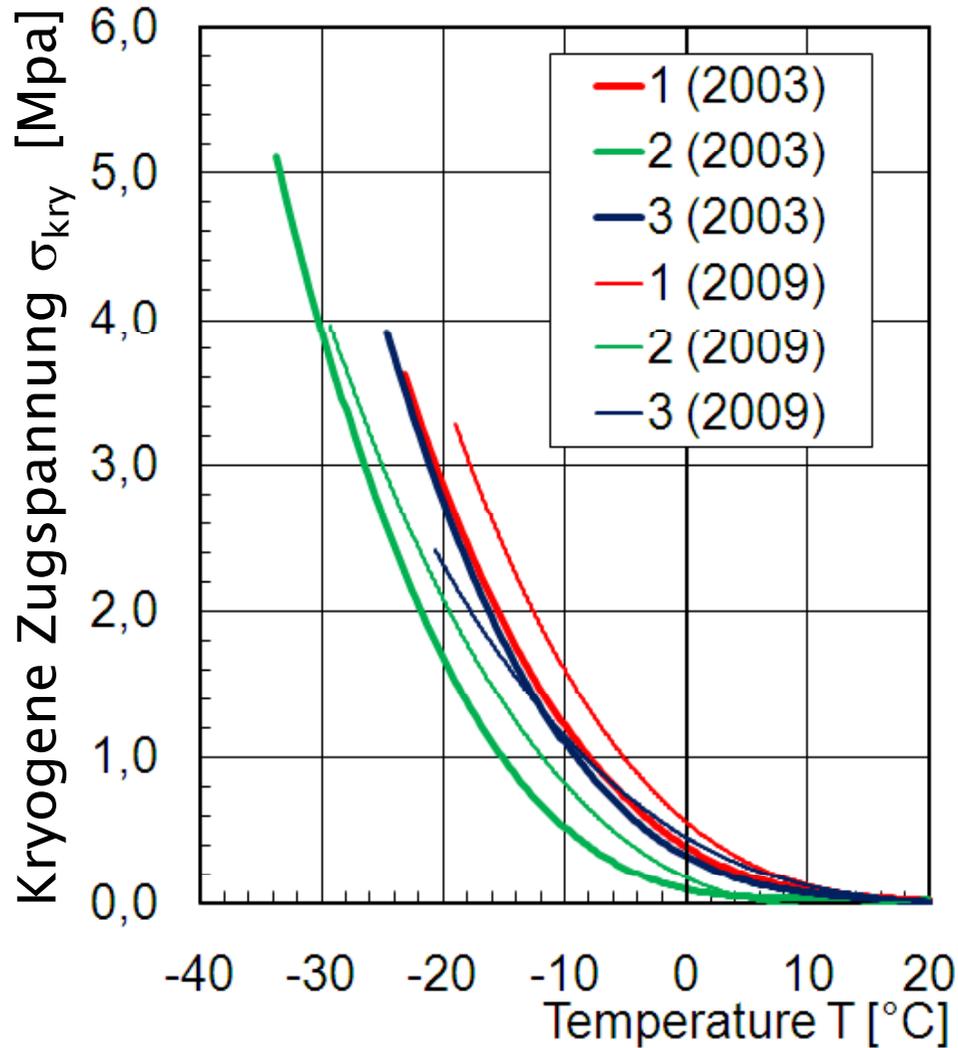
## Alterung von Asphalt in Situ und im Labor

- **Erprobung eines Laboralterungsverfahrens für Asphaltmischgut**
  - **Validierung an Slowenischen Autobahnbefestigungen (SMA 11 mit unterschiedlichen PmB)**
    - Strecke 1, Einbau 1997, starke Rissbildung
    - Strecke 1: Einbau 1998, keine Risse
    - Strecke 3: Einbau 1997, mäßige Rissbildung
  - **Probenahme und Durchführung von Abkühl- und Zugversuchen**
    - 2003
    - 2009
- (6 a Nutzungsdauer)**

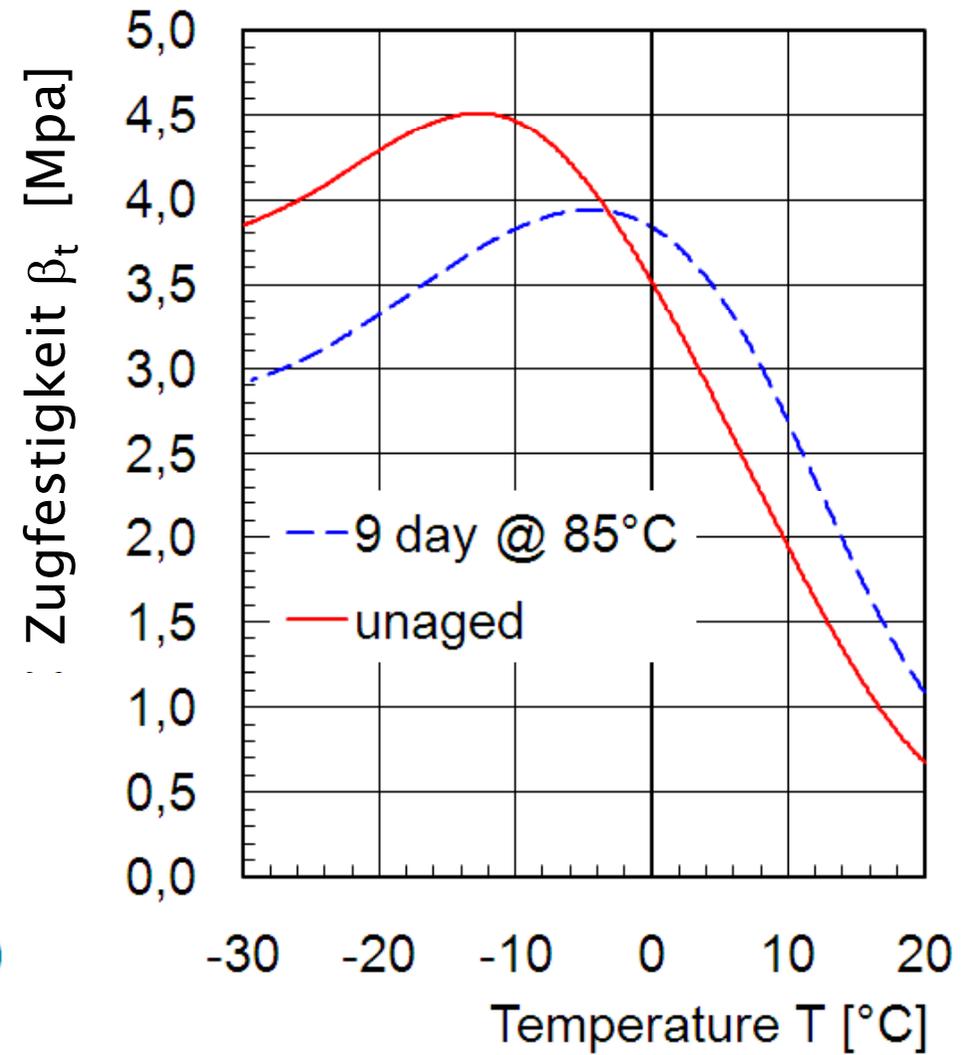
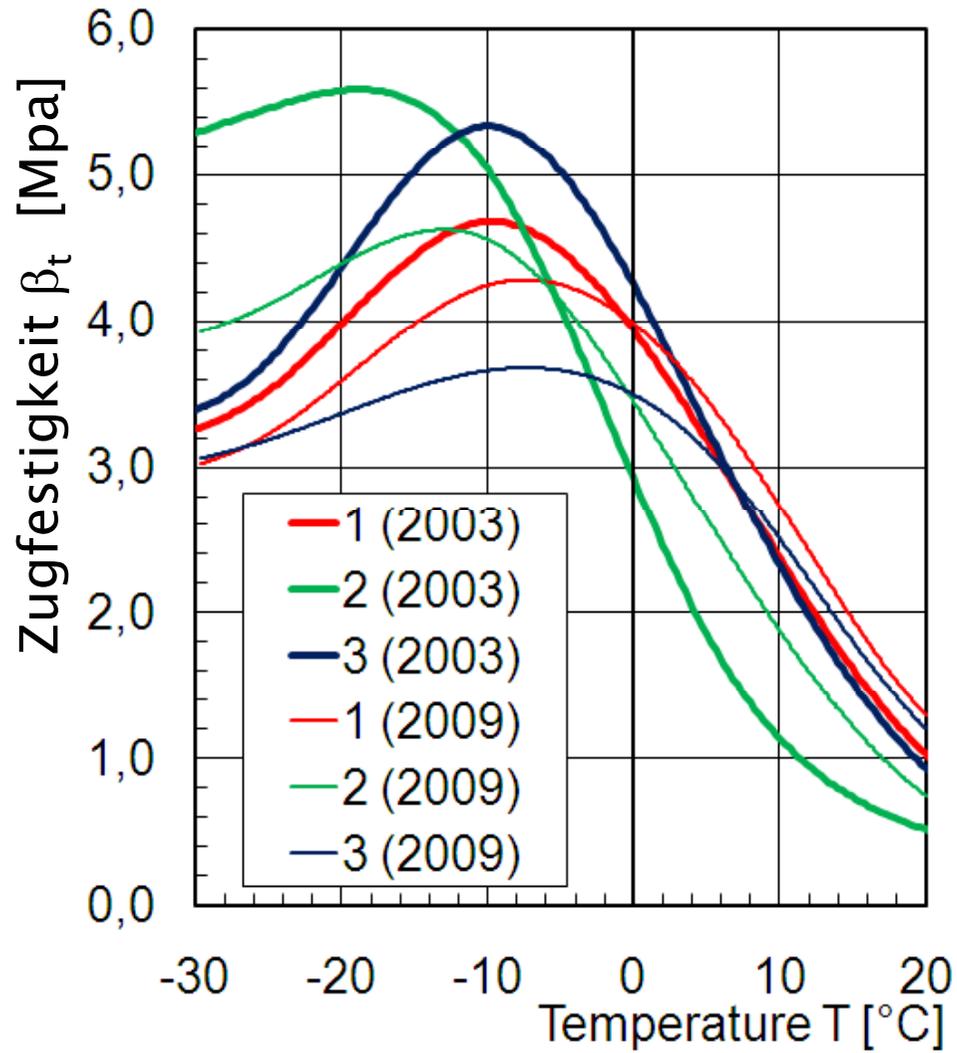
Mollenhauer, Moulliet, Pierard, Tusar & Gabet. 2012.  
Chemical and physical compatibility of new and aged  
binders from RA, Re-Road eliverable D2.3



## Vergleich der Alterung in Situ (links) und im Labor (rechts)



## Vergleich der Alterung in Situ (links) und im Labor (rechts)



- **Lebensdauerrelevante Asphalteigenschaft**
- **Erprobte, anerkannte Prüfverfahren für die Performance-Prüfung aller Asphaltarten (Deck- und Binderschichten) AC D, AC B, SMA, MA, PA**
- **Kategorien werden in neuen DIN EN 13108 eingeführt**
- **Umfangreicher Erfahrungshintergrund vorhanden**
- **Europaweit standardisierte Prüfverfahren**
- **Geeignete Prüfgeräte von mehreren Herstellern verfügbar**
- **Erfolgreicher Einsatz in Forschungsstellen und Prüfinstituten**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

