



**RUB**

**LVW**

**Bitumen –  
Kennwerte zur Qualitätsbewertung,  
zur Wiederverwendung  
und aus Datensammlungen**

1. Begriffe und Grundlagen
2. Prüfmethoden (Vergangenheit – Heute – Zukunft)
3. Weiterführende Erkenntnisse aus rheologischen Prüfungen
4. Asphaltwiederverwendung – Änderungen im Regelwerk?
5. Fazit und Ausblick

# Begriffe und Definitionen

## Bitumen

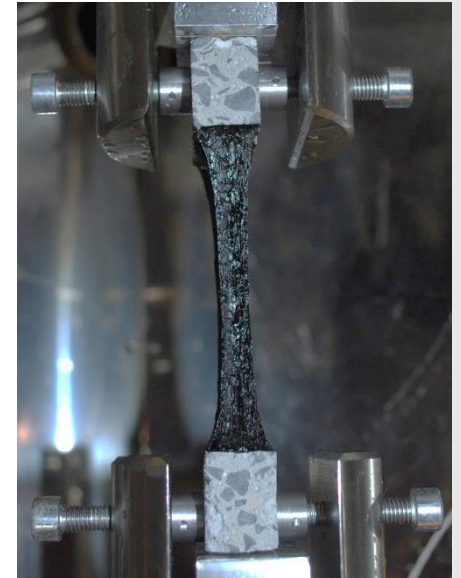
Ein durch Destillation aus Erdöl gewonnenes Gemisch aus verschiedenen organischen Stoffen.

Lateinischer Ursprung: *bitūmen*: Erdpech

## Qualität

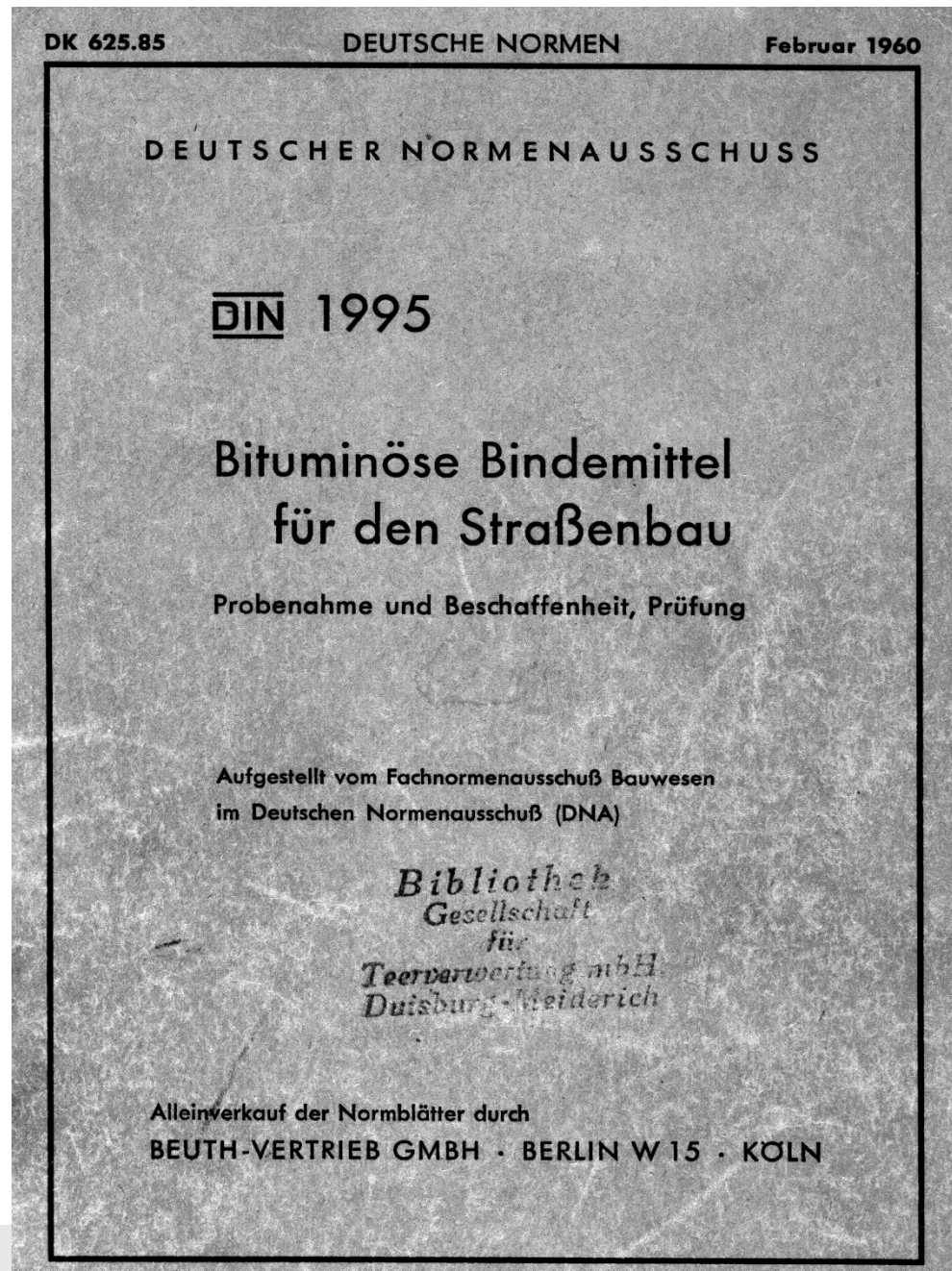
Übereinstimmung von Leistungen mit Ansprüchen

Lateinischer Ursprung: *qualitas* = Beschaffenheit, Merkmal, Eigenschaft, Zustand



# Anforderungen im Regelwerk (DIN 1995 aus dem Jahr 1960)

RUB



LWW

# Veränderungen der Anforderungen im Regelwerk

(Vergleich 1960 - heute)

1960



	Bezeichnung						Prüfverfahren	
	B 300	B 200	B 80	B 65	B 45	B 25		B 15
1. Penetration (100 g, 5 s, 25°C) in zehntel mm	250 bis 320	160 bis 210	70 bis 100	50 bis 70	35 bis 50	20 bis 30	10 bis 20	U 3
2. Erweichungspunkt Ring und Kugel (°C)	27 bis 37	37 bis 44	44 bis 49	49 bis 54	54 bis 59	59 bis 67	67 bis 72	U 4
3. Brechpunkt nach Fraaß höchstens (°C)	-20	-15	-10	-8	-6	-2	+3	
4. Asche höchstens <sup>3)</sup> Gew.-%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
5. Unlösliches abzgl. Asche höchstens Gew.-%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
6. Cyclohexan-Unlösliches abzgl. Asche höchstens Gew.-%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
7. Duktilität bei 15°C mindest. cm bei 25°C mindest. cm	100 —	— 100	— 100	— 100	— 40	— 15	— 5	
8. Paraffin höchstens Gew.-%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
9. Dichte bei 25°C mindestens	0,99	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
10. Gewichtsverlust bei 163°C in 5 Stunden höchstens %	2,5	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	
11. Anstieg des Erweichungspunktes R. u. K. nach dem Erhitzen höchstens °C	10	10	10	10	10	8	6	
12. Brechpunkt nach dem Erhitzen höchstens (°C)	-15	-10	-8	-6	-5	±0	+5	
13. Verminderung der Penetration nach dem Erhitzen höchstens %	60	60	60	60	60	50	40	
14. Duktilität nach dem Erhitzen bei 15°C mindest. cm bei 25°C mindest. cm	50 —	— 50	— 50	— 50	— 15	— 5	— 2	

Spanne: 5 °C

2016

Spanne: 8 °C

Tabelle 1: Anforderungen an Straßenbaubitumen

Merkmal oder Eigenschaft	Einheit	Prüfmethode	Sorten				
			20/30	30/45	50/70	70/100	160/220
Penetration bei 25 °C	0,1 mm	DIN EN 1426	20 bis 30	30 bis 45	50 bis 70	70 bis 100	160 bis 220
Erweichungspunkt Ring und Kugel	°C	DIN EN 1427	55 bis 63	52 bis 60	46 bis 54	43 bis 51	35 bis 43
Flammpunkt	°C	DIN EN ISO 2592	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Löslichkeit	%	DIN EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
Penetrationsindex		DIN EN 12591, Annex A	NR	NR	NR	NR	NR
Kinematische Viskosität bei 135 °C	mm <sup>2</sup> /s	DIN EN 12595	NR	NR	NR	NR	NR
Dynamische Viskosität bei 60 °C	Pa · s	DIN EN 12596	NR	NR	NR	NR	NR
Brechpunkt nach Fraaß	°C	DIN EN 12593	—	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -15
Beständigkeit gegen Verhärtung unter Einfluss von Wärme und Luft nach DIN EN 12607-1 bei 163 °C:							
verbleibende Penetration	%	DIN EN 1426	≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 37
Zunahme des Erweichungspunktes Ring und Kugel	°C	DIN EN 1427	≤ 8	≤ 8	≤ 9	≤ 9	≤ 11
Massenänderung <sup>a)</sup>	%	DIN EN 12607-1	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 1,0

<sup>a)</sup> Die Massenänderung kann positiv oder negativ sein.

Zusätzliche Prüfverfahren zur Erfahrungssammlung

Prüfverfahren	Einheit	Prüfmethode	20/30	30/45	50/70	70/100	160/220
Kraftduktilität bzw. Formänderungsarbeit	—	Abschnitt 5.2	IA	IA	IA	IA	IA
Verformungsverhalten im dynamischen Scherrheometer (DSR)	—	Abschnitt 5.3	IA	IA	IA	IA	IA
Verhalten bei tiefen Temperaturen Biegebalkenrheometer (BBR)	—	Abschnitt 5.4	IA	IA	IA	IA	IA

NR = Keine Anforderung      IA = Ist anzugeben

Die Anforderungen im Regelwerk definieren unsere Ansprüche!

Stimmen die Leistungen mit den Ansprüchen überein?



# Welche wesentlichen Ansprüche an eine Asphaltstraße haben wir?



# Begriffe und Definitionen

## Rheologie

Ein Teilgebiet der Physik (Mechanik), das sich mit den Erscheinungen, die beim Fließen und Verformen von Stoffen unter Einwirkung äußerer Kräfte auftreten, befasst.

Altgriechischer Ursprung:  $\rho\epsilon\acute{\iota}\nu$  (*rhein*): fließen  
 $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\varsigma$  (*logos*): Lehre

## Viskosität

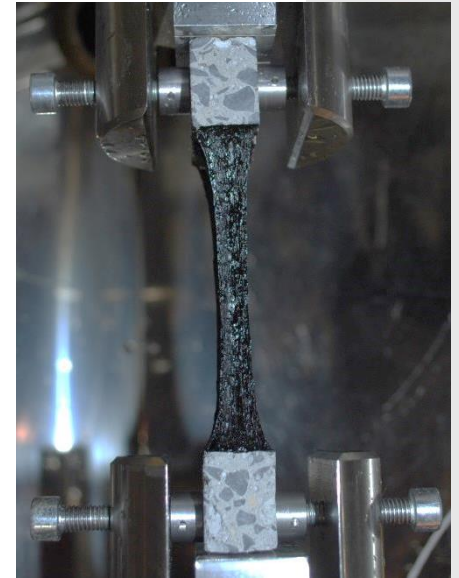
Maß für die Zähigkeit eines Stoffes (Fluids).

Spätlateinischer Ursprung: *viscosus*: klebrig, zäh

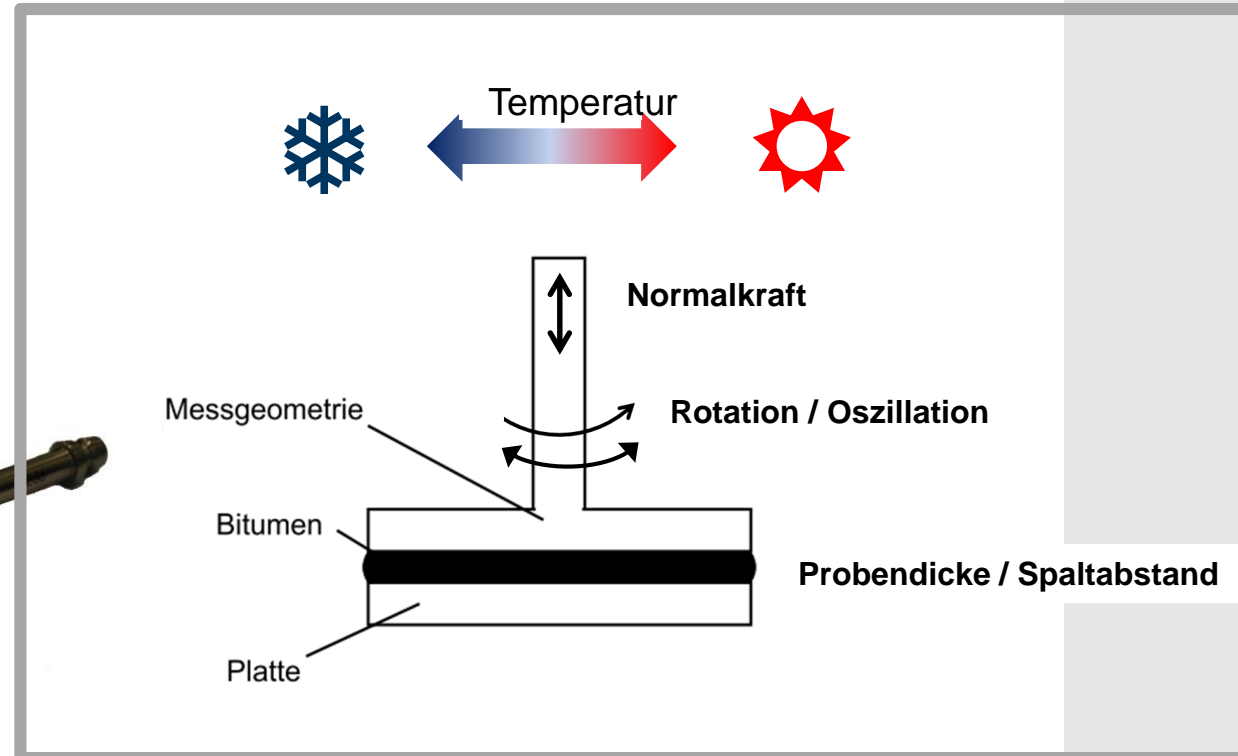
## Elastizität

Eigenschaft eines Stoffes, unter Krafteinwirkung seine Form zu verändern und bei Wegfall der Kraft die Ursprungsform wieder einzunehmen.

Griechischer Ursprung: *elastrein, elaunein*: treiben, stoßen



# Rheologische Untersuchungen und variable Randbedingungen mit dem DSR





# Kompl. Schermodul + Phasenwinkel (DSR)

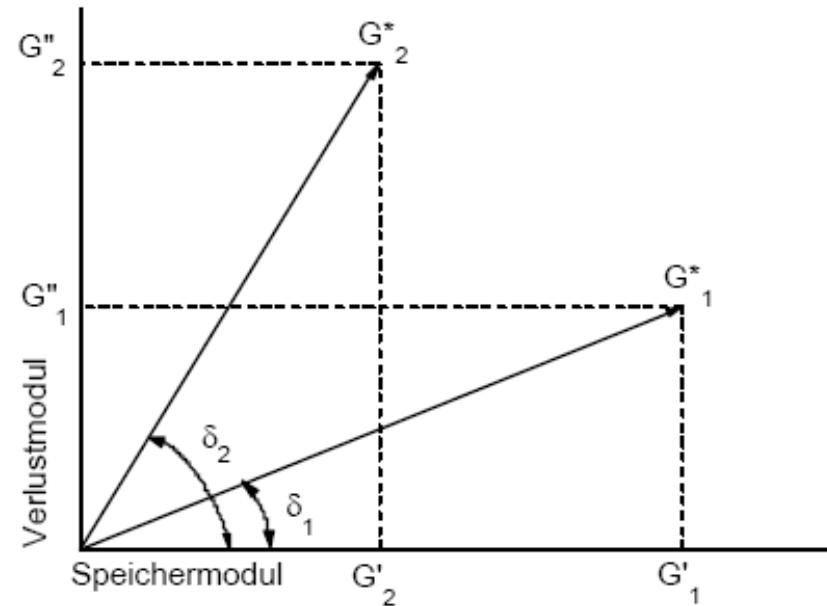
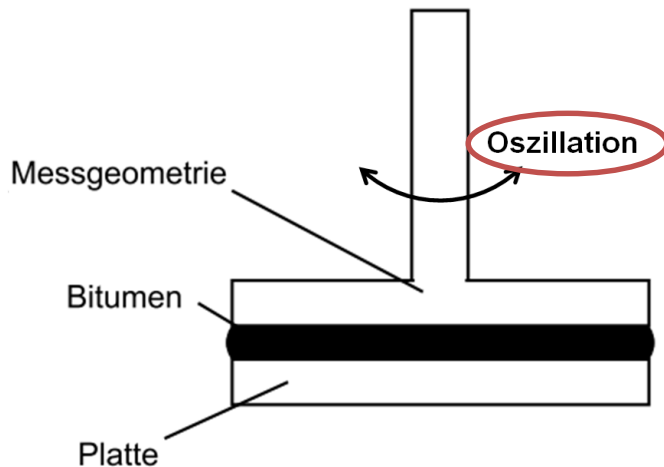
## Komplexer Scher-/Schubmodul $G^*$

Maß für den Widerstand gegenüber Scherverformungen

$$G^* = \tau_{(t)} / \gamma_{(t)}$$

mit:  $\tau_{(t)}$  = Scherspannung

$\gamma_{(t)}$  = Deformation



Speichermodul (elastischer Anteil):

$$G' = G^* \cdot \sin \delta$$

Verlustmodul (viskoser Anteil):

$$G'' = G^* \cdot \cos \delta$$

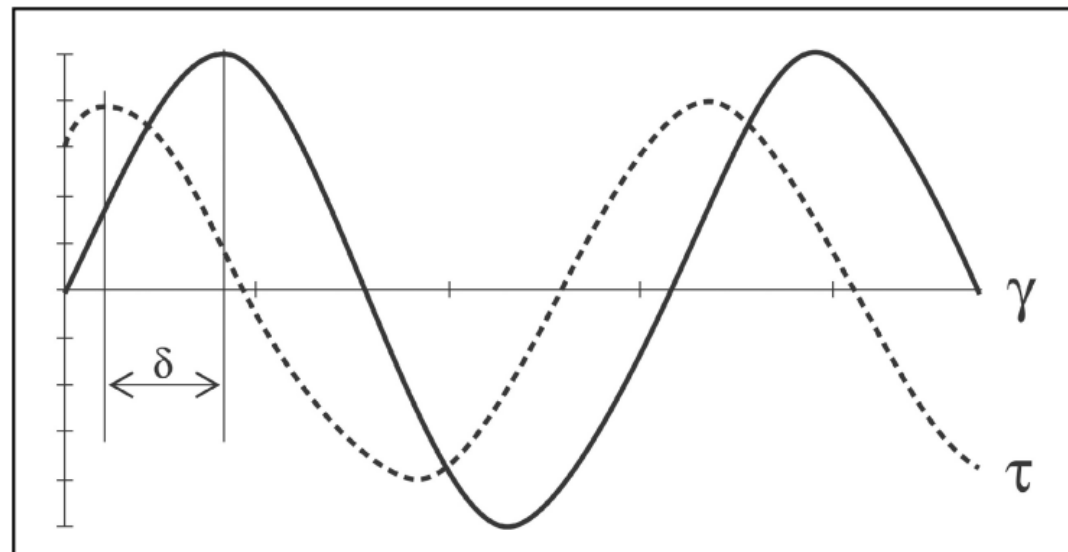
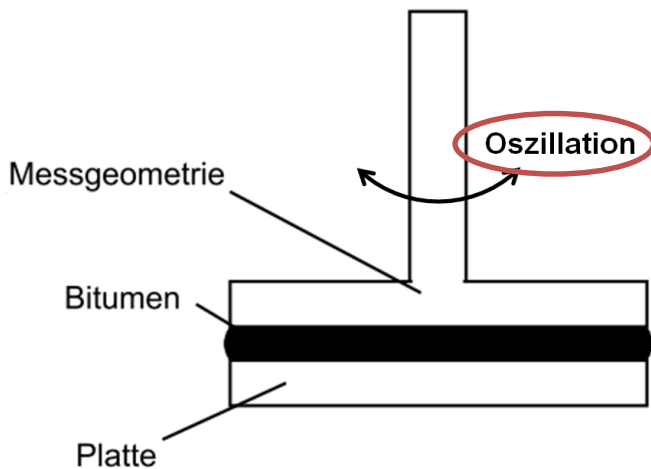
## Phasenwinkel $\delta$

Maß für das Verhältnis von elastischen und viskosen Verformungsanteilen

elastisch

$$0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$$

viskos

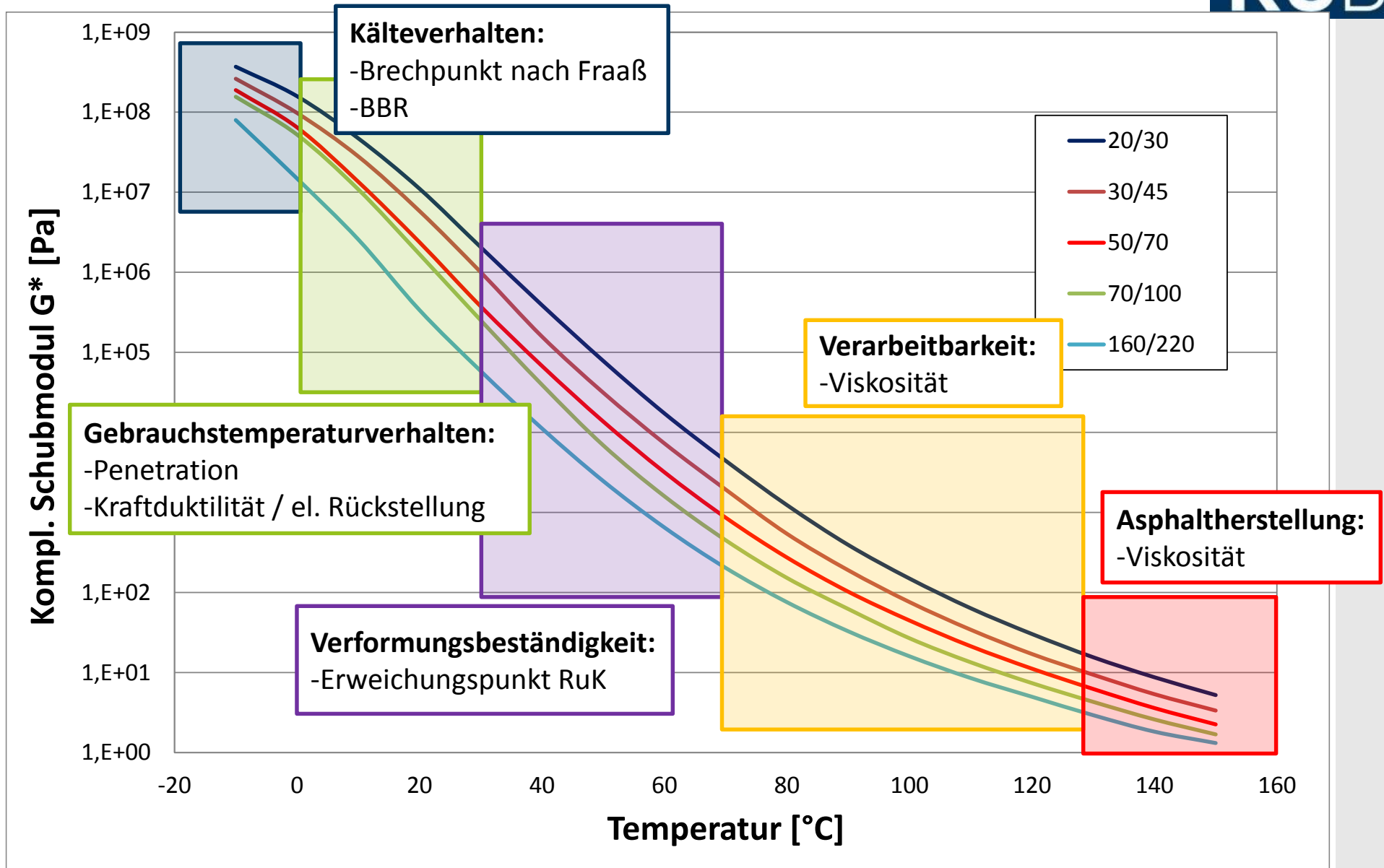


**Phasenwinkel:**

Beschreibt die gegenüber der aufgetragenen Scherspannung zeitverzögerte Deformation

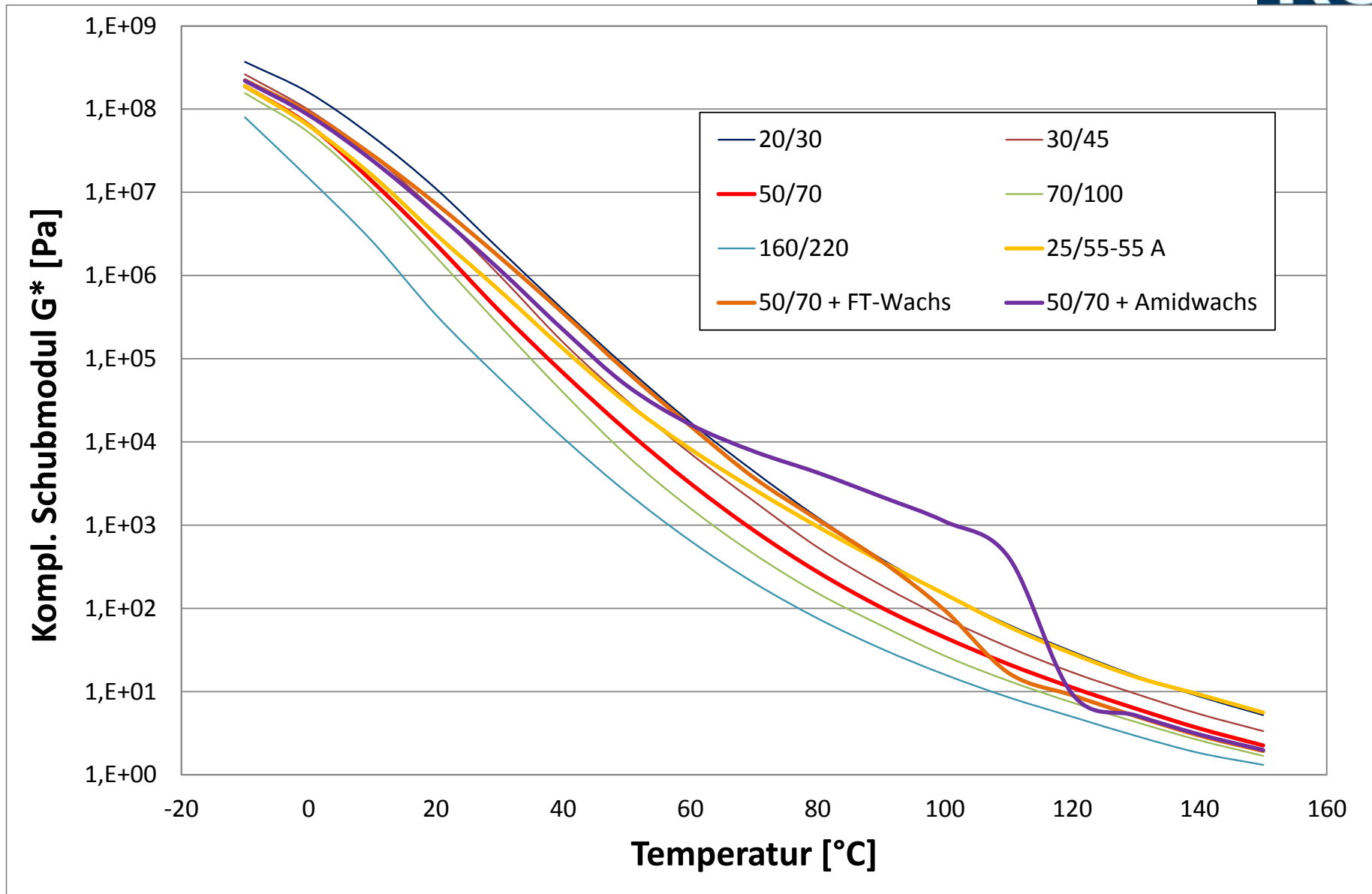
# Komplexer Schubmodul – Temperatur-Sweep

Umfassendes Aussagespektrum zur Rheologie (Straße+Autobahn 7/2012)



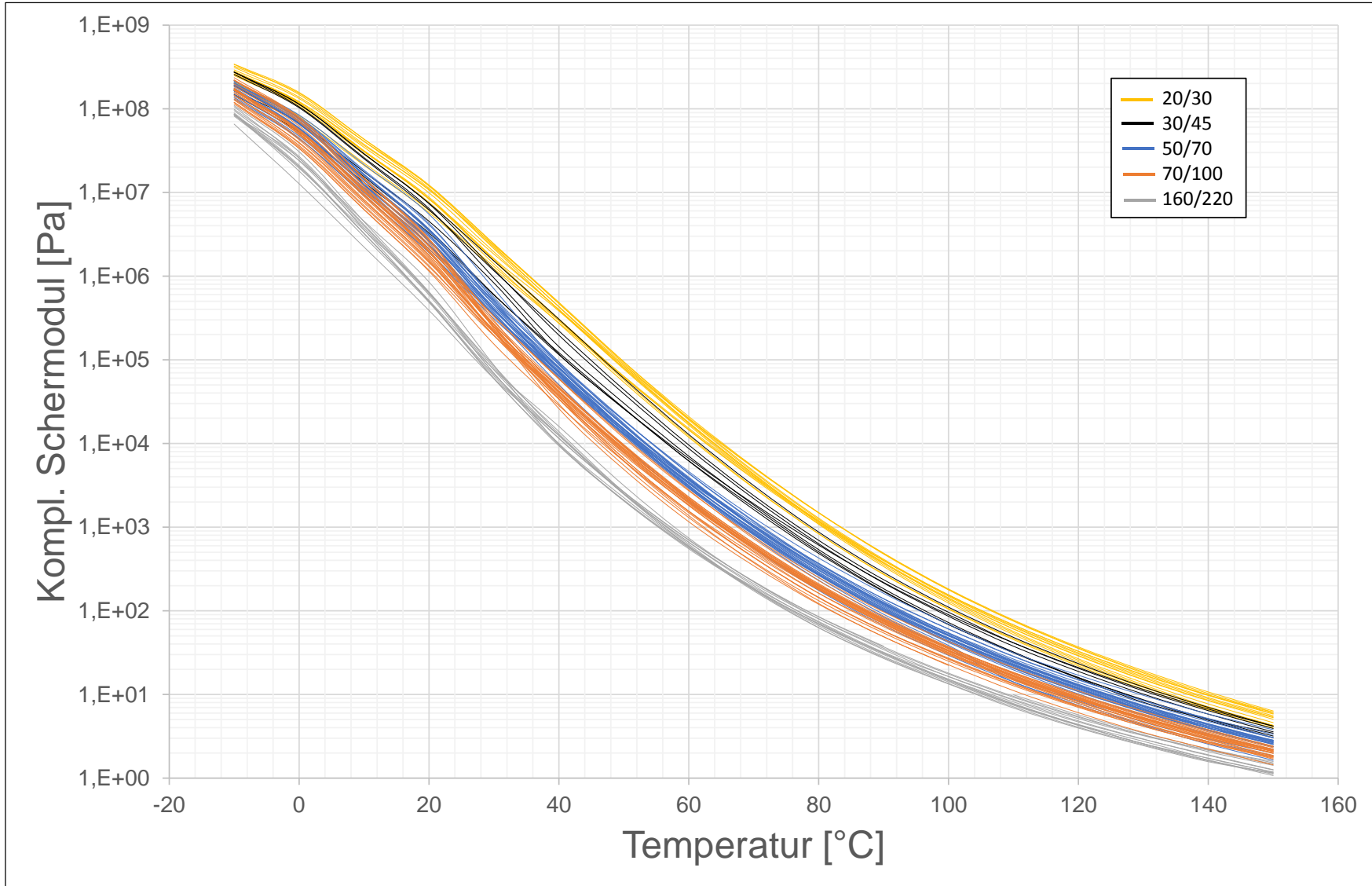
# Komplexer Schubmodul – Temperatur-Sweep

Umfassendes Aussagespektrum zur Rheologie (Straße+Autobahn 7/2012)

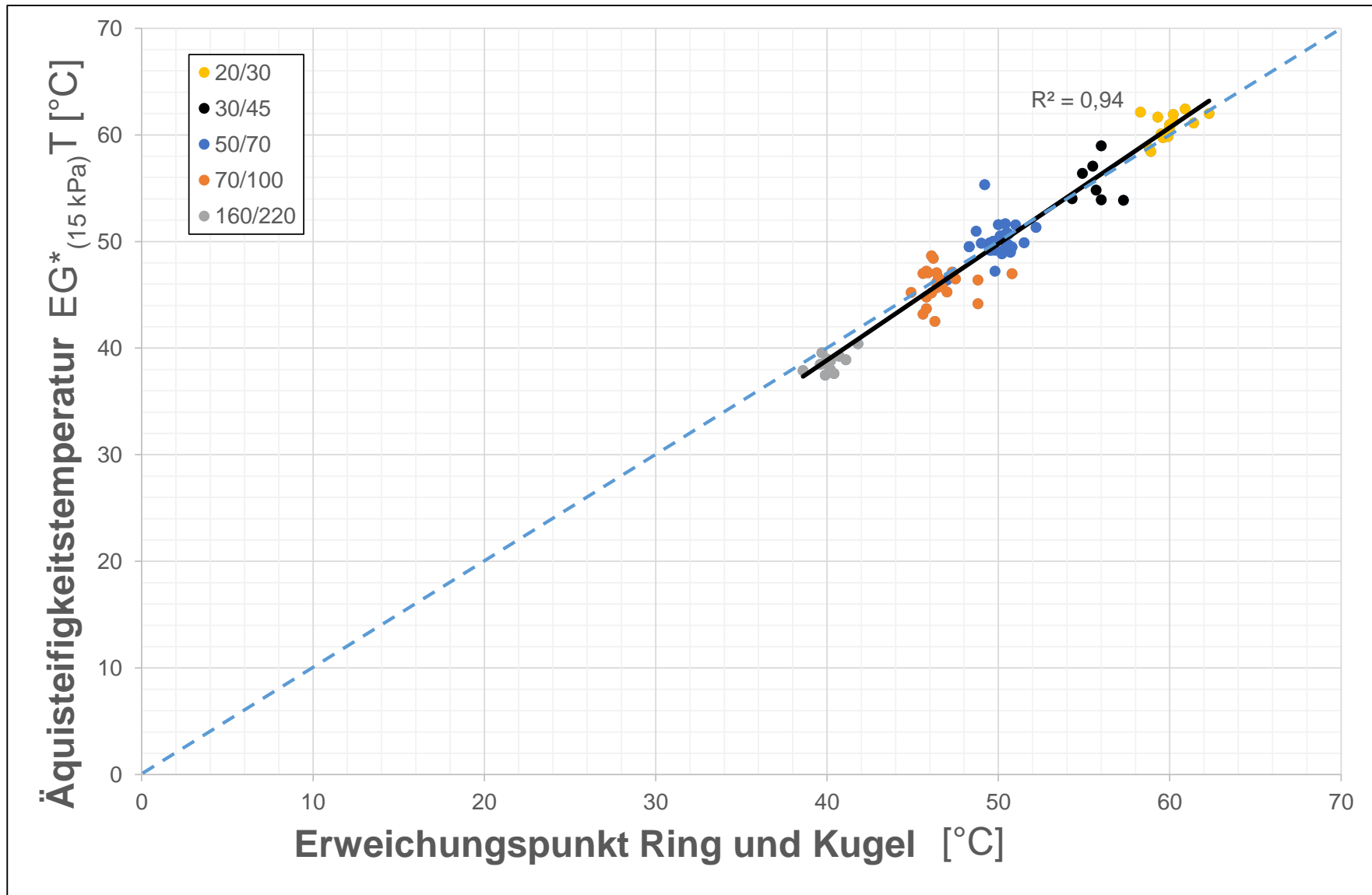


# DSR-Temperatur-Sweep der Straßenbaubitumen

komplexer Schermodul der Bitumensorten, aus Aif 16639 N/1 (90 Proben)

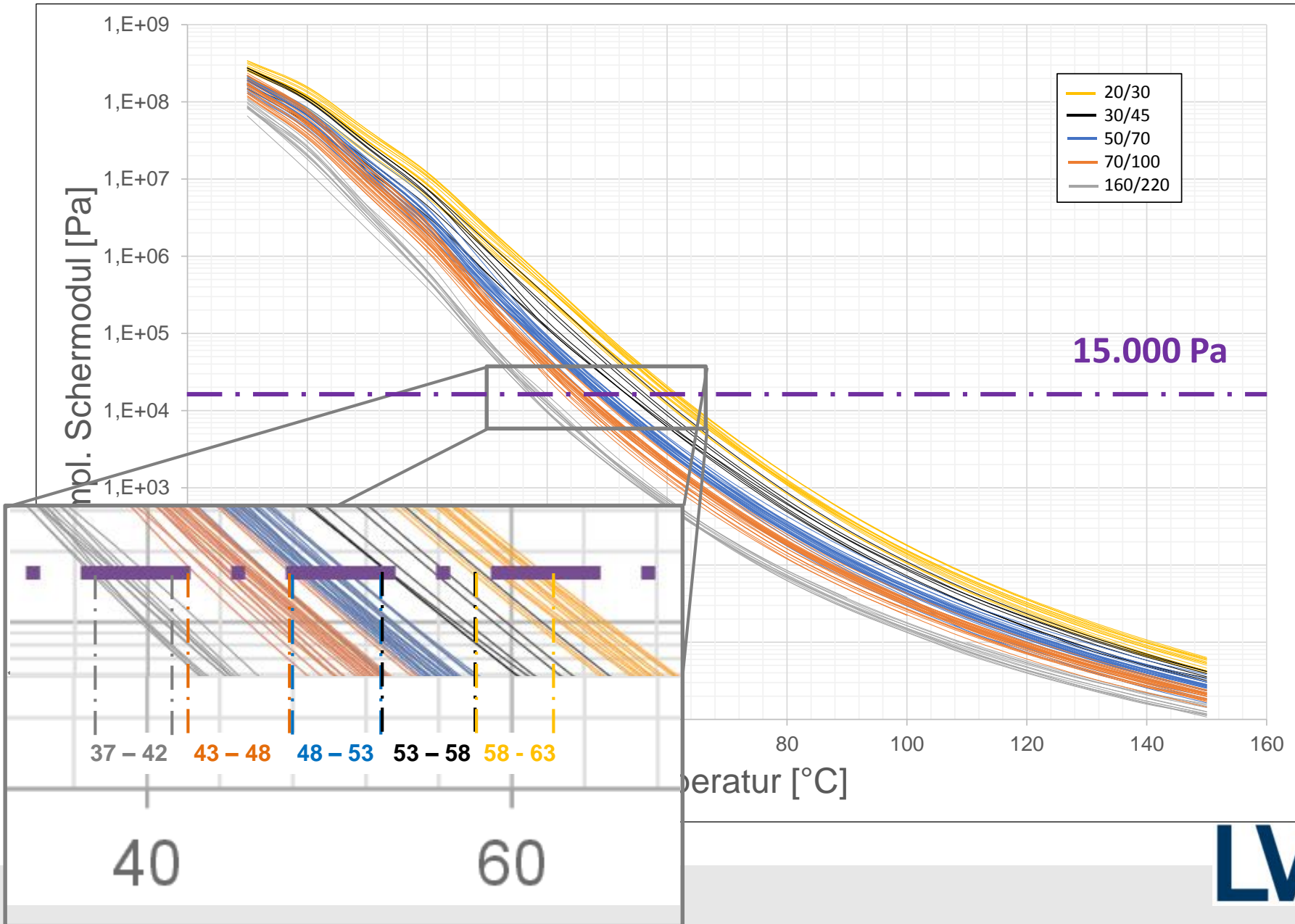


# Zusammenhang zwischen komplexem Schermodul und Erweichungspunkt Ring und Kugel



# DSR-Temperatur-Sweep der Straßenbaubitumen

komplexer Schermodul der Bitumensorten, aus Aif 16639 N/1 (90 Proben)



# Bundesweite Datensammlung

## DSR-Temperatur-Sweep des komplexen Schermoduls: Bitumen 50/70

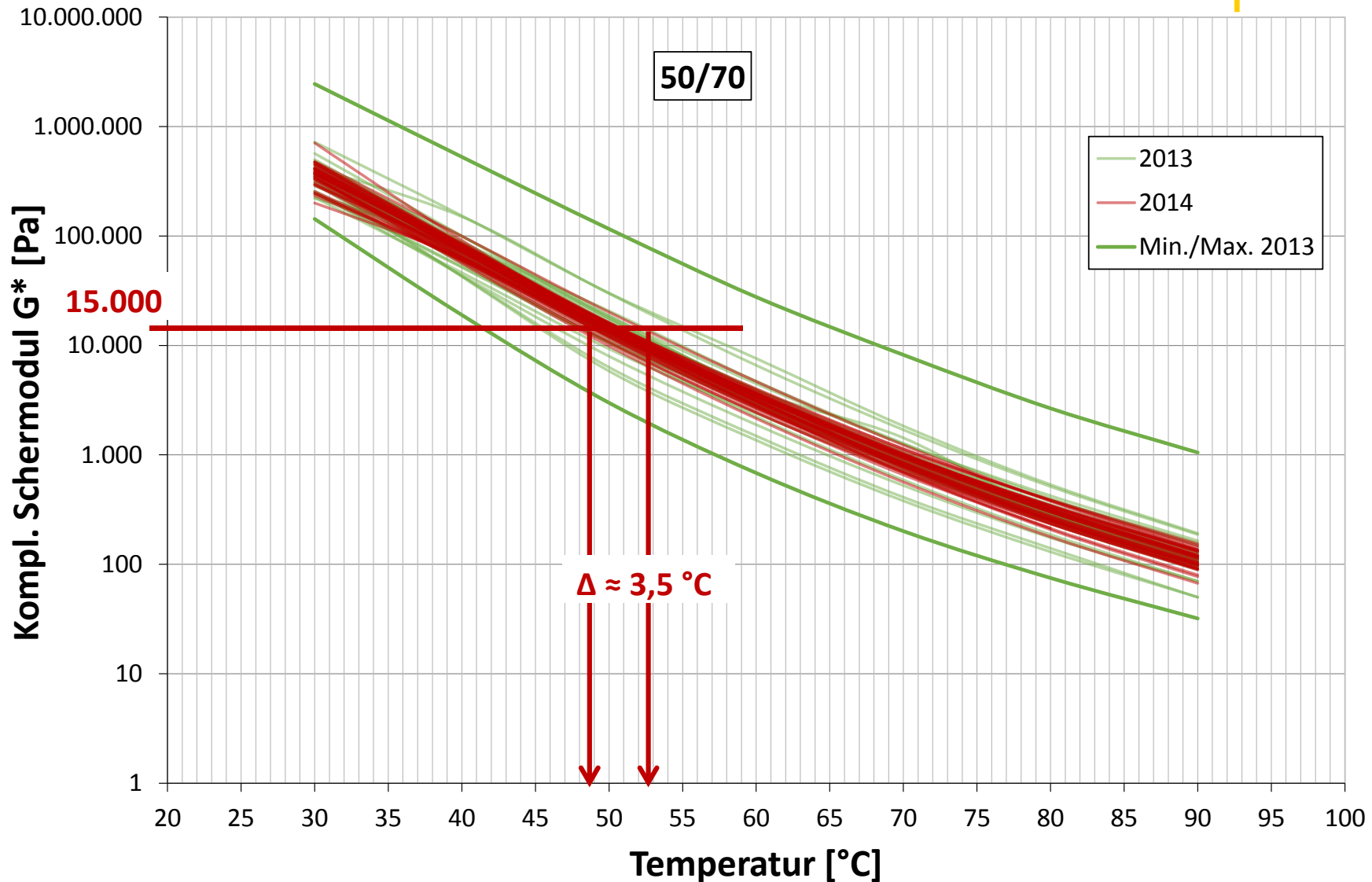
RUB

aus: Forschungsvorhaben FE 29.0327/2013

„Datentechnische Erfassung und Auswertung von Prüfdaten zur Erfahrungssammlung“



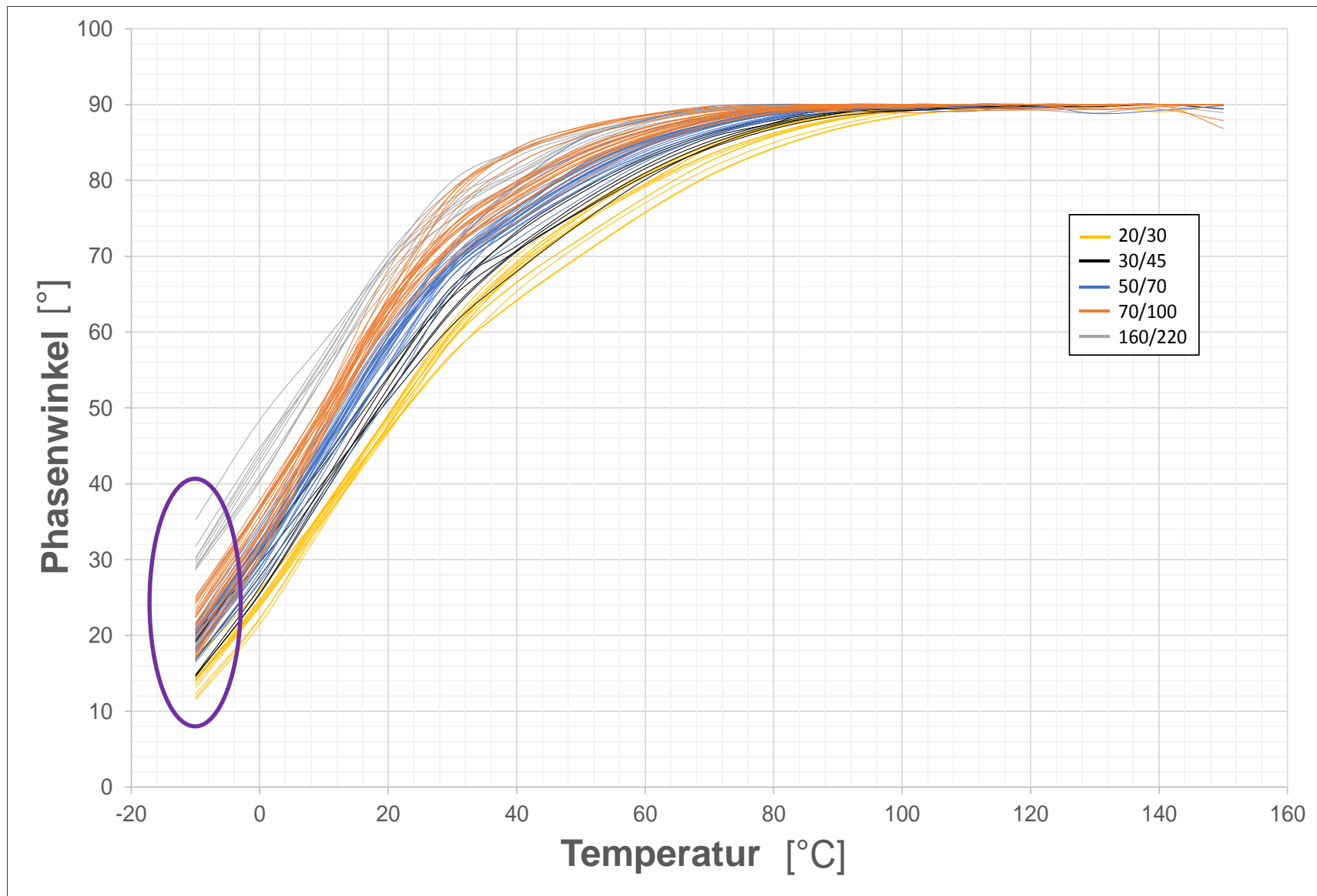
bast



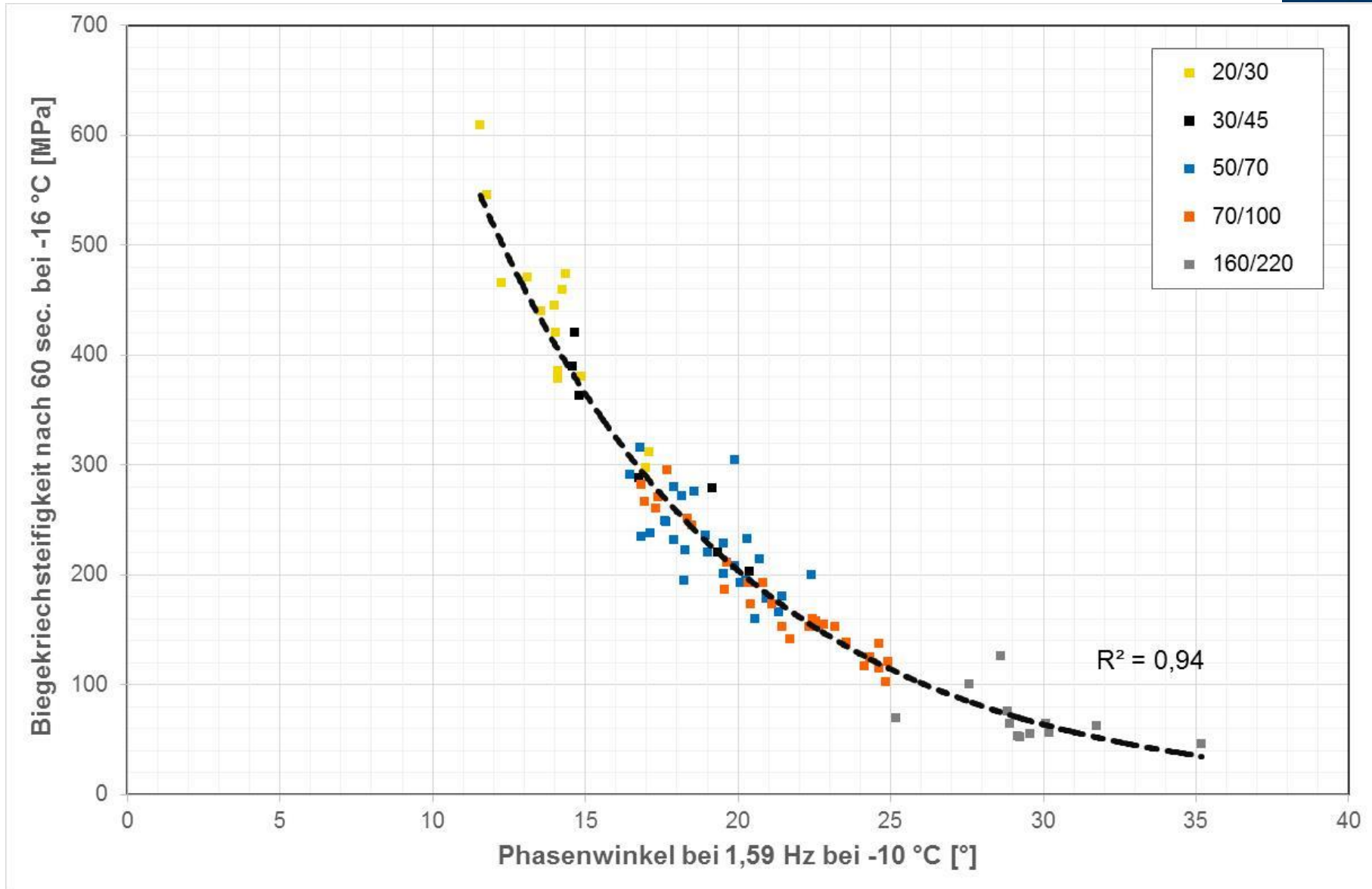


# DSR-Temperatur-Sweep der Straßenbaubitumen

Phasenwinkel der Bitumensorten, aus Aif 16639 N/1 (90 Proben)

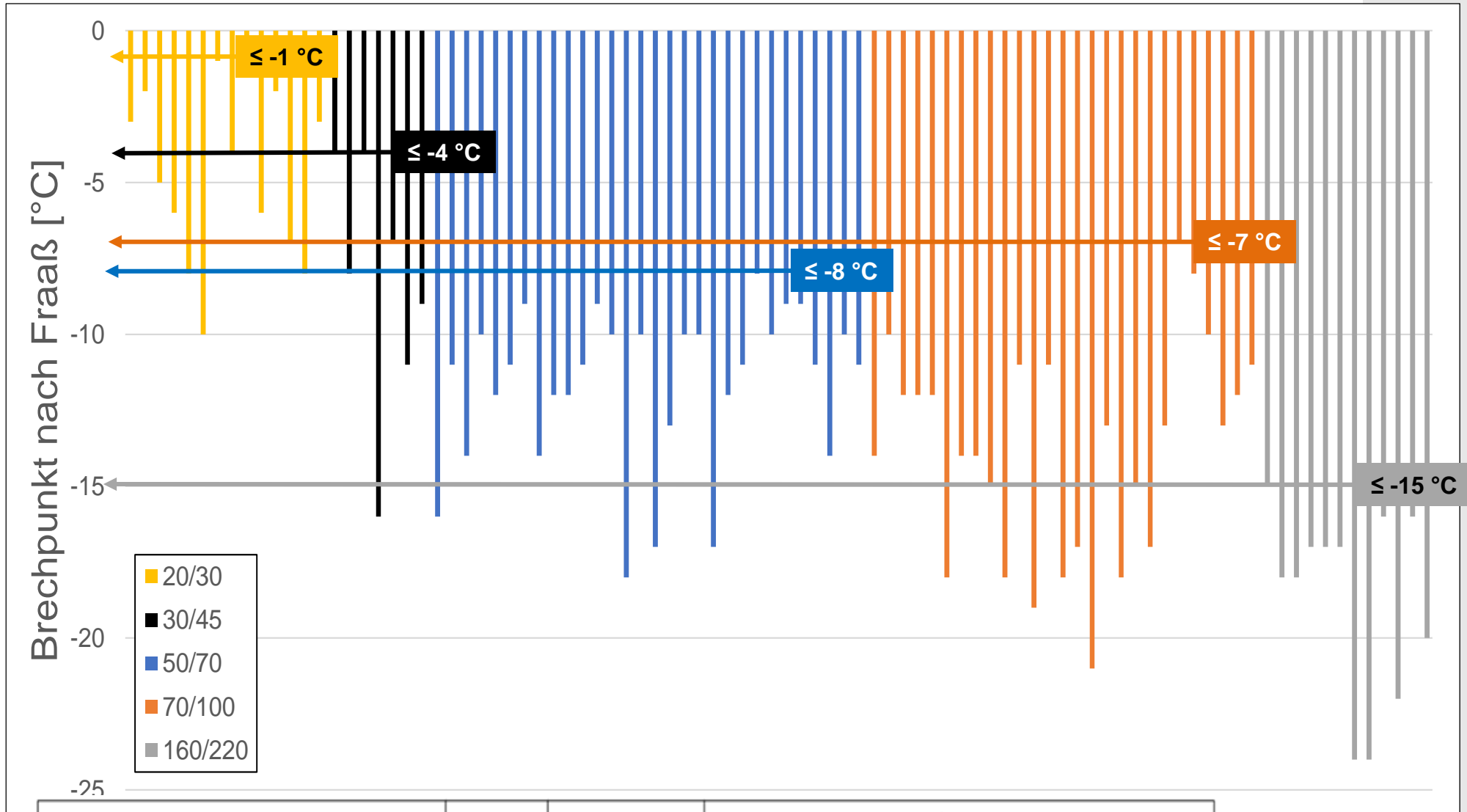


# Zusammenhang zwischen Phasenwinkel und Biegekriechsteifigkeit im BBR



# Anforderungen zur Beurteilung des Kälteverhaltens

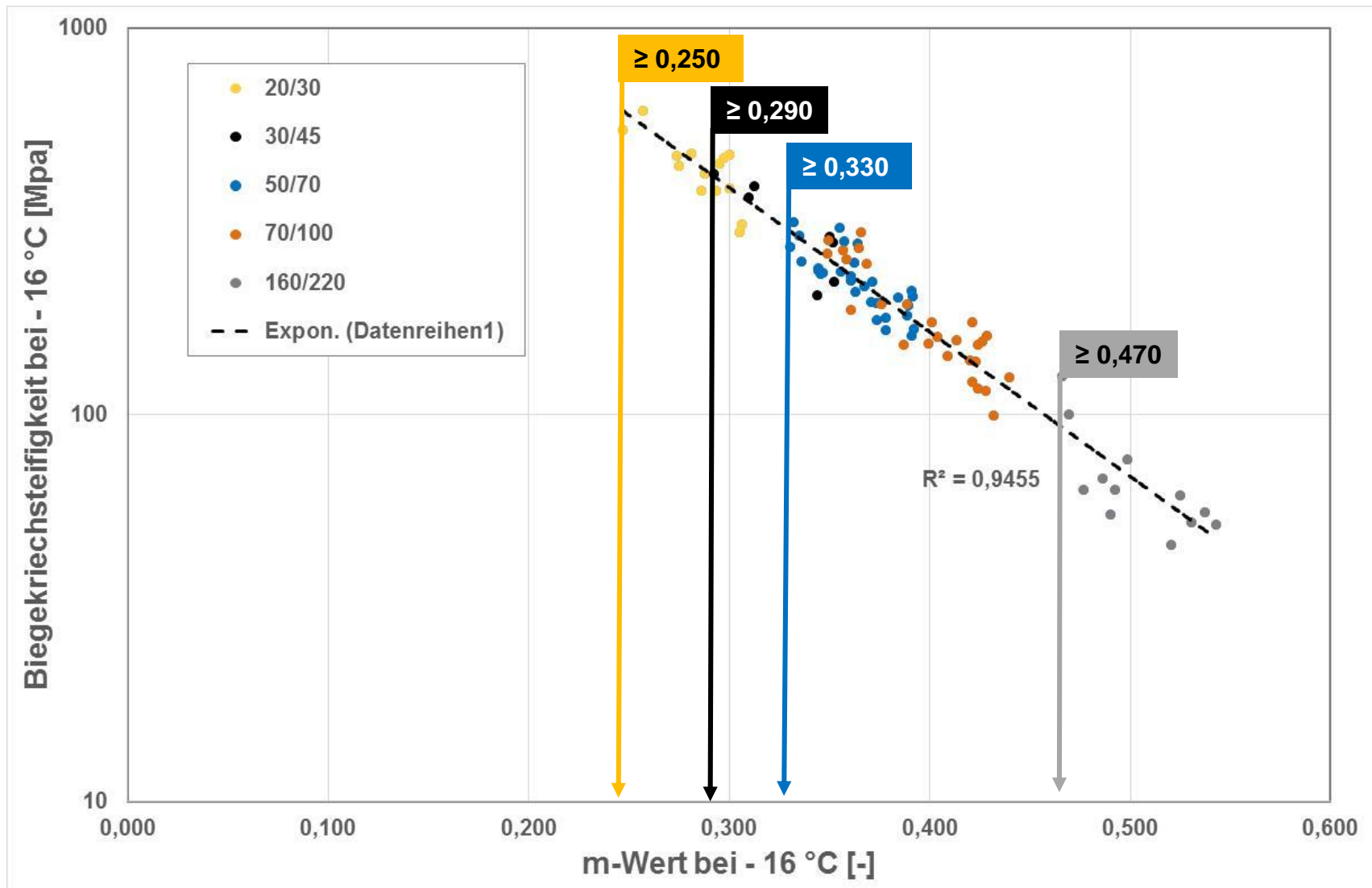
„Breachpunkt nach Fraaß“



Merkmal oder Eigenschaft	Einheit	Prüfmethode	Sorten				
			20/30	30/45	50/70	70/100	160/220
Breachpunkt nach Fraaß	°C	DIN EN 12593	-	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -15

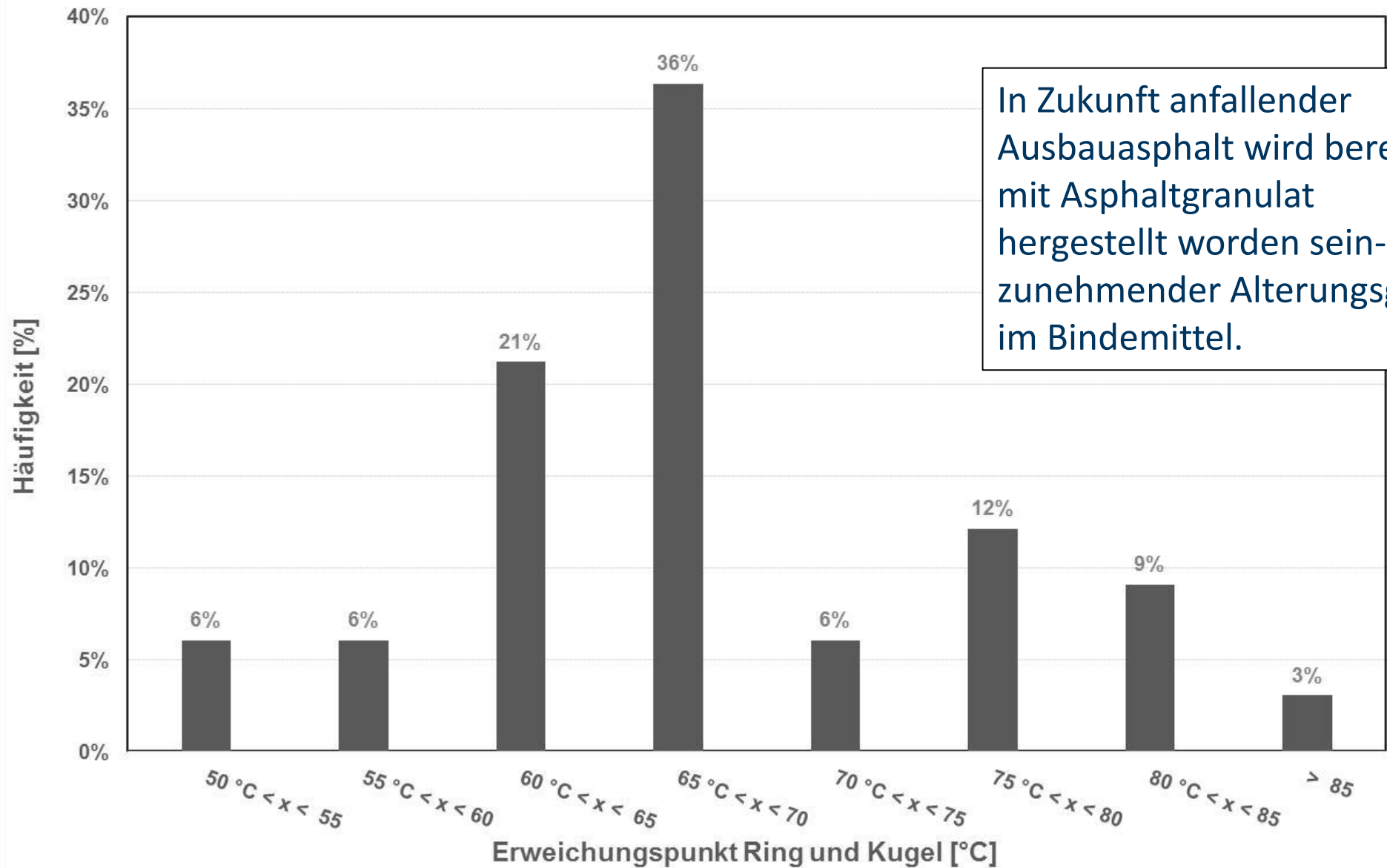
# Anforderungen zur Beurteilung des Kälteverhaltens

„Kälteprüfung im Bending Beam Rheometer“



**Aktuell:** Diskussionen über die Aussagekraft/Präzision des Verfahrens!  
→ Neues Verfahren zur Beurteilung des Kälteverhaltens!?

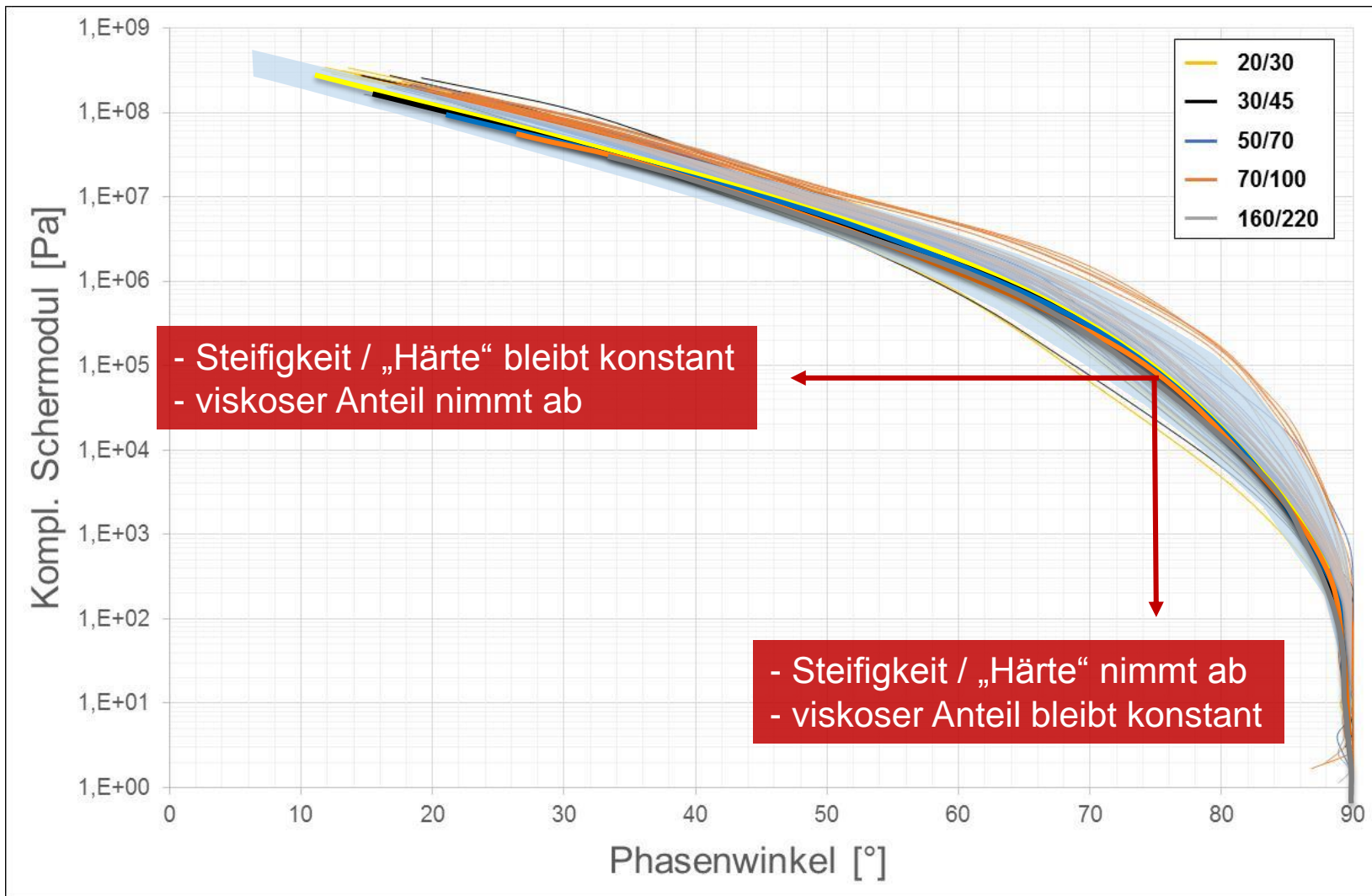
# Erweichungspunkte Ring und Kugel und Nadelpenetrationen rückgewonnener Bindemittel aus Asphaltgranulaten



In Zukunft anfallender Ausbaupasphalt wird bereits mit Asphaltgranulat hergestellt worden sein-zunehmender Alterungsgrad im Bindemittel.

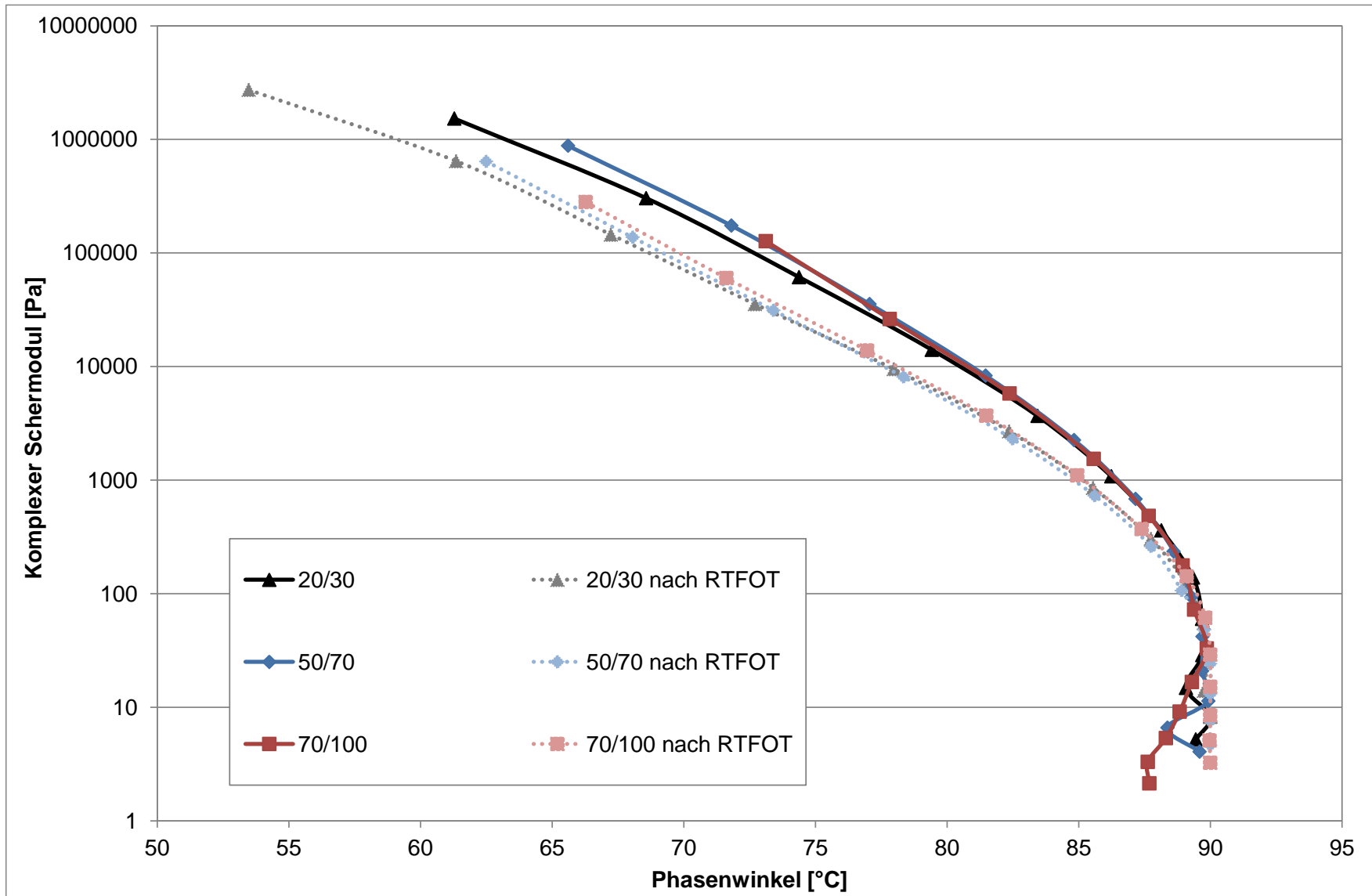
# Komplexe Auswertung der DSR-Ergebnisse

„Black-Diagramm – unterschiedliche Bitumensorten einer Raffinerie“



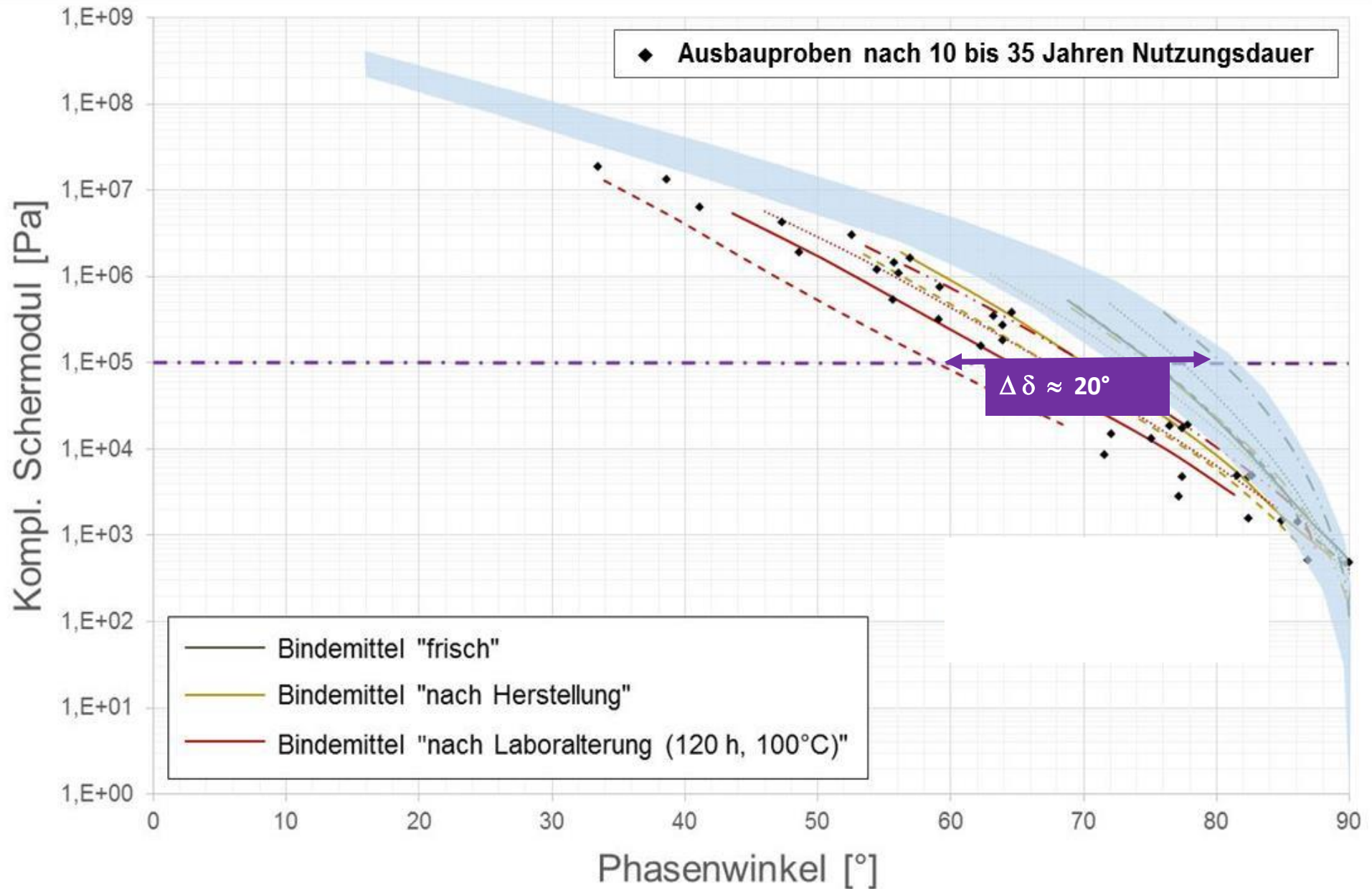
# Komplexe Auswertung der DSR-Ergebnisse

„Veränderungen im Black-Diagramm durch Kurzzeit-Alterung“



# Komplexe Auswertung der DSR-Ergebnisse

Typische Veränderungen durch Labor- und Praxisalterung





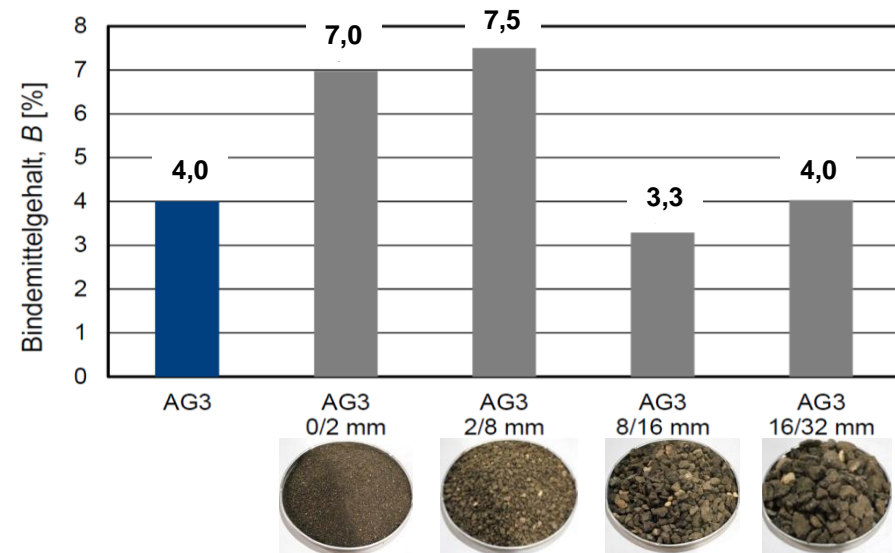
# Was könnte im Regelwerk ergänzt werden?

- Erwartungen zielgerichtet formulieren – Anforderungen definieren
- Komplexe Asphaltgranulatkonzepte



Quelle: DAV

- ⇒ **Aufbereitung und Separierung!**
- ⇒ **Materialparameter der Granulate!**  
(z.B. welcher Bindemittelkennwert?)



- Alternative Bindemittelkonzepte

Beispiel: Resultierende Härte eines Bitumens 50/70  
bei EP RuK ca. 80°C vom AG-BM



Ca. 70% Zugabe von  
Bitumen 160/200



Ca. 15% Zugabe eines  
techn. Rejuvenators

# Rheologische Eigenschaften der rückgewonnenen Bindemittel von Asphaltgranulaten

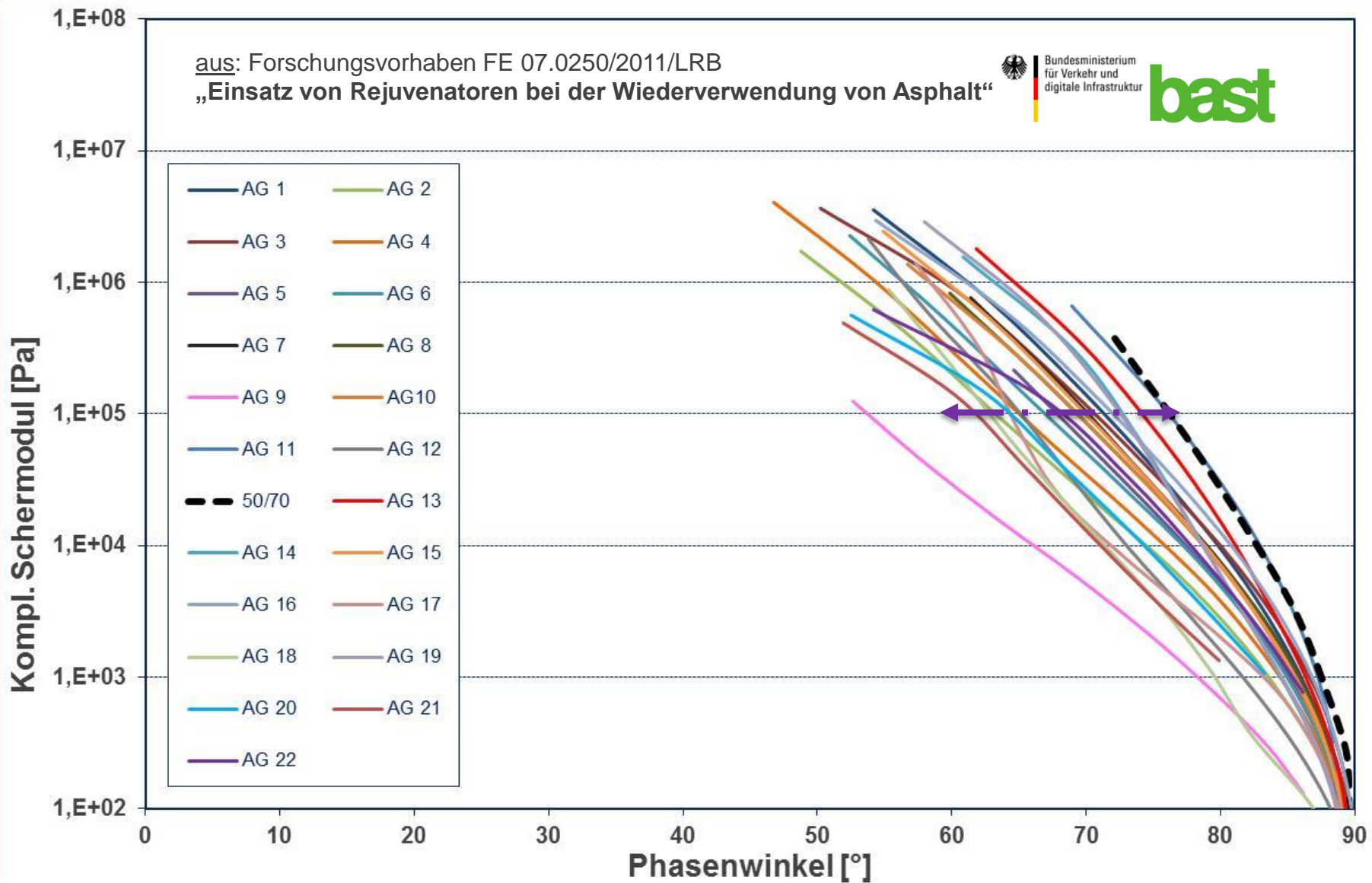
aus: Forschungsvorhaben FE 07.0250/2011/LRB

„Einsatz von Rejuvenatoren bei der Wiederverwendung von Asphalt“

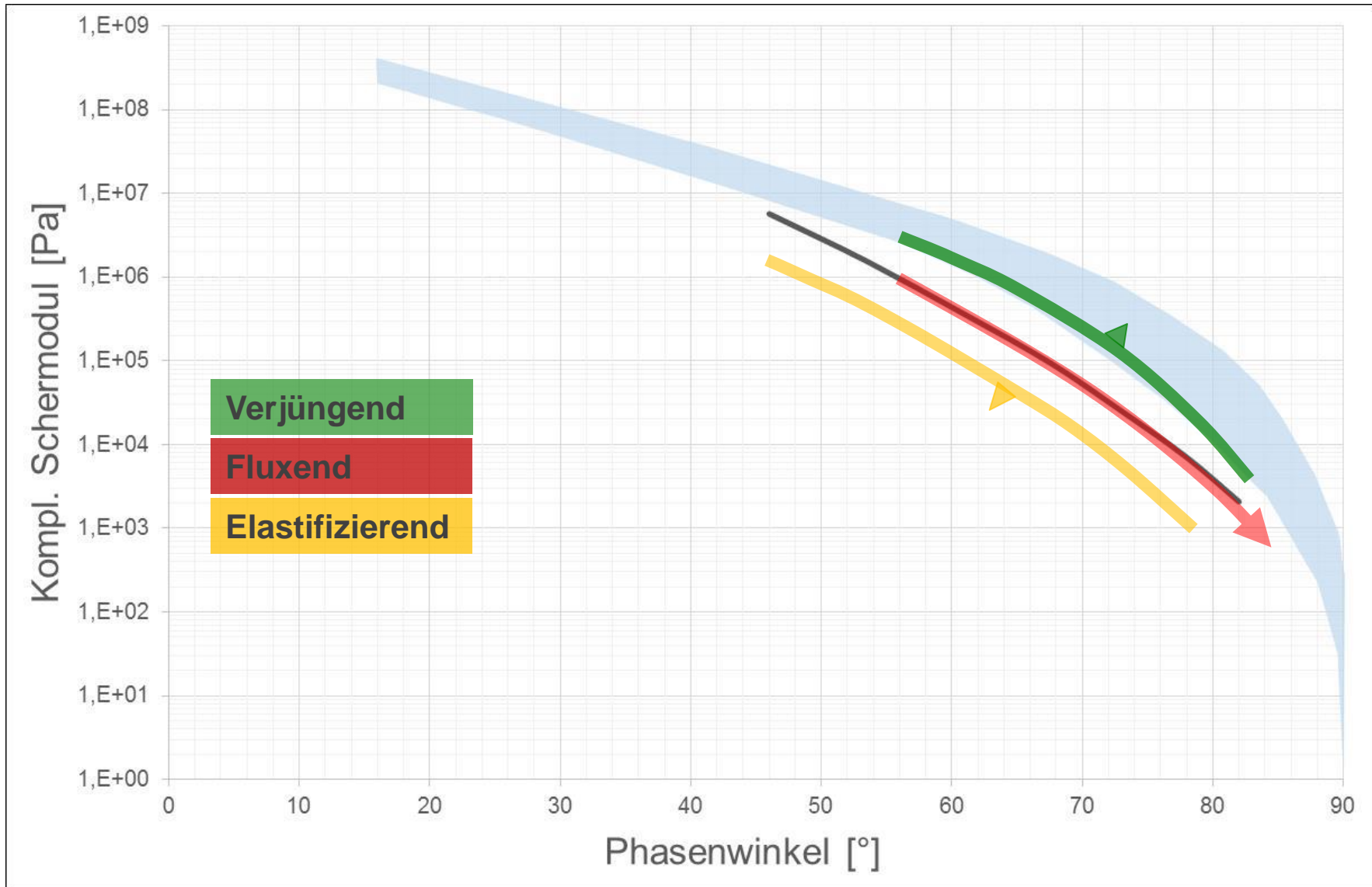


Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

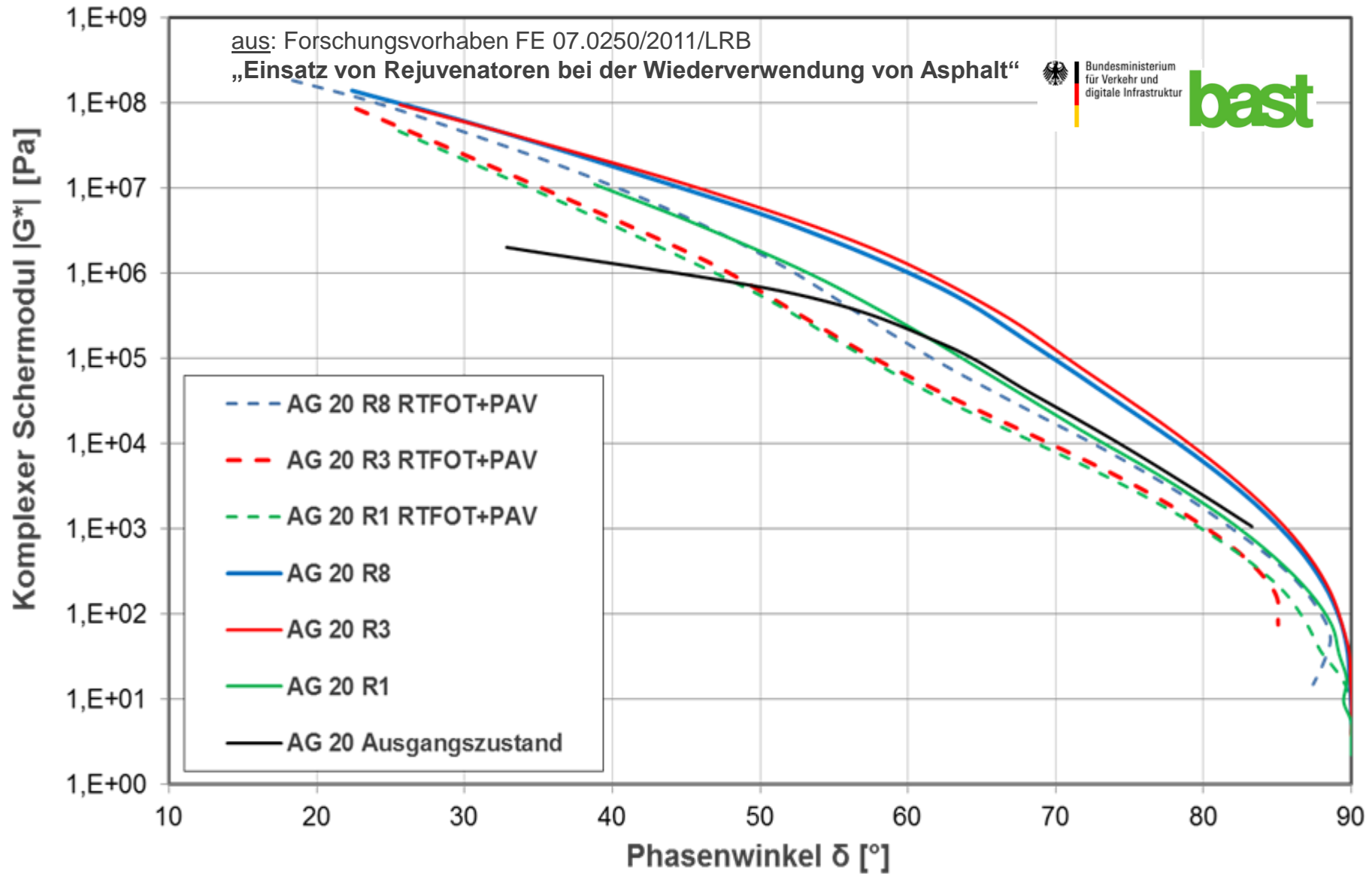
bast



# Bisherige Erkenntnisse zur typischen Wirkungen der Rejuvenatoren



# Nachweis der Nachhaltigkeit der Verjüngung des Bindemittels



## Substitution konventioneller Prüfverfahren

- Der grundlegende Nachweis der Möglichkeit einer Substitution diverser „historischer“ Prüfmethode(n) liegt vor (unter Wiederholbedingungen).
- Die Vergleichsgenauigkeiten im Rahmen der bundesweiten Datensammlung sind vielversprechend (Präzision im DSR scheint ausreichend)
- Weitergehende Bewertungsansätze (z.B. Phasenwinkel) müssen umfassend überprüft werden
- Spezifizierung von viskositätsveränderten Bindemittel wird mit DSR-Prüfungen umgesetzt (Empfehlungen zur Klassifikation von viskositätsveränderten BM – EKvvB)

## Weiterführende Prüfverfahren mit dem DSR

- Weitere Verfahren zurzeit noch im Forschungsstatus
  - Relaxations- / Adhäsionsversuche
  - brauchbares Verfahren zum Kälteverhalten wäre wünschenswert

## Komplexerer Wiederverwendungskonzepte im Regelwerk

- Optimale Zugabemengen (Rejuvenator und Asphaltgranulat)
- Homogenisierbarkeit bei der Asphaltherstellung
- Alterungsverhalten (Kurz- und Langzeit); Endloszyklen?
- Konzepte für „nicht rejuvenierbare“ Asphaltgranulate?



Quelle: [www.wings-aviation.ch](http://www.wings-aviation.ch)



**Komplexe rheologische Anforderungen an bitumenhaltige Bindemittel für optimale Gebrauchseigenschaften von Asphaltbefestigungen!**