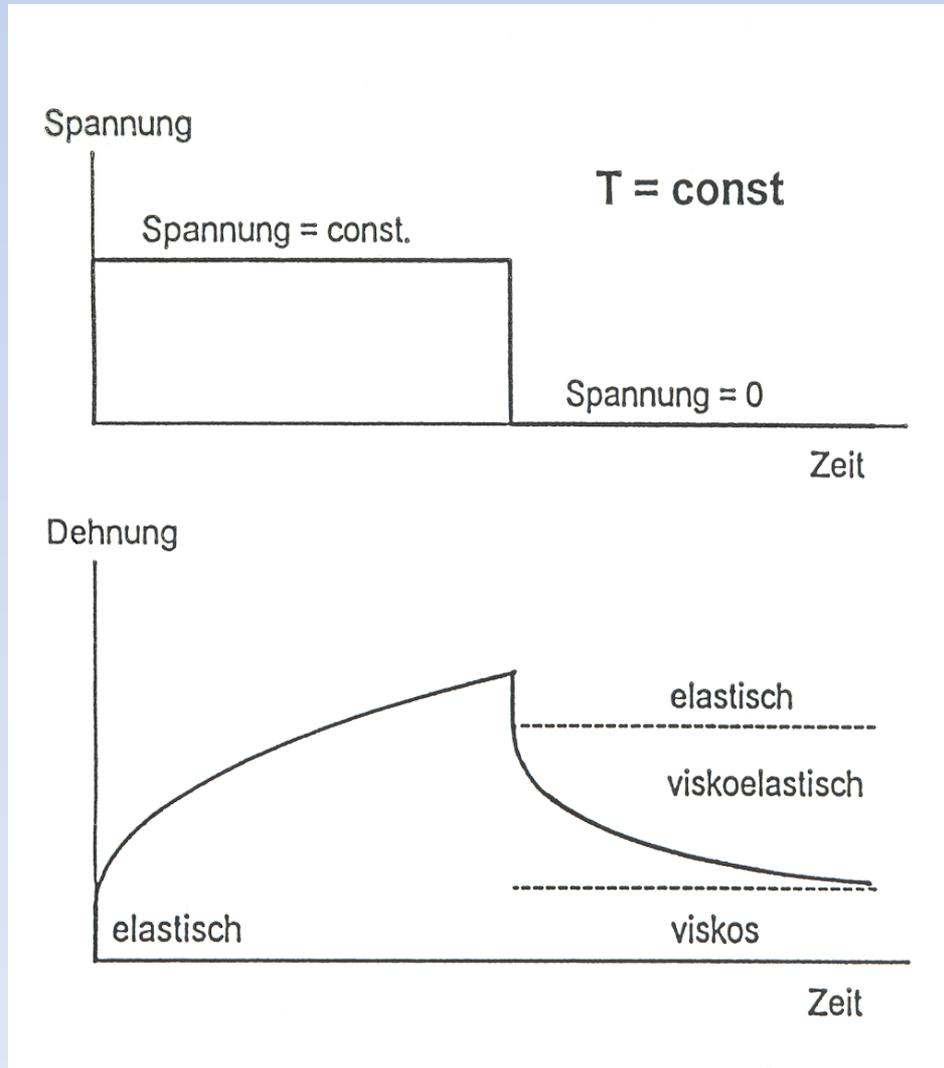


Zug-Retardationsversuch mit dem System ReVis an Bindemittel, Mörtel, Asphalt

Prof. Dr.-Ing. Kurt Schellenberg

08.11.2022, Rheologietag bei Fa. Infratest

Retardationsversuch

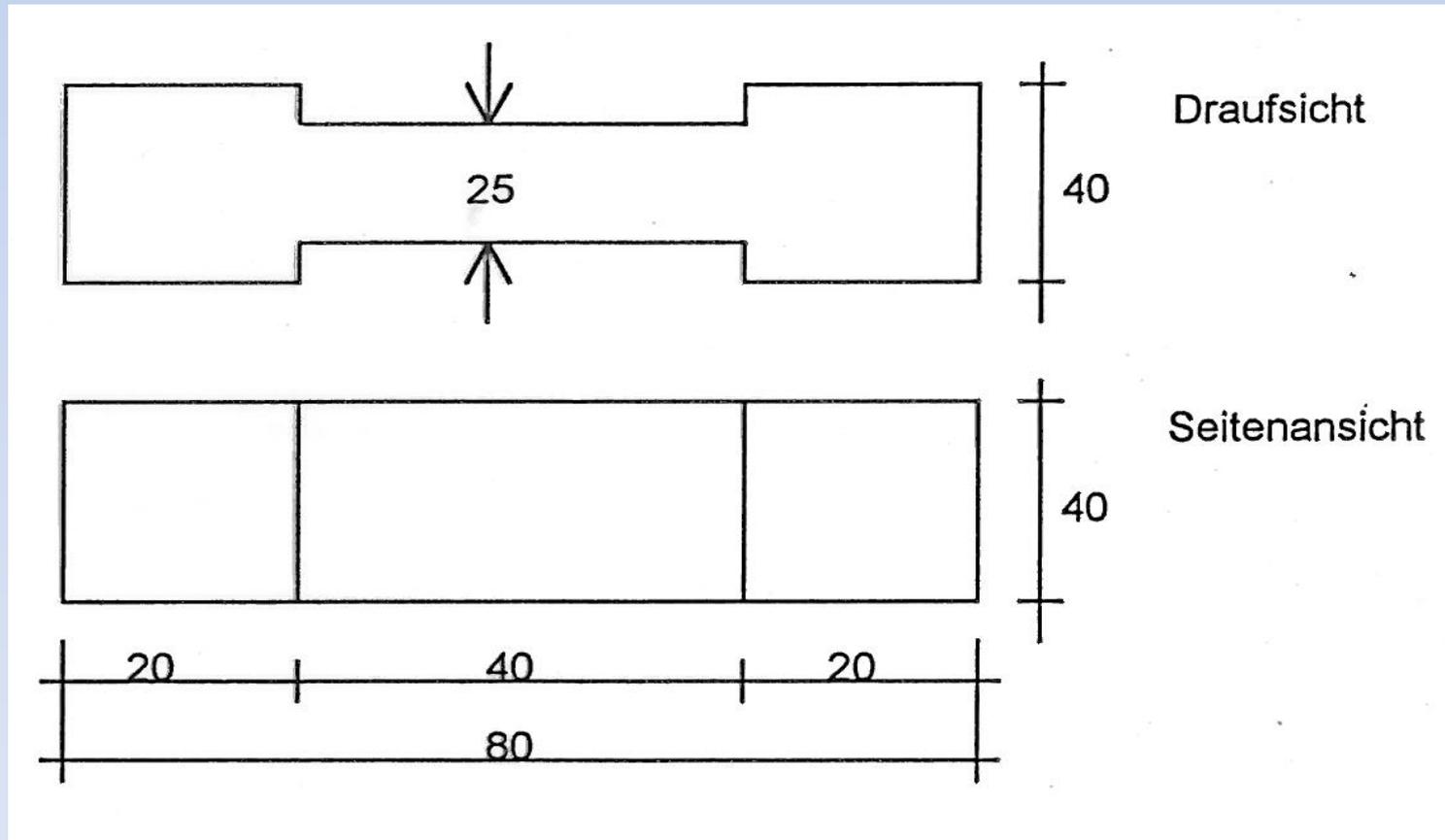


So kann nach spontaner Entlastung mit Hilfe der Formel

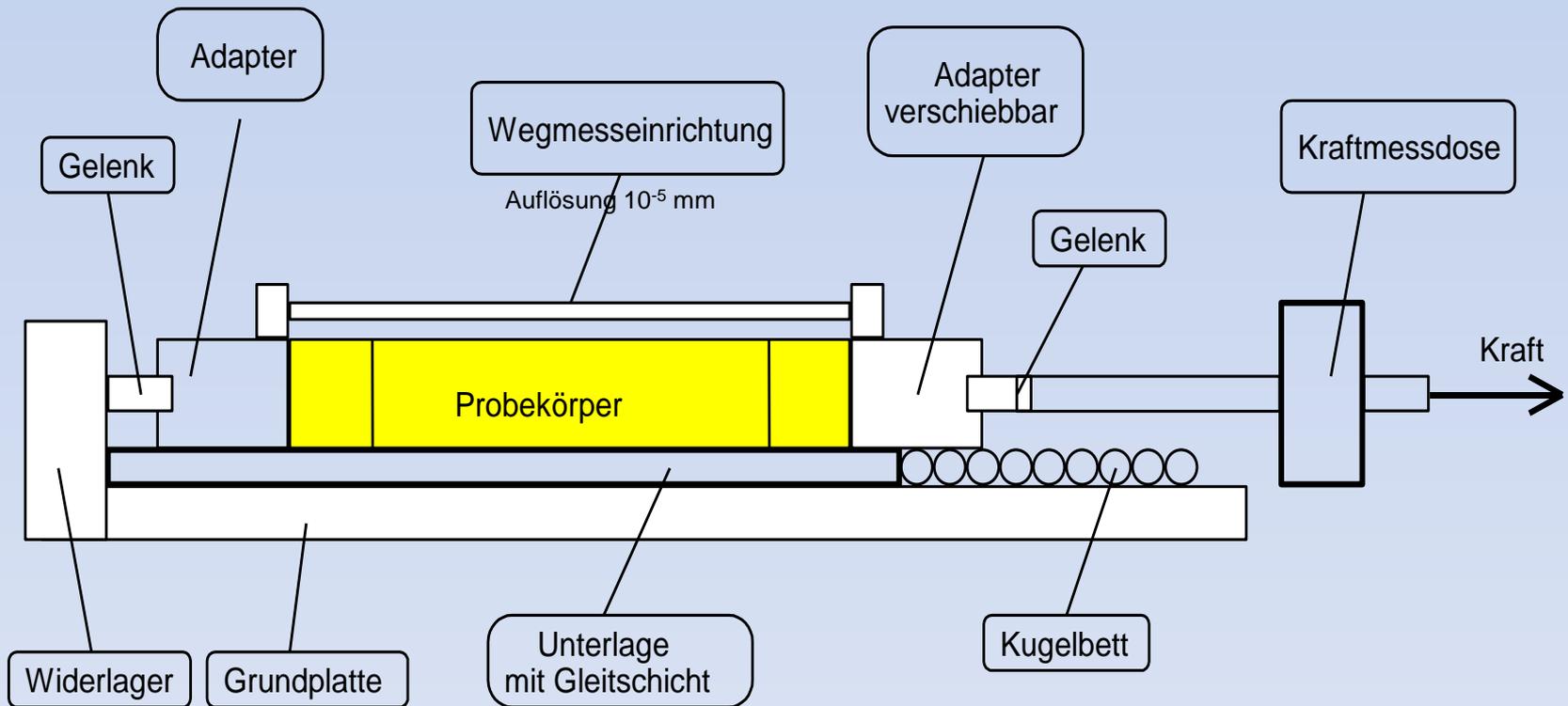
$$\lambda_z = \frac{\sigma}{\dot{\varepsilon}} = \frac{\sigma}{\frac{\Delta l}{\Delta t \cdot L_0}}$$

die Viskosität in N s/mm² ermittelt werden.

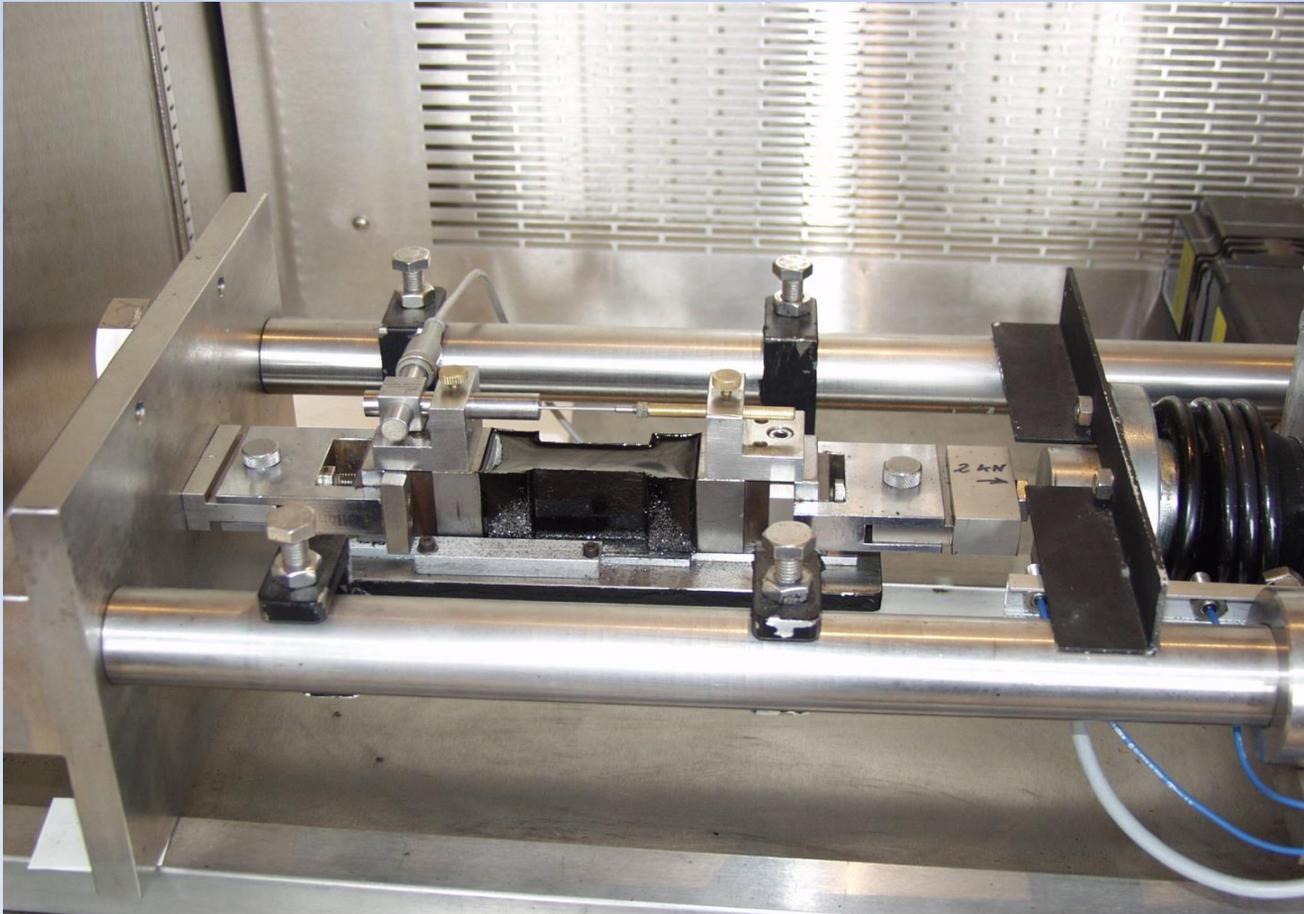
λ_z	=	Viskosität [N·s/mm ²], bzw. MPa·s
σ	=	aufgebrachte Spannung [N·s/mm ²] bzw. MPa·s
$\dot{\varepsilon}$	=	Steigung der Dehnung unter Spannung im quasi linearen Bereich
Δl	=	Längenänderung in mm bedingt durch konstante Spannung
L_0	=	Ausgangslänge des Probekörpers
Δt	=	Zeit in s.



Abmessungen (in mm) der Probestäbe für die Ermittlung der Zugviskosität



Schematische Darstellung der Probekörperauflagerung und der Messanordnung zur Bestimmung der Zugviskosität

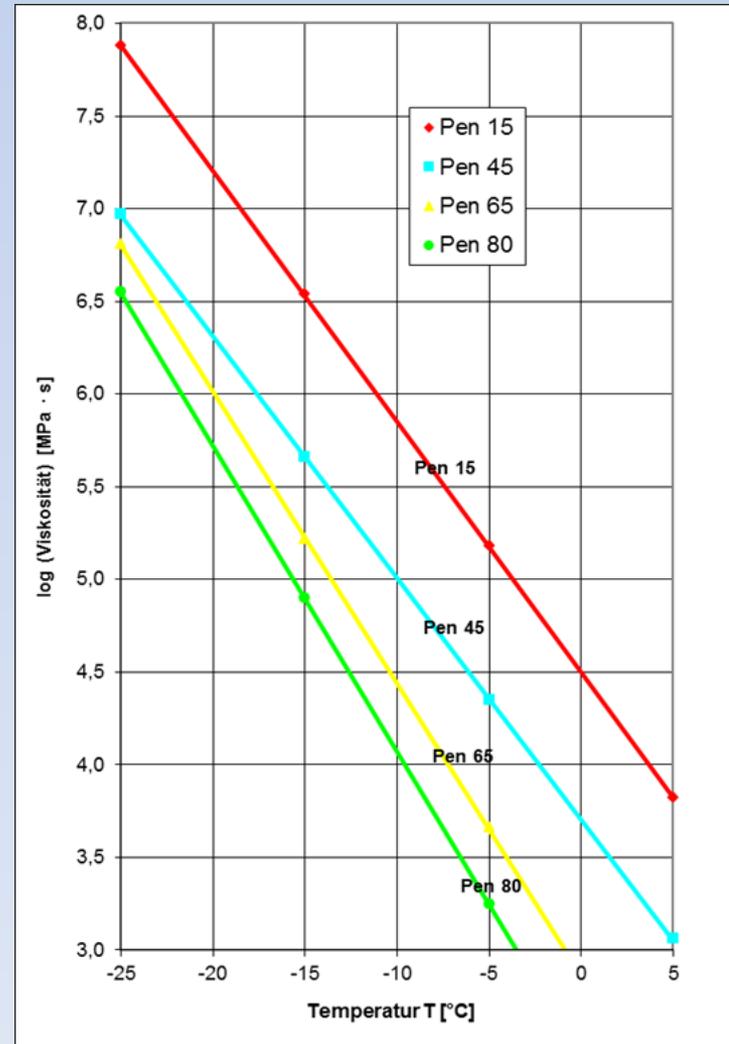


Die IfM-ReVis-Versuchseinrichtung im Inneren des Temperierschranks

Probenart	Prüftemperatur [°C]	Prüfspannung [MPa]	Belastungsdauer [min]	Temperierdauer [min]
Bitumen	+5 ± 0,5	0,010 (± 0,1 %)	60 ± 0,5	150 - 180
Bitumen	-5 ± 0,5	0,100 (± 0,1 %)	120 ± 0,5	
Asphaltmastix	-15 ± 0,5	0,250 (± 0,1 %)	240 ± 0,5	
Asphaltmörtel			480 ± 0,5	
Bitumen	-25 ± 0,5	0,500 (± 0,1 %)	480 ± 0,5	
Asphaltmastix				
Asphaltmörtel				

Prüfbedingungen für Bitumen und modifizierte Bitumen, Asphaltmastix und Asphaltmörtel

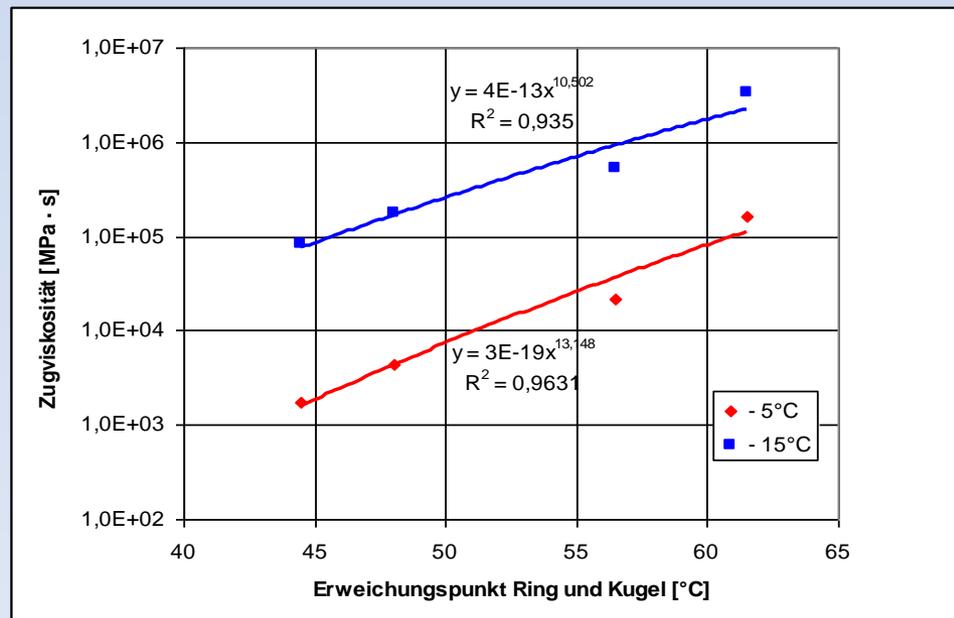
Grafische Darstellung der Viskositäten von Bitumen in Abhängigkeit von der Prüftemperatur

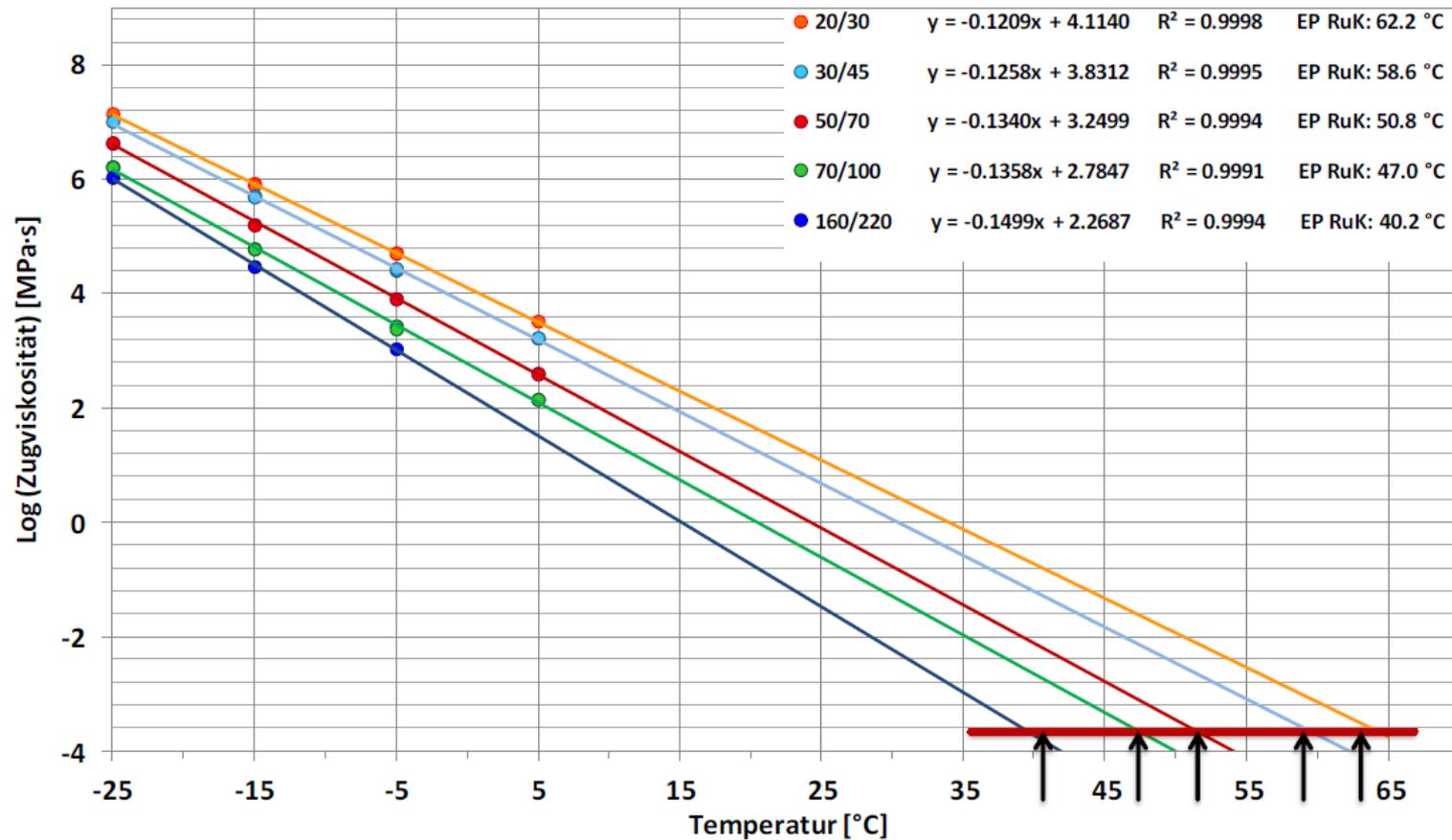


Bindemittelsorte	Pen 15	Pen 45	Pen 65	Pen 80
Erweichungspunkt RuK °C	61,5	56,5	48,0	44,5

Tabelle : Erweichungspunkte RuK der geprüften Bitumensorten

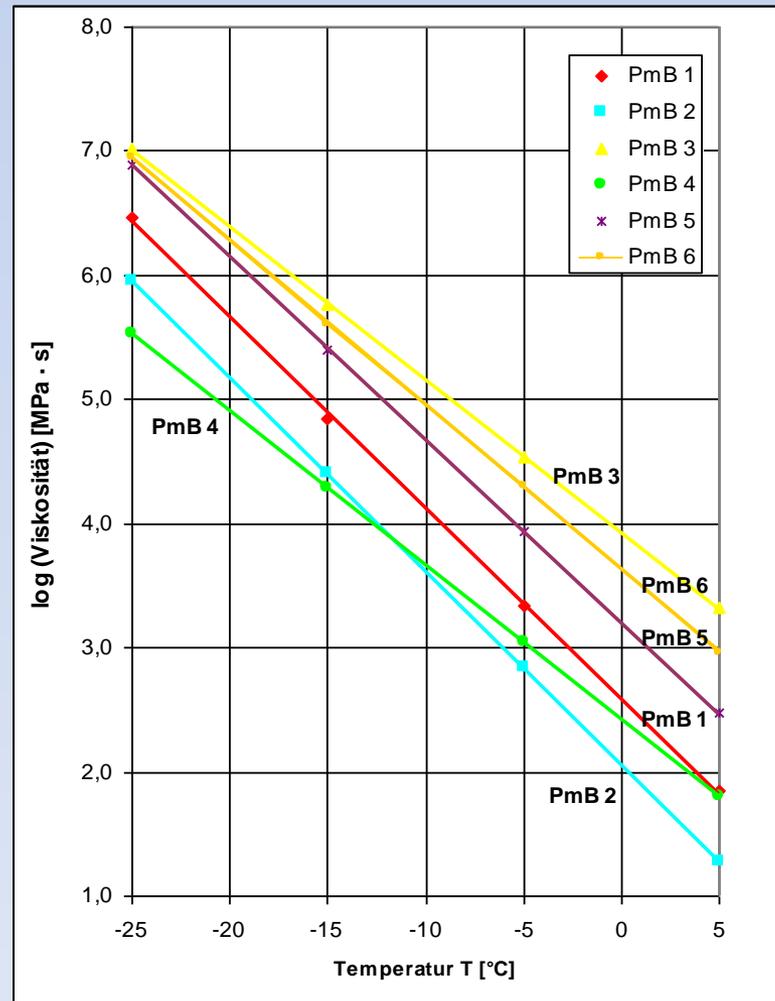
Werden die vorgenannten Erweichungspunkte RuK den Viskositäten, gemessen bei -5 °C und -15 °C, gegenübergestellt, so ergeben sich folgende Abhängigkeiten:





Straßenbaubitumen (extrapoliert – EP RuK)

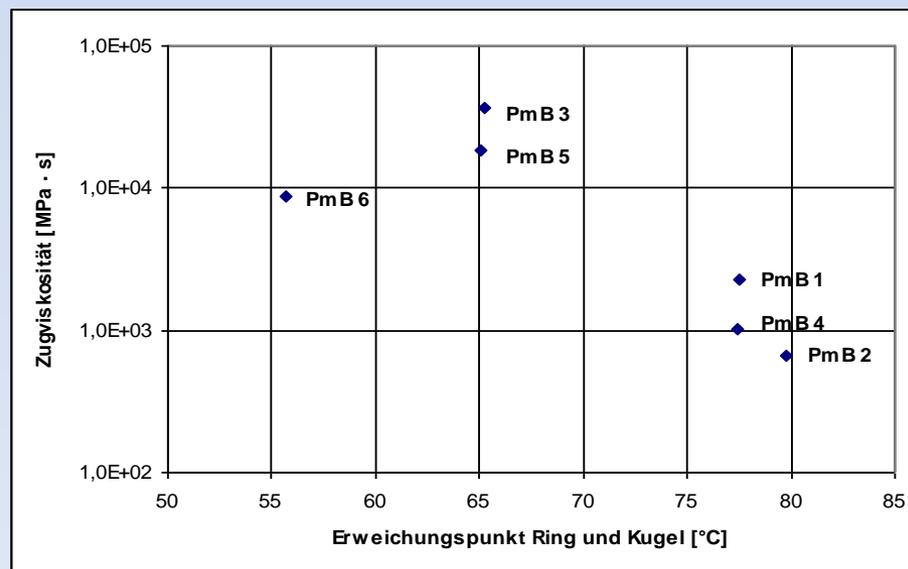
Grafische Darstellung der Viskositäten von PmB in Abhängigkeit von der Prüftemperatur



Bindemittelsorte	PmB 1	PmB 2	PmB 3	PmB 4	PmB 5	PmB 6
Erweichungspunkt RuK [°C]	77,5	79,8	65,2	77,4	55,7	65,1
Pen. 25 [0,1 mm]	76	89	30	73	53	35
el. Rückst. [%]	95,0	97,5	38,5	98,5	75,0	85,0

Tabelle: Eigenschaften der geprüften polymermodifizierten Bitumen

Werden die vorgenannten Erweichungspunkte RuK den Viskositäten, gemessen bei -5 °C, gegenübergestellt, so ergibt sich folgende Darstellung:



Bei Bindemittelmodifizierungen gibt es keine Korrelation zwischen dem EP RuK und der ReVis-Viskosität.

Das bedeutet, dass mit der Bestimmung des Erweichungspunktes bei modifizierten Bindemitteln keine Aussage getroffen werden kann, ob es sich um ein weiches oder ein hartes Bindemittel handelt.

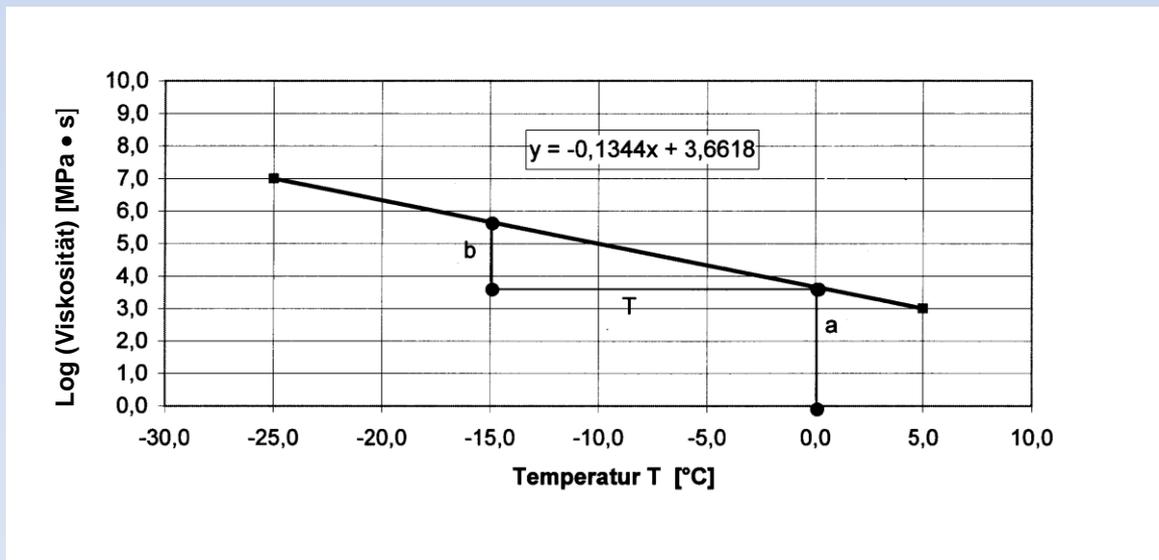
Die Ergebnisse der Viskositätsmessungen mit dem ReVis-Verfahren folgen immer dem Gesetz:

$$\text{Log}(\lambda_z) = a + b \cdot T$$

a = Viskositätsniveau bei T = 0°C

b = Temperaturempfindlichkeit der Viskosität

T = Temperatur



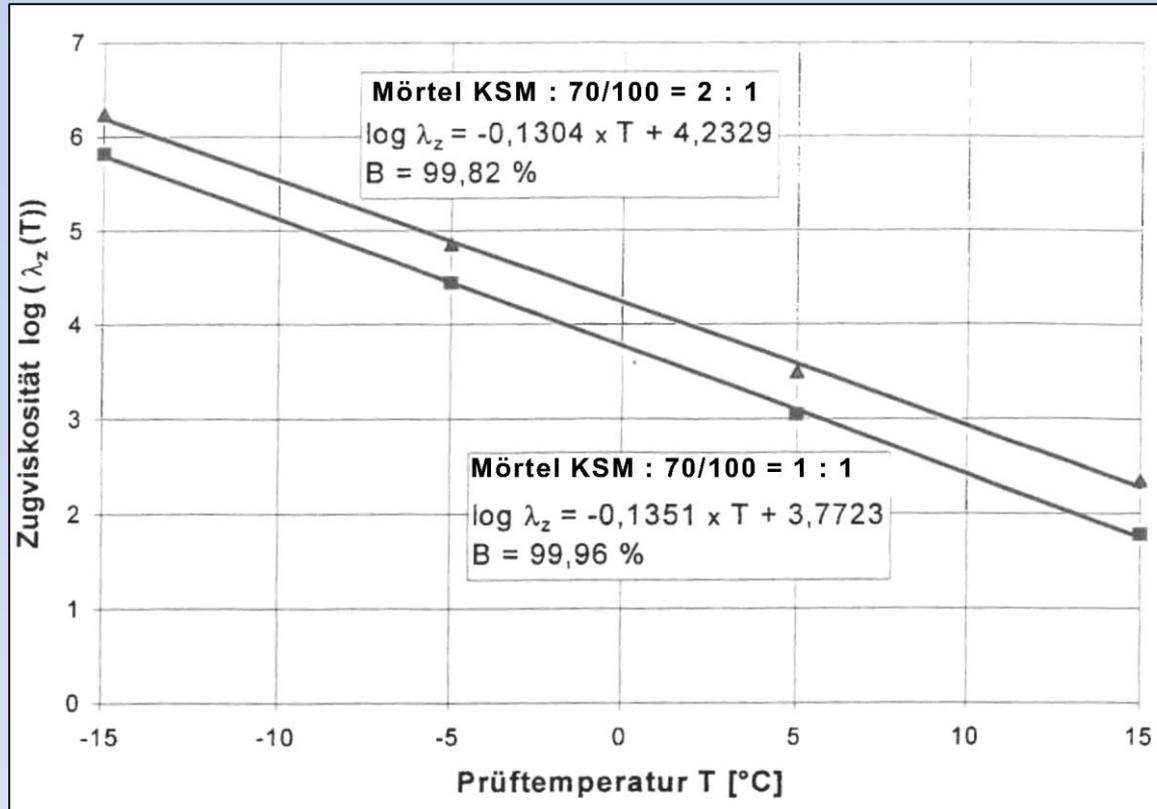
Bezeichnung	Parameter		Bestimmtheitsmaß B [%]
	a	b	
Pen 15	4,5055	- 0,1357	99,95
Pen 45	3,7093	- 0,1304	99,88
Pen 65	2,8670	- 0,1579	99,98
Pen 80	2,4318	- 0,1648	99,99
PmB ₁	2,5974	- 0,1502	99,99
PmB ₂	2,0574	- 0,1563	99,95
PmB ₃	3,9362	- 0,1227	99,95
PmB ₄	2,4321	- 0,1245	99,65
PmB ₅	3,1987	- 0,1480	100,0
PmB ₆	3,6257	- 0,1331	99,93

Parameter a und b der Bitumen- und PmB-Proben

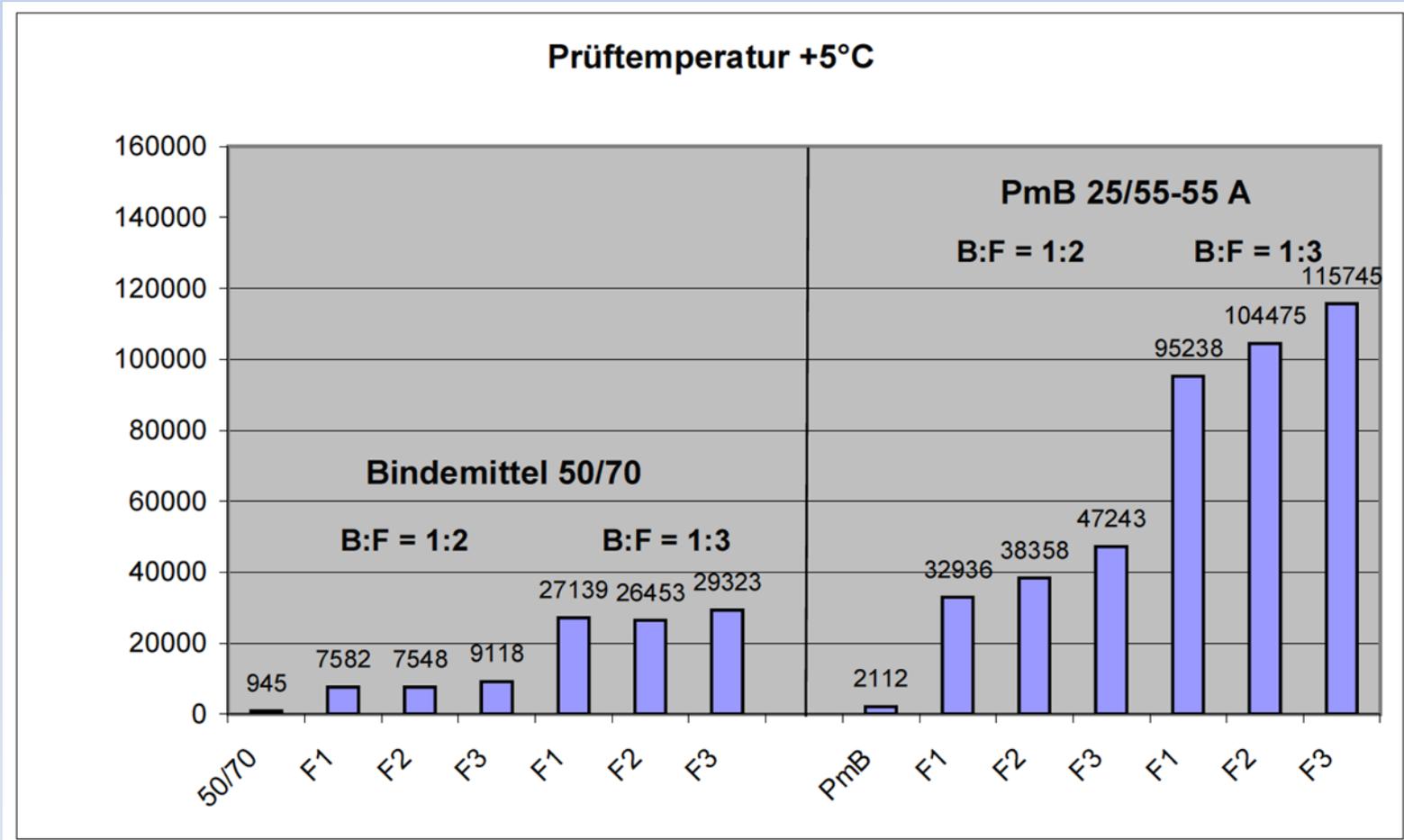
Ergebnis: kleinstes Bestimmtheitsmaß: 99,65%; im Mittel: 99,93%

		Viskosität MPa·s	Erweichungspunkt RuK °C
Bitumen	160/220	50	35-43
	70/100	200	43-51
	50/70	800	46-54
	30/45	2.000	52-60
	20/30	6.000	55-63
PmB	25/55-55A	2.000	nicht zielführend
GmB	25/55-55	5.000	
Bitumen mit 2% FT-Wachs	70/100	1.000	
	20/30	20.000	

Erweichungspunkt RuK ersetzen durch Viskosität in MPa·s bei einer Prüftemperatur von 5°C

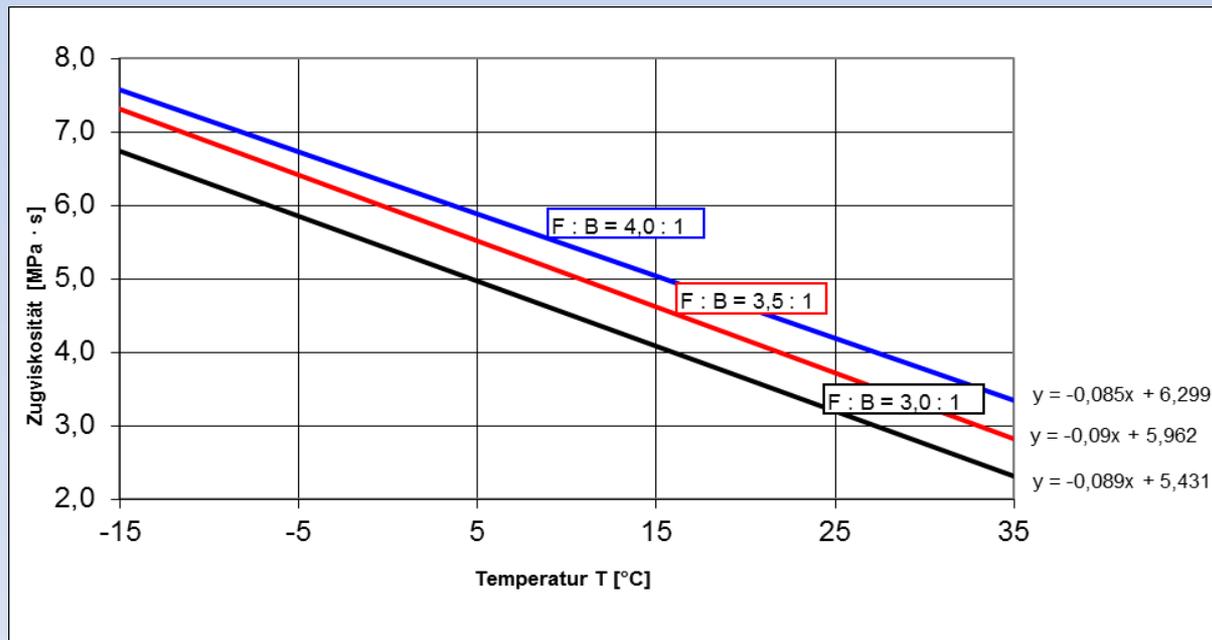


Abhängigkeit der Viskosität von der Prüftemperatur bei Asphaltmastix Mischungsverhältnis 1:1 und 2:1 Kalksteinmehl zu Bitumen 70/100

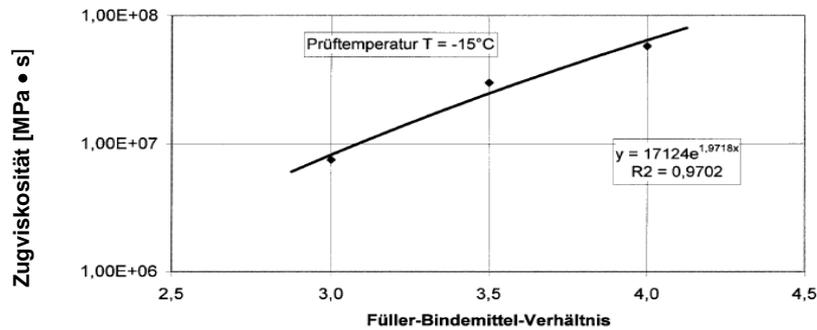


Einfluss der Füllerarten und des Bindemittels auf die Zugviskositäten
F1: Kalksteinmehl, F2: Phonolithmehl, F3: Basaltfüller

Die lineare Abhängigkeit von der Temperatur bei logarithmischer Darstellung der Viskosität auf der Ordinate geht aus folgender Darstellung hervor:

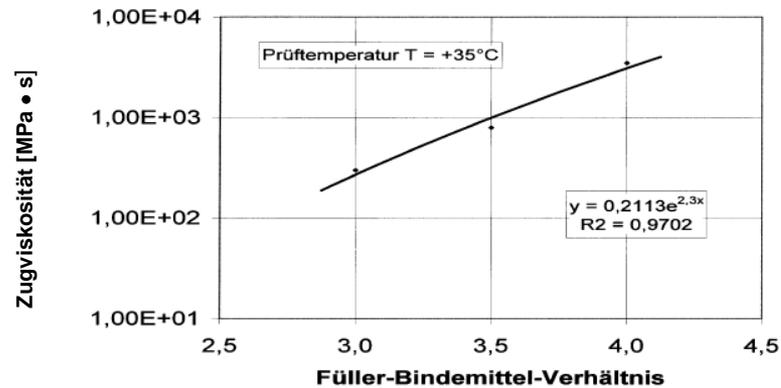


Durch Änderung des Füller-Bitumen-Verhältnisses von 3,0 : 1 auf 4,0 : 1 wird über die gesamte Temperaturspanne von -15 °C bis +35 °C die Viskosität um eine Zehnerpotenz erhöht.



Zugviskosität in Abhängigkeit von der Füllermenge im Mörtel bei -15 °C

Prüftemperatur T = -15 °C



Zugviskosität in Abhängigkeit von der Füllermenge im Mörtel bei +35 °C

Prüftemperatur T = +35 °C

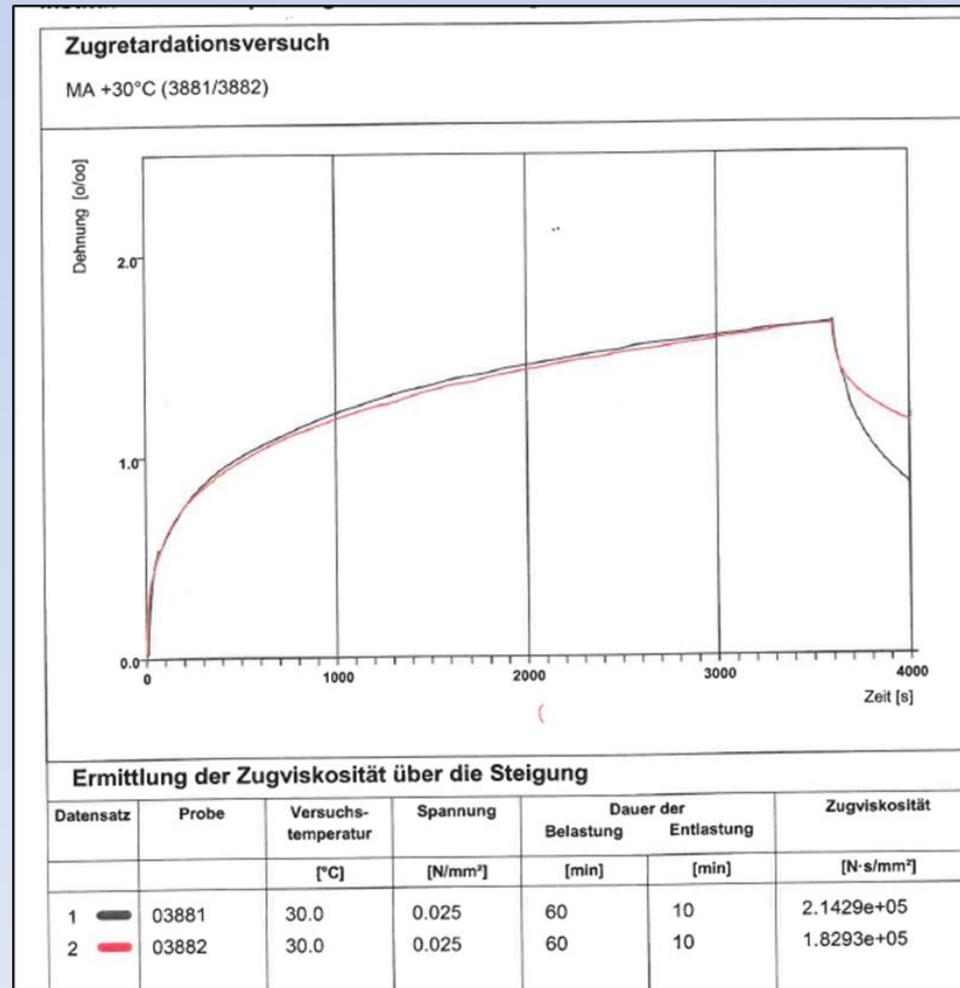
Prüfbedingungen für ReVis-Versuche **Walzasphalt** und **Gussasphalt**

- In AP ReVis Ausgabe 20/8 Versuchsbedingungen für Bitumen, modifizierte Bitumen, Asphaltmastix, Asphaltmörtel
- Abmessungen der Proben passen auch für Asphalt
- Probekörper 40x40x80 mm
- aus walzsektorverdichteten Platten ausgeschnitten
- oder aus Bohrkernen mit der Dicke von 35 mm
- da höhere Viskositäten : Erhöhung der Prüftemperatur +5° bis 45°C
- ausreichend +5° bis 45°C weil Regressionsgerade auch auf Temperaturen unter 0°C verlängert werden kann

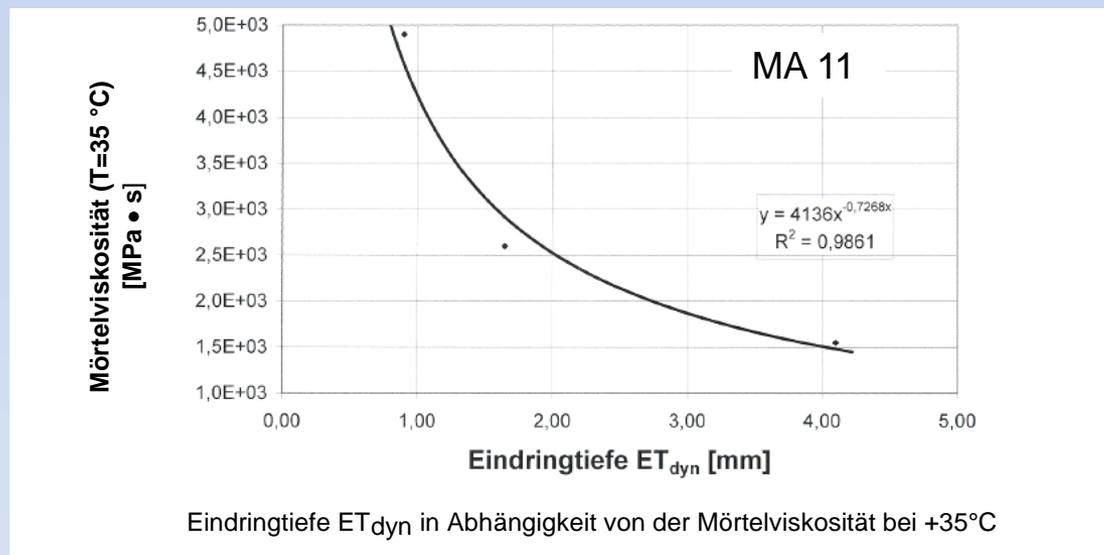
Prüftemperaturen (°C)	Einaxiale Zugspannung (Mpa)	Versuchsdauer (min)	Temperaturdauer (min)
+5 (+-0,5)	0,100 (+-0,1%)	60 (+-0,5)	150 bis 180
+15 (+-0,5)	0,050 (+-0,1%)	60 (+-0,5)	
+30 (+-0,5)	0,025 (+-0,1%)	60 (+-0,5)	
+45 (+-0,5)	0,025 (+-0,1%)	60 (+-0,5)	

Prüfbedingungen für ReVis-Versuche von Walzasphalt und Gussasphalt

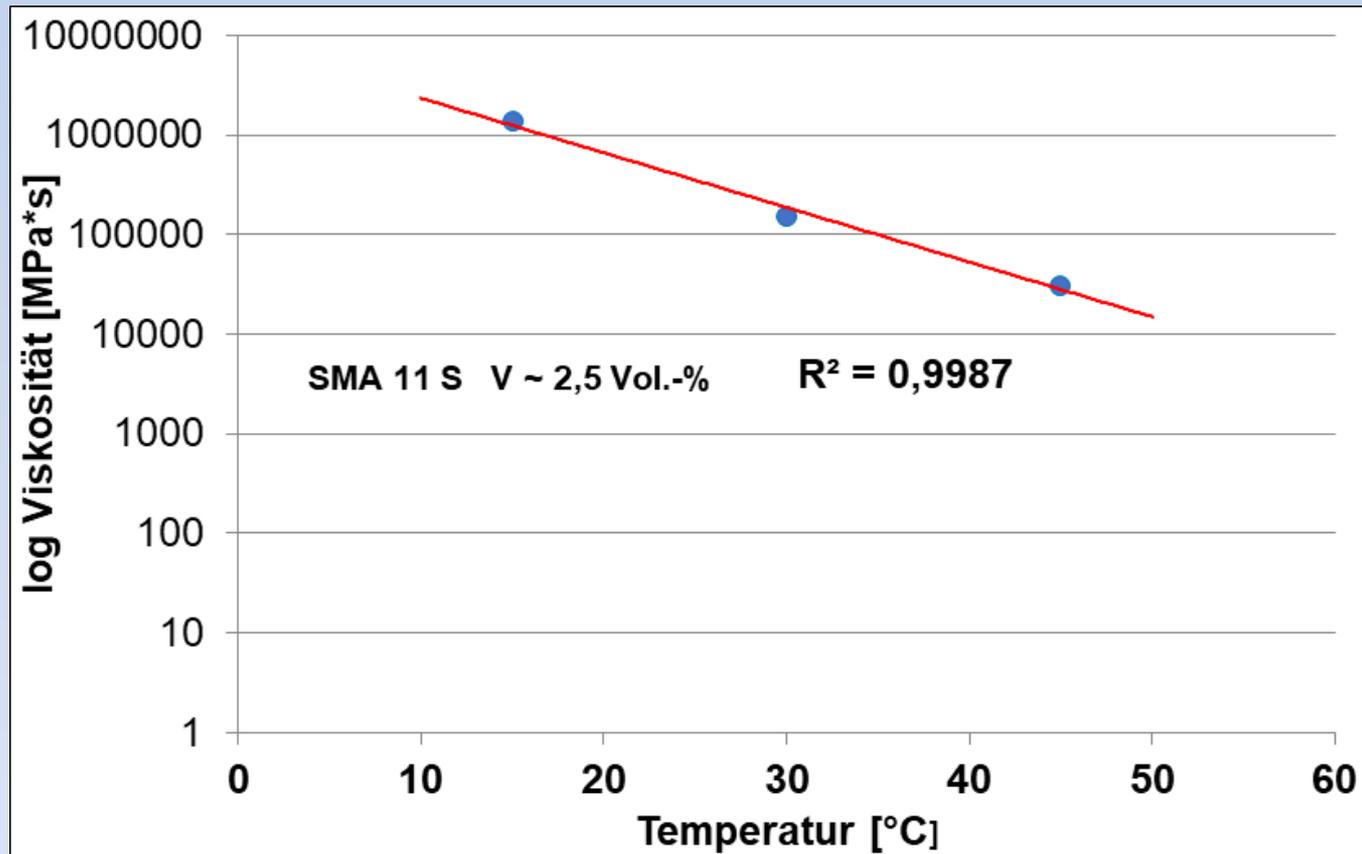
Prüfprotokoll eines MA 11 bei einer Prüftemperatur von +30°C



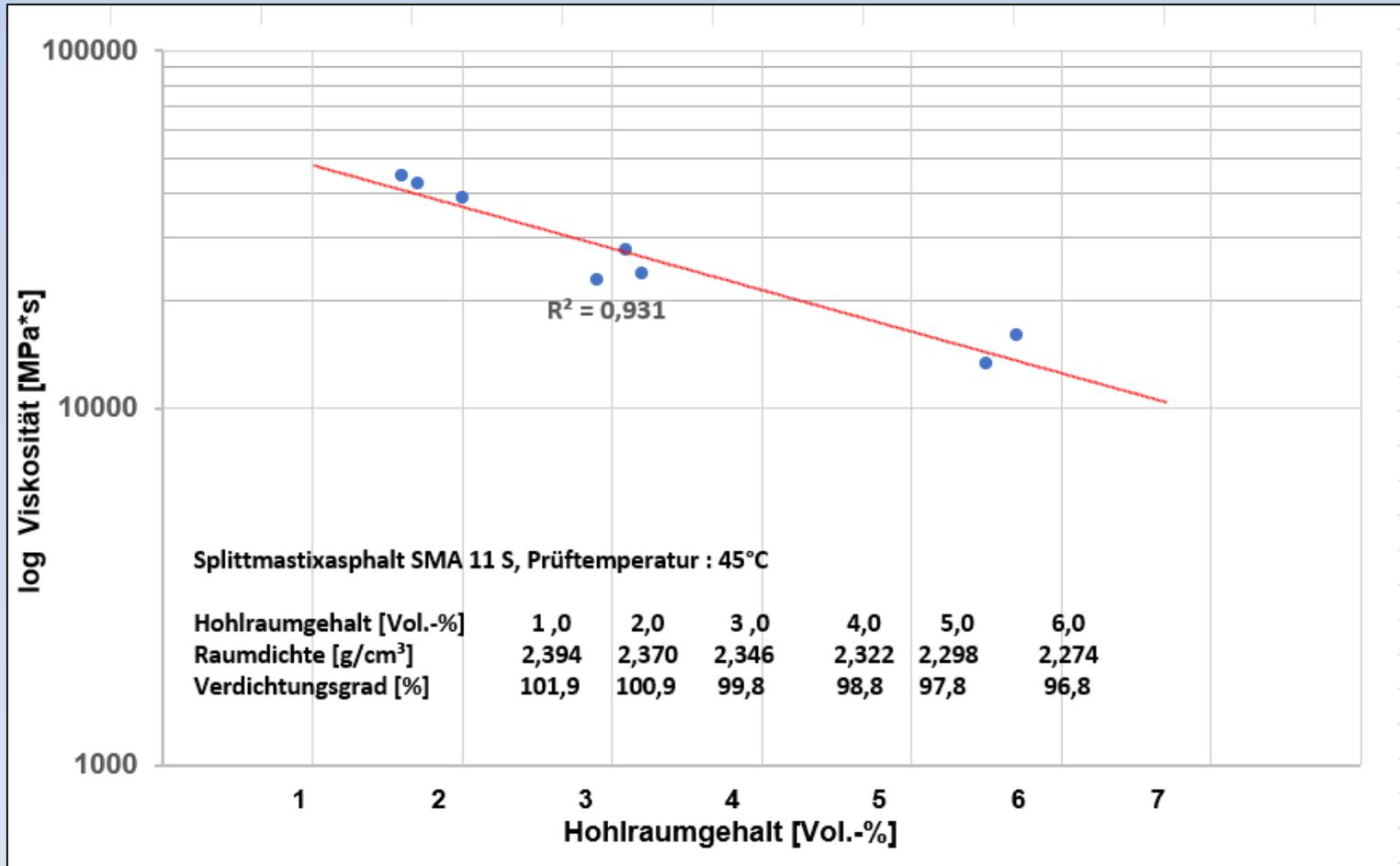
Auswirkungen der Mörtelviskosität auf die Eigenschaften des Gussasphaltes



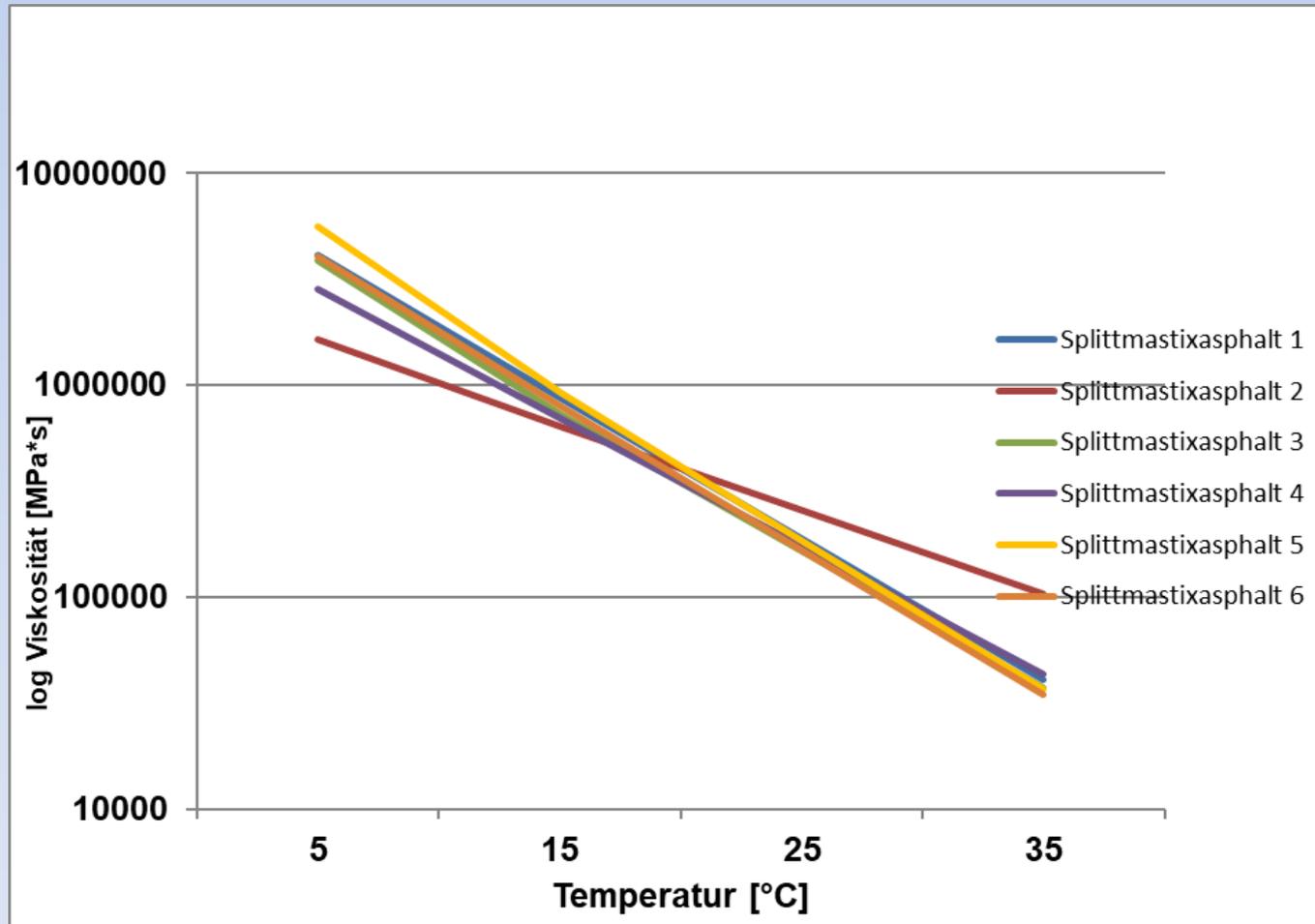
Um beispielhaft einen Gussasphalt mit einer ET_{dyn} von 4,0 mm auf eine dynamische Eindringtiefe von ca. 1,0 mm zu reduzieren, muss bei vorliegendem Beispiel die Mörtelviskosität von $1,5 \cdot 10^3$ um das ca. 3-fache auf $4,5 \cdot 10^3$ MPa • s erhöht werden.



Abhängigkeiten der Zugviskositäten von der Prüftemperatur



Abhängigkeit der Viskosität von den Hohlraumgehalten eines SMA 11 S bei unterschiedlicher Verdichtungsarbeit



Abhängigkeit der Viskositäten von der Temperatur bei 6 verschiedenen Bindemittelsorten in Splittmastixbelägen geprüft an Asphaltprismen

Tabelle : Ergebnisse Kalkhydrat-Versuchsstrecke			
Druck-Schwellversuche			Steifigkeit Anstieg (%)
	im Jahr		
50°C, Oberspannung 0,2 MPa	2000	2011	
Dehnungsrate 10 ⁻⁴ ‰	5,54	3,25	59
Zug-Retardationsversuche			
30°C Viskosität, MPa·s	4260	6790	59