

Auftraggeber: EVONIK-DEGUSSA GmbH  
High-Performance-Polymers  
Paul-Baumann-Str. 1  
45764 Marl

Lieferant: Genan GmbH  
Birkenallee 1  
16515 Oranienburg

Art der Proben: Gummimehl 0,2 - 0,8 mm

Probenahme: durch Hersteller  
Probeneingang: 11. März 2008  
Probenmenge: 12 x 1,0 kg (je Monat 1 kg)

Prüfungsauftrag: Bestimmung von Nadelpenetration, Erweichungspunkt Ring & Kugel, des komplexen Schubmoduls  $G^*$  und Phasenverschiebungswinkels  $\delta$  mittels Dynamischem-Scher-Rheometer (DSR) sowie der Steifigkeit  $S$  und Relaxationsfähigkeit  $m$  mittels Bending-Beam-Rheometer (BBR) bei  $-16\text{ °C}$  zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Gummigranulat-Proben

Anforderung: ÷

Der Untersuchungsbefund enthält 12 Seiten und 8 Anlagen.

Hinweis: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Dieser Bericht darf nur vollständig weitergegeben werden, eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf unserer schriftlichen Genehmigung.

Anerkannt nach RAP Stra für (0) Baustoffeingangsprüfung, (1) Eignungsprüfungen, (2) Fremdüberwachungsprüfungen, (3) Kontrollprüfungen (4) Schiedsuntersuchungen

	A	B	C	D	G	H	I
Böden einschl. Bodenverbesserungen		Bitumen u. bitumenhaltige Bindemittel	Fugenfüllstoffe	Gesteinskörnungen	Asphalt	Hydr. geb. Gemische einschl. Bodenverfestigung (ZTV E-S18)	Gemische für Schichten ohne Bindemittel
0				D0			
1	A1				G1	H1	I1
2		B2			G2		I2
3	A3	B3	C3 <sup>II</sup>	D3	G3	H3	I3
4	A4	B4	C4 <sup>II</sup>	D4	G4	H4	I4

<sup>II</sup> für heißverarbeitbare Fugenmassen

Mitglied im **bup** Bundesverband unabhängiger Institute für bautechnische Prüfungen e.V.

Bauaufsichtlich anerkannt gemäß Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle (PÜZ) für den geregelten Bereich

EU-notifizierte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle nach dem Bauproduktengesetz

Anerkannte Betonprüfstelle

## 1. Allgemeines

Die Firma EVONIK DEGUSSA GmbH, Marl erteilte uns am 07.03.2008 den Auftrag, aus übersandten Gummigranulat-Proben der Genan GmbH Bindemittelmodifizierungen herzustellen und auf ihre physikalischen Eigenschaften zu untersuchen. Zur Bestimmung der Gleichmäßigkeit der Eigenschaften des modifizierten Bitumens wurden Modifizierungen mit einem Bitumen 50/70 der SHELL Deutschland OIL GmbH, Köln zusammen mit dem Gummimehl und dem Additiv Vestenamer durchgeführt.

Das Additiv „Road+“ besteht nach Angaben des Herstellers zum einen Teil aus Gummigranulat des Korngrößenbereichs (0,2...0,8 mm) der Firma Genan, Oranienburg und zum anderen Teil aus dem Additiv Vestenamer des Herstellers EVONIK DEGUSSA.

Die übersandten Gummigranulat-Proben sind nach Angaben des Herstellers Rückstellproben, die in monatlichen Abständen entnommen wurden.

Für die Modifizierungen wurde ein Bitumen 50/70, das uns in zwanzig 5 kg-Behältern von der SHELL Deutschland Oil GmbH in 50996 Köln übersandt wurde (Probeneingang: 14.03.2008), verwendet.

## 2. Untersuchungsprogramm

Um die Gleichmäßigkeit der Eigenschaften des herzustellenden, modifizierten Bitumens beurteilen zu können, wurden die Standard-Bitumenprüfungen:

- Nadelpenetration nach DIN EN 1426 und
- Erweichungspunkt Ring und Kugel nach DIN EN 1427

durchgeführt.

Um überdies hinaus Aussagen zur Gleichmäßigkeit der Bitumeneigenschaften treffen zu können, wurden weiterhin die nachfolgenden, performanceorientierten Prüfungen in das Untersuchungsprogramm aufgenommen:

- Bestimmung des Komplexen Schubmoduls und Phasenverschiebungswinkels mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR)
- Steifigkeit und Relaxationsvermögen mit dem Bending-Beam-Rheometer (BBR)
- Prüfung mittels DSR an 3 ausgewählten, und bis zu 72 Stunden heiß gelagerten Proben

### 3. Probenvorbereitung und Modifizierung des Bitumens

Vor Durchführung der Modifizierungen wurden eine Musterprobe der Bitumensorte 50/70 (5-Liter-Probeeimer) in einem Wärmeschrank auf ca. 150 °C erwärmt und auf kleinere, 1-Liter Stahlblechdosen aufgeteilt. Anschließend wurde das aufgeteilte Bitumen wieder bei Raumtemperatur bis auf ca. 20 °C abgekühlt.

Die Modifizierungen des Bitumens erfolgten in einem temperaturgeregelten Ölbad bei einer Öltemperatur von 185 °C. Das Additiv Road+ wurde in das heiße Bitumen mit Hilfe eines motorbetriebenen, drehzahlgesteuerten Wendelrührers eingerührt.

Die Temperatur des Bitumens betrug bei den Modifizierungen  $180 \pm 5$  °C. Das Road+ wurde dabei mit einer Rührgeschwindigkeit von ca. 150 U/min dem Bitumen zugegeben. Danach wurde das Road+-Bitumen-Gemisch (modifiziertes Bitumen) für weitere 120 min. bei einer Temperatur von  $180 \pm 5$  °C heiß gehalten und gerührt.

Die zur Modifizierung verwendeten Massen von Bitumen und Road+ sind in Tabelle 1 für die entsprechenden Monate und ihren Probennummern wiedergegeben.

Tabelle 1: Probenbezeichnung sowie Massen- und Mengenangaben der durchgeführten Modifizierungen

Monat 2007	Proben Nr.	Mod. Datum	Bitumen	Zugabe Road+	
			[g]	[M.-%]	[g]
Jan (1)	2654	17.03.08	675,56	12,5	96,5
Mrz (3)	2655	19.03.08	749,11	12,5	107,0
Mai (5)	2656	18.03.08	738,71	12,5	105,5
Jul (7)	2657	20.03.08	741,18	12,5	105,9
Sep (9)	2658	27.03.08	606,21	12,5	86,6
Nov (11)	2659	25.03.08	720,40	12,5	102,9

#### 4. Versuchsdurchführung

##### 4.1 Penetration

Die Bestimmung der Penetrationen erfolgte mit einem automatischen Penetrometer entsprechend DIN EN 1426.

##### 4.2 Erweichungspunkt

Die Bestimmung der Erweichungspunkte wurde nach dem Ring-Kugel-Verfahren entsprechend DIN EN 1427 durchgeführt. Hierbei kam ein Ring-Kugel-Automat und als Temperiermedium Wasser zur Anwendung.

##### 4.3 Untersuchungen mit dem Dynamischem Scherrheometer

Die Messungen wurden in Anlehnung an die amerikanische AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) – Norm TP 5-93/97 mit einem Rheometer der Firma Reo Logica Instruments durchgeführt.

Folgende Prüfbedingungen wurden angewendet:

Prüffrequenz	1,592 Hz
Plattendurchmesser	25 mm
Plattenabstand	1 mm

Deformation 5 %  
Temperierung: Luftbad

Die Proben wurden im Temperaturbereich von 30 bis 90 °C und in Abständen von 10 K geprüft. Dabei wurde eine thermische Ausgleichsdauer von 1 Minute je Kelvin, mindestens 10 Minuten mit dem DSR eingehalten.

Die Auswertung des Schubmoduls und Phasenverschiebungswinkels erfolgte bei 60 °C. Die Ergebnisse  $G^*$  und  $\delta$  sind unter Abschnitt 5.3 in Tabelle 4, sowie grafisch in den Anlagen 3 und 4 wiedergegeben.

#### 4.4 Untersuchungen nach Heißlagerung mittels DSR

Insgesamt wurden drei über das Jahr 2007 verteilte Proben zur Heißlagerung ausgewählt. Im Einzelnen wurden geprüft:

- Probe #2654/08 (Jan. 2007)
- Probe #2656/08 (Mai 2007)
- Probe #2659/08 (Nov. 2007)

Zur Simulation einer praxisnahen Heißlagerung von Bitumen wurden die modifizierten Bitumenproben stehend, in verschlossenen Stahlblechdosen im Wärmeschrank gelagert. Vom Auftraggeber war eine Anfangstemperatur von 177 °C mit einer späteren Abkühlung auf 165 °C vorgesehen. Hierzu wurden die Proben bei 2 Temperaturen gelagert. Nach dem Modifiziervorgang (Stunde 0) wurden die Proben 6 Stunden lang bei 177 °C gelagert. Nach der sechsten Stunde wurden die Proben in einen zweiten Wärmeschrank mit einer Temperatur von 165 °C überführt und bis zum Ende der Lagerungszeit (72 h) gelagert.

Die Probenentnahmen für die DSR-Untersuchungen erfolgten nach 0, 2, 4, 6, 24, 48 und 72 Stunden.

Die Proben wurden analog den Bedingungen wie unter Kapitel 4.3 beschrieben mit dem DSR geprüft. Die Auswertung des Schubmoduls und Phasenverschiebungswinkels erfolgte wiederum bei 60 °C.

## 5. Untersuchungsergebnisse

### 5.1 Penetration

Die Ergebnisse der Penetration sind in Tabelle 2 dargestellt. Die in den Messungen ermittelten Einzelwerte wurden arithmetisch gemittelt, Minimum und Maximum der Mittelwerte, sowie die daraus resultierende Spanne ausgewiesen.

Tabelle 2: Messergebnisse der Penetration in  $\frac{1}{10}$  mm.

Monat 2007	Proben Nr.	Einzelwerte			arith. Mittel
		1	2	3	
Jan (1)	2654	36,8	35,4	36,0	36,1
Mrz (3)	2655	36,9	37,4	37,2	37,2
Mai (5)	2656	36,1	35,4	36,4	36,0
Jul (7)	2657	32,7	37,5	37,1	35,8
Sep (9)	2658	37,5	39,5	36,9	38,0
Nov (11)	2659	38,1	36,2	38,9	37,7
arithmetisches Mittel über anno					<b>37</b>
Standardabweichung					0,9
Minimum					35,8
Maximum					38,0
Spanne (Max-Min)					2,2

Gemäß den „Technischen Lieferbedingungen für gebrauchsfertige polymermodifizierte Bitumen“ (TL PmB) beträgt die zugelassene Spanne für die Penetrationswerte eines PmB 45 A zwischen 20 und 60  $\frac{1}{10}$  mm.

Für die Mittelwerte der Penetration ergibt sich diese Spanne von 35,8 bis 38,0  $\frac{1}{10}$  mm mit absolut 2,2  $\frac{1}{10}$  mm. Die an den Proben festgestellte Spanne der Penetrationseinzelwerte bewegt sich zwischen 32,7 und 39,5  $\frac{1}{10}$  mm.

In jedem Fall liegen die Werte der Penetration innerhalb der Forderungen der TL-PmB 2001.

## 5.2 Erweichungspunkt Ring und Kugel

Tabelle 3 stellt die Einzelmesswerte jeder Probe sowie Minimum und Maximum und die daraus resultierende Spannweite der arithmetischen Mittelwerte dar.

Tabelle 3: Ergebnisse des Erweichungspunktes Ring und Kugel in °C

Monat 2007	Proben Nr.	Einzelwerte			arith. Mittel
		1	2	3	
Jan (1)	<b>2654</b>	63,3	62,9	-	63,1
Mrz (3)	<b>2655</b>	63,9	64,3	-	64,1
Mai (5)	<b>2656</b>	63,6	63,7	-	63,7
Jul (7)	<b>2657</b>	65,8	64,9	-	65,4
Sep (9)	<b>2658</b>	64,1	63,7	-	63,9
Nov (11)	<b>2659</b>	63,0	63,4	-	63,2
arithmetisches Mittel über anno					<b>63,9</b>
Standardabweichung					0,7
Minimum					63,1
Maximum					65,4
Spanne (Max-Min)					2,3

Die gemessenen Erweichungspunkte der monatlichen Rückstellproben liegen im Mittel zwischen 63,1 und 65,4 °C

Der Bereich für den Erweichungspunkt eines PmB 45 A ist nach TL PmB von 55,0 bis 63,0 °C angegeben. Die Spanne beträgt absolut 8 °C bzw. relativ 13 % bezogen auf den Mittelwert.

Für ein PmB 25 A beträgt die zulässige Spanne der Erweichungspunkte nach TL PmB 63,0 bis 71,0 °C. Die Spanne beträgt absolut ebenfalls 8 °C und relativ 12 % bezogen auf den Mittelwert.

An den hier geprüften sechs Proben ergab sich an den Mittelwerten eine maximale Spanne von absolut 2,3 °C bzw. relativ 3,6 % und ist somit deutlich geringer, als die nach TL-PmB zulässige Spanne von 13 %. Legt man also die Spezifikation des modifizierten Bindemittels in die Mitte des Anforderungsbereiches nach TL-PmB, so ist davon auszugehen, dass allein aufgrund von Schwankungen in der Gummiqualität keine Überschreitungen der Spezifikationsgrenzwerte auftreten.

### 5.3 Komplexer Schubmodul $G^*$ und Phasenverschiebungswinkel $\delta$ mittels DSR

In den TL-PmB 2001 wird für den komplexen Schubmodul  $G^*$  und den Phasenverschiebungswinkel  $\delta$  keine Spanne, vergleichbar wie für Penetration und Erweichungspunkt, sondern ein Grenzwert ausgewiesen. Somit ist die Beurteilung über eine Spanne hier nicht möglich.

Bei Prüfung mit dem DSR werden für ein PmB 45 A  $G^* \geq 7.000 \text{ Pa}$  und  $\delta \leq 75^\circ$  gefordert.

Die Werte des Komplexen Schubmoduls  $G^*$  der geprüften Rückstellproben bewegten sich in den Grenzen zwischen rd. 14'000 und rd. 15'300 und unterschritt den Grenzwert eines PmB 45 A nach TL-PmB von minimal 7'000 Pa in keinem Fall. Die Spanne (Max-Min) der Monatsproben beträgt absolut 1355 Pa und relativ 9 %.

Tabelle 4: Mittelwerte des komplexen Schubmoduls  $G^*$  und Phasenverschiebungswinkels  $\delta$  der ungealterten Proben bei 60 °C

Monat 2007	Proben-Nr.	$G^*$ [Pa]	$\delta$ [°]
Jan (1)	2654	13'965	64,5
Mrz (3)	2655	15'320	62,6
Mai (5)	2656	13'800	63,3
Jul (7)	2657	14'845	62,1
Sep (9)	2658	14'370	64,6
Nov (11)	2659	15'255	60,1
arithmetisches Mittel		14'593	62,9
Standardabweichung		592	1,5
Minimum		13'965	60,1
Maximum		15'320	64,6
Spanne (Max-Min)		1'355	4,5

Der Phasenverschiebungswinkel  $\delta$  betrug hierbei zwischen 60,1 bis 64,6 °. Die Anforderung an den Phasenverschiebungswinkel von  $\delta \leq 75^\circ$  wurden ebenfalls in jedem Fall eingehalten.



Hinweis:

In den DIN EN 14770, Ausgabe Januar 2006 wird für die „Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels“ im Dynamischen Scherrheometer unter dem Abschnitt 10, *Präzision* beschrieben, dass die „Präzision dieses Prüfverfahrens bisher nicht ermittelt wurde“, jedoch die unter Wiederholbedingungen ermittelten Einzelwerte für  $G^*$  „um nicht mehr als 15 % vom  $G^*$ -Mittelwert abweichen“ sollten.

Für den Phasenverschiebungswinkel  $\delta$  weist DIN EN 14770 darauf hin, dass eine Vergleichspräzision von unter 5 % praktisch erzielt werden kann, unabhängig von Bindemittelart, Modifizierungsart sowie Alterungszustand. Weiterhin sollten nach DIN EN 14770 die Einzelwerte von  $\delta$  um nicht mehr als  $3^\circ$  vom  $\delta$ -Mittelwert abweichen.

#### 5.4 Steifigkeit S und m-Wert mittels BBR

Die Ergebnisse aus den BBR-Versuchen sind in der Tabelle 5 wiedergeben.

Tabelle 5: Mittelwerte der Steifigkeit S und des m-Wertes der ungealterten Proben bei  $-16^\circ\text{C}$

Monat 2007	Proben-Nr.	S [MPa]	m [-]
Jan (1)	2654	153	0,331
Mrz (3)	2655	161	0,318
Mai (5)	2656	150	0,316
Jul (7)	2657	151	0,310
Sep (9)	2658	148	0,314
Nov (11)	2659	137	0,320
arithmetisches Mittel		<b>150</b>	<b>0,318</b>
Standardabweichung		7	0,007
Minimum		137	0,310
Maximum		161	0,331

Nach den TL-PmB 2001 wird für die Steifigkeit  $S$  ein Maximalwert von 300 MPa zu Grunde gelegt. Für den  $m$ -Wert werden in den TL PmB jedoch keine Anforderungen gestellt.

Die Steifigkeiten der modifizierten Bitumen wiesen Mittelwerte zwischen 137 und 161 MPa auf. Der Grenzwert nach TL-PmB von max. 300 MPa wurde mit keinem Mittel- und keinem Einzelwert überschritten.

### 5.5 Ergebnisse der Heißlagerung

Die im Wärmeschrank heiß gelagerten Proben wurden nach 2, 4, 6, 24, 48 und 72 h Lagerung anschließend mit dem DSR in einem Temperaturbereich von 30 bis 90 °C geprüft und der Komplexe Schubmodul und Phasenverschiebungswinkel bei 60 °C ausgewertet. In der folgenden Tabelle sind der Komplexe Schubmodul und Phasenverschiebungswinkel entsprechend der Lagerungsdauer dargestellt.

Tabelle 6:  $G^*$  und  $\delta$  bei 60 °C der bis 72 Stunden heiß gelagerten Proben

Dauer der Lagerung [h]	$G^*$ [Pa]			Delta [°]		
	2654	2656	2659	2654	2656	2659
0	13965	13800	15255	64,5	63,3	60,1
2	14825	14970	16235	62,5	62,2	60,2
4	14630	14660	17250	62,2	61,1	58,5
6	14050	14275	15925	62,2	61,1	58,5
24	13945	13870	14565	62,4	60,3	62,0
48	13945	13490	12920	61,4	61,1	62,9
72	12990	12865	12210	61,6	63,2	63,5

Die Lagerungsbedingungen wurden vom Auftraggeber vorgegeben.  
Von Lagerungsdauer 0 bis 6 h betrug die Lagerungstemperatur 177 °C und von 6 bis 72 h: 165 °C (vgl. auch Abschnitt 4.4).

Aus den Werten der Tabelle 6 ist erkennbar, dass der Schubmodul und damit auch die Viskosität zu Beginn der Heißlagerung - 2 bis 4 h nach Ende der Modifizierung – erst ansteigt und dann abfällt. Der relative Anstieg betrug nach ca. 2 bis 4 Stunden jeweils 6,2, 8,5 und 13,1 %. Im Mittel stieg der Schubmodul der Bindemittel um 9 % des Ausgangswertes (0 h).

In dieser Zeit fiel der Phasenverschiebungswinkel relativ um 3,6 3,5 bzw. 2,7 % ab. Der mittlere Abfall des Winkels  $\delta$  betrug rd. 3 % des Ausgangswertes bei 0 h.

Dieser anfänglich versteifende Vorgang ist auf das Auflösen des Vestenamers in dem Zeitraum zurückzuführen.

## 6. Schlussfolgerungen

Aus den Untersuchungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die mit den monatlichen Rückstellproben des Gummigranulats zusammen mit Vestenamer (Road+) modifizierten Bitumen wiesen Werte der Penetration in einer engen Spanne auf. In jedem Fall lagen die Penetrationswerte innerhalb der nach TL-PmB zugelassenen Spanne eines PmB 45 und 25 A. Dabei deutet die festgestellte, enge Spannweite der Penetrationswerte auf eine ausreichend gute Gleichmäßigkeit der Proben.
- Weiterhin wiesen die Temperaturwerte der Erweichungspunkte eine geringe Spannweite von 2,3 ° C auf. Deshalb wird auch die Gleichmäßigkeit der Proben, ausgedrückt über den Erweichungspunkt als gut eingestuft.
- Die Werte der Erweichungspunkte Ring und Kugel lagen innerhalb der Spanne eines PmB 25 A.
- Die mit dem DSR ermittelten Werte für  $G^*$  und  $\delta$  zeigten Streuungen von 9 bzw. 7 %. Die mittleren Werte entsprachen den Anforderung eines PmB 45 A.
- Bei der Prüfung mittels BBR blieben die mittleren Steifigkeiten mit Werten von 137 bis 161 MPa deutlich unter dem Grenzwert eines PmB 45 A von maximal 300 MPa und erfüllten sogar die Anforderungen eines PmB-H mit  $S_{max} = 200$  MPa. Die Spanne der Minima/Maxima von 16 % ist in diesem Fall als hoch, aber nicht kritisch zu beurteilen.

Die Schwankungen der Qualität des untersuchten Gummigranulats bewirkten zusammen mit Vestenamer (12,5 M.-% Road+ modifiziertes 50/70 der Shell) keine Streuungen, die über die in den TL PmB, 2001 ausgewiesenen Spannen hinausgehen.

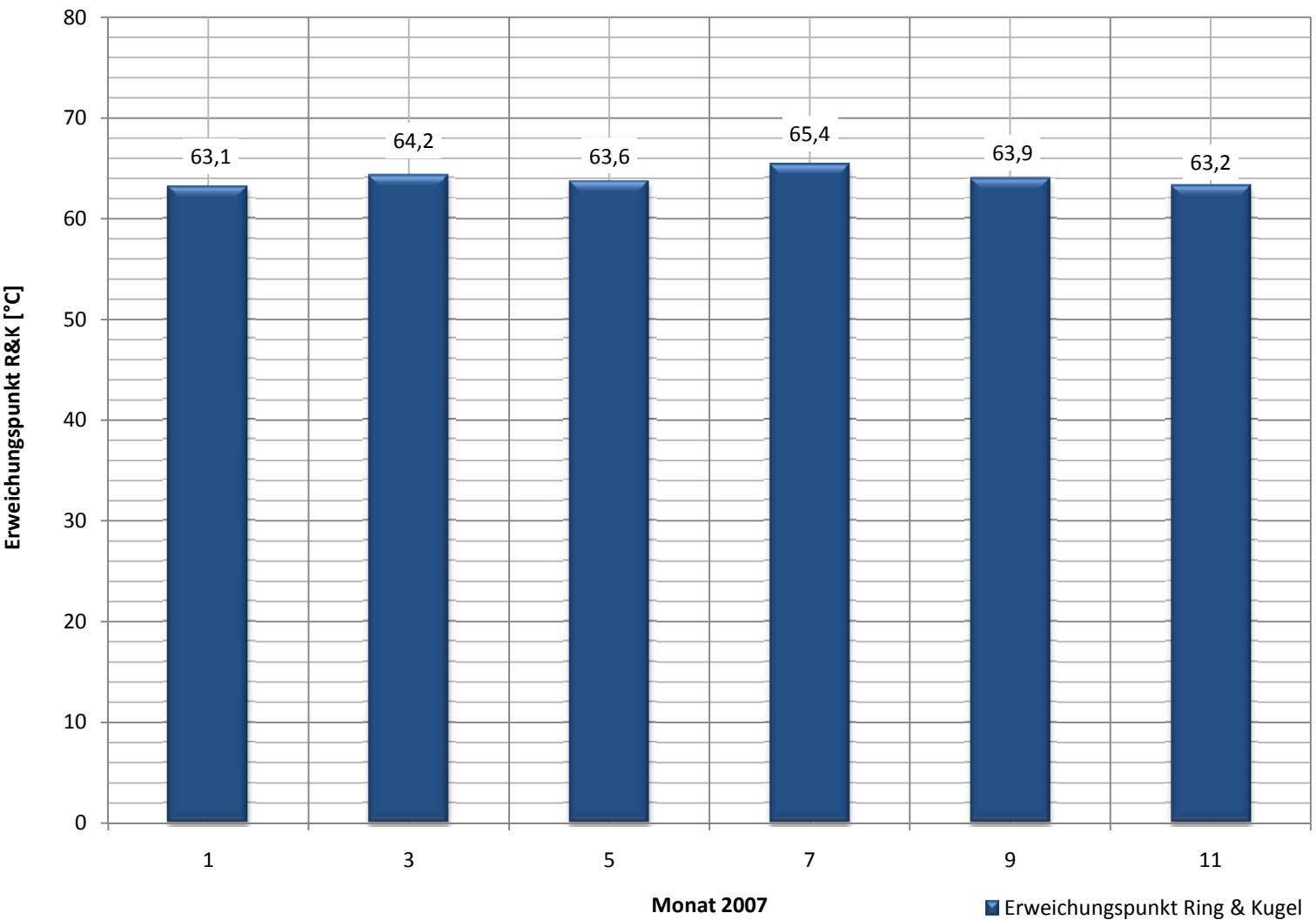
Die festgestellte Homogenität des untersuchten Gummigranulats wird zur Einhaltung mechanisch/physikalischer Bindemittelkennwerte in der Praxis als ausreichend eingeschätzt.

**HEIDEN LABOR**  
für Baustoff- und Umweltprüfung GmbH

Dipl.-Ing. Heller  
Sachbearbeiter

Dipl.-Ing. Johannsen  
Prüfstellenleiter

## Erweichungspunkt Ring & Kugel eines 50/70 modifiziert mit 12,5 M.-% Road+ (monatliche Rückstellproben des Jahres 2007)



Kosterbecker Str. 7 · 18194 Roggentin  
Telefon (03 82 04) 747 0  
Telefax (03 82 04) 747 79  
e-mail [info@heidenlabor.de](mailto:info@heidenlabor.de)  
[www.heidenlabor.de](http://www.heidenlabor.de)

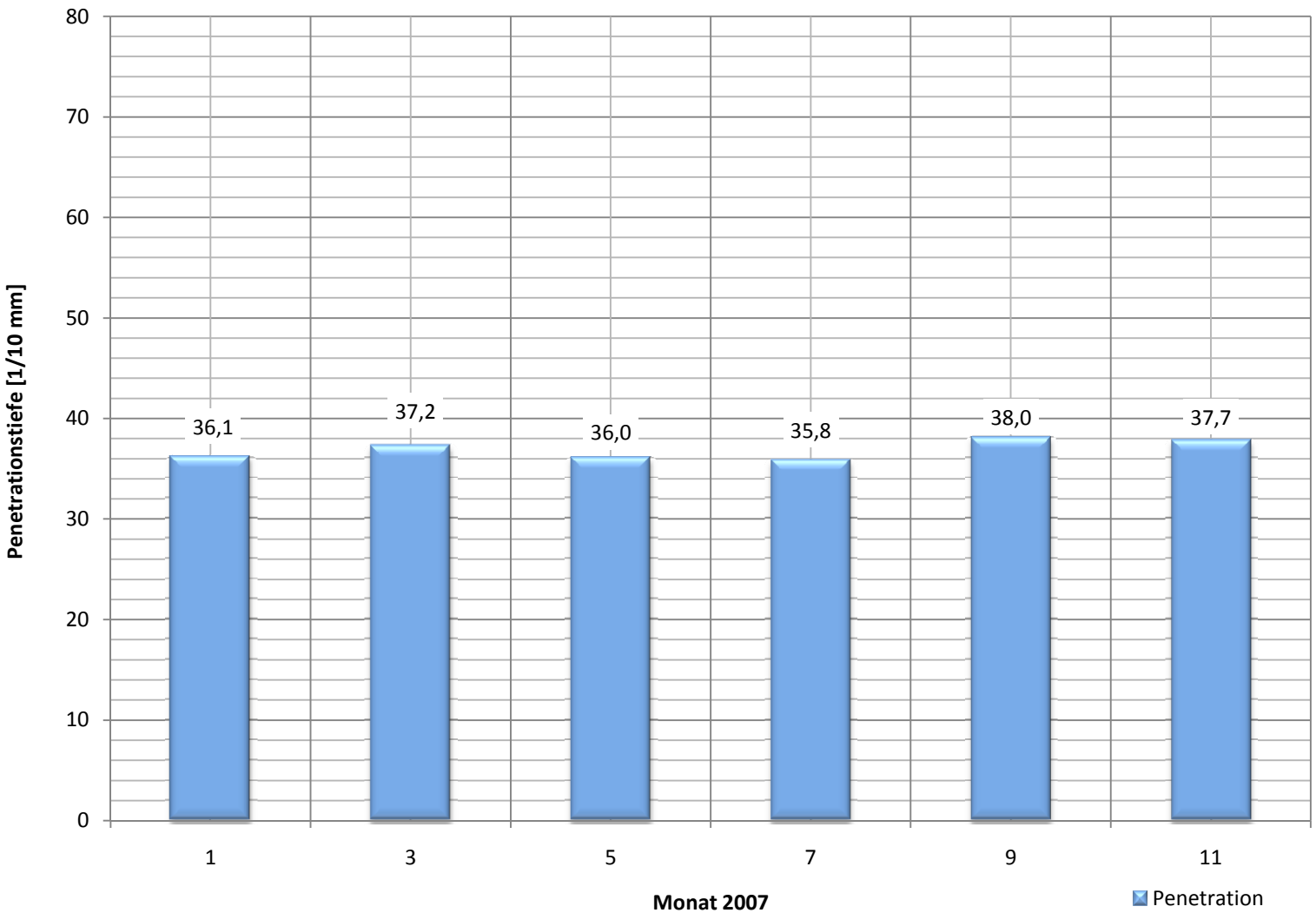
Prüfstellenleiter: Dipl.-Ing. Johannsen  
Selbstverteilung: Dipl.-Ing. Karin  
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Kephlin  
Dipl.-Ing. Mahnke  
Dipl.-Ing. Langkamp

Deutsche Bank AG Rostock  
BLZ 130 700 00 · Konto 1 224 328  
V&F Bank Rostock  
BLZ 130 900 00 · Konto 01122983  
Rostock HRB 356/90



DIN EN ISO 9001:2000

## Nadelpenetration (100 g, 25 °C, 5 sec.) eines 50/70 modifiziert mit 12,5 M.-% Road+ (monatliche Rückstellproben des Jahres 2007)



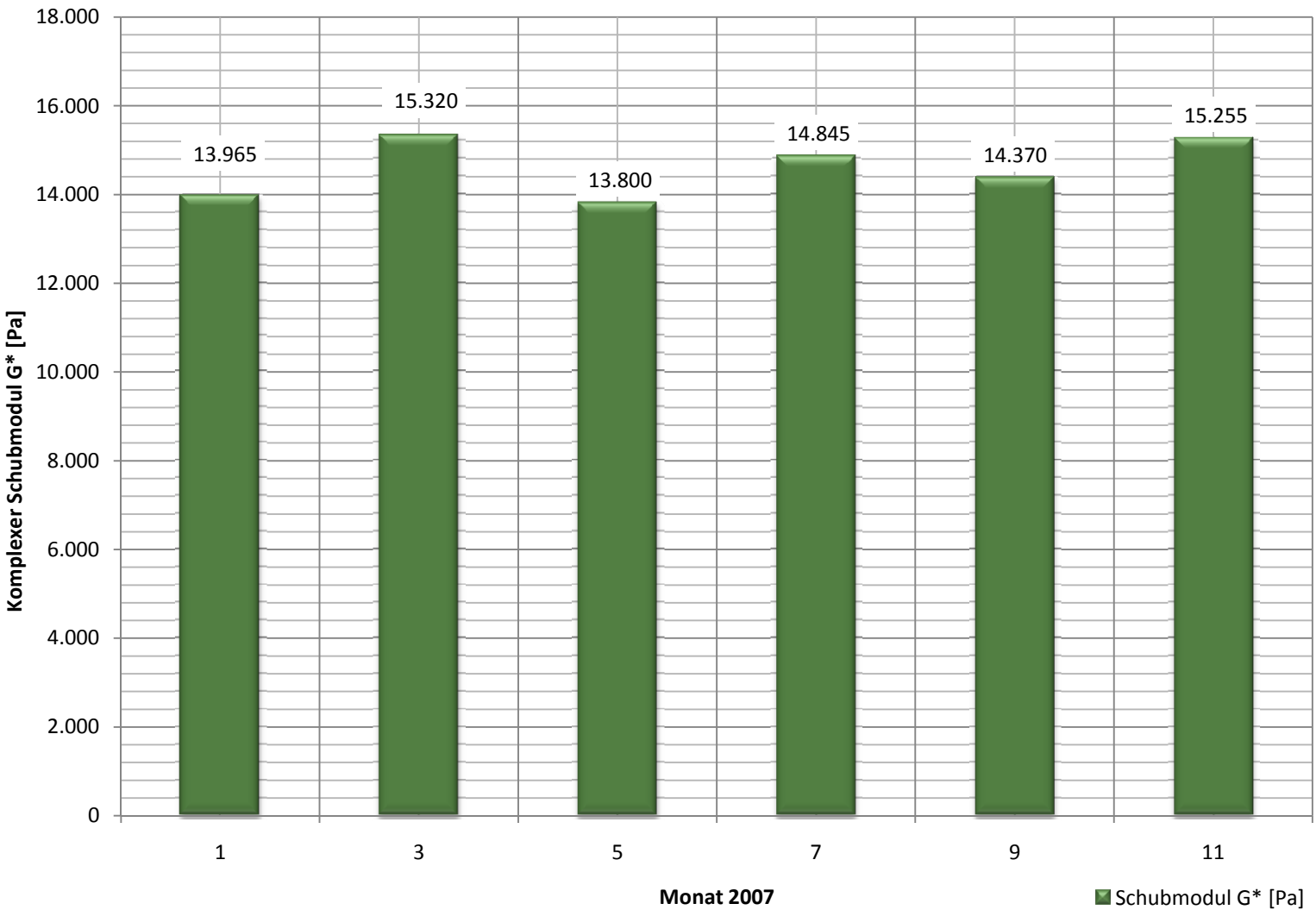
Kosterbecker Str. 7 · 18194 Roggentin  
Telefon (03 82 04) 747 0  
Telefax (03 82 04) 747 79  
e-mail [info@heidenlabor.de](mailto:info@heidenlabor.de)  
[www.heidenlabor.de](http://www.heidenlabor.de)

Prüfstellenleiter: Dipl.-Ing. Johannsen  
Selbstvertretung: Dipl.-Ing. Karin  
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Kephlin  
Dipl.-Ing. Mahnke  
Dipl.-Ing. Langkamp

Deutsche Bank AG Rostock  
BLZ 130 700 00 · Konto 1 224 328  
VAB Bank Rostock  
BLZ 130 900 00 · Konto 01122983  
Rostock HRB 356/90



## Komplexer Schubmodul $G^*$ bei 60 °C eines 50/70 modifiziert mit 12,5 M.-% Road+ (monatliche Rückstellproben des Jahres 2007)



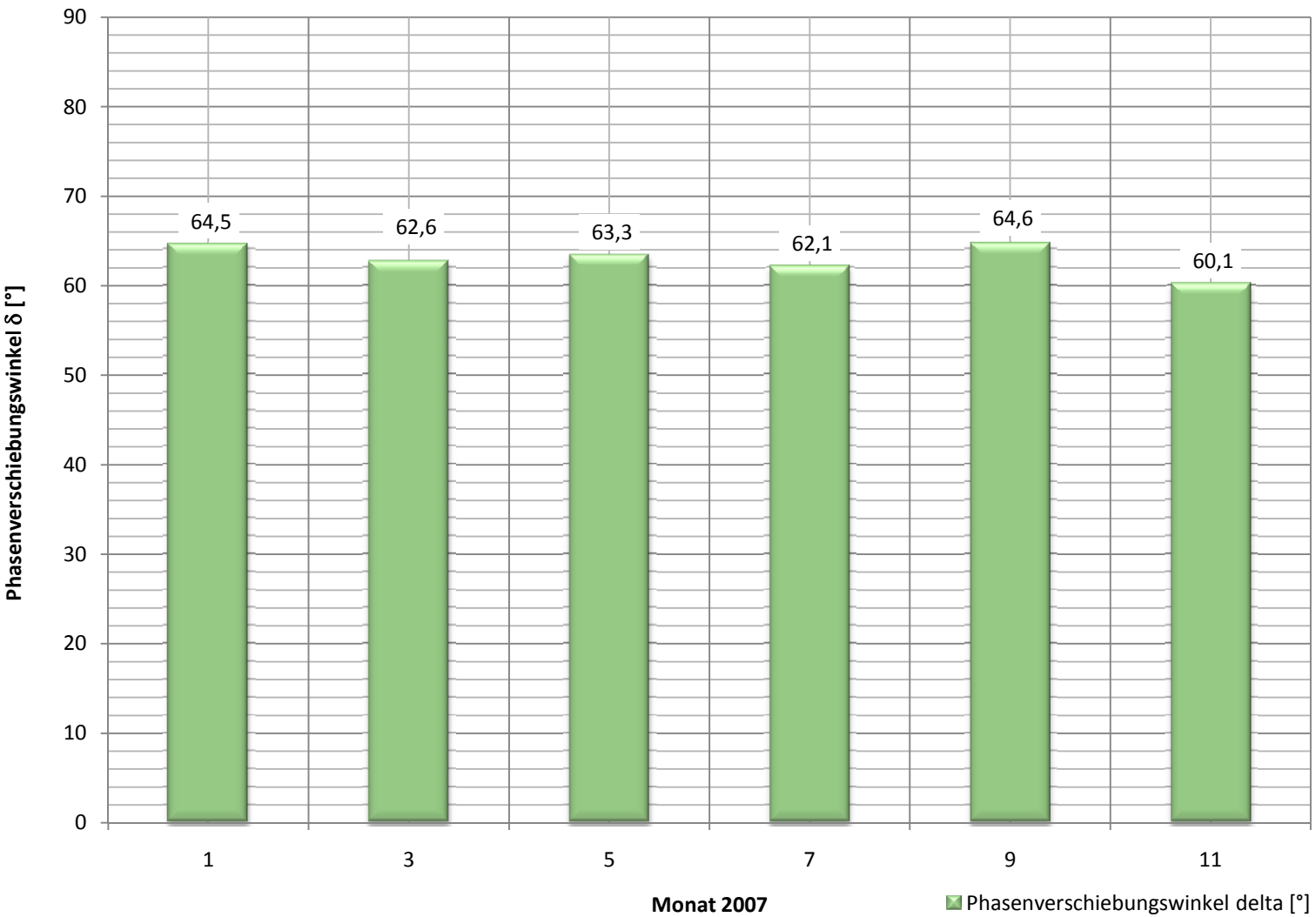
Kosterbecker Str. 7 · 18194 Roggentin  
Telefon (03 82 04) 747 0  
Telefax (03 82 04) 747 79  
e-mail [info@heidenlabor.de](mailto:info@heidenlabor.de)  
[www.heidenlabor.de](http://www.heidenlabor.de)

Prüfstellenleiter: Dipl.-Ing. Johansen  
Selbstvertretung: Dipl.-Ing. Karin  
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Kephlin  
Dipl.-Ing. Mahrke  
Dipl.-Ing. Langkamp

Deutsche Bank AG Rostock  
BLZ 130 700 00 · Konto 1 224 328  
VAB Bank Rostock  
BLZ 130 900 00 · Konto 01122983  
Rostock HRB 356/90

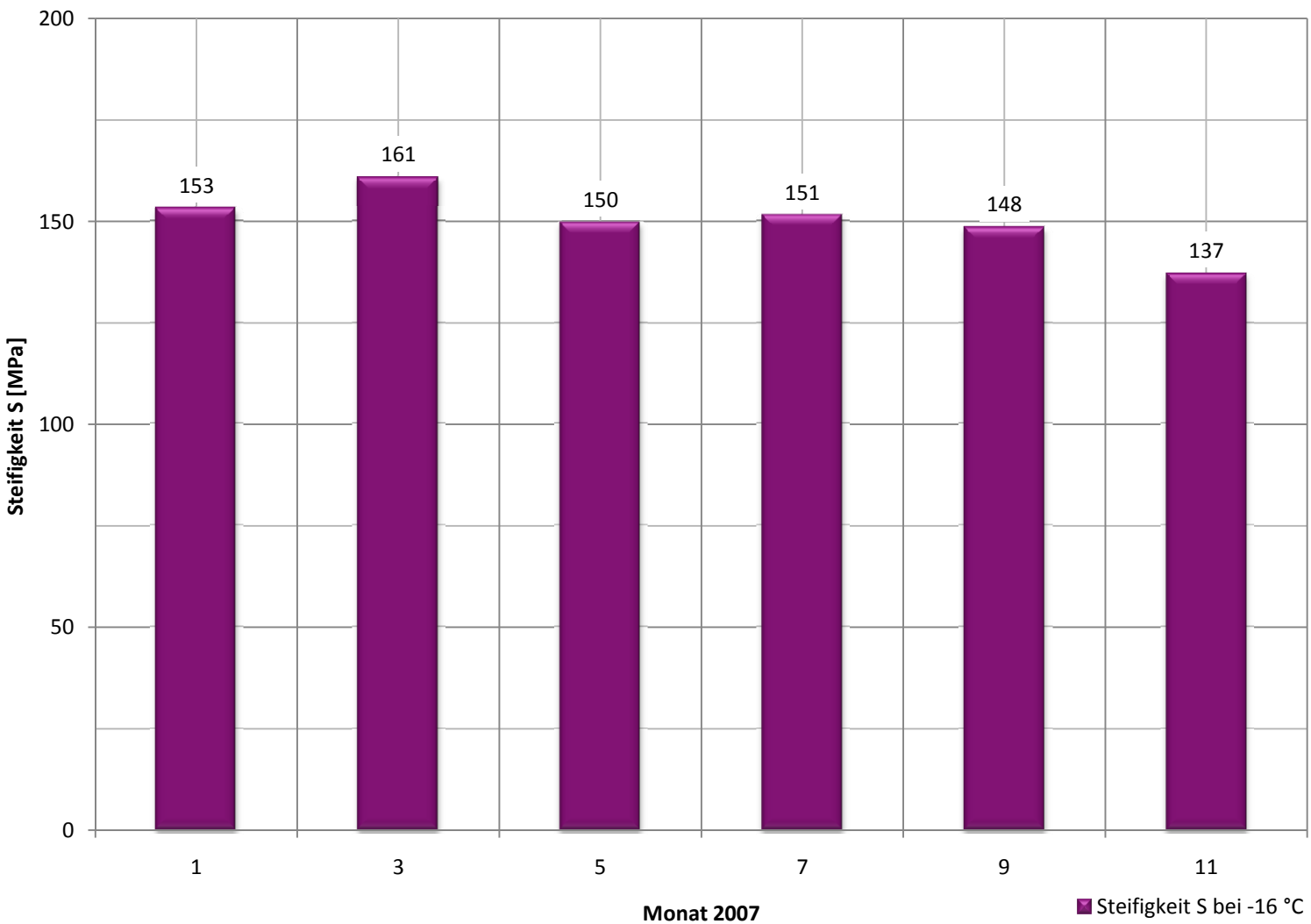


## Phasenverschiebungswinkel $\delta$ mittels DSR bei 60 °C eines 50/70 modifiziert mit 12,5 M.-% Road+ (monatliche Rückstellproben des Jahres 2007)





## Steifigkeit S mittels BBR bei -16 °C eines 50/70 modifiziert mit 12,5 M.-% Road+ (monatliche Rückstellproben des Jahres 2007)



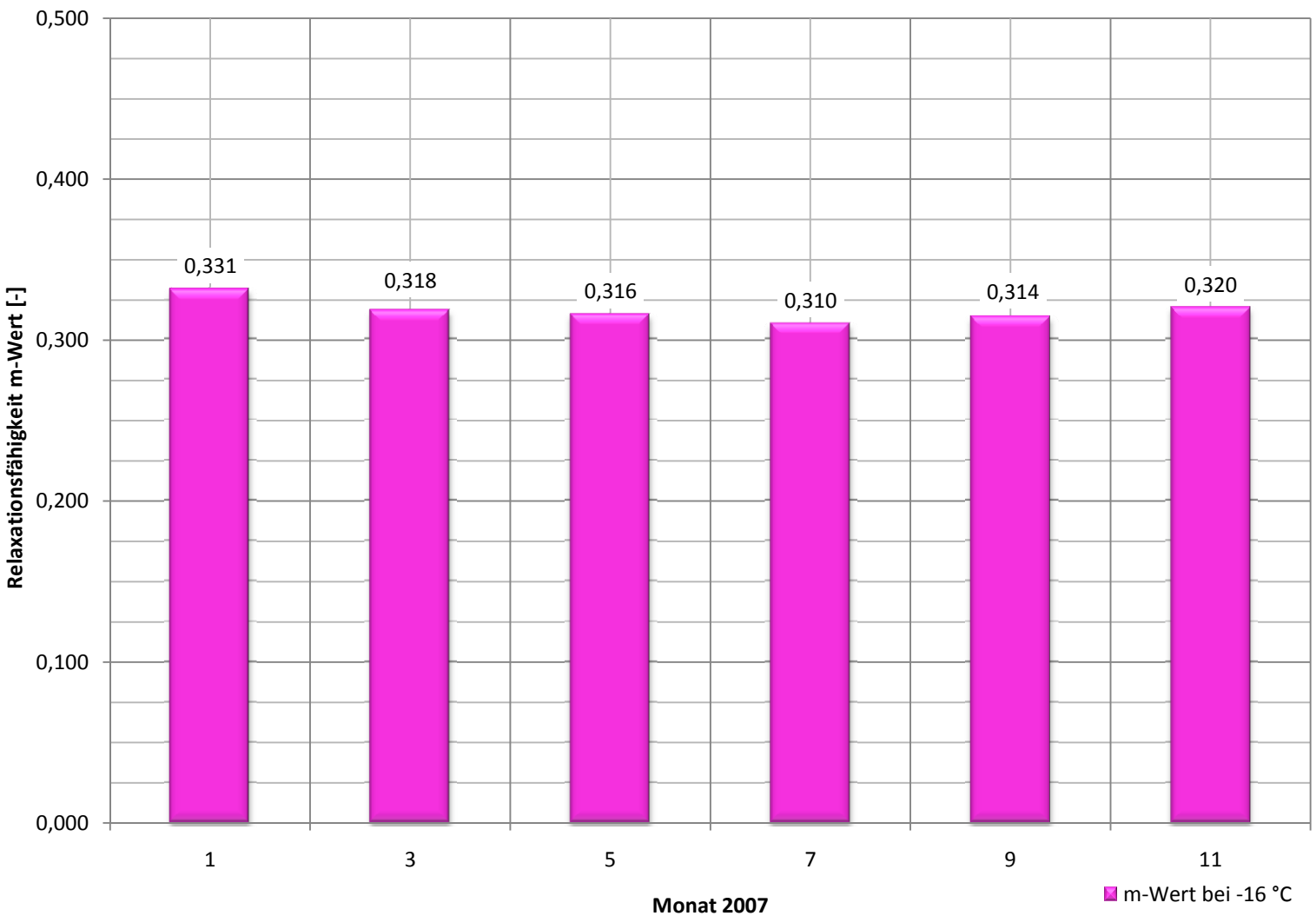
Kosterbecker Str. 7 · 18194 Roggentin  
Telefon (03 82 04) 747 0  
Telefax (03 82 04) 747 79  
e-mail [info@heidenlabor.de](mailto:info@heidenlabor.de)  
[www.heidenlabor.de](http://www.heidenlabor.de)

Prüfstellenleiter: Dipl.-Ing. Johannsen  
Selbstverteilung: Dipl.-Ing. Karin  
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Kephlin  
Dipl.-Ing. Mahnke  
Dipl.-Ing. Langkamp

Deutsche Bank AG Rostock  
BLZ 130 700 00 · Konto 1 224 328  
VfR Bank Rostock  
BLZ 130 900 00 · Konto 01122983  
Rostock HRB 356/90



## m-Wert mittels BBR bei -16 °C eines 50/70 modifiziert mit 12,5 M.-% Road+ (monatliche Rückstellproben des Jahres 2007)



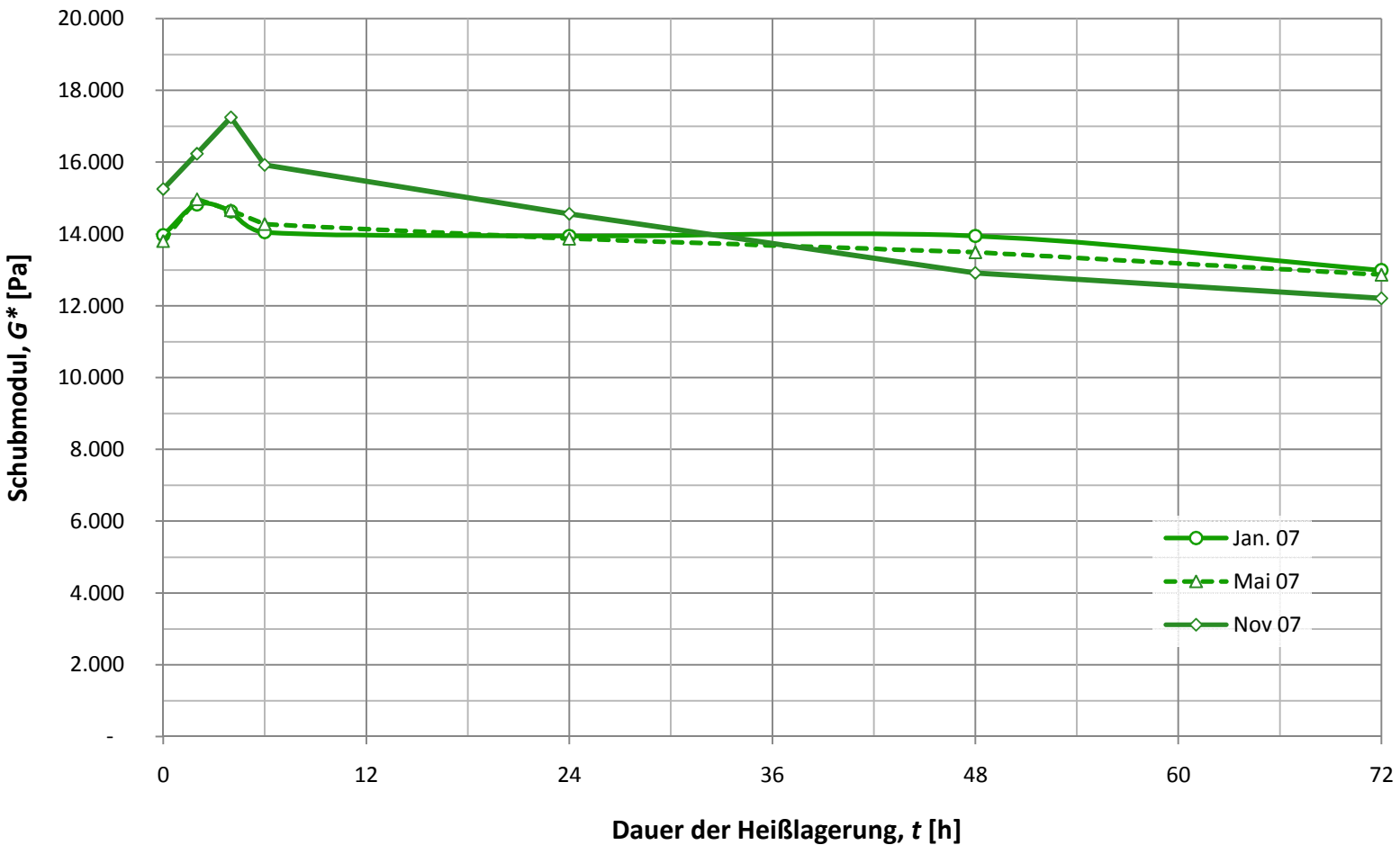
Kosterbecker Str. 7 · 18194 Roggentin  
Telefon (03 82 04) 747 0  
Telefax (03 82 04) 747 79  
e-mail [info@heidenlabor.de](mailto:info@heidenlabor.de)  
[www.heidenlabor.de](http://www.heidenlabor.de)

Prüfstellenleiter: Dipl.-Ing. Johannsen  
Selbstvertretung: Dipl.-Ing. Karin  
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Kephlin  
Dipl.-Ing. Mahrke  
Dipl.-Ing. Langkamp

Deutsche Bank AG Rostock  
BLZ 130 700 00 · Konto 1 224 328  
VAB Bank Rostock  
BLZ 130 900 00 · Konto 01122983  
Rostock HRB 356/90

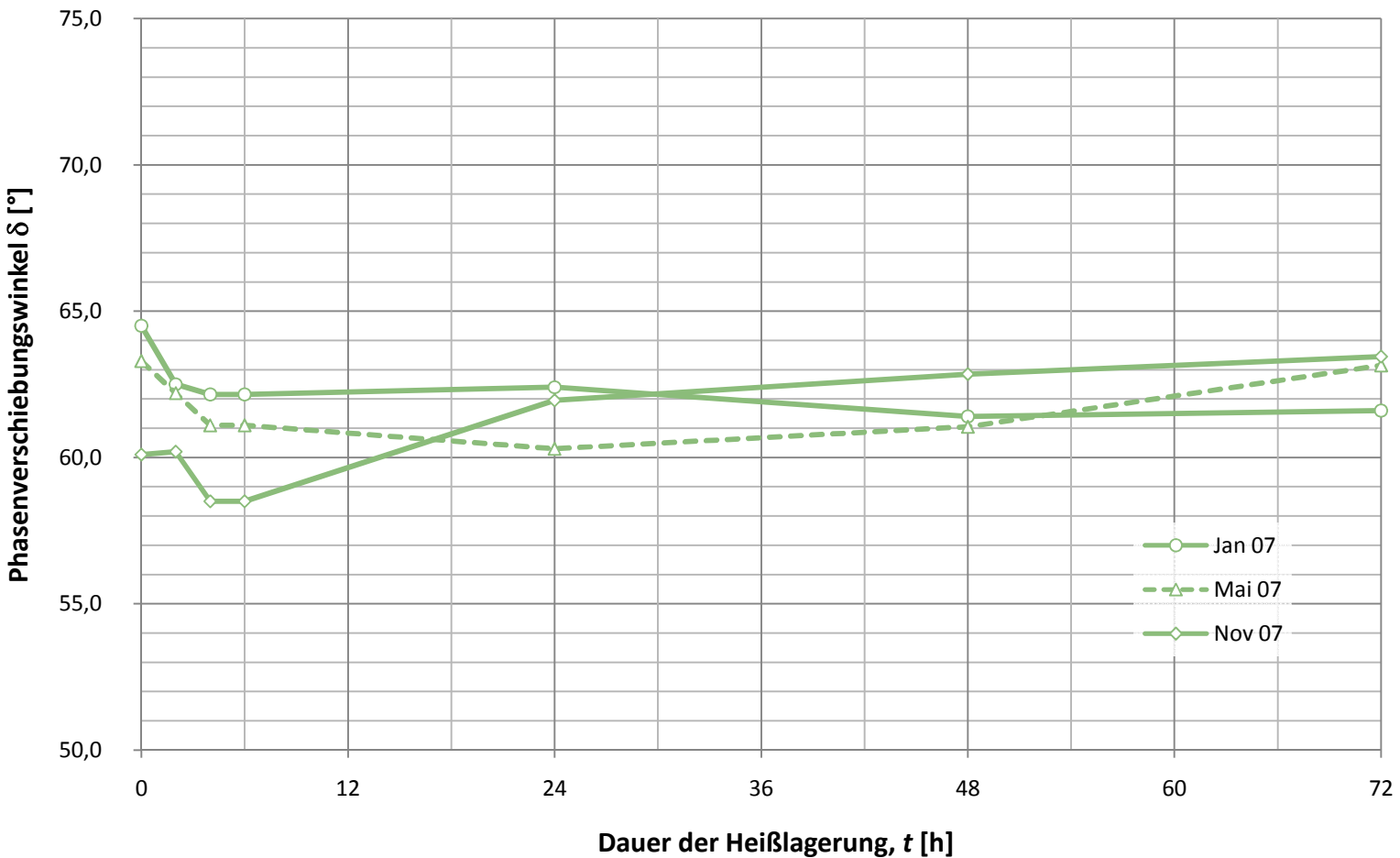


### Verhalten des Schubmoduls $G^*$ bei Heißlagerung eines Bitumens 50/70 mit 12,5 M% Road+\*



Nach Ende der Modifizierung erfolgte eine Heißlagerung in verschlossenen und ca. zu 60 % gefüllten 1 L-Stahlblechdosen. Von 0 bis 6 Stunden Lagerung im Wärmeschrank bei 177 °C, von 6 bis 72 Stunden Lagerung im Wärmeschrank bei 165 °C. Die dargestellten Werte geben das arithmetische Mittel aus 4 Einzelergebnissen (Doppelbetimmung zweier Proben) wieder.

## Verhalten des Phasenverschiebungswinkels $\delta$ bei Heißlagerung eines Bitumens 50/70 mit 12,5 M% Road\*



Nach Ende der Modifizierung erfolgte eine Heißlagerung in verschlossenen und ca. zu 60 % gefüllten 1 L-Stahlblechdosen. Von 0 bis 6 Stunden Lagerung im Wärmeschrank bei 177 °C, von 6 bis 72 Stunden Lagerung im Wärmeschrank bei 165 °C. Die dargestellten Werte geben das arithmetische Mittel aus 4 Einzelergebnissen (Doppelbetimmung zweier Proben) wieder.