

## Bestimmung verschiedener Materialeigenschaften an Probekörpern aus spritzgegossenen Kunststoffplatten

**Aktenzeichen** 5.3/10645/15

**Ausfertigung** 2 von 3

**Auftrag vom** 2015-03-09

**Eingegangen am** 2015-03-12

**Prüfgegenstand /  
Untersuchungs-  
material**

Es wurden sechs rechteckige Platten aus schwarzem Kunststoff, laut Hersteller bestehend aus „einem Teil PP, zwei Teilen HDPE und zwei Teilen HDPE NT“, sog. „Isolierkeile“, spritzgegossen, je etwa 500mm x 250mm x 7mm bis 2mm (L x B x H) groß, keilförmig, angeliefert

**Eingegangen im** März 2015

**Prüfdatum** 2015-04-28 bis 2015-06-03

**Prüfort** 12205 Berlin, Unter den Eichen 87

**Prüfung gemäß**

DIN EN ISO 178:2013-09 (Dreipunktbiegeversuche)  
DIN EN ISO 604:2003-12 (Druckversuche)  
DIN EN ISO 527-1:2012-06 und -2:2012-06 (Zugversuche)  
DIN EN ISO 179-1:2010-11 (Charpy-Schlageigenschaften)  
DIN EN ISO 62:2008-05 (Wasseraufnahme).

Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 16 einschließlich der Anlage.

Dieser **Prüfbericht** darf nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für veränderte Wiedergabe und für Auszüge ist vorher die widerrufliche, schriftliche Einwilligung der BAM einzuholen. Der Inhalt des Prüfberichts bezieht sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände/Materialien. Materialreste werden maximal 6 Monate aufbewahrt oder auf Wunsch an den Auftraggeber zurückgeschickt.

RLB-2.7.3-Anl. 1 / 2012-08-08

## 1. Allgemeine Angaben

Auftragsgemäß führte die BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung an aus den gelieferten Kunststoffplatten gefertigten Probekörpern folgende Prüfungen durch:

- A) „Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften“ nach DIN EN ISO 178:2013-09 (Dreipunkt-Biegeversuche)
- B) „Kunststoffe – Bestimmung von Druckeigenschaften“ in Anlehnung an DIN EN ISO 604:2003-12
- C) „Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 1: Allgemeine Grundsätze“ nach DIN EN ISO 527-1:2012-06 und „Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften – Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen“ nach DIN EN ISO 527-2:2012-06
- D) „Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 1: Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung“ nach DIN EN ISO 179-1:2010-11
- E) „Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme“ in Anlehnung an DIN EN ISO 62:2008-05, „Verfahren 1: Bestimmung der Wasseraufnahme nach dem Eintauchen in Wasser von 23°C“.

Alle Prüfungen sollten bei 23°C Raumtemperatur erfolgen.

## 2. Probeneingang und Präparation

Aus den im März 2015 eingegangenen Platten (s. Abbildungen 1.1 bis 1.3 in der Anlage) wurden zur Anfertigung von Probekörpern in einem ersten Schritt an der BAM die ausreichend dicken Bereiche zweier Platten einseitig mit der Fräse so bearbeitet, dass nahezu planparallele Abschnitte mit 4mm Dicke entstanden. Aufgrund der durch die Bearbeitung freigesetzten Eigenspannungen bogen sich manche dieser Bereiche der Platten leicht.

Danach wurden die Probekörper gefertigt. Für die Bestimmung der Biegeeigenschaften und der Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften wurden Probekörper der Größe 80mm x 10mm x 4mm gesägt (s. Abbildungen 2.1 und 2.4). Zur Bestimmung von Druckeigenschaften wurden Probekörper der Größe 10mm x 10mm x 4mm gesägt (s. Abbildung 2.2). Dies entspricht dem Probekörper „Typ B“ der zugrunde liegenden Norm. Schulterstäbe vom Typ „1B“ nach DIN EN ISO 527-2:2012-06 wurden zur Bestimmung der Zugeigenschaften gefräst (s. Abbildung 2.3). Zur Bestimmung der Wasseraufnahme wurden Probekörper nebeneinander aus dem dünnen Bereich einer der eingegangenen Originalplatten Probekörper der Größe 60mm x 60mm x 1mm bis 2mm heraus gesägt (s. Abbildung 2.5). Anders als in der zugrunde liegenden Norm, die eine Probekörperdicke vom 1mm vorsieht, wurde die Originaldicke mit der Keilform verwendet.

Für die Dehnungsmessung an den Zugproben wurden nach Wunsch des Auftraggebers in Längsrichtung je ein Dehnungsmessstreifen (DMS) appliziert. Bei den DMS handelt es sich um HBM Typ „6/120LY43-2L-0.5M“, die mit einem Cyanacrylat-Kleber („Pattex Plastix“) aufgeklebt wurden.

## 3. Vermessen der Probekörper

Für die Dicken- und Breitenmessung an den Probekörpern wurde eine digitale Bügel-Messschraube „Atorn 30402001“ mit einer ebenen runden Messfläche von etwa 6,5mm Durchmesser verwendet.

Die nachfolgenden Tabellen 1.1 bis 1.3 enthalten diese Messwerte.

Tabelle 1.1: Probenmaße

Prüfung	Größe, ca. mm <sup>3</sup>	Prüf- bedingung	Proben- bezeichnung	Breite b, mm			Dicke h, mm			Breite b, mm Mittelwert	Dicke h, mm Mittelwert
				1. Mess.	2. Mess.	3. Mess.	1. Mess.	2. Mess.	3. Mess.		
Dreipunkt- biege- versuche	80x10x4	23°C	A1	9,968	9,905	9,990	4,128	4,158	4,195	9,95	4,16
			A2	10,160	10,188	10,199	4,171	4,158	4,141	10,18	4,16
			A3	10,086	10,115	10,116	4,145	4,129	4,070	10,11	4,11
			A4	10,136	10,090	10,055	4,160	4,157	4,158	10,09	4,16
			A5	10,078	10,083	10,138	4,181	4,164	4,163	10,10	4,17
			A6	10,021	10,023	10,112	4,116	4,118	4,125	10,05	4,12
			A7	10,184	10,111	10,042	3,891	3,950	4,018	10,11	3,95

Tabelle 1.2: Probenmaße

Prüfung	Größe, ca. mm <sup>3</sup>	Prüf- bedingung	Proben- bezeichnung	Breite b, mm		Dicke h, mm		Breite b, mm Mittelwert	Dicke h, mm Mittelwert
				1. Mess.	2. Mess.	1. Mess.	2. Mess.		
Druck- prüfung	10x10x4	23°C	B1	9,993	9,997	3,863	3,875	10,00	3,87
			B2	9,986	9,995	3,920	3,953	9,99	3,94
			B3	10,013	10,019	3,926	3,946	10,02	3,94
			B4	10,029	9,994	4,009	3,916	10,01	3,96
			B5	10,011	10,022	3,906	3,902	10,02	3,90
			B6	10,000	9,996	4,061	4,100	10,00	4,08
			B7	9,991	10,009	3,837	3,822	10,00	3,83

Tabelle 1.3: Probenmaße

Prüfung	Größe, ca. mm <sup>3</sup>	Prüf- bedingung	Proben- bezeichnung	Breite b, mm			Dicke h, mm			Breite b, mm Mittelwert	Dicke h, mm Mittelwert
				1. Mess.	2. Mess.	3. Mess.	1. Mess.	2. Mess.	3. Mess.		
Zug- prüfung	150x10x4	23°C	C1	10,006	10,021	10,014	4,179	4,181	4,162	10,01	4,17
			C2	10,031	10,028	10,029	4,098	4,100	4,134	10,03	4,11
			C3	10,056	10,069	10,058	4,133	4,126	4,156	10,06	4,14
			C4	10,033	10,030	10,029	3,957	3,937	3,953	10,03	3,95
			C5	10,002	9,995	10,000	4,118	4,100	3,984	10,00	4,07
			C6	10,054	10,051	10,060	4,079	4,151	4,181	10,06	4,14
			C7	10,044	10,042	10,041	3,946	4,043	4,108	10,04	4,03

Die Maße für die Probekörper zur Bestimmung der Charpy-Schlagzähigkeit werden in einer Tabelle zusammen mit den Versuchsergebnissen aufgeführt.

#### 4. Versuchsdurchführung

##### 4.1 Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Biegeeigenschaften nach DIN EN ISO 178:2013-09

Die Dreipunkt-Biegeprüfungen wurden mit einer elektromechanischen Prüfmaschine Typ Zwick 1454 mit einer Nennkraft von 1000N bei Raumtemperatur  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  durchgeführt. Die Prüfmaschine weist im angegebenen Kraftbereich mindestens die Genauigkeitsklasse I nach DIN EN ISO 7500-1 auf.

Die Versuchsdurchführung ist in der o. g. Prüfvorschrift im Detail beschrieben. Alle Versuche wurden in Wegregelung mit 2mm/min gefahren. Der Abstand L zwischen den beiden Auflagern betrug 32mm und die Durchmesser von Druckfinne und Auflager jeweils 10mm. Die Durchbiegung wurde nicht direkt gemessen.

Während der Versuche wurden Zeit, Kraft und Traversenweg aufgezeichnet. Die Aufzeichnungsrate betrug etwa 5Hz. Es wurden fünf Versuche durchgeführt.

#### **4.2 Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Druckeigenschaften nach DIN EN ISO 604:2003-12**

Die Druckprüfungen wurden mit einer elektromechanischen Prüfmaschine Typ „Roell und Korthaus RK100“ mit einer Nennkraft von 100kN bei Raumtemperatur  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  durchgeführt. Die Prüfmaschine weist im angegebenen Kraftbereich mindestens die Genauigkeitsklasse I nach DIN EN ISO 7500-1 auf.

Die Versuchsdurchführung ist in der o. g. Prüfvorschrift im Detail beschrieben. Alle Versuche wurden in Wegregelung mit 5mm/min gefahren.

Während der Versuche wurden Zeit, Kraft und Traversenweg aufgezeichnet. Die Aufzeichnungsrate betrug etwa 9Hz. Es wurden fünf Versuche durchgeführt.

#### **4.3 Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Zugeigenschaften an Laminaten nach DIN EN ISO 527-1:2012-06 und DIN EN ISO 527-2:2012-06**

Die Zugprüfungen wurden mit einer elektromechanischen Prüfmaschine Typ Zwick 1454 mit einer Nennkraft von 20kN bei Raumtemperatur  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  durchgeführt. Die Prüfmaschine weist im angegebenen Kraftbereich mindestens die Genauigkeitsklasse I nach DIN EN ISO 7500-1 auf.

Die Versuchsdurchführung ist in der o. g. Prüfvorschrift im Detail beschrieben. Alle Versuche wurden in Wegregelung mit 1mm/min gefahren.

Während der Versuche wurden Zeit, Kraft, Weg sowie Längsdehnung aufgezeichnet. Die Aufzeichnungsrate betrug etwa 5Hz. Es wurden fünf Versuche durchgeführt.

#### **4.4 Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften nach DIN EN ISO 179-1:2010-11**

Die Charpy-Schlageigenschaften an den ungekerbten Probekörpern wurden mit einem „Zwick-Pendelschlagwerk Typ 5113E“ bei Raumtemperatur  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  unter Verwendung eines Pendels mit einem Nenn-Arbeitsvermögen von 4Joule durchgeführt. Die Schlagrichtung war schmalseitig des Probekörpers (e).

Die Versuchsdurchführung ist in der o. g. Prüfvorschrift im Detail beschrieben.

Es wurden zehn Versuche durchgeführt.

#### **4.5 Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Wasseraufnahme bis zur Sättigung in Anlehnung an DIN EN ISO 62:2008-05, Verfahren 1**

Die Versuchsdurchführung ist in der o. g. Prüfvorschrift im Detail beschrieben. Die drei quadratischen Probekörper wurden zuerst bei  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  im Trocken- und Wärmeschrank „Binder FED 115“ für die Dauer von fünf Tagen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Danach wurde das Trockengewicht mit der Waage „Sartorius 2001 MP2“ bestimmt. Im Anschluss wurden die Probekörper in vollentsalztem Wasser bei  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  gelagert und in bestimmten zeitlichen Abständen herausgenommen, die Oberfläche getrocknet und sofort mit der o. g. Waage gewogen. Das Wasser (ca. 10l) mit den in einem Käfig positionierten Probekörpern wurde permanent gerührt. Die Probekörper blieben bis zur Sättigung im Wasser.

## 5. Versuchsergebnisse

### 5.1 Versuchsergebnisse der Bestimmung der Biegeeigenschaften nach DIN EN ISO 178:2013-09

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die Versuchsergebnisse aufgeführt. Dort werden Einzelwerte, arithmetische Mittelwerte mit Standardabweichung und Variationskoeffizient (CV) angegeben. Erforderliche Berechnungen erfolgten nach der zugrunde liegenden Norm.

Tabelle 2: Versuchsergebnisse der Dreipunkt-Biegeprüfung

Probenbezeichnung	Prüfklima	Probennummer	Dicke h Mittelwert mm	Breite b mm	Querschnittsfläche m <sup>2</sup>	Maximale Kraft			Biegefestigkeit $\sigma_M$			
						Einzelw. N	Mittelw. N	Standardabw. N	Einzelw. MPa	Mittelw. MPa	Standardabw. MPa	Variationskoeff. %
A	+23°C	2	4,16	10,18	4,23E-05	171	171	5	46,6	47	1	2,0
		3	4,11	10,11	4,16E-05	170			47,6			
		4	4,16	10,09	4,20E-05	175			48,1			
		5	4,17	10,10	4,21E-05	176			48,1			
		6	4,12	10,05	4,14E-05	164			46,0			

Die Probekörper nach den Versuchen werden in Abbildung 3.1 und die Messkurven in der Abbildung 4 gezeigt.

### 5.2 Versuchsergebnisse der Bestimmung der Druckeigenschaften nach DIN EN ISO 604:2003-12

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Versuchsergebnisse aufgeführt. Dort werden Einzelwerte, arithmetische Mittelwerte mit Standardabweichung und Variationskoeffizient (CV) angegeben. Erforderliche Berechnungen erfolgten nach der zugrunde liegenden Norm.

Da aufgrund der Materialeigenschaften beim Druckversuch kein Kraftmaximum erreicht wurde, wurden Biegefestigkeiten bei bestimmten nominellen Stauchungen angegeben. Die Beträge der nominellen Stauchungen wurden so gewählt, dass bei diesem Lastniveau eine noch geringe plastische Verformung im Material stattfindet. Bei der Berechnung der nominellen Stauchung wurde die Maschinen-Nachgiebigkeitskorrektur mit einbezogen.

Tabelle 3: Versuchsergebnisse der Druckprüfung

Probenmaterial	Prüfbedingung	Probennummer	Dicke h Mittelwert mm	Breite b Mittelwert mm	Querschnittsfläche m <sup>2</sup>	Druckfestigkeit $\sigma$ bei 2% Stauchung (nominell)				Druckfestigkeit $\sigma$ bei 4% Stauchung (nominell)			
						Einzelw. MPa	Mittelw. MPa	Standardabw. MPa	CV %	Einzelw. MPa	Mittelw. MPa	Standardabw. MPa	CV %
B	23°C	2	3,94	9,99	3,93E-05	11,19	10,8	2,1	19,5	25,59	24,7	1,1	4,4
		4	3,96	10,01	3,97E-05	8,30				23,76			
		3	3,94	10,02	3,94E-05	8,97				23,39			
		6	4,08	10,00	4,08E-05	13,27				25,58			
		7	3,83	10,00	3,83E-05	12,17				25,41			

Die Probekörper nach den Versuchen werden in Abbildung 3.2 und die Messkurven in den Abbildungen 5.1 und 5.2 gezeigt.

### 5.3 Versuchsergebnisse der Bestimmung der Zugeigenschaften nach DIN EN ISO 527-1:2012-06 und DIN EN ISO 527-2:2012-06

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die Versuchsergebnisse aufgeführt. Dort werden Einzelwerte, arithmetische Mittelwerte mit Standardabweichung und Variationskoeffizient (CV) angegeben. Erforderliche Berechnungen erfolgten nach der zugrunde liegenden Norm. Zur Berechnung des Zugmoduls mittels Sekantenanstieg wurden der Quotient aus der Differenz der Zug-

spannungen und der Differenz der zugehörigen Zugverformungen bei den Punkten 0,0005 und 0,0025 herangezogen.

Tabelle 4: Versuchsergebnisse der Zugprüfung

Prüfbedingung	Probennummer	Dicke	Breite	Probenquerschnitt m <sup>2</sup>	Maximalkraft N	Zugfestigkeit $\sigma_m$				Elastizitätsmodul Zugversuch $E_t$			
		Mittelw. mm	Mittelw. mm			Einzelw. MPa	Mittelw. MPa	Standardabw. MPa	CV %	Einzelw. MPa	Mittelw. MPa	Standardabw. MPa	CV %
23°C	C2	4,11	10,03	4,12E-05	766	18,59	18,3	0,4	2,2	1589	1602	147	9,2
	C3	4,14	10,06	4,16E-05	737	17,71				1629			
	C4	3,95	10,03	3,96E-05	721	18,20				1359			
	C5	4,07	10,00	4,07E-05	760	18,69				1701			
	C6	4,14	10,06	4,16E-05	770	18,51				1733			

Ein Bild der Probekörper nach den Versuchen befindet sich in der Abbildung 3.3. Die Messkurven werden in den Abbildungen 6.1 und 6.2 gezeigt.

#### 5.4 Versuchsergebnisse der Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften nach DIN EN ISO 179-1:2010-11

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die Versuchsergebnisse aufgeführt. Dort werden Einzelwerte, arithmetische Mittelwerte mit Standardabweichung und Variationskoeffizient (CV) angegeben. Erforderliche Berechnungen erfolgten nach der zugrunde liegenden Norm.

Tabelle 5: Versuchsergebnisse der Prüfung der Charpy-Schlageigenschaften

Probekörper Bezeichnung	Dicke h mm	Breite b mm	Querschnittsfläche A mm <sup>2</sup>	Schlagenergie Wc J	Schlagzähigkeit $a_{cU}$			
					Einzelw. kJ/m <sup>2</sup>	Mittelw. kJ/m <sup>2</sup>	Standardabw. kJ/m <sup>2</sup>	CV %
D1	4,06	10,04	40,76	1,269	31,132	29,4	3,9	13,3
D2	4,13	10,02	41,38	0,968	23,391			
D3	3,89	10,02	38,98	1,144	29,350			
D4	3,97	10,11	40,14	1,140	28,403			
D6	4,11	10,08	41,43	1,034	24,958			
D7	4,15	9,99	41,46	1,327	32,008			
D8	4,11	10,12	41,59	1,372	32,986			
D9	4,13	10,13	41,84	1,081	25,838			
D10	4,08	10,06	41,04	1,485	36,180			
D12	4,11	9,97	40,98	1,224	29,871			

Ein Bild der Probekörper nach den Versuchen befindet sich in der Abbildung 3.4.

#### 5.5 Versuchsergebnisse der Bestimmung der Wasseraufnahme bis zur Sättigung in Anlehnung an DIN EN ISO 62:2008-05, Verfahren 1

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die Versuchsergebnisse aufgeführt. Dort werden arithmetischer Mittelwert mit Standardabweichung und Variationskoeffizient (CV) angegeben. Erforderliche Berechnungen erfolgten nach der zugrunde liegenden Norm.

Tabelle 6: Wasseraufnahme bei Sättigung nach 36 Tagen Lagerung

Massenanteil des aufgenommenen Wassers		
Mittelwert	Standardabweichung	CV
%	%	%
0,089	0,004	4,1

Abbildung 7 zeigt das zugehörige Diagramm.

**BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung**  
12200 Berlin, 2015-06-03

### Fachbereich 5.3, Mechanik der Polymerwerkstoffe

im Auftrag



Prof. Dr. Ing. Volker Trappe

Kompetenzfeld Betriebsfestigkeit und Schädigungsverhalten



im Auftrag



Dipl. Ing. (FH) Lothar Buchta

Sachbearbeiter

Verteiler: 1. und 2. Ausfertigung: Auftraggeber  
3. Ausfertigung: BAM 5.3