

Tough 1500 Resin V2

Ein starres, aber dennoch nachgiebiges Material mit einer Zähigkeit, die sich mit Polypropylen messen kann

Prototypen mit der Zähigkeit, Nachgiebigkeit und Widerstandsfähigkeit von Polypropylen

Zähe, robuste Gehäuse mit Funktionselementen wie Schnappverbindungen und Schraubdomen für selbstschneidende Schrauben

Schlagfeste Halterungen und Vorrichtungen für den langfristigen Einsatz im Werk

Teile mit einem Gleichgewicht aus Steifigkeit und Duktilität für nachgiebige Mechanismen wie Riegel, Biegeelemente und Dämpfer



V2

FLT01502

Erstellt am: 18/03/2025

Revision 05: 17/10/2025

Nach unserer Kenntnis sind die angegebenen Informationen korrekt. Dennoch übernimmt Formlabs Inc. keine explizite oder implizite Garantie für die Genauigkeit der Ergebnisse, die durch die Nutzung erzielt werden.

Tough 1500 Resin V2 ist ein widerstandsfähiges Material mit einer ähnlichen Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit wie Polypropylen (PP) und bietet eine ausgezeichnete Bruch-, Schlag- und Splitterfestigkeit.

Erstellen Sie Teile mit einem Gleichgewicht aus Steifigkeit und Duktilität, ob für nachgiebige Mechanismen oder robuste Gehäuse mit selbstschneidenden Schrauben oder Schnappverbindungen. Tough 1500 Resin V2 eröffnet eine Vielzahl von Anwendungen, von funktionalen Prototypen bis hin zu Halterungen und Vorrichtungen für die Endverwendung.

Tough 1500 Resin V2 ist eine neue Materialformulierung, die auf der Serie Form 4 eine 10-mal höhere Bruchzähigkeit bietet als die Vorgängerversion.

Materialeigenschaften ¹			METHODE
	Grün ²	Nachgehärtet ³	
Zugeigenschaften ¹			METHODE
Maximale Zugfestigkeit	30 MPa	34 MPa	ASTM D638-14
Zugmodul	1250 MPa	1460 MPa	ASTM D638-14
Streckzugfestigkeit	30 MPa	34 MPa	ASTM D638-14
Streckdehnung	5,6 %	6,1 %	ASTM D638-14
Bruchdehnung	210 %	155 %	ASTM D638-14
Biegeeigenschaften ¹			METHODE
Biegebruchfestigkeit	26 MPa	41 MPa	ASTM D790-17
Biegemodul	900 MPa	1370 MPa	ASTM D790-17
Zähigkeitseigenschaften ¹			METHODE
Izod-Schlagzähigkeit (gekerbt)	45 J/m	42 J/m	ASTM D256-10
Izod-Schlagzähigkeit (ungekerbt)	1080 J/m	910 J/m	ASTM D4812-11
Charpy-Schlagzähigkeit (gekerbt)	8,9 kJ/m ²	7,5 kJ/m ²	ISO 179-1
Charpy-Schlagzähigkeit (ungekerbt)	63 kJ/m ²	57 kJ/m ²	ISO 179-1
Gardner-Schlagzähigkeit bei 0,79 mm (1/32") Dicke	7,0 J	5,9 J	ASTM D5420-21
Gardner-Schlagzähigkeit bei 1,6 mm (1/16") Dicke	12,4 J	11,1 J	ASTM D5420-21
Ross-Biegeweichselfestigkeit	11 000 Zyklen	8000 Zyklen	Intern (23 °C, 30° Verformung bei 1 Hz)
Brucheigenschaften ¹			METHODE
Maximaler Spannungsintensitätsfaktor (K _{max})	1,7 MPa·m ^{1/2}	1,7 MPa·m ^{1/2}	ASTM D5045-14
Brucharbeit (W _i)	1090 J/m ²	1011 J/m ²	ASTM D5045-14

Materialeigenschaften ¹			METHODE
	Grün ²	Nachgehärtet ³	
Thermische Eigenschaften ¹			METHODE
Wärmeformbeständigkeittemp. bei 1,8 MPa	42 °C	53 °C	ASTM D648-16
HDT bei 0,45 MPa	54 °C	66 °C	ASTM D648-16
Wärmeausdehnung (0–150 °C)	116 µm/m/°C	99 µm/m/°C	ASTM E831-13
Entflammbarkeit	Nicht getestet	HB	UL 94
Elektrische Eigenschaften ¹			METHODE
	Nachgehärtet ³		
Durchschlagfestigkeit	23,4 kV/mm		ASTM D149-20
Dielektrische Konstante (50 Hz)	4,5		ASTM D150 (50 Hz)
Dielektrische Konstante (1 kHz)	3,9		ASTM D150 (1 kHz)
Verlustfaktor (50 Hz)	0,018		ASTM D150 (50 Hz)
Verlustfaktor (1 kHz)	0,013		ASTM D150 (1 kHz)
Volumenwiderstand	2,91 * 10 ¹⁵ Ω · cm		ASTM D257-14
Andere Eigenschaften ¹			METHODE
Shore-Härte D	76D		ASTM D2240
Schüttdichte	1,12 g/ml		ASTM D792-20
Viskosität bei 25 °C	1000 cP		ASTM D792-20
Flüssigkeitsdichte	1,02 g/ml		ASTM D792-20

BIOKOMPATIBILITÄT

Tough 1500 Resin wurde gemäß ISO 10993-1 als Produkt mit Hautkontakt bewertet und hat die Anforderungen für die folgenden Biokompatibilitätsendpunkte bestanden:

ISO-Norm	Beschreibung ^{3,4}
ISO 10993-5	Nicht zytotoxisch
ISO 10993-10	Nicht reizend
ISO 10993-10	Kein Sensibilisator

CHEMIKALIENBESTÄNDIGKEIT

Gewichtszunahme in Prozent im Zeitraum von 24 Stunden für einen gedruckten Würfel von 1 x 1 x 1 cm im jeweiligen Lösungsmittel:

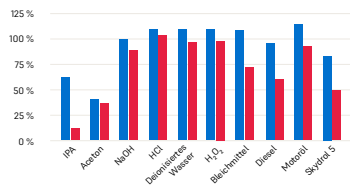
Lösungsmittel	Gewichtszunahme in % über 24 Std.	Lösungsmittel	Gewichtszunahme in % über 24 Std.
Essigsäure (5 %)	0,22	Isooctan (Benzin)	42,92
Aceton	29,64	Mineralöl (leicht)	0,02
Isopropylalkohol	6,54	Mineralöl (schwer)	0,04
Bleichmittel (~5 % NaOCl)	-0,05	Salzlösung (3,5 % NaCl)	0,24
Butylacetat	41,35	Natriumhydroxid (0,025 %, pH 10)	0,17
Dieselmkraftstoff	0,04	Wasser	0,21
Diethylenglykolmonomethylether	5,71	Xylol	72,57
Hydrauliköl	0,04	Starke Säure (Chlorwasserstoff)	2,15
Skydrol 5	2,41	TPM	5,90
Wasserstoffperoxid (3 %)	0,31		

Chemikalienbeständigkeit (ASTM D543)

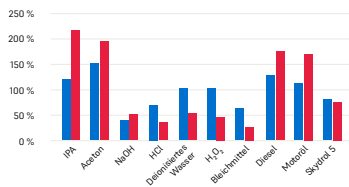
Gemäß ASTM D543 auf seine Chemikalienbeständigkeit geprüft. Der Einfluss verschiedener Chemikalien wurde getestet, indem nach unterschiedlichen Kontaktdauern der Zugmodul und die Festigkeit gemessen wurden. Die Proben wurden in Behältern platziert und einen Tag sowie eine Woche lang vollständig in die Testchemikalien eingetaucht. Nach der Entnahme wurden die getesteten Proben gewaschen und vor der mechanischen Prüfung für 24 Stunden bei 22 °C konditioniert. Die mechanische Prüfung erfolgte gemäß ASTM D638 mit Zugproben des Typs IV bei standardmäßigen Laborbedingungen (22 °C). Die Ergebnisse werden als prozentuale Abweichung von den an Proben ohne Chemikalienkontakt gemessenen Werten angegeben.

Lösungsmittel	IPA	ACETON	NaOH (0,025 % pH 10)	HCl (10%)	Deionisiertes Wasser	H ₂ O ₂ (3 %)	Bleichmittel (~5 % NaOCl)	Diesel	Motoröl	Skydrol 5
Relativer Zugmodul										
1 Tag	61,80 %	41,01 %	99,51 %	109,90 %	109,98 %	110,37 %	109,63 %	95,71 %	115,69 %	83,62 %
1 Woche	12,37 %	37,77 %	88,99 %	103,73 %	97,23 %	98,98 %	72,70 %	60,43 %	93,11 %	49,99 %
Relative Festigkeit										
1 Tag	55,66 %	54,30 %	98,98 %	95,49 %	99,62 %	98,27 %	96,26 %	94,49 %	98,46 %	71,99 %
1 Woche	28,85 %	49,48 %	103,30 %	101,11 %	99,01 %	98,84 %	97,71 %	63,33 %	101,85 %	43,65 %
Relative Dehnung										
1 Tag	118,46 %	150,74 %	39,05 %	70,50 %	103,07 %	103,02 %	63,63 %	127,67 %	109,53 %	80,51 %
1 Woche	219,26 %	196,33 %	50,69 %	35,01 %	52,05 %	44,92 %	25,90 %	176,95 %	169,00 %	74,90 %
Relative Masse										
1 Tag	112,82 %	141,98 %	100,22 %	100,22 %	100,40 %	100,41 %	100,27 %	104,30 %	100,42 %	108,49 %
1 Woche	135,80 %	141,15 %	100,23 %	100,14 %	100,51 %	100,71 %	100,24 %	111,17 %	99,95 %	119,26 %

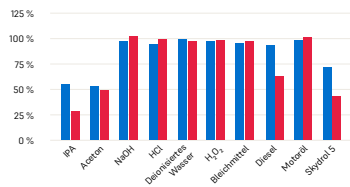
Zugmodul nach Eintauchzeit



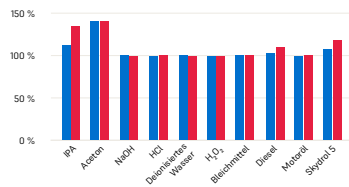
Bruchdehnung nach Eintauchzeit



Maximale Zugfestigkeit nach Eintauchzeit



Massenabsorption nach Eintauchzeit



● 1 TAG ● 1 WOCHE

¹ Materialeigenschaften können abhängig von Druckgeometrie, Druckausrichtung, Druckeinstellungen und Temperatur variieren.

² Die Daten wurden anhand von Grünteilen gewonnen, die auf dem Form 4 bei 100 µm mit den Einstellungen für Tough 1500 Resin V2 und ohne zusätzliche Behandlungen gedruckt wurden.

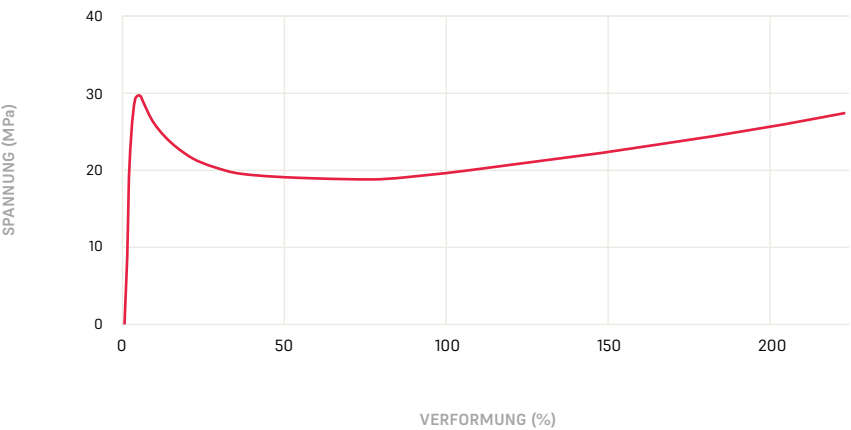
³ Standardproben für ISO 10993 wurden auf einem Form 4 mit den Einstellungen für Tough 1500 Resin V2 bei 100 µm Schichthöhe gedruckt, 10 Minuten lang in einem Form Wash gewaschen (5 Min. frische, 5 Min. gebrauchte Waschlösung), anschließend 30 Minuten lang getrocknet und 12 Minuten lang in einem Form Cure (2. Generation) bei 70 °C nachgehärtet.

⁴ Tough 1500 Resin wurde getestet bei NAMS in der Hauptniederlassung in Ohio, USA.

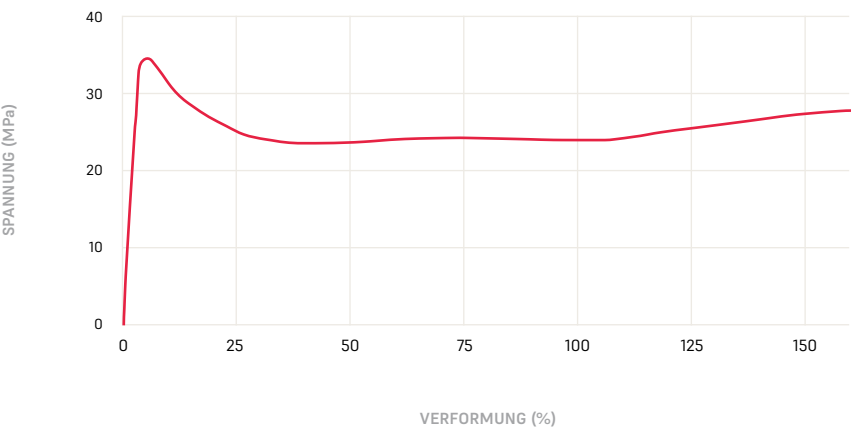
Repräsentativer Zugverlauf (ASTM D638-14)

Typ I, 50 mm/min

Grün



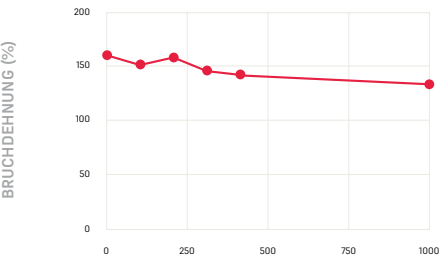
Nachgehärtet



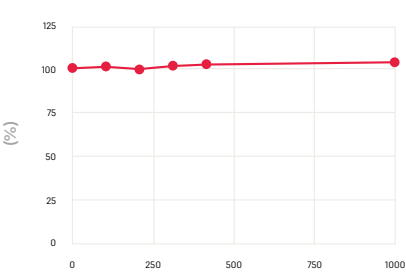
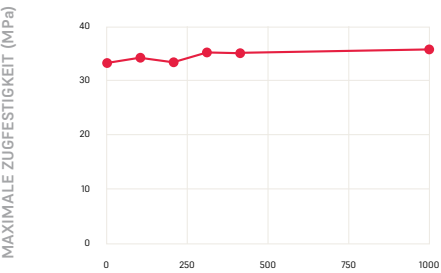
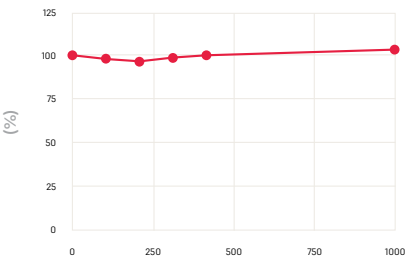
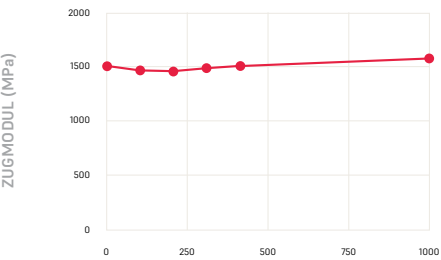
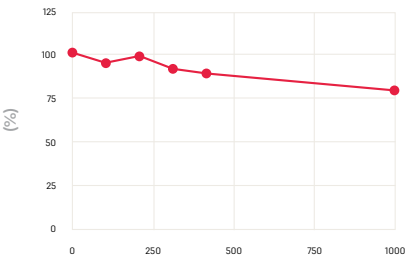
Hitzealterung (ASTM D3045)

Formlabs hat die Hitzealterung von Tough 1500 Resin V2 nach ASTM D3045 bewertet, einer Prüfnorm zur Beurteilung der Hitzealterung von Kunststoffen ohne Last. Bei dieser Prüfung werden die mechanischen Eigenschaften von Proben in Umgebungen von 50 °C bis zu 6 Wochen lang in verschiedenen Zeitabständen gemessen.

Testergebnis



% des Ausgangswertes



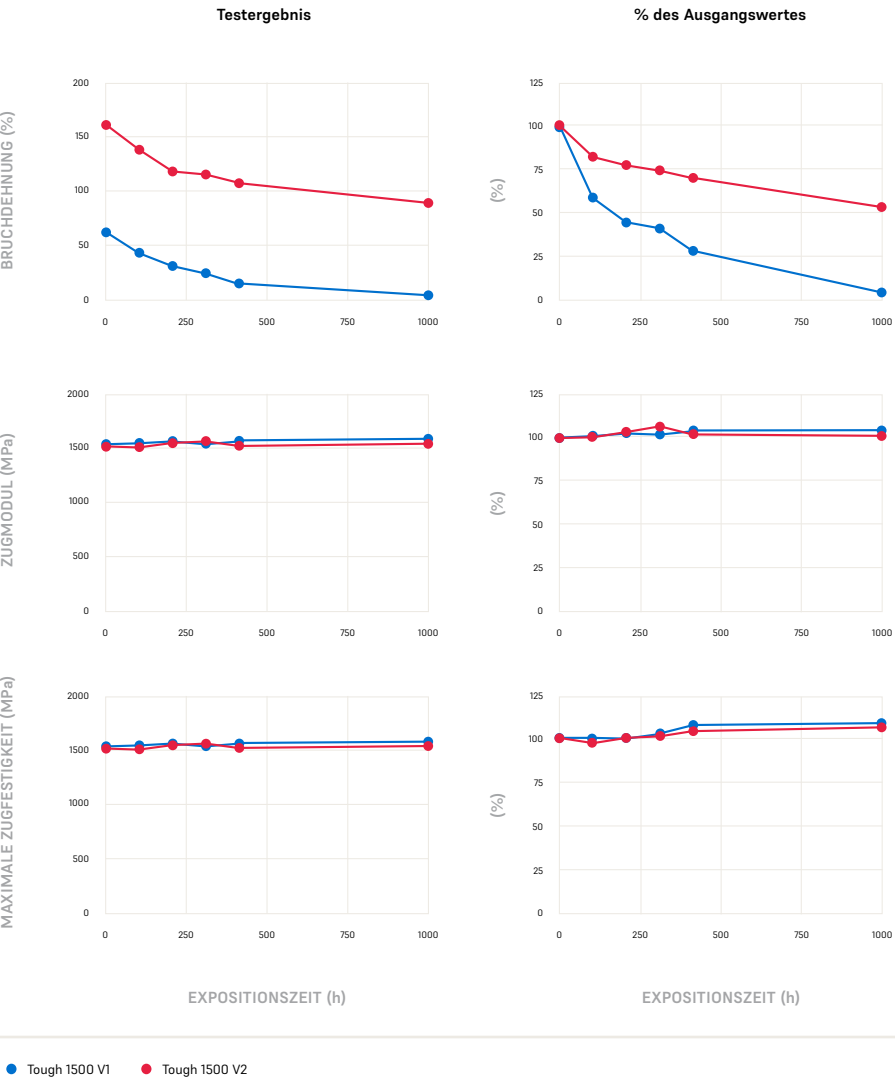
EXPOSITIONSZEIT (h)

EXPOSITIONSZEIT (h)

Alterung in Innenräumen (ASTM D4459)

Formlabs hat die UV-Alterung von Tough 1500 Resin V2 nach ASTM D4459 bewertet, einer Prüfnorm zur Bestrahlung von Kunststoffen für Innenräume mit Xenonbogenlicht. Dieser Test simuliert die Alterung von Polymeren durch die Sonneneinstrahlung durch Glas. Die belichteten Proben wurden vor der mechanischen Prüfung für 24 Stunden bei 22 °C konditioniert. Die Kontrollproben wurden bei einer gleichbleibenden Temperatur von 22 °C gelagert. Die mechanische Prüfung erfolgte gemäß ASTM D638 bei standardmäßigen Laborbedingungen (22 °C). „0 h“ bezeichnet ungealterte Proben, die bei 22 °C gelagert wurden und 24 Stunden nach der Nachbearbeitung getestet wurden.

Bitte beachten Sie, dass die beschleunigte Bewitterungsprüfung nicht alle Alterungsbedingungen vollständig abbilden kann. Formlabs empfiehlt, je nach den spezifischen Anforderungen Ihrer Anwendung zusätzliche Tests im Freien durchzuführen.



MAXIMALE ZUGFESTIGKEIT (MPa)

Expositionszeit (h)	Tough 1500 V1 (MPa)	Tough 1500 V2 (MPa)
0	1500	1500
100	1520	1500
250	1550	1520
350	1550	1520
400	1550	1500
1000	1550	1500

% des Ausgangswertes

Expositionszeit (h)	Tough 1500 V1 (%)	Tough 1500 V2 (%)
0	100	100
100	100	100
250	100	100
350	102	102
400	105	100
1000	105	102

EXPOSITIONSZEIT (h)

EXPOSITIONSZEIT (h)

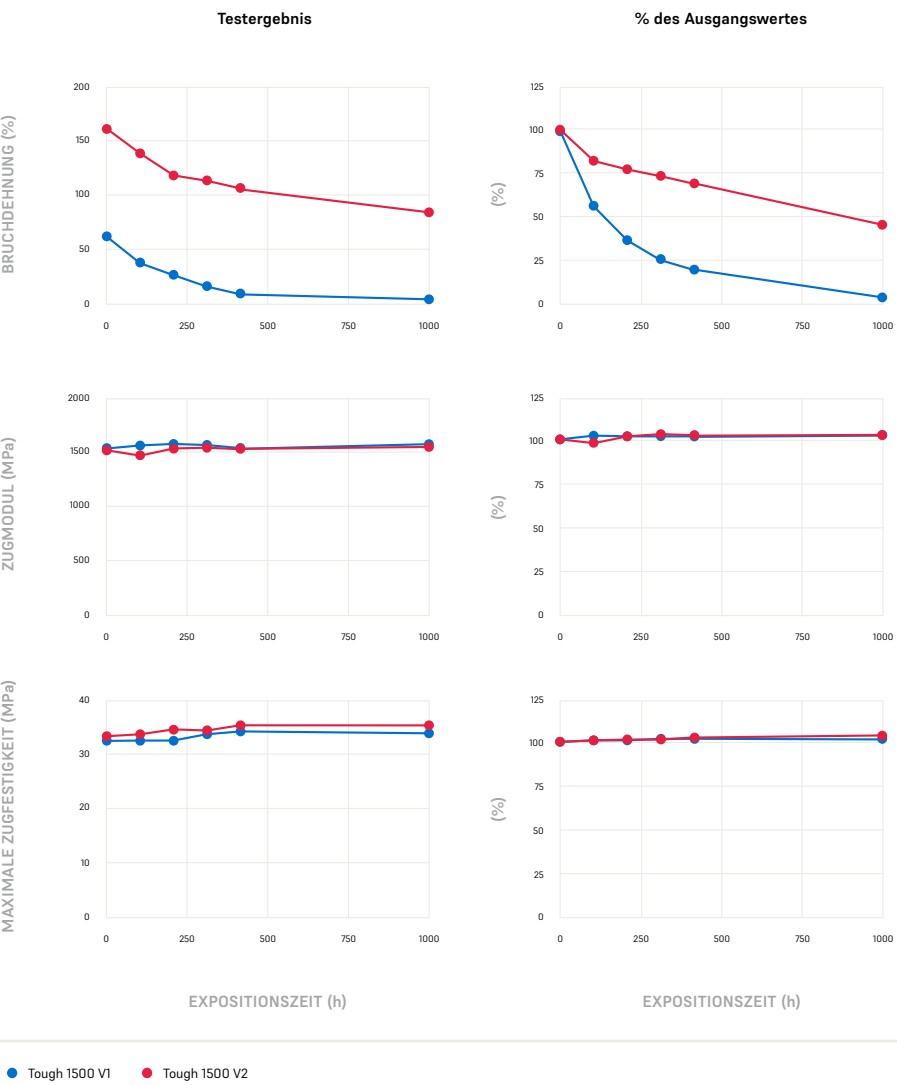
● Tough 1500 V1

● Tough 1500 V2

Alterung im Freien (ASTM D4329)

Tough 1500 Resin V2 wurde gemäß ASTM D4329 (Zyklus A) unter beschleunigten Freibewitterungsbedingungen getestet. Die Proben wurden einem definierten Maß an Hitze, Wasserkondensation und UV-Bestrahlung ausgesetzt. Die belichteten Proben wurden vor der mechanischen Prüfung für 24 Stunden bei 22 °C konditioniert. Die Kontrollproben wurden bei einer gleichbleibenden Temperatur von 22 °C gelagert. Die mechanische Prüfung erfolgte gemäß ASTM D638 bei standardmäßigen Laborbedingungen (22 °C). „0 h“ bezeichnet ungealterte Proben, die bei 22 °C gelagert wurden und 24 Stunden nach der Nachbearbeitung getestet wurden.

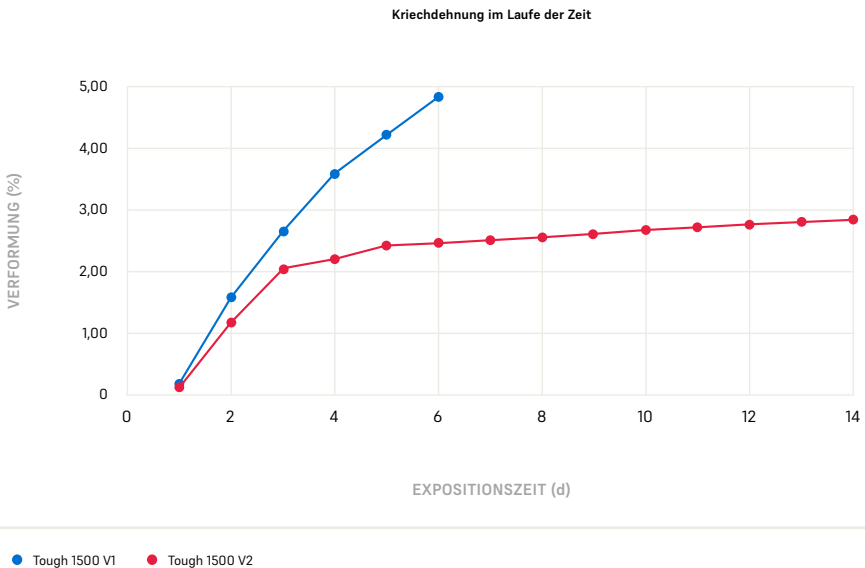
Bitte beachten Sie, dass die beschleunigte Bewitterungsprüfung nicht alle Alterungsbedingungen vollständig abbilden kann. Formlabs empfiehlt, je nach den spezifischen Anforderungen Ihrer Anwendung zusätzliche Tests im Freien durchzuführen.



ASTM D4329: Zyklus A für allgemeine Anwendungen, QUV/se, UVA 340 nm, 0,89 W/m²·nm, 8 Stunden UV-Licht bei 60 °C gefolgt von 4 Stunden bei 50 °C Kondensation im Dunkeln. Um das Verziehen der Proben während des Tests zu minimieren, wurden die Proben in maßgefertigten Halterungen ohne Fixierungsklemmen und mechanische Belastung platziert. Die bewitterten Proben wurden vor jedem folgenden Kondensationszyklus aus dem QUV entnommen, um eine übermäßige Tränkung der Proben in Wasser vor dem Test zu vermeiden.

Biegekriechverhalten ISO 6602

Formlabs hat die Kriechbeständigkeit von Tough 1500 Resin V2 gemäß ISO 6602 bewertet. Bei diesem Test wird die Verformungsrate des Materials bei einer konstanten Temperatur unter fixer Belastung gemessen. Die Proben wurden bei 22 °C unter 4,0 MPa Belastung getestet. Die Verformung wurde über 14 Tage hinweg einmal täglich gemessen.



Dynamische mechanische Analyse (DMA)

Es ist eine DMA-Kurve von Tough 1500 Resin V2 von 0 °C bis 140 °C bei 3 °C/min abgebildet. Bei 109,6 °C wird ein Glasübergang beobachtet, bei 60,8 °C hingegen ein Wendepunkt des Speichermoduls.

