

EPDM · Heißluftbeständigkeit · Alterungsbeständigkeit · Trinkwasser · Prüfkriterien

In einem Benchmark wurden O-Ringe aus EPDM-Werkstoffen verschiedener Hersteller am Markt bezüglich ihrer Beständigkeit in Heißluft bis 150 °C bewertet. Im theoretischen Teil wird die sinnvolle Auswahl von Prüfkriterien dargelegt. Außerdem wird ein Punktesystem definiert, welches ein differenziertes und objektives Rating der getesteten Werkstoffe erlaubt. Es konnte gezeigt werden, dass der Werkstoff 70 EPDM 291 (Freudenberg) eine hervorragende Alterungsbeständigkeit in Heißluft bis 150 °C sowie zusätzlich ein breites Freigabespektrum im Trinkwasserbereich besitzt und damit eine Spitzenstellung unter den high performance EPDM-Werkstoffen einnimmt.

High Performance EPDM Benchmark for Hot Water and Hot Air Applications

EPDM · Hot air resistance · Aging resistance · Drinking water · Test parameters

O-rings made of EPDM-compounds from different suppliers were tested in a benchmark regarding hot air resistance up to 150 °C. In the theoretical part the way to a sensible choice of test parameters is discussed. Moreover a scoring system was established to rank the different materials in an objective way. The outcome of this benchmark was that the O-Ring material 70 EPDM 291 (Freudenberg) showed superior aging resistance against hot air up to 150 °C in comparison with the other tested materials. Additionally the compound has a broad spectrum of drinking water approvals. Therefore it takes a leading position as a real high performance EPDM material.

High Performance Werkstoffe aus EPDM für den Einsatz in (Heiß-) Wasser und Heißdampf

Teil 1: Hitzebeständigkeit in Luft

High Performance EPDM Werkstoffe werden von den verschiedensten O-Ring Herstellern mit Temperatur-Beständigkeiten von -50 °C bis weit über 150 °C angeboten. Die Einsatzgebiete reichen von der Lüftungs- und Klimatechnik über Heizung und Sanitär bis hin zur Lebensmittelindustrie und Pharmazie. Vergleichsuntersuchungen und Kunden-Feedback zeigen jedoch deutlich, dass die Werkstoffe den Anforderungen oftmals nicht gerecht werden. Zum Beispiel verfügen EPDM Werkstoffe in den seltensten Fällen über Hitzebeständigkeiten, die einen Dauereinsatz in Luft bei Temperaturen von 150 °C oder höher erlauben. Lediglich in Heißwasser sind Temperaturen bis 180 °C und höher überhaupt realistisch. Die Angabe einer Hitzebeständigkeit im Sinne einer damit verbundenen maximalen Einsatztemperatur für einen Werkstoff kann also stets nur im Zusammenhang mit dem abzudichtenden Medium sinnvoll angegeben werden. Der Einsatz im Lebensmittelbereich oder in der Pharmaindustrie verbietet sich teilweise trotz guter Hitzebeständigkeit für bestimmte EPDM-Werkstoffe schon auf Grund der verwendeten Rohstoffe oder weil nach wie vor Weichmacher in den Compounds enthalten sind. Da diese Rohstoffe nicht auf den Positivlisten der verschiedenen Zertifizierungsbehörden geführt werden, erhalten die Werkstoffe richtiger Weise nicht die in diesen Bereichen wichtigen Zertifizierungen und Freigaben, die heute aber standardmäßig gefordert werden. Tabelle 1 gibt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Freigaben für den O-Ring Bereich. Um einen Eindruck über die tatsächliche Performance der erhältlichen "Hochleistungs-EPDM-Materialien" zu vermitteln, wurden die Freudenberg Werkstoffe 70 EPDM 291 und 70 EPDM 39111 in einem O-Ring Benchmark (Abmessung 30-3,5) mit acht Werkstoffen der Marktbegleiter verglichen. Im folgenden 1. Teil dieser Untersuchungen stand dabei vor

allem die Hitzebeständigkeit in Luft als umgebendes Medium im Fokus. Teil 2 und 3 werden zum einen die Heißwasserbeständigkeit und zum anderen die Kontaktkorrosion sowie die Konzentration extrahierbarer organischer Substanzen zum Inhalt haben.

Werkstoffe im Test

Die beiden Freudenberg Werkstoffe 70 EPDM 291 und 70 EPDM 39111 wurden für diesen Benchmark ausgewählt, da sie speziell für höchste Temperaturen und maximale Medienbeständigkeit entwickelt worden sind. Einen Auszug der zahlreichen Einsatzgebiete bzw. Anwendungen zeigt Abbildung 1. Der Werkstoff 70 EPDM 291 wurde im Hinblick auf höchste Reinheit für Trinkwasserkontakt und den Einsatz in der Lebensmittelindustrie entwickelt. Dabei kommt die Dichtung neben den wässrigen Medien aus dem Lebensmittelbereich häufig mit aggressiven, sogenannten CIP (cleaning in place) und SIP (sterilisation in place) Reinigungs- und Sterilisationsmedienmedien in Kontakt (im Wesentlichen Säuren und Laugen). Hier zeigt 70 EPDM 291 beste Beständigkeit auch bei den im Sterilisationsprozess normalerweise vorliegenden hohen Temperaturen um 140 °C [1, 2]. Gleichzeitig belegt die USP class VI-Freigabe für diesen Werkstoff die hohe Reinheit der verwendeten Mischungsbestandteile (die Freigabe gilt auch im Verbund mit den reibungsreduzierenden Beschichtungen wie „RFN“

Autoren

V. Peterseim, F. Türck, Weinheim,
C. Riebesell, Viernheim

Korrespondenz:
Dr. Volker Peterseim
Freudenberg & Co.
O-Ring GmbH & Co. KG
Höhnerweg 2-4
69469 Weinheim
E-mail:
Volker.Peterseim@freudenberg-ds.com



KGK RUBBERPOINT

Discover more interesting articles
and news on the subject!

www.kgk-rubberpoint.de



Entdecken Sie weitere interessante
Artikel und News zum Thema!

oder „Parylene“, die von Freudenberg mit USP class VI-Freigabe angeboten werden). Darüber hinaus besitzt der Werkstoff alle wichtigen nationalen und internationalen Freigaben für den Trinkwasserbereich. Tabelle 2 gibt hierzu einen Überblick. Dort sind auch alle im Benchmark getesteten Werkstoffe mit den jeweiligen Freigaben aufgelistet. Außerdem gibt Tabelle 2 eine Übersicht über die gemessenen mechanischen Eigenschaften der im Test verwendeten O-Ringe. Beim Einsatz von ZnO-haltigen Elastomerwerkstoffen kann es in Kombination mit bestimmten Medien (Salz-Nebel) und Metall-Legierungen zu Korrosionsschäden kommen. Nach neueren Erkenntnissen wird dieser Effekt durch im Elastomer enthaltenes Zinkoxid verstärkt. In speziellen Anwendungen (z.B. Automobilindustrie/Brennstoffzelle) werden deshalb heute ZnO-freie Materialien gefordert. Diese Einschränkung hat allerdings eine Verschlechterung der Heißwasser-Beständigkeit zur Folge. Mit dem Werkstoff 70 EPDM 39111 ist es gelungen, hierfür eine hervorragende Lösung anzubieten.

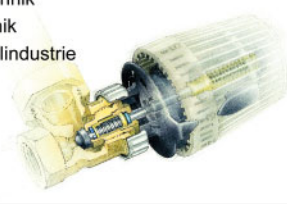
Theoretische Grundlagen zur Hitzebeständigkeit

Wenn elastomere Werkstoffe als Dichtung eingesetzt werden, ist die Lebensdauer dieser Dichtung unter den gegebenen Einsatzbedingungen (Medium, Druck, Temperatur etc.) meist ein kritischer Faktor, da hierdurch unter Umständen die Wartungsintervalle des gesamten Bauteils definiert werden. Spezielle Elastomereigenschaften wie z.B. die gute Alterungsbeständigkeit durch die gesättigte Polymer-Hauptkette machen EPDM im Gegensatz zu anderen Elastomeren wie z.B. NR oder NBR für Hochtemperatur-Anwendungen mit Wasserkontakt im Bereich Armaturen oder Thermostatventile erst geeignet. Abbildung 2 zeigt einen O-Ring aus NBR nach Ausfall durch zu starke Alterung in Luft auf Grund zu hoher Umgebungstemperaturen. Der O-Ring ist total versprödet und schließlich durchgerissen. Außerdem ist er abgeflacht, hat also die Form des Einbauraums angenommen. Eine Dichtwirkung ist nicht mehr gegeben. Im Heißdampf zeigen speziell entwickelte Werkstoffe auf Basis von EPDM sogar deutlich bessere Performance als solche aus sehr viel teureren Spezial-Polymeren wie FFKM (vollfluoriertes Perfluorpolymer), welches normalerweise bei Forderungen nach höchster Beständigkeit gegen chemische Angriffe eingesetzt wird [3]. Die Alterung eines Elastomerwerkstoffes durch Hitzeeinwirkung und der damit verbundene Verlust des elastischen Rückstellvermögens lässt sich im Wesentlichen durch

1

Freudenberg-Werkstoffe mit hervorragender Hitzebeständigkeit in Luft, Wasser und Wasserdampf

Für beste Beständigkeit in CIP/SIP-Anwendungen und Forderung nach höchster Reinheit: 70 EPDM 291	Bei Forderung nach ZnO-Freiheit: 70 EPDM 39111
<p><u>Einsatzgebiete</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Heizungstechnik ➤ Lüftungstechnik ➤ Klimatechnik ➤ Gebäudetechnik ➤ Sanitärtechnik ➤ Lebensmittelindustrie ➤ Pharmazie 	<p><u>Anwendungen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Thermostatventile ➤ Armaturen ➤ Rohrverschraubungen ➤ Heizungsanlagen ➤ Wasserkreisläufe ➤ Fittings ➤ Kupplungen ➤ Dampferzeuger ➤ Speisepumpen ➤ Magnetventile ➤ Solaranlagen

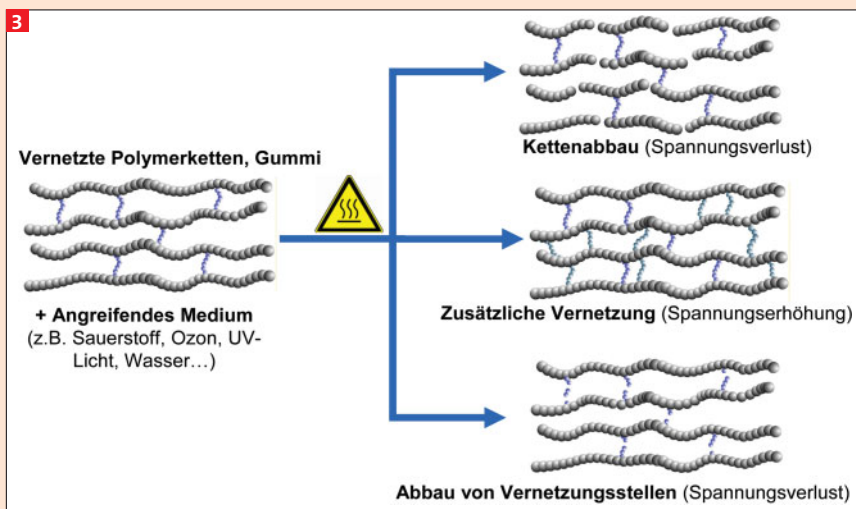


1 Einsatzgebiete und Anwendungen der 70 EPDM 291 und 70 EPDM 39111

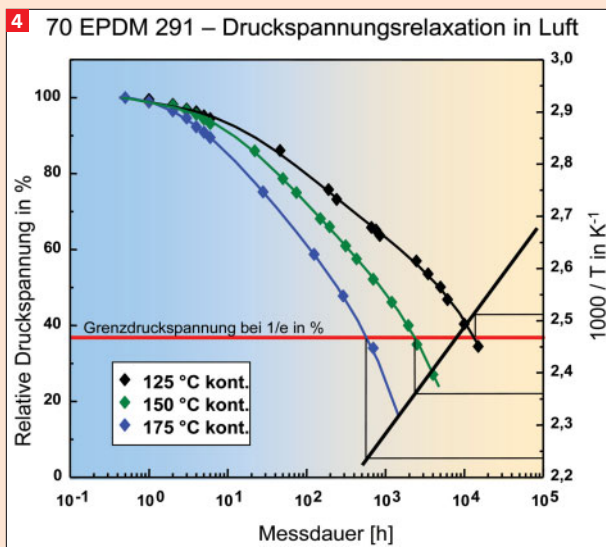


1 Übersicht Zertifizierungen für Dichtungen im Trinkwasser-/Pharmabereich

Behörde/Verband	Zertifizierung / Freigabe nach Arbeitsblatt	Prüfmerkmale
BfR (Bundesamt für Risikobewertung)	KTW (Kunststoffe im Trinkwasser)	Geruchs-, Geschmacks-, Rezeptur- und Extraktionsprüfung
DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches)	W270, W534 u.a.	Bakterienwuchs, Prüfungen nach DIN EN 681/1
FDA (Food and Drug Administration, USA)	Code of Federal Regulations 21, sec. 177.2600	Positivliste der Rezepturbestandteile für elastomere Werkstoffe im Lebensmittelkontakt
NSF (National Sanitary Foundation, USA)	NSF 61	Toxikologische und mikrobiologische Prüfungen
WRAS (Water Regulations Advisory Scheme, GB)	BS 6920	Geruchs-, Geschmacks-, Rezeptur- und Extraktionsprüfung
AFNOR (Association Francaise de Normalisation, F)	ACS	Mikrobiologische Prüfungen
USP (United States Pharmacopeia, USA)	USP class VI	Auswirkung extrahierbarer Bestandteile auf Körpergewebe



3 Alterungsmechanismen für Elastomere durch Medien- und Temperatureinfluss



4 Druckspektionsrelaxation 70 EPDM 291 in Luft

2 Untersuchte Werkstoffe mit mechanischen Werten und Freigaben

	Zulassung/Konformität	Härte (IRHD)	Modul [MPa]	ZF [MPa]	RD [%]
C 1	/	74	6,4	8,4	120
C 2	FDA	67	5,3	10,0	160
C 3	KTW, FDA USP VI	69	3,8	15,9	250
C 4	WRAS/KTW	76	5,7	13,4	190
C 5	WRAS, KTW, NSF51, NSF61, ÖVGW W270, u. W534, FDA, ACS, USP, VI	73	5,2	15,3	190
C 6	KTW	70	4,1	13,6	340
C 7	WRAS, KTW, FDA, ACS	70	4,4	11,0	190
C 8	/	71	4,5	12,3	200
70 EPDM 291	WRAS, KTW, NSF61, USP VI, ÖVGW, AWQC, DIN 681-1, DVGW W270, u. W534, FDA, ACS	71	7,7	12,5	150
70 EPDM 39111	ZnO-frei	65	3,6	11,9	190

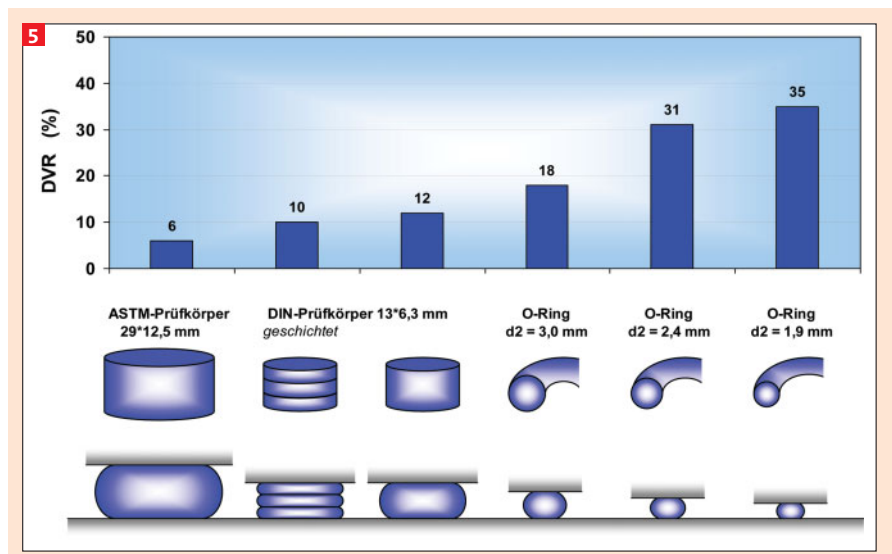
drei Mechanismen erklären, die in Abbildung 3 schematisch dargestellt sind.

Die Alterung des Werkstoffs lässt sich also als ersten Hinweis recht einfach mittels Messung der Änderung der mechanischen Eigenschaften wie Härte, Modul und Zugfestigkeit bestimmen. Eine weitaus bessere Information über Alterungsvorgänge im Elastomerwerkstoff gibt die Messung der Zug- oder Druckspektionsrelaxation wieder. Mit dieser Methode wird der Verlust der elastischen Rückstellkräfte direkt gemessen. Das bedeutet, dass die Spannungsänderung im Werkstoff im deformierten Zustand bei Einwirken von Medien/Temperatur kontinuierlich verfolgt wird. Dabei wird neben der rein physikalisch bedingten Relaxation (Kriechen) des Elastomerwerkstoffes das thermo-chemische Aufbrechen der Polymerketten oder von Vernetzungsstellen als Spannungsverlust erfasst. Die Kinetik dieser Reaktionen ist neben der Konzentration des vorhandenen Mediums (z.B. Sauerstoff) hauptsächlich von der zugeführten thermischen Energie abhängig. Die Temperaturabhängigkeit der chemischen Spannungsrelaxation lässt sich dabei in der Regel über einen thermodynamischen Ansatz nach Arrhenius beschreiben. In der Abbildung 4 wurde die Druckspektionsrelaxation von 70 EPDM 291 bei 3 Temperaturen in Luft an einem O-Ring mit 20% Ausgangsverpressung gemessen. Aus den drei bis zu der aus dem Arrhenius-Ansatz folgenden relativen Grenzdruckspektions von ca. 37% (genauer: 1/e) ermittelten Prüfzeiten und den dazugehörigen Prüftemperaturen lässt sich nun in halblogarithmischer Auftragung eine lineare Funktion erstellen, mit der zu jeder Einsatztemperatur eine Lebensdauer abgeschätzt werden kann (im zulässigen Temperatureinsatzbereich). Anhand dieser Funktion lässt sich für Elastomerwerkstoffe eine sehr einfache aber nahezu allgemeingültige Daumenregel ableiten: Eine Erhöhung der (Dauer-)Einsatztemperatur um 10 K halbiert die Lebensdauer des Elastomerbauteils. Neben dieser sehr aufwändigen Methode gibt die pragmatischere Prüfung des Druckverformungsrestes (DVR) nach DIN ISO 815 ebenfalls eine recht gute Aussage über die Langzeitdichtigkeit von Elastomeren. Er ist ein Maß für die bleibende Verformung eines Elastomerkörpers, der über einen festgelegten Zeitraum bei einer festgelegten Temperatur in einem bestimmten Medium einer definierten Verpressung ausgesetzt war. Hierbei werden Alterungseffekte wie Relaxation durch Kettenspaltung, Umvernetzung und Nachvernetzung gemeinsam erfasst. Eine genaue Zuordnung der „Alterung“ zu den

jeweils erwähnten Ursachen ist nicht möglich. Je geringer dabei der DVR-Wert ausfällt, desto größer sind die verbleibenden elastomeren Rückstell- und damit auch Dichtkräfte. Ein kleiner DVR-Wert entspricht damit einer guten Alterungsbeständigkeit des Werkstoffes unter den jeweils gewählten Prüfbedingungen bezüglich Prüftemperatur und Medienwahl. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die DVR-Werte nicht nur von diesen Einsatzbedingungen, sondern auch von der Prüfkörpergeometrie abhängig sind wie Abbildung 5 zeigt. Hier wurde eine DVR-Messung über 24 h bei 150 °C in Luft an Probekörpern mit unterschiedlichen Geometrien aus einem Standard-EPDM-Werkstoff durchgeführt. Bei vergleichbaren Vulkanisationsparametern korrelieren die steigenden DVR-Werte korrelieren dabei direkt mit dem Oberflächen-Volumenverhältnis der Probekörper, welches bei kleineren Prüfkörpern ungünstiger wird. Hier wird die Oberfläche und damit die Angriffsfläche für Abbaureaktionen durch das umgebende Medium im Verhältnis zum Volumen größer, was die Alterung beschleunigt.

High Performance EPDM Benchmark: Punktesystem und Ergebnisse

Um die Qualität der angebotenen EPDM Werkstoffe beurteilen zu können, wurden in einem Benchmark typische Vertreter dieser Klasse von namhaften Produzenten in einer gängigen O-Ring Abmessung (ca. 30 × 3,5 mm) mit den beiden Freudenberg Typen 70 EPDM 291 und 39111 verglichen. Tabelle 2 zeigt die untersuchten Materialien mit den am O-Ring gemessenen mechanischen Eigenschaften sowie den Zulassungen bzw. Freigaben (Stand Nov 2006). Zur Ermittlung der Gesamt-Performance kam ein Punktesystem zum Einsatz, das in Tabelle 3 zusammengefasst ist. Dabei werden für die Berechnung der Gesamtpunktzahl die bei der DVR-Messung erzielten Punkte verdoppelt. Dies soll der zuvor beschriebenen Bedeutung des DVR-Wertes für die Langzeitdichtigkeit von O-Ring Werkstoffen Rechnung tragen. Tabelle 4 zeigt die Berechnung der Punkte exemplarisch für den Druckverformungsrest nach 24 h/150 °C. Damit erfolgt die Punktevergabe gemäß den erzielten Werten der jeweiligen Messgröße, ist also nicht nur ein einfaches Ranking sondern gibt exakt die Performance der jeweiligen Werkstoffe wieder. Zu beachten ist dabei, dass Änderungen der Messwerte nach Lagerung auch in vermeintlich positive Richtung wie z.B. eine Zunahme der Zugfestigkeit mit dem gleichen Punktabzug bewertet werden wie



5 DVR-Werte in Abhängigkeit von der Probekörpergeometrie

eine Abnahme der Zugfestigkeit, so dass im Endeffekt der Werkstoff mit der geringsten Änderung und damit dem stabilsten Wertenniveau die größte Punktzahl bekommt. Der Werkstoff mit der größten relativen Änderung bekommt demgemäß keine Punkte auch unabhängig vom jeweiligen absoluten Ausgangswert. In den nachfolgenden Balkendiagrammen sind die erzielten Punkte jeweils in rot dargestellt. Die Druckverformungsreste der untersuchten Elastomer-Werkstoffe nach einem,

14 und 21 Tagen bei 150 °C zeigt Abbildung 6. Die mit Abstand besten Werte zeigt der O-Ring aus dem Werkstoff 70 EPDM 291. Auch nach 3 Wochen liegt der DVR noch unter 60%. Nur der Werkstoff „C1“ liegt ebenfalls nach drei Wochen noch unter der kritischen 80%-Grenze. Der Freudenberg-Werkstoff 70 EPDM 39111 überschreitet den Grenzwert von 80% nach drei Wochen mit einem gemessenen DVR von 85% nur geringfügig und ist damit drittbesten Werkstoff. Als besonders kritisch ist zu bewerten,

3 EPDM Benchmark: Prüfungen und Punktevergabe

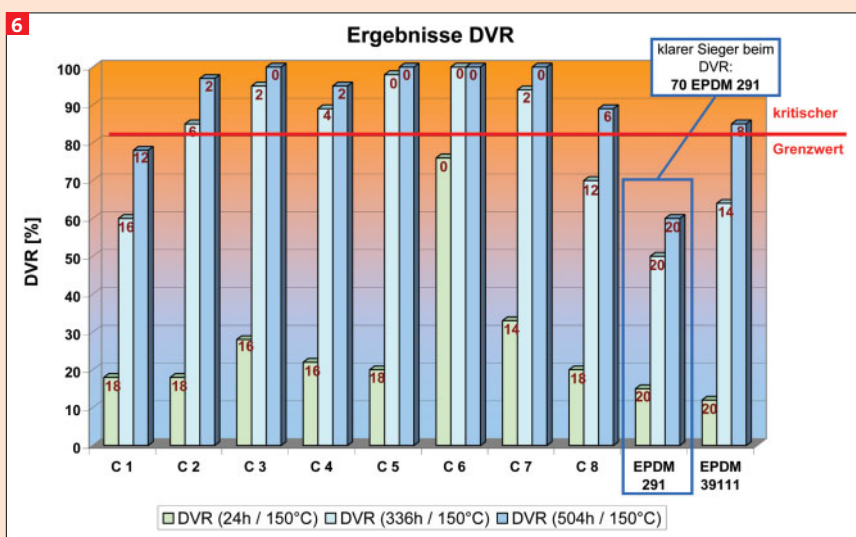
Prüfungen	max. Punkte
• DVR (25 % Verpressung) bei 150 °C über 24 / 336 / 504 h	20 / 20 / 20
• Hitzebeständigkeit bei 150 °C über 24 / 336 / 504 h	30 / 30 / 30
a) Änderung der Mikrohärtigkeit	10 / 10 / 10
b) Änderung der Zugfestigkeit	10 / 10 / 10
c) Änderung der Reißdehnung	10 / 10 / 10
Maximal mögliche Gesamtpunktzahl = 60(DVR) + 90 (Hitzebeständigkeit) = 150	

4 Berechnung der Punkte am Beispiel des DVR (24h / 150 °C)

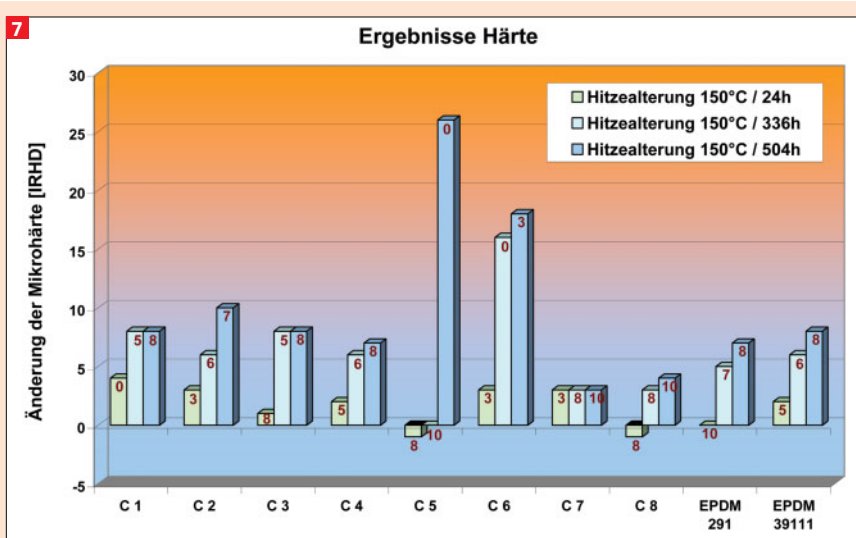
Punktverteilung am Beispiel DVR (24h / 150 °C):

- Bester gemessener DVR-Wert aller 10 Testkandidaten: 70 EPDM 39111 mit 12 %
- Schlechtester gemessener DVR-Wert der 10 Testkandidaten: Werkstoff "C6" mit 76 %
- Der beste Werkstoff bekommt 20, der schlechteste 0 Punkte. Die Differenz zwischen dem besten und dem schlechtesten Messwert (hier 64%) wird normiert und die übrigen Werkstoffe bekommen je nach ihren DVR-Werten anteilmäßig ganze Punkte.

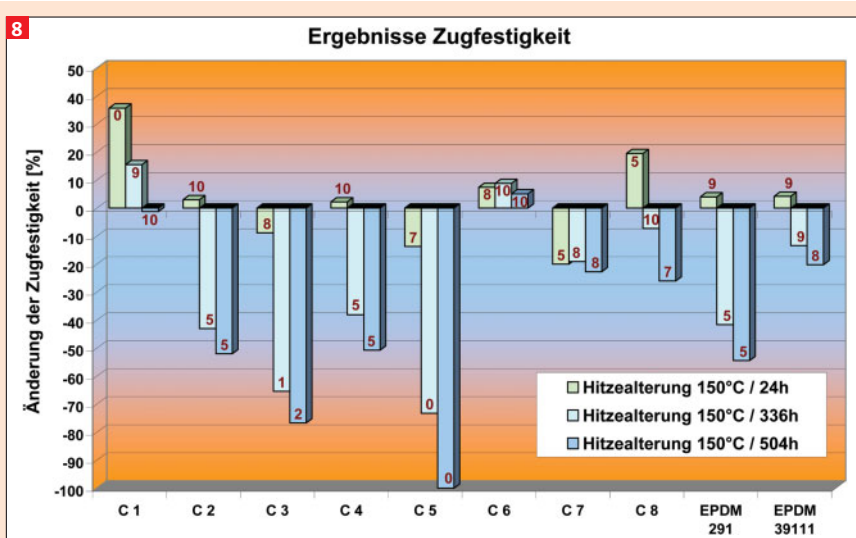
DVR-Messwert (%)	12	18,4	24,8	31,2	37,6	44,0	50,4	56,8	63,2	69,6	76
	39111	C 1	C 3								C 6
		291	C 2	C 4	C 7						
			C 5								
			C 8								
Punkte	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0



6 Druckverformungsrest bei 150 °C in Abhängigkeit von der Lagerzeit



7 Änderung der Mikrohärtigkeit bei 150 °C in Abhängigkeit von der Lagerzeit



8 Änderung der Zugfestigkeit bei 150 °C in Abhängigkeit von der Lagerzeit

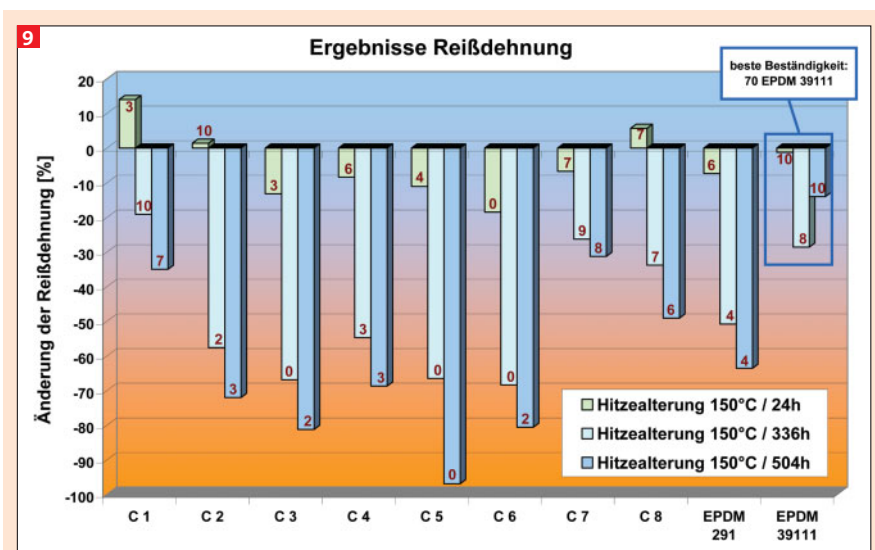
dass sechs von 10 Produkten im Test schon nach 2 Wochen DVR-Werte über 80% zeigen und damit kaum noch Reserven bezüglich der elastomeren Rückstellkräfte aufweisen.

Die Verhärtung nach Alterung in Luft ist in Abbildung 7 dargestellt. Mit einer maximalen Änderung von 8 IRHD Punkten zeigen beide Freudenberg Compounds nur eine moderate Verhärtung. Das beste Ergebnis zeigt das Material C7 (+5 IRHD). Mit Härtezunahmen von 18 bzw. 26 IRHD verfügen die C5 und C6 hingegen über keine ausreichende Beständigkeit bei 150 °C.

Die Änderungen in der Zugfestigkeit (Abb. 8) und in der Reißdehnung (Abb. 9) bestätigen die gute Hitzebeständigkeit der beiden Werkstoffe 70 EPDM 291 und 70 EPDM 39111. Vor allem die 70 EPDM 39111 kann hier die Stärken voll ausspielen. Während auch der Werkstoff „C6“ ausgezeichnete Werte zumindest in der Zugfestigkeit zeigt, erreicht Werkstoff „C7“ ein mit der EPDM 39111 durchaus vergleichbares konstantes mechanisches Wertenniveau auch nach 504h Lagerung bei 150 °C in Luft.

Zusammenfassung

Eine Übersicht aller Werkstoffe mit den Punkten aus den einzelnen Prüfungen und einem Gesamtergebnis bietet Tabelle 5. Man kann das Versuchsfeld grob in drei Bereiche einteilen. In der Spitzengruppe (grün hinterlegt) - mit den für 150 °C uneingeschränkt empfehlenswerten Mischungen - finden wir neben den beiden Werkstoffen 70 EPDM 291 und 70 EPDM 39111 nur noch den Werkstoff „C8“. 70 EPDM 39111 zeigt keine Schwächen und ist im Einsatz gegen Luft bei höchsten Temperaturen ausgezeichnet beständig (Gesamtpunkte: 117). 70 EPDM 291 ist im Bezug auf den DVR bei 150 °C nicht zu übertreffen und erreicht in dieser Prüfung mit drei mal 20 Punkten die maximal mögliche Punktzahl. Zusammen mit der guten Hitzebeständigkeit ergibt das mit 118 Punkten insgesamt den ersten Platz. Bemerkenswert dabei ist die Tatsache, dass die 70 EPDM 291 der einzige Werkstoff aus der Spitzengruppe ist, der zusätzlich über ein breites Freigabespektrum verfügt. Das Mittelfeld (blau hinterlegt) im Bereich von 79 bis 98 Punkten umfasst vier Werkstoffe. Diese Werkstoffe zeigen Schwächen im DVR (C2, C4, C7) oder der Hitzealterung (C1), sind aber für Temperaturen bis 150 °C noch als geeignet zu betrachten. Die letzte Gruppe, bestehend aus 3 Materialien (C3, C5, C6; orange hinterlegt) mit Punkten von 36 bis 59 kommt für einen Einsatz bei Temperaturen Richtung 150 °C nicht



9 Änderung der Reißdehnung bei 150 °C in Abhängigkeit von der Lagerzeit

in Frage. Hier sieht man auch deutlich, dass eine gesamtheitliche Betrachtung der Eigenschaftsänderungen nötig ist. Für sich genommen zeigt der Werkstoff „C6“ in der Zugfestigkeit auch nach 504h hervorragende Werte, gleichzeitig machen aber der sehr hohe DVR, die starke Verhärtung sowie die Abnahme der Reißdehnung deutlich, dass wie bei den beiden anderen Werkstoffen „C3“ und „C5“ spätestens nach zwei Wochen die elastischen Eigenschaften dieser Compounds nicht mehr existent sind. Aufgrund einer Kombination von Ketten- und Vernetzungsstellenabbau sowie Nachvernetzung kann man diese Werkstoffe als weitestgehend zerstört betrachten. Insgesamt reicht also allein die Angabe „EPDM-Werkstoff“ als Gütesiegel für eine dauerhafte Hitzebeständigkeit in Luft bis 150 °C nicht aus.

5 Punkteverteilung und Gesamtergebnis

Eigenschaft Prüfzeit (h)	Alterung in Luft bei 150°									Punkte gesamt			
	DVR			Mikrohärte			Zugfestigkeit				Reißdehnung		
	24	336	504	24	336	504	24	336	504	24	336	504	
C 1	18	16	12	0	5	8	0	9	10	3	10	7	98
C 2	18	6	4	3	6	7	10	5	5	10	2	3	79
C 3	16	4	2	8	5	8	8	1	2	3	0	2	59
C 4	16	6	6	5	6	8	10	5	5	6	3	3	79
C 5	18	2	0	8	10	0	7	0	0	4	0	0	49
C 6	0	0	0	3	0	3	8	10	10	0	0	2	36
C 7	14	4	2	3	8	10	5	8	8	7	9	8	86
C 8	18	12	8	8	8	10	5	10	7	7	7	6	106
EPDM 291	20	20	20	10	7	8	9	5	5	6	4	4	118
EPDM 3911	20	14	10	5	6	8	9	9	8	10	8	10	117

Literatur

- [1] Schneider, N.: „Dichtungen für hohe Sicherheit – Werkstoffauswahl für Elastomere in der Getränkeindustrie“, Getränkeindustrie 04/2007, S.37.
- [2] Liedtke, U.: „Ein Werkstoff, verschiedene Dichtungen“, CAV 12/2005 S.48 und DEI 12/2005, S.34.
- [3] Richter, B.: „O-Ringe in Heißwasser und Dampf – ein Problemfall für viele Anwender“, Fachaufsatz.