

FACHWISSEN ELASTOMERPRÜFWESEN

Ein Angebot des

O RING
PRÜFLABOR
RICHTER

PRÜFEN BERATEN ENTWICKELN

Quelle: www.o-ring-prueflabor.de
Stand der Information: 11/2021

Artikelserie Teil 1/6

Wie alles begann: Kurzer historischer Rückblick und Einführung zur Artikelserie

Autoren:
Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Blobner,
Dipl.-Ing. Bernhard Richter

„When a product fails unexpectedly, experience has shown that in almost every case the problem can be traced back to lack of, or inadequate, testing, which in turn resulted from an attempt to save money.“¹
Roger BROWN

Die Prüfung von Gummiwerkstoffen und -erzeugnissen ist ein sehr weites und komplexes Feld. Die folgende Serie soll etwas Licht ins Dunkel bringen und viele Aspekte und Zusammenhänge verständlich und nachvollziehbar erklären.

Kurze Entwicklungsgeschichte

In der Frühzeit der industriellen Kautschukverarbeitung im ausgehenden 19. Jahrhundert wurde die Qualitätsbewertung von Gummiartikeln v.a. von Mischungsentwicklern dominiert, die auf ihre chemischen Prüfverfahren setzten. Der Fokus früher Prüfmethode wurde besonders auf den Einsatzbereich bestimmter Kautschukartikel gerichtet. Durch den Einzug moder-

¹ BROWN, Roger: Physical Testing of Rubber, Springer, New York, 4. Aufl., 2006, S.7

Dt. Übersetzung des Zitates: „Wenn ein Produkt unerwartet versagt, kann das Problem erfahrungsgemäß in fast allen Fällen auf fehlende oder unzureichende Prüfungen zurückgeführt werden, die wiederum aus dem Versuch resultieren, Geld zu sparen.“

ner Materialprüfungsverfahren (z.B. Zugversuche aus der Metallkunde) in die Kautschukindustrie und eine zunehmende Standardisierung wurde es möglich reine Materialparameter zu ermitteln und reproduzierbar miteinander zu vergleichen.² Eine wegweisende deutschsprachige Veröffentlichung, welche die beiden Prüffelder tiefergehend in einem Werk relativ gleichberechtigt nebeneinander darstellte, war das Buch „Der Kautschuk und seine Prüfung“ aus dem Jahr 1910.³

Die Eigenschaften von Gummi sind einzigartig und komplex und daher schwer versuchstechnisch zu erfassen. Gummiwerkstoffe weisen im Gegensatz zu den meisten üblichen Konstruktionswerkstoffe eine relativ niedrige Festigkeit auf, verbunden mit einer extremen Elastizität. Auch nach hohen Dehnungen (> 200% und je nach Basispolymer mitunter deutlich höher), erfolgt nach Entlastung eine fast vollständige Rückverformung. Vor der Einführung der Kunststoffe waren Gummiwerkstoffe sehr gefragte elektrische Isolationsmaterialien. Trotz der hohen Elastizität sind sie inkompressibel. Die Systematik und Verfahren aus der klassischen Werkstoffprüfung nahmen immer mehr Einzug im Gummibereich, aber waren oft ungenügend in der Darstellung und Erfassung dieser besonderen Gummieigenschaften. Deswegen mussten zahlreiche neue Prüfmethode entwickelt bzw. modifiziert und genormt werden.

Die Analyse von vulkanisierten Elastomerwerkstoffen lässt sich heute in vier große Gruppen aufteilen, wovon sich die ersten drei mit praktischen Prüfungen befassen:

- 1) Klassische chemische Prüfverfahren (seit dem 19. Jahrhundert eingesetzt), wie z.B. chemische Verträglichkeiten, Quellungen, Extraktionen usw.
- 2) Klassische mechanisch-technologische Prüfverfahren (seit Ende des 19. Jahrhunderts immer bedeutender), wie z.B. Zugversuche, Härte, Dichte, Alterungen usw.
- 3) Stark EDV-gestützte Prüfverfahren mit erhöhtem apparativen Aufwand, oft im Grenzbereich zwischen chemischen und physikalischen Verfahren (wie z.B. DSC, DMA, FTIR, Digitalmikroskopie, REM-EDX, NMR, GC-MS usw.) (In der Industrie seit den 1960er Jahren immer stärker eingesetzt.)
- 4) Numerische Simulation von Elastomer-Werkstoffverhalten (ca. seit den 1980er Jahren)

Diese Artikelserie befasst sich mit Prüfverfahren der Punkte 2 und 3 an vernetzten Mischungen und reflektiert nur Prüfmethode an vulkanisierten Elastomeren, da die Prüfung von Rohkautschuk und Vernetzungsreaktionen ein eigenes Feld darstellt. Außerdem behandelt sie nicht die Prüfung von Reifen, Schaumgummi, Ebonit (Hartgummi)⁴, Gummi-Metallverbindungen und Gummi-/Faserverbundwerkstoffen, die traditionell eigenständige Prüfbereiche bilden, in denen ganz eigene und spezielle Fragenstellungen beantwortet werden müssen. Dennoch bedienen sich diese Sonderbereiche auch einiger Prüfverfahren, welche im Folgenden beschrieben werden.

Die mechanisch-technologischen „Prüfungen“ umfassen mit einigen Ausnahmen, wie z.B. den elektrischen Untersuchungen, in der Hauptsache die Verformungsvorgänge und deren Auswirkungen auf das strukturelle Gefüge [, mitunter nach Alterung in Heißluft oder Einlagerung

² Vgl. MEMMLER, K. und SCHOB, A.: Mechanisch technologische Prüfungsmethodik (Kap. F.) in: MEMMLER, K. (Hrsg.): Handbuch der Kautschukwissenschaft, Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1930, S. 575

³ HINRICHSSEN, F.W. und MEMMLER, K.: Der Kautschuk und seine Prüfung, Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1910

⁴ Nach Ansicht der ISO Technical Committees „ISO/TC 45 Rubber and rubber products“ und „ISO/TC 61 Plastics“ sollte Ebonit zu den Duromeren (thermosetting plastics) gerechnet werden. Vgl. BROWN, Roger: Physical Testing of Rubber, Springer, New York, 4. Aufl., 2006, S.3

in Medien]. Bei jeder Verformung von hochpolymeren Stoffen treten im Innern der Stoffe infolge von Reibung, Verschiebung von Molekülen und Molekülteilen, Energieumwandlungen auf, die sich teils in Wärmeenergie äußern, zum anderen Teil zu bleibenden Gestaltsänderungen führen. Die dabei auftretenden strukturellen Veränderungen können im Grenzfall bis zur restlosen thermischen oder mechanischen Zerstörung führen, wie im Falle der Prüfung auf Zermürbung oder Zugfestigkeit.“⁵ Das Besondere bei polymeren Werkstoffen ist die hohe Temperaturabhängigkeit der Verformungsfähigkeit. Je nach Polymerklasse wird das Polymer entweder ober- oder unterhalb des Glasübergangs eingesetzt. Elastomere werden so gut wie immer im elastischen Bereich oberhalb ihres Glasübergangs eingesetzt und so gut wie fast alle Prüfverfahren für Elastomere befassen sich mit Materialeigenschaften in diesem Bereich, maximal noch mit denen im Glasübergangsbereich selbst.

„Die ‚klassischen‘ Methoden der Kautschukprüfung sind fast durchweg Ein-Punkt-Prüfungen. Die meisten Beanspruchungen der gummielastischen Stoffe sind in der Praxis jedoch ganz andere als Ein-Punkt-Beanspruchungen.“⁶

Durch Materialbeschreibungen mit Hilfe numerischer Simulation können Aussagen über das Materialverhalten über größere Temperatur- und Belastungsbereiche gemacht werden. Dadurch wird das Problem der oben beschriebenen „Ein-Punkt-Aussagen“ überwunden. Die numerische Simulation bezieht zum Großteil ihre Materialdaten aus Versuchen des dritten Bereiches, vereinzelt wird sie aber auch mit Kennwerten aus mechanisch-technologischen Verfahren (Gruppe2, z.B. Zugversuche mit Temperierkammer) durchgeführt.

Unter den Polymerprüfungen besitzt die Elastomerprüfung eine um Jahrzehnte längere Tradition als die Kunststoffprüfung, da die Einführung synthetischer Kunststoffe erst Anfang des 20. Jahrhunderts erfolgte. Im Vergleich zu den Elastomeren, wo unzählige Hersteller jeweils eigene Mischungen kreieren, ist das Feld der Kunststoffe – trotz aller Größe – überschaubarer. Wegweisend im Kunststoffbereich war die Einführung der CAMPUS-Datenbank⁷ Ende der 1980er Jahre, an welcher sich unzählige Kunststoffhersteller⁸ beteiligen. Dadurch ist auch eine große Vergleichbarkeit von Materialeigenschaften gewährleistet. Im Elastomerbereich ist nichts Ähnliches bekannt. Dies bedeutet, dass der Anwender von Elastomermaterialien viel tiefer in die Prüfthematik einsteigen muss, v.a., wenn er eine gute Marktübersicht bekommen möchte und/oder in neuartigen Anwendungen an die Grenzen bestimmter Elastomerwerkstoffe gelangt. Manchen Anwendern bzw. Konstrukteuren und Einkäufer ist nicht ausreichend bewusst, dass der Ersatz von freigeprüften Dichtungswerkstoffen durch günstigere Konkurrenzmaterialien oft ungleich schwerer und komplexer ist als bei Kunststoffbauteilen. Hinzu kommt, dass in den meisten technischen Anwendungsfällen (Ausnahme Reifen), Elastomerbauteile viel geringere Volumina als Kunststoffbauteile aufweisen und somit aus dem Blickwinkel von Einsparungseffekten oft weniger interessant sein dürften. Die verschiedenen Kunststofftypen und TPEs können in der Regel von fast jedem beliebigen Kunststoffverarbeiter eingekauft werden. In der Gummibranche liegt die Mischungsentwicklung und -verarbeitung häufig in einer Hand und Mischungen werden nicht außer Haus verkauft. Möchte bspw. ein Kunde aus Preisgründen den Lieferanten wechseln, macht dies in vielen Fällen die Erprobung und Bemusterung einer neuen Gummimischung notwendig.

⁵ ECKER, R.: Mechanisch-technologische Prüfung von Kautschuk und Gummi (Kap. 5.2) in: BOSTRÖM, S.: Kautschuk-Handbuch, 5. Band, Berliner Union, Stuttgart, 1962, S.82

⁶ Ebd., S.97

⁷ Weiterführende Informationen zu CAMPUS (Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards): <https://www.campusplastics.com/campus/about> und Informationen über den Inhalt: <https://www.campusplastics.com/campus/home/coc> (Webseiten zuletzt aufgerufen am 15.04.2021)

⁸ An CAMPUS Teilnehmende Firmen: <https://www.campusplastics.com/campus/members> (Webseite zuletzt aufgerufen am 15.04.2021)

Fazit

Das moderne Elastomerprüfwesen ist ein extrem weites Feld, was die heutigen Prüfmöglichkeiten anbelangt. Aber auch wirtschaftlich gesehen ist die Elastomerprüfung oft ein in ihrer Bedeutung unterschätzter Industriezweig. Außerdem ist eine sinnvolle Prüfung der eingesetzten Elastomere eine entscheidende Voraussetzung für die Sicherheit und dauerhaft korrekte Funktion großer Maschinen und Anlagen.

Von allgemeinen Trends zu sprechen ist generell schwierig, da Anwendungen stark vom eigenen Blickwinkel und der jeweiligen Fragestellung abhängen. Aber letztlich ist klar, dass es gerade bei Elastomeren bezüglich der Performance von Fertigteilen nur einen weiteren Fortschritt bezüglich Einsatzbereiche und Lebensdauer geben wird, wenn man die Potentiale und Aspekte der modernen Prüftechnik auch nutzt.

Trotz größerer Bedeutung von Werkstoffsimulationen ist auf absehbare Zeit nicht davon auszugehen, dass Prüfumfänge stark reduziert werden. Stattdessen werden sich die angefragten Parameter mitunter verändern.

Das klassische mechanisch-physikalische Prüfwesen wird voraussichtlich in den kommenden Jahren konstant bleiben, da die damit gewonnen Kennwerte nach wie vor von großer Bedeutung für die Klassifikation und Freigabe von Werkstoffen sind. Hinzu kommt, dass man mit dieser Art von einfach verständlichen Kennwerten fast 100 Jahre Erfahrung in der Übertragung auf Produktanwendungen hat.

Im Bereich der chemischen Analytik ist ein Wachstum zu erwarten, da auf Grund leistungsfähiger Geräte wie bspw. einer GC-MS weitreichende und bisher teils ungeahnte Aussagen über kritische Inhaltsstoffe möglich sind. Auf Grund steigender Umwelt- und Gesundheitsstandards wird der Bereich verbotener Substanzen (z.B. Nitrosaminanalytik) zunehmen.