

# FACHWISSEN ELASTOMERPRÜFWESEN

Ein Angebot des



PRÜFEN BERATEN ENTWICKELN

Quelle: [www.o-ring-prueflabor.de](http://www.o-ring-prueflabor.de)  
Stand der Information: 11/2021

Artikelserie Teil 2/6

## Warum prüft man? 8 gute Gründe für die Prüfung von Elastomeren

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.“<sup>1</sup>*  
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.**

### Motivationen für die Elastomerprüfung

Es gibt viele verschiedene Motivationen für die Prüfung von Elastomeren. Entscheidend für die Auswahl der Prüfmethode sind die Fragen, warum geprüft werden soll und in welcher Anwendung das Gummibauteil eingesetzt werden wird. Handelt es sich bspw. um eine einfache Wareneingangsprüfung für ein nicht sicherheitsrelevantes Bauteil, können schon einfachste Standardprüfungen ausreichend sein.

---

<sup>1</sup> 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.“

Aus Anwendersicht gilt auch heute noch in den meisten Fällen, die von MEMMLER 1930 postulierte Forderung an Prüfmethoden: „Das wichtigste an einem Prüfverfahren [sind] seine Einfachheit, sichere Reproduzierbarkeit und seine eindeutige Sprache des Wertmaßstabes<sup>2</sup> der Prüfungsergebnisse.“<sup>3</sup>

Bei komplexen Fragestellungen bspw. in der Polymerphysik sind einfache Prüfmethoden oft nicht mehr ausreichend. Ihr Einsatz und ihre Deutung erfordert hohes Fachwissen und ist meist mit hohen Investitionskosten für spezielle Prüfgeräte verbunden. Auch ist nur ein Bruchteil dieser Fragestellungen für den typischen Dichtungsanwender relevant.

## 1. Werkstoffentwicklung / Klassifizierung und Vorstellung von neuen Mischungen

Mischungsentwicklungen werden durch steigende Temperaturen in Maschinen, umweltverträglichere Prozessmedien, kompaktere Bauweisen und höhere Qualitäts- und Umwelanforderungen bei sinkenden Kosten immer komplexer. Im besonderen Maße gilt das aktuell für die Anforderungen in der Automobilindustrie in Folge von Downsizing und die Umstellung auf E-mobility. Hinzu kommt eine kontinuierliche Neubewertung der verwendeten Polymere und Mischungschemikalien in Bezug auf gesundheitliche und umwelttechnische Auswirkungen.

Generell erfordern Entwicklungen hochwertiger Compounds einen großen Prüfaufwand (viele Prüfparameter an vielen Versuchsmischungen), der in einigen Fällen auch automatisiert werden kann. Um in der Fülle heutiger Möglichkeiten den Überblick zu behalten und dabei noch kosteneffektiv entwickeln zu können, empfiehlt sich der Einsatz der rechnergestützten statistischen Versuchsplanung (DOE – Design of Experiments).<sup>4</sup> Trotz aller digitalen Hilfe kann ein Mischungsentwickler nicht alle in einer Spezifikation geforderten Werte an allen Versuchsmischungen überprüfen. Deswegen ist hier die Erfahrung des Mischungsentwicklers gefragt, welche Parameter er in die Versuchsplanung mit aufnimmt und welche nicht.

Bei der Einführung von neuen Polymeren, Vernetzungssystemen oder Füllstoffen werden oft ohne besondere Spezifikationsforderungen neue Mischungen eigeninitiativ entwickelt und dem Fachpublikum vorgestellt. Für den wirtschaftlichen Erfolg sind nicht nur gute Prüfergebnisse an sich (sie dienen der Klassifizierung) ausschlaggebend, sondern auch welche Prüfparameter und -methoden ausgewählt wurden, um die neuen Eigenschaften bestmöglich darzustellen (Vorstellung der neuen Mischung).

## 2. Eignungsprüfung für die Anwendung / Aussagen zur Lebensdauer

Mit der Anwendung bspw. einer Dichtung ist in der Regel die Frage nach der Lebensdauer eng verknüpft, welche oft vom Anwender vorgegeben wird. Die Resistenz eines polymeren Bauteiles gegenüber thermischen und chemischen Einwirkungen ist immer abhängig von einer Kombination aus Temperatur und Zeit. „Die Eigenschaften eines Elastomerwerkstoffes ändern sich exponentiell mit der Temperatur (Arrheniusfunktion) und eher linear mit der Expositionszeit. Deswegen ist es wichtig, den Grenzeinsatztemperaturbereich des Elastomers zu kennen (wel-

<sup>2</sup> Gemeint ist eine eindeutige Sprache der Prüfergebnisse, welche eine einfache Beurteilung der gewonnenen Daten ermöglicht.

<sup>3</sup> 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

<sup>4</sup> Weiterführende Informationen: DEL VECCHIO, R.J.: Design of Experiments (DOE): An Excellent Cost Cutting Tool in: GRAF, Hans-Joachim (Hrsg.): Cost Reduction in Rubber Processing, TechnoBiz Communications Co., Ltd., Bangkok, 2014, S. 51-58

cher wiederum von der Beanspruchungszeit abhängt), da sich dort kleine Temperaturerhöhungen bereits stark bemerkbar machen können (wenn man die Elastomere im Grenzbereich einsetzt).“<sup>5</sup>

„Generell gilt, je kürzer die geforderte Lebensdauer ist, umso höher kann die maximale Grenztemperatur eines vorgegebenen bzw. zu untersuchenden Werkstoffes sein. In der Praxis tritt jedoch selten eine einzelne Dauertemperatur über den ganzen Gebrauchszeitraum auf. Meistens handelt es sich um Temperaturkollektive.

In der Heißluftalterung im Laborversuch geht es nun darum, diese Temperaturkollektive über vereinfachte Arrheniusmultiplikatoren (auch „Zeit-/Temperatur-Regel“ genannt) in eine isotherme Ersatzbeanspruchung zu überführen. Prüft man bspw. ein Fertigteil nach dieser ermittelten Zeit-/Temperaturvorgabe (= isotherme Ersatzbeanspruchung), dann kann man mit einem Laborversuch die Praxisanwendung in der Regel ausreichend gut simulieren. Mit Hilfe der Ergebnisse wird nun eine „Alterungs-Masterkurve“ erstellt. Dazu wird die Änderung eines bestimmten Prüfparameters näher betrachtet, z.B. wann die Reißdehnung oder Zugfestigkeit 50% ihres Ausgangswertes erreicht haben oder wann der Druckverformungsrest (**Abb. 1**) einen Wert von 95% erreicht hat.“<sup>6 7</sup>

Je nach Einsatz können noch andere Alterungsmechanismen hinzukommen, wie z.B. durch starke dynamische oder mechanische Belastung sowie aggressive Medien. Mit Laborprüfungen lässt sich dann vorab erkennen, welche Mischungsmodifikation das beste Ermüdungsverhalten zeigt oder die höchste Zugfestigkeit oder die beste Medienbeständigkeit. Dann gilt es wieder erfahrungsorientiert die aussichtreichste Mischung „ins Rennen zu schicken“.

**Abb. 1:** Die drei braunen Probekörper werden mit Hilfe von Platten für eine Druckverformungsrestprüfung verpresst: Diese Prüfmethode ist eine Sonderform von Alterungsprüfungen. (Bild: Tobias Ehmer)



Neben standardisierten Prüfungen gibt es noch die Möglichkeit Prüfmethode bzw. -verfahren für spezielle Anwendungen zu entwickeln. Dies sollte aber nur das letzte Mittel der Wahl sein,

<sup>5</sup> BLOBNER, Ulrich und RICHTER, Bernhard: Heißluftalterung von Elastomeren – Prüftechnische Grundlagen und wissenswerte Besonderheiten, 06/2015, S.3, Onlineinformation des O-Ring Prüflabor Richter: [https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen\\_hei\\_luftalterung\\_06\\_2015.pdf](https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen_hei_luftalterung_06_2015.pdf)

<sup>6</sup> Ebd.

<sup>7</sup> Weiterführende Informationen: BROWN, Roger P.: Practical Guide to the Assessment of the Useful Life of Rubbers, Rapra Technology Limited, 2001 und ISO 11346 (Ausgabe 2014-12): Rubber, vulcanized or thermoplastic – Estimation of life-time and maximum temperature of use

da damit meist ein großer Mehraufwand verbunden ist und auch die Vergleichbarkeit zu standardisierten Verfahren fehlt.

Inzwischen sieht man auch ein steigendes Interesse an Prüfungen der Druckspannungsrelaxation (**Abb. 2**). Diese kann kontinuierlich den alterungsbedingten Verlust der Vorspannung der verformten Probekörper ausweisen. Führt man diese bei mindestens drei unterschiedlichen Temperaturen ausreichend lange durch, lässt sich daraus eine belastbare Lebensdauergerade einer Mischung ermitteln.



**Abb. 2:** Prüfung der Druckspannungsrelaxation: Kontinuierliche Messung der abnehmenden Vorspannung während eines Alterungsprozesses (Bild: Tobias Ehmer)

In den letzten Jahren zeigt sich in manchen Sparten der Dichtungstechnik ein Trend zu einer evolutionären Entwicklung von Eignungsprüfungen und dem vermehrten Einsatz von numerischen Simulationen. Auf Grund immer komplexerer, neuartiger Anforderungen und schnellerer Entwicklungszyklen wird es schwieriger, klar definierte Lastenhefte zu Beginn einer Entwicklung zu erstellen. Um nicht in einem kostenintensiven „trial and error-Prinzip“ stecken zu bleiben, empfiehlt sich eine enge entwicklungsbegleitende Zusammenarbeit mit erfahrenen Lieferanten bzw. Beratungsdienstleistern, die ein tiefes Verständnis werkstofflicher Zusammenhänge haben. Zu Beginn der Industrialisierung wurde fast ausschließlich nach einer „trial and error-Strategie“ entwickelt, bis ausreichendes Wissen über Materialverhalten und -gesetze gesammelt war. Dies barg große Sicherheitsrisiken und verursachte hohe Kosten. Inzwischen stehen dem Ingenieur eine unüberschaubar große Anzahl an Werkstoffen und Lösungsmöglichkeiten bereit, so dass viele Wechselwirkungen dieser Möglichkeiten nur mit einem ähnlichen Prinzip untersucht werden können. Im Gegensatz zu früher hilft die digitale Datenverarbeitung die Risiken und Kosten für „trial and error-Entwicklungen“ in Form von numerischen Simulationen in einem überschaubaren finanziellen Rahmen zu halten, verbunden mit einer großen Zeitersparnis. Grundlage dafür sind entsprechende Materialmodelle, für welche Daten in Werkstoffprüfungen gesammelt werden müssen. Begünstigt wird dieser „trial and error-Entwicklungsstil“ durch ein Zurückfahren von Grundlagenforschung, die Auflösung von Forschungsabteilungen oder Firmenbibliotheken in vielen großen Unternehmen. Lösungen müssen also vermehrt im Kleinen und Konkreten gefunden und erprobt werden.

### 3. Daten für die Simulation (Vorhersage einer Anwendung)

„FEA-Simulationen nehmen auch in der Elastomerindustrie eine immer bedeutendere Stellung ein. Im Gegensatz zu vielen anderen Werkstoffen ist jedoch die Berechnung von Elastomeren ein sehr komplexes Feld, da die Thermoviskoelastizität von Gummiwerkstoffen und wichtige andere Eigenschaften eines Compounds stark von der jeweiligen Mischung und Einsatztemperatur abhängen und rechnerisch nicht einfach zu erfassen und beschreiben sind. Wie an den Kraft-/Dehnungskurven schnell zu erkennen ist, sind die Eigenschaften bei Elastomeren nicht linear, was kompliziertere Rechenalgorithmen verlangt. (...) Um das Materialmodell einer Mischung zu erhalten, ist – je nach Fragestellung – eine umfangreiche Ermittlung der jeweiligen Werkstoffkennwerten notwendig. Dabei ist auch der Zugversuch (teilweise auch mit Temperierkammer) eines von mehreren wichtigen Prüfmethoden.<sup>8</sup> Es können dann strukturmechanische Simulationen (Simulation der Werkstoffalterung<sup>9</sup> und Lebensdauerabschätzungen)<sup>10</sup>, wie auch Berechnungen durchgeführt werden, die bei der Entwicklung<sup>11</sup> und Optimierung von Elastomerbauteilen<sup>12</sup> von hohem Nutzen sind.“<sup>13</sup> Das ist aber der vergleichsweise einfache und auch häufig angewendete Bereich der FEA-Analyse, womit Verformungsgrade und daraus resultierende Spannungen simuliert werden können. Meist wird dies mit verallgemeinerten Materialmodellen getan, also nicht rezepturspezifisch. Das Potential einer FEA-Analyse geht aber weit darüber hinaus. So lassen sich heute Grenzen der Spaltüberbrückung einer Dichtung unter Einfluss von tiefen Temperaturen, einer bezüglich Dynamik und Höhe vorgegebenen Spaltbewegung und Drücke berechnen und damit bereits im Entwicklungsstadium eines Produktes wichtige Informationen über realistische Anwendungsgrenzen liefern.

Werden Materialdaten für viele verschiedene Werkstoffe ermittelt, können in diesem Bereich automatisierte Prüfungen sinnvoll sein. Grundlage für die Modellgleichungen sind mittels DMA ermittelte Multifrequenzanalysen, welche das gummielastische Verhalten von unterhalb der Glasübergangstemperatur bis oberhalb der maximalen Gebrauchstemperatur in einem Frequenzbereich bis 200 Hz beschreiben.

### 4. Freigabeproofungen

Große Anwender von Elastomeren schreiben in der Regel in hauseigenen Spezifikationen Sollwerte vor, welche der jeweilige Werkstoff in genormten Prüfverfahren erreichen soll. Je sicherheitsrelevanter die Anwendung, desto umfangreicher und anspruchsvoller sind meist die Vorgaben.

<sup>8</sup> Weiterführende Informationen eines US-amerikanischen Unternehmens, welches Werkstoffdaten für die Simulation ermittelt: <http://www.axelproducts.com/downloads/TestingForHyperelastic.pdf> (Webseite zuletzt abgerufen am 17.04.2021)

<sup>9</sup> Vgl. ACHENBACH, Manfred: Modellierung der Alterung von Gummi in: STREIT, Gerhard (Hrsg.): Elastomere Dichtungssysteme, Expert Verlag, Renningen, 2011, S.291ff.

<sup>10</sup> Vgl. ACHENBACH, Manfred: Modell zur Thermoviskoelastizität von Elastomeren: Modelle zur Beschreibung des thermo-mechanischen Eigenschaftsprofils von elastomeren Dichtungsmaterialien und ihre Verwendung in Finite Elemente Simulationen von Dichtungssystemen in: STREIT, Gerhard (Hrsg.): Elastomere Dichtungssysteme, Expert Verlag, Renningen, 2011, S.213ff.

<sup>11</sup> Vgl. ACHENBACH, Manfred und BOSCHET, René: Auslegungen von Dichtungen mit der FEM in: STREIT, Gerhard (Hrsg.): Elastomere Dichtungssysteme, Expert Verlag, Renningen, 2011, S.321ff.

<sup>12</sup> STOMMEL, Markus und STOJEK, Marcus und KORTE, Wolfgang: FEM zur Berechnung von Kunststoff- und Elastomerbauteilen, Carl Hanser Verlag, München, 2011

<sup>13</sup> BLOBNER, Ulrich und RICHTER, Bernhard: Zugversuch: Prüftechnische Grundlagen und Empfehlungen für die praktische Anwendung, 10/2014, S. 3f., Onlineinformation des O-Ringprüflabor Richter: [https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen-zugversuch\\_10\\_2014.pdf](https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen-zugversuch_10_2014.pdf)

Mitunter werden bei weniger erfahrenen Anwendern die Begriffe Normen und Spezifikationen verwechselt bzw. nicht klar voneinander abgegrenzt. Darauf wird in Teil 4 der Serie näher eingegangen.

Ziel eines jeden Elastomerverarbeiters ist es, möglichst viele seiner Mischungen „frei zu bekommen“, d.h. eine Freigabe nach einer Werkstoffspezifikation eines Endabnehmers (z.B. Automobilhersteller) zu bekommen. Hier gibt es viele individuell verschiedene Freigabeverfahren. Manchmal werden schon die Laborwerte des Compoundherstellers bzw. -verarbeiters akzeptiert, in den meisten Fällen erhält man eine Freigabe erst mit Prüfergebnissen eines zertifizierten/akkreditierten Labors und in seltenen Fällen schreibt der Endkunde ein bestimmtes Labor vor.

Die werkstoffliche Freigabeprüfung erfolgt an genormten Probekörpern, welche aus 2 bzw. 6mm starken Laborprüfplatten ausgestanzt wurden. Diese Prüfplatten werden unter Idealbedingungen vulkanisiert und weisen oft bessere Eigenschaften als Gummiformteile aus dem gleichen Werkstoff einer Serienproduktion auf. Deswegen empfiehlt es sich – sowohl aus Verarbeiter- als auch Anwendersicht – parallel zur werkstofflichen Freigabe an Prüfplatten auch werkstoffliche Kennwerte an Fertigteilen festzulegen. Sind die Prüfbedingungen und veränderten Toleranzbereiche bestimmter Parameter an Gummiformteilen von vornherein klar geregelt, kann man sich viele unnötigen Qualitätsdiskussionen im laufenden Produktionsprozess sparen.

Die meisten Firmenspezifikationen sind nicht öffentlich und werden nur mit den Lieferanten und prüfenden Laboren kommuniziert. Ebenso sind die Daten freigegebener Mischungen so gut wie nie öffentlich einsehbar. Im Gegensatz zu den Kunststoffen wird im Elastomerbereich sehr viel Prüfaufwand betrieben, dessen Früchte leider nur einem kleinen Kreis zur Verfügung stehen. Aktuelle Bemühungen zur Vereinheitlichung von Werkstoffspezifikationen verwandter Industriezweige, was zu einer Reduktion des Prüfaufwandes führen könnte, sind den Autoren dieses Textes nicht bekannt. Im Bereich der Normung liegt mit der ISO 3601-5 ein neuer interessanter Ansatz vor. Darin werden Sollwerte von Werkstoffkennwerten wichtiger O-Ring Materialien erstmalig vorgeschrieben, die einem guten Stand der Technik entsprechen (siehe Teil 4 der Serie).

## 5. Untersuchung von Produkten von Marktbegleitern (Funktionelle Nachbildung / Reverse Engineering)

Produkte von Marktbegleitern werden aus den unterschiedlichsten Motivationen heraus untersucht. Die wichtigste ist sicherlich den Qualitätsstandard der eigenen Produkte mit denen des Wettbewerbers zu vergleichen. Sind die Wettbewerbsprodukte technisch bzw. preislich bedeutend besser, haben viele Unternehmen das Interesse solche Produkte nachzubauen.

Bei einer funktionellen Nachbildung versucht man Mischungen herzustellen, welche in den signifikanten Eigenschaften dem Vorbild nahekommen. Die Mischungsbestandteile können dann zum Vorbild stark abweichen.

Beim Reverse Engineering versucht man so weit wie möglich die Mischungsbestandteile und ihre jeweiligen Anteile herauszufinden. Dadurch spart man sich viele Entwicklungsschleifen einer funktionalen Nachbildung. Diese Art der Analyse wird nicht nur in der Gummiindustrie regelmäßig eingesetzt. Es empfiehlt sich, den unbekanntem Werkstoff im Vergleich mit einem passenden Kontrollreferenzwerkstoff zu analysieren. Dadurch lassen sich leichter quantitative Aussagen machen. Außerdem kommen neben physikalischen und chemischen Analysemethoden v.a. neuere Verfahren in deren Grenzbereich zum Tragen, wie z.B. DSC, TGA, FTIR, GC-MS (**Abb. 3**) u.v.m.



**Abb. 3:** Besonders für das Reverse Engineering ist die Pyrolyse GC-MS ein wichtiges Instrument (Bild: O-Ring Prüflabor Richter GmbH)

Das Problem des Reverse Engineering von Gummicomounds – im Vergleich zu bspw. einfach erkennbaren mechanischen Strukturen einer Maschine – ist, dass Elastormischungen aus vielen unterschiedlichen Bestandteilen bestehen. Manche dienen nur zur Verarbeitung, wieder andere für spezifische Materialeigenschaften. Im Laufe der Compoundherstellung, -verarbeitung und -anwendung kommt es zu Umsetzungen und Veränderungen bestimmter Mischungsbestandteile. Hinzu kommt, dass wichtige Mischungsbestandteile (z.B. Polymer, Ruße, Weichmacher) ölbasiert sind, was eine Unterscheidung zusätzlich erschwert.<sup>14</sup> All dies erklärt, dass das „Reverse Engineering“ von Elastomerprodukten ein sehr komplexes Feld darstellt.

## 6. Qualitätskontrolle

Es muss unterschieden werden zwischen produktionsbegleitenden Elastomerprüfungen beim Hersteller und solchen im Wareneingang eines Anwenders.

Für einen Elastomerverarbeiter ist es besonders wichtig, durch Prüfungen klare Aussagen über den Vulkanisationsgrad seiner Erzeugnisse zu bekommen. Hierzu gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten von zerstörenden, aber auch zerstörungsfreien Prüfungen.<sup>15</sup> Im laufenden Produktionsprozess sind Prüfmethode mit kurzfristigen Ergebnissen bzw. Inline-Prüfmethode sinnvoll. Je nach Elastomerprodukt, Sicherheitsrelevanz, Werkstoff und bewährten Firmentraditionen werden hier meist individuelle Lösungen entwickelt. Im Interesse des Verarbeiters ist auch eine Bauteilhärte, welche sich konstant im vorgegebenen Toleranzbereich bewegt. Andernfalls kommt es auch bei kleinen Abweichungen oft zu Diskussionen mit Kunden, wenn diese bspw. neben der Dichte nur die Härte im Wareneingang prüfen und sich der tatsächlichen Bedeutung der Härte in ihrem Anwendungsfall nicht bewusst sind und diesen Parameter möglicherweise überbewerten.

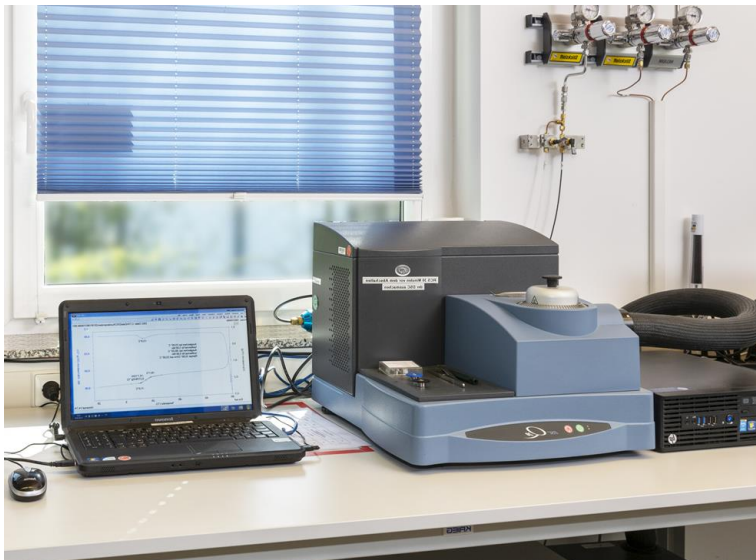
<sup>14</sup> Vgl. DAS GUPTA, Saikat; MUKHOPADHYAY, Rabindra; BARANAWAL, Krishna C. und BHOWMICK, Anil K.: Reverse Engineering of Rubber Products Concepts, Tools and Techniques, CRC Press, 2013, chapter 4

<sup>15</sup> Vgl. BLOBNER, Ulrich und RICHTER, Bernhard: Ausfall durch falschen Vulkanisationsgrad – Auf das richtige Netzwerk kommt es an! Fachartikel aus der Serie: Fachwissen Schadensanalyse von Elastomerbauteilen, Onlineinformation des O-Ring Prüflabor Richter, 04/2021: [https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen\\_schaden\\_vulkanisationsgrad\\_04\\_2021.pdf](https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen_schaden_vulkanisationsgrad_04_2021.pdf)

Bei Kleinteilen können zerstörende Prüfmethode eingesetzt werden. Bei Großteilen bzw. sehr teuren Werkstoffen (z.B. FFKM) wird man versuchen möglichst mit zerstörungsfreien Prüfungen auszukommen.

In der Wareneingangsprüfung gibt es verschiedene Prüflevel:

- Das Minimum für technische Elastomerartikel sollte die Überprüfung der Maße, Härte, Dichte (Absicherung gegen Werkstoffverwechslung) und des Druckverformungsrestes (Aussage über Vernetzungsgrad) sein. Da man an Fertigteilen nicht normgerecht prüfen kann, sollten die Prüfmethode und die Sollwerte inkl. Toleranzbereiche im Vorfeld mit dem Hersteller abgestimmt werden. Hinweise erhält man in den einschlägigen Normen und der Fachliteratur.<sup>16</sup> In diesem unteren Prüflevel sind einfache Prüfmethode gefragt, welche auch gut reproduzierbar sind und bezüglich des ausführenden Prüfers keine spezifischen Qualifikationen erfordern. Hier genügen meist klassische Einpunktprüfungen.
- Beim mittleren Prüflevel können je nach Einsatz des Elastomerartikels weitere Prüfungen hinzukommen, wie z.B. Kurzzeitquellungen, Zugversuche oder Prüfungen der Viskoelastizität. Mitunter gibt es eigenentwickelte Prüfmethode, die direkt auf den späteren Einsatz des Gummiartikels Bezug nehmen. Dieser Level erfordert eine spezielle Qualifizierung des Mitarbeiters (z.B. Laborant oder CTA/PhyTA) und die Anschaffung spezieller Apparaturen (z.B. Zugprüfmaschine, Einlagerungsöfen, selbst gebaute Prüfvorrichtungen usw.)
- Im oberen Prüflevel kommen meist moderne und teure Analysegeräte zur Verwendung, wie z.B. DSC (**Abb. 4**), FTIR (**Abb. 5**), TGA (**Abb. 6**), REM-EDX oder NMR. Da dies hohe Anschaffungskosten bedeutet und die Geräte einen hohen Qualifizierungsgrad (z.B. Chemiker, Ingenieur) erfordern, ist dieses Prüfniveau in der Regel nur in sehr großen Unternehmen oder bei spezialisierten Dienstleistern zu finden.

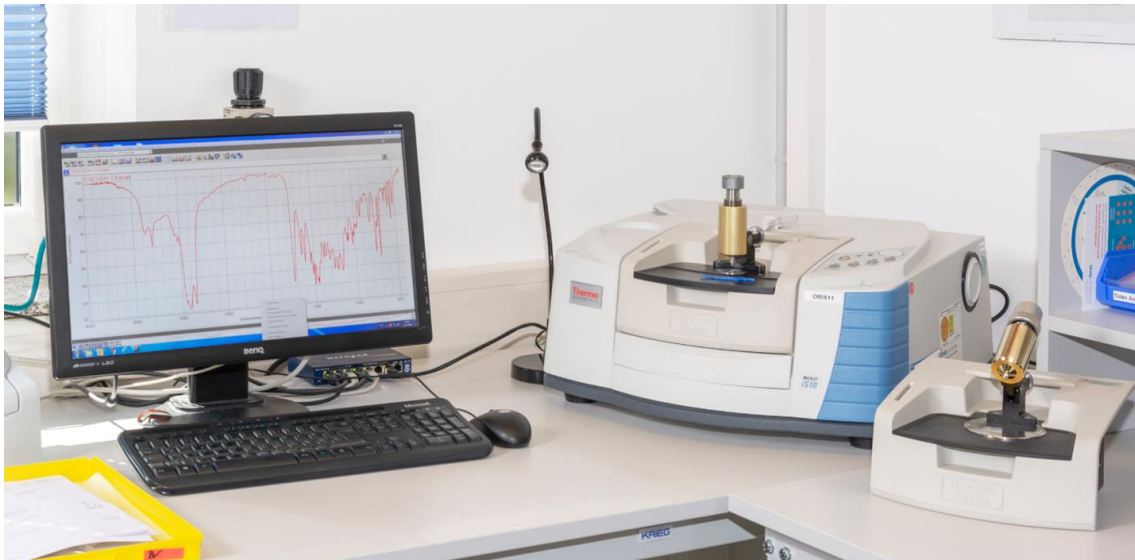


**Abb. 4:** Manche Wareneingänge verwenden eine DSC zur Bestimmung der Glasübergangstemperatur  
(Bild: Johann Schrauf)

<sup>16</sup> Z.B. BLOBNER, Ulrich und RICHTER, Bernhard: Qualitätssicherung an O-Ringen – Wie geht das? Wichtige Hinweise zur Theorie und Praxis von Härte- und Druckverformungsrestprüfungen an O-Ringen, Onlineinformation des O-Ring Prüflabor Richter, 08/2018: [https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen\\_o\\_ringe\\_qs\\_an\\_o\\_ringen\\_lang\\_08\\_2018\\_1.pdf](https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen_o_ringe_qs_an_o_ringen_lang_08_2018_1.pdf)

Eine Kurzform dieses Artikels erschien in der Fachzeitschrift „KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe“ des Hüthig-Verlages, Doppelausgabe 07/08 2018, S. 12-15 : „Qualitätssicherung an O-Ringen“: <https://www.kgk-rubber-point.de/22967/qualitaetssicherung-an-o-ringen/> (Webseite zuletzt am 17.04.2021 aufgerufen)



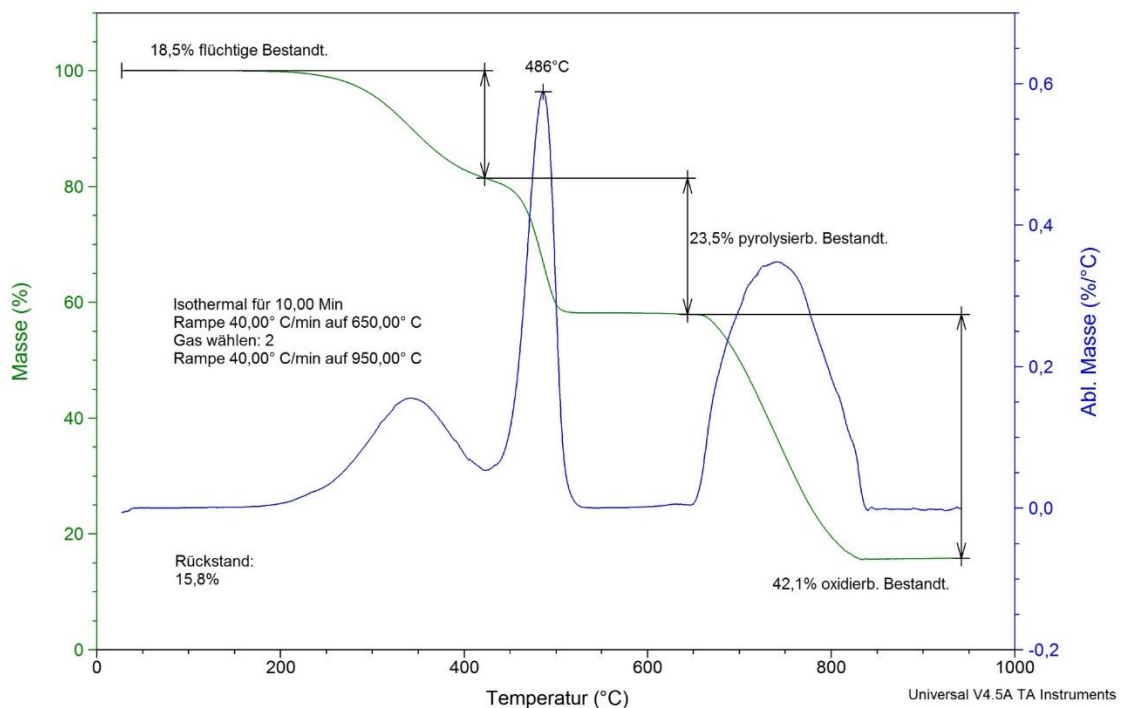


**Abb. 5:** Mit Hilfe der FT Infrarotspektroskopie lassen Polymere bestimmen und Rezepturen miteinander vergleichen, weshalb sie auch in manchen Wareneingängen zum Einsatz kommt (Bild: Johann Schrauf)

Probe: 010219210  
 Größe: 16,6970 mg  
 Methode: ISO 11358-1  
 Kommentar: EPDM Schlauch

TGA

Bediener: XS  
 Versuchsdatum: 2019-02-05 12:52  
 Gerät: TGA Q500 V6.7 Build 203



**Abb. 6:** Auswertung einer thermogravimetrischen Analyse (TGA): Die erste Stufe der grünen Kurve steht für die flüchtigen Bestandteile, Weichmacher, Restmonomere, Alterungsschutz- und Verarbeitungshilfsmittel, die darunterliegende Stufe („pyrolysiert. Bestandt.“) stellt den Anteil des Polymers dar, die Stufe darunter steht für die oxidierbaren Bestandteile, wie Ruß und am Ende verbleibt ein Rückstand (Ascherest) (Bild: O-Ring Prüflabor Richter GmbH)

## 7. Schadensanalyse

So vielfältig Schäden an Elastomerbauteilen sein können, so vielfältig sind auch die Prüfmethoden, welche zu ihrer Detektion eingesetzt werden können. Ihre Auswahl erfolgt lösungsorientiert. Die Tiefe der Analyse ist meist auch abhängig von der genauen Fragestellung und des freigegebenen Budgets des Auftraggebers.

Generell wird in den meisten Fällen mit Standardprüfungen wie Härte und Dichte begonnen. Besondere Bedeutung haben in der Schadensanalyse optische Untersuchungen bzw. bildgebende Verfahren (Lupe, Digitalmikroskop, REM-EDX). Die Auswahl weiterer Prüfmethoden erfolgt evolutionär, d.h. anhand der ersten Schadenshypothesen werden weitere geeignete Prüfverfahren ausgewählt. Wichtig ist, dass die Prüfverfahren gut Unterschiede aufzeigen können.<sup>17</sup>

In den letzten Jahren haben immer mehr innovative Mikroprüfverfahren in der Schadensanalyse Einzug gehalten, mit welchen auch an kleinsten Schadenteilen abgesicherte Aussagen gemacht werden können, wie z.B.

- Viskoelastische Eigenschaften mittels LNP® nanotouch
- GC-MS für Nachweis von chemischem Angriff
- REM-EDX (**Abb. 7**) für Nachweis von chemischen Elementen, v.a. Ablagerungen an Oberflächen



**Abb. 7:** Das REM-EDX eignet sich sehr gut für die anspruchsvollere Schadensanalyse, hier die Arbeit und Bildanalyse an einem sogenannten curved monitor (Bild: Tobias Ehmer)

In der Schadensanalyse werden oft sehr komplexe Prüfmethoden mit hohem apparativem Aufwand eingesetzt. Der Schadensanalytiker benötigt eine sehr gute Fachausbildung – was sowohl die Anwendung der Prüfgeräte als auch sein Elastomerfachwissen betrifft – verbunden mit einer großen Praxiserfahrung.

Mit Hilfe einer Schadensanalyse lassen sich auch Prüfmethoden für die Zukunft festlegen, als präventive Maßnahme gegen ein Wiederauftreten des Schadensfalles.

<sup>17</sup> BROWN, Roger: Physical Testing of Rubber, Springer, New York, 4. Aufl., 2006, S.8

## 8. Prüfungen in der Polymerforschung

Prüfverfahren in der Forschung sind oft hochkomplex. Verlässlichkeit, Schnelligkeit und Kosteneffektivität, wie im Produktionsalltag gefordert, müssen sie in der Regel nicht aufweisen. Viele der aktuellen Fragestellungen sind für einen praktischen Dichtungsanwender kaum mehr relevant, sondern dienen eher zum tieferen und besseren Verständnis von polymerphysikalischem Verhalten und Vorgängen.

### Fazit

Der zielgerichtete Einsatz von Prüfverfahren führt zu Produktlösungen, die das vorhandene Potential an Möglichkeiten ausschöpfen, und schützen vor Qualitätsrisiken. Darüber hinaus helfen sie Entwicklungszeiten zu verkürzen und tragen erheblich zu belastbaren Schadensanalysen bei, wenn es zu Überlastungen gekommen ist. Darum leisten effizient eingesetzte Prüfverfahren einen erheblichen Beitrag zum langfristigen Erfolg eines Unternehmens.