

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 5/6

Wie erkenne ich gute Elastomerprüfung? – Tradition und Innovation

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.

Klassisches Prüfwesen vs. modernes innovatives Prüfwesen

Moderne elastomere Dichtungen weisen eine hohe Komplexität auf. Dies hat mit der globalen Verfügbarkeit von unüberschaubar vielen Polymertypen je Basispolymer und vielen tausend Möglichkeiten an weiteren Mischungschemikalien zu tun. Aber auch die Prozessbedingungen bei der Verarbeitung haben einen immensen Einfluss. Und schließlich sind die prüftechnischen Möglichkeiten begrenzt, die sich daraus ergebenden Eigenschaften ausreichend abzubilden. All diese Schwierigkeiten haben bei Anwendern eher zu einem konservativen Ansatz geführt.

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.“

Deswegen rücken Anwender ungern von bewährten Lieferanten, Werkstoffen und Prüfverfahren ab. Nur wo der immense Kostendruck oder die Erweiterung der Einsatzgrenzen der Dichtungen dies erfordert, ist man dazu bereit, neue Wege zu gehen.

Das klassische Prüfwesen basierte hauptsächlich auf der korrekten und reproduzierbaren Durchführung lang eingeführter, v.a. physikalischer Prüfverfahren. Im Bereich der heutigen Elastomerprüftechnik geht es nicht darum, klassische, lang eingeführte Prüfverfahren gänzlich abzuschaffen, aber es ist wichtig, immer wieder aus heutiger Warte die Aussagekraft und Reproduzierbarkeit bestimmter Prüfmethoden kritisch zu hinterfragen. Das wohl am häufigsten eingesetzte Prüfverfahren in der Gummiindustrie ist die Shore A - Härteprüfung, die bereits 1915 eingeführt wurde. Inzwischen gibt es viel leistungsfähigere und aussagekräftigere Härteprüfverfahren mit einer höheren Reproduzierbarkeit. Jedoch ist das Shore A -Verfahren so weit verbreitet und zur Klassifizierung von Gummimischungen etabliert, dass es auf absehbare Zeit nicht durch andere Verfahren ersetzt werden wird.

Im modernen Prüfwesen geht es in erster Linie nicht um das Ersetzen traditioneller Prüfverfahren, sondern um einen ganzheitlichen Blick auf das Thema Elastomerprüfung, in welchem sich traditionelle und moderne Verfahren ergänzen. Dieser ganzheitliche Ansatz umfasst neben den „hard skills“ bzw. der „hardware“ der Prüftechnik auch „soft skills“ wie z.B. Mitarbeiterqualifizierung, Akkreditierung u.v.m.

1. Mitarbeiterqualifizierung und Kommunikation

Auf absehbare Zeit wird der Mensch nach wie vor im Zentrum der Elastomerprüfung stehen. Gerade in Laboren mit vielen verschiedenen Kunden- und Prüfanforderungen ist eine weitreichende Automatisierung momentan aufgrund der Vielfalt an Prüfungsarten nur schwer vorstellbar.

Um möglichst Fehler durch Mitarbeiter auszuschließen, ist die Motivation von Mitarbeitern eine wichtige Aufgabe des Managements. Einige Prüftätigkeiten verleiten auf Grund ihrer Monotonie zum Abstumpfen und zur Unachtsamkeit. Durch eine Kommunikation mit Mitarbeitern auf Augenhöhe, durch Einsatz von KVP (**K**ontinuierlicher **V**erbesserungs**p**rozess) -Systemen und gemeinsamer Analyse von aufgetretenen Fehlern, werden Mitarbeiter in den großen Arbeitsprozess aktiv eingebunden. Gemeinsam entstehen bessere Lösungen, die den Laboralltag verbessern. Interne Weiterbildung und -qualifizierung sind ein weiterer Baustein zu einer verbesserten Qualität. Es macht einen Unterschied, ob man einen einfachen O-Ring prüft oder ob man weiß, dass die Prüfung dieses O-Rings wichtig für die korrekte Funktion einer komplexen Maschine ist. Auch eine vermehrte Wertschätzung werkstofftechnischer Kompetenz durch das Management wird sich hier positiv auswirken. Diese Kompetenz ist nämlich eine wichtige Voraussetzung für Innovationen.

2. Zertifizierung und Akkreditierung

Zertifizierung und Akkreditierung sind wichtige Bausteine für einen hohen Qualitätsstandard in der Werkstoffprüfung. „Die Zertifizierung wird von einer unabhängigen Zertifizierungsstelle (z.B. TÜV, DQS u.a.) durchgeführt und ist zeitlich befristet. Die meisten Industrieunternehmen sind heute nach ISO 9001 (Qualitätsmanagement) und ISO 14001 (Umweltmanagement) zertifiziert. In der europäischen und nordamerikanischen Automobilbranche sind Zertifizierungen nach der ISO/TS 16949 üblich. Generell ausgedrückt handelt es sich um Managementsysteme, die sicherstellen sollen, dass bestimmte festgelegte Anforderungen für ein Produkt, einen Prozess, für Mitarbeiter oder ein System erfüllt werden. Es wird also in erster Linie die

Richtigkeit von Abläufen untersucht, nicht ob deren Inhalte sachlich korrekt oder in jedem speziellen Einzelfall sinnvoll sind. Vereinfacht ausgedrückt könnte man sagen, dass die Zertifizierung eine Art Vorstufe zur Akkreditierung ist.

Ein Prüflabor ist dann akkreditiert, wenn es die Forderungen der DIN ISO/IEC 17025 erfüllt und dies auch von einer dafür qualifizierten Prüfstelle bestätigt wird. Diese Norm beschreibt die Anforderungen an die fachliche Kompetenz und an das QM-System eines Prüflabors [und] wird weltweit anerkannt (...). Sich dem Verfahren einer Akkreditierung zu unterziehen und die dabei gestellten Anforderungen zu erfüllen bedeutet einen hohen internen Arbeits- und Organisationsaufwand und verlangt enorme fachliche Kompetenz (...). Eine erfolgreiche Akkreditierung ist ein klares Zeichen für und ein eindeutiges Bekenntnis zu gelebter Qualität.“² Auf der Webseite der Akkreditierungsstelle können in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde die Prüfmethode und zugehörigen Prüfnormen eingesehen werden, nach welchen das jeweilige Labor akkreditiert wurde.

3. Digitalisierung

In so gut wie allen Bereichen der Technik ist die Digitalisierung eines der wichtigsten Entwicklungsfelder und auch ein bedeutender Innovationstreiber. Seit den 1960er Jahren wird die elektronische Datenverarbeitung bei der Elastomerprüfung eingesetzt.³ Anfänglich nur in großen Forschungslaboren, so ist ihr Einsatz inzwischen auch in kleinen Betrieben zum Standard geworden. Entscheidend ist also heutzutage nicht mehr, ob man EDV im Prüfwesen einsetzt, sondern wie man es macht.

Der Trend im modernen Prüfwesen geht immer mehr zum papierlosen Labor. Das Prüfpersonal erhält seine Arbeitsaufträge nicht mehr in Papierform, sondern per Tablet. Durch Eingabemasken wird sichergestellt, dass der Mitarbeiter wichtige Arbeitsschritte nicht mehr vergessen oder unvollständig ausführen kann. Andernfalls kommt er mit seiner Eingabemaske nicht weiter. Gleichzeitig können dabei Probekörper, Prüfgefäße oder verwendete Medien ohne signifikanten Mehraufwand fotografisch dokumentiert werden, was letztlich die Prüfungsdurchführung noch transparenter und damit belastbarer macht.

Moderne Datenverarbeitungssysteme, aber auch Prüfgeräte, einschließlich der Einlagerungsöfen sind zu hundert Prozent von elektrischer Energie abhängig. Um Datenausfälle, aber auch um Störungen in Prüfabläufen durch kürzere Stromausfälle abzusichern, empfiehlt sich der Einsatz einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV). Bei diesem System werden alle Verbraucher aus Akkumulatoren gespeist, die ununterbrochen vom Stromnetz nachgeladen werden können. Bei Stromausfällen kann eine solche Anlage mehrere Stunden überbrücken. Dies ist genügend Zeit zum Überbrücken kurzer Stromausfälle oder zum kontrollierten Herunterfahren bei längeren Stromunterbrechungen.⁴

² Internetinformation: „Qualitätssicherung im O-Ring Prüflabor Richter: Akkreditierung“, Webseite zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: <https://www.o-ring-prueflabor.de/de/prueflabor/akkreditierung/>

³ Vgl. CLAMROTH, R. und PICT, W.: Electronic data processing and automation in elastomer testing in: Polymer Testing, Vol. 2, Issue 1, January-March 1981, S. 3-27, Artikel online verfügbar, zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: [https://doi.org/10.1016/0142-9418\(81\)90019-2](https://doi.org/10.1016/0142-9418(81)90019-2)

⁴ Vgl. Internetinformation des O-Ring Prüflabor Richter: „USV-Anlage in Betrieb genommen“, Webseite zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: <https://www.o-ring-prueflabor.de/de/aktuelles/unterbrechungsfreie-stromversorgung-usv-fuer-das-gesamte-labor-in-betrieb/>

4. Integration und Vernetzung

Besonders bei der Produktion von Elastomerartikeln ist das Interesse an zerstörungsfreien Inline-Prüfverfahren groß (z.B. Vulkanisationsgrad, Maßhaltigkeit bei der Extrusion u.v.m.). Aber auch in anderen Bereichen, wie z.B. der Wareneingangsprüfung geht es darum, notwendige Prüfungen sinnvoll in Prozesse zu integrieren. Je besser die Integration in bestehende Abläufe, um so bereitwilliger werden die Prüfungen angenommen. Integration bedeutet nicht zwangsläufig, dass Prüfungen an Ort und Stelle integriert werden müssen. Sind bspw. im eigenen Hause nicht die Möglichkeiten für eine Wareneingangsprüfung vorhanden, so kann diese Dienstleistung auch an externe Labore vergeben werden. Durch genaue Absprachen über zeitliche Abläufe können auch externe Prüfdienstleistungen planbar und verlässlich in die eigenen firmeninternen Abläufe integriert werden.

Manchmal sind in einem innovativen Prüfverfahren die Aussagen mehrerer bisheriger Qualitätsprüfungen integriert und können so entfallen (siehe Artikelserie Teil 5, Kap.8).

Die meisten modernen Elastomerprüfgeräte besitzen Schnittstellen, so dass eine Vernetzung und eine Integration in eine Labordatensoftware möglich ist. Dadurch werden Übertragungsfehler durch den Prüfer ausgeschlossen und es kommt zu Zeiteinsparungen.

Zur Sicherstellung konstanter Prüfbedingungen werden wichtige Parameter an bestimmten Prüfgeräten fortlaufend digital erfasst und durch Vernetzung zentral gespeichert. So empfiehlt es sich bspw. die Temperaturen der Einlagerungsöfen mitzuschreiben. Wird neben den Temperaturen aus der Ofenregelung auch die Temperatur eines zusätzlichen Ofentemperaturfühlers erfasst, erhält man eine hohe Redundanz und Sicherheit.

5. Automatisierung

Beim Schlagwort Automatisierung denkt man unweigerlich an den Roboter, welcher den prüfenden Labormitarbeiter ersetzen soll. Es gibt solche stationären Robotersysteme, die bei Großserienprüfungen programmiert werden können. Dies macht aber nur in besonderen Nischeneinsätzen Sinn.⁵ Aber inzwischen gibt es auch Ansätze mit leicht anzulernenden Robotern für die Prüfung von Kleinserien.⁶ Wann und inwieweit sich dies in der Laborpraxis durchsetzen wird, bleibt abzuwarten.

Kleinere Automatisierungslösungen werden bereits in vielen Laboren eingesetzt und führen zu großen Zeitersparnissen. Besonders in der Härteprüfung kann durch den Einsatz von Drehtellern (**Abb. 1**) die Prüfung mehrerer Dichtungen automatisiert erfolgen. Gerade bei Messungen mit der zeitintensiven Messmethode IRHD,M (Messzeit 30 Sekunden) kann – bei größeren Dichtungsanzahlen mit vielen Messpunkten – der Prüfer zwischenzeitlich anderen Tätigkeiten nachgehen.

In der chemischen oder physikalischen Analytik gehören Autosampler zum Stand der Technik. Damit können beispielweise GC-MS- oder TGA-Messungen auch nachts automatisiert durchgeführt werden. Dies führt neben der Zeitersparnis zusätzlich zu einer besseren Geräteauslastung auch außerhalb üblicher Arbeitszeiten.

⁵ Beispiel aus dem Metall- und Kunststoffprüfbereich der Firma Tinius Olsen (Webseite zuletzt aufgerufen am 13.05.2021): https://www.schooloftesting.com/download/Tinius%20Olsen%20Literature/automated_system_-_de/AS0000DE01-Automated-System-DE.pdf

⁶ Vgl. Internetinformation von ZWICK/ROELL: „Automatisierungstrends in der Materialprüfung“, Webseite zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: <https://www.zwickroell.com/de/news-events/news/automatisierungstrends-in-der-materialpruefung/>

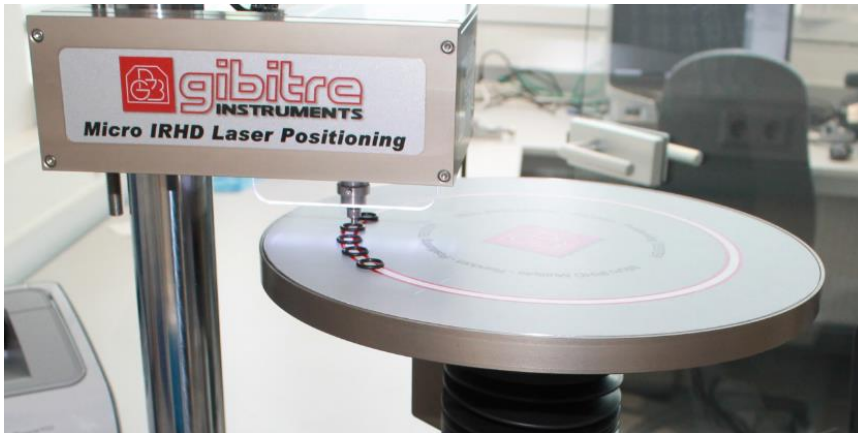


Abb. 1: Der Drehteller wird manuell bestückt. Das IRHD,M-Prüfgerät fährt die O-Ringe automatisch an, um deren Härte zu prüfen (Foto: O-Ring Prüflabor Richter GmbH)

6. Miniaturisierung

Durch die Mikropräzisionstechnik wurden in den letzten Jahren in der Elastomerprüfung immer mehr Möglichkeiten eröffnet, um auch mit kleinsten Probekörpern geometrieunabhängige Materialkenndaten zu ermitteln.

Mit Hilfe einer TGA (Thermogravimetrische Analyse) lassen sich an kleinsten Proben von wenigen Milligramm quantitative Aussagen über Mischungsbestandteile machen. Um qualitative Aussagen zum Compound geben zu können, genügen kleinste Materialmengen für die Analyse in einem Gaschromatographen (GC-MS) (**Abb. 2**), kleinste Proben genügen auch für die DSC-Analyse (Aussagen über das Kälteverhalten).



Abb. 2: Mit Hilfe eines Gaschromatographen mit Massenspektrometer (GC-MS) lassen sich Aussagen über die qualitative Zusammensetzung einer Gummimischung machen. (Foto: Tobias Ehmer)

Durch Einsatz eines Mikroindentors (LNP nanotouch®) können bisher nicht mögliche Messungen von Härte und viskoelastischen Eigenschaften an kleinsten Probekörpern bzw. Dichtungen durchgeführt werden.

7. Künstliche Intelligenz

In der industriellen Prüfpraxis von Elastomeren ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) momentan noch schwer vorstellbar. Dennoch gibt es in der Forschung bereits interessante Ansätze, so z.B. zur Vorhersage mechanischer Eigenschaften gealterter und nicht gealterter

Gummimischungen⁷, zur sensorbasierten Echtzeitüberwachung von Vulkanisationsprozessen⁸, zur Reduzierung von Schleifen in der Mischungsentwicklung⁹ oder einer verbesserten Mischungsentwicklung mit Hilfe sogenannter „Materials Informatics Technology“ (MI), welche u.a. auf KI basiert.¹⁰

8. Reduzierung des Prüfaufwandes

Noch bis vor wenigen Jahren ging es bei der Beschaffung von Fachliteratur darum möglichst alles zu sammeln, was einem „über den Weg lief“. Durch die breite Nutzung des seit den 2000er Jahren verfügbaren World Wide Web geht es weniger um das Sammeln, sondern mehr um das sinnvolle Auswählen von Informationen.

Ähnlich ist es in der Prüftechnik. Es stehen immer mehr und komplexere Prüfverfahren zur Verfügung, dass man bei den meisten Fragestellungen vorab überlegen muss, welches Verfahren im jeweiligen Zusammenhang Sinn ergibt. Nicht alles, was zu prüfen möglich ist, ist auch gut und sinnvoll.

Wie eine große Bibliothek Bücher ähnlichen oder sich überschneidenden Inhaltes besitzt, sollten auch große Prüflabore möglichst umfassend alle wichtigen Prüfmethoden abdecken können. Aus der Sicht eines Dichtungsanwenders geht es aber darum mit wenigen Prüfungen bzw. Prüfmethoden und geringem Aufwand möglichst viele Antworten auf seine Fragen zu bekommen.

In der Regel hat ein Dichtungsanwender mit drei Prüfbereichen zu tun: Prüfungen zur Werkstofffreigabe, zur internen QS und zur Ermittlung von Daten für die Simulation. Der Umfang von Freigabeproofungen wird in den jeweiligen Spezifikationen fest vorgegeben und auf diese hat ein Anwender keinen Einfluss. Diese Prüfungen erfolgen entweder beim Mischungshersteller oder in unabhängigen Prüflaboren. Am interessantesten ist der Bereich der Qualitätssicherung. In diesem Bereich ist es lohnenswert mit fachlich kompetenten Beratern für die eigenen Produkte einen sinnvollen und aussagekräftigen Prüfumfang festzulegen. Inzwischen führen nicht nur sehr große Unternehmen numerische Bauteilsimulationen durch, deswegen stellt sich für immer mehr Anwender die Frage, wie sie mit wenigen Prüfmethoden zu den Materialkennwerten kommen, welche sie für ihre Berechnungen benötigen.

Besonders im Bereich der Kraft-Verformungsmessungen gibt es mehrere Prüfgeräte, welche mit einem Prüfdurchgang vielfältige Aussagen zu den elastischen Eigenschaften eines Werkstoffes geben können, wie die dynamisch-mechanische Analyse (DMA), die Mikroindentorprüfung (LNP nanotouch[®]) oder das Prüfgerät Jidoka S101 II.

⁷ Ružiak, Ivan; Košťál, Pavel; Jančíková, Zora; Gajtanska, Milada: Artificial Neural Networks Prediction of Rubber Mechanical Properties in Aged and Nonaged State in: Improved Performance of Materials, Springer Nature, May 2018, Artikel digital verfügbar, zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: https://www.researchgate.net/profile/Lubos-Kris-tak/publication/317889383_Artificial_Neural_Networks_Prediction_of_Rubber_Mechanical_Properties_in_Aged_and_Nonaged_State/links/5cadcbc9299bf193bc2dd0f5/Artificial-Neural-Networks-Prediction-of-Rubber-Mechanical-Properties-in-Aged-and-Nonaged-State.pdf

⁸ Jonghyuk Kim und Hyunwoo Hwangbo: Sensor-Based Real-Time Detection in Vulcanization Control Using Machine Learning and Pattern Clustering in: Sensors 2018, 18(9), 3123, Artikel digital verfügbar, zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6163192/pdf/sensors-18-03123.pdf>

⁹ Cooper Standard and uncountable: Artificial Intelligence for Material Development, Internetinformation, zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: https://uploads-ssl.webflow.com/5dd1ef5e033682a6f0f8926f/5de5839121eea775f623fdd4_Case%2BStudy%2B-%2BCooper%2BStandard%2B%26%2BUncountable.pdf

¹⁰ TOYO TIRES: Advancing the Processing Technology for Rubber Materials Using Materials Informatics Technology, Press Release, Apr. 22, 2020, Webseite zuletzt aufgerufen am 02.05.2021: https://www.toyotires-global.com/press/2020/200422_e.html

Vor der Einführung komplexerer neuer Prüfmethoden bei Dichtungsanwendern sollte sichergestellt sein, dass intern das nötige Fachwissen vorhanden ist, um diese Methode auch richtig einsetzen und verstehen zu können. Nur so kann sie helfen mehr Aussagen und Fakten für Entscheidungen bei möglicherweise weniger Prüfaufwand zu bekommen.

Fazit

Effizient prüfen bedeutet heute zunächst einmal das große Portfolio an Prüfgeräten aus einer Kombination an klassischen („Old School“) und modernen („New School“) Verfahren zu kennen, und diese gezielt einzusetzen. Hier wurden in den letzten 20 Jahren erstaunliche Fortschritte erzielt. Akkreditierung und Digitalisierung haben darüber hinaus zu einer Erhöhung der Belastbarkeit der Ergebnisse geführt. Damit Materialspezialisten auf der Höhe der Zeit bleiben, sind kontinuierliche Fortbildungen notwendig. Damit können sie für ihre Arbeitgeber zum Innovationstreiber werden.