

# FACHWISSEN O-RINGE

Ein Angebot des

**O RING**  
**PRÜFLABOR**  
**RICHTER**

PRÜFEN BERATEN ENTWICKELN

**O RING**

Quelle: [www.o-ring-prueflabor.de](http://www.o-ring-prueflabor.de)

Stand der Information: 2019

## **Stand der Technik bei O-Ringen:**

### **Normung-Prüftechnik-Werkstoffe**

**PRÜFLABOR**

Autor:

O-Ring Prüflabor Richter GmbH,  
Dipl.-Ing. Bernhard Richter,

## **1. Verbesserter Stand der Technik bei O-Ringen verfügbar**

Leider kommt es in der Praxis noch viel zu häufig zu O-Ring Ausfällen. Das O-Ring Prüflabor Richter hat in den letzten 20 Jahren weit über zweitausend Schadensfälle an Elastomerdichtungen durchgeführt, davon allein ca. 60% an O-Ringen. Hauptursachen für die Ausfälle sind schlechte Einbauräume, Herstellungsmängel der O-Ringe, Montagefehler und schlechte Werkstoffe [1], darüber hinaus natürlich auch unterschiedlichste Anwendungsfehler. Das liegt zum einen daran, dass die Auslegung einer Abdichtstelle häufig unterschätzt wird, zum anderen aber, dass O-Ringe häufig unzureichend spezifiziert werden. Das wiederum treibt die Einkäufer in die Hände von technischen Händlern, die durch eine globale Beschaffung mit tollen Preisen locken, dabei aber oft nicht in der Lage sind selber die Qualität der vertriebenen Ware angemessen zu überprüfen. Erschwerend kam in der Vergangenheit dazu, dass mittels O-Ring Normung (ISO 3601) weder Werkstoffe spezifiziert werden konnten noch überhaupt Toleranzen für O-Ringe und den zulässigen Oberflächenabweichungen für große O-Ringe (Schnurstärke > 8,4 mm) zur Verfügung standen. Klar ist, dass dabei die Gefahr besteht, dass bei nicht ausreichend spezifizierten O-Ringen nicht unbedingt die O-Ring Lieferanten zum Zuge kommen, welcher das Potential

O-Ring Prüflabor Richter GmbH  
Kleimbottwarer Str. 1  
71723 Großbottwar

Telefon 07148 / 16602-0  
Fax 07148 / 16602-299  
info@o-ring-prueflabor.de  
[www.o-ring-prueflabor.de](http://www.o-ring-prueflabor.de)

Geschäftsführer:  
Dipl.-Ing. Bernhard Richter  
Ust-ID-Nr. DE 277600966  
Steuer-Nr. 71342/02407 FA LB

Sitz der Gesellschaft:  
Großbottwar  
Amtsgericht Stuttgart  
HRB 737482

Volksbank Ludwigsburg  
IBAN DE96 6049 0150 0820 5810 03  
SWIFT GENODES1LBG

des Standes der Technik auch ausschöpfen kann. Aber auch wenn man bereits bei einem angemessen kompetenten Lieferanten bezieht, sollte man sich vergewissern, dass man dann auch tatsächlich das spezifiziert, was heute den Stand der Technik darstellt. Mit der Neuausgabe der ISO 3601-5 (2015) hat sich die Situation der Anwender bezüglich der Werkstoffnormung erheblich verbessert [2], weitere Überarbeitungen der Teile 1 und 3 der Norm ISO 3601 lassen auch jetzt die Spezifikation von O-Ringen mit großen Schnurstärken (8,4-14,00 mm) bezüglich Maßhaltigkeit und zulässigen Grenzen für Form- und Oberflächenabweichungen zu. Bezieht man jetzt noch den Stand der Prüftechnik mit ein, dass es nämlich auch möglich ist, optische Oberflächenprüfverfahren für große O-Ringe einzusetzen [3], ergeben sich damit für den Anwender erhebliche Vorteile aus dem Fortschritt des Standes der Technik bei O-Ringen.

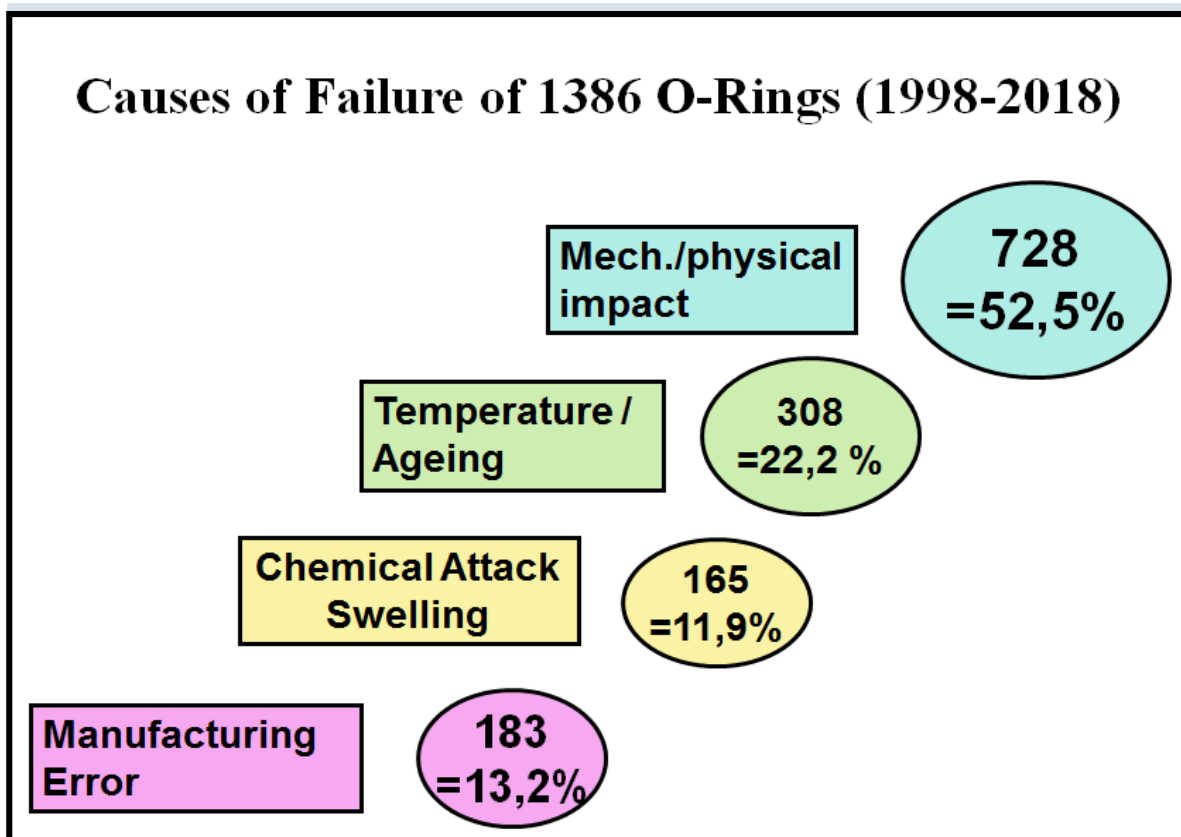


Bild 1: Die Schadensursache an 1386 O-Ringen

## 2. Definition einer guten Dichtfunktion

Damit O-Ringe gut funktionieren können, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. „Gut funktionieren“ bedeutet:

### 2.1 ausreichend dicht

Dazu sollte der Ausleger definieren, wie „Dichtheit“ in der betreffenden Anwendung definiert werden muss. Aus anwendungstechnischer Sicht kann man grob unterscheiden zwischen

Fluid-dicht, was in der Regel durch eine technische Dichtheit von mindestens 10-2 mbar l/s abgesichert ist und „gasdicht“, was normalerweise eine technische Dichtheit von mind. 10-4 mbar l/s bedeutet. Eine ausreichende Dichtheit setzt eine ausreichende Verformung des O-Rings in der Nut und definierte Oberflächen der O-Ringe und der Gegenfläche voraus.

## 2.2 ausreichend temperaturbeständig

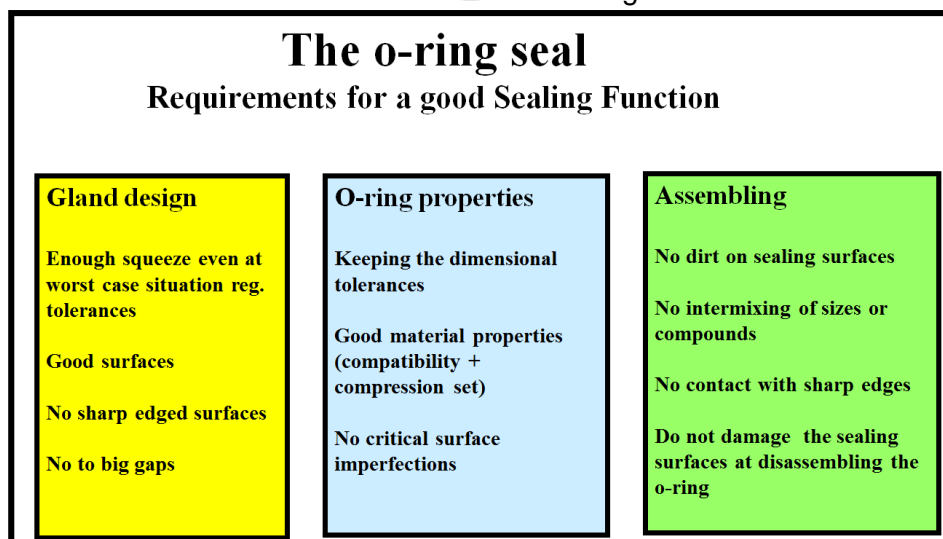
Das bedeutet, dass der O-Ring unter Berücksichtigung der anwendungsspezifischen Temperaturen über die geplante Lebensdauer hinweg ausreichend elastisch bleibt. Die zulässige Dauertemperatur ist bei Elastomeren prinzipiell abhängig von der Zeit der Beanspruchung. Daher kann eine sichere Werkstoffauswahl erst getroffen werden, wenn das Temperaturkollektiv der Anwendung über die gesamte Lebensdauer hinweg definiert ist. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass innerhalb derselben Polymerfamilie (z.B. FKM oder EPDM) rezepturspezifische Eigenschaften bezüglich Alterungsverhalten und Kälteflexibilität stark variieren können.

## 2.3 ausreichend beständig gegen Umgebungseinflüsse (Medienbeständigkeit)

Die unter 2.2 konzipierte Lebensdauer kann der O-Ring nur erreichen, wenn die Elastizität nicht durch umgebende Medien oder sonstige Einflüsse aus der Umgebung signifikant beeinträchtigt wird. Auch hier kann man sich nicht allein auf die richtige Wahl der Polymerfamilie verlassen, sondern muss davon ausgehen, dass rezeptur-spezifische Einflüsse entscheidend sein können.

## 3. Voraussetzungen für eine gute Dichtfunktion

Die Sicherstellung der Funktionalität von O-Ringen basiert auf 3 Säulen, welche einmal der Einbauraum, dann der O-Ring selber und zusätzlich die sichere Montage darstellen. Jede diesbezügliche Abweichung vom Sollzustand bedeutet, dass das Potential der O-Ring Dichtung erheblich eingeschränkt wird und dadurch das Ganze dann in Schiefelage gerät, was eben dann einen verfrühten Ausfall zur Folge hat.



**Bild 2:** Voraussetzungen für eine gute Dichtungsfunktion von O-Ringen

### 3.1 Anforderungen an den Einbauraum

Der Einbauraum muss sicherstellen, dass der O-Ring-Querschnitt unter Ausschöpfung aller theoretisch möglichen Toleranzen angemessen verformt wird. Ist die Verformung zu hoch, steigt das Risiko für Spannungsrisse, auch erhöht sich damit das Beschädigungsrisiko bei der Montage (siehe auch 3.3). Ist die Verformung zu niedrig, ist wegen der zu geringen Kontaktbreite zur Dichtfläche die ausreichende Dichtheit gefährdet (siehe 2.1), ebenso kann das elastische Potential im O-Ring nicht abgerufen werden, woraus sich eine stark reduzierte Lebensdauer ergeben kann (siehe 2.2). Darüber hinaus muss der Einbauraum eine Nutüberfüllung vermeiden, da Elastomere annähernd inkompressibel sind, scharfe Kanten müssen gerundet sein und bei der Einwirkung hoher Drücke muss der Spalt klein genug sein, um eine Schädigung durch Spaltextrusion zu verhindern. Ein zu großer Spalt kann auch bei Außermittigkeit der abzudichtenden Bauteile die Verpressung des O-Rings lokal unzulässig stark reduzieren. Und natürlich ist es unabdingbar zur Sicherstellung einer ausreichenden Dichtheit (siehe auch 2.2) auch die Oberflächengüte der Dichtfläche zu spezifizieren, und zwar möglichst bezüglich Oberflächenrauheit und Oberflächenstruktur, welche über das Bearbeitungsverfahren vorgegeben wird. Darüber hinaus muss der Einbauraum so gestaltet sein, dass der O-Ring bei der Montage nicht beschädigt werden kann. Das bedeutet, dass der O-Ring im Einbauraum und auf dem Weg in den Einbauraum nirgends auf scharfe Kanten stoßen darf, zudem müssen Einführschreien vermeiden, dass der O-Ring beim Fügen der Bauteile abgeschert werden kann, zudem sollte beim Kolbeneinbauraum der Kolben zuerst geführt sein, bevor der O-Ring gegen die Einführschräge gedrückt wird. Kann dies konstruktiv nicht umgesetzt werden, so sollte der O-Ring am Innendurchmesser erheblich vorgedehnt sein, um ein lokales Ausdrücken des O-Rings beim schrägen Fügen sicher zu vermeiden.

### 3.2 Anforderungen an den O-Ring

Grundvoraussetzung für die richtige Funktion des O-Rings ist zunächst das Einhalten der geforderten Schnurstärketoleranz, nur so kann über den richtigen Verformungsgrad (=Verpressung) eine solide Dichtfunktion über längere Zeiten hinweg aufrecht erhalten bleiben. Die Einhaltung der Innendurchmessertoleranz hat nicht ganz dieselbe Wichtigkeit, Abweichungen vom Innendurchmesser können aber auch indirekt die Schnurstärke im eingebauten Zustand beeinflussen, zudem sichert die Maßhaltigkeit des Innendurchmessers die Montage mit ab. Eine weitere wichtige Grundfunktion des O-Rings ist seine glatte, möglichst fehlerfreie Oberfläche. Die schwierige Verarbeitbarkeit von Gummiwerkstoffen lässt aber keine wirtschaftliche, fehlerfreie Produktion von O-Ringen zu. Somit muss unterschieden werden, zwischen zulässigen und unzulässigen Oberflächenabweichungen. Somit ist der Anwender darauf angewiesen, dass diese Gut/Schlecht-Sortierung bezüglich Oberflächenabweichungen konsequent beim Hersteller durchgeführt wird. Eine Auswertung von 873 O-Ring Ausfällen aus den letzten 10 Jahren weist hier eine Quote von 15,3% Ausfälle durch Herstellungsmängel aus [4], das heißt, dieses Thema hat eine besonders große Praxisrelevanz. Womit sich Anwender erfahrungsgemäß aber am schwersten tun, ist die Beurteilung der werkstofflichen Beschaffenheit der O-Ringe, die letztlich für die

Temperaturbeständigkeit (siehe 2.2) und die Medienbeständigkeit (siehe 2.3) verantwortlich ist. Diese ergibt sich aus einer multiplikativen Verknüpfung der Rezepturqualität und der Verarbeitungsqualität (Vernetzungsgrad). Das bedeutet, eine gute Rezeptur allein reicht nicht aus. Wenn der Lieferant die Prozessbedingungen der Vulkanisation der O-Ringe nicht ausreichend absichert, kann die beste Rezepturqualität verpuffen. Häufig reicht die Elastomer- und Prüfkompetenz der Anwender nicht aus, um sich dagegen ausreichend abzusichern.

### 3.3 Anforderungen an die Montage

Auch wenn die Anforderungen aus 3.1 und 3.2 perfekt umgesetzt sind, bleiben Risiken bei der Montage bestehen. Ein Risiko besteht darin, dass mangelhafte Sauberkeit die Qualität der Dichtheit (siehe 2.1) negativ beeinflusst, was besonders bei geforderter Gasdichtheit wichtig werden kann. Ein weiteres Risiko besteht in der Verwechslungsgefahr, wenn beim selben Anwender unterschiedliche Werkstoffe in derselben Abmessung eingesetzt werden oder Abmessungen sich nur geringfügig unterscheiden (z.B. Schnurstärke 5,33 und Schnurstärke 5,0 mm). Werden Montagehilfsvorrichtungen verwendet, muss auch dabei darauf geachtet werden, dass diese frei von scharfen Kanten sind. Und überall dort, wo O-Ringe wieder demontiert werden, z.B. für Prüf- oder Service-Zwecke, muss darauf geachtet werden, dass die O-Ringe nicht harten, scharfkantigen Werkzeugen aus der Nut gehelbt werden und dabei Kratzer in der Dichtfläche erzeugen.

## 4. Die O-Ring Norm ISO 3601-Weiter an die Bedürfnisse der Anwender angepasst

Eine komplette Neuauflage der ISO 3601-5 (2015-04) "Specification of elastomeric materials for industrial applications", sowie eine Überarbeitung des Teiles 1 (bei Abgabetermin noch nicht veröffentlicht) bezüglich der Schnurstärkentangen und bezüglich des Teiles 3 (bei Abgabetermin noch nicht veröffentlicht) bezüglich zulässiger Oberflächenabweichungen für O-Ringen von 8,4-14,0 mm Schnurstärke haben den Nutzen für die Anwender weiter erheblich verbessert. Darüber hinaus wurden auch kleine Überarbeitungen an der ISO 3601-2 vorgenommen (2016-07).

# The o-ring as a standardized part

## DIN ISO 3601-1:2013-11 (D)

Fluidtechnik - O-Ringe - Teil 1: Innendurchmesser, Schnurstärken, Toleranzen und Bezeichnung (ISO 3601-1:2012 + Cor. 1:2012)

## DIN ISO 3601-2:2010-08 (D)

Fluidtechnik - O-Ringe - Teil 2: Einbau Räume für allgemeine Anwendungen (ISO 3601-2:2008)

## DIN ISO 3601-3:2010-08 (D)

Fluidtechnik - O-Ringe - Teil 3: Form- und Oberflächenabweichungen (ISO 3601-3:2005)

## DIN ISO 3601-4:2010-08 (D)

Fluidtechnik\_ O-Ringe\_ Teil\_4: Stützringe (ISO\_3601-4:2008)

## ISO 3601-5:2015-04 (E)

**New- including requirements measured on o-rings (hardness and compression set) + requirements regarding recipe properties**

Fluid power systems - O-rings - Part 5: Specification of elastomeric materials for industrial applications

**Bild 3:** Die einzelnen Teile der ISO 3601

### 4.1 Der neue Teil der ISO 3601-5 - ein Meilenstein für die Anwender

Der Hauptnutzen dieser komplett neu aufgelegten Werkstoffnorm ist der, dass sowohl grundlegende Rezeptureigenschaften von O-Ring Werkstoffen definiert sind, das heißt, dass es endlich einen verbindlichen Stand der Technik für O-Ring Werkstoffe gibt, zum anderen, dass auch der Vernetzungsgrad der O-Ringe definiert ist. Das bedeutet, dass Anwender auch ohne eigene Werkstoffkompetenz einen guten Stand der Technik von O-Ringen herstellerübergreifend spezifizieren können. Allerdings wird dies nur sehr verhalten von den O-Ring Herstellern propagiert, da eine herstellerübergreifende Definition der Rezepturqualitäten und die verbindliche Vorgabe von Druckverformungsrest-Sollwerten an O-Ringen die Position der Lieferanten bei ihren bestehenden Kunden nicht stärkt. Dies kann allerdings auch den Zugang zu neuen Kunden ermöglichen.

### Compression Set Requirements for O-Rings

t=24h	NBR S 70	HNBR 75	FKM 70/75/80	EPDM P 70/80
Prüf-T [°C]	100	150	200	150
DVR max. [%] (d2 min.=2,62mm)	35	40	25	30
DVR max. [%] (d2 < 2,00 mm)	40	45	30	35

### Compression Set Requirements for Test-Buttons(13x6 mm)

t=336h	NBR S 70	HNBR 75	FKM 70/75/80	EPDM P 70/80
Prüf-T [°C]	100	125	175	125
DVR max. [%]	60	60	40	40

### Requirements for Tensile Strength and Ult. Elongation

ISO 37	NBR S 70	HNBR 75	FKM 70/75/80	EPDM P 70/80
Zugfestigkeit [MPa]	12	16	10	10
Reißdehnung [%]	250	200	150	150/120

Bild 4: Anforderungen an O-Ringe und Werkstoffe nach ISO 3601-5

### Requirements regarding Heatresistance

t=168h	NBR S 70	HNBR 75	FKM 70/75/80	EPDM P70/80
Prüf-T [°C]	100	150	200	150
Änd. Härte [IRHD,M]	max.+10	max. +10	max. 6	max. 12/10
Änd. Zugfestigkeit [%]	+/-25	+/-25	+/-15	+/-40
Änd. Reißdehnung [%]	+/-40	+/-30	+/-25	+/-50

Bild 5: Werkstoff Anforderungen an die Hitzebeständigkeit nach ISO 3601-5

## 4.2 Erweiterung der Schnurstärkentoleranzen (ISO 3601-1) und Grenzwerte von zulässigen Oberflächenabweichungen nach Sortenmerkmal N (ISO 3601-3)

Durch diese Erweiterung auf Schnurstärken von 8,4 bis 14 mm gibt es jetzt auch herstellerunabhängige Grenzwerte, was natürlich für die Anwender großer Schnurstärken für Behälter eine enorme Hilfe ist. Dies zeigt auf, was Stand der Technik ist und macht damit die Qualitätsdefinition großer O-Ringe wesentlich einfacher. So wurden zum Beispiel die Schnurstärkentoleranzen für O-Ringe mit einer schnurstärke von 10 bis 12 mm auf +/-0,25 mm festgelegt, die Grenzwerte für die Länge von Vertiefung bei 2,5 mm begrenzt und die Tiefe auf 0,16 mm.

## 5. Stand der Technik bei der Konformitätsprüfung von O-Ringen

Den Stand der Technik bei den O-Ringen einzusetzen, heißt einmal, angemessen zu spezifizieren, zum anderen, die Einhaltung der Vorgaben durch den Lieferanten auch abzusichern. Eine Herausforderung vieler Anwender besteht darin, dass diese über keine eigene Fach- und Prüfkompetenz zum Thema Elastomere verfügen. Hier ist dann eben der klassische Weg, sich auf die Prüfberichte der Lieferanten zu verlassen. Das setzt zum einen voraus, dass dieser dazu überhaupt in der Lage sein muss, was bei technischen Händlern oft nur eingeschränkt der Fall ist, zum anderen stellt das natürlich für den Anwender insofern ein Risiko dar, wenn er sich ohne Gegenkontrolle ausschließlich auf Lieferantenangaben verlässt. Damit kommt er seiner gesetzlichen Sorgfaltspflicht nicht nach. Daher werden heute werkstoffliche Konformitätsbewertungen häufig von akkreditierten Prüflaboratorien durchgeführt, welche über eine belastbare Prüfkompetenz verfügen. Im Idealfall ist dann auch noch eine profunde fachliche Kompetenz vorhanden, um den Anwendern im Zweifelsfall die Ergebnisse zu bewerten. Das O-Ring Prüflabor ist ein Beispiel dafür, dass der Markt für diese Dienstleistung kontinuierlich gewachsen ist. Schwieriger wird es bei der Konformitätsprüfungen bezüglich Form- und Oberflächenabweichungen bei O-Ringen.

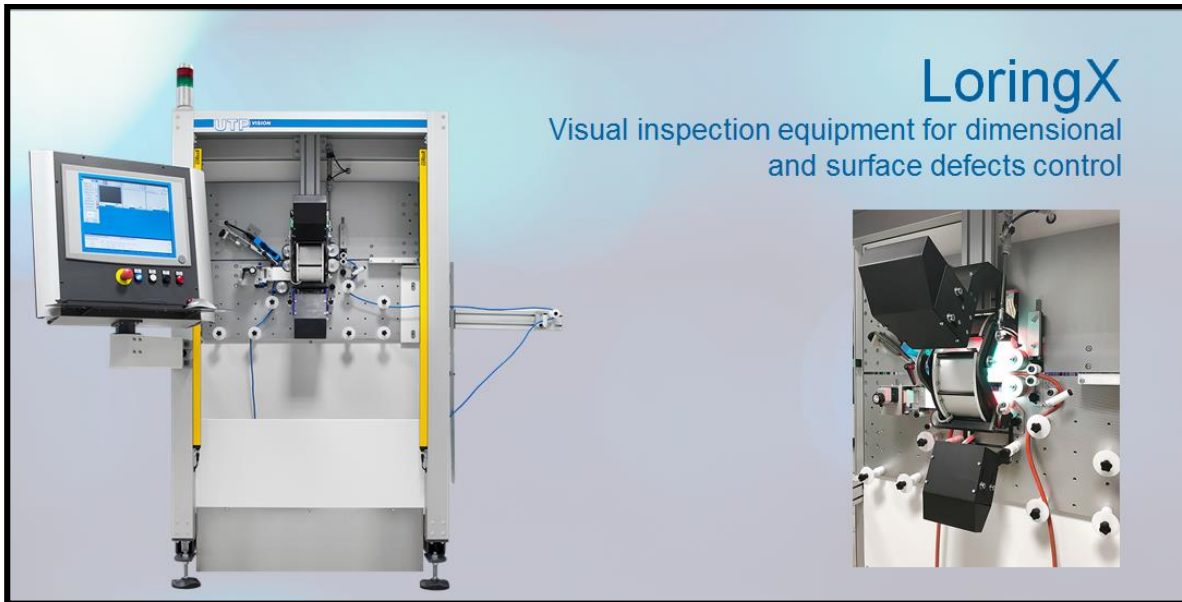
### 5.1. Stand der Technik bei der Konformitätsprüfung von O-Ringen

Die Prüfmethoden bei der Bewertung der Rezepturqualität gibt es teilweise schon über 100 Jahre [5], das heißt hier greift man auf bewährte Prüfverfahren zurück. Hier bedeutet Innovation eben, dass man in einem akkreditierten Umfeld prüft und damit die Belastbarkeit der Ergebnisse verbessert bzw. das Risiko für Fehlmessungen dadurch minimiert [6]. Wo man dann schon mehr vom Stand der Technik profitieren kann, ist in der Anwendung moderner analytischer Prüfverfahren zur Beschreibung bzw. Identifizierung der Zusammensetzung von Erstmustern, um in Zweifelsfällen Serienmuster bezüglich Abweichungen überprüfen zu können.

### 5.2. Stand der Technik bei der Konformitätsüberprüfung von Abmessungen und Form- und Oberflächenabweichungen.

Im Gegensatz zu den werkstofflichen Prüfnormen findet hier ein rasanter Fortschritt der Technik stattgefunden. Seit ca. 20 Jahren bietet der Markt hier automatisierte Kontrollmaschinen an, die neben einer maßlichen Prüfung auch eine Oberflächenüberprüfung auf unzulässige Abweichungen statt. Und diese Technologie entwickelt sich kontinuierlich weiter und ist zwischenzeitlich auf für Mikro-Abmessungen, z.B. für den Einsatz in Smartphones als auch für große Innendurchmesser (>500 mm) als auch für große Schnurstärken bis 14 mm verfügbar [3]





**Bild 6:** Stand der Technik für die optische und dimensionale Begutachtung von O-Ringen mit großen Durchmessern [3]

## 6. Literaturverweise

- [1] B. Richter, Ausfallursache von Elastomeren Dichtungen- eine Auswertung von über 2000 Schadensfällen, Vortrag zur 20. internationalen Dichtungstagung ISC am 10./11.Oktober 2018 in Stuttgart
- [1] B. Richter, Causes of Failure of Elastomeric Seals-Evaluation of More than 2000 Analysis, lecture during the 20th international Sealing Conference ISC on 10/11th .October 2018 in Stuttgart/Germany
- [2] Bernhard Richter, der O-Ring wird zum Normteil, Dichtungstechnik Jahrbuch 2016, Herausgeber Isgatec, Seite 194-203
- [3] M. Regazzoni, UTPVision S.r.l. Optische Prüfmöglichkeiten für Dichtungen/O-Ringe, Vortrag zum O-Ring Forum, 20./21.6.2018 in Mannheim
- [4] B. Richter Ausfallursachen von O-Ringen, Vortrag zum O-Ring Forum, 20./21.6.2018 in Mannheim
- [5] U.Blobner, B.Richter, Indispensible Rubber Tests Yesterday and Today – Looking back on more than 100 Years of History of Rubber Testing from the Perspective of the New O-Ring Standard ISO 3601-5, lecture during the 19th international Sealing Conference ISC on 12/13h October 2018 in Stuttgart/Germany
- [6] ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories