

Warum O-Ringe versagen

Häufige Schadensbilder von O-Ringen und deren Ursachen

O-Ringe sind Dichtelemente, die in einem weiten Druck- und Temperaturbereich auch bei sehr hohen Dichtheitsanforderungen eingesetzt werden können. Sie sind montagefreundlich, preiswert und gut verfügbar. Die Nutauslegung, die Werkstoffauswahl und die Spezifikation funktionsrelevanter Eigenschaften erfordert allerdings einen gewissen Mindestaufwand, damit die O-Ring Dichtung dann nicht zum Ärgernis für den Anwender wird. Erfahrungsgemäß ist häufig aber erst dann eine ausreichende Sensibilität des Anwenders für einen angemessenen Auslegungs- und Beschaffungsaufwand für die O-Ringe vorhanden. Das heißt zum „klug werden“ in Bezug auf O-Ringe ist leider oft erst der entstandene Schaden die Voraussetzung.

Der Vortrag will auf diese Thematik vorbeugend aufmerksam machen und beschreibt daher einige typische Schadensbilder von O-Ringen mit den hierfür verantwortlichen Schadensmechanismen. Dabei werden die gefundenen Schadensbilder gegeneinander abgegrenzt, und es werden Abhilfemaßnahmen bzw. Schritte zur Vermeidung dieser Schadensbilder aufgezeigt.

Herstellungsfehler

Eine industrielle O-Ring Produktion steht unter starkem Kostendruck, so dass man sich bei der Vulkanisation, das heißt beim Formgebungsprozess der O-Ringe, eng an die Grenze des Machbaren legt. Dabei nimmt man billigend in Kauf, dass ein bestimmter Anteil der O-Ringe den Anforderungen der Anwender bezüglich Form- und Oberflächenqualität nicht entspricht. Daher ist die Endkontrolle ein wichtiger Bestandteil einer O-Ring Herstellung, da dort dann die Ausschussteile von den Gut-Teilen getrennt werden müssen. Dazu werden unterschiedliche Methoden angewendet, angefangen über eine Stichprobenprüfung, über eine Bandkontrolle oder Tischkontrolle bis hin zu automatischen Kontrollmaschinen. Ein Unterscheidungsmerkmal zwischen einem guten und einem schlechten O-Ring Lieferant ist daher die Art und Häufigkeit der Fehlerteile, die letztlich beim Endanwender ankommen. Die Bilder 1 und 2 zeigen zwei Herstellungsfehler mit besonders starker Fehlerausprägung.

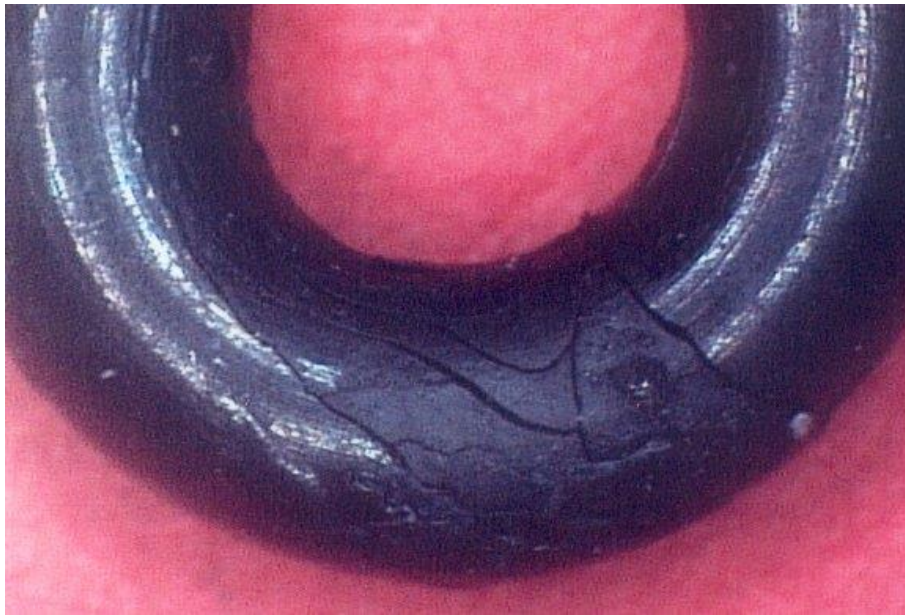


Bild 1: Starker Fließfehler , der Werkstoff ist beim Einspritzen bereits anvulkanisiert durch zu lange Fließwege oder zu hoher Formtemperatur.

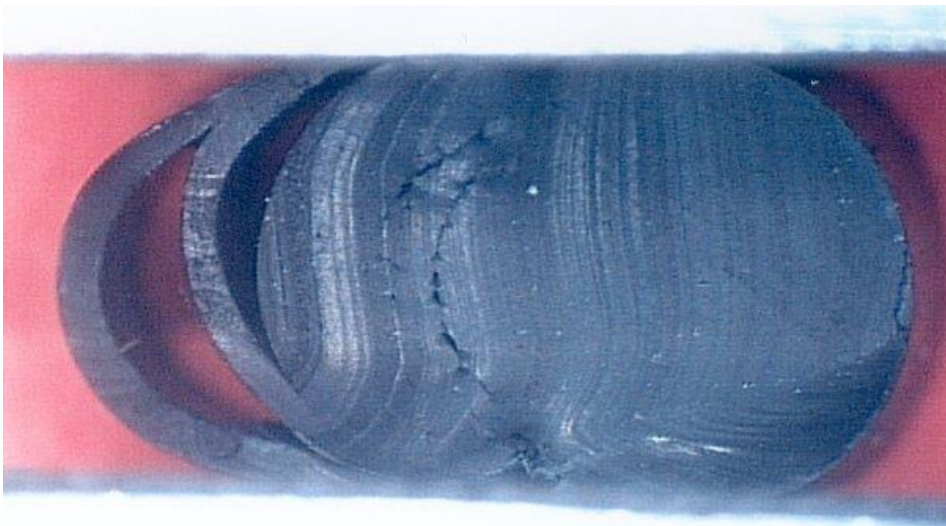


Bild 2: Innere Risse, die unter Einsatzbedingungen dann zu Durchrissen geführt haben. Die Ursache dafür war vermutlich die Verwendung von anvulkanisierter Rohmischung (Überlagerung).

Als effektive Gegenmaßnahme wird daher empfohlen, regelmäßige Stichprobenprüfung bezüglich Form- und Oberflächenfehler im Rahmen von Wareneingangsprüfungen durchzuführen.

Montagefehler

Kommen O-Ringe in Berührung mit scharfen Kanten, können die O-Ringe vorgeschädigt werden, was einen späteren Ausfall zur Folge haben kann. Dies kann nicht nur im O-Ring Einbauraum beim Überfahren von Bohrungen oder Steuerschlitzten passieren, Bild 3, (ein weiterer häufiger Fehler ist ein scharfkantiger Nuteinstich), sondern auch in der O-Ring Zuführung (Bild 4) oder beim Greifen im Rahmen einer automatischen O-Ring Montage. Bei der automatischen Montage kann auch eine zu schnelle Aufweitung der O-Ringe zu Anrissen führen oder eine zu schnelle Montagefolge lässt dem O-Ring nicht genügend Zeit zur Rückverformung, so dass dieser partiell abgeschert werden kann.



Bild 3: Abscherung durch das Überfahren eines Steuerschlitzes bei der Montage



Bild 4: Vorschädigung der O-Ringe bei der Zuführung

Montagefehler können durch eine sorgfältige konstruktive Gestaltung des Einbau-
raumes und der O-Ring Zuführung bei einer automatischen Montage vermieden
werden, darüber hinaus reduziert eine Gleitintensivierung der O-Ringe das Montage-
risiko erheblich. Ferner ist eine hohe Formhaltigkeit der O-Ringe (geringe Welligkeit
und Ovalität) erforderlich, die zulässigen Grenzen dafür sollten mit dem O-Ring Liefe-
ranten abgestimmt werden. Auch für die physikalischen Eigenschaften der O-Ringe ,
insbesondere der Reißdehnung, sollten Minimalanforderungen definiert werden.

Ozoneinwirkung

Sind die O-Ringe einmal montiert und werden dann die vormontierten Bauteile zwi-
schengelagert, so ist bei der Verwendung von NBR O-Ringen zu berücksichtigen,
dass ein freier Luftzutritt schon nach kurzer Zeit sogenannte Ozonrisse verursachen
kann, Bild 5. Daher müssen vormontierte NBR O-Ringe bei einer Zwischenlagerung,
die über mehrere Stunden hinausgeht, luftgeschützt und lichtgeschützt gelagert wer-
den. Ist das nicht möglich, sind zumindestens ozongeschützte NBR Rezepturen ein-
zusetzen, oder es empfiehlt sich der Einsatz ozonbeständiger Werkstoffe wie zum
Beispiel EPDM- oder FKM-Elastomere.



*Bild 5: Ozonrisse an einem vormontierten NBR O-Ring nach mehreren Wochen La-
gerzeit ohne Licht- und Luftschutz.*

Thermische Überbeanspruchung

Eine unzulässige Temperaturbeanspruchung kann an O-Ringen auf zwei unterschiedliche Arten auftreten. Zum einen durch eine kurzzeitige starke Überhitzung, was zu Rissbildungen an den Anlageflächen des O-Ringes führen kann, ohne dass der O-Ring dabei versprödet, zum anderen durch eine langfristige thermische Überbeanspruchung, wobei der O-Ring versprödet, eventuell auch rissig wird, und stark bleibend verformt ist, siehe Bild 6. Die Risse durch Temperatureinwirkung bilden sich in der Regel an einer Anlageseite des O-Rings (abgeflachte Seite), während sich bei einem chemischen Angriff die Risse auf der Mediumseite (=runde Seite) bilden.

Die thermische Beständigkeit eines Gummiwerkstoffes lässt sich vergleichen mit dem Fassungsvermögen eines Tanks. Eine gute Temperaturbeständigkeit ist bei diesem Bild vergleichbar mit einem hohen Fassungsvermögen, der Volumenstrom beim Befüllen mit der Temperaturbeanspruchung. Das Überlaufen des Tanks bedeutet dann Leckage. Auch ein kleiner Volumenstrom, das heißt eine relativ niedrige Temperatur, kann über lange Zeiten hinweg einen Tank zum Überlaufen bringen. Zum Beispiel ist ein NBR O-Ring nach ca. 1-2 Jahren bei 80°C Dauertemperatur stark versprödet und bleibend verformt, obwohl er als bis 100°C temperaturbeständig eingestuft wird.



Bild 6: Thermisch überbeanspruchter NBR O-Ring, stark abgeflacht und rissig.

Schlechte Rezepturqualität/schlechter Vulkanisationsgrad

Ein häufig unterschätzter Einfluss stellt die Rezeptur und Verarbeitungsqualität bei O-Ringen dar. Sind die O-Ringe aus einer schlechten Rezeptur (z.B. hoher Weichmacheranteil) oder schlecht vulkanisiert, kann dies schon nach wenigen Wochen oder

Monaten zu einer starken bleibenden Verformung führen, Bild 7. Um sich dagegen zu schützen, sollten O-Ringe daher zumindestens mit angemessenen Vorgaben für den Druckverformungsrest der Serien O-Ringe bestellt werden, ein Datenblatt eines Werkstoffes allein sichert einen ausreichenden Vulkanisationsgrad der O-Ringe noch nicht ab. Darüber hinaus sind natürlich weitere Bestellvorgaben sinnvoll, die sich so weit möglich auf Serienteile beziehen und neben dem Vulkanisationsgrad einen guten Stand der Technik in Bezug auf die Rezepturqualität absichern sollen.



Bild 7: Bleibend verformter O-Ring

Hohe Drücke/ scharfe Kanten

O-Ringe werden insbesondere in Hydraulikanwendungen oft in Hochdruckanwendungen bis 400 bar eingesetzt, in Ausnahmefällen auch darüber. Das ist möglich, wenn der Dichtspalt bestimmte Grenzwerte nicht übersteigt, die sich aus den O-Ring Härten ergeben. Wird das nicht beachtet, extrudiert der O-Ring in den Spalt, siehe Bild 8. Dieser Zusammenhang ist den meisten Konstrukteuren bekannt. Was aber häufig unterschätzt wird, das ist der Einfluss der Nutkanten. Sind diese gar nicht ausgerundet oder nur so gebrochen, dass scharfkantige Phasenübergänge stehen bleiben, so können O-Ringe trotz relativ geringer Spalte zerstört werden, siehe Bilder 9 und 10. Der O-Ring aus Bild 9 war in einem Plattenventil bei 250 bar eingesetzt, bei dem die Nutkante am Außendurchmesser zwar angefast war aber mit scharfkantigen Übergängen. Bild 10 zeigt einen O-Ring aus einer Wasserarmatur, der durch einen scharfkantigen Stützring zerstört wurde. Daher wird insbesondere bei der Ab-

dichtung hoher und pulsierender Drücke empfohlen, ein besonderes Augenmerk auf die Ausführung der Ausrundung des Nuteinstiches zu werfen. Bei der Anwendung von Stützringen sollte eine Scharfkantigkeit vermieden werden.



Bild 8: Extrudierter O-Ring (zu großer Spalt)

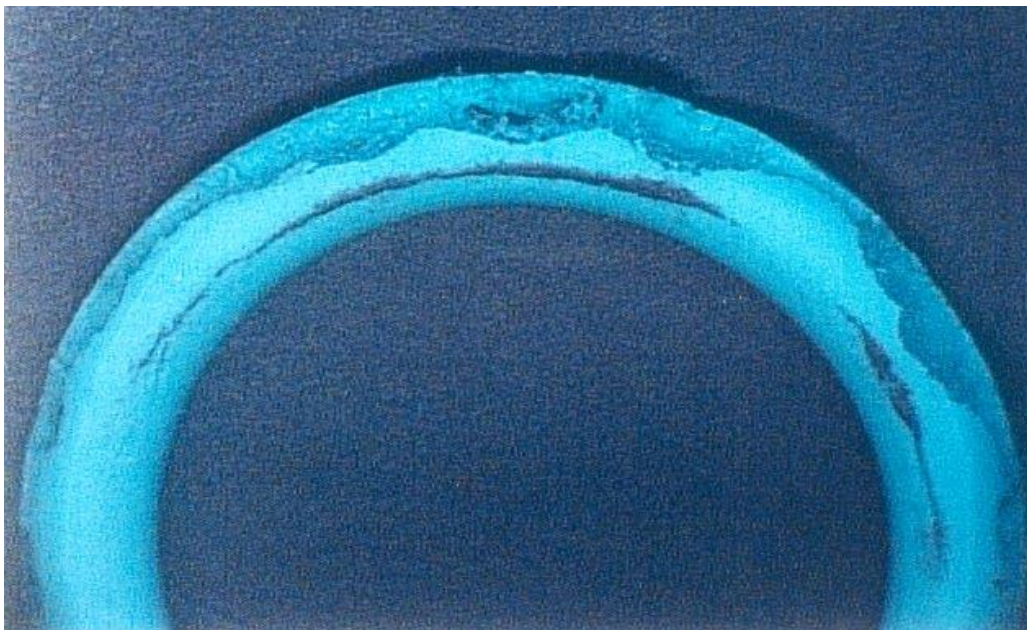


Bild 9: Durch scharfkantige Phasenübergänge und hohe Drücke (ca. 250 bar) zerstörter O-Ring

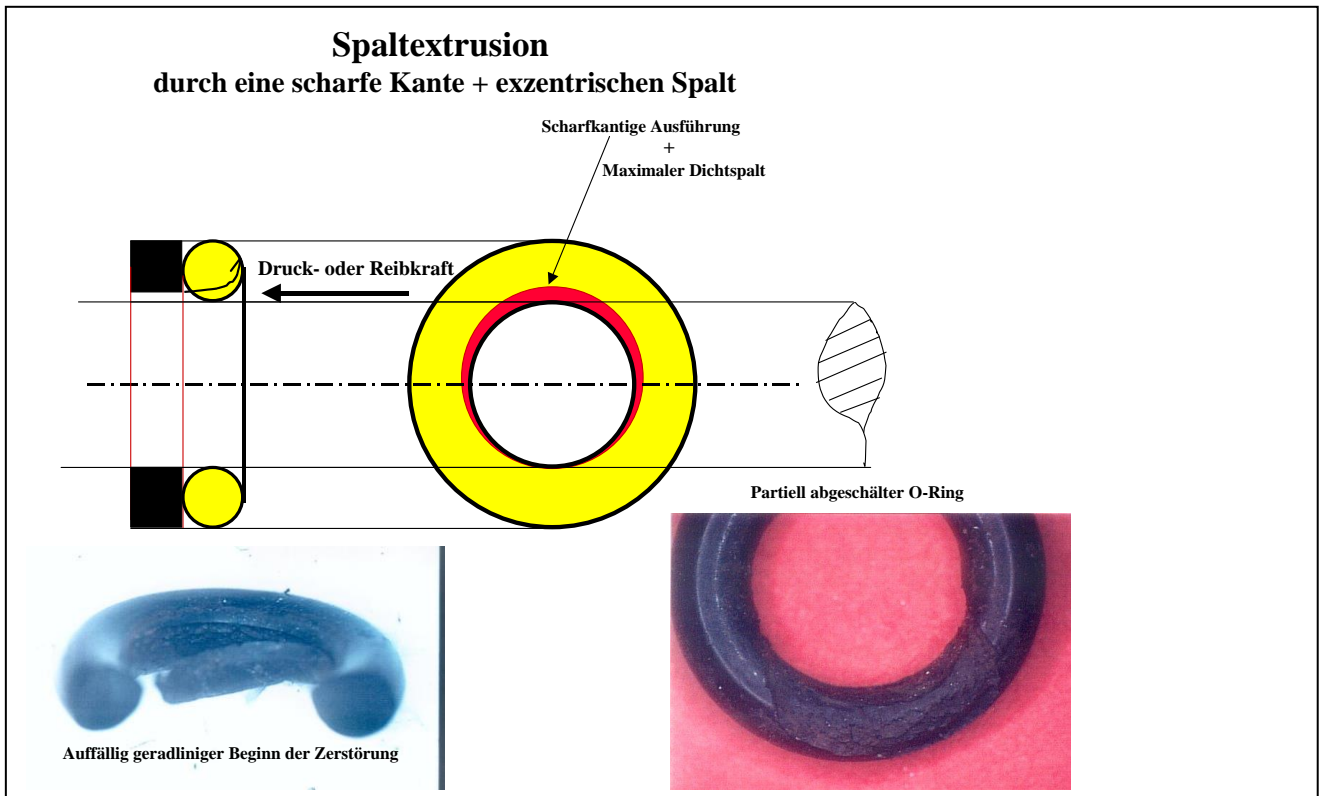


Bild 10: Zerstörung durch einen scharfkantigen Stützring und relativ niedrigen Drücken (<50 bar)

Abrieb

Zunächst muss vorausgeschickt werden, dass O-Ringe nur in Ausnahmefällen auch die beste technische Lösung für dynamische Abdichtungen darstellen, während sie für den statischen Bereich höchst leistungsfähige Dichtelemente sind. Erhöhter Verschleiß im Vergleich zu Lippendichtungen oder ein schlechteres Spaltüberbrückungsvermögen sind hierfür zum Beispiel Gründe. Aber auch als statisch Dichtungen eingesetzt, können schlechte Einbauräume ein typisches Schadensbild für dynamisch beanspruchte Dichtungen erzeugen, nämlich eine starke Abflachung durch Abrieb, siehe Bild 11. Bei sehr hohen pulsierenden Drücken (>200 bar) können bereits Relativbewegungen von wenigen Zehntel Millimeter ausreichen, um eine starke Abflachung bei entsprechend schlechter Gegenfläche zu erzeugen. Diese Relativbewegungen können eine Folge von unzureichenden steifen Bauteilen, zu schwach ausgelegten Schraubenverbindungen oder von zu groben Fertigungstoleranzen sein.

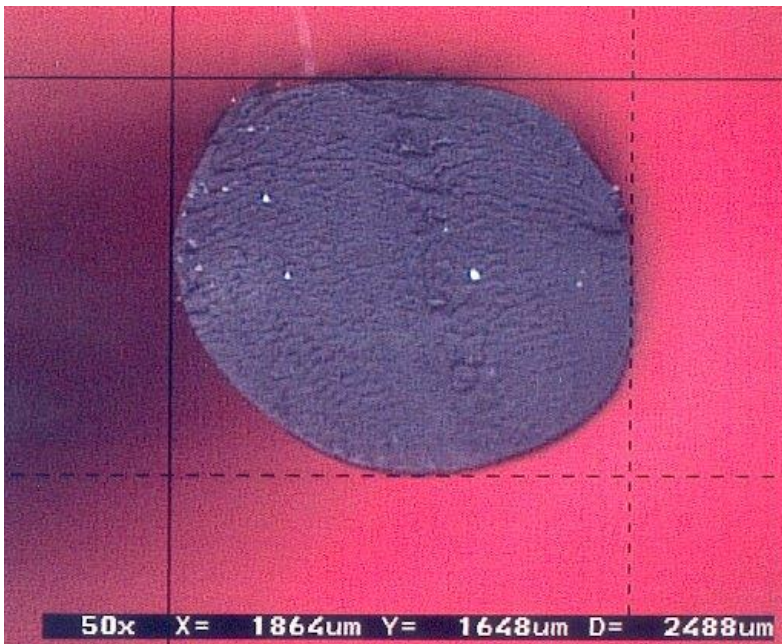


Bild 11: Einseitig durch Abrieb abgeflachter O-Ring („statische“ Abdichtung)

Chemischer Angriff

Chemische Unverträglichkeiten mit dem Produkt oder aber auch nur mit Reinigungs- oder Sterilisationsmedien führen zu einem Verlust der Elastizität und häufig zu Rissbildungen, Bild 12. Nicht selten liegt die Ursache dafür in einer Werkstoffauswahl, die nicht alle den O-Ring berührende Medien mit einschloss. Aber auch unzureichende Beständigkeitsüberprüfung vor der Auswahl können der Grund für Verträglichkeitsprobleme sein, insbesondere wenn die Wirkung von Additiven auf den O-Ring nicht im Vorfeld überprüft wurde, zum Beispiel in Getriebeölen beim Einsatz von FKM-Werkstoffen.

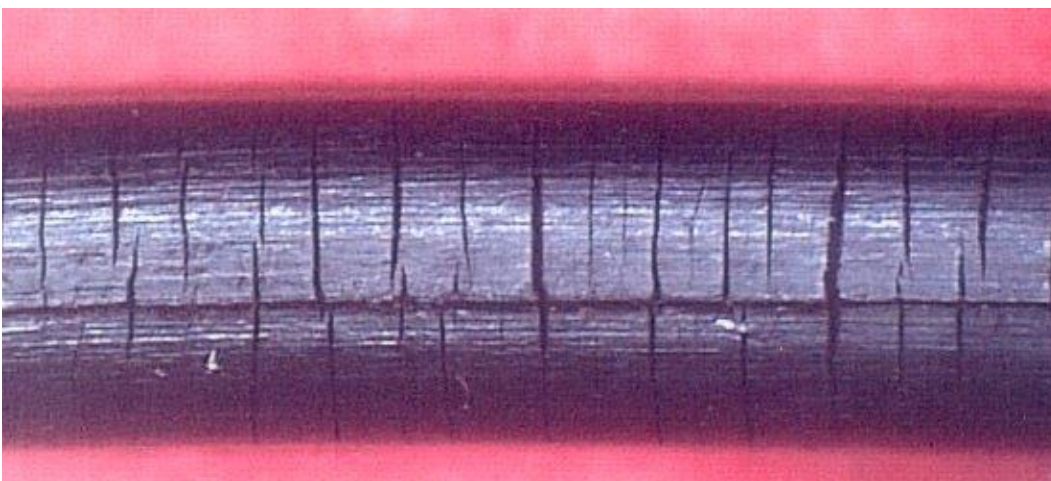


Bild 12: Risse zur Mediumseite hin sind typische Spuren eines chemischen Angriffs.

Luft im Öl

Da Mineralöle mit zunehmenden Druck auch mehr Luft lösen können und diese sich dann bei plötzlichen Druckabsenkungen sehr schnell wieder auslösen und dabei explosionsartig expandieren kann, führt dies auch immer wieder zu Beschädigungen der O-Ringe, Bild 13. Im Unterschied zu einer Schädigung durch Spaltextrusion findet die Schädigung auf der Druckseite des O-Ringes statt.



Bild 13: Schädigung durch ausgelöste und explosionsartig expandierende Luft.

Zusammenfassung

Die obigen Schadensbilder sollen die Sensibilität vieler noch oft zu sorgloser O-Ring Anwender in Bezug auf die richtige Auslegung einer O-Ring Dichtung erhöhen und gleichzeitig helfen, aufgetretene Schadensbilder richtig zu interpretieren. Ein diesbezüglich zu spät erkannter Handlungsbedarf kann sehr teuer werden und steht im keinen Verhältnis zu einem angemessenen Aufwand bei der Auslegung. Damit soll dieser Beitrag insbesondere auch bei leitenden technischen Angestellten die Bereitschaft zu einer ausreichenden Qualifikation betroffener Mitarbeiter erhöhen.