

Karl-Friedrich Berger,
Sandra Kiefer (Hrsg.)

JAHRBUCH 2022

Dichten. Kleben. Polymer.



 [Zum Lösungspartner](#)

 [Weitere Infos](#)

Polymer.

Jedes Teil ist eine Lösung, die wir im Zuge unserer anwendungs-
technischen Beratung entwickelt haben (Bild: Berger S2B GmbH)



Bild 1: Jede dieser Dichtungs-, Formteil- und Profillösungen hatte ganz besondere Anforderungen, die erfüllt und wirtschaftlich realisiert werden mussten (Bild: Berger S2B GmbH)

Bei Dichtungen gibt es keine „eierlegende Wollmilchsau“,... ...der Gedanke an sie ist aber hilfreich bei der Lösungsfindung

BRANCHENÜBERGREIFEND Die optimalen Dichtungs-, Formteil- und Profillösungen entstehen, wenn man projektbezogen die geeigneten Werkstoffe und Compounds mit den jeweils optimalen Fertigungsverfahren kombiniert. Daran hat sich die letzten 100 Jahre nichts geändert, es ist heute nur aufgrund der höheren Applikationsanforderungen und größeren Zahl an Möglichkeiten sehr komplex.

Bei Dichtungen, Formteilen und Profilen ist heute fast jedes Projekt anders. Deshalb ist die Grundlage einer fundierten Anwendungsberatung stets eine systemische, systematische Analyse der Einsatzparameter, Rahmenbedingungen, Einflüsse auf das Bauteil. Selbst die Definition, ob es eine Dichtung, ein Formteil, ein Schlauchring, ein Stanzteil, eine Flüssigdichtung ist, entscheidet sich meistens erst nach dieser intensiven Betrachtung. Zu groß sind die Risiken von Schäden, wenn Rahmenbedingungen unbekannt oder nicht entsprechend berücksichtigt sind. Ein Beispiel: Bei einem



Von Dipl.-Kfm. Karl-Friedrich Berger,
Geschäftsführer,
Berger S2B GmbH | www.bergers2b.com



Zum Lösungspartner

Medizintechnikproduzenten stiegen die Reklamationen unerwartet an. Dies war Anlass, die Elastomerteile auf mögliche Schadensursachen hin zu untersuchen. Dabei stellte sich heraus, dass weder der Werkstoff an sich falsch war noch Probleme bei der Verarbeitung oder Montage am Band ursächlich für die Beschwerden der Kunden waren. Erst nach intensiver Nachforschung konnte die Ursache ermittelt werden: Entgegen der Betriebsanleitung wurden die Bauteile mit einem Ultraschallgerät gereinigt, die zur mechanischen Zerstörung des Formteils führte.

Welche Informationen werden für welche Entscheidungen benötigt?

Die sinnvolle Vorgehensweise lässt sich am besten an einer Neukonstruktion eines Elastomerbauteils zeigen, bei der die Teilegeometrie noch nicht final festgelegt ist. Einen ersten Hinweis auf mögliche Rahmenbedingungen liefert die Branche, in der das Teil eingesetzt werden soll. Daraus lassen sich mögliche Werkstofffamilien und Grundanforderungen sowie die „Normenwelt“ ableiten:

- In der Prozess-, der Lebensmittelindustrie lassen sich Lösungen oft mit EPDM darstellen, da dieser Werkstoff eine gewisse Säuren- und Laugen-, Witterungs- und Ozonbeständigkeit aufweist, was typische Medien der Branche sind.
- In der Motoren-, Getriebe-, Fahrzeugindustrie war bisher oftmals NBR durch seine Ölbeständigkeit der Werkstoff der Wahl.
- In der Medizintechnik ist zumeist Silikon am rechten Platz, da es physiologisch unbedenklich und antibakteriell ist sowie eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist.

Zunächst wird eine möglichst genaue Funktionsbeschreibung des Teils benötigt und weitere Vorgaben werden hinterfragt. Handelt es sich um ein Sichtteil, welche Normen müssen berücksichtigt werden, gibt es Farbvorgaben, gibt es Exportvorschriften etc.? In einem nächsten Schritt werden die Einsatzbedingungen des Teils analysiert. Exemplarisch sind dies Fragen nach der mechanischen Beanspruchung (statisch, dynamisch, Schwingung, Reißfestigkeit), dem Druck (minimal, maximal, konstant, dynamisch), den Einsatztemperaturen (Betriebs-, Dauer-, Extremtemperatur) etc. Von grundlegender Bedeutung ist auch die Arbeitsumgebung des Teils. In welcher Klimazone kommt es zum Einsatz, wie sind dort die Luftfeuchtigkeit, die Temperaturschwankungen oder wird das Teil z.B. in einem Schiffsmotor verbaut, der im Betrieb permanent Schwingungen erzeugt? Davon ausgehend, dass sich bei einer Überschreitung der Maximaltemperatur von nur 10 °C die Haltbarkeit eines Teils halbiert und dynamische Bewegungen die Wärmebelastung steigern, zeigt, wie vielschichtig die Anforderungen zu hinterfragen sind.



Checkliste für Dichtungen, Formteile und Profile anfordern

Da kann es auch Sinn machen, in die Zukunft zu denken. Dies lässt sich gut anhand der Medienbeständigkeit zeigen, die heute von zentraler Bedeutung ist. Zunächst geht es dabei erst einmal um die Medien, mit denen ein Bauteil direkt in Kontakt kommt. Geht man, z.B. im Fahrzeugbau, von Benzin mit E10 (10% Ethanol-Anteil) aus, kann dies zumeist mit einem NBR problemlos abgedichtet werden. In der Politik wird aber seit geraumer Zeit aus Umweltgründen ein Ethanol-Anteil von 20% oder 30% gefordert, was aber dazu führen würde, dass alle Abdichtungen mit NBR nicht mehr die bisherige Standzeit haben werden, da NBR an seine Beständigkeitsgrenze kommt. Dies ist durchaus ein Aspekt, den es bei langen Laufzeiten von Maschinen zu berücksichtigen gilt. Hier auf „Nummer sicher“ zu gehen, zahlt sich langfristig aus.

In der Prozessindustrie wird z.B. NBR als Werkstoff eingesetzt, weil die Aggregatmedien ölbeständig sein müssen. Die gerade in diesem Prozessumfeld notwendigen intensiven Reinigungsarbeiten werden dann oft mit Reinigungsmedien (z.B. Laugen) durchgeführt, gegen die NBR nicht beständig ist. Hier stellt sich dann die Frage, wie die Verbindungen zwischen den Bauteilen definiert sind, damit ein direkter Kontakt mit den Reinigungsmedien weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Auch hier weiß man nicht, wie sich die Reinigungstechnik verändert.

Gerne vernachlässigt wird die Dichtstelle – nicht nur konstruktiv sondern auch materialseitig. Beim Kontakt zu den angrenzenden Bauteilen ist zu klären, aus welchem Material sie bestehen. Gibt es möglicherweise molekulare Reaktionen, wie z.B. zwischen Plexiglas und Elastomeren? Wie ist die Oberflächengüte, wie sind die Toleranzen der Werkstoffe mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten?

Ein weiteres Augenmerk gilt es auf die Verbindungsart zu legen. Ist das Teil im Krafthaupt- oder im Kraftnebenfluss mit anderen Teilen verbunden? Wie ist die Verteilung der Andruckkräfte, wie sind z.B. die Anzugsmomente, die Anzugsart? Es kommt oft vor, dass durch Wärmeausdehnung, z.B. von Schrauben, der Druck auf die Teile nicht mehr ausreicht, um eine dichte, schlüssige Verbindung zu haben.

Eingebunden in die heutigen Qualitätsmanagementsysteme muss z.B. auch hinterfragt werden, wie bedeutsam die Prozesskonstanz ist und welche Schwankungen ggf. akzeptabel sind. Bei dokumentationspflichtigen Teilen mit Rückrufrisiken muss dieser Bereich sehr gut abgesichert sein, während er z.B. bei einer Durchgangsstelle weniger relevant sein kann.

	Mengen, sinnvoll	Problembereiche, Hindernisse	Preislevel
Schneid- oder Stanztechnik	50 – 1 Mio.	Halbzeug in 3,5 mm kein Standard, ggf. geschliffene Platten; Peroxidvernetzte Qualität in der Härte kein Standard	Stark abhängig vom Halbzeugpreis (Werkstoff + Dicke). Da ohne Werkzeugkosten tendenziell niedrig
Profilproduktion mit Ablängen	500.000, 1 Mio. +	Peroxidvernetzte Profile nur mit Salzbadanlage produzierbar Mundstückproduktion notwendig	Bei großer Menge attraktiv
Formteilproduktion	ab 500	Werkzeuginvestition	Abhängig von der Menge und damit Anzahl der Nester. Je mehr Nester desto preiswerter das Teil, desto höher aber die Werkzeugkosten
3D-Druck, Additive Fertigung	bis 5.000 max.	Material derzeit nicht zur Verfügung, Oberflächengüte oft unzureichend	Eher gehobener Preislevel, bei dieser Geometrie nicht sinnvoll
FIPG Foamed in place gascets	> 500 Stück	Kein Material vorhanden Prozess-/Maschineninvestition	Eher gehobener Level

Tab. 1: Fertigungstechnikauswahl für eine Scheibe (Quelle: Berger S2B GmbH)

Letztlich stehen heute ca. 19 bedeutende Kautschukarten zur Auswahl, die sich teilweise grundlegend in ihren Einsatzmöglichkeiten und Grenzen unterscheiden. Hinzu kommt, dass einzelne Kautschuktypen, wie z.B. NBR entsprechend dem Acrylnitrilgehalt oder EPDM durch den Dienegehalt, sehr stark modifizierbar, und damit den Bedarf angepasst werden können.

Die grundlegenden Herausforderungen bei der Materialauswahl

Letztlich ist die Sicherheit bei der Wahl des Werkstoffs abhängig von der Fülle an Informationen, die man im Vorfeld erhält. Je genauer, allumfassender die Angaben sind, desto einfacher ist die Entscheidung für oder gegen einen Werkstoff, wobei auch die Fertigungsverfahren und deren Möglichkeiten hier teilweise einen „Strich durch die Rechnung,, machen können.

Die Geometrie beeinflusst die Material- und Fertigungsentscheidung

Je komplexer die Geometrie eines Teils, desto weniger Fertigungsverfahren stehen grundsätzlich zur Verfügung. Zudem treten hier die Anforderungen an die Fertigungstoleranzen zumeist stark in den Vordergrund. Es gilt grundsätzlich, dass, je höher die Anforderungen sind, desto aufwändiger werden die Werkzeugkosten und die Verarbeitungskosten. Wie wird entformt, entgratet, welche Restgrate sind zulässig? Werden ausreichend Drücke erreicht, um abdichten zu können? Auch mit Unterstüt-

	Mengen, sinnvoll	Problembereiche, Hindernisse	Preislevel
Schneid- oder Stanztechnik		Nicht produzierbar	
Profilproduktion mit Ablängen		Nicht produzierbar	
Formteilproduktion	ab 500	Werkzeuginvestition, Probleme der Entformung aus dem Werkzeug und evtl. Restgrate	Abhängig von der Menge und damit Anzahl der Nester. Je mehr Nester desto preiswerter das Teil, desto höher aber die Werkzeugkosten
3D-Druck, Additive Fertigung	bis 5.000 max.	Oberflächengüte oft unzureichend, mechanische Werte oft noch unzureichend	Eher gehobener Preislevel
FIPG Foamed in place gascets	> 500 Stück	Nicht produzierbar, Geometrie kann nicht abgebildet werden	

Tab. 2: Fertigungstechnikauswahl für einen Faltenbalg (Quelle: Berger S2B GmbH)

zung von Simulationsverfahren kommt man hier in vielen Fällen nicht zum Ziel, da zahlreiche Parameter nicht bekannt, aber Grundlage einer Berechnung sind. Trial and Error sind dann oft das Mittel der Wahl.

Einfluss der Fertigungsverfahren auf die Entscheidung

Das grundlegende Problem der Praxis ist, dass Werkstoffe – abhängig vom Produktionsprozess – nur bedingt zur Verfügung stehen. Dies soll in Folge weiter ausgeführt und an Beispielen belegt werden. Letztlich ist u.a. auch die benötigte Menge mit von entscheidender Bedeutung – inkl. der Auswirkungen auf die adäquate Fertigungstechnik.

Am besten lässt sich dies an einem Beispiel erläutern: In diesem Fall handelt es sich um eine Scheibe mit einem Außendurchmesser von 30 mm, einem Innendurchmesser von 10 mm und 4 Bohrungen à 3 mm auf einem Lochkreisradius 20 mm. Die Dicke beträgt 3,5 mm. Die Mengenstaffel ist 50, 500, 1.000, 5.000, 100.000, 500.000, 1.000.000 Stück. Derzeitiger gewünschter Werkstoff ist EPDM, peroxidvernetzt, 55 Shore A. Welche grundlegenden Produktionsverfahren für solche Teile zur Verfügung stehen und welche Rahmenbedingungen die Technik befürworten bzw. welche kontraproduktiv sind, zeigt **Tab. 1**.

Ein weiteres Beispiel ist ein Faltenbalg für die Medizintechnik. Als Material ist ein Silikon mit 60 Shore A definiert. Der Balg hat eine Länge von ca. 115 mm, eine Breite von 45 mm und die Dicke liegt bei 1,5 mm, das Mengengerüst bleibt gleich. Legt man das Schema aus **Tab. 1** zugrunde ergibt sich in **Tab. 2** folgendes Bild.

	Mengen, sinnvoll	Problembereiche Hindernisse	Preislevel
Schneid- oder Stanztechnik	ab 50 bis 1 Mio.		Niedrig, keine Werkzeugkosten
Profilproduktion mit Ablängen	ab 500.000 Stück	Geringe Mundstückkosten	Niedrig
Formteilproduktion	ab 500		Abhängig von der Menge und damit Anzahl der Nester. Je mehr Nester desto preiswerter das Teil, desto höher aber die Werkzeugkosten
3D-Druck, Additive Fertigung		Kein Material verfügbar	
FIPG Foamed in place gascets		Kein Material verfügbar	

Tab. 3: Fertigungstechnikauswahl für eine Scheibe (Quelle: Berger S2B GmbH)

	Mengen, sinnvoll	Problembereiche Hindernisse	Preislevel
Schneid- oder Stanztechnik		Nicht produzierbar	
Profilproduktion mit Ablängen und Stoßvulkanisation	ab 500 Stück	Mundstückkosten, Werkzeugkosten	Mittel, da viel Handarbeit
Formteilproduktion	ab 500	Abhängig von der Geometrie, hohe Werkzeugkosten	Mittel, lange Vulkanisationszeit
3D-Druck, Additive Fertigung	ab 50 Stück	Mechanische Kennwerte	Oberer Level
FIPG Foamed in place gascets	ab 50 Stück	Zulieferung bedingt Handling oder Integration in Produktionsprozess mit Invest	Oberer Level

Tab. 4: Fertigungstechnikauswahl für eine Gehäuseabdichtung (Quelle: Berger S2B GmbH)

Bei einer sehr einfachen Teilegeometrie mit einer Scheibe mit einem Außendurchmesser von 30 mm, einem Innendurchmesser von 15 mm, einer Dicke von 2 mm, einer Mengengruppe von 50, 500, 1.000, 5.000, 100.000, 500.000, 1.000.000 Stück und dem derzeit geplanten Werkstoff NBR, 70 Shore A ergibt sich das Bild in **Tab. 3**.

Bei einer/m Gehäuseabdichtung/Dichtungsrahmen mit einem Außendurchmesser ca. 800 mm/ Breite 500 mm, dreidimensionale Dichtungsgeometrie, dem Werkstoff Polyurethan ca. 60 Shore A sieht es ganz anders aus (**Tab. 4**).

Diese Beispiele zeigen, welche Fertigungsverfahren im jeweiligen Fall zur wirtschaftlichen Produktion genutzt werden können.

Qualität fertigen

Wenn nach allen Analysen letztlich der geeignete Werkstoff und das optimale Fertigungsverfahren definiert sind, gilt es, die definierte Qualität langfristig sicherzustellen. Bedauerlicherweise zeigt es sich, dass gerade in den letzten Jahren die Qualitätskonstanz bei den Mischungen und bei der Verarbeitungstechnik stark nachgelassen hat. Die Grundvoraussetzung für eine konstant gute Qualität von Elastomerteilen ist eine konstant gute Mischung. Diese Sicherheit ist derzeit bedroht. Lieferengpässe, der Kostendruck, REACH, ROHS und weiter verschärfte Anwendungsnormen wirken sich hier aus. Schon die kleinste Änderung eines Mischungsanteils kann zum Versagen eines Elastomerteils führen. Die Qualität der Wahl und die langfristige Sicherstellung einer gleichbleibend guten Qualität verlangen eine enge Zusammenarbeit mit einem Servicepartner, der über alle Schritte der Prozesskette, die Qualitätsaspekte im Blick hat. Nur dann lassen sich Problembereiche vorzeitig erkennen und durch innovative Lösungen beseitigen.