

Berger/Kiefer (Hrsg.)

# **DICHTUNGS TECHNIK**

**JAHRBUCH 2019**

**ISGATEC®**

# In Alternativen denken und die richtige Technik einsetzen

## Prototypen und Kleinmengen optimal fertigen

**Die Ansprüche der Anwender, die Anforderungen an Dichtungen sowie an Profile und Formteile mit Dichtungsfunktion steigen ständig. Unabhängig vom Werkstoff und der Qualitätskonstanz dieser Bauteile, sind natürlich auch Lieferzeit und der Preis entscheidende Kriterien bei der Teilebeschaffung. Und hier kommt immer mehr die Wahl der richtigen Produktionstechnik ins Spiel.**

Ganz gleich, ob ein Anwender Prototypen für Versuche, Ersatzteile, Kleinmengen oder Großserien benötigt, die Wahl der richtigen Produktionstechnik spielt bei Dichtungen, Formteilen und Profilen eine größere Rolle – sowohl für die Qualität wie auch die Wirtschaftlichkeit. Damit sind umfangreiche Kenntnisse der Vorteile und Grenzen verschiedener Verarbeitungstechniken nötig und für Anwender ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl der Lösungspartner. Dabei geht es aber nicht nur um Kenntnisse, die Fertigungsverfahren müssen auch direkt oder im Netzwerk angeboten werden können. Sind hier die Grenzen vorgegeben, wird sich das immer auf die Lösung auswirken.

Heute wird eine Vielzahl von Fertigungsverfahren für Dichtungen, Formteile und Profile eingesetzt, die alle ihre Vorteile und Grenzen haben. Nachfolgend liegt der Fokus – begrenzt auf Polymerprodukte – auf einem Vergleich der Wasserstrahlschneidtechnik mit 3D-Schwenkkopf, mit dem 3D-Druck (Additive Fertigung) und dem Compression Moulding-Verfahren. Verschiedene Beispiele aus der Praxis zeigen dann, warum verschiedene Verfahren genutzt werden – doch zunächst zu den derzeit interessantesten Fertigungsverfahren.

### **Wasserstrahlschneiden mit 3D-Kopf**

Diese Technik hat sich in den letzten Jahren in der Dichtungstechnik immer mehr etabliert (**Bild 1**) – nicht zuletzt aufgrund ihrer Entwicklung. Mithilfe einer Hochdruckpumpe wird hier ein Wasserstrahl von 500 bis zu 2.000 bar Druck erzeugt. Dieser Strahl wird durch eine sehr feine Düse gepresst und trifft dann auf das Schneidgut. Ein Kopf oder mehrere Köpfe bewegen sich CNC-gesteuert über den Schneidstisch.



**Bild 1: Die Wasserstrahlschneidetechnik bietet sich heute für die Fertigung vieler Dichtungs- und Formteillösungen an**

(Bild: BergerS2B GmbH)

Damit werden – auf Basis der in das System geladenen Zeichungsdaten – qualitativ hochwertige 2D- und 3D-Bauteile erstellt. Bei sehr harten Polymeren (Duroplaste etc.) wird dem Wasser sehr feiner Sand beigegeben, der dadurch eine höhere Abrasion ermöglicht. In der Praxis bewährt sich diese Technik aufgrund verschiedener Vorteile:

- Hohe Wirtschaftlichkeit aufgrund optimaler Ausnutzung des Materials, verschiedener Möglichkeiten zur Senkung der Betriebskosten und der Tatsache, dass i.d.R. teure Werkzeuginvestitionen entfallen.
- Schnelle Produktion, da auf der Grundlage einer dxf.-Datei die Produktion

schnell eingeplant und realisiert werden kann. Die Teile lassen sich zumeist mit recht hoher Schnittgeschwindigkeit und Präzision schneiden (Fahrgeschwindigkeit bis zu 20-40m/min.) Eine hohe Schneidgeschwindigkeit reduziert aber teilweise die Genauigkeit und die Qualität des Schnittbildes. Das sollte berücksichtigt werden.

- Hohe Bauteilqualität, da es keine Temperaturbelastung des Schneidgutes, wie z.B. beim Laser, gibt. Weitere Aspekte sind eine hohe Schneidepräzision bis 0,01 mm und ein deformationsfreies Schneiden dicker Werkstoffe.
- Flexible Produktion für die unterschiedlichsten Werkstoffe – die Technik erlaubt eine mehrlagige Produktion, z.B. 0,5 mm fünfläufig, und ist u.a. für die unterschiedlichsten Polymere aller Art mit max. Schneiddicke von 150 mm geeignet. Allerdings ist zu beachten, dass die Dicken und Toleranzen meist abhängig von den Halbzeugdimensionen sind. Ein 3D-Schnitt ist derzeit bis 68° möglich.

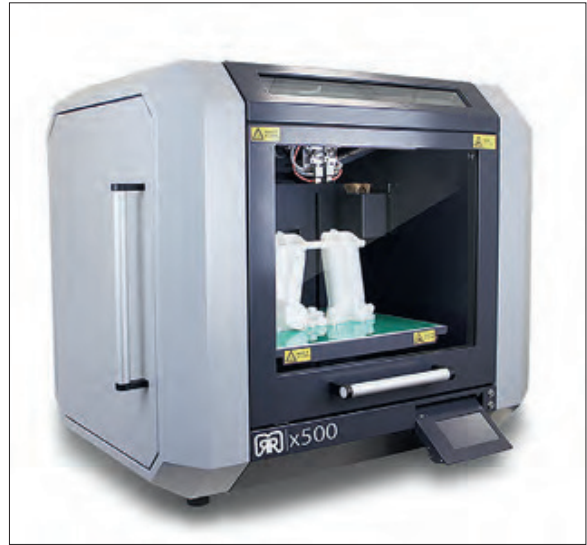
Die Grenzen dieser Technologie für den jeweiligen Anwendungsfall liegen in den vergleichsweise hohen Anschaffungs- und Betriebskosten einer Anlage, auch wenn letztere durch neue Module in den letzten Jahren gesenkt werden konnten. Auch ist das geschnittene Gut meist feucht und die Technik hat bei hohen Stückzahlen ihre wirtschaftlichen Grenzen.

### 3D-Druck/Additive Fertigung

Der 3D-Druck – seit mehr als 30 Jahren bekannt – erlebt aktuell einen Hype und bietet viele interessante Perspektiven. Allerdings erfordert gerade diese Technologie ein anderes Denken – von der Entwicklung/Konstruktion bis zur Fertigung. Mithilfe der additiven Fertigung und einer hochpräzisen Dosiertechnik (**Bild 2**) erfolgt ein schichtweiser Aufbau der Teile, die dann nach definierten Verfahren aushärten. In Abhängigkeit von der Komplexität und der Gesamtmasse der Teile dauert der Produktionsprozess lange. Da es zahlreiche Verfahren gibt, sind auch die Vor- und Nachteile der Verfahren unterschiedlich. Vorteilhaft ist:

- Kostenpotenzial – wie beim Wasserstrahlschneiden entfallen die Werkzeuginvestitionen. Darüber hinaus lässt sich durch die schnelle Fertigung bis zur Losgröße 1 die sonst übliche Vorratslagerung deutlich minimieren.
- Benötigte Toleranzen lassen sich mit der jeweils verwendeten Dosiertechnik gut realisieren.
- Individualisierte Produkte – wie keine andere Technik erlaubt der 3D-Druck ein hohes Maß an Designfreiheit und Variantenvielfalt. Dabei lassen sich Dichtungen und Formteile mit Konturen wie zum Beispiel Hinterschnitte fertigen, die bisher fertigungstechnisch nicht realisierbar waren.
- In vielen Fällen führt die 3D-Fertigung zu einer Gewichtsreduktion.
- Verkürzte Time-to-Market, da schnell Prototypen zur Verfügung stehen und die Bauteile in überschaubaren Mengen schnell produziert werden können.
- Hohe Anforderungen beim Datenschutz lassen sich mit hauseigenen 3D-Druckern realisieren.

Die Nachteile sind, dass das Materialspektrum eingeschränkt ist, wobei permanent neue Werkstoffe und Anwendungen auf den Markt kommen. Auch führen die hohen Maschinen- und Verbrauchskosten (Energie) und die geringe Produktionsgeschwindigkeit auf den ersten Blick dazu, dass 3D-gedruckte Teile vordergründig sehr teuer sind. Hier muss z.B. erwähnt werden, dass der Postprocess eine wichtige Rolle in der Gesamtbetrachtung spielt, da die Teile nach dem Druck noch aufwändig nachgearbeitet werden müssen.



**Bild 2: 3D-Druck, derzeit der große Hype, lässt sich allerdings nur für ein eingeschränktes Materialspektrum verwenden** (Bild: German RepRap GmbH)



**Bild 3: Compression Moulding erlaubt den einfachen Übergang vom Prototyping in die Großserie** (Bild: BergerS2B GmbH)

Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass erst eine Vollkostenrechnung eine wirkliche Beurteilung der Wirtschaftlichkeit erlaubt.

### Compression Moulding-Verfahren

Bei diesem Verfahren (**Bild 3**) wird in ein geöffnetes Werkzeug eine Mischungsmasse eingegeben, das Werkzeug schließt und in einer definierten Zeit wird mit definiertem Druck und definierter Temperatur der Vulkanisationsprozess, die Vernetzung der Mischung abgeschlossen. Die Teile werden danach dem Werkzeug entnommen. Dieses – an sich einfache – Verfahren eignet sich für viele Werkstoffe und bietet eine große Flexibilität bei Werkstoff- und Werkzeugwechseln. Dabei ist nicht zu unterschätzen, dass seriengleiche Werkstoffe beim Prototyping genutzt werden können. Weitere Vorteile sind die

geringen Kosten durch Maschinen und die notwendigen Werkzeuge sowie geringen Fixkosten.

Nachteilig ist, dass die Rohlinge aufwändig gerichtet werden müssen und dass das Verfahren viel manuelles Handling und aufwändige Nacharbeit mit sich bringt. Bei dickwandigen Bauteilen muss bei niedriger Temperatur vulkanisiert werden, damit der Rohling an allen Stellen gleichmäßig durchvulkanisiert. Zudem ist es erforderlich, ein Werkzeug zu erstellen. Dies bedingt zusätzliche Lieferzeiten und Kosten.

### Praxisbeispiele

Die nachfolgenden Beispiele zeigen auf, welche Lösungen anhand der Pros und Contras der einzelnen Verfahren in der Praxis gewählt wurden. Dabei wird auch deutlich, wie sich die grundsätzlichen Vor- und Nachteile der Verfahren in der Praxis auswirken.

#### Optische Sichtteile in geringer Stückzahl

Bei diesem Projekt benötigte ein Kunde für Sondereinbauten zwanzig Sichtteile mit homogener, glatter Oberfläche, die hohen Temperaturen von ca. 190 °C standhalten



und hoch komprimierbar sind. Da es sich um einen Exportauftrag handelte, der vor der Auslieferung stand, war eine kurze Lieferzeit unabdingbar. Zudem waren enge Toleranzen definiert.

Bei der Werkstoffauswahl war aufgrund der hohen Temperatur und der hohen Komprimierbarkeit Silikonschaum die erste Wahl.

Bei der Wahl der Verfahren fiel das Moulding aus, da eine Werkzeuglieferzeit von ca. 4 bis 6 Wochen zu lang war und die Menge für eine Rohstoffbeschaffung und einen optimierten Prozess zu gering war. Zudem werden Silikonschaumteile in einem anderen Produktionsverfahren hergestellt. Das additive Verfahren wäre werkstoffseitig nicht in Frage gekommen. Letztendlich entschied man sich für die 3D-Wasserstrahlproduktion. Die ausschlaggebenden Gründe hierfür waren:

- Die Kontur konnte mit der 3D Wasserstrahltechnik in den geforderten Toleranzen geschnitten werden.
- Das Silikonschaumhalbzeug war mit der benötigten glatten Oberflächenqualität standardmäßig vorrätig.
- Da bei dieser Technik keine Werkzeugkosten entstehen, erlaubte sie in diesem Fall auch sehr günstige Teilekosten.

### **Abdeckkappen für die Medizin**

In einem anderen Projekt wurden kurzfristig zehn Abdeckkappen aus einem für den Medizinbereich freigegebenen Silikonwerkstoff benötigt – in der definierten Farbe, mit einer glatten Oberfläche und mit guter Haptik. Hier war der Werkstoff vorgegeben.

Bei den Verarbeitungstechniken schied zunächst die 3D-Wasserstrahltechnik aus, da die geforderte Werkstoffqualität nicht als Halbzeug zur Verfügung stand und auch die geforderte Teilekontur nicht zu realisieren war. Das Compression Moulding-Verfahren hätte Werkzeugkosten bedingt und war aufgrund der notwendigen Koordination mit einem Mischungslieferanten nicht unter zehn Wochen zu erhalten. Hier entschied man sich für die additive Fertigung per 3D-Druck. Entscheidende Vorteile waren hier die schnelle Verfügbarkeit (<1 Woche), die Eignung des Verfahrens für den freigegebenen Werkstoff in der gewünschten Farbe und die Erfüllung der haptischen Anforderungen. Diese überwogen die Nachteile der sehr hohen Teilekosten und der Mängel der Oberfläche. Sie wies Konturen auf und war nicht glatt. Auch die Materialeigenschaften, insbesondere die mechanischen Werte, sind noch verbesserungswürdig.

### Ölpumpendichtungen für Tests

Ein Hersteller von Außenbordmotoren benötigte kurzfristig 50 Ölpumpendichtungen für Testfahrten. Es lagen genaue Anforderungen in Bezug auf die Temperaturbeständigkeit, das Quellverhalten in Öl, die Zugfestigkeit und die Rückfederung vor. Die Toleranzen waren eher unkritisch (ISO 3302 M3). Bei Erfolg sollte das Teil, ggf. mit leichten Modifikationen, in Großserie produziert werden.

Die Dichtung hätte zwar grundsätzlich als Wasserstrahlteil hergestellt werden können, da sowohl die Kontur dies ermöglichte als auch das geeignete Halbzeug aus NBR (dieselmotorenbeständig und mit den Forderungen entsprechenden mechanischen Werten) vorhanden war. Da aber eine Großserie nach erfolgreichen Versuchen anstand, schied dieses Verfahren – auch aufgrund der anfallenden Materialreste – aus. Das 3D-Druckverfahren war aufgrund des fehlenden Rohstoffs keine Option. Deshalb wurde die Dichtung mittels Compression Moulding-Verfahren hergestellt. Letztendlich entscheidend waren hier der einfache Transfer in die Großserie, überschaubare Kosten und schnelle Verfügbarkeit. Für die Versuche wurde ein 1-Kavitäten-P20 Stahl-Werkzeug (ca. 200 €) erstellt. Das Serienwerkzeug mit neun Kavitäten kostete 900 €. Das ausgewählte Material wurde sowohl für die Versuche als auch für die spätere Großserie eingesetzt und die geforderten Muster waren kurzfristig (zwei Wochen mit Luftfracht) lieferbar.

### Fazit

Diese Beispiele zeigen, dass sich theoretische Vor- und Nachteile der einzelnen Fertigungsverfahren im Projekt ganz unterschiedlich auswirken können und dass die optimale Lösung nicht immer direkt auf der Hand liegt. Entscheidend sind hier Partner, die über Fertigungs-Know-how bei vielen Verfahren verfügen und auf dieser Basis mit ihrer Expertise unterstützen können.