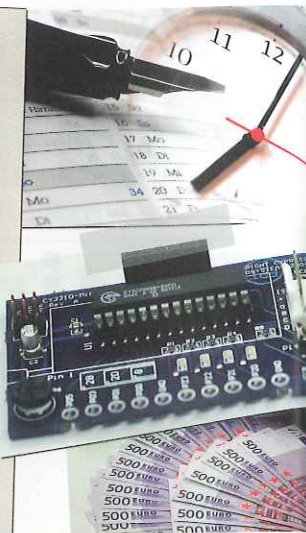
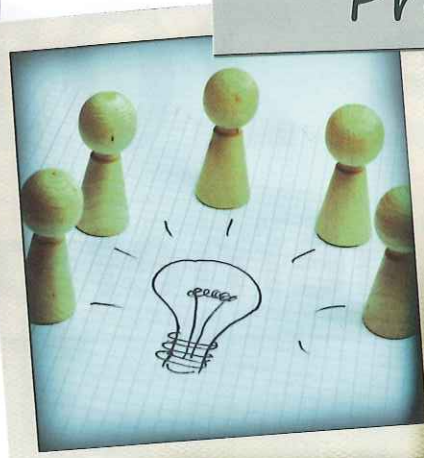
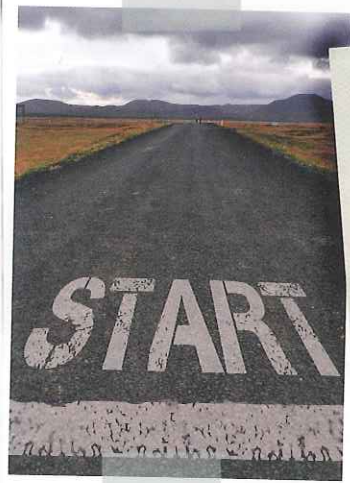


## Projekt



Die Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Werkzeugbau entscheidend für den Erfolg der späteren Produktion.

## Pünktlich in die Serie starten – Teile richtig entwickeln und fertigen

**Time-to-Market: die Rolle von Werkzeugbau und Produktentwicklung** Die erreichbare Qualität eines Kunststoffteils wird lange vor dem Produktionsstart festgelegt: An der Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Werkzeugbau. Bei einem ideal verlaufenden Projekt kommunizieren verschiedene Fachabteilungen intensiv und zeitgleich miteinander. Die Realität sieht häufig anders aus und gestattet diesen Ablauf nicht. Die Frage ist, wie viel Einfluss ein Verarbeiter nehmen kann, um die Zeit bis zum Produktionsstart spürbar zu verkürzen – und das bei bestmöglicher Produktqualität.

**B**ei der Bestellung eines Bauteils stellt der Abnehmer eine Artikelzeichnung mit den entsprechenden Toleranzen zur Verfügung, mit Glück noch einen 3D-Datensatz. Das Design steht, es ist vom Marketing oder Vertrieb genehmigt, Änderungen sind nicht mehr möglich. Die Freiheitsgrade, um ein optimales Ergebnis zu erzielen, sind für den Werkzeugbau und die Verarbeitung bei solch einem Szenario nachvollziehbar endlich. Hohe Kosten für das Werkzeug und eine schwierig einzuhaltende Produktqualität können die Folge sein. Vielen Verarbeitern wird dies bekannt vorkommen – der Idealfall sieht anders aus.

### Kunststoffgerechtes Produktdesign spart Werkzeugkosten

Nicht kunststoffgerechte Anforderungen aus dem Produktdesign können in vielen Fällen durch ein aufwändiges Werkzeugkonzept hinreichend genau

### Autor

Christine Koblmiller, Redaktion Plstverarbeiter, christine.koblmiller@huethig.de

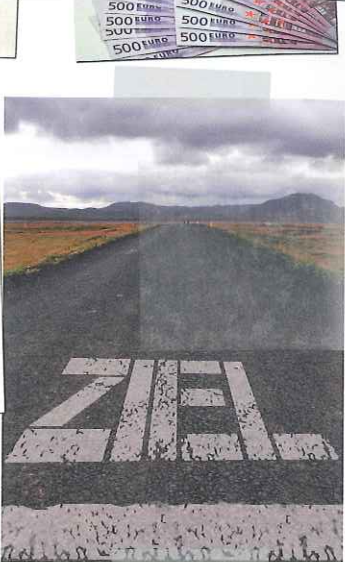
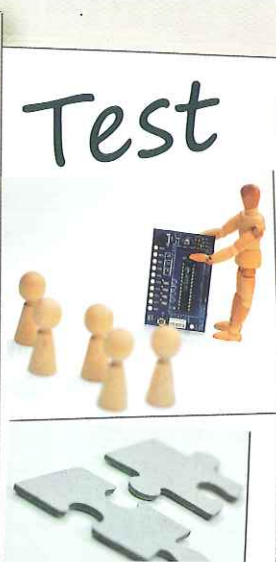
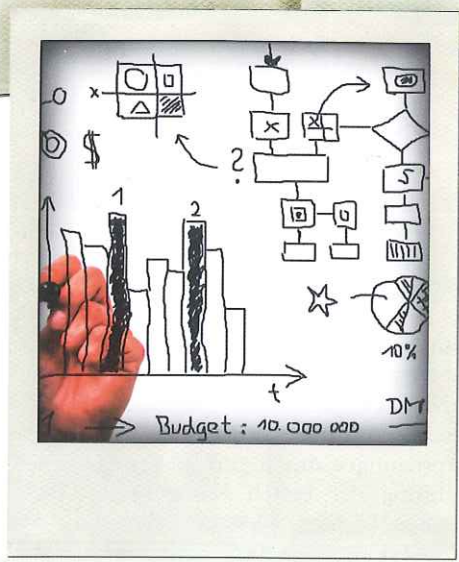
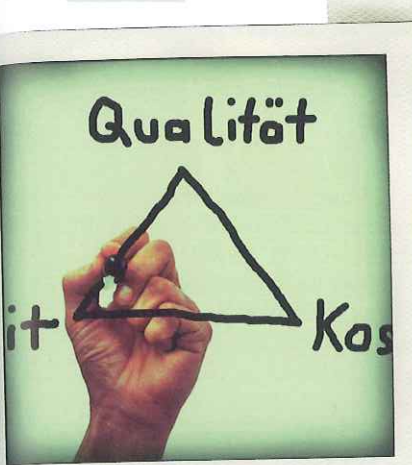
abgebildet werden. Besser ist es den Werkzeugbau bereits in der Designphase einzubinden, denn häufig ist das entsprechende Fachwissen in der Abteilung Design nicht vorhanden. Der springende Punkt ist die kunststoffgerechte Konstruktion des Bauteils, die ein schönes und funktionales Design nicht ausschließt. Schafft man es in der Frühphase die Randbedingungen, die durch das Material Kunststoff gegeben sind, zu berücksichtigen, lassen sich nicht nur günstigere Werkzeuge bauen, sondern sogar Zykluszeiten positiv beeinflussen. Weiterhin können Produktmerkmale, die hohe Folgekosten nach sich ziehen, abgemildert werden. Zu den häufigsten Konstruktionsfehlern zählen an dieser frühen Phase eines Projektes beispielsweise wechselnde Wandstärken, Festlegung der Anspritzpunkte, zu kleine Radien oder zu wenig Entformungsschragen. Die Folgen im Werkzeugbau sind oft sehr aufwändige und damit teure Werkzeuge, beispielsweise durch Schieber, die bei etwas anderer Auslegung unnötig wären.

Steht das Bauteildesign in kunststoffgerechter Konstruktion dann fest,

sollte ein erstes Werkzeugkonzept erstellt und dieses durch Simulation geprüft werden. Dabei wird unter anderem geklärt, ob es im Bauteil zu Verzug kommen könnte. Temperierkanäle werden passend gelegt, richtig dimensioniert, und der thermische Haushalt des Werkzeugs kann bereits überprüft werden. In der abschließenden Konstruktionsbesprechung sollten dann Verarbeiter, Werkzeugbau und Konstrukteur an einem Tisch sitzen. Jeder einzel-



Die Lage und Ausführung der Schmelze- und Temperierkanäle entscheidet über das Gelingen der Fertigung.



Kommunikation ist hier sehr wichtig, denn bei zeitlich parallelen Abläufen in Produktentwicklung, Konstruktion, Werkzeugbau und Fertigung kann die Time-to-Market verkürzt werden.

ne der Projektbeteiligten betrachtet Produkt und Werkzeug mit einem anderen Hintergrund-Wissen und bringt dieses in der Besprechung ein. Zu diesem Zeitpunkt können noch problemlos Änderungen berücksichtigt werden, um die Handhabung im Prozess zu vereinfachen, Zykluszeiten zu verkürzen, Temperierung und Kühlmedium zu optimieren oder die Herstellung des Werkzeugs kostengünstiger zu gestalten. An dieser Stelle werden die spätere Teilequalität, die Prozesssicherheit und auch ein hoher Anteil der Stückkosten festgelegt.

### Zeitdruck und nicht kalkulierte Mehrkosten sind vermeidbar

Nun mag man einwenden, dass die vielen Besprechungen mit allen Beteiligten unnötig viel Zeit und Geld kosten. Doch dem ist – betrachtet man das gesamte Projekt – nicht so. Denn werden in der Frühphase Fehler gemacht oder Randbedingungen nicht beachtet, schlagen die Kosten zu einem späteren – und viel kritischeren Zeitpunkt zu Buche. „Ganz am Ende, wenn die Qualität der fallenden Bauteile den Anforderungen nicht entspricht, spielt Geld oft keine Rolle mehr. Dann fallen Reisezeiten und -kosten an, Nachtschichten werden gefahren, damit zum festgelegten Zeitpunkt der Endkunde seine geforderten Produkte erhält“, beschreibt Stefan Hins, Bereichsleiter Formteil- und Werkzeugoptimierung am Kunststoff-Institut Lüdenscheid, den Zeit- und Kostendruck gegen Ende eines Projekts. „Denn der Start der Serienproduktion wird in den seltensten Fällen verschoben.“ Allerdings ist diese offene Kommunikation schwieriger als man annehmen möchte. Missverständnisse entstehen dann, wenn die Begriffe Lastenheft und Pflichtenheft – und somit

die Verantwortlichkeiten – durcheinander gebracht werden. „Oder wenn bestimmte Merkmale oder Randbedingungen als selbstverständlich erachtet werden“, weiß Timo Steinebrunner, Vertriebsleiter bei Braunform zu berichten. „Eine saubere Auftragsklärung ist eminent wichtig.“ Zu den Randbedingungen, die für den Werkzeugbau besonders bedeutend sind, gehören zum Beispiel Informationen über die Funktion des Bauteils und ob das Spritzgieß-Werkzeug in einer Reinraum-Umgebung oder in einer Standardproduktion eingesetzt wird. Ebenso wichtig ist die Frage nach dem Teilehandling, welche Prüfungen das Bauteil durchlaufen muss und wann diese im Prozess ange-

## ERHÖHTE MARKTCHANCEN

### Tipps für Produktentwicklung und Werkzeugbau

- In der ersten Projektphase, dem Bauteildesign, sollte bereits disziplinübergreifend kommuniziert werden. Beteiligten sollten sich Produktentwicklung oder Auftraggeber, Werkzeugbau und Produktion.
- Beim Bauteil ist auf eine kunststoffgerechte Konstruktion zu achten.
- Eine exakte Auftragsklärung hilft Missverständnisse und unnötige Kosten zu vermeiden.
- Für das Werkzeug gilt erstens: So einfach wie möglich. Unnötig komplexe Werkzeuge sind Kostentreiber.
- Für das Werkzeug gilt zweitens: So genau wie möglich. Preiswerte Werkzeuge sind nur sinnvoll für Standardteile. Bei komplexeren Konzepten eher auf Qualität denn auf den Preis achten. Diese zahlt sich bei der Qualität der Bauteile später wieder aus.

setzt sind. Und ganz sicher auch, ob die Qualitätssicherung der Produktion mit Werkzeuginnensensorik durchgeführt werden soll.

### Simulation versus Prototyping?

Die Idee, zu simulieren statt zu bauen und damit kosteneffizienter und schneller zu sein, ist nur teilweise richtig. Sicher können einige der möglichen Fehler in einer Simulation des Prozesses sichtbar gemacht werden. Und es ist auch richtig, dass dann Änderungen im Werkzeugkonzept noch wesentlich leichter und schneller durchzuführen sind, als zu einem späteren Zeitpunkt. Auch die Möglichkeit verschiedene Varianten zu testen und den Einfluss auf das Werkzeugkonzept zu betrachten, bietet nur die Simulation, ebenso wie simulierte Funktionstests des Werkzeugs es noch ermöglichen, den einen oder anderen Fahrweg eines Schiebers zu korrigieren. Doch die Simulationssoftware ist häufig für den mittelständisch geprägten Werkzeugbau zu kostenintensiv. Auch bedarf es, so Hins, mehrerer Jahre Erfahrung, um die Daten richtig zu interpretieren und um die richtigen Aussagen treffen zu können.

Für manche Bauteile ist ein Prototyping durchaus sinnvoll, obwohl vieles heute auch am Rechner zu simulieren ist. Kriterien für Prototypen sind beispielsweise, wenn Teile zu Baugruppen montiert werden müssen und die Funktion getestet werden soll, wenn es gilt die Haptik oder das Aussehen zu beurteilen oder bei dickwandigen Teilen sowie bei Designstudien. Muster der Teile können durch einen 3D-Printer kostengünstig angefertigt werden. Bei Mehr-K-Produkten ist dies durchaus ratsam, insbesondere dann, wenn das Design, die Abgrenzung der Komponenten zueinander und die Farbgebung eine Rol-

le spielen. Erste Funktionsmuster der Produkte werden mit Prototypen-Werkzeugen – einfachen Aluminium-Formen – hergestellt. Mit diesen Musterteilen können Funktions- und erste Produkttests durchgeführt werden – ein wichtiges Kriterium für Anwendungen in der Medizintechnik oder im Bereich Personal Care. Aber auch das Oberflächendesign, Glanzgrade und ähnliche Eigenschaften können so beurteilt werden. Sinnvoll ist das vor allem für kleine Bauteile.

Der nächste Schritt ist ein Pilotwerkzeug, das dem Serienwerkzeug schon sehr ähnlich ist: insbesondere für Anwendungen, bei denen es um Präzision, kurze Zykluszeiten und einen hohen Output geht. Für Mehr-K-Produkte dient dieses schon recht aufwändige Werkzeug beispielsweise zur Analyse haptischer und visueller Merkmale wie Überspritzungen durch eine zu geringe Abdichtung der ersten Komponente. Außerdem können wichtige Erkenntnisse zu Zykluszeiten und zur Zuverlässigkeit gewonnen sowie Produkt- und Funktionstests durchgeführt werden. In der Medizintechnik werden häufig auch Kavitäten nahe der Toleranzgrenzen gebaut. Damit werden Zykluszeit-Tests gefahren und die Maßhaltigkeit der Teile wird überprüft. Diese Maßhaltigkeit hat auch Auswirkungen auf die Produktsicherheit im Sinne des Verbraucherschutzes. Denn die Vorstellung eines Inhalers mit unkontrollierbaren Mengen eines Medikamentes im Sprühstoß ist beunruhigend.

## ZWEI KÖPFE ZUM TITELTHEMA

# „Zusammenarbeit auf Augenhöhe sichert Qualität.“

Zum Titelthema kommen an dieser Stelle in jeder Ausgabe Beteiligte der Branche zu Wort. Rede und Antwort stehen diesmal Stefan Hins, Bereichsleiter Formteil- und Werkzeugoptimierung am Kunststoff-Institut Lüdenschied und Timo Steinebrunner, Vertriebsleiter bei Braunform.



Stefan Hins



Timo Steinebrunner

**Plastverarbeiter:** Bitte ergänzen Sie folgenden Satz: Schwierigkeiten in der späteren Produktqualität der Bauteile entstehen an der Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Werkzeugbau vor allem dann, wenn ... ?

**Stefan Hins:** ... nicht zusammen gearbeitet wird, sondern jede Abteilung nur ihren Arbeitsbereich im Fokus sieht.

**Timo Steinebrunner:** Ich denke, dieser Satz ist nicht so einfach zu ergänzen, ich würde es eher umschreiben wollen. Der Werkzeugmacher darf die Idee der Produktentwicklung in Stahl bringen. Für die Funktion und Qualität trägt er die Verantwortung. Ihm ist die kunststoffgerechte Konstruktion wichtig. Dazu zählen Wandstärkenverhältnisse, Entformungsschrägen, Mindestradien, Entformbarkeit, verzugsarme Konstruktion und eine sinnvolle Tolerierung. Das heißt, wenn die beteiligten Stellen nicht auf Augenhöhe miteinander kommunizieren und nicht gewillt sind, Verbesserungen einfließen zu lassen, entstehen Schwierigkeiten.

**Plastverarbeiter:** Welchen wichtigsten Wunsch haben Sie an die Produktentwickler und -designer?

**Hins:** Man sollte im Vorfeld früher mit den Werkzeugkonstruktoren sowie Werkzeugbauern Kontakt aufnehmen um gemeinsam ein „optimales Bauteil“ zu erstellen.

**Steinebrunner:** Ich halte es für besonders wichtig, dass die technischen Gesichtspunkte in Bezug auf eine bauteilgerechte Konstruktion beachtet werden.

**Plastverarbeiter:** Und an die Werkzeugbauer? Herr Steinebrunner?

**Steinebrunner:** Wir Werkzeugbauer sollten all unser Wissen und unsere Erfahrungen mit einbringen.

**Hins:** Aber die Werkzeugbauer sollten auch offen sein für neue technische Möglichkeiten wie Werkzeug-Temperaturtechnologien oder Simulationstechniken.

**Plastverarbeiter:** Und was sollten sich die Kunststoffverarbeiter zu eigen machen?

**Hins:** Sie sollten eine enge Kommunikation zwischen dem Werkzeugbau und Konstrukteur fordern und fördern.

**Steinebrunner:** Und dabei den Werkzeugmacher frühzeitig – am besten bereits in der Designphase – mit einbinden.

**Plastverarbeiter:** Wie kann man diese Schnittstelle generell verbessern? Was sollten alle am Projekt Beteiligten beachten?

**Hins:** Es sollte in Zukunft stark im Team gearbeitet werden, um somit viele mögliche Fehler im Vorfeld auszumerzen und aus allen Fachbereichen die jeweiligen Erfahrungen einfließen zu lassen.

**Steinebrunner:** Sie sollten eine offene Kommunikation auf Augenhöhe pflegen.

**Plastverarbeiter:** Welches ist Ihrer Ansicht nach die einfachste und schnellste Maßnahme, mit der ein Verarbeiter kostentreibende Fehler an der Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Werkzeugbau vermeiden kann?

**Steinebrunner:** Die einfachste und günstigste Maßnahme ist Kommunikation. Der Verarbeiter kann den Werkzeugmacher frühzeitig in den Designprozess einbinden und alle drei Projektpartner können sich mit Ihrer Erfahrung einbringen. Es besteht eine realistische Chance Design und Technik zu verbinden, um am Ende einen wirtschaftlichen Herstellungsprozess zu gewährleisten.

**Hins:** Wir sind hier eindeutig einer Meinung. Man meint häufig, dass viel Zeit durch Besprechungen „verbrannt“ wird, jedoch sind spätere Folgekosten am fertigen Werkzeug wegen möglicher Änderungsschleifen um ein Vielfaches höher. ■

## Optimierung auf der Maschine

Nachdem das Werkzeug auf Basis der im bisherigen Ablauf gewonnenen Daten gebaut wurde, setzt die nächste Anpassungs- und Qualitätssicherungs-Schleife ein. Zum Zeitpunkt der Anlieferung beim Verarbeiter wird in den seltensten Fällen das Werkzeug komplett auf Herz und Nieren geprüft. Eine Sichtprüfung und manchmal eine Funktionsprüfung muss aus Kostengründen ausreichen. Daher wird das neue Spritzgieß-Werkzeug vorher beim Werkzeugmacher im Detail geprüft und abgenommen.

Das Werkzeug wird beim Verarbeiter anschließend direkt auf der Maschine weiter getestet. Nun geht es darum, Prozesssicherheit und Teilequalität zu optimieren. Diese Qualitätssicherung ist ohne Maschine, Rahmenbedingungen und Rohstoff nicht durchführbar. Je nach Anforderung werden erste Trockenlauf-Tests bei der Inbetriebnahme durchgeführt – mit Umgebungstemperatur oder unter Prozessstemperatur. Sobald die ersten Teile fallen, werden diese beurteilt und die Maße abgenommen. Einfluss haben auf der einen Seite die Prozessparameter, aber auch das mehr oder minder gute Einhalten der vorgegebenen Toleranzen aus dem Werkzeugbau. Vermeintliche Kosteneinsparungen für preiswerte Werkzeuge – auch aus Fernost – können sich an dieser Stelle im Projekt rächen. Auch Texturen, wie sie häufig in der Automobilindustrie verlangt sind, werden meist erst jetzt in das Werkzeug eingebracht, weil sich in diesem Fall Simulation und Praxis sehr wohl unterscheiden können. Die dann produzierten Musterteile werden in ihrer Qualität geprüft und das Werkzeug anschließend bei Bedarf nachbearbeitet.



Bild: Braunform

## In der Medizintechnik gelten besonders hohe Ansprüche an die Qualität der Werkzeuge.

In der Folge werden je nach Branche und Produkt verschiedene Prozessparameter nach statistischen Vorgaben durchlaufen, um deren Einfluss auf die Teilequalität analysieren und dokumentieren zu können. In der Medizintechnik spricht man für diese Stufen der Werkzeugprüfung auf der Maschine von IQ (Installation Qualification), OQ (Operational Qualification) und PQ (Production Qualification). In der Endstufe PQ wird die Prozessstabilität des Werkzeugs über einen längeren Zeitraum geprüft. Die meisten Werkzeugbauer geben Gewährleistung in Form einer gewissen Anzahl von Zyklen, da die Beanspruchung eines Werkzeugs sich so am besten abbilden lässt. Die Regel sind heute etwa eine Million Schließungen, zuweilen werden bis drei Millionen Zyklen angeboten. Diese Gewährleistung wird auch dann eingehalten, wenn das Werkzeug zwischenzeitlich eingelagert werden muss, weil die vom Abnehmer bestellte Stückzahl der Produkte produziert ist.

## Prozesssicherheit durch werterhaltendes Einlagern

Wird das Werkzeug eingelagert, sollte es gereinigt und sorgfältig gegen Korrosion geschützt werden. Dazu werden alte Schmiermittel entfernt und eventuell neues aufgetragen. Im Zuge dieser Arbeitsgänge wird die Qualität des Werkzeugs nochmals geprüft, um für den nächsten Einsatz die Prozesssicherheit wieder gewährleisten zu können. Es handelt sich dabei meist um eine visuelle Prüfung auf Beschädigungen der Lauf- oder Gleitflächen zum Beispiel der Schieber, auf Risse der Kerne. Einige Unternehmen zerlegen das Werkzeug, um es anschließend gereinigt und geschützt wieder zusammenzubauen und einzulagern. Ein besonderes Augenmerk sollte man dabei auf die Temperierkanäle richten, besonders dann, wenn es sich um kleine Querschnitte handelt und das Werkzeug in der Produktion mit Leitungswasser gekühlt wurde. Diese setzen sich rasch zu, oder das verbleibende Leitungswasser führt zu Korrosion.

Die Optimierung auf der Maschine beim nächsten Einsatz bleibt aber auch von der besten Einlagerung unberührt. Denn auch dann haben sich wieder Rohstoff und Umgebungsbedingungen verändert und der Prozess muss wieder an den optimalen Betriebspunkt für bestmögliche Teilequalität und Prozesssicherheit herangefahren werden. ■

## KONTAKT

Braunform Kunststoff- und Pharmatechnik,  
Bahlingen,  
timo.steinebrunner@braunform.com  
Kunststoff-Institut Lüdenschied, Lüdenschied,  
hins@kunststoff-institut.de