



Warum der klassische Produktentstehungsprozess innovative Fertigungsverfahren blockiert

## Frontloading statt Fire Fighting

Ziel aller Unternehmen ist es, den wertschöpfenden Prozess der Produktentwicklung so verschwendungsarm wie möglich zu durchlaufen. Dafür setzen sie auf bewährte Vorgehensweisen, die jedoch viele Potenziale ungenutzt lassen. Abhilfe schafft ein Umdenken innerhalb des Prozesses – die neue Perspektive erleichtert den Einsatz von innovativen Werkstoffen, Produkt- und Werkzeugkonzepten. Aber nur, wenn das nötige Know-how zum richtigen Zeitpunkt in den Prozess eingebunden wird.

Es finden sich in der Literatur verschiedene Stage-Gate-Modelle, die den Produktentstehungsprozess (PEP) starr in idealer Sequenzialität beschreiben. Jede Phase (Stage) endet mit einem Etappenziel (Gate), an dem die Tätigkeiten abgeschlossen und die essenziellen Erkenntnisse gewonnen sein müssen [1, 2]. Auch wenn jedes Innovationsprojekt einmalig ist, kann der PEP im Prinzip standardisiert werden, wobei die Arbeitspakete unterschiedlich umfangreich sein oder für kleine Projekte teilweise auch entfallen können. Oft ist es jedoch so, dass dieser Ablauf in der Realität nicht eingehalten werden kann. Einerseits ändern sich in unserer von Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Mehrdeutigkeit gepräg-

ten VUCA-Welt (volatility, uncertainty, complexity, ambiguity) die Anforderungen während der Projektlaufzeit dynamisch. Andererseits führen Fehler oder unerwartete Ergebnisse zu Optimierungsschleifen, die in alle PEP-Phasen zurückspringen können (Bild 1).

### *Innovationsprozess und Verschwendung*

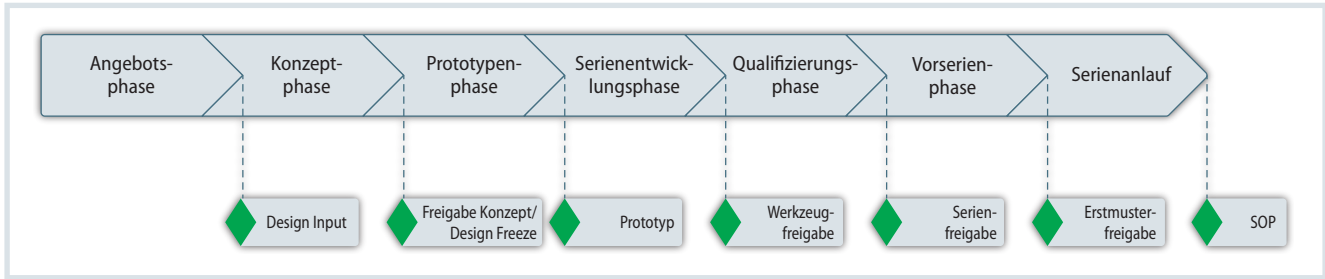
Verschwendung sind in diesem Kontext zum einen unnötiger Ressourcenverbrauch (etwa durch Änderungen und Optimierungsschleifen) und zum anderen nicht wertschöpfende Tätigkeiten, zum Beispiel, wenn der Wertstrom durch fehlerhafte Verteilung essenzieller Infor-

mationen unterbrochen ist. Um Verschwendung zu vermeiden, haben sich die Methoden des Lean Management



**Bild 1.** Klassische Produktentwicklung und echte Innovation gehen oft in verschiedene Richtungen. © Diertert/Ranig

bewährt. Die klassischen Lean-Methoden in Produktion, Logistik und Administration befassen sich mit der Optimierung von planbaren, sich wiederholenden



**Bild 2.** Phasenmodell mit Etappenzielen (Gates), angelehnt an die Darstellungsform nach Cooper (Stage-Gate-Prozess) und die Inhalte nach IATF 16949. Quelle: Gericke u.a. [2] / IATF [4]; Grafik: © Hanser

den Arbeitspaketen und sind deshalb für den kreativen, jeweils einmaligen PEP nur bedingt anwendbar. Für den PEP wurden deshalb neue Methoden entwickelt, die unter dem Begriff „Lean Innovation“ subsummiert werden; dabei wurden auch viele agile Ansätze aus der Softwareentwicklung assimiliert [3].

Paradoxerweise beginnt der schlanke PEP mit einer bewussten Verschwendung (Frontloading), nämlich der detaillierten Analyse verschiedener Lösungskonzepte (Lösungsraum) gleichzeitig. Dabei werden die Konzepte nicht nur bezüglich der Produkthanforderungen untersucht, sondern insbesondere für Kunststoffbauteile wird auch das Konzept für die Werkzeuge und ggf. für weitere Betriebsmittel ausgearbeitet und evaluiert. Nur so lässt sich eine Aussage treffen, ob das Konzept später in der erforderlichen Qualität und zu wettbewerbsfähigen Kosten in der Produktion umgesetzt werden kann.

Diese Arbeit wird anfangs parallel für alle Konzepte des Lösungsraums durch-

geführt, im weiteren Projektverlauf scheiden nach und nach unvorteilhafte Konzepte aus, bis die Entwicklung mit dem verbliebenen besten Konzept zu Ende geführt wird. Der Mehraufwand für die anfängliche Parallelentwicklung zahlt sich erfahrungsgemäß bereits durch die eingesparten Optimierungsschleifen in der Anlaufphase vielfach aus – ganz zu schweigen davon, dass dieser vermeintliche Umweg überhöhte Herstellkosten durch unvorteilhafte Konzepte vermeidet.

**Werkzeugkonzept, Simulation und Toleranzrechnung**

Im klassischen PEP nach dem IATF-Phasenmodell (**Bild 2**) findet die Werkzeugfreigabe nach dem Abschluss der Serienentwicklung statt. Das heißt, die Werkzeuge werden erst dann angefragt, bei dem ausgewählten Lieferanten oder dem eigenen Werkzeugbau bestellt und schließlich konstruiert und gebaut. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, wenn die Artikel in den vorherigen Phasen

optimal kunststoff- und fertigungsgerecht entwickelt wurden [3, 4].

In der Praxis ist das oft nicht der Fall. Jedes Fertigungsverfahren stellt spezielle Anforderungen an das Bauteildesign und die technische Umsetzung in der Konstruktion. Werden diese nicht erfüllt, treten die Probleme meistens erst in der Vorserien- und Serienphase zutage – die Fehler lassen sich dann nur durch umfangreiche Änderungen an den Werkzeugen und teilweise auch an den Artikeln beheben. Und dennoch können die Teile in der Serie oft nur mit einem erhöhten Aufwand und/oder mit Qualitätsmängeln produziert werden.

Mit dieser Thematik beschäftigen sich die OEM und Lieferanten der Automobilbranche kontinuierlich und »

**Info**

**Text**

**Prof. Dr. Tilko Diertert** ist Professor für Wirtschaftsingenieurwesen an der FOM Hochschule Nürnberg und Inhaber der Lean Management Consulting in Gunzenhausen, einer Unternehmensberatung für Kunststoffverarbeitung und Werkzeugbau; tilko@dr-diertert.eu

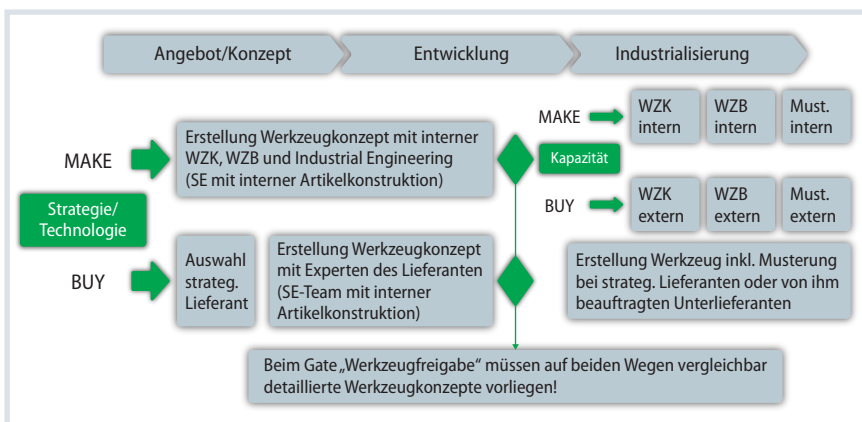
**Ragna Ranig, B.Sc.**, hat an der FOM Hochschule München Wirtschaftsingenieurwesen studiert und arbeitet als Entwicklungsingenieurin bei einem Entwicklungsdienstleister der Automobilindustrie in München; ragna.ranig@googlemail.com

**Literatur & Digitalversion**

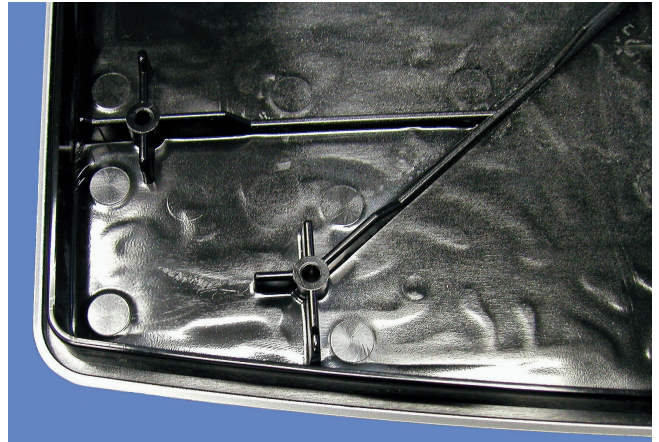
Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

**English Version**

Read the English version of the article in our magazine **Kunststoffe international** or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Für die frühe Einbindung der Werkzeugkonstruktion (WZK), des Werkzeugbaus (WZB) und des Produktions-Know-hows in den PEP muss entschieden werden, ob eigenes Know-how vorhanden ist oder strategische Partner mit deren Experten in das SE-Team integriert werden müssen. Die Grafik zeigt die parallelen Wege auf, die zu dem gleichen detaillierten Stand bis zur Werkzeugfreigabe führen müssen. Quelle: Diertert/Ranig [5]; Grafik: © Hanser



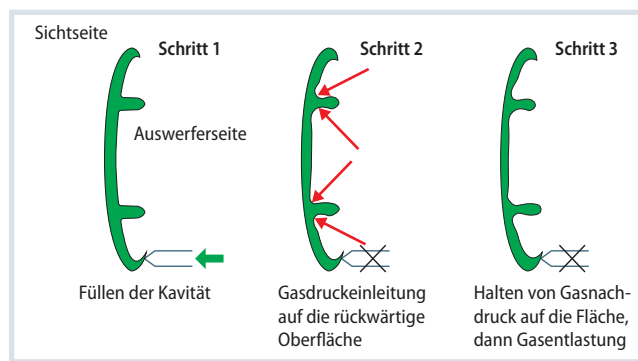
**Bild 4.** TV-Fuß, im Gasaußendruck-Verfahren hergestellt. Die Besonderheiten stellen die Versteifungsrippen und Schraubdomen auf der Rückseite (rechts) dar, die auf der Hochglanzseite keinerlei Einfallstellen bilden. © Stieler Kunststoff Service

versuchen ihre Prozesse dementsprechend zu optimieren. Deshalb findet man in aktuellen Ansätzen der OEM für den PEP, dass ein erstes Werkzeugkonzept bereits in der Serienentwicklungs- oder sogar Prototypenphase (**Bild 2**) vorliegen sollte. Aber selbst das ist zu spät, denn schon zum Design Freeze muss der Input des Werkzeugbaus, der Produktion, der Qualität usw. das Fertigungskonzept maßgeblich beeinflussen.

Um in der Konzeptphase beurteilen zu können, ob ein Produkt herstellbar ist, sind einerseits Spritzgießsimulationen und andererseits Toleranzrechnungen essenziell. Beides ist nicht möglich ohne ein detailliertes Werkzeugkonzept, denn eine Simulation nur mit der Bauteilgeometrie ist bekanntermaßen wenig aussagekräftig. Für die Toleranzrechnung muss definiert sein, welche Maße werkzeuggebunden sind und welche nicht, ebenso welche Bereiche zum Beispiel verzugsgefährdet sind und deshalb nicht eng toleriert werden können. Auch die Materialauswahl ist untrennbar mit diesen Themen verbunden, denn das Material geht wesentlich sowohl in die Simulation als auch in die Toleranzen gemäß ISO 20457 ein.

### **Durch innovative Sonderverfahren zu besseren Produkten**

Selbst wenn sich die Bauteile mit dem normalen Kompaktspritzgießen herstellen lassen, sind diese Analysen in der Konzeptphase die Voraussetzung dafür, dass die Produktion in hoher Qualität und zu geringen Kosten umgesetzt werden kann. Manche Bauteile lassen



**Bild 5.** Schematischer Ablauf des Gasaußendruck-Verfahrens. Der Gasaußendruck ersetzt den Nachdruck aus der Spritzgießmaschine und führt zu einer einheitlichen Schwindung. Quelle: Stieler [7]; Grafik: © Hanser

sich jedoch im Kompaktspritzgießen nicht in der geforderten Qualität oder nur zu hohen Kosten herstellen, sei es, weil beispielsweise Verzug oder Einfallstellen auftreten, sei es wegen langer Zykluszeiten durch Masseanhäufungen. Einen Ausweg, derartige Bauteile überhaupt bzw. zu akzeptablen Kosten herstellen zu können, können in solchen Fällen Sonderverfahren bieten. Diese Verfahren müssen jedoch in der Regel bereits in der Konzeptphase bei der Bauteilauslegung berücksichtigt werden.

Innovative Sonderverfahren und Werkzeugkonzepte haben nicht nur das Potenzial, Qualitätsprobleme zu vermeiden und Kostenvorteile zu erzielen, sondern durch Einsparung von Material und Energie auch einen wesentlichen Beitrag zur Nachhaltigkeit eines Produkts zu leisten. Außerdem erschließen sie alternative Möglichkeiten in der Formgebung und Gestaltung von Bauteilen und Oberflächen. Sogar ganze Bearbeitungsschritte lassen sich durch diese Verfahren einsparen, zum Beispiel, wenn in einem 2K-Spritzgießprozess ein Bauteil mit einer Softtouch-Oberfläche überzogen wird [6].

In der Produktentwicklung fehlt jedoch in der Regel die Fachkompetenz, um geeignete Sonderverfahren zu identifizieren, Werkzeugkonzepte zu erstellen und sinnvolle Simulationen durchzuführen. Deshalb werden nützliche Sonderverfahren relativ selten eingesetzt. Ihr Einsatz wird also nicht durch technische Restriktionen behindert oder weil sie nicht genügend erprobt wären, sondern durch den klassischen sequenziellen Ablauf des PEP.

### **Problemlöser „Simultaneous Engineering“**

Stellt man diese Fachkompetenz in Gestalt eines „Simultaneous Engineering“-Teams (SE) so früh wie möglich zur Verfügung, kann dieses Problem gelöst werden. Wenn ein OEM oder Zulieferer eigenes Produktions- oder Werkzeugbau-Know-how vorhält, kann das SE-Team die Expertise aus diesen Bereichen für die Entwicklung des neuen Produkts nutzen. Falls nur einzelne Kompetenzen im Hause nicht verfügbar sind, zum Beispiel Spritzgießsimulationen, können



diese von spezialisierten Dienstleistern zugekauft werden.

Andernfalls müssen geeignete strategische Partner bereits in der Konzeptphase, teilweise sogar schon in der Angebotsphase eingebunden werden (**Bild 3**). Da detaillierte Anfrageunterlagen zu diesem frühen Zeitpunkt im PEP nicht vorhanden sein können, erfolgt die Nominierung auf Basis einer Open-Book-Kalkulation mit geeigneten Annahmen. Nach Abschluss der Entwicklungsphase wird der Serienpreis dann auf dieser Basis mit den tatsächlichen Gegebenheiten (Material, Gewicht, Zykluszeit, etc.) einvernehmlich kalkuliert.

### *Gasaußendruck vermeidet Verzug und Einfallstellen*

Ein Beispiel für ein relativ unbekanntes und selten eingesetztes Verfahren – obwohl seit über 20 Jahren am Markt – ist die Gasaußendrucktechnik (External Gas Molding, EGM). Flächige Teile mit hohen ästhetischen Anforderungen an

die Sichtseite und die Ebenheit sowie ausgeprägten Funktionselementen auf der Rückseite (zum Beispiel Rippen, Schraubdome, o.ä.) lassen sich im Kompaktspritzgießen praktisch nicht herstellen. Ein Beispiel ist die Fußplatte eines einbeinigen TV-Ständers (**Bild 4**). Hier wird der Gasaußendruck flächig auf die Bauteilrückseite geleitet und ersetzt den Nachdruck aus der Spritzgießmaschine. Dadurch wird die Schmelze in die Düsenseite gedrückt, sodass keine Einfallstellen entstehen (**Bild 5**) – der gleichmäßige Gasdruck führt zu einer einheitlichen Schwindung und vermeidet dadurch Verzug [7].

In diesem Fall war der Einsatz des Sonderverfahrens also zwingend, aber auch für viele flächige Sichtteile wie etwa Hochglanz-Dekorblenden im automobilen Interieur, die sich im Kompaktspritzgießen nur schlecht herstellen lassen, kann dieses Verfahren eine wesentliche Verbesserung bewirken. Natürlich gibt es nicht ein Sonderverfahren, das für alle Bauteile geeignet ist, aber es

gibt praktisch für alle Problembauteile mindestens ein vorteilhaftes Sonderverfahren.

### *Ein nicht akzeptabler Zustand*

Hierfür müssen bereits in der Konzeptphase, bevor das finale Produktdesign feststeht (Design Freeze), die Teile so gestaltet werden, dass die Sonderverfahren anwendbar sind, in der Regel also anders als für das Kompaktspritzgießen. Falls in der Konzeptphase erkannt wird, dass das Produkt im Kompaktspritzgießen nicht herstellbar ist, suchen Projektteams heute schon nach anderen Lösungen. Aber in den vielen Fällen, in denen das Produkt im Kompaktspritzgießen bedingt herstellbar ist oder zu sein scheint, wird dieses im klassischen PEP nicht gemacht. Damit bleiben die großen Potenziale für mehr Nachhaltigkeit, höhere Qualität und geringere Kosten ungenutzt. Ein Zustand, der heute nicht mehr akzeptabel ist – der sich erfreulicherweise aber auch leicht ändern lässt. ■

**interpack**

PROCESSING & PACKAGING  
4<sup>TO</sup> 10 MAY 2023  
DÜSSELDORF

**SIMPLY  
UNIQUE**



Messe  
Düsseldorf