

# Schneller und genauer kalkuliert

**Ähnliche Werkzeugfunktionen verursachen ähnlichen Herstelleraufwand Für Werkzeuge** Um Preisangebote für komplexe Unikatprodukte wie Spritzgießwerkzeuge abgeben zu können, werden zunächst die Herstellkosten und -zeiten der jeweiligen Einzelteile und Baugruppen abgeschätzt. Meist orientieren sich die Angebotsplaner dabei an ähnlichen Werkzeugen, die bereits hergestellt wurden. Dieser recht zweckmäßige Weg erfordert aber viel Erfahrung; zudem ist er meist zeitaufwändig und fehleranfällig. Schneller und kostengenaue ist eine ähnlichkeitsbasierte, funktionsgestützte Methode zur Angebotsplanung.

**A**us Sicht der Werkzeug-Anwender ist es natürlich wirtschaftlich sinnvoll, neue Werkzeuge und Vorrichtungen bei unterschiedlichen Werkzeugherstellern anzufragen. Grundlage dafür sind die – zum Teil ungenauen – Informationen, die der Werkzeughersteller von seinen Auftraggeber erhält. Exakte Kostenabschätzungen in der Angebotsplanung sind daher häufig schwierig, fehlerhaft und zeitaufwändig. Die Angebote müssen sowohl technisch als auch wirtschaftlich realistisch und nachvollziehbar sein. Gleichzeitig ist der Aufwand für die Angebotserstellung aufgrund der geringen Beauftragungswahrscheinlichkeit in Grenzen zu halten. Werkzeughersteller müssen davon ausgehen, dass aus lediglich 5 bis 10 Prozent ihrer Angebote ein Auftrag hervorgeht. Für den Werkzeughersteller ist es naheliegend, Angebote und Auftragsdokumente bereits produzierter Werkzeuge, die eine gewisse Ähnlichkeit zu dem anzubietenden Werkzeug haben, heran zu ziehen. In der

Praxis beruht die Bestimmung der Ähnlichkeit zwischen dem angefragten und einem bereits produzierten Werkzeug meist auf Basis des Erfahrungswissens der Mitarbeiter, die die Angebote erstellen. Die Ähnlichkeit wird dabei durch den Werkzeugtyp und durch konstruktive Merkmale beurteilt. Neben kompletten Werkzeugen werden so auch einzelne Werkzeugfunktionen miteinander verglichen.

## Aufwand und Genauigkeit verschiedener Kalkulationsarten

In den meisten Unternehmen wird das Angebot durch einen Kalkulator ausgearbeitet, der einen hinreichenden Überblick über die produktabhängige Gestaltung der Werkzeuge und Vorrichtungen sowie die zugehörigen Herstellungsprozesse hat. Somit können die Herstellkosten und -zeiten für den Auftrag realistisch abgeschätzt werden. Bei der Kalkulation im Werkzeug- und Formenbau wird heute zwischen Schätz-, Ähnlichkeit-, Standard- und Neukalkulationen unterschieden.

Schätzkalkulationen beinhalten eine globale Schätzung des Aufwandes für die Werkzeugherstellung. Unter Zuhilfenahme einer Grobauslegung des Werkzeuges wird der Stundenaufwand festgelegt und mit einem Kalkulationsstundensatz, der auch die Gemeinkosten und Materialkosten pauschaliert einbezieht, multipliziert.

Die Methode zur Ähnlichkeitkalkulation basiert auf der Bestimmung des ähnlichsten Werkzeuges und der Orientierung an den dabei entstandenen Herstellkosten.

Für Standardkalkulationen werden zunächst die Komponenten eines Werkzeuges (Einzelteile und Baugruppen) in Kalkulationsgruppen zusammengefasst und dann auf Grundlage von erfahrungsbasierten Kostenfunktionen ermittelt. Für die Ermittlung dieser Formeln ist der

Einsatz statistischer Verfahren, wie zum Beispiel der Regressionsrechnung, im Werkzeugbau sehr verbreitet.

Die Neukalkulation beruht auch auf Kostenformeln, wobei basierend auf Bearbeitungsverfahren, die Abhängigkeit der Fertigungsvorgänge und Fertigungszeiten festzuhalten ist. Dafür müssen die Werkzeugteile genau beschrieben werden. Dieser Ansatz ist aufwändig und aufgrund der geringen Beauftragungswahrscheinlichkeit nicht weit verbreitet.

Trotz der Vielzahl der unterschiedlichen Kalkulationsverfahren wird die erreichbare Genauigkeit der Kalkulation durch den Vergleich von Vor- und Nachkalkulation im Branchenschnitt mit etwa zehn Prozent Abweichung nach oben oder unten angegeben. Die Anwendung der Verfahren stellt für unerfahrene Mitarbeiter aufgrund der Komplexität der zu kalkulierenden Werkzeuge eine Herausforderung dar und ist zeitintensiv. Daher wird am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover eine funktionsbasierte Methode zur Angebotsplanung entwickelt, um den Herstelleraufwand (Her-

## Autoren

**Mohamed Amine Askri**, Projektingenieur, Abteilung Informationssysteme, IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover, Hannover, askri@iph-hannover.de  
**Dr. Rouven Nickel**, Geschäftsführer, IPH, Hannover

**Prof. Dr. Ludger Overmeyer**, Leiter des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Leibniz-Universität Hannover und geschäftsführender Gesellschafter des IPH, Hannover

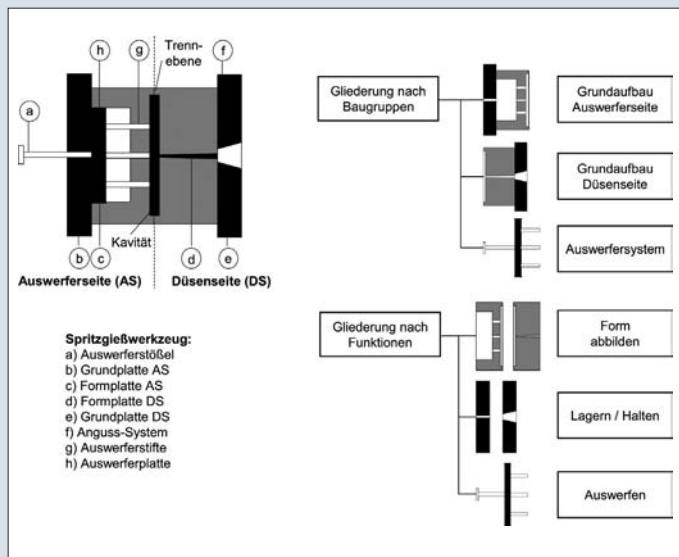


## KOSTENEFFIZIENZ

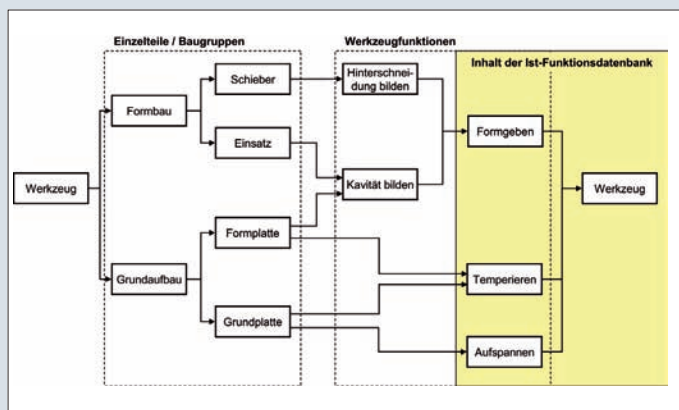
### Schnellere und genauere Angebotsplanung

Eine funktionsbasierte Werkzeugkalkulation und die Ableitung von Herstellkosten und -zeiten auf Basis bereits verkaufter Werkzeuge verspricht eine erhebliche Aufwandsreduzierung bei der Angebotsplanung. Die hieraus ableitbaren Rationalisierungspotentiale können zum Beispiel in Form von niedrigeren Preisen und kürzeren Reaktionszeiten an die Werkzeug-Anwender weitergegeben werden. Aufgrund des Unikatcharakters von Spritzgießwerkzeugen ist die Erprobung und Validierung des funktionsbasierten Ansatzes in der Praxis notwendig.

**Gliederung eines Spritzgießwerkzeugs nach Baugruppen und nach Funktionen**



**Verknüpfung von Einzelteilen und Baugruppen mit den Werkzeugfunktionen eines Spritzgießwerkzeugs**



(Bilder: IPH)

stellkosten und Herstellzeiten) aus (Teil-)Funktionen eines Spritzgießwerkzeugs genau und schnell ableiten zu können. Diese Methode bietet den Vorteil, auch durch unerfahrene Mitarbeiter bei der Angebotsplanung verwendet werden zu können.

**Funktionsbasierte Angebotsplanung nutzt die Denkweise der Planer**

Angebotsplaner von Werkzeugen und Formen denken bei ihren Tätigkeiten nicht fertigungs- oder baugruppenorientiert, sondern funktionsbasiert. Die Unterscheidung zwischen einer Gliederung nach Baugruppen und einer Gliederung nach Funktionen ist exemplarisch in Bild 1 dargestellt. Beispiele für Funktionen eines Spritzgießwerkzeugs sind Form abbilden, lagern und auswerfen.

Während der Kalkulation benutzen Angebotsplaner Informationen aus alten Angeboten, um sie als Grundlage für die Werkzeugkalkulation zu verwenden. Die

Planer veranschaulichen sich während der Kalkulation die geforderten Funktionen eines Werkzeuges (zum Beispiel Form abbilden) und leiten daraus die Einzelteile und Baugruppen ab. Die Baugruppe „Grundaufbau Auswerferseite“ wird zum Beispiel für die Funktionen „Form abbilden“ sowie „lagern und halten“ benötigt. Diese Baugruppe besteht aus „Grundplatte Auswerferseite“ und „Formplatte Auswerferseite“. Über die Ausführung der benötigten Werkzeug-einzelteile und -baugruppen werden anschließend die Materialien und der Herstelleraufwand für das Werkzeug abgeschätzt.

Der neue Lösungsansatz nutzt ebenfalls das in einem Unternehmen vorhandene Wissen, das in Form von Erfahrungen aus abgeschlossenen Aufträgen existiert. Die Methode umfasst die Entwicklung einer Ähnlichkeitsbestimmung von Werkzeugen und von Werkzeugkomponenten aus einer neu zu entwickeln-

den und zu strukturierenden Ist-Funktionsdatenbank, in der die bereits produzierten Werkzeuge und die tatsächlich entstandene Kosten und Herstellzeiten nach Funktionen klassifiziert sind. Dafür werden Verknüpfungen zwischen den Einzelteilen und Baugruppen und den Werkzeugfunktionen hergestellt, wie anhand eines vereinfachten Beispiels in Bild 2 dargestellt ist.

Das vorhandene und strukturierte Wissen über bereits produzierte Werkzeuge soll auf diese Weise zielgerichtet für die Planung neuer Werkzeuge genutzt werden. Da die Angebotsplanung auf Nachkalkulationen von bereits produzierten Werkzeugen basiert, wird durch die funktionsbasierte Ähnlichkeit eine präzisere Ermittlung von Herstellkosten und Herstellzeiten in der Angebotsplanung ermöglicht. Die Herausforderung besteht darin, komplexe Werkzeuge durch eine Funktions- und Teilfunktionsdarstellung soweit zu gliedern und zu beschreiben, dass die Zuordnung von Einzelteilen und Baugruppen zu Funktionen ermöglicht wird.

Für die Bestimmung der Herstellkosten und -zeiten mit dem funktionsbasierten Ansatz werden beschreibende, kostenbestimmende Merkmale benutzt. Die Merkmale sind qualitative Eigenschaften, die über ihre Gewichtung in der fertigungs-basierten Betrachtungsweise den Herstelleraufwand einer Werkzeugfunktion bestimmen (siehe Bild 3). Beispiele für Merkmale sind Anzahl der Auswerferstifte, Anzahl der Kavitäten oder deren Form. Ausgehend von den Merkmalen werden die Bandbreiten der Merkmalsausprägungen ermittelt. Ausprägungen sind typische Klassen, die ein Merkmal annehmen kann (zum Beispiel kann die Ausprägung des Merkmals „Komplexität“: „Hoch“, „Mittel“ oder „Gering“ sein). Die Merkmale werden für die Ähnlichkeitsberechnung gemäß ihrer Sensitivität und Ausprägung verwendet.

Die Bedeutung einer Werkzeugfunktion wird durch die Definition des Anteils einer einzelnen Funktion am Herstelleraufwand des Werkzeuges relativ zu anderen Funktionen beschrieben. Dieser Wert wird durch die möglichen Merkmale einer Funktion, die Sensitivitätsanalyse und die Gewichtungen der Merkmale definiert (Bild 3). Daraus wird der Herstelleraufwand von Werkzeugfunktionen abgeleitet.

Die Suche und Beschreibung ähnlicher Werkzeugfunktionen wird auf Basis des Vergleiches von Merkmalen in ei-

ner Ist-Funktionsdatenbank und in einem Funktionspool erfolgen (siehe Bild 4). Wenn ähnliche Funktionen identifiziert werden, wird aus den Werkzeugfunktionen und der Sensitivität eine Abschätzung der Herstellkosten und -zeiten sowohl der Funktionen als auch des gesamten Werkzeugs abgeleitet.

### Ablauf der Angebotsplanung

In Bild 4 ist der geplante Ablauf der funktionsbasierten Angebotsplanung wiedergegeben. Im Rahmen der Anfrage erhalten Werkzeug- und Formenbauer eine Werkzeugspezifikation in Form eines Lastenheftes, das die Anforderungen an das Werkzeug enthält. Darüber hinaus werden CAD-Daten des Artikels, der mit dem angefragten Werkzeug produziert werden soll, übergeben. Aus den Anfrageinformationen werden die Soll-Funktionen des Werkzeuges abgeleitet. Die Soll-Funktionen werden zu einem Funktionspool zusammengefasst. Er enthält die Ableitung und Aufbereitung der Werkzeugfunktionen sowie ihre Beschreibung. Die Soll-Funktionen werden mit Hilfe von zu definierenden Merkmalen und Ausprägungen beschrieben.

Zur Durchführung der funktionsbasierten Werkzeugkalkulation wird eine funktionsbasierte Ist-Funktionsdatenbank erstellt. Sie enthält Daten von bereits hergestellten Werkzeugen, zum Beispiel ähnliche Werkzeugfunktionen oder komplette Werkzeuge. Die Methode ermöglicht dem Anwender die ähnlichkeitsbasierte, funktionsgestützte Suche im Rahmen der Angebotsplanung mit Hilfe der Ist-Funktionsdatenbank. Der Prozess der Angebotsplanung wird dadurch schneller und die kalkulierten Kosten entsprechen dem tatsächlichen Aufwand genauer. ■

Das Forschungsprojekt „Funktionsbasierte Angebotsplanung von komplexen Unikatprodukten“ (Geschäftszeichen Ov 36/8-1) wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung.

