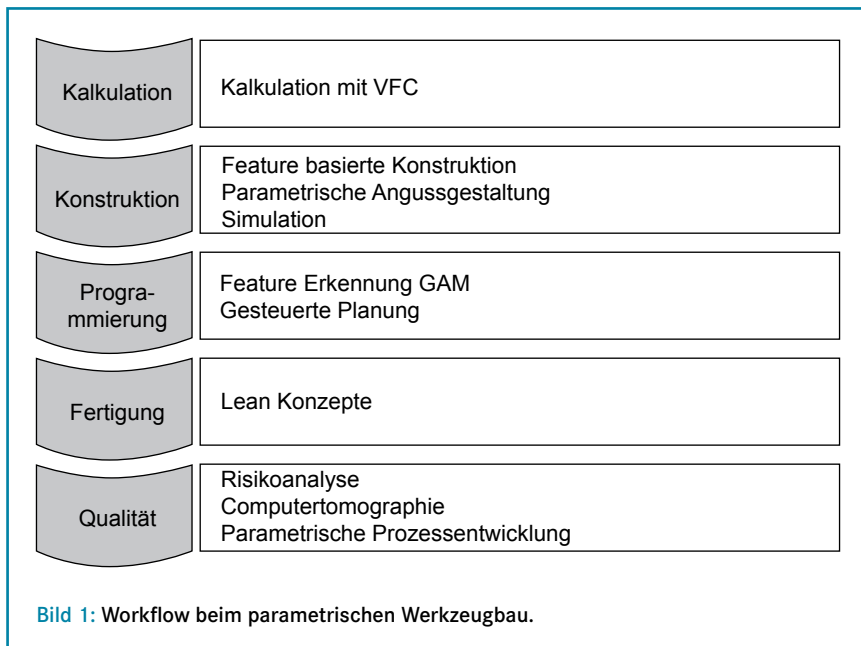


Für die parametrische Konstruktion gibt es eine große Anzahl von Anwendungen und Lösungsansätzen. Durch die Einführung bei G. A. Röders wurden nicht nur die Formbauzeiten, sondern auch die Fehlerhäufigkeit extrem verringert.

Der parametrische Werkzeugbau

Traditionell ist der Werkzeugbau eine von hoher handwerklicher Einzelleistung geprägte Branche mit kleinen oder extrem kleinen Stückzahlen. Die Firma G. A. Röders in Soltau fertigt Druckgießwerkzeuge für den eigenen Bedarf. Fast 50 % werden nur ein einziges Mal hergestellt, von weiteren 30 bis 40 % werden sogenannte Folgewerkzeuge erstellt, weil die Serie so hoch ist, dass das ursprüngliche Werkzeug verschleißt. Nur von ca. 10 % werden mehr als zwei Werkzeuge hergestellt, oft in Abständen von mehreren Monaten oder Jahren. Daher ist es für den Erfolg des Werkzeugbaus wichtig, diese Werkzeuge so zu bauen, dass wenig oder gar keine Nacharbeit anfällt und die Produkte zeichnungsgerecht mit den Werkzeugen hergestellt werden können.



„Der parametrisch-assoziative Ansatz unterstützt maßgeblich vernetztes Denken, Entwickeln und Konstruieren innerhalb der unterschiedlichen Prozessphasen.“

VON GERD RÖDERS, SOLTAU

Seit über 200 Jahren werden in Soltau Werkzeuge gebaut und seit vielen Jahrzehnten bildet Rödgers Werkzeugmechaniker aus. Noch bis in die neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts war es üblich, dass der Werkzeugmacher eine Produktzeichnung ausgehändigt bekam und dann selbstständig daraus ein Werkzeug konstruierte. Dazu musste er den Schrumpfungsfaktor berechnen, die Aushebeschrägen anbringen und Auswerfer und Anguss berechnen. Oft wurden diese Änderungen lediglich mit einem Bleistift in die Kundenzeichnung eingetragen. Vieles geschah ausschließlich im Kopf der Werkzeugmacher. Es ist unbestritten, dass auf diese Weise hochwertige, genaue und günstige Werkzeuge entstanden sind, es ist aber auch unbestritten, dass die Form nach den ersten Gießversuchen fast immer geändert werden musste. Weiterhin gab es nicht selten ein Kostenproblem, denn die Werkzeugkosten wurden in der Kalkulation von weiteren Experten nur geschätzt und angeboten. Die späteren Herstellungskosten entsprachen diesen Schätzungen nicht immer.

Die enormen technischen Entwicklungen haben den Werkzeugbau in den letzten 20 Jahren komplett verändert. Insbesondere die CAD/CAM-Kette, aber auch die Vernetzung von Maschinen und Prozessen, führten zu einer anderen Art der Werkzeugerstellung. Diese Entwicklung geht zur Zeit extrem schnell voran, selbst wenn hinter Begriffen wie Industrie 4.0 manchmal noch viel heiße Luft und wenig Prozesse zu sehen sind.

Zu den Herausforderungen des modernen Werkzeugbaus gehören neben den neuen technischen Entwicklungen aber auch andere Faktoren wie Fachkräftemangel, hohe Lohnkosten am Standort Deutschland und verkürzte Entwicklungszeiten der Kunden.

Eine der entscheidenden Entwicklungen ist dabei auch in dem Konzept des „schlanken Werkzeugbaus“ zu sehen. Viele Kunden zahlen heute die Werkzeuge erst nach Abnahme und zwingen den Werkzeugbauer, in hohe Vorleistungen zu treten. Deswegen muss der Werkzeugbau schon aus wirtschaftlichen Gründen so aufgestellt sein, dass wenig Kapital gebunden wird, wenig Verschwendung auftritt und die Reaktions- und Durch-

laufzeit minimiert werden. Natürlich sollen die Werkzeuge gleich beim ersten „Schuss“ sitzen.

Ziel des schlanken Werkzeugbaus ist es, diese Faktoren zu entwickeln und gleichzeitig aus Erfahrungen zu lernen.

Parametrischer Werkzeugbau als Teil einer schlanken Produktion

Die Firma G.A.Rödgers beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der schlanken Produktion. Ein Ansatz ist dabei der parametrische Werkzeugbau (Bild 1).

Im Online-Wörterbuch heißt es: „Der sich heute immer stärker durchsetzende parametrisch-assoziative Ansatz in der Fahrzeugentwicklung unterstützt maßgeblich ein vernetztes Denken, Entwickeln und Konstruieren von Fahrzeugen innerhalb der unterschiedlichen Prozessphasen. Parametrisch-assoziative CAD-Modelle ermöglichen das Speichern von Wissen der Fahrzeugentwicklung und der Folgeprozesse und machen es für neue Fahrzeugprojekte wiederverwendbar.“

Der parametrische Ansatz soll anhand einiger Beispiele erläutert werden.

Parametrische Kalkulation

Eine Werkzeugkalkulation ist recht aufwendig und erfordert zurzeit einen sehr hohen Wissensstand. Deswegen können oft nur wenige, hochqualifizierte Arbeitskräfte die Werkzeuge kalkulieren, diese Arbeitskräfte werden aber oft auch für andere wertschöpfende Arbeiten benötigt. Eine ungenaue Kalkulation kann zu hohen Verlusten im Werkzeugbau oder zu einem Verlust an Aufträgen führen. Gleichzeitig nimmt durch die Digitalisierung die Anzahl an Anfragen sprunghaft zu und die Anzahl an Aufträgen prozentual ab.

Der Arbeitskreis Formenkalkulation des Bundesverbands der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG) hat zusammen mit dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) an der Universität Hannover deswegen versucht, einen parametrischen Kalkulationsansatz mit dem Visual Form Calculator (VFC, Bilder 2 und 3) zu entwickeln. Dabei konnte jeder Betrieb anhand von Arbeitsplänen und Maschinendaten die eigenen

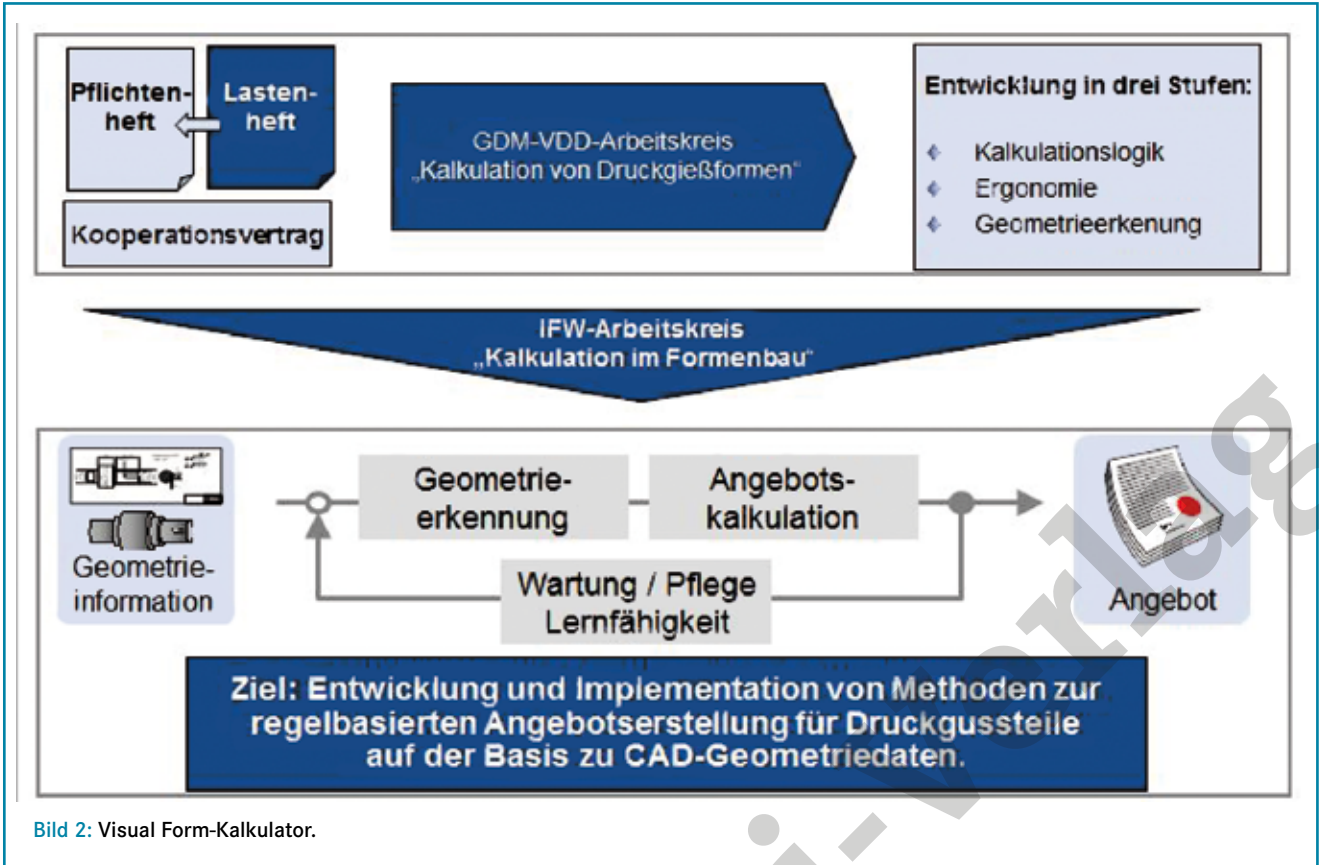


Bild 2: Visual Form-Kalkulator.

Dichtzuschläge / Abstandsgrößen

◆ **Dichtzuschläge (DZ) Kontureinsatzes (KE) Z - Richtung:**

Allgemein:

(I) $KA_{GUSS, min} = a \cdot FD_{KONTUR, min} + b$ (II) $KA_{GUSS, max} = a \cdot FD_{KONTUR, max} + b$

$\Rightarrow a = \frac{KA_{GUSS, max} - KA_{GUSS, min}}{FD_{KONTUR, max} - FD_{KONTUR, min}}$; $b = KA_{FREI, min} - \frac{(KA_{GUSS, max} - KA_{GUSS, min}) \cdot FD_{KONTUR, min}}{FD_{KONTUR, max} - FD_{KONTUR, min}}$

$\Rightarrow KA_{GUSS}(FD_{KONTUR}) = a \cdot FD_{KONTUR} + b$

$\Rightarrow KA_{GUSS}(X_{Wst}, Y_{Wst}) = a \cdot \sqrt{X_{Wst}^2 + Y_{Wst}^2} + b$

mit $a, b = konst.$

$FD_{KONTUR, min} = \sqrt{X_{Wst, min}^2 + Y_{Wst, min}^2}$

$FD_{KONTUR, max} = \sqrt{X_{Wst, max}^2 + Y_{Wst, max}^2}$

Gußmaterial

		Al	Mg	Zn	Zk
KA FREI	min				
	max				
X KE	min				
	max				
Y KE	min				
	max				

[FD_{Kontur} – Flächendiagonale maximale Kontur]

Min. $FD_{Kontur} = FD_{Kontur}(X_{Wst, min}, Y_{Wst, min})$

Max. $FD_{Kontur} = FD_{Kontur}(X_{Wst, max}, Y_{Wst, max})$

Bild 3: Parameter für die Angussentwicklung im VFC.

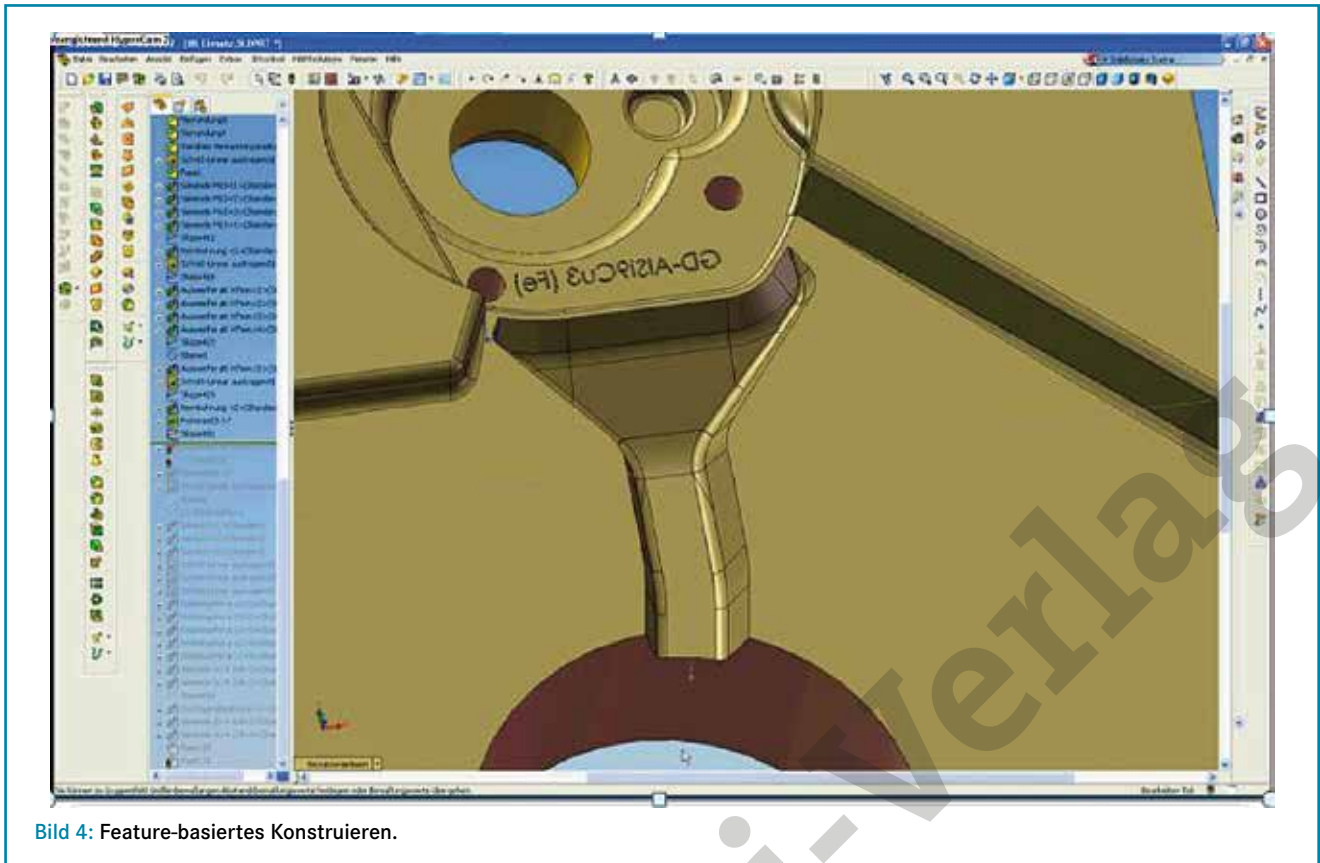


Bild 4: Feature-basiertes Konstruieren.

Fähigkeiten im Programm abbilden und somit eine personalisierte Version des Programms entwickeln. Durch diesen Ansatz wurde sichergestellt, dass die jeweils eigene Parametrik zum Erstellen von Formen verwendet wurde.

Übergreifende, für alle Teilnehmer gültige, Methoden wurden ebenso entwickelt wie ein Musterformenbau zum Vergleich mit den eigenen Ergebnissen.

Neu angefragte Kundendaten konnten eingelesen werden und wurden interaktiv analysiert. Anhand einiger weniger Entscheidungen konnten die Formkosten errechnet werden. Leider wurde der Ansatz bei allen Firmen trotz hoher Aufwendungen letztendlich eingestellt. Das Programm konnte die Normteile, Auswerferplatten, und 2-1/2-D-Bearbeitung sehr genau parametrisch berechnen. Schwierig gestalteten sich jedoch die Freiformflächen. Obwohl die Methodik, z. B. wann gefräst und wann erodiert werden muss, erarbeitet ist, wurde kein Partner gefunden, der ein CAD-Tool, basierend auf dieser Methodik, entwickeln konnte. Wichtige Kostenparameter wie Formteilung, Schieberrückführung und Fräsaufwand waren so ungenau, dass eine sinnvolle Kalkulation nicht möglich war. Es bleibt abzuwarten, ob ein vollparametrischer Ansatz eines Tages möglich ist. Auf jeden Fall besteht ein Bedarf für eine genauere Kalkulation, die auch einen direkten Rückfluss aus der Fertigung erlaubt.

Parametrische Konstruktion

Anders als die parametrische Kalkulation gibt es für die parametrische Konstruktion eine große Anzahl von Anwendungen und Lösungsansätzen. Bei G. A. Röders wurde zunächst daran gedacht, die Werkzeuge zu standardisieren, indem nur wenige große Werkzeuge hergestellt und die direkten Anwendungen dann jeweils an die nächstpassende Größe angepasst wurden. Dies war jedoch kein sinnvoller Ansatz. Deswegen wurde auf ein Tool

zurückgegriffen, das ursprünglich aus der Möbelindustrie stammt. Dabei werden die immer gleichen Elemente skalierbar gefertigt. So wird heute bei Röders der gesamte Formenaufbau mit Hilfe von Tabellen erstellt. Der Konstrukteur gibt nur noch ein paar individuell notwendige Maße an. Danach gestaltet sich der gesamte Formenaufbau praktisch selbstständig. Damit wurden nicht nur die Formbauzeiten, sondern auch die Fehlerhäufigkeit extrem verringert. Ein wesentlicher weiterer Aspekt des parametrischen Konstruierens sind aber auch Vorgaben, die garantieren, dass die Form im eigenen Werkzeugbau problemlos gefertigt werden kann. So sind Standardbohrungen, Passungen etc. vorgegeben, die eine durchgängige Prozesskette bis zur Werkzeugmaschine garantieren. Diese parametrisch hergestellten Features werden dabei so im System gekennzeichnet, dass sie problemlos an das CAM-Modul weitergereicht werden können (Bild 4).

Insofern werden diese CAD-Daten „intelligent“ in das CAM-System eingelesen. Das CAM-System stellt dabei die zentrale Verbindung zwischen den Werkzeugmaschinen und der Konstruktion dar. Dabei wurden die wesentlichen Herstellparameter im CAM-System ebenfalls als Module hinterlegt. Das CAM-Programm erkennt so die wesentlichen Features aus dem CAD und ordnet diese festen Prozeduren der Herstellung zu. Der Konstrukteur bestätigt diese automatische Erkennung lediglich und passt bei einem Technologiewechsel die Module an. Gleichzeitig werden im CAM die Programme der Maschine und der Werkstattplanung zugewiesen.

In der Werkstatt werden die Werkstücke auf Paletten und Modulträger gespannt (Bild 5). Diese sind mit RFID-Chips gekennzeichnet und werden nun mit den CAM-Programmen gekoppelt. Dann werden die relevanten Fertigungsdaten den ebenfalls mit RFID-Chips gekennzeichneten Werkzeugen und Werkstücken zugeordnet und gespeichert, bevor sie mit dem Roboter zu den Maschinen gebracht werden. Dadurch ist es 24 Stunden am Tag möglich, manlos zu fertigen.



Bild 5: Werkzeugfertigung in der Werkstatt von G. A. Röders.

Die Messmaschine ist ebenfalls mit der CAM-Software verbunden. Diese misst Referenzpunkte an den fertigen Werkstücken und vergleicht diese mit dem CAM-Modell. So können Versatz und eventuelle Fehler entdeckt werden.

Auch das hochkomplexe Angussystem lässt sich über eine Parametrik verbessern (Bild 6). Dabei werden bestimmte Vorgaben im CAD-System eingegeben wie die Form des Angustrichters, die Länge der Beruhigungsstrecke und die Lage des Angusses. Das parametrische System kann aus diesen wenigen Angaben nun recht einfach eine hohe Anzahl an Angussvarianten erzeugen. Die modernen Simulationsprogramme sind in der Lage, alle Varianten statistisch auszuwerten. Der Benutzer kann nun auf Basis verschiedener Kriterien wie Porosität, Verzug und Formfüllgeschwindigkeit ein für den Anwendungsfall optimales System aussuchen. Hier unterscheidet sich der parametrische Werkzeugbau entschieden vom bisherigen Vorgehen, denn dort wurden nur wenige vom Konstrukteur erdachte Angussvarianten simuliert. Bisher konnte der Ansatz jedoch nur bei einer 1-fach-Form umgesetzt werden.

Parallel zur technischen Herstellung finden andere wichtige Prozesse statt. allen voran die Herstellbarkeitserklärung. Röders baut die Formen ausschließlich für den Eigenbedarf. Deswegen muss schon mit der Auftragsbestätigung eine Herstellbarkeitsanalyse abgegeben werden. Dafür werden alle Zeichnungseintragungen gekennzeichnet. Neue CAQ (Computer Aided Quality)-Programme können jeden Zeichnungseintrag zum Teil mit mehreren Tabellen automatisch vergleichen, sowohl mit einer Allgemeintoleranz als auch mit einer Tabelle mit den eigenen, weiter eingeschränkten Toleranzmöglichkeiten. Dafür muss der Konstrukteur jedoch weitere Eingabe vornehmen. Ein Maß kann z. B. ein freies oder ein formgebundenes Maß sein. Der Werkzeugmacher wird so auch zum Berater für die Fertigungslösung. Dieser Ansatz ist wichtig, denn Kunden erwarten heute keine

Werkzeugmacher, sondern Berater für Lösungen, für die Werkzeuge notwendig sind. In diesem Bereich sind die Lösungen noch nicht umgesetzt.

Weiterhin werden bei Röders auch alle Werkzeuge mit der Software von Magma, Aachen, simuliert. Dabei sind besonders die Angussysteme entscheidend für den Erfolg beim Gießen. Durch eine parametrische Angussentwicklung können eine große Anzahl an Angussvarianten automatisch erzeugt werden. Diese werden mit der Simulation statistisch ausgewertet. Der Benutzer kann dann z. B. die Teile mit den geringsten Poren und dem geringsten Verzug oder andere Varianten wählen. Oft gibt es ja nicht die eine Variante, die alle Probleme löst. So entscheidet der Anwender anhand einer statistischen Auswertung.

Das fertiggestellte Werkzeug wird anschließend in der Gießerei gemustert. Dabei werden die Parameter aus der Simulation angewendet. Das Ergebnis wird mit einem Computertomografen gescannt. Dadurch kann sowohl ein Soll/Ist-Vergleich mit dem CAD-Modell stattfinden als auch die Porosität, der Verzug oder die Verbiegung nachgewiesen werden. Damit schließt sich der Regelkreis, denn die Ergebnisse können wieder in die Simulation einfließen, die bei Folgeaufträgen so noch genauer wird.

Die Anforderung an den modernen Werkzeugbau ist aber vor allem eine schnelle Durchlaufzeit. Die Projekte sollen in immer kürzeren Zyklen verwirklicht werden. Deswegen muss neben der Parametrisierung auch die Produktionslenkung verbessert werden. Hier bieten sich die Methoden der schlanken Fertigung an. Bei Röders gibt es dazu einen 24-Stunden-Plan, eine Wochenplanung und verschiedene sich selbst steuernde „Supermärkte“. Wichtig ist, dass die Arbeit immer an den Maschinen vorrätig ist und die Mitarbeiter jeweils dort arbeiten, wo die nächste Stufe der Fertigung notwendig ist. Dafür ist es notwendig, möglichst viele Mitarbeiter an vielen Maschinen auszubilden. In der schlanken Fertigung zählt in erster Linie nicht die Spin-

Parametrischer Aufbau

➤ Automatische Berechnung der Querschnitte im CAD-Modell

Aktiv	Gleichung	Evaluert Am	Kommentar	Hilfsfenster
<input checked="" type="checkbox"/>	1. $x = (\text{breite_anschnitt} @ \text{Gleise_Anschluss} - 2) * \text{weite_anschnitt} @ \text{Gleise_Querschnitt_Ansch...}$	✓	55,82mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	2. $\text{weite} @ \text{Gleise_Aufarmung_1} = 1 * (\text{breite} @ \text{Gleise_Aufarmung_1} / (\pi * 2 - 2)) * (\text{breite} @ \text{Gleise_A...}$	✓	2,8mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	3. $\text{weite} @ \text{Gleise_Aufarmung_2} = 1 * (\text{breite} @ \text{Gleise_Aufarmung_2} / (\pi * 2 - 2)) * (\text{breite} @ \text{Gleise_A...}$	✓	3,52mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	4. $\text{weite} @ \text{Gleise_Aufarmung_3} = 1 * (\text{breite} @ \text{Gleise_Aufarmung_3} / (\pi * 2 - 2)) * (\text{breite} @ \text{Gleise_A...}$	✓	4,7mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	5. $\text{weite} @ \text{Gleise_Aufarmung_4} = 1 * (\text{breite} @ \text{Gleise_Aufarmung_4} / (\pi * 2 - 2)) * (\text{breite} @ \text{Gleise_A...}$	✓	7,13mm	

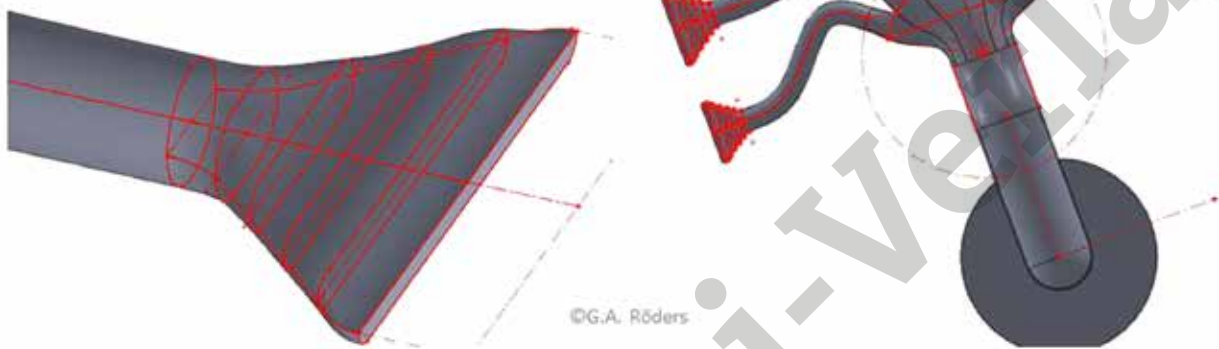


Bild 6: Parametrische Angusskonstruktion.

delstundenzahl sondern die Durchlaufzeit und Reaktionsfähigkeit des Betriebs. Deswegen wurden bei Röders mehrfach Schulungen zu den Themen Rüsten und zum Prozessoptimierungssystem Six Sigma durchgeführt. Dieser Prozess ist jedoch niemals abgeschlossen und bedarf der ständigen Optimierung.

Der parametrisierte Werkzeugbau ist ein hochkomplexes Gebilde. Ziel ist es, Kundenwünsche umgehend zu erfüllen, Mitarbeiter zu motivieren und Kosten transparent im Überblick zu behalten. Nur wenn diese Faktoren ein Optimum erreichen,

kann sich der Werkzeugbau gegen billige und ebenfalls schnelle Anbieter z. B. aus Fernost durchsetzen. Ein großer Vorteil besteht aber darin, dass Kunden umfassend beraten werden können, wenn der Werkzeugbau auch über Kenntnisse des Prozesses verfügt, für den er Werkzeuge erstellt.

Das Essay geht auf den gleichnamigen Vortrag des Autors beim 1. Niedersächsischen IndustrieForum in Hannover im Juni 2016 zurück. Gerd Röders leitet die NE-Gießerei G. A. Röders in Soltau.

Wenn Fachleute und Branchenexperten berichten

Fachartikel

www.giesserei.eu



AKTUELL
IM WORLD WIDE WEB



GIESSEREI

Hier kommuniziert die Gießereibranche

Die neue Webseite der GIESSEREI-Zeitung: www.giesserei.eu