

# EDV-gestützte Kalkulation von Spritzgußteilen

Hilfe für die kunststoffverarbeitende Industrie / Von Hans-Ulrich Niedner

Spritzgußprodukte begleiten uns heute von der Morgentoilette bis zum Schlafengehen, im Haushalt und Büro, in der Freizeit und im Sport. Fast täglich werden neue Anwendungsgebiete erschlossen. Bestes Beispiel ist die Verdrängung von Metallen durch Kunststoffe in der Automobilindustrie. Daß ein Auto heute eine Stoßstange aus Kunststoff hat, ist selbstverständlich. Aber bis vor einigen Jahren war dies undenkbar. Inzwischen wird sogar mit hochbelasteten Teilen (Kolben, Pleuels und Ölwanne) experimentiert und ganze Karosserien aus Kunststoff gefertigt. Allein in der Bundesrepublik gibt es ca. 5 000 kunststoffverarbeitende Betriebe, die größtenteils mittelständisch sind und Zwischenprodukte für die verschiedensten Industriezweige herstellen. Der Werkstoff Kunststoff ist entgegen landläufiger Meinung recht teuer. Allerdings erlaubt er, komplexe Gebilde in einem Arbeitsgang herzustellen, so daß im Gegensatz zu anderen Materialien weitere Arbeitsgänge (zum Beispiel Zusammenfügen verschiedener Werkteile) entfallen oder reduziert werden können. Der höhere Materialpreis kann durch die kostengünstigere Fertigung kompensiert werden.

Durch die Komplexität des Teiles ist die Berechnung der Formen und Kurven sowie die Kostenkalkulation mit großem Aufwand und erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Dies soll in der Folge an einem Beispiel dargestellt werden. Der Kalkulator bekommt die Anfragen in Form von technischen Zeichnungen, Mengen- und Materiallisten auf den Tisch.

## Technische Berechnungen

Seine erste Aufgabe ist, aus der technischen Zeichnung das Volumen des Teiles zu berechnen. Aus dem errechneten Volumen ergibt sich die benötigte Materialmenge. Aus den ca. 2000 verschiedenen Materialsorten müssen die Daten für das zu verwendende Material herausgesucht werden. Aus den ca. 75-250 materialspezifischen Daten kann anschließend die benötigte Maschine berechnet werden. In erster Linie bestehen diese Daten aus Angaben über Schmelztemperaturen, Verarbeitungsdrücken und Fließverhalten.

## Der Arbeitszyklus

Ist die richtige Maschine ausgewählt, werden die einzelnen Abschnitte eines Arbeitszyklusses berechnet.

Jeder Arbeitsgang muß berechnet, beziehungsweise ermittelt werden. In die Rechnung fließen die Daten des Materials sowie



Hans-Ulrich Niedner am Bildschirm seines Personal-Computers. (Foto: Rehor, Gießener Anzeiger)

der benutzten Maschine ein. Dieser Vorgang ist deshalb so wichtig, da die Summe der Zeiten für die einzelnen Arbeitsgänge sowie die materialabhängige Kühlzeit die Länge eines Arbeitszyklusses ergeben. Diese Maschinenzeit ist entscheidend für die Kostenrechnung eines Kunststoffteiles.

## Die Preiskalkulation

Im wesentlichen ist damit die technische Berechnung abgeschlossen. Die ermittelten Daten bilden die Grundlage für die Preiskalkulation. Im Normalfall wird eine Zuschlagkalkulation auf Maschinenbasis oder eine Deckungsbeitragsrechnung benutzt. Dabei werden zunächst die Material-, Lohn- und Maschinenkosten berechnet. Des weiteren fließen Werte für das Rüsten und Einstellen der Maschine, Auslastungen, Werkzeug-, Verpackungs- und Transportkosten in die Rechnung ein. Wichtig sind ebenfalls die einzelnen Gemeinkosten, Provisionen etc. Das Ergebnis dieser Berechnung ist ein Angebotspreis für das Spritzgußteil. Kosten für Nacharbeiten, Zusammenbauen, Lackieren etc., sind in den meisten Fällen ebenfalls zu berücksichtigen. Sind diese Werte ermittelt, wird ein Angebot geschrieben. Der Vorgang ist damit abgeschlossen. Anhand der oben beschriebenen Kurzdarstellung einer Kalkulation ist leicht erkennbar, wo die Probleme und damit gleichzeitig die Einsatzmöglichkeiten des Computers liegen.

## Problem-Bereiche

Die Probleme des Kalkulators lassen sich in zwei Gruppen aufteilen:

**Zeit:** Eine exakt durchgeführte Kalkulation beansprucht bei aller Erfahrung des Kalkulators immer noch ca. 3 bis 6 Stunden. Diese Zeit wird benötigt für die Suche und das Zusammenstellen von Verarbeitungswerten, Maschinendaten und kalkulatorischen Werten. Meist steht der Kalkulator unter Zeitdruck, da sich die Anfragen auf dem Schreibtisch stapeln und vorgegebene Antwortfristen eingehalten werden müssen. Die Folge ist: Einige Anfragen werden über den Daumen oder im ungünstigsten Falle überhaupt nicht berechnet.

**Richtigkeit der Berechnung:** Die Berechnungen sind zum Teil sehr komplex. Selbst wenn alle Werte richtig zusammengestellt wurden, besteht immer noch die Gefahr sich zu verrechnen und diesen Fehler innerhalb der gesamten Kalkulation mitzuführen. Insbesondere stellt die rheologische Berechnung hohe Ansprüche an die Genauigkeit und das Konzentrationsvermögen des Kalkulators. Die Basis der Kalkulation ist der Maschinensatz. Dadurch besteht immer die Gefahr, durch die Auswahl der Maschine schon am Anfang der Berechnung einen folgenschweren Fehler zu machen, da die Kosten für die Produktion nicht linear, sondern in Form einer Treppe steigen oder fallen. Ist ein Angebot abgegeben, scheidet man meist aus dem Wettbewerb aus, wenn der Preis zu hoch berechnet wurde. Ist ein

zu niedriger Preis kalkuliert, ist die Wahrscheinlichkeit recht hoch, daß man diesen Auftrag erhält. Allerdings werden die meisten Kunden nicht sonderlich über nachträgliche Kostenerhöhungen erfreut sein. Die oben beschriebenen Kalkulationen werden heute, mit Ausnahme einiger Großbetriebe, meist mit Bleistift und Taschenrechner ausgeführt.

### Die Lösung mit Hilfe des Computers

Wie sieht nun die Lösung unter Zuhilfenahme eines Computers aus? In diesem Abschnitt soll ein kurzer Einblick in eine computergestützte Kalkulation gegeben werden. Gleichzeitig werden dabei die wichtigsten Teile des vorliegenden Programmes erklärt.

Zunächst müssen die Datenbanken für die benötigten Materialien, Maschinen, Werkzeuge, Zukaufteile und Arbeitsgänge erstellt werden. Ist dieser einmalige Aufwand abgeschlossen, stehen sämtliche Werte auf Knopfdruck parat und müssen nicht mehr langwierig gesucht werden. Dabei umfaßt die Materialdatenbank alle für die Kalkulation benötigten Verarbeitungswerte. Während einer Kalkulation werden die Daten lediglich über die chemische Kurzbezeichnung und die Handelsnamen aufgerufen. In der Maschinendatenbank sind alle technischen Daten der Maschinen erfaßt. Die gesamten preiskalkulatorischen Werte werden an dieser Stelle eingegeben. Auf diese Weise ist es möglich, jeder Maschine unterschiedliche kalkulatorische Gegebenheiten zuzuordnen. Die Folgearbeitsgänge werden ebenfalls in einer Datenbank zusammengefaßt. Die einmalige Erfassung der Datenbanken erfolgt bei der Installation des Programms in Zusammenarbeit mit dem Anwender. Zusätzlich bestehen alle nötigen Programme, um diese Daten zu aktualisieren.

### Die eigentliche Kalkulation

Zunächst wird eine technische Berechnung durchgeführt. Der Kalkulator trägt die einzelnen, benötigten Werte in Bildschirmmasken ein. Ist das richtige Material ermittelt, sind Gewicht oder Volumen des Teiles und die projizierten Teileflächen eingegeben, werden die Werte vom Computer mit dem vorhandenen Maschinenpark verglichen. Die unterschiedlichen Qualitätsanforderungen an das Spritzgußteil bezüglich Toleranzen, Rundlaufeigenschaften etc. werden dabei ebenfalls berücksichtigt. Als Ergebnis erhält man die technisch optimale Maschine für dieses spezielle Teil. Wer detaillierte Berechnungen durchführen möchte, führt anschließend eine rheologische Berechnung durch. Dieser Berechnung unterliegt die Annahme, daß sich der flüssige Kunststoff

prinzipiell wie Wasser verhält. Auf diese Weise können Druckverluste im System, Temperaturveränderungen durch Druck und Reibung berechnet werden. Außerdem wird ermittelt, ob das Teil bei gegebenem Druck komplett gefüllt wird oder welche theoretisch minimale Teiledicke für eine vollständige Füllung benötigt wird. Im einzelnen werden folgende Berechnungen durchgeführt:

Maschinenauswahl über:

- Maschinenholmabstand zur Werkzeuggröße
- Zuhaltfaktor
- projizierte Fläche
- die Fließweg-Wandstärke ohne abgestuften Spritzdruck

Zusätzlich werden:

- Kühlzeiten
- Dosierzeiten
- Formfüllzeiten

berechnet und die Maschinenfahrzeiten an diese Gegebenheiten angepaßt.

Zur rheologischen Berechnung gehören:

- minimaler und maximaler Anguß
- minimale Teiledicke
- Anschnittdurchmesser
- Druckbedarf im Angußsystem
- Temperaturerhöhung im Anschnitt
- maximaler Fließweg
- Druckbedarf für Formfüllung.

Bis auf partielle Feinheiten ist die technische Berechnung abgeschlossen, als Ergebnis liegt die Zykluszeit mit den einzelnen Maschinenfahrzeiten vor.

### Preiskalkulation

Auf der Basis dieser Zahlen kann die Angebotskalkulation durchgeführt werden. Dabei lehnt sich das Kalkulationsverfahren im wesentlichen an die Richtlinien von REFA an. (Zu beachten sind einige branchen- und kundenspezifische Abweichungen.) Grundsätzlich ist jedes (sinnvolle) Rechenverfahren möglich, da die Berechnungsvorschriften anwenderindividuell zusammengestellt werden können. Somit können innerhalb eines Programmes ohne größere Eingriffe sowohl einfache Zuschlagskalkulationen als auch mehrstufige Deckungsbeitragsrechnungen durchgeführt werden.

Zunächst werden die kalkulatorischen, maschinenspezifischen Daten der in der technischen Berechnung ausgewählten Maschine geladen. Dadurch sind in der Preiskalkulation die meisten Eingaben schon erfolgt und müssen lediglich abgehakt werden. Nach der Eingabe einiger teilespezifischer Daten kann der Angebotspreis errechnet werden.

Im einzelnen gehen folgende Daten und Werte in die Berechnung ein:

- Materialpreis
- Mahlgutanteil und Mahlgutaufbereitungskosten

- Zukaufteile und Zukaufteilegemeinkosten
- Maschinensatz und anteilige Lohnkosten
- Fertigungsgemeinkosten
- Rüstzeiten und Rüstkosten, bestehend aus Lohn und Material
- Ausschußfaktor
- Maschinen-Nutzungsgrad
- Werkzeugkosten anteilig oder prozentual
- Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten
- Materialgemeinkosten
- Provisionen, Skonti und Zuschläge
- Unternehmerrisiko und Risiko
- Verpackungskosten
- Transportkosten

Als Ergebnis erhält man, auf der Basis der kalkulatorischen Mengeneinheit die entstehenden

- Fertigungskosten
- Herstellungskosten
- Grenzkosten
- Deckungsbeiträge
- Selbstkosten und den
- Angebotspreis, etc.

Im nächsten Schritt werden die Folgearbeiten hinzugefügt.

Unter Folgearbeitsgängen werden

- Zukaufteile
- Zukaufteile mit zusätzlichen Verarbeitungsschritten
- Arbeitsgänge
- Zusatzaggregate
- Qualitätskontrollen
- Zuschläge (z. B. Mehrwertsteuer)
- schon kalkulierte Spritzteile mit den dazugehörigen Folgearbeiten

betrachtet. Der Spritzgußvorgang wird dabei ebenfalls nur als ein Arbeitsgang in einer Kette von Bearbeitungsvorgängen angesehen. Ergebnis ist eine detaillierte Liste aller entstehenden Kosten, benötigten Durchlaufzeiten sowie die zeitliche und organisatorische Reihenfolge. Auf Basis dieser Zahlen können Stücklisten und Arbeitsfoliepläne für eine grobe Produktionsplanung erstellt werden.

Damit wäre die eigentliche Kalkulation beendet. Die eingegebenen Daten und Werte werden gespeichert und sind somit jederzeit abrufbar. Die ermittelten Daten (insgesamt ca. 700 Werte pro Kalkulation) können in die integrierte Textverarbeitung übermittelt werden. Mit Hilfe dieses Programmes können Angebote, Rechnungen und Arbeitsanweisungen gedruckt werden. Neben diesen textbezogenen Ausgaben können auch beliebige Dateien und Arbeitsanweisungen für andere EDV-Programme erstellt werden. Typische Anwendungen sind Auftragsabwicklung, Rechnungswesen oder CIM-Anwendungen.

## Die restlichen Programmteile

Im Programmbereich können umfangreiche Optimierungsberechnungen durchgeführt werden. Da die Andler'sche Losgrößenformel für den praktischen Einsatz zu viele theoretische Voraussetzungen benötigt und gleichzeitig recht ungenaue Ergebnisse liefert, wurde ein branchenspezifisches Simulationsmodell entwickelt, welches eine gleichzeitige Optimierung von

- Losgrößen
- Bestellmengen
- Nesterzahlen
- Maschinenauslastungen

erlaubt. Dabei werden eine Vielzahl von branchentypischen Besonderheiten, wie Maschinenanfahrzeiten, Sackgrößen, Schichtwechseln etc. berücksichtigt. Trotz dieser Sprungkosten kann eine stückgenaue optimale Losgröße innerhalb von 60 Sekunden aus einigen hunderttausend Möglichkeiten ermittelt werden.

## Materialdatenbank

Vorhanden sind umfangreiche Programme, um die Datenbanken zu verändern oder zu ergänzen. Die Materialdatenbank wird zur Zeit mit einem Bestand von etwa 100 Materialien ausgeliefert. Der Benutzer hat die Möglichkeit, jederzeit seine eigenen Materialien einzufügen, die Materialdatenbank zu ergänzen oder zu verändern. Selbständig überprüft das Programm, für welche Berechnungen das Material zugelassen ist. Die Maschinendatenbank ist kundenspezifisch und stellt den vorhandenen Spritzgußmaschinenpark dar. In dieser Datenbank werden alle Kalkulationsdaten erfaßt. In Bildschirmmasken können die Werte aus dem Betriebsabrechnungsbogen und dem Maschinendatenblatt eingetragen werden. Für die Eingabe von Sollfahrzeiten, soweit diese mathematisch nicht berechenbar sind, steht eine umfangreiche Sammlung von Momentaufnahmen der einzelnen Maschinen zur Verfügung.

## Folgearbeitsgänge

In einer weiteren Datenbank können Folgearbeitsgänge definiert und abgelegt werden. Dabei ist der Begriff Folgearbeitsgang sehr weit auszulegen. Die Möglichkeiten reichen von der reinen Dokumentation (z. B. Maschinenüberwachung durch Bedienungspersonal) über von Fremdfirmen erstellte Leistungen (z. B. Heimarbeit auf Stücklohnbasis) bis hin zu betriebsinternen Zwischenlagern. Arbeitsgänge, die oft in gleicher Reihenfolge anfallen (z. B. Anguß abkneifen, Anguß senken und optische Kontrolle) können zu Ketten zusammengefaßt werden. Auf diese Weise können einem

Spritzgußteil bis zu 65 000 unterschiedliche Arbeitsgänge zugeordnet werden. Weiter existiert ein Programm, mit dem eine einmal erfaßte Kalkulation im Schnellverfahren geändert werden kann. Innerhalb eines einzigen Bildschirms sind die wichtigsten Eingaben und Ergebnisse zusammengefaßt. Hier kann schnell und leicht festgestellt werden, wie sich z. B. der Verkaufspreis bei unterschiedlichen Losgrößen verhält oder welchen Einfluß eine unterschiedliche Maschinenausnutzung auf die Herstellungskosten hat. Bei der Auswahl des Materials erweist sich ein Programm als nützlich, in dem graphisch die Kühlzeit als Funktion der Teiledicke für unterschiedliche Materialien verglichen werden können. Mit dem Programm Jahreswechsel können alte Kalkulationen an neue Gegebenheiten angepaßt werden, wie geänderte Löhne oder Maschinensätze. Außerdem bestehen einige Programme zum Suchen, Löschen, Sortieren und zur Anpassung an den benutzten Computer.

## Weitere Merkmale

Alle Anfragen sind in themenbezogenen Bildschirmmasken zusammengefaßt. Der Benutzer muß keine komplizierten Befehlsfolgen erlernen, da alle Möglichkeiten auf dem Bildschirm angezeigt werden und über einen Buchstaben aktivierbar sind. Die sehr umfangreiche und damit auch fehlerträchtige Eingabe kann durch Schlüssel erheblich reduziert werden. Dadurch können bestimmte Kalkulationsteile aktiviert oder abgeschaltet werden (z. B. Verpackungsrechnung) oder einzelne Eingaben auf unterschiedliche Eingabedimensionen (z. B. Schuß pro Minute oder Schuß pro Schicht) angepaßt werden. Die Kalkulation kann an den momentanen betrieblichen Kalkulationsablauf (ca. 400 Varianten) angeglichen werden, so daß keine langwierigen Umlernprozesse notwendig sind. Jede Eingabe wird auf ihren Sinn kontrolliert. Dabei wird zwischen unmöglichen Eingaben und unwahrscheinlichen Eingaben unterschieden. Solche Beanstandungen werden dem Benutzer im Klartext mitgeteilt. Über die Hilfe-Taste stehen jederzeit Informationen zur momentanen Eingabe zur Verfügung.

Über einen integrierten Taschenrechner mit integriertem Formelgenerator können komplexe Berechnungen durchgeführt werden. Notizen oder Informationen können jederzeit in einen elektronischen Notizblock abgelegt werden. Per Knopfdruck kann der jeweilige Bildschirminhalt auf dem Drucker ausgegeben werden. Sämtliche Eingaben sind protokollierbar. Ein integrierter Makrogenerator mit Lernfunktionen erlaubt weitgehende Automatisierung sich wiederholender Vorgänge. Ein detailliertes Handbuch mit weiterführenden Informationen und Erklärungen ist vorhanden.

## Vorteile des Computereinsatzes

Der Zeitbedarf für eine Kalkulation wird erheblich verkürzt, da keine Daten mehr gesucht werden müssen (sie sind im Computer abgespeichert) und die mühsame, zeitaufwendige, handschriftliche Berechnung entfällt. Das Risiko einer falschen Berechnung ist ausgeschlossen oder zumindest auf ein Minimum reduziert. Schon durch das systematische Abhaken aller wichtigen Punkte können viele Flüchtigkeitsfehler vermieden werden. Die Kalkulation wird transparent, noch Jahre später kann ein altes Angebot rekonstruiert werden. Doppelarbeit wird vermieden, da alte, ähnliche Kalkulationen genutzt werden können. Der Kalkulator wird von Routinearbeiten entlastet und kann sich mehr dem Kunden widmen. Da inzwischen tragbare Computer auf dem Markt in ausreichender Menge und Qualität erhältlich sind, können Kalkulationen direkt beim Kunden durchgeführt werden. Saubere Angebote und Rechnungen entstehen, ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand. Durch geschickte Nutzung der Möglichkeiten können alle Arbeitsanweisungen, Materialentnahmescheine etc. automatisch erstellt werden. Die Archivierung wird erheblich erleichtert, da ein Datenträger (Diskette) bis zu 300 komplette Kalkulationen speichern kann. Bei Festplatten liegt dieser Wert über 10 000 Kalkulationen.

## Erste Einsatzerfahrungen

Das Programm eignet sich am besten für den Einsatz in kleinen und mittleren Spritzgußbetrieben. Besonders hier kann eine dezentrale Arbeitsplatzlösung großen Erfolg haben. Die Investitionskosten (DM 15 000,- bis 20 000,- incl. Computer) halten sich in überschaubaren Grenzen. Durch Nutzung des Industriestandards kann der Computer nebenbei für eine Vielzahl anderer Aufgaben genutzt werden. Programmintern werden Verbindungen zu einigen marktgängigen Fremdprodukten (Wordstar, Tex-Ass, Dbase und Multiplan) angeboten.

Das Programm ist inzwischen bei mehr als einem Dutzend Unternehmen im täglichen Einsatz. Nach den üblichen anfänglichen Schwierigkeiten hat sich das Konzept in vielen tausend Kalkulationen bewährt. Gleichzeitig ergeben sich fast täglich neue Anwendungsgebiete und Ausbaupunkte.