

Deutscher Gießereitag in Leipzig

Hofmann, I.; Scheler, R.; Kröttsch, S.; Ambos, E.; Pfisterer, W.; Miersch, N.

Effektivitätssteigerung durch Einsatz rechentechnischer Lösungen in der Arbeitsvorbereitung

Einleitung

Die Abgabe qualifizierter Angebote in einem kurzfristigen Zeitraum ist für Unternehmen mit auftragsgebundener Fertigung Voraussetzung für das erfolgreiche wirtschaftliche Wirken auf dem Markt. Bei der Bearbeitung von Anfragen ist zwischen Neu- und Ähnlichteilen zu differenzieren. Das Verhältnis zwischen Neu- und Ähnlichteilen liegt Analysen zufolge in Kundengießereien mit Einzel, Klein- und Mittelseerienfertigung bei ca. 1 : 4, d.h. Anfragen nach Ähnlichteilen überwiegen. Basierend auf diesen Ausgangsbedingungen leiten sich zwei Strategien für die Bearbeitung von Anfragen ab. Zum einen die Suche und Anpassung praxiserprobter Lösungen für Anfragen nach Ähnlich- und Wiederholteilen bzw. im Falle dessen, daß kein Ähnlichteil vorhanden ist, ergibt sich die Notwendigkeit die Rohteildaten für das angefragte Teil neu zu generieren.

Bei der Entwicklung rechnerunterstützter Lösungen für die Arbeitsvorbereitung ist die Art der zu verarbeitenden Informationen – speziell geometrischer Informationen - von entscheidender Bedeutung. Die Situation stellt sich gegenwärtig so dar, dass zunehmend 3D-CAD-Daten seitens des Kunden vorliegen, die es zu bearbeiten gilt. Andererseits gehen auch manuell bzw. mittels CAD-System erstellte Zeichnungen in den Gießereien ein. Diese gilt es in ein rechentechnisch zu bearbeitendes Format umzuwandeln. Die einfachste Variante stellt das Scannen von Zeichnungen dar. Bei großen und/ oder komplizierten Gußteilen kann dies jedoch zu Unübersichtlichkeit und Unleserlichkeit der Daten führen. Zweckmäßig wäre eine Neukonstruktion der Daten am Rechner. Dies ist jedoch sehr zeitaufwendig und steht im Widerspruch zu den Anforderungen der Angebotserarbeitung nach Verkürzung der Bearbeitungszeiten für die Anfragen. Häufig steht aus Personalmangel auch kein Mitarbeiter für solche Aufgaben zur Verfügung. Das Problem wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, daß für eine rechnerunterstützte Ähnlichteilsuche sämtliche Zeichnungsbestände rechentechnisch aufzubereiten sind. Es ist somit ein Kompromiß zu finden, um bereits derzeit eine progressiv ausgerichtete Lösung zur Erarbeitung von Angeboten in kleineren und mittleren Gießereien einzuführen.

Mit der Umsetzung einer solchen Lösung wird angestrebt die Effizienz der Angebotserarbeitung zu erhöhen. Denn obwohl eine Vielzahl von Gießereiunternehmen, auch im Eisen- und Stahlgußbereich, abgesehen von Schnittstellenproblemen, gut auf die Weiterbearbeitung von 3D-CAD-Daten vorbereitet ist, weisen die Angebots- und Auftragsbearbeitung Mängel und Probleme in der Hinsicht auf, daß keine durchgängig rechnerunterstützten Lösungen für diese Aufgaben zur Verfügung stehen. Ursache dafür ist die ungenügende wissenschaftliche Durchdringung dieser Prozesse.

Im folgenden wird ein Konzept für eine rechnerunterstützte Lösung für die Erarbeitung von Angeboten, wie es für Eisen- und Stahlgießereien entwickelt wurde, beschrieben. Voraussetzung dafür bilden die 3D-CAD-Daten des angefragten Gußteiles.

Ausgangssituation

Die Abgabe eines qualifizierten Angebotes stellt in der Regel die Grundlage für die Anbahnung eines Auftrages dar. Die Erfolgsrate, d.h. das Verhältnis abgegebener Angebote zu eingehenden Aufträgen, liegt derzeit bei 2 bis 10%, in Ausnahmefällen bei 50 - 80%. Letztere ist jedoch nur bei Gießereiunternehmen mit einem festen Kundenstamm, meist aus der Automobilbranche zu verzeichnen. Die Mehrzahl der klein- und mittelständischen Gießereiunternehmen befindet sich in der Situation, daß sie vor Erteilung eines Auftrages mindestens 10 oder mehr Angebote abgeben muß. Die Erarbeitung von Angeboten nimmt, in Abhängigkeit vom Umsatzvolumen der Anfrage und der Art des Kunden einen mehr oder weniger großen Zeitanteil des Arbeitsvorbereiters in Anspruch. Während eine Anfrage mit einer Position und geringem Umsatzvolumen innerhalb von Stunden in ein Angebot umgewandelt wird, benötigt der Arbeitsvorbereiter für eine Anfrage hohen Umsatzvolumens mit einer oder mehreren Positionen meist bis zu mehreren Tagen oder sogar Wochen¹ /5/. Als sehr zeitintensive Arbeitsschritte bei der Angebotserarbeitung (**Bild 1**) kristallisierten sich

¹ Diese Erkenntnisse stammen aus einer Analyse in mehreren Eisen- und Stahlgießereien. Sie beinhalten den Zeitraum vom Eingang des Anfrage im Vertrieb bis zum Versenden des Angebotes an den Kunden. Eingeschlossen sind dabei Stillstands- und Liegezeiten der Unterlagen in den verschiedenen, mit der Angebotsbearbeitung beauftragten, Abteilungen des Unternehmen, z.B. Modellbau, Fertigung, Vertrieb u.a.m.

die Überprüfung auf Realisierbarkeit und Fertigungsgerechtigkeit, die Festlegung des Einformschemas bzw. Rohteiles, die Mengenermittlung und Kalkulation heraus.

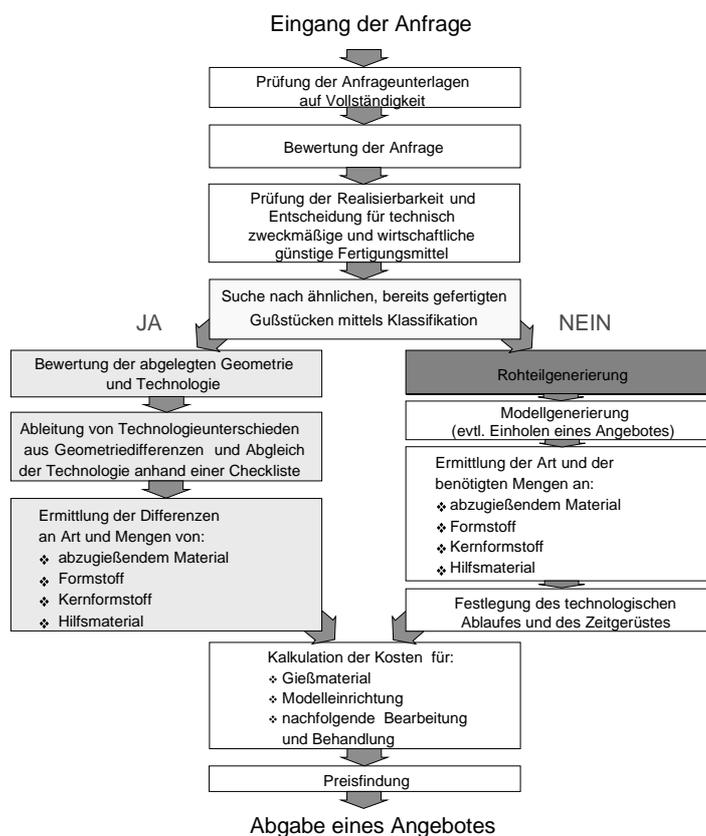


Bild 1: Ablauf der Angebotserarbeitung in Eisen- und Stahlgießereien /6/

Um die Erfolgsrate zu verbessern, da es sich bei der Angebotserarbeitung um eine kostenlos erbrachte Leistung des Unternehmens handelt, ist es erforderlich, den Zeitanteil für die Angebotserstellung zu reduzieren. Gleichzeitig gilt es, den Anteil an Fehlkalkulationen weitestgehend zu minimieren. Dies ist nur dann realisierbar, wenn die Qualität der Angebotserarbeitung erhöht wird.

Während die zeitlichen Aspekte vorwiegend ein organisatorisches Problem darstellen, denen durch die Einführung eines entsprechenden Workflow Management Systemes entsprochen werden kann, setzt eine höhere Qualität der Angebotserarbeitung detailliertes Wissen über die zur Gußteilmontage notwendigen Arbeitsschritte voraus.

Die Grenzen zwischen der Angebots- und Auftragsbearbeitung sind dabei fließend, d.h. mit Zunahme des Umsatzvolumens der Anfrage erhöht sich der Aufwand und der Bedarf an detailliertem Wissen zur Angebotserarbeitung. Der Inhalt der

Arbeitsschritte der Angebotserarbeitung nähert sich mit steigendem Umsatzvolumen dem der Auftragsbearbeitung an.

Workflow Management System zur Optimierung der Organisation der Angebotsaufgaben

Die Vorteile der Einführung eines Workflow Management Systemes in die Arbeitsvorbereitung einer Gießerei wurden in /9/ bereits ausführlich beschrieben. Aus diesem Grund werden hier nur die wesentlichen Aufgaben, welche es unterstützt, aufgeführt. Dazu gehören die

- Steuerung von Prozessen,
- Verwaltung und Archivierung von Angebotsdokumenten und technologischen Daten (2D/3D-Daten, herkömmliche Zeichnungen, Fotos, Anträge, Werkstoff, Anforderungen, Aufgaben des Teils usw.) sowie die Möglichkeit zur
- Erstellung von Nachkalkulationen (genutzt bei Angeboten für ähnliche Teile und Wiederholteile).

Grundlage für die Entwicklung eines Workflow Management Systemes für die Angebotserarbeitung bildet die Ableitung von Referenzprozessen. Dazu wurde die Angebotserarbeitung in verschiedenen Unternehmen, welche sich vordergründig in der Art der eingesetzten Form- und Gießverfahren, der vergossenen Werkstoffe und der Art des Teilespektrums unterschieden, analysiert /8/. Im Ergebnis der Untersuchungen kristallisierten sich die im **Bild 2** aufgeführten Referenzprozesse heraus:

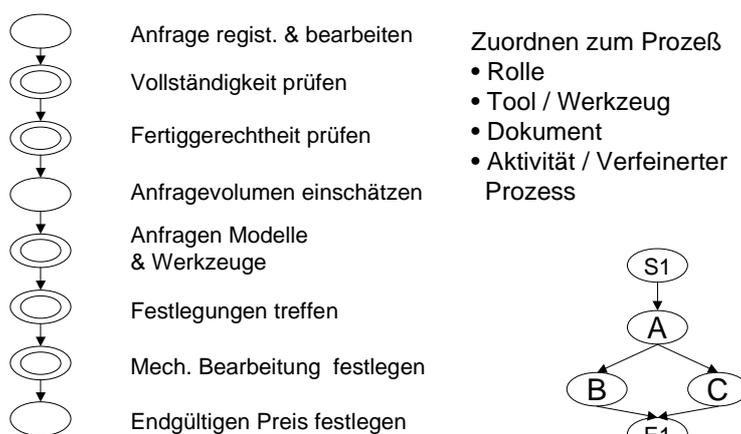


Bild 2: Referenzprozesse der Angebotserarbeitung
 einfacher Prozeß
 verfeinerter Prozeßablauf
 S –Start, E –Ende, A –Hauptprozeß, B, C -untergliederte Prozesse

Die Reihenfolge der Referenzprozesse kann dabei von Unternehmen zu Unternehm-

men variieren.

Jedem, im **Bild 2** aufgeführten, Prozeß wird in der Folge eine Rolle, ein Softwarewerkzeug und das benötigte Dokument sowie eine auszuführende Aktivität „A“ zugeordnet. Mit Hilfe der Aktivität wird die Software bei der Abarbeitung gestartet. Wird keine Aktivität, sondern ein verfeinerter Ablauf zugewiesen, so erfolgt die weitere Abarbeitung der Abläufe auf einer tieferen, verfeinerten Ebene. Dabei ist es möglich, einen modellierten Ablauf unter verschiedenen Schwerpunkten aufzurufen. Zum Beispiel einen Ablauf mit dem Schwerpunkt auf der Prüfung der Vollständigkeit.

Die Unterscheidung einer Anfrage dahingehend, ob es sich um ein Neu-, ein Ähnlich- oder ein Wiederholteil handelt, wird im Prozeß „Festlegungen treffen“ auf einer verfeinerten Ebene ausgeführt. Hier wird eine Klassifizierung des Gußteils vorgenommen und in Abhängigkeit von deren Ergebnis eine neue verfeinerte Ebene, die speziell auf Neu-, Ähnlich- oder Wiederholteile bezogen ist, abgearbeitet.

Auf dieser verfeinerten Ebene stehen dem Arbeitsvorbereiter solche Softwarewerkzeuge, wie eine Datenbank zur Ähnlichteilssuche oder ein rechnerunterstützter Algorithmus zur Rohteilgenerierung, wie sie im folgenden noch beschrieben werden, zur Verfügung. In Anbetracht der Schaffung einer durchgängigen Lösung wurden zur Unterstützung der anderen Prozeßschritte ebenfalls Softwarewerkzeuge wie z.B. Checklisten generiert. Im folgenden wird die Lösung in ihrer Gesamtheit näher beschrieben.

Registrierung der Anfrage

Nach Eingang der Anfrage in ein Unternehmen ist es zunächst notwendig, diese entsprechend zu registrieren. In der Regel erfolgt dies mittels einer mehrstelligen Ident-/Anfrage-Nummer, welche u.a. die Zeichnungsnummer und die verschlüsselte Werkstoffgruppe enthält. Weitere organisatorisch zu erfassende Eingangsdaten sind im **Bild 3** aufgeführt.

The screenshot shows a software window titled "Registrierung" with a light blue background. The window contains two main sections of input fields. The top section is titled "Bitte geben Sie die organisatorischen Eingangsdaten ein:" and includes fields for "Anfrage-/Kalkulations-Nr:" (A19012000001), "Sachbearbeiter:" (Schulz), "Eingangsdatum:" (19.01.00), and "Anfragedatum:" (29.01.00). To the right of these fields are "Ok" and "Abbruch" buttons. The bottom section contains fields for customer information: "Kunden_Nr:" (K12345), "Kunde:" (Testmann GmbH), "Kundentelefon:" (0391012345), "Kundenfax:" (0391012344), "Straße:" (Musterstraße 12), "PLZ:" (13331), "Ort:" (Musterort), and "Land:" (D). At the bottom of the window is a field for "Stückbezeichnung:" (Schneckenrad).

Bild 3: Registrierung der Eingangsdaten einer Anfrage

Rechnergestützte Checklisten

Rechnergestützte Checklisten stellen ein zweckmäßiges organisatorisches Hilfsmittel für den Arbeitsvorbereiter, für stets nach gleichem Muster zu prüfende bzw. abzuarbeitende Kriterien dar. Anwendungsbereiche ergeben sich im Rahmen der Angebotserarbeitung für folgende Aufgaben:

- Überprüfung der Vollständigkeit der Anfrageunterlagen,
- Überprüfung der Fertigungsgerechtigkeit des Gußteiles,
- Generierung des Einformschemas bzw. Rohteiles bzw. die
- Suche nach Ähnlichkeitsteilen.

Entsprechend dem Ablauf der Angebotserarbeitung wird zunächst die Idee einer Checkliste zur Überprüfung der Vollständigkeit der Anfrageunterlagen näher beschrieben.

Der einfachste Weg zur Vervollständigung der Anfrageunterlagen gestaltet sich derart, daß dem Vertrieb eine Checkliste zur Verfügung gestellt wird, auf deren Basis unvollständige und falsche Angaben, soweit ersichtlich, erkannt und die fehlenden Daten vom Kunden erbeten werden (**Bild 4**). Der Vorteil dieser Vorgehensweise be-

steht darin, daß die Arbeitsvorbereitung zügig mit der Angebotserarbeitung beginnen kann. Für den Kunden ist damit jedoch Mehrarbeit verbunden. Wählt man einen solchen Weg, dann könnte dies den Eindruck erwecken, daß sich die Gießerei durch ungenügende Flexibilität, Bequemlichkeit, mangelndes Fachwissen bzw. Inkompetenz ihrer Mitarbeiter auszeichnet. Nach außen wird jedoch ein bestmögliches Image für das Unternehmen angestrebt.

Eine zweckmäßige rechnergestützte Checkliste sollte demzufolge nicht nur zur Prüfung der Vollständigkeit und kritischen Bewertung der Anfragedaten dienen, sondern dem Angebotsbearbeiter bei fehlenden Informationen Vorschläge und Hilfsmittel zur selbständigen Vervollständigung der Anfrageunterlagen anbieten.

| Frage | Ja | Nein |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Eindeutige Angaben zum Gußwerkstoff vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Angaben zur Stückzahl vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vollständige Angaben zur geometrischen Gestalt und den Abmessungen vorhanden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Angaben zum Genauigkeitsgrad / Toleranzen vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Prüfvorschriften vorhanden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Angaben zum Gewicht vorhanden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Angaben zum Lieferzustand vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Angaben zur Wärmebehandlung vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Angaben zum gewünschten Liefertermin vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Angaben zum Oberflächenschutz vorhanden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Angaben zur Verpackung vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Angaben zum Transport vorhanden ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sonstige Angaben vorhanden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Bild 4: Checkliste zur Überprüfung der Vollständigkeit und kritischen Bewertung der Anfrageunterlagen

Es wird angestrebt mit einem Minimum an Rückfragen und damit Beanspruchung des Kunden auszukommen. Nur in Fällen, wo die Gefahr einer Fehlinterpretation besteht und somit fehlerhafte Schlüsse möglich sind, ist eine Rückfrage beim Kunden unumgänglich.

Im folgenden werden an ausgewählten Beispielen Wege zur systematischen Ergänzung fehlender Informationen sowie zur Bewertung der Anfragedaten dargelegt.

Anhand durchgeführter Analysen wurde deutlich, daß aus den verschiedensten Gründen ein klares Defizit bei der Angabe der Masse des Fertigteiltes durch den Kunden besteht /8/. Durchschnittlich nur 60% der Anfrageunterlagen enthalten hierzu Angaben. Im einzelnen stehen dem Arbeitsvorbereiter die, in **Tabelle 1**, beschrieb-

nen Möglichkeiten zur Ergänzung oder Verifizierung von Masseangaben zur Verfügung. Mit zunehmender Verbreitung von 3D-CAD-Technik bei den Kunden, werden die Gießereien zwangsläufig Unterstützung bei der objektiven Gewichtsermittlung erhalten. Mangelhafte, unvollständige bzw. fehlende Angaben zur Geometrie sind durch die Gießerei am schwierigsten zu ergänzen bzw. zu reproduzieren. Hinzu kommt die differenzierte Art der zugesandten Geometrieinformationen, welche deren Erfassung, Überprüfung und Weiterverarbeitung zusätzlich erschwert (z.B.: Fax, ISDN).

Tabelle 1: Hilfsmittel und Vorgehensweisen zur Ermittlung fehlender Gewichtsangaben durch den Arbeitsvorbereiter /8/

| Strategie | Voraussetzung | Bewertung |
|--|--|--|
| Überprüfung, ob von einem ähnlichen Vorauftrag eventuell ein durch Wägen ermitteltes Gewicht bzw. ein berechnetes Gewicht vorliegt ! | ⇒ zweckmäßiges Ähnlichkeitensuchsystem ⇒ ausreichende Anzahl von Suchkriterien ⇒ vorhandenes Ähnlichteil | bei Verfügbarkeit einer entsprechend großen Anzahl von ähnlichen Voraufträgen, konsequent durchgeführten Nachkalkulationen einschließlich Gewichtsüberprüfung am gegossenen Bauteil: ausreichende Genauigkeit/ kurzfristige Gewichtsermittlung |
| Errechnen des Gewichtes anhand der Zeichnung durch Zerlegen des Fertigteiltes in einfache Regelgeometrien unter Berücksichtigung von Gewichtstoleranzen nach DIN 1690, Teil 1. | ⇒ gute Qualität der Zeichnungsvorlage | In Abhängigkeit von der Kompliziertheit des Fertigteiltes sehr zeitaufwendig und durch Vereinfachung der Geometrien relativ ungenaue Volumenermittlung. |
| Automatische Volumenberechnung als Voraussetzung für die Gewichtsbestimmung | ⇒ CAD – Workstation ⇒ CAD – Softwarepaket ⇒ 3D-CAD- Daten des Fertigteiltes ⇒ zusätzlich zweckmäßig: Schnittstellen für verschiedene CAD-Software-Pakete, Multimedia-Software, ISDN-Anschluß etc. | sehr schnelle und genaue Volumenermittlung Möglich (zweckmäßigste Methode) |

Selbst bei Bereitstellung fehlerfreier Daten durch den Kunden können nachstehende Tatbestände eintreten:

- die Informationen können vollständig verloren gehen,
- die Informationen können verzögert eintreffen (z.B. bei Wahl unterschiedlicher Übermittlungswege zwischen verbalen und geometrischen Daten) bzw.
- die Informationen können lückenhaft oder verzerrt übermittelt werden.

Letzteres gilt bevorzugt für die elektronische Übertragung. Um trotz dieser verschiedenen Sachverhalte ein qualifiziertes Angebot erstellen zu können, stehen den Gießereien auch hier verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, wie z.B.:

- Durchführung eines Kundenbesuches zur Ansicht der Geometriedaten oder
- Kontaktaufnahme mit einem Ingenieur-/ Konstruktionsbüro bei nicht Verfügbarkeit entsprechender Hard- und Software/8/.

Die Überprüfung der fertigungsgerechten Gestaltung eines Gußteiles kann ebenfalls zweckmäßig mittels einer Checkliste überprüft werden (**Bild 5**). Diese sollte vor allem wesentliche Aspekte des gieß-, abkühlungs- und urformwerkzeuggerechten Gestaltens beinhalten. Ergänzend dazu könnten weiterhin Kriterien, welche den Einsatz einer numerischen Simulation bereits in der Phase der Angebotserarbeitung rechtfertigen können, aufgeführt werden.

| Frage | Ja | Nein |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Mindestwanddicken eingehalten? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mindestradien eingehalten? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Masseerhöhungen und krasse Querschnittsübergänge vermieden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Zugang für Bearbeitungswerkzeuge gewährleistet / Hinterschnidungen vermieden ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Einfache und ebene Formteilung möglich ? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Geringe Anzahl von Kernen ? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

OK

Bild 5: Checkliste zur Überprüfung der Fertigungsgerechtigkeit von Gußteilen

Eine Checkliste zur Bewertung von Anfragen wäre ebenfalls denkbar. Diese müßte jedoch firmenspezifisch aufbereitet werden, da u.a. solche Aspekte wie:

- die Wertigkeit der Anfrage,
- Erfolge oder Mißerfolge bei der Erfüllung vorangegangener, ähnlicher Aufträge (z.B. Qualitätsprobleme),
- Aussagen zur Beherrschung der Technologie für eine bestimmte Produktpalette und/oder
- Aussagen zur Firmenphilosophie, die sich in jedem Gießereiunternehmen anders gestalten, enthalten sein sollten.

Der Inhalt der Checklisten zur Ähnlichkeitsuche und Rohteilgenerierung wird in den entsprechenden Abschnitten näher erläutert.

Datenbank zur Prüfung der Realisierbarkeit einer Anfrage

Nach erfolgter Bewertung sind diejenigen Anfragen ausgewählt, die sich nach Kenntnis der Geschäftsleitung für die Fertigung mit den vorhandenen Arbeitsmitteln gemäß Firmenstrategie eignen. Außerdem sind entsprechend der Checkliste im **Bild 4** die Möglichkeiten zur Vervollständigung eventuell lückenhafter Anfragen ausgeschöpft. Im Ergebnis liegen vollständige Anfragen mit detaillierten Aussagen zu allen wichtigen Charakteristika der angefragten Gußteile vor.

In der weiterführenden Bearbeitung des Angebotes wird im nächsten Arbeitsschritt eine Prüfung der Anfrage auf Realisierbarkeit durchgeführt. Folgende Ziele werden dabei angestrebt:

- detaillierte Abstimmung der Charakteristika der angefragten Gußteile mit den Nutzungsbedingungen der vorhandenen Fertigungsmittel und damit Prüfung der Möglichkeiten der Fertigung
- Auswahl des günstigsten Fertigungsmittels bei Vorhandensein mehrerer Möglichkeiten sowie
- Erkennen fehlender Fertigungsmöglichkeiten im Sinne der Verifizierung der vorweggenommenen Grobentscheidung.

Als Hilfsmittel steht dem Arbeitsvorbereiter eine Datenbank zur Verfügung, welche die wesentlichen technischen Parameter der, in der Gießerei zum Einsatz gelangenden Fertigungsausrüstungen enthält. Auf der Basis von Ja / Nein - Entscheidungen (**Tabelle 2**) werden die wesentlichen Zusammenhänge zwischen den Merkmalen der Anfrage und den Ausrüstungen in den technologischen Bereichen erfaßt. Dabei ist zu beachten, daß diese Datenbasis für jede Gießerei spezifisch aufzubereiten ist

Der grobe Algorithmus, welcher der Datenbank zugrunde liegt, geht aus dem (**Bild 6**) hervor.

Unter Anwendung dieses Algorithmus ist kurzfristig eine sukzessive und zuverlässige Ermittlung derjenigen Ausrüstungen möglich, auf denen das angefragte Gußteil wirtschaftlich und technisch realisierbar ist (**Bild 7**).



Bild 7: Eingabemasken der Datenbank "Realisierbarkeitsprüfung von Gußteilen" (Auswahl) /8/

Assistenzsystem zur Ähnlichkeitsuche

Nach Abarbeitung der oben genannten Prozeßschritte schließt sich in der Regel eine Suche nach bereits gefertigten Gussteilen ähnlicher Gestalt und Abmessungen an. Verfügbare 3D-CAD-Daten bieten in diesem Zusammenhang gute Voraussetzungen für eine rechnerunterstützte Ähnlichkeitsuche im Rahmen der Angebotserarbeitung.

Die rechnerunterstützte Suche nach ähnlichen Gußstücken basiert auf einem mehrstufigen Prozeß, in dessen Ablauf die Anzahl der zu vergleichenden Gussteile eingeschränkt wird. Ziel ist dabei, zu einem angefragten Gußstück das ähnlichste, bereits gefertigte, Gußstück zu finden. Im folgenden werden die notwendigen Schritte, welche bei der Ähnlichkeitsuche einzuhalten sind, aufgeführt:

Schritt 1: Rechentechnische Aufbereitung der Daten des angefragten Gußstückes und Einordnung in eine bestehende Grundformklassifikation

Schritt 2: Auswahl ähnlicher Gußteile innerhalb einer Grundformklasse durch einen stufenweisen Vergleich der Geometrie

Schritt 3: Ableitung der Auswirkungen der Technologie aus den erkannten Geometriedifferenzen zwischen angefragtem und gefundenem Ähnlichkeitsteil sowie

Schritt 4: Anpassung der Kalkulationsdaten anhand der Änderungen in der Technologie und Abgabe eines neuen Angebotes.

Um eine geordnete und strukturierte Ablage der Daten mit einer gleichbleibenden Qualität und Quantität zu gewährleisten wurde zunächst eine Grundformklassifikation erarbeitet, deren Klassifikationskriterien plausibel, nachvollziehbar und einfach gewählt wurden. Im **Bild 8** ist das Schema dieser Grundformklassifikation zu sehen.

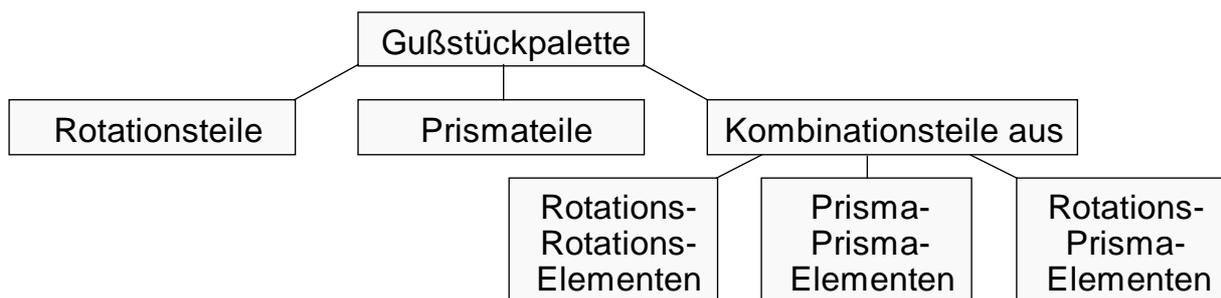


Bild 8: Grundformklassifikation für Gußstücke

Die konkreten Merkmale der einzelnen Grundformklassen werden im folgenden, beginnend mit den Rotationsteilen, detaillierter beschrieben.

Diese genügen im wesentlichen folgenden Bedingungen:

- Es gibt nur eine Rotationsachse.
- Die geometrische Grundform muß durch die Rotation einer Fläche um die Rotationsachse gebildet werden.
- In jedem Schnitt senkrecht zur Rotationsachse sind eine Kreisfläche, Kreisringfläche oder Segmente dieser Flächen enthalten.

Prismateile sind hingegen Gußstücke die folgende Eigenschaften aufweisen:

- Die geometrische Grundform kann besser mit einem Quader als mit einem Zylinder umschrieben werden.
- In den Schnittflächen entlang der x-, y- bzw. z-Achse sind immer Polyeder enthalten, die durch eine begrenzte Anzahl an Rechtecken und Dreiecken beschrieben werden können.

Durch Kombination der Merkmale von Rotations- und Prismateilen in unterschiedlicher Art und Anzahl entstehen die Kombinationsteile. Ein Gußteilbeispiel, welches der Gruppe der Kombinationsteile zuzuordnen ist, enthält **Bild 9**.

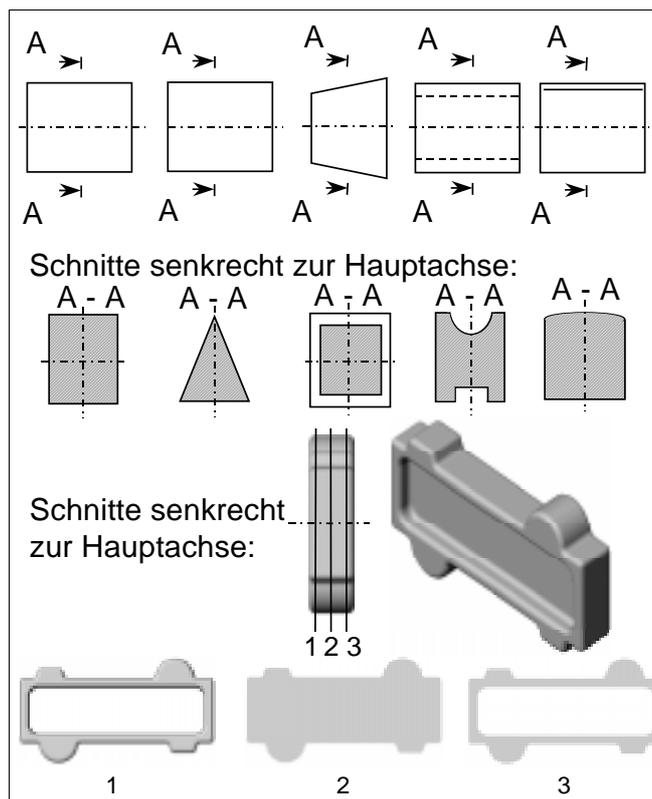


Bild 9: Zuordnungsschema für Kombinationsteile aus Rotations-Prisma-Elementen

Im folgenden wird die Vorgehensweise bei der Suche nach Ähnlichteilen unter Anwendung des Assistenzsystemes näher beschrieben. Voraussetzungen für die Realisierung eines solchen Suchsystems ist aus hardwaretechnischer Sicht ein leistungsfähiger PC. Seitens der Software gelangten im Rahmen der Untersuchungen das CAD-System SolidWorks 99, die Datenbanksoftware MS Access und Betriebssystem Windows NT zum Einsatz.

Der Geometrievergleich erfolgt visuell am Bildschirm und beinhaltet zwei Phasen, den Grob- und den Feinvergleich. Der *Grobvergleich* stellt die erste Stufe des Geometrievergleiches dar. Er wird zwischen dem angefragten Gußstück und den Gußstücken der Grundformgruppe, in die es eingeordnet wurde, durchgeführt (**Bild 10**).

Um den Nutzer in die Lage zu versetzen, relativ schnell ein ähnliches Teil zu finden, besitzt dieser die Möglichkeit, sich im unteren Drittel des Bildschirms alle Gussteile einer ausgewählten Grundformgruppe als Grafik-Datei anzeigen zu lassen.

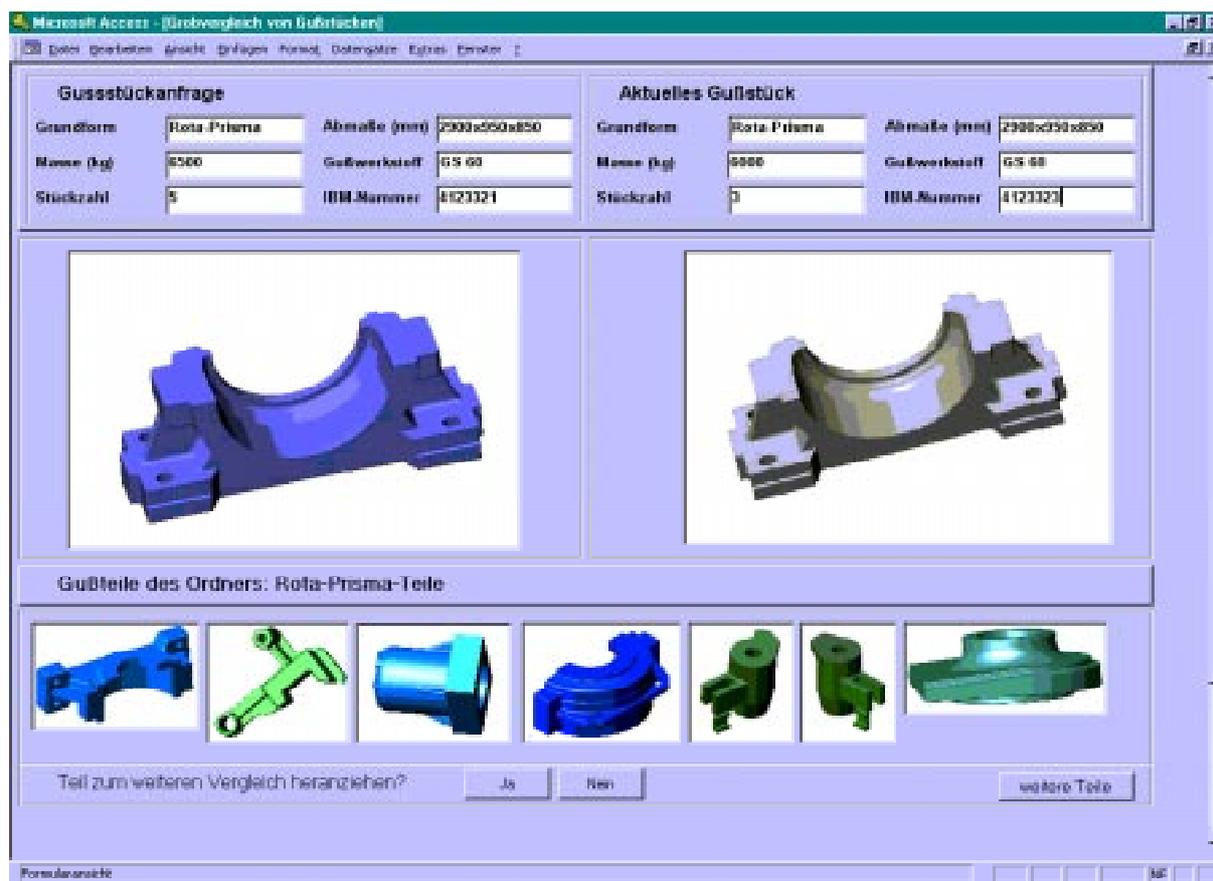
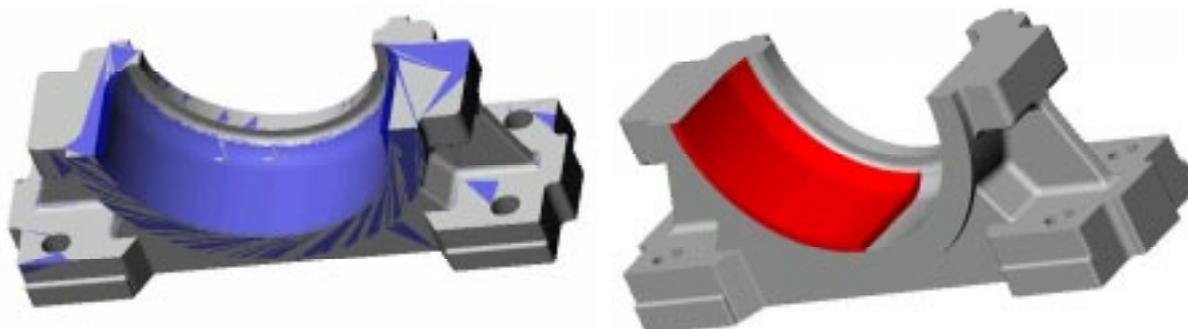


Bild10: Bildschirmaufteilung zur Unterstützung der Suche nach geometrisch ähnlichen Gussteilen

Bei Selektion eines Gussteiles aus dem Ordner per Mausklick werden auf der linken Bildschirmhälfte, dessen Kopf- und Grafikdaten dargestellt. Basierend auf dieser Darstellung kann ein erster Grobentscheid bezüglich des in Betracht kommenden ähnlichsten Gußteiles durchgeführt werden. Das ausgewählte Gussteil wird in der Folge einem Feinvergleich unterzogen. Voraussetzung dafür bildet die Einbindung eines Viewers² zum Handling der 3D-Daten des Gußteiles (**Bild 11**).



² Der Volumenmodellierer SolidWorks bietet diese Funktion.

Bild 11: Darstellung der Geometrie des angefragten und des dokumentierten Gußteiles im Ensemble im CAD-System SolidWorks 99

Grundlage ist die Darstellung der zwei zu vergleichenden Gussteile im Ensemble. Es wird der Effekt ausgenutzt, daß deckungsgleiche Flächen als Farbmischung und Unterschiede in der jeweiligen Farbe des Gußteils dargestellt werden. Dadurch ist es möglich Unterschiede insbesondere hinsichtlich der Abmessungen sowie der Anzahl und Gestalt von Nebenformelementen deutlich herauszuarbeiten, da diese Rückschlüsse beispielsweise auf die Gestalt und Anzahl der Kernpakete ermöglichen. Bei weitestgehend geometrischer Übereinstimmung der beiden Gußteile besteht die Möglichkeit, sofern als Ensemble im CAD-System hinterlegt, die gießereitechnischen Features des bereits gefertigten Gußteiles, wie Formkasten, Anschnitt- und Speisersystem bzw. Kernpakete zu laden und diese für das angefragte Gußteil zu übernehmen, bzw. falls erforderlich anzupassen. Zweckmäßig unterstützt wird der Technologieabgleich durch die Anwendung einer Checkliste (**Bild 12**).

| Gußteilanfrage | | Ähnlichkeit | |
|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Grundform | Rota-Prisma | Grundform | Rota-Prisma |
| Max. Maße (mm) | 2900x950x850 | Max. Maße (mm) | 2900x950x850 |
| Masse (kg) | 6500 | Masse (kg) | 6000 |
| IBM-Nummer | 4123321 | IBM-Nummer | 4123323 |
| Stückzahl | 5 | Stückzahl | 3 |

| | | | | |
|--|----------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Gleiche Grundform? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Gleiche Nebenformelemente? | <input type="checkbox"/> < | <input checked="" type="checkbox"/> > | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Gleiche Hauptabmessungen? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Gleicher Formkasten möglich? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Gleiche Formanlage? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Gleiche Plattenbelegung? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Gleiches Anschnitt- und Speisersystem? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
| Gleiche Kerne/Kernpakete? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
| Sind die Änderungen so realisierbar? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Neue Mengen- und Zeitenermittlung? | <input type="checkbox"/> < | <input type="checkbox"/> > | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |

Bild 12: Checkliste zur Durchführung eines Technologieabgleiches

Voraussetzung für einen solchen Technologieabgleich ist selbstverständlich die Anwendung der gleichen Form- und Kernformausrüstung. Diese Bedingung wird durch eine entsprechende Strukturierung der Grundformklassifikation gewährleistet. Diese

ist so aufgebaut, daß sie die Gußstücke bezogen auf die, in der jeweiligen Gießerei angewandeten Formverfahren/ -Ausrüstungen geordnet enthalten. Das für das angefragte Gussteil in Betracht zu ziehende Formverfahren/ -ausrüstungen stellt ein Ergebnis der Prüfung der Realisierbarkeit dar.

Rechnerunterstützte Rohteilgenerierung

Im Falle dessen, daß mittels des Assistenzsystems „Ähnlichteilsuche“ kein Ähnlichteil gefunden wurde, ist eine Rohteilgenerierung erforderlich um eine Angebotskalkulation durchführen zu können (**Bild 1**). Der damit verbundene Umfang und demzufolge auch die Art der zum Einsatz gelangenden Hilfsmittel hängen im wesentlichen vom Ergebnis der Anfragebewertung und der Art und Qualität der zur Verfügung stehenden Gußteilinformationen ab. Das Workflow Management System unterstützt den Nutzer beim Treffen einer Entscheidung. Als Tools bietet es dem Arbeitsvorbereiter eine rechnergestützte Checkliste (**Bild 13**) oder bei vorhandenen 3 D-CAD-Daten den wesentlich detaillierteren Rohteilalgorithmus zur rechnerunterstützten Rohteilgenerierung an.

| 1 Ist das Gußteil prismatisch? | | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
|---|---|--|--|
| 1.1 | Gußteil in einer Ebene symmetrisch? | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 1.2 | Gußteil in zwei Ebenen symmetrisch? | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 1.3 | Gußteil in drei Ebenen symmetrisch? | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 2 Ist das Gußteil rotationssymmetrisch? | | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 2.1 | Gußteil nicht symmetrisch senkrecht zur Rotationsachse? | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 3 Ist das Gußteil in einer der Hauptachsen wesentlich größer dimensioniert? | | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 3.1 | Einsatz einer Formanlage mit vertikaler Entformungsrichtung geplant (HSP) ? | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 3.2 | Einsatz einer Formanlage m. horizont. Entformungsrichtung geplant (DISAMATC)? | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
| 3.3 | Andere Formausrüstung geplant? | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
| 4 Ebene Formteilung möglich? | | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 5 Gußteil weist Masseanhäufungen auf? | | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 5.1 | Möglichkeit der Speisung gegeben? | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
| 6 Gußteilflächen mit hohen geometr. und stoffl. Anforderungen vorhanden? | | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| 6.1 | Anordnung dieser Flächen im unteren bzw. seitlichen Bereich der Form? | <input type="checkbox"/> Ja | <input checked="" type="checkbox"/> Nein |
| 6.2 | Flächenlage unter Beachtung der Lage von Masseanhäufungen veränderbar? | <input checked="" type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |

Bild 13: Checkliste zur Rohteilgenerierung (Auszug)

Die rechnergestützte Checkliste stellt im wesentlichen einen Leitfaden dar. Geführt durch Ja/Nein-Entscheidungen werden dem Arbeitsvorbereiter gezielt Hinweise zur zweckmäßigen Lage des Gußteiles im Formkasten, zur Anordnung von Speiser- und Anschnittsystem u.a. m gegeben. Um den Umgang mit der Checkliste zu vereinfachen, ist es von Vorteil und möglich, die Fragestellungen anhand verschiedener Beispiele zu erläutern und im Assistenzsystem zu hinterlegen. Der Einsatz der Checkliste bietet sich insbesondere dann an, wenn die Geometriedaten des Gußteiles im Zeichnungsformat vorliegen und die Rohteildaten per Hand in die Fertigteilzeichnung einzutragen sind.

Im Gegensatz zur Checkliste bietet der Rohteilalgorithmus, eingebunden in ein CAD-System, dem Nutzer wesentlich mehr Möglichkeiten und Hilfestellungen. So unterstützt er ihn bei der

- Bestimmung der Lage des Gußteiles im Formkasten,
- Gestaltung der Plattenbelegung,
- Bestimmung der Lage der Teilungsebene,
- Bestimmung von Werten für Bearbeitungszugaben, Aushebeschrägen, Mindestabmessungen von vorgießbaren Formelementen,
- Dimensionierung von Kernen, Ballen, Anschnitt- und Speisersystemen sowie Kühlelementen,
- Auswahl von Los- und Ansteckteilen sowie
- bei der Auswahl von Filtern.

Voraussetzungen dafür sind jedoch entsprechende Datenbanken und Zusatzprogramme beispielsweise zur Generierung grundsätzlicher Einformlagen und Optimierung der Plattenbelegung.

Im Rahmen der Untersuchungen im Forschungsvorhaben wurden zunächst die Grundlagen für einen Algorithmus zur Ableitung des Rohteiles/Einformschemas aus dem Fertigteil *für eine automatische Formanlage mit vertikaler Entformungsrichtung* geschaffen.

Ausgangspunkt der Betrachtungen ist die Ableitung grundsätzlich möglicher Einformlagen, basierend auf dem Volumenmodell des Fertigteiles. Diese gilt es, anhand solcher Kriterien, wie Symmetrie, Ausformbarkeit, Speisbarkeit u.a.m. einzuschränken. Genügt eine Einformlage den betrachteten Kriterien nicht, so fällt sie an der ent-

sprechenden Stelle des Algorithmus heraus und die nächste Einformposition des Gußteiles wird auf gleiche Weise untersucht. Auf diese Weise tastet man sich schrittweise an die technisch realisierbare Eiformvarianten heran, welche es abschließend unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu bewerten gilt.

Weitere Festlegungen

An die Ähnlichteilsuche bzw. die Rohteilgenerierung schließen sich in der Folge Mengenberechnungen, Festlegungen zu Arbeits- und Prüfgängen sowie Planzeitbestimmungen an.

Die Ausgangsgrößen zur Ermittlung und Festlegung dieser Parameter und Aspekte erhält der Nutzer bei konsequenter Anwendung der beschriebenen Datenbanken und Assistenzenzsysteme.

So stellt die Mengenermittlung ein zweckmäßiges Nebenprodukt bei der Anwendung des Assistenzenzsystems „Rohteilgenerierung“ dar. Folgende Volumina können beispielsweise bei Anwendung des CAD-Systems Solidwerks 99 kurzfristig ermittelt werden:

- Formstoffvolumen
- Kernformstoffvolumen (gesamtes bzw. kernbezogenes Volumen)
- Volumen an metallischem Einsatzmaterial (Volumen des Rohteiles, Speiservolumen gesamt bzw. speiserbezogen, Anschnittvolumen, gesamtes Volumen an metallischem Einsatzmaterial).

Die Festlegung der Arbeits- und Prüfgänge wird ebenfalls durch folgende Aspekte vereinfacht:

- Im Ergebnis der Nutzung der Datenbank zur Prüfung der Realisierbarkeit liegt dem Arbeitsvorbereiter bereits eine Liste der zweckmäßig einzusetzenden Ausrüstungen vor.
- Die Assistenzenzsysteme „Ähnlichteilsuche“ und „Rohteilgenerierung“ stellen die notwendigen Gußteildaten und -merkmale für die Präzisierung der Arbeitsgänge bereit. So kann der Arbeitsvorbereiter beispielsweise anhand der Größe und Gestalt der modellierten Kerne im CAD-System Schlußfolgerungen bezüglich der notwendigen Arbeitsgänge zur Kernherstellung (Herstellung mehrerer einfacher Einzelkerne, welche zu einem Kernpaket zusammengeklebt werden oder Herstellung eines einzigen komplizierten Kernes) ziehen.

- Die Reihenfolge der durchzuführenden Arbeitsgänge unterliegt einer bestimmten Zwangsfolge.
- In vielzähligen Gießereien liegen zudem charakteristische Arbeitsgänge, abrufbereit in Arbeitsgangdateien vor /10/.

Unter Berücksichtigung der Art des Qualitätssicherungssystems des jeweiligen Unternehmens ist es weiterhin möglich, die erforderlichen Prüfgänge bezogen auf die Fertigung des betrachteten Gußteiles neu festzulegen bzw. bei einem Ähnlichteil entsprechend den neuen Bedingungen anzupassen (**Bild 14**).

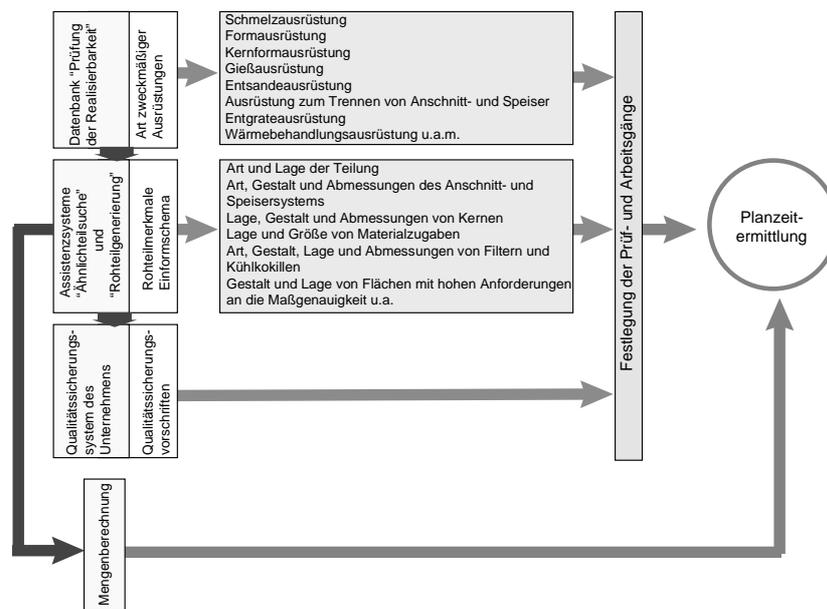


Bild 14: Zusammenhänge zwischen den Moduln des rechnergestützten Systems und der Ableitung von Arbeitsgängen und Planzeiten

Basierend auf den festgelegten Arbeits- und Prüfgängen, den Ausrüstungen sowie der Mengenermittlung sind in der Folge Planzeiten bestimmbar und zwar mittels:

- Zeitstandards
- Systemen von vorbestimmten Zeiten ermittelt auf der Basis der Multimomentmethode
- Zeitklassenkatalogen, z.B. für ähnliche Kerne
- einfacher oder mittels
- multipler Einflußgrößenrechnung /10/.

Verschiedene Softwareanbieter stellen diese Methoden den Nutzern bereits in ihren Systemen zur Verfügung. Ähnlich verhält es sich mit der Termin- und Kapazitätsplanung. Nach /11/ unterstützen gießereitypische Softwarepakete den Nutzer bei der Terminplanung mittels folgender Funktionen:

- Rückwärtsterminierung
- Vorwärtsterminierung oder das
- Mittelpunktverfahren.
-

Die Grobplanung, d.h. die Berücksichtigung von Angeboten mit den entsprechenden Realisierungsfaktoren findet bei der Terminplanung jedoch kaum Beachtung.

Die Möglichkeiten der verschiedenen, auf dem Markt erhältlichen Softwaresysteme bezüglich der Kapazitätsplanung sind ebenfalls sehr differenziert. Nach /11/ wird eingeschätzt, daß auf diesem Gebiet noch Entwicklungsbedarf besteht.

Die getroffenen Festlegungen und Berechnungen münden letztendlich in der Kalkulation der Kosten sowie dem Preis für das angefragte Gußteil.

Festlegungen zu den Urformwerkzeugen (z.B. Modellen, Kernkästen etc.) sowie zur mechanischen Bearbeitung werden dabei meist von Kooperationspartnern der Gießerei getroffen bzw. vom Kunden anderweitig veranlaßt.

Zusammenfassung und Ausblick

Trotz weltweit intensiver Bemühungen zur Einführung rechentechnischer Lösungen in Gießereien stand bislang keine Softwarelösung zur Unterstützung fertigungsplanerischer Aufgaben der Angebotserarbeitung zur Verfügung. Gerade in der Angebotsphase wird jedoch der Grundstein für die Anbahnung von Aufträgen gelegt. Untersuchungen zufolge weist die Angebotserarbeitung in Gießereien einen niedrigen Grad der wissenschaftlichen Durchdringung der einzelnen Aufgabeninhalte auf. Um einen Qualitätssprung zu erzielen ist der Grad der Durchdringung wesentlich zu erhöhen. Gleichzeitig ist die Bearbeitungsdauer für Angebote zu reduzieren. Im vorliegenden Beitrag wird das Ergebnis mehrjähriger Forschungsarbeit, unterstützt durch Fördermittel des BMBF in Bonn und koordiniert durch den VDG, vorgestellt.

Der Beitrag beinhaltet ein Konzept für eine durchgängig rechnerunterstützte Lösung der Angebotserarbeitung in Eisen- und Stahlgießereien. Einzelne Module wurden

bereits unter Praxisbedingungen getestet. Ziel des Einsatzes dieser Softwarelösung in den arbeitsvorbereitenden Abteilungen von Gießereien ist es Suchaufwand bezüglich verschiedener Daten und Dokumente sowie Stillstandszeiten einzusparen. Weiterhin wird mehr Objektivität bei der Abarbeitung einzelner Prozeßschritte gewährleistet. Die Lösung orientiert auf die Verarbeitung progressiver Informationsarten, läßt jedoch auch die Bearbeitung von Zeichnungen, die Einbindung von Gußteilst fotografien u.a. m. zu.

Das Wissen des Angebotserarbeiters ist jedoch nach wie vor erforderlich, da verschiedene Entscheidungen nur im Dialog getroffen werden können.

Das Softwarekonzept bildet die Voraussetzung für eine effizientere, dem Stand der Technik angepaßte, Angebotserarbeitung.

Danksagung

Unser Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in Bonn, welches die Untersuchungen mit Fördermitteln unterstützte sowie dem Verein Deutscher Gießereifachleute für die Koordination der Arbeiten.

Literatur

- /1/ Ambos, E.; Richter, U.; Behm, I.; Brahmman, M.:
Progressive Arbeitstechniken bei der Entwicklung neuer Gußstücke für
den Maschinen- und Fahrzeugbau
Giesserei-Rundschau, Wien, 5/6 1997, S. 5 - 11

- /2/ Brahmman, M.:
Ständiger Informationsaustausch durch Einsatz von Multimedia-
Datenkommunikation in der Druckgießerei
Giesserei 84 (1997) 8, S. 15-16

- /3/ Ambos, E.; Brahmman, M.; Bähr, R.:
Die Gießereitechnik als Anwendungsgebiet modernster Kommunikati-
onstechnologien
Vortragsband 63. Gießerei-Weltkongreß 1998, Budapest, Vortrag T 35,
S. 1 – 10

- /4/ Brahmman, M.:
Tele-Engineering: Beschleunigte und qualifizierte Entwicklung und Fer-
tigung gegossener Bauteile unter Nutzung von Multimedia-
Kommunikationstechnik
Shaker Verlag, Aachen, 1998, ISBN 3-8265-4300-9

- /5/ Pfisterer, W.:
Rationalisierung der Angebotserarbeitung in Stahlgießereien
Diplomarbeit, Universität Magdeburg 1996
- /6/ Scheler, R.; Hofmann, I.; Ambos, E.:
Ähnlichtheilsuche in der Gießerei
Research Conference zum BMBF-Projekt „Innovative Gießerei“,
Universität Magdeburg 1998, Preprint Nr. 6, S. 13 – 17
- /7/ Kröttsch, S.; Hofmann, I.; Paul, G.; Ambos, E.:
Process Modelling During the Workout of Offers for Castings. In B.
Scholz-Reiter, H.-D. Stahlmann, A. Nethe: Process Modelling.
Springer Verlag, 1999
- /8/ Pfisterer, W.:
Vervollständigung und Bewertung von Anfragen auf Realisierbarkeit bei
der Angebotsbearbeitung in Gießereien
Dissertation, Universität Magdeburg 1999
- /9/ Kröttsch, S.; Hofmann, I.; Ambos, E.; Kreutzmann, F.; Paul, G.:
Workflow Management System für die Arbeitsvorbereitung
Giesserei 98
- /10/ REFA -Lehrgang Gießerei
Lehrunterlage, Druck und Vertrieb REFA, Darmstadt 1990
- /11/ Abels, H.; Monsler, D.:
Gestaltung der Termin- und Kapazitätsplanung in Gießereien
Teil 3. Unterstützung durch EDV - Ergebnis einer Anbieterbefragung
Giesserei 80 (1993) 23, S. 802 - 806

Die Autoren/ -innen

- Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Ambos: Lehrstuhlleiter Urformtechnik, Institut für Fertigungstechnik
und Qualitätssicherung, Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
- Dr.-Ing. Ines Hofmann: wissenschaftliche Assistentin, Institut für Fertigungstechnik
und Qualitätssicherung Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
- Dipl.-Inf. Sylke Kröttsch: wissenschaftliche Mitarbeiterin, Institut für Technische und
Betriebliche Informationssysteme, Otto-von-Guericke-
Universität Magdeburg
- Dipl.-Ing. Ralf Scheler: wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Fertigungstechnik
und Qualitätssicherung Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg
- Dipl.-Ing. Norbert Miersch: Betreuer CAD-Labor, Technische Hochschule Wildau
- Dr.-Ing. Wilfried Pfisterer: Geschäftsführer Silbitz Guss GmbH