

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

**Žydrūnas Rutkauskas / Gerhard Linß / Algirdas Bargelis**

## **Qualitätssicherungsmodul für die automatisierte Konstruktion und Fertigung im Formenbau für Kunststoffspritzgießen**

### **ABSTRACT**

In der frühen Entwicklungsstufe von Erzeugnissen sind die Prozesse der Konstruktion und Fertigung sehr wichtige Schritte, da sie starken Einfluss auf die Qualität und Einfluss auf eine gewisse Fehlerwahrscheinlichkeit haben. Die Anwendung des DFQ-Modells erlaubt Fehler zu umgehen. Weiterhin beschleunigt es den Prozeß des Designs und der Herstellung.

### **I. EINLEITUNG**

Im 21. Jahrhundert werden bei der Entstehung von neuen Produkten die Prozesse Konstruktion und Fertigung durch stärkere Integration rechnergestützter Systeme weiterentwickelt (Computer Integrated Manufacturing CIM). In diesen integrierten Systemen besteht eine sehr aktuelle Problemstellung in der Qualitätssicherung und die Fertigungsaufwand. Da Fertigungsanlagen selbst sehr großen Einfluss auf die Qualität der Produkte haben, ist es sehr wichtig, rechtzeitig und vollständig die Einflussfaktoren zu ermitteln, die einen großen Einfluss auf die Genauigkeit in der Konstruktion und Fertigung des Formenbaus haben.

Eine Problemstelle im Prozess des Spritzgießens oder ein Fehler am Formteil kann zahlreiche Ursachen haben, die von der Maschine, vom Werkzeug, dem Material und den Methoden abhängen. Neben der Ursache eines Fehlers sollte auch Zeitpunkt des Entstehens genauer eingegrenzt werden.

Das Arbeitsziel ist die Erstellung eines intelligenten Modulalgorithmus. Mit diesem Modulalgorithmus können Fehler vermieden werden, die einen großen Einfluss auf die Qualität in der Konstruktion im Formenbau haben. Das intelligente Modul muss den optimalen Herstellungsplan des Formenbaus anbieten.

### **II. Design for X (DFX)**

DFX kann auf zwei Wege interpretiert werden:

1. X steht für eines der Merkmale oder für eine Lebens-Zyklus-Phase.

2. X ist eine Gruppe individueller Parameter, die im Integrationszusammenhang untersucht werden.

Der Produkt-Lebens-Zyklus erfordert, dass die DFX-Methode in einen frühestmöglichen Stadium eingefügt wird. Es stellt unter der vorhandenen Kapazität die beste Möglichkeit zur Erzeugung eines Produktes dar, um die neuen Ideen des Entwicklers zu implementieren und die Änderungsschritte minimal zu halten. In späteren Phasen sinken die Möglichkeiten für eventuelle Änderungen, besonders wenn das nötige Equipment bereits anderweitig genutzt wird oder Komponenten verkauft wurden.

Die DFX-Methode basiert auf der Verknüpfung zwischen dem Produkt und dem Entwurf des Herstellungsprozesses mit den Produkt-Lebens-Zyklus-Parametern. Diese Beziehung ist mit den Lösungen verknüpft, sobald die Designparameter, die mit den unterschiedlichen Beschränkungen verbunden sind, ausgewählt werden. Der DFX-Ansatz verlangt eine frühe Prüfung von Effekten der Design-Lösungen auf die Produkt-Lebens-Zyklus-Phasen. DFX hilft oft dabei, die Widersprüche der Produkt- und Prozesskonstrukteure in verschiedenen Lebens-Zyklus-Phasen zu reduzieren. Ungeachtet dessen besteht das Hauptziel von DFX in der Reduzierung der Fertigungskosten der Produktteile (50-90%).

Die erste Stufe umfasst den Entwurf des Produktes und das dafür notwendige Wissen. Die zweite Stufe besteht in der Entwicklung spezialisierter Konstruktionsbewertungswerkzeuge. Mittels der Integration von DFX-Methoden in die Konstruktionssoftware können folgende Vorteile erreichen werden:

- Der Konstrukteur kann in einer Entwicklungsumgebung arbeiten;
- integrierte Entwicklungsumgebungen reduzieren den Zeitraum des Produktdesigns;
- die Fehlerzahl kann reduziert werden während der DFX Analyse, wegen weniger falscher initial Design Daten.

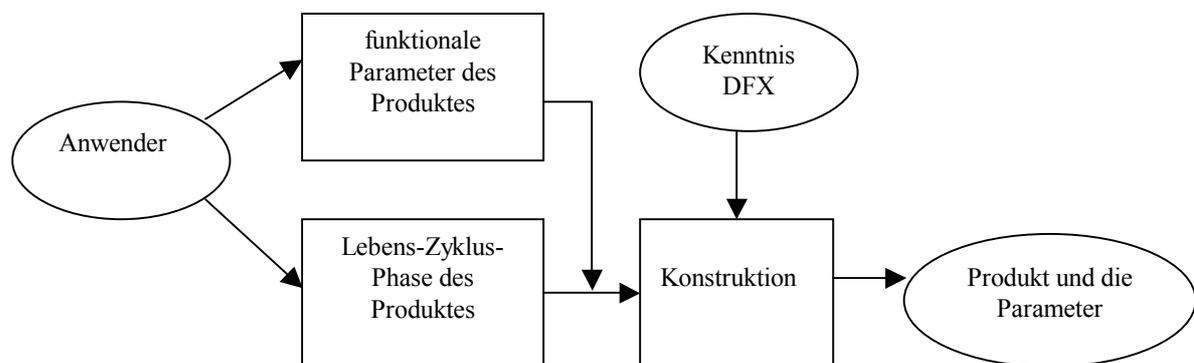


Bild 1: Anwendung der Entwurfsempfehlungen für unterschiedliche Produktklassen

Der grundlegende Nachteil der Integration von DFX-Methoden und Software, ist durch das Fehlen von genügend wirksamen Modellen und Software gekennzeichnet, die dem Konstrukteur helfen könnten, sofort die richtigen Lösungen zu finden.

Die Mehrheit der DFX-Methoden sind für Produktverbesserungen gedacht, z. B. zum Auswerten der Strukturen; sie haben allerdings keinen Mechanismus, den Entwurfsprozess zu überwachen, um sich an die DFX-Hinweise zu halten. Es würde offensichtlich mehr Nutzen bringen sich an mehrere X Parameter zu halten, als sich an eine Parameterempfehlungen zu halten. Allerdings gibt es im Moment nur wenig Arbeiten, die während des Erzeugnisdesigns 2-3 X-Parameter auswerten können.

Durch Anwendung von DFX-Methoden, kann die Organisation zu einem Produkt in mehreren Stufen ausgeführt werden; die zwei Hauptsächlichen sind: Produkt-Struktur-Ebene und Teil(e)-Füge-Ebene. Der ersten Stufe fehlen derzeit die dazugehörigen Lösungen der eingesetzten DFX-Methode; der Hauptforschungstrend besteht in der Vereinfachung der Produktstruktur, die ihre Eigenheiten einbringt. Die zweite Stufe kann mit einer Menge an verschiedenen DFX-Werkzeugen versorgt werden.

Die populärsten Methoden sind DFM und DXA, da sie die stärkste Auswirkung haben, um das perfekte Produktdesign mit den geringsten Kosten zu erhalten. Jetzt gilt es, die neuen DFX-Methoden, wie DFD – Zerlegen des Designs für ein Produkt, DFS - Design für geeignete Dienstleistung, DFQ - Design für Produktqualität und DFC - Design für geringste Kosten mit DFM und DFA zu verbinden, obwohl sie Besonderheiten für unterschiedliche Produktklassen haben.

### **III. Struktur des Qualitätssicherungsmoduls für die automatisierte Konstruktion und Fertigung im Formenbau für Kunststoffspritzgießen**

Wir haben ein Qualitätssicherungsmodul für die automatisierte Konstruktion und Fertigung im Kunststoffspritzgießen entwickelt (Bild 2). Durch Verwendung dieses Moduls kann die Arbeit des Konstrukteurs und des Technologen erleichtert werden. Dieses Modul enthält für den Konstrukteur oder den Technologen eine Anleitung, was gemacht werden kann und was nicht. Weiterhin sind Fehlerlisten und Ratschläge enthalten, um Fehler zu vermeiden. Die Anleitung, Fehlerlisten und Ratschläge können jederzeit ergänzt werden.

Der Hauptteil der Design-Richtlinien sind leicht zu verstehen. In einigen Fällen können diese Design-Richtlinien von Nachteil werden, weil für einige Konstrukteure und Technologen diese Information nicht verstanden werden. Die Suche der Informationen bedarf andererseits sehr viel Bemühungen und erhöht den Aufwand. Aus diesem Grund können die Information generell

eingeteilt werden.

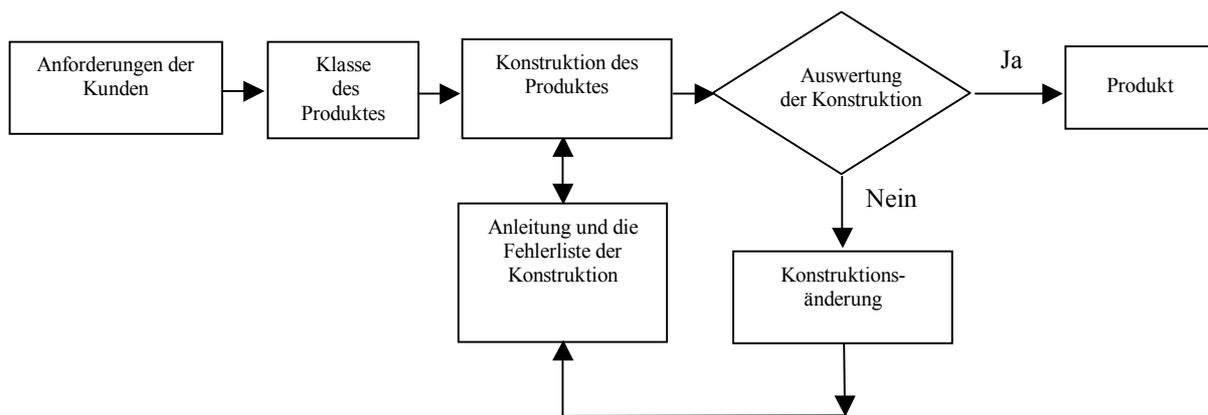


Bild 2: Schema der Konstruktionsauswertung

Im Qualitätssicherungsmodul werden Informationen für diese Parameter eingeteilt:

- funktionaler Entwurf.
- Parameter.
- Genauigkeit der Geometrie.
- Genauigkeit der Maße.

Diese Datenerfassungsparameter können gesammelt werden, wenn wir diese Variante benutzen

[2]:

- Fehlermöglichkeit und Einflussanalyse (FMEA).
- Bericht über die Prüfung der Anlage.
- Bericht des Audits.
- Bericht Quality Function Deployment.
- Bericht über die statistische Versuchsplanung.
- Bericht der Versuchsplanung nach Taguchi.
- Bericht Six-Sigma-Methode.

In diesem Qualitätssicherungsmodul für den Formenbau im Kunststoffspritzgießen wird die Konstruktions- und Fertigungsqualität ausgewertet und dann ein Auftrag für die Konstrukteure und Technologen erstellt. Der Vorteil ist, dass die Informationen, die über den Konstruktionsprozess bzw. Fertigungsprozess vorliegen, die Qualität der Produkte berücksichtigen.

Auswertung der Konstruktion:

- Auswertung der entwurfsbasierten Erklärung.
- Entwurfsanalyse, d. h. Untersuchung der Eigenschaften der einzelnen Schritte des kompletten Zyklus des Produkts mit der Erklärung.
- Erstellung einer Entwurfsempfehlung. Die Software der Konstruktionsauswertung zeigt Problemstellen des Entwurfs und gibt Hinweise zur Verbesserung aus.

Die Auswertungsmethode der Konstruktion ist qualitativ und quantitativ. Die quantitative Auswertungsmethode zeigt potenziell schlechte Bereiche der Konstruktion, die verbessert werden können. Die qualitative Auswertungsmethode prüft eine Konstruktion. Die Auswertung erfolgt durch die Software.

Für die Datensammlung werden Information eines litauischen Unternehmens, welches im Formenbau für Kunststoffspritzgießen produziert, benutzt [3, 4]. Der Prozess der Datensammlung wird im nächsten Kapitel dargestellt.

### **Fallstudie**

Durch Prüfungen und das Sammeln von Ergebnissen in litauischen Betrieben im Formenbau für das Kunststoffspritzgießen sind Informationen für die Dimension und die geometrische Genauigkeit vorhanden. Die Informationssammlung wurde an neuen Teilen im Formenbau für Kunststoffspritzgießen untersucht. Es wurden 100 neue Teile gegossen. Diese Teile wurden gemessen und ihre Dimensionen und geometrische Genauigkeit registriert. Anschließend wurde die Standardabweichung berechnet. Ebenso wurde geprüft, ob das Teil Formfehler und Kratzer besitzt. Im Fehlerfall wurden die Ursachen für die fehlerhafte Dimension bzw. geometrische Genauigkeit untersucht. Diese Fehler sind im Prüfbericht festgehalten. Die häufigsten Fehler sind (Bild 3): Bildung einer Angussmarke, Gussformen lassen sich schwer öffnen, Teile sind zerkratzt, auf Gusseinzelheiten bilden sich Wasserzeichen, die Kanten der Steckbuchsen sind zu scharf sowie die schlechte Erkennung von Einzelheiten. Für die Genauigkeit der Dimension der zu gießenden Werkstücke ist es sehr wichtig, aus der Kompliziertheit und dem Material den Schwundfaktor aus zu wählen. Der Schwundfaktor liegt zwischen 0,04 und 0,07 %. Den Schwundfaktor des Materiales muss der Konstrukteur bereits frühzeitig im Entwurfsstadium des Formenbau berechnen.

Wie aus Bild 3 hervorgeht, sind die grundlegenden Fehler der Abguss und die Angussmarke. Die Angussmarke bildet sich, wenn die Düsenbohrungen zu klein bzw. zu groß sind oder diese Düsenbohrungen sich an ungünstigen Stellen befinden.

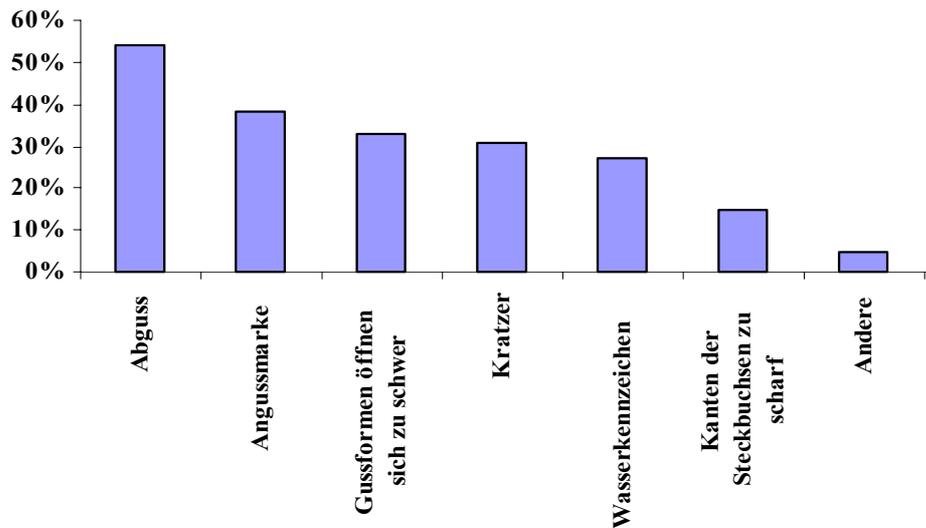


Bild 3: Fehler des Formenbaus

Der Abguss entsteht, wenn die Toleranzen schlecht berechnet sind. Deshalb ist es sehr wichtig, diese bereits in der frühen Konstruktionsphase zu bestimmen. Dieser Fehler kann aber auch in der Technologie oder den verwendeten Anlagen begründet sein.

### Erkenntnisse

Intelligente funktionelle Algorithmusmodule können in der Entwicklung und Produktion für qualitativ bessere Einheiten verwendet werden. Dieses Modul kann Konstruktionsfehler bereits frühzeitig im Entwurfsstadium vermeiden. Das ist wichtig, da dies den größten Einfluss auf die Formqualität hat. Das Modul bietet eine optimale Entwurfs- und Fertigungsstrategie im Formenbau für Kunststoffspritzgießen an.

#### Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] <http://distance.ktu.lt/cdk/courses/541/fcontent.html>.
- [2] **Marcel Tichen**, A design coordination approach design for x, Phd thesis, Delft University, 1997, NL
- [3] **Martin, Bichler** Kunststoffeile fehlerfrei spritzgießen. Hüthing GmbH, Heidelberg, 1999, 112p.
- [4] Internationale Jahrestagung Spritzgießen 2002 Das Spritzgießenwerkzeug, Die Spritzgießverpackung., VDI, 2002, 327 p
- [5] **Linß, Gerhard** Qualitätsmanagement für Ingenieure München Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl., 2002 590 p.

#### Autorenangaben:

Zydrunas Rutkauskas  
 Prof. Dr.-Ing. habil. Algirdas Bargelis  
 Technologische Universität Kaunas  
 Fakultät für Maschinenbau  
 Kestucio 27 LT44025 Litauen  
 Email: Zydrunas.Rutkauskas@stud.ktu.lt

Prof. Dr.-Ing. habil **Gerhard Linß**  
 Technische Universität Ilmenau  
 Fakultät für Maschinenbau  
 Fachgebiet Qualitätssicherung  
 98684 Ilmenau  
 Email: Gerhard.Linss@tu-ilmenau.de