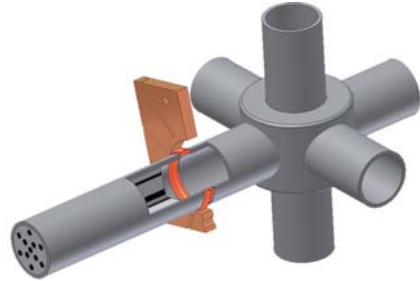


## Finite Elemente Design

Bessling, S., Echtermeyer, P. (ISAF),  
Korte, T.



*In Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover wird an der TU Clausthal der Sonderforschungsbereich 675 „Erzeugung hochfester metallischer Strukturen durch gezieltes Einstellen lokaler Eigenschaften“ bearbeitet. Ziel dieses SFB ist die Erzeugung gradiertener Bauteileigenschaften durch innovative Fertigungsverfahren. Das IMW bearbeitet zusammen mit dem Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren (ISAF) ein Teilprojekt. In diesem Projekt wird ein neues konstruktionsmethodisches Vorgehen entwickelt, das zu innovativen Bauteilen führt, die das Potenzial lokaler Eigenschaftsoptimierungen optimal ausnutzen.*

*The TU Clausthal works in collaboration with the Leibniz University Hannover on the special research field (SFB) 675 „Creation of high strength metallic structures by specific altering of local properties“. Its aim is the generation of staged part properties by innovative assembly technologies. The IMW works together with the Institute of Welding and Machining (ISAF) on a subproject. In this project a new methodical procedure for construction is developed which leads to innovative parts which use the potential of local optimised features.*

### 1 Sonderforschungsbereich 675

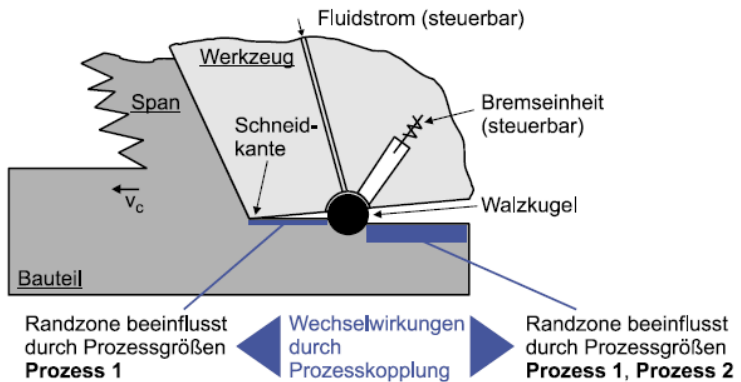
Metallische Strukturen unterliegen verschiedenen anwendungsspezifischen Beanspruchungsprofilen, die zunehmend komplexer werden. Dadurch steigen auch die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften. Dies hat zur Folge, dass vermehrt hochfeste Strukturen mit einem hohen Spezialisierungsgrad benötigt werden. Die Beanspruchungen treten dabei häufig inhomogen und lokal differenziert auf. Derzeit wird die Werkstoffauswahl in der Regel nach der höchsten zu erwartenden Belastung getroffen, auch wenn diese nur in lokal begrenzten Bereichen auftritt.

Der Sonderforschungsbereich 675 begegnet der lokalen Werkstoffbeanspruchung mit einer lokalen Eigenschaftsanpassung. Damit wird einerseits das Anwendungsfeld für die zur Verfügung stehende Werkstoffpalette deutlich erweitert, andererseits werden durch die bedarfsoptimierte Einstellung vorhandene Potenziale der Werkstoffe

erschlossen und durch eine geeignete Beschreibung dem Produktentwickler zugänglich gemacht.

Durch die lokale Anpassung der Eigenschaften wird widersprüchlichen Anforderungen bei der Auslegung von Strukturelementen entsprochen. So werden Elemente gefertigt, die örtlich definierte Festigkeit und Härte mit reduzierter Duktilität aufweisen, in benachbarten Bereichen hingegen eine hohe Duktilität bei reduzierter, ausreichender Festigkeit besitzen.

Beispiele für die Forschungstätigkeit im Rahmen des SFB 675 sind gezielte Gefügeänderungen bei metastabilen austenitischen Stählen durch Umformprozesse, das im Walzprofilierprozess eingebundene lokale Aufschäumen von Strukturen mit Magnesium, die Entwicklung kombinierter Fertigungstechnologien für hochfeste Aluminiumbauteile (**Bild 1**) und das gezielte Ausnutzen von lokalen Effekten von Schweißnähten zur Generierung von gradierten Festigkeitseigenschaften.



**Bild 1:** Wirkprinzip: Verfestigung der Randzonen bei der spanenden Bearbeitung mit Kombinationswerkzeugen /1/

Im Mittelpunkt der Forschung steht die durchgängige Untersuchung des gesamten Entwicklungs- und Fertigungsprozesses von hochfesten Strukturen mit gradierten Eigenschaften. Die Arbeiten umfassen werkstoffkundliche Grundlagenuntersuchungen, die Entwicklung von Fertigungsverfahren und Prozessen bis hin zur Auslegung von Produktionsketten. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Produktentwicklung und Berechnung derartiger Bauteile werden auch Fragen der Konstruktionsmethodik und Lebensdauerabschätzung bearbeitet.

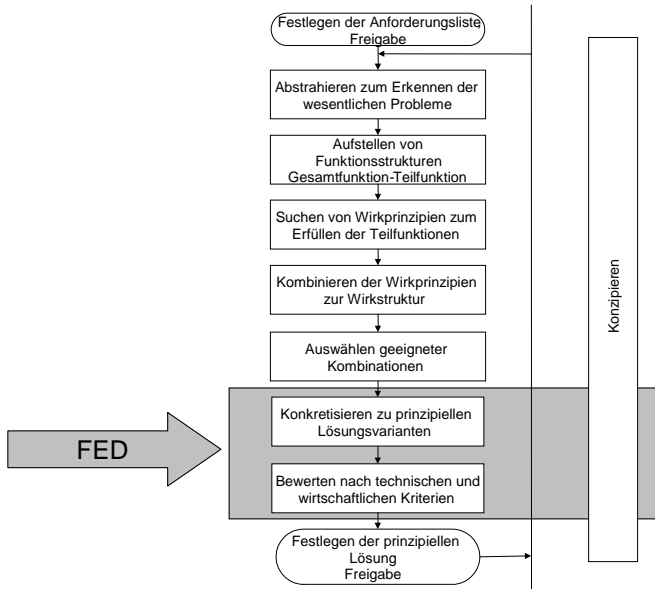
## 2 Finite Elemente Design FED

Das Potenzial lokal eigenschaftsgeänderter Strukturen lässt sich in der Praxis am effektivsten nutzen, wenn dem Konstrukteur dieses Wissen bereits in der Konzeptphase des Produktentwicklungsprozesses zur Verfügung steht. Um die Erkenntnisse des Sonderforschungsbereichs 675 umzusetzen und das Potential der Eigenschaftsveränderungen ausschöpfen zu können, bearbeiten das IMW mit dem ISAF gemeinsam das Teilprojekt C7 „Konstruktionssystematik zur Entwicklung hochfester, lokal angepasster Strukturen mit Hilfe des Finite Elemente Design (FED)“. In dem Projekt werden die Erfahrungen des IMW als Spezialist auf dem Gebiet des methodischen Konstruierens und des ISAF im Bereich der schweißtechnischen Herstellung von artunterschiedlichen Mischverbindungen konzentriert.

### 2.1 Ziele

Im bisherigen konstruktionsmethodischem Vorgehen wird der Werkstoff erst in der Gestaltungsphase berücksichtigt /2/. Mit Hilfe des Finite Elemente Design soll es ermöglicht werden, bereits in der Konzeptphase Werkstoff- und Fertigungseinflüsse zu berücksichtigen. Insbesondere in Hinblick auf die im SFB 675 erarbeiteten Ergebnisse ist die Einbeziehung des gesamten Eigenschaftsprofils des Werkstoffes mit Werkstoffeigenschaften und den Restriktionen und Möglichkeiten verschiedener, auch neuartiger Fertigungsprozesse in den Konstruktionsprozess bedeutsam. **Bild 2** zeigt, in welchem Bereich der Konzeptfindungsphase der FED-Prozess eingreift.

Ziel ist es ein Bauteil zu gestalten, das sämtlichen Anforderungen gerecht wird, dabei die Möglichkeiten der Fertigungsprozesse vollständig für die Funktionserfüllung nutzt ohne Werkstoffpotenziale zu verschenken. Außerdem werden dem Konstrukteur Restriktionen aus dem Fertigungsprozess bereits in der Konzeptfindungsphase zur Verfügung gestellt. Der gesamte Gestaltungsprozess wird effizienter, da Iterationsschritte zur Findung der optimalen Lösung in der eigentlichen Gestaltungsphase nicht durchlaufen werden müssen.



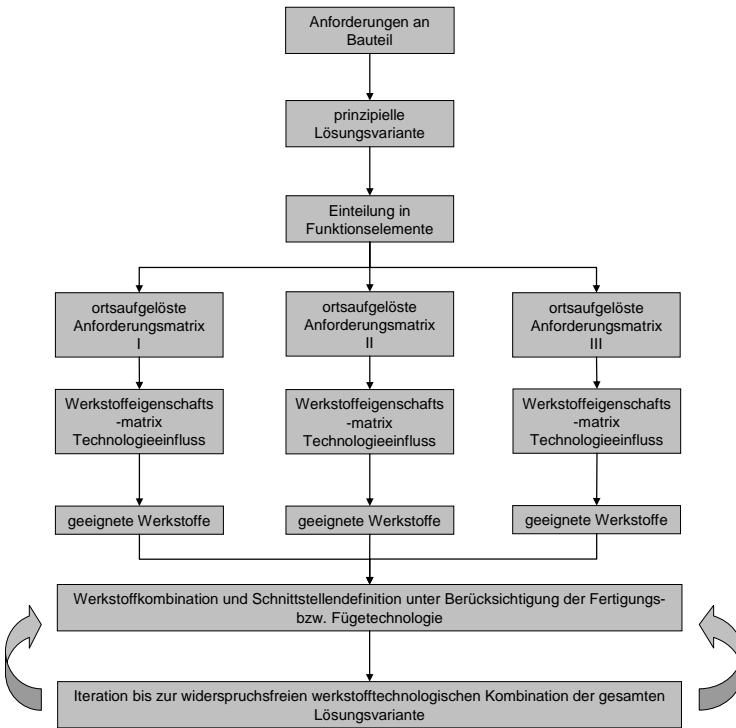
**Bild 2:** FED-Prozess in der Konzeptfindungsphase

## 2.2 Methode

Ein Überblick über die Vorgehensweise der FED-Methodik ist in **Bild 3** dargestellt.

Grundlage des Konstruktionsprozesses ist die Anforderungsliste. Die meisten Anforderungen beziehen sich in der Regel auf das gesamte Bauteil. Konkrete Anforderungen an Werkstoffe und Fertigungsprozesse finden sich nicht, werden aber im Verlauf der FED-Methodik generiert.

Ausgangspunkt für die FED-Methodik ist eine prinzipielle Lösungsvariante, wie sie in der Konzeptphase entwickelt wird. Bis zu diesem Punkt entspricht der Konstruktionsprozess allgemein gültigen Systematiken wie der VDI 2221.



**Bild 3:** FED-Methodik

Die prinzipielle Lösungsvariante wird vom Konstrukteur in einzelne Funktionselemente zerlegt. Diese Funktionselemente beschreiben lokale Anforderungen, wie sie sich aus dem Wirkprinzip der Lösung ortsaufgelöst ergeben. Dem Konstrukteur werden mögliche lokale Anforderungen im FED-System als Unterstützung zur Verfügung gestellt, aus denen er für die Definition der Funktionselemente notwendige Anforderungen bestimmt. Hierfür sind im System Anforderungen hinterlegt, die auf der einen Seite das gesamte Bauteil beschreiben (Anforderungsliste) und auf der anderen die ortsaufgelösten Anforderungen berücksichtigen (aus den physikalischen Wirkprinzipien).

Übergeordnete Anforderungen an das gesamte Bauteil können Optimierungsziele im Bereich Leichtbau, Kosten, Bauraum oder auch Umgebungsbedingungen wie Temperatur, korrosive Medien usw. sein. Für ortsaufgelöste Anforderungen stehen beispielsweise Festigkeit, Duktilität, Härte. Durch die Verknüpfung zweier Funktionselemente werden Schnittstellen definiert, die insbesondere die Ferti-

gungsmöglichkeiten und –restriktionen berücksichtigen, aber auch die Möglichkeit zur Definition von Systemeigenschaften wie z.B. Verschleißbeständigkeit bieten.

Treten bei der Kombination der Werkstoffe in Zusammenhang mit den Fertigungstechnologien Widersprüche auf, werden weitere Schnittstellen definiert. Es werden im Rahmen des FED Iterations-schritte durchlaufen, bis schließlich eine optimale Lösung bezüglich der Anforderungen gefunden wird.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Werkstoffdatenbanken sind die Grundlagen des FED-Systems mehrdimensionale Eigenschafts- und Fertigungsmatrizen. Hier sind die Erfahrungen und Ergebnisse insbesondere der Projektpartner zu den einzelnen Werkstoffen und Technologien hinterlegt. Dem Konstrukteur werden die komplexen Wechselwirkungen zwischen Werkstoff und Fertigungstechnologie und dadurch insbesondere die Möglichkeiten der lokalen Werkstoffoptimierung offenbart.

### **3 Zusammenfassung**

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 675 erarbeitet das IMW zusammen mit dem ISAF ein neues konstruktionsmethodisches Vorgehen. Ziel ist es, durch die frühzeitige Berücksichtigung der Werkstoffeigenschaften und Fertigungsmöglichkeiten den Konstruktionsprozess zu optimieren, um dadurch insbesondere mit den Erkenntnissen des SFB innovative, leistungsfähige Bauteile entwickeln zu können. In diesem System wird das Bauteil in Bereiche verschiedener Funktionselemente differenziert. Die daraus entstehenden Anforderungen werden in Anforderungsmatrizen beschrieben und in Werkstoffeigenschaften und Fertigungstechnologien aufgelöst. Durch diese neue Systematik werden das Potenzial der lokal eigenschafts-veränderten Strukturen, sowie herkömmliche Werkstoffeigenschaften und Fertigungseinflüsse dem Konstrukteur bereits in der Konzeptphase zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig dient die Systematik der Strukturierung und Bündelung der Ergebnisse des gesamten Sonderforschungsbereichs 675.

### **4 Literatur**

- /1/ Sonderforschungsbereich 675, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Leibniz Universität Hannover
  
- /2/ VDI Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf, 1993