

Rechnergestützte Stahlauswahlmethodik für Konstrukteure

Große, A., Schiedeck, N.

Seit Mitte dieses Jahres wird das Projekt "Methodik und System zur Stahlauswahl nach konstruktiven Kriterien - Rechnergestützte Stahlauswahlmethodik für Konstrukteure" von der Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. gefördert. Ziel ist die Entwicklung einer rechnergestützten Methode, die den Konstrukteur zum technisch und wirtschaftlich optimalen Stahlwerkstoff bei der Produktentwicklung führt. In diesem Artikel sollen die Problematik und resultierende Aufgaben dargestellt werden.

Since the middle of this year the Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. has been sponsoring the project "Methodology and System for Steel Selection According to Design Criteria – Computer-Aided Methodology for Steel Selection for the Designer". The aim is to develop a computer-aided approach to lead the designer to a technically and economically optimal steel during the product development. This article describes the related problems and formulates the derived tasks.

1 Einführung

1.1 Ausgangsbasis

Die Entscheidung einen bestimmten Stahl für ein Bauteil einzusetzen, hat maßgebliche Auswirkungen auf dessen Funktion, Gestalt, Herstellung und Wirtschaftlichkeit. Aufgrund der vielfältigen Abhängigkeiten bei der Stahlauswahl sollte dieser Prozeß in den gesamten Konstruktionsablauf integriert werden. Bereits in den frühen Phasen der Konstruktion können wichtige Informationen zur Stahlauswahl gewonnen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für Fertigung, Qualität, Kosten usw. abgeschätzt werden. Durch eine integrierte Vorgehensweise kann zu einem frühen Zeitpunkt die Gestaltung und Stahlauswahl koordiniert und aufeinander abgestimmt werden, wodurch sich die Entscheidungssicherheit im späteren Stadium der Detailgestaltung des Bauteils erheblich erhöht.

In der betrieblichen Konstruktionspraxis können folgende Entscheidungssituationen im Rahmen der Stahlauswahl abgegrenzt werden:

- Einführung eines neuen Stahls am Markt
- Substitution eines bisher verwendeten Werkstoffes durch einen zwar bekannten aber in dieser Anwendung noch nicht eingesetzten Stahl
- Werkstoff-Varianten-Entscheidung, wobei die Varianten in ihren Auswirkungen bekannt sind und je nach Forderungen und Möglichkeiten von Fall zu Fall unterschiedlich gewählt werden.

Anhand der dargelegten Entscheidungssituationen wird deutlich, daß ein rechnergestütztes Werkzeug unterschiedlichen Anforderungen Rechnung tragen muß. Im ersten Fall, der Neueinführung eines Stahls, werden auch weiterhin Experimente unter Einsatzbedingungen nicht vollständig ersetzt werden können. Trotzdem ist der Konstrukteur mit Hilfe des EDV-Systems in der Lage neue, potentiell geeignete Stähle zu identifizieren und bereits vorhandene Informationen abzurufen. Im letzten Entscheidungstyp ist das technische Risiko sehr gering. Hier spielen neben den technischen Daten auch die wirtschaftlichen Faktoren, wie Beschaffungs-, Fertigungskosten oder Lieferzeit, eine wichtige Rolle.

Die Methodik und das unterstützende Rechnerwerkzeug zur Stahlauswahl sollen vor allem zwei Ziele verwirklichen

- Herbeiführen der Werkstoffinnovation
- Gewährleisten der Auswahlssicherheit.

1.2 Zielsetzung

Aufgrund methodischer Defizite bei der Werkstofffestlegung steht die Entwicklung einer rechnergestützten Methode zur Unterstützung der Konstrukteure und Entwickler bei der Stahlauswahl im Mittelpunkt dieses Projektes. Ganz wesentlich ist die Integration des Systems in den Konstruktionsarbeitsplatz, vorrangig mit CAD-Systemen. Damit soll Gestaltung und Stahlauswahl simultan ablaufen.

Durch systematische Erfassung aller Anforderungen an den Stahl soll der Konstrukteur zu dem für die jeweilige Aufgabenstellung optimalen Stahlwerkstoff geleitet werden. Das EDV-System wird durch eine interaktive Funktionsweise den Konstrukteur bei der Auswahl beraten. Dabei fließen nicht nur die rein technischen Aspekte in den Auswahlprozeß ein, sondern auch wirtschaftliche Kriterien, wie beispielsweise Beschaffungs-, Fertigungs-, Veredelungskosten oder Lieferzeiten und -abmessungen. Über neutrale Schnittstellen können externe Datenbanken, insbesondere die Datenbanken der Stahllieferanten an das Beratungssystem angeschlossen werden.

Folgende wesentlichen Vorteile ergeben sich aus dem Einsatz des Beratungssystems:

- Integration von Gestaltung und Stahlauswahl,
- Erhöhung der Produktqualität durch fundierte Stahlauswahl bzw. höhere Informationssicherheit,
- Optimierung der Material- und Fertigungskosten durch Kenntnis der wirtschaftlichen Faktoren der Stähle,
- Erhöhung des Wettbewerbs zwischen den einzelnen Stahllieferanten durch erhöhte Markttransparenz,
- Verkürzung der Entwicklungszeiten durch schnelle Beschaffung der gesuchten Informationen,
- geringere Anzahl von Änderungen verursacht durch Auswahl eines ungeeigneten Stahls.

In **Bild 1** ist die prinzipielle Wirkungsweise des zu entwickelnden Systems zur Unterstützung der Stahlauswahl dargestellt.

2 Stand der Technik

In den vergangenen Jahren sind die wesentlichen Impulsgeber für den deutschen Maschinenbau aus zwei Bereichen gekommen. Zum einen ist dies unstrittig die Mikroelektronik (CAx-Techniken und die Steuerungs- und Regelungstechnik), der andere Bereich ist auf gleichem Niveau die Werkstofftechnik. Fragt man weiter, was hemmend auf diese Entwicklung einwirkt, so ist ein Faktor die lange Zeitdauer bis die vielfältigen Ergebnisse der Stahlforschung in technische Anwendungen umgesetzt

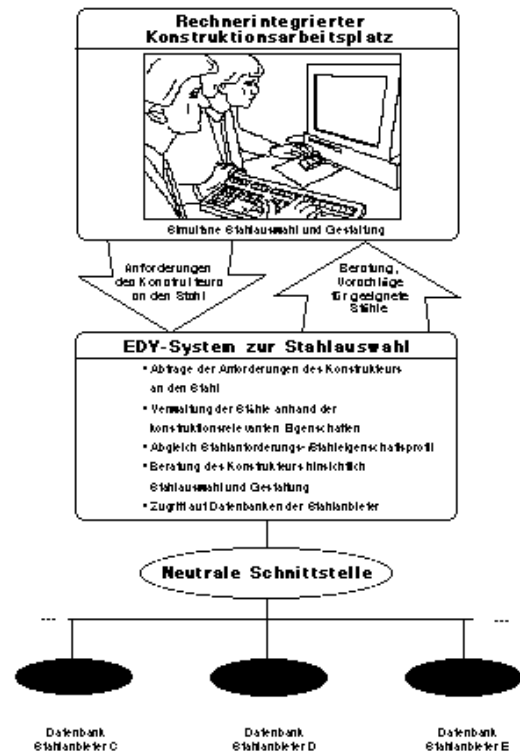


Bild 1: Komponenten des Stahlauswahlsystems

werden /1/.

Gerade in einem Hochlohnland wie Deutschland ist die schnelle Umsetzung von Forschungsergebnissen in Produktinnovationen entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen /2/.

Die Materialkosten betragen bei einem durchschnittlichen Maschinenbauprodukt ungefähr 50 %. Der Konstrukteur legt folglich mit der Entscheidung für einen bestimmten Stahl auch einen erheblichen Anteil der Produktkosten fest /3, 4/.

Der in der industriellen Praxis tätige Konstrukteur erfährt derzeit bei der Aufgabe „Auswahl eines geeigneten Stahls“ keine nennenswerte methodische oder rechnerische Unterstützung. Die Rechnerunterstützung, die mittlerweile nahezu in allen Bereichen der Produktion Einzug gefunden hat, hat bisher um die Problematik der Stahlauswahl einen Bogen gemacht.

In der Regel erfolgen die Gestaltung eines Produkts und die Festlegung des Werkstoffes sequentiell mit zeitlich erheblichem Abstand. Die Erkenntnis, daß sich Stahlauswahl und Gestaltung gegenseitig beeinflussen und dadurch erhebliches Optimierungs-

potential hinsichtlich Qualität, Kosten und Herstellzeit eines Produktes beinhalten, hat sich in der industriellen Praxis bisher wenig durchgesetzt.

Weit verbreitet ist die Ansicht, daß man sich „bei der Wahl des Werkstoffes ... auf die bereits vorliegenden Erfahrungen stützen und übliche Werkstoffe verwenden kann. Erst wenn die bisherigen Erfahrungen nicht ausreichen ... wird die Stahlauswahl zu einer Frage“. Wenn man die beachtlichen Innovationen der Stähle berücksichtigt, müßte die Aussage geradezu umgekehrt werden: „Die Frage der Werkstoffwahl stellt sich für einen verantwortungsvollen Entwickler und Konstrukteur permanent“ /1/.

Neben den mehr methodischen Defiziten (teilweise auch im Denken der Konstrukteure begründet) wird eine gezielte und technisch fundierte Stahlauswahl besonders durch die fehlende informationstechnische Unterstützung erschwert. Heute ist die Kommunikation zwischen Stahllieferant und Stahlanwender durch den Austausch von Papierdokumenten gekennzeichnet. Zusätzlich erstreckt sich in vielen Fällen die eigentliche Informationsbeschaffung über einen längeren Zeitraum von mehreren Tagen bis Wochen. Aufgrund der für den Konstrukteur geringen Markttransparenz ist eine systematische Suche nach einem Stahl oft nicht möglich.

Die Beschreibung der Stahlsorten in derzeit verfügbaren Datenbanken, Normen und anderen Übersichten erfolgt überwiegend nach chemischen und physikalischen Gesichtspunkten, die zwar für den Werkstoffwissenschaftler von großer Bedeutung sind, jedoch für den in der betrieblichen Praxis stehenden Konstrukteur keine große Hilfe darstellen. Insbesondere die für die anwendenden Konstrukteure wichtigen Informationen über Eigenschaften, Einsatzbereiche und weitere Randbedingungen werden nur unvollständig dargestellt. Daher werden diese Datenbanken von industriellen Anwendern wenig genutzt, was besonders mit der geringen Aufbereitung der Informationen und den wenig strukturierten Zugriffsmöglichkeiten begründet werden kann.

Auf dem Gebiet der Rechnerunterstützung in der Konstruktion sind bis heute zahlreiche Erkenntnisse gesammelt worden. Das betrifft sowohl den Aufbau von Informationssystemen, angefangen von der Ergonomie der Benutzeroberflächen bis zum Aufbau

der internen Systemstruktur, als auch die Integration von Rechnersystemen in den Konstruktionsprozeß, insbesondere mit CAD-Systemen. Generell besteht ein Konstruktionsinformationssystem aus den drei Komponenten Benutzeroberfläche, Wissensbasis und Schnittstellen zu anderen Systemen, z.B. den Datenbanken der Stahllieferanten.

3 Arbeitsprogramm

Für die zu entwickelnde rechnergestützte Stahlauswahlmethodik ergeben sich die folgenden Aufgaben:

- Entwicklung einer Methode zur Stahlauswahl
- Entwicklung eines Modells zur vollständigen Erfassung von Anforderungen an Stahlwerkstoffe
- Entwicklung eines Modells zur Klassifizierung von Stählen nach ihren funktionalen Eigenschaften
- Entwicklung des EDV-Systems zur rechnergestützten Stahlauswahl
- Entwicklung einer neutralen Schnittstelle zum Informationsaustausch zwischen EDV-System und externen Datenbanken
- Erstellung von Prototypsoftware zur Validierung und Demonstration

3.1 Methode zur Stahlauswahl

In einem ersten Schritt wird die methodische Vorgehensweise bei der Stahlauswahl entwickelt. Dazu ist zunächst eine Analyse des Konstruktionsprozesses und des Informationsbedarfs des Konstrukteurs bei der Stahlauswahl vorgesehen, woraus eine Auswahlmethodik, d.h. zeitliche Abfolge der Tätigkeiten bzw. Vorgehensweise, systematische Anforderungsermittlung und Algorithmus zum Abgleich von Anforderungs- und Eigenschaftsprofilen, abgeleitet wird. Ein wesentlicher Bestandteil der zu entwickelnden Methodik wird die Ermittlung von Anforderungen und deren Abgleich mit den funktionalen Stahleigenschaften sein. Für die verschiedenen Anforderungsarten an Stähle ist ein Modell zur Klassifizierung zu erarbeiten. Die Aktivitäten der Stahlauswahl müssen in den Konstruktionsablauf eingeordnet werden, damit eine simultane bzw. interaktive Gestaltung des Produkts und das Auswählen eines geeigneten Stahlwerkstoffs unterstützt wird.

3.2 Modell zur Anforderungserfassung

Ausgangspunkt der Stahlauswahl sind die Anforderungen, die seitens des Konstrukteurs an einen Stahl gestellt werden können. Zur Anforderungserfassung werden in der industriellen Praxis stehende Konstrukteure der verschiedenen Branchen hinsichtlich der unterschiedlichen Arten von Anforderungen an Stahlwerkstoffe befragt.

Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgt in einem Informationsmodell, das in ein funktionsfähiges System umgesetzt werden kann. Hierzu soll die Modellierungssprache EXPRESS (ISO 10303-11) verwendet werden

3.3 Klassifizierungsmodell

In einem weiteren Schritt werden die für den Konstrukteur relevanten Stahleigenschaften und die entsprechenden Kennwerte – soweit vorhanden – zusammengetragen. Defizite bei den vorhandenen Datenbanken und den bereitgestellten Kennwerten werden aufgezeigt. Insbesondere soll die Methode der dynamischen Kennwertbildung angewandt werden. Aus wenigen physikalischen Kennziffern lassen sich für Stahlwerkstoffe zahlreiche für die jeweilige Konstruktionsaufgabe relevante Kennziffern ableiten, die im einzelnen nicht vorherbestimmt werden müssen, sondern die der Konstrukteur erst während des Konstruktionsprozesses vom System ermitteln läßt und miteinander vergleicht.

In einem weiteren Informationsmodell werden die Eigenschaften strukturiert abgebildet. Die Darstellung gegenseitiger Abhängigkeiten der Eigenschaften, z.B. konkurrierend, ausschließend, komplementär usw. ist mit dem Informationsmodell möglich. Anhand dieser Übersicht können die Stähle eingeordnet und klassifiziert werden.

3.4 Implementierung des EDV-Systems

Abschließend soll eine prototypische Umsetzung des EDV-Systems zur Validierung und Demonstration der Funktionalität der entwickelten Methodik durchgeführt werden. Dazu müssen zunächst die Funktionen des EDV-Systems spezifiziert werden. Dies sind einerseits die für den Bediener direkt nutzbaren Funktionen, z.B. die Suche nach einem Stahl,

der bestimmte Anforderungen erfüllt oder z.B. die Auswahl eines bestimmten Stahls nach Kostenkriterien aus den angeschlossenen Datenbanken, und andererseits die systeminternen Funktionen, die für die Ausführung der Bedienerfunktionen erforderlich sind.

Um einen Datenaustausch zwischen Stahlauswahl-system und externen Datenbanken zu ermöglichen, wird eine neutrale Schnittstelle entwickelt. Dazu muß ermittelt werden, welche Informationen grundsätzlich von den Datenbanken zur Verfügung gestellt werden können und wie die Schnittstelle zur einfachen Verarbeitung der Informationen aufgebaut sein muß.

Abschließend ist ein Prototyp zu implementieren, um die Funktionsfähigkeit der entwickelten Informationsmodelle und der Systemspezifikation validieren zu können. Für die Akzeptanz eines solchen Systems bei den industriellen Anwendern ist die Entwicklung von übersichtlichen und ergonomisch gestalteten Eingabemasken unerlässlich.

4 Bisherige Arbeiten

Das Projekt befindet sich derzeit in der Anlaufphase. Es sind bereits aus der Literatur bekannte Methoden zur Werkstoffauswahl analysiert worden. Zur Zeit wird der Konstruktionsprozeß bezüglich Tätigkeiten, Vorgehensweise und Informationsbedarf bei der Stahlauswahl eingehend untersucht.

Literatur

- /1/ Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.: Die Werkstoffauswahl als Problem der Produktentwicklung im Maschinenbau. VDI-Berichte Nr. 797, 1990
- /2/ Dietz, P.; Rübhelke, L.: Neue Werkstoffe und Verbundbauweise für Hochleistungsmaschinen der Verfahrenstechnik. Werkstofftechnik Nr. 23, 1992
- /3/ Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung. 3. Auflage, Springer-Verlag, 1993
- /4/ Kloos, K.H.: Werkstoffentwicklung als Innovationsfaktor für Produktentwicklungen. Konstruktion Heft 41, 1989