

BEGRIFFSSYSTEM ZUR UNTERSTÜTZUNG DER AUTOMATISIERTEN AUFGABENKLÄRUNG (ANFORDERUNGSERMITTLUNG)

Youssef Chahadi, Herbert Birkhofer

Zusammenfassung

Ein wichtiges Vorhaben des Sonderforschungsbereichs 666 (SFB666) ist die Transformation der Markt- und Kundenwünsche in für die mathematische Optimierung nutzbare Produkteigenschaften. Die Markt- und Kundenwünsche in Form einer Aufgabenstellung aus der Kundensicht sind meistens verbal und unscharf formuliert [1], um daraus die Unklarheiten der Ziele beseitigen und die Anforderungen an ein Produkt erfassen zu können. Es bedarf viele Iterationsschleifen, die in den meisten Fällen mit Projektverzögerungen und mit hohen Kosten verbunden sind. Eine Standardisierung der Anforderungen kann die Automatisierbarkeit der Aufgabenklärung bzw. die Anforderungsermittlung unterstützen [2]. Zum einen kann die Standardisierung den Kunden bei der Aufgabenformulierung eine große Hilfe leisten, seine Aufgabe klar und zielführend zu formulieren und zum anderen eine gemeinsame verständliche Sprache mit dem Entwickler zu bilden. Diese Vision bedarf eine große Sammlung an Datenmengen in Form von Thesauri von verschiedenen Produkthanforderungen, Erfahrungswerten und -austausch zwischen Kunden und Entwicklern und auch standardisierte Definitionen der einzelnen benutzten Begriffen. Dieses Paper geht auf einem Teilaspekt dieser Problematik ein und beschreibt die Entwicklung eines Begriffssystems für die Strukturierung der gewonnenen und die neuen Anforderungsbegriffe in der Thesauri. Die Entwicklung dieses Begriffssystems bedarf eine Definition und eine Analyse der Beziehungsarten zwischen den Anforderungsbegriffen sowie für eine schnelle Handhabung einer Visualisierung der Begriffe in ein Software Tool.

1 Einführung in die Sfb666

Im Sonderforschungsbereich 666 (SFB666) sollen Methoden und Verfahren gefunden werden, mit deren Hilfe verzweigte Strukturen integraler Blechbauweisen im Hinblick auf ihre Funktion und Beanspruchung optimiert dargestellt werden können [3]. Beim Verfahren des Spaltprofilierens handelt es sich um einen Vorgang zur Herstellung verzweigter Blechprofile. Bild 1 zeigt das Prinzip des Spalt- und Biegevorgangs. Für ein einfaches I-Profil sind zwei stumpfwinkligen Spaltwalzen und zwei gegenüberliegenden Hilfswalzen notwendig. Die Flansche des I-Profiles entstehen durch Auseinanderfließen des Werkstoffes an den Blechen. Die gewünschte Geometrie und die Spalttiefe werden durch mehrere Umformstufen erreicht. Anhand dieses Verfahrens lassen sich neue innovative Produkte definieren und dadurch öffnet sich ein weites Spektrum an Lösungsmöglichkeiten, die bisher meist mit Aufwand und Kosten verbunden waren. Ein Ziel des SFB666 ist es, optimale Blechprodukte zu entwickeln, was auch mit klassischen Produktentwicklungsmethoden bzw. die intuitive Abschätzung des Konstrukteurs schwer umsetzbar ist. In Zusammenarbeit mit den Mathematikern entstehen neue Verfahren der Algorithmisierung in der Produktentwicklung. Zwecks der Algorithmisierung sind Standardisierung der Anforderungsdefinition und die Produkteigenschaften insbesondere hier für Blechbauweisen notwendig. In dieses Paper wird auf dem Teilaspekt der Algorithmisierung der Anforderungsermittlung eingegangen.

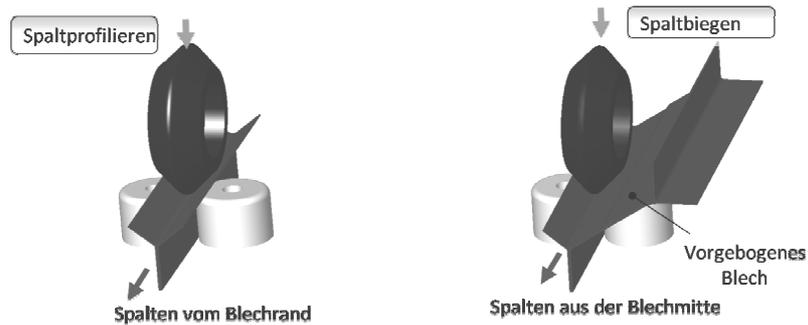


Bild 1: Verfahren des spaltprofilieren

2 Transformation der Markt- und Kundenwünsche in Produkteigenschaften

Ausgangspunkt des neuen algorithmenbasierten Ansatzes ist die vage verbal formulierte Kundenanfrage (Bild 2). Aus der Kundenanfrage soll die Ermittlung, Erfassung und die Transformation der Kundenanforderungen in Produkteigenschaften weitgehend automatisiert werden. Für diesen Zweck wurde ein Webbasierten Anforderung-Konfigurator-System (engl. Requirement-Configurator-System RCS) entwickelt. Durch eine vorherige Kundensegmentierung passt sich die Oberfläche des RCS an die gerade eingeloggten Kunden an, dabei werden ihm verschiedene Auswahlscenarien zur Bearbeitung seiner Anfrage zur Verfügung gestellt. Der Kunde wird bis zur Erstellung seiner Anforderungsliste geführt. Mittels eines Begriffssystems werden Begriffsbeziehungen zwischen den vom Kunden allgemein formulierten Anforderungsbegriffen und den bereits bekannten Produkteigenschaften gebildet.

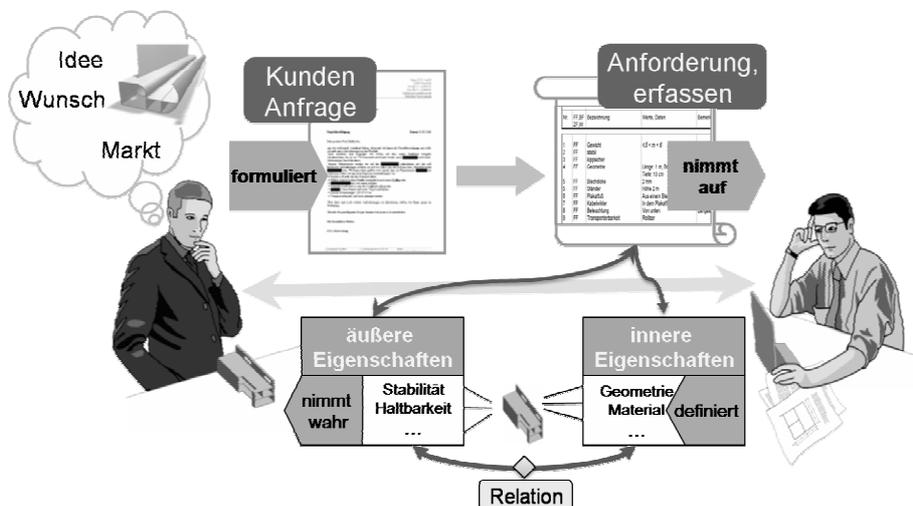


Bild 2: Transformation der Markt- und Kundenwünsche in Produkteigenschaften

Das Begriffssystem dient als einheitlicher Übergang aus den vagen Formulierungen des Kunden in definierten Eigenschaften, die ein Produkt erfüllen soll. Diese Eigenschaften werden in äußere Eigenschaften und innere Eigenschaften unterteilt [4] und deren Beziehungen werden in so genannten Eigenschaftsnetzwerken gebildet. Sie dienen der systematischen Aufbereitung für eine spätere mathematische Optimierung des gewünschten Produktes.

3 Einführung in den Anforderung-Konfigurator-System

Es gibt bereits wissenschaftliche Ansätze in Form von informationstechnischen Systemen sowie kommerziellen Anforderungs-Management-Systemen insbesondere in den englischen Sprachraum zur Erfassung, Handhabung und Verwaltung von Anforderungen. Diese gelten u.a. als unterstützende methodische Hilfsmittel, mit dem Ziel dem Produktentwickler zeitraubende und sich wiederholende Arbeiten zu ersparen. Eine Untersuchung hat gezeigt [5], dass solche Systeme das Anforderungsmanagement und weniger die Anforderungsermittlung unterstützen. Eine weitgehend vollständig automatisierte Ermittlung der Anforderungen aus der Kunden- bzw. Marktsicht und die Transformation in die Produkteigenschaften existiert bisher noch nicht.

Zwecks der Unterstützung der Automatisierbarkeit bei der Anforderungsermittlung, wurde ein RCS entwickelt, das aus mehreren modularen Komponenten aufgebaut ist. Solche Komponenten sind die Kundensegmentierung, das Begriffssystem, die Textanalyse der Kundenanfragen sowie Methoden wie geführte Fragetechniken, Checklisten, Gewichtungsmethoden, etc. Der Anforderungskonfigurator ist als Content Management System entwickelt worden und hat zwei modulare bzw. konfigurierbare Oberflächen - eine Benutzer- oder Kunden-Oberfläche (Frontend) und administrative Oberfläche (Backend). Der Backend dient für die Bereitstellung und die Definition der Anforderungsstruktur und deren logische Beziehungen. Dabei können Platzhalter für Anforderungen in Form einer graphischen Oberfläche wie Eingabefelder, Auswahllisten, Tabellen etc. mittels XML konfiguriert werden. In der Frontend stehen dem Kunden verschiedene Möglichkeiten seine Anforderungen zu definieren, wie z.B. direkte Korrektur seiner eingegebenen Daten, so dass während der Eingabe weitgehend nur auf die vorhandenen Begriffe aus dem Begriffssystem zugegriffen wird. Bild 3 zeigt die technologischen Aufbau des RCS.

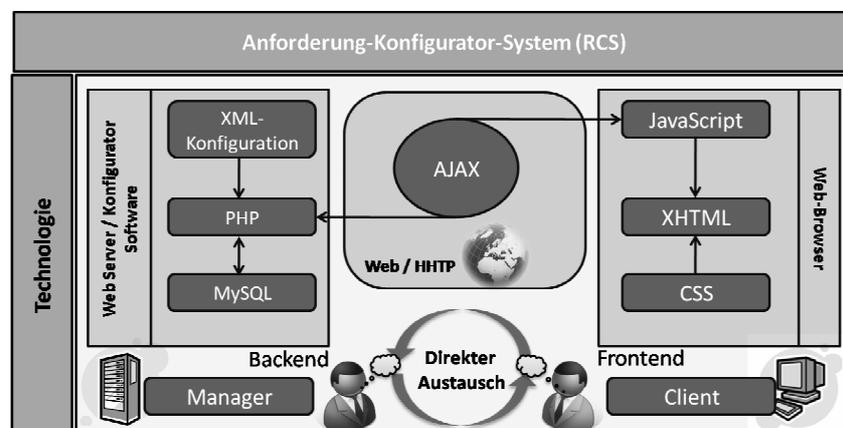


Bild 3: Technologischer Aufbau des RCS

Für die Übersetzung der Platzhalter wurde XML-Konfigurationssprache entwickelt. Mittels dieser können Definitionen, logische Funktionen und komplexe Zusammenhänge beschrieben werden. Bild 4 rechts zeigt ein Beispiel solcher XML-Tags und links ist die Übersetzung in einer graphischen Benutzeroberfläche.

Ein intelligentes XML-Parsersystem übersetzt eine XML-Konfiguration in graphische Benutzeroberfläche und stellt diese direkt auf die sogenannte Frontend des Konfigurators. Eine wichtige Komponente dieses Konfigurators ist das Begriffssystem, das die standardisierten Anforderungsbegriffe enthält und mit verschiedenen Komponenten wie die Textanalyse Komponente zusammenhängt.

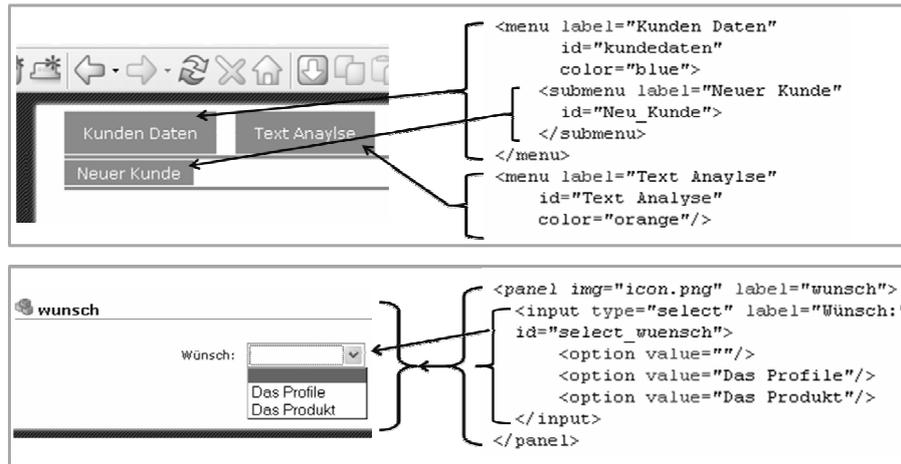


Bild 4: XML-Konfigurationssprache, Definition von Menü/Untermenü oben, Auswahlfeld unten

Das RCS ist eine webbasierte Plattform mit wissenschaftlichem Hintergrund, die eine Brücke zur direkten Kommunikation auf dem gleichen Informationsbestand zwischen den Kunden und Entwicklern darstellt. Diese Plattform vereinfacht den Kunden nicht nur das Erfassen der Produkthanfrage sondern unterstützt ihn auch dabei durch geeigneten Methoden und Standardisierung der Begrifflichkeiten die Formulierung der Anfrage leicht verständlich und ziel führend zu definieren, so dass den Entwicklern eine vollständige Anforderungsliste direkt vorliegt. In den nächsten Abschnitt wird das Komponente-Begriffssystem des RCSs vorgestellt, welches im Mittelpunkt dieses Paper steht.

4 Aufbau des Begriffssystems

Begriffssysteme können in verschiedenen Fachwissenschaften zur Ordnung und Repräsentation von Wissen genutzt werden. Sie können in Form von Thesauri, Klassifikationen, Nachschlagewerke, Begriffsnetze, Ontologien etc. vorkommen. In der Literatur [6, 7] stoßt man auf verschiedene Definitionen. Eine zusammenfassende Definition lässt sich wie folgt formulieren: „Das Begriffssystem auch Konzeptsystem (engl. System of Concepts) ist ein System, das sich aus einer endlichen Menge von Begriffen (auch Konzepte, Klassen, Objekten, Entitäten, Elemente) und deren Bezeichnungen zusammenfassen lässt. Die Begriffe im Begriffssystem können durch verschiedene Relationsarten in Beziehungen zueinander gesetzt werden. Die Begriffe dabei sind klar voneinander abgrenzbar. Die Struktur des Begriffssystems kann Regeln enthalten, die entweder fest vorgegeben oder selbst Bestandteil des Begriffssystems sind“.

Im Folgenden wird anhand Beispiele aus dem SFB666 eine Analyse der Anforderungsbegriffe und deren Beziehungen gezeigt. Durch eine genauere Betrachtung werden verschiedene Arten von Beziehungen und Korrelationen hergeleitet. In einen weiteren Schritt wird eine allgemeine Struktur der Anforderungsbegriffe definiert.

4.1 Analyse der Beziehungen zwischen der Anforderungsbegriffe

Für die Analyse der Begriffsbeziehungen wurden zwei gegensächliche Untersuchungen durchgeführt. Ziel dabei ist eine standardisierte bzw. eine gemeinsame Begriffsdefinition der Anforderungsbegriffe zwischen den Kunden und den Entwicklern zu finden sowie die Verifikation der vom Autor untersuchten Begriffe. Die erste durchgeführte Untersuchung ist eine Subjektive (Kunden → Entwickler) und die zweite ist eine Objektive (Entwickler → Kunden) Untersuchung:

- Die Subjektive Untersuchung hat das Ziel eine intuitive Beziehung zwischen zwei Begriffen, die aus Kundenanfragen entnommen wurden, zu finden. Für die Beziehung wurden die Werte der Beziehungsstärke und der Distanz gesucht. Die Distanz ist dabei das Gegenteil der Beziehungsstärke, d.h. wenn die Distanz klein ist, ist die Beziehungsstärke groß und somit besteht einen großen Zusammenhang zwischen den beiden untersuchten Begriffen. Die Werte der Beziehungsstärke und der Distanzen wurden mittels der Clusteranalyse und der Euklidischen Distanz [8, 9] berechnet. Diese wurden aus einer Umfrage mit Studenten des Maschinenbaustudiums ermittelt. In einem weiteren Schritt wurden die Begriffe noch von ingenieurwissenschaftlichen Personen untersucht.
- Die Objektive Untersuchung wurde im Anschluss zur ersten Untersuchung durchgeführt, dabei wurden die gleichen Begriffe untersucht und die Beziehungen teilweise aus den Physikalischen Zusammenhängen aus der Literatur verifiziert. Ziel dabei war, die in der Subjektiven Untersuchung gefundene Beziehungen zwischen zwei Begriffen, die beispielsweise ein bekannter Physikalischer Zusammenhang aufweisen, bei Falschen Beziehungswahl korrigiert werden konnten.

4.1.1 Analyse der Anforderungsbegriffsbeziehungen am Beispiel eines I-Profiles

Als Beispiel für die Analyse soll das einfache I-Profil (Bild 5) dienen. Diese I-Profile oder I-Träger kann mit dem Spaltprofilierungsverfahren des SFB666 hergestellt werden. Wegen der Einfachheit dieses Profils, lassen sich Physikalischen Zusammenhänge ohne großen Aufwand ermitteln. Hier wurden wegen der Übersichtlichkeit nur 8 Begriffe (Abmessungen, Blechdicke, Werkstoff, Technologie, Steifigkeit, Gewicht, Last, Verformung) ausgewählt.

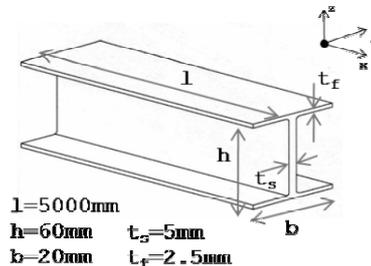


Bild 5: ein einfaches gespaltenes I-Profil

In Bild 6 links ist das Ergebnis aus der Umfrage der Maschinenbaustudenten der berechneten Distanzen zwischen den Begriffspaaren zu sehen. Rechts sind die Beziehungen zwischen den gleichen Begriffen, die die Personen aus den Ingenieurwissenschaften intuitiv definiert haben. Wie es im Bild zu sehen ist, nicht alle Beziehungen in beiden Untersuchungen stimmen überein. Beispielsweise die Begriffspaare „Abmessung \leftrightarrow Blechdicke“ und „Abmessung \leftrightarrow Werkstoff“ weisen die gleiche Distanz auf, während in der zweite Umfrage keine Beziehung zwischen der „Abmessung \leftrightarrow Werkstoff“ existiert. Bei Betrachtung der Begriffe „Technologie“ und „Last“ differieren die Aussagen. Gründe hierfür sind die fehlende Definition bzw. Erklärung der Begriffe in den Umfragen, das auch beabsichtigt war. Während der Begriff „Last“ als eine von Außen auf das Produkt wirkende Größe gedacht war, verstehen einige der Befragten „Last“ auch als innere Größe, z.B. resultierend aus der Gewichtskraft. Letztendlich haben die Umfragen die Ergebnisse des Autors bestätigt, es ergaben sich keine großen Divergenzen der Aussagen, siehe Bild 7. Durch die Unstimmigkeiten zwischen den beiden Umfragen wurde eine Objektive Untersuchung nach einer Definition der Begriffe durchgeführt, mit dem Ziel die Begriffspaarbeziehungen zu korrigieren und viel mehr, um eine Aussage über die Begriffsbeziehungen zu bekommen.

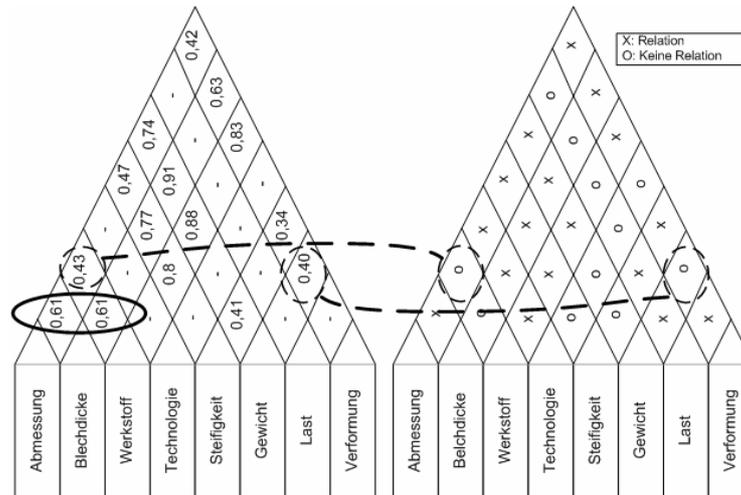


Bild 6: Vergleich zwischen den Subjektiven links und den Objektiven Untersuchung rechts

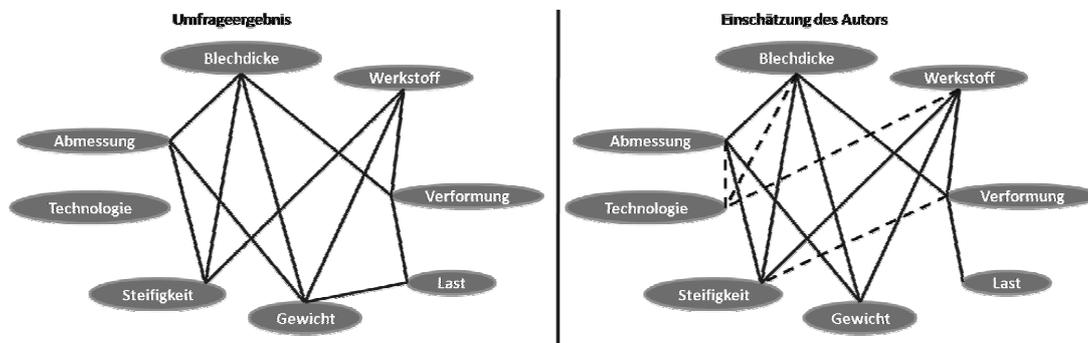


Bild 7: Vergleich des Umfrageergebnisses mit der Einschätzung der Autor

In dieser Untersuchung wurden die übereinstimmenden und nicht übereinstimmenden Begriffsbeziehungen aus den beiden Umfragen untersucht. Die meisten Objektiven Begriffsbeziehungen die einen Physikalischen Zusammenhang aufweisen wurden aus der Literatur entnommen [10]. Die Begriffsbeziehungen sind in der SFB666 von großer Bedeutung, da man womöglich eine Aussage über die Optimierungsrichtung für die Mathematische Optimierung vorgeben kann. Die Auswertung der Physikalischen Zusammenhänge zwischen den Begriffen hat ergeben, dass eine Relation zwischen den Begriffen „Verformung“ und „Gewicht“ existiert, da die Gewichtskraft genau wie die „Last“ zur Verformung beiträgt. Dieser Zusammenhang wurde bei der intuitiven Betrachtung nicht gefunden. Im Gegensatz wurden aber einige Verknüpfungen zwischen den Begriffen aufgestellt, obwohl es hier keine direkten technischen Zusammenhänge gibt. Das heißt nicht, dass die Begriffe keinen Einfluss aufeinander ausüben, es bestehen viel mehr Zusammenhänge über dritte Anforderungsbegriffe. Ein Beispiel hierfür lässt sich bei den Begriffen „Werkstoff, Steifigkeit, Verformung“ finden. Bei der intuitiven Betrachtung wurde zwischen allen drei Begriffen ein direkter Zusammenhang ermittelt, allerdings ergab die Auswertung der Physikalischen Zusammenhänge nur eine direkte Verbindung zwischen „Werkstoff“ und „Steifigkeit“ sowie zwischen „Steifigkeit“ und „Verformung“. Der „Werkstoff“ kann über den E-Modul nur Einfluss auf die „Steifigkeit“ nehmen, nicht aber direkt auf die „Verformung“.

Dieses Vorgehen wurde auf mehreren Beispielen innerhalb des SFB666 angewendet. Damit der Rahmen dieses Paper nicht gesprengt wird, werden die bisherigen Erkenntnisse aus den verschiedenen untersuchten Beispielen in den nächsten Abschnitt verallgemeinert dargestellt.

4.2 Beziehungsarten zwischen der Anforderungsbegriffe

Um eine Aussage über Auswirkungen einer Veränderung eines Wertes innerhalb des Begriffsnetzwerkes machen zu können, ist es notwendig nicht nur die Beziehung zu definieren, sondern auch welche Art der Beziehung zwischen zwei Begriffen herrscht. Die nähere Definition der Beziehungen sollte ermöglichen, Angabe über die Folgen einer Variation zu machen, sowie herauszufinden welche Parameter verändert werden soll, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, z.B. welcher Parameter soll verändert werden, um eine Gewichtsreduktion zu erhalten oder wenn auf einen anderen Werkstoff zurückgegriffen wird. Deswegen ist es unabdingbar nicht nur die Art der Beziehung zu definieren, sondern auch die Beziehungen sollten Informationen über das Zusammenspiel bei Parameteränderungen erhalten. Diese werden hier Korrelationen zwischen den Begriffen genannt.

Begriffsbeziehungen bilden die Grundlage jedes Begriffssystems. Indem sie die Begriffe in Relation [R] setzen, formen sie aus einer losen Begriffssammlung ein strukturiertes Begriffssystem. Um jede Anforderungsstruktur von Blechprodukten integraler Bauweise mit Hilfe einer Begriffssystems beschreiben zu können, werden die vier grundsätzlichen Beziehungsarten benötigt: **Hierarchiebeziehungen**, **Eigenschaftsbeziehungen**, **Äquivalenzbeziehungen**, **Beeinflussungsbeziehungen**.

Relationen [R] werden hier als gerichtete ungewichtete Linien zwischen Anforderungsbegriffe [A_n] dargestellt, die mit der Beziehungsart als Wert versehen werden. Die Linien sind durch die Pfeilspitze gerichtet, siehe Bild 8.

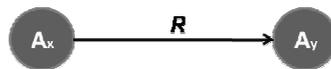


Bild 8: Darstellung von Relationen, gerichtete Linie

Hierarchiebeziehungen (Abstraktionsbeziehungen), beschreiben den Zusammenhang von Begriffen über Gliederungsebenen hinweg. Es lassen sich Über- und Unterbegriffen definieren. Dabei unterscheidet sich der Unterbegriff in mindestens einem einschränkenden Merkmal vom Oberbegriff [11]. Die hierarchischen Relationen wurden in den Begriffssystem wie folgt definiert, siehe Tabelle 1:

Tabelle 1: Hierarchiebeziehungen

Beziehungsart	Definition (D), Beispiel (B)
	<p>D: A₁ ist ein Oberbegriff von A₂. A₁ besitzt ein Begriffsmerkmal weniger als A₂ und steht eine Hierarchiestufe höher.</p> <p>B: Abmessung ist Oberbegriff des Ausdrucks Kammerabmessung.</p>
	<p>D: A₁ ist ein Unterbegriff von A₂. A₁ besitzt ein Begriffsmerkmal mehr als A₂ und steht eine Hierarchiestufe niedriger.</p> <p>B: Kammerabmessung spezifiziert die Abmessung der Kammer und ist somit einen Unterbegriff von Abmessung (Kammerbreite, Kammerhöhe, etc.)</p>

Eigenschaftsbeziehungen (Attributsbeziehungen): stellen die Verbindung zwischen den Attributen und den Anforderungsbegriffen dar. Sie werden als gerichtete, ungewichtete Linien, zwischen den Anforderungsbegriffen und dem Wertebereich des Attributs (*Range*), dargestellt. Der Wert ist nicht, wie bei den anderen Arten, die Beziehungsart, sondern das

Attribut [E_n]. Die Beziehungsart ist eindeutig durch das Verweisen auf eine *Range* gekennzeichnet, Tabelle 2.

Tabelle 2: Hierarchiebeziehungen

Beziehungsart	Beispiel (B)
	B: Länge ist die Attribute (Eigenschaft) von der Anforderungsbegriff Abmessung. Länge=30mm ist der <i>Range</i> .

Äquivalenzbeziehungen wirken wenn zwei oder mehr Begriffe sich in ihrer Bedeutung gleichen. Man spricht von Synonymen. „Synonyme sind zwei oder mehr unterschiedliche Bezeichnungen mit weitgehend gleicher Bedeutung, die äquivalent verwendet werden“. Tabelle 3.

Tabelle 3: Äquivalenzbeziehungen

Beziehungsart	Definition (D), Beispiel (B)
	D: Der Begriff A1 hat dieselbe inhaltliche Bedeutung wie der Begriff A2. Sie können synonym verwendet werden und besitzen die gleichen Beziehungen. B: Maße, Dimension, Größe sind Synonyme für den Begriff Abmessung.

Beeinflussungsbeziehungen stellen den Hauptbestandteil der Anforderungsstruktur von technischen Produkten dar. Sie beschreiben wie die Begriffe technisch oder assoziativ Zusammenhängen und stellen eine Physikalische oder gedankliche Verbindung dar. Verschiedene Untersuchungen haben folgende Beziehungsarten ergeben, siehe Tabelle 4.

Tabelle 4: Arten der Beziehungen

Beziehungsart	Definition (D), Beispiel (B)
	D: Eine Veränderung des Anforderungsbegriffs A1 hat unmittelbare Auswirkung auf die Anforderung A2 im Begriffsnetzwerk. B: bringt eine Vergrößerung der Abmessung eine Gewichtszunahme mit sich.
	D: Ein fester Zielwertvorgabe der Anforderungsbegriff A1 kann Werte für Begriff A2 vorgeben. B: kann ein vorgegebenes Maximalgewicht, die maximal mögliche Abmessungen bestimmen.
	D: Begriff A1 setzt feste Grenzen für den Begriff A2, es handelt sich hierbei um feste Grenzen, die nicht im Laufe der Produktentwicklung festgelegt werden. B: legt die vorgegebene Technologie Spaltprofilieren, die maximale herstellbare Abmessung fest.

Korrelationen zwischen den Anforderungsbegriffen - der Begriff Korrelation [K] wird hier verwendet (Bild 9), um zu bestimmen, in welche Richtung sich Veränderungen auf verknüpf-

ten Begriffe übertragen. Sie kommen nur bei Beeinflussungsbeziehungen vor. Hierarchische-, Äquivalenz- und Eigenschaftsbeziehungen werden nicht mit Korrelationen versehen, da über diese Verbindungen keine Abhängigkeiten bei Veränderungen bestehen. Die Korrelationsart wird im Begriffsnetzwerk der Anforderungsstruktur durch einen Pfeil hinter der Beziehungsart gekennzeichnet, Tabelle 5.

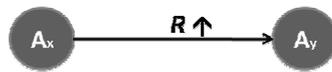


Bild 9: Korrelationsdarstellung

Tabelle 5: Darstellungsform von Korrelationen

Korrelationsart	Darstellung	Definition
positive Korrelation (↑)		Eine Vergrößerung des Parameters von A1 hat eine Vergrößerung des Parameters von A2 zur Folge.
negative Korrelation (↓)		Eine Vergrößerung des Parameters von A1 hat eine Verkleinerung des Parameters von A2 zur Folge.
keine Korrelation (□)		Es gibt keinen linearen Zusammenhang den Parametern von A1 und A2.

4.3 Visualisierung des Begriffssystems

Um standardisierte Anforderungsbegriffe im Vorfeld zu pflegen, sowie Begriffe für die Konfiguration bereitzustellen, wurde das Begriffssystem in einem Prototyp umgesetzt. Bild 10 zeigt ein Screenshot von dem Begriffssystem. Die Begriffe und deren Beziehungen und Korrelationen lassen sich damit visualisieren. Die Visualisierung hat den Vorteil, den Kunden eine hinweisende Hilfestellung während der Definition und der Erfassung seiner Anforderung bereitzustellen.

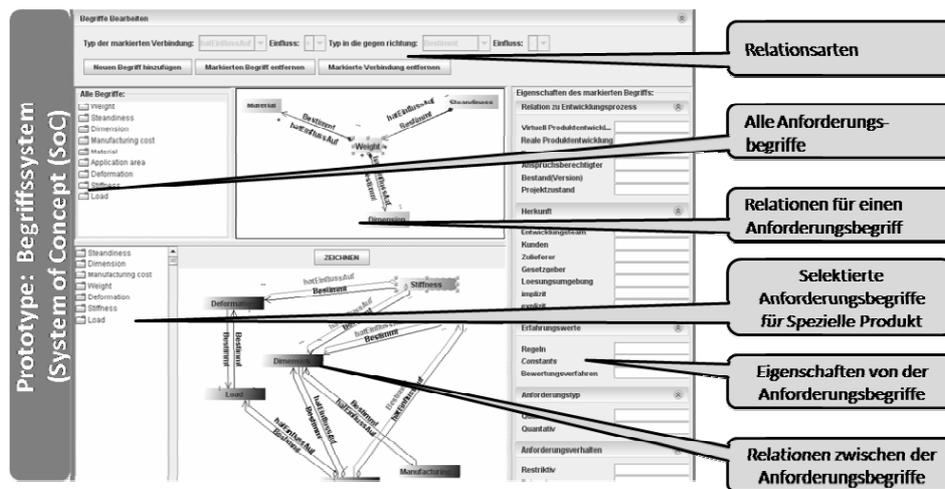


Bild 10: Screenshot von dem Begriffssystem

5 Literatur

- [1] Pahl G. Beitz W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin 1997.
- [2] Chahadi, Y., Wäldele, M., Birkhofer, H., „Von der Kundenanfrage zur standardisierten Produkteigenschaft“, (SFB 666) – Integrale Blechbauweisen höheren Verzweigungen - Tagungsband 1. Zwischenkolloquium, PP 27- 36, Darmstadt 2007.
- [3] Groche P., “Integral sheet metal design with higher order bifurcations development, Development, Production, Evaluation”, application by DFG (German Research Foundation), Darmstadt, 2005.
- [4] Hubka, V., Eder, E., “Design Science”, Springer Berlin Germany, 1996.
- [5] Ahrens, G.: Das Erfassen und Handhaben von Produkthanforderungen. Methodische Voraussetzungen und Anwendung in der Praxis. Diss. Technische Universität Berlin, Fachbereich 11 - Maschinenbau und Produktionstechnik, Berlin, 2000.
- [6] J. Voß, Begriffssysteme, Eine Vergleich verschiedener Arten von Begriffssystemen und Entwurf des integrierenden Thema-Datenmodells. Humboldt Universität zu Berlin. 2003.
- [7] Deutsches Institut für Normung e.v., DIN 2331, Begriffssysteme und Ihre Darstellung. Apr. 1980. NormCD- Stand 2006-03.
- [8] Chahadi, Y., Wäldele, M., Birkhofer, H., “QFD - a link from customer requirements to product properties”, International conference on engineering design, ICED'07, PP 711 - 712 August 28 – 31, 2007.
- [9] Backhause, K, Erichson, B., Plinke, wulff., Weiber, R.: „Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung“11 Auflage Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Mai 2005. ISBN-10 3-540-27870-2.
- [10] Grote, K.-H., Feldhusen, J.:“Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau“. 21.Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. ISBN 3-540-22142-5. Mai 2005.
- [11] DIN 2342 Teil 1: Begriffe der Terminologielehre (10 1992), Abschnitt 2.6.1.1.

Dipl.-Ing. Youssef Chahadi
Technische Universität Darmstadt
Produktentwicklung und Maschinenelemente
Magdalenenstr 4, 64289 Darmstadt
Tel: +49-6151-16-2555
Fax: +49-6151-16-3355
Email: chahadi@pmd.tu-darmstadt.de
URL: <http://www.pmd.tu-darmstadt.de>
URL: <http://sfb666.tu-darmstadt.de>