

KLASSIFIKATION ALS WERKZEUG ZUR EFFIZIENTEN LÖSUNGSSUCHE AUF BASIS VON ANFORDERUNGEN

*o.Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hans Grabowski,
Dr.-Ing. Ralf-Stefan Lossack,
Dipl.-Ing. Oliver Klaar,
Dipl.-Ing. Jörg Weißkopf,
RPK Uni Karlsruhe*

Kurzfassung

Das Ziel der Klassifikation von Produkten ist, die Wiederverwendung von früher erarbeiteten Lösungen (Zeichnungen, Stücklisten, usw.) zu ermöglichen und die Teilevielfalt innerhalb eines Unternehmens zu reduzieren. Herkömmliche Klassifikationsmethoden sind jedoch sehr aufwendig in der Verschlüsselung und die Wiederverwendbarkeit fällt nicht immer befriedigend aus. Ein weiterer Nachteil ist, daß oftmals erst nach der Zeichnungserstellung erkannt werden kann, ob ein Wiederholteil vorliegt und nur die Neuerstellung der nachfolgenden Fertigungsunterlagen wie Stücklisten oder Arbeitspläne eingespart werden kann. Werden jedoch die Produkthanforderungen, die zu einem großen Teil schon vor der Entwicklung bekannt sind, zur Lösungssuche verwendet, kann die Lösungssuche früher und effizienter durchgeführt werden.

In diesem Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, mit dessen Hilfe schon vor der eigentlichen Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeit Wiederholteile erkannt und in einem neuen Produkt integriert werden können. Kernstücke dieses Konzepts sind die Anforderungsentwicklung, und die flexible, automatische Klassifikation von Produkten mit Hilfe von Metadaten.

1 Einleitung

Das Anforderungsmodell, das Teil eines integrierten Produktmodells ist, wird mit Hilfe der Anforderungsentwicklung kontinuierlich weiterentwickelt und konkretisiert. Das heißt einerseits, unscharf formulierte Anforderungen, sogenannte Zwischenanforderungen, werden weiterentwickelt zu konkreten, sogenannten Elementaranforderungen, die nicht weiter konkretisiert werden müssen. Zum Beispiel ergibt die Zwischenanforderung „Eigenfertigung ist notwendig“ als eine mögliche Elementaranforderung „maximales Werkstückgewicht = 5500 kg“, wenn die Fördermittel des Betriebs dies als Obergrenze vorgeben. Andererseits werden Zusammenhänge und wechselseitige Einflüsse zwischen verschiedenen Anforderungen erkannt und verarbeitet. Zum Beispiel stehen die (Zwischen-)Anforderungen „günstiger Treibstoffverbrauch“ und „sportliches Fahrgefühl vermitteln“ in einem konkurrierenden wechselseitigen Einfluß. Darüber hinaus sind sich gegenseitig völlig ausschließende und sich gegenseitig unterstützende Anforderungen in einer Anforderungsstruktur möglich [1].

Ein Ziel der rechnerunterstützten Anforderungsmodellierung ist es, frühzeitig eine möglichst vollständige, konsistente und widerspruchsfreie Menge von Anforderungen an ein Produkt zu gewinnen, um teure Nachbesserungen, die sich aus späteren Produktlebensphasen ergeben können, zu minimieren.

Vollständig konkretisierte Produkthanforderungen können aber auch zusätzlich zur frühzeitigen und effizienten Lösungsfindung dienen, wenn Merkmale früher entwickelter Produkte flexibel klassifiziert und Anforderungen an ein zu entwickelndes Produkt darauf abgebildet werden können. Die Klassifikation ist derzeit Gegenstand des Verbundprojektes „Automatische Klassifikation von Produkten“. Dieses Verbundprojekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie im Rahmen des Förderprogramms „Produktion 2000“, Projektträger ist die Projektträgerschaft Produktion und Fertigungstechnologien, PFT Forschungszentrum Karlsruhe. Das im Rahmen dieses Verbundprojektes in der Entwicklung befindliche System soll im gesamten Produktlebenszyklus genutzt werden. Kernkomponente des Systems ist ein Klassifikationsmodul, welches flexibel zur Erzeugung von Klassifikationsmerkmalen bzw. Sachmerkmalen genutzt werden kann.

Das Klassifikationssystem wird aus gespeicherten Nutzdaten, die gemäß einem integrierten Produktmodellschema abgelegt sind, automatisch Klassifizierungen aus flexibel vorgebbaren Merkmalen, Merkmalkombinationen oder Klassifikationschemata erzeugen. Vorgegebene Klassifikationsschemata können dabei hierarchisch oder nichthierarchisch aufgebaut sein und z.B. Inhalte von Produktnormen, firmenspezifische Wiederholteilkataloge oder existierende, vordefinierte Einzelteil- und Baugruppenklassifizierungen repräsentieren. Das System zur automatischen Klassifikation soll sich auf die Informationsinhalte eines integrierten Produktmodells abstützen, welches Informationen aller Produktlebensphasen beinhaltet und die gemeinsame Datenbasis aller am Produktentwicklungsprozeß eingesetzten CAx-Werkzeuge, EDM/PDM-Systeme etc. bereitstellt. Die Ergebnisse der automatischen Klassifikation können anschließend in vielfältiger Weise eingesetzt werden, so z.B. für die Wiederholteilsuche, Teilefamilienbildung, Entwicklung von Baukastensystemen, Einkauf, Qualitätssicherung usw.

2 Konzept

2.1 Anforderungsentwicklung

Am Anfang jeder Entwicklungstätigkeit steht die Aufnahme der Anforderungen an das neue Produkt. Im Vordergrund stehen hierbei die Anforderungen, die der Kunde, bzw. der Markt an das zu entwickelnde Produkt stellt. Dazu kommen Anforderungen, die beispielsweise der Gesetzgeber vorgibt oder eine übergeordnete Stelle, wie z.B. ein Normungsinstitut, sowie Anforderungen, die sich aus der eigenen Fertigungssituation ergeben (maximale Bauteilabmessungen, -gewicht, usw.).

Mit dem Anforderungsentwicklungssystem DIICAD-AES¹, das am RPK im Rahmen des SFB 346 entwickelt wird, können Anforderungen strukturiert aufgenommen, auf Produktkomponenten verteilt und auf sich daraus ergebende, weitere Anforderungen hin untersucht werden.

Ausgangspunkt der Anforderungsentwicklung sind eine oder mehrere Bibliotheken von Anforderungen. Diese Bibliotheken werden auf verschiedenen Ebenen angepaßt. Grundlage bildet derzeit die allgemeine Anforderungsbibliothek für die Maschinenbaubranche. Diese kann an das jeweilige Unternehmen angepaßt werden, indem sie kopiert wird und für den Marktbereich des Unternehmens irrelevante Anforderungen entfernt und nicht in der allgemeinen Bibliothek enthaltene aber relevante Anforderungen hinzugefügt werden.

¹ Dialogorientiertes Integriertes Intelligentes CAD System - AnforderungsEntwicklungsSystem

Die produktgruppen- bzw. produktspezifischen Bibliotheken werden auf die gleiche Weise aus der unternehmensspezifische Bibliothek aufgebaut. Darüber hinaus wird in den Bibliotheken das Verarbeitungswissen für die Anforderungen abgelegt, also welche Anforderung mit welchen anderen Anforderungen in welcher Beziehung steht. Dieses Verarbeitungswissen steckt einerseits in der hierarchischen Struktur der Anforderungen, in der die Zerlegung der Zwischenanforderungen hin zu Elementaranforderungen enthalten ist und andererseits in Produktionsregeln und Constraints, die die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Anforderungen abbilden.

Die Produktionsregeln werden in der Bibliothek gespeichert und können bei Bedarf zusammen mit den Anforderungen in die Inferenzmaschine geladen und ausgewertet werden. Dabei können die Regeln und die Anforderungen aus jeweils verschiedenen Bibliotheken entnommen werden. Sich neu ergebende Anforderungen werden direkt in die Anforderungsbibliothek geschrieben, können aber vom Anwender nachträglich kontrolliert und korrigiert werden. Die Vorgehensweise für die Erstellung einer neuen Bibliothek ist in Bild 1 dargestellt.

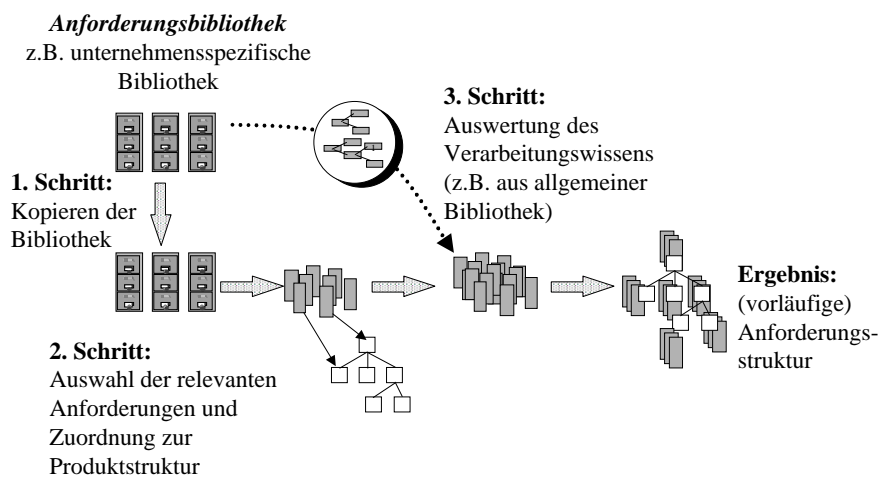


Bild 1. Vorgehensweise bei der Bibliothekserstellung

Mit Hilfe der Constraints können quantitative Anforderungen verknüpft und mit einem in das System integrierten Constraintsolver ausgewertet werden. Das bedeutet zum einen, daß die Ausprägung einer Anforderung, die durch einen Constraint mit den Ausprägungen anderer Anforderungen verknüpft ist, errechnet werden kann und andererseits, daß vollständig ausgeprägte Anforderungen eines Constraints durch seine Auswertung auf Widersprüche hin untersucht werden können.

Die ermittelten Elementaranforderungen, die quantitativer als auch qualitativer Art sein können, werden auf die Produktkomponenten verteilt. Produktkomponenten können hierbei sowohl konkrete Baugruppen und Einzelteile sein als auch abstrakte Produktkomponenten, sog. Module, die erst in späteren Entwicklungsschritten konkretisiert werden.

Die verteilten Elementaranforderungen dienen als Grundlage für die Lösungsfindung mit Hilfe der automatischen, flexiblen Klassifikation von Produkten.

2.2 Automatische Klassifikation von Produkten

Das Klassifikationssystem wird aus gespeicherten Nutzdaten, die gemäß einem integrierten Produktmodellschema abgelegt sind, automatisch Klassifizierungen aus flexibel vorgebbaren Merkmalen, Merkmalkombinationen oder Klassifikationschemata erzeugen. Kernkomponente des Systems ist ein Klassifikationsmodul, welches flexibel zur Erzeugung von Klassifikationsmerkmalen bzw. Sachmerkmalen genutzt werden kann. Vorgegebene Klassifikationsschemata können hierarchisch oder nichthierarchisch aufgebaut sein und z.B. Inhalte von Produktnormen, firmenspezifische Wiederholteilkataloge oder existierende, vordefinierte Einzelteil- und Baugruppenklassifizierungen repräsentieren. Das System zur automatischen Klassifikation soll sich auf die Informationsinhalte eines integrierten Produktmodells abstützen, welches Informationen aller Produktlebensphasen beinhaltet und die gemeinsame Datenbasis aller am Produktentwicklungsprozeß eingesetzten CAx-Werkzeuge, EDM/PDM-Systeme etc. bereitstellt. Die Ergebnisse der automatischen Klassifikation können anschließend in vielfältiger Weise eingesetzt werden, so z.B. für die Wiederholteilsuche, Teilefamilienbildung, Entwicklung von Baukastensystemen, Einkauf, Qualitätssicherung usw.

Die Architektur des Softwaresystems zur automatischen Klassifikation von Produkten (vgl. Bild 2) sieht die Interpretation eines bestimmten Klassifikationssystems durch die flexible Vorgabe von spezifischen Regeln vor. Ein Regelinterpreter wertet zunächst diese Regeln aus, welche anschließend vom Klassifikator in entsprechenden Auswertemechanismen zur automatischen Klassifikation umgesetzt werden. Dadurch wird es möglich, alle Informationsinhalte integrierter Produktmodelle für die automatische Klassifikation zu verwenden, z.B. funktionale, konstruktive, fertigungstechnische, technologische und organisatorische Gesichtspunkte [2].

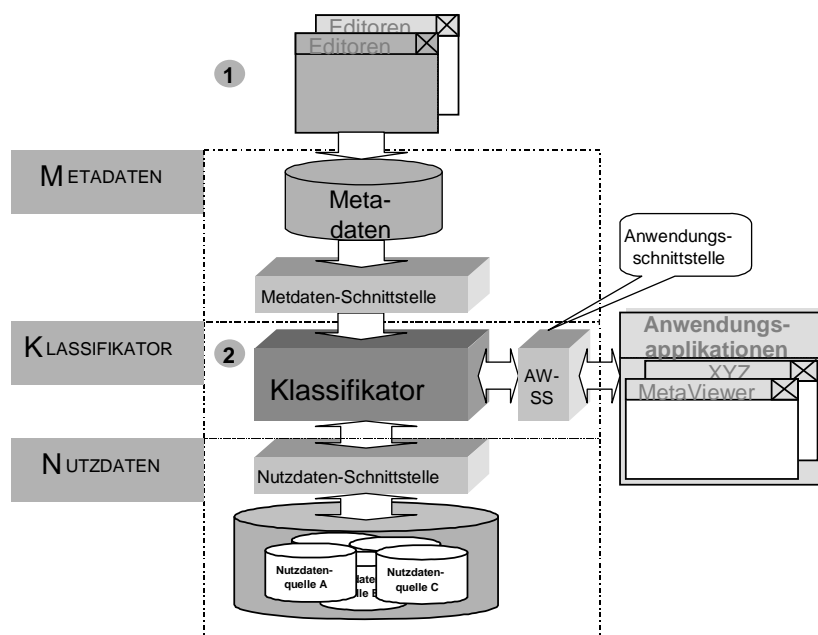


Bild 2. Architektur des Klassifikationssystems

Anhand der beiden oben dargestellten Schritte (vgl. Bild 2 &) lassen sich mit dem Programmsystem Klassifikationsergebnisse erzielen und darstellen :

- Im ersten Schritt sind vom Anwender die Klassifikationskriterien in Form von Metadaten zu definieren. Alle Metadaten werden mittels graphischer Editoren modelliert und in der Metadatenbank gespeichert. Die Metadaten werden vom Klassifikator für die Klassifikation benötigt. Die in der Metadatenbank gespeicherten Daten sind dem Klassifikator über die Metadatenchnittstelle zugänglich. Im Fall der Lösungssuche auf Basis von Anforderungen werden als Metadaten Anforderungen zugrunde gelegt.
- Im zweiten Schritt ermittelt der Klassifikator alle zu klassifizierenden Nutzdaten. Hierfür werden die Nutzdatenschnittstellen benötigt. Wenn die zu klassifizierenden Daten dem Klassifikator vorliegen, dann ordnet dieser die Daten in die Klassenstruktur ein.

2.3 Lösungsfindung

Ausgangsbasis für die Lösungsfindung bilden das Anforderungsmodell des zu entwickelnden Produkts und eine Menge an vollständig ausgeprägten Produktmodellen, die in einem Produktspeicher abgelegt sind (vgl. Bild 3).

Das Anforderungsmodell ist ein Partialmodell des integrierten Produktmodells, d.h. in den oben genannten, vollständig ausgeprägten Produktmodellen sind ebenfalls Anforderungsmodelle enthalten, die zur Lösungsfindung ausgewertet werden können. Im vorliegenden Szenario sollen jedoch die Anforderungen direkt Produktmerkmalen zugeordnet werden, d.h. es können auch nicht integrierte Produktmodelle mit diesem Konzept ausgewertet werden.

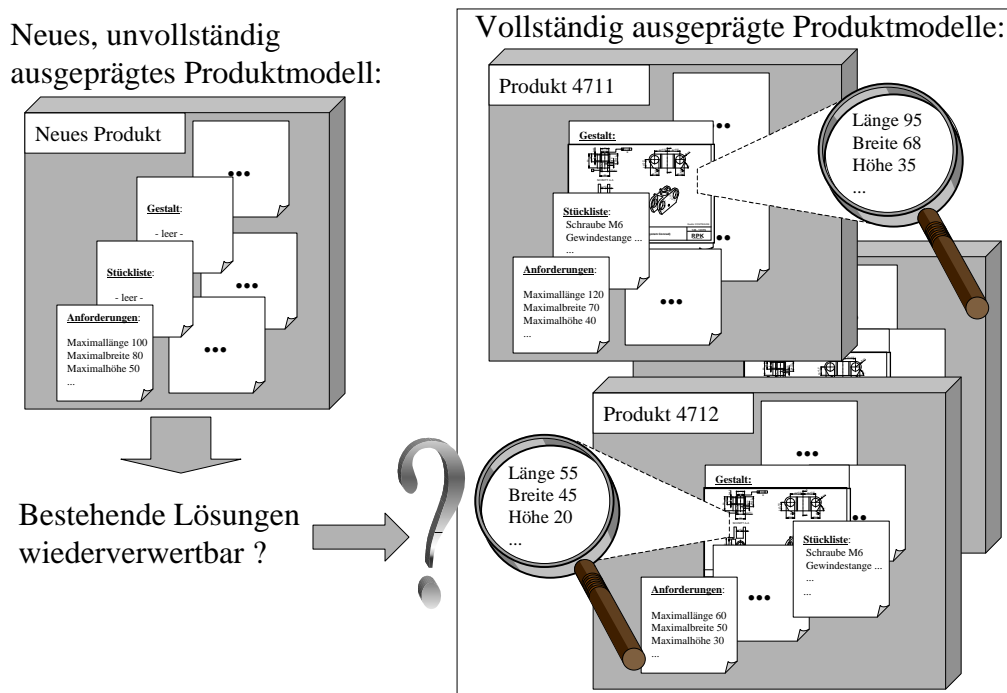


Bild 3. Ausgangssituation der Lösungssuche

12 Klassifikation als Werkzeug zur effizienten Lösungssuche auf Basis von Anforderungen

Bevor mit der Ausarbeitung des neuen Produktes begonnen wird soll ermittelt werden, ob und wenn ja welche der bestehenden Produkte Lösungen beinhalten, die zur Realisierung des neuen Produktes wiederverwendet werden können. Dies ist dann der Fall, wenn die Produkteigenschaften der existierenden Produkte die Anforderungen an das neue Produkt erfüllen. Das gleiche gilt auch für Teillösungen innerhalb eines existierenden Produktes, die Teilmengen der Anforderungen an das neue Produkt erfüllen. In diesem Fall sind eventuell Teillösungen wiederverwendbar.

Im ersten Schritt werden die Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt auf bestimmte Produktmerkmale im Produktspeicher abgebildet, indem sie als Klassifikationsmerkmale definiert werden (vgl. [Bild 4](#)).

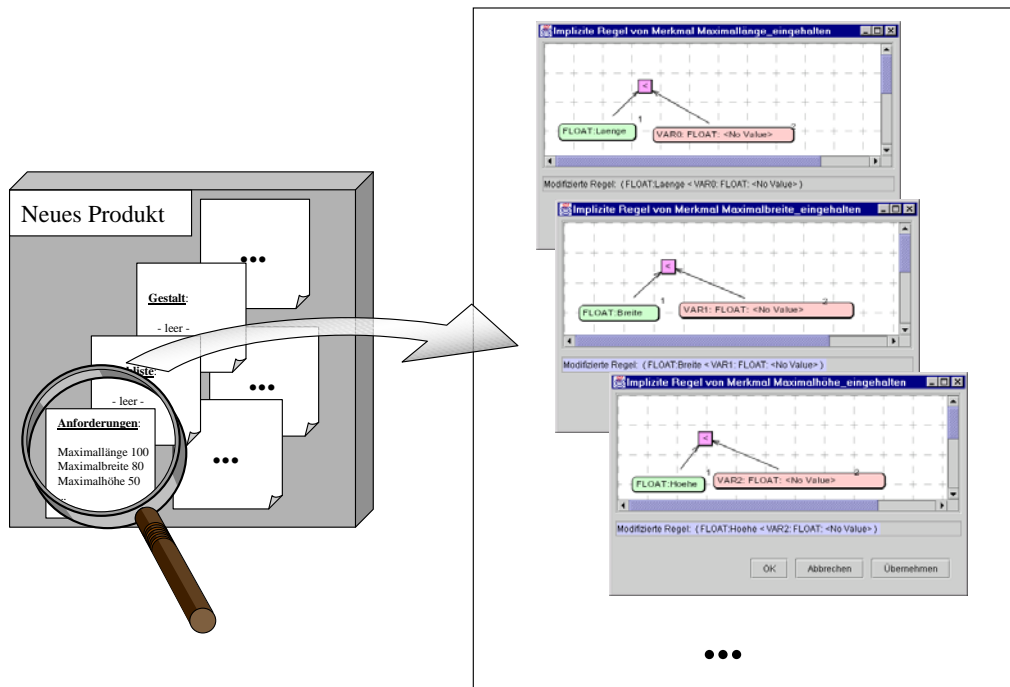


Bild 4. Definition der Anforderungen als Klassifikationsmerkmale

Die Modellierung dieser Klassifikationsmerkmale erfolgt mit Hilfe graphischer Editoren auf Basis existierender Produkteigenschaften der ausgeprägten Produktmodelle. Diese sind dem Klassifikationssystem über die Nutzdatschnittstelle zugänglich. Die Anforderungen lassen sich so mit Hilfe von Constraints formulieren. Als Operatoren stehen neben Vergleichsoperatoren unter anderem auch boolesche Operatoren, mathematische Operatoren und Textoperatoren zur Verfügung. Als Operanden werden Produktmerkmale verwendet, auch Merkmale, die ihrerseits aus derartigen Berechnungsvorschriften aufgebaut sind, sowie konstante Werte und/oder Variablen. Auch ganze Constraints können wiederum als Operand eines Constraints verwendet werden, wodurch komplexe, hierarchisch aufgebaute Constraints formuliert werden können. In [Bild 4](#) werden exemplarisch einige geometrische Anforderungen auf existierende Produktmerkmale abgebildet. Beispielsweise wird für die Anforderung „Maximallänge“ ein Klassifikationsmerkmal modelliert, das mit dem Constraint „Länge < VARIABLE0“ versehen wird. „Länge“ ist hierbei ein Produktmerkmal, dessen

Ausprägungen das Klassifikationssystem über die Nutzdatschnittstelle aus den ausgeprägten Produktmodellen ermitteln kann. Durch die Verwendung von Variablen bei der Formulierung der Constraints wird erreicht, daß die Klassifikationsmerkmale mehrfach für verschiedene Ausprägungen der Anforderungen verwendet werden können.

Durch die Klassifikationsmerkmale werden die Klassen beschrieben, in die die Produkte eingeordnet werden sollen und eine Klassenhierarchie definiert. Der Aufbau der Klassenhierarchie läßt sich flexibel an die jeweilige Aufgabenstellung anpassen, es können auch gleichzeitig mehrere Klassenhierarchien existieren. Die Modellierung der „Definierenden Eigenschaft“ einer Klasse erfolgt analog der Modellierung eines Constraints. Die auf Basis der Anforderungen modellierten Klassifikationsmerkmale werden durch Operatoren miteinander verknüpft. Durch die definierende Eigenschaft wird festgelegt, welche der existierenden vollständig ausgeprägten Produktmodelle bei der Klassifikation dieser Klasse zugeordnet werden können (vgl. Bild 5).

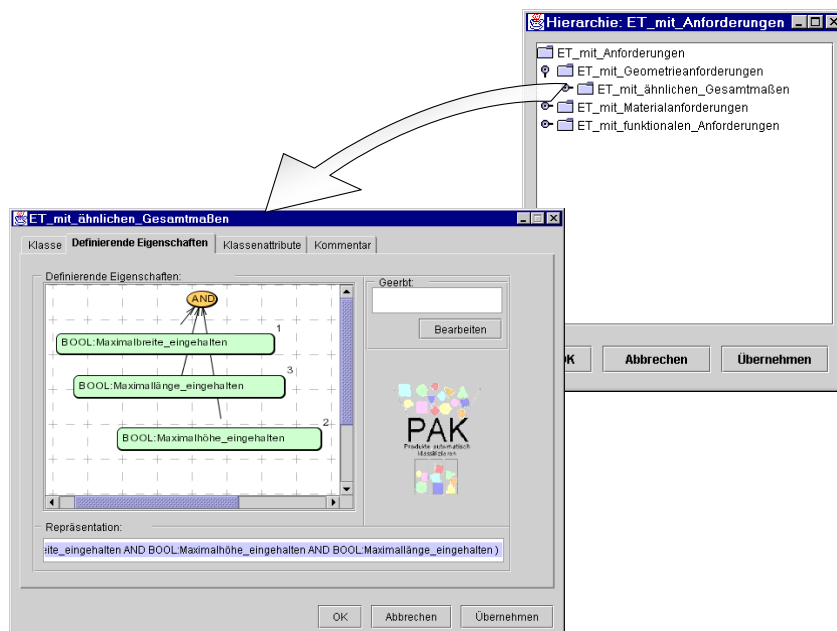


Bild 5. Definition der Klassenhierarchie für Produktmerkmale

Um das Ziel zu erreichen, ähnliche Lösungen zu finden und wiederzuverwerten, werden die in den Klassifikationsmerkmalen verwendeten Variablen mit den aktuellen Anforderungswerten belegt und die automatische Klassifikation der existierenden vollständig ausgeprägten Produktmodelle durchgeführt. In den einzelnen Klassen finden sich anschließend diejenigen Produkte, die die entsprechenden Anforderungen erfüllen. In dem Beispiel in Bild 5 finden sich so z.B. diejenigen existierenden Lösungen in der Klasse „ET_mit_ähnlichen_Gesamtmaßen“, die die Abmessungsanforderungen an das neue Produkt erfüllen.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurde ein Konzept zur frühen Lösungsfindung auf Basis von Anforderungen vorgestellt. Es wurden seine beiden Fundamente, die Anforderungsmodellierung und die automatische, flexible Klassifikation von Produkten sowie ihr Zusammenspiel erläutert. Es wurde gezeigt, wie sich Anforderungen auf existierende Produkteigenschaften abbilden und als Klassifikationsmerkmale formulieren lassen. Auf Basis dieser Klassifikationsmerkmale können flexibel Klassen und Klassenhierarchien definiert werden. Werden existierende Produkte nach diesen Klassenhierarchien klassifiziert, lassen sich existierende Lösungen finden, die die Anforderungen an ein neues Produkt erfüllen und wiederverwendet werden können.

4 Literaturverzeichnis

- [1] Rzehorz, C.: „Wissensbasierte Anforderungsentwicklung auf der Basis eines integrierten Produktmodells“, Dissertation TU Karlsruhe, Shaker Verlag, 1998
- [2] o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Hans Grabowski, Dr.-Ing. Stefan Rude, Dr.-Ing. Ulrich Weber, Dipl.-Ing. Alexander Staudinger, Dipl.-Ing. Gunther Storz, RPK Uni Karlsruhe und Dr.-Ing. Ingward Bey, Dipl.-Ing. Edwin Steinebrunner, PFT, Forschungszentrum Karlsruhe: „Automatische Klassifikation von Produkten“.

Professor Dr.-Ing. h.c. Grabowski;
Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion;
Universität Karlsruhe;
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe, Germany;
Tel: ++49 (0) 721 608-2129
Fax: ++49 (0) 721 66 11 38
Internet: gr@rpk.mach.uni-karlsruhe.de ;

Dr.-Ing. Ralf-Stefan Lossack;
Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion;
Universität Karlsruhe;
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe, Germany;
Tel: ++49 (0) 721 608-3374
Fax: ++49 (0) 721 66 11 38
Internet: lossack@rpk.mach.uni-karlsruhe.de ;

Dipl.-Ing. Oliver Klaar;
Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion;
Universität Karlsruhe;
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe, Germany;
Tel: ++49 (0) 721 608-6630
Fax: ++49 (0) 721 66 11 38
Internet: klaar@rpk.mach.uni-karlsruhe.de ;

Dipl.-Ing. Jörg Weißkopf;
Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion;
Universität Karlsruhe;
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe, Germany;
Tel: ++49 (0) 721 608-6464
Fax: ++49 (0) 721 66 11 38
Internet: weiskopf@rpk.mach.uni-karlsruhe.de ;