

METADATENKONZEPT ZUR STRUKTURIERTEN ERFASSUNG VON PRODUKTMERKMALEN FÜR DIE AUTOMATISCHE PRODUKTKLASSIFIKATION

*o.Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Hans Grabowski, Dipl.-Ing. Jörg Weißkopf,
RPK Uni Karlsruhe*

Kurzfassung

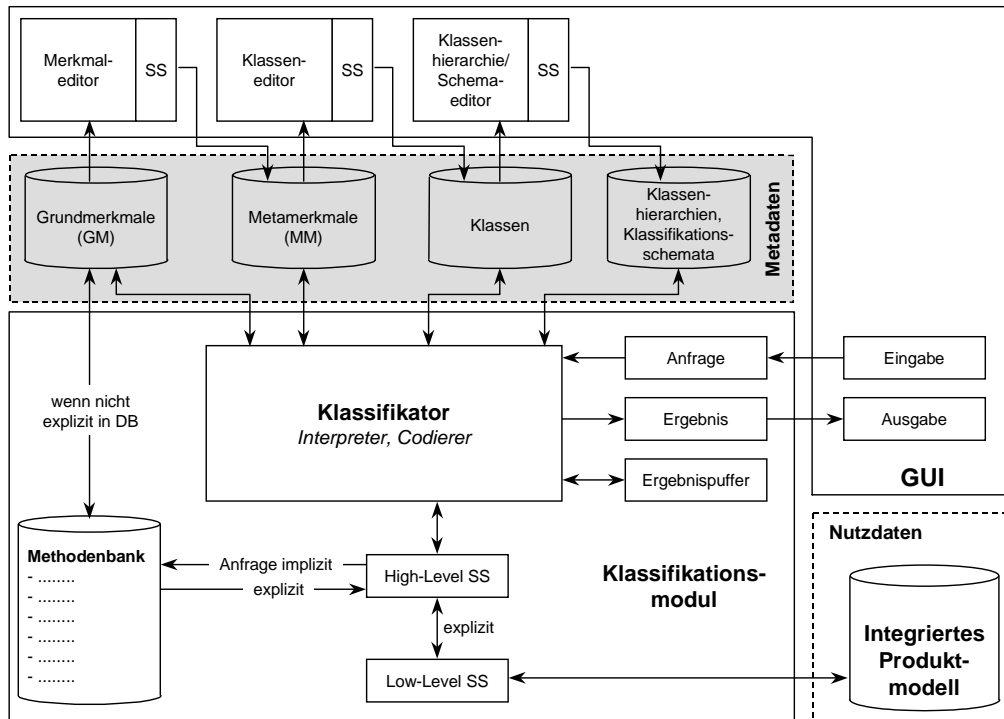
Die automatische Klassifikation von Produkten ist ein schon lange gehegter Wunsch in der industriellen Praxis. Eine in [1] durchgeführte Analyse bestehender Lösungsansätze ergab, daß umfassende, ganzheitliche Ansätze bisher nicht existieren. In diesem Beitrag wird das Konzept der Metadaten vorgestellt. Unter Metadaten werden in diesem Zusammenhang Daten verstanden, die die produktbeschreibenden Informationen eines integrierten Produktmodells in einer für die Klassifikation geeigneten Struktur und Informationsdichte abbilden. Das Konzept ermöglicht es, flexible, anwenderspezifische Sichten auf verschiedene Abstraktionsebenen der Menge der Produktmerkmale zu generieren. Dieses Konzept wurde im Rahmen des Verbundprojektes „Automatische Klassifikation von Produkten“ im Rahmenkonzept Produktion 2000 entwickelt. Dieses Projekt hat die Konzeption und Realisierung eines Programmsystems zum Ziel, welches die automatische Klassifikation von Produkten durchführt und damit die bisher manuell oder halbmaschinell durchgeführten Klassifikationstätigkeiten ersetzt.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten wurde eine Vielzahl an Klassifikationssystemen entwickelt. Sie dienten dem Ziel, durch einen Rückgriff auf bereits vorhandene Unterlagen (Zeichnungen, Stücklisten, Arbeitspläne, usw.) die Teilevielfalt zu reduzieren und die Wiederverwendung zu fördern. Sie haben sich nur unzureichend bewährt, da der Aufwand für die Verschlüsselung aller Unterlagen zu hoch war, und die Wiederverwendbarkeit nicht immer befriedigend ausfiel [2]. Das im Rahmen des Projektes „Automatischen Klassifikation von Produkten“ 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.

Die Architektur des Softwaresystems (vgl. Bild 1) 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 [3].



Legende: GUI – Graphical User Interface
 SS – Schnittstelle
 DB – Datenbank

Bild 1. Architektur des Klassifikationssystems

Im Rahmen dieses Beitrages soll der in Bild 1 grau hinterlegten Bereich der Metadaten behandelt werden. Es wird ein Konzept vorgestellt, wie die in einem integrierten Produktmodell gespeicherten Produktmerkmale auf diese Metadaten abgebildet werden können. Ziel dabei ist es, den Metadaten eine Struktur und Informationsdichte zu verleihen, die eine effizientere und flexiblere Klassifikation erlauben als es die Nutzdaten des integrierten Produktmodells tun.

2 Metadatenkonzept

Metadaten sind Daten, die die produktbeschreibenden Informationen eines integrierten Produktmodells in einer für die Klassifikation geeigneten Struktur und Informationsdichte abbilden. Die strukturierte Erfassung, Verwaltung und Verarbeitung der im integrierten Produktmodell gespeicherten Produktmerkmale nimmt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung eines automatischen Klassifikationssystems ein. Von verschiedenen

Abstraktionsebenen aus werden auf diese Nutzdaten Sichten generiert. Dadurch lassen sich mit geringem Aufwand komplexe, dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßte Klassifikationsschemata erzeugen.

2.1 Nutzdaten

Die Nutzdaten sind die Daten, die vom Anwender in einer Produktdatenbasis abgelegt sind.

Für die folgende Beschreibung sollen in der Datenbasis beispielhaft die in Bild 2 dargestellten geometrische Objekte abgelegt sein. Das hier gewählte Beispiel ist wegen der besseren Übersicht absichtlich sehr einfach gehalten. Im allgemeinen Fall beinhalten die Nutzdaten alle im integrierten Produktmodell gespeicherten Daten, z.B. organisatorische Informationen, Anforderungslisten, 3D-Geometriedaten, Ergebnisse einer Zeichnungserkennung, fertigungstechnische Informationen, etc.

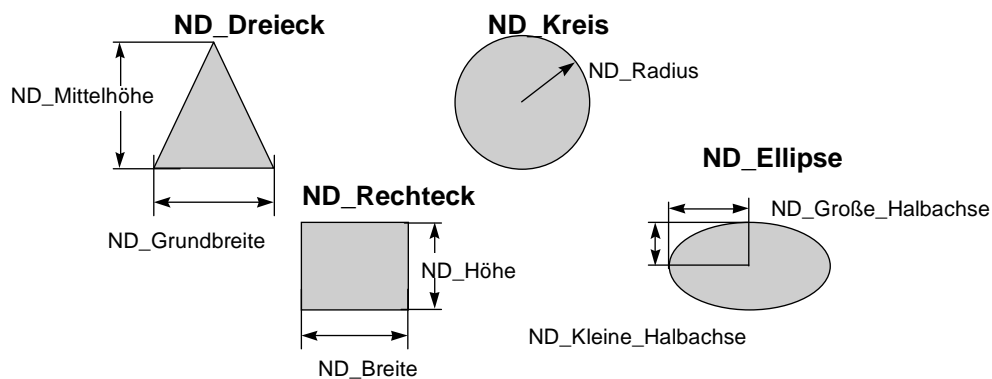


Bild 2. Beispieldaten der Nutzdatenbank (ND = Nutzdaten)

Die geometrischen Objekte haben neben ihren objektspezifischen Attributen noch jeweils die Attribute Farbe und Namen. Bild 3 zeigt das Schema dieser Beispiel-Nutzdaten.

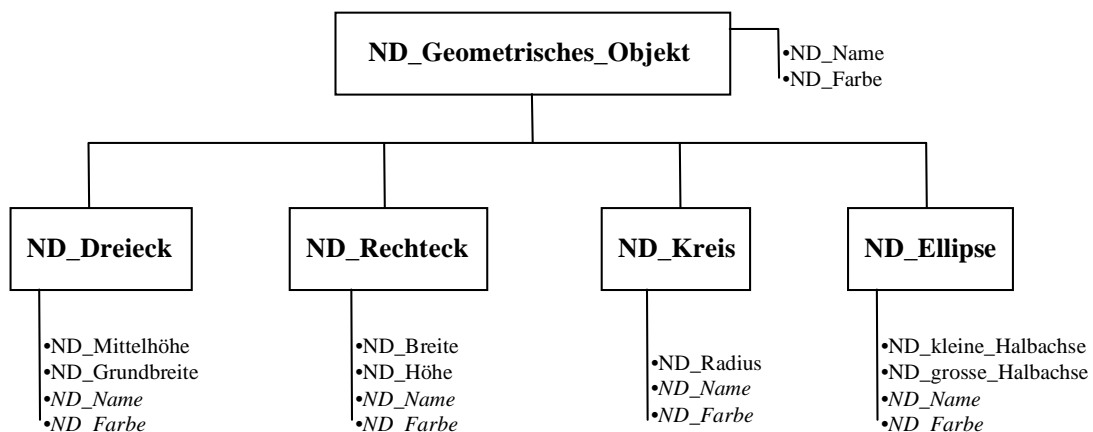


Bild 3. Schema der Nutzdaten

Im folgenden Abschnitt werden anhand dieser Beispieldaten die Metadaten erklärt.

2.2 Metadaten

Die Metadaten beinhalten die zur Klassifikation benötigten Grund- und Metamerkmale, Metadaten-Klassen und Metadaten-Klassenhierarchie bzw. Klassifikationsschemata. Diese Komponenten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

2.2.1 Grundmerkmale

Die grundlegenden Eigenschaften der in der Produktdatenbasis abgelegten Daten werden auf Grundmerkmale abgebildet. Es wird unterschieden zwischen expliziten und impliziten Grundmerkmalen.

Die Ausprägungen expliziter Grundmerkmale sind explizit in der Datenbasis enthalten und können direkt abgefragt werden. Für implizite Grundmerkmale sind in einer Methodenbank Berechnungsmethoden enthalten, mit denen die impliziten Merkmale aus der Produktdatenbasis abgeleitet werden können.

Die Grundmerkmale werden in organisatorischen Strukturen abgelegt. Diese Strukturen sind Bestandteil der Metadaten, mit ihrer Hilfe können „Grundmerkmalsbibliotheken“ erstellt werden, wodurch beispielsweise die Auswahl von Grundmerkmalen bei der Bildung von Metamerkmale (vgl. Abschnitt 2.2.2) unterstützt wird.

Bild 4 zeigt den Aufbau von Grundmerkmalen.

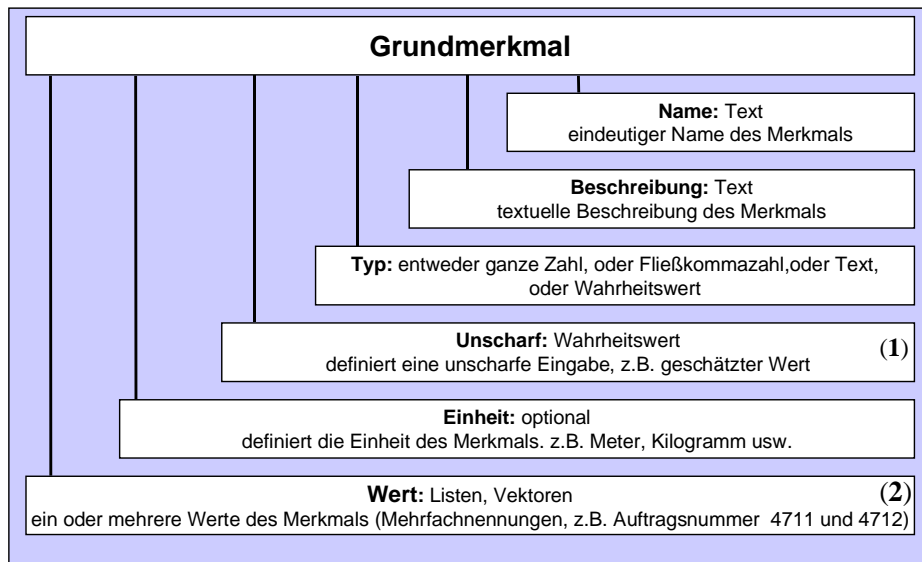


Bild 4. Aufbau von Grundmerkmalen

„Unschärfe“ (vgl. Bild 4 (1)): Ein Grundmerkmal kann mit einer Unschärfe oder Ungenauigkeit versehen werden, beispielsweise wenn es sich um einen geschätzten Wert handelt. Bei numerischen Grundmerkmalen wird diese Unschärfe über eine prozentuale Abweichung nach oben und unten definiert, bei alphanumerischen Werten wird die Unschärfe z.B. mittels der sog. „Regular Expressions“ definiert, wie sie bei der Volltextsuche verwendet werden. Ist nur eine mögliche Ausprägung eines Grundmerkmals unscharf, so muß diese Unschärfe bei der Definition des Grundmerkmals berücksichtigt werden.

Der Wert bzw. die möglichen Ausprägungen eines Grundmerkmals (vgl. Bild 4 (2)) können vordefinierten Einschränkungen unterliegen, beispielsweise in Form von gültigen Wertebereichen bei numerischen Grundmerkmalen, oder in Form einer Aufzählung gültiger Merkmalsausprägungen, z.B. {„rot“, „grün“, „gelb“} für ein Grundmerkmal GM_Farbe.

Obigem Beispiel entsprechend könnten folgende Grundmerkmale definiert werden:

GM_Farbe, GM_Namen, GM_Mittelhöhe, GM_Grundbreite, GM_Höhe, GM_Breite, GM_Radius, GM_Durchmesser, GM_Kleine_Halbachse, GM_Große_Halbachse, GM_Flächeninhalt, GM_Umfang.

Die beiden Grundmerkmale GM_Flächeninhalt und GM_Umfang sind nur durch Berechnung zu ermitteln, es handelt sich somit um implizite Merkmale. Um die Ausprägung dieser Grundmerkmale zu bestimmen, muß in einer Methodenbank (vgl. Bild 1) eine entsprechende Berechnungsvorschrift abgelegt sein.

2.2.2 Metamerkmale

Ein Metamerkmale wird durch einen Ausdruck definiert. Der Ausdruck ist wahr oder nicht wahr. Ein Metamerkmale wird aufgebaut aus Grundmerkmalen, Metamerkmale (zyklische Definitionen müssen vermieden werden), numerischen und alphanumerischen Werten und Variablen. Diese Komponenten werden durch arithmetische Operatoren, boolesche Operatoren sowie Vergleichsoperatoren miteinander verknüpft. Vergleichsoperatoren können mit einer „Unschärfe“ (vgl. Abschnitt 2.2.1) versehen werden. Ist für einen der beteiligten Operanden eine Unschärfe definiert, so *muß* diese bei Verwendung des Vergleichsoperators berücksichtigt werden. Dieser Teil des Ausdrucks liefert den Wert „wahr“ wenn die Ausprägungen der beteiligten Operanden in dem durch die Unschärfe definierten Bereich liegen.

Bild 5 zeigt ein einfaches Beispiel für den Aufbau eines Metamerkmals „MM_kreisförmig“. Hierbei ist zu beachten, daß bereits ein alleinstehendes Grundmerkmal einen Wahrheitswert liefert, und zwar durch das Vorhandensein des Attributes, das durch dieses Grundmerkmal abgebildet wird.

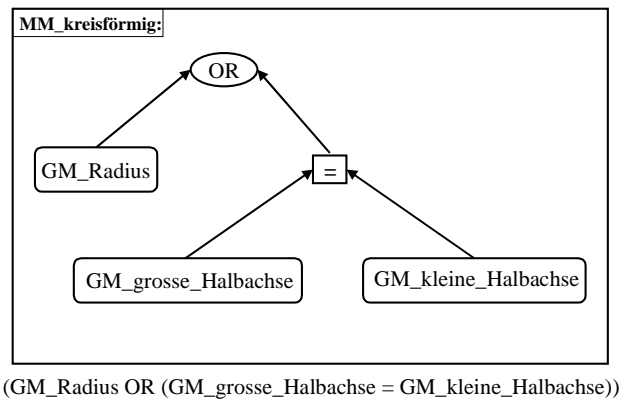


Bild 5. Beispiel für den Aufbau eines Metamerkmals „MM kreisförmig“

In dem Beispiel in Bild 5 wird zunächst das Vorhandensein der Grundmerkmale „GM_Radius“, „GM_grosse_Halbachse“ und „GM_kleine_Halbachse“ überprüft. Die Evaluierung des Metamerkmals „MM_kreisförmig“ liefert genau dann den Wert „wahr“, wenn entweder das Grundmerkmal „GM_Radius“ vorhanden ist ODER die Grundmerkmale „GM_kleine_Halbachse“ und „GM_grosse_Halbachse“ beide vorhanden sind und den gleichen Wert haben.

Ein weiteres Beispiel für den Aufbau eines Metamerkmals zeigt Bild 6. Bei der Definition dieses Metamerkmals wird eine String-Variable verwendet. Diese muß dem Metamerkmal vor der Evaluierung übergeben werden. Durch diesen Mechanismus lassen sich sehr flexible, mehrfach verwendbare Metamerkmale definieren. Die Evaluierung des Metamerkmals „MM_farbiger_Kreis“ liefert genau dann den Wert „wahr“, wenn das Metamerkmal „MM_kreisförmig“ den Wert „wahr“ liefert und die Ausprägung des Grundmerkmals „GM_Farbe“ mit der übergebenen String-Variable identisch ist.

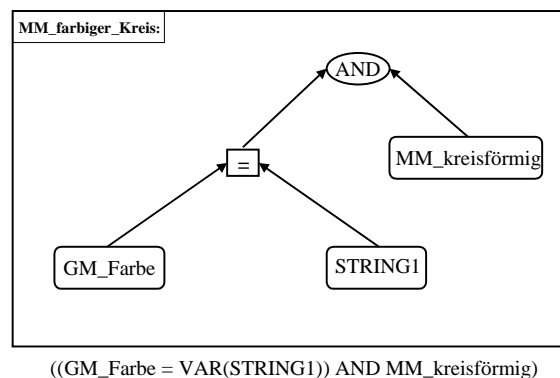


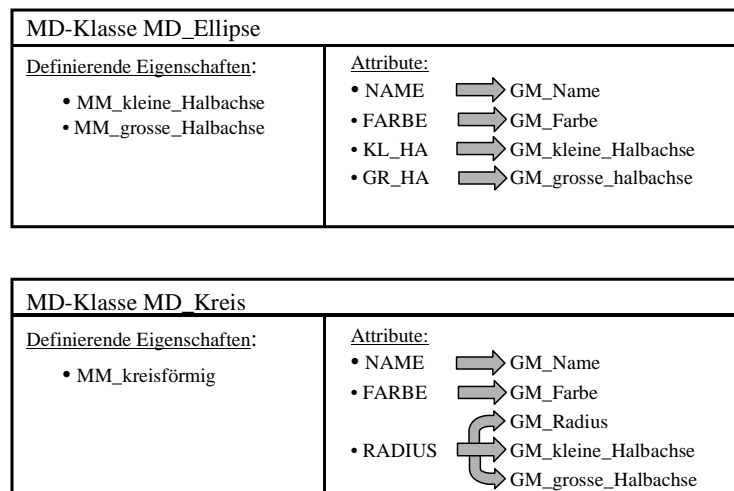
Bild 6. Aufbau eines Metamerkmals „MM farbiger Kreis“

Metamerkmale lassen sich wie auch die Grundmerkmale in hierarchischen Strukturen zu „Metamerkmalsbibliotheken“ zusammenfassen, was eine übersichtliche Gliederung erlaubt und so beispielsweise die Auswahl von Metamerkmale bei der Definition von Metadaten – Klassen (vgl. Abschnitt 2.2.3) unterstützt.

2.2.3 Metadaten-Klassen

Die Zuordnung der Nutzdaten zu Klassen dient dazu, die Gesamtheit aller Objekte zu sortieren. Eine Klasse besitzt Attribute, die durch Grundmerkmale abgebildet werden. Eine Klasse besitzt definierende Eigenschaften, durch welche die Zugehörigkeit eines Objektes zu dieser Klasse bestimmt wird. Diese definierenden Eigenschaften werden durch Metamerkmale ausgedrückt. Um ein Nutzdatenobjekt einer Metadaten-Klasse zuordnen zu können, muß die Evaluierung aller Metamerkmale, die diese Klasse definieren, den Wert „wahr“ liefern.

In Bild 7 werden zwei Beispiele für die Klassendefinition der Klasse MD_Ellipse und MD_Kreis gezeigt. Die Metamerkmale „MM_kleine_Halbachse“ und „MM_grosse_Halbachse“ der MD-Klasse „MD_Ellipse“ prüfen jeweils nur das Vorhandensein des entsprechenden Grundmerkmals. Liefern beide Metamerkmale das Ergebnis „wahr“ kann ein Datenobjekt der Nutzdatenbasis dieser MD-Klasse zugeordnet werden.



Legende: → - repräsentiert das Grundmerkmal/die Grundmerkmale ...

Bild 7. Beispiele für Metadaten-Klassen

Im zweiten Beispiel kann ein Objekt der Klasse „MD_Kreis“ zugeordnet werden, wenn die Evaluierung des Metamerkmals „MM_kreisförmig“ (vgl. Bild 5) den Wert „wahr“ liefert. Da dieses Objekt entweder ein ND_Kreis oder eine ND_Ellipse sein kann, wird das Attribut RADIUS entweder mit der Ausprägung des Grundmerkmals „GM_Radius“ oder mit der Ausprägung des Grundmerkmals „GM_kleine_Halbachse“ bzw. „GM_grosse_Halbachse“ – beide müssen laut Definition des Metamerkmals „MM_kreisförmig“ identisch sein – belegt.

2.2.4 Metadaten – Klassenhierarchien

Eine Klassenhierarchie ist eine strukturierte hierarchische Gliederung. Diese Gliederung kann, muß aber keine Vererbung beinhalten. Das bedeutet, es kann für jede Klasse einzeln festgelegt werden, welche der definierenden Eigenschaften und welche Attribute geerbt werden sollen und welche ignoriert werden. Dadurch wird es ermöglicht, bestehende Klassen und Klassenhierarchien durch geringfügige Änderungen an der Vererbungsstruktur an anwenderspezifische Klassifikationsanforderungen anzupassen. Des weiteren können die Klassenhierarchien an auf den Attributen basierende Suchanfragen flexibel angepaßt werden.

Bild 8 zeigt zwei Beispiele für Klassenhierarchien. Die erste Klassenhierarchie ist so aufgebaut, daß die Klasse MD_Kreis eine Unterklasse der Klasse MD_Ellipse ist. Alle Klassen erben die Attribute NAME und FARBE von der Klasse MD_geometrisches_Objekt, die Klasse MD_Kreis erbt zusätzlich die Attribute KLEINE_HALBACHSE und GROSSE_HALBACHSE von der Klasse MD_Ellipse. Die durch diese Attribute repräsentierten Grundmerkmale werden gemeinsam mit dem Grundmerkmal „GM_Radius“ zum Attribut RADIUS zusammengefaßt (vgl. **Bild 7**).

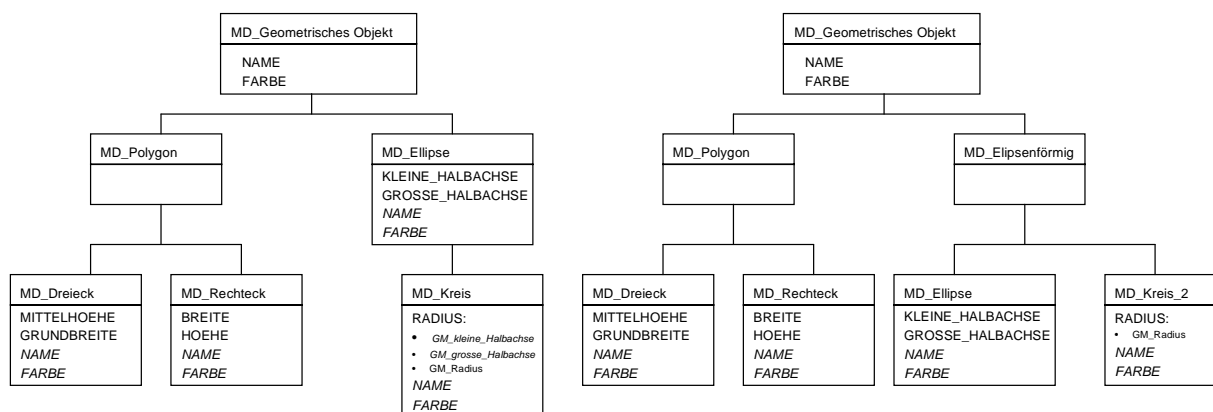


Bild 8. Zwei Beispiele für Klassenhierarchien

Im zweiten Beispiel sind die Kreise nicht als Ellipsen definiert, sondern Kreise und Ellipsen werden unter der Oberklasse MD_Ellipsenförmig zusammengefaßt. Hier erfolgt nur die Vererbung der Attribute NAME und FARBE. Das Attribut RADIUS der Klasse MD_Kreis_2 wird nur durch das Grundmerkmal „GM_Radius“ definiert. Die definierende Eigenschaft von MD_Kreis_2 darf nicht das Metamerkmale „MM_kreisförmig“ sein, da das Attribut RADIUS nicht mit einem Wert belegt werden kann, wenn eine MD_Ellipse mit identischen Halbachsen als MD_Kreis_2 eingeordnet werden würde.

Die Klassenhierarchien bilden, insbesondere durch ihre Definition über die Metamerkmale, flexible, den jeweiligen Anwendungen anpaßbare Klassifikationsschemata. Werden die Klassen einer Hierarchie noch mit Schlüsselnummern versehen, lassen sich auf diese Weise auch verschiedene Klassifikationssysteme, wie z.B. ein werkstückbeschreibendes Klassifizierungssystem nach Opitz [4] oder ein funktionsorientiertes Baugruppenklassifizierungssystem nach Wiendahl [4], nachbilden.

2.3 Sichten und Abstraktionsstufen

Anhand von Bild 9 soll noch einmal das Zusammenwirken von Nutzdaten, Grundmerkmalen, Metamerkmale und Metadaten-Klassen verdeutlicht werden.

Die im integrierten Produktmodell gespeicherten Nutzdaten werden in einem ersten Abstraktionsschritt auf Grundmerkmale abgebildet. Auch nur implizit vorhandene Informationen können durch Grundmerkmale repräsentiert werden, der Zugriff auf die Nutzdaten wird dadurch für die übergeordneten Ebenen transparent. Beispielsweise ist es für die Definition eines Metamerkmals irrelevant, ob die Ausprägung eines verwendeten Grundmerkmals explizit aus der Produktdatenbasis ausgelesen werden kann, oder ob die Ausprägung eines impliziten Grundmerkmals mit Hilfe einer in der Methodenbank gespeicherten Berechnungsvorschrift bestimmt wird.

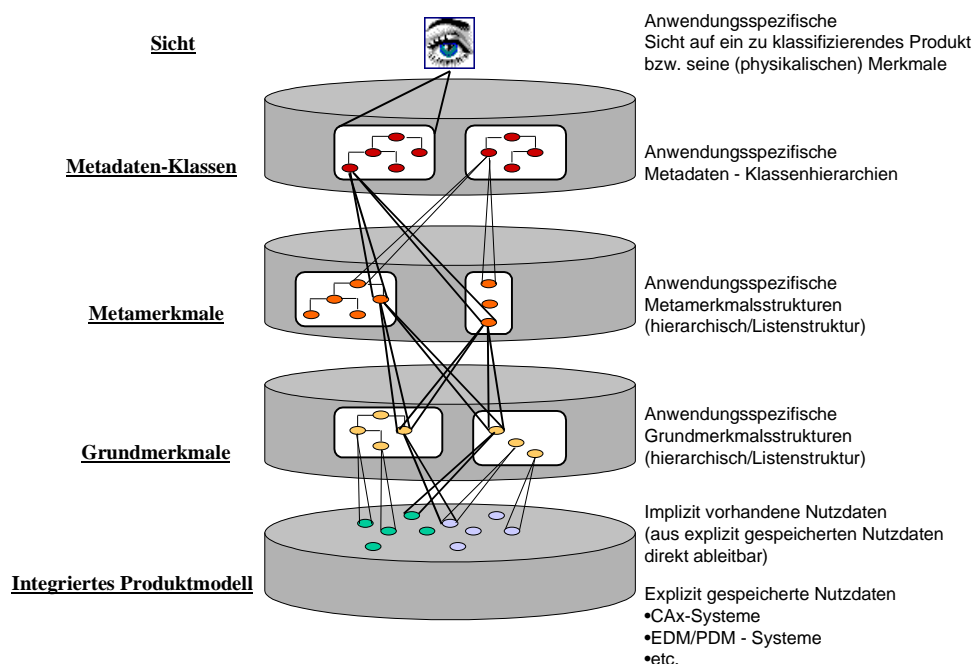


Bild 9. Sichten und Abstraktionsstufen

Mit Hilfe der organisatorischen Strukturen, in denen die Grundmerkmale verwaltet werden, lassen sich die im integrierten Produktmodell vorhandenen Produktmerkmale auch thematisch sortiert abbilden. So können beispielsweise die Informationen der einzelnen Partialmodelle des integrierten Produktmodells (Anforderungs-, Funktions-, Prinzip-, Gestaltsmodell etc.) auf getrennte Grundmerkmalsstrukturen abgebildet werden. Auf diese Weise lassen sich die Produktmerkmale für verschiedene Klassifikationsanforderungen voneinander separieren.

Im nächsten Schritt können Grundmerkmale zu komplexen, anwendungsspezifischen Metamerkmale kombiniert werden. Hierdurch werden die produktbeschreibenden Informationen „verdichtet“. Die oftmals große, ungeordnete Menge wenig aussagekräftiger Produktmerkmale lässt sich zu wenigen, aussagekräftigen Metamerkmale zusammenfassen. Die Metamerkmale schließlich bilden die Basis für die Definition der Metadaten-Klassen. Durch die Möglichkeit, die Metamerkmale flexibel zu kombinieren und zu erweitern, lassen

sich die Metadaten-Klassen leicht auf anwendungsspezifische Anforderungen anpassen. Durch das Kombinieren der Metadaten-Klassen in Klassenhierarchien lassen sich verschiedene Sichten auf das zugrundeliegende integrierte Produktmodell generieren. Eine Klassifikation kann nun auf Basis abstrahierter, semantisch hochwertiger und den Klassifikationsanforderungen angepaßter Informationen erfolgen.

3 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag wurde ein Konzept zur Gewinnung von Produktmerkmalen vorgestellt, das die Grundlage für ein flexibles, automatisches Klassifikationssystem bilden soll. Die Begriffe „Grundmerkmal“, „Metamerkmale“ und „Metadaten-Klasse“ wurden erläutert, und es wurden die Mechanismen vorgestellt, wie mit Hilfe dieser Konstrukte die produktbeschreibenden Informationen eines integrierten Produktmodells durch Abstraktions- und Kombinationsschritte transparent erfaßt, verdichtet und strukturiert werden können. Auf diese Weise wurde die Basis für die Bildung flexibler Klassifikationsschemata in Form von Metadaten-Klassenhierarchien geschaffen, worauf nun die Realisierung eines Programmsystems zur „Automatischen Klassifizierung von Produkten“ aufbauen kann.

4 Literaturverzeichnis

- [1] Hain, K.: „Automatische Gewinnung von Merkmalen und Klassifizierungseigenschaften für Produkte auf Basis eines integrierten Produktmodells“, Dissertation TU Karlsruhe, Shaker Verlag, 1997
- [2] Hahn, R.; Kunerth, W.; Roschmann, K.: „Die Teileklassifizierung – Systematik und Anwendung im Rahmen der betrieblichen Nummerung“. RKW Handbuch der Rationalisierung, Gehlsen, 1970
- [3] 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“.
- [4] Opitz, H.: „Werkstückbeschreibendes Klassifizierungssystem“ (Teil 1). „Verschlüsselungsrichtlinien und Definitionen zum werkstückbeschreibenden Klassifizierungssystem“ (Teil 2). Essen, Girardet, 1971
- [5] Wiendahl, H.-P.; Heuwing, F.-W.: „Methode zur Klassifizierung von produktunabhängigen Baugruppen“. Betriebstechnische Reihe RKW/REFA, Beuth Vertrieb GmbH, 1973

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 ;

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 ;