

Meta-Modellbasierter struktureller Entwurf

Matthias Pleßow

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik
Volmerstr. 3
12489 Berlin
plessow@gfai.de

Abstract: Der Beitrag beschreibt ein Meta-Modell für eine Klasse von CAX-Systemen, die sich dadurch auszeichnen, dass strukturelle Aspekte des zu entwerfenden Objektes im Mittelpunkt stehen. Dies wird CAD-Systemen, die auf einem 3D-Modellkern basieren, gegenübergestellt.

1 Motivation

Die Unterstützung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen (im Folgenden als *Entwurfsprozesse* bezeichnet) durch Softwaresysteme (*Entwurfssysteme*, oft auch *CAX-Systeme*) ist heute in nahezu allen Branchen Stand der Technik. An der Schnittstelle zwischen Mensch und Computer dominiert dabei nach wie vor die Repräsentation des *Entwurfsobjektes* (*Engineering Object -EO-*), in Form von grafischen Darstellungen. Folgerichtig begann die Geschichte der CAX-Systeme mit der Entwicklung von SW-Lösungen, die reine Zeichenwerkzeuge waren und die gewohnten grafischen Darstellungen produzieren konnten. Die Arbeit am Reißbrett wurde also auf das neue Medium Computer übertragen. Anfangs las man deshalb CAD noch als Computer Aided *Drafting*. Das Meta-Modell (CAX-Modell in Abbildung 1) beschrieb also 2D-Grafiken.

Die weitere Entwicklung von CAX-Systemen und deren Integration in den Fertigungsprozess erforderte Meta-Modelle die nicht nur Ansichten, sondern das jeweilige EO selbst möglichst adäquat abbilden (z.B. als Produktmodell).

In dieser Hinsicht bilden offensichtlich solche Entwurfsprozesse eine Klasse, deren Entwurfsobjekte hauptsächlich durch ihre Eigenschaften als 3-dimensionale räumliche Objekte charakterisiert sind (gegenständliche Objekte wie Maschinen, Gebäude, Anlagen). In diesem Fall erfolgt die Beschreibung des EO und seiner Teile in Form von maßstäblichen technischen Zeichnungen (vgl. Projektionen, Schnitte usw.). Im Zentrum steht also die *Geometrie* des EO, deshalb wird für diese Klasse im weiteren Text der Begriff *geometrischer Entwurf* verwendet. Es war naheliegend und relativ einfach, dafür das vorhandene 2D-Modell zu einem 3D-Modell zu erweitern, das als Meta-Modell für entsprechende Entwurfssysteme dient. Mit dem 3D-CAD-Kern *ACIS* [Sp10] hat sich dafür ein Quasi-Standard etabliert, der als Softwarekomponente vorliegt und Bestandteil vieler aktueller CAD-Systeme ist. Mit *ACIS* können Draht-, Flächen- und Volumenmodelle verwaltet, visualisiert und manipuliert werden.

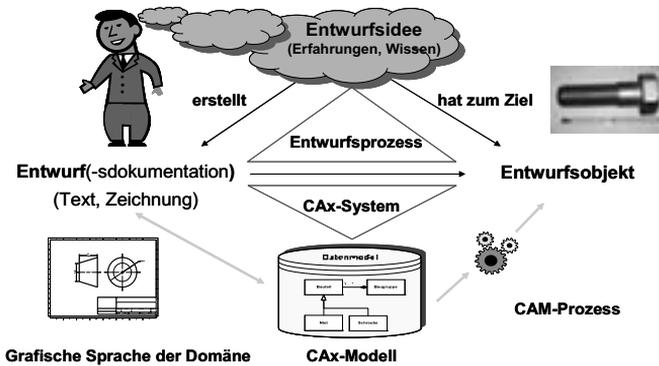


Abbildung 1: Entwurfsprozess auf der Basis von grafischen Darstellungen

Einen typischen Vertreter einer zweiten Klasse von Entwurfsprozessen findet man in der Elektrotechnik, dort ist der *Stromlaufplan* das Herzstück der meisten Entwürfe. Er beschreibt die *Struktur* des Entwurfsobjektes (z.B. Schaltschrank). Ähnlich ist die Situation bei der Entwicklung von *Verfahren* (z.B. Software oder Arbeitsabläufe: das EO ist *immateriell*). Für diese Art von Entwurfsprozessen wird der Begriff *struktureller Entwurf* eingeführt.

Ziel dieses Beitrages ist es nun, ein Meta-Modell herzuleiten, das für sich in Anspruch nimmt, das Konzept des strukturellen Entwurfs abzubilden, indem es von den entsprechenden grafischen Darstellungen ausgeht und ein allgemeingültiges Strukturmodell bietet. Dieses Modell kann, wenn es als SW-Komponente realisiert ist, in Analogie zu ACIS als Kern von CAx-Systemen für den strukturellen Entwurf dienen.

2 Grafische Darstellungen für den strukturellen Entwurf

Es erfolgt nun die Betrachtung der Bestandteile von grafischen Darstellungen für den strukturellen Entwurf. Dabei werden die wesentlichen Elemente des Meta-Modells Schritt für Schritt eingeführt und motiviert. Als Ordnungsmittel dient der sogenannte *Schematisierungsgrad*, der mit zunehmendem Informationsgehalt und Abstraktionsgrad steigt.

Im Gegensatz zu maßstabsgerechten Zeichnungen oder anderen realitätsnahen Abbildungen zeichnet den *Schematisierungsgrad 1* eine *Abstraktion* vom konkreten Objekt aus. Dazu erhält das jeweilige Entwurfsobjekt bzw. seine Bestandteile (von nun an als *Komponenten* bezeichnet) eine Darstellung durch ein *Symbol* (z.B. in Form von Icons, Piktogrammen).

Ab dem Schematisierungsgrad 2 ist die *geometrische Anordnung* der Symbole relevant (z.B. Reihenfolge von Icons in iConji [IC10]; Überlappung oder Einschluss als Ausdruck von Zusammengehörigkeit oder Hierarchie: Mengen- oder Euler-Diagramm).

Grafische Darstellungen des Schematisierungsgrades 3 sind zusätzlich in der Lage, strukturelle *Beziehungen (Relationen)* zwischen Komponenten abzubilden. Dies erfolgt in Linienform, die Komponentensymbole sind durch Kanten bzw. Hyperkanten *vernetzt*.

3 Meta-Modell für den strukturellen Entwurf

Grafische Darstellungen, die die bei den einzelnen Schematisierungsgraden beschriebenen Teilaspekte nutzen, sind offensichtlich in der Lage, eine sehr mächtige Klasse von Strukturen zu visualisieren. Diese Klasse ist mächtiger als die in verwandten Arbeiten genutzten Graphmodelle (oder Hypergraphmodelle wie z.B. bei DiaGen II [M01]). Die Instanzen dieser Klasse werden als *netzartige Strukturen* (*network structure*) bezeichnet, sie sind die zentralen Objekte des strukturellen Entwurfs im Sinne dieses Beitrages. Auf eine formale mengentheoretische Beschreibung des eingeführten Begriffes muss hier aus Platzgründen verzichtet werden, stattdessen stellt der folgende Abschnitt ein entsprechendes Klassenmodell vor.

3.1 Netzwerkkern

Ein zentraler Bestandteil des Meta-Modells für den strukturellen Entwurf ist der Netzwerkkern, der genau die in Abbildung 3 dargestellte Situation modelliert. Aus historischen Gründen trägt er den Namen *Erweiterbares Layout Datenmodell* (ELADO) [PP98]. Ähnlich wie bei dem SRG-ASG Konzept aus [RS96], das gekoppelte Graphgrammatiken (abstract syntax graph ASG und spatial relations graph SRG) benutzt, erfolgt auch hier eine Kopplung von strukturellen und geometrischen Daten (in Abbildung 4 grafisch hervorgehoben).

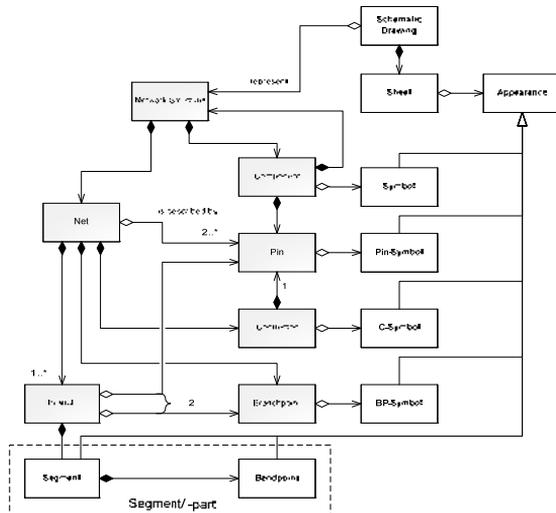


Abbildung 4 UML-Klassendiagramm des Netzwerkkerns ELADO

Die Kompositionsbeziehung von Component zu Network Structure dient dazu, die über die Pins vermittelte innere und äußere Sicht auf Komponenten (Hierarchie von Netzwerken) abzubilden. Der Zusammenhang von Struktur und grafischer Darstellung als Schematic Drawing erfolgt zum Einen durch die Zuordnung einer Network Structure zu einer Instanz von Schematic Drawing (die sich auf mehrere Sheets verteilen kann). Zum Anderen erhält jedes Strukturobjekt eine zugehörige grafische Ausprägung (von Appearance abgeleitet).

3.2 Das Entwurfsobjekt und seine Artefakte

Der Gegenstand eines Projektes (*Entwurfsprojekt*) des strukturellen Entwurfs ist jeweils genau ein Engineering Object (EO, vgl. Abbildung 5).

Ein EO kann in EO Parts zerlegt werden. Im Gegensatz zu Komponenten des EO, die mittels der gleichnamigen Elemente des Netzwerkkerns abgebildet werden, dienen die EO Parts der Gliederung des Entwurfsprozesses in Teilaufgaben. Ein EO Part ist eine Zusammenstellung von Artefacts, die jedes für sich einen gewissen Aspekt des EO darstellen. Die wichtigsten Artefakte sind netzartige Schemata und tragen die strukturellen Informationen über das EO. Sie sind in Abbildung 5 hervorgehoben und benutzen den Netzwerkkern. Weitere Artefakte können sein:

- für die Entwurfsaufgabe relevante Aspekte des Engineering-Objekts (z.B. Anforderungen, Funktionen, Realisierungs-Aspekte des Produkts), die in textueller Form zusammengestellt werden (Rich Text Container),
- ergänzende grafische Darstellungen (beliebige 2D-Grafik: Simple Drawing),
- strukturierte Informationen aus anderen Entwurfswerkzeugen (Container).

Artefakte besitzen ferner *Properties* in Form von hierarchischen Key-Value-Paaren, mit denen applikationsspezifische Daten wohlstrukturiert abgebildet werden können.

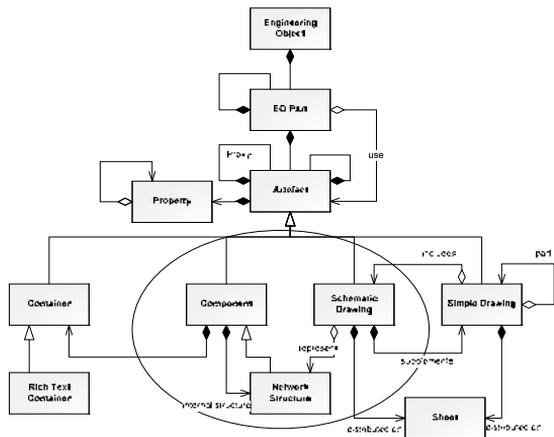


Abbildung 5 Das Entwurfsobjekt und seine Artefakte (Ellipse zeigt den Bezug zum Netzwerkkern)

Ein wichtiges Konzept im Zusammenhang mit den Artefakten ist das der *Proxies*. Es gestattet, dass ein Artefakt in verschiedenen Ausprägungen auftreten kann. Auf diese Weise ist es z.B. möglich, eine Komponente des EO in mehreren grafischen Darstellungen mit unterschiedlichen Repräsentationsformen darzustellen.

Ohne in Abbildung 5 besonders hervorgehoben zu sein, sei darauf hingewiesen, dass der Strukturkern auch für die Gliederung des Entwurfsprojektes in EO Parts und Artefacts genutzt wird. Das impliziert die Möglichkeit, das Entwurfsprojekt in Form eines netzartigen Schemas zu visualisieren.

Da zu jedem Entwurf eine entsprechende *Entwurfsdokumentation* zu erstellen ist, sieht das Meta-Modell ein entsprechendes Teilmodell vor, in dem den jeweiligen Artefakten

entsprechende *Document Parts* zugeordnet werden. Die Dokumentation insgesamt wird wiederum mit Hilfe des Strukturkerns organisiert.

4 Zusammenfassung

Es wurde ein Meta-Modell hergeleitet, das den Anspruch hat, als Modellkern für Systeme des strukturellen Entwurfs zu dienen.

Wie das Modell im Detail genutzt werden kann, war nicht Gegenstand des Beitrages. Es sei aber darauf hingewiesen, dass es in großen Teilen als Bestandteil eines SW-Frameworks implementiert ist. Zwei Anwendungen, je ein Werkzeug für den Entwurf hierarchischer Zustandsautomaten [PEW09] und für die Visualisierung der Struktur parametrischer CAD-Modelle [Be09], zeigen die Tragfähigkeit des Ansatzes.

Die dargestellten Überlegungen basieren auf Resultaten mehrjähriger Arbeiten auf dem Gebiet des automatischen Generierens schematischer Darstellungen [WEP07] und ordnen sich in die Aktivitäten des zurzeit laufenden F&E-Projektes Genesys¹ ein.

5 Literaturverzeichnis

- [Be09] Behrens, B.-A.; Marchenko, M.; Pleßow, M.; Scheffler, R.; Wrobel, G.: Visualisierung und Dokumentation parametrischer Informationen von 3D-CAD-Modellen. CAD-CAM Report, Nr. 3, pp. 58-61, 2009.
- [IC10] iConji: <http://www.iconji.com/about/> (besucht 24.06.2010)
- [M01] Minas, M.: Spezifikation und Generierung graphischer Diagrammeditoren. Universität Erlangen, Habilitation, 2001.
- [P10] PLCopen: Function Block Diagram Tutorial. <http://www.plcopen.org/> (besucht 24.04.2010).
- [RS96] Rekers, J.; Schürr, A.: A Graph Based Framework for the Implementation of Visual Environments. In: IEEE Symp. on Visual Languages, IEEE Computer Society Press, 1996, pp. 148–155.
- [Sp10] Spatial Corp.: 3D ACIS® Modeler. URL: <http://www.spatial.com/products/3d-acis-modeling> (besucht 20.04.2010).
- [PP98] Pleßow, M.; Pocher, M.: Intelligente Editoren – ein innovatives Konzept für die Erstellung von schematischen Darstellungen. In: Dassow, J.; Kruse, R. (ed.): Informatik zwischen Bild und Sprache. Tagungsband Informatik '98 (Magdeburg, Sept. 21. - 25. 1998), Springer-Verlag Berlin, 1998, pp. 141-150.
- [PEW09] Pleßow, M.; Ebert, R.-E.; Wolf, Ch.: Vom Zustandsgraphen zum SPS-Code. in A&D Kompendium 2009/2010, publish industry Verlag GmbH, München, 2009, pp. 98-100. (in PDF-Form über www.aud24.net Code ADK90078)
- [WEP07] Wrobel, G.; Ebert, R.-E.; Pleßow, M.: Graph-Based Engineering Systems - A Family of Software Applications and their Underlying Framework. in: Proceedings of the Sixth International Workshop on Graph Transformation and Visual Modeling Techniques (GT-VMT 2007), Braga, Portugal, 2007. <http://eceaasst.cs.tu-berlin.de/index.php/eceaasst/article/view/50/55>, Berlin, 2007.

¹ Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.