

RECHNERUNTERSTÜTZTE UMSETZUNG DER BAUKASTENSYSTEMATIK IN DER PRAXIS

Dieter Krause, Norbert Vogel

Zusammenfassung

Ausgehend von bestehenden Baukästen soll die Baukastentechnik noch konsequenter eingesetzt werden. Dazu wurde ein eigenes Konzept entwickelt, aus dem bestehenden Maschinenprogramm ein möglichst komplettes Baukastensystem aufzubauen. In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage, ob die Wissenschaft dafür Methoden zur effizienten Arbeitsweise zur Verfügung stellt oder entwickelt.

Aufgrund des großen zu bewältigenden Mengengerüsts von 30 zu erwartenden Baukästen sind mit einem am Markt befindlichen Softwaresystem Vorgehensweisen zur Rechnerunterstützung erarbeitet worden, die das Arbeiten mit Baukastensystemen effizient ermöglichen soll.

1 Ausgangssituation der Produktkonstruktion

Die Bandanlagen bestehen aus mehreren verketteten Einzelmaschinen. Für die Basismaschinen Haspel, Richtmaschine und Walzenvorschub, existieren für die Hauptfunktionen Baukastenstrukturen. In diesem Kernbereich der Maschinen funktioniert das Baukastenprinzip. Die kundenspezifische Anpaßmöglichkeit ist dabei zu umfangreich. Der Vertrieb verkauft praktisch jede Zusatzanforderung des Kunden, da es keinerlei Einschränkung durch die Technik gibt. Diese Vorgehensweise wird durch den Begriff *Sondermaschinenbau* gerechtfertigt. Die Konsequenz ist, daß die Auffassung von Vertrieb und Technik bezüglich Muß- und Kann-Bausteinen, beziehungsweise Anpaß- und Sonderbausteinen differiert und bei Durchsprache der Aufträge zu langwierigen Diskussionen führt. Erschwerend kommt hinzu, daß sowohl der Vertrieb als auch die Technik vorwiegend über die Produktausführung mit „Ausführung ähnlich wie für Kunde xy geliefert“ diskutieren.

Die Auswirkungen für die Konstruktion sind klar ersichtlich:

Die Konstruktion greift nicht auf auftragsunabhängige Produktlösungen zurück, sondern konstruiert durch Kopieren und Ändern bestehender Auftragslösungen. Dadurch werden sehr viele zeitintensive und kundenspezifische Anpaßlösungen entwickelt. Sie sind als Lösungen für andere Aufträge aufgrund der nicht transparenten Ablage nur schwer wieder auffindbar. Des weiteren sind die Lösungen nicht 1:1 wieder verwendbar, da sie nicht vorausschauend für den kundenunabhängigen Baukasten, sondern nur als Speziallösung für den Kunden entwickelt worden sind. Weiterhin besteht die Gefahr, daß nahezu identische Konstruktionen doppelt durchgeführt werden, was den Gesamt-Konstruktionsaufwand erhöht.

2 Zielsetzung

Ziel für die weitere Umsetzung des Baukastensystems ist es, die positiven Effekte der Baukastensystematik konsequenter auszunutzen, und auf die gesamte Maschine sowie auf alle Maschinen der Anlagen auszudehnen. Bei der Umsetzung soll gleichzeitig eine Bereinerung des Produktprogramms erfolgen.

Die Definition der einzelnen Bausteine einer Maschine soll zwischen Vertrieb und Technik erfolgen. Das gemeinsame Verständnis für die Notwendigkeit eines Bausteins muß gefunden werden. Dies ist für die erfolgreiche Umsetzung wichtig, da ein Baukastenprinzip nur über den Vertrieb verkauft werden kann. Daher ist es wichtig, die Baukastenstruktur transparent und verständlich darzustellen, um die Benutzung zu vereinfachen.

Insbesondere für die mechanische Konstruktion ist es entscheidend, die Archivierung der Baugruppen von Bausteinen auftragsunabhängig und baukastenorientiert zu verwalten. Sie sind dann entscheidend leichter wiederzufinden und in andere Aufträge einsetzbar.

3 Umsetzung

3.1 Bestehendes Produktprogramm

Die vorhandenen unterschiedlichen Anlagen- und Maschinenprogramme unterteilen sich in die C-, S- und A- Baureihe.

- C steht für kompakte Lösung, mittlere Beanspruchung und geringe Varianz der einzelnen Maschinen.
- S steht für universelle Lösung, hohe Beanspruchung und große Varianz mit ausgezeichneter Möglichkeit der Kundenanpassung.
- A steht für Automobil-Lösung, Beanspruchung abgestimmt auf die Anforderungen der Automobilindustrie, geringe Varianz und komplette Anpassung an Betriebsmittelvorschriften.

3.2 Konzept zur Umsetzung

Die bestehende Anlagenstruktur in der mechanischen Konstruktion besteht aus drei Stücklistenebenen: Anlage, Maschine und Baugruppe.

- Die unterste Ebene sind die Baugruppenstücklisten. Sie sind auftragsneutral abgelegt. Sie sind vorwiegend fertigungsorientiert und besitzen keine Information bezüglich Funktion und Leistungsmerkmale und keine auswertbare Kennzeichnung ihrer Zugehörigkeit zu Baukästen.
- Die Maschinenübersichtsblätter als Maschinenstücklisten sind die zentralen Dokumente für Konstruktion, Fertigung und Montage. Sie werden auftragsabhängig abgelegt.
- Anlagenstücklisten werden bisher nur zur besseren Überschaubarkeit des Lieferumfangs genutzt.

Als gemeinsame Basis für Vertrieb und Technik muß eine zusätzliche, vierte Stücklistenebene für *Bausteine* eingeführt werden, die zwischen den Ebenen *Maschine* und *Baugruppe* eingeschoben wird. In ihr werden die einzelnen Baugruppen (Stücklistenpositionen) funktionsorientiert zu Bausteinen zusammengefaßt. Mit Blick auf diese Zielsetzung ergibt sich für die Erstellung der Baukästen der einzelnen Maschinen folgende Grundregel:

Die funktionsorientierten Bausteine eines Baukastens müssen von Vertrieb und Konstruktion gemeinsam definiert werden.

Des weiteren wurden während der Umsetzung eine Reihe von Baukastenregeln herausgearbeitet, die im folgenden exemplarisch vorgestellt werden:

Bei der Vorgehensweise zur Definition der maschinenbezogenen Baukästen wurde festgestellt, daß das Anlagenkonzept, Kurzbauf orm oder Langbauf orm, einen wesentlichen Einfluß auf die Bausteine der einzelnen Maschinen hat. Vom Anlagenkonzept ausgehend gibt es daher für eine Maschine zwei unterschiedliche Baukästen, einen für die Kurzbauf orm und einen für die Langbauf orm. Die Anpassung stellt eine bessere Übersichtlichkeit der möglichen Varianten dar, insbesondere in den Zusatzausstattungen. Weiterhin wird damit ermöglicht, die Maschinen an die spezifischen Randbedingungen der Anlagenkonzepte unabhängig voneinander weiterzuentwickeln, wodurch weitere Effekte, wie bessere Funktionserfüllung, robustere, fehlertolerante Prozesse, künftig gezielter ausgenutzt werden können:

Baukasten für jede Maschine und jeden Anlagentyp erstellen.

Für eine kostengünstige Gestaltung wurde eine weitere wesentliche Baukastenregel definiert:

Grundmodell von Zusatzfunktionen bereinigen.

Bei der Richtmaschine RS gibt es eine Zusatzfunktion *Einfache Demontage der unteren Richtwalzen durch Kassetteneinheit*. Es wurde festgestellt, daß 80% der erforderlichen Konstruktion in der Grundversion der Richtmaschine bereits enthalten ist, und somit das Grundmodell der RS deutlich verteuert. Durch Herauslösen der Zusatzfunktion konnte der Einstiegspreis um ca. 15 % reduziert werden. Als Nachteil wurde eine zusätzliche Grundversionskonstruktion notwendig.

Dieses Beispiel zeigt, daß die bisherige Strategie, universelle Lösungen anzustreben, um möglichst viele Zusatzfunktionen bereits in der Grundversion zu integrieren und dadurch Alleinstellungsmerkmale als Verkaufsargument zu erzielen, heute bedingt durch den starken Preisdruck keine Gültigkeit mehr hat. Der Kunde bezahlt nur das, was er haben möchte und nicht Zusatzfunktionen, die zum größten Teil enthalten aber nicht funktionstüchtig sind.

Eine weitere Regel ergänzt die obere Regel. Bisher wurde versucht, möglichst keine neuen Stücklisten zu erzeugen, um den Konstruktionsaufwand gering zu halten. Dadurch entstanden universelle Baugruppen, die für jegliche Option vorbereitet waren. Dies führte dazu, daß durch zusätzliches Anbringen von Bohrungen, gefrästen oder geschliffenen Anflansflächen der Fertigungsaufwand stark erhöht wurde, die für die meisten Maschinenkonfigurationen nicht benötigt wurden.

Aufwendig zu fertigende Schnittstellen an Bausteingrenzen nur anbringen, wenn erforderlich.

Zur Reduzierung der Baugruppenvielfalt, ist eine weitere Baukastenregel festgelegt worden:

Variantentreiber in der Produktstruktur möglichst auf einer höheren Stücklistenebene und nicht auf der untersten plazieren.

Variantentreiber bei der Richtmaschine sind beispielsweise die Walzen, die zum einen von der Bandbreite abhängig sind und zum anderen je nach Anforderung unterschiedliche Oberflächenbeschichtungen haben können. Befinden sich diese Bauteile auf der untersten Hierarchieebene, so wird eine Vielzahl von Baugruppenvarianten entstehen. Sind dagegen die Walzen als Einzelteile einem eigenen Baustein zugeordnet, so werden durch die Varianz nicht andere Baugruppen beeinflusst. Dies bedeutet, daß die Baugruppe der Lagerung der Walzen sowohl bandbreitenunabhängig als auch unabhängig von der Beschichtung der Walzenoberfläche ist. Dadurch wird eine hohe Redundanz vermieden, die die Pflege der Konstruktionsbaugruppen erschweren würde.

Eine ergänzende Strategie ist es, Bauteile und Baugruppen symmetrisch zu gestalten, so daß sie laufrichtungsunabhängig sind. Auch dies reduziert die Anzahl der Bausteine erheblich:

Laufrichtungsunabhängigkeit durch symmetrische Konstruktion erzielen.

3.3 Darstellung des Baukastensystems

Die Darstellungsform des Baukastens unterteilt sich in folgende Dokumente.

- *Auswahltabelle*
In der Auswahltabelle sind die einzelnen Bausteine mit den möglichen Varianten zeilenweise aufgelistet. Sie sind unter dem Begriff *Ausstattungsmerkmale* zusammengefaßt, wobei zwischen Grundausführung und Option unterschieden wird. In der Waagrechten sind die unterschiedlichen Maschinentypen mit ihrer dazugehörigen Bezeichnung aufgeführt. Da die Bandbreite der wesentliche Auswahlparameter ist, wird in der unter den Bausteinen befindlichen Matrix die möglichen Breitenvarianten abhängig vom Maschinentyp aufgezeigt.

Die Auswahltabelle ist die zwischen Vertrieb und Technik abgestimmte und definierte Beschreibung der Bausteine. Sie stellt das Bindeglied zwischen den im Vertrieb und in der Technik daraus abgeleiteten Dokumenten dar und darf nur gemeinsam verändert werden.
- *Textbausteine*
Der Vertrieb erstellt zu jedem aufgelisteten Baustein einen dazugehörigen Textbaustein, aus denen ein Angebot zusammengestellt werden kann.
- *Maschinenübersichtsblatt*
Das Maschinenübersichtsblatt stellt die Maschinenstückliste als Formular angepaßt an jede Maschine dar. Die Gliederung der Stücklisten orientiert sich an der im Auswahlblatt dargestellten Bausteinstruktur, so daß eine eindeutige Zuordnung der Stücklisten zu den Bausteinen gegeben ist. Dadurch wird auch eine bausteinbezogene Nachkalkulation der Herstellkosten ermöglicht.

Neben den Baugruppen können auch Einzelteile in der Stückliste enthalten sein. Dies ist dann sinnvoll, wenn es sich bei den Einzelteilen um Variantentreiber handelt.

Nicht bausteinbezogene Stücklisten für Anpaß- und Sonderlösungen werden in einem separaten Bereich erfaßt, so daß sehr einfach ersichtlich ist, welche Stücklisten aus dem Baukasten entnommen wurden und welche nicht. Somit dient das Maschinenübersichtsblatt auch als Meßlatte für die Anwendungshäufigkeit von Bausteinen aus dem Baukasten.

Zusätzlich zu den Stücklisten sind im Maschinenübersichtsblatt die dimensionierenden Parameter und die beschreibenden Merkmale aufgelistet, mit denen ein schneller Zugriff bei der Suche nach ähnlichen Konstruktionen ermöglicht wird.

Das Maschinenübersichtsblatt dient neben der technischen Beschreibung der mechanischen Maschine zur Vollständigkeitskontrolle der nachfolgenden Abteilungen, sowie der Auftragsabwicklung zur Terminkontrolle.

- ***Baukastenstücklisten-Verzeichnis***

Das Baukastenstücklisten-Verzeichnis ist gegliedert nach dem Auswahlblatt und erfaßt alle bereits konstruierten, auftragsneutralen Stücklisten, die den entsprechenden Bausteinen zugeordnet sind. Jeder Baustein hat zusätzlich eine Aufteilung in unterschiedliche Baugrößen.

Mit Hilfe der Baukasten-Stücklisten läßt sich sehr schnell der Füllungsgrad des Baukastens feststellen.

3.4 Offene Fragen und weitere Vorgehensweise

Bei der bisherigen Vorgehensweise zur Erstellung der Baukästen ergeben sich aufgrund der gewonnenen Erfahrung folgende offene Fragen:

- Haben wir die richtige Vorgehensweise für die Definition von Bausteinen für die unterschiedlichen Baukästen? Gibt es Methoden, die den Prozeß beschleunigen können?
- Gibt es Methoden zur Unterstützung des Aufbaus eines Baukastensystems aus einem existierenden Produktspektrum?
- Gibt es andere Möglichkeiten zur Darstellung von Baukästen?
- Wo liegt die richtige Stufe der Bausteindefinition zwischen Einzelteil und Maschine? Gibt es dazu weitere Baukasten-Regeln oder Methoden?

Eine wesentliche Fragestellung ergibt sich insbesondere durch die Vielzahl der vorhandenen unterschiedlichen Maschinen. Eine Bandanlage kann aus 3 bis maximal 9 unterschiedlichen Maschinen bestehen, wobei die Kernmaschinen Haspel, Richtmaschine, Schlaufe und Walzenvorschub, in den unterschiedlichen Baureihen C, S und A und in den unterschiedlichen Anlagenkonzepten existieren. Dadurch ergeben sich alleine für diese vier Maschinen insgesamt 16 unterschiedliche Baukästen. Betrachtet man die Maschinen als mechatronisches System, wurde bisher nur die Mechanik aber nicht die Elektrik und die Software berücksichtigt. Dies bedeutet, daß die mechanische Strukturierung anhand der Baukastensystematik nur 40% der Selbstkosten beeinflussen kann. Weiterhin kann im Anlagenbau der Baukasten nicht 100% der möglichen Varianz abdecken. Wir gehen von einer Abdeckung von 50 bis 80% aus dem Baukasten aus. Somit ergibt sich eine Beeinflussung der jetzigen Baukastensystematik von maximal 20 bis 35% der Selbstkosten!

- Wie kann man geschickt die fehlenden Bereiche der Elektrik und Software in die Baukastensystematik integrieren, so daß sie von allen beteiligten Fachdisziplinen verstanden und akzeptiert wird?
- Rechtfertigt daher der Nutzen der Baukastensystematik den hohen Aufwand zur Erstellung und Pflege der Baukästen?

Eine wesentliche Maßnahme, um den Aufwand zur Pflege der Baukästen gering zu halten, ist der massive Einsatz der Rechnerunterstützung.

4 Konzept zur rechnerunterstützten Nutzung und Verwaltung der Baukästen

4.1 Allgemein

Die Umstellung des Baukastens und damit das Stücklistenwesen in der Konstruktion von einer papierformularunterstützten auf eine rechnerunterstützten Arbeitsweise ist vergleichbar mit dem Umstieg vom Reißbrett auf ein CAD-System.

Nach Erstellung eines Baukastens unterscheiden sich die damit entstandenen Baukasten-Stücklisten von allen anderen nur durch die Kennzeichnung, die ihre Zugehörigkeit zu einem Baukasten ausweist und ihren Platz innerhalb der Produktstruktur festlegt.

Ausgangsbasis ist, wie bereits geschildert, ein 3-stufiges Stücklistenwesen. Mit Umsetzung der neuen Baukästen wird das Stücklistenwesen 4-stufig. Die neu eingeführten Bausteinstücklisten bilden die Basis für Vertrieb und Konstruktion. Sie werden deshalb mit vertriebsrelevanten Daten, wie beschreibender Text, Tabellen oder Grafiken, ausgestattet. Darüber hinaus ist daran gedacht, sie mit Informationen, bezüglich Elektrik und Software zu erweitern, um auch für diese Bereiche den Nutzen der Baukästen zu steigern.

4.2 EDV-Ansatz

Zur Verwaltung der Stücklisten wird die gesamte Produktpalette mit Sachmerkmaleisten in Produktklassen gegliedert. Für alle Stücklisten werden, ergänzend zum Teilestamm, klassenspezifische Merkmale definiert und eine entsprechende Stücklistenmaske angelegt. Um das Baukastensystem darstellen zu können, sind drei Stücklistenarten erforderlich:

- *Herkömmliche Stückliste* – auftragsneutral abgelegte Baugruppenstückliste

Alle Baugruppenstücklisten befinden sich in der untersten Stücklistenebene. Sie werden bereits heute rechnergestützt verwaltet und können mit Hilfe des CAD-Systems erzeugt werden.

- *Masterstückliste* – Struktur des Maschinenübersichtsblattes und Regeln

Die Masterstückliste definiert die Struktur des jeweiligen Produktes und bildet zusammen mit Regeln den Baukasten. Für jede definierte Stücklistenposition, daß heißt für jeden definierten Baustein legen die Regeln die zulässigen Baugruppenstücklisten fest.

- *Abgeleitete Stückliste* – „Formular“

Als Ableitung von der Masterstückliste dient sie als Formular zum Konkretisieren eines Maschinenübersichtsblattes.

Sie ersetzen die heutigen drei Papiervorlagen: Auswahltablelle, Übersichtsblatt und Baukastenstücklistenverzeichnis. Diese redundante Datenhaltung wird damit vermieden. Die Pflege der Baukästen erfolgt zentral.

Zum Definieren eines Baukastens wird zuerst eine neue Masterstückliste angelegt. Für die Bausteine werden die notwendigen Platzhalter, wie herkömmliche Stücklistenpositionen eingefügt. Mit dem Regeleditor wird abhängig von den Auswahlparametern festgelegt, welche herkömmliche Stückliste für den Baustein erlaubt ist.

4.3 Arbeitsweise mit dem Baukasten im Vertrieb

Im ersten Schritt müssen ein Anlagenkonzept und die anlagenspezifischen Parameter, wie Bandbreite, Banddicke, Coilgewicht, festgelegt und in die Anlagenstückliste eingegeben werden. Danach werden die gewünschten Maschinen-Baukästen ausgewählt. Von jedem Baukasten wird eine abgeleitete Stückliste im System erstellt und die einzelnen Bausteine werden vom Benutzer ausgewählt. Sind alle Mussfelder einer abgeleiteten Stückliste ausgefüllt, kann aus den Textmoduln der Bausteine ein Angebotstext generiert und eine Rohstückliste für die Konstruktion erzeugt werden.

4.4 Arbeitsweise mit dem Baukasten in der mechanischen Konstruktion

Die vom Vertriebsmitarbeiter im Rahmen seiner Angebotserstellung generierte Rohform der Maschinenstückliste dient als Grundlage für den Konstrukteur.

Ist die gewünschte, im Baukasten zulässige Stückliste noch nicht vorhanden, muß sie erst konstruiert und vom Produktverantwortlichen für den Baukasten freigegeben werden. Sind alle Mußfelder einer abgeleiteten Stückliste ausgefüllt, kann aus diesen Daten eine Maschinenstückliste generiert und freigegeben werden.

Maschinenstücklisten, in denen noch Platzhalter (zulässiger aber noch nicht konstruierter Baustein) vorhanden sind, können auch als Vorabstückliste für die Fertigung freigegeben werden. Nur die jeweils neu eingetragenen Bausteine werden an die Fertigung weitergegeben.

Die Zuordnung von neuen Bausteinen zu einem Baukasten erfolgt ausschließlich durch den Produktverantwortlichen. Stücklistenstrukturen, die mit Hilfe einer abgeleiteten Stückliste erzeugt wurden, können manuell weder bearbeitet noch kopiert werden.

4.5 Erweiterungsmöglichkeiten zur Steigerung des Nutzens

Die Grundregel, funktionsorientierte Bausteine eines Baukastens sind die gemeinsame Basis für Vertrieb und mechanische Konstruktion, muß konsequenter Weise auf elektrische Konstruktion und Softwareerstellung ausgedehnt werden. Der objektorientierte Ansatz dieser Lösung unterstützt die Erweiterung und führt zu einem *mechatronischen Baukasten*.

Verknüpfungen mit allen Dokumentarten, wie Elektroschaltpläne, Steuerungssoftware oder Berechnungsergebnisse sind möglich.

Neben dieser Erweiterung des Systems in Richtung eines mechatronischen Ansatzes kann auch über den Einbau von CRM-Funktionen nachgedacht werden. In Firmen, wie unserer, ist der Vertrieb üblicherweise stark techniklastig. In diesem Fall liegt der praktische Ansatz von PDM- und CRM-Systemen sehr nahe bei einander. Werden die Bausteine um vertriebsrelevante Daten erweitert, bilden sie eine ideale, gemeinsame Grundlage für Vertrieb und Entwicklung. Somit ist sichergestellt, daß der Vertrieb immer auf aktuelle Daten bei der Erstellung von Angeboten aus dem Baukastensystem zurückgreifen kann.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Pahl/Beitz: Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung, Berlin 1997.
- [2] Handbuch der Umformtechnik – Schuler GmbH, Berlin 1996.
- [3] Richtmaschine RS für Kurzbauforn, Prospekt der Schuler Automation, Erlangen 2000.
- [4] Richtmaschine RC für Langbauforn, Prospekt der Schuler Automation, Erlangen 2000.

Dr. Dieter Krause, Norbert Vogel
Schuler Automation GmbH & Co. KG
Louis-Schuler-Str. 1
D-91093 Hessdorf
Tel: +49-(0)9135-715-328
Fax: +49-(0)9135-715-103
Internet: www.schuler-automation.de