

## Gewünschte Statements zum Inhalt des Beitrages

Produktentwicklung ist eine multidisziplinäre Aufgabe mit kundenspezifischen Lösungen in kurzer Zeit unter hohem Kostendruck • Die automatische Konstruktion (KBE) ist in vielen technischen Bereichen ein probates Hilfsmittel • Ein differenzierter Einsatz des KBE adressiert die Herausforderungen der Produktentwicklung • Mit der Differenzierung KBx und der Software xKBE-app steht eine Methoden und ein Werkzeug zum Einsatz in der Technischen Logistik zur Verfügung

## Autoreninformation

*Ass.Prof. DI Dr.techn. Christian Landschützer, Jahrgang 1973, arbeitet seit 13 Jahren am Institut für Technische Logistik in der gegenwärtigen Rolle als Leiter der Abteilung Entwicklung. Nach dem Studium Montanmaschinenwesen an der Montanuniversität promovierte er an der TU Graz und erarbeitet gegenwärtig seine Habilitation zum Thema „Engineering in der Technischen Logistik“.*

*Erfahrungen konnte er in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungs- und Industrieprojekten sammeln. Gegenstand seiner aktuellen Forschung ist der Einsatz von wissenschaftsgestützten Techniken in der Konstruktion logistischer Gewerke und deren Simulation mit Methoden des CAE.*



*Professor Dr.-Ing. Dirk Jodin leitet seit 2009 das Institut für Technische Logistik an der TU Graz in Österreich und seit 2013 interimistisch das Institut für Maschinenelemente und Entwicklungsmethodik. Nach dem Studium des Maschinenbaus, Promotion und Berufstätigkeit in der Wirtschaft war er bis 2009 Oberingenieur am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen an der Universität Dortmund und Berater am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik.*

*Professor Jodin ist VDI-Mitglied im FA 309, Vorstandsmitglied des Vereins Netzwerk Logistik für die Region Österreich-Süd, Mitglied beim BVL Deutschland und Gründungsmitglied der ÖWGP, der Österreichischen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik.*



### Autorenanschriften:

Ass.Prof. DI Dr.techn. Christian Landschützer  
Univ.-Prof. Dr.-Ing.habil. Dirk Jodin

Institut für Technische Logistik der Technischen Universität Graz  
[www.itl.tugraz.at](http://www.itl.tugraz.at)

Inffeldgasse 25e, 8010 GRAZ, ÖSTERREICH  
+43 316 873 7325 (Landschützer)  
+43 316 873 107325 (Fax Landschützer)  
[landschuetzer@tugraz.at](mailto:landschuetzer@tugraz.at)  
[dirk.jodin@tugraz.at](mailto:dirk.jodin@tugraz.at)

# Wissensgestützte Methoden und Werkzeuge zur (automatischen) Geräteentwicklung und –konstruktion in der Technischen Logistik

Ass.Prof. DI Dr.techn. Christian Landschützer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin

Institut für Technische Logistik der Technische Universität Graz, Österreich.

## 1 Einleitung

Die Logistik wird sicherlich nicht primär mit der technische Konstruktion oder gar mit den Entwicklungsmethoden des Maschinenbaus verbunden. Dennoch lohnt sich ein Blick auf den Stand der Technik in anderen Branchen, wie der Automobil- oder Flugzeugbranche. Die Maschinen und Anlagen der Technischen Logistik werden zunehmend komplexer, die technischen Anforderungen im Bereich Verfügbarkeit, Anpassungsfähigkeit und Effizienz steigen, wohingegen die zur Verfügung stehenden Entwicklungszeiten und –budgets sinken.

Hieraus entstand die Idee, Methoden der wissensbasierten Entwicklung, die in den oben genannten Branchen sehr weit entwickelt sind, auf die Entwicklung und Konstruktion in der Logistikbranche zu übertragen und gleichzeitig zu erweitern auf wissensbasiertes Geräte- oder Systemdesign und eine wissensbasierte Layoutplanung.

## 2 Entwicklung und automatische Konstruktion: ein Überblick

Wenn man versucht Trendsetter für neue Entwicklungen und Strömungen im Engineering auszumachen, stößt man unweigerlich auf die heutzutage hochgradig innovativen und unter enormem, vielfältigem Druck stehenden Branchen „Automotive“ und „Aerospace“. Gerade die Anforderungen nach immer sichereren Produkten, größerer Diversität im Produktspektrum und kürzeren Produktlebensdauern haben in diesen Bereichen umfangreiche moderne Methodiken hervorgebracht, die den Entwicklungsprozess stark virtualisieren und durch simultane engineering stark verkürzen [1], [2], [3]. Basis dafür bildet die flächendeckende Verbreitung von CAE und CAD im Entwicklungsprozess, wobei letzteres schon lange nicht mehr als Ersatz des Zeichenbrettes dient, sondern durch gezielten Einsatz von Konstruktionsvorschriften und –richtlinien firmenintern und auch übergreifend soweit methodisch eingesetzt wird, dass Varianten- und Anpassungskonstruktionen mit erheblich reduziertem Aufwand gegenüber einer Neukonstruktion möglich sind.

Ziel einer Forschungslinie am ITL ist es, diese modernen Engineering-Konzepte auf die Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit in der Technischen Logistik zu transferieren und mit Methoden-Konzepten sowie exemplarischen Umsetzungen Bewusstsein für diese Ansätze in der Branche zu schaffen. Bild 1 zeigt schlaglichtartig einige Abweichungen, die in den Bereichen des Wissensmanagements, der Entwurfs- und Konstruktionsmethodik und des CAE ausgemacht werden konnten. Die Auswahl erhebt keinesfalls den Anspruch auf Vollständigkeit sondern spiegelt die langjährigen Projekt-Erfahrungen des Institutes wieder. Die grau hinterlegten Zellen sind für die automatische Konstruktion relevant und hier näher ausgeführt, der Rest soll einen Überblick über das Tätigkeitsfeld des Institutes allgemein geben.

| Engineeringmethoden und -werkzeuge |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                                    | Auswahl von Abweichungen                                    |   |   | Themenkreise und Ansätze der Arbeiten<br>"Entwicklung" in der Technischen Logistik am ITL |   |   |
|                                    | Trendsetter engineering<br>(z.B. automotive)                | Technische Logistik                           |   | Themenkreis   | Ansätze methodisch  | Ansätze exemplarisch  |
| Wissen                             | PDM, Wikis, Expertennetze                                   | projektzentrierte Wissensspeicherung          | ➔ | Wissensmanagement   | Software zur ontologischen Abhängigkeitsentwicklung u. Wissensdokumentation: xKBE-app                           | Demonstrationsplattform (web-based) der xKBE-app zur Verbreitung u. Beispiel Rollenförderer (s. Abschn. 4.3.) |
|                                    | vernetzte Spezialisten unterschiedlicher Domänen            | kleine Entwicklungsabteilungen - Allrounder   |   |   |   |   |
|                                    | definiertes Angebot/Preise                                  | spezifische Angebote                          |   |   |   |   |
| Konstruktion                       | definiertes Produktspektrum                                 | spezifische Kundenlösungen                    | ➔ | Entwurfs- und Konstruktionsmethodik   | Funktionsanalyse u. -synthese   | autom. Konstruktion für logistische Gewerke: RBG, Hochregallager, Seiltrommel, Sorter; Lit.: [8], [13], [21]  |
|                                    | high-end 3D-CAD und CAD-Methodik                            | auch noch 2D-CAD                              |   |   | CAD-Methodik-Entwicklung und Lehre  |   |
|                                    | kurze Produktlebensdauern                                   | lange Produktlebensdauern                     |   |   | Variantenanalyse (s. Abschn. 4.2)   | Wirkprinzipdatenbank (best practice)  |
|                                    | Konfiguration und Modularisierung                           | Variantenerzeugung aus Projektdaptierungen    |   |   | Kennzahlen- und Bewertungssysteme   | Variantenanalyse-Software; Lit.: [11]   |
|                                    | evolutionäre Entwicklung (Wissensspeicherung)               | projektspez. Entwicklung (Wissensspeicherung) |   |   | Projektion der logistischen Anforderungen auf technische Funktionen durch Methodik (z.B. VDI 2221ff.; Lit. [5]) |   |
|                                    | Funktionstrennung Vertrieb/Entwicklung                      | Produktmanager „konstruieren“ mit Kunden      |   |   |   |   |
| Berechnung                         | CAE u. virtuelle Entwicklung (systemat.)                    | Entwicklung über Prüfstandsversuche           | ➔ | CAE/berechnen   | Modellbildung CAE (MKS und FEM) für logistische Grundfunktionen   | Modelldatenbank CAE logistischer Grundfunktionen und Gewerke  |
|                                    | standardisiertes, spezifisches Nachweiswesen u. -regelwerke | wenige Nachweisregelwerke                     |   |   | Einsatz Nachweisregelwerke u. CAE   | Geräteoptimierung durch CAE (Sorter-Ein/Ausschleusen; Lit.: [22])   |
|                                    | systematisches Detailwissen Komponente u. System            | empirisches Detailwissen Materialflusstechnik |   |   | Vertiefung der Berechnungsgrundlagen (Normen) durch CAE (Sensitivitätsanalyse)                                  |   |
|                                    |   |   |   |   |   |   |

Bild 1: Bereiche im Engineering

Die automatische Konstruktion (in der Literatur als Knowledge-based engineering KBE zu finden [14]) umfasst eine Vielzahl von Wissensgebieten der Entwicklung und vereint Wissensmanagement, Berechnung und Konstruktion. Die wechselvolle Geschichte des KBE kann in [4] nachgelesen werden. Das KBE driftet wissenschaftlich u.a. durch Projekte wie MOKA [15], [16] zur Informatik und so ist es den Autoren dieses Beitrages ein Anliegen, den Konnex zum Maschinenbau und der Technischen Logistik aufrecht zu erhalten bzw. herzustellen.

### 3 Differenzierung der automatischen Konstruktion für die Technische Logistik: KBx

Die Vorteile des KBE lassen sich gegenüber dem Hauptnachteil des hohen Erstellungs- und Verwaltungsaufwandes wie folgt zusammenfassen (auch in [14]):

- raschere Durchlaufzeit der Konstruktion,
- größere Variantenvielfalt – effizientere Variantenkonstruktion,
- Vermeidung von fehleranfälliger Routinearbeit,
- automatische Dokumentation der Konstruktion und des Wissens dahinter.

Es bleibt die Fragestellung, ob mit KBE den Herausforderungen des Marktes adäquat begegnet werden kann, und ob dieses ein probates Mittel für die Technische Logistik ist?

Der Grundtenor der Literatur und der dokumentierten Einsätze von KBE [4], [14], [17] in den o.a. Trendsetter-Branchen geht dahin, den Einsatz von KBE auf abgegrenzte Entwicklungsaufgaben zu beschränken und besonders variantenreiche Konstruktionen dem KBE zu unterziehen; vollautomatisch erstellte Gesamtprodukte sind nur in einigen wenigen Fällen sinnvoll (s. dazu auch die Differenzierung zwischen „augmented-CAD“ und „full-KBE“ in [13], [23]).

Für die Technische Logistik muss und kann das nun bedeuten, eine Differenzierung der Intensität der Konstruktionsautomatisierung entsprechend den Kriterien nach Bild 2 vorzunehmen (detaillierte Beschreibung mit Beispielen in [7]). Die Automatisierung der Konstruktion, die in allen heutigen CAD-Systemen umsetzbar ist, wird dabei abgestuft angewandt als KBx mit dem x repräsentierend die Disziplinen E: Engineering als klassische Konstruktion, SD: System Design und L: Layouting:

- **KBE**: klassische automatische Konstruktionslösung (Variantenkonstruktion von Teilen und Baugruppen)
- **KBSD**: Bauraumdefinition, Schnittstelle zur Berechnung und Simulation (CAE) zur Funktionsspezifikation mit reduzierter Geometrie (Maschinenanpassungen, Geometriedaten-Übergabe, Geometrierohdaten für CAE von Maschinen)
- **KBL**: Layouten mit 3D-Geometriemodulen, konfektionieren von Systemen. (Bereitstellung von konstruktiven Informationen – z. B. Stücklisten – auf Maschinen- und Systemebene)

| Domäne KBx  | KBE (traditionell lt. Lit.)  | KBSD  | KBL  |
|---|--|---|--|
|   | <u>Knowledge Based Engineering</u>   | <u>Knowledge Based System Design</u>  | <u>Knowledge Based Layouting</u>   |
|   | Komponenten, Maschinen   | Maschinen, Anlagen  | Anlagen  |
| Funktion  | vollautomatische (Detail)Konstruktion von Teilen und Baugruppen  | automatische master- und layout-Konstruktion von Baugruppen und Maschinen, Funktionsspezifikation von Maschinen | layouten von Anlagen mit hinterlegter 3D-Datenbasis  |
| Verwendung für  | - Anpassungskonstruktion<br>- Produktkonfiguration<br>- Produktfamilienerstellung  | - Antriebsdimensionierung<br>- Schnittstellendefinition<br>- CAE Modelle (Dynamik, Struktur)                    | - Bauraumdefinitionen<br>- Kostenabschätzung (Angebotsphase)<br>- Stücklisten  |
| CAD domain  | Detailgeometrie  | reduzierte Geometrie (für CAE)  | gesteuerte 3D-Module   |
| Daten, Informationen und Wissensquellen                         | - Normen, best practice<br>- Fertigungsinformationen<br>- Herstellerinformationen<br><br><b>Maschinenbau-Grundlagen</b>  | - Normen, best practice<br>- Maschinendaten<br><br><b>Maschinenbau- u. Mechanikgrundlagen</b>                   | - Normen, best practice<br>- Produktinformationen<br>- Berechnungsvorschriften<br>- Kundeninformationen (CRM)<br><br><b>Logistikgrundlagen</b> |
| Nutzen  | Fehlervermeidung, Bearbeitungszeitverkürzung, Wissenswiederverwendung, autom. Dokumentation, Variantenvielfalt, universale Produktmodelle, Kostenkontrolle in frühem Entwicklungsstadium |   |  |
| <b>Unterstützung des KBx mit der xKBE-app unter Verwendung:</b> |  |   |  |
| Technologien  | Ontologien, DSM, semantische Netze, Wikis, Tag Clouds.   |   |  |
|   | CAD-Schnittstellen (VB-API), Visual Basic GUI, MySQL-Datenbank   |   |  |
|   | Datenbanken: Material, Technologie, Hersteller/Lieferanten, CAx, Kunden.   |   |  |
| Wissensklassen  | Design/Akzeptanz/Gestaltung, Produktion, Kosten/Erlöse, Konstruktion/Berechnung.   |   |  |
| Beispiel-Umsetzung  | Produktontologien Bild 4 u. 6, CAD-Steuerung aus xKBE-app (exemplarisch), Normen-Tagging.  |   |  |

**Bild 2:** Disziplinen der automatischen Konstruktion: KBx-Definition

Als entscheidend für die Entwicklung von Lösungen in allen Bereichen des KBx hat sich die Wahrung der Übersicht über alle die KBx-Lösung betreffenden internen und externen Abhängigkeiten und Regeln herausgestellt, die in den seltensten Fällen ohne Zuhilfenahme von Hilfsmitteln möglich ist. Die Verwendung von Daten- und Informationsmodellen zur Visualisierung bringt eine dokumentierte Übersicht, gewährt aber weder eine umfangreiche kreative Beziehungsentwicklung auf verschiedenen Ebenen bzw. Klassen (Geometrie, Produktion, Lieferant,...) noch die nötige Schnittstelle zum CAD. Daraus wurde am ITL die Idee der xKBE-app entwickelt, die als Ontologieeditor diverser Wissensklassen mit einer bidirektionalen Schnittstelle von/zu CAD in der Lage ist, die Entwicklung automatischer Konstruktionen des KBx zu unterstützen. Die dahinter liegenden Technologien sowie die gegenwärtigen Einsatzbeispiele sind Bild 2 zu entnehmen, Details zum Funktionsumfang finden sich in Abschnitt 4.3.

## 4 Methoden für die (automatische) Konstruktion

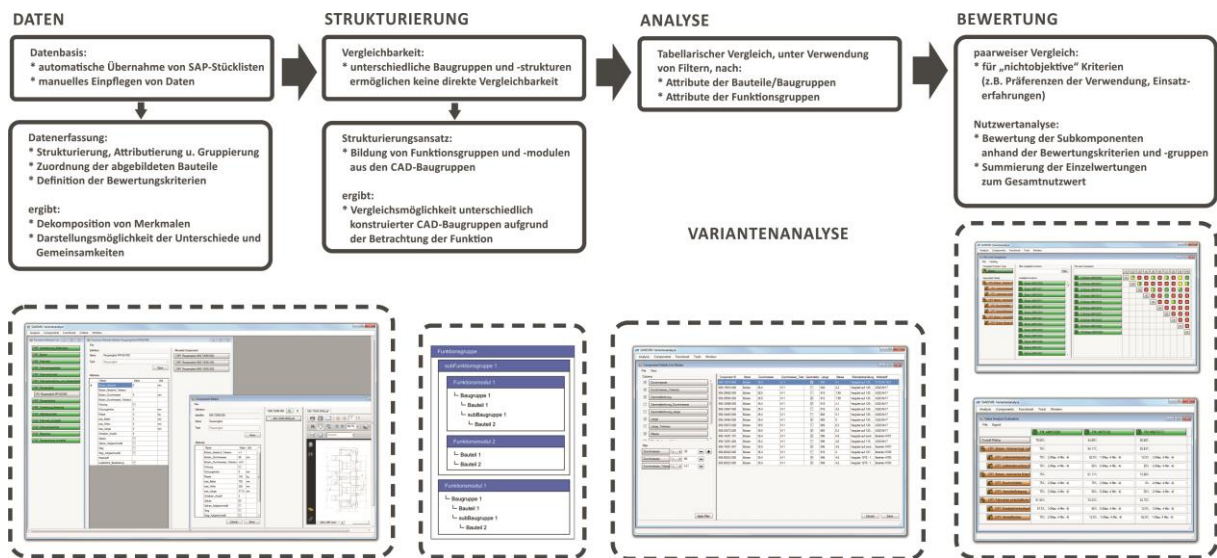
Die dargelegten Methoden der Variantenanalyse und der Beziehungsentwicklung stellen wieder einen Auszug der am ITL eingesetzten Engineering-Methoden dar. Auf die Gesamtheit der Ansätze in den Themenkreisen Wissensmanagement, Entwurfs- und Konstruktionsmethodik und CAE sei nochmals auf Bild 1 verwiesen!

### 4.1 Übersicht durch Variantenanalyse

Wenn die CAD-Konstruktion nicht durch (Firmen-)Standards und Richtlinien geregelt ist, kommt es zum Phänomen „Gleichteile“. Dann ist dasselbe Bauteil (der Geometrie nach) mehrfach vorhanden und scheint in unterschiedlichen Baugruppen unter anderer Positions/Teilenummer auf, obwohl es geometrisch ident ist. Die Gründe dafür sind mannigfaltig und auch darin bedingt, dass es unaufwendiger sein kann, geometrisch einfache Bauteile neu anzulegen und zu konstruieren, als selbiges im Teilverwaltungssystem (außerhalb des oder verbunden mit dem CAD) zu identifizieren und wiederzuverwenden. Die o.a. Trendsetter begegnen dieser Problematik mit Product Lifecycle Management Systemen (PLM), die sich aus dem Product Data Management (PDM) und deren Vorgängern wie CAD-integrierten Teilverwaltungsprogrammen entwickelt haben und Informationen und Relationen unterschiedlichster Art verwalten und mit Rollenkonzepten für die Benutzer ausgestattet sind.

Stellen sich nun Aufgaben der Neuorganisation von Produktstrukturen oder solche der Modularisierung und Variantenentwicklung, ist die teilweise unüberblickbare Flut an gleichen und ähnlichen Teilen oder gar Baugruppen

ein Hindernis. Auch die Koppelung zu KBx-Lösungen ist nur mit eindeutig vorhandenen Bauteilen möglich. Neben PDM und PLM werden ebenso Teile- und Enterprise-Resource-Planning(ERP)-Systeme mit dem CAD verbunden zur Teileverwaltung eingesetzt. Damit stehen wesentliche Informationen (im Gegensatz zu herkömmlichen Teilenummern) als Attribute für klärende Analysen zur Verfügung.



**Bild 3:** Methodik der Variantenanalyse

In einem gemeinsamen Entwicklungsprojekt der Firma Sandvik Mining and Construction GmbH, Zeltweg mit dem ITL konnte für die beschriebene Thematik das Tool „Variantenanalyse“ entwickelt werden (Bild 3).

Ein vierstufiges Vorgehen mit

1. Datenerfassung und –aufbereitung,
2. Strukturierung und ggf. Umstrukturierung in Funktionsgruppen,
3. Vergleich bzw. Analyse und Suche mit mehrdimensionalen Filtern,
4. Bewertung mit paarweisem Vergleich (für Kriterien wie Einsatzerfahrung, Lieferantenzufriedenheit, ...) und Nutzwertanalyse [3],

ermöglicht softwaregestützt eine objektive Bewertung oder das Auffinden ähnlicher Teile. Das Tool „Variantenanalyse“ ist bei Sandvik Mining and Construction GmbH seit Jänner 2013 im Einsatz und wurde auf weitere Produktuntergruppen angepasst. Im Rahmen der Entwicklung der xKBE-app am ITL ist vorgesehen, die Methodik der Attributerfassung (aus SAP) sowie einzelne Submodule der Software in die xKBE-app zu integrieren (s. Abschnitt 4.3).

## 4.2 Entwicklung und Darstellung von Beziehungen zwischen (Konstruktions-)Objekten

Das Grundwesen der automatischen Konstruktion ist die Beherrschung steuernder Beziehungen, also der Relationen zwischen den Objekten. Diese sind üblicherweise in CAD-Untermasken verborgen und nicht zentral zugänglich. Die Übersicht über alle Abhängigkeiten aller Klassen ist essenziell und benötigt ein Unterstützungswerkzeug. Im Rahmen der Entwicklung der xKBE-app konnten grundlegend zwei Methoden als zielführend identifiziert werden, die im Ingenieurwesen, zumindest spärlich, verbreitet sind und die gestellten Anforderungen erfüllen.

Die **Design Structure Matrix (DSM)** zeigt Abhängigkeiten in Matrixform und kann ganz unterschiedlich verwendet werden (Erfassung, Modellierung, Analyse und Synthese (in gewissen Grenzen) der Vernetzung von Elementen in hochvernetzten Systemen). Sie wird vorrangig in der Systemanalyse von z.B. Produktarchitekturen eingesetzt und zeigt Vernetzungen binär. Es handelt sich – in der einfachsten Form der DSM (weitere Ausbaustufen sind die DMM und die MDM [3], [6]) – um eine quadratische Matrix der Leserichtung „Zeile hat Einfluss auf Spalte“ (europäisch). Im Kontext des KBx kann die DSM für Parameterinstanzen von Teilen und Baugruppen (v.a. Geometriegrößen) herangezogen werden, um die gegenseitigen, steuernden Abhängigkeiten darzustellen und bei deren Entwicklung und Analyse dienlich zu sein. Die Parameter-Based DSM wird in der Literatur durch sog. Sequencing umgeformt, das eine Neuordnung unter Vermeidung von Rückführungen darstellt. Für den Einsatz im KBx ist das Ziel das Aufzeigen von (Nicht)Abhängigkeiten von Konstruktionsparametern, wozu

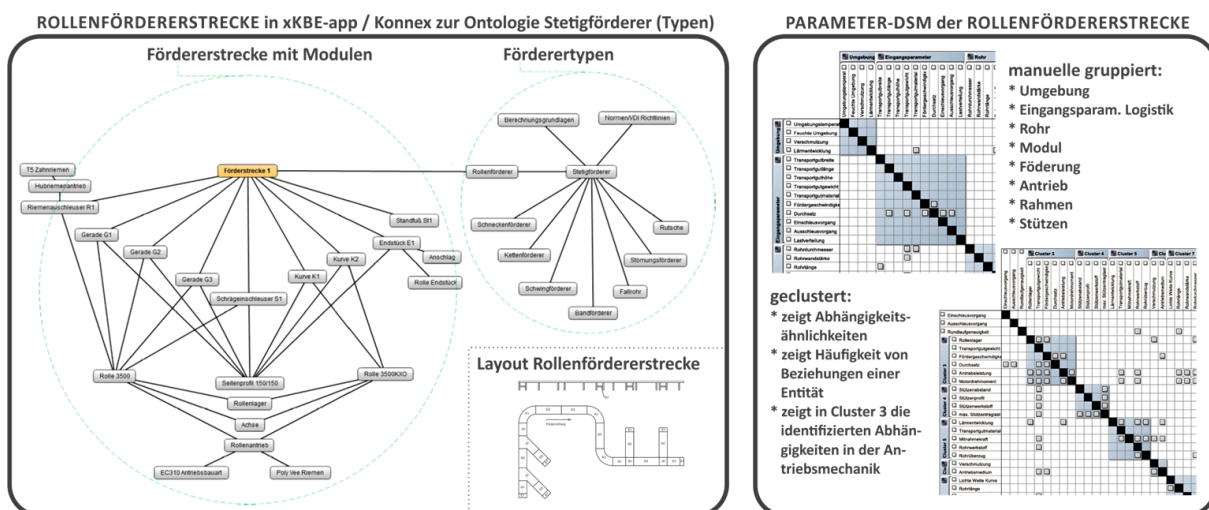
das Clustering optimal geeignet ist [19]. Dabei werden Module (Cluster) innerer Abhängigkeit gebildet, die zum Rest minimal abhängig sind.

Bild 4 zeigt die DSM von Parametern einer Rollenfördererstrecke erstellt mit der Software CAM [24]. Die Beziehungsdarstellung mittels DSM ist für das KBx ein übersichtliches Werkzeug, doch ist es nicht ohne weiteres möglich, darin weitere Klassen und mathematische Beziehungen der Abhängigkeiten abzubilden. Als Visualisierungsmittel wird die DSM aber in der Endausbauversion der xKBE-app vertreten sein.

Mit **Ontologien** wird die Suche von Abhängigkeiten und Pfaden auch in kommerziellen Produkten des Komplexitätsmanagements gelöst (z. B. mit [18]). Die Quelle [20] beschreibt deren allgemeine Funktion wie folgt: „Ontologien bilden die Basis für die funktionierende Kommunikation zwischen Personen, Prozessen, Anwendungen und Systemen. Ontologien bestehen meist aus einem definierten Basisvokabular, Definitionen und Entitäten, die auf diesem Basisvokabular aufbauen sowie einer Beschreibung der untereinander bestehenden Beziehungen. Dank einer klar definierten Ontologie entsteht ein einheitliches Verständnis über Begriffe und Beziehungen in komplexen Informationsstrukturen wie Datenbanken, CRM-Systemen, etc. Ontologien weisen wesentliche Vorteile auf:

- Gemeinsames Verständnis über die Informationsstruktur teilen.
- Daten kann eine klare Bedeutung zugeordnet werden.
- Interoperabilität in ungleichen Systemlandschaften und Maschinenlesbarkeit.
- Wiederbenutzbarkeit.
- Visuelle Darstellung von Fakten und Tatsachen.“

Aus den oben bereits mehrfach genannten Gründen ist die Ontologie, wenn man sie auf mehreren Ebenen für die verschiedenen Klassen des Wissens entwickelt und ihre Beziehungsäste auch „mathematisiert“, das geeignete Mittel zur Darstellung der Abhängigkeiten in einem technischen System. Bild 4 zeigt im linken Teil eine visualisierte Ontologie einer einfachen Rollenfördererstrecke aus geometrischer Sicht und den Konnex zur Gruppe der Förderertypen als Screenshot aus der xKBE-app.

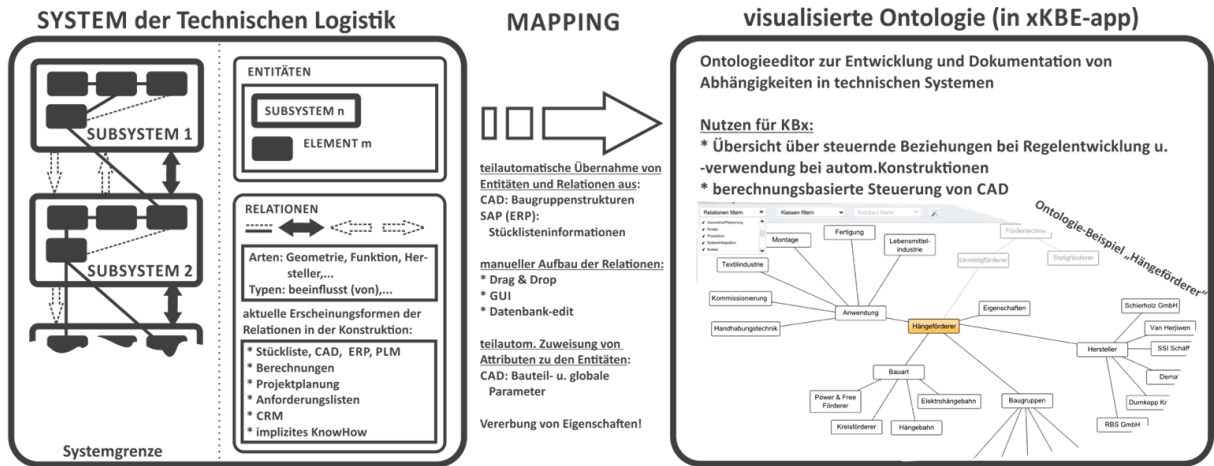


**Bild 4:** Rollenfördererstrecke in visualisierter Ontologie (xKBE-app) und deren Parameter in einer DSM [9]

### 4.3 Die xKBE-app als Unterstützungs- und Dokumentationswerkzeug für die automatische Konstruktion

Wenn man die Technik der Logistik zu deren Auftragserfüllung als ein technisches System betrachtet, kommt man zu den Begrifflichkeiten nach Bild 5. So lassen sich die Anlagen der Technischen Logistik als System, Subsystem und Element (Entitäten) mit Relationen unterschiedlicher Art beschreiben. Gegenwärtig begegnet diese Beschreibung in CAD, ERP, PLM, ... wobei auch die Darstellung in einer Ontologie möglich ist. Genau dies ist die Funktion der xKBE-app (Funktionsdetails in Bild 5).

Der **Nutzen für das KBx** der xKBE-app besteht darin, dass mit Drag & Drop Relationen unterschiedlicher Art zwischen Entitäten einfach herzustellen, bzw. vorhandene (z. B. aus CAD-Baugruppenstrukturen) automatisch übernehmbar sind. Wenn nun diese Relationen mit den nötigen Regeln mathematisch formalisiert, (z. B. Innendurchmesser Lager ist gleich Außendurchmesser Welle plus/minus Toleranz) können die das KBx bestimmenden Regeln übersichtlich erstellt und automatisch dokumentiert werden. Abhängigkeitspfade sind daraus (für das Änderungsmanagement) genauso ableitbar, wie Parametersätze (für den Variantenvergleich) exportierbar sind.

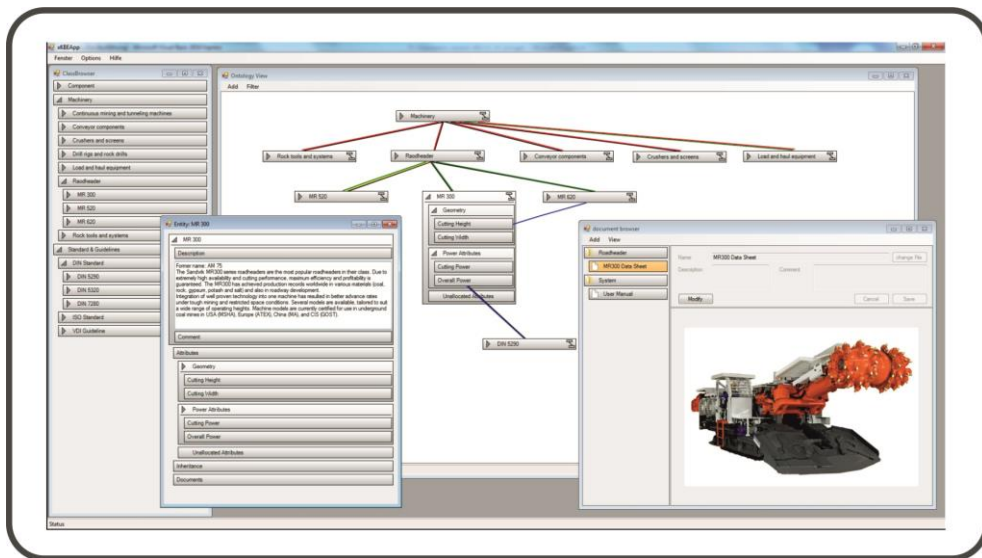


**Bild 5:** Funktion der xKBE-app

Als Werkzeug der **Wissensformalisierung** kann die xKBE-app auch zur Vernetzung von Daten und Informationen genutzt werden, um diese zu Wissen zu machen [25], wie in Bild 6 anhand eines Produktportfolios gezeigt. Durch die Möglichkeit des Einpflegens von Dokumenten kann ein umfangreiches Expertensystem aufgebaut werden, um komplexe Systeme, wie beispielsweise Lagersysteme, abzubilden und das Wissen dokumentiert verfügbar zu halten.

Der entscheidende Mehrwert der xKBE-app gegenüber verfügbaren Ontologieeditoren ist vor allem zu sehen in:

- einer Multi-Layer-Struktur der Beziehungen für Wissen unterschiedlicher Klassen
- der mathematischen Formalisierungsmöglichkeit der Relationen
- der Schnittstelle zur Konstruktion (CAD über VB-API)
- der internen Dokumentenverwaltung.



**Bild 6:** Formalisierung von Daten eines Produktportfolios in der xKBE-app

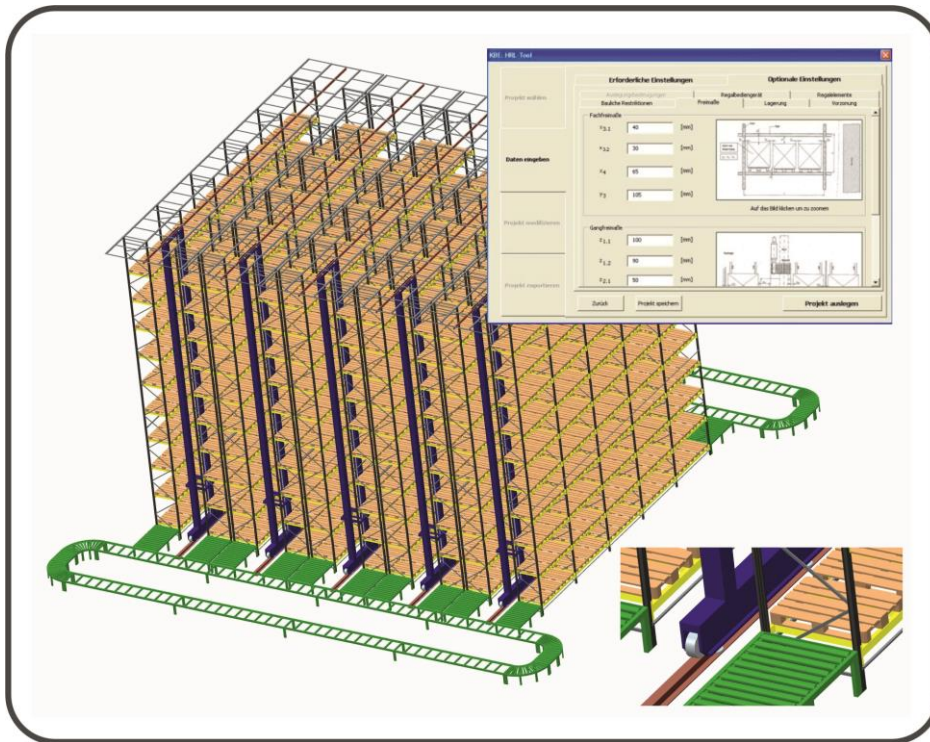
Mit dieser Entwicklungsplattform kann seitens des ITL gezeigt werden, welche Möglichkeiten zur Unterstützung des KBx sinnvoll sind. Im eigenen Gebrauch wird dieses Werkzeug in Projektarbeit und Lehre eingesetzt und für die geneigten Leser steht ab August 2014 eine Demonstrationsplattform auf den Internet-Seiten des ITL zur Verfügung.

## 5 Methodenanwendung

Da die Ausführungen oben methodisch abstrakt die Welt des KBx umreißen sowie Engineering-Werkzeuge dafür vorstellen ist es angebracht, ein Umsetzungsszenario und eine Einordnung von Materialflusstechnik ergänzend anzuführen. Für die Domänen des KBx wurde bisher realisiert:

- **KBE:** vollautomatische Generierung von Hubseiltrommeln mit Fertigungszeichnung nach Norm in Inventor® [8]
- **KBSD:** automatisierte Bauraumdefinition und Grobgeometrienerstellung zur Dynamiksimulation eines RBG in PTC Pro.Engineer® [13]
- **KBL:** HRL-Tool [10].

Beim **HRL-Tool** handelt es sich um eine Software zur datenbankgestützten Grobplanung und Geometrienerstellung eines Hochregallagers mit RBG und Vorzone für Behälter und Paletten auf Basis der Eingabedaten Kapazität, Nutzlast und Durchsatz in PTC Pro.Engineer© [7]. Die generierten Varianten sind hinsichtlich Höhe, Gassenbreite und Gassenanzahl bezüglich weiterer konstruktiver Details modifizierbar. Das Tool arbeitet projektbasiert und ermöglicht auch die vergleichende Darstellung unterschiedlicher Lösungen in standardisierten Projektreports. Die GUI des HRL-App ist vollständig interaktiv mit Eingabemasken in Microsoft EXCEL® realisiert und ruft die Top-Down-CAD-Baugruppen automatisch aus dem Hintergrund auf und konfiguriert diese entsprechend den Eingabewerten (Bild 7).



**Bild 7:** HRL-Tool: CAD-Ausgabe des generierten Lagersystems und GUI zur Modifizierung konstruktiver Größen.

Durch den Einsatz einer RBG-Datenbank mit Produktdaten relevanter Hersteller sind geeignete Lösungsvarianten in einem frühen Planungs-Stadium in hoher Detailtiefe hinsichtlich Raumnutzung, Geometrieschnittstellen und Stückliste erzeugbar. Durch die rasche Generierungszeit (wenige Minuten) können effizient mehrere Varianten verglichen werden, und die Kosten der geplanten Realisierung sind aufgrund der hinterlegten Stücklisteninformationen gut kalkulierbar.

Aus aktueller Bewertung sind **logistische Gewerke für KBx** unterschiedlich gut geeignet und bedürfen des angeführten relativen Erstellungsaufwandes (Bild 8).



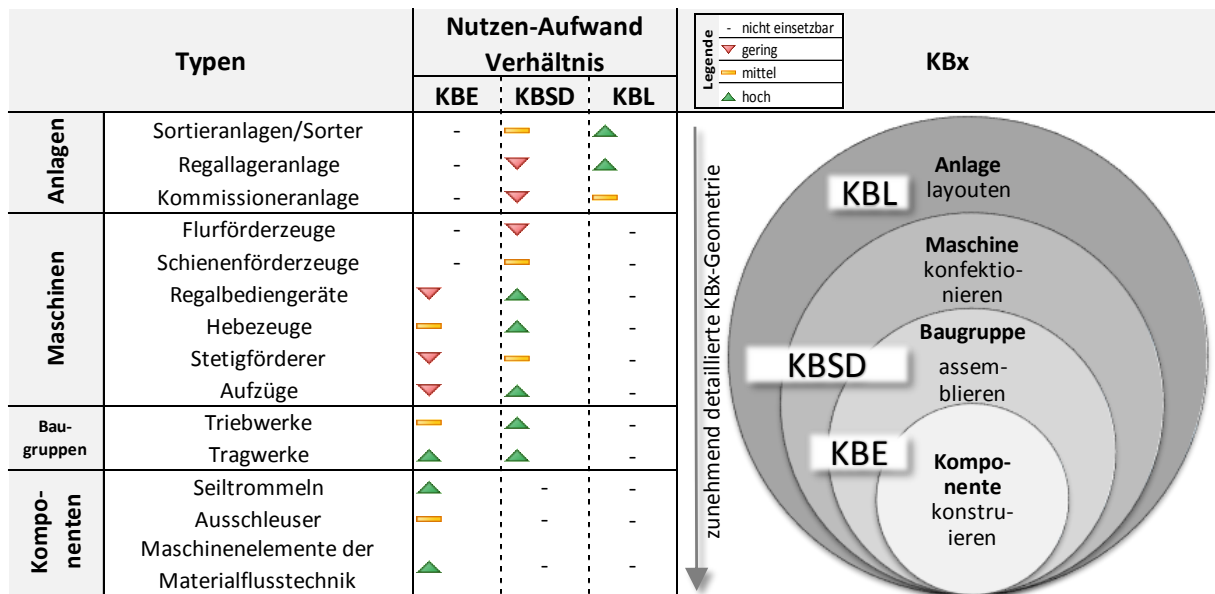


Bild 8: Einstufung logistischer Gewerke für KBx

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die besonders in der Automobil- und Flugzeugbranche verfeinerten Methoden der wissensbasierten Entwicklung (KBE) lassen sich von der Einzelteil- und Komponentenentwicklung erweitern auf Geräte und Anlagendesign und sogar auf die Layoutplanung. Am Institut für Technische Logistik existieren Prototyprealisierungen zum Erstellen von Lagerlayouts oder von Regalbediengeräten und von Komponenten durch die Verknüpfung von Datenbanken mit Regelwerken, Berechnungsvorschriften und Gerätegrunddaten, CAD-Programmen, und Standardsoftware zur Eingabe, Ausgabe und Visualisierung. Für die Integration und das Verknüpfen ist eine xKBE-app in der Entwicklung, die durch Wissensformalisierung und Ontologiebildung die Relationen aller Elemente zueinander regelt.

## 7 Danksagung

Dank geht an die Firma Sandvik Mining and Construction GmbH, Zeltweg für die Mittel zur Umsetzung der Software SANDVIK-Variantenanalyse und die wertvollen Anregungen aus der Verwendung.

## 8 Literatur

- [1] R. Lossak, *Wissenschaftstheoretische Grundlagen für die rechnerunterstützte Konstruktion*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [2] S. Vajna, C. Weber, H. Bley, K. Zeman, P. Hehenberger, *CAX für Ingenieure*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [3] F. Rieg, R. Steinhilper, *Handbuch Konstruktion*, Hanser, München, Wien, 2012.
- [4] W. J. C. Verhagen, P. Bermell-Garcia, R. E. C. van Dijk, R. Curran, *A critical review of Knowledge-Based Engineering: An identification of research challenges*, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 26, Issue 1, 2011, pp. 5-15
- [5] VDI 2221, *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*, 1993.
- [6] U. Lindemann, *Methodische Entwicklung technischer Produkte*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [7] D. Jodin, C. Landschützer, *Knowledge-based methods for efficient material handling equipment development*, *Proceedings of IMHRC'12*, Gardane, (in press), 2012.
- [8] Landschützer, C.; Jodin, D.; Thoresson, J., *Knowledge-Based Engineering in der Technischen Logistik*, *Hebezeuge und Fördermittel* 52 (2012) 1-2, S. 38 – 41.
- [9] S. Steinkellner, *Knowledge-based engineering in der Technischen Logistik*, Diplomarbeit TU Graz, 2012.
- [10] A. Pichler, *Knowledge-based Engineering zur Grobplanung und Gestaltung automatisierter Hochregallager*, Diplomarbeit TU Graz, 2012.

- 
- [11] C. Landschützer, A. Pichler, Forschungsbericht „Innovative Konstruktionsmethodik“, Graz, Zeltweg, intern, 2013.
- [12] Megatrends
- [13] C. Landschuetzer, D. Jodin, A. Wolfschluckner, *Knowledge Based Engineering – an approach via automated design of storage/retrieval systems*, Proceedings in Manufacturing Systems, Vol. 6, Issue 1, Bucharest, 2011, pp. 3-10.
- [14] N. Milton, *Knowledge Technologies*, Polimetrica S.a.s., Monza, 2008.
- [15] R. Brimble, F. Sellini, *The MOKA Modeling Language, Knowledge Engineering and Knowledge Management Methods, Models, and Tools*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1937/2000, 2000, pp. 49-56.
- [16] *Public Annual Report (MOKA EP 25418)*, available at: <http://web1.eng.coventry.ac.uk/moka/Documents/reports/publicreport98.pdf>, abgerufen am 26.4.2011.
- [17] C. B. Chapman, M. Pinfeld, *Design engineering—a need to rethink the solution using knowledge based engineering*, Knowledge-Based Systems, Vol. 12, 1999, pp. 257-267.
- [18] *Loomeo: highlights*: <http://www.teseon.de/loomeo>, abgerufen am 20.9.2013.
- [19] *DSM, Clustering*: <http://www.dsmweb.org/en/understand-dsm/technical-dsm-tutorial0/clustering.html>, abgerufen am 13.9.2013.
- [20] [ONTOSTM WHITE PAPER SERIES], *Ontologie – Sinn, Zweck und Mehrwert für Ihr Unternehmen*, YVES BRENNWALD, ONTOS INTERNATIONAL AG, [http://www.skmf.net/fileadmin/redaktion/aktiver\\_content/Ontos\\_WP\\_Ontologie\\_V\\_3.0\\_D.pdf](http://www.skmf.net/fileadmin/redaktion/aktiver_content/Ontos_WP_Ontologie_V_3.0_D.pdf); abgerufen am 20.9.2013
- [21] C. Landschuetzer, M. Fritz, D. Jodin, *Knowledge based engineering and modern CAE for sorting systems*, Proceedings in Manufacturing Systems, Vol. 7, Issue 1, Bucharest, 2012, pp. 69-76.
- [22] C. Landschuetzer, A. Wolfschluckner, D. Jodin, *CAE for high performance in-feed processes at sorting systems*, Proceedings in Manufacturing Systems, (in press), Bucharest, 2013.
- [23] D. Cooper, M. van Tooren, W. M. W. Mohamed, *Keys to Success with Knowledge-based Techniques*, Proceedings of the Wichita Aviation Technology Congress & Exhibition, SAE 2008-01-2262, 2008, pp. 1-14.
- [24] *Cambridge Advanced Modeller (CAM)*, <http://www-edc.eng.cam.ac.uk/cam>, abgerufen am 23.9.2013
- [25] VDI 5610, *Wissensmanagement im Ingenieurwesen*, 2009