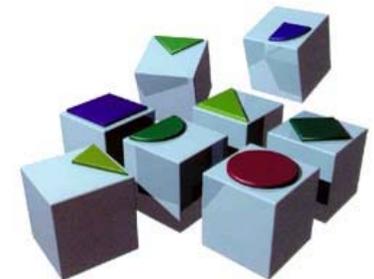




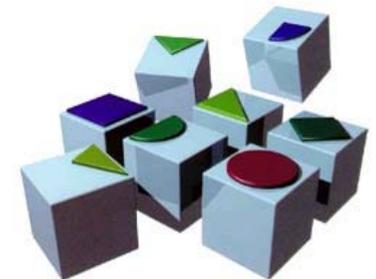
Engineering von Automatisierungssystemen auf Basis mechatronischer Komponenten

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Weyrich
April 2012

- Automatisierungssysteme – Historie, Anwendung und Forschungstrends
- Engineering mit mechatronischen Komponenten
- Beispiel: Modularisierung und Simulation
- Ausblick und Fazit



- **Automatisierungssysteme – Historie, Anwendung und Forschungstrends**
- Engineering mit mechatronischen Komponenten
- Beispiel: Modularisierung und Simulation
- Ausblick und Fazit



Entwicklungshistorie automatisierter Systeme

Entwicklungsstufen der Produkt- und Anlagenautomatisierung



- > Verdrahtungs-programmierte Systeme

Mechanik / Elektrik

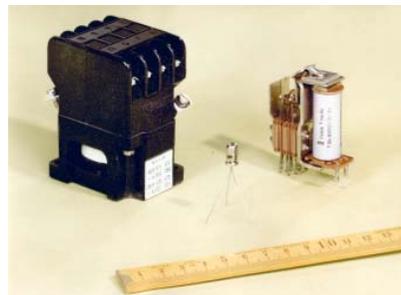


50'er und 60'er



- > Transistorsteuerungen
- > Computer

Elektronik



70'er und 80'er



Software

- > Software-Architekturen
- > Simulation

90'er und 2000'er



Vernetzung

Offen und ortsunabhängig

- > „Smarte“ Systeme
- > Internet Generation 2.0
- > Apps



heute

Strategische Forschungsfelder

(Nationale Roadmap Embedded Systems - Dez. 2009)

Welche Themen bilden zukünftig strategische Schwerpunkte im Entwurf echtzeitfähiger Softwaresysteme?



**Verteilte Echtzeit
Situationserfassung**

Koordinierte Lagebewertung mit Vorschlag zur
Echtzeit Konfliktlösung



Seamless Interaction

Selbsterklärende Interaktionsschnittstellen



Autonome Systeme

Funktionen werden weitgehend ohne
menschlichen Eingriff realisiert



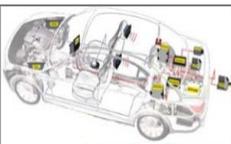
Sichere Systeme

Systeme müssen sicher und
vertrauenswürdig sein



Architektur Prinzipien

Integration komplexer Funktionen zu
Systemen



Virtual Engineering

Frühzeitige Absteckung von
Konzepten sowie Produktivitätsgewinn

Quelle: Nationale Roadmap Embedded Systeme, Dez. 2009

Vorreiter Automobilindustrie

Die Automatisierung im und um das Fahrzeug ist richtungsweisend

Produktautomatisierung Automotive

- > **Software-Kompetenz als Wettbewerbsfaktor** (Ende der 90er)
Software Entwicklungsprozesse, Qualität, Zulieferer Koordination, Architektur)¹
- > Hoher Reifegrad durch **Modellbasierte Entwicklung vernetzter Systeme**, d.h. Funktionstest mit simulierten Fahrzeugen)²
- > **Assistenzsystem mit kognitiven Eigenschaften** übernehmen autonome sicherheitsrelevante Aufgaben der Fahrassistenz)³
- > **Smart Grids** - neue Antriebe und deren Energieversorgung

Bildquellen: Daimler, AG

Quellen:

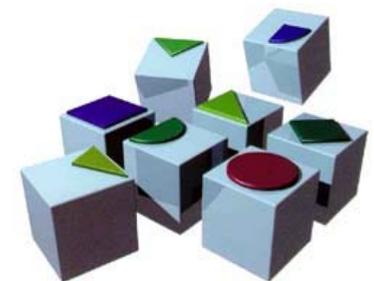
¹ Grimm, Klaus: Software Technology in an Automotive Company – Major Challenges, IEEE Conference, Portland USA, 2003

² Kreuz, Ingo: Erst das Modell macht's, Daimler Hightech Report, Ausgabe 02/2007

³ Balasubramanian, Bharat: EDM Forum Daimler 2011, Key-Note Vortrag



- Automatisierungssysteme – Historie, Anwendung und Forschungstrends
- **Engineering mit mechatronischen Komponenten**
- Beispiel: Modularisierung und Simulation
- Ausblick und Fazit



Industrie bzw. Anwendungsfelder

Wie lässt sich die Produkt- und Anlagenautomatisierung segmentieren?

Automobilbau



834.000 Beschäftigte
21 Mrd. €F&E p.a.)¹

Maschinen- und Anlagenbau



965.000 Beschäftigte
5,6 Mrd. €F&E p.a.)¹

Luft- und Raumfahrt



93.000 Beschäftigte
25 Mrd. €F&E p.a.)¹

Medizintechnik



Energieverteilung



Gebäudetechnologie

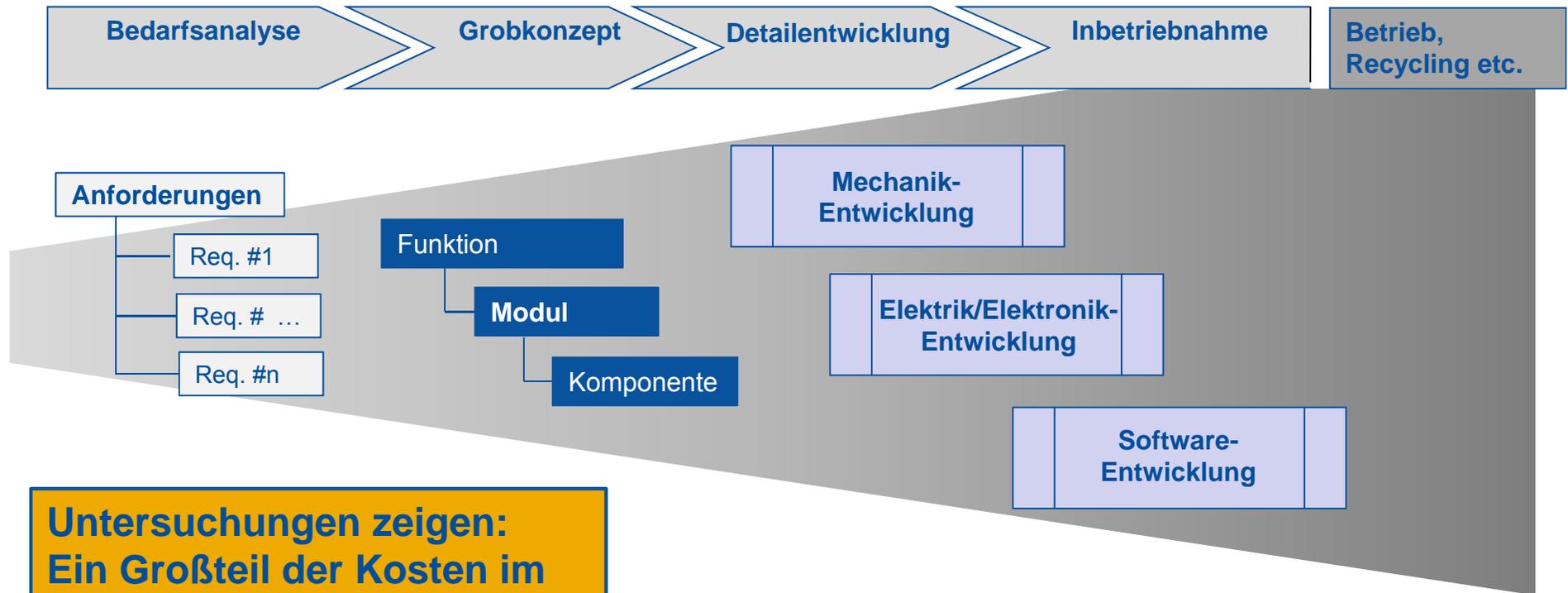


)¹ Quelle: Nationale Roadmap Embedded Systems, Dezember 2009

Engineering - heute

Die Gesellschaften GMA, IEEE, IFAC und NAMUR befassen sich wissenschaftlich mit den Themen Engineering und Life-Cycle

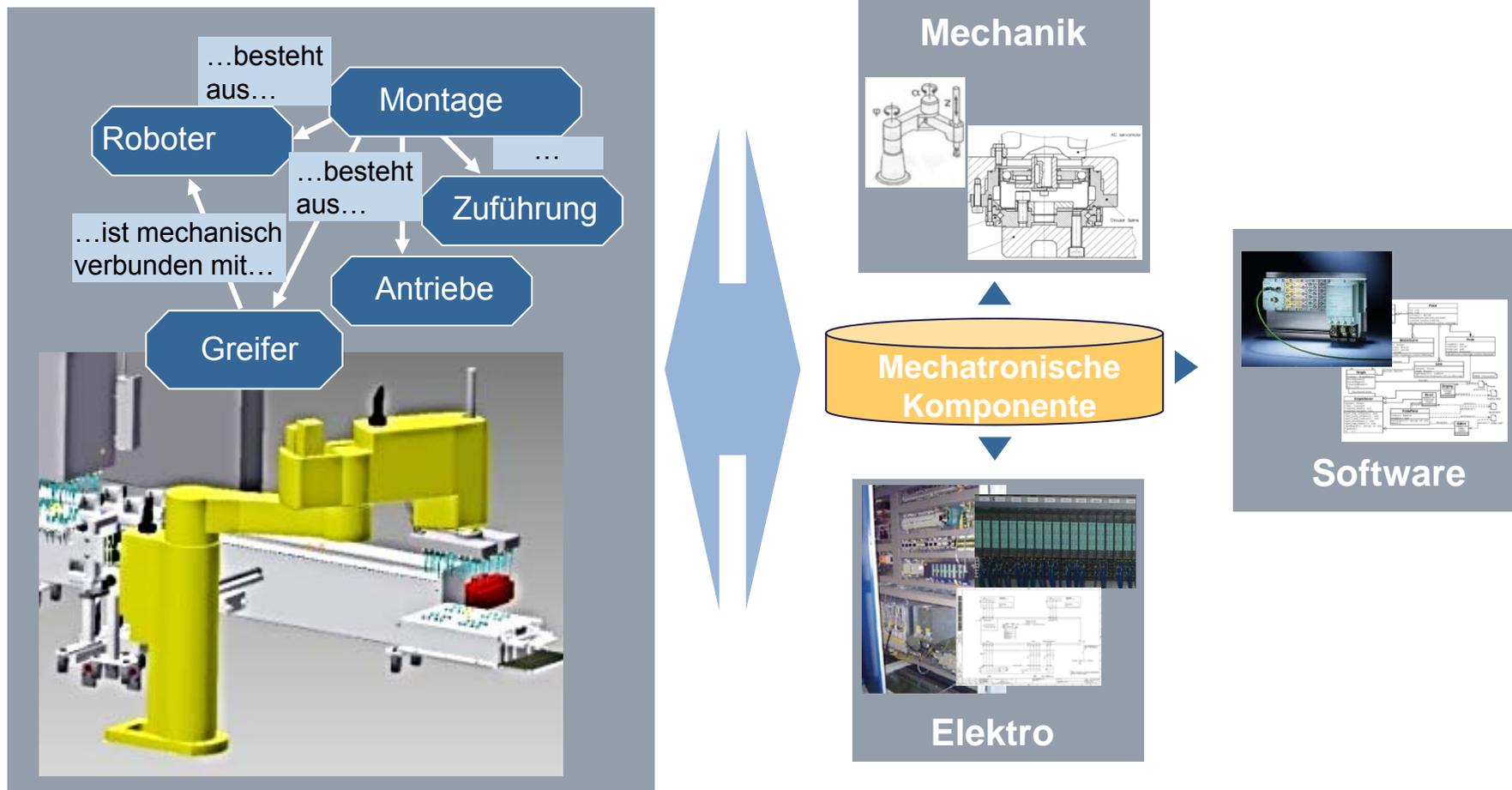
Engineering



**Untersuchungen zeigen:
Ein Großteil der Kosten im
Lebenszyklus wird während
des Engineering festgelegt.**

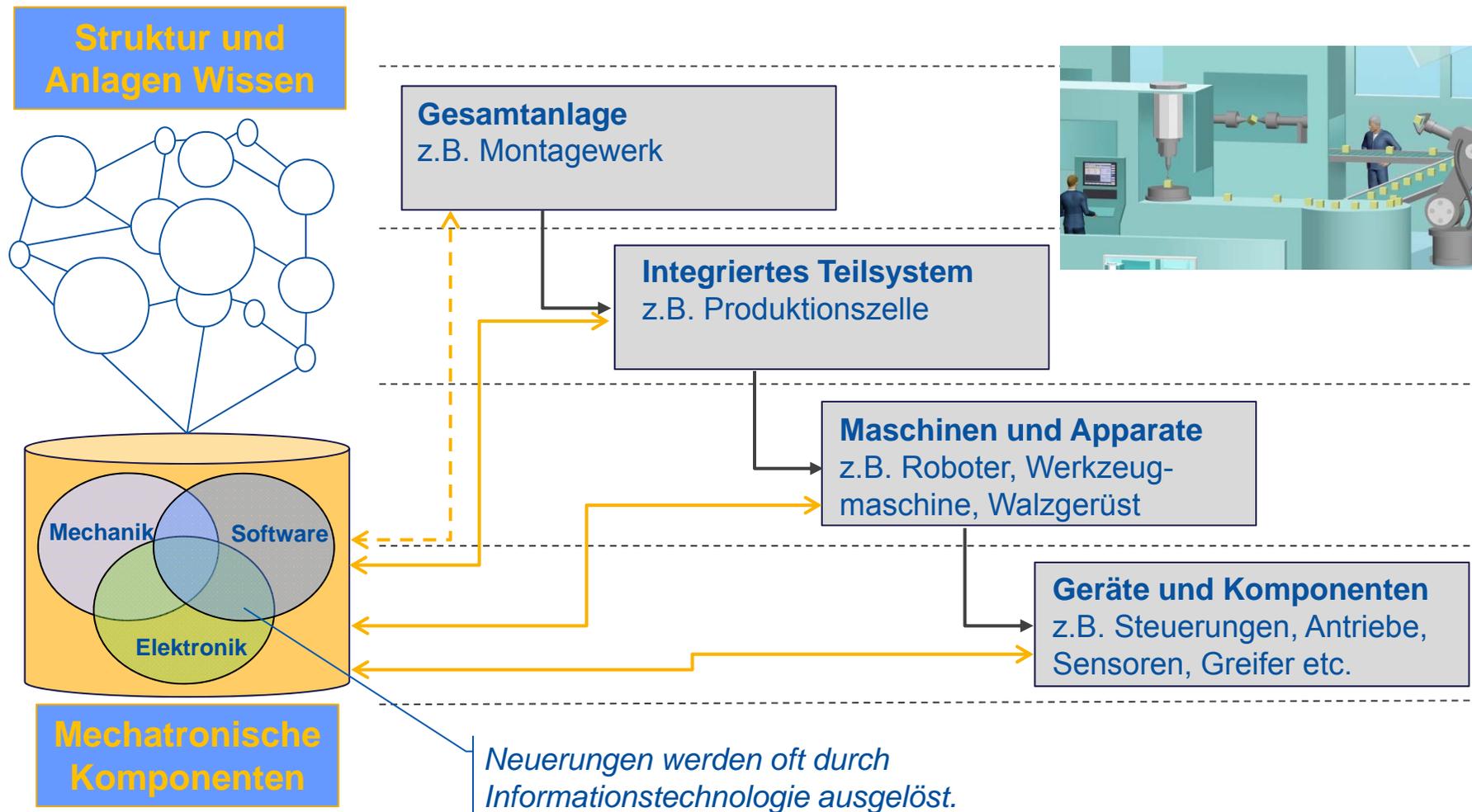
Mechatronische Komponenten

Mechatronische Komponenten werden heute durch Automatisierungshersteller realisiert und von Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus zu Gesamtanlagen integriert



Ebenenbetrachtung in der Anlagenautomatisierung

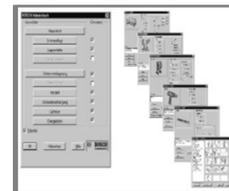
Anlagen bestehen aus hierarchisch gegliederten Teilsystemen, Apparaten, Geräten und Komponenten und werden modularisiert



Verbesserungspotenziale

Situation heute

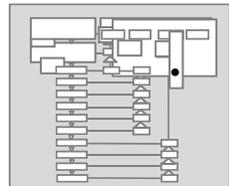
- Aufwand zur Konfiguration ist hoch aufgrund hoher Komplexität
- „Mechanik“ dominiert den Systementwurf
- Software kommt oft erst sehr spät im Entstehungsprozess zum Zug



Ganzheitliche Systemkomposition

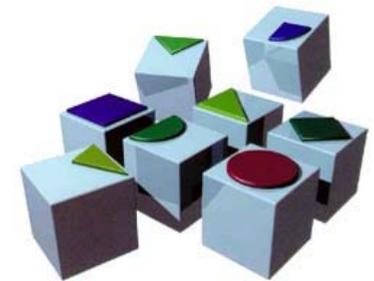


Einsatz modellbasierter Entwicklung und Simulation



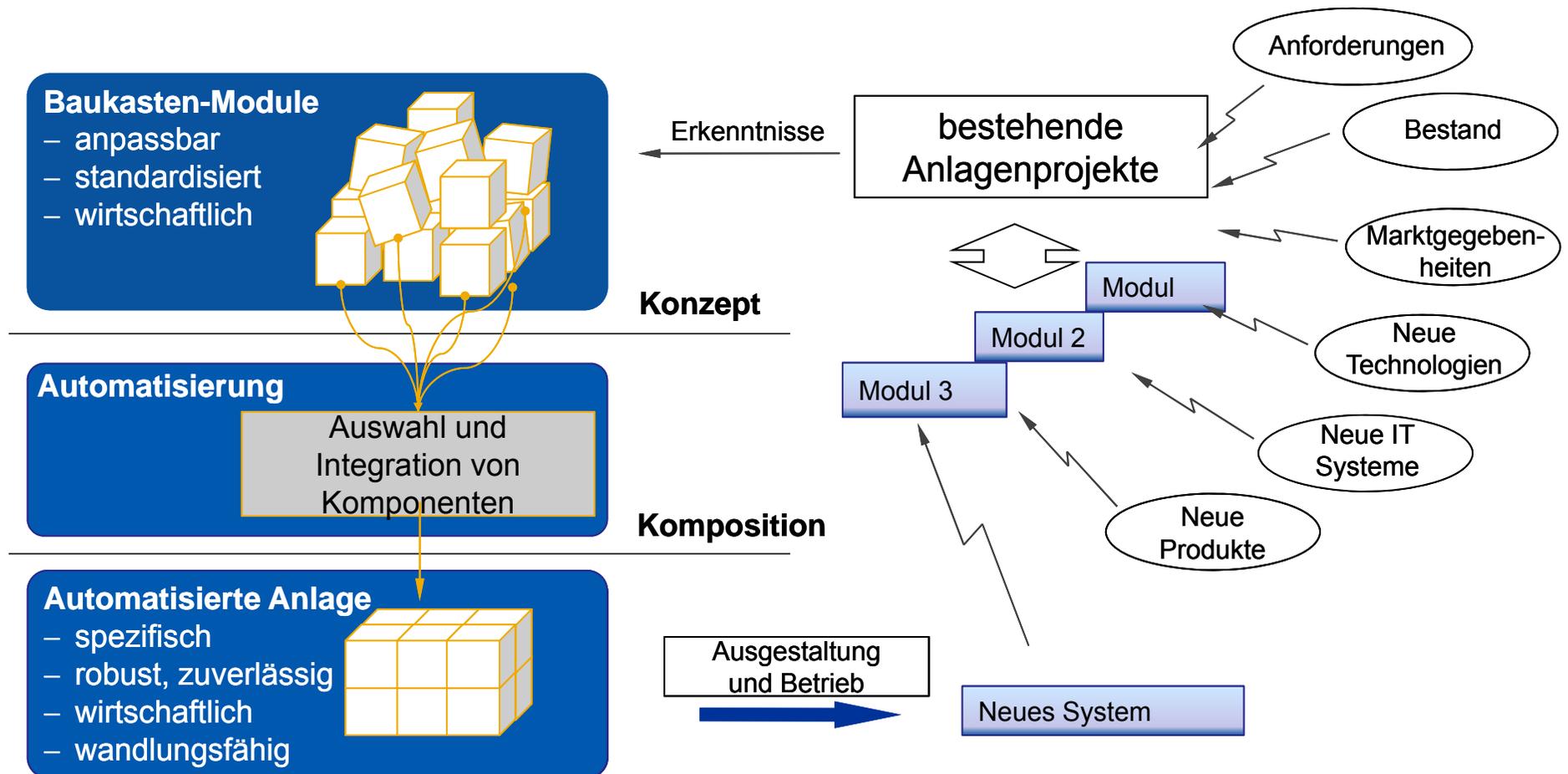
Selbst-Konfiguration durch „smarte“ Funktionsmodule

- Automatisierungssysteme – Historie, Anwendung und Forschungstrends
- Engineering mit mechatronischen Komponenten
- **Beispiel: Modularisierung und Simulation**
- Ausblick und Fazit



Ganzheitliche Systemkomposition

Strukturierung und Komposition Modul-basierter Systeme

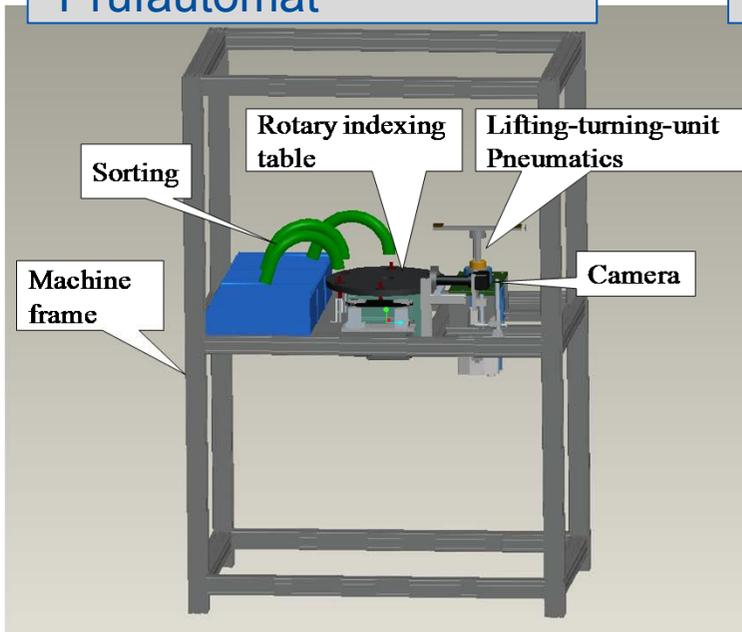


Beispielanlage basiert auf vielen typischen Komponenten

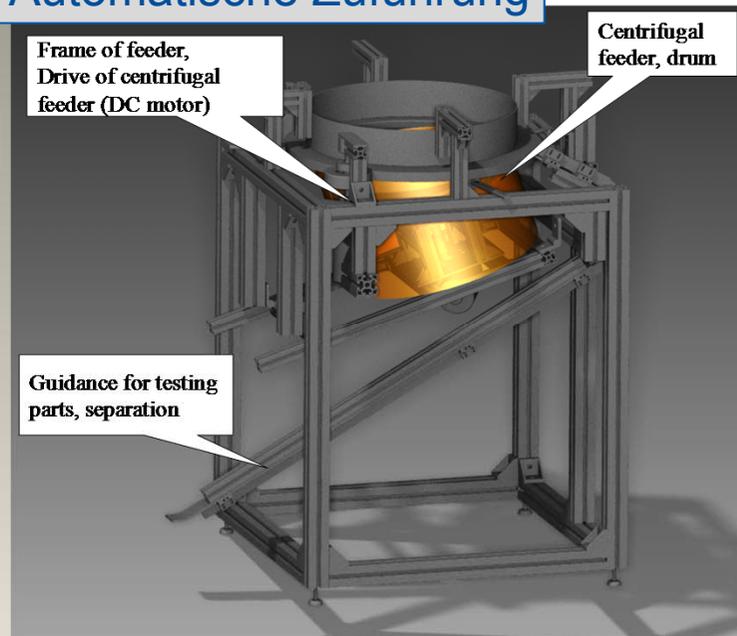
Aufgabe: Die mechatronischen Komponenten sollen zur Erleichterung der Wiederverwendung zu Modulen zusammengefasst werden.

Automatisiertes Inspektionssystem

Prüfautomat



Automatische Zuführung

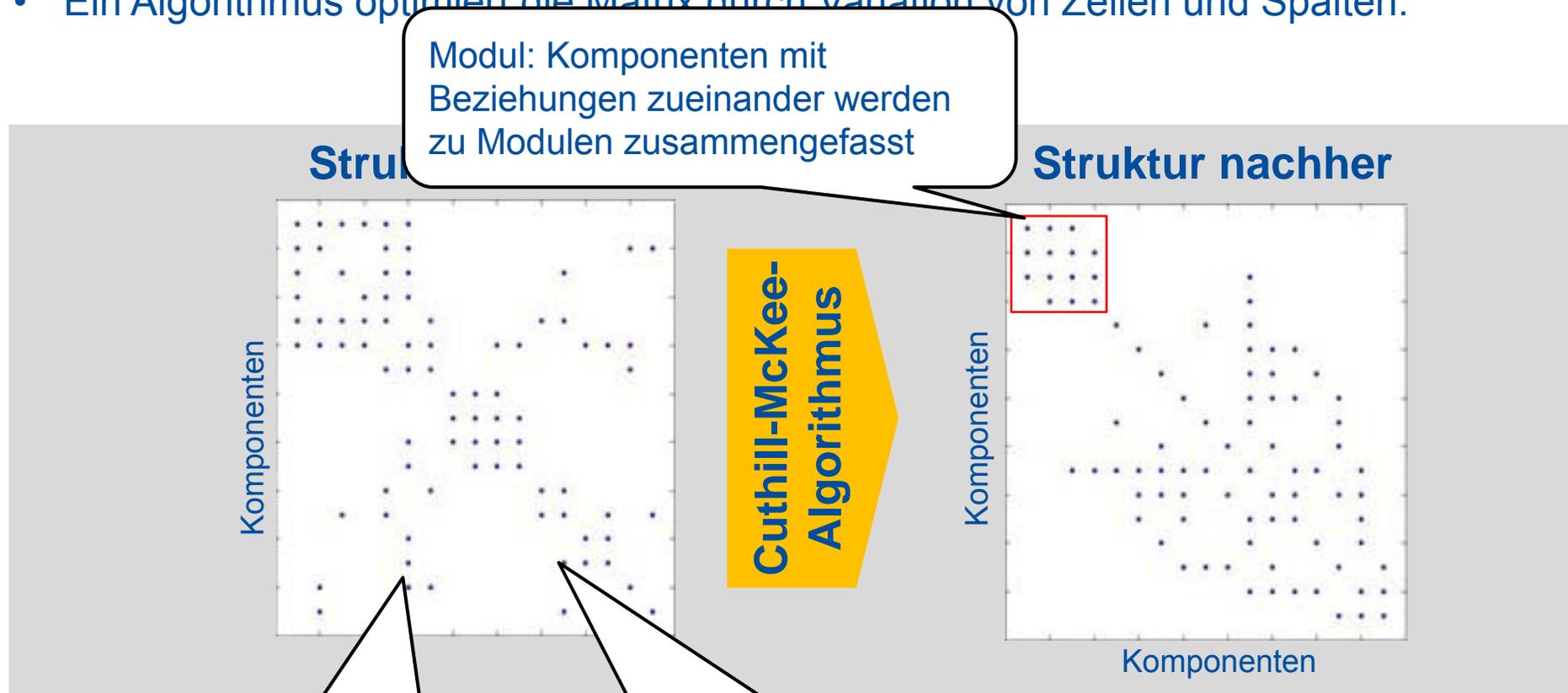


Zahlreiche Komponenten der Mechanik, Elektrik / Elektronik und Software bilden ein System, das Fehler an Teilen erkennt und vollautomatisch sortiert.

Anwendung der Design Structure Matrix (DSM) zur Modulidentifikation

Komponenten werden in einer Matrix zu Modulen zusammengefasst

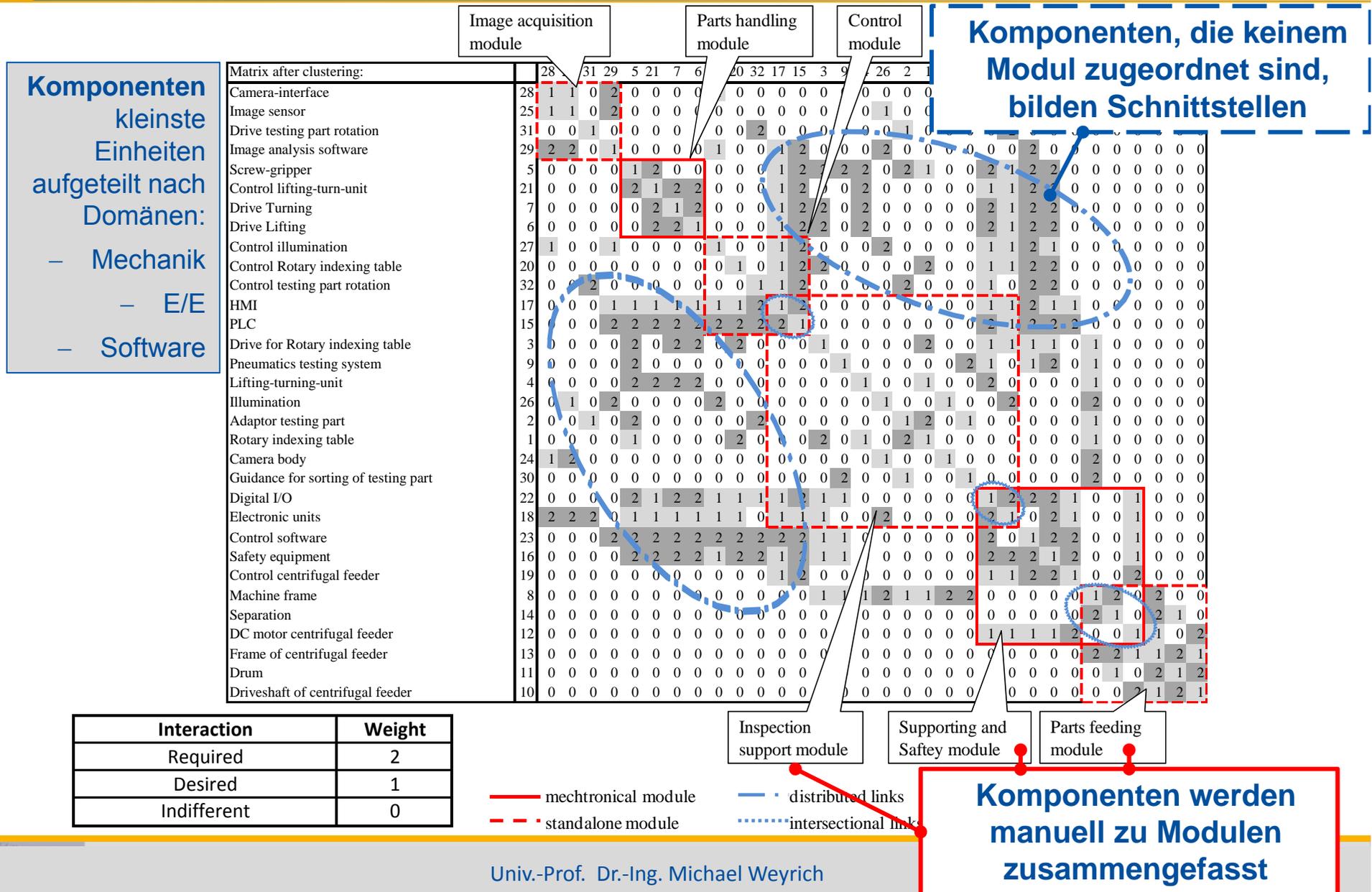
- Die Beziehungen zwischen den Komponenten werden durch Punkte dargestellt.
- Ein Algorithmus optimiert die Matrix durch Variation von Zeilen und Spalten.



Beispiel 1: Kamera und Bildanalysesoftware stehen in Beziehung zueinander.

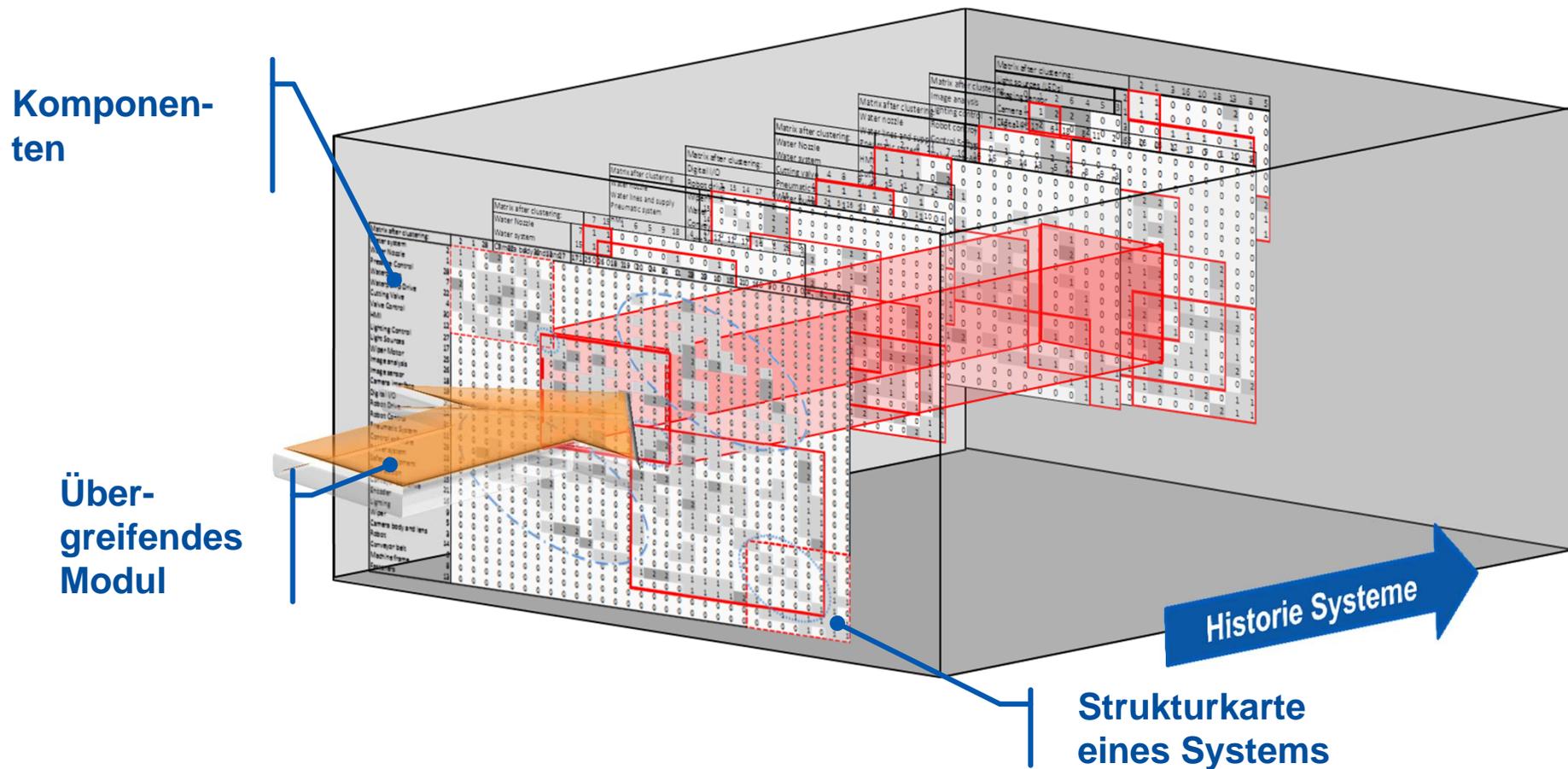
Beispiel 2: Bildanalysesoftware und der Antrieb für die Zuführung der Teile stehen nicht in Beziehung zueinander.

Modulbildung in einer optimierten Design Structure Matrix



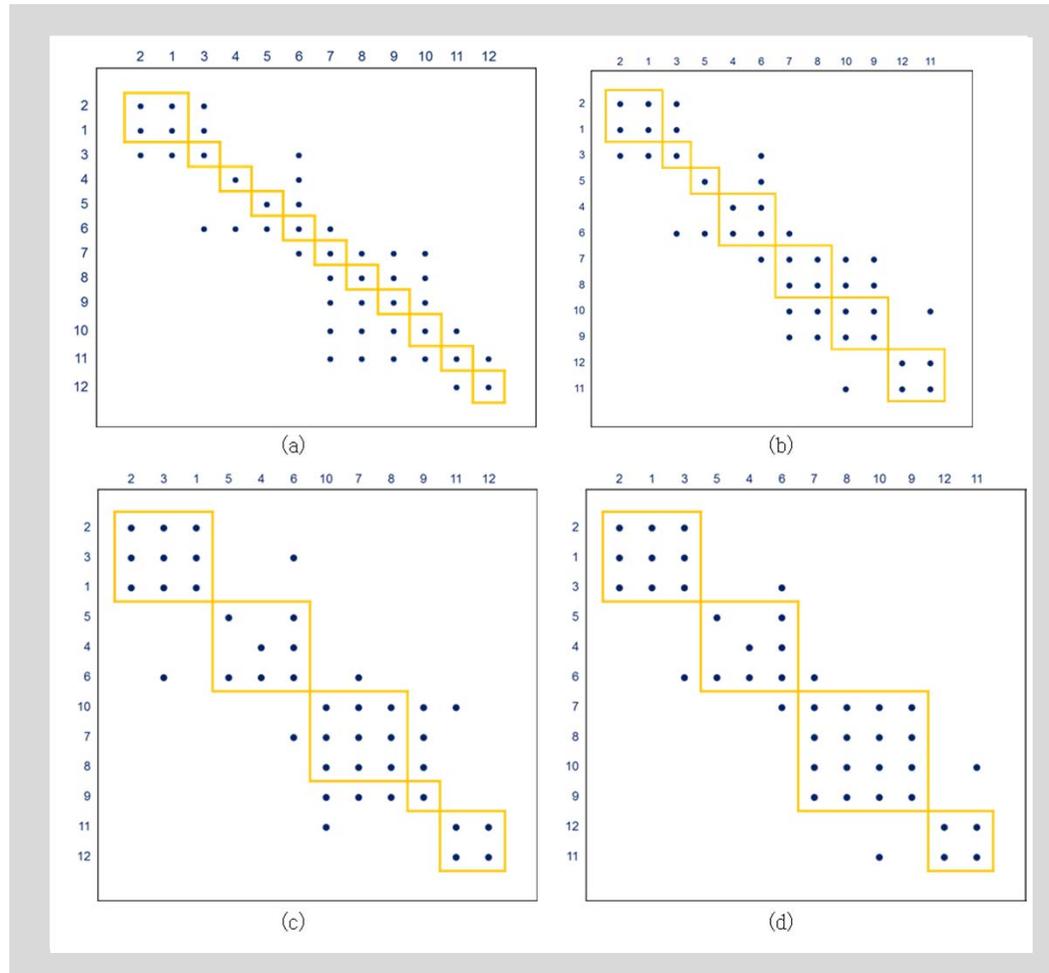
Übergreifende Bildung von Modulen

Identifikation und Optimierung von wiederkehrenden Modulen aus Komponenten



Optimierung der Module

Je nach Steuerung des Algorithmus ergeben sich Variationen der möglichen Module und deren Anzahl in den Matrizen.



- Bewertung der Modularität bzw. der Beziehungen zwischen den Modulen
- Minimierung der Schnittstellen bzw. der nicht zuordbaren Komponenten

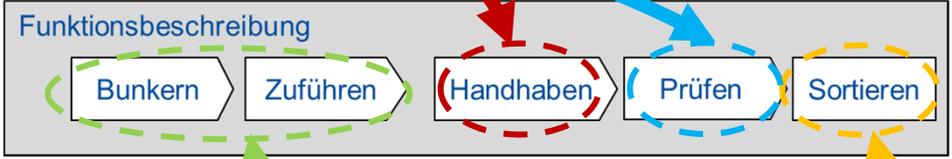
Idarstellung in Anlehnung: M. Shpitalni, E. Stiasnie: Design and Modularization in light of selling service (Modular Design). Stuttgart Competence Forum – Intelligent Production Systems of the Future, Nov. 2010

Funktionen und Module unterstützte die systematische Lösungssuche

Die Zuordnung der Module zu Funktionen erleichtert deren Auswahl und Einsatz

	Image acquisition module						Parts handling module						Control module																
Matrix after clustering:	28	31	29	5	21	7	6	0	32	17	15	3	9	26	2	1	24	30	22	18	23	16	19	8	14	12	13	11	10
Camera-interface	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Image sensor	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drive testing part rotation	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Image analysis software	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Screw-gripper	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	2	1	0	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0
Control lifting-turn-unit	0	0	0	0	2	1	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0
Drive Turning	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0
Drive Lifting	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0
Control illumination	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Control Rotary indexing table	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Control testing part rotation	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HMI	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
PLC	0	0	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Drive for Rotary indexing table	3	0	0	0	2	0	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Pneumatics testing system	9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0
Lifting-turning-unit	4	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Illumination	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Adaptor testing part	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Rotary indexing table	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Camera body	24	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guidance for sorting of testing part	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Digital I/O	22	0	0	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0
Electronic units	18	2	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Control software	23	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	2	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0
Safety equipment	16	0	0	0	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	2	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0
Control centrifugal feeder	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0
Machine frame	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
Separation	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0
DC motor centrifugal feeder	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	0
Frame of centrifugal feeder	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	2	1	0
Drum	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	2	0
Driveshaft of centrifugal feeder	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

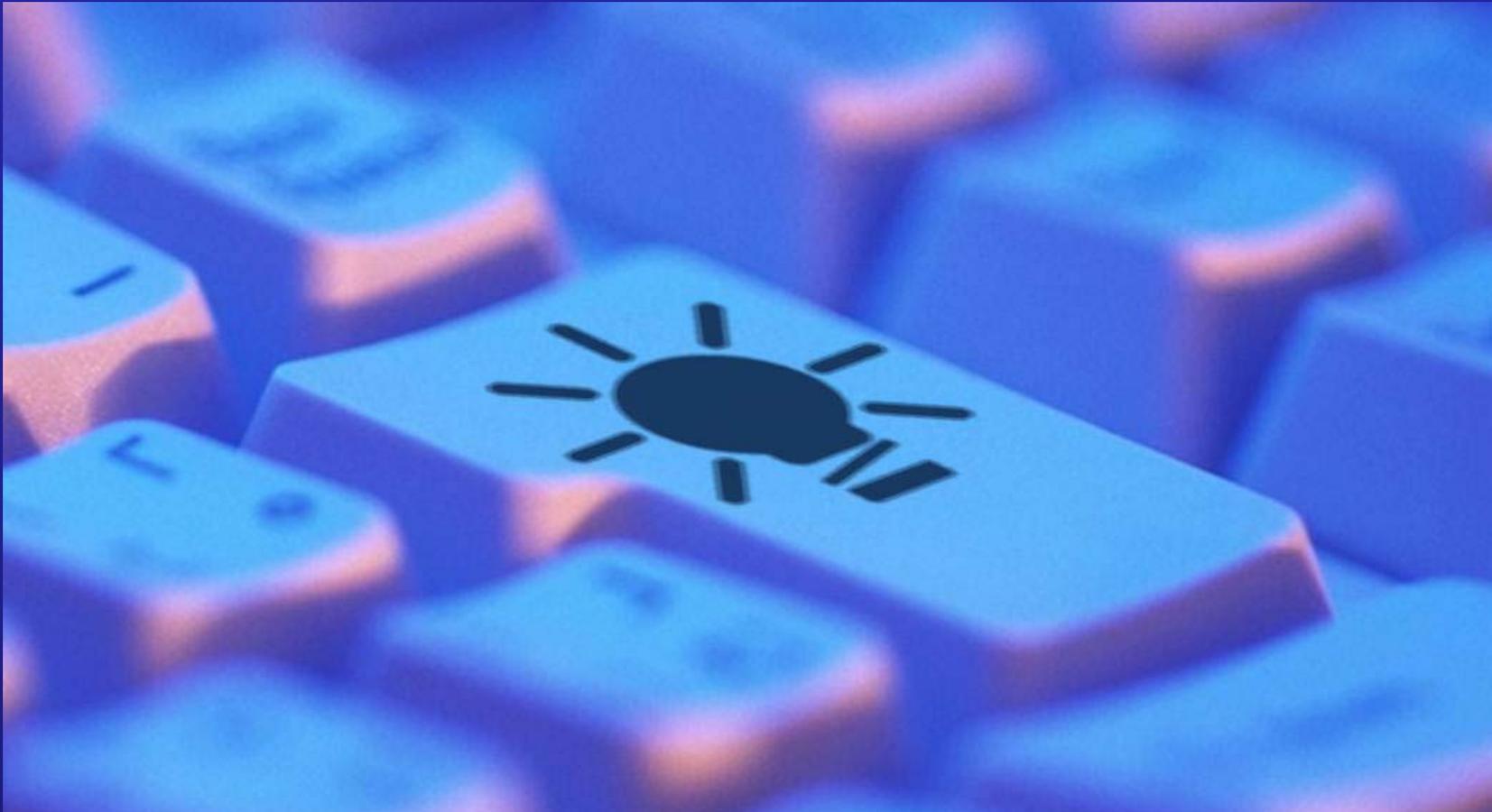
Module werden einer oder mehreren Funktionen zugeordnet.



Module, die keiner Funktion zugeordnet werden, werden über Schnittstellen integriert

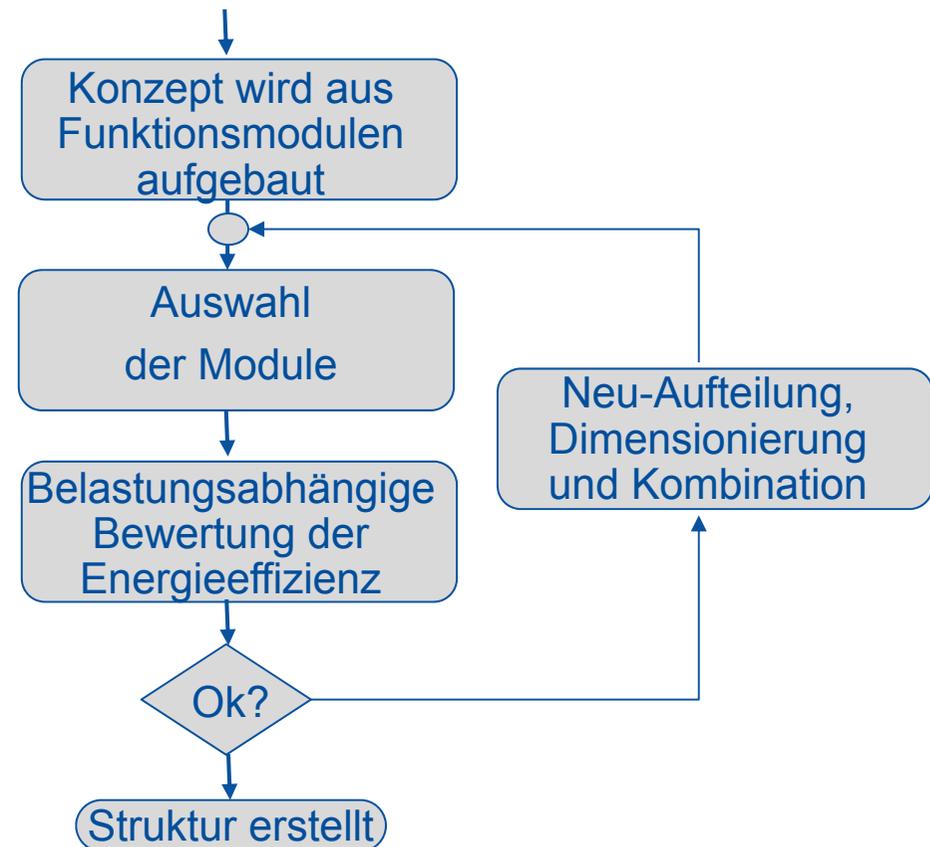
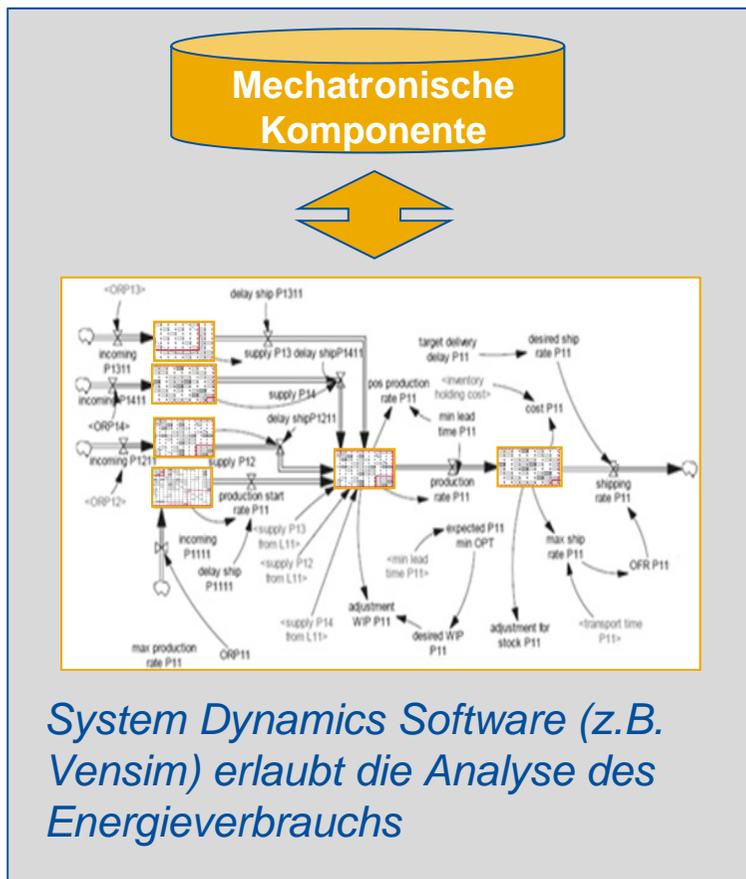
Chance für die Anwendung

Lösung auf Knopfdruck durch Komponenten-basierten Entwurf



Anwendungs-Beispiel: Optimierung des Energieverbrauchs

Funktionsmodule erlauben die Grob-Simulation und Analyse des Energieverbrauchs während eine zukünftigen Betriebs



Anwendungs-Beispiel: Flexibilität und einfache Nutzung

Bedarfsanalyse

Grobkonzept

Detail-
entwicklung

Inbetriebnahme

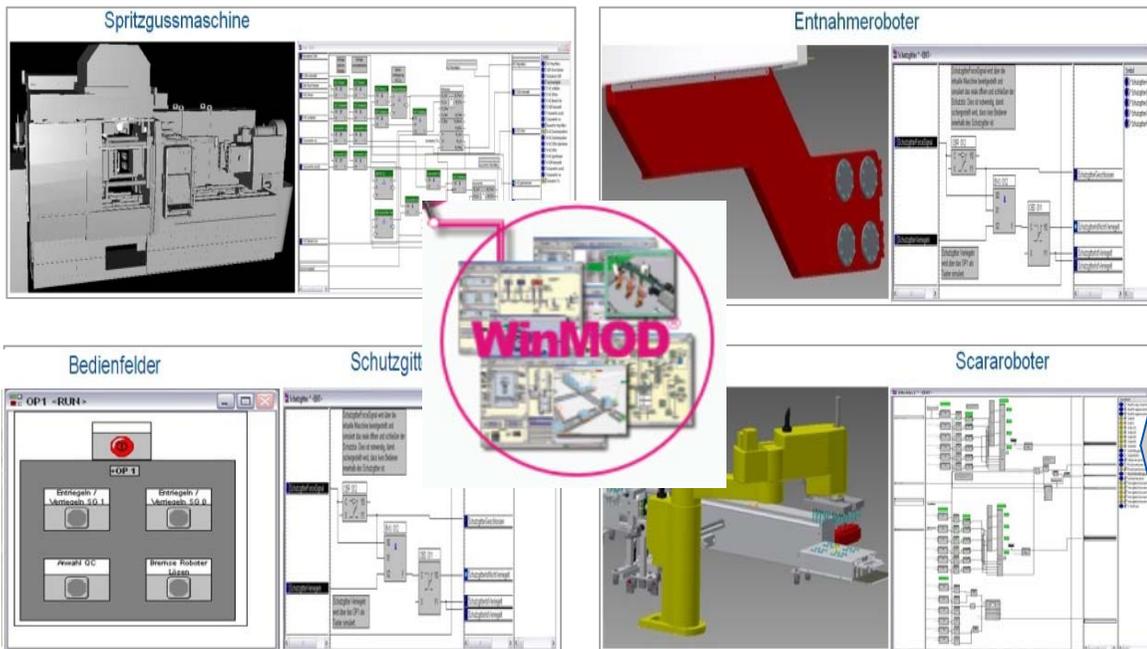
Betrieb

Mechatronische Entwicklung auf Basis von
Modellen

Produktionsanlage



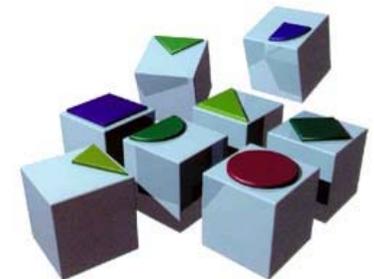
Hekuma GmbH



Erprobung der SPS-Software
an virtueller Anlage:

- Modulbibliothek der wiederverwendeten Anlagen-Komponenten
- Schneller Aufbau der Simulation

- Automatisierungssysteme – Historie, Anwendung und Forschungstrends
- Engineering mit mechatronischen Komponenten
- Beispiel: Modularisierung und Simulation
- **Ausblick und Fazit**



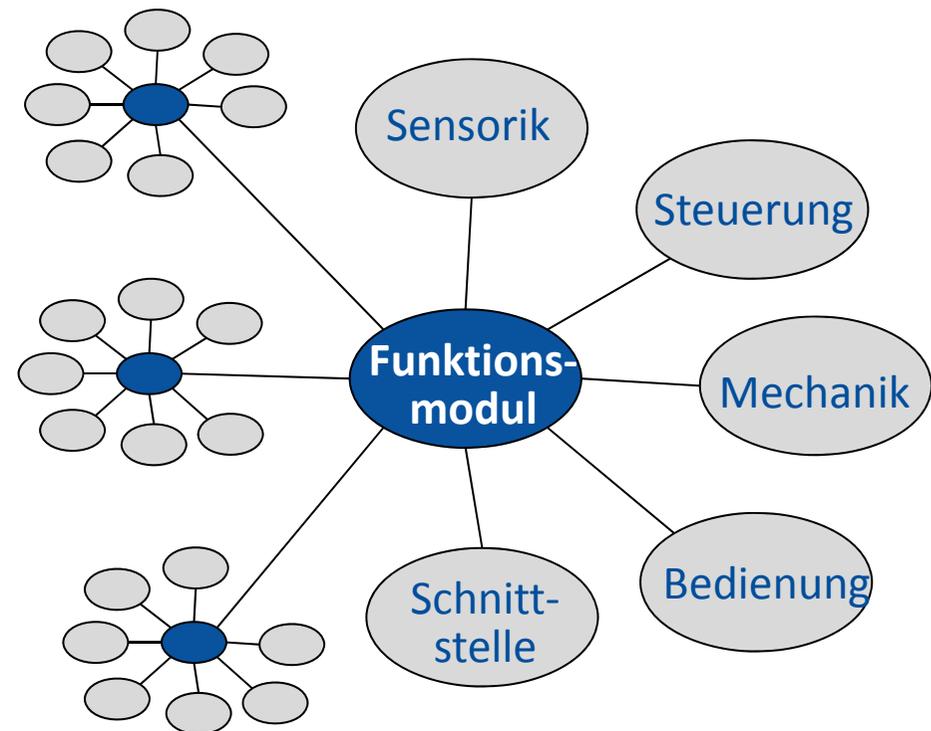
Selbstorganisation und -Management mit „smarten“ Komponenten

Zukünftige Funktionsmodule verfügen über intelligente Sensoren, zur Wahrnehmung ihrer Umwelt sowie über Aktoren zur Beeinflussung.

Funktionsmodule verfügen über „smarte“ Fähigkeiten:

- Interaktion mit der Umgebung
- Eigenes Verhalten planen bzw. anpassen
- Sich selber optimieren
- Neue Verhaltensweisen bzw. -strategien erlernen

„Cyber-Physical Systems“



Zukunft der Produkt- und Anlagenautomatisierung



Fragen

Methoden des
Komponenten-
basierten Entwurfs?

Optimierung des
Ressourcen-
Verbrauchs im
Lebenszyklus?

Einfache und
flexible Nutzung?

Anforderungen

Ganzheitliche
Konzeption von
Systemen

Modellbasierter
Entwicklung und
Simulation

Selbstkonfiguration
und -management

„Smarte“
Systeme

Technologie

- IT Architekturen
- Sicherheit
- Seamless Interaction
- Vernetzung
- Virtual Engineering
- Autonome Systeme
- Verteilte Echtzeit Systeme

Produkt- und Anlagenautomatisierung

Kernthema: Systeme integrieren und Komplexität beherrschen



Cartoon: Meissner

Alles müsste einfacher werden, und genau das macht die Sache so kompliziert!