

Expertensystem zur Bereitstellung von Produktionssystem- Wissen für den Werkzeug- und Formenbau

Von der Fakultät für Maschinenbau
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur
genehmigte Dissertation

von
Dipl.-Ing. Georg Ullmann
geboren am 03.06.1979 in Dresden

2010

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll

1. Referent: Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

2. Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Tag der Promotion: 26.11.2010

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher-Mitarbeiter am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH.

Mein Dank gilt zuerst Herrn Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer, dem geschäftsführenden Gesellschafter des IPH und Leiter des Instituts für Transporttechnik und Automatisierung der Leibniz Universität Hannover (ITA) für die vertrauensvolle und wohlwollende Unterstützung, die ich während meiner Tätigkeit am Institut stets erfahren habe.

Ebenso danke ich Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis für die Durchsicht der Arbeit und die Übernahme des Zweitreferats und Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Den Kollegen des IPH und insbesondere den Kollegen der Abteilung Produktionsautomatisierung, die mich während meiner Institutszeit freundschaftlich begleitet und unterstützt haben, danke ich für die gute Zusammenarbeit. Besonderer Dank gilt dabei meinen Kollegen Jens Dreyer und Frauke Hertrampf für die kritische Durchsicht und die hilfreichen Anmerkungen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Stellvertretend für die vielen studentischen Hilfskräfte möchte ich mich auch bei Herrn Sebastian Römke bedanken, der mich bei der prototypischen Implementierung der Software unterstützt hat.

Weiterhin danke ich allen Partnern aus dem Projekt GeneSys-WZB für die gute Zusammenarbeit. Besonderer Dank gilt dabei Betriebswirt Jürgen Lobemeier von der Paul Beier Werkzeug- und Maschinenbau GmbH & Co. KG, Dipl.-Ing. Achim Bernhard von der Werkzeug, Formen- und Systemtechnik Sontra GmbH und Udo Staps von der FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH für die kritischen Diskussionen und zahlreichen Anregungen in einer Vielzahl von Arbeitstreffen.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern. Sie haben mir meinen bisherigen Lebensweg ermöglicht und mich zu jeder Zeit und in jeder Situation liebevoll unterstützt.

Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Nina für ihr Verständnis und ihre Zuneigung.

Hannover, im November 2010

Georg Ullmann

Kurzfassung

Für die gezielte Realisierung von Optimierungspotenzialen in produzierenden Unternehmen bietet sich die Einführung eines sogenannten Ganzheitlichen Produktionssystems an. Allerdings erfordert die unternehmensindividuelle Entwicklung und Implementierung eines Ganzheitlichen Produktionssystems den Einsatz umfangreicher personeller und finanzieller Ressourcen. Die Ursachen dafür liegen in der meist aufwändigen und langwierigen Erlangung und Vermittlung von Produktionssystem-Wissen in der Organisation. Während große Unternehmen durchaus in der Lage sind, diesen Aufwand zu erbringen, stehen kleinen und mittleren Unternehmen z. B. des Werkzeug- und Formenbaus entsprechende Mittel nicht zur Verfügung.

In der vorliegenden Arbeit wird ein neuartiger Ansatz vorgestellt, um Produktionssystem-Wissen in einem Expertensystem abbildbar und nutzbar zu machen. Das Expertensystem ist auf die Branche Werkzeug- und Formenbau ausgelegt. Zentrale Bestandteile des Systems sind eine Ontologie zur Wissensrepräsentation, eine werkzeugbauspezifisch ausgestaltete Wissensbasis sowie mittels Data Mining hergeleitete Regeln zur automatisierten Anpassung der Wissensbasis an unternehmensindividuelle Randbedingungen. Anhand von Fallbeispielen wird gezeigt, dass das Expertensystem für eine systematische und auf den Unternehmenskontext zugeschnittene Methodenauswahl und -umsetzung eingesetzt werden kann.

Schlagworte: Ganzheitliches Produktionssystem, Lean Production, Expertensystem, Wissensmanagement, Data Mining

Abstract

Various companies implement lean production systems to realize hidden technological and economical potentials. Due to the extensive and long-lasting acquisition of production system knowledge, the implementation of an individualized production system requires comprehensive human and financial resources. In contrary to huge enterprises, respective means are not at the disposal of small and medium sized companies e. g. of the die and mold making industry.

This thesis presents an innovative approach to formalize production system knowledge in an expert system. The system is designed to fit the needs of the die and mold making industry and consists of an ontology for knowledge representation as well as an industry-sector-specific knowledge base. Furthermore, rules for automated knowledge base adaptation are derived using data mining algorithms. Case studies show that the expert system is applicable for systematic and company specific lean-method identification and implementation.

Keywords: production system, lean production, expert system, knowledge management, data mining

Inhaltsverzeichnis

	Formelzeichen und Abkürzungen	VIII
1	Einleitung	1
1.1	Ganzheitliche Produktionssysteme heute.....	1
1.2	Aufbau von Produktionssystem-Wissen	4
1.3	Charakterisierung des Werkzeug- und Formenbaus	7
1.4	Resultierende Problemstellung.....	10
1.5	Aufbau der Arbeit	12
2	Stand der Wissenschaft.....	13
2.1	Anforderungen an die Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen	13
2.2	Vorhandene Ansätze zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen ..	15
2.2.1	Ansätze auf Basis einfacher semantischer Netze	15
2.2.2	Manufacturing System Design Decomposition	17
2.2.3	Verwandte Ansätze auf Basis von Axiomatic Design.....	18
2.2.4	eGPS und andere softwarebasierte Ansätze	19
2.2.5	Weitere Ansätze zur Wissensvermittlung	25
2.2.6	Zusammenfassende Bewertung der diskutierten Ansätze	27
2.3	Wissensbasierte Systeme	27
2.3.1	Grundlagen wissensbasierter Systeme.....	28
2.3.2	Wissensakquisition und Wissensrepräsentation.....	30
2.3.3	Maschinelles Lernen und Data Mining	34
2.3.4	Anwendung und Grenzen wissensbasierter Systeme.....	37
2.3.5	Zusammenfassende Bewertung wissensbasierter Systeme.....	39
3	Motivation und Zielsetzung	40
4	Konzeption des Expertensystems.....	42
4.1	Auswahl für den Einsatzzweck geeigneter Repräsentationsformen	42
4.2	Ontologie zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen.....	43
4.3	Herleitung von Fakten für eine werkzeugbauspezifische Wissensbasis	46
4.3.1	Instanzen des Konzepts Ziel	47
4.3.2	Instanzen des Konzepts Prozessschritt	51
4.3.3	Instanzen des Konzepts Methode.....	56

4.3.4	Instanzen der Relationen zwischen den Konzeptinstanzen	60
4.3.5	Beurteilung der Anforderungserfüllung.....	63
4.4	Data Mining-basierte Entwicklung von Regeln zur Wissensverarbeitung ..	64
4.4.1	Algorithmengerechte Beschreibung von Konzeptinstanzen	65
4.4.2	Datenaufbereitung und Training.....	75
4.4.3	Evaluation der Algorithmen	78
4.4.4	Beurteilung der Anforderungserfüllung.....	85
4.5	Fazit	85
5	Softwaretechnische Umsetzung	87
5.1	Anforderungen an eine Softwareunterstützung.....	87
5.2	Architektur, verwendete Technologien und Systemvoraussetzungen.....	88
5.3	Aufgaben und Anwendung der Software	89
5.3.1	Bedienoberfläche	90
5.3.2	Zielsystem-Modul	91
5.3.3	Prozess-Modul	92
5.3.4	Methoden-Modul	93
5.3.5	Projektmanagement-Modul	95
5.3.6	Weitere Funktionen	95
6	Anwendung und Evaluation.....	96
6.1	Praxiseinsatz des Expertensystems	96
6.2	Verifikation des Software-Demonstrators.....	102
6.3	Validierung der Wissensbasis.....	104
6.4	Evaluation der Anwendbarkeit des Expertensystems	104
6.5	Nutzen und Grenzen des Expertensystems.....	107
7	Zusammenfassung und Ausblick	109
8	Literaturverzeichnis	111
9	Anhang.....	122
9.1	Darstellung der Zielinstanzen.....	122
9.1.1	Entwicklungsperspektive	122
9.1.2	Logistikperspektive	128
9.1.3	Produktionsperspektive	133
9.2	Darstellung der Prozessschrittinstanzen.....	138

9.2.1	Prozessmodell Angebotserstellung	139
9.2.2	Prozessmodell Entwicklung und Konstruktion	142
9.2.3	Prozessmodell Beschaffung	145
9.2.4	Prozessmodell Wareneingang	148
9.2.5	Prozessmodell Produktion	150
9.2.6	Prozessmodell Qualitätssicherung.....	154
9.3	Darstellung der Methodeninstanzen	155
9.4	Darstellung der Relationinstanzen.....	229
9.5	Beschreibung der Konzeptinstanzen anhand von Merkmalen	238
9.6	Evaluationsergebnisse der Algorithmen	248

Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
A	[-]	Menge der als TRUE prognostizierten Relationen
A'	[-]	Menge der als FALSE prognostizierten Relationen
B	[-]	Menge der als TRUE bewerteten Relationen
B'	[-]	Menge der als FALSE bewerteten Relationen
a	[-]	Betrag der Schnittmenge aus A und B
b	[-]	Betrag der Schnittmenge aus A und B'
c	[-]	Betrag der Schnittmenge aus A' und B
d	[-]	Betrag der Schnittmenge aus A' und B'
k	[-]	Korrektklassifikationsrate
r	[-]	Recall (Trefferquote)
p	[-]	Precision (Genauigkeit)
f	[-]	Fallout (Ausfallrate)
E	[-]	Effektivitätsmaß
α	[-]	Gewichtungsfaktor

Abkürzungen

a	Jahr
AMSDD	Aerospace Manufacturing System Design Decomposition
Anz.	Anzahl
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CAD	Computer Aided Design
CiP	Center für industrielle Produktivität
DM	Data Mining
DP	Design Parameter
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise Resource Planning
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FR	Functional Requirement

Fzg.	Fahrzeug
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GoM	Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung
GPS	Ganzheitliches Produktionssystem
IFA	Institut für Fabrikanlagen und Logistik
Jap.	Japan
KDD	Knowledge Discovery in Databases
KI	Künstliche Intelligenz
kmU	kleine und mittlere Unternehmen
KNN	künstliches neuronales Netz
MA	Mitarbeiter
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MSDD	Manufacturing System Design Decomposition
MTM	Methods Time Measurement
NC	Numerical Control
PDCA	Plan Do Check Act
PDF	Portable Document Format
PTW	Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen
QFD	Quality Function Deployment
ROI	Return on Invest
SCDD	Supply Chain Design Decomposition
SCM	Supply Chain Management
SMED	Single Minute Exchange of Die
SQL	Structured Query Language
Std.	Stunde
SVG	Scalable Vector Graphics
SVM	Support Vector Machine
TPS	Toyota Produktionssystem
USA	United States of America
WZB	Werkzeug- und Formenbau

1 Einleitung

In diesem einleitenden Kapitel wird zunächst auf die Entwicklung Ganzheitlicher Produktionssysteme eingegangen. Weiterhin werden verbreitete Ansätze zur Vermittlung von Produktionssystem-Wissen diskutiert, die im Rahmen der Entwicklung und Einführung eines unternehmensindividuellen Ganzheitlichen Produktionssystems von Bedeutung sind. Anschließend erfolgt eine Charakterisierung der Branche Werkzeug- und Formenbau. Aus der Gegenüberstellung der Ansätze zur Wissensvermittlung und den im Werkzeug- und Formenbau gegebenen Randbedingungen leitet sich die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegende Problemstellung ab. Abschließend wird kurz der Aufbau der Arbeit beschrieben.

1.1 Ganzheitliche Produktionssysteme heute

Produzierende Unternehmen aller Größen stehen nicht zuletzt infolge der im Jahr 2008 aufgetretenen Finanz- und Wirtschaftskrise vor der Herausforderung, kontinuierlich technische, organisatorische, qualitative und wirtschaftliche Potenziale zu erschließen. Die für die Potenzialerschließung notwendigen Methoden werden in sogenannten Ganzheitlichen Produktionssystemen (GPS) bereitgestellt [Ove08a].

In der Literatur ist eine Vielzahl von Definitionen für den Begriff Ganzheitliches Produktionssystem vorhanden. Folgt man der verbreiteten Definition nach DOMBROWSKI und SPATH, werden GPS als unternehmensspezifische, methodische Regelwerke zur umfassenden und durchgängigen Gestaltung der Produktion verstanden [Dom06a]. Sie dienen als eine Art Betriebsanleitung für die Produktion unter Berücksichtigung organisatorischer, personeller und wirtschaftlicher Aspekte [Spa03]. Begriffe wie Lean Production, Lean Management oder Produktionssystem werden synonym verwendet [Qua08].

Den Ursprung bzw. das Vorbild nahezu aller heute in der Industrie implementierten Produktionssysteme bildet das Toyota Produktionssystem [Oel00] (vgl. Bild 1.1, links). Im Gegensatz zu dem starken wirtschaftlichen Wachstum der westlichen Industriestaaten wie bspw. den USA und Westeuropa war die wirtschaftliche Entwicklung Japans in der Nachkriegszeit durch Rezession und Streiks gekennzeichnet [Ohn88]. In der Automobilproduktion führte dieser Umstand dazu, dass insbesondere durch die Toyota Motor Company die in der westlichen Welt verbreiteten Prinzipien der Massenproduktion nach dem Vorbild Henry Fords und Alfred Sloans an die Randbedingungen der japanischen Wirtschaftssituation angepasst und damit entscheidend verbessert wurden. So legte der Begründer der Toyota Automobilsparte, Kiichiro Toyoda, die Grundlagen für das heute weit verbreitete Just-In-Time und Pull-System. Er führte u. a. das Fließband in Japan ein, passte dieses aber an die geringen Produktionsvolumen der japanischen Industrie an, indem er jede Station nur exakt die von der nachgelagerten Station nachgefragten Teilemenge produzieren ließ (vgl. auch [Ohn88]). Auf diese Weise konnte Toyota eine im Umfeld des japanischen Marktes wirtschaftlich nicht tragbare, exzessive Lagerhaltung vermeiden.

Neben dem genannten Beispiel entwickelte das Unternehmen eine Vielzahl weiterer Ansätze (z. B. Automation: Möglichkeit zur Prozessunterbrechung bei Problemen, oder Total Quality Control: Mechanismen zur vollständigen Fehlervermeidung), fügte diese im Toyota Produktionssystem (TPS) zusammen und setzte sie bis Ende der 1970'er Jahre entlang der gesamten Lieferkette durch [Oel00]. Ziel aller Ansätze und Maßnahmen ist die Vermeidung von Verschwendung wie z. B. Überproduktion, Wartezeiten, unnötige Transporte und Lagerbestände oder Fehler [Lik07].

Mit Veröffentlichung einer durch das International Motor Vehicle Program des Massachusetts Institute of Technology (MIT) durchgeführten Studie zum Vergleich von 90 Automobilwerken begann die Verbreitung des TPS. Die Ergebnisse der Studie wurden von WOMACK, JONES und ROOS 1990 in dem Bestseller „The Machine that Changed the World“ [Wom90] publiziert. Tabelle 1.1 stellt Auszüge der Studienergebnisse dar: im Kern stellten die Wissenschaftler fest, dass japanische Werke deutlich weniger Ressourcen verbrauchten und damit besser Verschwendung vermieden als amerikanische oder europäische Werke.

Tabelle 1.1: Vergleichszahlen Automobilwerke [Wom90]

	Jap. Werke in Jap.	Jap. Werke in USA	US-Werke in USA	Werke in Europa
Produktivität [Std./ Fzg.]	16,8	21,2	25,1	36,2
Montagefehler [Anz./ 100 Fzg.]	60,0	65,0	82,3	97,0
Fläche [m ² / Fzg./ a]	0,5	0,8	0,7	0,7
Nacharbeitsbereich [% Montagefläche]	4,1	4,9	12,9	14,4
Lagerbestand [Tage für 8 Beispielteile]	0,2	1,6	2,9	2,0
Arbeiter in Teams [%]	69,3	71,3	17,3	0,6
Verbesserungsvorschläge [Anz./ MA a]	61,6	1,4	0,4	0,4
Abwesenheit [%]	5,0	4,8	11,7	12,1

Aufgerüttelt durch die MIT-Studie haben in den vergangenen Jahren insbesondere viele Automobilhersteller (z. B. Daimler, Audi oder Porsche), deren Zulieferer (z. B. Bosch), aber auch Unternehmen anderer Branchen (z. B. Heidelberger Druckmaschinen) ein Produktionssystem nach dem Vorbild Toyotas implementiert [Dom06b], [Oel00] oder wenigstens einzelne Methoden, wie bspw. Kanban oder Gruppenarbeit, eingeführt [Kor05]. Bild 1.1 fasst die beschriebene, über einhundertjährige Entwicklung der heutigen Produktionssysteme zusammen.

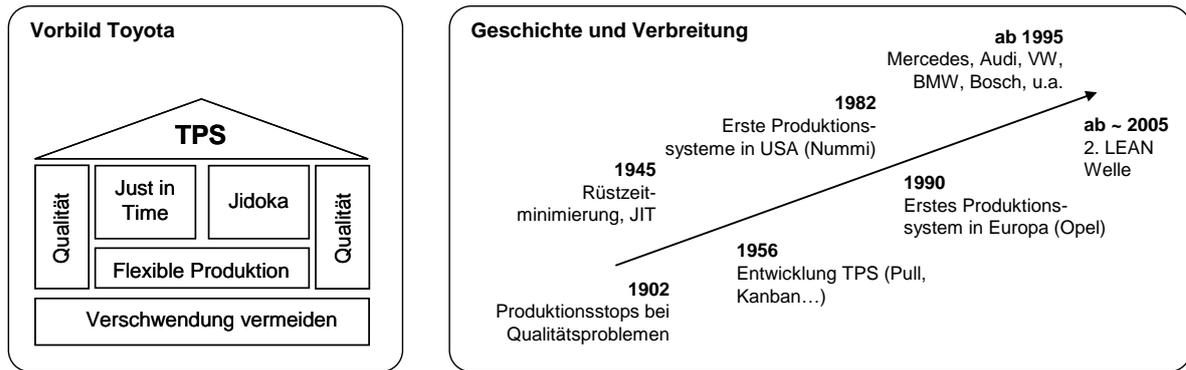


Bild 1.1: TPS - Geschichte und Verbreitung von Produktionssystemen (in Anlehnung an [MTM01])

Beispiele aus der industriellen Praxis zeigen, dass durch die Einführung eines Produktionssystems deutliche Verbesserungen, u. a. bei Produktivität, Durchlaufzeit, Termintreue oder Bestand, erreicht werden können [Spa03], [Tak04]. SPATH [Spa03] führt beispielsweise auf, dass

- die Festool GmbH die Produktivität verdoppelt, die Lagerbestände um 40 % reduziert und die Rüstzeiten um bis zu 90 % gesenkt hat.
- die SEW Eurodrive GmbH & Co. KG die Termintreue von 66 % auf 99 % erhöht und gleichzeitig die Lieferzeiten von dreizehn auf zwei Tage gesenkt hat.
- die SUSPA Holding GmbH die Reklamationen um 85 % und den Ausschuss um 75 % reduziert hat.

Allerdings sind nicht alle Unternehmen bei der Einführung eines Produktionssystems derart erfolgreich. Die Ursachen dafür sind eine mangelnde Vorbereitung, Überzeugung und Konsequenz [Qua08] oder die unzureichende Berücksichtigung von Wirkzusammenhängen einzelner Lean-Methoden [Zäh06]. Eine Hauptursache für das Scheitern von Produktionssystem-Einführungen liegt außerdem darin, dass ein Produktionssystem nicht eins zu eins kopiert werden kann, sondern immer eine unternehmensindividuelle Anpassung und Ausgestaltung notwendig ist [Dom06a], [Kor05], [Lik07], [Oel00], [Rum05], [Spa03], [Zäh06]. Diese Individualisierung ist erforderlich, da Produktionssysteme nicht als losgelöstes Konstrukt verstanden werden können, sondern immer im Zusammenwirken mit dem entsprechenden Unternehmenskontext zu sehen sind [Dom06a], [Klem09] [Lik07], [MTM01], [Oel00], [Zäh06]. Dieser Zusammenhang ist offensichtlich. Bspw. hat der Einsatz einer Methode (z. B. 5A-Methode) einen direkten Einfluss auf den entsprechenden Arbeitsplatz und Fertigungsprozess im Unternehmen (Kontext) bzw. fordert der aktuelle Zustand des Kontexts (z. B. unnötige Wege der Mitarbeiter im Montageprozess) den Einsatz bestimmter Methoden (z. B. Materialflussplanung).

Aus diesem Zusammenhang wird deutlich, dass die erfolgreiche Einführung und der nutzbringende Betrieb eines Produktionssystems umfangreiches Wissen, z. B. über die Wirkung und Interaktion einzelner Lean-Methoden im Kontext des jeweiligen

Unternehmens, erfordert (vgl. auch [Dom07], [Wil06]). Eine Aussage der Toyota Motor Company bestärkt diese Feststellung (vgl. auch [Oel00]):

Sobald etwas - irgend etwas - produziert werden soll, muss es Regeln oder eine systematische Methodik zur Produktion eines Gutes geben. Die Tatsache, ob die Mitarbeiter diese Regeln verstanden haben oder nicht, hat einen entscheidenden Einfluss auf Produktqualität, Kosten, Arbeitssicherheit und alle anderen Bestimmungsgrößen von Erfolg oder Misserfolg.

1.2 Aufbau von Produktionssystem-Wissen

Mit dem Ziel, ein GPS erfolgreich einzuführen und zu nutzen, steht jedes Unternehmen somit vor der Herausforderung, Produktionssystem-Wissen in der eigenen Organisation aufzubauen [Ull09a]. Für eine sinnvolle Definition des Terminus Produktionssystem-Wissen ist die inhaltliche Klärung der Begriffe Daten, Information und Wissen notwendig.

Bild 1.2 veranschaulicht die hierarchischen Zusammenhänge zwischen Zeichen, Daten, Informationen und Wissen. Die unterste Ebene bildet ein Vorrat an Zeichen. Erst durch eine sinnvolle Aneinanderreihung der Zeichen (Syntax) werden Daten gebildet [Bod06]. Diese sind zunächst reine Fakten, ohne besondere Struktur. Daten werden zu Informationen, wenn ihnen eine Bedeutung (Semantik) zugeordnet wird, d. h. die Daten bspw. kontextualisiert oder kategorisiert werden (vgl. [Bod06], [Wre07]). Nach DAVENPORT und PRUSAK [Dav98] ist Wissen eine Mischung aus strukturierten Erfahrungen, Wertvorstellungen, Kontextinformationen und Fachkenntnissen, die in ihrer Gesamtheit einen strukturierten Rahmen für die Interpretation neuer Informationen bietet. Wissen entsteht demnach aus der Vernetzung bzw. dem in Beziehung setzen verschiedener Informationen vor dem Hintergrund individueller Erwartungen und Erfahrungen [Wre07].

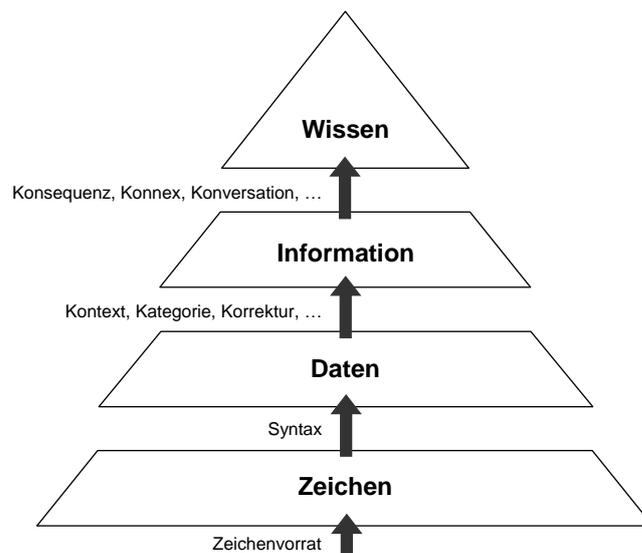


Bild 1.2: Begriffshierarchie (in Anlehnung an [Wre07], [Bod06])

Für eine Definition des Begriffs Produktionssystem-Wissen ist also entscheidend, welche Informationen verknüpft werden. In Kapitel 1.1 wurde aufgezeigt, dass Produktionssysteme immer im individuellen Kontext eines Unternehmens wirken. Daraus folgend kann Produktionssystem-Wissen als die Vernetzung von Produktionssystem-Information und Kontext-Information verstanden werden. An einem konkreten Beispiel formuliert ist es das Wissen, welche Produktionssystem-Methode sinnvoll im jeweils gegebenen Unternehmenskontext eingesetzt werden kann.

Die Bereitstellung einer Umgebung, in der die Transformation von Daten über Informationen zu Wissen stattfinden kann und die den Austausch von Wissen ermöglicht, wird als Wissensmanagement verstanden [Arn05]. Nach PROBST ET AL. [Pro99] sind die Bausteine des Wissensmanagements (vgl. Bild 1.3): Festlegung von Wissenszielen, Wissensidentifikation, -erwerb, -entwicklung, -verteilung, -nutzung, -bewahrung und -bewertung.

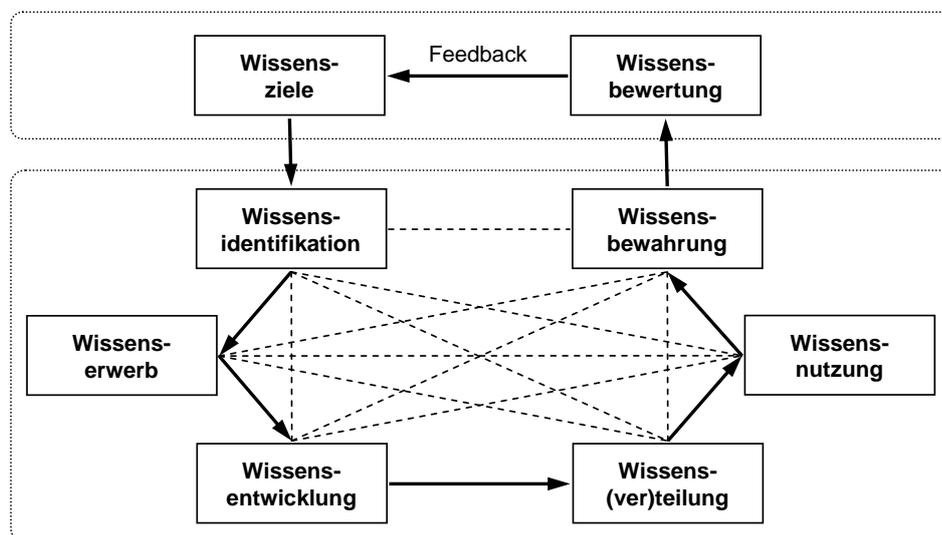


Bild 1.3: Bausteine des Wissensmanagements (nach [Pro99])

Für den Aufbau von Produktionssystem-Wissen sind insbesondere die drei Schritte Wissensidentifikation, -erwerb und -entwicklung entscheidend. Dabei stehen die folgenden, klassischen Wissensquellen zur Verfügung:

- **Nutzung der über GPS vorhandenen Literatur:** Die Gedanken und Ansätze des Lean Production können durch Textbeiträge vermittelt werden. Oftmals handelt es sich dabei um Best-Practice-Berichte, die eng mit einzelnen, herausragenden Unternehmen wie Toyota verknüpft sind. Zwei bekannte Beispiele sind „The Machine That Changed the World“ [Wom90] oder „Der Toyota Weg“ [Lik07]. Daneben existiert eine Vielzahl weiterer Veröffentlichungen [Wil06]. Die dafür notwendigen Anschaffungskosten sind vergleichsweise gering, allerdings erfordert die Lektüre allein der bekanntesten Beiträge viel Zeit und setzt zum Teil ein vertieftes Fach- und Methodenwissen, z. B. in der Produktionslogistik, voraus.

- **Austausch mit einem Produktionssystem-erfahrenen Unternehmen:** Neben dem Studium umfangreicher Literatur besteht die Möglichkeit, im Sinne eines Benchmarks den direkten Kontakt zu Unternehmen mit einem eigenen GPS zu suchen [Dom07], [Spa03]. Allerdings ist die Bereitschaft entsprechender Unternehmen zu einem umfangreichen Erfahrungs- und Wissensaustausch begrenzt, da die erfolgreiche Entwicklung und der Betrieb des eigenen GPS mit großem Aufwand erarbeitet wurden und meist einen Wettbewerbsvorteil darstellen. Wird dennoch ein Partner für einen Erfahrungsaustausch gefunden, sind die dafür notwendigen finanziellen Ressourcen in der Regel gering. Der personelle Aufwand sowie das erforderliche methodische Wissen für die unternehmensindividuelle Anpassung sind allerdings hoch.
- **Einkauf externer Produktionssystem-Kompetenz:** Alternativ können externe Beratungskräfte bzw. Experten samt dem durch sie verfügbaren Wissen eingekauft werden, um z. B. durch Pilotprojekte Produktionssystem-Wissen in der eigenen Organisation aufzubauen [Dom07], [Dom08], [Tak04]. Allerdings ist mit dem Einkauf externer Beratungsleistung meist ein erheblicher finanzieller Aufwand verbunden. Weiterhin ist z. B. für Schulungsmaßnahmen oder Pilotprojekte die Freistellung von Personalkapazitäten sowie Fach- und Methodenwissen erforderlich.

Grundsätzlich ist auch eine Kombination der genannten Wissensquellen möglich. Tabelle 1.2 fasst die Betrachtungen hinsichtlich des jeweiligen finanziellen und personellen Aufwands sowie des erforderlichen Fachwissens zusammen. Neben der Ressourcenintensität ist mit den beiden letztgenannten Quellen zur Etablierung von Produktionssystem-Wissen weiterhin der Nachteil verbunden, dass das Wissen personengebunden bleibt und bspw. beim Ausscheiden des Produktionssystem-Beauftragten aus dem Unternehmen verloren geht.

Tabelle 1.2: Bewertung vorhandener Wissensquellen

	Finanzieller Aufwand	Personeller Aufwand	notw. Methodenwissen
Nutzung der über GPS vorhandenen Literatur	Gering	Hoch	Hoch
Austausch mit Produktionssystem-erfahrenen Unternehmen	Gering	Hoch	Hoch
Einkauf externer Produktionssystem-Kompetenz	Hoch	Mittel	Mittel

Insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen (kmU) stehen die beschriebenen Wissens-, Finanz- und Personalressourcen oftmals nicht zur Verfügung [Ove08b]. Dementsprechend sind GPS bei kmU wenig verbreitet [Aur06], [Her07], [Str07].

1.3 Charakterisierung des Werkzeug- und Formenbaus

Der Werkzeug- und Formenbau ist in Deutschland als spezialisiertes Bindeglied zwischen Bauteilentwicklung und Serienproduktion eine Schlüsselbranche in der industriellen Wertschöpfungskette [Fri06], [Lob01]. Die Betriebe sind in der Regel kmU [Klo02], die kapitalintensive Investitionsgüter in kundenspezifischer Einzelfertigung produzieren. Die Kunden kommen aus unterschiedlichen Branchen mit verschiedenen Anforderungen und Rahmenbedingungen. Die Auftragserteilung erfolgt kurzfristig mit festgelegten Lieferterminen, wodurch die Unternehmen oftmals starken Auslastungsschwankungen unterworfen sind [Fri05].

Deutsche Werkzeug- und Formenbaubetriebe waren in der Vergangenheit ihrer ausländischen Konkurrenz oftmals unterlegen. Als wesentlicher Grund hierfür können Schwächen in den Organisationsstrukturen der Unternehmen aufgeführt werden. So lagen bspw. die Durchlaufzeiten der Auftragsbearbeitung um bis zu 70 % über internationalen Vergleichszahlen [ANT02, SCH03] (vgl. Bild 1.4). Obwohl der deutsche Werkzeug- und Formenbau im internationalen Vergleich in den letzten Jahren wieder aufgeholt hat, muss sich die Branche gegenüber neuen Wettbewerbern aus Niedriglohnländern wie Osteuropa oder China vor dem Hintergrund eines immensen Kostendrucks behaupten [Fri05]. In Verbindung mit zunehmenden Standardisierungsbemühungen der Industrie, wie z. B. Gleichteilstrategien in der Automobilindustrie, hat dieser Umstand dazu geführt, dass deutliche Überkapazitäten am Markt vorhanden sind [Fri06]. Infolge dieses zunehmenden Wettbewerbsdrucks kommen auf die Unternehmen der Branche neue Anforderungen zu, wie z. B. steigende Produktkomplexität, höhere Qualitätsstandards, höhere Liefertreue, Zertifizierungspflichten für Prozesse und Produkte sowie zusätzliche Aufgaben als Dienstleister und Systemlieferant [Sch07]. Die derzeitige Finanz- und Wirtschaftskrise erzeugt hierbei zusätzlichen Handlungsdruck [Ull09a], [Zed09].

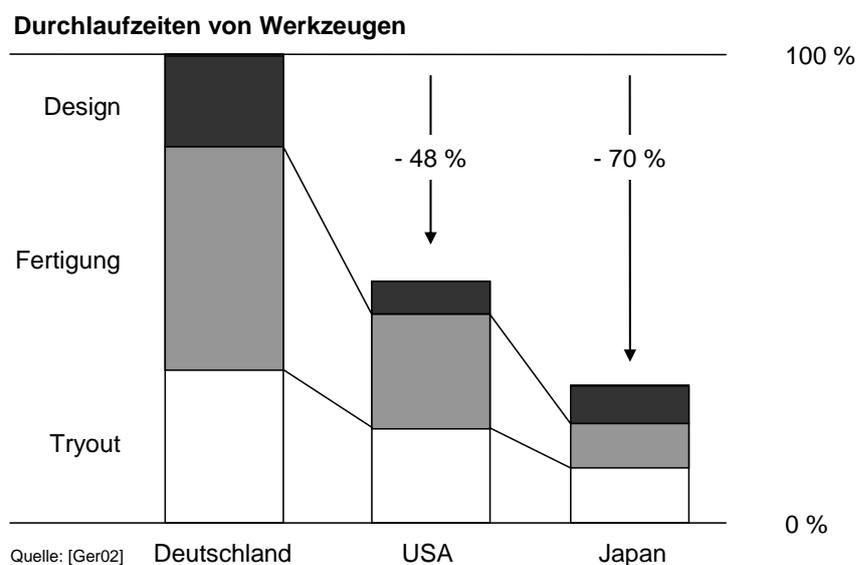
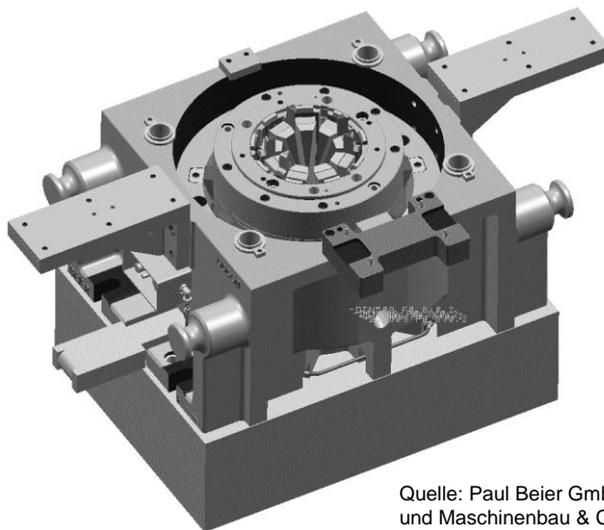


Bild 1.4: Durchlaufzeiten von Werkzeugen im internationalen Vergleich

Die Produkte des Werkzeug- und Formenbaus sind Unikate, die in Einzelfertigung hergestellt werden [Tra01]. Nur in seltenen Ausnahmefällen werden mehrere Werkzeuge benötigt, bspw. wenn die erforderliche Teilezahl größer als die Standzeit des Werkzeugs ist [Fri06]. Weiterhin sind Werkzeuge und Formen in der Regel komplex, da neben anspruchsvollen formgebenden Teilen, bei denen sowohl die Präzision der Form als auch die Oberflächengüte von hoher Bedeutung sind, das Werkzeug auch zahlreiche Funktionen integriert [Klo04]. So werden bspw. häufig bewegliche Elemente wie Keile und Schieber verwendet, um komplexe Geometrien fertigen zu können. Ein Werkzeug kann aus mehreren tausend Einzelteilen bestehen, die zu einem großen Anteil individuell angefertigt werden [Fri06]. Die Herstellung von Werkzeugen ist daher sehr personalintensiv und verlangt aufgrund kaum berechenbarer Faktoren, wie z. B. Rückfederung oder Schwindung, sehr viel Erfahrung [Haa04]. Bild 1.5 zeigt ein beispielhaftes Stufenwerkzeug.



Quelle: Paul Beier GmbH Werkzeug- und Maschinenbau & Co. KG

Bild 1.5: Beispielhaftes Stufenwerkzeug

Der Werkzeug- und Formenbau ist eine sehr heterogene und stark fragmentierte Branche [Fri06]. Grundsätzlich sind im Werkzeugbau zwei gegensätzliche Marktzüge möglich: einerseits als unabhängiger, „externer“ Werkzeugbau und andererseits als „interner“ Werkzeugbau in einem größeren Unternehmen [Itt04]. Trotz dieser Unterscheidung zeigt sich weltweit ein generelles Muster bezüglich der Unternehmensgröße (vgl. Tabelle 1.3). Die existierenden Schätzungen bzw. Zahlen der Branchenstruktur zeigen, dass der typische Werkzeug- und Formbau zwischen 25 - 100 Mitarbeiter stark ist, die durchschnittliche Größe bei etwa 50 Mitarbeitern liegt und nur ein geringer Prozentsatz größer als 100 Mitarbeiter ist [Fri05]. Lediglich im Automobilsektor existieren einige wenige Betriebe mit über 1000 Mitarbeitern [Gru04]. Infolge der geringen Unternehmensgröße sind die Personal- und Managementkapazitäten somit gering [Spe01], [Ove08]. Der Großteil der Mitarbeiter ist mit der operativen Produktentstehung von der Angebotserstellung über die Konstruktion, Produktion und Auslieferung beschäftigt.

Tabelle 1.3: Anzahl der Mitarbeiter in Werkzeug- und Formenbauunternehmen weltweit [Fri06]

Anzahl Mitarbeiter	Deutschland	USA	Japan	China	Taiwan
< 19	4.000	5.500	10.913	13.968	1.282
20 - 99	1.500	1.599	1.080	5.704	613
100 - 249	130	157	121	687	74
> 250	20	22	11	295	31

Mit der geringen Unternehmensgröße sind in der Regel auch sehr begrenzte finanzielle Ressourcen verbunden. Diese Situation wird durch die im Werkzeug- und Formenbau üblichen Zahlungsbedingungen sowie durch die hohen Selbstkosten pro Werkzeug verschärft. Waren in der Vergangenheit noch Abschlagszahlungen von z. B. 30 %, 60 % und 10 % üblich, fordern einige Werkzeugbaukunden, insbesondere aus der Automobilindustrie, sogenannte Pay-on-production-Verträge, bei denen die Zahlung an den Werkzeugbauer an den tatsächlichen Produktionsbeginn auf dem Werkzeug gekoppelt ist [Wes02]. Das damit verbundene Risiko eines negativen Cash-Flows sowie der selbst in Spitzenzeiten niedrigen Umsatzrendite [Fri06] spiegelt die teilweise kritische finanzielle Lage in den Unternehmen der Branche wider.

Infolge des personalintensiven und erfahrungsbasierten Produktentstehungsprozesses herrscht in der Branche ein umfangreiches technologisches Wissen vor [Ove08a]. Aufgrund der beschriebenen geringen Unternehmensgröße und den daraus resultierenden flachen Hierarchien sind die vorhandenen Managementkompetenzen und -kapazitäten in den Unternehmen wenig ausgeprägt [Spe01]. Diese Einschätzung wird durch eine in ausgewählten Werkzeug- und Formenbauunternehmen durchgeführte Befragung zur Erfassung des vorhandenen Methodenwissens bestätigt (vgl. [Ove08a]). Die Befragung von 29 Personen ergab, dass:

- das in den betrachteten Unternehmen vorhandene praktische Methodenwissen insgesamt gering ist.
- das praktische Methodenwissen leitender Angestellter (17 Befragte) im Vergleich zu Mitarbeitern ohne Führungsverantwortung (12 Befragte) fast doppelt so groß ist.

Bild 1.6 zeigt die prozentuale Häufigkeit bezogen auf die Nennung der Antwortmöglichkeiten (A)-(E). Gemittelt über alle Teilnehmer sind im Durchschnitt 27 % der aufgeführten Methoden unbekannt (A). Für 13 % ist lediglich der Name ohne inhaltliche Kenntnis der Methode (B) bekannt. Bei 28 % der aufgeführten Methoden sind theoretische Kenntnisse der Methodenanwendung vorhanden (C). Für etwas weniger als ein Drittel der Methoden liegen praktische Kenntnisse vor: Ungefähr 26 % werden gelegentlich eingesetzt (D), bei durchschnittlich 5 % der Methoden bezeichnen sich die Befragten als Experten. Insgesamt wurden somit für lediglich 31 % der abgefrag-

ten Methoden Erfahrungen in der Methodenanwendung angegeben. Für die restlichen 69 % liegen entweder gar keine oder nur theoretische Kenntnisse vor. Für eine ausführliche Darstellung der Befragung wird auf OVERMEYER und ULLMANN [Ove08a] verwiesen.

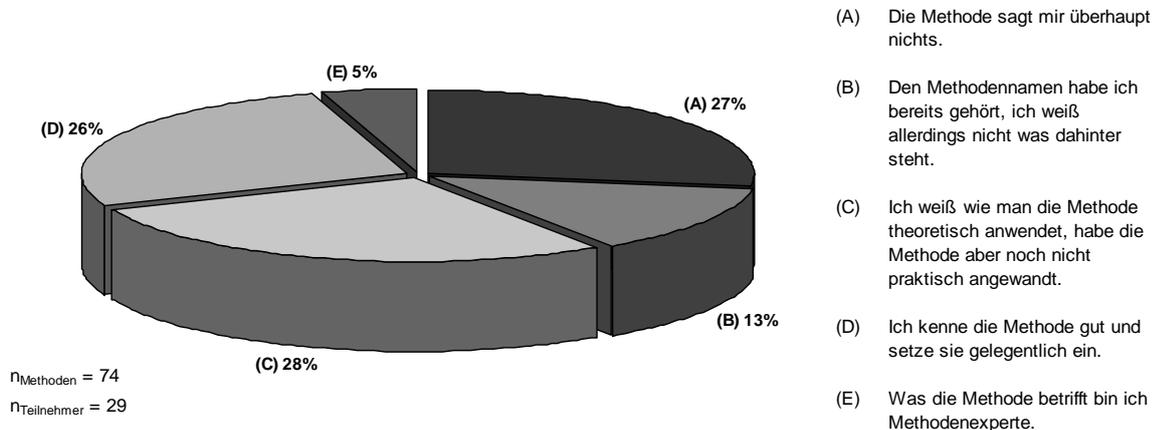


Bild 1.6: Methodenwissen in den befragten Unternehmen gemittelt über alle Methoden und alle Teilnehmer [Ove08a]

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Werkzeug- und Formenbauunternehmen in einem anspruchsvollen Wettbewerbsumfeld agieren müssen. Infolge der geringen Unternehmensgröße und der komplexen, kapitalintensiven Produkte verfügen die Unternehmen in der Regel nur über sehr geringe personelle und finanzielle Mittel. Das in der Branche vorhandene Methodenwissen ist gering.

1.4 Resultierende Problemstellung

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Wettbewerbssituation sind auch die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus gezwungen, verstärkt Verbesserungspotenziale in technischer, organisatorischer, qualitativer und wirtschaftlicher Sicht zu erschließen [Tön03]. Die in Kapitel 1.1 diskutierten Ganzheitlichen Produktionssysteme sind dafür grundsätzlich geeignet [Fri06], [Ove08a], [Spe09].

Obwohl in jüngerer Vergangenheit vereinzelt Arbeiten, z. B. zur Synchronisierung im Werkzeugbau, durchgeführt wurden (vgl. z. B. [Sch09], [Wal06]), sind GPS im Werkzeug- und Formenbau kaum verbreitet. Warum sich Produktionssysteme in der Branche bisher nicht durchgesetzt haben, verdeutlicht die systematische Gegenüberstellung des für den Aufbau von Produktionssystem-Wissen notwendigen Aufwands (vgl. Kapitel 1.2) mit den im Werkzeug und Formenbau verfügbaren Ressourcen (vgl. Kapitel 1.3). Bild 1.7 zeigt bspw. auf, dass die für den Einkauf externer Produktionssystem-Kompetenz, z. B. in Form von Beratungsleistung, notwendigen finanziellen Mittel in den Werkzeug- und Formenbauunternehmen in der Regel nicht vorhanden sind. Finanziell geeignete Alternativen, wie z. B. die Verwendung von

GPS-Literatur oder der Austausch mit Produktionssystem-erfahrenen Unternehmen, erfordern allerdings umfangreiche personelle Ressourcen sowie umfassendes Fach- und Methodenwissen, die dem Werkzeug- und Formenbau ebenfalls nicht zur Verfügung stehen. Ein weiterer Grund für die geringe Verbreitung Ganzheitlicher Produktionssystem liegt in der Fertigungsorganisation der Branche. Als Hersteller von Unikaten in einer klassischen Werkstattfertigung haben für die Unternehmen die auf die Automobilindustrie (Serienfertiger) ausgelegten Ansätze, bspw. der getakteten Fließfertigung oder des Total Productive Maintenance, in der Vergangenheit vermeintlich kaum eine Rolle gespielt.

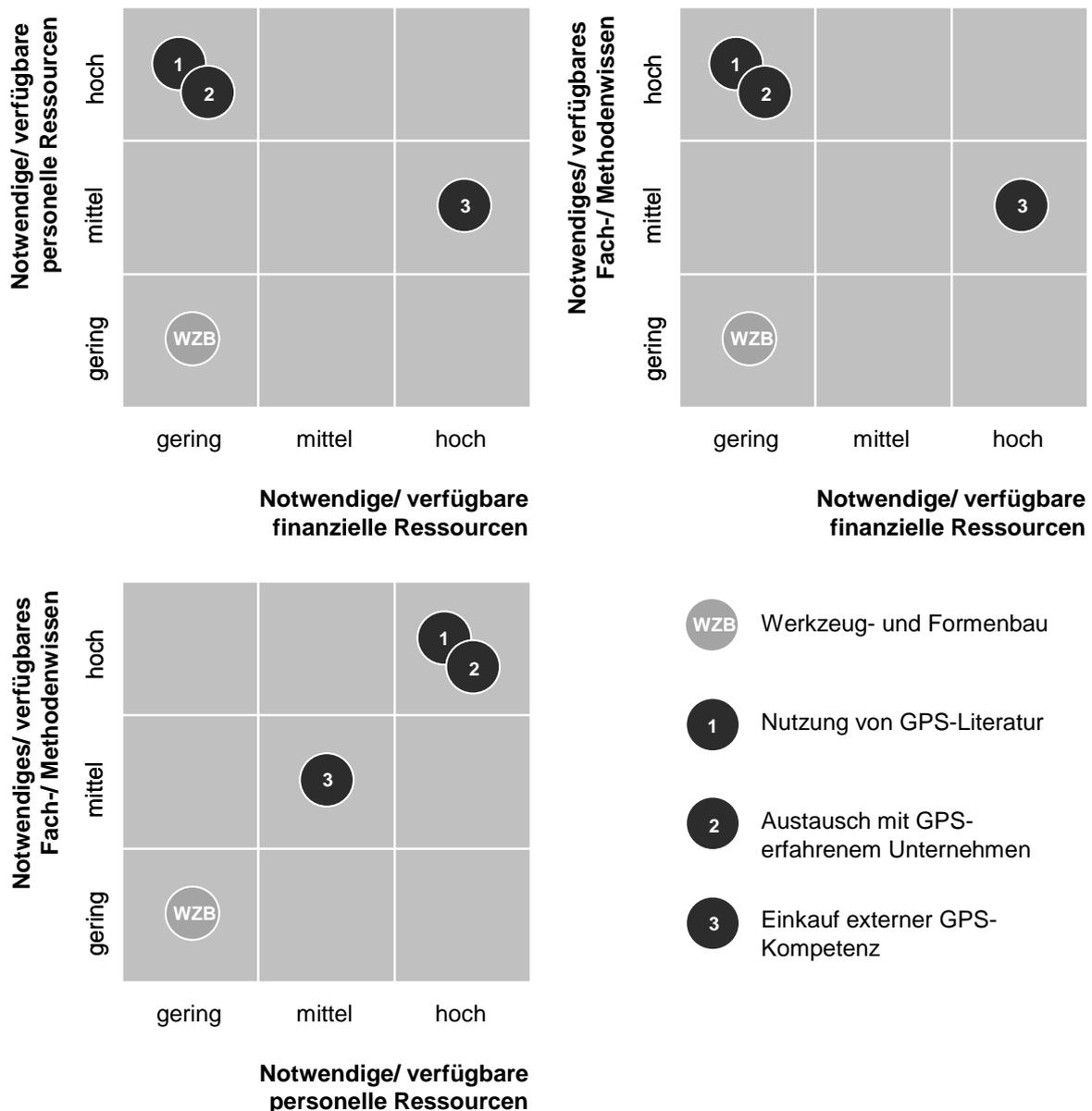


Bild 1.7: Gegenüberstellung im Werkzeug- und Formenbau verfügbarer und notwendiger Ressourcen zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen

Vor dem beschriebenen Hintergrund leitet sich die Problemstellung für die vorliegende Arbeit ab: infolge branchenspezifischer Charakteristika sind die vorhandenen, klassischen Quellen zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus nicht geeignet. Demzufolge sind alternative Lösungen für den Aufbau und die Nutzung von Produktionssystem-Wissen zu suchen oder, wenn nicht vorhanden, zu entwickeln. Dadurch wären die Unternehmen der Branche in der Lage, die Herausforderungen hinsichtlich der Verbesserung der Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit zu meistern.

1.5 Aufbau der Arbeit

Auf dieses einleitende Kapitel folgt die Darstellung des aktuellen Stands des Wissens (Kapitel 2). Dabei werden auf Basis definierter Anforderungen an die Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen vorhandene Ansätze diskutiert und bewertet. In Kapitel 3 werden darauf aufbauend Handlungsbedarfe identifiziert und die Motivation und Zielstellung der vorliegenden Arbeit formuliert. Im Anschluss wird in Kapitel 4 und 5 die Konzeption und softwaretechnische Umsetzung eines Expertensystems beschrieben. Kapitel 6 beschreibt die Anwendung und Validierung des Systems. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick über weitere Forschungsarbeiten gegeben (Kapitel 7).

2 Stand der Wissenschaft

Nach der Definition von Anforderungen werden ausgewählte Ansätze zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen vorgestellt. Diese unterscheiden sich zu den in Kapitel 1.2 beschriebenen klassischen Wissensquellen bspw. dadurch, dass Wissen software-basiert bereitgestellt wird. Die Ansätze werden anhand der Anforderung bewertet. Im Anschluss wird die Verwendung wissensbasierter Systeme als alternativer, bisher noch nicht verfolgter Lösungsansatz vorgestellt. Dabei wird deutlich, dass entsprechend ausgelegte Systeme die Anforderungen besser erfüllen können als die bisher vorhandenen Ansätze.

2.1 Anforderungen an die Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen

Um alternative, für den Werkzeug- und Formenbau geeignete Lösungen zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen zu identifizieren, zu evaluieren, oder bei Bedarf zu entwickeln, ist die Definition von Anforderungen notwendig. Entsprechende Anforderungen leiten sich aus den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Zusammenhängen ab. Aus Kapitel 1.1 und 1.2 wird deutlich, dass Wissen eine entscheidende Rolle im Kontext Ganzheitlicher Produktionssysteme spielt. Es wurde aufgezeigt, dass

- die erfolgreiche Einführung sowie der Betrieb eines Produktionssystems den Aufbau von Produktionssystem-Wissen voraussetzt.
- Produktionssystem-Wissen aus der Vernetzung von Produktionssystem-Information und Kontext-Information entsteht.

Die in Kapitel 1.2 diskutierten Wissensquellen unterstützen einen entsprechenden Wissensaufbau, indem Produktionssystem-Information und Kontext-Information miteinander verknüpft werden. Bspw. kann ein externer Berater durch die Analyse und Interpretation des jeweils gegebenen Unternehmenskontexts entscheiden, welche Lean-Methode an welcher Stelle im Unternehmen nutzbringend umzusetzen ist. Eine entsprechende Entscheidung kann auch durch die Verwendung vorhandener Literatur zu Best-Practice-Beispielen oder den Austausch mit Produktionssystem-erfahrenen Unternehmen erfolgreich getroffen werden, auch wenn in diesem Fall eine Übertragungsleistung durch den Anwender erforderlich ist.

Entsprechend den beschriebenen Zusammenhängen **muss auch ein alternativer Lösungsansatz zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen die Vernetzung von für den Anwender neuer Produktionssystem-Information und dem Anwender bekannter Kontext-Information unterstützen** (Anforderung A1). Demzufolge ist es erforderlich, dass der Lösungsansatz:

- Produktionssystem-Information abbildet (A1.1).
- Kontext-Information abbildet (A1.2).
- Produktionssystem- und Kontext-Information miteinander verknüpft (A1.3).

Weiterhin wurden in Kapitel 1.1 und 1.3 die Herausforderungen bei der Einführung Ganzheitlicher Produktionssysteme diskutiert und die Ursachen für ihre geringe Verbreitung in der Branche Werkzeug- und Formenbau aufgeführt. Demnach sind:

- Produktionssysteme unternehmensspezifisch.
- die in den Werkzeug- und Formenbauunternehmen vorhandenen Wissens-, Finanz- und Personalressourcen gering.

Daraus folgt, dass die in einem Lösungsansatz abgebildeten Kontextinformationen sowie die Verknüpfung von Kontext- und Produktionssystem-Informationen (vgl. A1.2 und A1.3) für das jeweils betrachtete Unternehmen spezifisch auszugestalten sind. Die dafür notwendigen Ressourcen werden in der vorliegenden Arbeit als Individualisierungsaufwand bezeichnet.

Für die in Kapitel 1.2 beschriebenen klassischen Lösungsansätze ist dieser Aufwand im Vergleich zu den verfügbaren Ressourcen zu hoch. Der Individualisierungsaufwand entspricht dabei der oben genannten Übertragungsleistung. Im Fall einer externen Beratung wird diese durch den Berater erbracht und in Form eines Honorars vergütet. Bei der Nutzung vorhandener GPS-Literatur oder dem Austausch mit Produktionssystem-erfahrenen Unternehmen wird sie durch Mitarbeiter des Unternehmens erbracht und äußert sich z. B. in Form der aufzuwendenden Zeit.

Grundsätzlich ist der Individualisierungsaufwand minimal, wenn der Anpassungsbedarf, bspw. der in einem Lösungsansatz abgebildeten Kontext-Informationen an den jeweils tatsächlich gegebenen Unternehmenskontext, so gering wie möglich und gleichzeitig der Ressourceneinsatz für diese notwendige Anpassung minimal ist.

Ein im Mittel geringer Anpassungsbedarf kann durch einen maximalen Branchenbezug der Lösung im Sinne eines Referenzmodells (vgl. z. B. [Bec99], [Fet04], [Fet07]) erreicht werden. D. h. der Lösungsansatz bildet Branchencharakteristika in Form von Kontext-Information und der Verknüpfung von Kontext- und Produktionssystem-Information so spezifisch wie möglich und allgemeingültig wie nötig ab. Weiterhin ist der Ressourceneinsatz dann minimal, wenn der jeweilige Lösungsansatz Ressourcen effizient nutzt, d. h. mit einem vergleichsweise geringen Ressourceneinsatz eine maximale Anpassungsleistung erzielt, um von einer branchenspezifischen aber noch immer unternehmensneutralen zu einer tatsächlich unternehmensindividuellen Lösung zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen zu gelangen.

Entsprechend der aufgezeigten Argumentation **muss der Lösungsansatz einen für den Anwender geringen Individualisierungsaufwand aufweisen** (Anforderung A2). Demzufolge ist es erforderlich, dass der Lösungsansatz:

- einen maximalen Bezug zu der Branche Werkzeug- und Formenbau aufweist (A2.1).
- den notwendigen Anpassungsbedarf ressourceneffizient erfüllt (A2.2).

2.2 Vorhandene Ansätze zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen

Wie in Kapitel 1.4 aufgezeigt wurde, sind die vorhandenen, klassischen Quellen zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus wenig geeignet. Aus diesem Grund werden in dem vorliegenden Kapitel alternative Ansätze zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen vorgestellt, die zwar indirekt auf den in Kapitel 1.2 beschriebenen Wissensquellen basieren, das Wissen jedoch in anderer Form repräsentieren und vermitteln. Die diskutierten Ansätze werden anhand der in dem vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Anforderungen bewertet. Die Bewertung der Anforderungserfüllung erfolgt qualitativ auf Basis der Ausprägungen *hoch* (3), *mittel* (2) oder *gering* (1).

2.2.1 Ansätze auf Basis einfacher semantischer Netze

Als semantisches Netz wird ein formales Modell von Begriffen und qualifizierten Relationen zwischen diesen Begriffen bezeichnet [Sow91]. Semantische Netze gelten als Form der Wissensrepräsentation und eignen sich somit grundsätzlich für die Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen. Einige in der Literatur vorhandene Arbeiten nutzen diese Repräsentationsform, um, oft in Ergänzung zu Textbeiträgen, Produktionssystem-Wissen zu vermitteln.

Bspw. zeigen ZÄH und AULL [ZÄH06] die Abhängigkeiten von Methoden des Toyota-Produktionssystems (TPS) in einem einfachen semantischen Netz auf (vgl. Bild 2.1). Die Autoren argumentieren, dass ein exaktes Verständnis der TPS-Methoden und ihrer Auswirkungen und Wirkzusammenhänge notwendig ist, um ein individuelles Produktionssystem zu gestalten und einzuführen. Für die Entwicklung des semantischen Netzes wurden die Arbeiten von OHNO [Ohn88], SHINGO [Shi89] und TAKEDA [Tak04] verwendet. Die in Bild 2.1 dargestellten Zusammenhänge sind qualitativer Natur und können bspw. als *5S ist Voraussetzung für Standardisierung* gelesen werden. ZÄH und AULL weisen außerdem darauf hin, dass für weitere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Produktionssystem-Gestaltung und Implementierung eine quantitative Beschreibung der Wirkzusammenhänge zwischen den einzelnen Methoden sowie zwischen Methoden und Fabrikssystemen erforderlich ist.

Eine ähnliche Herangehensweise wird von KORTMANN und UYGUN [Kor07] bzw. STRAUSBERG und KESSLER [Str07] gewählt. Im Rahmen eines Forschungsprojekts (vgl. Kapitel 2.2.4) untersuchten die Autoren u. a. die Interaktion von 15 sogenannten Basismethoden und leiteten daraus eine Implementierungsreihenfolge ab. Die Darstellung der Implementierungsreihenfolge lehnt sich dabei an ein Prozessmodell an. Die Interdependenzen von Produktionssystemelementen werden auch von OELTJENBRUNS untersucht und in Form von sogenannten Inderdependenznetzen visualisiert [Oel00]. Ergänzend dazu wird von OELTJENBRUNS eine detaillierte Methode zur Einführung eines Produktionssystems vorgestellt, die in Form eines teilweise gerichteten Graphen Reihenfolge und Abhängigkeiten der Produktionssystemelemente visualisiert.

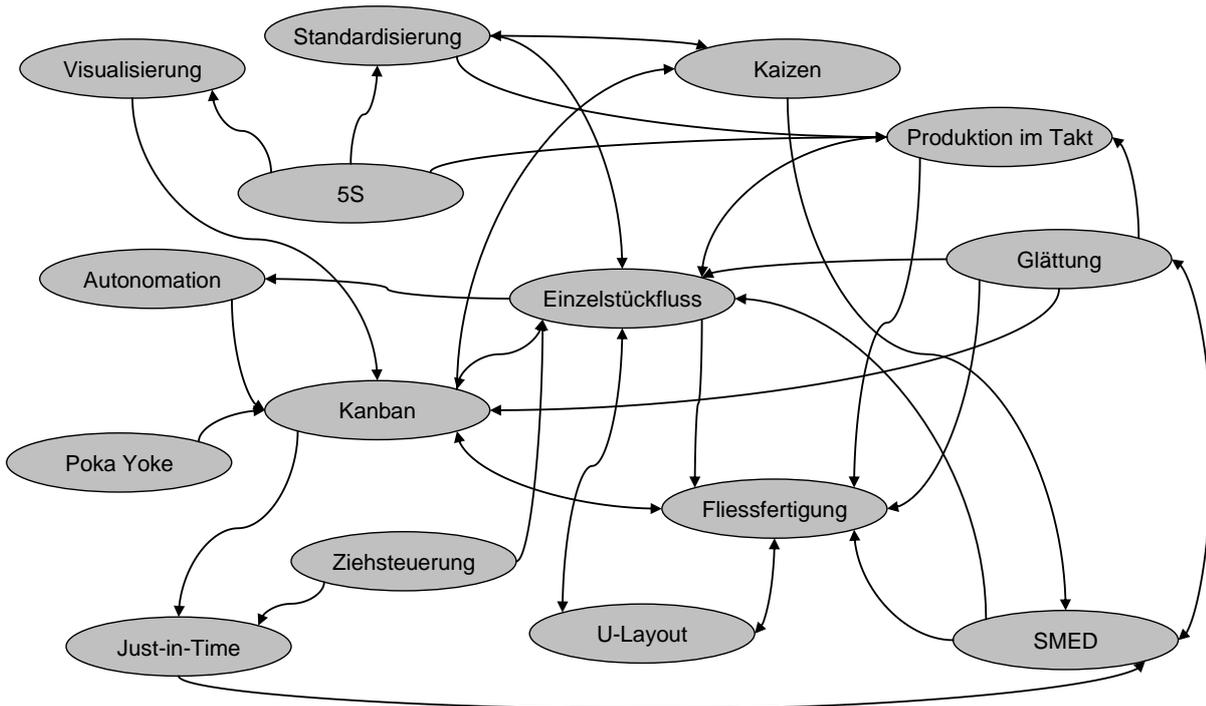


Bild 2.1: Abhängigkeiten zwischen den Methoden des TPS [Zäh06]

Neben diesen Arbeiten aus dem deutschsprachigen Raum existieren auch in der international verfügbaren Literatur Forschungsarbeiten zur Vermittlung von Produktionssystem-Wissen, deren Repräsentationsformen semantischen Netzen ähnlich sind. Als Beispiel kann die Arbeit von MONDEN [Mon93] zur Abbildung von Relationen zwischen Zielen und Mitteln des TPS sowie die von TAKEDA [Tak04] entwickelte Darstellung des Zusammenhangs der Schritte des synchronen Produktionssystems aufgeführt werden.

Die beschriebenen Ansätze bilden hauptsächlich Produktionssystem-Informationen ab (A1.1 = 2, A1.2 = 1). Die Verknüpfung von Unternehmenskontext und Produktionssystem-Information erfolgt somit in entsprechend geringem Umfang (A1.3 = 1). Lediglich die Arbeiten von OELTJEBRUNS, MONDEN und TAKEDA berücksichtigen wenigstens teilweise Kontext-Informationen (A1.2 = 2). Ein Branchenbezug zum Werkzeug- und Formenbau ist in keiner der Arbeiten vorhanden (A2.1 = 1). Die Anpassung der vorgestellten Lösungen ist dementsprechend aufwändig und setzt umfangreiches Wissen, bspw. über die Wirkzusammenhänge einzelner Methoden, voraus. Anforderung A2.2 wird somit ebenfalls von keiner der Lösungen erfüllt (A2.2 = 1).

Anmerkung: die Arbeiten von KORTMANN und UYGUN [Kor07] sowie STRAUSBERG und KESSLER [Str07] beinhalten neben der Wissensrepräsentation in Form eines semantischen Netzes wichtige weitere Aspekte, auf die im weiteren Verlauf noch eingegangen wird. Die Arbeiten werden aus diesem Grund erst in Kapitel 2.2.4 bzgl. der o. g. Anforderungen bewertet.

2.2.2 Manufacturing System Design Decomposition

COCHRAN ET AL. [Coc01] stellen mit der Manufacturing System Design Decomposition (MSDD) ein Werkzeug für die gezielte Auslegung eines Produktionssystems vor. Dabei handelt es sich um ein hierarchisches Konzept bzw. eine Dekomposition aus funktionalen Anforderungen (engl. functional requirement, FR) und zugehörigen Gestaltungselementen (engl. design parameter, DP) zur Erfüllung der Anforderungen (vgl. Bild 2.2). Die MSDD kann infolge dieser Modellierung von Begriffen und Relationen ebenfalls als semantisches Netz aufgefasst werden. Die ersten Ideen gehen auf die Dissertation von COCHRAN [Coc94] zurück. Seitdem wurde die MSDD systematisch weiterentwickelt, die erste Version der noch heute gültigen Form wurde 1999 vorgestellt (vgl. [Coc99]).

Ausgehend von der Annahme, dass ein erfolgreiches Produktionssystem zur Erfüllung der strategischen Ziele eines Unternehmens beitragen muss, wurde die MSDD mit den folgenden vier Zielsetzungen entwickelt [Coc01]:

- Unternehmensziele und Maßnahmen zur Zielerreichung werden klar getrennt.
- Operative Aktivitäten und Entscheidungen stehen in einem Zusammenhang mit strategischen Unternehmenszielen und Anforderungen.
- Die Relationen zwischen den unterschiedlichen Systemelementen werden bewusst gemacht.
- Die in den vorangegangenen Punkten beschriebenen Informationen werden effizient in der Organisation kommuniziert.

Um diese Zielsetzungen zu erreichen, wurden auf Basis der Methode Axiomatic Design (vgl. [Suh01]) und unter Verwendung einer Vielzahl an Quellen geeignete FR und DP identifiziert. Die verwendeten Quellen reichen dabei von Literatur zu Systems Engineering, dem Toyota Produktionssystem oder Industrial Engineering bis hin zu Projektberichten aus unterschiedlichen Sektoren wie der Luftfahrt-, der Automobil- oder der Konsumgüterindustrie. Dahinter stand die Absicht, die MSDD so allgemeingültig wie möglich zu gestalten und sie für eine Vielzahl von Unternehmen der Stückgüterindustrie (Serienfertigung) anwendbar zu machen [Kim02b]. Die MSDD besteht aus den sechs Hauptbereichen *Qualität*, *Problemlösen*, *vorhersagbare Ausbringung*, *Verzugsreduktion*, *Kosten* und *Investitionen*. Bild 2.2 zeigt den strukturellen Aufbau der MSDD. Für eine ausführliche Beschreibung und detaillierte Darstellung wird auf [Coc01], [Kim02a] oder [Kim02b] verwiesen.

Die MSDD wurde erfolgreich in unterschiedlichen Bereichen angewendet. Bspw. berichtet DUDA [Dud00] über eine Anwendung zur Verknüpfung von Unternehmensstrategie, Leistungsmessung und Produktionssystemgestaltung. Weiterhin konnte LINCK [Lin01] in einer Umfrage den Nutzen der MSDD nachweisen. Er konnte aufzeigen, dass die MSDD die Elemente der Lean Production sinnvoll beschreibt und für die Bewertung des Umsetzungsgrads von Lean Production in einem Unternehmen geeignet ist.

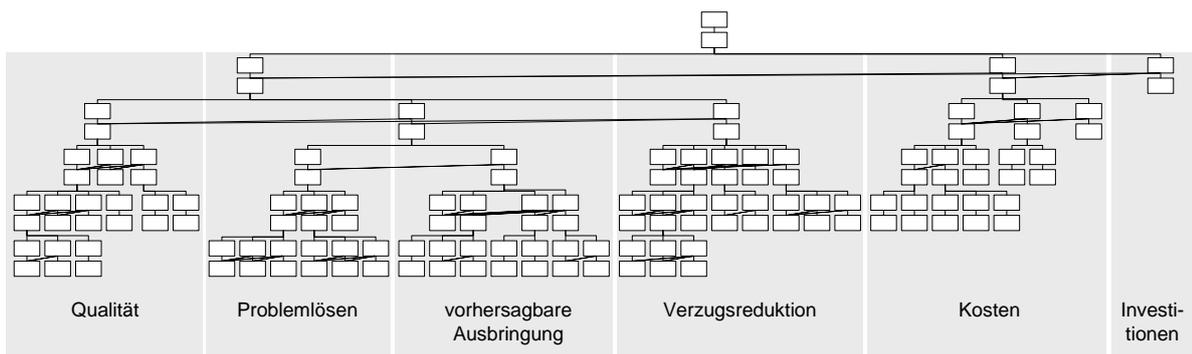


Bild 2.2: Struktur der Manufacturing System Design Decomposition [Coc01]

Wie aus den vorangegangenen Ausführungen ersichtlich wird, erfüllt die MSDD die in Kapitel 2.1 beschriebenen Anforderungen bedingt. Zwar bildet die MSDD, wie von LINCK [Lin01] gezeigt wurde, Produktionssystem-Information umfänglich ab (A1.1 = 3), allerdings werden Informationen hinsichtlich des Unternehmenskontexts (A1.2 = 2) sowie die Verknüpfung von Unternehmenskontext und Produktionssystem-Information (A1.3 = 2) nur eingeschränkt betrachtet. Wird die MSDD als unternehmerisches Zielsystem aufgefasst, bildet das Modell zumindest den strategischen Teil eines Unternehmens und damit einen wichtigen Teil des Unternehmenskontexts ab (vgl. Kapitel 4.2 und Kapitel 4.3.1). Operative Elemente des Unternehmenskontexts, wie bspw. Mitarbeiter oder Unternehmensprozesse, werden jedoch nicht betrachtet. Dementsprechend können auch die damit einhergehenden Verknüpfungen nicht berücksichtigt werden. Da die MSDD auf Serienfertiger der Stückgüterindustrie ausgelegt wurde, ist der Branchenbezug zum Werkzeug- und Formenbau offensichtlich nicht vorhanden (A2.1 = 1). Weiterhin ist infolge der manuellen Erstellung auf Basis einer Vielzahl von Literaturquellen auch keine ressourceneffiziente Erfüllung des ohnehin großen Anpassungsbedarfs gegeben (A2.2 = 1).

Insgesamt ist die MSDD somit nicht für den Aufbau von Produktionssystem-Wissen für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus geeignet. Allerdings kann das Modell als Grundlage bzw. Eingangsgröße für die Entwicklung einer alternativen Lösung Verwendung finden.

2.2.3 Verwandte Ansätze auf Basis von Axiomatic Design

Neben dem oben beschriebenen Konzept existieren weitere Ansätze, die ebenfalls die Methode Axiomatic Design verwenden und der MSDD ähnlich sind, oder diese auf spezifische Anwendungsfälle anpassen. Bspw. präsentieren HOUSHMAND und JAMSHIDNEZHAD [Hou02] eine hierarchische Dekomposition für die Implementierung von Lean Production in der Fahrzeugmontage. Im Gegensatz zu der MSDD umfasst die vorgestellte Dekomposition zur Produktionssystem-Gestaltung neben den die Fertigung betreffenden Aspekten alle Aktivitäten zur Befriedigung der Kundenbedürfnisse.

Mit dem Ziel der Entwicklung und Implementierung von Supply Chain Strategien stellen SCHNETZLER, SENNHEISER und SCHÖNSLEBEN [Scn07] die sogenannte Supply Chain Design Decomposition (SCDD) vor. Unter Berücksichtigung von Grundlagen der Lean Production sind darin logistische Zusammenhänge aus wertorientierter Sicht abgebildet, d. h. Ziele und Mittel des Supply Chain Management (SCM) werden konsequent unterschieden und gemäß dem Einfluss auf SCM-Zielbereiche strukturiert [Scn05]. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen CALARGE und LIMA [Cal04] im Bereich des Qualitätsmanagements.

Ausgehend von den Arbeiten von COCHRAN ET AL. [Coc01] passt DOBBS [Dob00] die MSDD an die Anforderungen der Luft- und Raumfahrtindustrie an. In der Arbeit wird die Aerospace Manufacturing System Design Decomposition (AMSDD) vorgestellt sowie deren Anwendung zur Auslegung und Bewertung von Produktionssystemen in der Luft- und Raumfahrtindustrie diskutiert. Einen weiteren, auf der MSDD basierenden Ansatz stellt KIM [Kim02a] vor. Darin werden insbesondere die Interaktionen zwischen Produktentwicklungsentscheidungen und Produktionssystem-Gestaltung abgebildet, um Produktionssystem-bestimmende Faktoren möglichst früh im Produktentstehungsprozess zu berücksichtigen.

Vergleichbar zu der MSDD erfüllen die beschriebenen Ansätze die in Kapitel 2.1 diskutierten Anforderungen nur bedingt. Zwar werden Produktionssystem-Informationen in unterschiedlich ausgeprägter Form von allen Arbeiten abgebildet ([Hou02], [Dob00], [Kim02a] A1.1 = 3; [Scn07], [Cal07] A1.1 = 2), Kontext-Informationen (A1.2 = 2) sowie die Verknüpfung von Unternehmenskontext und Produktionssystem-Information (A1.3 = 2) werden allerdings nur eingeschränkt berücksichtigt. Ein Branchenbezug zum Werkzeug- und Formenbau ist in keinem der Ansätze vorhanden (A2.1 = 1). Lediglich die AMSDD ist durch die Auslegung auf die Einzel- und Kleinserienfertigung in Bezug auf die Fertigungsorganisation dem Werkzeugbau ähnlich (A2.1 = 2). Da die o. g. Ansätze genau wie die MSDD auf Basis einer Vielzahl von Literaturquellen manuell erstellt wurden, ist auch keine ressourceneffiziente Erfüllung des Anpassungsbedarfs gegeben (A2.2 = 1).

2.2.4 eGPS und andere softwarebasierte Ansätze

Durch die Deutsche MTM-Vereinigung e.V. [MTM01] wurde ein Produktionssystem (MTM-GPS) entwickelt, das vorhandene Produktionssysteme hinsichtlich Ziel- und Prozessorientierung präzisiert und damit Transparenz schafft. Es wird explizit als Wissensmanagement- und Kommunikationsinstrument bezeichnet [MTM01] und in Form einer internetbasierten Software-Anwendung (eGPS) implementiert [NN09a].

Die Anwendung stellt neben einer umfangreichen Methoden- und Werkzeugsammlung unterschiedliche Möglichkeiten für die systematische Konfiguration eines individuellen Produktionssystems bereit. So können Methoden und Werkzeuge bspw. über ihren jeweiligen Beitrag zur Erreichung definierter Unternehmensziele, ihrer Zugehörigkeit zu bestimmten Gestaltungsprinzipien, oder ihrer Relevanz für unterschiedliche Unternehmensprozesse (vgl. Bild 2.3) ausgewählt werden. Während die

Detailierung der Unternehmensziele mit über 100 Zielbeiträgen hoch ist, werden die Unternehmensprozesse durch die sieben nicht weiter detaillierte Prozessbezeichnungen *Produktentwicklung*, *Prozessentwicklung*, *Prozessplanung*, *Produktanlauf*, *Serienproduktion*, *Strukturanpassung* und *Produktauslauf* vergleichsweise abstrakt beschrieben. Für eine individuelle Produktionssystem-Gestaltung besteht die Möglichkeit, neue Methoden, Zielbeiträge etc. hinzuzufügen. Die Zuordnung bspw. von Werkzeugen zu Methoden oder Methoden zu Zielbeiträgen und Unternehmensprozessen erfolgt über Matrizen, die in der Software hinterlegt sind und ebenfalls editiert werden können. Dadurch ist die Konfigurierbarkeit des Systems gegeben.

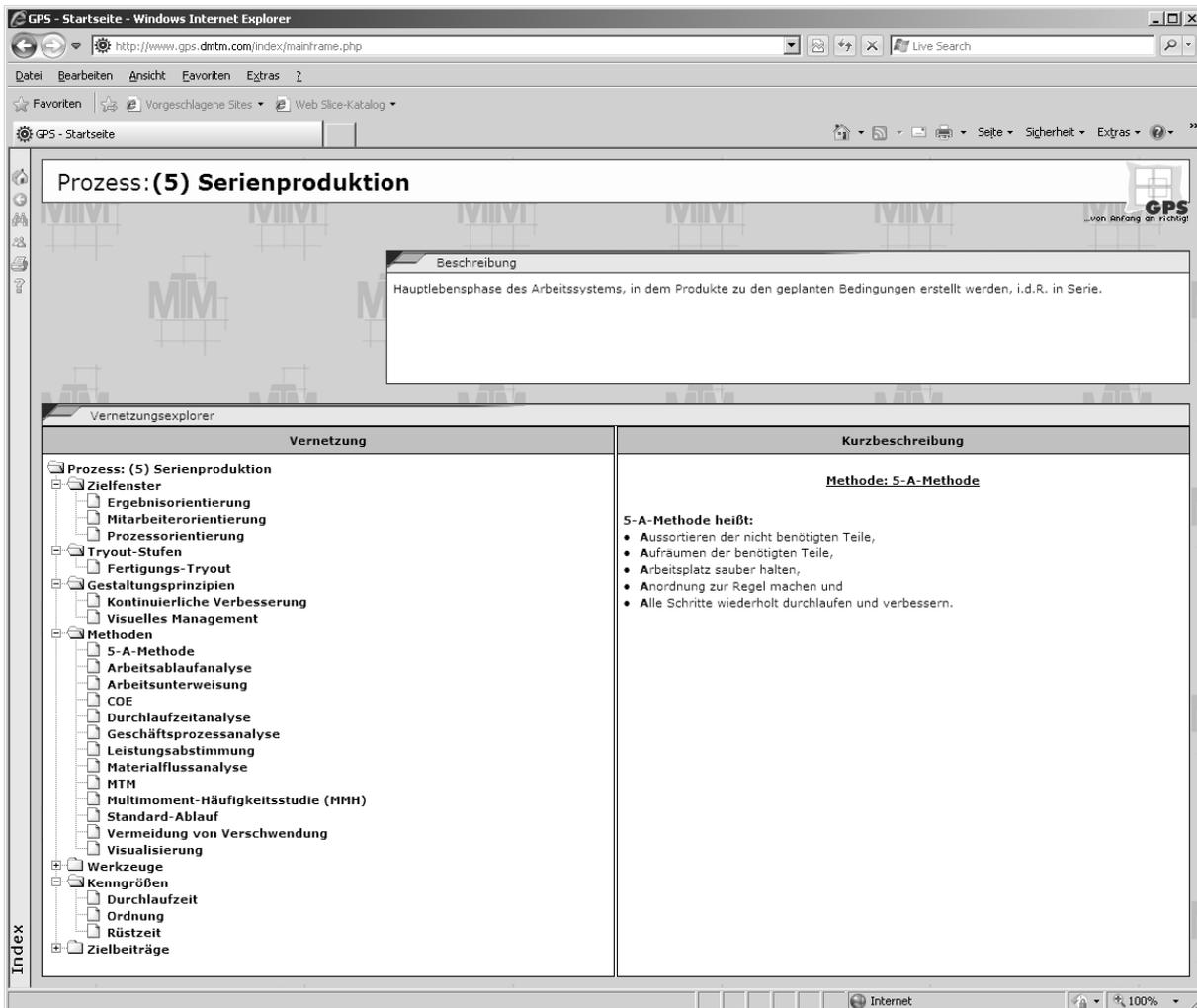


Bild 2.3: Screenshot der eGPS-Software [NN09a]

Im Vergleich zu den in den vorangegangenen Abschnitten diskutierten Ansätzen erfüllt das eGPS-System trotz der wenig ausführlichen Beschreibung der Unternehmensprozesse die Anforderung A1 vollständig (A1.1, A1.2, A1.3 = 3). In der Software werden sowohl Produktionssystem- als auch Kontext-Informationen umfangreich abgebildet und miteinander verknüpft. Das Konzept ist allerdings auf Serienfertiger ausgelegt und somit nicht für den Werkzeug- und Formenbau geeignet (A2.1 = 1). Obwohl das System grundsätzlich anpassbar ist, setzt ein entsprechender Eingriff,

z. B. durch Veränderungen in den hinterlegten Matrizen, umfangreiches Produktionssystem-Wissen voraus und ist damit ressourcenintensiv. Anforderung A2.2 wird somit ebenfalls nicht erfüllt ($A2.2 = 1$).

Im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts *Produktions- und Organisationsflexibilisierung im Life Cycle - ProfiL* (Förderkennzeichen: 02PI2075) wurde ein Konzept zur Gestaltung schlanker Produktionssysteme für kmU entwickelt und in einer Software umgesetzt. Auf Basis des Konzepts können komplexe und sich verändernde Abhängigkeiten kritischer Erfolgsfaktoren erkannt sowie adäquate Gestaltungsmöglichkeiten auf Basis von Lean Prinzipien und Methoden erarbeitet, bewertet und umgesetzt werden [Her07].

Auf der Grundlage eines systematischen Problemlösungszyklus unterstützt die in dem Projekt entstandene Software die Identifikation und Auswahl geeigneter Konzepte und Methoden durch unterschiedliche Module [Ber09]. Dazu gehört, wie in Bild 2.4 dargestellt, die Definition von Einflussfaktoren (Modul 2) und strategischen Zielen (Modul 3). Weiterhin erfolgt in Modul 4 die Beschreibung des Produktionssystems in Form sogenannter Prozessmodule für die außerdem eine Bewertung der IST-Situation vorgenommen wird. Die Bewertung basiert auf den in der MSDD (vgl. Kapitel 2.2.2) definierten Anforderungen und beurteilt deren Erfüllung durch die Prozessmodule.

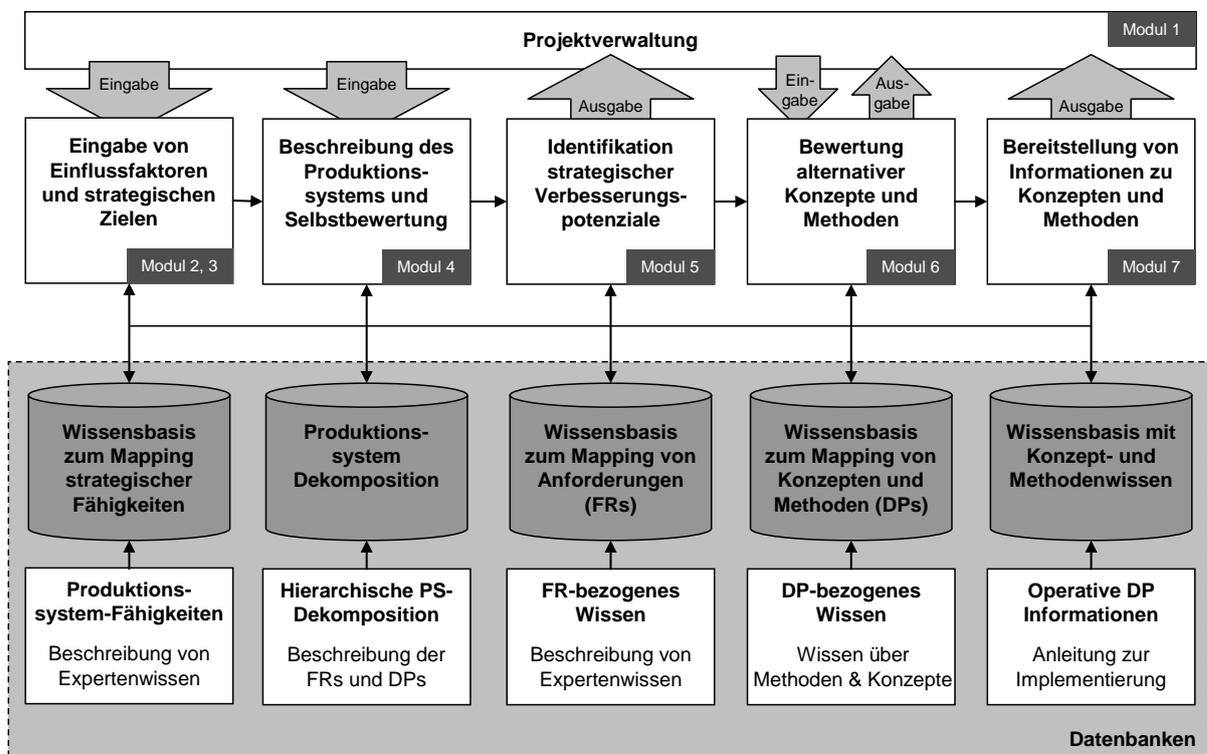


Bild 2.4: Konzeptionelle Struktur und Informationsfluss der ProfiL-Software [Ber09]

Anschließend erfolgt in Modul 5 die Identifikation strategischer Verbesserungspotenziale bzw. Handlungsfelder. Dazu werden die Stärken und Schwächen der Prozess-

module, d. h. der Erfüllungsgrad der Anforderungen der MSDD, aus unterschiedlichen Perspektiven bspw. in einem Portfolio visualisiert. Entsprechend der in der MSDD vorgegebenen Dualität von Anforderung und Lösung werden für die identifizierten Handlungsfelder Lösungen in Form von Konzepten und Methoden vorgeschlagen und können in eine Projektliste übernommen werden. Um vor der Einführung mögliche Wechselwirkungen oder Nebeneffekte zu erkennen, können in Modul 6 alternative Lösungen bewertet und interpretiert werden. Die operative Umsetzung der Konzepte und Methoden wird in Modul 7 durch die Bereitstellung von Methodenwissen, Vorlagedokumenten, Kontaktinformationen oder weiterführender Literatur unterstützt. Für die Verwaltung unterschiedlicher Projekte steht ein Projektmanagement-Modul (Modul 1) zur Verfügung.

Anmerkung: eine ähnliche Vorgehensweise zur Bewertung und Ausgestaltung von Fabriken bzgl. der Anforderungen der Lean Production wird von KLEMKE ET AL. vorgestellt (vgl. [Klem09] und [Scu09]). Eine ähnliche Arbeit zur Bewertung und Optimierung der Effektivität von Lean Methoden in der Kleinserienproduktion auf Basis quantifizierter Wirkzusammenhänge wird auch von PETER [Pet09] vorgestellt.

Die Stärken des vorgestellten Ansatzes liegen sicherlich in den systematischen und umfassenden Betrachtungen zur Gestaltung eines kmU-gerechten Produktionssystems. Durch die Berücksichtigung der MSDD sowie ausführliche Methoden- und Konzeptbeschreibungen werden Produktionssystem-Informationen umfangreich abgebildet (A1.1 = 3). Ebenso werden Kontext-Informationen, z. B. in Form von strategischen Unternehmenszielen, Einflussfaktoren oder Prozessmodulen, intensiv berücksichtigt (A1.2 = 3). Produktionssystem- und Kontext-Informationen werden außerdem, bspw. durch die Bewertung der Prozessmodule anhand der MSDD-Anforderungen, miteinander verknüpft (A1.3 = 3). Die Implementierung in einem internetgestützten Software-Werkzeug ist als weitere Stärke zu nennen. Demgegenüber kann der hohe Modellierungs- und Anwendungsaufwand als Nachteil aufgeführt werden. Die Anwendung der im Internet bereitgestellten Software ist wenig intuitiv und erfordert umfangreiches Vorwissen seitens des Anwenders. Anforderung A2.2 wird demnach nicht erfüllt (A2.2 = 1). Ein Branchenbezug zum Werkzeug- und Formenbau ist ebenfalls nicht vorhanden (A2.1 = 1).

Das Ziel des Forschungsprojektes „Ganzheitliche Produktionssysteme entlang der Wertschöpfungskette“ (Förderkennzeichen: AiF 14671 N) war, interessierte Unternehmen und insbesondere auch kmU für die Inhalte und Einsatzmöglichkeiten von GPS zu sensibilisieren und systematisch bei der unternehmensbezogenen Einführung und Verbesserung eines Produktionssystems zu unterstützen. Dazu wurden alle Teilergebnisse des Forschungsprojekts, z. B. entwickelte Hilfs- und Unterstützungswerkzeuge sowie ergänzende Leitfäden, thematisch strukturiert und in Form eines modular aufgebauten, internetbasierten Anwenderkataloges (vgl. Bild 2.5) bereitgestellt [Str07].

Der Anwenderkatalog beinhaltet sechs Module, die in der Regel sequenziell durchlaufen werden. Das Entscheidungsmodul gibt Hilfestellung bei der Entscheidung

über eine GPS-Einführung unter Berücksichtigung der Randbedingungen eines Unternehmens. Dazu werden die Auswirkungen einzelner GPS-Methoden hinsichtlich des Aufwandes und des Nutzens anhand zweier, auf der MSDD (vgl. Kapitel 2.2.2) basierenden Dekompositionen analysiert. Auf dieser Grundlage wird eine Empfehlung ausgesprochen, ob das entsprechende Unternehmen für die Einführung eines GPS gut, mittelmäßig oder schlecht geeignet ist. Das Planungs- und Entwicklungsmodul bietet Hilfe bei Aufbau und Ausgestaltung des individuellen GPS. In dem Modul erfolgen die Festlegung eines Zielsystems sowie die Auswahl geeigneter Methoden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse werden in dem Organisationsmodul Hinweise zur erforderlichen Umgestaltung der Aufbauorganisation und der Aufgabenverteilung im Unternehmen unter Berücksichtigung aufbauorganisatorischer Erfolgsfaktoren gegeben. In dem Implementierungsmodul erfolgt die Ableitung einer unternehmensspezifischen Implementierungsreihenfolge der ausgewählten GPS-Methoden (vgl. [Kor07], Kapitel 2.2.1). Dazu werden, neben der Interaktion der Methoden untereinander, auch Einflussfaktoren, wie der Beitrag einer Methode zu den festgelegten und ggf. gewichteten Unternehmenszielen oder der jeweils notwendige Implementierungsaufwand, berücksichtigt. Das Schnittstellen- und das Optimierungsmodul sind vorwiegend für Unternehmen mit GPS-Erfahrung vorgesehen und werden an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

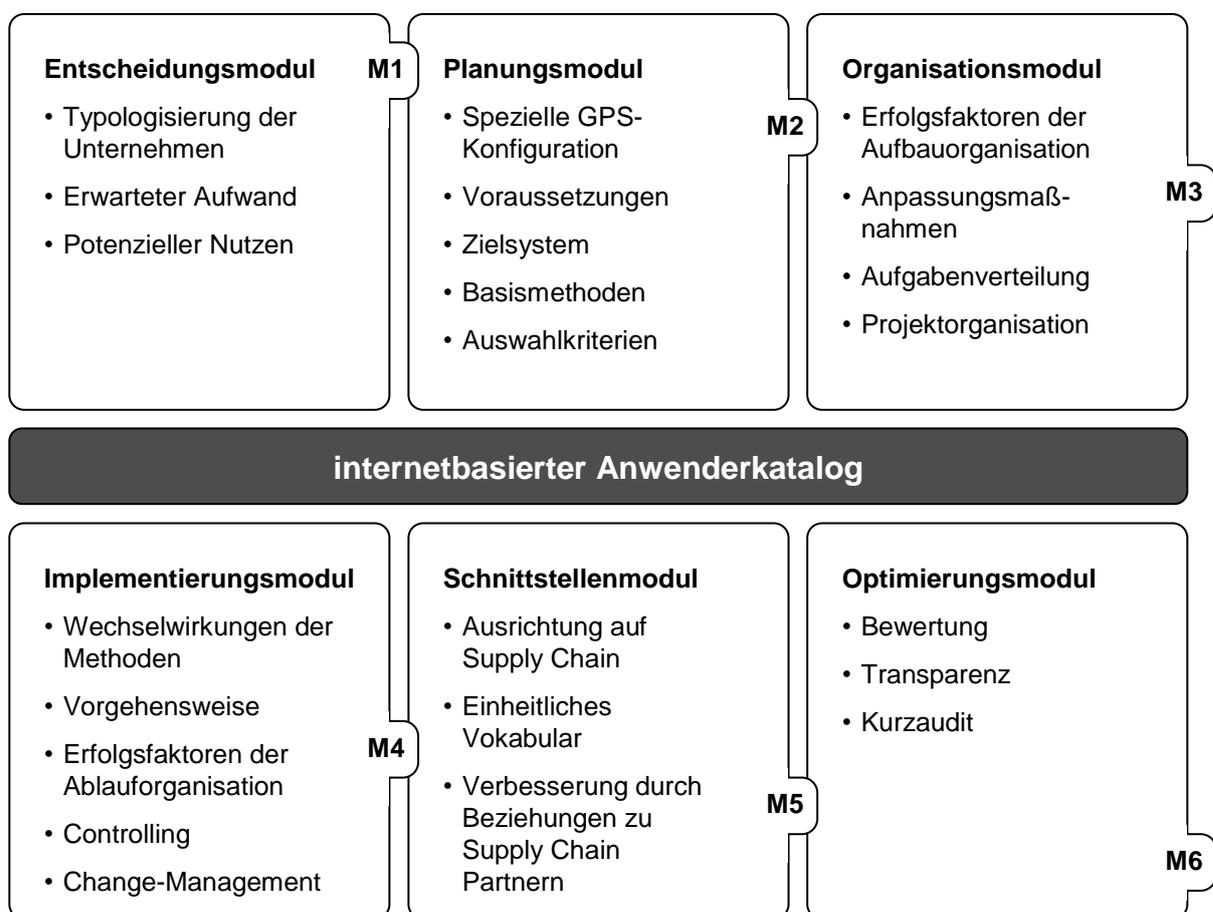


Bild 2.5: Modularer Aufbau des internetbasierten Anwenderkataloges [Str07]

Auch STRAUSBERG und KESSLER [Str07] bieten mit dem internetbasierten Anwenderkatalog systematische und umfassende Hinweise zur Gestaltung eines kmU-gerechten Produktionssystems. Produktionssystem-Informationen werden u. a. durch zahlreiche Methodenbeschreibungen ausführlich abgebildet (A1.1 = 3). Die Berücksichtigung von Kontext-Informationen erfolgt ebenso ausführlich, bspw. in Form strategischer Unternehmensziele, der Aufbauorganisation oder der Einbindung des Unternehmens in eine Lieferkette (A1.2 = 3). Im Gegensatz zu den beiden anderen beschriebenen Lösungen eGPS und Profil werden Produktionssystem- und Kontext-Informationen jedoch weniger stark explizit verknüpft (A1.3 = 2). Die Autoren diskutieren ausgewählte Wirkzusammenhänge, z. B. zwischen der GPS-Methode *Normierte und transparente Arbeitsabläufe* und den Unternehmensprozessen. Die Auseinandersetzung wird allerdings vornehmlich in Textform und damit eher implizit vorgenommen.

Der Anwenderkatalog ist insbesondere auf kmU ausgelegt, berücksichtigt die Charakteristika der Branche Werkzeug- und Formenbau bis auf die Unternehmensgröße jedoch nicht (A2.1 = 1). Weiterhin merken STRAUSBERG und KESSLER [Str07] an, dass z. B. für die Ableitung der Implementierungsreihenfolge GPS-Wissen notwendig ist, das seitens des Anwenders nicht vorausgesetzt und nur durch eine externe Ressource, wie z. B. einen Experten, bereitgestellt werden kann. Anforderung A2.2 wird somit ebenfalls nicht erfüllt (A2.2 = 1).

Neben den beschriebenen Anwendungen existiert eine Vielzahl weiterer Arbeiten, die sich mit der Gestaltung Ganzheitlicher Produktionssysteme auseinandersetzen und die Ergebnisse ebenfalls in Software implementieren. Bspw. wurden im Rahmen des BMBF-Wettbewerbsfelds „Integrierte Modernisierung von Organisation und Führung produzierender Unternehmen“ insgesamt sechs Verbundprojekte gefördert, die sich mit der intelligenten Abstimmung und Kombination von einzelnen betrieblichen Verbesserungsmaßnahmen und eingesetzten Organisations- und Managementmethoden, z. B. für Teamarbeit, Fließfertigung oder Just-in-Time, zu konsistenten Konzepten auseinandersetzen [BMBF09]. Neben dem Projekt Profil (s. o.) wurde u. a. das Projekt „Integrierte Modernisierungsprozesse für kleine und mittlere Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes“ (IMPROVE) gefördert. Das in dem Projekt entwickelte IMK-Cockpit soll kmU die Möglichkeit eröffnen, Modernisierungsprozesse (Anmerkung: LAY, WILLIMSKY und ZANKER [Lay07] benutzen diesen Begriff synonym zu GPS) ganzheitlich und strategiekonform zu steuern (vgl. auch [Lay08]). Als weitere Beispiele für die Vielzahl weiterer Lösungen können das durch das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz geförderte Projekt „FlexPro2010 – Flexibilitätsorientierte Produktionssysteme für den Mittelstand“ (vgl. [Aur06], [Aur07]) oder das Wissensportal Lean Manufacturing (vgl. [Mai09]) aufgeführt werden. Die genannten Arbeiten unterscheiden sich hinsichtlich der in Kapitel 2.1 aufgestellten Anforderungen nicht grundsätzlich von den oben ausführlich beschriebenen Lösungen und werden aus diesem Grund an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt oder bzgl. ihrer Anforderungserfüllung bewertet.

2.2.5 Weitere Ansätze zur Wissensvermittlung

Die Einführung und der Betrieb eines Produktionssystems führen in der Organisation eines Unternehmens und in den Arbeitsaufgaben der Mitarbeiter zu großen Veränderungen. Für das übergeordnete Verständnis und die Akzeptanz dieser Veränderungen sind alle Mitarbeiter in Schulungsmaßnahmen vorzubereiten und zu qualifizieren. Nach STRAUSBERG, DEUSE und BAUDZUS [Str09] werden folgende Anforderungen an didaktische Hilfsmittel zur Vermittlung der Schulungsinhalte gestellt:

- Erlernen der neuen Prinzipien und ihrer vernetzten Wirkungsweise und Zusammenhänge im schlanken Produktionssystem.
- Schaffung einer gemeinsamen Lernbasis für alle Mitarbeiter unter Berücksichtigung verschiedener Erfahrungen mit Lernsituationen.
- Gewährleistung eines handlungs- und problemlösungsorientierten Lernprozesses.
- Erkennen und Verstehen der Werte und Grundsätze sowie der wertstromorientierten Denkweise im Produktionssystem.

Die traditionellen Schulungsmethoden wie Frontalunterricht oder Gruppen-, Partner- und Alleinarbeit werden dabei zunehmend ergänzt durch neuere, stärker handlungsorientierte Instrumente wie z. B. Rollenspiele, Projekte, Fallstudien, Simulationen oder Planspiele [Str09]. Während Rollenspiele eher auf Lernprozesse in Bezug auf menschliches Verhalten abzielen, können in Fallstudien oder Projekten Teilaufgaben schrittweise gelöst werden, um Lerninhalte zu gliedern und den Lernprozess zu führen. In Simulationen werden zeitliche Abläufe oder komplexe Zusammenhänge modelliert und veranschaulicht. Planspiele binden den Lernenden darüber hinaus in die simulierte Problemsituation ein, Theorie und Handlung wechseln sich im zeitlichen Verlauf ab.

Die o. g. Anforderungen werden von Planspielen am besten erfüllt [Str09]. Besonderheiten der Zielgruppe können in hohem Maß berücksichtigt werden, indem z. B. Wissen selbstständig erarbeitet wird und dadurch Akzeptanzprobleme oder Abhängigkeitsverhältnisse des Lernenden vom Lehrenden vermieden werden. Durch die aktive Einbindung der Teilnehmer ist es zudem möglich, Konzentration- und Aufmerksamkeitsschwierigkeiten entgegenzuwirken. Darüber hinaus kann ein besonderer Bezug zur Arbeitssituation und -umgebung des Lernenden hergestellt werden. Der größte Vorteil des Planspiels liegt nach [Str09] in der übersichtlichen Vermittlung von Zusammenhängen und Wechselwirkungen komplexer Systeme.

In der vorhandenen Literatur werden unterschiedliche Planspiele und Lernumgebungen zur Vermittlung von Produktionssystem-Wissen beschrieben. Darüber hinaus sind am Markt über eine Vielzahl von Anbietern entsprechende Spiele verfügbar. Nachfolgend werden einige ausgewählte akademische und kommerzielle Beispiele aufgeführt:

- Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover bietet unter dem Namen „IFA Production-Training“ die Vermittlung und praktische Anwendung der Grundlagen einer synchronen Produktion an [IFA09]. Das Planspiel nutzt eine Montageanlage für Akkuladegeräte, die in der Anordnung der Arbeitsplätze, der Verkettung und der logistischen Versorgung variabel gestaltet werden kann. Die Teilnehmer fungieren als Monteure, Kunden oder Produktionssteuerer und erlernen Theorie und Praxis von Lean-Methoden wie z. B. Kanban oder Just-in-Time.
- Am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der TU Darmstadt wurde mit dem Center für industrielle Produktivität (CiP) eine Lernfabrik aufgebaut, deren reales Produktionsumfeld eine Kleinserienfertigung abbildet und für Schulungen zu den Methoden der schlanken Produktion genutzt wird [Abe07]. In Trainingsmodulen werden jeweils einzelne Methoden vermittelt und zur Anwendung gebracht. Der Fokus liegt dabei auf dem Training der erlernten Methoden im Produktionsumfeld.
- Das im Rahmen eines Gemeinschaftsprojekts entstandene Lean Center Hannover ist eine Schulungsanlage, um die Effekte des Lean-Production-Ansatzes in Form eines Planspiels erlebbar zu machen. Das Planspiel stellt realistisch eine Produktion von Elektrogetriebemotoren nach. Die Potenziale einer schlanken Produktion werden demonstriert, indem – ausgehend von einem definierten Ist-Zustand – durch die Teilnehmer systematisch mit Hilfe von Lean-Management-Prinzipien neue und effizientere Zustände in der Planspielproduktion geschaffen werden [Sin08].
- Die Vollmer & Scheffczyk GmbH bietet eine Vielzahl an Planspielen an, in denen die unterschiedlichen Lean-Methoden vermittelt und erlebt werden. So wird bspw. im Planspiel Presto die thematische Auseinandersetzung mit Wertströmen, dem Flussprinzip, 5S, Teamverständnis u. a. gefördert. Die Teilnehmer stellen eigenhändig unter realitätsnahen Bedingungen Spieluhren her und machen so die Erfahrung, welche Potenziale mit gezielten produktionslogistischen Verbesserungen erschlossen werden können [Vol09].

Bei einer entsprechenden Gestaltung erfüllen Planspiele die Anforderung A1 vollständig (A1.1, A1.2, A1.3 = 3). In den kombinierten Theorie- und Praxisteilen werden sowohl Produktionssystem- als auch Kontext-Informationen abgebildet und handlungsorientiert miteinander verknüpft. Derzeit sind jedoch keine auf die Randbedingungen des Werkzeug- und Formenbaus zugeschnittenen Planspiele bekannt (A2.1 = 1). Grundsätzlich ist eine entsprechende Anpassung sogar unternehmensspezifisch möglich und würde den jeweiligen Anpassungsbedarf vom Planspiel an die reale Unternehmenssituation ressourceneffizient erlauben. Allerdings sind mit einem Planspiel auch wiederkehrende Aufwendungen, wie z. B. Honorare für Berater, verbunden, die in der Folge zu einer mittleren Bewertung der Anforderungserfüllung führen (A2.2 = 2).

2.2.6 Zusammenfassende Bewertung der diskutierten Ansätze

Tabelle 2.1 fasst die Bewertung der Anforderungserfüllung der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Ansätze zusammen. Die Berechnung der Durchschnittswerte für A1 und A2 erfolgt auf Basis der jeweils gleich gewichteten Teilanforderungen. Die Ergebnisse wurden auf eine Stelle gerundet. Sie werden in Kapitel 3 in dieser verdichteten Form für eine Gegenüberstellung aufgegriffen.

Tabelle 2.1: Qualitative Bewertung Anforderungserfüllung der vorgestellten Ansätze

Ansatz	Vernetzung von Produktionssystem- und Kontext-Information (A1)				geringer Individualisierungsaufwand (A2)		
	A1.1	A1.2	A1.3	Ø	A2.1	A2.2	Ø
[Zäh06]	2	1	1	1,3	1	1	1
[Oel00], [Mon93], [Tak04]	2	2	1	1,7	1	1	1
MSDD (z. B. [Coc01])	3	2	2	2,3	1	1	1
[Hou02], [Kim02a]	3	2	2	2,3	1	1	1
[Dob00]	3	2	2	2,3	2	1	1,5
[Scn07], [Cal04]	2	2	2	2	1	1	1
eGPS (z. B. [NN09a])	3	3	3	3	1	1	1
Profil [Ber09]	3	3	3	3	1	1	1
[Str07]	3	3	2	2,7	1	1	1
[Abe07], [IFA09], [Sin08], [Vol09]	3	3	3	3	1	2	1,5

Anforderungserfüllung ist hoch (3), mittel (2) oder gering (1)

2.3 Wissensbasierte Systeme

Bei der Bewertung der vorhandenen Ansätze zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen ist auffällig, dass insbesondere die Anforderung A2 derzeit nicht erfüllt wird. Zwar bieten Planspiele bei einer entsprechenden Auslegung auf den Werkzeug- und Formenbau das Potenzial eines vergleichsweise geringen Individualisierungsaufwands, allerdings ist auch mit einem Planspiel ein immer wiederkehrender Aufwand, z. B. in Form von Honoraren für den Planspielanbieter, verbunden. Letztendlich handelt es sich dabei um einen externen Berater, der, wie in Kapitel 1.4 diskutiert wurde, aus finanziellen Gründen nicht für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus geeignet ist. Vielmehr ist ein Lösungsansatz erforderlich, der Produktionssystem-Wissen allgemein und personenunabhängig verfügbar macht und

Mechanismen bietet, die eine ressourcenarme Individualisierung des Wissens ermöglichen.

Bei einer entsprechenden Auslegung können wissensbasierte Systeme diese Anforderungen erfüllen (vgl. [Kur92]). Sie bieten die Möglichkeit, Produktionssystem-Wissen in einer Organisation einzuführen, zu verbreiten und weiterzuentwickeln. Insbesondere die in Kapitel 2.2.4 diskutierten, software-basierten Ansätze verfolgen diesen Lösungsansatz bereits indirekt und verwenden Begriffe wie „Wissensmanagement-Instrument“ oder „Wissensportal“. Ein echtes wissensbasiertes System zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen wurde bisher allerdings nicht umgesetzt.

2.3.1 Grundlagen wissensbasierter Systeme

Charakteristisch für ein wissensbasiertes System ist die Trennung zwischen der Darstellung des Wissens über den betreffenden Anwendungsbereich und der Verarbeitung dieses Wissens [Kur92]. Im Unterschied zu einem konventionellen Softwaresystem können damit u. a. die folgenden Aspekte realisiert werden [Bei08]:

- klare Trennung zwischen Problembeschreibung und Problemlösung.
- Wissen über den Anwendungsbereich ist direkt ausdrückbar.

Die Unterscheidung der Herkunft und der Art des in der Wissensbasis vorhandenen Wissens wird von PUPPE [Pup90] als einfaches Kriterium gewertet, um zwischen einem Expertensystem und einem wissensbasierten System zu unterscheiden. Expertensysteme sind demnach spezielle wissensbasierte Systeme, bei denen das Wissen letztlich von Experten stammt.

Basierend auf den Eigenschaften menschlicher Experten (vgl. z. B. [Dav85]) sowie den daraus abgeleiteten Eigenschaften eines Expertensystems (vgl. z. B. [Fri90]) haben sich unterschiedliche Definitionen etabliert. Im Kern können diese allerdings auf folgende Definition zurückgeführt werden (vgl. z. B. [Dit06], [Bei08], [Kur92]):

Ein Expertensystem ist ein informationstechnisches System, das in einem gegebenen Spezialisierungs- oder Problembereich menschliche Experten in Bezug auf ihr Wissen und ihre Schlussfolgerungen nachbildet.

Bild 2.6 zeigt den schematischen Aufbau eines Expertensystems. Eine wesentliche Systemkomponente ist die Wissensbasis, die abstraktes und fallspezifisches Fachwissen des Experten enthält. Für die Darstellung des Wissens können unterschiedliche Formen der Wissensrepräsentation (vgl. Kapitel 2.3.2) verwendet werden. Die Wissensverarbeitungskomponente hat die Aufgabe, das in der Wissensbasis enthaltene Wissen auszuwerten, indem Schlussfolgerungen gezogen und neue Wissens-einheiten erzeugt und der Wissensbasis hinzugefügt werden. Für eine Erklärung der durch das System gezogenen Schlussfolgerungen steht die Erklärungskomponente zu Verfügung. Weiterhin existieren eine Wissenserwerbskomponente, die den Aufbau der Wissensbasis unterstützt, sowie eine Dialogkomponente für die Kommunikation mit dem wissensbasierten System.

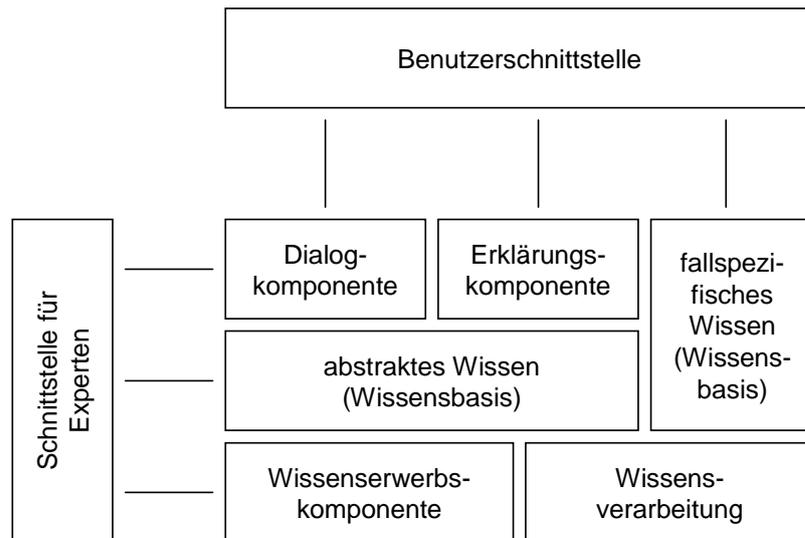


Bild 2.6: schematischer Aufbau eines Expertensystems (nach [Bei08])

Entsprechend den vorhandenen psychologischen und neurologischen Erkenntnissen kann zwischen regel- und fallbasierten Expertensystemen unterschieden werden (vgl. [Bei08]). Fallbasierte Systeme versuchen menschliches Erfahrungswissen, also Wissen, das mit konkreten *Beispielen* verbunden ist, nachzubilden. Dem Ansatz liegt die Annahme zu Grunde, dass ähnliche Probleme auch ähnliche Lösungen haben und bereits in der Vergangenheit gelöste Fälle als Ausgangspunkt für die Behandlung neuer Probleme dienen können (vgl. z. B. [Kli07], [Oet05]). Demgegenüber bilden regelbasierte Systeme Expertenwissen durch sogenannte *Wenn-Dann-Regeln* ab und sind aufgrund dieser Regeln in der Lage, Lösungen für gegebene Probleme zu generieren. Für ein einwandfreies Funktionieren müssen alle Regeln bekannt und abgebildet sein, was bei komplexen oder nicht vollständig bekannten Anwendungsbereichen den Aufwand enorm ansteigen lässt [Oet05]. Aus diesem Grund werden sie insbesondere in klar strukturierten Bereichen, bei denen es auf 0-1 Entscheidungen ankommt, eingesetzt [Bei08].

Grundsätzlich ist die Bereitstellung und Nutzung von Produktionssystem-Wissen sowohl in einem fallbasierten als auch in einem regelbasierten Expertensystem denkbar (vgl. Anforderung A1). In einem fallbasierten System muss die Wissensbasis mit Fallbeispielen gefüllt werden, die in der Form *Problem, Lösung und Resultat* vergleichsweise aufwändig beschrieben sind (vgl. [Bei08]). Wie in Kapitel 1.2 aufgezeigt wurde, sind die Möglichkeiten zur Akquisition entsprechender Fallbeispiele sehr begrenzt. Für ein regelbasiertes System ist die Identifikation von Objekten, Regeln und Fakten erforderlich (vgl. [Kur92], Kapitel 2.3.2). Auch hier ist der Wissensakquisitionsprozess aufwändig. Allerdings können bspw. die Regeln auch über automatisierte Verfahren, wie dem Maschinellen Lernen (vgl. Kapitel 2.3.3), erzeugt werden [Bei08]. Das ausschlaggebende Argument für ein regelbasiertes System zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen ist, dass das regelbasierte System eine „wirkliche“ Lösung generiert. Im Gegensatz dazu schlägt ein fallbasiertes Expertensystem lediglich bekannte Lösungen zu vergleichbaren Problemen vor, die durch den

Systemnutzer in Analogie für die eigene Lösungsgenerierung als Grundlage verwendet werden können [Oet05]. In diesem Fall ist also eine höhere Übertragungsleistung und damit ein höherer Individualisierungsaufwand (vgl. Anforderung A2) erforderlich. Vor diesem Hintergrund wird in den beiden nachfolgenden Kapiteln auf regelbasierte Systeme eingegangen.

2.3.2 Wissensakquisition und Wissensrepräsentation

Für die erfolgreiche Implementierung und Nutzung von Expertensystemen ist sowohl die Erfassung des Wissens (Wissensakquisition) als auch die Darstellung des Wissens (Wissensrepräsentation) von zentraler Bedeutung [Bei08], [Cas97], [Kur92]. Aus diesem Grund werden die beiden Themen kurz eingeführt.

Wissensakquisition

Unter dem Begriff Wissensakquisition wird der Wissenserwerb zum Aufbau eines wissensbasierten Systems verstanden [Ken07]. Das Anwendungswissen muss dabei den verfügbaren Quellen entnommen, transformiert und in die Wissensbasis des Systems übertragen werden. Prinzipiell lassen sich drei Grundformen unterscheiden, wie das Wissen in das System gelangt [Kur92]:

- *indirekte Wissensakquisition*: ein sogenannter Knowledge Engineer implementiert das Wissen, z. B. eines Experten, mit Hilfe von Entwicklungswerkzeugen in dem System.
- *direkte Wissensakquisition*: ein Experte kommuniziert direkt mit dem System.
- *automatische Wissensakquisition*: das System erwirbt Wissen automatisch, z. B. indem es aus Problemstellungen und dazugehörigen Lösungen lernt.

Für die erstmalige Erstellung einer Wissensbasis eignet sich lediglich die indirekte Wissensakquisition, für die Erweiterung der Wissensbasis sind allerdings auch die anderen beiden Verfahren geeignet.

Die Wissensakquisition ist eng mit dem Prozess zur Entwicklung eines Expertensystems verbunden. In Anlehnung an die indirekte Wissensakquisition kann dieser Prozess nach [Kur92] in die nachfolgend beschriebenen Aufgabenkomplexe untergliedert werden (vgl. Bild 2.7, vgl. auch [Cas97]).

In der *Identifikationsphase* müssen die wesentlichen Aspekte des Anwendungsproblems definiert werden. Dazu gehört u. a. die Identifikation der Beteiligten und ihrer Rollen (z. B. Knowledge Engineer, Experte, etc.), die Charakterisierung des in dem System abzubildenden Anwendungsproblems oder die Identifikation notwendiger und verfügbarer Ressourcen wie bspw. Wissensquellen (z. B. Bücher, Datenbanken) und Entwicklungszeit. Weiterhin ist festzulegen, was genau mit dem Expertensystem erreicht werden soll. Ein Anwendungszweck könnte z. B. die breite Streuung von knappem, wertvollem Expertenwissen sein.

Um das Problemlösen in dem betrachteten Anwendungsgebiet zu beschreiben, müssen im Rahmen der *Konzeption* die wesentlichen Konzepte identifiziert und definiert werden. Dabei versucht der Knowledge Engineer herauszufinden, wie der Experte an die Problemlösung herangeht, d. h. welche Teilaufgaben, Strategien und Restriktionen relevant sind. In diesem Zusammenhang ist zu entscheiden, mit welchem Detaillierungsgrad das Wissen erfasst und repräsentiert werden soll.

In der *Formalisierungsphase* werden die zuvor gefundenen Konzepte in eine formale Darstellung überführt. Dazu ist u. a. eine Festlegung auf geeignete Repräsentationsformen, Abarbeitungsstrategien und ein Entwicklungswerkzeug erforderlich. Die Formalisierung erfolgt dann innerhalb des Rahmens, der durch die spezifischen Ausdrucksmittel des konkreten Werkzeugs gesetzt wird. Wenn das Werkzeug bspw. für die Repräsentation Konzepte, Relationen und Regeln vorsieht, müssen alle Wissensseinheiten mit diesem Hilfsmittel ausgedrückt werden. Weiterhin wird wenigstens ein Teil des Anwendungswissens im Detail repräsentiert.

Ziel der *Implementierung* ist es, einen Prototyp des Expertensystems zu erstellen. Dazu wird das formalisierte Wissen in ein Programm überführt. Anhand des Prototyps werden die frühen Entwurfsentscheidungen überprüft und ggf. korrigiert. Im Rahmen des *Testens* erfolgt die Überprüfung des Prototyps hinsichtlich der Leistungsfähigkeit. Knowledge Engineer und Experte prüfen und evaluieren das Verhalten des Systems und seine Problemlösefähigkeit und versuchen, Systemfehler auffindig zu machen.

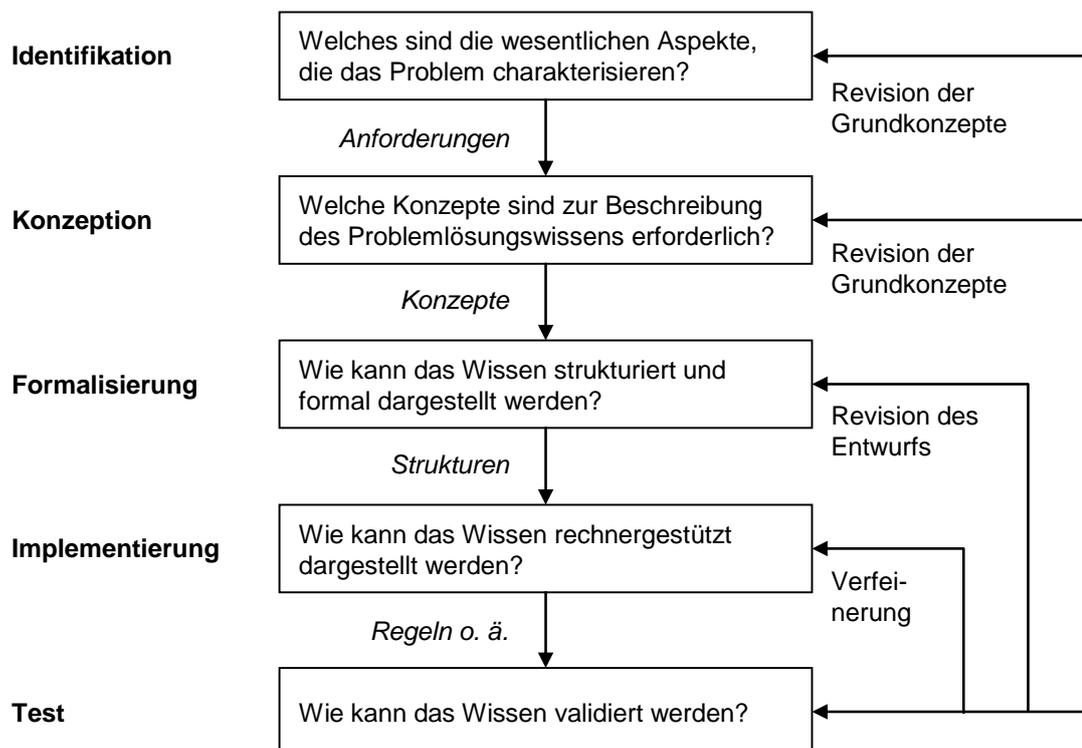


Bild 2.7: Aufgabenkomplexe bei der Expertensystementwicklung (vgl. [Kur92])

Wissensrepräsentation

Das Vorgehen zur Entwicklung eines Expertensystems verdeutlicht die zentrale Bedeutung der gewählten Wissensrepräsentation. Eine rechnergestützte Nutzbar-
machung von Wissen, z. B. in Form von Schlussfolgerungen, kann erst auf einer
formalen Repräsentation der realen Welt erfolgen [Dit06]. Die Wissensrepräsentati-
on, im Sinne von Wissensmodellierung, dient somit als abstrakte Ebene, um das
Wissen in Expertensystemen abbilden und nutzen zu können [Kie06].

In Abhängigkeit von der Art des in der Wissensbasis abzubildenden Wissens können
unterschiedliche Repräsentationsformen gewählt werden (vgl. Bild 2.8). Eine gängige
Differenzierung ist bspw. anhand der Natur des Wissens möglich. Dabei wird zwi-
schen deklarativem und prozeduralem Wissen unterschieden (vgl. z. B. [Kie06],
[Kur92], [Wre07]). Weiterhin kann zwischen abstraktem und konkretem Wissen un-
terschieden werden [Bei08].

Deklaratives Wissen beschreibt das Wissen über Sachverhalte [Wre07]. Es umfasst
die Kenntnisse eines Akteurs über Objekte und ihre Eigenschaften (Attribute und
Werte) sowie Relation der Objekte untereinander [Dit06]. Eine deklarative Wissens-
repräsentation beschränkt sich somit auf die reine Beschreibung von Sachverhalten
und enthält grundsätzlich keine Angaben über die Anwendung des Wissens zur
Lösung eines konkreten Problems [Kur92]. Zur Repräsentation von deklarativem
Wissen können bspw. die Prädikatenlogik, semantische Netze, Entity-Relationship-
Modelle oder Ontologien eingesetzt werden (z. B. [Dit06], [Hel08], [Kie06], [Kur92]).

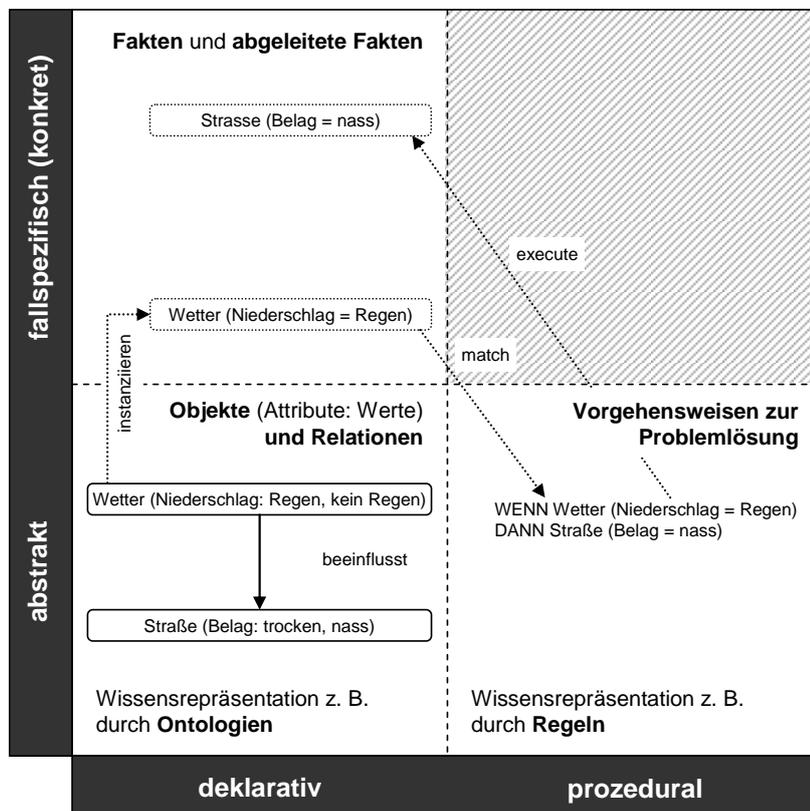


Bild 2.8: Wissensarten der Wissensbasis

Prozedurales Wissen hingegen entspricht dem Handlungswissen [Wre07] und umfasst somit das Wissen eines Akteurs über Anwendungshinweise des Wissens [Dit06]. Es bezeichnet Wissen über Strategien, Vorgehensweisen und Prozesse, die der Lösung von Problemen und der Verarbeitung von Informationen dienen und basiert im Wesentlichen auf Erfahrungen [Wre07]. Bei der prozeduralen Wissensrepräsentation steht demnach der aktive Gebrauch des Wissens im Vordergrund. Zur Repräsentation von prozeduralem Wissen können bspw. Regeln oder Frames eingesetzt werden (vgl. [Dit06], [Kur92]).

Wie in Bild 2.8 dargestellt, kann weiterhin zwischen abstraktem und fallspezifischem (konkretem) Wissen unterschieden werden. Abstraktes Wissen kann sowohl deklarativ als auch prozeduraler Natur sein. Der deklarative Teil des abstrakten Wissens umfasst die o. g. Objekte, inklusive möglicher Attribute und Werte, und Relationen zwischen den Objekten. Wird dieses deklarative, abstrakte Wissen bspw. mittels einer Ontologie repräsentiert, werden die Objekte auch als Konzepte bezeichnet [Dit06]. Im Fall regelbasierter Expertensysteme umfasst der prozedurale Teil des abstrakten Wissens bspw. Regeln in der Form „WENN A DANN B“, wobei A und B Objekte sind. Der WENN-Teil einer Regel wird als Prämisse bezeichnet, während der DANN-Teil Konklusion genannt wird [Bei08].

In Anlehnung an das Gebiet der objektorientierten Programmierung können Objekte instanziiert werden. Durch die Instanzierung entsteht aus dem abstrakten Wissen fallspezifisches Wissen in Form von Fakten und abgeleiteten Fakten. Dieses Wissen wird somit auch als Fakten- oder Instanzenwissen bezeichnet [Dit06]. In einem regelbasierten Expertensystem entstehen die abgeleiteten Fakten aus der Anwendung von Regeln auf vorhandene Fakten. Die Abarbeitung der Regeln erfolgt dabei durch die Wissensverarbeitungskomponente (vgl. Bild 2.6) in einem sogenannten Match-Execute-Zyklus [Kur92]. Dabei wird in einem ersten Schritt (match) geprüft, ob die Prämisse einer Regel durch ein Faktum erfüllt wird. Wenn das der Fall ist, wird die Regel ausgeführt (execute) und erzeugt ein neues, abgeleitetes Faktum.

Der geschilderte Zusammenhang zwischen deklarativem und prozeduralem sowie abstraktem und fallspezifischem Wissen kann an einem Beispiel verdeutlicht werden (vgl. Bild 2.8). Sollen bspw. die Straßen- und Witterungsverhältnisse in einem Expertensystem abgebildet werden, kann das abstrakte, deklarative Wissen mittels einer Ontologie über das Konzept *Wetter*, mit dem Attribut *Niederschlag* mit den Werten *Regen* und *kein Regen*, und das Konzept *Straße*, mit dem Attribut *Belag* mit den Werten *trocken* und *nass*, sowie die Relation (*Wetter*) *beeinflusst* (*Strasse*) modelliert werden. Die Regel „WENN *Wetter.Niederschlag = Regen* DANN *Straße:Belag = nass*“ könnte das abstrakte, prozedurale Wissen darstellen. Durch die Eingabe eines Anwenders wird das abstrakte Konzept *Wetter* zu einem konkreten Faktum, z. B. der Ausprägung *Wetter:Niederschlag = Regen*, instanziiert. Im Rahmen der Abarbeitung der Regel wird die Prämisse durch das beschriebene Faktum erfüllt (match), die Regel ausgeführt (execute) und dadurch das Faktum *Straße:Belag = nass* abgeleitet bzw. instanziiert.

2.3.3 Maschinelles Lernen und Data Mining

Wie bereits in Kapitel 2.3.1 aufgezeigt wurde, ist im Rahmen der Wissensakquisition u. a. die Identifikation von Regeln erforderlich. Dafür können bspw. automatisierte Verfahren wie das Maschinelle Lernen oder Data Mining verwendet werden. Aus diesem Grund werden auch diese beiden Themen kurz eingeführt.

Das Forschungsgebiet Maschinelles Lernen (engl.: machine learning) beschäftigt sich als Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz (KI) mit der computergestützten Modellierung und Realisierung von Lernphänomenen [Wro00]. Nach SIMON [Sim83] kann Lernen definiert werden als

„... jeder Vorgang, der ein System in die Lage versetzt, bei der zukünftigen Bearbeitung derselben oder einer ähnlichen Aufgabe diese besser zu erledigen.“

Obwohl diese Definition verbreitet ist (vgl. z. B. [Bei08], [Boe07], [Wit01]), wird sie dennoch aus unterschiedlichen Gründen kritisiert. Bspw. ist nicht jede verbesserte Aufgabenlösung als Lernen zu bezeichnen, da z. B. ein geschärftes Messer besser schneidet, aber nicht gelernt hat [Mic86]. Vor diesem Hintergrund ist eine präzise Definition der Lernaufgabe sinnvoll [Wro00]:

Eine Lernaufgabe wird definiert durch eine Beschreibung der dem lernenden System zur Verfügung stehenden Eingaben (ihrer Art, Verteilung, Eingabezeitpunkte, Darstellung und sonstigen Eigenschaften), der vom lernenden System erwarteten Ausgaben (ihrer Art, Funktion, Ausgabezeitpunkte, Darstellung und sonstigen Eigenschaften) und den Randbedingungen des Lernsystems selbst (z. B. maximale Laufzeiten oder Speicherverbrauch).

Innerhalb einer jeden so definierten Lernaufgabe lernt ein System demnach genau dann erfolgreich, wenn es in der Lage ist, bei Eingaben, die den Spezifikationen entsprechen, unter den geforderten Randbedingungen Ausgaben mit den gewünschten Eigenschaften zu erzeugen.

Nach [Wro00] lassen sich bei der praktischen Anwendung des Maschinellen Lernens zwei große Bereiche unterscheiden:

- die interaktive Analyse von Datenbeständen mit Hilfe von Lernverfahren bspw. zur Wissensentdeckung in Datenbanken und
- die Verwendung von Lernverfahren zur Erzielung adaptiven Verhaltens, d. h. ihre Nutzung in einem Performanzsystem.

Insbesondere die Analyse von Datenbeständen ist eng mit dem sogenannten Data Mining (DM) bzw. der Wissensentdeckung in Datenbanken (engl.: knowledge discovery in databases, KDD) verknüpft. FAYYAD ET AL. [Fay96] definieren KDD als

„... den nichttrivialen Prozess der Identifikation gültiger, neuer, potenziell nützlicher und schlussendlich verständlicher Muster in großen Datenbeständen.“

Im Sinne eines Prozesses bezeichnet DM die praktische Anwendung von ausgewählten Verfahren des Maschinellen Lernens auf die behandelte, große Datenmenge [Alp08], [Bei08], [Kru00], [Wit01]. Obwohl DM in der Literatur als Teilschritt des KDD-Prozesses definiert ist, werden die Begriffe in der Praxis oft synonym verwendet [Wro00]. Für eine detaillierte Beschreibung des KDD-Prozesses wird auf [Fay96] oder [Bei08] verwiesen.

Eine mögliche Strukturierung des DM kann anhand der zu behandelnden Aufgabe, den dafür potenziell einzusetzenden Verfahren sowie konkreten Algorithmen zur Implementierung eines Verfahrens erfolgen. Zu den verbreiteten Aufgaben des DM gehören (vgl. z. B. [Pet05], [Bei08]):

- **Klassifikation:** Ein Objekt wird einer oder mehreren vordefinierten Kategorien zugeordnet.
- **Klassenbildung:** Ein Objekt wird einer oder mehreren Klassen bzw. Clustern zugeordnet, wobei im Unterschied zur Klassifikation diese Klassen nicht vorgegeben sind, sondern ebenfalls aus den Daten bestimmt werden müssen.
- **Assoziation:** Ein Datenbestand wird bezüglich der Häufigkeit des gleichzeitigen Auftretens von Objekten oder Ereignissen analysiert.
- **Zeitreihenanalysen:** Es werden funktionale Zusammenhänge zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen derart modelliert, dass für neue Argumente die Funktionswerte möglichst genau berechnet werden können.

Bei der Klassifikation handelt es sich um eine DM-Aufgabe, die auf dem sogenannten überwachten Lernen basiert. Dabei wird dem lernenden System neben den notwendigen Eingangsgrößen auch die gewünschte Ausgangsgröße, z. B. die Klasse, übergeben [Boe07]. Sowohl die Klassenbildung als auch das Erlernen von Assoziation basieren auf dem sogenannten unüberwachten Lernen. Dabei werden dem lernenden System lediglich die Eingangsgrößen zur Verfügung gestellt [Boe07]. Das Erlernen von Zeitreihen kann sowohl überwacht als auch unüberwacht erfolgen.

Für die Realisierung der genannten DM-Aufgaben stehen unterschiedliche Verfahren bzw. Methoden des Maschinellen Lernens zur Verfügung [Pet05]. Ein entsprechendes Verfahren kann durch unterschiedliche Algorithmen implementiert werden, die in der Regel durch kommerzielle oder frei zugängliche Software zur Verfügung gestellt werden. Ein Beispiel für eine Open Source Anwendung ist die Software Rapid Miner, ehemals YALE (vgl. [Mie06]). Nachfolgend werden ausgewählte Verfahren des Maschinellen Lernens vorgestellt und entsprechende Algorithmen zur Implementierung des jeweiligen Verfahrens genannt:

- **Entscheidungsbäume:** Ein Entscheidungsbaum liefert zu Objekten, die durch Mengen von Attribut-Wert-Paaren beschrieben sind, jeweils eine Ent-

scheidung, welcher Klasse das betreffende Objekt zuzuordnen ist [Bei08]. Entscheidungsbäume werden demnach in der Regel für Klassifikationsaufgaben eingesetzt [Wro00]. Die Erzeugung (Induktion) eines Entscheidungsbaums erfolgt nach dem Prinzip „Divide and Conquer“ [Wit01] und wird in Rapid Miner z. B. durch die Algorithmen *W-J48graft* oder *W-LMT* realisiert. Entscheidungsbäume sind auf die Ausgabe nominaler Zielgrößen ausgelegt. Für die Ausgabe reeller Zahlenwerte können sogenannte Regressionsbäume eingesetzt werden [Wit01].

- **Entscheidungstabellen:** Entscheidungstabellen bilden Eingaben über Bedingungen auf Ausgaben (Aktionen) ab und werden hauptsächlich zur Klassifikation eingesetzt. Die Darstellung erfolgt in einer Tabelle mit vier Quadranten: oben links stehen die Bedingungsdefinitionen, oben rechts die Regeln in Form kombiniert erfüllter oder nicht erfüllter Bedingungen, links unten stehen die Aktionsdefinitionen und rechts unten sind die für eine Regel auszuführenden Aktionen selektiert. Eine Kombination von Bedingungen, die zu einer speziellen Aktionssequenz führt, wird als Regel bezeichnet [Cav74]. In Rapid Miner ist bspw. der Algorithmus *W-DecisionTable* zur Erzeugung von Entscheidungstabellen verfügbar.
- **künstliche neuronale Netze (KNN):** Nach dem biologischen Vorbild der Nervenzellen (Neuronen) versuchen KNN bestimmte Aspekte der Informationsverarbeitung in Lebewesen nachzuvollziehen und in Computern nutzbar zu machen. Ein KNN kann als Graph mit gerichteten Kanten aufgefasst werden, dessen Knoten einfachen Verarbeitungseinheiten entsprechen [Boe07], [Goe00]. KNN können für alle o. g. DM-Aufgaben eingesetzt werden. In Rapid Miner implementierte Algorithmen sind z. B. *Perceptron* und *W-MultilayerPerceptron*.
- **Regel-Lerner:** Ebenso wie die Entscheidungsbaumverfahren generieren Verfahren zur Regelinduktion aus gegebenen Trainingsobjekten, deren Klassenzugehörigkeit bekannt ist, Regeln. Diese werden für Klassifikationsaufgaben benutzt. Die Verfahren der Regelinduktion wurden entwickelt, um strukturelle Nachteile der Entscheidungsbaumverfahren, wie insbesondere die Neigung zur Übergröße, zu beseitigen und Regeln in logischen Formeln und damit in leicht verständlicher Form abzubilden [Pet05]. Der *W-Jrip* Algorithmus ist bspw. ein in Rapid Miner implementierter Regel-Lerner.
- **Support Vector Machines (SVM):** SVM-Verfahren charakterisieren die in einer Trainingsmenge vorhandenen Objekte in Form von Merkmalsvektoren. Ähnliche Objekte erzeugen ähnliche Vektoren, die in einem n-dimensionalen Raum nah beieinander liegen. SVM-Verfahren werden ebenfalls zur Klassifikation eingesetzt [Wro00], indem sie sogenannte Hyperebenen identifizieren, die unterschiedliche Klassen trennen. Unbekannte Objekte werden klassifiziert, indem sie in den Merkmalsraum eingeordnet und ihre Lage relativ zur

Hyperebene identifiziert werden [Wit01]. In Rapid Miner implementierte Algorithmen sind z. B. *JMySVMClassifier* und *LibSVMClassifier*.

Wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben, können die genannten Verfahren und Algorithmen bspw. zur aufwandsarmen Erzeugung von Regeln für ein regelbasiertes Expertensystem eingesetzt werden. Die dabei erzeugten Modelle, z. B. Entscheidungsbäume, entsprechen dem in Kapitel 2.3.2 diskutierten abstrakten, prozeduralen Wissen.

2.3.4 Anwendung und Grenzen wissensbasierter Systeme

Die ersten wissensbasierten Systeme entstanden um 1970 [Boe07]. Die seitdem durchgeführte Entwicklung hat dazu geführt, dass heute weltweit mehrere tausend Expertensysteme im Einsatz sind. Einer der bedeutendsten Anwendungsbereiche ist die Medizin. Insbesondere für das Gebiet der Diagnose werden wissensbasierte Methoden eingesetzt [Bei08]. Ein bekanntes medizinisches Expertensystem ist MYCIN, das an der Stanford University zur Diagnose bakterieller Infektionskrankheiten entwickelt wurde [Sho76].

Anwendung wissensbasierter Systeme

Auch für betriebswirtschaftlich-technische Bereiche wurden wissensbasierte Systeme entwickelt. Bspw. beschreiben PUPPE, LEGLEITNER und HUBER [Pup91] ein Diagnosesystem für die Qualitätskontrolle. Es handelt sich um ein automatisches, regelbasiertes Expertensystem, das in die Rechnerumgebung eines Getriebeprüfstandes integriert wurde, um sowohl potenzielle Fehler einzugrenzen als auch eine Entscheidung zu treffen, ob das jeweils geprüfte Teil zur Nacharbeit ausgesondert werden muss.

Ein ebenfalls für den Bereich des Qualitätsmanagements entwickeltes Expertensystem wird von OETZMANN [Oet05] vorgestellt. Zur standortübergreifenden Sicherstellung der geforderten Produktqualität wurde eine kombinierte regel- und fallbasierte Lösung erarbeitet. Das System stellt zum einen regelbasiertes Expertenwissen für die Nutzung von komplexer, ausbildungsintensiver Messtechnik zur Verfügung. Zum anderen stellt das System fallbasiertes Lösungswissen zur Behebung von Qualitätsproblemen in der Fertigung bereit.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung der Verfügbarkeitssteigerung von Werkzeugmaschinen bzw. Produktionsanlagen stellt KLIE [Kli07] ein Expertensystem zur effektiven und schnellen Maschinenstörungsdiagnose vor. Das System unterstützt Mitarbeiter von Service Hotlines bei der Dokumentation von Informationen zu Maschine und Servicefall. Dabei wird fallbasiert auf Erfahrungen zurückgegriffen, die bei vorhergehenden Maschinenstörungen gemacht wurden. Um unterschiedliches Erfahrungswissen und verschiedenartige Wortschätze von Servicemitarbeitern zu standardisieren, wurde ein Suchverfahren konzipiert, mit dem nicht nur gleiche, sondern auch ähnliche Fallbeschreibungen gefunden werden.

Zur Unterstützung von Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) als Instrument des Qualitätsmanagements wurde von DITMANN [Dit06] unter Herleitung und Anwendung eines Vorgehensmodells eine FMEA-Ontologie entwickelt und in einem prototypischen wissensbasierten System, dem OntoFMEA-Prototyp, umgesetzt. Auf Basis der Ontologie ist das System in der Lage, durch Wiederverwendung von Wissen aus früheren FMEAs, Vorschläge zu Systemelementen, Funktionen, Fehlern und Maßnahmen zu generieren.

Neben Forschungsarbeiten, die ein spezifisches wissensbasiertes System beschreiben, existieren weitere Arbeiten, die sich mit dem Prozess zur Entwicklung wissensbasierter Systeme auseinandersetzen. Als Beispiel kann die Arbeit von ERDANI [Erd05] aufgeführt werden, in der der Prozess der Wissensakquisition für regelbasierte Expertensysteme betrachtet wird. ERDANI stellt ein auf Ternary Grids basiertes Modell vor, das die durch Experten und Knowledge Engineer durchgeführte Extraktion und Formalisierung von Regeln unterstützt. Neben der Bedeutung des Wissensakquisitionsprozesses unterstreicht die Arbeit die Bedeutung regelbasierter Expertensysteme.

Grenzen wissensbasierter Systeme

Die Entwicklung der Expertensystemtechnik hat seit Ende der 1970'er Jahre große Hoffnungen geweckt [Boe07]. Eine wichtige Rolle spielten dabei insbesondere die mit einem Expertensystem verknüpften Stärken [Ken07]:

- hohe Effizienz durch schnelle Lösungsbereitstellung.
- hohe Konsistenz durch standardisierte Ausgaben.
- hohe Reproduzierbarkeit.
- Entlastung menschlicher Experten.

Die anfänglichen Erwartungen haben sich allerdings nur bedingt erfüllt [Bei08]. Die Systeme erheben heute nicht mehr den Anspruch, menschliche Experten komplett zu ersetzen. Vielmehr werden sie als nützliche Werkzeuge zur Unterstützung von Fachleuten betrachtet [Boe07].

Um die Grenzen wissensbasierter Systeme aufzuzeigen, können die in der Literatur beschriebenen Probleme bei der Entwicklung und dem Einsatz von Expertensystemen aufgeführt werden (vgl. [Boe07], [Kur92]):

- Ein Expertensystem bezieht sich immer nur auf ein festgelegtes Wissensgebiet. Im Gegensatz zum menschlichen Experten kann es aber die Grenzen seines Wissens nicht selbst erkennen. Ein menschlicher Experte kann im Allgemeinen abschätzen, in welchen Fällen seine Kompetenz nicht mehr ausreicht, ein Expertensystem kann dies nicht. Der Einsatz von Expertensystemen in sicherheitskritischen Bereichen kann aus diesem Grund problematisch sein.

- Menschliche Experten verfügen neben dem Fachwissen stets auch über Alltagswissen, das sie auch meist unbewusst für Problemlösungen heranziehen. Bisher gibt es kaum Ansätze, Alltagswissen zu formalisieren, um es für Expertensysteme verfügbar zu machen.
- In vielen Fällen ist es sehr schwer, das Wissen eines Experten explizit zu machen. Dies hängt mit dem stillschweigenden Wissen (engl. tacit knowledge) zusammen, also mit der Verflechtung von Wissen und Können. Ein Beispiel ist die Grammatik der deutschen Sprache, deren Regeln von der Allgemeinheit beherrscht, aber kaum explizit gemacht werden können. Es handelt sich dabei also um das Problem des Wissenserwerbs.
- Ein limitierender Faktor sind weiterhin die für die Entwicklung eines Expertensystems notwendigen Ressourcen wie bspw. spezifische Entwicklungswerkzeuge oder die Verfügbarkeit von Fach-Experten und KI-Fachleuten.
- Wenn für herkömmliche Softwaresysteme die formale Spezifikation und Verifikation schon ein sehr schwieriges Unterfangen ist, so ist sie für Expertensysteme nahezu unmöglich.

2.3.5 Zusammenfassende Bewertung wissensbasierter Systeme

Trotz der oben aufgeführten Grenzen können wissensbasierte Systeme für die Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen eingesetzt werden. Bei einer entsprechenden Analyse des Anwendungsgebiets „Lean Production“ kann das für eine Wissensrepräsentation erforderliche deklarative und prozedurale Wissen identifiziert und in einer Wissensbasis unter Anwendung einer geeigneten Wissensrepräsentationsform abgebildet werden.

Werden die notwendigen Objekte und Relationen in der erforderlichen Detaillierungstiefe erfasst, ist sowohl die umfassende Abbildung von Produktionssystem- und Kontext-Information als auch die entsprechende Verknüpfung dieser Informationen möglich. Die Anforderung A1 kann dementsprechend vollständig erfüllt werden ($A1.1 = A1.2 = A1.3 = 3$). Unter der Annahme, dass ein Expertensystem zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen entwickelt werden kann, ist im Gegensatz zu den in Kapitel 2.2 vorgestellten Lösungsansätzen auch die Erfüllung von Anforderung A2 möglich. Durch die Berücksichtigung werkzeug- und formenbauspezifischer Kontext-Informationen kann ein maximaler Branchenbezug erreicht werden ($A2.1 = 3$). Auch ist die Erfüllung von Anforderung A2.2 denkbar. Bspw. erlaubt ein regelbasiertes Expertensystem die Formalisierung von prozeduralem Wissen und bietet damit die Möglichkeit, den für eine Individualisierung des Produktionssystems notwendigen Anpassungsbedarf ressourceneffizient zu erfüllen ($A2.2 = 3$).

3 Motivation und Zielsetzung

Wie einleitend aufgezeigt wurde, stehen die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus vor der Herausforderung, ihre Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit deutlich zu verbessern, um auch zukünftig in einem internationalen, wirtschaftlich anspruchsvollen Umfeld bestehen zu können. Die dafür notwendigen Methoden werden in Ganzheitlichen Produktionssystemen bereitgestellt, die in der Branche bisher allerdings nicht verbreitet sind. Die Ursachen dafür liegen insbesondere in den mangelnden personellen und finanziellen Ressourcen der Unternehmen.

Die Diskussion des aktuellen Wissensstands hat gezeigt, dass die vorhandenen Ansätze zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen nicht die notwendigen Anforderungen erfüllen. Allerdings bieten wissensbasierte Systeme bei einer entsprechenden Auslegung das Potenzial, das erforderliche Wissen kontextbezogen zu formalisieren sowie aufwands- und wissensarm an unternehmensindividuelle Randbedingungen anzupassen und zu nutzen.

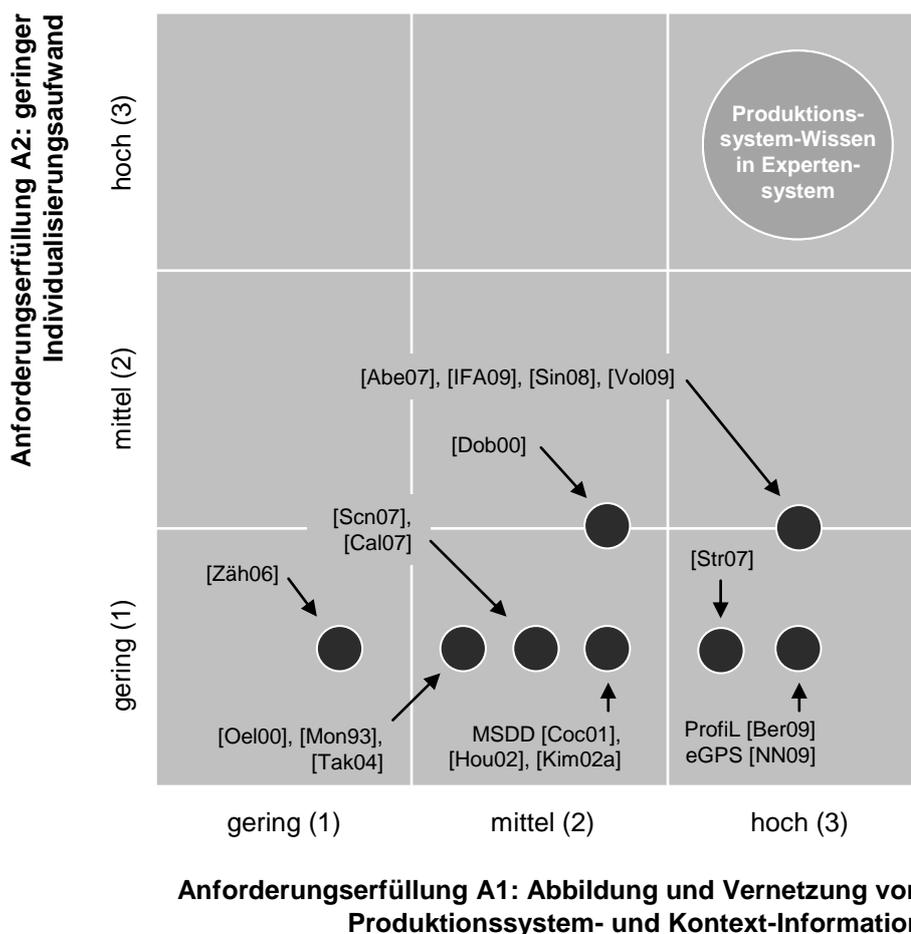


Bild 3.1: Portfolio zur Bewertung vorhandener Lösungen und eines potenziellen Ansatzes zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen in einem Expertensystem

Bild 3.1 stellt die vorhandenen, in der Literatur beschriebenen Lösungen einem Expertensystem, als alternativen und bisher nicht verfolgten Ansatz zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen, graphisch gegenüber. Dazu wurden die in Kapitel 2.2 und 2.3 untersuchten Arbeiten anhand der Dimensionen *Abbildung und Vernetzung von Produktionssystem- und Kontext-Informationen* (vgl. Anforderung A1) sowie *geringer Individualisierungsaufwand* (vgl. Anforderung A2) in einem Portfolio visualisiert. Grundlage für die Visualisierung sind die in Kapitel 2.2.6 (vgl. Tabelle 2.1) und 2.3.5 vorgestellten Bewertungen der Anforderungserfüllung. Aus Bild 3.1 wird deutlich, dass ein Expertensystem bei einer entsprechenden Auslegung die Anforderungen am besten erfüllen kann.

Vor diesem Hintergrund hat die vorliegende Arbeit zum Ziel, kleine und mittlere Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus bei der Entwicklung und Implementierung eines firmenspezifischen Produktionssystems durch die Formalisierung und Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen in einem regelbasierten Expertensystem zu unterstützen. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dabei insbesondere die Entwicklung eines Modells interessant, das die Abbildung und damit Formalisierung von Produktionssystem-Wissen erlaubt. Für eine praxisnahe Umsetzung ist weiterhin die Entwicklung einer umfangreichen, werkzeug- und formenbauspezifischen Wissensbasis erforderlich, die dem Anwender bereits im Initialzustand des zu entwickelnden Expertensystems zur Verfügung steht. Um den Aufwand für die notwendigen unternehmensindividuellen Anpassungen der Wissensbasis, und damit des Produktionssystems, so gering wie möglich zu halten, ist außerdem die Entwicklung von Regeln zur automatisierten Anpassung der Wissensbasis notwendig. Diese Regeln ermöglichen dem Anwender die Anpassung der Wissensbasis, ohne dass er über spezifisches Produktionssystem-Wissen verfügen muss. Das zu entwickelnde Expertensystem soll in Form eines Software-Demonstrators umgesetzt sowie evaluiert werden und den Anwender bei der Entscheidung unterstützen, welche Produktionssystem-Methode sinnvoll in dem jeweils gegebenen, individuellen Unternehmenskontext eingesetzt werden kann.

Diese für die Zielerreichung notwendigen Teilziele werden nachfolgend aufgeführt:

- Teilziel 1 (TZ 1) ist die Entwicklung eines Datenmodells zur Wissensrepräsentation.
- Teilziel 2 (TZ 2) ist die Bereitstellung einer werkzeug- und formenbauspezifisch ausgestalteten Wissensbasis.
- Teilziel 3 (TZ 3) ist die Entwicklung von Regeln zur automatisierten Anpassung der Wissensbasis an einen unternehmensspezifischen Kontext.
- Teilziel 4 (TZ 4) ist die Implementierung eines Software-Demonstrators und die Evaluation des Expertensystems anhand von Fallbeispielen.

4 Konzeption des Expertensystems

In Anlehnung an die in Kapitel 2.3.2 beschriebene Vorgehensweise zur Entwicklung eines Expertensystems und unter Berücksichtigung der in Kapitel 2.1 definierten Anforderungen, wird in dem vorliegenden Kapitel die Konzeption eines Expertensystems zur Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus beschrieben.

Dazu werden in Kapitel 4.1 zunächst für den vorliegenden Einsatzzweck geeignete Formen zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen ausgewählt. Weiterhin werden in Kapitel 4.2 relevante Konzepte und Relationen des betrachteten Realitätsausschnitts, hier Produktionssystem und Werkzeugbau, identifiziert und in einer Ontologie modelliert. Die Ontologie entspricht damit dem abstrakten, deklarativen Teil der Wissensbasis. Mit dem Ziel, eine branchenbezogene Lösung zu entwickeln, erfolgt im Anschluss in Kapitel 4.3 die systematische Identifikation werkzeug- und formenbauspezifischer Fakten in Form von Instanzen der in der Ontologie enthaltenen Konzepte und Relationen. Diese entsprechen somit dem fallspezifischen, deklarativen Wissen in der Wissensbasis. Um den Aufwand sowie das notwendige Wissen für unternehmensindividuelle Anpassungen der Wissensbasis zu minimieren, werden in Kapitel 4.4 DM-Algorithmen eingesetzt und evaluiert, um prozedurales Wissen in Form von Regeln herzuleiten. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung und Diskussion der Konzeption des Expertensystems (vgl. Kapitel 4.5).

4.1 Auswahl für den Einsatzzweck geeigneter Repräsentationsformen

Wie bereits dargelegt wurde, ist für die Implementierung eines Expertensystems die Frage der Repräsentation des Wissens von zentraler Bedeutung. Somit gilt es zu entscheiden, welche Repräsentationsform zur Abbildung von deklarativem und prozeduralem Produktionssystem-Wissen eingesetzt werden soll.

In der Literatur beschriebene Ansätze zur Repräsentation und Modellierung von deklarativem Wissen sind bspw. die Prädikatenlogik, Semantische Netze oder Entity-Relationship-Modelle (vgl. Kapitel 2.3.2). Einen weiteren Ansatz stellen Ontologien dar. Eine Ontologie definiert Konzepte und Relationen und umfasst und erweitert damit die unterschiedlichen Merkmale der genannten Ansätze [Dit06]. Konzepte werden dabei als abstrakte Sicht auf ein Phänomen des betrachteten Realitätsausschnitts, z. B. die Methoden eines GPS, verstanden und können instanziiert werden (z. B. Poka Yoke). Relationen berücksichtigen die Eigenschaften (Attribute) oder Beziehungen von Konzepten und Konzeptinstanzen untereinander, z. B. Methode *ist Teil von* Produktionssystem oder Poka Yoke *ist Teil von* Werkzeugbau-GPS. Eine Ontologie enthält demnach selbst Wissen und ist Teil der Wissensbasis. Nach DITTMANN (vgl. [Dit06]) eignen sich Ontologien insbesondere zur Kommunikation sowie zur Repräsentation und Wiederverwendung von Wissen. Sie werden aus diesem Grund in der vorliegenden Arbeit zur Repräsentation des abstrakten, deklarativen Wissens verwendet.

In Kapitel 2.3.1 wurde anhand der Anforderung A2 bereits aufgezeigt, dass regelbasierte Expertensysteme einen geringeren Individualisierungsaufwand erwarten lassen. Aus diesem Grund sollen Regeln zur Repräsentation des prozeduralen Teils der Wissensbasis eingesetzt werden.

4.2 Ontologie zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen

Bezugnehmend auf Teilziel 1 wird in dem vorliegenden Kapitel ein Datenmodell zur Wissensrepräsentation hergeleitet. Das Datenmodell wird in Form einer Ontologie modelliert und entspricht dem in Kapitel 2.3.2 beschriebenen abstrakten, deklarativen Wissen als Teil der Wissensbasis. Um eine Ontologie zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen aufzubauen, müssen die notwendigen Konzepte und deren Relationen identifiziert werden. Dabei ist zu beachten, dass Produktionssysteme nicht als losgelöstes Konstrukt verstanden werden können, sondern immer im Zusammenwirken mit dem Unternehmenskontext zu sehen sind (vgl. Kapitel 1.1). Vor diesem Hintergrund wurden ausgewählte wissenschaftliche und praxisnahe Arbeiten untersucht, um sowohl die ein Produktionssystem als auch die den Unternehmenskontext beschreibenden Konzepte und die deren Abhängigkeiten beschreibenden Relationen zu identifizieren (vgl. Anforderung A1). Nachfolgend werden die Analyseergebnisse in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt:

Arbeiten von DOMBROWSKI

Nach DOMBROWSKI (vgl. [Dom06a], [Dom06b]) sind die meisten Produktionssysteme der industriellen Praxis aus den Elementen *Ziele*, *Gestaltungsfelder* sowie *Methoden* und *Werkzeuge* aufgebaut. Mit GPS werden übergeordnete Unternehmensziele verfolgt, aus denen Teilziele für einzelne Gestaltungsfelder abgeleitet werden können. Gestaltungsfelder werden als Rahmen für inhaltlich ähnliche oder zusammengehörende Methoden und Werkzeuge verstanden. Methoden beschreiben dabei eine bestimmte Vorgehensweise, Werkzeuge sind physische Mittel, die zur Zielerreichung eingesetzt werden können. Der *Wirkungsbereich* eines GPS kann nach DOMBROWSKI die gesamte Produktion, produktionsnahe Dienstleistungsbereiche (z. B. Wartung), administrative Bereiche oder auch die gesamte Lieferkette eines Unternehmens umfassen.

Arbeit von LIKER

Im Rahmen seiner Beschreibung des Toyota Produktionssystems stellt LIKER [Lik07] die Bedeutung der Elemente *Ziele*, *Methoden*, *Mensch* und *Prozesse* heraus. Er beschreibt das TPS als „Haus“, bestehend aus einem Dach, das die Ziele eines Unternehmens darstellt, zwei „tragenden Außenwänden“, Just-In-Time und Jiidoka, und einem Fundament (Heijunka, stabile Prozesse, etc.). Im Zentrum des Hauses steht der Mensch. LIKER weist darauf hin, dass das TPS grundsätzlich darauf abzielt, den Menschen durch Methoden zu unterstützen und zu ermuntern, die Prozesse mit denen sie arbeiten kontinuierlich zu verbessern.

Arbeit von OELTJENBRUNS

In seiner Arbeit untersucht OELTJENBRUNS [Oel00] die Elemente des TPS sowie unterschiedlicher Derivate, wie z. B. das Daimler Benz Produktionssystem, das Porsche Produktionssystem u. a.. Im Ergebnis identifiziert er sogenannte Haupt- und Unterelemente eines Produktionssystems, die er weiterhin in Basis-, Werkzeug- und Zielelemente gruppiert. Bei den Elementen handelt es sich um *Methoden*, die zur Erreichung unterschiedlicher *Unternehmensziele* eingesetzt werden können. Nach OELTJENBRUNS sind die Ziele im Wesentlichen für den *Produktionsprozess* gültig.

Arbeit von STRAUSBERG und KEßLER

Nach STRAUSBERG und KEßLER [Str07] dient jedes Produktionssystem der Erfüllung gesetzter *Ziele*, die teilweise sogar über der eigentlichen Produktionssystemstruktur stehen. Die Ziele werden *Prinzipien* zugeordnet. Diese bilden verbindliche Gestaltungsregeln ab und definieren somit die Ausrichtung der Produktion und der angrenzenden *Prozesse*. Weiterhin sind *Methoden* und *Werkzeuge* Bestandteil eines Produktionssystems. Nach STRAUSBERG und KEßLER sind Methoden und Werkzeuge grundsätzlich zu trennen, stehen aber in enger Verbindung zueinander, da sie die Umsetzung der Ziele auf operativer Ebene unterstützen.

Arbeit von SPATH

Nach SPATH [Spa03] gilt es im Rahmen der Gestaltung von Produktionssystemen ausgehend von Marktzielen *Gestaltungsziele* festzulegen, um alle *Prozesse* des Unternehmens durchgängig und umfassend zu organisieren und in der Konsequenz die Bedürfnisse der Kunden und Märkte systematisch zu erfüllen. Dazu werden *Gestaltungsprinzipien* festgelegt. Gestaltungsprinzipien stimmen einzelne *Methoden* ab und stellen sicher, dass die Ziele sowie die Marktstrategie erfüllt werden. Dies ist nach SPATH notwendig, da zwischen unterschiedlichen Methoden Abhängigkeiten bestehen, die sich je nach Unternehmenskultur oder Branche unterscheiden.

Arbeit von TAKEDA

TAKEDA [Tak04] weist in seiner Beschreibung des synchronen Produktionssystems darauf hin, dass durch die Veränderung der *Prozesse* die *Ziele* und *Subziele* des Unternehmens, z. B. Gewinnsicherung im internationalen Wettbewerb oder Reduzierung der Herstellkosten, erreicht werden sollen. Dazu stehen *Mittel* bzw. *Methoden* zur Verfügung. Durch ihre Einführung, Umsetzung und Entwicklung werden bspw. Verschwendungen identifiziert und eliminiert oder Durchlaufzeiten gesenkt. Dabei gilt es nach TAKEDA insbesondere die wechselseitigen Einflüsse unterschiedlicher Mittel (Methoden) zu berücksichtigen.

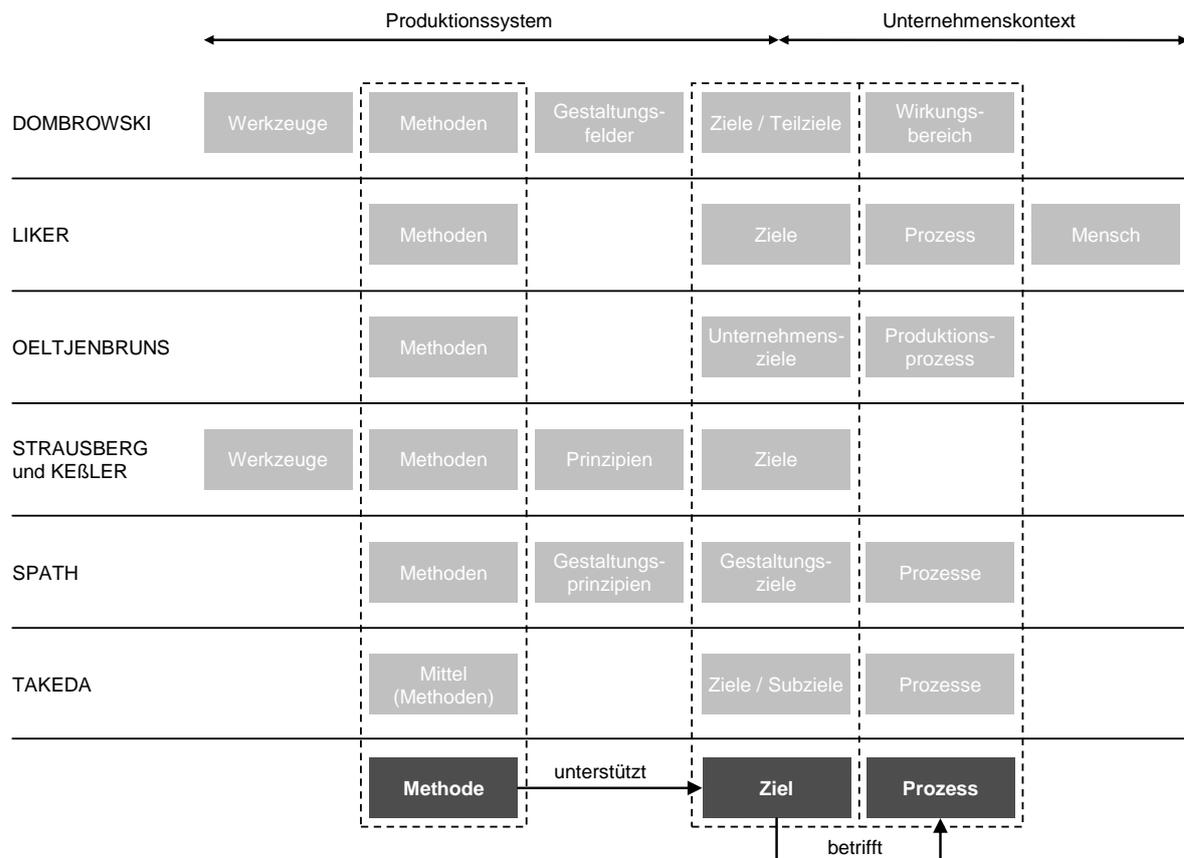


Bild 4.1: Identifikation relevanter Konzepte zur Beschreibung von Produktionssystem und Unternehmenskontext

Bild 4.1 zeigt auf, dass die Konzepte *Methode*, *Ziel* und *Prozess* in nahezu allen betrachteten Arbeiten auftreten. Aus diesem Grund werden sie für die zu entwickelnde Ontologie ausgewählt. Wie aus der untersuchten Literatur deutlich wird, ist die Zuordnung des Konzepts *Ziel* zu dem Unternehmenskontext oder dem Produktionssystem im Gegensatz zu den anderen beiden Konzepten nicht eindeutig (vgl. Bild 4.1). Eine zentrale Ursache dafür ist, dass die Ziele eines Unternehmens sowohl für das Unternehmen selbst als auch für ein Produktionssystem definiert bzw. dadurch beeinflusst werden. Die Untersuchung der zwischen den Konzepten vorhandenen Relationen ergibt, dass Ziele konkrete Prozesse *betreffen* und Methoden die Zielerreichung *unterstützen*. Aus Gründen der Übersicht werden die einzelnen Relationen in den jeweiligen Arbeiten in Bild 4.1 nicht aufgeführt.

Auf Basis der beschriebenen Untersuchung kann eine einfache Ontologie zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen in einem Expertensystem abgeleitet werden (vgl. Bild 4.2). Die Ontologie umfasst die Konzepte *Ziel*, *Methode* und *Prozessschritt*. Die Konzepte *Ziel* sowie *Prozessschritt* repräsentieren den Unternehmenskontext. Das Konzept *Ziel* wird an dieser Stelle dem Unternehmenskontext zugeordnet, allerdings können die Ziele eines Unternehmens ebenso durch das Produktionssystem beeinflusst werden (s. o.). Vergleichbar zu den Zielen, die Teil

eines unternehmerischen Zielsystems sein können, werden an dieser Stelle Prozessschritte als Bausteine der Unternehmensprozesse betrachtet. Das Konzept *Methode* repräsentiert das zentrale Element eines Produktionssystems. Eine eindeutige Definition und Einordnung der Begriffe Ziel, Prozessschritt und Methode erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln. Eine direkte Verknüpfung zwischen Produktionssystemelement und Kontext erfolgt über die Relationen (Methode) *unterstützt* (Ziel) oder (Ziel) *wird_unterstützt_durch* (Methode). Über die Relationen (Ziel) *betrifft* (Prozessschritt) und (Prozessschritt) *ist_betroffen_von* (Ziel) ist außerdem eine indirekte Verknüpfung zwischen Produktionssystem und Kontext gegeben.

Auf Grundlage der in Bild 4.2 dargestellten Konzepte und Relationen, die somit Teil der Wissensrepräsentation sind, kann die Modellierung von Produktionssystem-Wissen erfolgen. Damit ist die Erfüllung der Anforderungen A1.1, A1.2 und A1.3 grundsätzlich gegeben. Ob die Anforderungen tatsächlich erfüllt werden, kann allerdings erst nach der Herleitung entsprechender fallspezifischer Fakten (vgl. Kapitel 4.3) beurteilt werden, da der an dieser Stelle beschriebene abstrakte Wissensteil dafür nicht aussagekräftig genug ist.

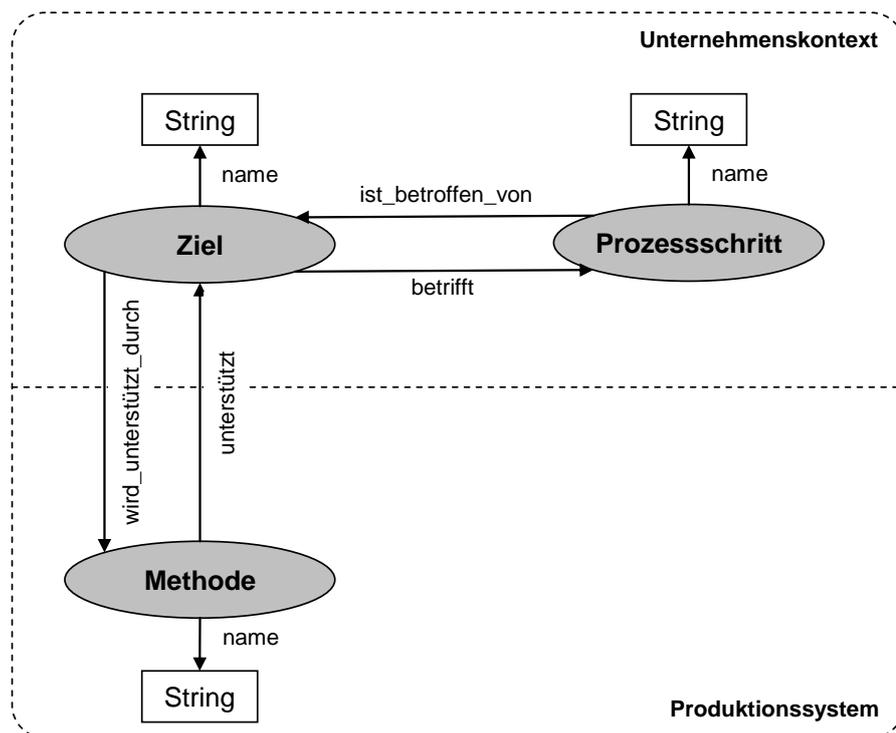


Bild 4.2: Einfache Ontologie zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen

4.3 Herleitung von Fakten für eine werkzeugbauspezifische Wissensbasis

Wie in Kapitel 3 aufgezeigt wurde, ist für eine praxisnahe Umsetzung eines GPS-Expertensystems die Entwicklung einer umfangreichen, werkzeug- und formenbau-spezifischen Wissensbasis erforderlich (vgl. Teilziel 2). Während es sich bei der im vorangegangenen Kapitel entwickelten Ontologie um abstraktes, deklaratives Wis-

sen handelt, wird in dem vorliegenden Kapitel fallspezifisches, deklaratives Wissen als Teil der Wissensbasis erarbeitet. Dabei handelt es sich um Instanzen, d. h. konkrete Ausprägungen, der o. g. Konzepte und Relationen. Beispiele für Konzeptinstanzen können sein: *Maximiere die Produktqualität* für das Konzept Ziel, *Funktionsprüfung des Werkzeugs* für das Konzept Prozessschritt oder *5A-Methode* für das Konzept Methode. Die Verknüpfung zwischen den Konzeptinstanzen *Maximiere die Produktqualität* und *Funktionsprüfung des Werkzeugs* kann eine Instanz der Relation Ziel *betrifft* Prozessschritt sein.

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Entwicklung entsprechender Instanzen beschrieben. Dabei werden jeweils inhaltliche und formale Anforderungen definiert, ein Vorgehensmodell vorgestellt und die Ergebnisse beschrieben. Um die Spezifika der Branche Werkzeug- und Formenbau berücksichtigen zu können (vgl. Anforderung A2.1), wurden ausgewählte Mitarbeiter und Führungskräfte von drei Werkzeug- und Formenbauunternehmen (vgl. Kapitel 6.1) in die Entwicklung der Konzeptinstanzen *Ziel* und *Prozessschritt* einbezogen. Die entsprechenden Personen werden nachfolgend als Praxisanwender bezeichnet.

4.3.1 Instanzen des Konzepts Ziel

Anforderungen

In Anlehnung an die allgemeine Definition des Begriffs „Ziel“ (vgl. z. B. [Sch67]) werden unter Unternehmenszielen angestrebte zukünftige Zustände des Unternehmens verstanden, die nach Inhalt, Ausmaß und zeitlichem Bezug zu charakterisieren sind und in spezifischem Beziehungszusammenhang stehen [Eve96]. Dieser Beziehungszusammenhang spiegelt sich u. a. in der vertikalen, hierarchischen Integration eines Ziels in einem Zielsystem wider, in dem sich Unterziele aus Oberzielen ableiten [Pep05]. Insbesondere um operative Unternehmensebenen aktiv an der Erreichung der Unternehmensziele zu beteiligen, ist diese Zieloperationalisierung bzw. -hierarchisierung notwendig [Kap97]. Aus diesem Zusammenhang leitet sich die Anforderung ab, ausgehend von allgemeinen Unternehmenszielen detaillierte und konkrete Teilziele (Instanzen) zu definieren.

In der industriellen Praxis werden Produktionssysteme, d. h. die darin enthaltenen Methoden, nicht nur im Bereich der Fertigung und Montage, sondern auch in anderen Unternehmensbereichen, wie bspw. der Produktentwicklung oder der Verwaltung, eingesetzt (vgl. z. B. [Dom06b], [MTM01], [Tak04]). Grundsätzlich gelten für alle Bereiche vergleichbare Zielgrößen, wie z. B. Kosten, Qualität oder Zeit. Allerdings unterscheiden sich konkrete Ziele in Abhängigkeit der jeweiligen Perspektive: bspw. wird Qualität aus Produktentwicklungssicht als anforderungsgerechtes Produktdesign definiert, während Qualität in der Produktion mit Ausschuss oder Nacharbeit verknüpft ist. Daraus leitet sich die Anforderung ab, jeweils spezifische Zielinstanzen für die zentralen Unternehmensbereiche (Perspektiven) des Werkzeug- und Formenbaus zu definieren.

Für die Identifikation werkzeug- und formenbauspezifischer Zielinstanzen ist es weiterhin erforderlich, dass das gewählte Vorgehen systematisch und nachvollziehbar ist. Obwohl einige theoretische Arbeiten zu Zielen im Werkzeugbau vorliegen (vgl. z. B. [Spe01], [Pol95]), sind in der Literatur keine werkzeugbauspezifischen Zielsysteme vorhanden [Fri05]. Um Zielinstanzen zu entwickeln, die sowohl die industrielle Praxis des Werkzeug- und Formenbaus als auch den Produktionssystemeinfluss (s. o.) berücksichtigen, sollen deshalb Praxisanwender in das Vorgehen eingebunden werden.

Die beschriebenen Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Zielinstanzen sind detailliert und konkret.
- Die Zielinstanzen sind spezifisch für verschiedene Unternehmensbereiche (Perspektiven).
- Das gewählte Vorgehen zur Identifikation von Zielinstanzen ist systematisch, nachvollziehbar und bindet Praxisanwender ein.

Vorgehen

Bild 4.3 zeigt die Vorgehensweise zur Identifikation und Auswahl von Zielinstanzen. In einer ersten Phase werden in Arbeitsschritt P.1 zunächst potenzielle Perspektiven identifiziert und im Anschluss in Arbeitsschritt P.2 mit den beteiligten Praxisanwendern abgestimmt.

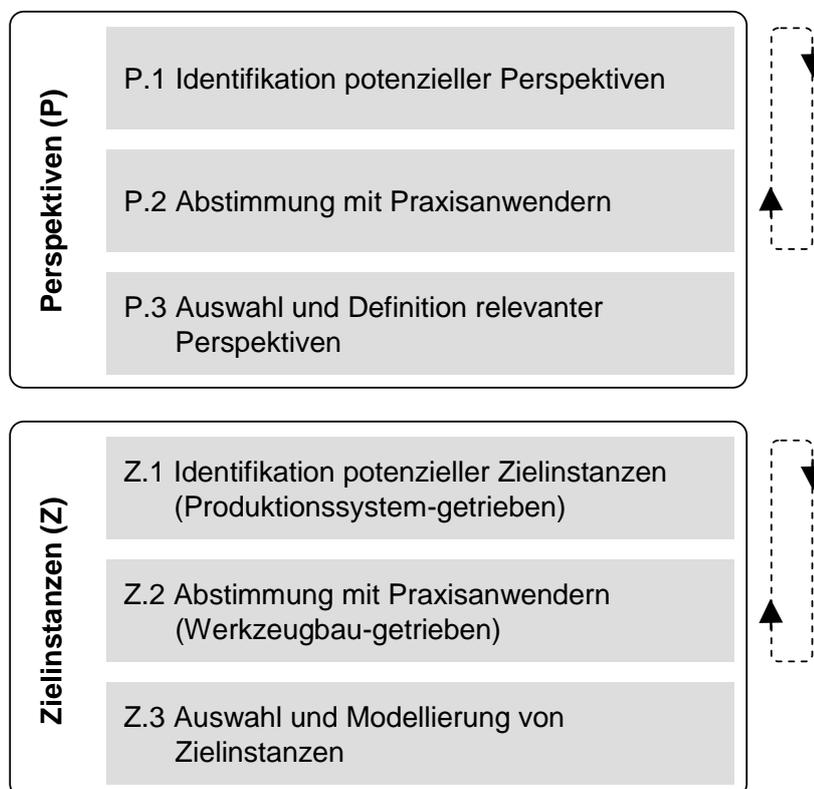


Bild 4.3: Vorgehensmodell zur Identifikation und Auswahl von Perspektiven und Zielinstanzen

Eine Iteration zwischen diesen beiden Arbeitsschritten kann bspw. dann notwendig sein, wenn aus Sicht der Praxisanwender notwendige Perspektiven nicht berücksichtigt wurden. Anschließend werden in Arbeitsschritt P.3 die endgültigen Perspektiven ausgewählt und definiert. In einer zweiten Phase werden für die gewählten Perspektiven detaillierte Zielinstanzen erarbeitet. Dazu erfolgt zunächst die Identifikation potenzieller Zielinstanzen unter besonderer Berücksichtigung Produktionssystemgetriebener Ziele (Arbeitsschritt Z.1). Im Anschluss werden diese mit den Praxisanwendern abgestimmt und so die Spezifika des Werkzeug- und Formenbaus berücksichtigt (Arbeitsschritt Z.2). Auch an dieser Stelle kann eine Iteration zwischen den genannten Arbeitsschritten erforderlich sein. Abschließend werden in Arbeitsschritt Z.3 die endgültigen Zielinstanzen ausgewählt und modelliert. Das gewählte Vorgehen ist systematisch, nachvollziehbar und bindet die Praxisanwender ein. Es erfüllt damit die o. g. Anforderung.

Ergebnisse

Die in der Branche Werkzeug- und Formenbau auftretenden Organisationseinheiten sind von dem individuellen Unternehmenshintergrund abhängig [Spe01]. Allerdings finden sich in nahezu allen Unternehmen grundlegende Bereiche wie Werkzeugkonstruktion und -produktion. Externe Werkzeugbauunternehmen verfügen außerdem bspw. über Vertriebs-, Einkaufs-, Qualitätssicherungs- oder IT-Bereiche, die bei internen Werkzeugbau-Betrieben oft durch die Muttergesellschaft bereitgestellt werden [Fri06]. Die genannten Organisationseinheiten stellen somit potenzielle unternehmensinterne Perspektiven dar (vgl. Arbeitsschritt P.1). Ausgehend davon wurden in enger Abstimmung mit den Praxisanwendern (vgl. Arbeitsschritt P.2) die folgenden Perspektiven ausgewählt und wie folgt definiert (vgl. Arbeitsschritt P.3):

- *Entwicklung*: umfasst sowohl die kundenorientierte Vertriebs- bzw. Marktperspektive als auch die technische Sicht der Konstruktion
- *Logistik*: umfasst die Sicht der Beschaffung und Auslieferung
- *Produktion*: umfasst insbesondere die Perspektiven der Fertigung und Montage sowie Qualitätssicherung.

Durch die Berücksichtigung der aufgeführten Perspektiven wird die Erfüllung der o. g. Anforderung sichergestellt.

Bei der Identifikation potenzieller Zielinstanzen (vgl. Arbeitsschritt Z.1) wurde auf vorhandenen Arbeiten aus dem Umfeld der Produktionssystemgestaltung zurückgegriffen. Im Rahmen einer umfangreichen Literaturrecherche wurden die folgenden Arbeiten identifiziert und für die Entwicklung potenzieller Zielinstanzen der o. g. Perspektiven herangezogen (vgl. auch Kapitel 2.2.2 und 2.2.3):

- Für die *Entwicklungsperspektive* wurden die durch Kim (vgl. [Kim02a]) im Kontext der Produktionssystemauslegung systematisierten Produktentwicklungsziele verwendet.

- Für die *Logistikperspektive* wurde die durch SCHNETZLER (vgl. [Scn05], [Scn07]) im Rahmen der Entwicklung von Supply Chain Management (SCM) Strategien hergeleitete Supply Chain Design Decomposition (SCDD) verwendet.
- Für die Ausgestaltung der *Produktionsperspektive* wurde die von COCHRAN ET AL. (vgl. [Coc99], [Coc01]) hergeleitete Manufacturing System Design Decomposition (MSDD) verwendet.

Die potenziellen Zielinstanzen wurden mittels Axiomatic Design entwickelt und modelliert. Axiomatic Design ist eine Methode zum Entwurf von Systemen und unterstützt eine strukturierte Suche und Zuordnung geeigneter Lösungen für zuvor festgelegte Anforderungen [Suh01]. Dementsprechend ist jede Zielinstanz aus einer Anforderung, auch Functional Requirement, und einer Lösung, auch Design Parameter, zusammengesetzt (siehe Bild 4.4).

Legende

- FR Functional Requirement (FR)
- DP Design Parameter (DP)
- Hierarchische Abhängigkeit
- - - -> Implementierungsreihenfolge

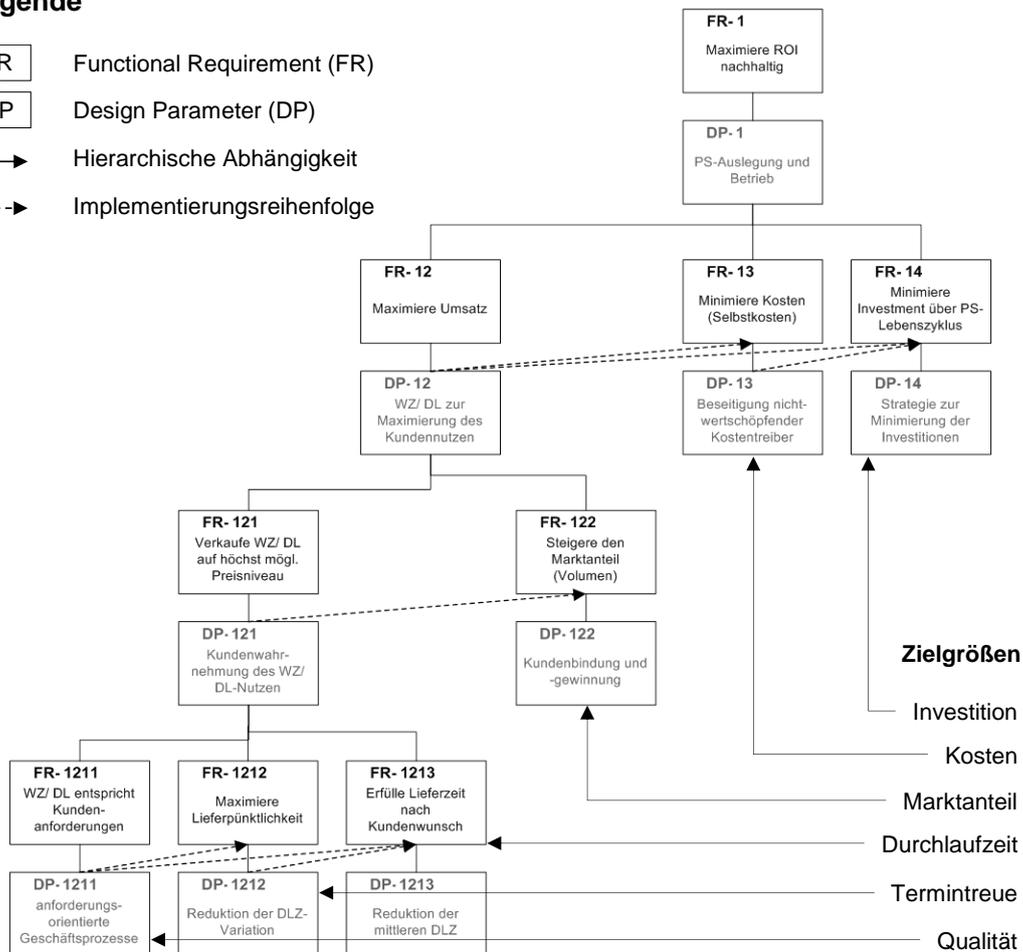


Bild 4.4: Perspektiven-neutrale Zielinstanzen

Zwischen den einzelnen Zielinstanzen existieren einerseits hierarchische Abhängigkeiten, die die Konkretisierung einer Zielinstanz in weitere Zielinstanzen modellieren. Andererseits existieren Abhängigkeiten innerhalb einer Hierarchieebene, die eine

Implementierungsreihenfolge modellieren. Infolge der hierarchischen Abhängigkeiten entsteht eine sogenannte Dekomposition, die sich ausgehend von einem Wurzelknoten aus einer definierten Anzahl von Ästen und Blättern zusammensetzt. Ein Blatt wird dabei als letzter Knoten in einem Ast definiert. Auf eine ausführliche Darstellung der Methode wird an dieser Stelle verzichtet und stattdessen auf SUH [Suh01] verwiesen. Die potenziellen Zielinstanzen wurden in Arbeitsschritt Z.2 mit den Praxisanwendern abgestimmt und an die Spezifika des Werkzeug- und Formenbaus angepasst. Im Anschluss wurden die endgültigen Zielinstanzen ausgewählt und modelliert (vgl. Arbeitsschritt Z.3).

Bild 4.4 zeigt einen Teil der entwickelten Zielinstanzen. Ausgehend von einem Wurzelknoten werden die Zielgrößen *Qualität*, *Termintreue*, *Durchlaufzeit*, *Marktanteil*, *Kosten* und *Investition* adressiert. Diese oberen Hierarchieebenen sind perspektivenneutral. Erst auf den nachfolgenden Hierarchieebenen werden die Äste in Abhängigkeit der jeweiligen Perspektive durch unterschiedliche Knoten ausgestaltet und konkretisiert. Da eine Darstellung oder Aufzählung an dieser Stelle zu umfangreich ist, wird auf Bild 9.1 - Bild 9.17 im Anhang verwiesen.

Unter der jeweiligen Berücksichtigung der perspektiven-neutralen Zielinstanzen können die drei Perspektiven wie folgt charakterisiert werden:

- die *Entwicklungsperspektive* umfasst auf maximal 7 Hierarchieebenen 90 Zielinstanzen, davon sind 55 Zielinstanzen Blätter der Dekomposition.
- die *Logistikperspektive* umfasst auf maximal 7 Hierarchieebenen 64 Zielinstanzen, davon sind 39 Zielinstanzen Blätter der Dekomposition.
- die *Produktionsperspektive* umfasst auf maximal 7 Hierarchieebenen 86 Zielinstanzen, davon sind 53 Zielinstanzen Blätter der Dekomposition.

Nachfolgend werden die beschriebenen Dekompositionen als Zielsysteme bezeichnet. Für eine Unterscheidung werden entsprechend die Begriffe Entwicklungs-, Logistik- und Produktionsperspektive verwendet. Die Anzahl und Ausprägung der im Anhang dargestellten Zielinstanzen zeigen auf, dass die o. g. Forderung nach detaillierten und konkreten Teilzielen erfüllt wird.

4.3.2 Instanzen des Konzepts Prozessschritt

Anforderungen

BECKER [Bec05] definiert einen Prozess als die inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objekts notwendig sind. Prozessmodelle können als zweckorientierte, vereinfachte Abbildungen von Prozessen aufgefasst werden. Im Kontext der vorliegenden Arbeit wird anstatt des Begriffes „Aktivität“ der Begriff „Prozessschritt“ als Obermenge verwendet, da die nachfolgend verwendete Organisationsprozessdarstellung (vgl. [Bin04]) neben Aktivitäten z. B. Entscheidungen zur Modellierung eines Prozesses anbietet (s. u.).

Um für den Werkzeug- und Formenbau charakteristische Prozessschrittinstanzen zu definieren, bietet sich die Verwendung eines branchenspezifischen Referenzprozessmodells an. Allerdings ist ein entsprechendes Modell für die Branche Werkzeug- und Formenbau bisher nicht vorhanden [Ull09b] und muss konstruiert werden. Die Beschreibung von Referenzmodellen mit den Attributen Empfehlungscharakter, Allgemeingültigkeit und Wiederverwendbarkeit ist in der Literatur weit verbreitet (vgl. z. B. [Bec99], [Fet07], [Sch98]). Aus diesem Grund werden sie in der vorliegenden Arbeit als Anforderung an das Ergebnis der Referenzprozessmodellkonstruktion definiert. Allgemeingültigkeit und Wiederverwendbarkeit werden dabei als Ausgangspunkt für die Erstellung spezifischer Modelle, der Referenzcharakter, auch normativer Charakter, als Sollcharakter für eine Klasse von Anwendungsfällen verstanden.

Für ein Referenzprozessmodell gelten, wie für jedes beliebige andere Modell, die Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (GoM) [Bec99]. Dementsprechend muss das zu entwickelnde Referenzprozessmodell diesen Anforderungen genügen. Auf eine ausführliche Darstellung der GoM wird an dieser Stelle verzichtet und stattdessen auf BECKER ET AL. [Bec99] verwiesen.

Eine Möglichkeit zur Konstruktion eines Referenzprozessmodells besteht in der Kombination und Verallgemeinerung unternehmensspezifischer Prozessmodelle [Bec02]. Dabei müssen u. a. unterschiedliche Objekttypen, z. B. Aktivitäten oder zeitlich-logische Verknüpfungen, berücksichtigt werden. Beispielsweise sind inhaltlich vergleichbare Aktivitäten in den betrachteten Prozessmodellen zu identifizieren und weiterhin ist zu entscheiden, ob und wie diese in dem Referenzprozessmodell berücksichtigt werden. Infolge unterschiedlicher Einflussgrößen, z. B. Anzahl der Aktivitäten in den betrachteten Modellen und Anzahl der betrachteten Modelle, kann dabei eine unüberschaubare Komplexität entstehen [Ull09b]. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, dass das gewählte Vorgehen sowohl systematisch und nachvollziehbar als auch auf die Beherrschung der im Rahmen der Referenzprozessmodellkonstruktion entstehenden Komplexität ausgelegt ist.

Die beschriebenen Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die zu entwickelnden Prozessschrittinstanzen besitzen Empfehlungscharakter (im Sinne von Best-Practice).
- Die zu entwickelnden Prozessschrittinstanzen sind allgemeingültig (in spezifischem Kontext, hier Branche Werkzeug- und Formenbau).
- Die zu entwickelnden Prozessschrittinstanzen sind beliebig wieder verwendbar (im Sinne einer Modellierungsvorlage).
- Die zu entwickelnden Prozessschrittinstanzen entsprechen den Grundsätzen ordnungsgemäßer Modellierung.
- Das gewählte Vorgehen ist systematisch, nachvollziehbar und auf eine systematische Komplexitätsbeherrschung ausgelegt.

Vorgehen

Vor dem Hintergrund der Komplexitätsbeherrschung sieht der gewählte Lösungsansatz u. a. eine Fokussierung auf die drei Objekttypen Prozessschritt (auch: Aktivität oder Transformationsleistung, WAS?), zeitlich-logische Verknüpfung (auch: Kanten oder vor- und nachgelagerte Prozessschritte, WANN?) und ausführende Organisationseinheit (auch: Funktion oder Stelle, WER?) mit jeweils einem Attribut, der Bezeichnung, vor (vgl. auch Bild 4.5). Weiterhin ist die Berücksichtigung unterschiedlicher Abstraktionsebenen der betrachteten Prozessmodelle vorgesehen.

Das entwickelte Vorgehen besteht aus vier Hauptphasen, die sich in mehrere, teilweise iterativ durchzuführende Arbeitsschritte aufgliedern (vgl. Bild 4.5). In der Aufnahmephase ist die unternehmensindividuelle Prozessdatenaufnahme und -modellierung in Zusammenarbeit mit den Praxisanwendern vorgesehen.

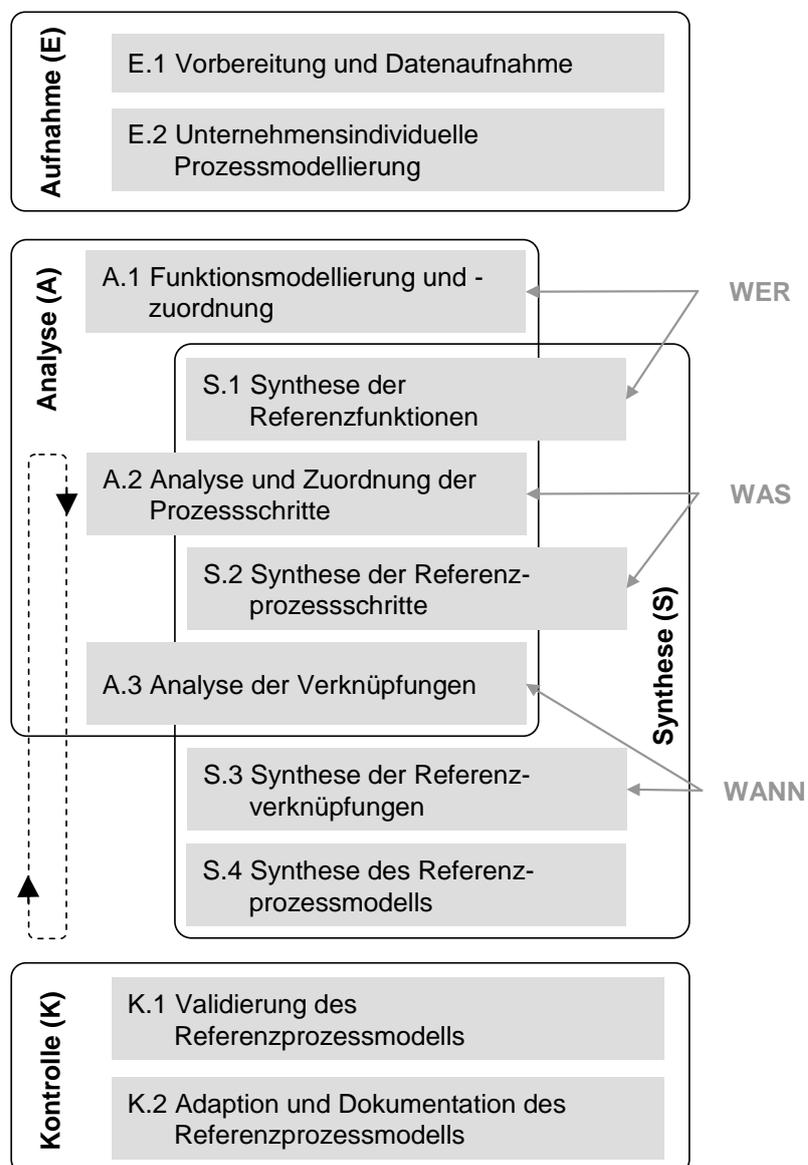


Bild 4.5: Vorgehensmodell zur Konstruktion eines Referenzprozessmodells

Die Analyse- und Synthesephase werden bezüglich der betrachteten Objekttypen alternierend und hinsichtlich des Detaillierungsgrades der vorliegenden Prozessmodelle iterativ durchlaufen. In der Kontrollphase wird die Validierung und Adaption bzw. Dokumentation des entstandenen Referenzprozessmodells in Zusammenarbeit mit den Praxisanwendern vorgenommen. Alle Arbeitsschritte des Vorgehens werden in Form von Handlungsanweisungen beschrieben und durch Modellierungswerkzeuge erleichtert. Für eine ausführliche Beschreibung des Vorgehensmodells wird auf [Ull09c] verwiesen.

Der Lösungsansatz und das darauf basierende Vorgehen sind explizit auf eine systematische Komplexitätsbeherrschung ausgelegt. Das gewählte Vorgehen ist weiterhin systematisch und nachvollziehbar und erfüllt damit die o. g. Anforderung.

Ergebnisse

Das beschriebene Vorgehen wurde auf die Prozessmodelle von vier Werkzeug- und Formenbauunternehmen angewendet. Dazu wurden z. B. auf Basis vorhandener Qualitätsmanagement-Handbücher die individuellen Prozesse der Praxisanwender und eines weiteren Werkzeug- und Formenbauunternehmens aufgenommen und unter Verwendung der Organisationsprozessdarstellung nach [Bin04] modelliert (Arbeitsschritt E.1 und E.2). Die Modellierung erfolgt nach den GoM, der Grundsatz der semantischen Richtigkeit, d. h. der Struktur- und Verhaltenstreue gegenüber der Realität, wurde dabei besonders beachtet (vgl. Anforderungen). Im Rahmen der Analyse- und Synthesephase entstand in den Arbeitsschritten A.1 - S.4 ein Referenzprozessmodell, das die sechs Prozessmodelle *Angebotserstellung*, *Entwicklung und Konstruktion*, *Beschaffung*, *Wareneingang*, *Produktion* sowie *Qualitätssicherung* beinhaltet. Durch ausgewählte Experten aus Wissenschaft und Industrie wurden die Allgemeingültigkeit, die Wiederverwendbarkeit und der Empfehlungscharakter des entstandenen Referenzprozessmodells bestätigt (Arbeitsschritt K.1 und K.2). Für die Verwendung in dem in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Expertensystem ist diese Aussage ausreichend (vgl. Anforderungen). Allerdings muss der Entwurfscharakter des Referenzprozessmodells so lange bestehen bleiben, bis Allgemeingültigkeit, Wiederverwendbarkeit und Empfehlungscharakter auch durch eine wiederholte Anwendung, z. B. bei Einführung einer Prozessdokumentation in Unternehmen der Branche, nachgewiesen werden können [Ull09b].

Die genannten Prozessmodelle setzen sich aus zeitlich-logisch miteinander verknüpften Instanzen des Konzepts Prozessschritt zusammen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit umfasst ein Prozessschritt die Objekttypen Aktivität und Entscheidung (vgl. Organisationsprozessdarstellung nach BINNER [Bin04]). Daneben kann ein Prozessmodell auch andere Objekttypen, z. B. Organisationseinheiten, enthalten. Bild 4.6 zeigt dies am Beispiel des Prozessmodells Qualitätssicherung. Da eine Darstellung oder Aufzählung an dieser Stelle zu umfangreich ist, wird auf Bild 9.18 - Bild 9.33 im Anhang verwiesen. Die sechs Prozessmodelle können wie folgt charakterisiert werden:

- das Prozessmodell *Angebotserstellung* umfasst 39 Prozessschrittinstanzen, die von fünf unterschiedlichen Organisationseinheiten ausgeführt werden.
- das Prozessmodell *Entwicklung und Konstruktion* umfasst 42 Prozessschrittinstanzen, die von sechs unterschiedlichen Organisationseinheiten ausgeführt werden.
- das Prozessmodell *Beschaffung* umfasst 46 Prozessschrittinstanzen, die von vier unterschiedlichen Organisationseinheiten ausgeführt werden.
- das Prozessmodell *Wareneingang* umfasst 25 Prozessschrittinstanzen, die von vier unterschiedlichen Organisationseinheiten ausgeführt werden.
- das Prozessmodell *Produktion* umfasst 70 Prozessschrittinstanzen, die von neun unterschiedlichen Organisationseinheiten ausgeführt werden.
- das Prozessmodell *Qualitätssicherung* umfasst 22 Prozessschrittinstanzen, die von vier unterschiedlichen Organisationseinheiten ausgeführt werden.

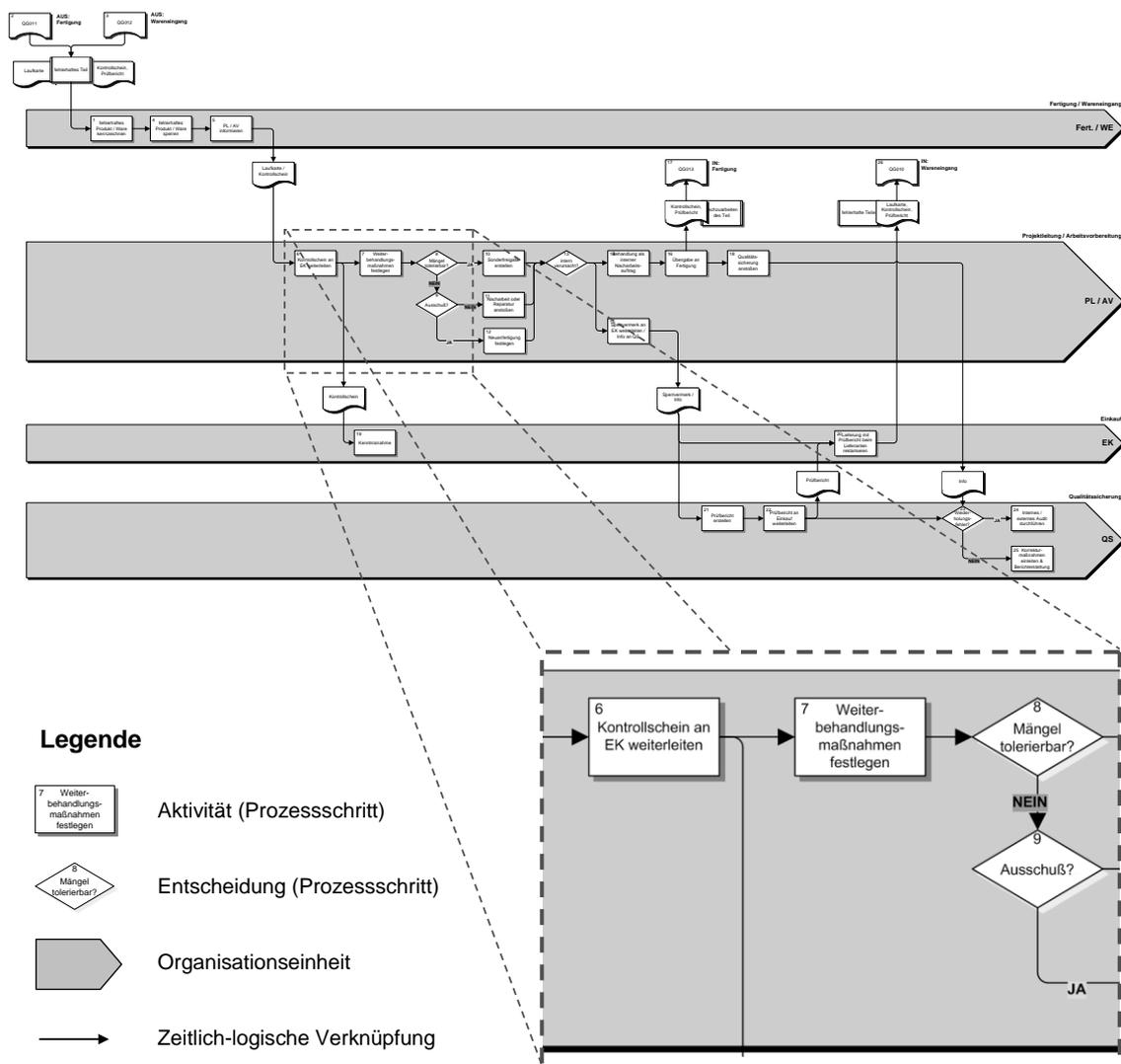


Bild 4.6: Prozessmodell Qualitätssicherung

4.3.3 Instanzen des Konzepts Methode

Anforderungen

Im Kontext eines Produktionssystems definiert eine Methode eine standardisierte Vorgehensweise zur Behandlung einer bestimmten Art von Aufgabe oder Problemstellung [MTM01] und kann zur Zielerreichung eingesetzt werden [Dom06a], [Dom06b]. Da sowohl in der Wissenschaft als auch in der industriellen Praxis eine Vielzahl von Produktionssystem-Methoden vorhanden sind (vgl. z. B. [Bas03], [Cla02], [Spa03]), gilt es, aus der Menge dieser Methodenquellen die für ein GPS-Expertensystem „richtigen“ Methoden zu identifizieren und im Anschluss „wichtige“ Methoden auszuwählen [Ove08a]. Unter „richtigen“ Methoden werden in diesem Zusammenhang für ein werkzeug- und formenbauspezifisches Produktionssystem geeignete Methoden verstanden. Sie müssen für jede verwendete Methodenquelle identifiziert werden, da diese in der Regel ein sehr unterschiedliches Methodenspektrum beinhalten. Als „wichtig“ werden Methoden bezeichnet, die im Vergleich der berücksichtigten Methodenquellen wiederholt auftreten und somit von einer quellenübergreifenden Bedeutung ausgegangen werden kann. Ein entsprechendes Vorgehen sollte außerdem systematisch und nachvollziehbar sein.

Neben der Identifikation und Auswahl ist weiterhin eine inhaltliche Beschreibung der Methoden (Instanzen) notwendig. Vor dem Hintergrund der in der vorliegenden Arbeit betrachteten kmU des Werkzeug- und Formenbaus müssen entsprechende Methodenbeschreibungen sowohl standardisiert und kurz als auch praxisorientiert, bspw. durch das Einbinden von Beispielen, gestaltet sein [Bas03].

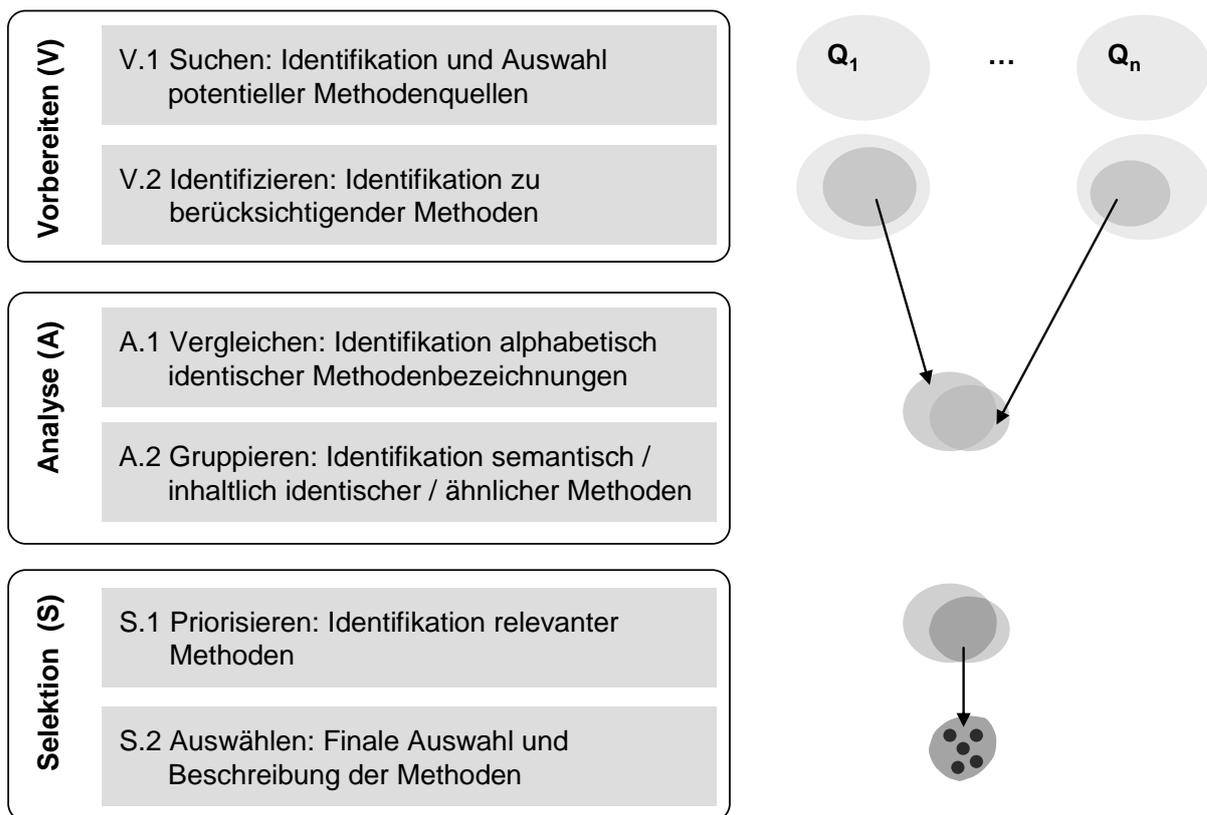
Die beschriebenen Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das gewählte Vorgehen zur Identifikation von Methodeninstanzen stellt die Identifikation der richtigen Methoden sicher.
- Das gewählte Vorgehen zur Identifikation von Methodeninstanzen stellt die Auswahl der wichtigen Methoden sicher.
- Die Methodenbeschreibung ist standardisiert, kurz und praxisorientiert (kmU-gerecht).
- Das gewählte Vorgehen zur Identifikation von Methodeninstanzen ist systematisch und nachvollziehbar.

Vorgehen

Bild 4.7 zeigt das Vorgehen zur Identifikation, Auswahl und Beschreibung der Methodeninstanzen. Dabei werden in Arbeitsschritt V.1 zunächst potenzielle Methodenquellen, z. B. in Form vorhandener Produktionssystemdokumentationen oder Methodensammlungen, identifiziert und ausgewählt. Anschließend werden in Arbeitsschritt V.2 die richtigen (vgl. Anforderung) und im weiteren Verlauf zu berücksichtigenden Methoden für jede verwendete Methodenquelle identifiziert. Mit dem Ziel, die für ein Produktionssystem wichtigen Methoden auszuwählen (vgl. Anforderung), müssen

sowohl alphabetisch als auch semantisch identische bzw. ähnliche Methodenbezeichnungen erkannt werden (Arbeitsschritt A.1 und A.2). Auf dieser Basis können die in den betrachteten Quellen häufig vorkommenden und damit wichtigen Methoden identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Analyse werden somit in den Arbeitsschritten S.1 und S.2 abschließend für eine Methodenpriorisierung, -auswahl und -beschreibung verwendet. Das gewählte Vorgehen ist systematisch und nachvollziehbar und erfüllt damit die o. g. Anforderung.



$Q_{1...n}$: Methodenquelle 1 bis n

Bild 4.7: Vorgehensmodell zur Identifikation, Auswahl und Beschreibung von Methodeninstanzen

Ergebnisse

Unter Anwendung des beschriebenen Vorgehens wurden in Arbeitsschritt V.1 zunächst fünf Methodenquellen identifiziert, darunter z. B. das in [Cla02] und [Sch04] beschriebene Mercedes-Benz Produktionssystem (Industrie) und die Methodensammlung von BASZENSKI [Bas03] (Wissenschaft). Die verwendeten Methodenquellen sind in Tabelle 4.1 aufgeführt. Anschließend wurden in Arbeitsschritt V.2 die richtigen und im weiteren Verlauf zu berücksichtigenden Methoden für jede verwendete Methodenquelle identifiziert. Beispielsweise wird in der Methodensammlung von TREIER [Tre03] neben Methoden wie Six Sigma oder Poka Yoke eine Vielzahl von

medizinischen Methoden aufgeführt, z. B. Elektrookulographie, die für ein Produktionssystem vernachlässigt werden können (vgl. Reduktion der Methodenanzahl von 387 auf 29 in Tabelle 4.1). Eine Unterscheidung zwischen Methoden und Werkzeugen wurde dabei nicht berücksichtigt, da diese zum einen nicht in allen verwendeten Quellen vorgenommen wird und zum anderen zu einer für die Untersuchung unnötigen Komplexität führt. Mit dem Ziel, die für ein Produktionssystem wichtigen Methoden auszuwählen, wurden in Arbeitsschritt A.1 126 alphabetisch und darauf folgend in Arbeitsschritt A.2 82 semantisch identische bzw. ähnliche Methodenbezeichnungen identifiziert (vgl. Tabelle 4.1). Beispielsweise werden unter den unterschiedlichen Bezeichnungen *Rüstzeitminimierung* und *Single Minute Exchange of Dies* ähnliche oder sogar identische Methoden verstanden. Im Anschluss konnten die in den betrachteten Quellen häufig vorkommenden und damit wichtigen Methoden identifiziert werden. Wie Tabelle 4.1 aufzeigt, wurden in Arbeitsschritt S.1 und S.2 aus den 82 identischen Methoden 73 Methoden ausgewählt. Diese stellen die in dem zu entwickelnden GPS-Expertensystem verwendeten Instanzen des Konzepts Methode dar.

Tabelle 4.1: Ergebnisse des Vorgehens zur Identifikation, Auswahl und Beschreibung von Methodeninstanzen

Methodenquelle		Anzahl Methoden nach Arbeitsschritt...				
		V.1	V.2	A.1	A.2	S.1/ S.2
Wissenschaft	[Bas03]	217	38	126	82	73
	[Spa03]	104	30			
	[Tre03]	387	29			
Industrie	[MTM01], [NN09a]	92	35			
	[Cla02], [Sch04]	92	29			

Abschließend wurden die 73 identifizierten Methodeninstanzen standardisiert und kurz beschrieben (vgl. Anforderung). Dazu wurde in einem einseitigen Methodenblatt für jede Instanz auf Ziele, Vor- und Nachteile, Hinweise zur Durchführung, Beispiele sowie weiterführende Literatur eingegangen. Bild 4.8 zeigt beispielhaft das Methodenblatt der Instanz 5A-Methode. Eine Übersicht (vgl. Tabelle 9.1) sowie die Methodenblätter aller 73 Methoden (Bild 9.34 - Bild 9.106) sind im Anhang zu finden.

5A – Methode

Ziel: Schaffen von Ordnung und Sauberkeit

Vorteile/ Chance:

- transparenzfördernd
- hohe Mitarbeiterbindung
- einfache Handhabung
- leichte Erlernbarkeit
- Ordnung und Sauberkeit fördert Qualitätsarbeit
- fördert Arbeitsroutine

Nachteile/ Risiken:

- Gefahr übertriebener Formalisierung der Abläufe
- typischerweise korrektive Anwendung
- Nachhaltigkeit muss durch zyklische (z.B. quartalsweise) Aktivitäten organisiert werden (mitunter Kampagnencharakter)
- nur sinnvoll in Verbindung mit Arbeitsstandards

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Ordnung und Sauberkeit ist eine Voraussetzung für die Vermeidung von Verschwendung und für produktives Arbeiten sowie für Qualität. Die Methode zielt darauf ab, den einzelnen Mitarbeitern in der Produktion die Verantwortung für einen einwandfreien Zustand ihres Arbeitsplatzes zu übertragen. Die Methode ist auch unter dem Namen 5 S bekannt (Seiri; Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke):

1. Aussortieren der nicht benötigten Gegenstände:

Der erste Schritt beinhaltet die Trennung verwendeter von überflüssigen Gegenständen im Arbeitsbereich. Gegenstände, die für einen bestimmten Zeitraum (z. B. 14 Tage) nicht benötigt wurden, sind für den Arbeitsbereich überflüssig.

2. Aufräumen der benötigten Gegenstände:

Herstellung einer Grundordnung im Arbeitsbereich. Es gilt häufig benutzte von seltener benutzten Gegenständen zu trennen.

3. Arbeitsplatz sauber halten:

Grundreinigung durchführen, Reinigungszyklen festlegen und dokumentieren (z. B. in Checkliste Schichtübergabe).

4. Anordnung zur Regel machen:

Das Ergebnis der 5-A-Methode in geeigneter Weise dokumentieren (z.B. mittels Foto/Skizze als Bestandteil des Standardarbeitsblattes bzw. Stationsblattes).

5. Alle Schritte wiederholt durchlaufen und verbessern:

Abschließend sind Zyklen bzw. Ereignisse zu definieren, bei denen die Methode wieder vollständig zu durchlaufen ist.

Beispiel:

zu 1) Aussortieren von z. B. Dopplungen (Schraubendreher, Schlüssel, Spannbacken, Hilfsstoffbehälter), unbrauchbare (zu stark verschlissene) Werkzeuge, übermäßig stark gefüllte Aktenordner.

zu 2) Hilfreich ist eine Klassifizierung, z. B. in - ständig, - stündlich, - täglich, - wöchentlich, - monatlich genutzte Gegenstände.

zu 4) Als Dokumentation wäre eine Checkliste bei Schichtübergabe möglich. Die Anordnungen könnten in Form von Skizzen/Fotos oder im Standardarbeitsblatt vorgeben und damit zur Regel werden.

Literatur/ Quelle:

Baszenski, N. (Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung, Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.

Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.

Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.

Bild 4.8: Methodenblatt der 5A-Methode

4.3.4 Instanzen der Relationen zwischen den Konzeptinstanzen

Anforderungen

Neben dem Wissen über die Instanzen der in einer Wissensrepräsentation auftretenden Konzepte ist Expertenwissen über vorhandene Wirkzusammenhänge zwischen den Produktionssystem- und Kontext-Konzeptinstanzen Kernbestandteil des Expertensystems. Nur auf Basis dieser Relationinstanzen kann ein entsprechendes System den Anwender bei der Entscheidung unterstützen, welche Produktionssystem-Methode für die Erreichung welches spezifischen Unternehmensziels bzgl. welches Prozessschritts eingesetzt werden kann (vgl. Ziel der Arbeit in Kapitel 3).

Im Gegensatz zu der Identifikation der Konzeptinstanzen (vgl. Kapitel 4.2.1 - 4.2.3) kann an dieser Stelle nicht auf vorhandene Arbeiten zurückgegriffen werden. Vielmehr gilt es individuell zu entscheiden, ob bspw. zwischen der Zielinstanz *Vermeide Missverständnis von Anforderungen* und der Prozessschrittinstanz *Kundenanforderungen im DV-System aufnehmen* eine konkrete Instanz der Relation Ziel *betrifft* Prozessschritt bzw. Prozessschritt *ist_betroffen_von* Ziel (vgl. Bild 4.2) vorliegt. Eine derartige durch den Menschen getroffene Entscheidung ist subjektiv und im Gegensatz zu vorhandenen Arbeiten aus Industrie und Wissenschaft nicht bzw. kaum gegen Fehler abgesichert. Insbesondere durch die Vielzahl potenziell vorhandener und damit zu prüfender Relationinstanzen, z. B. ergeben bei 147 Zielinstanzen und 73 Methodeninstanzen über 10.000 potenzielle Relationinstanzen, und dem damit verbundenen Aufwand ist eine zusätzliche Fehleranfälligkeit gegeben. Vor diesem Hintergrund muss ein entsprechendes Vorgehen zur Definition von Instanzen der Relationen insbesondere auf Objektivität und Fehlerfreiheit ausgelegt sein. Daneben soll das gewählte Vorgehen systematisch und nachvollziehbar sein.

Die beschriebenen Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das gewählte Vorgehen zur Definition von Instanzen der Relationen ist auf ein höchstmögliches Maß an Objektivität und Fehlerfreiheit ausgelegt.
- Das gewählte Vorgehen zur Definition von Instanzen der Relationen ist systematisch und nachvollziehbar.

Vorgehen

Bild 4.9 zeigt das Vorgehen zur Definition von Instanzen der Relationen. Um ein möglichst hohes Maß an Objektivität und Fehlerfreiheit bei gleichzeitig akzeptablen Aufwand zu erreichen, ist in Arbeitsschritt V.1 die Identifikation potenzieller Relationinstanzen durch zwei unabhängige Experten vorgesehen. Dazu werden von jedem Experten die nach eigener Einschätzung sinnvollen Relationinstanzen in zwei Matrizen dokumentiert. Die Matrizen werden jeweils durch die Instanzen der Konzepte Ziel (Anforderung) und Prozessschritt (Matrix $M1_{E1,E2}$) sowie Ziel (Lösung) und Methode (Matrix $M2_{E1,E2}$) aufgespannt. Dabei ist zu beachten, dass lediglich die Blätter der Zielsysteme (vgl. Kapitel 4.3.1) berücksichtigt werden.

Ob eine Relationinstanz zwischen zwei Konzeptinstanzen existiert, wird durch den jeweiligen Experten in Form eines Zelleintrags mit dem Wert 1, Relationinstanz = TRUE, oder dem Wert 0, Relationinstanz = FALSE, bewertet. Im Anschluss erfolgt ein Vergleich der beiden individuellen Expertenbewertungen (vgl. Arbeitsschritt A.1). Unterschiedliche Bewertungen werden dabei durch die Subtraktion der Matrizen (Betrag des Zellwertes der resultierenden Matrix = 1, vgl. $|\Delta M1|$ und $|\Delta M2|$) identifiziert. In Arbeitsschritt D.1 werden die unterschiedlichen Bewertungen durch die Experten gemeinsam diskutiert, Ursachen für die gegensätzliche Bewertung abgestimmt und eine Entscheidung getroffen, ob die entsprechende Relationinstanz mit dem Wert 1 oder 0 bewertet wird. Die endgültigen Relationinstanzen werden in den Matrizen M1 und M2 in Arbeitsschritt D.2 dokumentiert und abschließend noch einmal durch die Experten geprüft.

Das gewählte Vorgehen ist systematisch, nachvollziehbar und unter Berücksichtigung eines akzeptablen Aufwands auf ein höchstmögliches Maß an Objektivität und Fehlerfreiheit ausgelegt. Das Vorgehen erfüllt damit die o. g. Anforderung.

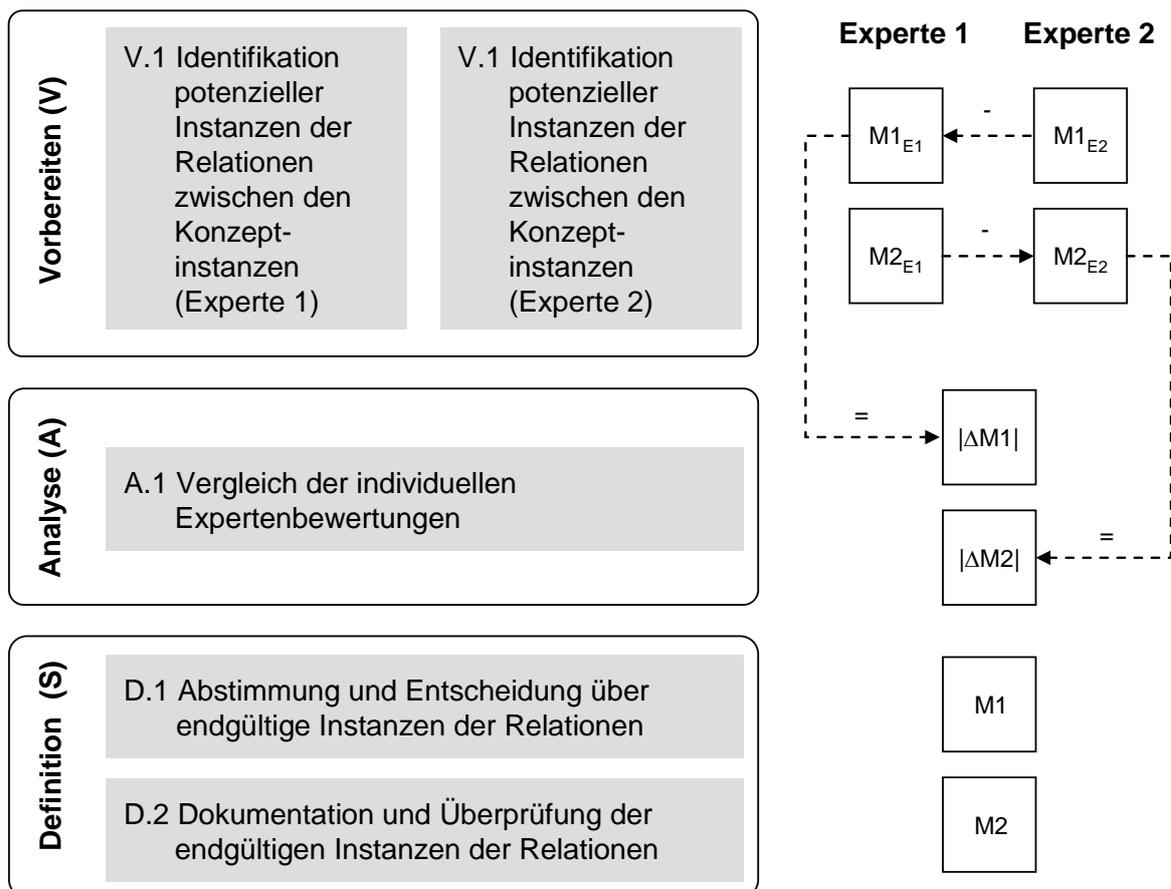


Bild 4.9: Vorgehensmodell zur Definition von Instanzen der Relationen

Ergebnisse

Die in der Ontologie erforderlichen Relationen wurden bereits in Kapitel 4.1 (vgl. Bild 4.2) dargestellt. Bild 4.10 detailliert diese und zeigt auf, dass sowohl zwischen den Konzepten Ziel (Functional Requirement oder Anforderung) und Prozessschritt als auch zwischen den Konzepten Ziel (Design Parameter oder Lösung) und Methode eine Relation der Kardinalität m:n möglich ist. Ob eine entsprechende Instanz der Relation zwischen zwei Konzeptinstanzen tatsächlich existiert, wurde unter Anwendung des beschriebenen Vorgehens festgelegt. Die Ergebnisse wurden in zwei Matrizen dokumentiert: eine Matrix beinhaltet die Relationen zwischen Anforderungs- und Prozessschrittinstanzen (M1), die andere Matrix beinhaltet die Relationen zwischen Lösungs- und Methodeninstanzen (M2).

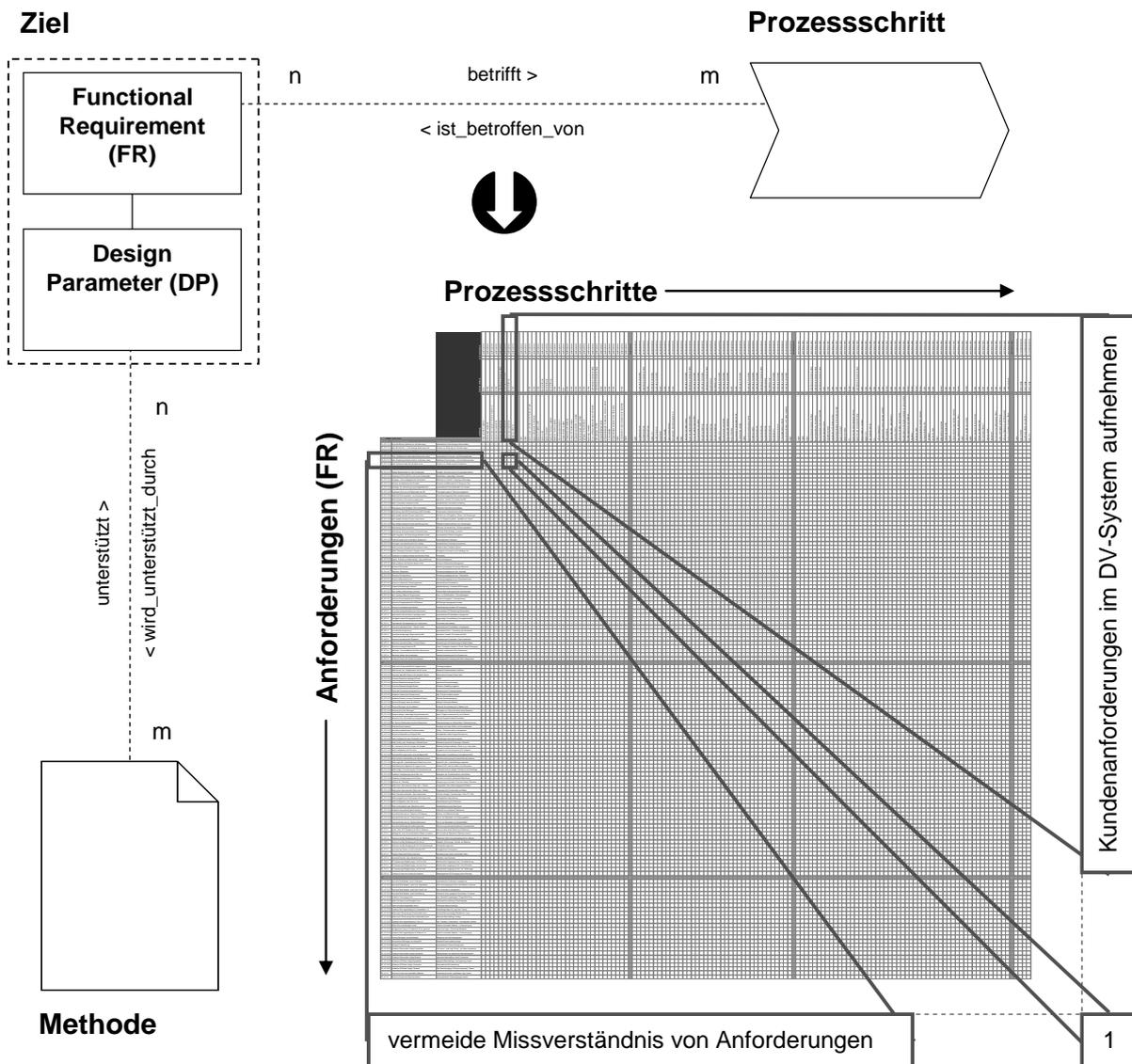


Bild 4.10: Instanzen der Relationen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen (Matrix M1)

Bild 4.10 stellt die Matrix M1 schematisch dar. Das Bild zeigt beispielhaft auf, dass zwischen der Anforderungsinstanz *Vermeide Missverständnis von Anforderungen* der Entwicklungsperspektive und der Prozessschrittinstanz *Kundenanforderungen im DV-System aufnehmen* des Prozessmodells *Angebotserstellung* eine Relationinstanz existiert.

Bei den entstandenen Matrizen ist zu beachten, dass lediglich die letzten Blätter der in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Zielsysteme berücksichtigt wurden. Weiterhin wurden die Zielinstanzen

- der *Entwicklungsperspektive* ausschließlich auf Relationinstanzen zu den Prozessschrittinstanzen der Prozessmodelle *Angebotserstellung* und *Entwicklung und Konstruktion*,
- der *Logistikperspektive* ausschließlich auf Relationinstanzen zu den Prozessschrittinstanzen der Prozessmodelle *Beschaffung* und *Wareneingang*,
- der *Produktionsperspektive* ausschließlich auf Relationinstanzen zu den Prozessschrittinstanzen der Prozessmodelle *Produktion* und *Qualitätssicherung*

geprüft. Alle anderen potenziellen Relationinstanzen wurden als FALSE definiert.

Der in Arbeitsschritt A.1 durchgeführte Vergleich der Expertenbewertungen ergab, dass in der Matrix $\Delta M1$ ca. 21,8 % und in der Matrix $\Delta M2$ ca. 25,2 % der potenziellen Relationinstanzen unterschiedlich bewertet wurden. Wie bereits in dem vorangegangenen Kapitel beschrieben (vgl. Arbeitsschritt D.1 und D.2), wurden in diesen Fällen die Ursachen für die unterschiedliche Bewertung identifiziert und eine gemeinsame Entscheidung für oder gegen die entsprechende Relationinstanz herbeigeführt.

Da eine Darstellung der Matrizen M1 und M2 an dieser Stelle zu umfangreich ist, wird auf Bild 9.107 - Bild 9.115 im Anhang verwiesen. Die Matrizen können wie folgt charakterisiert werden:

- die Matrix M1 umfasst 35.868 Zellen und damit potenzielle Relationinstanzen, davon wurden 5.114 Zellen mit dem Wert 1, d. h. die Relationinstanz ist TRUE, und 30.754 Zellen mit dem Wert 0, d. h. die Relationinstanz ist FALSE, bewertet.
- die Matrix M2 umfasst 10.731 Zellen und damit potenzielle Relationinstanzen, davon wurden 2.895 Zellen mit dem Wert 1, d. h. die Relationinstanz ist TRUE, und 7.836 Zellen mit dem Wert 0, d. h. die Relationinstanz ist FALSE, bewertet.

4.3.5 Beurteilung der Anforderungserfüllung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde eine Vielzahl von Instanzen der in Kapitel 4.2 vorgestellten Konzepte und Relationen hergeleitet. Insgesamt wurden

- 222 Instanzen des Konzepts Ziel,
- 244 Instanzen des Konzepts Prozessschritt,

- 73 Instanzen des Konzepts Methode und
- 8.009 mit TRUE bewertete Relationinstanzen identifiziert.

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.2 vorgenommenen Beurteilung wird damit die in Kapitel 2.1 formulierte Anforderung A1 erfüllt. Die entwickelte Ontologie sowie die hier hergeleiteten Fakten erlauben eine ausführliche Abbildung und Verknüpfung von Produktionssystem- und Kontext-Informationen ($A1.1 = A1.2 = A1.3 = A1 = 3$).

Weiterhin wurden die den Kontext abbildenden Instanzen der Konzepte Ziel und Prozessschritt unter enger Einbeziehung von Praxisanwendern aus der Branche Werkzeug- und Formenbau hergeleitet. Die in der Wissensbasis enthaltenen Fakten weisen somit den in Anforderung A2.1 geforderten hohen Branchenbezug auf ($A2.1 = 3$).

4.4 Data Mining-basierte Entwicklung von Regeln zur Wissensverarbeitung

Auf Basis der in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten Ergebnisse wäre ein Expertensystem grundsätzlich in der Lage, Produktionssystem-Wissen für Unternehmen des Werkzeugbaus verfügbar zu machen. Die umfangreiche Wissensbasis, die sowohl Branchenspezifika in Form von Referenzprozessmodellen und detaillierten Zielsystemen als auch Kernelemente eines Produktionssystems, hier Methoden, beinhaltet und verknüpft, ermöglicht eine gezielte Entscheidungsunterstützung bei dem Einsatz von Produktionssystem-Methoden in der Branche Werkzeug- und Formenbau.

Wie in Kapitel 1.1 aufgezeigt wurde, ist immer eine unternehmensspezifische, d. h. kontextspezifische, Ausgestaltung des Produktionssystems notwendig. Demzufolge muss auch in einem Expertensystem eine entsprechende Anpassung der Wissensbasis möglich sein, um unternehmensindividuelle Besonderheiten berücksichtigen zu können. Ist bspw. in einem Werkzeugbauunternehmen ergänzend zu den in der Wissensbasis verfügbaren Prozessschrittinstanzen des Qualitätssicherungsprozesses ein zusätzlicher Prozessschritt z. B. zur Eingabe spezifischer Prüfinformationen in ein EDV-System vorgesehen, muss dieser durch den Anwender in dem Expertensystem abgebildet werden können. Dabei ist weniger die Modellierung der neuen Prozessschrittinstanz als die Verknüpfung mit den im System vorhandenen Zielinstanzen problematisch. Erstens ist dieser Vorgang sehr aufwändig, da eine neue Prozessschrittinstanz auf Relationinstanzen zu einer Vielzahl potenziell relevanter Zielinstanzen geprüft werden muss. Zweitens wird dabei von dem Anwender Produktionssystem-Wissen vorausgesetzt, das erst durch das Expertensystem verfügbar gemacht werden soll.

Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung von Anforderung A2.2 (vgl. Kapitel 2.1) wird deutlich, dass ein praxisgerechtes Expertensystem im Sinne einer Wissensverarbeitung neue Relationinstanzen automatisiert und damit ressourceneffizient erzeugen können muss. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden dazu DM-Algorithmen (vgl. Kapitel 2.3.3) eingesetzt, um die für die Wissensbasis erforder-

lichen Regeln auf Basis der in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten Ergebnisse zu erlernen (vgl. Teilziel 3). Die Regeln entsprechen dem prozeduralen, abstrakten Wissen in der Wissensbasis.

4.4.1 Algorithmengerechte Beschreibung von Konzeptinstanzen

Um Regeln mittels Data Mining auf Basis der entwickelten Konzept- und Relationinstanzen zu erlernen, muss ein entsprechender DM-Algorithmus Konzeptinstanzen unterscheiden und interpretieren können. Im Gegensatz zum Menschen sind DM-Algorithmen nicht in der Lage, bspw. zwischen der Anforderungsinstanz *Vermeide Missverständnis von Anforderungen* der Entwicklungsperspektive und der Anforderungsinstanz *Stelle Lieferzuverlässigkeit sicher* der Logistikperspektive allein auf Basis der Semantik, d. h. der Bedeutung der sprachlichen Zeichen, zu differenzieren. Um einem DM-Algorithmus diese Unterscheidung zu ermöglichen, muss jede Konzeptinstanz abstrakt, bspw. auf Basis von Merkmalen, beschrieben werden. In Abhängigkeit von Art und Anzahl der verwendeten Merkmale, z. B. *Zielperspektive*, und ihren Ausprägungen, z. B. *Entwicklung*, *Logistik* oder *Produktion*, kann ein DM-Algorithmus die Konzeptinstanzen interpretieren und unterscheiden, auf dieser Basis Muster in der Verknüpfung (Relationinstanzen) unterschiedlicher vorhandener Konzeptinstanzen erkennen und Verknüpfungsregeln in einem Training erlernen. Erst anhand dieser Regeln kann ein Expertensystem Relationinstanzen zwischen neuen Konzeptinstanzen automatisiert erstellen. Zur abstrakten Beschreibung der Instanzen der Konzepte *Ziel*, *Prozessschritt* und *Methode* ist daher die Entwicklung von Merkmalen inkl. entsprechender Ausprägungen notwendig.

Für eine möglichst genaue Abbildung der Semantik einer Konzeptinstanz erscheint die Entwicklung zahlreicher unterschiedlicher Merkmale mit fein abgestuften Merkmalsausprägungen sinnvoll. Für das erfolgreiche Training eines DM-Algorithmus trifft dieser Zusammenhang auch grundsätzlich zu, da die Wahrscheinlichkeit, Muster in einem Datenbestand zu erkennen, mit der Anzahl und Qualität der Merkmale und Merkmalsausprägungen zumindest bis zu einem gewissen Punkt wächst. Allerdings muss ebenso berücksichtigt werden, dass die Beschreibung einer (neuen) Konzeptinstanz anhand der zu entwickelnden Merkmale durch den Anwender des Expertensystems vorgenommen werden muss. Dabei stehen aus Anwendersicht ein geringer Aufwand und eine hohe Verständlichkeit im Vordergrund, die allerdings mit einer steigenden Anzahl von Merkmalen und Merkmalsausprägungen negativ beeinflusst werden.

Im Hinblick auf diesen Zielkonflikt gilt es, Merkmale und Ausprägungen zu identifizieren, die sowohl eine ausreichend abstrakte, d. h. algorithmengerechte, als auch aufwandsarme und intuitive, d. h. anwendergerechte, Beschreibung zulassen. Dazu wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit sowohl die vorhandenen, zu beschreibenden Konzeptinstanzen (vgl. Kapitel 4.3.1 - 4.3.3) als auch die in Kapitel 4.3.4 beschriebenen Matrizen M1 und M2 bspw. hinsichtlich ihrer Modellierung und Struktur analysiert. Weiterhin wurden in der Literatur vorhandene Arbeiten, z. B. zur Cha-

rakterisierung von Unternehmenszielen, verwendet. Die für die einzelnen Konzeptinstanzen entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen werden nachfolgend vorgestellt.

Merkmale und Merkmalsausprägungen von Zielinstanzen

Die in Kapitel 4.3.1 vorgestellten Zielinstanzen setzen sich jeweils aus einer Anforderung, auch Functional Requirement, und einer Lösung, auch Design Parameter, zusammen und werden in Form einer satzähnlichen Wortkonstruktion beschrieben. Dabei wird in dem die Anforderung beschreibenden Teil der Zielinstanz in der Regel ein Verb in der Imperativform (vgl. [Dud09]) verwendet. Dies soll an dem nachfolgenden Beispiel (vgl. Bild 9.1 im Anhang) verdeutlicht werden. Die Zielinstanz EP-Q-111 setzt sich aus

- FR-EP-Q111: *vermeide Missverständnis von Anforderungen* und
- DP-EP-Q111: *systematische Anforderungsdokumentation*

zusammen. Wird die Zielinstanz bestehend aus Anforderung und Lösung als vollständiger Satz formuliert, könnte dieser wie folgt lauten:

Vermeide das Missverständnis von Anforderungen durch eine systematische Anforderungsdokumentation.

Infolge der modellierungsbedingten Trennung von Anforderung und Lösung, liegt die eigentliche Zielformulierung dabei immer im ersten Satzteil. Wird lediglich dieser erste Teil als eigenständiger Imperativsatz betrachtet, hier *Vermeide das Missverständnis von Anforderungen*, können folgende Satzglieder identifiziert werden:

- Prädikat (*Vermeide*)
- Akkusativobjekt (*das Missverständnis*)
- Präpositionalobjekt (*von Anforderungen.*)

Bei einer geeigneten Abstraktion ist es grundsätzlich möglich, jede denkbare Zielinstanz in Form eines Imperativsatzes auszudrücken und damit in Abhängigkeit von dem verwendeten Prädikat (s. u.) durch die drei genannten Satzglieder bzw. Merkmale inhaltlich zu beschreiben.

Für die Identifikation potenzieller Merkmalsausprägungen können vorhandene Arbeiten zu strategischen Unternehmenszielen verwendet werden (vgl. z. B. [Wil04], [Kap97]). Nach KAPLAN und NORTON [Kap97] sind in der Balanced Scorecard strategische Ziele u. a. durch eine Kennzahl (IST-Wert) sowie ein angestrebtes Zielerreichungsausmaß (SOLL-Wert) beschrieben. Grundsätzlich leiten sich daraus zwei mögliche Aktionen ab: entweder muss der IST-Wert *maximiert* (\Leftrightarrow IST-Wert < SOLL-Wert) oder *minimiert* (\Leftrightarrow IST-Wert > SOLL-Wert) werden. Entsprechend können die Ausprägungen des o. g. Merkmals *Prädikat* lauten: *Minimiere* oder *Maximiere* (Imperativ, 2. Person Singular).

Das Merkmal *Akkusativobjekt* bezeichnet im Allgemeinen den Handlungsgegenstand, auf den sich das Prädikat bezieht [Dud09]. Bezogen auf die o. g. Ausprägungen des Merkmals Prädikat beantwortet das Merkmal Akkusativobjekt somit die Frage: „Was wird minimiert?“ oder „Was wird maximiert?“. Im Kontext strategischer Unternehmensziele werden als Handlungsgegenstand bzw. Handlungsdimensionen oft die Größen *Zeit*, *Kosten* und *Qualität* genannt (vgl. z. B. [Spe01], [Wil04]). Diese bieten sich somit als Ausprägungen des Merkmals Akkusativobjekt an.

Die gewählten Ausprägungen des Merkmals Prädikat (minimieren, maximieren) erfordern die Präposition *von*. Diese Präposition leitet das Merkmal *Präpositionalobjekt* ein. Bezogen auf die o. g. Ausprägungen des Merkmals Akkusativobjekt antwortet das Präpositionalobjekt bspw. auf die Frage „Die Qualität von was wird maximiert?“ oder „Die Kosten von was werden minimiert?“. Im Kontext der Modellierung von Unternehmenszielen konkretisieren die Ausprägungen des Merkmals Präpositionalobjekt somit den Handlungsgegenstand hinsichtlich des betrachteten Objekts. Dabei kann es sich sowohl um Input- als auch Outputgrößen eines betriebswirtschaftlichen Prozesses handeln. Aus diesem Grund bieten sich die Produktionsfaktoren als mögliche Merkmalsausprägungen an.

Unter Produktionsfaktoren versteht man diejenigen Güter, die zur Herstellung und Verwertung betriebswirtschaftlicher Leistungen eingesetzt werden. GUTENBERG [Gut83] unterteilt die Produktionsfaktoren in elementare und dispositive Faktoren. Zu den Elementarfaktoren gehören objektbezogene menschliche Arbeitsleistungen, Arbeits- und Betriebsmittel sowie Werkstoffe. Zusätzlich können die benötigten Energien und Informationen, ohne die keine Leistungserstellung möglich ist, als Elementarfaktoren bezeichnet werden [Arn08]. Der dispositive Faktor wird durch die Betriebs- und Geschäftsleitung verkörpert. Ihre Aufgabe besteht in der zielgerichteten Kombination von Elementarfaktoren. Mit dem Ziel einer anwendergerechten Beschreibung werden in Anlehnung an die o. g. Elementarfaktoren folgende Merkmalsausprägungen gewählt: Material (Arbeits- und Betriebsmittel, Werkstoffe sowie Zwischen- und Endprodukte), Mitarbeiter (menschliche Arbeitsleistung), Information, Energie.

Für eine algorithmengerechte Beschreibung der Zielinstanzen eignet sich neben den beschriebenen Merkmalen und Merkmalsausprägungen außerdem die Zugehörigkeit einer Zielinstanz zu der jeweiligen Perspektive (vgl. Kapitel 4.3.1). Aus diesem Grund wird *Perspektive* als weiteres Merkmal mit den Ausprägungen *Entwicklung*, *Logistik* und *Produktion* definiert. Wie in Kapitel 4.3.4 beschrieben, werden lediglich die jeweils letzten Blätter der Zielsysteme auf potenzielle Relationen zu Prozessschritt- oder Methodeninstanzen untersucht. Um diese Randbedingung zu berücksichtigen, wird weiterhin das Merkmal *letztes Blatt* mit den Ausprägungen *Ja* und *Nein* gewählt.

Eine ausführliche Analyse der in Kapitel 4.3.4 vorgestellten Matrix M1, die die Relationen zwischen Anforderungs- und Prozessschrittinstanzen beinhaltet, ergibt außerdem, dass bestimmte Anforderungsinstanzen offensichtlich eine pauschale Gültigkeit für die betrachteten Prozessschrittinstanzen aufweisen. Bspw. existieren

für die Anforderungsinstanz *Stelle die Verfügbarkeit der notwendigen Ressourcen sicher* (FR-EP-Q122) Relationinstanzen mit allen Prozessschrittinstanzen in den Prozessmodellen *Angebotserstellung* und *Entwicklung und Konstruktion* (vgl. Bild 9.107 und Bild 9.108). Vor diesem Hintergrund wird das Merkmal *pauschale Gültigkeit* mit den Ausprägungen *Ja* und *Nein* definiert.

Tabelle 4.2 fasst die entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen zusammen. Für eine anwendergerechte Beschreibung werden die Begriffe „Akkusativobjekt“ und „Präpositionalobjekt“ durch „Objekt 1“ und „Objekt 2“ ersetzt.

Tabelle 4.2: Merkmale und Merkmalsausprägungen zur abstrakten Beschreibung von Zielinstanzen

Merkmalsausprägung	Merkmale
Entwicklung, Logistik, Produktion;	Perspektive
Ja, Nein;	pauschale Gültigkeit
Ja, Nein;	letztes Blatt
Maximiere, Minimiere;	Prädikat
Kosten, Qualität, Zeit;	Objekt 1
Energie, Information, Material, Mitarbeiter;	Objekt 2

Anhand dieser ausgewählten Merkmale und ihrer Ausprägungen kann bspw. die Anforderungsinstanz *Vermeide Missverständnis von Anforderungen* (FR-EP-Q111) wie folgt beschrieben werden:

FR-EP-Q111 = Perspektive: Entwicklung; pauschale Gültigkeit: Nein; letztes Blatt: Ja; Prädikat: Maximiere; Objekt 1: Qualität; Objekt 2: Information;

oder als Satz formuliert: „Die Anforderungsinstanz FR-EP-Q111 beschreibt aus Entwicklungsperspektive die Maximierung der Qualität von Information. Die Anforderungsinstanz ist ein letztes Blatt und nicht pauschal gültig.“

Merkmale und Merkmalsausprägungen von Prozessschrittinstanzen

Die in Kapitel 4.3.2 vorgestellten Prozessmodelle wurden mittels der Organisationsprozessdarstellung (vgl. [Bin04]) modelliert und setzen sich u. a. aus Instanzen des Konzepts Prozessschritt zusammen. Eine Prozessschrittinstanz kann sowohl vom Objekttyp *Aktivität* als auch vom Objekttyp *Entscheidung* sein und wird von einer spezifischen Organisationseinheit (Objekttyp) ausgeführt. Vergleichbar zu den Zielinstanzen werden Prozessschrittinstanzen durch satzähnliche Wortkonstruktionen beschrieben. Dabei werden für Aktivitäten in der Regel ein Objekt und ein Verb, z. B.

Angebot prüfen, verwendet. Wird die ausführende Organisationseinheit mit einbezogen, lassen sich für Aktivitäten einfache Aussagesätze formulieren, z. B.:

Die Geschäftsführung prüft das Angebot.

Der aufgeführte Satz beinhaltet folgende Satzglieder (vgl. [Dud09]):

- Subjekt (*Die Geschäftsführung*)
- Prädikat (*prüft*)
- Akkusativobjekt (*das Angebot.*)

Bei einer geeigneten Abstraktion ist es möglich, jede denkbare Aktivität in Form eines Aussagesatzes auszudrücken und damit durch die drei genannten Satzglieder bzw. Merkmale inhaltlich zu beschreiben.

Obwohl für den Objekttyp Entscheidung andere und unterschiedliche Satzglieder, bspw. ein Objekt (z. B. *Rückfragen?*), ein Objekt und ein Adjektiv (z. B. *Angebot freigegeben?*) oder ein Verb (z. B. *Weiterführen?*), Verwendung finden, können auch Entscheidungen über die genannten Merkmale beschrieben werden. Die Begründung dafür ist, dass sich Entscheidungen laut Organisationsprozessdarstellung (vgl. [Bin04]) immer auf die jeweils vorangegangene Aktivität beziehen. Somit wird bspw. aus dem oben aufgeführten Aussagesatz lediglich ein angepasster Fragesatz (hier: *Wurde das Angebot von der Geschäftsführung freigegeben?*) mit denselben Satzgliedern gebildet.

Die Ausprägungen des Merkmals *Subjekt* leiten sich aus den in den Prozessmodellen verwendeten Organisationseinheiten ab. Somit werden die folgenden Merkmalsausprägungen entsprechend den im Referenzprozessmodell Werkzeug- und Formenbau auftretenden Organisationseinheiten (vgl. Kapitel 4.3.2) definiert: *Einkauf, Entwicklung und Konstruktion, Erprobung, Fertigung und Montage, Finanzbuchhaltung, Geschäftsführung, Kunde, Lager, Leitung Produktion, Lieferant, NC-Programmierung, Projektleitung, Qualitätssicherung, Vertrieb, Versand, Wareneingang.*

Das Merkmal *Prädikat* beschreibt die eigentliche Tätigkeit eines Prozessschrittes. Vor dem Hintergrund einer anwendergerechten Beschreibung ist es nicht sinnvoll, alle denkbaren Verben als Merkmalsausprägung zu berücksichtigen. Vielmehr muss die Tätigkeit des entsprechenden Prozessschrittes auf einer abstrakten Ebene charakterisiert werden. Dazu bieten sich bspw. die durch DEMING [Dem94] definierten Phasen des auch als PDCA-Zyklus bezeichneten Demingkreises an: Plan, Do, Check, Act. Im Gegensatz zu dem durch die vier Phasen beschriebenen iterativen Problemlösungsprozess ist für die abstrakte Beschreibung einer Tätigkeit allerdings keine Unterscheidung zwischen „Do“ (Einführen einer Lösung in begrenztem Einsatzgebiet) und „Act“ (breite Einführung einer Lösung) notwendig. Aus diesem Grund werden die folgenden Merkmalsausprägungen definiert: *Planen, Umsetzen, Prüfen.*

Wie bereits in dem vorangegangenen Abschnitt beschrieben, bezeichnet das Merkmal *Akkusativobjekt* im Allgemeinen den Handlungsgegenstand, auf den sich das

Prädikat bezieht [Dud09]. Im Kontext eines Unternehmensprozesses handelt es sich dabei um eine Input- oder Outputgröße eines Prozessschrittes. Aus diesem Grund bieten sich auch an dieser Stelle die Produktionsfaktoren (vgl. [Arn08], [Gut83]) als mögliche Merkmalsausprägungen an. Im Gegensatz zu den strategischen Zielen eines Werkzeug- und Formenbauunternehmens ist der Mensch bzw. die Energie nicht direkter Handlungsgegenstand der Unternehmensprozesse. Zwar werden sowohl Menschen als auch Energie im Sinne von Ressourcen für die Ausführung der Prozessschritte benötigt, allerdings sind diese nicht Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen im eigentlichen Sinn. Aufgrund dessen werden lediglich *Material* (Arbeits- und Betriebsmittel, Werkstoffe sowie Zwischen- und Endprodukte) und *Information* als Ausprägungen des Merkmals Akkusativobjekt definiert.

Um eine Prozessschrittinstanz weiter zu charakterisieren, kann die für die auszuführende Tätigkeit *erforderliche Kompetenz* als weiteres Merkmal dienen. Unter Kompetenz werden neben dem personellen Arbeitsvermögen, d. h. den fachlichen Fähigkeiten, die Fähigkeiten der Mitarbeiter im sozial-kommunikativen, methodischen und persönlichkeitsbezogenen Bereich verstanden [Bul02]. Das Merkmal Kompetenz erlaubt somit die indirekte Berücksichtigung des Menschen (vgl. Produktionsfaktoren) als Ressource für die Ausführung eines Prozessschrittes. Für eine anwendergerechte Beschreibung werden lediglich die zwei Merkmalsausprägungen *hoch* und *niedrig* berücksichtigt.

Für eine algorithmengerechte Beschreibung der Prozessschrittinstanzen eignet sich neben den beschriebenen Merkmalen und Merkmalsausprägungen außerdem die Zugehörigkeit einer Prozessschrittinstanz zu dem jeweiligen Prozessmodell (vgl. Kapitel 4.3.2). Aus diesem Grund wird *Prozessmodell* als weiteres Merkmal mit den Ausprägungen *Angebotserstellung*, *Entwicklung und Konstruktion*, *Beschaffung*, *Wareneingang*, *Produktion* und *Qualitätssicherung* definiert. Weiterhin kann zwischen dem Merkmal *Objekttyp* mit den Ausprägungen *Aktivität* und *Entscheidung* differenziert werden.

Im Rahmen einer ausführlichen Analyse der in Kapitel 4.3.4 vorgestellten Matrix M1 kann außerdem festgestellt werden, dass bestimmte Prozessschrittinstanzen keine Relationen zu Anforderungsinstanzen aufweisen. Ein Beispiel hierfür ist die Prozessschrittinstanz *Kenntnisnahme* der Prozessinstanz *Angebotserstellung*. Derartige Prozessschrittinstanzen beschreiben keine durch eine Produktionssystem-Methode potenziell zu unterstützende Tätigkeit, sondern wurden im Rahmen der Konstruktion des Referenzprozessmodells (vgl. Kapitel 4.3.2) lediglich aus Verständnisgründen für den Prozessmodellanwender eingefügt. Um diesen Zusammenhang zu berücksichtigen, wird das Merkmal *Relevanz* mit den Ausprägungen *Ja* und *Nein* gewählt.

Tabelle 4.3 fasst die entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen zusammen. Für eine anwendergerechte Beschreibung wird der Begriff „Akkusativobjekt“ durch „Objekt“ ersetzt.

Tabelle 4.3: Merkmale und Merkmalsausprägungen zur abstrakten Beschreibung von Prozessschrittinstanzen

Merkmalsausprägung	Merkmale
Prozessmodell	Angebotserstellung, Beschaffung, Entwicklung und Konstruktion, Produktion, Qualitätssicherung, Wareneingang;
Objekttyp	Aktivität, Entscheidung;
Relevanz	Ja, Nein;
Subjekt	Einkauf, Entwicklung und Konstruktion, Erprobung, Fertigung und Montage, Finanzbuchhaltung, Geschäftsführung, Kunde, Lager, Leitung Produktion, Lieferant, NC-Programmierung, Projektleitung, Qualitätssicherung, Versand, Vertrieb, Wareneingang;
Prädikat	Planen, Prüfen, Umsetzen;
Objekt	Information, Material;
Kompetenz	Hoch, Niedrig;

Anhand dieser ausgewählten Merkmale und ihrer Ausprägungen kann bspw. die Prozessschrittinstanz *Kundenanforderungen im DV-System aufnehmen* (PI-A-03) als PI-A-03 = Prozessmodell: Angebotserstellung; Objekttyp: Aktivität; Relevanz: Ja; Subjekt: Vertrieb; Prädikat: Umsetzen; Objekt: Information; Kompetenz: Hoch; oder in Satzform als „Die Prozessschrittinstanz PI-A-03 des Angebotserstellungsprozess ist eine vom Vertrieb ausgeführte, relevante Aktivität zur Umsetzung von Information. Die erforderliche Kompetenz ist hoch.“ beschrieben werden.

Merkmale und Merkmalsausprägungen von Methodeninstanzen

Im Gegensatz zu einer Ziel- und Prozessschrittinstanz ist jede Methodeninstanz in Form eines vergleichsweise umfangreichen Methodenblatts beschrieben. Demzufolge muss geprüft werden, welcher spezifische Teil der vorhandenen Beschreibungen für die Ableitung charakteristischer Merkmale und Merkmalsausprägungen einer Methodeninstanz geeignet ist.

Nach LINDEMANN [Lin05] wird unter dem Begriff Methode die Beschreibung eines regelbasierten und planmäßigen Vorgehens verstanden, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind. Methoden sind insbesondere zielorientiert, also auf die Lösung eines Problems oder einer Aufgabenstellung fokussiert [Lin05]. Im Hinblick auf die Identifikation geeigneter Merkmale und Merkmalsausprägungen

kann somit davon ausgegangen werden, dass eine Methode durch die jeweils verfolgte Zielstellung charakterisiert wird.

Vergleichbar zu der Beschreibung einer Zielinstanz (s. o.) ist die Zielstellung einer Methodeninstanz (vgl. Kapitel 4.3.3) durch eine satzähnliche Wortkonstruktion gekennzeichnet. Dabei wird in der Regel ein substantiviertes Verb sowie mindestens ein Objekt verwendet, z. B. Balanced Scorecard: *Ausrichtung der Organisation an strategischen Zielen* (vgl. Bild 9.44 im Anhang). Durch eine Umformulierung ergibt sich auch hier ein Imperativsatz (vgl. [Dud09]):

Richte die Organisation an strategischen Zielen aus.

Entsprechend können in diesem Satz folgende Satzglieder identifiziert werden:

- Prädikat (*Richte ... aus.*)
- Akkusativobjekt (*die Organisation*)
- Präpositionalobjekt (*an strategischen Zielen*)

Bei einer geeigneten Abstraktion ist es grundsätzlich möglich, jede denkbare Zielformulierung einer Methodeninstanz in Form eines Imperativsatzes auszudrücken und damit in Abhängigkeit von dem verwendeten Prädikat (s. u.) durch die drei genannten Satzglieder bzw. Merkmale inhaltlich zu beschreiben.

Das Merkmal *Prädikat* beschreibt einen wesentlichen Teil der mit der jeweiligen Methode auszuführenden Tätigkeit. Vor dem Hintergrund einer anwendergerechten Beschreibung ist es auch an dieser Stelle nicht sinnvoll, alle denkbaren Verben als Merkmalsausprägung zu berücksichtigen. Da es sich bei einem Methodenziel auch nicht um ein strategisches Unternehmensziel und damit um die Anpassung eines IST-Wertes an einen SOLL-Wert sondern um ein breiteres Tätigkeitsspektrum handelt, scheiden die Ausprägungen *Minimiere* und *Maximiere* (s. o.) aus. Aufgrund dessen werden vergleichbar zu der Beschreibung der Prozessschrittinstanzen die Merkmalsausprägungen *Planen*, *Umsetzen* und *Prüfen* in Anlehnung an den Demingkreis (vgl. [Dem94]) definiert. Auf diese Weise kann der planende, prüfende oder umsetzungsorientierte Charakter einer Methodeninstanz abgebildet werden.

Bezogen auf die o. g. Ausprägungen des Merkmals Prädikat beantwortet das Merkmal *Akkusativobjekt* die Frage: „Was wird geplant, geprüft oder umgesetzt?“. Im Kontext des durch eine Methodeninstanz verfolgten Ziels werden an dieser Stelle ebenfalls die drei Größen *Zeit*, *Kosten* und *Qualität* (vgl. z. B. [Spe01], [Wil04]) als Handlungsdimensionen und somit als Ausprägungen des Merkmals Akkusativobjekt definiert.

Die gewählten Ausprägungen des Merkmals Prädikat, hier planen, prüfen, umsetzen, erfordern ebenfalls die Präposition *von*, die auch an dieser Stelle das Merkmal *Präpositionalobjekt* einleitet. Bezogen auf die o. g. Ausprägungen des Merkmals Akkusativobjekt antwortet das Präpositionalobjekt bspw. auf die Frage „Die Qualität von was wird geprüft?“ oder „Die Kosten von was werden geplant?“. Im Gegensatz zu den im Kontext der Zielinstanzen gewählten Produktionsfaktoren (Material, Informa-

tion, Mensch, Energie), die Ein- und Ausgangsgrößen betriebswirtschaftlicher Prozesse darstellen, müssen die Ausprägungen des Merkmals Präpositionalobjekt für die Charakterisierung von Methodeninstanzen weitere oder sogar andere Objekte umfassen. Ein Grund hierfür ist, dass bspw. Unternehmensprozesse selbst Handlungsgegenstand einer Methode sein können. Eine Untersuchung des in der Literatur beschriebenen Einsatzfelds zeigt, dass Methoden bspw. zur Gestaltung von Produkten, Prozessen oder Arbeitsplätzen (vgl. z. B. [Lin05], [Pah07], [Zan99]), zur Qualifizierung von Menschen (vgl. z. B. [Tre03]) oder allgemein zur Optimierung der Produktion (vgl. z. B. [Bas03], [Dom06a]) einsetzbar sind. Im Hinblick auf eine anwendergerechte Beschreibung bilden die drei Handlungsgegenstände *Produkt*, *Prozess* und *Mitarbeiter* dieses breite Einsatzgebiet sinnvoll ab und werden aus diesem Grund als Ausprägungen des Merkmals Präpositionalobjekt gewählt. Die Merkmalsausprägungen lehnen sich damit auch an das im Kontext der Digitalen Fabrik verbreitete Produkt-Prozess-Ressourcen-Modell an (vgl. z. B. [Küh06]).

Um eine Methodeninstanz weiter zu charakterisieren, kann der *inhaltliche Fokus* als weiteres Merkmal dienen. So kann eine Methode bspw. primär auf die Gestaltung technischer oder organisatorischer Aspekte ausgelegt sein. Beispiele für auf technische Zusammenhänge ausgerichtete Methoden sind u. a. *Poka Yoke* oder *Design for Manufacturing*. Primär organisatorisch ausgelegte Methoden sind z. B. *Gruppenarbeit* oder *Durchlaufzeitanalysen*. Daneben existieren Methoden, die auf die Gestaltung sowohl technischer als auch organisatorischer Aspekte anwendbar sind, z. B. *Brainstorming* oder *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Da Methodeninstanzen im Gegensatz zu Ziel- und Prozessschrittinstanzen nicht über modellierungsbedingte Merkmale, z. B. die Zugehörigkeit zu einem Zielsystem oder zu einem Prozessmodell, weiter beschrieben werden können, erlaubt das Merkmal *Fokus* mit den genannten Ausprägungen somit eine zusätzliche Differenzierung.

Eine Analyse der in Kapitel 4.3.4 vorgestellten Matrix M2, die die Relationinstanzen zwischen Lösungs- und Methodeninstanzen beinhaltet, ergibt weiterhin, dass bestimmte Methodeninstanzen offensichtlich eine pauschale Gültigkeit für die betrachteten Lösungsinstanzen aufweisen. Bspw. existieren für die Methodeninstanz *PTCA-Zyklus* (MI-49) Relationinstanzen mit allen Lösungsinstanzen (vgl. Bild 9.113 und Bild 9.115). Somit wird das Merkmal *pauschale Gültigkeit* mit den Ausprägungen *Ja* und *Nein* definiert.

Tabelle 4.4 fasst die entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen zusammen. Für eine anwendergerechte Beschreibung werden die Begriffe „Akkusativobjekt“ und „Präpositionalobjekt“ durch „Objekt 1“ und „Objekt 2“ ersetzt.

Tabelle 4.4: Merkmale und Merkmalsausprägungen zur abstrakten Beschreibung von Methodeninstanzen

Merkmalsausprägung	Merkmale
pauschale Gültigkeit	Ja, Nein;
Fokus	Organisatorisch, Technisch;
Prädikat	Planen, Prüfen, Umsetzen;
Objekt 1	Kosten, Qualität, Zeit;
Objekt 2	Mensch, Produkt, Prozess;

Anhand dieser ausgewählten Merkmale und ihrer Ausprägungen kann bspw. die Methodeninstanz *Benchmarking* (MI-13) wie folgt beschrieben werden:

MI-13 = pauschale Gültigkeit: Nein; Fokus: Technisch, Organisatorisch; Prädikat: Prüfen; Objekt 1: Qualität, Kosten, Zeit; Objekt 2: Produkt, Prozess;

oder als Satz formuliert: „Die Methodeninstanz MI-13 unterstützt die Prüfung von Qualität, Kosten und Zeit von Produkten und Prozessen. Die Methodeninstanz unterstützt sowohl technische als auch organisatorische Aspekte und ist nicht pauschal gültig.“

Kritische Diskussion

Die Herleitung der vorgestellten Merkmale und Merkmalsausprägungen ist grundsätzlich systematisch und nachvollziehbar und greift sowohl auf vorhandene wissenschaftliche als auch praxisnahe Arbeiten zurück. Dennoch bleiben die entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen zur abstrakten Beschreibung von Ziel-, Prozessschritt- und Methodeninstanzen zumindest teilweise subjektiv. Schon ein anderer wissenschaftlicher Hintergrund sowie andere Erfahrungen, Wahrnehmungen oder Interpretationen des betrachteten Problembereichs würden voraussichtlich zu einem abweichenden Ergebnis führen. Aus Sicht des Autors schränkt dieser Umstand die Eignung sowohl der entwickelten als auch potentiell anderer Merkmale und Merkmalsausprägungen nicht grundsätzlich ein. Vielmehr müssen auf der einen Seite mögliche Anwender entscheiden, ob die abstrakten Beschreibungsmöglichkeiten nachvollziehbar und damit umsetzbar sind (vgl. Kapitel 6). Auf der anderen Seite wird die in Kapitel 4.4.3 beschriebene Evaluation zeigen, ob DM-Algorithmen anhand der entsprechenden Merkmale und Ausprägungen in der Lage sind, Konzeptinstanzen zu unterscheiden bzw. zu interpretieren und damit Regeln zu erlernen.

4.4.2 Datenaufbereitung und Training

Für das Training von DM-Algorithmen ist eine Codierung der entwickelten Merkmale und Ausprägungen erforderlich. Dazu werden Nominalskalen verwendet. Bspw. können die Ausprägungen des Zielinstanz-Merkmals *Perspektive* auf der Skala 1 (Entwicklungsperspektive), 2 (Logistikperspektive) und 3 (Produktionsperspektive) codiert werden. Im Gegensatz zu diesem Merkmal, für das lediglich eine Merkmalsausprägung möglich ist, z. B. gehört eine Zielinstanz entweder zu der Entwicklungs- oder zu der Produktionsperspektive, kann für andere Merkmale auch die Angabe mehrerer Ausprägungen sinnvoll sein. Bspw. unterstützt die Methodeninstanz Benchmarking (s. o.) die *Prüfung* (Merkmal Prädikat) von *Qualität*, *Kosten* und *Zeit* (Merkmalsausprägung). Um einen entsprechenden Zusammenhang abbilden zu können, werden diese Ausprägungen jeweils auf einer Nominalskala mit 1, z. B. Qualität: ja, und 0, z. B. Qualität: nein, codiert. Tabelle 4.5 stellt die entsprechende Codierung für die entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen dar.

Vergleichbar zu den im vorangegangenen Kapitel aufgeführten Beispielen wurden die entwickelten Konzeptinstanzen (vgl. Kapitel 4.3) anhand der entsprechenden Merkmale und Merkmalsausprägungen und unter Berücksichtigung der Codierung beschrieben. Für jede Ziel-, Prozessschritt- und Methodeninstanz ergibt sich ein n-dimensionaler Vektor (mit $n = 12, 10$ oder 12 , vgl. Tabelle 4.5), der bspw. für die Methodeninstanz *Benchmarking* in transponierter Form lautet:

$$MI-13 = (0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$$

Da eine Darstellung oder Aufzählung aller Vektoren an dieser Stelle zu umfangreich ist, wird auf Bild 9.116 - Bild 9.125 im Anhang verwiesen. Bei den Zielinstanzen (Bild 9.116 - Bild 9.118) ist darauf zu achten, dass lediglich die letzten Blätter beschrieben wurden.

Die Beschreibung der Konzeptinstanzen anhand der entsprechenden Merkmale und Merkmalsausprägungen wurde durch den Autor durchgeführt und ist damit subjektiv. Ebenso wie bei der Entwicklung der Merkmale und Merkmalsausprägungen würde eine andere Wahrnehmung oder Interpretation der betrachteten Konzeptinstanzen zu einem abweichenden Ergebnis führen.

Tabelle 4.5: Nominalskalen für Merkmalsausprägungen

	Merkmal	Nominalskalen für Merkmalsausprägungen (alphabetische Reihenfolge)
Zielinstanzen (n=12)	Perspektive	1 (Entwicklung), 2 (Logistik), 3 (Produktion);
	pauschale Gültigkeit	1 (Ja), 0 (Nein);
	letztes Blatt	1 (Ja), 0 (Nein);
	Prädikat	Maximiere: 1 (Ja), 0 (Nein), Minimiere: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Objekt 1	Kosten: 1 (Ja), 0 (Nein), Qualität: 1 (Ja), 0 (Nein), Zeit: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Objekt 2	Energie: 1 (Ja), 0 (Nein), Information: 1 (Ja), 0 (Nein), Material: 1 (Ja), 0 (Nein), Mitarbeiter: 1 (Ja), 0 (Nein);
Prozessschrittinstanzen (n=10)	Prozessmodell	1 (Angebotserstellung), 2 (Beschaffung), 3 (Entwicklung und Konstruktion), 4 (Produktion), 5 (Qualitätssicherung), 6 (Wareneingang);
	Objekttyp	1 (Aktivität), 2 (Entscheidung);
	Relevanz	1 (Ja), 0 (Nein);
	Subjekt	1 (Einkauf), 2 (Entwicklung und Konstruktion), 3 (Erprobung), 4 (Fertigung und Montage), 5 (Finanzbuchhaltung), 6 (Geschäftsführung), 7 (Kunde), 8 (Lager), 9 (Leitung Produktion), 10 (Lieferant), 11 (NC-Programmierung), 12 (Projektleitung), 13 (Qualitätssicherung), 14 (Versand), 15 (Vertrieb), 16 (Wareneingang);
	Prädikat	Planen: 1 (Ja), 0 (Nein), Prüfen: 1 (Ja), 0 (Nein), Umsetzen: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Objekt	Information: 1 (Ja), 0 (Nein), Material: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Kompetenz	1 (Hoch), 0 (Niedrig);
Methodeninstanzen (n=12)	pauschale Gültigkeit	1 (Ja), 0 (Nein);
	Fokus	Organisatorisch: 1 (Ja), 0 (Nein), Technisch: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Prädikat	Planen: 1 (Ja), 0 (Nein), Prüfen: 1 (Ja), 0 (Nein), Umsetzen: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Objekt 1	Kosten: 1 (Ja), 0 (Nein), Qualität: 1 (Ja), 0 (Nein), Zeit: 1 (Ja), 0 (Nein);
	Objekt 2	Mensch: 1 (Ja), 0 (Nein), Produkt: 1 (Ja), 0 (Nein), Prozess: 1 (Ja), 0 (Nein);

Auf Basis der beschriebenen Vektoren und unter Berücksichtigung der Matrizen M1 und M2 (vgl. Kapitel 4.3.4) können Datensätze zum Training und Test verschiedener DM-Algorithmen abgeleitet werden (vgl. schematische Darstellung in Bild 4.11).

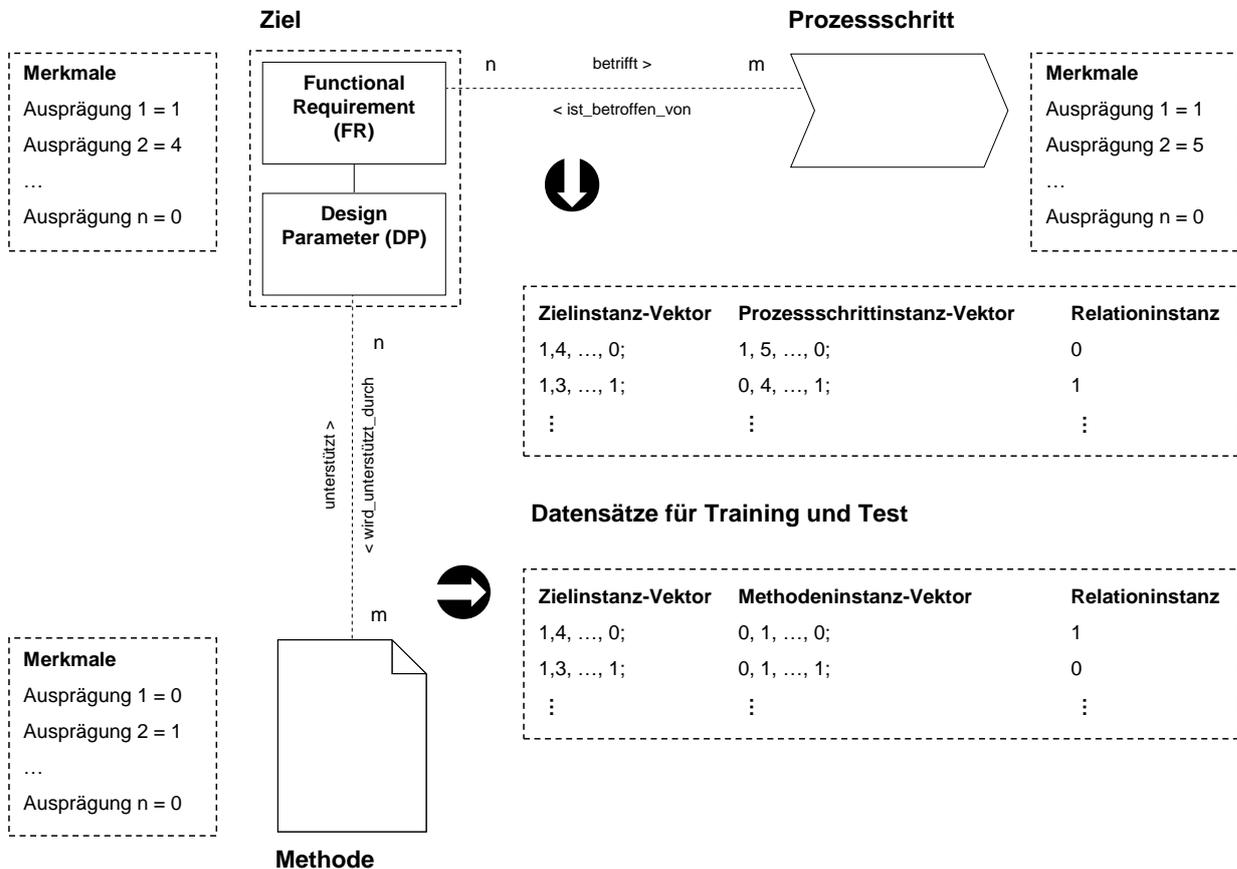


Bild 4.11: Datensätze für Training und Test von DM-Algorithmen

Dabei werden jeweils zwei Vektoren und ein Zelleintrag aus den genannten Matrizen zu einem Datensatz zusammengefasst. Bezogen auf zwei der oben beschriebenen Beispiele würde folgender Datensatz (ID_R 001) entstehen:

$$ID_R\ 001 = FR-EP-Q111; MI-13; 0;$$

oder eingesetzt

$$ID_R\ 001 = 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0; 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0; 0;$$

Die letzte Null in dem Datensatz entspricht dem Eintrag in der Matrix M2, der die Relationinstanz zwischen der Anforderungsinstanz FR-EP-Q111 und der Methodeninstanz MI-13 beinhaltet. Entsprechend der in Kapitel 4.3.4 genannten Matrixdimensionen können insgesamt ca. 47.0000 Datensätze, davon ca. 36.000 Datensätze aus M1 und ca. 11.000 Datensätze aus M2, und damit eine umfangreiche Datenbasis zum Training der DM-Algorithmen erzeugt werden. Die Datensätze sind an dieser Stelle nicht explizit dargestellt, können aber aus den im Anhang aufgeführten Matri-

zen (vgl. Bild 9.107 - Bild 9.125) abgeleitet werden. Da die DM-Algorithmen die Zugehörigkeit der o. g. Vektoren-Kombinationen zu den vorgegebenen Klassen *Relationinstanz* ist *TRUE* oder *FALSE* erlernen sollen, handelt es sich bei der hier vorliegenden Lernaufgabe somit um die in Kapitel 2.3.3 beschriebene Klassifikation.

Für das Training und den Test der DM-Algorithmen wurde die Open Source Software Rapid Miner, ehemals YALE vgl. [Mie06], genutzt. Insgesamt wurden neun unterschiedliche Algorithmen der in Kapitel 2.3.3 beschriebenen Verfahren trainiert, darunter die drei Entscheidungsbäume *W-J48graft*, *W-LMT* und *W-RandomForest*, die Entscheidungstabelle *W-DecisionTable*, die zwei Neuronalen Netze *W-Multilayer-Perceptron* und *Perceptron*, der Regellerner *W-Jrip* und die zwei Support Vector Machines (SVP) *JMySVMLEARNER* und *LibSVMLEARNER*. Ein Teil der o. g. Datensätze wurde im Rahmen einer Kreuzvalidierung (vgl. Kapitel 4.4.3) jeweils für das Training der Algorithmen verwendet. Um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass die Algorithmen einer systematischen Verzerrung (Bias) unterliegen, wurde die Reihenfolge der Datensätze randomisiert. Die verbleibenden Datensätze wurden für das Testen der Algorithmen genutzt. Dabei wurden die von dem jeweils trainierten Algorithmus prognostizierten Relationinstanzen den vorgegebenen, manuell erstellten Werten (*TRUE* oder *FALSE*) gegenübergestellt.

4.4.3 Evaluation der Algorithmen

In Anlehnung an die Evaluation von Information-Retrieval-Systemen (vgl. [Wom04]) verfügt ein effektiv arbeitender Algorithmus über die Fähigkeit, vorhandene Verknüpfungen, bspw. von Ziel- und Prozessschrittinstanzen, richtig zu prognostizieren, d. h. Relationinstanz ist *TRUE* und wird als *TRUE* prognostiziert, und gleichzeitig falsche Verknüpfungen, d. h. Relationinstanz ist *FALSE* wird jedoch als *TRUE* prognostiziert, zu vermeiden. Da eine Relationinstanz binär bewertet wird, eine Relationinstanz ist entweder *TRUE* oder *FALSE*, kann der Gesamtbestand an Relationinstanzen der Testmenge in vier Teilmengen zerlegt werden:

- *A* ist die Menge der von einem Algorithmus als *TRUE* prognostizierten Relationinstanzen,
- *A'* ist die Menge der von einem Algorithmus als *FALSE* prognostizierten Relationinstanzen,
- *B* ist die Menge der als *TRUE* bewerteten Relationinstanzen,
- *B'* ist die Menge der als *FALSE* bewerteten Relationinstanzen.

Aus diesen Teilmengen können die folgenden, elementaren Parameter abgeleitet werden:

$$a = |A \cap B| \quad (4.1)$$

$$b = |A \cap B'| \quad (4.2)$$

$$c = |A' \cap B| \quad (4.3)$$

$$d = |A' \cap B'| \quad (4.4)$$

Die Parameter lassen sich in einer sogenannten Wahrheitsmatrix, die auch als Konfusionsmatrix bezeichnet wird (vgl. [Tou09]) darstellen (vgl. Tabelle 4.6). Richtig vorhergesagte Relationinstanzen befinden sich auf der Hauptdiagonalen, falsch vorhergesagte Relationinstanzen befinden sich in den übrigen Zellen der Matrix.

Tabelle 4.6: Wahrheitsmatrix zur Evaluation von DM-Algorithmen

	Manuell bewertete Relationinstanz ist 1	Manuell bewertete Relationinstanz ist 0
DM-Algorithmus prognostiziert Relationinstanz als 1	a (richtig positiv)	b (falsch positiv)
DM-Algorithmus prognostiziert Relationinstanz als 0	c (falsch negativ)	d (richtig negativ)

Für die Evaluierung der Algorithmuseffektivität stehen sogenannte Standardmaße zur Verfügung (vgl. auch [Wom04]), die sich aus den o. g. Parametern berechnen lassen. Ein verbreitetes Standardmaß ist die Korrektklassifikationsrate k , die den Anteil der richtig prognostizierten Relationinstanzen angibt. k berechnet sich nach

$$k = \frac{a + d}{a + b + c + d} \quad (4.5)$$

Daneben ist ein weiteres Qualitätskriterium, wie viele der mit TRUE bewerteten Relationinstanzen ein Algorithmus als TRUE prognostiziert, d. h. wie vollständig das Prognoseergebnis ist. Diese Eigenschaft wird als Recall r oder auch als Trefferquote bezeichnet.

$$r = \frac{a}{a + c} \quad (4.6)$$

Als komplementäres Maß wird die Precision p zur Messung der Genauigkeit eines Prognoseergebnisses herangezogen. Die Precision bezieht sich auf die Fähigkeit

eines Algorithmus, lediglich die mit TRUE bewerteten Relationinstanzen auch als TRUE zu prognostizieren.

$$p = \frac{a}{a+b} \quad (4.7)$$

Um die Wahrscheinlichkeit zu bewerten, mit der eine als FALSE bewertete Relationinstanz durch einen Algorithmus als TRUE prognostiziert wird, kann der sogenannte Fallout f (auch Ausfallrate) nach der folgenden Gleichung ermittelt werden.

$$f = \frac{b}{b+d} \quad (4.8)$$

Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen Korrektklassifikationsrate, Recall, Precision und Fallout ist es hilfreich, die Extremfälle eines Prognoseergebnisses beispielhaft zu betrachten (vgl. Bild 4.12).

Bewertung:	80 (FALSE) 20 (TRUE)
Prognose 1:	99 (TRUE)
Prognose 2:	99 (FALSE)

Bild 4.12: Prognosebeispiele

In dem Beispiel wurden 80 von 100 Relationinstanzen mit FALSE bewertet, die verbleibenden 20 mit TRUE. In dem ersten Fall prognostiziert der Algorithmus lediglich eine der 80 mit FALSE bewerteten Relationinstanzen als FALSE und alle anderen als TRUE. In dem zweiten Fall kehrt sich diese Situation um und der Algorithmus prognostiziert eine von 20 mit TRUE bewerteten Relationinstanzen als TRUE und alle anderen als FALSE.

Tabelle 4.7 führt die berechneten Standardmaße auf. In dem ersten Fall ist die Trefferquote r maximal, allerdings auch der Ausfall f . Da in der Grundgesamtheit 80 % der Relationinstanzen mit FALSE bewertet wurden, sind die Korrektklassifikationsrate r und die Precision p gering. Aus diesem Grund ergibt sich in dem zweiten Fall auch eine vergleichsweise hohe Korrektklassifikationsrate, eine maximale Precision sowie eine minimale Ausfallrate. Dagegen ist die Trefferquote mit 5 % gering. In beiden Fällen ist das Prognoseergebnis bei Betrachtung der absoluten Treffer (vgl. Bild 4.12) schlecht. Infolge der ungleichen Verteilung in der Grundgesamtheit erscheint der zweite Fall bei alleiniger Betrachtung der Korrektklassifikationsrate ver-

gleichsweise gut. Erst durch die Berücksichtigung von r , p und f kann eine ausgewogene Bewertung der Prognoseergebnisse vorgenommen werden.

Tabelle 4.7: Standardmaße zur Evaluation der Prognosebeispiele

	Korrektklassifikationsrate r	Recall r	Precision p	Fallout f
Prognose 1	21,00 %	100,00 %	20,20 %	98,75 %
Prognose 2	81,00 %	5,00 %	100,00 %	0,00 %

Da in der vorliegenden Datenbasis ebenfalls eine ungleiche Verteilung vorhanden ist, der Anteil der mit FALSE bewerteten Relationinstanzen beträgt in der Matrix M1 ca. 85 % und in der Matrix M2 ca. 75 % (vgl. Kapitel 4.3.4), ist eine Beurteilung anhand aller vier Standardmaße erforderlich. Um eine statistisch verlässliche Aussage hinsichtlich der Algorithmeffizienz zu erhalten, wurde die Evaluation auf Basis einer 10-fachen, stratifizierten Kreuzvalidierung durchgeführt (vgl. [Eck02], [Wit01]). Der notwendige Lernaufwand ist im Anhang (vgl. Bild 9.126, Bild 9.127) dargestellt.

Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen

Bild 4.13 stellt die durch die untersuchten Algorithmen jeweils erreichte Korrektklassifikationsrate dar. Die absoluten Werte sind in Bild 9.126 dargestellt.

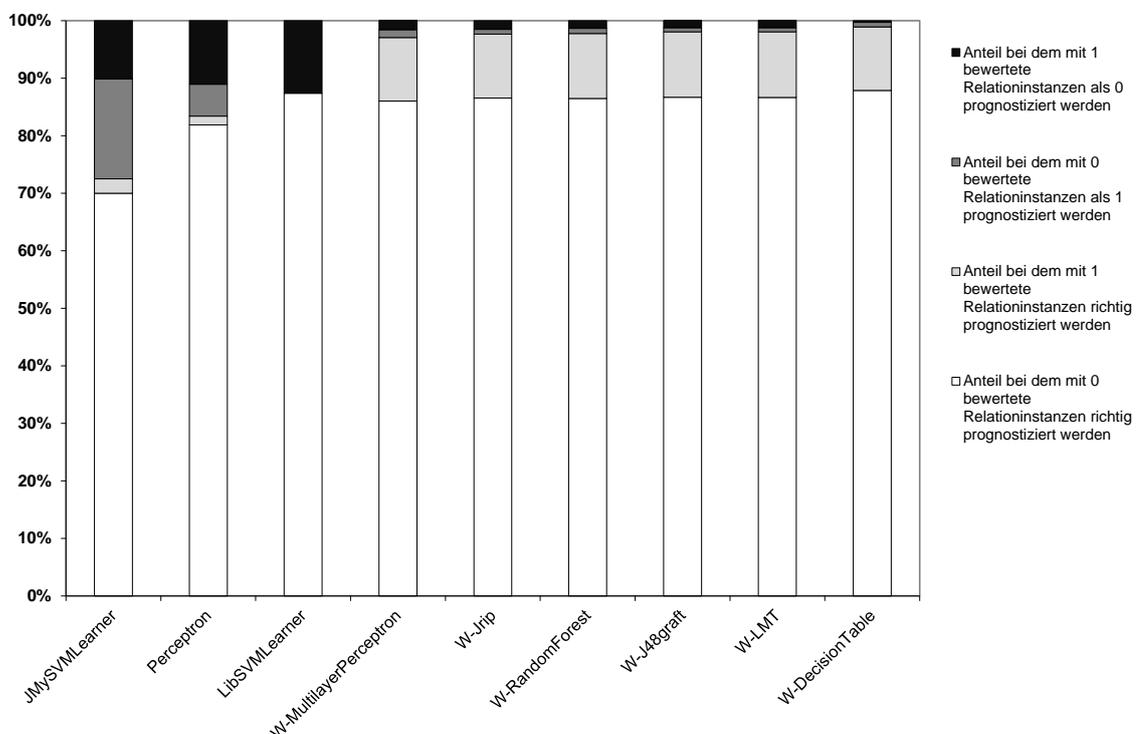


Bild 4.13: Korrektklassifikationsrate für die Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen (10-fache Kreuzvalidierung)

Die höchsten Korrektklassifikationsraten wurden durch die Algorithmen *W-DecisionTable* (Entscheidungstabelle, $k = 98,90\%$), *W-LMT* und *W-J48graft* (Entscheidungsbäume, $k = 98,06\%$) erreicht. Auch die drei darauf folgenden Algorithmen erzielen immerhin noch eine Korrektklassifikationsrate größer 97% . Das schlechteste Ergebnis ($k = 72,50\%$) wurde durch den SVM-Algorithmus *JMySVM-Learner* erzielt. Für die drei erstgenannten Algorithmen ist der Fallout f mit unter einem Prozent sehr gering. Um eine genauere Untersuchung der Algorithmeneffizienz durchzuführen, wurden die Recall- und Precision-Werte der Algorithmen mit einer Korrektklassifikationsrate größer 97% graphisch gegenübergestellt (vgl. Bild 4.14). In der Abbildung wird deutlich, dass der Algorithmus *W-DecisionTable* bei einer zu den anderen Algorithmen vergleichbaren Genauigkeit von ca. 93% eine deutlich höhere Trefferquote (ca. $97,5\%$) erzielt. Insbesondere für diesen Algorithmus kann festgehalten werden, dass alle Standardmaße (k , r , p und f) auf einem guten bis sehr guten Niveau liegen (vgl. Bild 9.126). Der Algorithmus ist somit in der Lage, Muster bzw. Regeln in dem Datenbestand zu erkennen und auf dieser Basis Relationinstanzen zwischen (neuen) Konzeptinstanzen in ausreichendem Maß richtig zu prognostizieren.

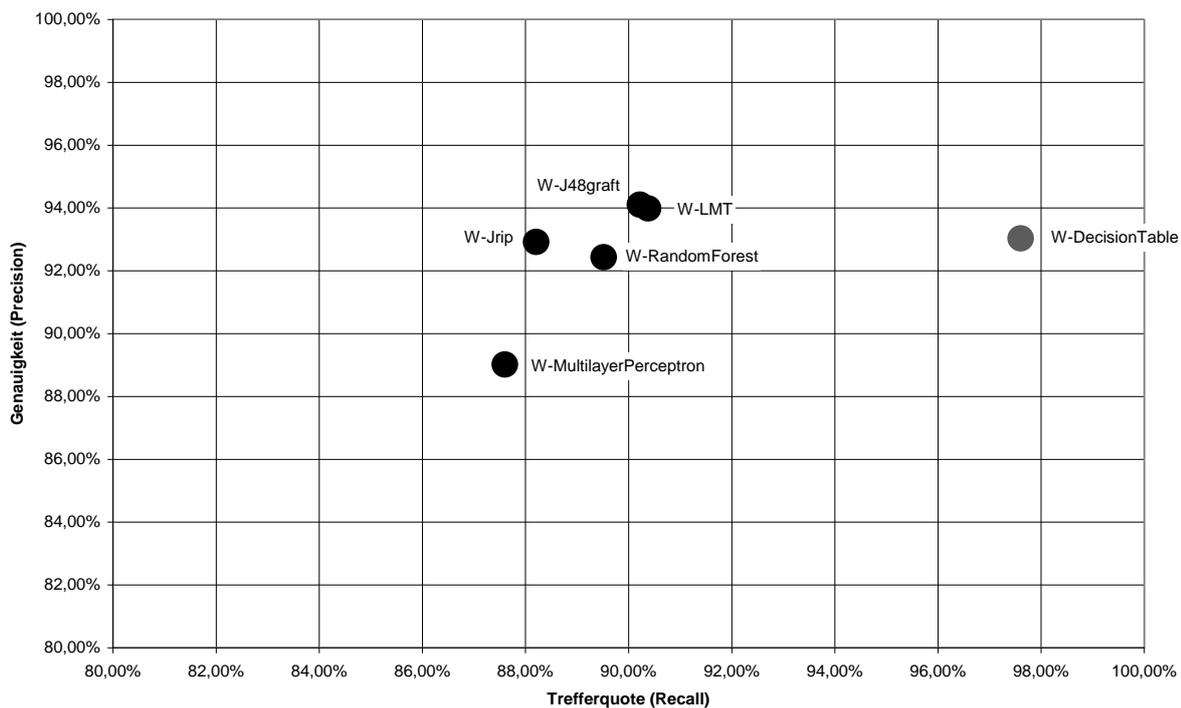


Bild 4.14: Recall-Precision-Chart für die Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen (10-fache Kreuzvalidierung)

Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen

Bei der Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen wird ebenfalls durch den Algorithmus *W-DecisionTable* eine maximale Korrektklassifikationsrate von 91,26 % erreicht. Wie in Bild 4.15 dargestellt, erreichen bis auf den Algorithmus *LibSVM-Learner* alle weiteren getesteten Algorithmen eine Korrektklassifikationsrate größer 88 % (vgl. auch Bild 9.127 im Anhang).

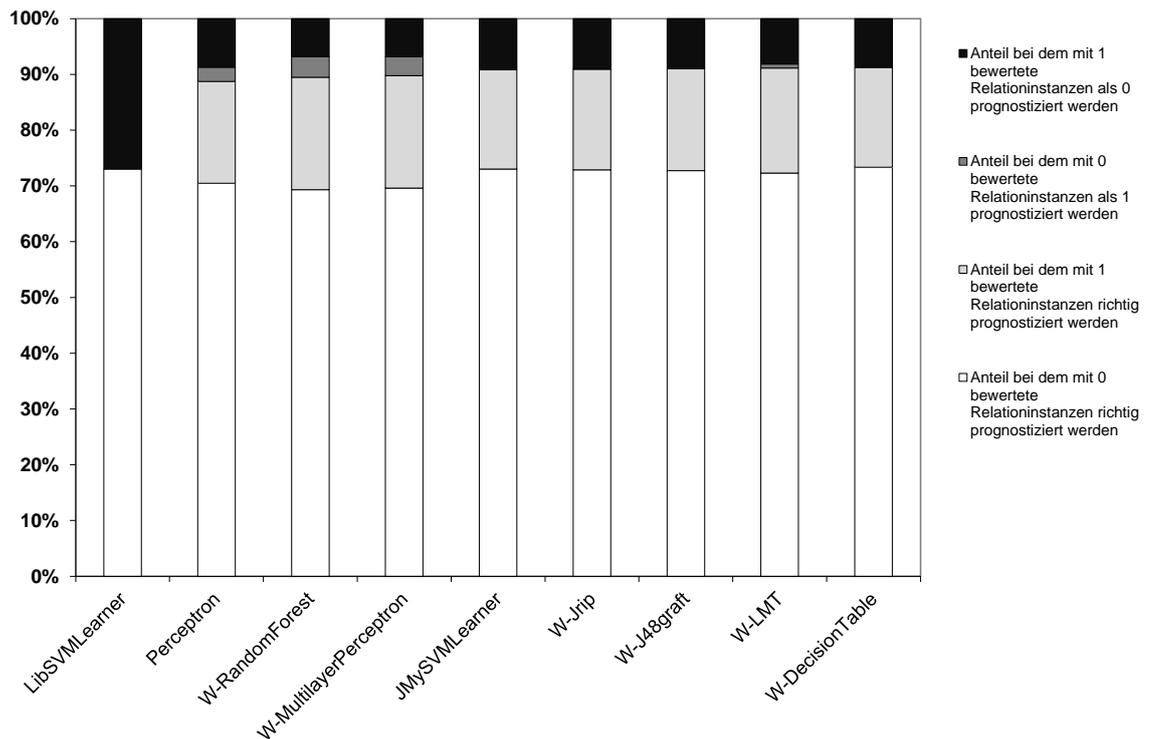


Bild 4.15: Korrektklassifikationsrate für die Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen (10-fache Kreuzvalidierung)

Da auch an dieser Stelle die alleinige Evaluation von k nicht aussagekräftig ist, werden in Bild 4.16 die Recall- und Precision-Werte in einem Diagramm gegenübergestellt. In der Darstellung wird deutlich, dass sich r und p für die betrachteten Algorithmen umgekehrt proportional verhalten. Insbesondere die Algorithmen *W-RandomForest* und *W-MultilayerPerceptron* erreichen mit ca. 75 % eine vergleichsweise hohe Trefferquote bei geringerer Genauigkeit (ca. 85 %). Dagegen erreichen bspw. die Algorithmen *W-DecisionTable* und *JMySVM-Learner* bei geringerer Trefferquote (ca. 67 %) eine maximale Genauigkeit von 100 % (Ausfallrate $f = 0$ %). Für die drei anderen Algorithmen mit hoher Genauigkeit (*W-Jrip*, *W-J48graft* und *W-LMT*) ist die Ausfallrate mit maximal einem Prozent ebenfalls sehr gering.

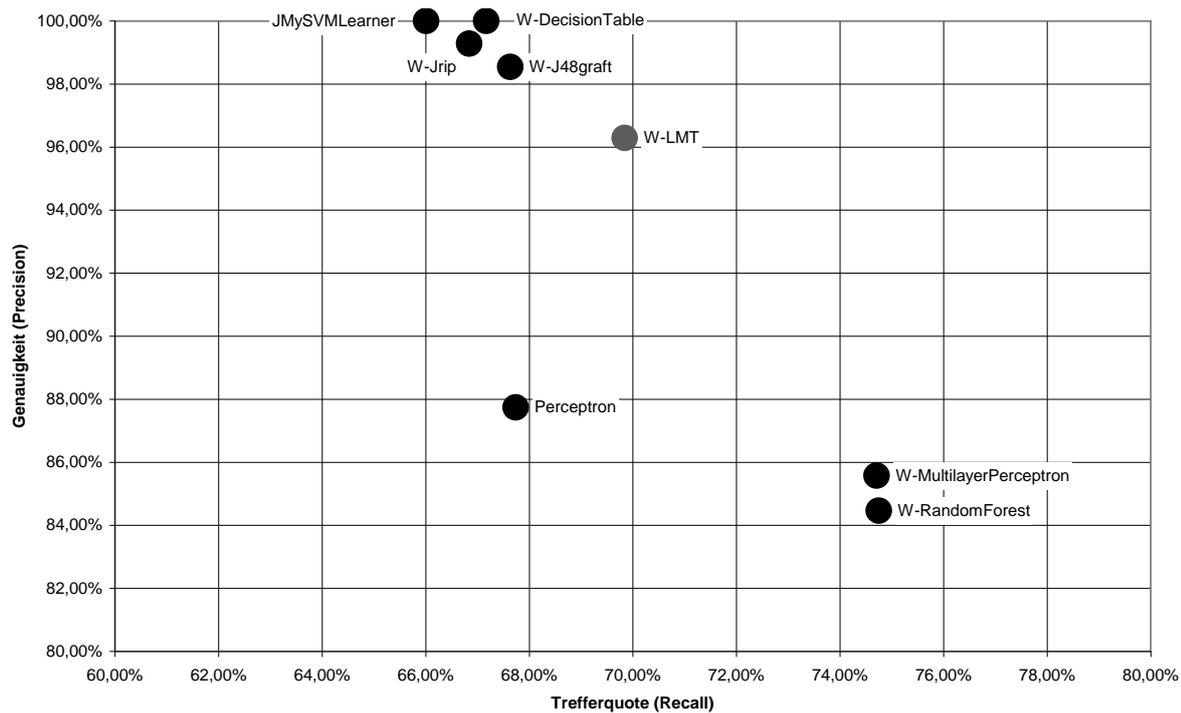


Bild 4.16: Recall-Precision-Chart für die Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen (10-fache Kreuzvalidierung)

Um eine Aussage zu treffen, welcher der Algorithmen am besten geeignet ist Relationinstanzen vorherzusagen, bietet sich die Ermittlung des Effektivitätsmaßes E an (vgl. [Rij79]). Das Effektivitätsmaß kombiniert Genauigkeit und Trefferquote mittels des gewichteten harmonischen Mittels und liegt zwischen 0 (beste Effektivität) und 1 (schlechteste Effektivität). Für einen Parameterwert von $\alpha = 0$ ist E äquivalent zur Trefferquote, für einen Parameterwert von $\alpha = 1$ äquivalent zur Genauigkeit.

$$E = 1 - \frac{1}{\alpha \left(\frac{1}{p} \right) + (1 - \alpha) \frac{1}{r}} \quad (4.9)$$

Bei der Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen ist sowohl eine hohe Trefferquote als auch eine hohe Genauigkeit erforderlich. Aus diesem Grund werden r und p gleich gewichtet ($\alpha = 0,5$). Damit ergibt sich entgegen der alleinigen Auswertung der Korrektklassifikationsrate ($k_{W-DecisionTable} = 91,26\% > k_{W-LMT} = 91,14\%$) die beste Effektivität für den Algorithmus $W-LMT$ ($E_{W-LMT} = 0,190 < E_{W-DecisionTable} = 0,196$).

Im Vergleich zu der Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen liegen die Standardmaße k , p und f für den Algorithmus $W-LMT$ auf einem ebenfalls guten bis sehr guten Niveau (vgl. Bild 9.127). Allerdings wird eine vergleichsweise schlechte Trefferquote erreicht. Dennoch ist der Algorithmus grund-

sätzliche in der Lage, Muster bzw. Regeln in dem Datenbestand zu erkennen und auf dieser Basis Relationinstanzen zwischen (neuen) Konzeptinstanzen in ausreichendem Maß richtig zu prognostizieren.

4.4.4 Beurteilung der Anforderungserfüllung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde gezeigt, dass durch den Einsatz von DM-Algorithmen Regeln erlernt werden können, die Relationinstanzen in einem ausreichenden Maß richtig prognostizieren. Potenzielle Anwender des Expertensystems sind damit in der Lage, unternehmensindividuelle Besonderheiten berücksichtigen zu können, bspw. indem die in der Wissensbasis verfügbaren Prozessmodelle angepasst werden. Der dafür notwendige Aufwand, z. B. zur Beschreibung einer neuen Prozessschrittinstanz anhand der oben hergeleiteten Merkmale, ist gering und erfordert seitens des Anwenders kein Produktionssystem-Wissen. Die in Kapitel 2.1 definierte Anforderung hinsichtlich einer ressourceneffizienten Realisierung des notwendigen Anpassungsbedarfs wird somit erfüllt ($A2.2 = 3$). Da die in der Wissensbasis enthaltenen Fakten einen hohen Branchenbezug aufweisen ($A2.1 = 3$, vgl. Kapitel 4.3.5), wird die Anforderung A2 insgesamt voll erfüllt ($A2 = 3$).

4.5 Fazit

Sowohl das im Einzelnen gewählte Vorgehen als auch ein wesentlicher Teil der in dem vorliegenden Kapitel vorgestellten Ergebnisse ist durch die Subjektivität des Autors beeinflusst. So sind bspw. auch andere, ggf. komplexere Ontologien denkbar, obwohl die gewählten Konzepte und Relationen auf Basis einer umfangreichen Literaturrecherche hergeleitet wurden. Ein ähnlicher Zusammenhang gilt für die gewählten Konzeptinstanzen. Insbesondere die definierten Relationinstanzen basieren auf Erfahrungswissen und der persönlichen Einschätzung von zwei Experten. Infolge der Vielzahl an Relationinstanzen unterliegen diese trotz des durchgeführten Abgleichs zusätzlich dem Risiko, Fehler zu beinhalten. Auch die Herleitung der Merkmale und Merkmalsausprägungen sowie die auf dieser Basis durchgeführte Beschreibung der Konzeptinstanzen ist subjektiv. Eine andere Wahrnehmung oder Interpretation des betrachteten Realitätsausschnitts würde zu einem abweichenden Ergebnis führen.

Ein Expertensystem basiert auf der subjektiven Erfahrung von Wenigen (Experten), bezieht aber auch gerade daraus seine Stärke, denn gerade diese Erfahrung und dieses Wissen soll „Laien“ verfügbar gemacht werden [Boe07]. Die Problematik der Subjektivität, die auch für Expertensysteme in anderen Anwendungsbereichen gilt, lässt sich somit auch bei Berücksichtigung mehrerer Wissensquellen (Experten) kaum vermeiden (vgl. z. B. [Bei08], [Wol03]).

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingung konnte dennoch gezeigt werden, dass die Formalisierung von Produktionssystem-Wissen auf Basis der vorgestellten Ergebnisse möglich ist. Die gewählte Ontologie, die identifizierten Konzept- und Relationinstanzen sowie die entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen stellen eine mögliche und zugleich sinnvolle Abbildung des betrachteten Problembe-

reichs dar. Darauf aufbauend konnte gezeigt werden, dass DM-Algorithmen in der Lage sind, Muster und damit Regeln hinsichtlich der Verknüpfung von Konzeptinstanzen in einem ausreichenden Umfang zu erlernen und somit Relationinstanzen zwischen neuen oder veränderten Konzeptinstanzen zu prognostizieren. Damit kann ein praxisgerechtes Expertensystem realisiert werden, das die in Kapitel 2.1 definierten Anforderungen hinsichtlich der Abbildung und Vernetzung von Produktionssystem- und Kontext-Informationen bei gleichzeitig geringem Individualisierungsaufwand erfüllt.

5 Softwaretechnische Umsetzung

Um den Anwendern der Branche Werkzeug- und Formenbau Produktionssystem-Wissen praxisgerecht verfügbar zu machen, wurden die vorgestellten Ergebnisse in einem Software-Demonstrator umgesetzt (vgl. Teilziel 4). Nach einer kurzen Diskussion ausgewählter Anforderungen und der Architektur des Software-Demonstrators, wird in dem vorliegenden Kapitel ausführlich auf die Aufgaben und die Anwendung des entwickelten Expertensystems eingegangen. Für eine bessere Verständlichkeit wird im Kontext dieses und des nachfolgenden Kapitels 6 lediglich von Zielen, Prozessschritten, Methoden und Relationen ohne den Zusatz „Instanzen“ gesprochen.

5.1 Anforderungen an eine Softwareunterstützung

Für die systematische Umsetzung des Expertensystems in einem Software-Demonstrator ist die Definition von Anforderungen erforderlich. Aus diesem Grund wurde auf Basis der vorangegangenen Ausführungen und in Zusammenarbeit mit den Praxisanwendern ein Lastenheft erstellt, das funktionale Anforderungen, z. B. Leistungsumfang der Anwendung, nicht-funktionale Anforderungen, z. B. Aussehen, Handhabung oder Benutzbarkeit, und technische Anforderungen, z. B. Programmiersprache, dokumentiert und priorisiert. Auf eine vollständige Auflistung der insgesamt über 100 Anforderungen wird an dieser Stelle verzichtet. Allerdings stellt Tabelle 5.1 ausgewählte Beispiele aus den genannten Bereichen dar.

Tabelle 5.1: Ausgewählte Anforderungen an die Softwareunterstützung

ID	Anforderung
funktionale Anforderungen	
B304	Graphiken sollen sich mit der Maus verschieben lassen (Drag & Drop).
C202	Prozessschritte sollen angelegt, bearbeitet, gelöscht werden können.
nicht-funktionale Anforderungen	
G105	Das System soll modular entwickelt werden.
G301	Prozessmodelle werden in der Organisationsprozessdarstellung modelliert.
technische Anforderungen	
H101	Das System wird in Java/ Java-EE entwickelt.
H105	Es wird eine Client-Server-Architektur aufgebaut.

Bspw. stellt die Anforderung C202, dass Prozessschritte angelegt, bearbeitet und gelöscht werden können, eine funktionale Anforderung dar, die ebenfalls für die den Unternehmenskontext beschreibenden Ziele gilt. Dadurch soll das durch den Software-Demonstrator abgebildete Produktionssystem firmenspezifisch angepasst und

ausgestaltet werden können. Die Forderung G301 nach einer der Organisationsprozessdarstellung (vgl. [Bin04]) entsprechenden Prozessmodellierung kann als Beispiel für eine nicht-funktionale Anforderung aufgeführt werden. Die Darstellungsform ist intuitiv verständlich und soll dem Anwender eine einfache Anwendbarkeit des Expertensystems ermöglichen. Die Implementierung in Form einer Client-Server-Architektur entspricht einer technischen Anforderung. Die Gründe für diese Anforderung werden in dem nachfolgenden Kapitel erläutert.

5.2 Architektur, verwendete Technologien und Systemvoraussetzungen

Entsprechend der o. g. Anforderung wurde das Expertensystem in Form einer Client-Server-Architektur realisiert (vgl. Bild 5.1). Dabei befindet sich das Programm (Dienst) auf dem Server, die Datenhaltung erfolgt ebenfalls dort. Über die Benutzerechner (Clients) erfolgt die Bedienung des Programms, d. h. die Eingabe der Anfragen und die Ausgabe der Daten, die Kommunikation verläuft dabei gemäß vorgegebener Protokolle. Im einfachsten Fall kann der Server auf demselben Gerät laufen wie der Client. Client und Server können sich aber auch auf verschiedenen Geräten befinden und mittels Netzwerk oder über andere Kommunikationskanäle verbunden sein. Die verteilte Architektur soll insbesondere den parallelen Zugang unterschiedlicher Mitarbeiter und damit eine großflächige Verteilung und Nutzung des bereitgestellten Produktionssystem-Wissens im Unternehmen sicherstellen.

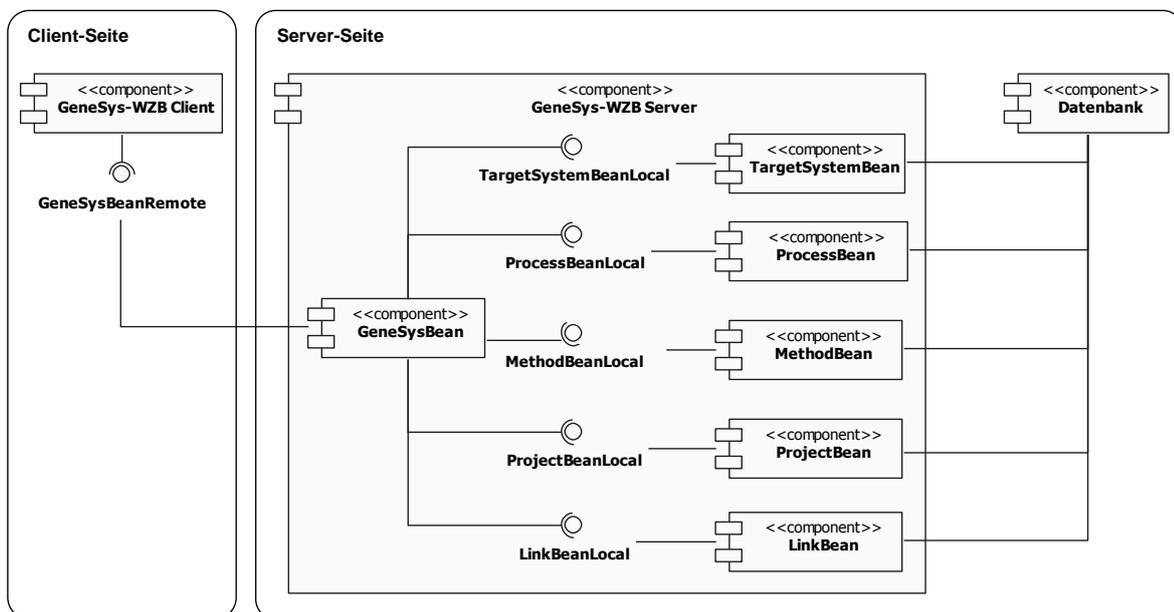


Bild 5.1: Client-Server-Architektur des Software-Demonstrators

Der Client wurde in *Java 6.0* entwickelt. Für die Visualisierung und Verarbeitung bspw. der Prozessmodelle wurde das *Batik Framework* der Apache Software Foundation in der Version 1.7 verwendet. Das Framework bietet, neben der Darstellung von Vektorgraphiken (Scalable Vector Graphics, SVG), umfangreiche Funktionalitäten zur Manipulation von SVG-Dokumenten zur Laufzeit und zum Konvertieren der

SVG-Dokumente in andere Dateiformate. Weitere benutzte Frameworks sind *BalloonTip* in der Version vom 14.11.2008 zum Anzeigen von Tooltip Meldungen sowie *Jasperreports* in der Version 3.5.0 zum Generieren von Portable Document Format (PDF) Dokumenten. Für die Modellierung sowohl der Prozessmodelle als auch der Zielsysteme wird *Microsoft Visio 2007* verwendet. Aus diesem Grund ist ein Teil des Programmcodes in Form von *Visual Basic 6.0* Makros implementiert.

Für die Realisierung des Servers wurde der *JBoss Application Server 4.2.3 GA* eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine Implementierung der *Java Enterprise Edition 5.0* Spezifikation. Die auf der Server-Seite vorhandene Datenbank wurde mittels des *MySQL 5.1* Datenbankmanagementsystems realisiert. Weiterhin wurde das *Hibernate* Framework verwendet, um eine objektrelationale Abbildung (Speichern/ Aufrufen von Objekten in/ aus relationalen Datenbanken) zu realisieren. Darüber hinaus bietet das Framework Mechanismen, um auf Datenbanken zugreifen zu können, ohne diese Zugriffe explizit in der Datenbanksprache (z. B. Structured Query Language, SQL) programmieren zu müssen. Damit bleibt die Applikation selbst von der gewählten Datenbank unabhängig.

Weiterhin wurden die beiden oben beschriebenen Algorithmen W-DecisionTable und W-LMT serverseitig eingebunden. Rapid Miner stellt dafür eine Funktion zur Verfügung, die den Export eines trainierten Algorithmus ermöglicht. Ein trainierter Algorithmus wird in Rapid Miner als Modell bezeichnet und z. B. in Form einer binär codierten Datei (*.mod) ausgegeben. Diese Modell-Datei kann durch den Server aufgerufen werden und erwartet eine zu dem oben beschriebenen Datensatz (vgl. Kapitel 4.4.2) vergleichbare Eingabe, allerdings ohne die Angabe, ob eine Verknüpfung vorliegt. Das Modell liefert eine Ausgabe in Form der Klassenzugehörigkeit, d. h. Relationinstanz ist TRUE oder FALSE, zurück, die durch den Server weiterverarbeitet werden kann. Die Modell-Datei macht somit die Extraktion der Regeln aus der Entscheidungstabelle (W-DecisionTable) und dem Entscheidungsbaum (W-LMT) und damit die Implementierung eines Regelinterpreters überflüssig.

Die Mindest-Systemvoraussetzungen zur Installation des Expertensystems sind:

- *MS Windows 2000/ XP/ Vista*
- 1024 Megabyte Arbeitsspeicher
- ca. 3 Gigabyte freier Festplattenspeicher für alle Applikationen (s. u.)

Um den Software-Demonstrator installieren und in vollem Umfang ausführen zu können, sind die *Java Runtime Environment* (ab Version 1.6), *Windows Installer 3.1 Redistributable (v2)*, *Microsoft Core XML Services (MSXML) 6.0* sowie *Microsoft Visio 2007* erforderlich.

5.3 Aufgaben und Anwendung der Software

Die Aufgabe des Software-Demonstrators besteht zum einen darin, dem Anwender die Möglichkeit zu bieten, den individuellen Unternehmenskontext zu modellieren.

Zum anderen soll die Software den Anwender bei der systematischen, auf den Unternehmenkontext zugeschnittenen Methodenauswahl und -umsetzung unterstützen. Dafür werden vier Module (Zielsystem-, Prozess-, Methoden- und Projektmanagement-Modul) bereitgestellt, die nach einer kurzen Erklärung der Bedienoberfläche beschrieben werden. Für eine ausführliche Installations- und Anwendungsbeschreibung wird auf [UI110] verwiesen.

5.3.1 Bedienoberfläche

Die Bedienoberfläche des Software-Demonstrators ist in fünf Bereiche eingeteilt, die sich in allen Modulen wiederfinden:

- **Menüleiste:** Auswahl der unterschiedlichen Software-Module.
- **Toolbar:** in Abhängigkeit von dem jeweiligen Modul stehen häufig verwendete Befehle zur Verfügung.
- **Auswahlbereich:** in Abhängigkeit von dem jeweiligen Modul können bspw. einzelne Ziele (Zielsystem-Modul), Prozessschritte (Prozess-Modul) oder Methoden (Methoden-Modul) ausgewählt werden.
- **Anzeigebereich:** graphische Darstellung der Ziele (Zielsystem-Modul) oder Prozessschritte (Prozess-Modul) sowie die Eingabe und Darstellung von Informationen zu einer Methode (Methoden-Modul) oder einem Projekt (Projektmanagement-Modul).
- **Statusleiste:** Anzeige aktueller Informationen, z. B. Status der Verbindung zwischen Client und Server.

Bild 5.2 zeigt die Bedienoberfläche im Zielsystem-Modul.

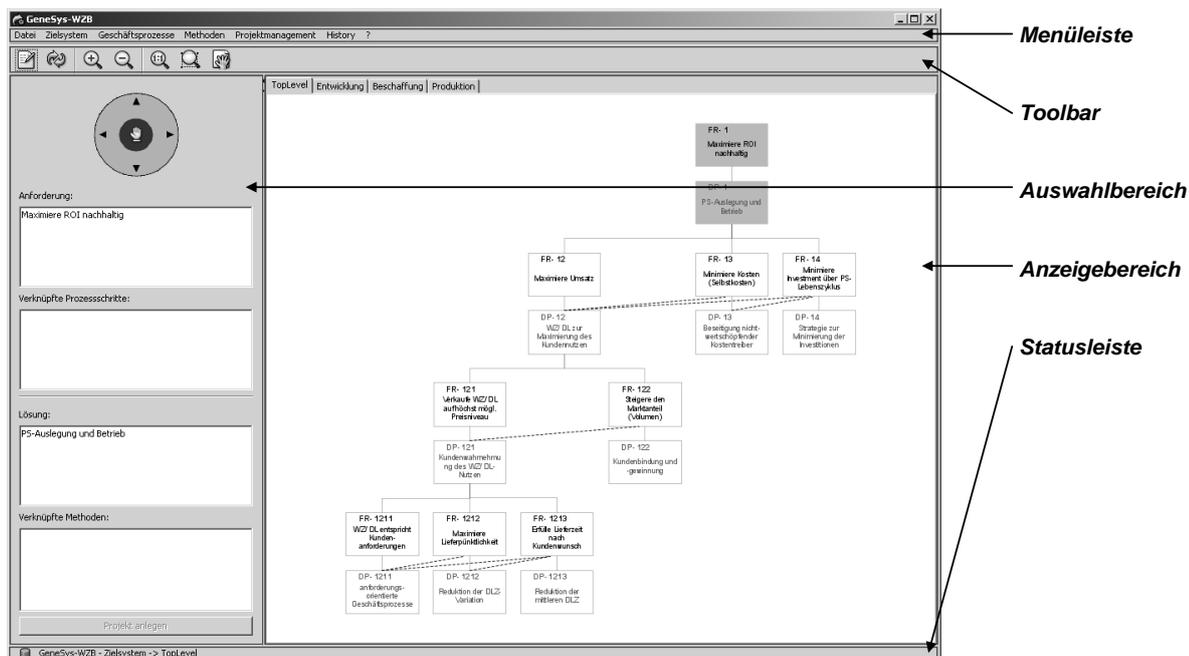


Bild 5.2: Bedienoberfläche in dem Zielsystem-Modul

5.3.2 Zielsystem-Modul

Das Modul unterstützt die Visualisierung, Bearbeitung und Verwaltung von Unternehmenszielen sowie die Methodenauswahl aus strategischer Sicht. Das Zielsystem-Modul dient somit vorrangig der Unternehmensführung, um ausgehend von einem unternehmerischen Ziel eine geeignete Methode zur Zielerreichung auszuwählen.

Wie in Kapitel 4.3.1 aufgezeigt wurde, stehen die entwickelten Zielinstanzen in einer hierarchischen Beziehung zueinander. Ausgehend von einem Wurzelknoten werden die Zielgrößen, z. B. Qualität, Termintreue oder Durchlaufzeit, adressiert. Um zwischen den im Detail teilweise sehr unterschiedlichen Zielen einzelner Unternehmensbereiche zu differenzieren, erfolgt eine weitere Detaillierung der Zielgrößen in Abhängigkeit von der unternehmerischen Perspektiven *Entwicklung*, *Logistik* und *Produktion*. Der perspektiven-neutrale Bereich wird als Top-Level bezeichnet. Sowohl das Top-Level als auch die beschriebenen Perspektiven werden in dem Software-Demonstrator und damit in den nachfolgenden Abschnitten als Zielsysteme bezeichnet.

Über die Menüleiste kann ein spezifisches Zielsystem ausgewählt werden, das daraufhin im Anzeigebereich als SVG-Graphik visualisiert wird (vgl. Bild 5.2). Um den dargestellten Graphikausschnitt anzupassen, stehen verschiedene Funktionen, z. B. „Zoom In“ oder „Zoom Out“, zur Verfügung. Über das im Auswahlbereich verfügbare Navigationselement (siehe kreisförmiges Element in der in Bild 5.2 dargestellten Maske) kann der Anwender schrittweise durch die Ziele navigieren oder ein im Anzeigebereich dargestelltes Ziel direkt auswählen. Für jedes markierte Ziel werden im Auswahlbereich die verknüpften Prozessschritte und Methoden angezeigt. Bei einem Doppelklick auf einen Prozessschritt oder eine Methode wechselt die Ansicht in das jeweilige Modul.

Für eine firmenspezifische Ausgestaltung des Produktionssystems kann eine Anpassung der im Initialzustand des Demonstrators vorhandenen Ziele notwendig sein. Dafür wird das entsprechende Zielsystem in Microsoft Visio geöffnet. Um bspw. eine neue Zielinstanz hinzuzufügen, kann der Anwender aus dem Bereich Shapes eine entsprechende Vorlage auswählen und auf die Zeichenfläche ziehen (vgl. Bild 5.3). Dabei wird der Anwender zur Eingabe der das Ziel beschreibenden Informationen aufgefordert. Dazu gehören u. a. eine eindeutige Identifikation (FR-XX, DP-XX), ein die Anforderung und Lösung beschreibender Text sowie die Beschreibung anhand der in Kapitel 4.4.1 vorgestellten Merkmale. Für einige Merkmale wie bspw. die entsprechende Perspektive ist keine Eingabe durch den Anwender notwendig, da diese automatisch ermittelt werden. Weiterhin können vorhandene Ziele bearbeitet oder auch gelöscht werden.

Um die vorgenommenen Änderungen in die Datenbank des Software-Demonstrators zu übernehmen, steht in Microsoft Visio eine Update-Funktion zur Verfügung. Die Funktion prüft, welche Ziele verändert, hinzugefügt oder gelöscht wurden. Diese werden auf Basis der sie beschreibenden Merkmale und unter Verwendung der in

Kapitel 4.4.3 beschriebenen DM-Algorithmen W-DecisionTable und W-LMT mit den in der Datenbank vorhandenen Prozessschritten und Methoden verknüpft bzw. aus der Datenbasis entfernt.

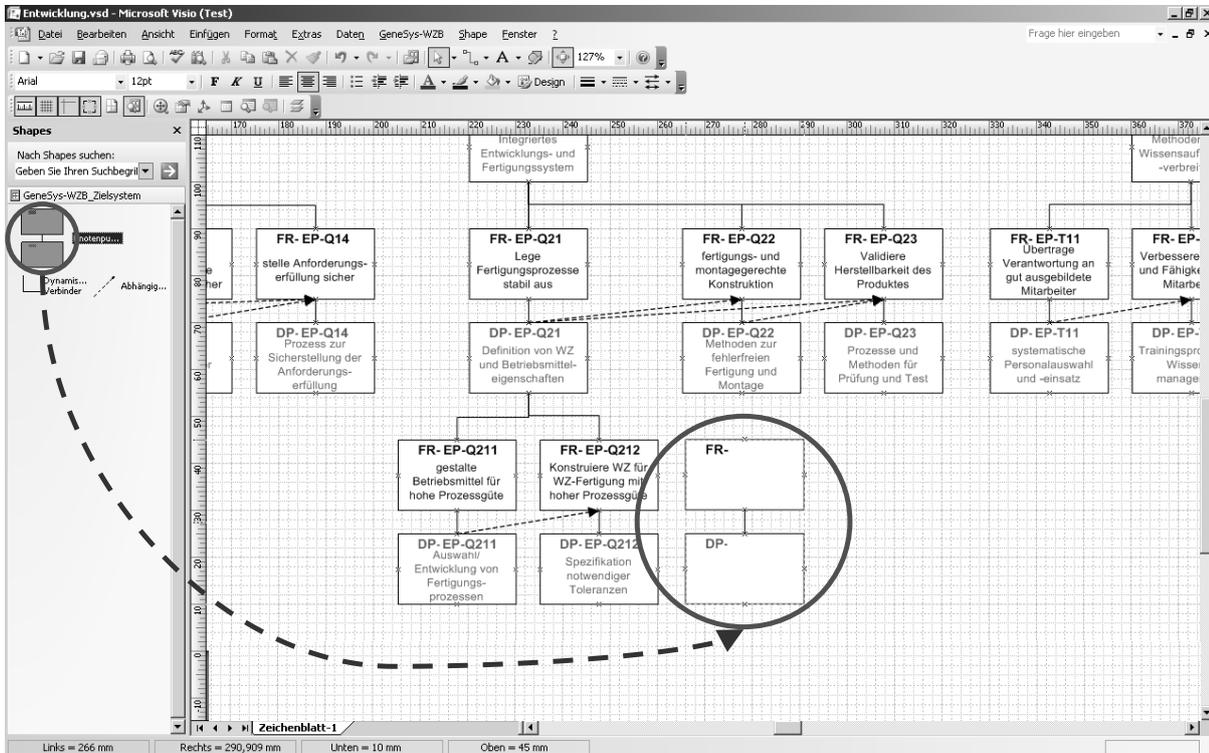


Bild 5.3: Zielsystem in Microsoft Visio bearbeiten

5.3.3 Prozess-Modul

Das Modul unterstützt die Visualisierung, Bearbeitung und Verwaltung von Unternehmensprozessen sowie die Methodenauswahl aus operativer Sicht. Das Prozess-Modul dient somit vorrangig Mitarbeitern, um bspw. für den durch sie verantworteten Prozessschritt geeignete Verbesserungspotenziale und Methoden zu identifizieren.

Die sechs Prozessmodelle *Angebotserstellung*, *Entwicklung und Konstruktion*, *Beschaffung*, *Wareneingang*, *Produktion* und *Qualitätssicherung* (vgl. Kapitel 4.3.2) bestehen aus unterschiedlichen Objekttypen (vgl. dazu [Bin04]). Im Auswahlbereich der Bedienoberfläche werden allerdings nur die zwei Objekttypen *Aktivität* und *Entscheidung*, beide entsprechen dem Konzept Prozessschritt, angezeigt, da lediglich diese potenziell mit Zielen verknüpft sind.

Über die Menüleiste kann ein spezifisches Prozessmodell ausgewählt werden, das daraufhin im Anzeigebereich als SVG-Graphik visualisiert wird (vgl. Bild 5.4). Wählt der Anwender einen im Anzeigebereich dargestellten Prozessschritt aus, werden im Auswahlbereich die verknüpften Ziele und Methoden angezeigt. Bei einem Doppelklick auf ein Ziel oder eine Methode wechselt die Ansicht in das jeweilige Modul.

Vergleichbar zu dem im vorangegangenen Kapitel 5.3.2 beschriebenen Vorgehen zur Anpassung der vorhandenen Ziele, kann ein Prozessmodell in Microsoft Visio

geöffnet und bspw. ein neuer Prozessschritt hinzugefügt werden. Dabei wird der Anwender ebenfalls zur Eingabe der den Prozessschritt beschreibenden Informationen aufgefordert. Dazu gehört u. a. ein charakteristischer Text sowie die Beschreibung anhand der in Kapitel 4.4.1 vorgestellten Merkmale. Für ausgewählte Merkmale, z. B. die einen Prozessschritt ausführende Organisationseinheit, ist auch an dieser Stelle keine Eingabe notwendig, da diese automatisch ermittelt werden. Weiterhin können vorhandene Prozessschritte bearbeitet oder auch gelöscht werden.

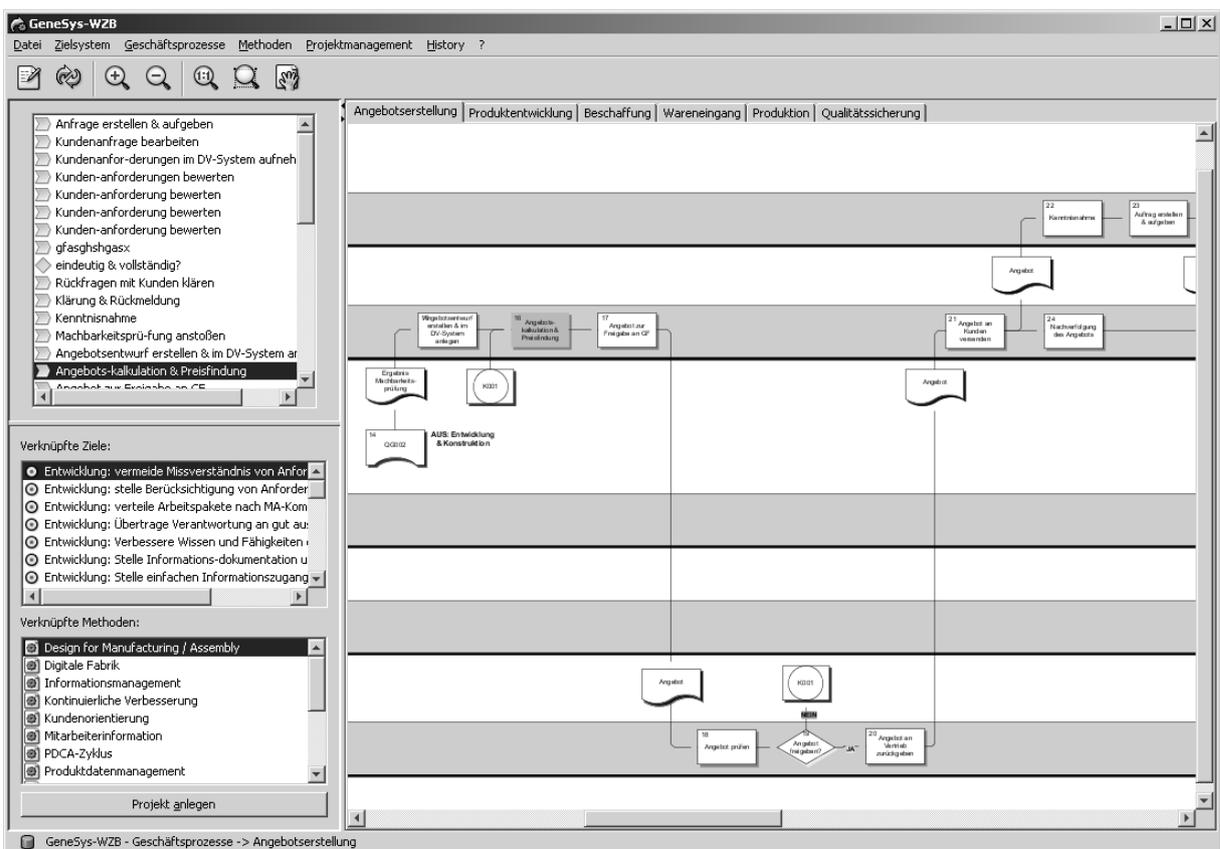


Bild 5.4: Darstellung des Prozessmodells Angebotserstellung im Prozess-Modul

Mittels der oben beschriebenen Update-Funktion wird überprüft, welche Prozessschritte verändert, hinzugefügt oder gelöscht wurden. Diese werden auf Basis der sie beschreibenden Merkmale und unter Verwendung des in Kapitel 4.4.3 beschriebenen DM-Algorithmus W-DecisionTable mit den in der Datenbank vorhandenen Zielen verknüpft bzw. aus der Datenbasis entfernt.

5.3.4 Methoden-Modul

Das Modul unterstützt die Visualisierung, Bearbeitung und Verwaltung von Methoden. Weiterhin kann eine direkte Methodenauswahl vorgenommen werden. Entsprechend der in Kapitel 4.3.3 beschriebenen Ergebnisse werden die zu einem Methodenblatt gehörenden Felder im Anzeigebereich des Methoden-Moduls angezeigt.

Außerdem erfolgt für jede Methode die Darstellung der in Kapitel 4.4.1 vorgestellten Merkmale.

Über die Menüleiste können die in der Wissensbasis enthaltenen Methoden aufgerufen werden. In dem Auswahlbereich wird daraufhin eine Liste der vorhandenen Methoden angezeigt. Wählt der Anwender eine Methode aus, wird im Anzeigebereich das entsprechende Methodenblatt dargestellt (vgl. Bild 5.5). Für die entsprechende Methode werden im Auswahlbereich die verknüpften Ziele und Prozessschritte aufgeführt. Bei einem Doppelklick auf ein Ziel oder einen Prozessschritt wechselt die Ansicht in das jeweilige Modul.

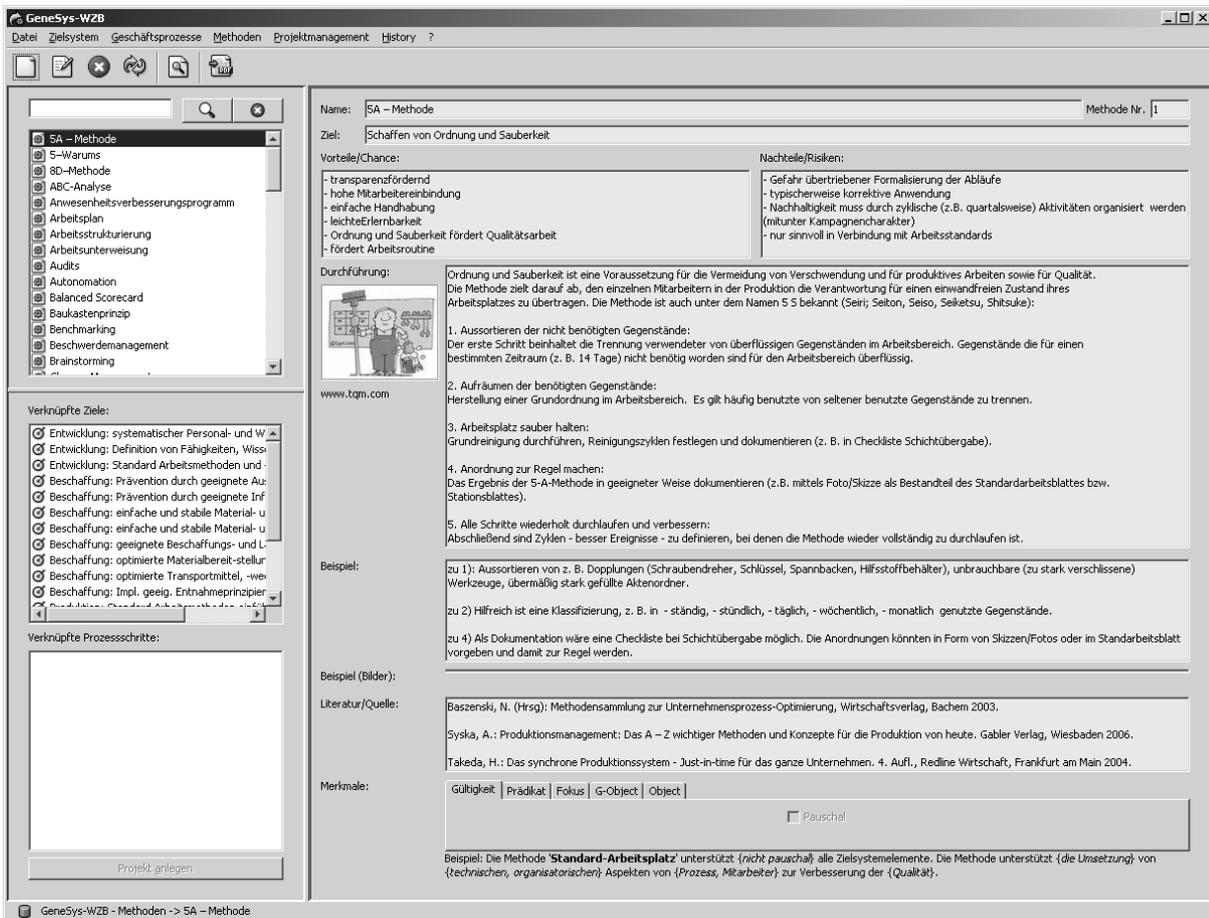


Bild 5.5: Darstellung der 5A-Methode im Methoden-Modul

Ausgewählte Methoden können weiterhin ausgedruckt werden, um damit bspw. vor Ort in der Produktion einen Arbeitsplatz nach der 5A-Methode zu gestalten. Der Software-Demonstrator stellt dafür eine Exportfunktion in ein PDF-Format bereit.

Das Hinzufügen neuer sowie das Bearbeiten und Löschen vorhandener Methoden erfolgt im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Modulen direkt im Client und nicht in Microsoft Visio. Entsprechend der gewählten Aktion wird der Anwender bspw. beim Anlegen einer neuen Methode aufgefordert, die jeweiligen Felder, z. B. *Methodenname*, *Ziel*, *Vor-/ Nachteile*, *Hinweise zur Durchführung*, *Beispiele* und

Beispielbilder, *Literaturverweise* oder *Merkmale*, zu befüllen. Vergleichbar zu der oben beschriebenen Update-Funktion wird anschließend durch die Software geprüft, welche Methoden verändert, hinzugefügt oder gelöscht wurden. Diese werden auf Basis der sie beschreibenden Merkmale und unter Verwendung des in Kapitel 4.4.3 beschriebenen DM-Algorithmus W-LMT mit den in der Datenbank vorhandenen Zielen verknüpft bzw. aus der Datenbasis entfernt.

5.3.5 Projektmanagement-Modul

Das Projektmanagement-Modul dient dazu, die Umsetzung einer ausgewählten Methode zu organisieren, zu kontrollieren und zu steuern. Ein Projekt beinhaltet folgende Felder, die im Anzeigebereich des Projektmanagement-Moduls angezeigt werden und z. B. beim Anlegen eines Projekts eingegeben werden müssen: *Projektname*, *Status*, *Mitarbeiter* und *Projektnotizbuch*. Im Auswahlbereich wird außerdem die für das Projekt spezifische Kombination aus Ziel, Prozessschritt und Methode angezeigt.

Im Initialzustand des Software-Demonstrators sind keine Projekte enthalten. Diese müssen durch den Anwender angelegt werden. Für eine spezifische Kombination aus Ziel, Prozessschritt und Methode kann jeweils nur ein Projekt angelegt werden. Ein Projekt wird aus den oben beschriebenen Modulen heraus erzeugt. Dafür muss durch den Anwender im Anzeige- und Auswahlbereich eine entsprechende Kombination aus Ziel-, Prozessschritt- und Methodeninstanz ausgewählt sein.

5.3.6 Weitere Funktionen

Neben den in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten inhaltlichen Funktionen bietet der Software-Demonstrator weitere Verwaltungsfunktionen. Bspw. können die für die Client-Server-Architektur notwendigen Einstellungen über die Menüleiste vorgenommen werden. Dabei kann der Anwender die IP-Adresse des Servers eingeben. Der Defaultwert ist „localhost“, d. h. Client und Server sind auf einem Rechner installiert. Weiterhin kann der Anwender eine Portnummer definieren. Der Defaultwert ist 1.099. Darüber hinaus können die aktuellen Feldwerte auf den jeweiligen Defaultwerte zurückgesetzt oder die vorgenommenen Änderungen gespeichert werden.

Um mittels der oben beschriebenen Funktionen vorgenommene Änderungen sichern und ggf. wiederherstellen zu können, bietet der Software-Demonstrator jeweils eine Funktion zum Ex- und Import des Datenbankinhalts. Die Daten werden dabei in Form einer ZIP-Datei gespeichert. Weiterhin bietet der Software-Demonstrator die Möglichkeit, alle vorgenommenen Änderungen zu verwerfen und die in der Datenbank vorhandenen Daten auf den Initialzustand des Expertensystems zurückzusetzen.

6 Anwendung und Evaluation

Die Evaluation eines wissensbasierten Systems, d. h. die Überprüfung ob das System korrekt funktioniert, ist methodisch schwierig [Ade97], [Boe07]. Eine Ursache dafür ist, dass bspw. eine exakte Systemspezifikation nicht immer existiert oder erst im Zuge der Entwicklung eines Expertensystems herausgearbeitet werden kann. Eine weitere Herausforderung ist, dass in Abhängigkeit des jeweiligen Einsatzgebiets nicht in jedem Fall eindeutig beurteilt werden kann, ob ein Ergebnis sowohl seitens des Systems als auch seitens eines menschlichen Experten korrekt ist [Kur92].

Für die Evaluation eines Expertensystems schlägt SPRECKELSEN [Spr09] die folgende Vorgehensweise vor:

- **Verifikation:** entsprechend der Leitfrage „Bauen wir das System richtig?“ wird insbesondere die Übereinstimmung mit definierten Spezifikationen geprüft.
- **Validierung:** entsprechend der Leitfrage „Bauen wir das richtige System?“ wird überprüft, ob eine Systemantwort im Vergleich zu einem Referenzwert angemessen ist.
- **Bewertung von Benutzerfaktoren:** die Überprüfung, ob die Anwender mit dem System gut arbeiten können, ist eng mit der Validierung verknüpft. Allerdings ist an dieser Stelle nicht das System, sondern die Interaktion zwischen System und Anwender Gegenstand der Untersuchung.
- **Beurteilung des Nutzens:** sollte der eigentliche Zweck einer Evaluation sein, ist aber, z. B. infolge einer mangelnden Separation von Ursachen und Wirkungen, im Alltag kaum methodisch verlässlich möglich.

Nach der Beschreibung des Praxiseinsatzes des Expertensystems wird in dem vorliegenden Kapitel entsprechend der beschriebenen Vorgehensweise vorgegangen, um das entwickelte Expertensystem zu evaluieren (vgl. Teilziel 4). Dabei bildet die Beurteilung der Benutzerfaktoren einen Schwerpunkt. Auf die Validierung der Wissensbasis wird lediglich kurz eingegangen, da diese bereits in Kapitel 4.4.3 vorgenommen wurde.

6.1 Praxiseinsatz des Expertensystems

Das Expertensystem wurde durch drei Werkzeug- und Formenbauunternehmen (Praxisanwender A, B und C) im Rahmen eines Praxiseinsatzes hinsichtlich Funktionalität und Einsatztauglichkeit getestet. Die bereits an der Entwicklung der Wissensbasis beteiligten Unternehmen (vgl. Kapitel 4.3) entsprechen mit ca. 50, 75 und 105 Mitarbeitern oder den in Einzelfertigung hergestellten Produkten den in Kapitel 1.3 beschriebenen Charakteristika der Branche. Zwei der drei Unternehmen stellen Formen für Spritzgussteile her, ein Unternehmen ist Anbieter von Werkzeugen für die Blechumformung.

Für den Praxiseinsatz wurde das Expertensystem bei den Unternehmen installiert und eine eintägige Schulungsmaßnahme für mindestens einen Mitarbeiter pro Unternehmen durchgeführt. Die Schulungsmaßnahme umfasste neben der Erläuterung des theoretischen Hintergrunds eine Einführung in die Bedienoberfläche des Expertensystems sowie die Durchführung strukturierter Trainingsaufgaben, z. B. zur Modellierung der Unternehmensprozesse oder zur Navigation durch ein Zielsystem. Weiterhin wurde für die unternehmensspezifische Ausgestaltung des Produktionssystems eine entsprechende Anpassung der Wissensbasis in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Praxisanwendern vorgenommen. Dabei wurde insbesondere das in der Wissensbasis bereitgestellte Referenzprozessmodell (vgl. Kapitel 4.3.2) an den jeweils gegebenen Unternehmenskontext adaptiert.

Im Gegensatz zu anderer betrieblicher Software, wie bspw. Computer Aided Design (CAD) oder Enterprise Resource Planning (ERP) Anwendungen, sind die Kernaufgaben des entwickelten Expertensystems nicht für die tägliche Arbeit in einem Werkzeug- und Formenbauunternehmen relevant. In der Regel erfolgt die Modellierung des individuellen Unternehmenskontexts einmalig bei der Einführung des Expertensystems oder bei nachhaltigen Veränderungen bspw. der Zielstellungen oder der Prozesse des Unternehmens. Letzteres ist allerdings nicht häufiger als im Abstand mehrerer Monate oder sogar Jahre zu erwarten. Auch die systematische, auf den Unternehmenskontext zugeschnittene Methodenauswahl und -umsetzung wird aufgrund der in der Regel geringen verfügbaren Ressourcen in größeren zeitlichen Abständen erfolgen. In Abhängigkeit des für die Umsetzung einer Methode notwendigen Aufwands und der Anzahl der beteiligten Mitarbeiter ist eine Nutzungsfrequenz von nicht mehr als einer Anwendung pro Quartal anzunehmen.

Vor diesem Hintergrund wurden die Praxisanwender aufgefordert, die in den Schulungsunterlagen enthaltenen Trainingsaufgaben zur Methodenauswahl aus strategischer und operativer Sicht während des Praxiseinsatzes systematisch zu wiederholen, auch wenn zu diesem Zeitpunkt keine Umsetzung der ausgewählten Methoden vorgenommen werden konnte. Dadurch sollte für die in den Kapiteln 6.2 und 6.4 durchgeführten Befragungen zur Verifikation und Anwendbarkeit des Software-Demonstrators eine vergleichbare Erfahrung der Praxisanwender im Umgang mit dem Expertensystem sichergestellt werden. Die Ergebnisse wurden durch die Praxisanwender dokumentiert. Nachfolgend wird daraus jeweils ein Beispiel zur unternehmensspezifischen Anpassung der Wissensbasis, zur Methodenauswahl aus strategischer Sicht und zur Methodenauswahl aus operativer Sicht beschrieben.

Unternehmensspezifische Anpassung der Wissensbasis

Im Initialzustand des Expertensystems umfasst das Prozessmodell *Qualitätssicherung* u. a. die Prozessschritte *Kontrollschein an Einkauf weiterleiten (6)* und *Weiterbehandlungsmaßnahmen festlegen (7)* (vgl. Bild 4.6). Bei dem Praxisanwender A existiert ein zusätzlicher, vorgelagerter Prozessschritt zur Dokumentation spezifischer Prüfinformationen in einem EDV-System. Um diesen unternehmensspezifi-

schen Prozessschritt zu berücksichtigen, wurde das Prozessmodell gemeinsam mit dem Praxisanwender A nach dem in Bild 6.1 beschriebenen Ablauf geändert.

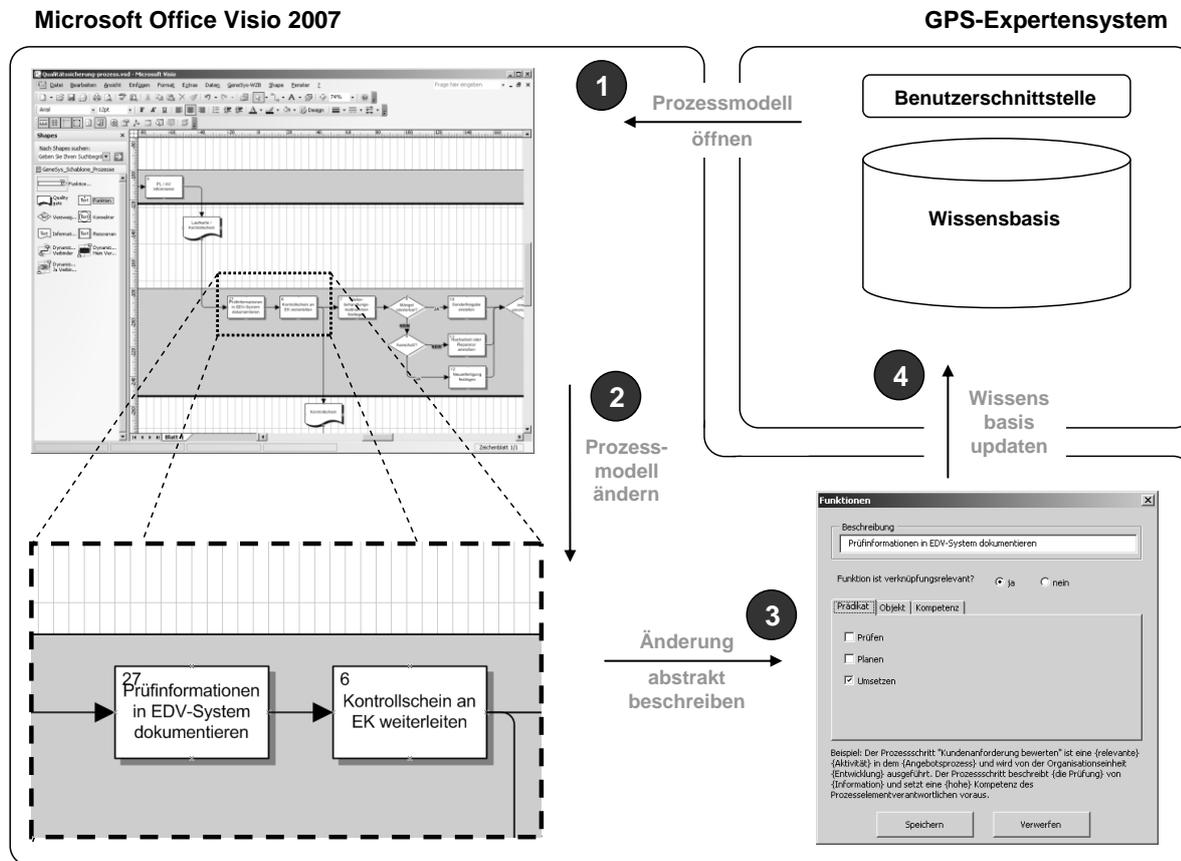


Bild 6.1: Unternehmensspezifische Anpassungen der Wissensbasis

Zunächst wurde das Prozessmodell aus dem Expertensystem heraus in Microsoft Office Visio 2007 geöffnet (Schritt 1). Im Anschluss wurde der entsprechende Prozessschritt in das Prozessmodell eingefügt (Schritt 2) und über den in Bild 6.1 dargestellten Eingabedialog anhand der in Kapitel 4.4.1 hergeleiteten Merkmale und Merkmalsausprägungen beschrieben (Schritt 3). Abschließend wurde die Wissensbasis aktualisiert und in diesem Zusammenhang Relationen zu den in der Wissensbasis vorhandenen Zielen mittels des trainierten DM-Algorithmus (W-DecisionTable, vgl. Kapitel 4.4.3) regelbasiert hergestellt (Schritt 4).

Bild 6.2 zeigt das in dem Expertensystem aktualisierte Prozessmodell. Der neue Prozessschritt *Prüfinformationen in EDV-System dokumentieren* (27) wurde durch den DM-Algorithmus mit 18 (von 147, vgl. Kapitel 4.3.1) potenziell relevanten Zielen verknüpft, darunter z. B. die Ziele *Stelle konsistente/ korrekte Aufgabenausführung sicher* oder *Stelle Verfügbarkeit der Mitarbeiter sicher*. Alle von dem DM-Algorithmus hergestellten Relationen sind sinnvoll, auch wenn bspw. bei dem Ziel *Minimiere unnötige Bewegungen der Mitarbeiter zwischen den Stationen* eine gewissen Abstraktion von dem Anwender verlangt wird, um den betrachteten EDV-Arbeitsplatz als Arbeitsstation zu begreifen.

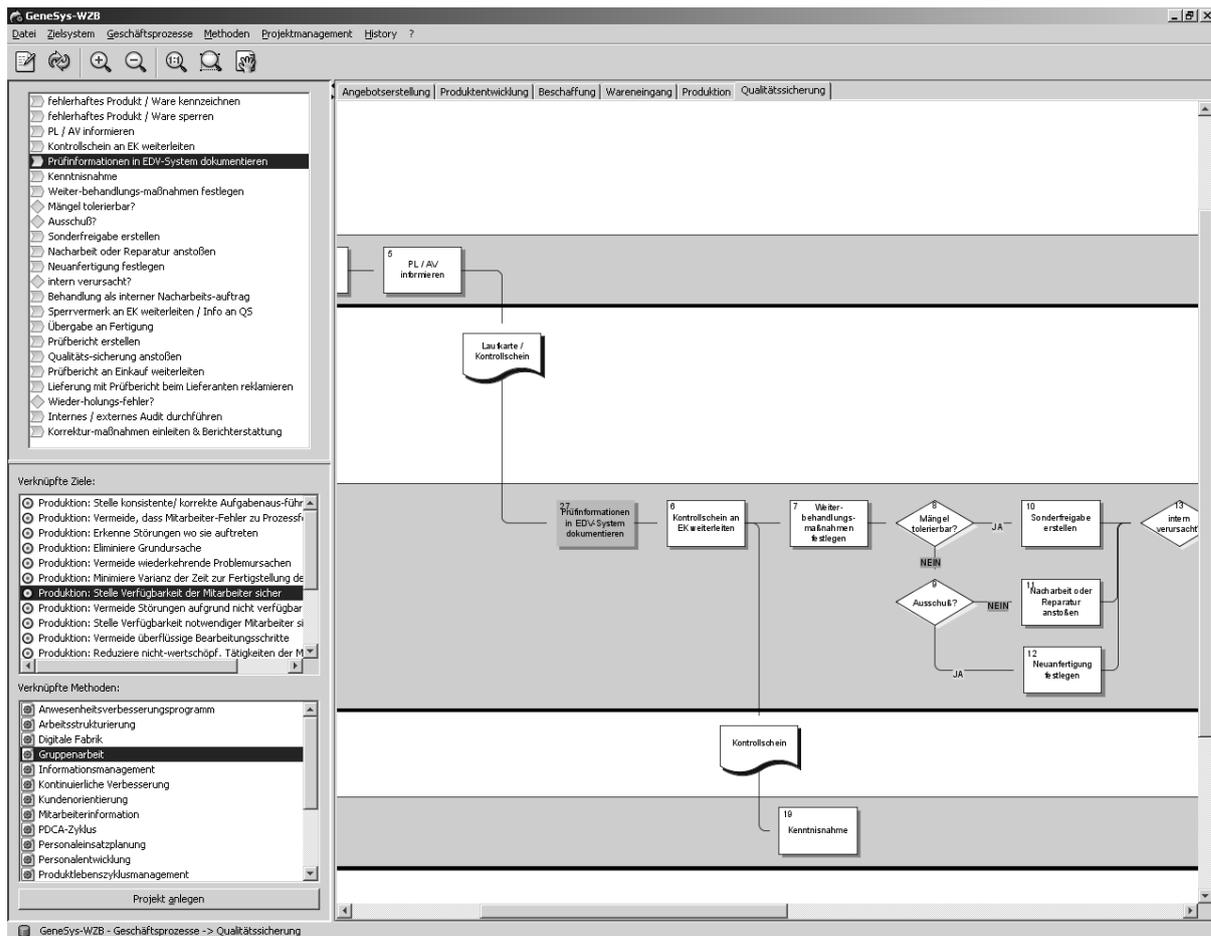
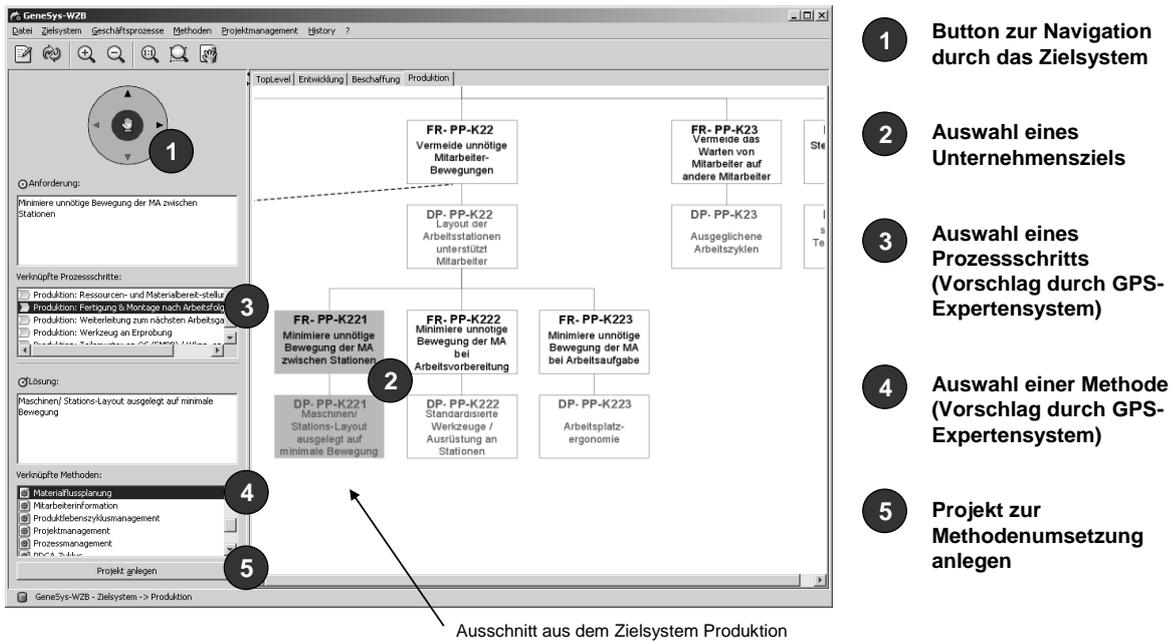


Bild 6.2: Aktualisiertes Prozessmodell Qualitätssicherung für Praxisanwender A

Allerdings wurde bspw. zu dem Ziel *Reduziere Verzögerungen durch fehlende Informationen* keine Relation hergestellt, obwohl diese in dem vorliegenden Fall sicherlich sinnvoll wäre. An dieser Stelle zeigt sich, dass trotz der vergleichsweise hohen Trefferquote ($r_{W-DecisionTable} = 97,61\%$, vgl. Kapitel 4.4.3) nicht alle potenziell relevanten Ziele durch den DM-Algorithmus erkannt werden. In anderen Fällen kann es ebenso dazu kommen, dass nicht sinnvolle Ziele verknüpft werden ($p_{W-DecisionTable} = 93,03\%$). Grundsätzlich wird aus dem vorgestellten Beispiel allerdings ersichtlich, dass die Wissensbasis aufwandsarm an die individuellen Randbedingungen eines Unternehmens angepasst werden kann.

Methodenauswahl aus strategischer Sicht

Vergleichbar zu jedem anderen Unternehmen steht die Geschäftsführung des Praxisanwenders B vor der Herausforderung, die Rendite des im Unternehmen eingesetzten Kapitals zu maximieren. Wie in Bild 6.3 schematisch dargestellt, wurde dazu gemeinsam mit dem Praxisanwender das Expertensystem eingesetzt, um eine potenzielle Methode zu identifizieren, die einen Beitrag zur Steigerung des Return on Invest (ROI) leisten kann.



- 1 Button zur Navigation durch das Zielsystem
- 2 Auswahl eines Unternehmensziels
- 3 Auswahl eines Prozessschritts (Vorschlag durch GPS-Expertensystem)
- 4 Auswahl einer Methode (Vorschlag durch GPS-Expertensystem)
- 5 Projekt zur Methodenumsetzung anlegen

Bild 6.3: Methodenauswahl aus strategischer Sicht im Zielsystem-Modul

Ausgehend von dem obersten Knoten *Maximiere Return on Invest nachhaltig* erfolgte die systematische Navigation durch das Zielsystem (Schritt 1). Vor dem Hintergrund der o. g. Herausforderung schlägt das Expertensystem die alternativen Teilziele *Minimiere Kosten* oder *Maximiere Umsatz* vor. Da für Praxisanwender B infolge der aktuellen Marktsituation eine Umsatzsteigerung nicht realistisch ist, wurde das erstgenannte Ziel gewählt. Nach Einschätzung der Geschäftsführung sind für Praxisanwender B die größten Einsparpotenziale in der Produktion vorhanden und somit für eine weitere Detaillierung die Ziele der Produktionsperspektive relevant. Um die Kosten in der Produktion zu reduzieren, können bspw. die Personalkosten durch Lohnkürzungen gesenkt werden. Alternativ zu dieser für die Arbeitnehmer nicht akzeptablen Maßnahme schlägt das Expertensystem vor, die Verschwendung von Mitarbeiterressourcen zu vermeiden. Eine realistische, jedoch im Sinne der Lean Production nicht zielführende Maßnahme könnte der Abbau von Personalkapazität sein, um so eine höhere Arbeitseffizienz der verbleibenden Mitarbeiter zu erreichen. Alternativ dazu bietet das Expertensystem bspw. die Teilziele *Vermeide das Warten der Mitarbeiter vor Maschinen* oder *Vermeide unnötige Bewegungen der Mitarbeiter* an. Für Praxisanwender B ist insbesondere das zweite Teilziel relevant. Auf der letzten Ebene des Zielsystems wird dieses Teilziel u. a. durch die Zielstellung *Minimiere unnötige Bewegung der MA zwischen Stationen* detailliert. Da im betrieblichen Alltag Mitarbeiter der Werkzeugmontage oftmals unnötige Wege in die Fertigung zurücklegen, um nach für die Montage dringend benötigten Werkzeugteilen zu fragen und diese ggf. auch abzuholen, wurde dieses Ziel durch die Geschäftsführung des Praxisanwenders B gewählt (vgl. Schritt 2 in Bild 6.3).

Im Anschluss erfolgte die Festlegung auf einen Prozessschritt (Schritt 3). Die mit dem ausgewählten Ziel verknüpften Prozessschritte werden dabei von dem Exper-

tensystem vorgeschlagen (z. B. Produktionsprozess: *Fertigung und Montage nach Arbeitsfolge* oder *Werkzeug an Erprobung weiterleiten*). Entsprechend der oben beschriebenen Situation wurde durch den Praxisanwender der Prozessschritt *Fertigung und Montage nach Arbeitsfolge* ausgewählt. Weiterhin schlägt das System auf Basis des ausgewählten Ziels mögliche Methoden zur Zielerreichung vor. Neben der Methode *Fabrikplanung* wurde durch das Expertensystem die Methode *Materialflussplanung* empfohlen und durch die Geschäftsführung des Praxisanwenders ausgewählt (Schritt 4). Abschließend besteht die Möglichkeit, für die ausgewählte Ziel-Prozessschritt-Methode Kombination ein Projekt anzulegen und damit die Methodenumsetzung zu steuern (Schritt 5).

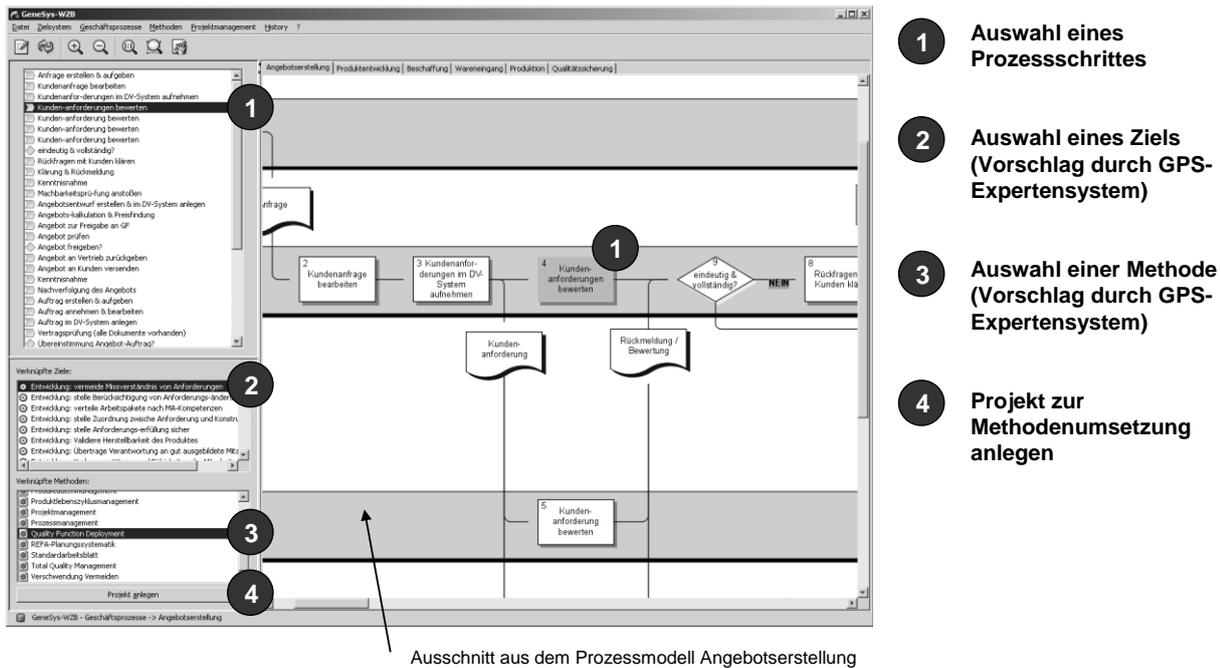
Aus dem beschriebenen Beispiel wird ersichtlich, wie die Geschäftsführung des Praxisanwenders B ausgehend von einem sehr allgemeinen Ziel ein konkretes Teilziel sinnvoll auswählen kann und durch das Expertensystem Lösungsvorschläge erhält, für welche Prozessschritte im Unternehmen dieses Ziel relevant ist und welche Methoden zur Erreichung dieses Ziels zur Verfügung stehen.

Methodenauswahl aus operativer Sicht

Gerade im Werkzeug- und Formenbau ist es infolge der kapitalintensiven Unikatfertigung entscheidend, dass die Anforderungen der Kunden exakt verstanden, dokumentiert und umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund steht der Praxisanwender C vor der Herausforderung, mit sehr umfangreichen, bis zu einigen hundert Seiten umfassenden Spezifikationen der, meistens der Automobilindustrie zugehörigen, Kunden umzugehen. Dabei gilt es insbesondere, die zum Teil sehr schwierige und aufwändige Identifikation wichtiger Anforderungen zu leisten. Geschieht dies nicht, steigt bspw. das Risiko eines Overengineerings und eine Form wird z. B. auf eine Standzeit von Millionen von Spritzgusszyklen ausgelegt, obwohl der Kunde lediglich einige Tausend Formteile für eine Vorserie benötigt. Dies kann u. a. zu einer Überschreitung der in dem Angebot vereinbarten Kosten und damit zu einem zu geringen Deckungsbeitrag führen.

Wie in Bild 6.4 schematisch dargestellt, wurde gemeinsam mit dem Praxisanwender C das Expertensystem eingesetzt, um eine Methode zu identifizieren, die die an dem Angebots- und Entwicklungsprozess beteiligten Mitarbeiter vor dem beschriebenen Hintergrund unterstützt. In einem ersten Schritt wurde dazu das in dem Referenzprozess enthaltene Prozessmodell Angebotserstellung in dem Software-Demonstrator geöffnet und der für die Anforderungsbestimmung wesentliche Prozessschritt *Kundenanforderungen bewerten* ausgewählt. Das Expertensystem schlägt daraufhin potenziell relevante Ziele und, bei Auswahl eines konkreten Ziels, entsprechend für die jeweilige Zielerreichung relevante Methoden vor. Beispiele für durch das System empfohlene Ziele sind u. a. *Verteile Arbeitspakete nach Mitarbeiterkompetenzen* oder *Stelle Informationsdokumentation und -archivierung sicher* (Produktentwicklungsperspektive). An dieser Stelle wurde durch den Praxisanwender das ebenfalls vorgeschlagene Ziel *Vermeide das Missverständnis von Anforderungen* gewählt

(Schritt 2), um der oben beschriebenen Problematik zu begegnen. Zur Erreichung dieses Ziels schlägt das Expertensystem weiterhin 16 (von 73) Methoden vor, darunter z. B. die Methoden *Produktdatenmanagement* und *Quality Function Deployment* (QFD). Gemeinsam mit den Mitarbeitern wurde die letztgenannte Methode ausgewählt (Schritt 3). Auch an dieser Stelle besteht die Möglichkeit, für die ausgewählte Ziel-Prozessschritt-Methode Kombination ein Projekt anzulegen und damit die Methodenumsetzung zu steuern (Schritt 4).



- 1 Auswahl eines Prozessschrittes
- 2 Auswahl eines Ziels (Vorschlag durch GPS-Expertensystem)
- 3 Auswahl einer Methode (Vorschlag durch GPS-Expertensystem)
- 4 Projekt zur Methodenumsetzung anlegen

Bild 6.4: Methodenauswahl aus operativer Sicht im Prozess-Modul

Anhand des beschriebenen Beispiels wird deutlich, wie ausgewählte Mitarbeiter des Praxisanwenders C, ausgehend von dem durch sie bearbeiteten Prozessschritt, durch das Expertensystem Lösungsvorschläge für der Problematik entsprechende Teilziele und Methoden erhalten.

6.2 Verifikation des Software-Demonstrators

Im Rahmen der Verifikation wird entsprechend der Leitfrage „Bauen wir das System richtig?“ die Übereinstimmung des entwickelten Systems mit den im Vorfeld definierten Spezifikationen geprüft. Die Spezifikationen leiten sich dabei aus den an das System gestellten Anforderungen ab und werden in einem Pflichtenheft dokumentiert. Dieses Vorgehen ist in der Entwicklung konventioneller Softwareprogramme weit verbreitet.

Wie einleitend aufgeführt wurde, sind die Spezifikationen eines Expertensystems allerdings nicht in jedem Fall exakt definierbar (vgl. z. B. [Boe04]). Eine Ursache dafür ist, dass in Abhängigkeit des Einsatzgebietes die Aufgaben eines Expertensystems nicht immer im Vorfeld beschrieben werden können, sondern erst während der

Entwicklung deutlich wird, was das entsprechende System tatsächlich leisten kann [Kur92]. Auch im Kontext der vorliegenden Arbeit war eine präzise Aufgabendefinition und Systemspezifikation erst nach der konzeptionellen Entwicklung des Expertensystems (vgl. Kapitel 4) möglich. Dabei spielte insbesondere die Herleitung eines Datenmodells zur Repräsentation von Produktionssystem-Wissen eine herausragende Rolle. Erst die Identifikation der Konzepte und Relationen sowie deren Abbildung in einer Ontologie erlaubte die genaue Definition von Anforderungen, wie z. B. *Prozessschritte sollen angelegt, bearbeitet, gelöscht werden können* (vgl. Anforderung C202 in Kapitel 5.1). Diese Anforderungen wurden anschließend in ein Pflichtenheft und damit in eine Systemspezifikation überführt. Weiterhin konnte auf Basis des Datenmodells die allgemeine Aufgabenstellung „Das System soll den Anwender bei der Entscheidung unterstützen, welche Produktionssystem-Methode in dem jeweils gegebenen Unternehmenskontext eingesetzt werden kann.“ (vgl. Kapitel 3) bspw. insofern konkretisiert werden, dass der Unternehmenskontext über die beiden Konzepte *Ziel* und *Prozessschritt* beschrieben wird und eine Methode somit in Abhängigkeit dieser Konzepte ausgewählt werden kann (vgl. Kapitel 5).

Im Rahmen einer Befragung der Praxisanwender wurde ermittelt, in welchem Umfang die in dem Pflichtenheft definierten Spezifikationen durch das Expertensystem erfüllt werden. Dafür wurde für jede der 104 Spezifikationen gefragt, ob die entsprechende Spezifikation erfüllt wird oder nicht. Die Befragung wurde nach drei Monaten Praxiseinsatz durchgeführt. Insgesamt nahmen drei Personen, d. h. 1 Mitarbeiter pro Unternehmen, teil. Bild 6.5 stellt die Ergebnisse dar. Während Praxisanwender A und B eine einhundertprozentige Erfüllung der Spezifikationen angaben, wurde von Praxisanwender C lediglich 97,12 % der Spezifikationen als erfüllt bewertet. Gemittelt über alle drei Praxisanwender ergibt sich somit einer Spezifikationstreue von 99,04 %. Durch eine detaillierte Auswertung der Antworten wurde ersichtlich, dass bei den als nicht erfüllt bewerteten Spezifikationen ein Missverständnis vorlag. Bspw. wurde eine Funktion zum Manipulieren von Graphiken durch Praxisanwender C nicht genutzt und damit die aus Anforderung B304 (vgl. Tabelle 5.1) resultierende Spezifikation als nicht erfüllt bewertet.

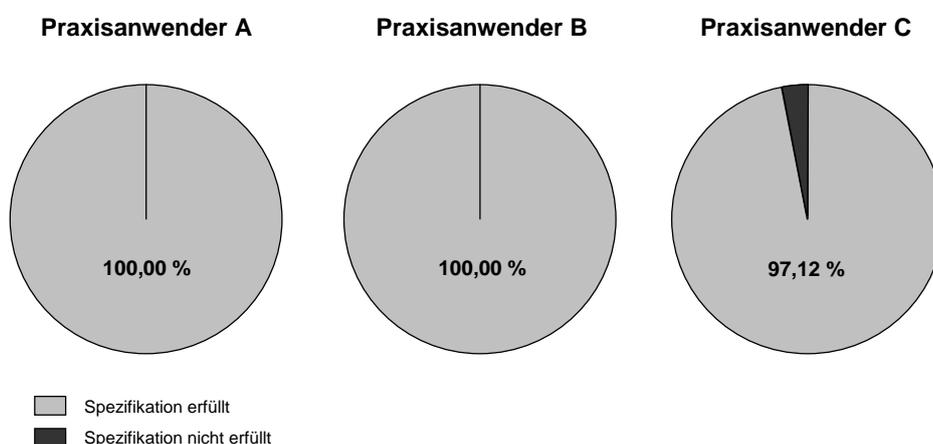


Bild 6.5: Erfüllung der Spezifikation

6.3 Validierung der Wissensbasis

Im Rahmen der Validierung wird entsprechend der Leitfrage „Bauen wir das richtige System?“ geprüft, ob das Expertensystem für den vorgesehen Einsatzzweck geeignet ist. Dabei steht nicht der Nutzen sondern die Funktionstüchtigkeit und Zweckmäßigkeit des Systems im Vordergrund [Spr09]. Die formale Korrektheit oder Spezifikationsstreue wird bei diesem Schritt vorausgesetzt. Ob eine Systemantwort angemessen ist, lässt sich nur überprüfen, wenn Referenzwerte für einen Vergleich vorliegen. Ein sogenannter Goldstandard ist das Ideal einer Vergleichsreferenz, die immer die wahren Werte zur Verfügung stellt. Diese Ideallösung lässt sich in der Regel allerdings nicht angeben. Als Ersatz für einen fehlenden Goldstandard wird oft das Urteil unabhängiger Experten im Sinne eines Kontrollgremiums verwendet [Spr09].

Im Kontext der vorliegenden Arbeit ist der Goldstandard bspw. der für ein Ziel „relevante“ Prozessschritt oder die für eine Zielerreichung „richtige“ Methode. Aus den o. g. Gründen wurde dieser Goldstandard durch die Beurteilung von zwei unabhängigen Experten ersetzt (vgl. Kapitel 4.4.2). Wie in Kapitel 4.4.3 ausführlich beschrieben, wurden diese Referenzentscheidungen den Systementscheidungen in einer Wahrheitsmatrix gegenübergestellt und mittels unterschiedlicher Standardmaße, darunter z. B. die Korrektklassifikationsrate k , die Precision p , der Recall r und der Fallout f , evaluiert. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der Algorithmus *W-DecisionTable* Relationinstanzen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen und der Algorithmus *W-LMT* Relationinstanzen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen in einem ausreichenden Maß richtig prognostiziert. Das Expertensystem ist somit für den vorgesehen Einsatzzweck geeignet.

6.4 Evaluation der Anwendbarkeit des Expertensystems

Neben der Beantwortung der Frage „Bauen wir das richtige System?“ ist die Beurteilung der Benutzerfaktoren und damit die Beantwortung der Frage, ob die Anwender mit dem entwickelten Expertensystem gut arbeiten können, entscheidend. Dabei ist nicht mehr das System, sondern die Interaktion zwischen System und Anwender Gegenstand der Untersuchung [Spr09].

Benutzungsschnittstellen von interaktiven Systemen wie Webseiten oder Software sollen vom Benutzer leicht zu bedienen sein. Der Teil 110 der DIN EN ISO 9241 [DIN06] beschreibt dazu folgende Grundsätze für die Gestaltung und Bewertung einer Schnittstelle zwischen Benutzer und System (Dialoggestaltung):

- **Aufgabenangemessenheit:** Abhängig vom Einsatzgebiet der Software müssen alle Funktionen verfügbar sein, die der Nutzer zur Bewältigung der zu unterstützenden Aufgabe benötigt.
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit:** Das Programm gibt Rückmeldung und Auskunft über seinen aktuellen Zustand. Der Nutzer wird durch diese Selbstbeschreibung des Programms zuverlässig in die Lage versetzt, angemessen mit der Software zu interagieren.

- **Steuerbarkeit:** Der Nutzer kann den Programmablauf flexibel und den Bedürfnissen seiner Arbeitsprozesse entsprechend beeinflussen.
- **Erwartungskonformität:** Die Bedienvorgänge und die graphische Gestaltung der Benutzerschnittstelle sind einheitlich gestaltet und schließen sich den Erfahrungen mit vergleichbaren Programmen an.
- **Fehlerrobustheit:** Eingabefehler lassen sich korrigieren oder zurücknehmen; die Programmgestaltung zielt auf eine möglichst sichere, fehlerfreie Eingabe.
- **Individualisierbarkeit:** Benutzer haben die Möglichkeit, die Bedienungsschnittstelle nach ihren persönlichen Präferenzen einzustellen.
- **Erlernbarkeit:** Das Systemverhalten ist so transparent, dass die Nutzer Merk- und Bedienregeln leicht daraus ableiten und verinnerlichen können.

Auf Grundlage der Norm wurde von GEDIGA, HAMBORG und WILLUMEIT [Ged00] mit dem IsoMetrics-Verfahren ein Befragungsinstrument zur Evaluation von graphischen Benutzerschnittstellen entwickelt. Das Verfahren beinhaltet 75 Aussagen zur Benutzerfreundlichkeit der Software, die durch den Befragten anhand einer Skala von 1 (stimmt nicht) bis 5 (stimmt sehr) bewertet werden. Die Aussagen sind in der Regel positiv formuliert, z. B. „Diese Software ist für mich ein nützliches Arbeitsmittel.“, so dass die Skala einer Bewertung von mangelhaft (1) bis sehr gut (5) entspricht. Negative Formulierungen können entsprechend transformiert werden [Ged00].

Im Kontext der vorliegenden Arbeit wurde die Kurz-Version des IsoMetrics-Verfahrens (vgl. [Ham97]) zur Evaluation der Benutzbarkeit des Expertensystems in den o. g. Kategorien verwendet. Da es sich bei dem Expertensystem um einen Prototyp handelt, wurde die Kategorie Individualisierbarkeit, die sechs Aussagen beinhaltet, nicht berücksichtigt. Die verbleibenden 69 Aussagen wurden in Form einer Gruppenbefragung durch vier Teilnehmer, darunter zwei Mitarbeiter von Praxisanwender A und jeweils ein Mitarbeiter von Praxisanwender B und C, bewertet. Die Befragung wurde nach drei Monaten Praxiseinsatz durchgeführt.

Der Software-Demonstrator erreichte im Mittel über die betrachteten Kategorien und befragten Teilnehmer eine Bewertung von 3,84 (gut) bei einer Standardabweichung von 1,39. Bild 6.6 stellt die Ergebnisse detailliert dar. Die Kategorien Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit und Erlernbarkeit wurden nahezu ausgeglichen mit Werten um 4 bewertet. Mit 4,38 wurde die Kategorie Erwartungskonformität bei einer gleichzeitig sehr geringen Standardabweichung von 0,61 besonders positiv bewertet. Bspw. wurde die Aussage „Begriffe und graphische Darstellungen werden in allen mir bekannten Softwareteilen einheitlich benutzt.“ durch alle vier Teilnehmer mit 5 (stimmt sehr) bewertet. Im Gegensatz dazu wurde die Fehlerrobustheit des Expertensystems vergleichsweise schlecht beurteilt. Bspw. wurde die Aussage „In einer Fehlersituation gibt die Software konkrete Hinweise, wie der Fehler behoben werden kann.“ durch alle Teilnehmer mit 1 (stimmt nicht) bewertet. Die hohe Standardabweichung von 1,71 zeigt allerdings auf, dass nicht alle Aussagen in dieser Kategorie entsprechend schlecht bewertet wurden.

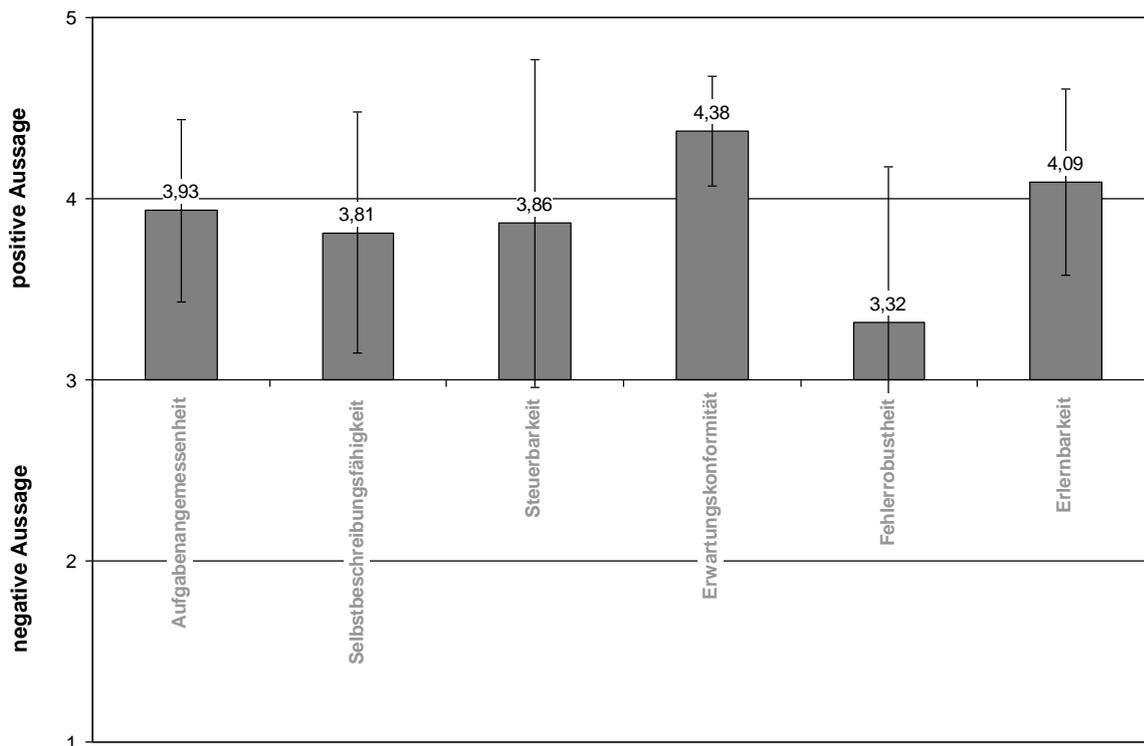


Bild 6.6: Evaluation der Benutzerfaktoren des Expertensystems

Neben der Bildung von Mittelwerten und Standardabweichungen kann mittels einer sogenannten Cutoff-Analyse die Frage untersucht werden, ob die Software als mittelmäßig oder besser eingestuft wurde [Ged00]. Dazu wurde für alle befragten Teilnehmer i der prozentuale Anteil c_i der Antworten ermittelt, in denen die Person die beiden positiven Beurteilungen (4 oder 5) gewählt hat. Tabelle 6.1 stellt die ermittelten Ergebnisse dar. Insgesamt haben alle befragten Teilnehmer in mehr als 50 % der Aussagen eine positive Bewertung vorgenommen und damit dem Cutoff-Wert zugestimmt. Der mittlere Zustimmungsgrad liegt bei $c = 0,77$.

Tabelle 6.1: Cutoff-Beurteilung der befragten Teilnehmer

Teilnehmer i	1	2	3	4	Mittelwert
c_i	0,68	0,83	0,75	0,83	0,77

Abschließend kann somit festgehalten werden, dass eine erfolgreiche Interaktion der Anwender mit dem entwickelten Software-Demonstrator möglich ist. Damit ist die Anwendbarkeit des Expertensystems grundsätzlich gegeben. Allerdings konnte lediglich eine sehr geringe Anzahl von Personen befragt werden. Eine statistisch signifikante Aussage ist somit nicht möglich.

6.5 Nutzen und Grenzen des Expertensystems

Das entwickelte Expertensystem versetzt die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus erstmals in die Lage, den wirtschaftlichen Nutzen eines Produktionssystems, bspw. zur Verbesserung der Qualität oder Verkürzung der Durchlaufzeit, zu realisieren, ohne dafür den bisher notwendigen finanziellen, personellen oder methodischen Aufwand, z. B. für den Einkauf externer GPS-Kompetenz, betreiben zu müssen. Dabei sind dem Expertensystem allerdings auch Grenzen bspw. hinsichtlich der Leistungsfähigkeit gesetzt. Für eine ausgewogene Beurteilung der Ergebnisse werden nachfolgend Nutzen und Grenzen des Systems gegenübergestellt.

Nutzen

Durch die Entwicklung und Einführung eines individuellen Produktionssystems sind die kmU der Branche in der Lage, die Effizienz der eigenen betrieblichen Abläufe mittels geeigneter Methoden systematisch zu analysieren, zu bewerten und zu verbessern. So bietet sich bspw. durch die Implementierung eines durchgängigen Materialflusses mittels der Methode *Materialflussplanung* oder durch die Realisierung von Ordnung und Sauberkeit an den Arbeitsplätzen mittels der *5A-Methode* das Potenzial, Durchlaufzeiten für Werkzeuge und Formen deutlich zu reduzieren und damit den Bestand an halbfertigen Produkten zu senken. Dadurch wird weniger Kapital gebunden und steht bspw. für Investitionen in innovative und effiziente Fertigungsverfahren zur Verfügung. Weiterhin kann z. B. durch den Einsatz der Methoden Poka Yoke oder Design for Assembly and Manufacturing im Rahmen der Entwicklung und Konstruktion eine deutliche Verbesserung der Qualität und Liefertermintreue erreicht werden, indem die effiziente, fehlerfreie und damit pünktliche Montage von Werkzeugen und Formen unterstützt wird. Nur auf dieser Basis ist eine kundenorientierte und wirtschaftliche Produktion im Werkzeug- und Formenbau und damit eine Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit möglich.

Die Aufgabe des Expertensystems besteht darin, den Anwender sowohl bei der firmenindividuellen Gestaltung eines Produktionssystems als auch bei der systematischen, auf den Unternehmenskontext zugeschnittenen Methodenauswahl und -umsetzung zu unterstützen. Insbesondere durch die umfangreiche, werkzeug- und formenbauspezifische Wissensbasis und die mittels DM-Algorithmen automatisierte Wissensverarbeitung ist der initiale Entwicklungsaufwand für die Unternehmen gering. Weiterhin wird durch die Berücksichtigung sowohl strategischer Zielsetzungen wie z. B. der Kundenzufriedenheit als auch des operativen Zustands der Unternehmensprozesse, z. B. in Form der Nacharbeitsquote, eine effiziente, mitarbeiterorientierte Methodenauswahl, -implementierung und -kontrolle unterstützt. Insgesamt sind die Unternehmen nicht mehr in dem bisher notwendigen Umfang auf teure, externe Beratungsleistungen oder die aufwändige, wissensintensive Nutzung der über GPS vorhandenen Literatur angewiesen. Mit dem in der vorliegenden Arbeit entwickelten Expertensystem wird somit vor allem den geringen finanziellen und personellen Ressourcen der kmU im Werkzeug- und Formenbau entsprochen.

Grenzen

Für das entwickelte Expertensystem gelten die in Kapitel 2.3.4 diskutierten Grenzen wissensbasierter Systeme. So bezieht sich auch das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte System nur auf das im Vorfeld festgelegte Wissensgebiet Ganzheitlicher Produktionssysteme. Das auch in diesem Umfeld immer notwendige Allgemeinwissen ist nicht Gegenstand der Wissensbasis. Im Gegensatz zum menschlichen Experten kann das System außerdem die Grenzen seines Wissens nicht selbst erkennen. Als Beispiel können an dieser Stelle die im System implementierten DM-Algorithmen aufgeführt werden, die trotz einer vergleichsweise hohen Prognosegüte Relationen zwischen Zielen, Prozessschritten oder Methoden falsch vorhersagen können. Im Gegensatz zu einem menschlichen Experten, dem entsprechende Fehler durchaus auch unterlaufen können, ist das Expertensystem nicht in der Lage, einmal hergestellte Relationen zu hinterfragen und ggf. zu verwerfen. Diese werden dem im Einzelfall unwissenden Anwender als gültig präsentiert und eine kritische Beurteilung damit dem Zufall überlassen.

Auch in dem hier betrachteten Anwendungsgebiet ist es sehr schwer, das Wissen von Lean-Experten explizit zu machen. Daraus resultieren Probleme sowohl bei der Wissensakquisition als auch bei der Validierung des Expertensystems. Bspw. ist die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Ontologie zur Wissensrepräsentation lediglich eine stark vereinfachte Sicht auf ein sehr komplexes Themenfeld. Die Berücksichtigung der oftmals auftretenden Verflechtung von Wissen und Können (engl.: tacit knowledge) ist damit nicht möglich. Weiterhin ist das in der Wissensbasis enthaltene Wissen zumindest teilweise subjektiv. Insbesondere die Relationinstanzen basieren auf Erfahrungswissen und der persönlichen Einschätzung von zwei Experten. Infolge der Vielzahl an Relationinstanzen unterliegen diese zusätzlich dem Risiko, Fehler zu beinhalten. Auch die Herleitung der Merkmale und Merkmalsausprägungen sowie die auf dieser Basis durchgeführte Beschreibung der Konzeptinstanzen sind durch persönliche Einschätzungen geprägt. Damit ist auch die Datenbasis zur Herleitung und Validierung von Regeln zur Wissensverarbeitung subjektiv.

Neben diesen eher konzeptionellen Grenzen sind auch mit dem praktischen Einsatz des Expertensystems Schwierigkeiten verbunden. So ist bspw. für den Anwender die abstrakte Beschreibung neuer Konzeptinstanzen anhand der entwickelten Merkmale und Merkmalsausprägungen ungewohnt. Infolge unterschiedlicher persönlicher Wahrnehmungen und Einschätzungen sind abweichende Beschreibungen einer Konzeptinstanz wahrscheinlich. Durch die regelbasierte Wissensverarbeitung resultieren daraus wiederum unterschiedliche Relationinstanzen in der Wissensbasis. Weiterhin bleibt die Priorisierung der in der Praxis umzusetzenden Methoden dem Anwender überlassen. Im Initialzustand bietet das Expertensystem allein über 2.800 Relationen zwischen Zielen und Methoden an. Das System unterstützt den Anwender allerdings nicht bei der Einschätzung, welche dieser Relationen tatsächlich in dem spezifischen Unternehmen relevant sind.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Infolge einer herausfordernden Wettbewerbssituation sind die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus gezwungen, verstärkt Verbesserungspotenziale in technischer, organisatorischer, qualitativer und wirtschaftlicher Sicht zu erschließen. Die für die Potenzialerschließung notwendigen Methoden werden in sogenannten Ganzheitlichen Produktionssystemen bereitgestellt, die sich grundsätzlich auch für die Potenzialerschließung im Werkzeug- und Formenbau eignen.

Die unternehmensindividuelle Entwicklung und Implementierung eines Ganzheitlichen Produktionssystems erfordert den Einsatz umfangreicher personeller und finanzieller Ressourcen. Die Ursachen dafür liegen in der meist aufwändigen und langwierigen Erlangung und Vermittlung von Produktionssystem-Wissen in der Organisation. Während große Unternehmen durchaus in der Lage sind, diesen Aufwand zu erbringen, stehen den kmU des Werkzeug- und Formenbaus entsprechende Mittel in der Regel nicht zur Verfügung. Infolge der branchenspezifischen Charakteristika sind die vorhandenen, klassischen Quellen zum Aufbau von Produktionssystem-Wissen für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus somit nicht geeignet.

Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, kleine und mittlere Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus bei der Entwicklung und Implementierung eines firmenspezifischen Produktionssystems durch die Formalisierung und Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen in einem regelbasierten Expertensystem zu unterstützen. Das Expertensystem ist auf die Branche Werkzeug- und Formenbau ausgelegt. Zentrale Bestandteile des Systems sind eine Ontologie zur Wissensrepräsentation, eine werkzeugbauspezifisch ausgestaltete Wissensbasis sowie mittels Data Mining hergeleitete Regeln zur automatisierten Anpassung der Wissensbasis an unternehmensindividuelle Randbedingungen.

Die Ontologie erlaubt die Abbildung von Expertenwissen bezüglich der Wirkung von Produktionssystem-Methoden in einem spezifischen Unternehmenskontext und ermöglicht so eine personenunabhängige Wissensnutzung. Die werkzeug- und formenbauspezifische Wissensbasis umfasst zahlreiche Instanzen der in der Ontologie definierten Konzepte und Relationen (z. B. 73 Methodeninstanzen) und minimiert dadurch den notwendigen Aufwand für eine firmenindividuelle Anpassung des Produktionssystems. Für eine algorithmengerechte Beschreibung der Konzeptinstanzen wurden weiterhin spezifische Merkmale und Merkmalsausprägungen entwickelt. Mittels Data-Mining Algorithmen konnten auf dieser Grundlage Regeln für eine automatisierte Prognose von Relationen zwischen (neuen) Konzeptinstanzen hergeleitet werden. Die Regeln ermöglichen damit auch Anwendern ohne Produktionssystem-Wissen, die notwendigen unternehmensindividuellen Anpassungen der Wissensbasis ressourcenarm durchzuführen.

Das Expertensystem wurde in einem Software-Demonstrator implementiert, der die Anwender bei der systematischen, auf den Unternehmenskontext zugeschnittenen

Methodenauswahl und -umsetzung unterstützt. Der Praxiseinsatz des Expertensystems wurde anhand von Fallbeispielen beschrieben. Um das Expertensystem zu evaluieren, wurde neben der Verifikation und Validierung des Systems eine umfragebasierte Beurteilung der Benutzerfaktoren vorgenommen. Dabei konnte festgestellt werden, dass das Expertensystem die definierten Spezifikationen erfüllt, für den vorgesehen Einsatzzweck geeignet sowie eine ausreichende Anwendbarkeit gegeben ist.

Die Abbildung von Produktionssystem-Wissen in einem Expertensystem ermöglicht den parallelen Zugang unterschiedlicher Mitarbeiter und damit eine großflächige Verteilung und Nutzung des bereitgestellten Produktionssystem-Wissens im Unternehmen. Dadurch sind die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus in der Lage, die durch die Einführung und den kontinuierlichen Betrieb eines Produktionssystems möglichen Potenziale, z. B. zur Reduzierung der Durchlaufzeit oder der Bestände, zu erschließen. Gleichzeitig sind die Unternehmen nicht mehr in dem bisher notwendigen Umfang auf teure, externe Beratungsleistungen oder die aufwändige, wissensintensive Nutzung der über GPS vorhandenen Literatur angewiesen. Mit dem vorgestellten Expertensystem wird somit vor allem den geringen finanziellen und personellen Ressourcen der kmU im Werkzeug- und Formenbau entsprochen.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Formalisierung und Bereitstellung von Produktionssystem-Wissen. Allerdings erfordert dieses Gebiet weiteren, umfangreichen Forschungsbedarf. Bspw. ist die Entwicklung eines fallbasierten oder eines hybriden, d. h. regel- und fallbasierten, Systems denkbar. Um die beschriebenen Grenzen des entwickelten Systems zumindest teilweise zu überwinden, könnten in der Zukunft bspw. weitere Konzepte aus dem Bereich GPS und Unternehmenskontext, wie z. B. Maschinen oder Arbeitsplätze, in die Ontologie aufgenommen werden. Dadurch kann die Abbildungsgüte und damit die Anwendbarkeit des Expertensystems verbessert werden. Weiterhin könnten abweichende Beschreibungen einer Konzeptinstanz durch eine dem Anwender zur Laufzeit zur Verfügung gestellte Anzeige ähnlich codierter Konzeptinstanzen vermieden werden. Zusätzlich ist eine Anbindung an vorhandene Managementsysteme wie z. B. ERP-Systeme denkbar. Dadurch kann bspw. eine eventgesteuerte Gewichtung von Relationen zwischen den Konzepten Ziel und Prozessschritt realisiert werden, wenn die Prozesskosten einer Aktivität einen definierten Grenzwert überschreiten. Das System könnte den Anwender dadurch besser bei der Priorisierung der in der Praxis umzusetzenden Methoden unterstützen. Für eine praxisperechte Anwendung ist außerdem die Weiterentwicklung der Projektmanagementfunktionalität denkbar.

8 Literaturverzeichnis

- [Abe07] Abele, E.; Eichhorn, N.; Brungs, F.: Mitarbeiterqualifikation in einer realen Produktionsumgebung - Langfristige Prozessverbesserungen durch praxisnahe Lernformen. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 102 Jg. (2007), H. 11, S. 741-745.
- [Ade97] Adelman, L.; Riedel, S. L.: Handbook for evaluating knowledge-based systems : conceptual framework and compendium of methods. Kluwer Academic Publishers, Boston 1997.
- [Ant02] Antoñana, J.: The current situation of European Tool and Die Making. In: Tagungsband Kolloquium Werkzeugbau mit Zukunft 2002, 1.-2. Oktober, Aachen 2002.
- [Alp08] Alpaydin, E.: Maschinelles Lernen. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2008.
- [Arn05] Arnold, J.: Work Psychology - Understanding Human Behaviour in the Workplace. 4th ed., Prentice Hall, Harlow u. a. 2005.
- [Arn08] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik, 3. Aufl., Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2008.
- [Aur06] Aurich, J. C.; Drews, O.; Fuchs, C.; u. a.: Produktionssysteme für den Mittelstand - Gestaltung prozessorientierter Produktionssysteme unter Flexibilitätsgesichtspunkten. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 96. Jg. (2006), H. 5, S. 302-307.
- [Aur07] Aurich, J. C.; Gómez Kempf, F. A.; Drews, O.; Wagenknecht, C.: Flexibility Oriented Production Systems – Concept for Small and Medium Sized Enterprises. In: Proceedings of 40th CIRP International Manufacturing Systems Seminar, Liverpool 2007.
- [Bas03] Baszenski, N.: Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag Bachem, Köln 2003.
- [Bec99] Becker, J.; Schütte, R.; Geib, T.; Ibershoff, H.: Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung. Abschlussbericht des BMBF Verbundprojekts "Grundsätze Ordnungsgemäßer Modellierung", Förderkennzeichen 01 IS 604 #, 1999.
- [Bec02] Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, R.; Kuroпка, D.: Konfigurative Referenzmodellierung. In: Becker, Jörg; Knackstedt, Ralf (Hrsg.): Wissensmanagement mit Referenzmodellen: Konzepte für die Anwendungssystem- und Organisationsgestaltung. Physica, Heidelberg 2002.

- [Bec05] Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement - Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.
- [Bei08] Beierle, C.; Kern-Isberner, G.: Methoden wissensbasierter Systeme. 4. Aufl., Vieweg+Teubner, Wiesbaden 2008.
- [Ber09] Bergmann, L.: Softwarekonzept zur Unterstützung der integrierten Modernisierung. In: Dombrowski, U.; Herrmann, C.; Lacker, T.; Sonnentag, S. (Hrsg.): Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen. Ein ganzheitliches Konzept. Springer Verlag, Berlin u. a. 2009.
- [Bin04] Binner, H. F.: Handbuch der prozessorientierten Arbeitsorganisation – Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung. Refa-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung, Carl Hanser Verlag, Darmstadt 2004.
- [BMBF09] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Mit abgestimmtem Methodeinsatz Unternehmensprozesse effizienter gestalten. Internet: http://www.produktionsforschung.de/themenfelder/UCM01_000213, 11.12.2009.
- [Boe07] Boersch, I.; Heinsohn, J.; Socher, R.: Wissensverarbeitung. Eine Einführung in die Künstliche Intelligenz für Informatiker und Ingenieure. 2. Aufl., Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München 2007.
- [Bod06] Bodendorf, F.: Daten- und Wissensmanagement. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2006.
- [Bul02] Bullinger, H.-J.; Witzgall, E.: Qualifikationsmanagement in der Produktion: Pläne und Werkzeuge für die Baustelle Lernende Organisation. Stuttgart 2002.
- [Cal04] Calarge, F. A.; Lima, P. C.: Development of Systemic Quality Management Model Using the Axiomatic Design Framework. In: Proceedings of the Third International Conference on Axiomatic Design - ICAD, 21. - 24.06.2004, Seoul, pp. 1-8.
- [Cas97] Castillo E.; Gutierrez, J.M.; Hadi, A. S.: Expert systems and probabilistic network models. Springer-Verlag, New York 1997.
- [Cav74] Cavouras, J. C.: On the conversion of programs to decision tables: method and objectives. In: Commun. ACM, Association for Computing Machinery, Vol. 17 (1974), I. 8, pp. 456-462.
- [Cla02] Clarke, C. A.: Forms and functions of standardisation in production systems of the automotive industry: the case of Mercedes-Benz. Dissertation, Freie Universität Berlin, Berlin 2002.
- [Coc94] Cochran, D. S.: The Design and Control of Manufacturing Systems. Dissertation, Auburn University, Auburn 1994.

- [Coc99] Cochran, D. S.: The Production System Design and Deployment Framework. In: Proceedings of the International Automotive Manufacturing Conference and Exposition, 11. - 13.05.1999, Detroit, Michigan, p. 1-9.
- [Coc01] Cochran, D. S.; Arinez, J. F.; Duda, J. W., Linck, J.: A Decomposition Approach for Manufacturing System Design. In: CIRP – Journal of Manufacturing Systems, Elsevier, Vol. 20 (2001), I. 6, pp. 371-389.
- [Dav85] Davis, R.: Amplifying Expertise with Expert Systems. In: Winston, P.; Prendergast, K. (eds.): The AI Business, MIT Press, Cambridge 1984, pp. 17-40.
- [Dav98] Davenport, T. H.; Prusak, L.: Working knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business School Press, Boston 1998.
- [DIN06] DIN EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. Deutsche Fassung EN ISO 9241-110, Beuth Verlag, Berlin 2006.
- [Dit06] Dittmann, L. U.: OntoFMEA - Ontologiebaiserte Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse. Deutscher Universitäts-Verlag, Essen 2006.
- [Dom06a] Dombrowski, U.; Palluck, M.; Schmidt, S.: Strukturelle Analyse ganzheitlicher Produktionssysteme. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 101 Jg. (2006), H. 3, S. 114-119.
- [Dom06b] Dombrowski, U.; Palluck, M.; Schmidt, S.: Typologisierung Ganzheitlicher Produktionssysteme. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 101 Jg. (2006), H. 10, S. 553-556.
- [Dom07] Dombrowski, U.; Schmidt, S.; Crespo, I.: Knowledge Management as a Supporting Function in Lean Production System Implementation. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV), 22. - 24.07.2007, Toronto, Canada, p. 453-462.
- [Dom08] Dombrowski, U.; Schmidt, S.: Planung und Steuerung der Implementierung Ganzheitlicher Produktionssysteme. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 98 Jg. (2008), H. 4, S. 236-241.
- [Dob00] Dobbs, D. C.: Development of an Aerospace Manufacturing System Design Decomposition. Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology 2000.
- [Dud00] Duda, J.: A Decomposition-Based Approach to Linking Strategy, Performance Measurement, and Manufacturing System Design. Doctoral Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge 2000.
- [Dud09] Duden: Die Grammatik: Unentbehrlich für richtiges Deutsch. 8. Aufl., Dudenverlag, Mannheim 2009.

- [Eck02] Eckey, H.-F.; Kosfeld, R.; Rengers, M.: Multivariate Statistik. Grundlagen - Methoden - Beispiele. Gabler Verlag, Wiesbaden 2002.
- [Erd05] Erdani, Y.: Acquisition of Human Expert Knowledge for Rule-based Knowledge-based System using Ternary Grid. Dissertation, Universität Duisburg-Essen, Essen 2005.
- [Eve96] Eversheim, W.; Schuh, G.: Betriebshütte- Produktion und Management. Springer Verlag, Berlin u. a. 1996.
- [Fay96] Favyad, U. M.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smyth, P.: From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview. In: Favyad, U. M.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smyth, P.; Uthurusamy, R. (Hrsg.): Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, AAAI/MIT Press, Cambridge 1996.
- [Fet04] Fettke, P.; Loos, P.: Systematische Erhebung von Referenzmodellen – Ergebnisse der Voruntersuchung. Working Paper 19 of the Research Group Information Systems and Management, Department for Information Systems & Business Administration, Johannes Gutenberg University Mainz, Mainz 2004.
- [Fet07] Fettke, P.; Loos, P.: Perspectives on Reference Modeling. In: Fettke, Peter; Loos, Peter (Hrsg.): Reference Modeling for Business Systems Analysis. Idea Group Publishing, Hershey, PA 2007.
- [Fri90] Friedrich, G.; Stumptner, M.: Einführung. In: Gottlob, G.; Frühwirth, T.; Horn, W. (Hrsg.): Expertensysteme. Springers Angewandte Informatik, Springer-Verlag, Berlin u. a. 1990, S. 1-19.
- [Fri05] Fricker, I. C.: Strategische Stringenz im Werkzeug- und Formenbau. Shaker Verlag, Aachen 2005.
- [Fri06] Frick, L.: Erfolgreiche Geschäftsmodelle im Werkzeugbau. Shaker Verlag, Aachen 2006.
- [Ged00] Gediga, G.; Hamborg, K.- C.; Willumeit, H.: Das IsoMetrics-Manual. Osnabrücker Schriftenreihe Software-Ergonomie, Universität Osnabrück 2000.
- [Ger02] Gerth, R.: The US and Japanese Automotive Die Industry – Some Comparative Observations. In: Tagungsband Kolloquium Werkzeugbau mit Zukunft 2002, 1.-2. Oktober, Aachen 2002.
- [Goe00] Görz, G.; Rollinger, C.-R.; Schneeberger, J.: Handbuch der Künstlichen Intelligenz. 3. Aufl., Oldenbourg Verlag, München u. a. 2000.
- [Gru04] Gruschka, C. D.: Spieglein, Spieglein an der Wand, wie viele Werkzeug- und Formenbauer gibt's tatsächlich im deutschen Land? In: VDWF aktuell, VDWF – Verband Deutscher Werkzeug- und Formenbauer e. V., 10. Jg. (2004), H. 2, S. 4f.

- [Gut83] Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 1. Die Produktion. 24. Aufl., Springer Verlag, Berlin 1983.
- [Haa04] Haasler, B.: Hochtechnologie und Handarbeit - Eine Studie zur Facharbeit im Werkzeugbau der Automobilindustrie. Dissertation, Universität Bremen, Bremen 2004.
- [Ham97] Hamborg, K.-C.; Gediga, G.: IsoMetricsS: Fragebogen zur Evaluation von graphischen Benutzerschnittstellen (Kurz-Version), Version 2.01, Universität Osnabrück 1997.
- [Hel08] Helbig, H.: Wissensverarbeitung und die Semantik der Natürlichen Sprache - Wissensrepräsentation mit MultiNet. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2008.
- [Her07] Herrmann, C.; Bergmann, L.: Lebenszyklusorientierte Gestaltung von Produktionssystemen in KMU – Ein systemischer Ansatz für die Entwicklung schlanker Produktionssysteme. In: Industrie Management, 23 Jg. (2007), H. 3, S. 11-14.
- [Hou02] Houshmand, M.; Jamshidnezhad, B.: Conceptual Design of Lean Production Systems Through an Axiomatic Approach. In: Proceedings of the Second International Conference on Axiomatic Design - ICAD, 10. - 11.06.2002, Cambridge, Massachusetts, pp. 1-12.
- [IFA09] Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA): Das IFA Production-Training. Internet: <http://www.ifa.uni-hannover.de/industrie/workshopangebote.html>, 15.12.2009.
- [Itt04] Ittner, T.: Quantitative Bewertung von Kernkompetenzen in der Automobilzulieferindustrie am Beispiel des Presswerkzeugbaus. Shaker Verlag, Aachen 2004.
- [Kap97] Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Balanced Scorecard Strategien erfolgreich umsetzen. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1997.
- [Ken07] Kendal, S. L.; Creen, M.: An Introduction to Knowledge Engineering. Springer-Verlag, London 2007.
- [Kie06] Kienreich, W.; Strohmaier, M.: Wissensmodellierung – Basis für die Anwendung semantischer Technologien. In: Pellegrini, T.; Blumauer, A. (Hrsg.): Sematic Web – Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2006.
- [Kim02a] Kim, Y.-S.: A Decomposition-Based Approach for the Integration of Product Development and Manufacturing System Design. Doctoral Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Boston 2002.
- [Kim02b] Kim, Y.-S.; Cochran, D.S.: A Decomposition-Based Approach to Design for “Lean” Manufacturing System. In: Proceedings of 2002 International CIRP Design Seminar, Hong Kong 2002, S. 1-12.

- [Klem09] Klemke, T.; Schulze, C. P.; Lübkemann, J.; Nyhuis, P.: Methodik zur Entwicklung der Lean Production in Fabriken. In: PPS Management, 14 Jg. (2009), H. 2, S. 21-25.
- [Kli07] Klie, M.: Fallbasierte Diagnoseunterstützung und Dokumentation für die Service-Hotline im Werkzeugmaschinenbau. Dissertation, Universität Hannover, Hannover 2007.
- [Klo02] Klocke, F.; Bilsing, A.: Technologisches Benchmarking im Werkzeug- und Formenbau – Einzelfertiger durch Kennzahlen vergleichbar machen. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 92 Jg. (2002), H. 11/12, S. 595-599.
- [Klo04] Klocke, F.; Arntz, K.: Technologien für den Werkzeug- und Formenbau von morgen. In: Tagungsband 4. Internationales Kolloquium "Werkzeugbau mit Zukunft". Aachen 2004.
- [Kor04] Korge, A.; Scholz, O.: Ganzheitliche Produktionssysteme – Produzierende Unternehmen innovativ führen. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 94 Jg. (2004), H. 1/2, S. 2-6.
- [Kor05] Korge, A.: Lean Management mit System: Höchste Wettbewerbsfähigkeit durch menschengerechte und ganzheitliche Gestaltung. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 95 Jg. (2005), H. 1/2, S. 29-34.
- [Kor07] Kortmann, C.; Uygun, Y.: Ablauforganisatorische Gestaltung der Implementierung von Ganzheitlichen Produktionssystemen. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 102. Jg. (2007), H. 10, S. 635-639.
- [Kru00] Kruse, R.; Borgelt, C.; Nauck, D.: Data Mining mit Neuro-Fuzzy-Systemen. In: Inderfurth, K. (Hrsg.): Operations Research, SOR 1999 Proceedings, Springer Verlag, Berlin 2000, S. 249 - 254.
- [Kur92] Kurbel, K.: Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen. Eine anwendungsorientierte Einführung in wissensbasierte Systeme. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 1992.
- [Küh06] Kühn, W.: Digitale Fabrik : Fabriksimulation für Produktionsplaner. Carl Hanser Verlag, München u. a. 2006.
- [Lay07] Lay, G.; Willimsky, E.; Zanker, C.: Steuerung Integrierter Modernisierungskonzepte. ZWF, Carl Hanser Verlag, 102 Jg. (2007), H. 3, S. 128-133.
- [Lay08] Lay, G. (Hrsg.): Von Modernisierunginseln zu integrierten Produktionssystemen: Ein Leitfaden für die strategierorientierte Verknüpfung betrieblicher Modernisierungsmaßnahmen in kleinen und mittleren Unternehmen. VDMA Verlag, Frankfurt a. M. 2008.
- [Lin01] Linck, J.: A Decomposition-Based Approach for Manufacturing System Design. Doctoral Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge 2001.

- [Lin05] Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.
- [Lik07] Liker, J. K.: Der Toyota Weg – 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 3. Aufl., Finanzbuchverlag, München 2007.
- [Lob01] Lobemeier, J.: Behandlung von technischen Änderungen beim Werkzeug- und Vorrichtungsbau. In: Zukunft Qualität, Tagungsband zur FQS-Forschungstagung 2001, FQS-Band 80-01, Frankfurt am Main 2001, S. E1-E7.
- [Mai09] Maisch, K.; Zimmermann, M.: Wissensportal Lean Manufacturing. Internet: <http://www.lean-manu.de/>, 11.12.2009.
- [Mic86] Michalski, R.: Understanding the Nature of Learning. In: Michalski, S.; Carbonell, G.; Mitchell, T. (Hrsg.): Machine Learning - An Artificial Intelligence Approach. Morgan Kaufmann, Palo Alto 1986.
- [Mie06] Mierswa, I.; Wurst, M.; Klinkenberg, R.; Scholz, M.; Euler, T.: YALE: Rapid Prototyping for Complex Data Mining Tasks. In: Proceedings of the 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD 2006), Philadelphia 2006, S. 935-940.
- [Mon93] Monden, Y.: Toyota Production System – An Integrated Approach to Just-In-Time. 2nd ed., Industrial Engineering and Management Press, Norcross 1993.
- [MTM01] Deutsche MTM-Vereinigung e.V.: Das Ganzheitliche Produktionssystem - Expertenwissen für neue Konzepte. Management-Leitfaden. Hamburg 2001.
- [NN09a] N. N.: Ganzheitliches Produktionssystem, Deutsche MTM-Vereinigung e.V.. Internet: <http://www.gps.dmtm.com/index/index.php>, 03.12.2009.
- [Oel00] Oeltjenbruns, H.: Organisation der Produktion nach dem Vorbild Toyotas - Analyse, Vorteile und detaillierte Voraussetzungen sowie die Vorgehensweise zur erfolgreichen Einführung am Beispiel eines globalen Automobilkonzerns. Shaker-Verlag, Aachen 2000.
- [Oet05] Oetzmann, A.: Einsatz wissensbasierter Systeme im Qualitätsmanagement von Produktionsverbänden. Vulkan-Verlag, Essen 2005.
- [Ohn88] Ohno, T.: Toyota Production System Beyond Large-Scale Production. Productivity Press, New York 1998.
- [Ove08a] Overmeyer, L.; Ullmann, G.: Methodenwissen im Werkzeug- und Formenbau: Ergebnisse einer Studie zum Wissensstand bezüglich Lean-Production-Methoden in der Unikatfertigung. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 98. Jg. (2008), H. 11/12, S. 914-919.

- [Ove08b] Overmeyer, L.; Ullmann, G.; Nickel, R.: Lernen von den Großen - Generisches Produktionssystem für kmU mit Einzelfertigung. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Carl Hanser Verlag, 53. Jg. (2008), H. 5, S. 60-61.
- [Pah07] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2007.
- [Pep05] Pepels, W.: Grundlagen der Unternehmensführung. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2005.
- [Pet05] Petersohn, H.: Data Mining: Verfahren, Prozesse, Anwendungsarchitektur. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2005.
- [Pet09] Peter, K.: Bewertung und Optimierung der Effektivität von Lean Methoden in der Kleinserienproduktion. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe 2009.
- [Pol95] Pollack, A.: Entwicklung eines Informationssystems zur strategischen Planung des Werkzeugbaus. Shaker Verlag, Aachen 1995.
- [Pro99] Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen: wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 3. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 1999.
- [Pup90] Puppe, F.: Problemlösungsmethoden in Expertensystemen. Springer-Verlag, Berlin u. a. 1990.
- [Pup91] Puppe, F.; Legleitner, T.; Huber, K. P.: DAX/MED2 - A Diagnostic Expert System for Quality Assurance of an Automatic Transmission Control Unit. In: Zarri, G. P. (Ed.): Operational Expert System Applications in Europe. Pergamon Press, Oxford 1991.
- [Qua08] Quasdorf, O.; Bracht, U.: Das Toyota-Produktionssystem: Grundlagen und Stand der Umsetzung des TPS in Deutschland. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 98. Jg. (2008), H. 4, S. 268-273.
- [Rij79] Rijsbergen, C. J. van: Information Retrieval. 2. Aufl., Butterworths, London 1979.
- [Rum05] Rumpelt, T.: Nicht kopieren, Kopieren! In: Automobil-Produktion, verlag moderne industrie GmbH, (2005), H. 7, S. 18-22.
- [Sch03] Schuh, G.; Zohm, F.; Sauer, A.: Werkzeugbau der Zukunft: Von den Besten lernen. In: Schmiede-Journal, (2003), H. 9, S. 36-37.
- [Sch07] Schuh, G.; Klotzbach, C.; Gaus, F.: Werkzeugbau – vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 102 Jg. (2007), H. 12, S. 808-812.
- [Sch09] Schuh, G.; Zwanzig, F.: Synchronisierung im Werkzeugbau. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 104 Jg. (2009), H. 5, S. 362-365.

- [Sch04] Schultetus, W.: Praxisrelevanz arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Anforderungen an die Unternehmen und wirtschaftlicher Nutzen. Dissertation, Technische Universität Chemnitz, Chemnitz 2004.
- [Sch67] Schmidt-Sudhoff, U.: Unternehmensziele und unternehmerisches Zielsystem. Gabler Verlag, Wiesbaden 1967.
- [Sch98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung: Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Gabler Verlag, Wiesbaden 1998.
- [Scn05] Schnetzler, M. J.: Kohärente Strategien im Supply Chain Management - Eine Methodik zur Entwicklung und Implementierung von Supply Chain-Strategien. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich 2005.
- [Scn07] Schnetzler, M. J.; Sennheiser, A.; Schönsleben, P.: A decomposition-based approach for the development of a supply chain strategy. In: International Journal of Production Economics, Elsevier, Vol. 105 (2007), I. 1, p. 21-42.
- [Scu09] Schulze, C. P.; Klemke, T.; Nyhuis, P.: Leanbefähiger - Ein Ansatz für die Gestaltung ressourceneffizienter Fabriken. In: wt online, Jg. 99 (2009), Heft 9, S. 684-688.
- [Shi89] Shingo, S.: Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint. Productivity Press, Portland 1989.
- [Sho76] Shortliffe, E. H.: Computer Based Medical Consultations: MYCIN. Elsevier, New York 1976.
- [Sim83] Simon, H. A.: Why Should Machines Learn? In: Michalski, S.; Carbonell, G.; Mitchell, T. (Hrsg.): Machine Learning - An Artificial Intelligence Approach. Morgan Kaufmann, Palo Alto 1983.
- [Sin08] Singelmann, M.: Im Lean Center die Mannschaft für ein effizientes Produktionssystem trainieren. In: produce, Verlag Produktionstechnisches Zentrum GmbH, o. Jg. (2008), H. 2, S. 31-33.
- [Sow91] Sowa, J.: Principles of Semantic Networks. Morgan Kaufmann, San Mateo 1991.
- [Spa03] Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren: Innovative Organisation und Führung. LOG_X Verlag, Stuttgart 2003.
- [Spe01] Spennemann, F. W.: Gestaltung von Organisationsstrukturen im Werkzeugbau. Shaker Verlag, Aachen 2001.
- [Spe09] Specht, D.; Gruß, R.: Lean Production: Anwendungsvoraussetzungen in der Einzelfertigung. In: Productivity Management, GITO-Verlag, 14. Jg. (2009), H. 4, S. 58-61.

- [Spr09] Spreckelsen, C. ; Spitzer, K.: Wissensbasen und Expertensysteme in der Medizin. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009.
- [Str07] Strausberg, J. R.; Kessler, S.: Ganzheitliche Produktionssysteme entlang der Wertschöpfungskette. Schlussbericht AiF-Vorhaben (14671 N), Dortmund 2007.
- [Str09] Strausberg, J. R.; Deuse, J.; Baudzus, B.: Didaktische Hilfsmittel zur Umsetzung schlanker Produktionssysteme. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 104. Jg. (2009), H. 10, S. 847-852.
- [Suh01] Suh, N. P.: Axiomatic Design - Advances and Applications. Oxford University Press, New York, Oxford 2001.
- [Tak04] Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem – Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.
- [Tre03] Treier, C.: Entwicklung eines Methodenberatungs- und -gestaltungssystems zur Erforschung und Rationalisierung des Methodeneinsatzes in Wirtschaft und Wissenschaft. Shaker Verlag, Aachen 2003.
- [Tou09] Toutenburg, H.; Schomaker, M.; Wißmann, M.: Arbeitsbuch zur deskriptiven und induktiven Statistik. 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2009.
- [Tön03] Tönshoff, H. K.; Eger, M.; Oelschläger, H.: Lebenszykluskosten in der Angebotskalkulation. In: wt online, Jg. 93 (2003), Heft 11, S. 724-728.
- [Tra01] Tracht, K.: Planung und Steuerung des Werkzeug- und Formenbaus auf Basis eines integrierten Produktmodells. Dissertation, Universität Hannover 2001.
- [Ull09a] Ullmann, G.; Nickel, R.; Overmeyer, L.: Repräsentation von Produktionssystemwissen - Wissensbasierte Systeme zur Einführung und zum Betrieb von Ganzheitlichen Produktionssystemen. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 104. Jg. (2009), H. 4, S. 273-279.
- [Ull09b] Ullmann, G.; Nickel, R.: Für starke Produktionssysteme – Konstruktion branchenspezifischer Referenzprozessmodelle. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Carl Hanser Verlag, 54. Jg. (2009), H. 9, S. 66-67.
- [Ull09c] Ullmann, G.; Altmann, D.; Overmeyer, L.: Ein Beitrag zur Anwendungsorientierten Konstruktion von Referenzprozessmodellen. Arbeitspapier, Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH, 28.01.2009.
- [Ull10] Ullmann, G.; Overmeyer, L.: Expertensystem zur Einführung von Lean Production im Werkzeugbau. In: Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (Hrsg.): FQS-DGQ, Band 88-07, 1. Aufl., Frankfurt am Main 2010.
- [Vol09] Vollmer & Scheffczyk GmbH: Das Planspiel presto® auf einen Blick. Internet: <http://www.v-und-s.de/viewart.html?id=86>, 15.12.2009

- [Wal06] Walzl, H.; Guntermann, G.; Zwanzig, F.: Getakteter Werkzeugbau - Eine Vision. In: 3. Lean Management Summit-Aachener Management Tage, Hrsg.: Schuh, G.; Wiegand, B., Eigendruck WZL Forum Aachen 2006.
- [Wes02] Westekemper, M.: Methodik zur Angebotspreisbildung am Beispiel des Werkzeug- und Formenbaus. Dissertation, RWTH Aachen 2002.
- [Wil04] Willms, K.: Gestaltung eines integrierten strategischen Zielsystems im internationalen Industriekonzern unter besonderer Berücksichtigung des Balanced Scorecard-Konzepts. Verlag der Faber'schen Universitäts-Buchhandlung, Gießen 2004.
- [Wil06] Wildemann, H.; Baumgärtner, G.: Suche nach dem eigenen Weg: Individuelle Einführungskonzepte für Schlanke Produktionssysteme. In: ZWF, Carl Hanser Verlag, 101 Jg. (2006), H. 10, S. 546-552.
- [Wit01] Witten, I. H.; Frank, E.: Data Mining. Praktische Werkzeuge und Techniken für das maschinelle Lernen. Hanser Verlag, München u. a. 2001.
- [Wol03] Wollny, S.: Erklärungsfähigkeit kooperierender regelbasierter Expertensystem zum diagnostischen Problemlösen. Dissertation, Technische Universität Berlin, 2003.
- [Wom90] Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D.: The Machine That Changed the World. Macmillan-Verlag, New York 1990.
- [Wom04] Womser-Hacker, C.: Theorie des Information Retrieval III: Evaluierung. In: Kuhlen, R.; Seeger, T.; Strauch, D. (Hrsg.): Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation, Bd. 1, 5. Aufl., K. G. Saur Verlag, München 2004.
- [Wre07] Wrede, D.: Das Gold in den Köpfen der Mitarbeiter - Zur Integration von Ideen- und Wissensmanagement. Dissertation, Leibniz Universität Hannover 2007.
- [Wro00] Wrobel, S.; Morik, K.; Joachims, T.: Maschinelles Lernen und Data Mining. In: Görz, G.; Rollinger, C.-R.; Schneeberger, J. (Hrsg.): Handbuch der Künstlichen Intelligenz. 3. Aufl., Oldenbourg Verlag, München u. a. 2000.
- [Zan99] Zanker, W.: Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden. Dissertation, Technischen Universität München, 1999.
- [Zäh06] Zäh, M. F.; Aull, F.: Lean Production-Methoden und Interdependenzen: Untersuchung der Interdependenzen von Lean Production-Methoden auf Basis von T. Ohno, S. Shingo und H. Takeda. In: wt-online, Springer VDI Verlag, 96. Jg. (2006), H. 9, S. 683-687.
- [Zed09] Zedtwitz, A.: Partnerschaft von Kunden und Werkzeugbau – Gemeinsam durch die Krise. In: Form und Werkzeug, Carl Hanser Verlag, (2009), H. 1, S. 10-11.

9 Anhang

9.1 Darstellung der Zielinstanzen

9.1.1 Entwicklungsperspektive

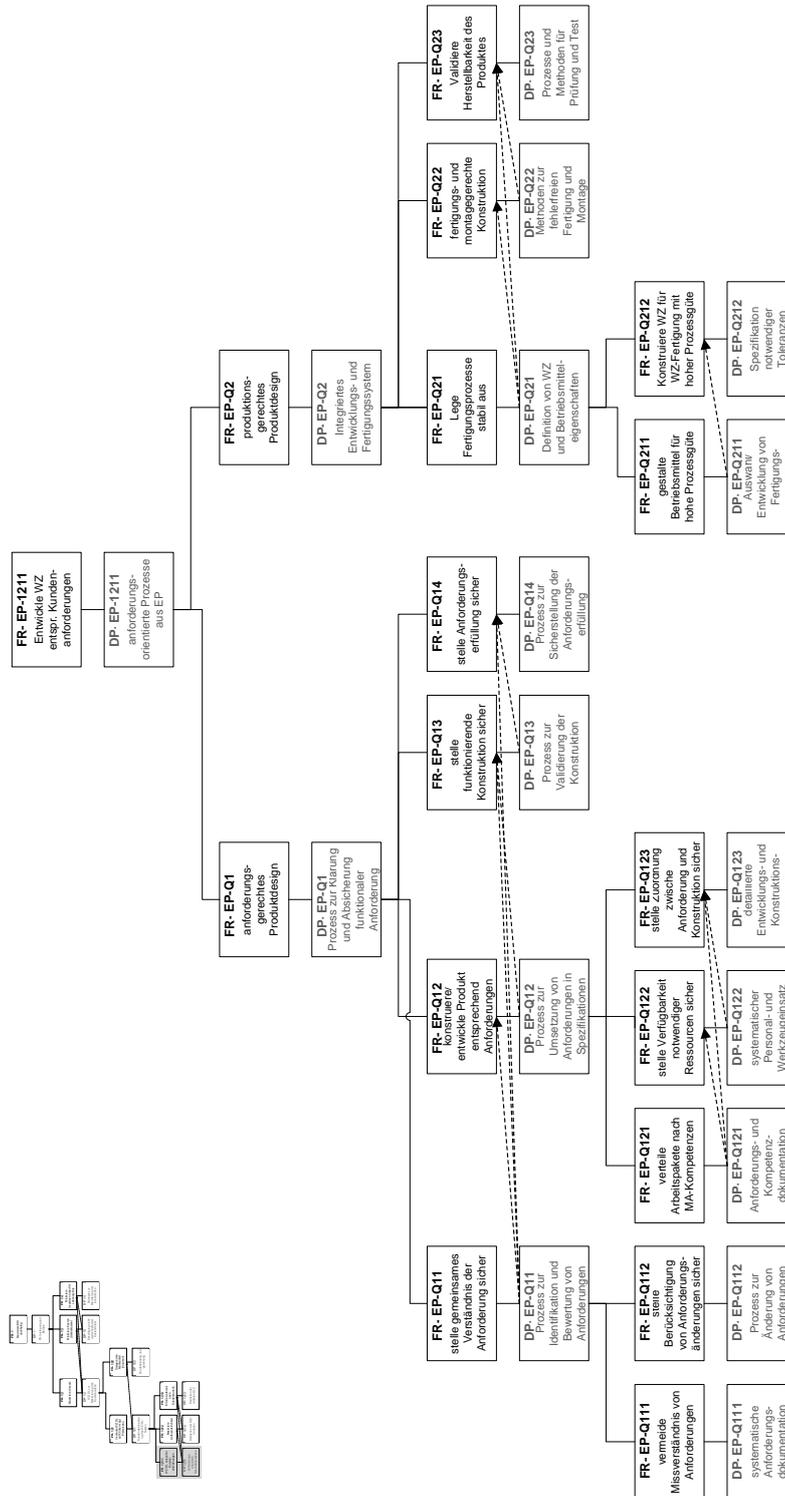


Bild 9.1: Zielinstanzen aus Entwicklungsperspektive (Zielgröße Qualität)

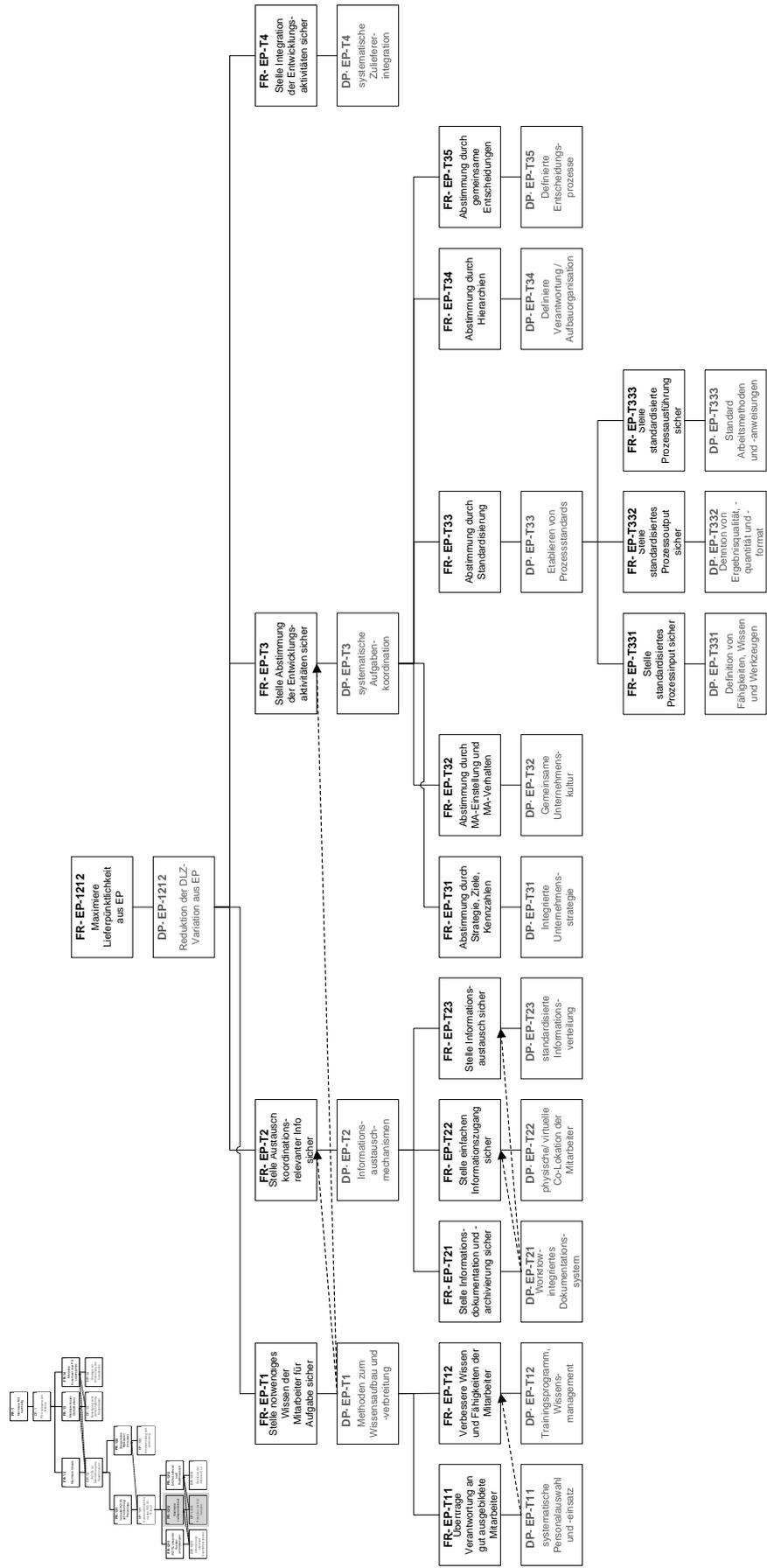


Bild 9.2: Zielinstanzen aus Entwicklungsperspektive (Zielgröße Termintreue)

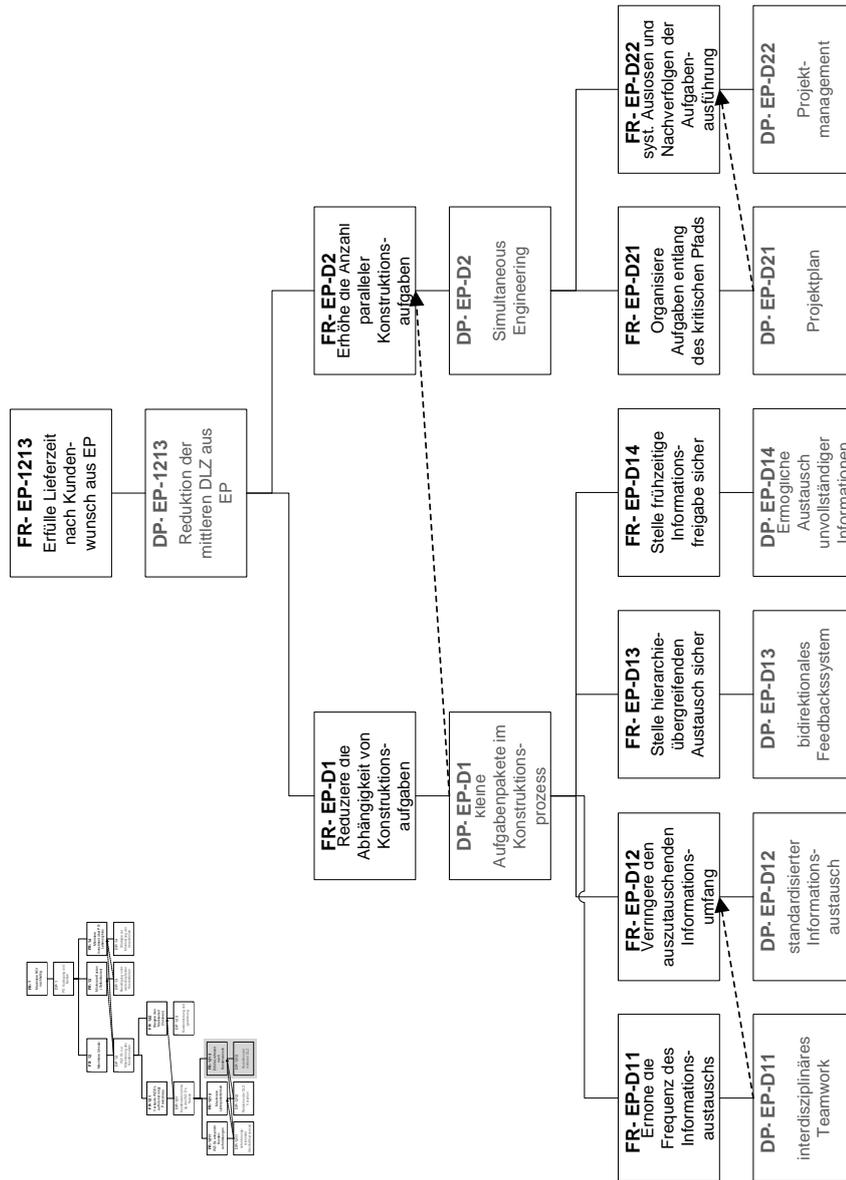


Bild 9.3: Zielinstanzen aus Entwicklungsperspektive (Zielgröße Durchlaufzeit)

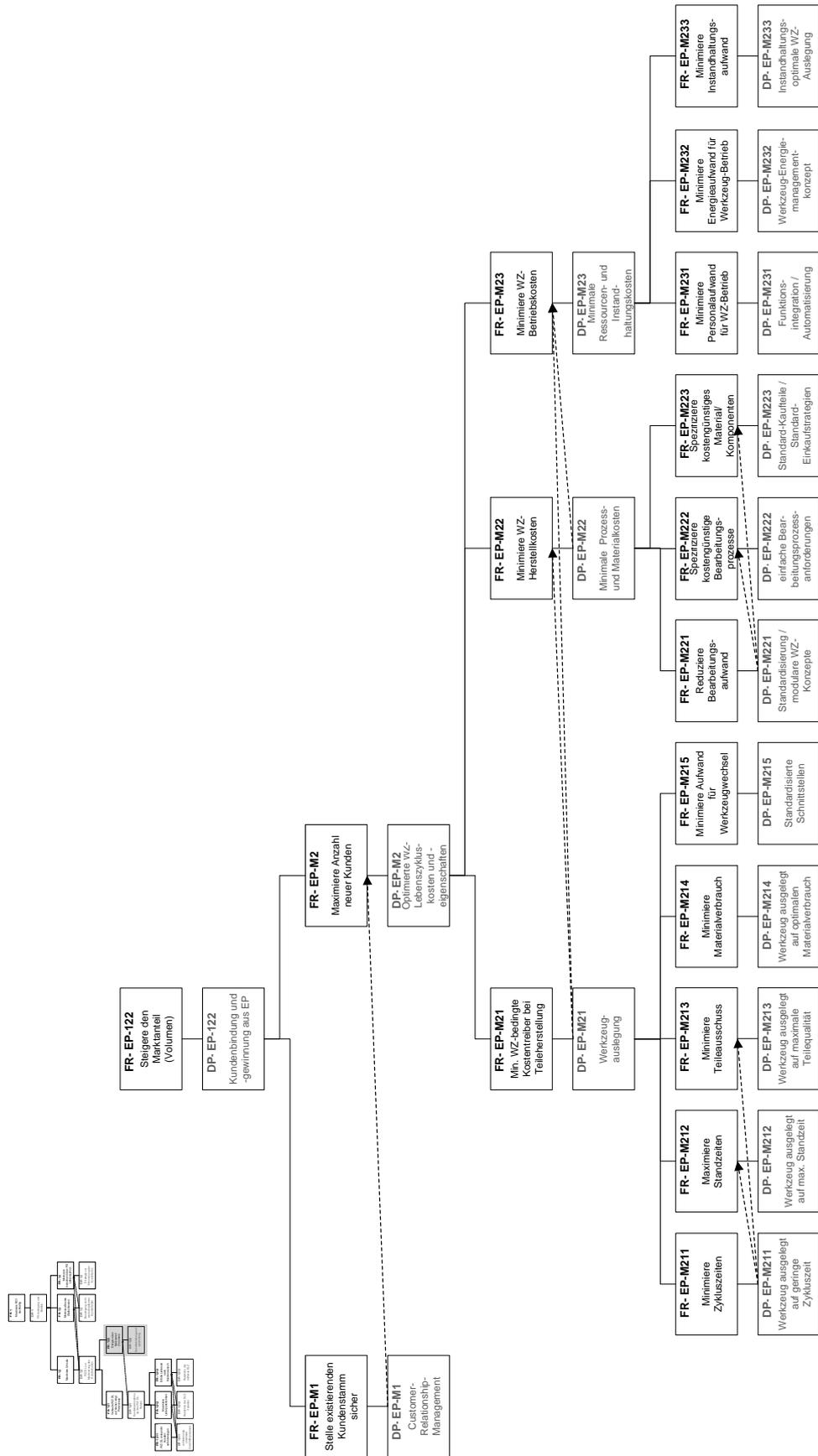


Bild 9.4: Zielinstanzen aus Entwicklungsperspektive (Zielgröße Marktanteil)

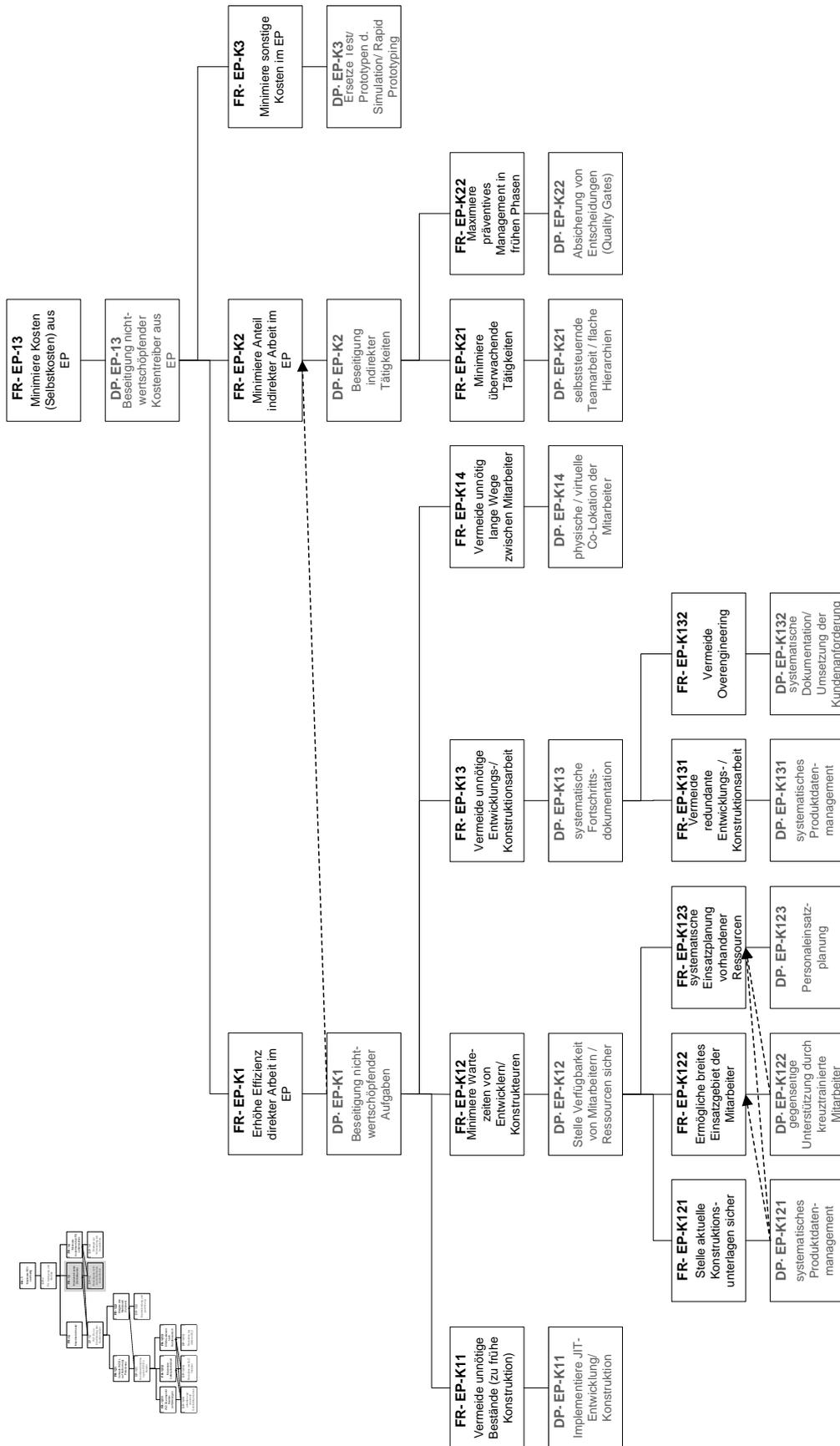


Bild 9.5: Zielinstanzen aus Entwicklungsperspektive (Zielgröße Kosten)

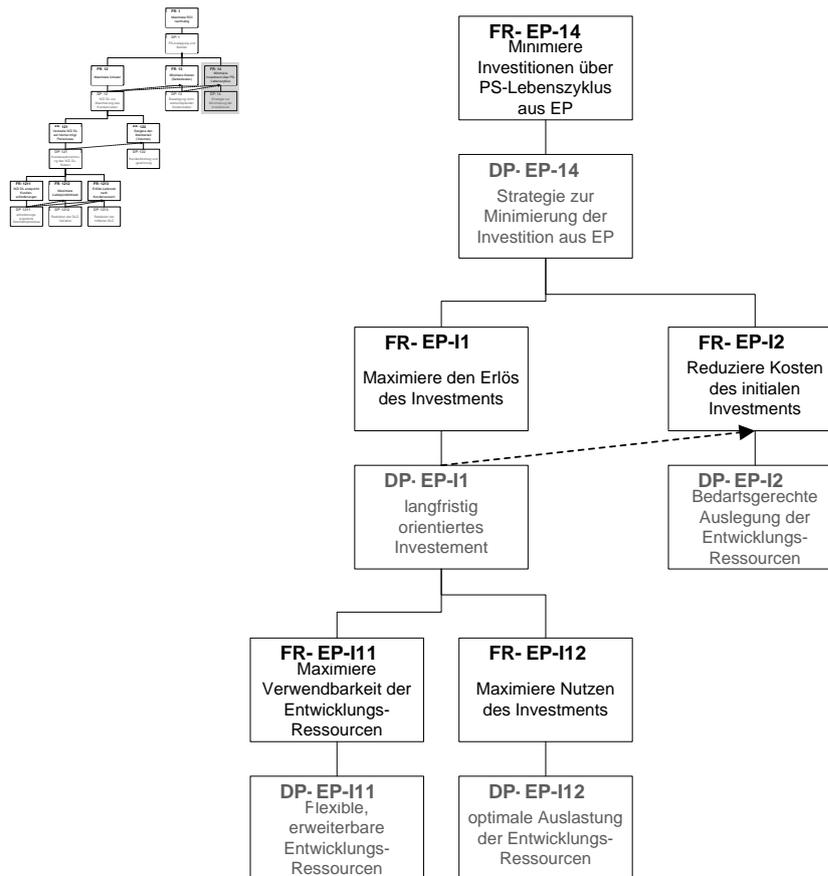


Bild 9.6: Zielinstanzen aus Entwicklungsperspektive (Zielgröße Investition)

9.1.2 Logistikperspektive

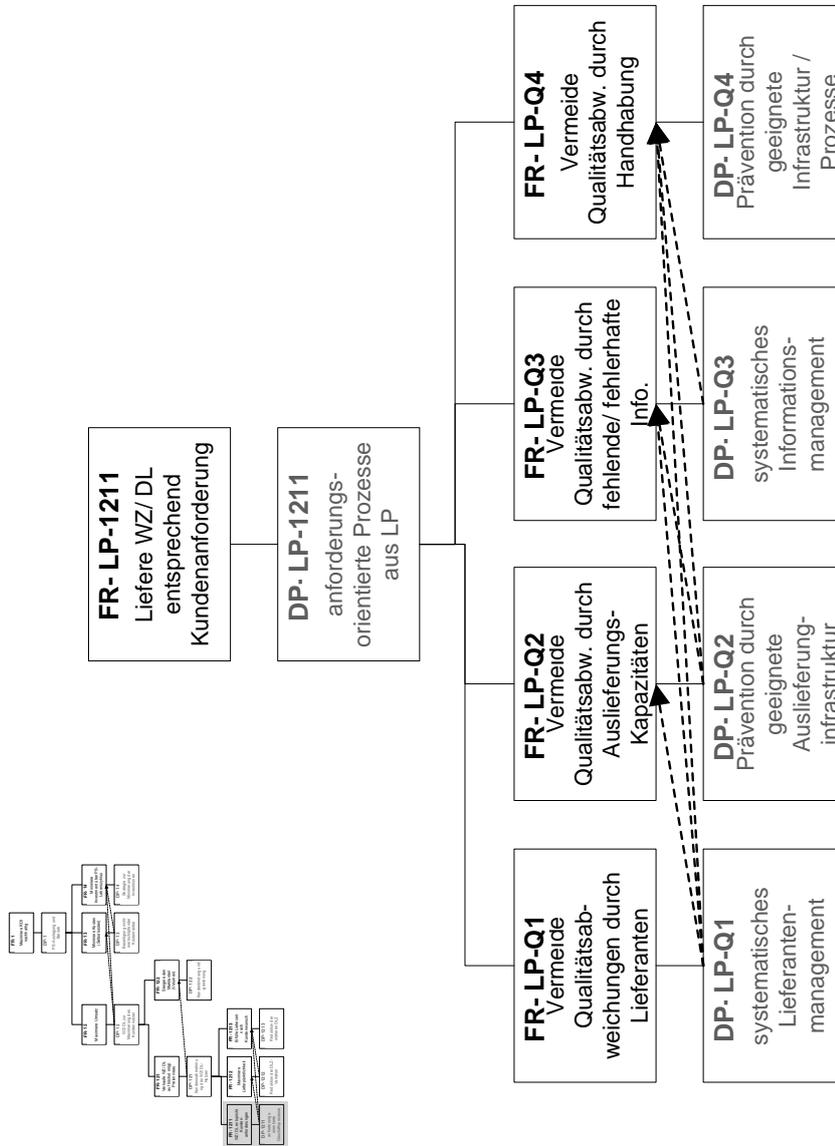


Bild 9.7: Zielinstanzen aus Logistikperspektive (Zielgröße Qualität)

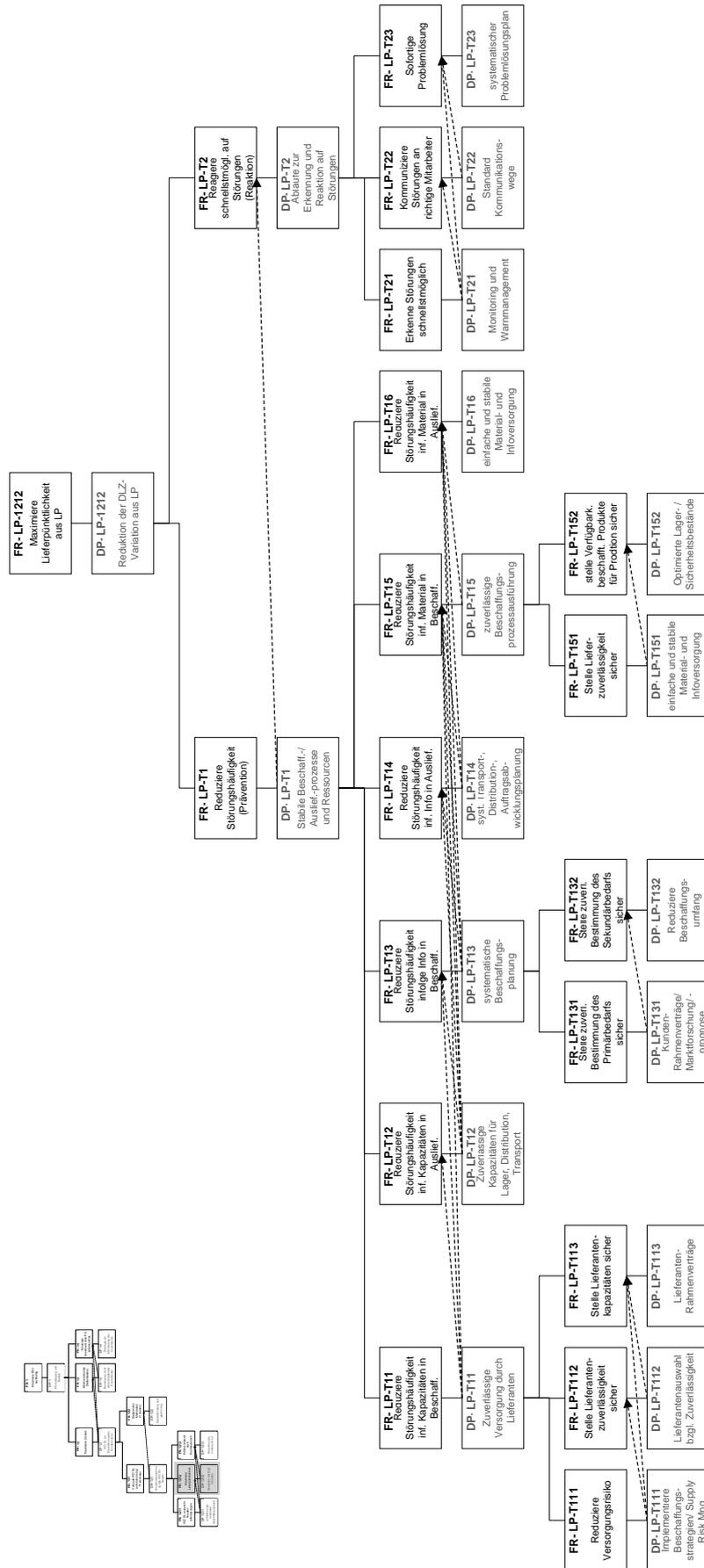


Bild 9.8: Zielinstanzen aus Logistikperspektive (Zielgröße Termintreue)

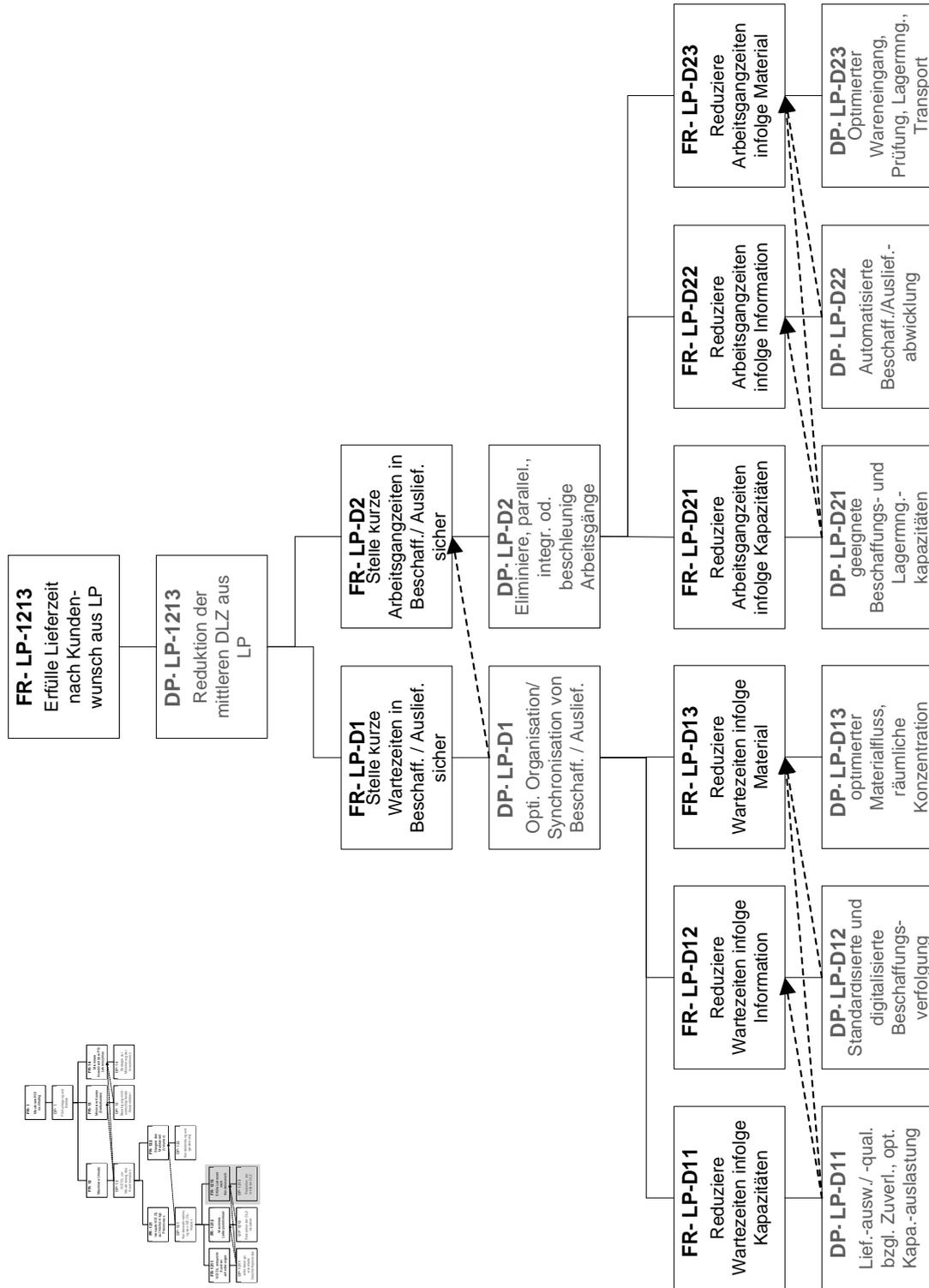


Bild 9.9: Zielinstanzen aus Logistikperspektive (Zielgröße Durchlaufzeit)

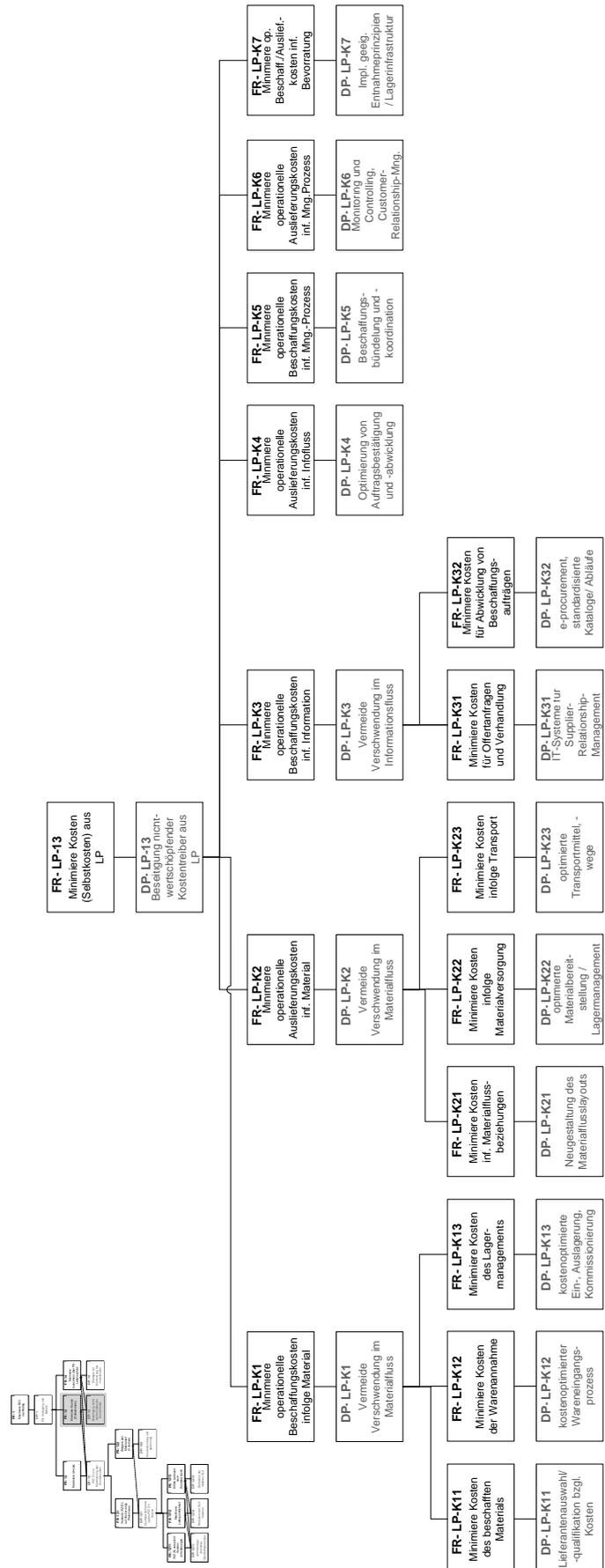


Bild 9.10: Zielinstanzen aus Logistikperspektive (Zielgröße Kosten)

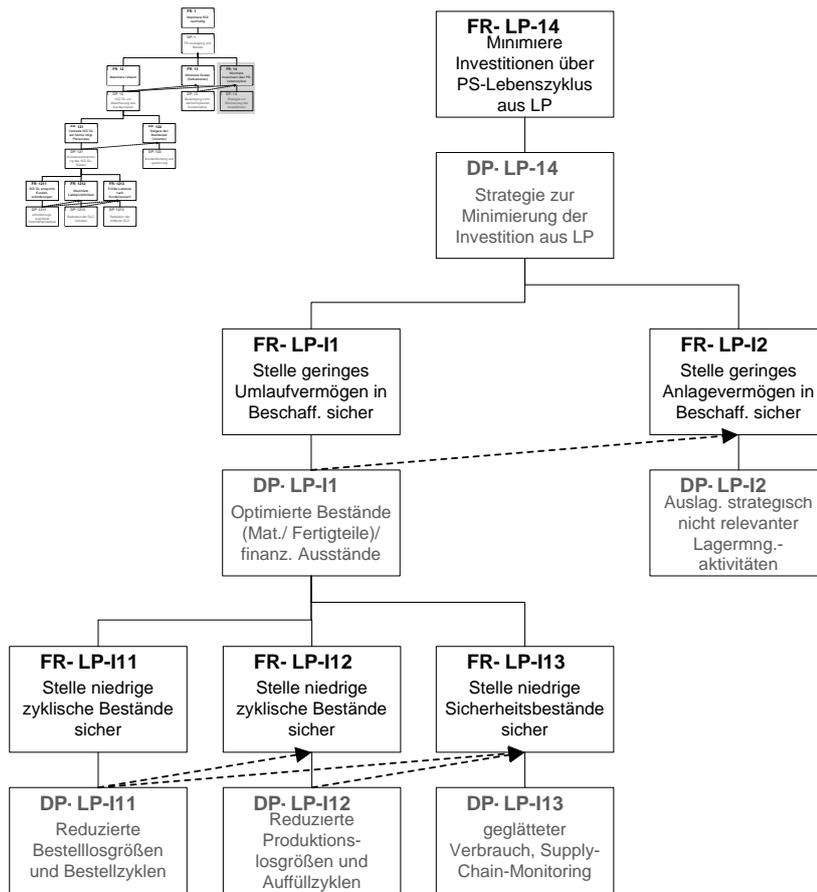


Bild 9.11: Zielinstanzen aus Logistikperspektive (Zielgröße Investition)

9.1.3 Produktionsperspektive

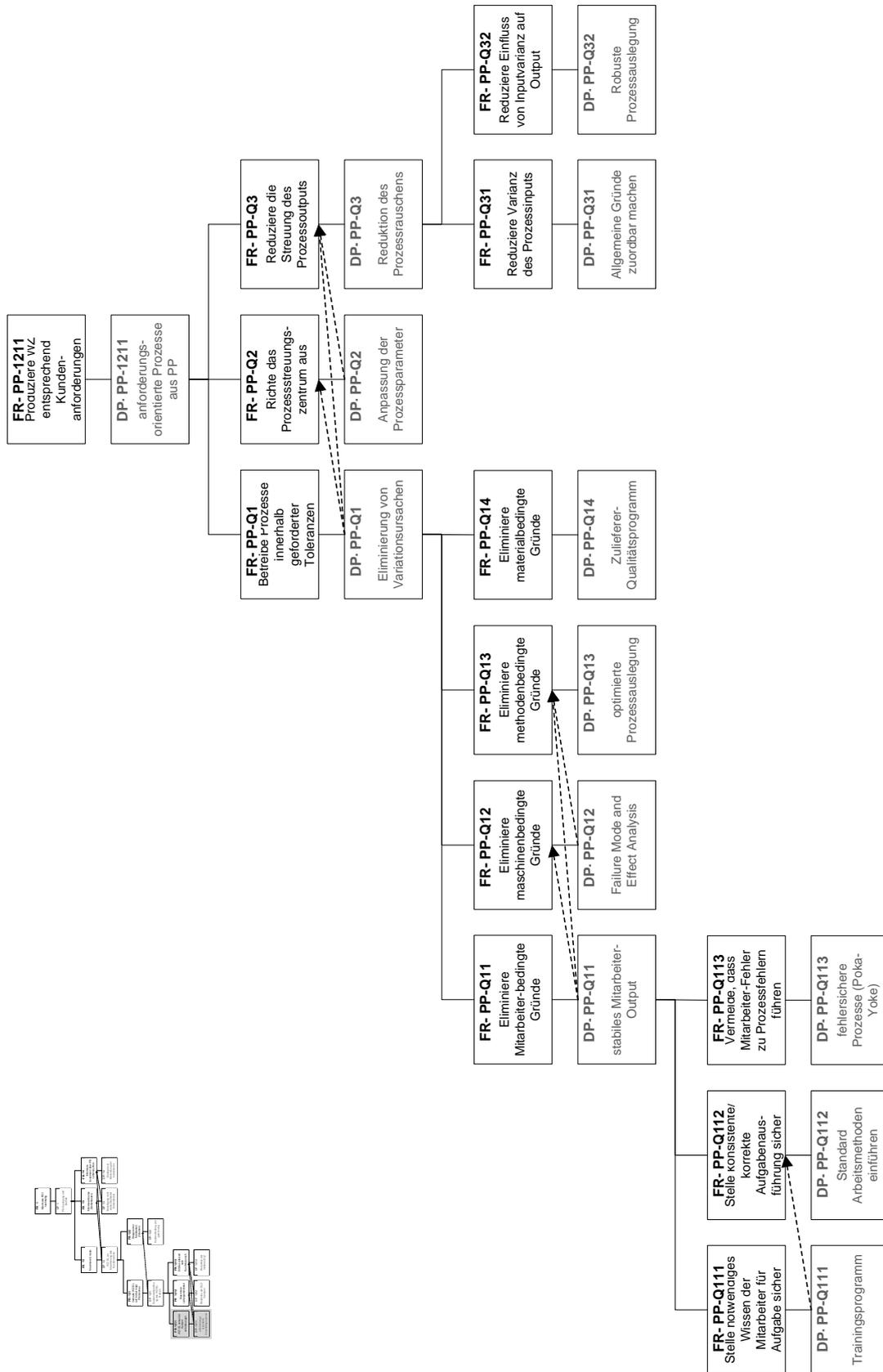


Bild 9.12: Zielinstanzen aus Produktionsperspektive (Zielgröße Qualität)

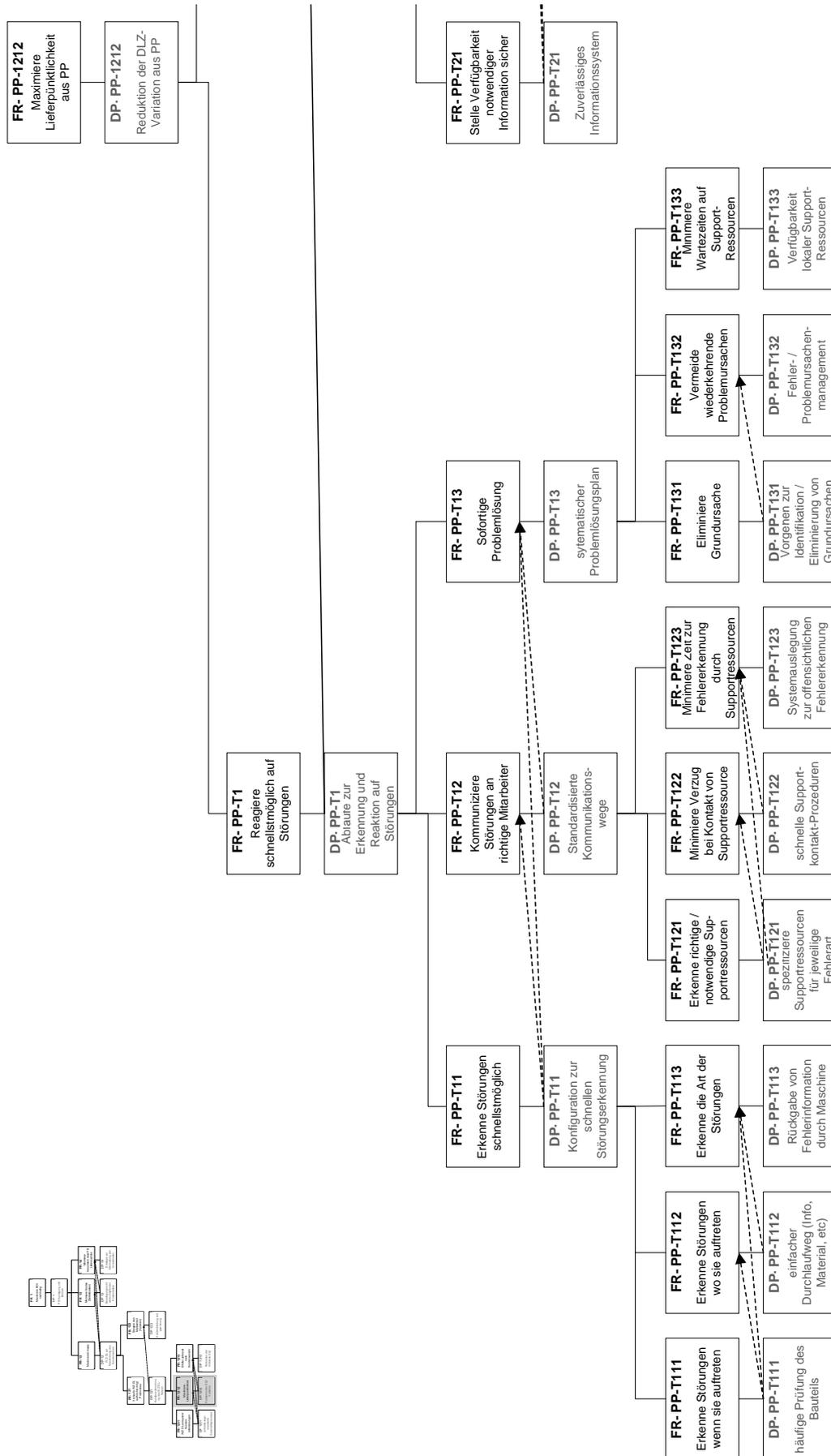


Bild 9.13: Zielinstanzen aus Produktionsperspektive (Zielgröße Termintreue) (1/2)

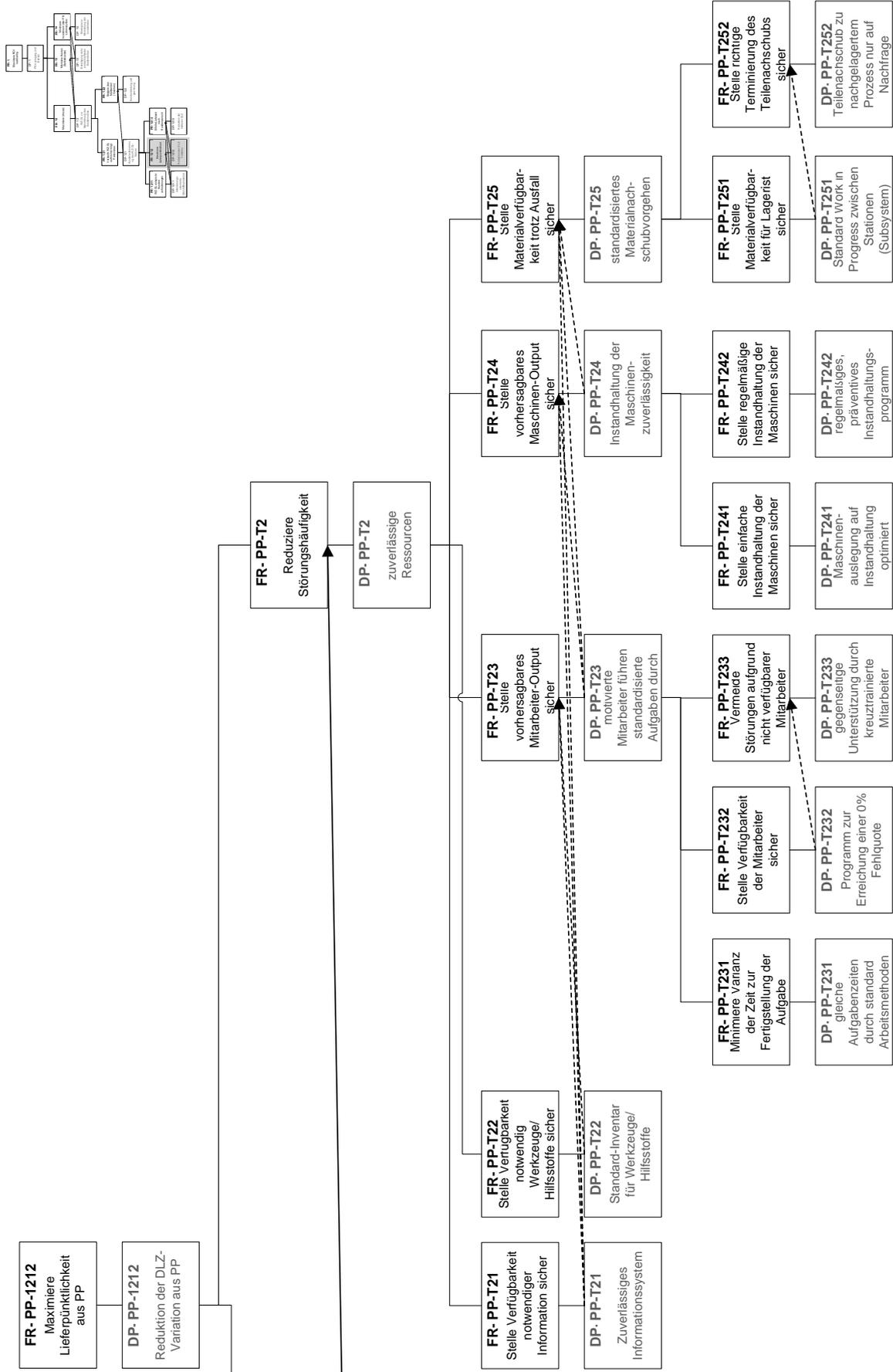


Bild 9.14: Zielinstanzen aus Produktionsperspektive (Zielgröße Termintreue) (2/2)

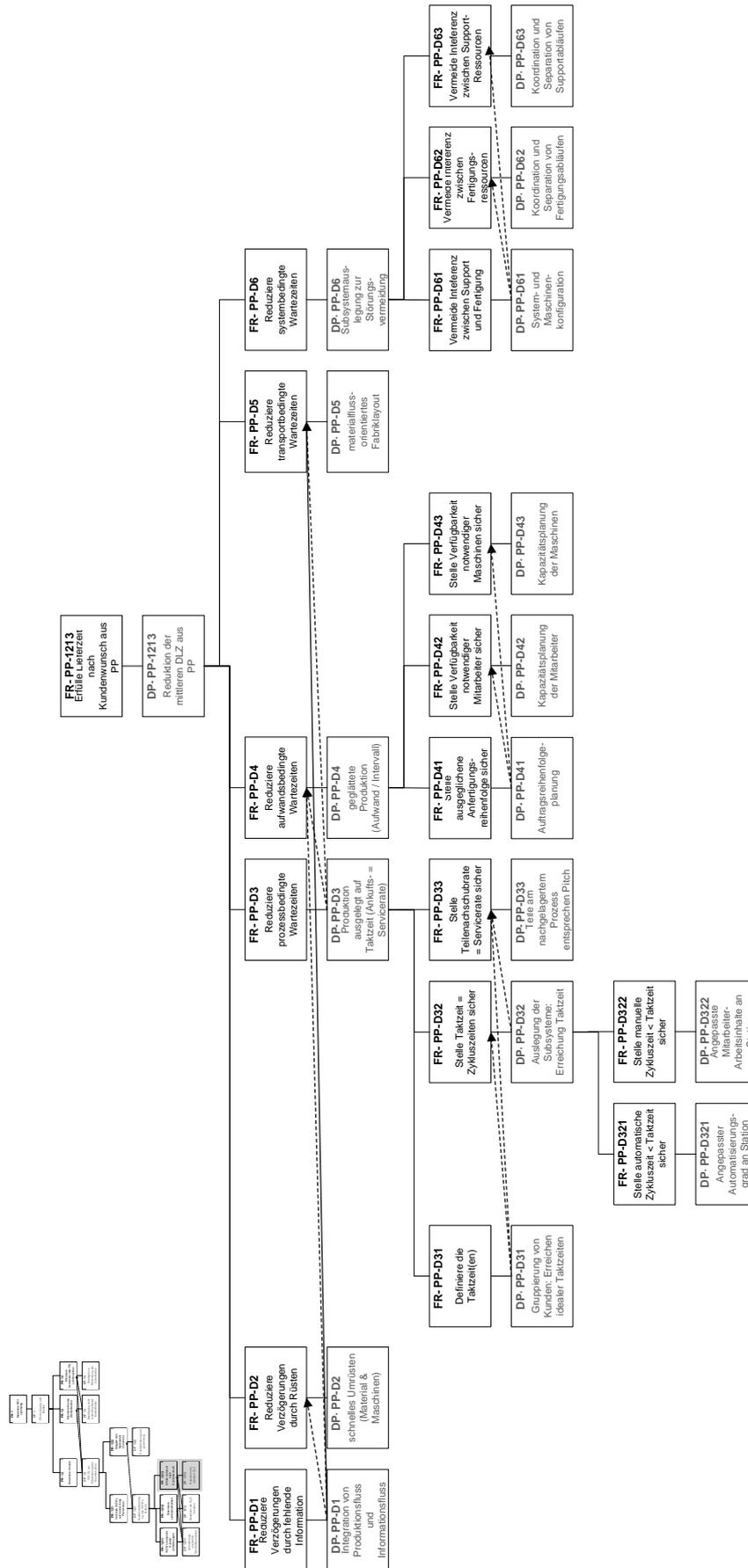


Bild 9.15: Zielinstanzen aus Produktionsperspektive (Zielgröße Durchlaufzeit)

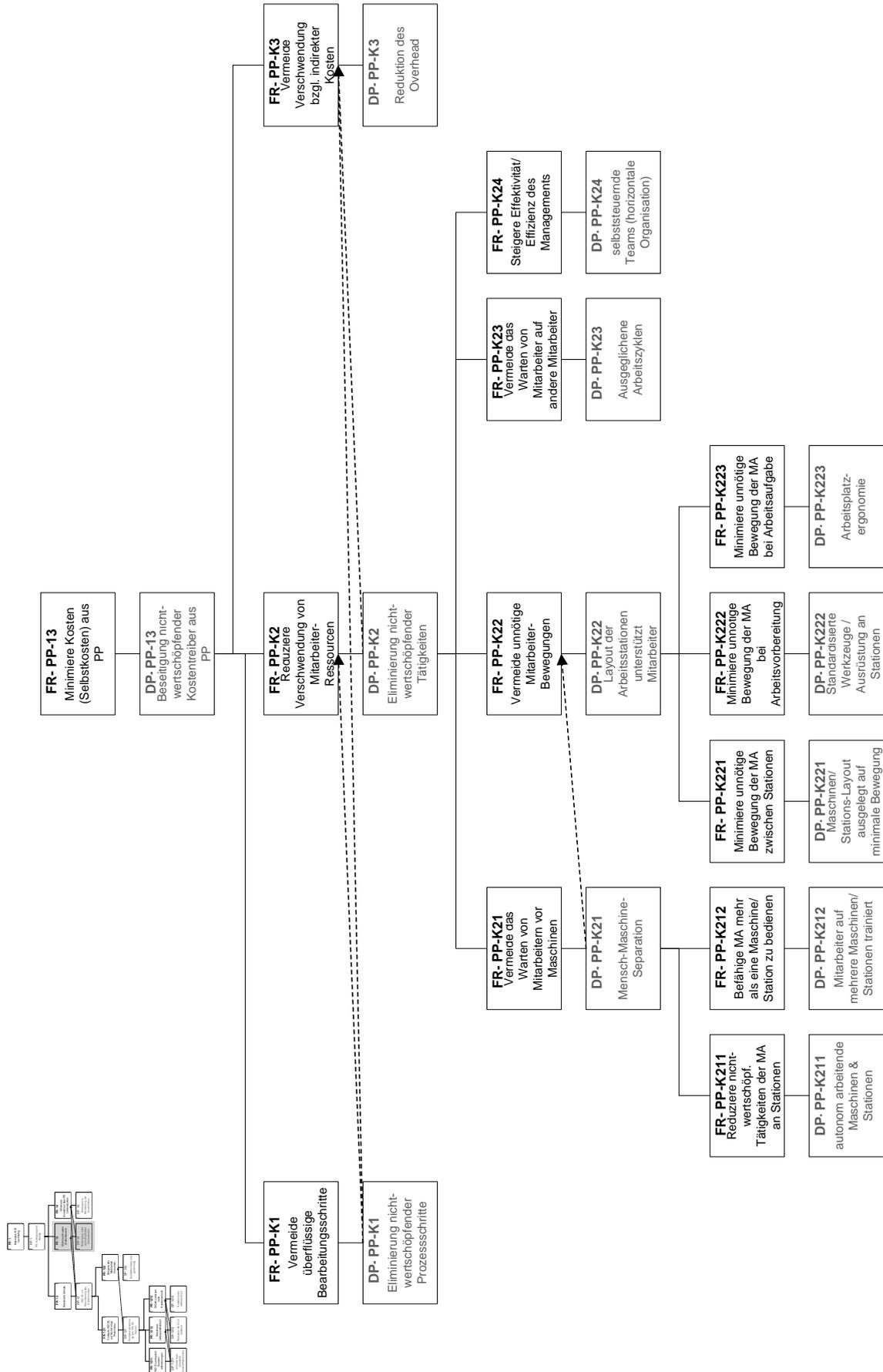


Bild 9.16: Zielinstanzen aus Produktionsperspektive (Zielgröße Kosten)

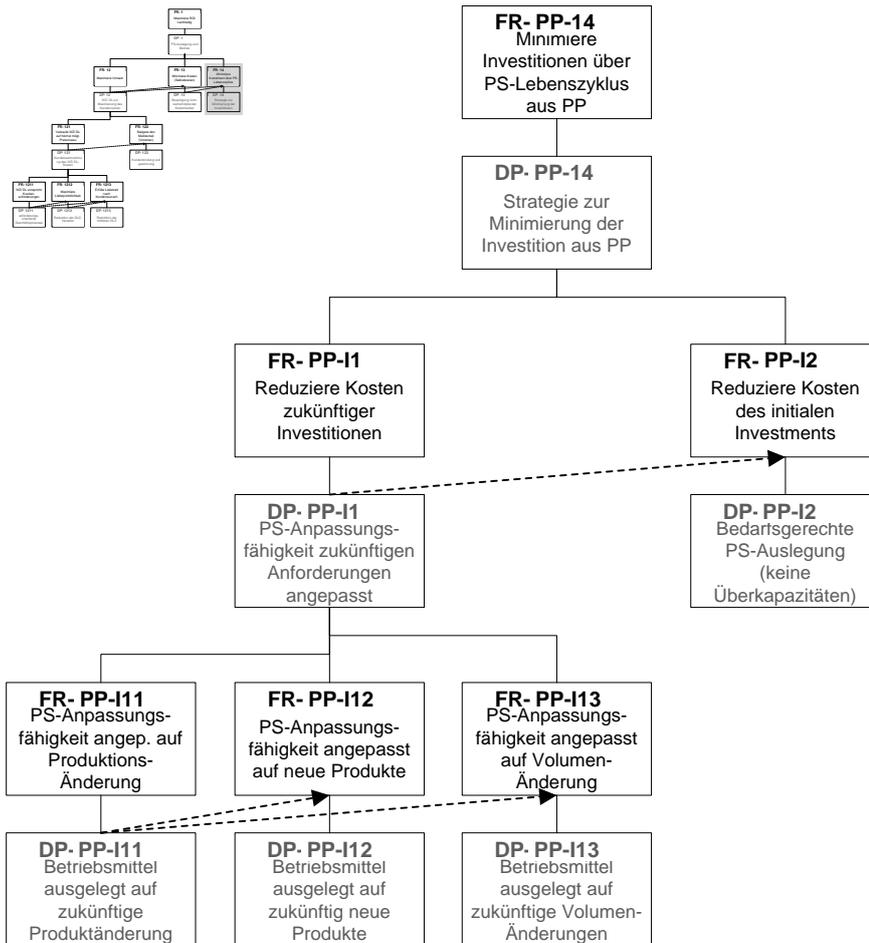


Bild 9.17: Zielinstanzen aus Produktionperspektive (Zielgröße Investition)

9.2 Darstellung der Prozessschrittinstanzen

Nachfolgend werden die Instanzen des Konzepts Prozessschritt aufgeführt. Da die Prozessmodelle infolge ihrer Größe teilweise nicht lesbar sind, wurden die entsprechenden Prozessschrittinstanzen in Kapitel 9.5 jeweils auch tabellarisch aufgelistet.

9.2.1 Prozessmodell Angebotserstellung

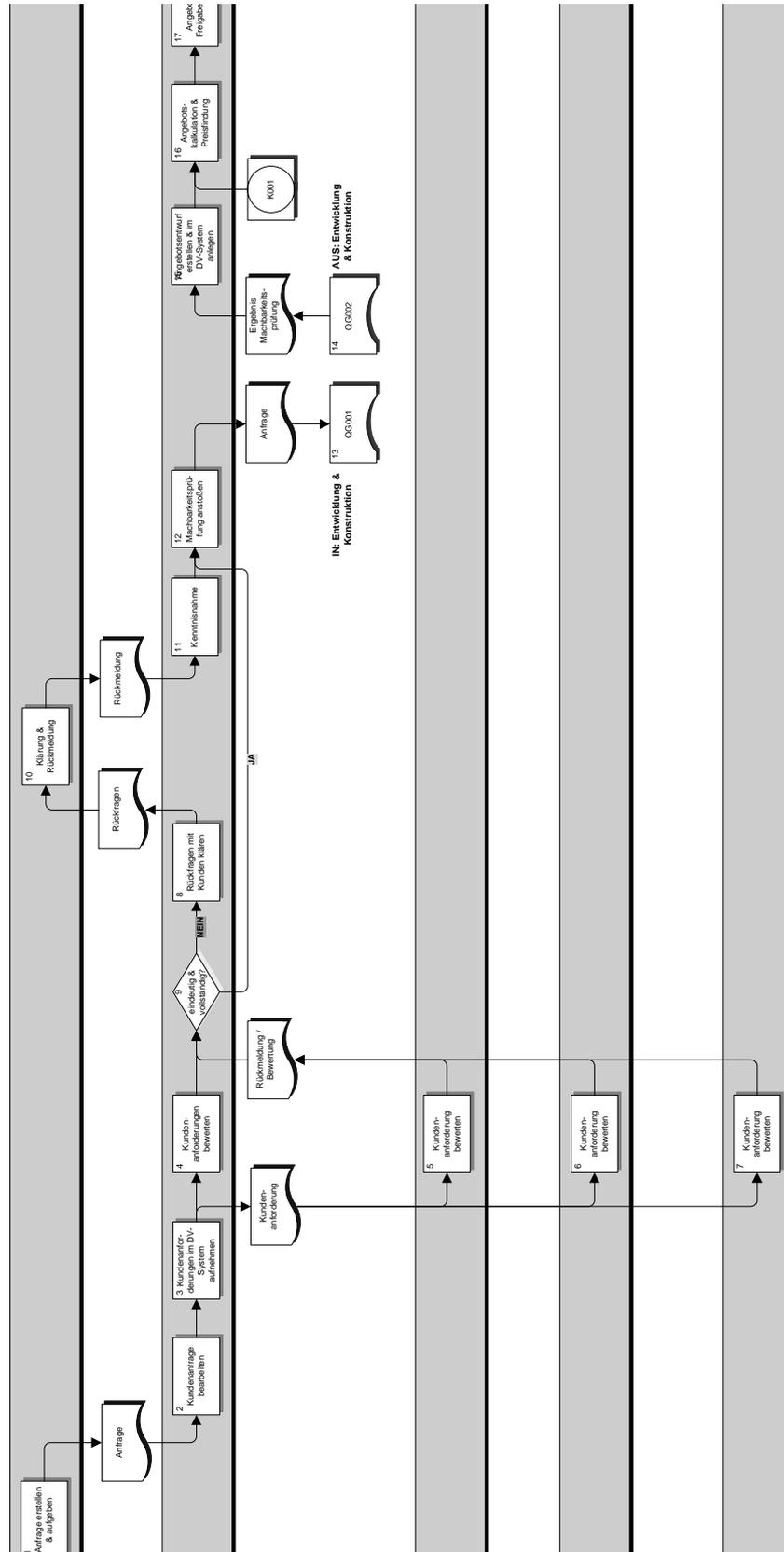


Bild 9.18: Prozessmodell Angebotserstellung (1/3)

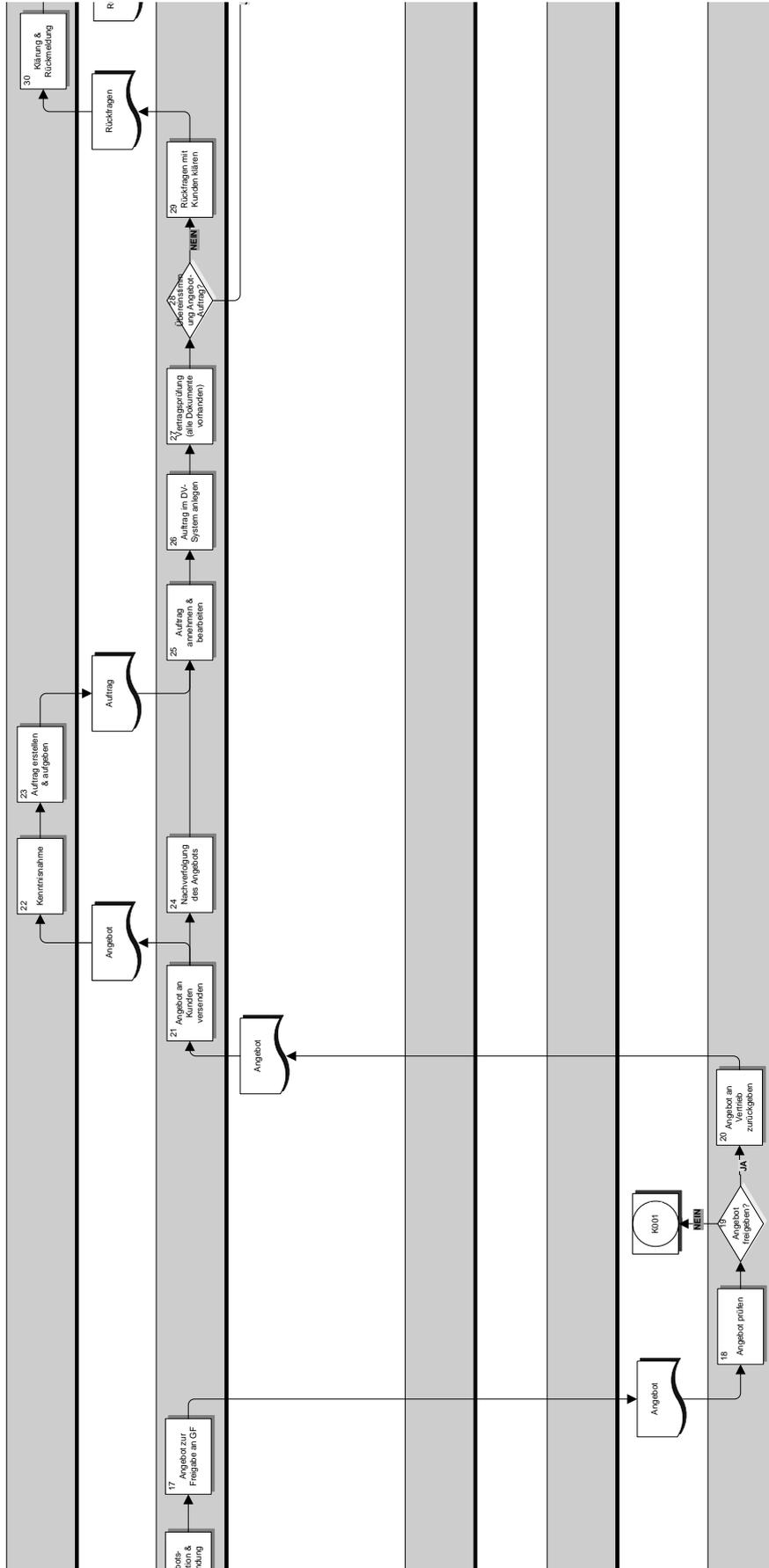


Bild 9.19: Prozessmodell Angebotserstellung (2/3)

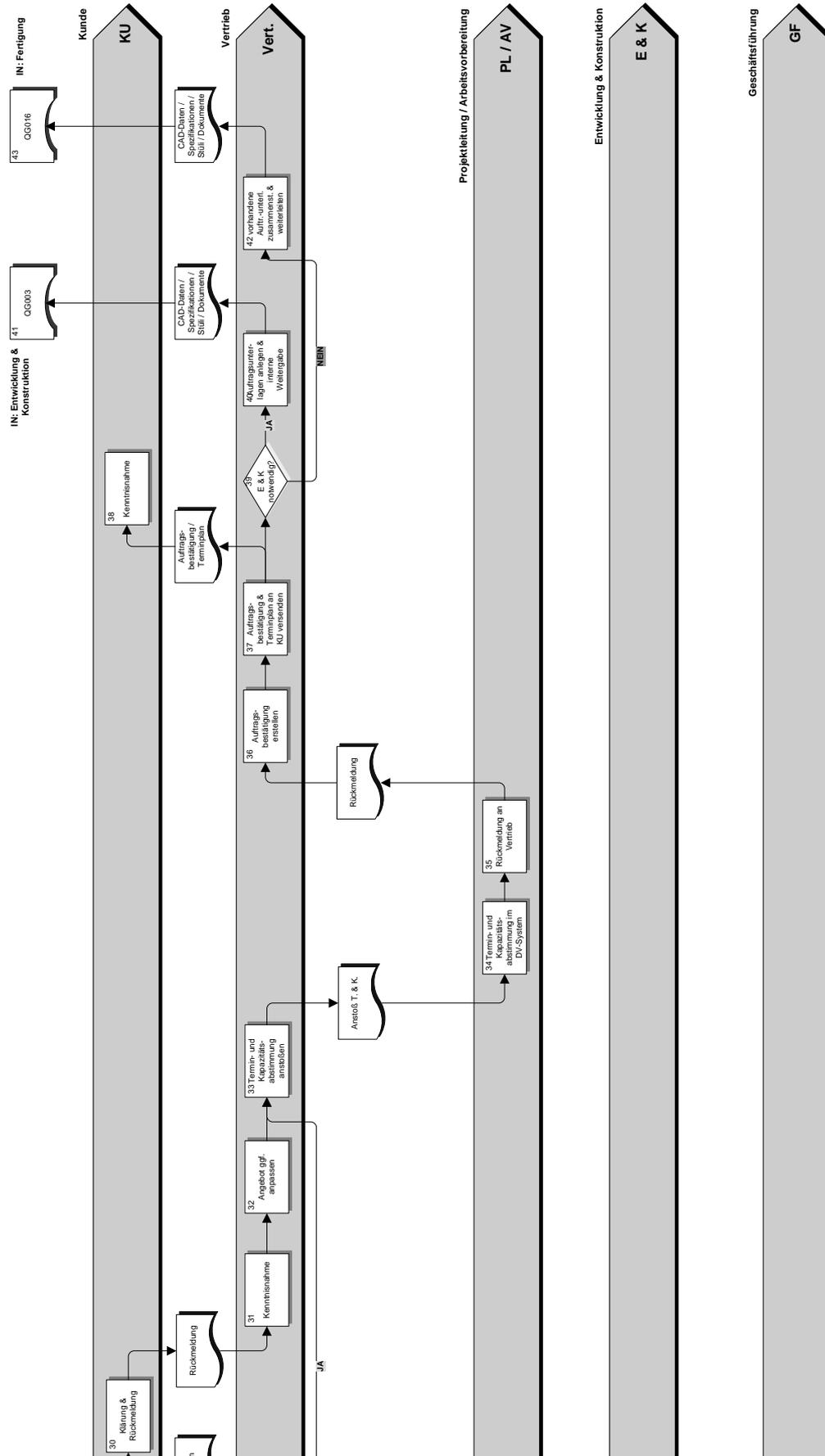


Bild 9.20: Prozessmodell Angebotserstellung (3/3)

9.2.2 Prozessmodell Entwicklung und Konstruktion

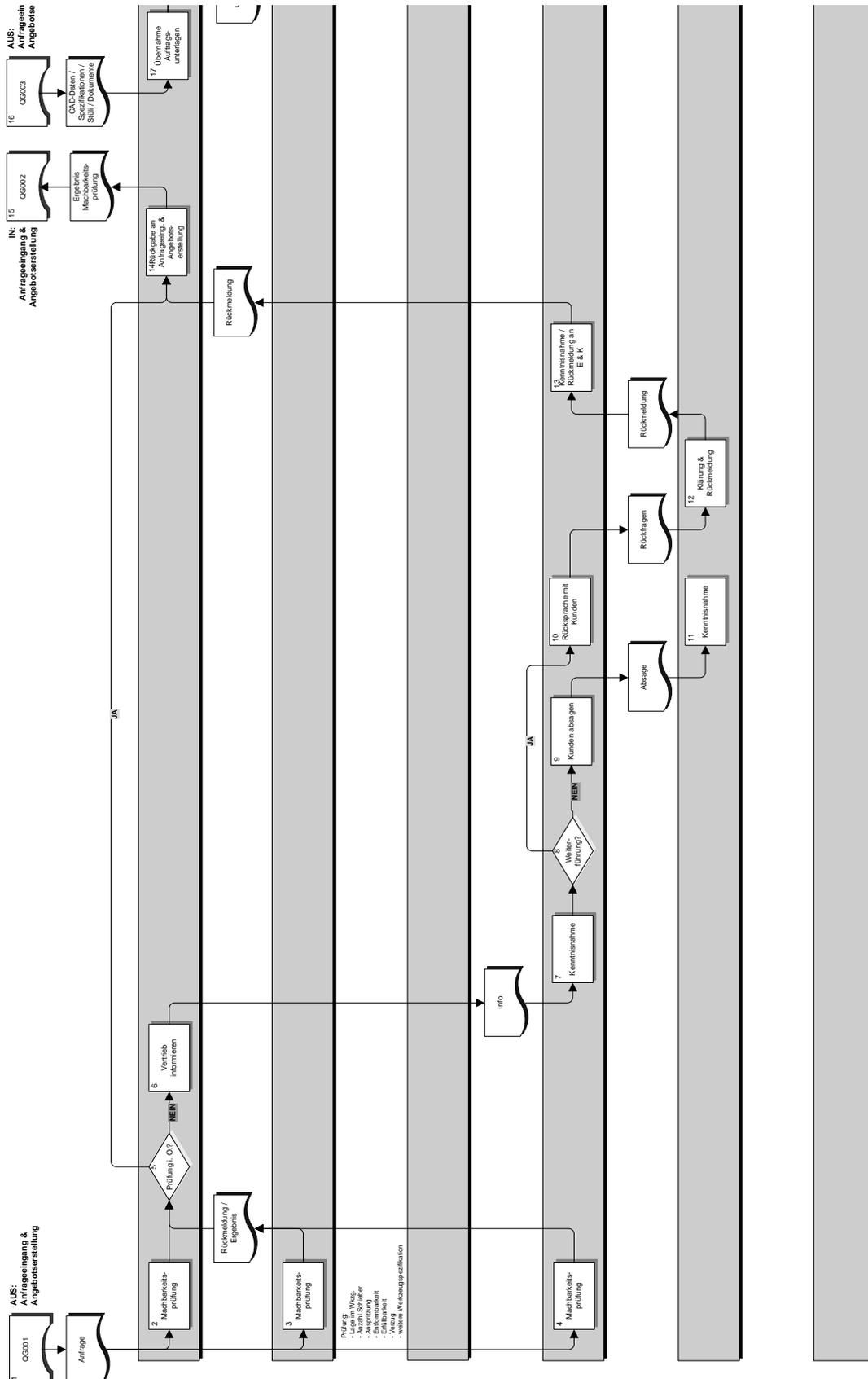


Bild 9.21: Prozessmodell Entwicklung und Konstruktion (1/3)

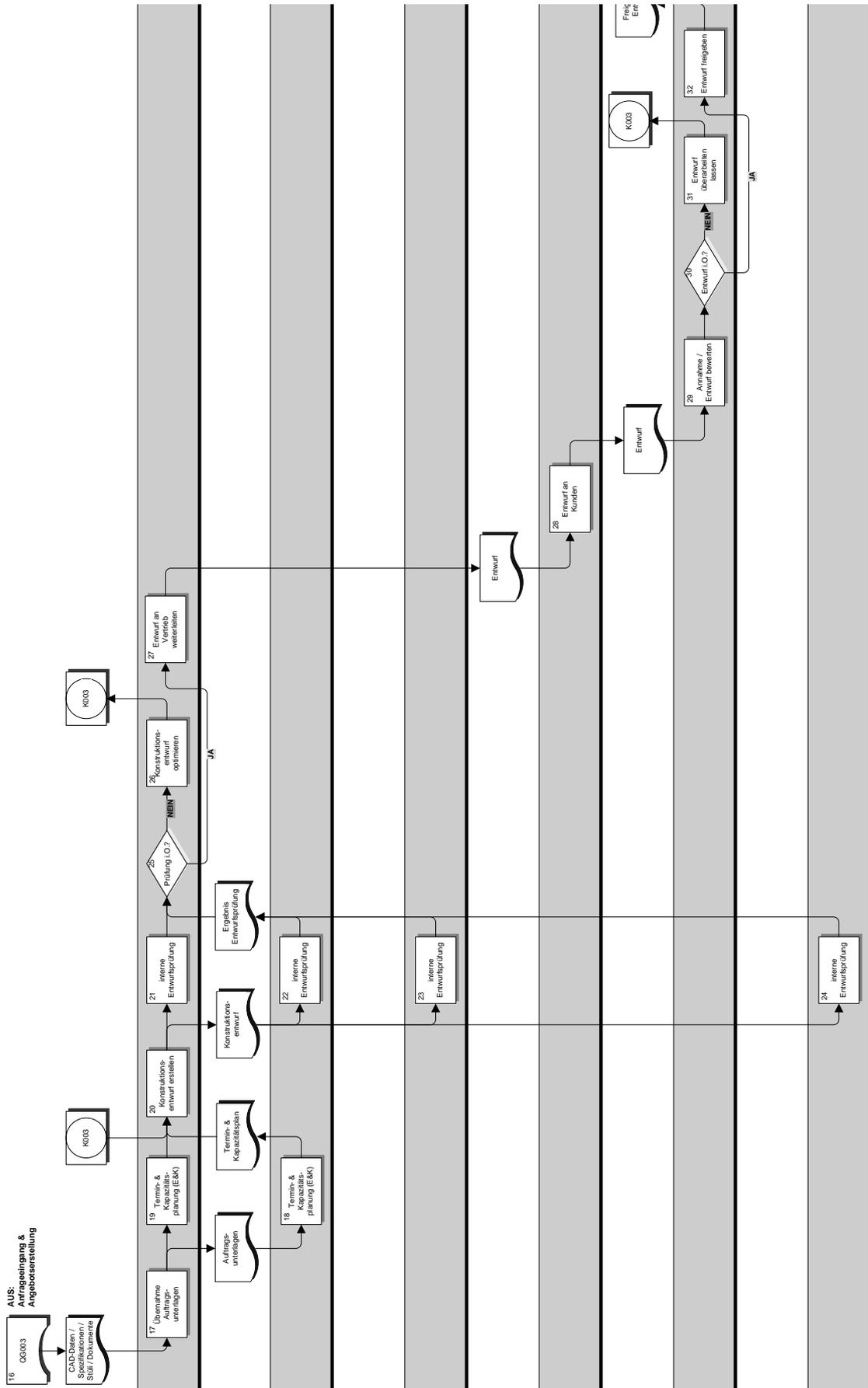


Bild 9.22: Prozessmodell Entwicklung und Konstruktion (2/3)

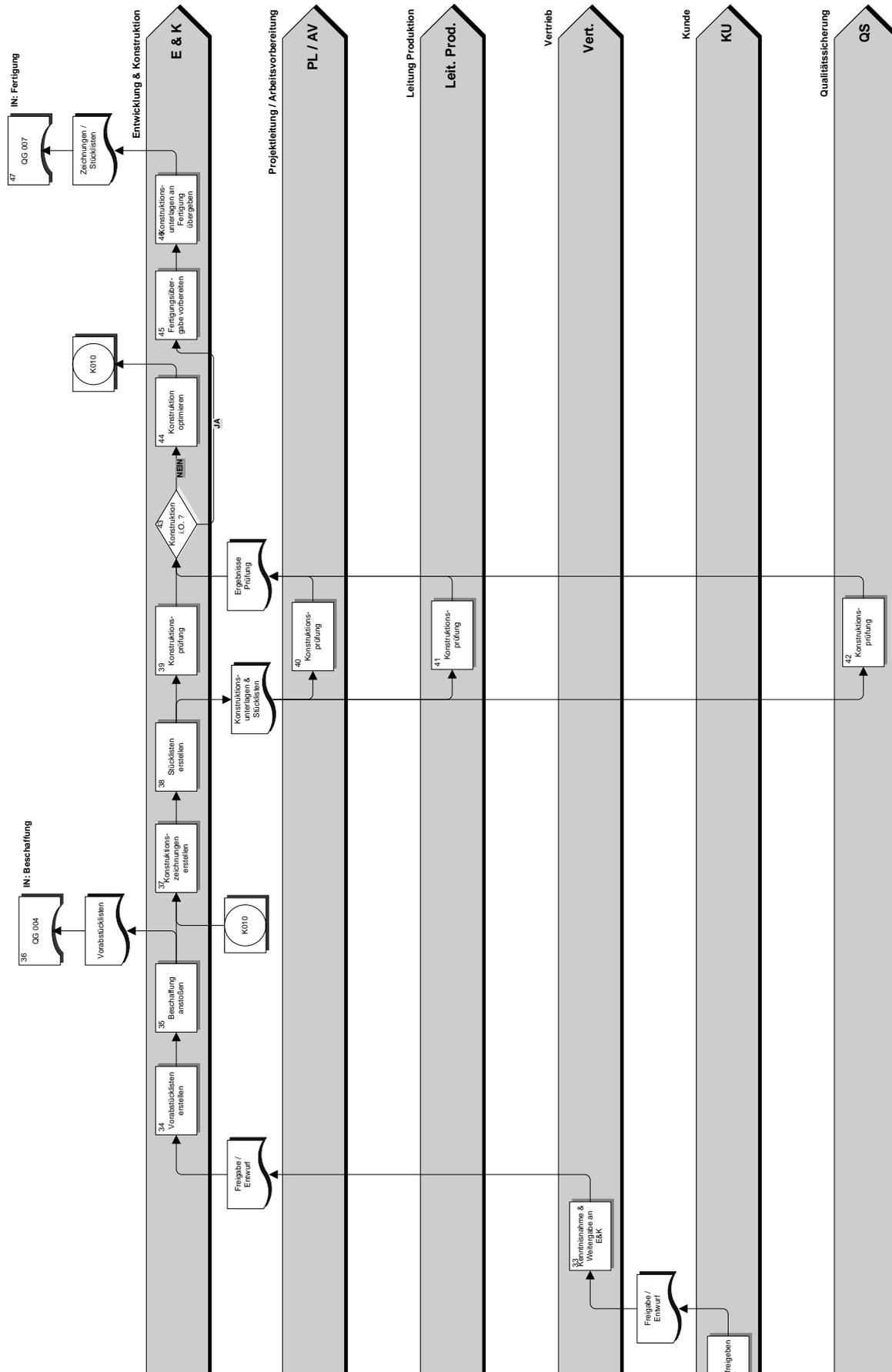


Bild 9.23: Prozessmodell Entwicklung und Konstruktion (3/3)

9.2.3 Prozessmodell Beschaffung

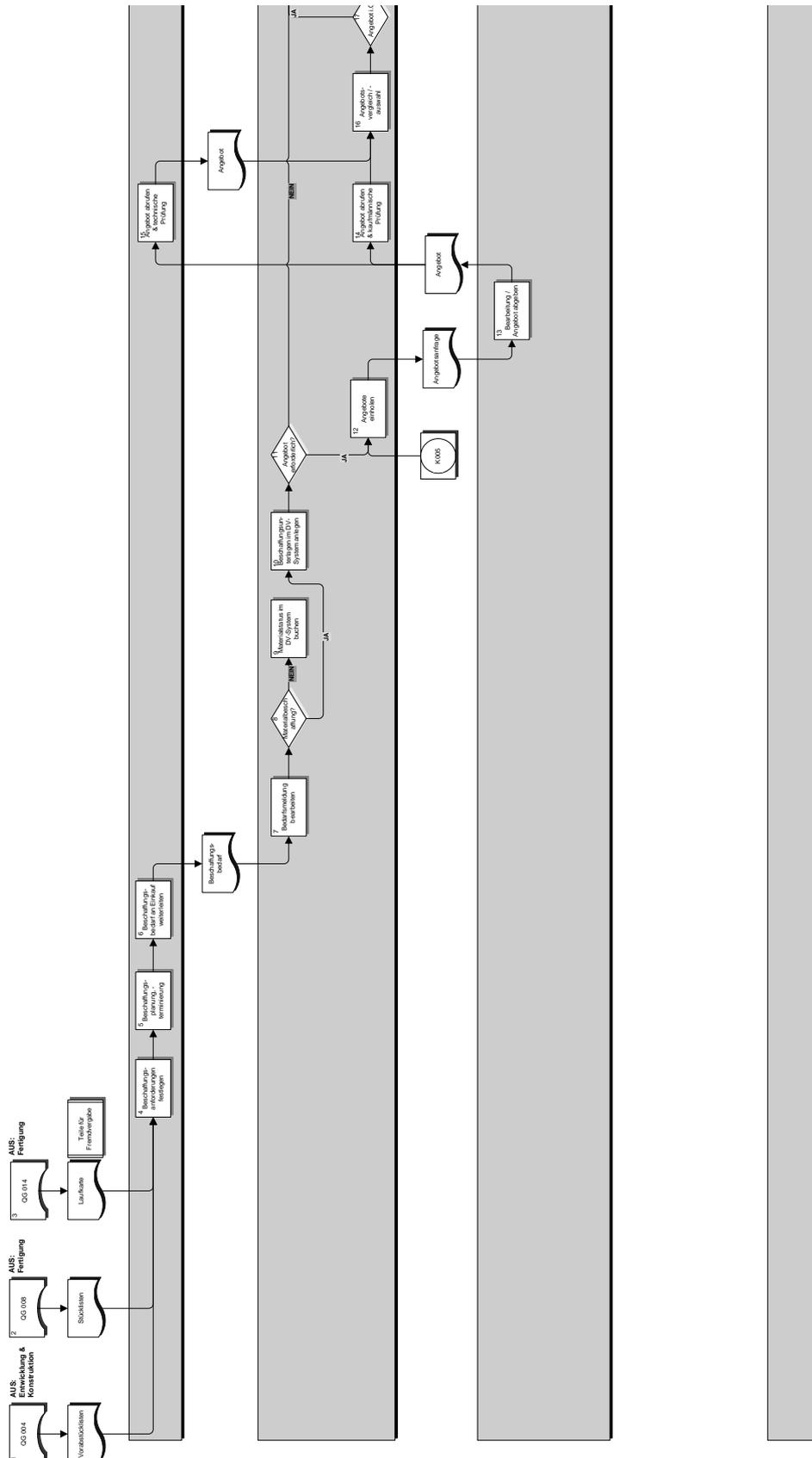


Bild 9.24: Prozessmodell Beschaffung (1/3)

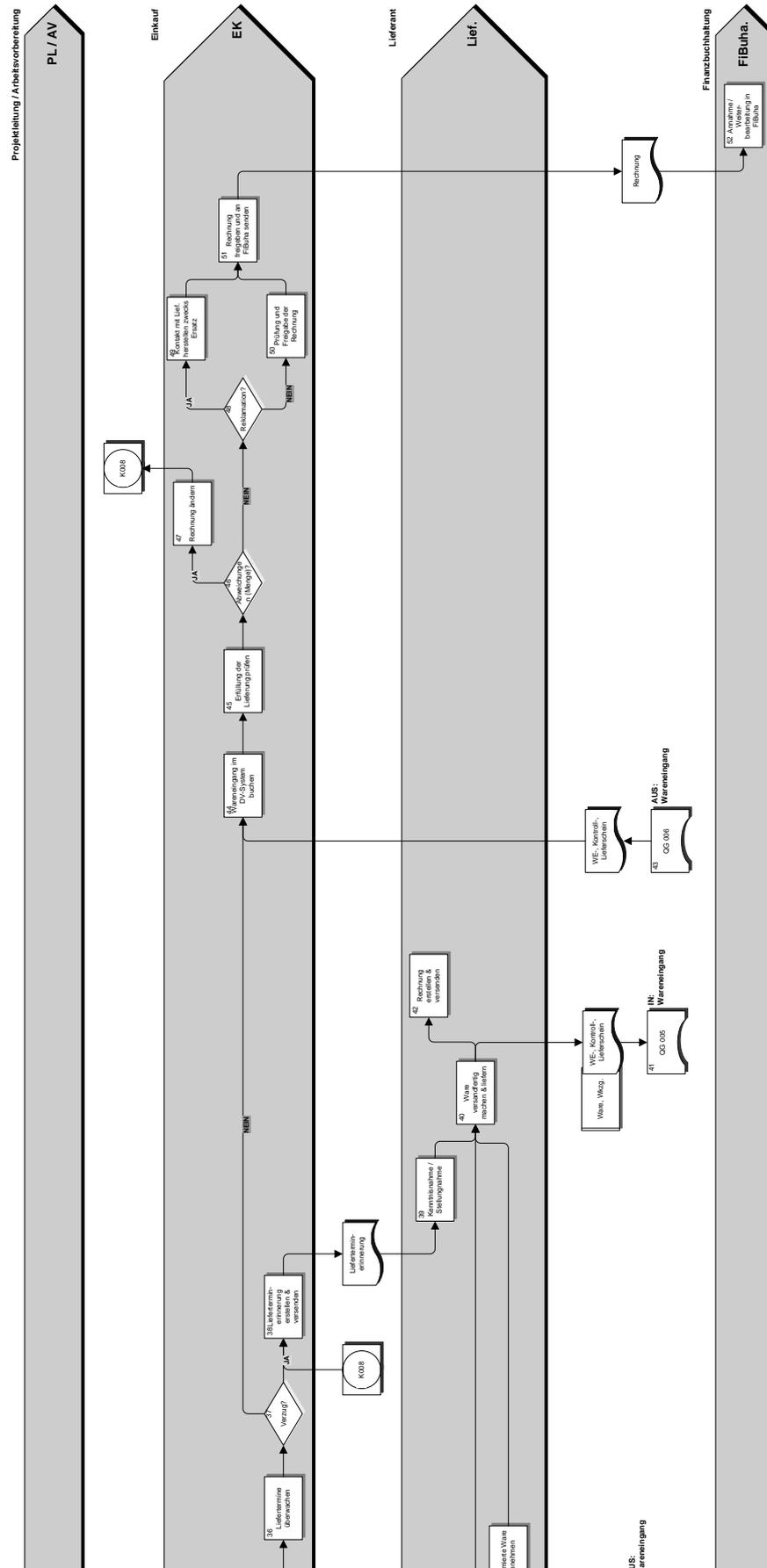


Bild 9.26: Prozessmodell Beschaffung (3/3)

9.2.4 Prozessmodell Wareneingang

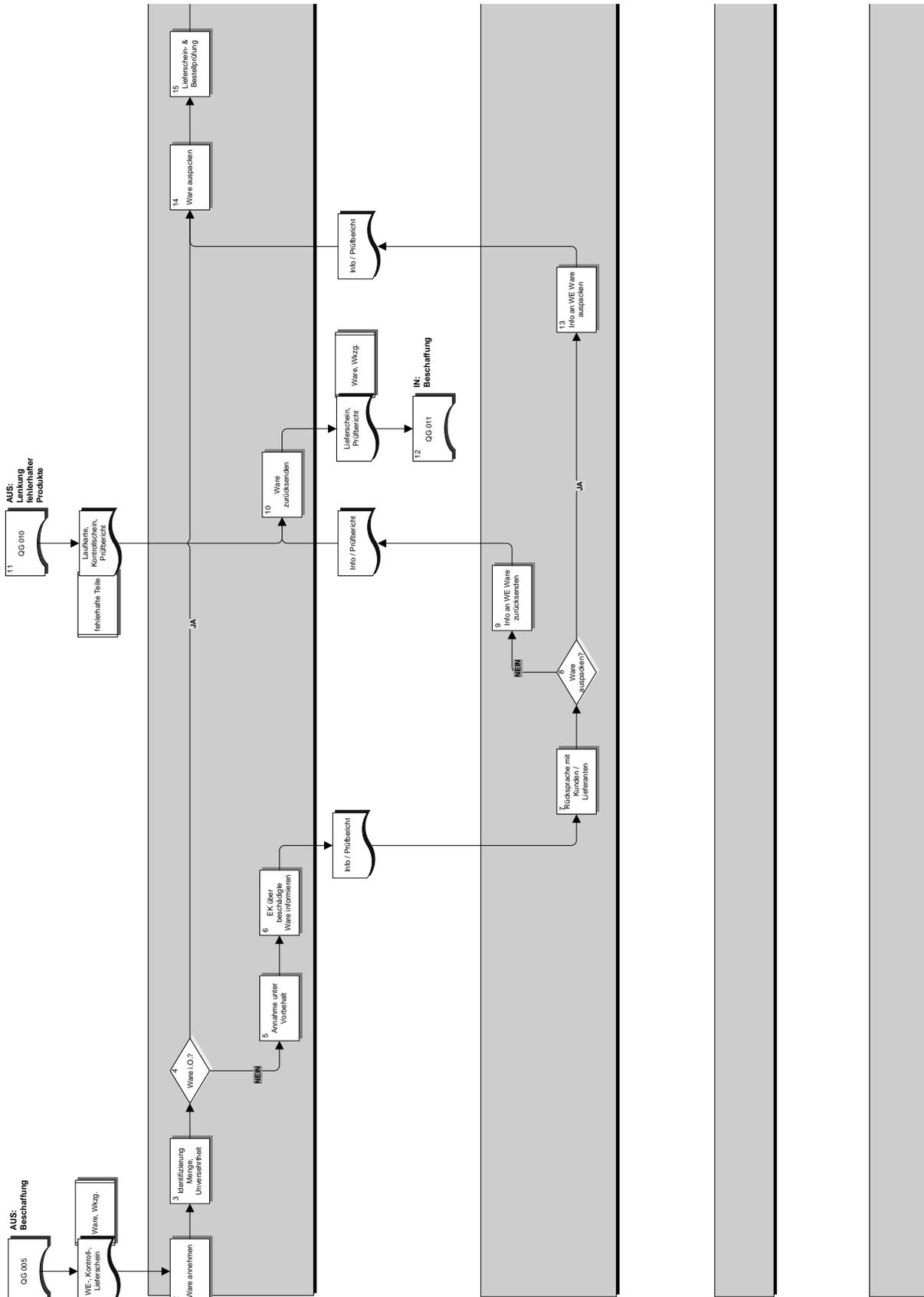


Bild 9.27: Prozessmodell Wareneingang (1/2)

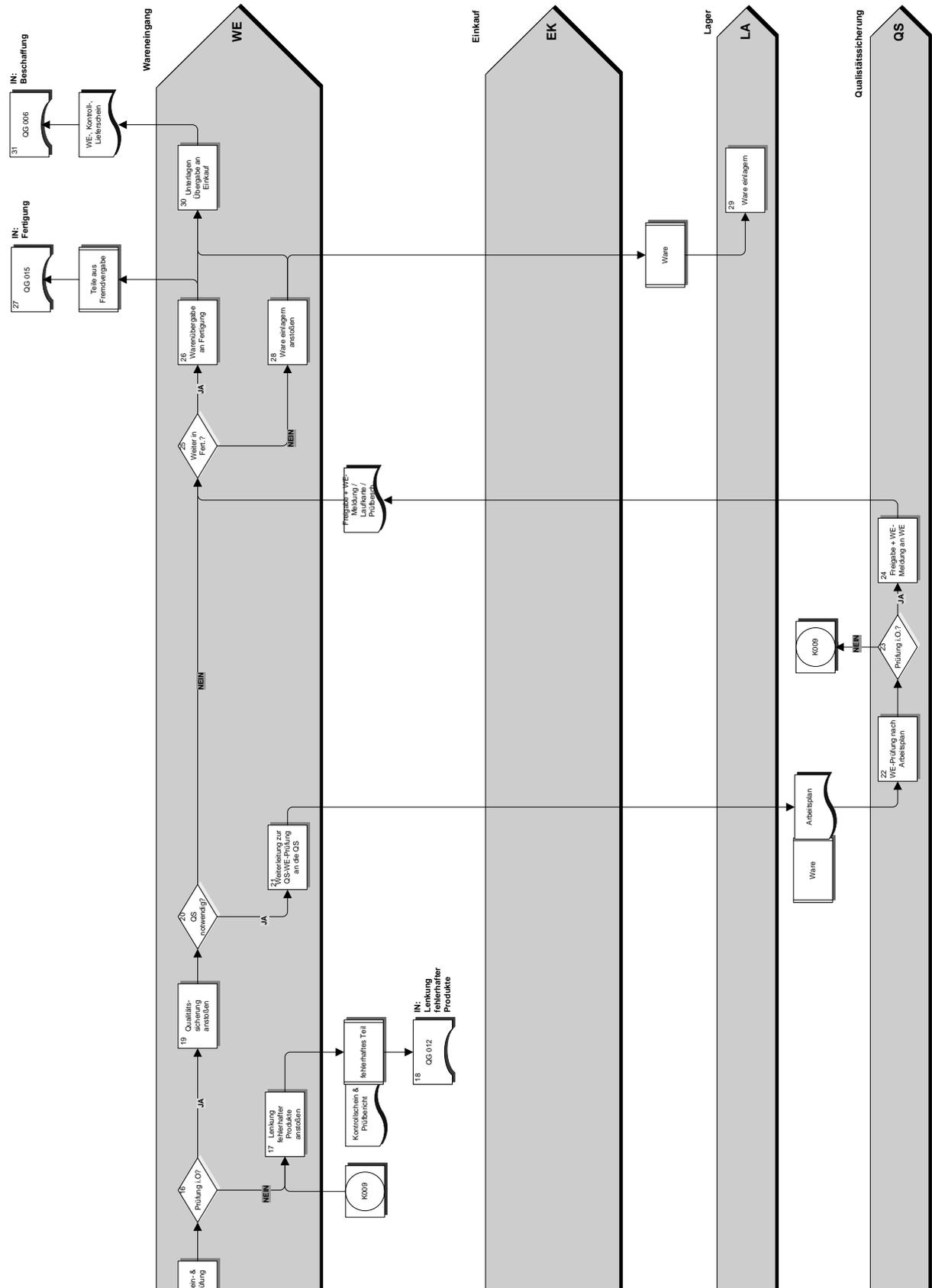


Bild 9.28: Prozessmodell Wareneingang (2/2)

9.2.5 Prozessmodell Produktion

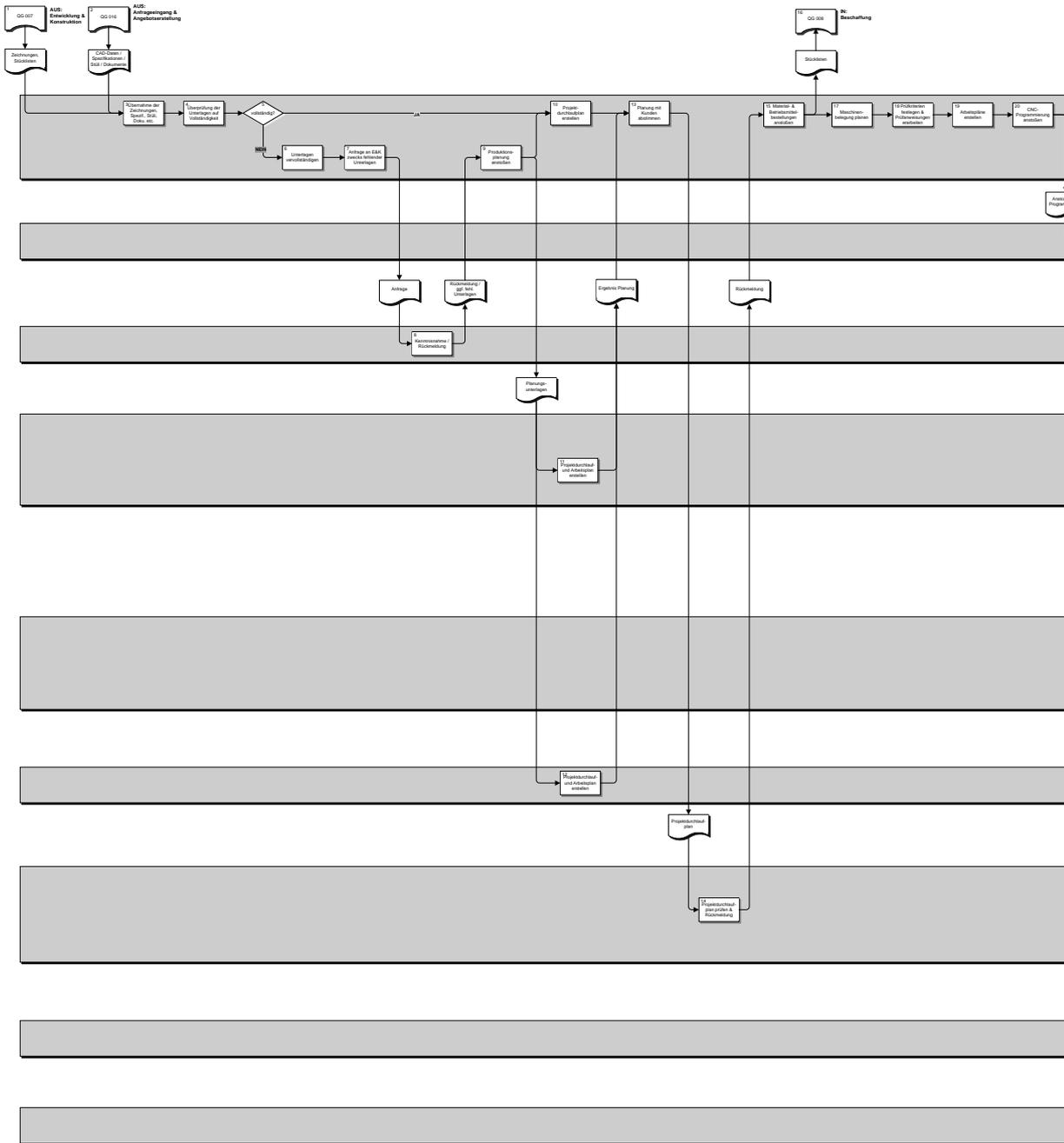


Bild 9.29: Prozessmodell Produktion (1/4)

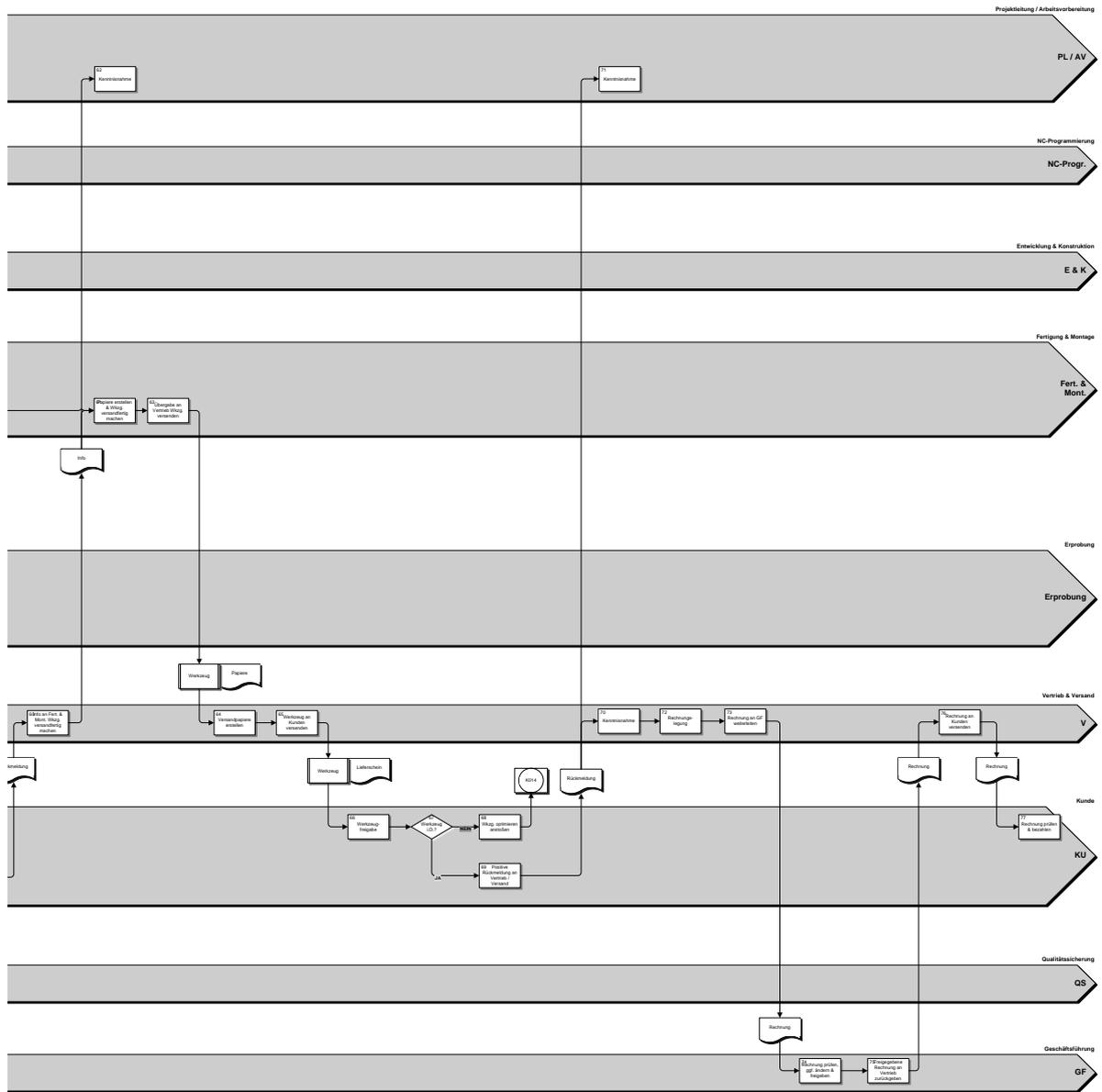


Bild 9.32: Prozessmodell Produktion (4/4)

9.2.6 Prozessmodell Qualitätssicherung

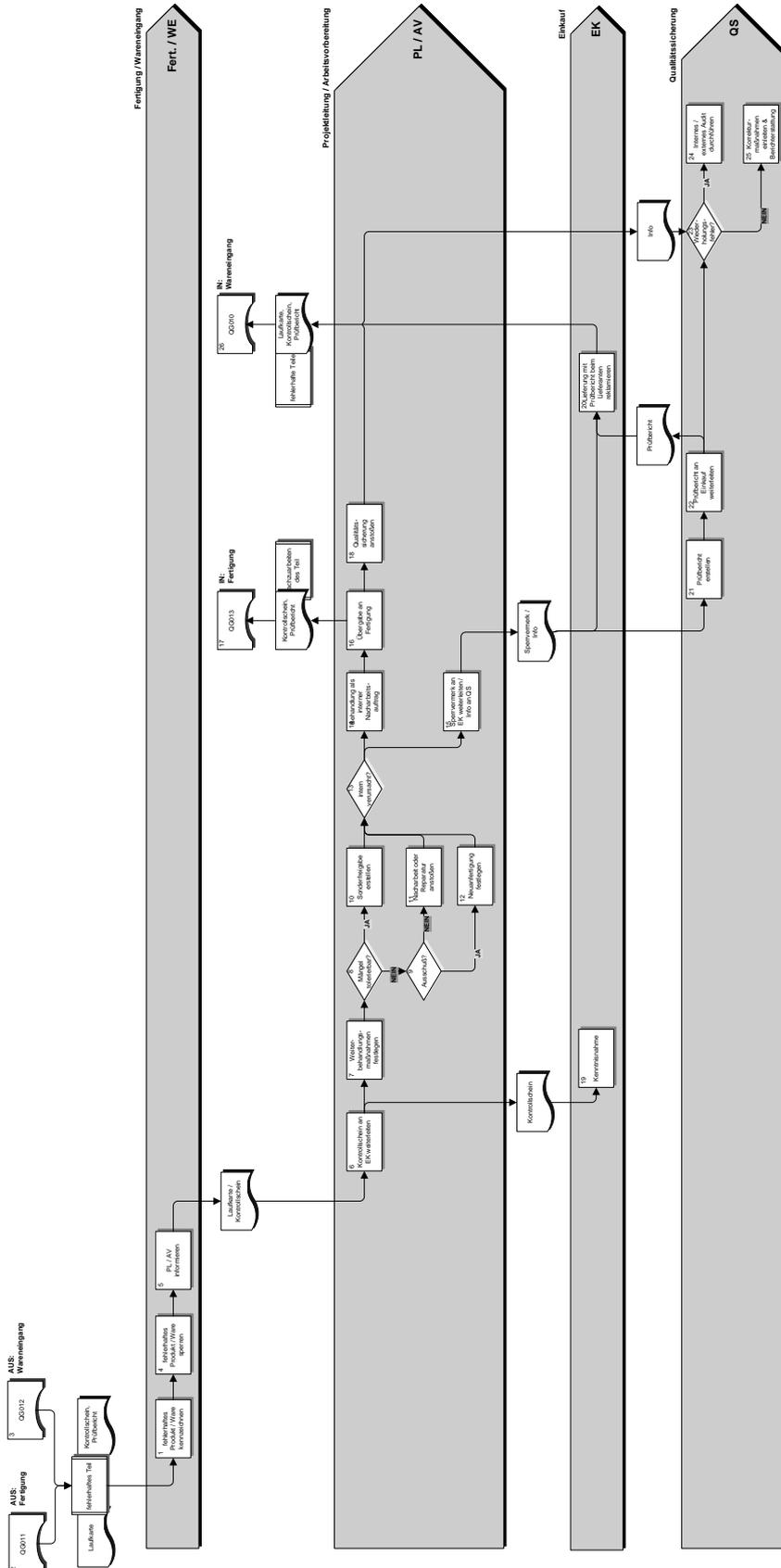


Bild 9.33: Prozessmodell Qualitätssicherung

9.3 Darstellung der Methodeninstanzen

Tabelle 9.1: Übersicht der identifizierten Methodeninstanzen

Nr.	Methodenname	Nr.	Methodenname
1	5-A-Methode	38	Personaleinsatzplanung
2	5-Warums	39	Personalentwicklung
3	8D-Methode	40	Poka Yoke
4	ABC-Analyse	41	Portfolio-Analyse
5	Anwesenheitsverbesserungsprogramm	42	Produktdatenmanagement
6	Arbeitsplan	43	Produktionscontrolling
7	Arbeitsstrukturierung	44	Produktionsplanung und -steuerung
8	Arbeitsunterweisung	45	Produktlebenszyklusmanagement
9	Audits	46	Projektmanagement
10	Autonation	47	Prozessmanagement
11	Balanced Scorecard	48	Prüfmittelüberwachung
12	Baukastenprinzip	49	PTCA-Zyklus
13	Benchmarking	50	Pull Prinzip
14	Beschwerdemanagement	51	Quality Function Deployment
15	Brainstorming	52	Quality Gates
16	Change-Management	53	REFA-Planungssystematik
17	Customer Relationship Management	54	REFA-Zeitaufnahme
18	Delphi-Methode	55	Rüstzeitminimierung
19	Design for Assembly	56	Selbstaufschreibung
20	Digitale Fabrik	57	Simultaneous Engineering
21	Durchlaufzeitanalyse	58	Six Sigma
22	Feedback	59	Standard-Arbeitsblatt
23	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse	60	Standardisierung
24	Fertigungsinsel	61	Supply Chain Management
25	Fließfertigung	62	SWOT-Analyse
26	Ganzheitliche Fabrikplanung	63	Szenariotechnik
27	Gruppenarbeit	64	Taktfertigung
28	Heijunka	65	Target-Costing
29	Informationsmanagement	66	Teamentwicklung
30	Kontinuierliche Verbesserung	67	Total Productive Maintenance
31	Kundenorientierung	68	Total Quality Management
32	Materialflussplanung	69	Verschwendung Vermeiden
33	Methode 635	70	Visuelles Management
34	Mitarbeiterinformation	71	Vorschlagswesen
35	MTM-System	72	Wertanalyse
36	Multimomentaufnahme	73	Zielvereinbarung
37	Nutzwertanalyse		

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 1
5A – Methode		
Ziel:	Schaffen von Ordnung und Sauberkeit	
Vorteile/ Chance: <ul style="list-style-type: none"> • Transparenzfördernd • hohe Mitarbeiterbindung • einfache Handhabung • leichte Erlernbarkeit • Ordnung und Sauberkeit fördert Qualitätsarbeit • fördert Arbeitsroutine 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Gefahr übertriebener Formalisierung der Abläufe • typischerweise korrektive Anwendung • Nachhaltigkeit muss durch zyklische (z.B. quartalsweise) Aktivitäten organisiert werden (mitunter Kampagnencharakter) • nur sinnvoll in Verbindung mit Arbeitsstandards 	
Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Ordnung und Sauberkeit ist eine Voraussetzung für die Vermeidung von Verschwendung und für produktives Arbeiten sowie für Qualität. Die Methode zielt darauf ab, den einzelnen Mitarbeitern in der Produktion die Verantwortung für einen einwandfreien Zustand ihres Arbeitsplatzes zu übertragen. Die Methode ist auch unter dem Namen 5 S bekannt (Seiri; Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aussortieren der nicht benötigten Gegenstände: Der erste Schritt beinhaltet die Trennung verwendeter von überflüssigen Gegenständen im Arbeitsbereich. Gegenstände, die für einen bestimmten Zeitraum (z. B. 14 Tage) nicht benötigt wurden, sind für den Arbeitsbereich überflüssig. 2. Aufräumen der benötigten Gegenstände: Herstellung einer Grundordnung im Arbeitsbereich. Es gilt häufig benutzte von seltener benutzten Gegenständen zu trennen. 3. Arbeitsplatz sauber halten: Grundreinigung durchführen, Reinigungszyklen festlegen und dokumentieren (z. B. in Checkliste Schichtübergabe). 4. Anordnung zur Regel machen: Das Ergebnis der 5-A-Methode in geeigneter Weise dokumentieren (z.B. mittels Foto/Skizze als Bestandteil des Standardarbeitsblattes bzw. Stationsblattes). 5. Alle Schritte wiederholt durchlaufen und verbessern: Abschließend sind Zyklen bzw. Ereignisse zu definieren, bei denen die Methode wieder vollständig zu durchlaufen ist. 	
Beispiel:	<p>zu 1) Aussortieren von z. B. Dopplungen (Schraubendreher, Schlüssel, Spannbacken, Hilfsstoffbehälter), unbrauchbare (zu stark verschlissene) Werkzeuge, übermäßig stark gefüllte Aktenordner.</p> <p>zu 2) Hilfreich ist eine Klassifizierung, z. B. in - ständig, - stündlich, - täglich, - wöchentlich, - monatlich genutzte Gegenstände.</p> <p>zu 4) Als Dokumentation wäre eine Checkliste bei Schichtübergabe möglich. Die Anordnungen könnten in Form von Skizzen/Fotos oder im Standardarbeitsblatt vorgeben und damit zur Regel werden.</p>	
Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung, Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p> <p>Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.</p>	

Bild 9.34: Methodenblatt der Methodeninstanz 5A-Methode

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 2										
5–Warums												
Ziel:	Ursachen eines Problems erkennen											
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:											
<ul style="list-style-type: none"> • Ursachen für Probleme und Zusammenhänge werden erkannt • Prozessdenken wird gefördert • leichtes Grundprinzip 	<ul style="list-style-type: none"> • zeitaufwendig • Problemkomplexität steigt • möglicherweise kostenintensiv 											
<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Tritt ein Problem auf, wird die Frage „Warum“ fünfmal gestellt. Ziel ist es, zu den echten Ursachen des Problems vorzudringen.</p> <p>Mit der ersten Antwort ist es häufig nicht möglich, die Problemursachen abzustellen sondern nur Symptome zu bekämpfen.</p> <p>Nur die Beseitigung der eigentlichen Ursache des Problems führt zu einer dauerhaften und zufriedenstellenden Lösung des Problems.</p>											
Beispiel:	<p>Es reicht nicht aus, nur die ständig durchgebrannten Sicherungen einer Maschine zu wechseln, wenn die echte Ursache des Problems ein verstopftes Ansaugrohr ist und dadurch die Pumpe überlastet wird. Durch mehrfaches Fragen nach der Ursache kann man sich dem eigentlichen Problem nähern:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding: 2px;">1. Maschine fällt aus</td> <td style="padding: 2px;">→ Warum?</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2. Sicherung ist durchgebrannt</td> <td style="padding: 2px;">→ Warum?</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3. Maschine ist überlastet</td> <td style="padding: 2px;">→ Warum?</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4. zu hoher Unterdruck</td> <td style="padding: 2px;">→ Warum?</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">5. Ansaugrohr ist verstopft</td> <td style="padding: 2px;">→ !</td> </tr> </table>		1. Maschine fällt aus	→ Warum?	2. Sicherung ist durchgebrannt	→ Warum?	3. Maschine ist überlastet	→ Warum?	4. zu hoher Unterdruck	→ Warum?	5. Ansaugrohr ist verstopft	→ !
1. Maschine fällt aus	→ Warum?											
2. Sicherung ist durchgebrannt	→ Warum?											
3. Maschine ist überlastet	→ Warum?											
4. zu hoher Unterdruck	→ Warum?											
5. Ansaugrohr ist verstopft	→ !											
Literatur/ Quelle:	<p>Ohno, T.: Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production. Productivity Press, Portland 1988.</p> <p>Scholtz, O.: Das Glossar der Problemlösungshilfen – Konzepte und Methoden. In: Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren - Innovative Organisation und Führung, LOG_X Verlag GmbH, Stuttgart 2003.</p>											

Bild 9.35: Methodenblatt der Methodeninstanz 5-Warum

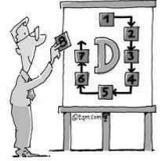
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 3
<h2>8D–Methode</h2>		
Ziel:	Fehler und Probleme dauerhaft abstellen	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • wirksame Maßnahme um Kundenzufriedenheit zu steigern • prozess- und abteilungsübergreifendes Denken wird gefördert • leicht verständlich 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • zeitaufwändig • personalaufwändig • übereilte Sofortmaßnahmen können problematisch sein 	
Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Unter Reklamationsmanagement wird die Planung, Durchführung und Überwachung aller Maßnahmen für eine Kundenreklamation verstanden. Das Vorgehen bei der Bearbeitung einer Reklamation kann anhand der 8D-Methode bzw. des 8D-Reports durchgeführt werden. Die 8D-Methode gliedert sich in 8 Disziplinen (Prozessschritte) zur Problemlösung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Team zusammenstellen Die Mitglieder des Teams sollten über ausreichende Prozess- und Produktkenntnisse verfügen. 2. Problem beschreiben Das Problem ist so genau wie möglich zu definieren. 3. Sofortmaßnahmen festlegen Sofortmaßnahmen dienen der Schadensbegrenzung und sollen die weitere Ausbreitung des Problems verhindern, bis eine dauerhafte Lösung gefunden ist. 4. Ursachen erkennen Fehlerursachen werden gesucht und die wahrscheinlichste(n) Grundursache(n) durch Experimente, Tests und Vergleiche identifiziert und nachgewiesen. 5. Maßnahmen wählen Bei der Festlegung von Maßnahmen steht die Fehlervermeidung und nicht die Fehlerentdeckung im Vordergrund. 6. Maßnahmen umsetzen und Wirksamkeit prüfen Nach erfolgreicher Einführung der Abstellmaßnahme(n) wird/ werden die Sofortmaßnahmen aufgehoben. 7. Wiederauftreten verhindern Die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen wird - z. B. durch Erhöhen der Prüfschärfe - über einen angemessenen Zeitraum überwacht. 8. Teamleistung würdigen Die gemeinsame Anstrengung wird gewürdigt und die Erfahrungen ausgetauscht. 	
Beispiel:	Angewendet wird die 8D-Methode insbesondere bei größeren Problemen und dort, wo die Ursachen nicht / nicht sofort erkennbar sind. Die Methode wird durch standardisierte Formulare (8D-Report, Quelle: VDA) unterstützt.	
Literatur/ Quelle:	<p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p> <p>N. N.: Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA), http://www.vda-qmc.de/aus-und-weiterbildung/formulare, 19.07.2008.</p> <p>Scholtz, O.: Das Glossar der Problemlösungshilfen – Konzepte und Methoden. In: Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren - Innovative Organisation und Führung, LOG_X Verlag GmbH, Stuttgart 2003.</p>	

Bild 9.36: Methodenblatt der Methodeninstanz 8D-Methode

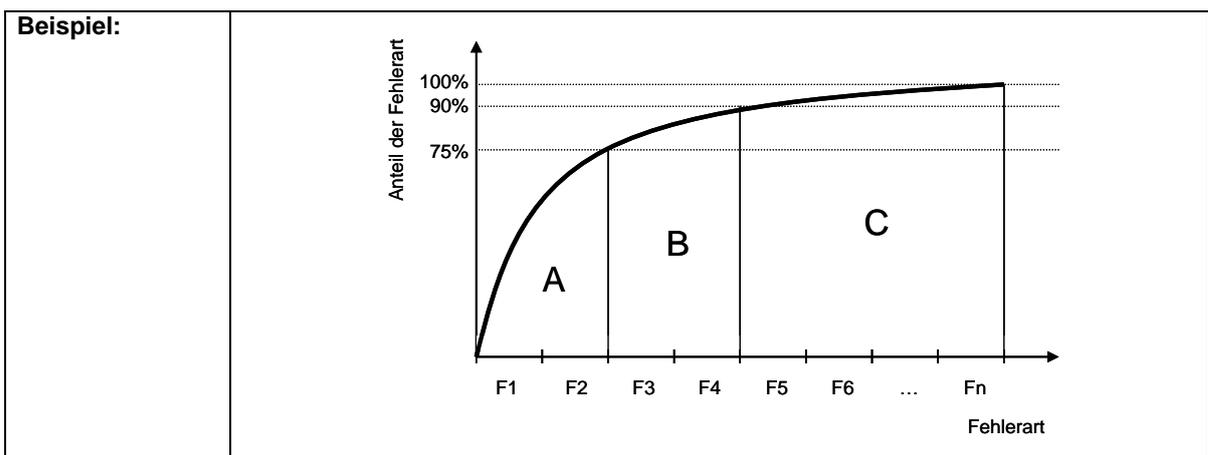
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 4
------------	-----------------------	---------------

ABC-Analyse

Ziel:	Erkennen von Prioritäten
--------------	--------------------------

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> wichtige Objekte werden identifiziert Wertigkeit von Objekten/ Problemen wird klar Quantifizierung von Aufgaben und Sachverhalten 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> Festlegung geeigneter Kriterien Bestimmung aussagefähiger Grenzen zu differenzierte Klassifizierung hinreichende Datenmenge
---	---

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Die ABC-Analyse ist ein betriebswirtschaftliches Analyseverfahren. Sie teilt eine Menge von Objekten in die Klassen A, B und C auf, die nach absteigender Bedeutung geordnet sind. Folgendes Vorgehen wird empfohlen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Objekte bzw. Einsatzfeld wählen Gliederung in Klassen (z. B. Fehlerarten F1 - Fn) festlegen. 2. Anteile der Klassen ermitteln Bsp: Anteil der Fehlerart F1 (...Fn) an der Gesamtanzahl der Fehler ermitteln. 3. Klassen nach Rangfolge ordnen Die Fehlerart mit dem prozentual größten Anteil erhält den Rangplatz Nr. 1, die mit dem zweitgrößten Anteil den Rangplatz Nr. 2, usw.. 4. Einzelwerte kumulieren 5. ABC-Gruppen in Abhängigkeit von der Anzahl der Fehlerart und ihres prozentualen Anteils an der Gesamtzahl festlegen <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>bis zu 75 % der Gesamtfehler</td> <td>→ A-Fehler</td> </tr> <tr> <td>die nächsten 15 %</td> <td>→ B-Fehler</td> </tr> <tr> <td>die nächsten 10 %</td> <td>→ C-Fehler</td> </tr> </table> 6. Ergebnisse darstellen Zur Präsentation werden die Ergebnisse graphisch bzw. tabellarisch dargestellt. 7. Daten interpretieren und Schlüsse ziehen Es werden vornehmlich die Klassen der A-Gruppe bzw. der B-Gruppe betrachtet. 	bis zu 75 % der Gesamtfehler	→ A-Fehler	die nächsten 15 %	→ B-Fehler	die nächsten 10 %	→ C-Fehler
bis zu 75 % der Gesamtfehler	→ A-Fehler						
die nächsten 15 %	→ B-Fehler						
die nächsten 10 %	→ C-Fehler						



Literatur/ Quelle:	Baszenski, N.(Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung, Wirtschaftsverlag, Bachem 2003. Daenzer, W. F.; Büchel, A.: Systems Engineering. Verlag für industrielle Organisation, Zürich 2002.
---------------------------	--

Bild 9.37: Methodenblatt der Methodeninstanz ABC-Analyse

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 5
Anwesenheitsverbesserungsprogramm		
Ziel:	Verbesserung der Anwesenheit durch vorbeugende Maßnahmen	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • hohe Planungssicherheit • geringe Krankenbestände • motivierte Mitarbeiter 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • zunächst Investitionskosten und Zeit • vorbeugende Maßnahmen benötigen Zeit • Störung des Betriebsablaufs • personalintensiv 	
Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Im Rahmen des Anwesenheitsverbesserungsprogramms können beispielsweise folgende Maßnahmen ergriffen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung und Beseitigung der Gefahrenquellen an Arbeitsplätzen die zu Unfällen führen könnten. • Vermeidung von andauernden und einseitigen Belastungen an Arbeitsplätzen (Ergonomie), • Steigerung der sozialen Kompetenz der Führungskräfte und Verbesserung der Unternehmenskultur zur besseren Motivation der Mitarbeiter, • Rückkehrgespräche zur Verbesserung der Fehlzeitenquote, • Suchtprävention in Zusammenarbeit mit dem Betriebsrat und dem Betriebsarzt, • Krankenstand gebundene Sonderzahlungen und -leistungen. 	
Beispiel:	<p>Beispiel 1: Ein Mitarbeiter muss schwere Gegenstände bewegen. Im Rahmen des Anwesenheitsverbesserungsprogramms wird z. B. überprüft, ob: der Transportweg verringert werden kann, durch Transporthilfen oder ähnliche Einrichtungen der Mitarbeiter entlastet werden kann, der Vorgang automatisiert werden kann.</p> <p>Beispiel 2: Rückkehrgespräche, z. B. nach mehr als 3 Tagen Krankheit, können ein effektives Mittel sein, um Ursachen und ggf. auch Beweggründe für Krankheiten zu erkennen. Rückkehrgespräche sollten mit Umsicht installiert werden, da die Gefahr besteht, die Mitarbeitermotivation zu senken und das Betriebsklima zu belasten.</p> <p>Ergänzende Maßnahmen: durch ein Beschwerdemanagement können weitere Informationen gewonnen werden, an welcher Stelle Mitarbeiter besonders belastet werden. Wichtig ist dabei, dass die Beschwerden ernst genommen werden.</p>	
Literatur/ Quelle:	<p>Keul, S.: Fehlen aus Gewohnheit: Strategien zur Senkung des Absentismus. Vdm Verlag Dr. Müller, Saarbrücken 2007.</p> <p>Piorr, R.: Rückkehrgespräche - Chance für geringe Fehlzeiten bei gleichbleibender Arbeitsleistung. Herbert Utz Verlag, München 2001.</p> <p>Ayar, A.: Führung und Gesundheitsstand: Zum Zusammenhang von Führungsverhalten und Fehlzeiten. Vdm Verlag Dr. Müller, Saarbrücken 2006.</p>	

Bild 9.38: Methodenblatt der Methodeninstanz Anwesenheitsverbesserungsprogramm

Arbeitsplan

Ziel: Festlegung der Arbeitsgänge und deren Reihenfolge zur Herstellung eines Produktes

Vorteile/ Chancen:

- detaillierte Darstellung der Arbeitsgänge
- Minimierung des Risikos, dass Arbeitsgänge vergessen werden
- Arbeitsgänge logisch nachvollziehbar
- Mitarbeiter erkennen Gesamtzusammenhänge
- Mitarbeitergebundenheit nimmt ab

Nachteile/ Risiken:

- hoher Zeitaufwand
- ganzheitliche Arbeitsaufgaben können als Überforderung wahrgenommen werden
- behindert eigene kreative Ansätze zur Arbeitsoptimierung

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Bei der Arbeitsplanerstellung werden die Bearbeitungsschritte und deren Reihenfolge festgelegt. Bei Neu-, Änderungs- bzw. Ähnlichkeitsplanungen sind, abhängig von der Nutzung vorhandener Pläne, folgende Teilaufgaben durchzuführen:

1. Ausgangsteilbestimmung

Unter Berücksichtigung technologischer, zeitlicher und wirtschaftlicher Kriterien werden Art und Abmessung des Rohteils bestimmt.

2. Arbeitsvorgangsfolgeermittlung

Festlegung der Bearbeitungsverfahren, der einzelnen Bearbeitungsschritte und deren Reihenfolge.

3. Fertigungsmittelauswahl

Für jeden Arbeitsvorgang werden die erforderlichen Fertigungsmittel ausgewählt.

4. Vorgabezeitenermittlung

Bestimmung der für die Ausführung der Arbeitsvorgänge vorgegebenen Sollzeiten.

5. Lohngruppenbestimmung

Festlegung der Lohnform und Lohngruppe für die Arbeitsvorgänge.

Beispiel:

Blatt: 1		Datum: 08.08.2008		Auftrags-Nr.: 13915			Arbeitsplan	
Stückzahl: 2		Bereich: 1-20	Benennung: Antriebswelle			Zeichnungs-Nr.: 170-0542		
Werkstoff: St 50			Rohform und -abmessungen: Rundmaterial 60 mm			Rohgew.: 7,6 kg	Fertiggew.: 4,6 kg	
AVG Nr.	Arbeitsvorgangs- beschreibung	Kosten- stelle	Lohn- gruppe	Masch.- gruppe	Fertigungs- hilfsmittel	t_r [min]	t_f [min]	
10	Rundmaterial auf 345 mm Länge sägen	300	04	4101	-	30	10,0	
20	Rundmaterial auf 340 mm ablängen und Zentrieren	340	06	4201	1001 1051	30	2,0	
30	Welle komplett drehen	360	08	4313	1101/1121/ 1131	30	2,6	
40	Gewindelöcher bohren Und Gewinde M6x20 schneiden	350	07	4407	1201/1231/ 1233	20	5,2	
50	Paßfedernut fräsen	400	09	4751	3104	45	4,7	
60	Lagersitze schleifen	510	07	4908	-	20	6,7	
70	Fertigteilkontrolle	900	-	9002	-	10	3,8	

Literatur/ Quelle: Eversheim, W.: Produktentstehung. In: Eversheim, W.; Schuh, G.: Produktion und Management – Betriebshütte Teil 1. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.

Bild 9.39: Methodenblatt der Methodeninstanz Arbeitsplan

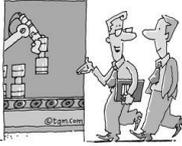
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 7
<h2>Arbeitsstrukturierung</h2>		
Ziel:	Optimierung der Arbeitsteilung zur Nutzung und Entwicklung der Mitarbeiterfähigkeiten	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Integration „direkter“ und „indirekter“ Aufgaben bzw. Tätigkeiten möglich • Stärkung von Verantwortungsbewusstsein und Mitwirkungswillen der Mitarbeiter • Unterstützung von Gruppen- bzw. Teamarbeitsstrukturen • Mitarbeiter erkennen Gesamtzusammenhänge 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • ganzheitliche Arbeitsaufgaben können als Überforderung wahrgenommen werden • Bewertung der Arbeitssituation erforderlich • keine quantitative Gestaltungsempfehlung für den Arbeitsumfang (Zykluszeit) 	
Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Unter Arbeitsstrukturierung wird der Abgleich von Arbeitsinhalten mit den Fähigkeiten und Bedürfnissen der Mitarbeiter durch Integration ausführender, vorbereitender, organisierender und kontrollierender Tätigkeiten verstanden. Folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Abgrenzung des Untersuchungsbereiches (z. B. nach Arbeitsplatz) 2. Ermittlung der Teilaufgaben im Untersuchungsbereich (z. B. Material holen, Materialbestand prüfen und ggf. Material nachbestellen, Montagetätigkeit) 3. Klassifizieren der Teilaufgaben bezüglich des Anforderungsniveaus 4. Kombination der Teilaufgaben zur Gesamtaufgabe Untersuchung verschiedener Varianten flexibler Arbeitsteilung zur Gestaltung des möglichen inhaltlich-zeitlichen Tätigkeitsraumes 5. Die Gestaltungslösung ist bezüglich der Persönlichkeitsförderlichkeit, der Arbeitszufriedenheit und der Sozialverträglichkeit zu überprüfen 	
Beispiel:	<p>Grundsätzlich lassen sich vier Formen der Arbeitsstrukturierung unterscheiden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Job Rotation: die Mitarbeiter wechseln nach vorgeschriebenen oder selbst gewählten Zeit- und Reihenfolgen ihre Arbeitsplätze durch bis hin zu einem vollständigen Rundumwechsel. • Job-Enlargement: strukturell gleichartige, stark zersplitterte Tätigkeiten, die ursprünglich von verschiedenen Arbeitern durchgeführt wurden, werden an einem Arbeitsplatz zusammengefasst. Die Erweiterung der Arbeit besteht in einer zahlenmäßigen Vergrößerung qualitativ gleichartiger Operationen. • Job-Enrichment: Ausweitung des Entscheidungs- und Kontrollspielraums der Mitarbeiter, um eine verstärkt eigenverantwortliche Verrichtung der Tätigkeiten zu erreichen. • Teilautonome Arbeitsgruppen: Arbeitsgruppen sind Kleingruppen, deren Mitglieder zusammenhängende Aufgabenvollzüge gemeinsam eigenverantwortlich zu erfüllen haben, und die zur Wahrnehmung dieser Funktion über entsprechende Entscheidungs- und Kontrollkompetenzen verfügen. 	
Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N.(Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Binner, F. H.: Handbuch der prozessorientierten Arbeitsorganisation – Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung. REFA-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung. 1. Aufl., Carl Hanser Verlag, Darmstadt 2004.</p>	

Bild 9.40: Methodenblatt der Methodeninstanz Arbeitsstrukturierung

Arbeitsunterweisung

Ziel:	Vermittlung von Kenntnissen zur schnellen Einarbeitung
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • verkürzte An- und Umlernzeiten • Vermeidung von Ausschuss und Nacharbeit • geringer organisatorischer Aufwand • detaillierte Analyse der Arbeitsvorgänge • Übertragung von „Best Practices“ 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Ausbildung und Eignung der unterweisenden Person • Einsatz nur für wiederkehrende Tätigkeiten • Gefahr zu schematischer Unterweisung; Lernende einbeziehen • Erkennen des richtigen Qualifizierungsbedarfs
---	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Inhalt der Arbeitsunterweisung ist die Vermittlung von Fertigkeiten für manuelle Arbeitsabläufe verbunden mit Denkprozessen, Verhaltensweisen und Verantwortungsbewusstsein. Bei der Durchführung einer Arbeitsunterweisung kann das folgende Vier-Stufen-Modell angewendet werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stufe: Vorbereiten durch Unterweiser – Voraussetzungen schaffen Unterweisungsgliederung erstellen, Betriebsmittel und Arbeitsgegenstände bereitstellen, Lernende vorbereiten: Ziel der Unterweisung nennen und Interesse wecken, Vorkenntnisse ermitteln, günstige Positionierung der Lernenden für die Vorführung 2. Stufe: Vorführung durch Unterweiser – Lernende beobachten <ol style="list-style-type: none"> 1. Vorführung um einen Überblick zu geben 2. Vorführung der Arbeit im Detail mit Erklärung und Begründung 3. Vorführung – zügig und im Zusammenhang 3. Stufe: Ausführung durch Lernende – Unterweiser beobachten und kontrollieren <ol style="list-style-type: none"> 1. Versuch der Ausführung der Arbeit 2. Versuch mit detaillierter Ausarbeitung und Begründung 3. Versuch mit zügiger Ausführung der Arbeit insgesamt 4. Stufe: Arbeitsausführung und selbständiges Üben durch Lernende Unterweiser: Hilfe, Unterstützung, Kontrolle, Korrektur soweit erforderlich. Anerkennung des Übungsfortschritts und der Lernarbeit sowie Abschluss der Unterweisung.
---	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	Baszenski, N.(Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung, Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.
---------------------------	--

Bild 9.41: Methodenblatt der Methodeninstanz Arbeitsunterweisung

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 9
<h1>Audits</h1>		
Ziel:	Erlangung von Auditnachweisen sowie deren objektiver Auswertung zu Ermittlung der Erfüllung von Auditkriterien	
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:	
<ul style="list-style-type: none"> • Einhaltung von Qualitätsstandards • Aufdeckung von Schwachstellen • Vergleichbarkeit • resultierende Zertifikationen können für Marketing genutzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> • zeitaufwendig • Kosten für Fachkräfte und Auditkosten • Gefahr, dass QM-Systeme oder andere Vorgaben immer nur zum Prüftermin optimiert werden 	
Durchführung:	<p>Unter einem Audit versteht man die systematische, unabhängige Untersuchung einer Aktivität und deren Ergebnisse, durch die Vorhandensein und sachgerechte Anwendung spezifischer Anforderungen beurteilt und dokumentiert werden. Der Prozess zur Erlangung von Auditnachweisen gliedert sich in folgende Phasen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Planung und Vorbereitung Definition von Zielsetzung und Umfang des Audits, Festlegung von Auditkriterien, Zusammenstellung eines Auditteams, Vorbereiten von Dokumenten, Erstellen eines Zeitplans. 2. Realisierung des Audits <i>Einführung:</i> Vorstellung von Personen, Methoden, Inhalten, Motivation schaffen; <i>Durchführung:</i> Untersuchung des zu auditierenden Bereichs (Objekts) durch Gespräch und/ oder Einsicht/ Prüfung von Dokumenten/ Systemen. <i>Abschluss:</i> Durchsprache von Stärken und Verbesserungspotenzialen, Klären von Unklarheiten, Vereinbarung weiterer Vorgehensweise. 3. Auditberichterstattung Übersicht und Bewertung von Verbesserungspotenzialen und Nichtkonformitäten, Protokollführung der Auditvorgänge als Nachweis. 4. Audit-Follow-Up Umgang mit Korrekturmaßnahmen, Verfahren zur Verfolgung der Korrekturmaßnahmen, Überprüfung der Wirksamkeit. 	
Beispiel:	<p>Es lassen sich verschiedene Arten des Audits unterscheiden. Grundsätzlich wird zwischen internen (durchgeführt durch die eigene Organisation) und externen (durchgeführt durch externe Auditoren) Audits differenziert. Weiterhin gibt es folgende Auditarten:</p> <p>Systemaudit: beurteilt die Wirksamkeit eines Qualitätsmanagementsystems.</p> <p>Verfahrensaudit: gezielte Untersuchung eines Verfahrens bezüglich Einhaltung und Zweckmäßigkeit.</p> <p>Prozessaudit: gezielte Untersuchung eines Prozesses zur Ermittlung bestimmter Sachverhalte.</p> <p>Produktaudit: dient zur Begutachtung der Übereinstimmung der Ausführung mit den festgelegten Qualitätsanforderungen an das Produkt nach der Endprüfung.</p>	
Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Gietl, G.; Lobinger, W.: Leitfaden für Qualitätsauditoren – Planung und Durchführung von Audits nach ISO 9001:2000. 2. Aufl., Carl Hanser Verlag, München u. a. 2002.</p> <p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p>	

Bild 9.42: Methodenblatt der Methodeninstanz Audit

Autonomation

Ziel:	automatisches Erkennen einer Abweichung vom Soll-Zustand und Anhalten des entsprechenden Systems
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Fehler werden automatisch erkannt: kein Ausschuss, keine Nacharbeit nötig • Verschleiß der Maschinen verringert sich, da keine fehlerhaften Teile die nachgelagerten Maschinen „gefährden“ 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Maschinen sind komplexer und daher meist auch teurer • Regelmäßige Überwachung und Kalibrierung z. B. von Sensoren notwendig • Um- und Mitdenken aller Mitarbeiter für eine erfolgreiche Implementierung notwendig
---	---

Durchführung:  Quelle: www.tqm.com	<p>Autonomation (auch Jidoka) bedeutet die Etablierung eines Personal, Werkzeuge, Maschinen, Prozesse und letztendlich das ganze Werk umfassenden Managementsystems, dass alle auftretenden Abweichungen vom Soll-Zustand autonom erkennt und im Falle einer Abweichung in erster Priorität den Prozess anhält. Bei der Automatisierung einer mechanischen Arbeitsstation können folgende Arbeitsschritte befolgt werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Autonomatisches Fixieren Das Fixieren des zu bearbeitenden Werkstücks erfolgt mechanisch, hydraulisch, pneumatisch usw.. 2. Autonomatisches Bearbeiten Handarbeit wird mechanisch, hydraulisch, pneumatisch usw. automatisiert. 3. Autonomatischer Vorschub Vorschub von Hand wird mechanisch, hydraulisch, pneumatisch usw. automatisiert. 4. Autonomatisches Anhalten Das Bearbeitungswerkzeug bzw. die Hauptspindel hält am Endpunkt an. 5. Autonomatisches Rückführen in Nullposition Nachdem das Bearbeitungswerkzeug bzw. die Hauptspindel angehalten hat, wird es in die Startposition (Nullposition) zurückgeführt. 6. Autonomatisches Auswerfen Nach Ende der Bearbeitung wird das Werkstück automatisch ausgeworfen. 7. Autonomatischer Transport Das ausgeworfene Werkstück wird automatisch bis zur Arbeitsposition des nächsten Arbeitsgangs befördert. 8. Autonomatisches Messen Alle Teile werden automatisch vermessen. Bei Abweichungen wird der Fertigungsprozeß unterbrochen. 9. Autonomatisches Einsetzen Das Einsetzen der Teile erfolgt automatisch. 10. Autonomatisches Starten Nach dem Einsetzen der Teile wird automatisch gestartet.
--	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	Takeda, H.: Automation ohne Verschwendung. Verlag moderne Industrie, Frankfurt am Main 1996. Takeda, H.: LCIA - Low Cost Intelligent Automation : Produktivitätsvorteile durch Einfachautomatisierung. Redline Wirtschaft, Frankfurt a. M. 2004.
---------------------------	---

Bild 9.43: Methodenblatt der Methodeninstanz Autonomation

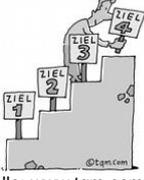
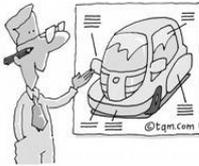
		Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 11
Balanced Scorecard			
Ziel:	Ausrichtung der Organisation an strategischen Zielen		
Vorteile/ Chancen:	<ul style="list-style-type: none"> • Operationalisierung, Darstellung und Kommunikation der Unternehmensstrategie • einfach in der Handhabung • Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven • Wirkzusammenhänge zwischen Unternehmenszielen werden deutlich 		
Nachteile/ Risiken:	<ul style="list-style-type: none"> • geeignete Ziele und Kennzahlen finden • Verlust von Detailzusammenhängen • hochqualifizierte Mitarbeiter • einseitige Optimierung bzw. Manipulation durch Fixierung auf Kennzahlen 		
Durchführung:	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  <p>Quelle: www.tqm.com</p> </div> <div style="flex: 3; padding-left: 10px;"> <p>Die Balanced Scorecard ist ein Konzept zur Entwicklung eines unternehmensindividuellen Kennzahlensystems zur Umsetzung von Unternehmensstrategien. Nachfolgend wird der Prozess zur Erstellung einer BSC beschrieben:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schritt: Definition der Kennzahlenarchitektur Auswahl der passenden Organisationseinheit, Identifizieren von Verknüpfungen zwischen Geschäftseinheit und Zentralabteilung. 2. Schritt: Schaffung von Konsens über strategische Zielsetzungen Interviewrunde mit Top-Management, Synthesitzung im BSC-Team, Managementworkshop zur Konsensbildung. 3. Schritt: Auswahl und Gestaltung von Kennzahlen Treffen mit Untergruppen, Managementworkshop zur Diskussion von Visionen, Zielen und Kennzahlen. 4. Schritt: Erstellung des Umsetzungsplans Entwicklung des Umsetzungsplans, Managementworkshops, Fertigstellung des Umsetzungsplans. </div> </div>		
Beispiel:	<p>Die vier Perspektiven der Scorecard ermöglichen ein Gleichgewicht von kurzfristigen und langfristigen Zielen. Beispielhaft werden die vier Perspektiven kurz erläutert:</p> <p>Finanzwirtschaftliche Perspektive: beinhaltet die Analyse der Profitabilität des Ressourceneinsatzes. Sie ist als Spätindikator am Ende der Prozesskette zu begreifen.</p> <p>Kundenperspektive: betrifft die Beurteilung der Produkte und Dienstleistung beim Kunden; Produktqualität und Kundenzufriedenheit können Messgrößen für Spätindikatoren sein.</p> <p>Prozessperspektive: umfasst die Ausübung der internen Unternehmensaktivitäten. Dabei geht es um die Abbildung der Geschäftsprozesse, Gestaltung der Arbeitsorganisation und der Durchlaufzeiten als Frühindikatoren zur Beurteilung ihres Wertschöpfungsbeitrages.</p> <p>Mitarbeiterperspektive: analysiert die Fähigkeit des Unternehmens, relevantes Wissen aufzubauen und weiter zu entwickeln. Hierzu zählen als Frühindikatoren insbesondere die Sicherung und Entwicklung der Mitarbeiterqualifikation.</p>		
Literatur/ Quelle:	<p>Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Balanced Scorecard – Strategien erfolgreich umsetzen. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1997.</p> <p>Wiese, J.: Implementierung der Balanced Scorecard Grundlagen und IT-Fachkonzept. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2001.</p>		

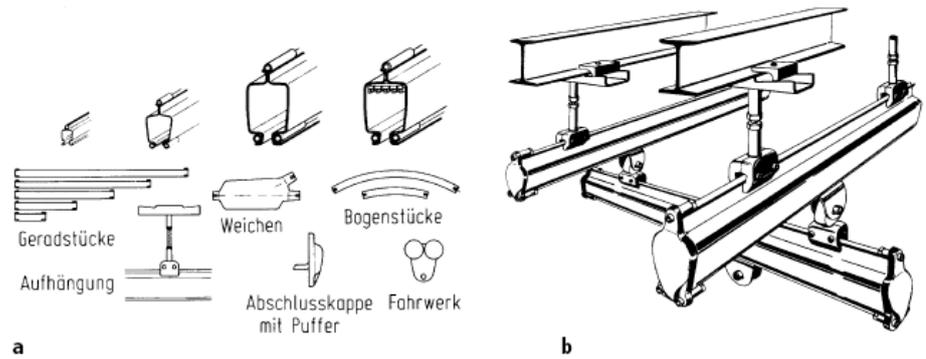
Bild 9.44: Methodenblatt der Methodeninstanz Balanced Scorecard

Baukastenprinzip

Ziel:	Realisierung von Funktionsvarianten durch Kombination festgelegter Funktionsbausteine
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Kombinationsmöglichkeit von Bauteilen bzw. Modulen • Vereinfachung des Informationsaustauschs • Kostensenkung möglich • einfache, schnelle Konstruktion möglich • schnelle Fehlerbehebung möglich 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • einzelne Module müssen entwickelt werden • vorausschauende Entwicklung und Konstruktion nötig (Abwärts- und Aufwärtskompatibilität) • zeit- und kostenintensiv bei Änderungen • geringe Flexibilität bei individuellen Kundenwünschen
---	---

Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Das Vorgehen zur Entwicklung von (Produkt-) Baukästen gliedert sich wie im Folgenden beschrieben:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Klären der Aufgabenstellung Definition und Dokumentation der Anforderungen. 2. Aufstellen von Funktionsstrukturen Aufgliedern der geforderten Gesamtfunktion in Teilfunktionen. 3. Suchen von Wirkprinzipien und Lösungsvarianten Identifikation von Wirkprinzipien zum Erfüllen der Teilfunktionen. 4. Auswählen und Bewerten Auswahl der Lösungsvarianten nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien. 5. Erstellen der Gesamtentwürfe Funktions- und fertigungsgerechte Gestaltung der einzelnen Bausteine. 6. Ausarbeiten von Fertigungsunterlagen Fertigungsunterlagen für möglichst DV-gestützte Zusammenstellung und Weiterverarbeitung der gewünschten Gesamtfunktionsvarianten.
---	---

Beispiel:	<p>Offenes Baukastensystem für die Fördertechnik (Werkbild Demag, Duisburg): a) Bausteine; b) Kombinationsbeispiel.</p> 
------------------	--

Literatur/ Quelle:	Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung – Methoden und Anwendung. 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2005.
---------------------------	--

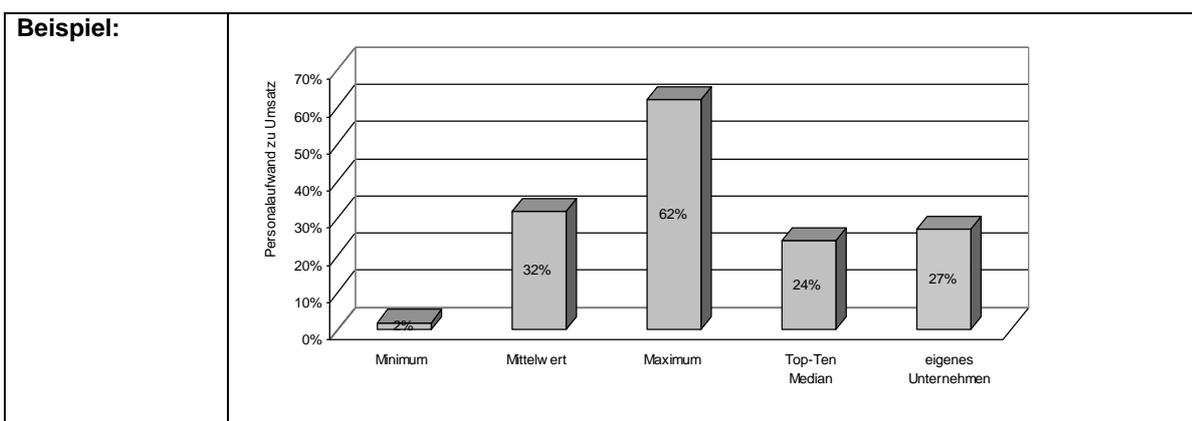
Bild 9.45: Methodenblatt der Methodeninstanz Baukastenprinzip

Benchmarking

Ziel: Verbesserung der eigenen Prozesse, Produkte oder Leistungen durch Vergleich

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> sehr hohe Verbesserungspotentiale identifizierbar gute Übertragbarkeit der besten Lösung hoher Langzeitnutzen Beseitigung der Unterschiede zum besten untersuchten Wettbewerber Erlangen einer führenden Wettbewerbsposition 	<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vertraulichkeitsprobleme Datenbeschaffung schwierig, ggf. hohe Kosten schwierige Auswahl der Benchmarking-Partner Auswahl repräsentativer Kriterien ohne offene Kommunikation Akzeptanzprobleme
---	---

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Benchmarking ist der Prozess des Vergleichens und Messens der eigenen Produkte, Dienstleistungen und Prozesse mit den besten Wettbewerbern oder mit den anerkannten Marktführern.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schritt - Planung der Studie: Bildung eines Benchmarking-Teams, Festlegung des zu untersuchenden Objektes (Prozess, Produkt, Methode, etc.), Dokumentation der Themengebiete. 2. Schritt - Sammlung der Daten: Identifizierung potentieller Benchmarking-Partner, Planung der Methoden zur Datensammlung, Durchführung der Datenerhebung in der eigenen Organisation, Vorbereitungen für Besichtigungen anderer Organisationen, Durchführung von Besichtigungen anderer Organisationen, Erstellen des Besichtigungsberichts. 3. Schritt - Analyse der Daten: Normalisierung/Vergleichbarkeit der Leistungsdaten, Erstellen einer Vergleichsmatrix, Identifizierung hervorragender Methoden, Feststellung der wesentlichsten Einflussfaktoren, Auslöser (Enabler bzw. best practice Methoden und deren Ursachen). 4. Schritt - Anpassung: Kommunikation der Ergebnisse, Festlegung der Ziele zum Schließen der Leistungslücken, Umsetzung in einem Pilotbereich, Anpassung der erkannten Haupteinflussfaktoren (Enabler), Entwicklung und Durchführung eines Implementierungsplans, Überwachung des Fortschritts.
--	---



Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N.(Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p>
---------------------------	--

Bild 9.46: Methodenblatt der Methodeninstanz Benchmarking

Beschwerdemanagement

Ziel: Maximierung der Kundenzufriedenheit und der Produkt-/ Prozessqualität

Vorteile/ Chancen:

- höhere Kunden- und Lieferantenzufriedenheit
- Kunden fühlen sich ernst genommen
- verbesserte Produkt- / Prozessqualität

Nachteile/ Risiken:

- Kunden und Lieferanten müssen über Fortschritte informiert werden
- hoher organisatorischer Aufwand
- Fach- und Führungskräfte fassen Vorschläge als Kritik auf und blockieren

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Ziel des Beschwerdemanagements ist es, die Kundenzufriedenheit wiederherzustellen und damit die negativen Auswirkungen von Kundenunzufriedenheit auf das Unternehmen zu senken. Gleichzeitig sollen die in Beschwerden enthaltenen Hinweise auf betriebliche Schwächen identifiziert und als Verbesserungspotenzial genutzt werden. Im Beschwerdemanagement lassen sich Aufgaben im direkten und indirekten Beschwerdemanagementprozess unterscheiden.

1. direkter Beschwerdemanagementprozess - umfasst alle Aufgaben, die mit einem unmittelbaren Kundenkontakt verbunden sind:

Stimulierung: Zielsetzung der Beschwerdestimulierung ist es, für Beschwerdeführer wahrnehmbare Kontaktpunkte zur Verfügung zu stellen.

Annahme: Um bereits im Erstkontakt angemessen zu reagieren, muss das Unternehmen den Beschwerdeeingang effizient organisieren und klare Verantwortlichkeiten verankern.

Bearbeitung: Im Mittelpunkt der Beschwerdebearbeitung steht das Prüfen und Lösen des Kundenanliegens im Unternehmen.

Reaktion: In der Beschwerdereaktion findet die Rückkopplung vom Unternehmen zum Kunden statt (Bereitstellung einer Lösung).

2. indirekter Beschwerdemanagementprozess - definiert die Aufgabenbausteine, die unternehmensintern wirksam werden und von denen der Kunde nur indirekt betroffen ist:

Auswertung: Die Beschwerdeauswertung ist charakterisiert durch eine situative, nicht formalisierte Nutzung von Beschwerdedaten.

Reporting: In das Beschwerdereporting fallen alle formalisierten und kontinuierlichen Formen der Beschwerdeinformationsnutzung.

Controlling: Das Beschwerdecontrolling differenziert zwischen einem Evidenz-Controlling, einem Aufgabe-Controlling und einem Kosten-Nutzen-Controlling.

Informationsnutzung: Aus den Beschwerdeinformationen leitet das Unternehmen Maßnahmen zur Verbesserung von Qualität ab.

Beispiel:

n/a

Literatur/ Quelle:

Mende, M.: Strategische Planung im Beschwerdemanagement. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2006.

Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6. Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.

Stauss, B.; Seidel, W.: Beschwerdemanagement: Unzufriedene Kunden als profitable Zielgruppe. 4. Aufl., Carl Hanser Verlag, München u. a. 2007.

Bild 9.47: Methodenblatt der Methodeninstanz Beschwerdemanagement

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 15
<h1>Brainstorming</h1>		
Ziel:	Kreative Ideenfindung in kleinen Gruppen	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • ermöglicht die Entwicklung innovativer Ideen und ausgefallener Problemlösungen • Einsatz, wenn normale Techniken keine weiteren Lösungsansätze bieten (Sackgasse) • einfache Durchführung • Ausnutzung von Synergieeffekten infolge von Gruppenbildung 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • abhängig von der Kreativität und Disziplin der Teilnehmer • oftmals sind viele Lösungsansätze unbrauchbar • Gefahr der Abschweifung • Aufwändige Selektion geeigneter Ideen • Gefahr von gruppendynamischen Konflikten 	
Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Das Brainstorming ist eine Kreativitätsmethode, mit deren Hilfe in kurzer Zeit möglichst viele, auch unkonventionelle Lösungsideen produziert werden sollen. Durch die Anwendung der Methode wird in einem Team von Teilnehmern ein ausgeprägter Ideenfluss angeregt.</p> <p>Die Methode setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vorbereitung: Im Vorfeld wird die Themenstellung definiert, außerdem wird eine Gruppe aus 5-15 Personen zusammengestellt. Je nach Problemstellung kann sie aus Experten oder Laien aus unterschiedlichen Fachgebieten bestehen. Weiterhin wird ein Moderator festgelegt. 2. Phase 1 - Ideengenerierung: Die Sitzung beginnt mit der Vereinbarung von Verhaltensregeln (keine Wertung von Ideen, Quantität der Ideen wichtiger als Qualität). Anschließend wird das Problem ausführlich erläutert und diskutiert. Lösungsideen werden geäußert, skizziert und visualisiert. Im Dialog sollte auf Ideen anderer aufgebaut werden. 3. Phase 2 - Ideenbewertung: Nach einer Pause werden sämtliche Ideen vorgelesen und von den Teilnehmern bewertet und sortiert (thematische Zugehörigkeit und Aussortieren von problemfernen Ideen). Die Bewertung und Auswertung kann in derselben Form erfolgen oder durch andere Fachleute vorgenommen werden. 	
Beispiel:	Brainstorming kann überall dort eingesetzt werden, wo kreative, neue Ideen gesucht werden.	
Literatur/ Quelle:	<p>Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung – Methoden und Anwendung. 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2005.</p>	

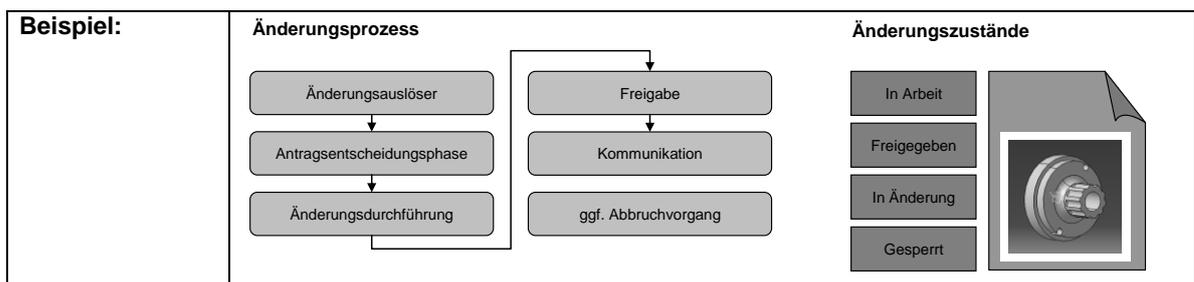
Bild 9.48: Methodenblatt der Methodeninstanz Brainstorming

Change-Management

Ziel:	Änderungen an Produkten / Prozessen kontrolliert und dokumentiert vornehmen
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> Risiken und Chancen können frühzeitig erkannt werden Reaktionszeiten auf Änderungen verbessern sich klare Verantwortlichkeiten und Nachvollziehbarkeit 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> hoher Zeitaufwand für Implementierung und Pflege kostenintensive EDV-Systeme
--	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Das Änderungsmanagement umfasst die Organisation, Durchführung und Dokumentation eines Änderungsvorgangs, die Summe aller Änderungsmaßnahmen im Rahmen des Änderungsvorlaufes und der Änderungsdurchführung. Vorgehen zur Durchführung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ist-Analyse Analysiert werden der bestehende Änderungsprozess, der Dokumentenfluss während des Prozesses, die beteiligten Dokumente mit deren Status und mögliche Schwachstellen. 2. Anforderungsanalyse Neben den Anforderungen an den Prozess ergeben sich Anforderungen an den Dokumentenstatus, die in einem Zustandsdiagramm beschrieben werden können. Anforderungen sind z. B. bezüglich der Systeme, Rechte, Betroffenen, Kennzeichnungen oder der Verwaltung zu definieren. 3. Modellbasierter Sollprozess und Konzept Aus den Anforderungen angewandt auf den Ist-Prozess wird formal ein Soll-Prozess beschrieben. Eventuell ist das Funktionsspektrum des eingesetzten Systems mit zu berücksichtigen. Das Änderungsmanagement muss mit Versions- und Variantenmanagement koordiniert sein. 4. Implementierung Die Implementierung ist abhängig von der Customizing-Funktionalität des Tools. Bessere Product-Lifecycle-Management-Systeme bieten eine grafische Prozessmodellierung und eine modellbasierte Statusvergabe. Bei einfachen Systemen werden Skripte zum Customizing verwendet.
---	---



Literatur/ Quelle:	<p>Arnold, V., Dettmering, H., Engel, T., Karcher, A.: Product Lifecycle Management beherrschen - Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand. Springer Verlag, München u. a. 2005.</p> <p>Krahtov, K.: PLM-Portal. Forschungszentrum Informatik (FZI), Forschungsbereich Prozess- und Datenmanagement im Engineering (PDE), Universität Karlsruhe, http://www.plmportal.de/index.php?id=825 08.08.2008.</p> <p>Voigt, T.: Systematik zur qualitätsgerechten Umsetzung organisatorischer Veränderungsprozesse. FQS-DGQ-Band 88-03, Frankfurt a. M. 2007.</p>
---------------------------	--

Bild 9.49: Methodenblatt der Methodeninstanz Change-Management

Customer Relationship Management

Ziel: Aufbau und Festigung profitabler Kundenbeziehungen durch Erhöhung und Stabilisierung der Kundenzufriedenheit

- Vorteile/ Chancen:**
- Kunden können zielgerichtet angesprochen werden
 - hohe Transparenz der Kundendaten für alle Mitarbeiter
 - Kunden können umfassend betreut werden
 - Ausrichtung auf Kundenprozesse

- Nachteile/ Risiken:**
- hoher Aufwand durch Sammlung und Pflege von Daten (zusätzl. EDV-Systeme)
 - firmenweite (ggf. weltweite) Verfügbarkeit sollte gewährleistet sein
 - CRM darf kein Datenfriedhof und kein Selbstzweck sein
 - Datenschutz berücksichtigen

Durchführung:

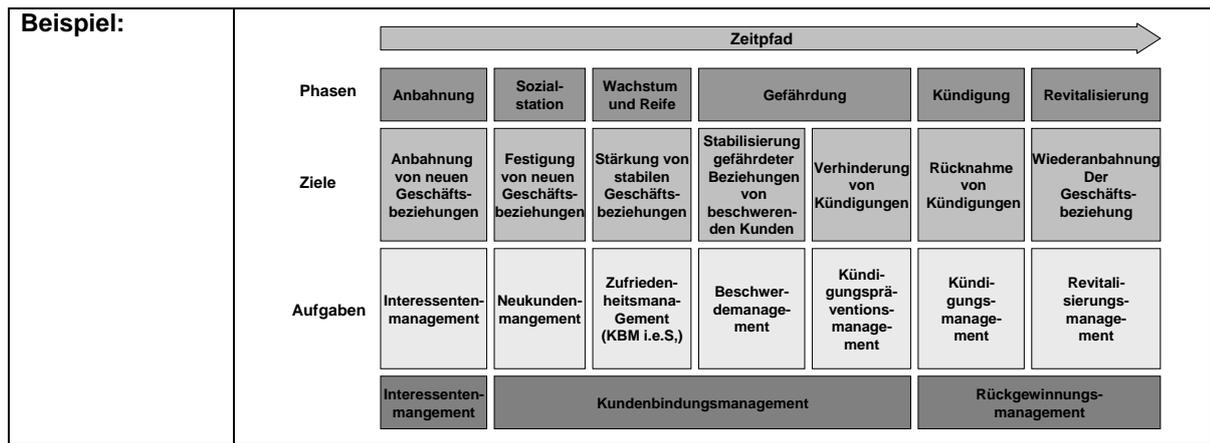


Quelle: www.tqm.com

CRM ist eine kundenorientierte Unternehmensstrategie, die mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien versucht, auf lange Sicht profitable Kundenbeziehungen durch ganzheitliche und individuelle Marketing-, Vertriebs- und Servicekonzepte aufzubauen und zu festigen.

Im Folgenden ist die Wirkungskette bzw. die daraus abgeleiteten Schritte zur Einführung eines CRM dargestellt:

- 1. Phase – Konzeption einer Kundenbeziehungsstrategie**
Formulierung von Basisstrategien, kundenorientierte Managementkonzepte, Multi Channel Management.
- 2. Phase – kundenorientierte Reorganisation**
Geschäftsprozessoptimierung, CRM-Systeme, Change Management, CRM-Projektmanagement.
- 3. Phase – Veränderung der Kundeneinstellung und des Kundenverhaltens**
Kundenzufriedenheit, Kundenloyalität, Kundenbindung.
- 4. Phase – Ökonomischer Erfolg**
Quantität der Kundenbeziehungen, Qualität der Kundenbeziehungen, Dauer der Kundenbeziehungen.



Literatur/ Quelle: Hippner, H.; Wilde, K. D. (Hrsg.): Grundlagen des CRM – Konzepte und Gestaltung. 2. Aufl. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.

Töpfer, A. (Hrsg.): Handbuch Kundenmanagement - Anforderungen, Prozesse, Zufriedenheit, Bindung und Wert von Kunden. 3. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2008.

Bild 9.50: Methodenblatt der Methodeninstanz Customer Relationship Management

Delphi-Methode

Ziel:	zukünftige Entwicklungen durch Einschätzung und Bewertung von Experten vorhersagen
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Erfassung der aktuellen Zukunftssicht von Experten • Befragung ist nicht ortsgebunden • anonymisiertes Feedback informiert über Gruppenmeinungen • Absicherung der Ergebnisse durch mehrfache Befragungsrunden • Gruppenleistung kann besser als Einzelleistung sein 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • abweichende Einzeleinschätzung wird kaum berücksichtigt • hoher Aufwand • gebildete Gruppenmeinung muss nicht zwangsläufig besser als eine Expertenmeinung sein • vorhergesagte Ereignisse müssen nicht eintreten
--	---

Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Ziel der Delphianalyse ist es, basierend auf einem mehrstufigen Befragungsprozess, Wissen zu sammeln, zu filtern, zu konvergieren und daraus abgeleitet heuristische Entscheidungen zu treffen. Gegenstand einer solchen Befragung ist zum Beispiel die Beurteilung von Entwicklungstrends oder die Einschätzung möglicher zukünftiger Ereignisse. Charakteristische Kennzeichen der Delphi-Technik sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operationalisierung der Fragestellung 2. Rekrutierung von Experten 3. Erarbeitung eines standardisierten Fragebogens, Versand an Experten 4. Aufbereitung der Befragungsergebnisse 5. Rückmeldung der Resultate an Experten 6. Mehrfache Wiederholung der Befragung <p>Mittels Fragebögen werden ausgewählte Experten über ihre Einschätzung zu einem Sachverhalt befragt. Die abgegebenen Antworten werden ausgewertet und als Basis für eine weitere Befragungsrunde zusammengefasst. In dieser folgenden Runde sind die Experten aufgefordert, ihre prognostizierten Aussagen zu überprüfen und die abgefragten Sachverhalte gegebenenfalls neu einzuschätzen. Bei starken Abweichungen in den Bewertungen soll versucht werden, eine Begründung dafür anzugeben.</p> <p>Nach diesem Verfahren können weitere Befragungsrunden durchgeführt werden, bis eine deutliche Konvergenz der Expertenmeinungen zu beobachten ist. Die Delphianalyse ermittelt durch das Zusammenführen von individuellem Expertenwissen eine Gruppenmeinung. Durch die anonyme Durchführung der Befragung werden die Einflüsse einer offenen Gruppendiskussion vermieden.</p>
--	--

Beispiel:	Der Einsatz der Delphianalyse bietet sich bei komplexen Problemstellungen an, die durch einen sehr weiten Prognosehorizont (oft mehr als zehn Jahre) gekennzeichnet sind. Die Prognose, beispielsweise von Technologieentwicklungen, stellt einen typischen Anwendungsbereich dar.
------------------	--

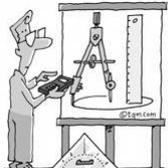
Literatur/ Quelle:	<p>Daenzer, W. F., Büchel, A.: Systems Engineering - Methodik und Praxis. 11. Aufl., Verlag Industrielle Organisation, Zürich 2002.</p> <p>Häder, M./Häder, S. (2000). Die Delphi-Technik in den Sozialwissenschaften - Methodische Forschungen und innovative Anwendungen. Westdeutscher Verlag, Opladen 2000.</p> <p>Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.</p>
---------------------------	--

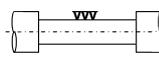
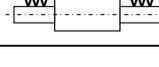
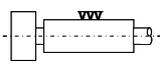
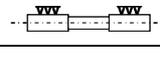
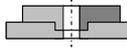
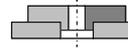
Bild 9.51: Methodenblatt der Methodeninstanz Delphi-Methode

Design for Manufacturing / Assembly

Ziel:	Gestaltungsmaßnahmen am Produkt, für einfache Fertigung und Montage
--------------	---

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fertigungs- und Montageprozesse robuster und schneller gestalten Reduzierung der Fertigungs- und Montagekosten zusätzliche Fehlerkontrolle durch die Überprüfung des Produkts 	<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> zusätzliche Arbeitsschritte in der Entwicklung und Konstruktion (Entwicklungskosten steigen) keine Vorgehenssystematik vorhanden
--	---

<p>Durchführung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Unter fertigungsgerechtem Konstruieren (Design for Manufacturing) versteht man Gestaltungsmaßnahmen am Produkt, die eine möglichst einfache Fertigung ermöglichen. Zu den Hauptzielen fertigungsgerechter Produktgestaltung gehören das</p> <ul style="list-style-type: none"> Vereinfachen des Fertigungsprozesses bzw. Ermöglichen eines einfacheren Fertigungsverfahrens, Erhöhen der Prozesssicherheit zur Reduzierung der Fehleranfälligkeit, Erhöhen des Automatisierungsgrads <p>Unter montage- bzw. demontagegerechter Konstruktion (Design for Assembly) wird der Entwurf einer hinsichtlich manueller oder automatisierter Montage optimierten Produktgestalt einschließlich des Produktaufbaus verstanden. Hauptziele dabei sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verringerung der Teileanzahl, z.B. durch ein Integralbauteil, um Arbeitsgänge zu vermeiden Reduzierung der erforderlichen Anzahl von Fügerichtungen Standardisierung von Bauteilschnittstellen Vermeidung von biegeschlaffen Bauteilen (z.B. Kabeln), vor allem bei automatisierter Montage Bildung von auftrags- und kundenunabhängigen Vormontagebaugruppen Begrenzung der Auswirkungen von Produktvarianten auf wenige Baugruppen Ergänzung von Positionier- und Justierhilfen (z.B. Fasen) Vermeidung von Anpassaufgaben
--	--

Beispiel:	Beispiel	
	ungünstig	günstig
	<p>fertigungsgerechte Konstruktion: Vermeiden von Bundbegrenzungen beim Schleifen</p>  	 
<p>montagegerechte Konstruktion: Überbestimmungen vermeiden</p>  		

Literatur/ Quelle:	<p>Andreasen, M. M.; Kähler, S.; Lund, T.: Montagegerechtes Konstruieren. Springer-Verlag, Berlin 1985.</p> <p>Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren - Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung. 5. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Eversheim, W.: Produktentstehung. In: Eversheim, W.; Schuh, G.: Produktion und Management – Betriebshütte Teil 1. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p>
---------------------------	--

Bild 9.52: Methodenblatt der Methodeninstanz Design for Assembly

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 20
------------	-----------------------	----------------

Digitale Fabrik

Ziel:	ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung von Zeit, Kosten, Qualität • durchgängige Vernetzung der Unternehmensprozesse • Routine- / nicht manuell durchführbare Tätigkeiten werden an Software übertragen 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • zeit- und kostenaufwendig in der Einführung • fehlende Anwenderakzeptanz • nicht ersichtlicher Nutzen • unzuverlässige Ergebnisse bei fehlerhafter Modellbildung
---	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen, u. a. der Simulation und der 3D-Visualisierung, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Anwendungsgebiete der Digitalen Fabrik sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produktentwicklung als Lieferant von Eingangsdaten in die Produktionsplanung wie 3-D-Modell, Struktur, Funktionen des Produkt 2. Produktionsplanung Produktionsprozesse, Produktionssysteme, industrielle Produktionsstätten, Realisierungsüberwachung 3. Anlauf der Produktion Realisierung und Inbetriebnahme der Produktion, Planung, Beschaffung, zeitliche Koordination 4. Produktionsbetrieb Unterstützung kaufmännischer und technischer Prozesse, Erstellung von SPS-, Roboter- und NC-Programmen 5. Auftragsmanagement Steuerung und Überwachung der Produktion durch Fertigungsaufträge
---	--

Beispiel:	<p>Ebenen der Digitalen Fabrik:</p> 
------------------	--

Literatur/ Quelle:	<p>Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Technologieführer: Grundlagen - Anwendungen - Trends. Springer Verlag, Berlin 2007.</p> <p>Runde, C.: Konzeption und Einführung von virtueller Realität als Komponente der Digitalen Fabrik in Industrieunternehmen. Dissertation, Universität Stuttgart 2007.</p> <p>VDI – Verein Deutscher Ingenieure. Digitale Fabrik – Grundlagen. VDI 4499 Blatt 1, Beuth Verlag, Berlin 2008.</p>
---------------------------	--

Bild 9.53: Methodenblatt der Methodeninstanz Digitale Fabrik

Durchlaufzeitanalyse

Ziel: Zeitgewinn für die Erfüllung von Aufträgen oder Realisierung von Prozessen

- Vorteile/ Chancen:**
- Erkennen von Umfang und Ursachen nicht wertschöpfender Vorgänge
 - Daten für Planung und Steuerung
 - Reduzierung von Beständen , Flächenbedarf und Lieferzeiten
 - Beschleunigung der Einführung neuer Produkte (Time to Market)

- Nachteile/ Risiken:**
- keine Berücksichtigung von Teile- und Auftragswert
 - hoher Aufwand für Datenerfassung und Strukturierung
 - Widerstand durch Mitarbeiter

Durchführung:



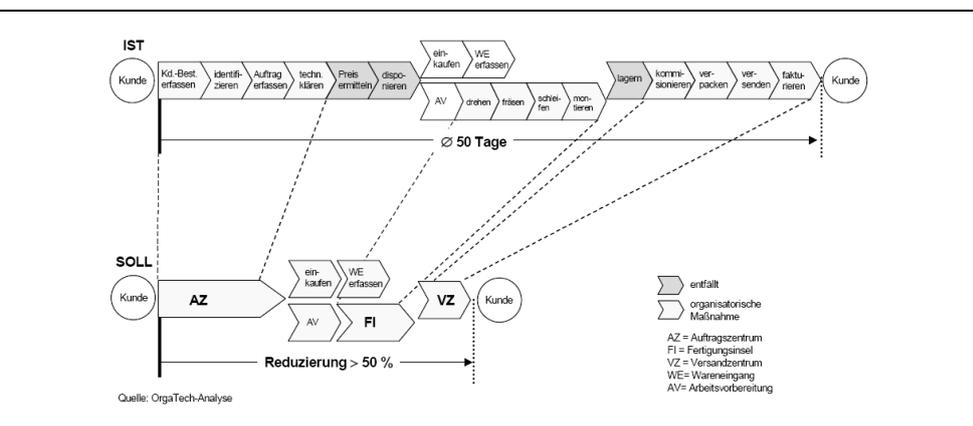
Quelle: www.tqm.com

Ermittlung der zeitlichen Struktur für Auftragsdurchläufe, speziell des Zeitaufwandes für die planmäßige Auftragsbearbeitung (Durchführungszeiten), für unplanmäßige Vorgänge/Handlungen (Zusatzzeiten) sowie für Transport, Liegen und Störungen. Die Durchlaufzeitanalyse ist Grundlage für Maßnahmen zur Durchlaufzeitverkürzung.

Für die Ermittlung von Zeitdauern gibt es in Abhängigkeit der Aufgabenstellung unterschiedliche Methoden:

- 1. Erfassen von IST-Zeiten**
Messen von IST-Zeiten (Zeiten selbsttätig ermitteln, Zeiten beobachtend aufnehmen); Häufigkeiten zählen (Multimoment-Häufigkeitszählverfahren).
- 2. Erstellen von Planzeiten**
Einflussgrößen und Zeitdauern festlegen (Zeittabellen erstellen, Zeitformeln aufstellen), Zeitklassen bilden.
- 3. Bestimmen von SOLL-Zeiten**
Leistungsgrad berücksichtigen (REFA Zeitvorgabezeitbestimmung), Einflussgrößen ermitteln (Zeitdauer zusammensetzen oder berechnen), Zeitdauer vergleichen (Vergleichen und Schätzen, Zeitklassenverfahren).

Beispiel:



Literatur/ Quelle: Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.

Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.

Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer Verlag, Berlin u. a. 1999.

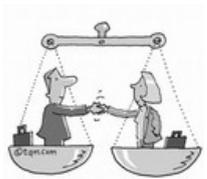
Bild 9.54: Methodenblatt der Methodeninstanz Durchlaufzeitanalyse

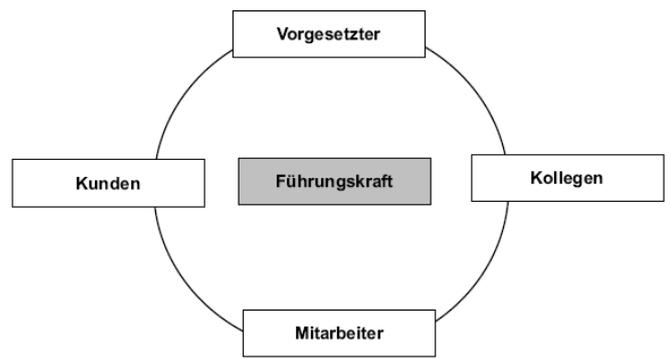
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 22
------------	-----------------------	----------------

Feedback

Ziel:	Verbesserung der Selbst- und Fremdwahrnehmung
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • verbessert die Zusammenarbeit • bietet die Möglichkeit, sich selbst objektiver zu beurteilen und dadurch zu verbessern • vermindert Mutmaßungen 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • kann zu zusätzlichen Spannungen führen • Gefahr von pauschalisierter und nicht konstruktiver Kritik
---	---

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Feedback gehört als internes und externes Feedback zu den Impulsgebern innerhalb der Einflussgrößen auf das Leistungsverhalten von Mitarbeitern. Darunter versteht sich der regelmäßige Informationsfluss zwischen Leistungsträger (Mitarbeiter) und Führungskraft im Hinblick auf das Leistungsverhalten des Mitarbeiters. Es ergeben sich drei Grundprinzipien, die die Effektivität von Feedback sicherstellen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Angemessenheit Feedback soll den Bedürfnissen und Erwartungen des Empfängers sowie der Leistung angemessen sein. 2. Fokus Feedback soll sich genau auf die Leistung beziehen und nicht auf etwas anderes. 3. Timing Feedback soll zum günstigsten Zeitpunkt gegeben werden. <p>Ziel eines Feedbacksystems ist es, die Auswirkungen des unternehmerischen Handelns zu erfassen und zu bewerten. Dabei wird einerseits das Feedback gegenüber den Mitarbeitern (internes Feedback) als auch das Feedback der Kunden und sonstiger Akteure (externes Feedback) berücksichtigt.</p> <p>Es stehen dabei vielfältige Feedbackinstrumente zur Verfügung, zu denen Mitarbeiterbefragung, Leistungsbeurteilung, Mitarbeitergespräche, 360-Grad-Feedback sowie Teamfeedback zählen.</p>
---	---

Beispiel:	<p style="text-align: center;">Personenkreis des 360°-Feedback</p> 
------------------	---

Literatur:	<p>Bartscher, T.; Huber, A.: Praktische Personalwirtschaft - Eine praxisorientierte Einführung. 2. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2007.</p> <p>Fengler, J.: Feedback geben: Strategien und Übungen. 3. Aufl., Carl Hanser Verlag, Beltz 2004.</p> <p>Jöns, I.; Bungard, W. (Hrsg.): Feedbackinstrumente im Unternehmen - Grundlagen, Gestaltungshinweise, Erfahrungsberichte. Gabler Verlag, Wiesbaden 2005.</p>
-------------------	---

Bild 9.55: Methodenblatt der Methodeninstanz Feedback

Fehlermöglichkeits- und einflussanalyse

Ziel: frühzeitige Vermeidung eines Produkt- oder Prozessversagens

Vorteile/ Chancen:

- frühzeitige Aufdeckung von potentiellen Schwachstellen
- Förderung der Kommunikation und des Verständnisses bei der Zusammenarbeit

Nachteile/ Risiken:

- Unterstützung durch das Management notwendig
- hoher Aufwand

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Die Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) ist eine formalisierte Methode, um mögliche Probleme sowie deren Risiken und Folgen bereits vor ihrer Entstehung systematisch und vollständig zu erfassen und durch die Festlegung geeigneter Maßnahmen vorausschauend zu vermeiden. Folgendes Vorgehen wird empfohlen:

- 1. Strukturanalyse:**
System in einzelne Elemente unterteilen und deren Beziehungen ermitteln.
- 2. Funktionsanalyse:**
Systemelemente den zugehörigen Funktionen zuordnen, Funktionsstruktur erstellen.
- 3. Fehleranalyse:**
Potentielle Fehler den Systemelementen zuordnen. Erfassung aller denkbaren Fehlerursachen. Ermittlung der Fehlerfolgen. Vorgesehene Maßnahmen zur Vermeidung/ Entdeckung der Ursache auflisten.
- 4. Risikobewertung:**
Für die Fehler werden jeweils Risikoprioritätszahlen (RPZ) ermittelt, die sich durch Multiplikation aus der Bewertung der Faktoren Bedeutung, Auftretenswahrscheinlichkeit und Entdeckungswahrscheinlichkeit ergeben.
- 5. Optimierung:**
Risikominimierung oder Optimierung für besonders risikobehaftete Systeme bzw. Prozesse durchführen. Erarbeitung der Verbesserungsmaßnahmen erfolgt in Teamarbeit. Nach Durchführung neue Risikobewertung durchführen.
- 6. Wirksamkeitskontrolle:**
Kontrolle, ob die getroffenen Maßnahmen die gewünschte Wirkung haben.

Beispiel:

Ausschnitt aus einem FMEA-Formblatt:

Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse								
		Konstruktions-FMEA <input type="checkbox"/>			Prozeß-FMEA <input checked="" type="checkbox"/>			
		Bestätigung durch betroffene Abteilungen und/oder Lieferant		Name/Abt./Lieferant		Name/Abt./Lieferant		
Systeme/Merkmale	Potentielle Fehler	Potentielle Folgen des Fehlers	D Potentielle Fehlerursachen	Derzeitiger Zustand				
				vorgesehene Prüfmaßnahmen	Auftreten	Entdeckung	Risiko-Prioritätszahl (RPZ)	
1. Rüsten des Werkzeugs	1.1 falscher Änderungsstand Werkzeug	F 1.1.1 Reparaturen oder Verbesserungen am Werkzeug fließen nicht ein	U 1.1.1 fehlende Kennzeichnung oder Dokumentation des Standes des Werkzeugs	V: K-Stand ist im Werkzeug gekennzeichnet. Werkzeugbegleitkarte mit Aufzeichnungen	5	7	2	70

Literatur/ Quelle:

Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (DGQ): FMEA – Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse. 3. Aufl. Beuth Verlag, Berlin u. a. 2004.

Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.

Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer, Berlin u. a. 2005.

Bild 9.56: Methodenblatt der Methodeninstanz FMEA

Fertigungsinsel

Ziel: Produktteile oder Endprodukte möglichst in allen Herstellungsschritten fertigen

Vorteile/ Chancen:

- kurze Durchlaufzeiten
- hohe Arbeitsproduktivität
- Transparenz bzgl. Kosten, Material- und Informationsfluss
- hohe Arbeitsplatzattraktivität

Nachteile/ Risiken:

- Gefahr einer mangelnden kapazitiven Auslastung
- geringe Flexibilität bei Störsituationen
- zu starke Mitarbeiterorientierung

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Eine Fertigungsinsel hat die Aufgabe, innerhalb des Gesamtsystems Fertigung, Produkte oder Teilprodukte vom Ausgangsmaterial ausgehend möglichst vollständig zu fertigen. Die notwendigen Betriebsmittel sind räumlich in der Fertigungsinsel nach dem Objektprinzip konzentriert. Die Planung von Fertigungsinseln erfolgt durch:

1. Problemanalyse und Festlegung der Planungsaufgabe

Aufnahme von Schwachstellen und Anforderungen, Definition des zu beplanenden Bereichs

2. Datenübernahme

Bereitstellung von Datenbeständen für Planung (z. B. Stücklisten, Arbeitspläne, produkt- und maschinenbezogene Informationen)

3. Teilestrukturierung

Produkt-, Baugruppen- oder Teilespektrum in Teilefamilien auf mehreren Aggregationsebenen unterteilen

4. Maschinenstrukturierung

Klassifizierung der Maschinen zu Maschinengruppen nach technologischen Gesichtspunkten (z. B. Fertigungsverfahren, Qualitätsstandard, Baugröße, etc.)

5. Kapazitätsberechnung

Berechnung des teilefamilienbezogenen Kapazitätsbedarfs auf Basis des Produktionsprogramms (Mengengerüst) und der Arbeitspläne

6. Produktionsstrukturierung

Definition der Organisationsstruktur der Produktion durch die Zuordnung von Maschinen und Teilen zu Organisationseinheiten

7. Bewertung und Auswahl der Planungsalternativen

Bewertung der Alternativen z. B. bzgl. der Aufwände für zusätzliche Investitionen in Betriebsmittel und Umstellung von Maschinen sowie der Einsparungen durch Reduzierung von Schnittstellen im Prozess, Auswahl einer Alternative

Beispiel:



Quelle: <http://www.elogistics-journal.de/archiv/2006/5/schedlbauer/dippArticle-3.png>, 13.08.2008.

Literatur/ Quelle:

Müller, R.: Fertigungsinseln : Strukturierung der Produktion in dezentrale Verantwortungsbereiche. 3. Aufl., expert-Verl., Renningen-Malmsheim 2001.

Scholtz, O.: Das Glossar der Problemlösungshilfen – Konzepte und Methoden. In: Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren - Innovative Organisation und Führung. LOG_X Verlag GmbH, Stuttgart 2003.

Bild 9.57: Methodenblatt der Methodeninstanz Fertigungsinsel

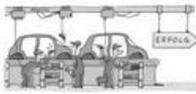
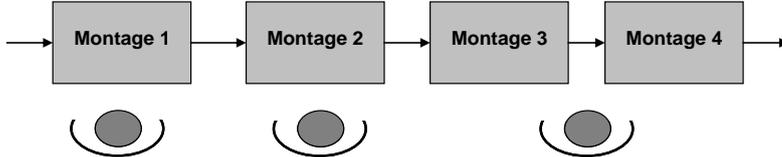
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 25
Fließfertigung		
Ziel:	Probleme (Verschwendung) sichtbar machen durch standardisierte Arbeit in rhythmischen, sich wiederholenden Arbeitstakt (Fluss)	
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:	
<ul style="list-style-type: none"> spart Raum, verkürzt Transportwege und verringert Transportkosten (Kosten-)Vorteile durch Arbeitsteilung und Spezialisierung, hohe Produktivität Verringerung der Durchlaufzeit Probleme (Verschwendung) werden sichtbar Einsatz von Roboter bzw. Automaten möglich Zwischenlager können vermieden werden 	<ul style="list-style-type: none"> geringe Flexibilität des Betriebes hohe Störanfälligkeit der gesamten Produktion bei Maschinen- oder Arbeitsausfällen hoher Kapitalbedarf, hohe Kapitalbindung, hohe Anlagenintensität, hohe Fixkosten mangelnde Kommunikationsmöglichkeiten erzeugen soziale Probleme der Arbeiter 	
Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	Die Flussorientierung bezeichnet eine umfassende Unternehmensgestaltung, die darauf gerichtet ist, einen schnellen, durchgängigen und turbulenzarmen Fluss von Materialien, Waren und Informationen über die gesamte Wertschöpfungskette zu ermöglichen. Folgende grundlegende Schritte sind bei der Einführung einer Fließfertigung zu berücksichtigen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Vorbereitung Auswahl des im Flussprinzip zu fertigenden Produkts 2. Definition der Arbeitsinhalte Festlegung der Arbeitselemente, die zur Fertigung eines Produktes erforderlich sind; Definition der für jedes Arbeitselement benötigten Zeit 3. Definition von Maschinen, Material und Layout Analyse und Bereitstellung des notwendigen Maschinenparks; Definition des Automatisierungsgrads; Festlegung des Prozess- / Fabriklayouts 4. Definition der Arbeitsverteilung Bestimmung der Anzahl der Mitarbeiter in einem Prozess; Definition der Arbeitsverteilung auf die Mitarbeiter 5. Steuerung der Fließfertigung Auswahl und Definition von Steuerungsmechanismen für die Fließfertigung; Erarbeiten von Szenarien bzgl. der Reaktion auf Nachfrageschwankungen 6. Umsetzung, Aufrechterhaltung und kontinuierliche Verbesserung Umsetzungsplanung: Prozessentwurf, Simulation, Fehlerbehebung; Aufrechterhaltung: Reaktion auf Probleme, kontinuierliche Verbesserung 	
Beispiel:		
Literatur/ Quelle:	Rother, M.; Harris, R.: Kontinuierliche Fließfertigung organisieren: Praxisleitfaden zur Einzelstück-Fließfertigung für Manager, Ingenieure und Meister in der Produktion. Lean Management Institut, Aachen 2004. Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006. Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem. Just-in-time für das ganze Unternehmen (5. Aufl.). Moderne Industrie, Landsberg am Lech 2006.	

Bild 9.58: Methodenblatt der Methodeninstanz Fließfertigung

Ganzheitliche Fabrikplanung

Ziel:	Sicherstellung von Wirtschaftlichkeit, Flexibilität und Attraktivität der Fabrik
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Flexibilität bzgl. Kapazität, Technologie, Organisation • verbesserte Wirtschaftlichkeit bzgl. Wertschöpfung, Nutzungsgrad, Bestände • verbesserte Attraktivität bzgl. Arbeitsgestaltung, Erscheinungsbild, Umweltbelastung 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Layoutneugestaltung kann mit sehr hohen Kosten verbunden sein • teilweise sehr viele Restriktionen, die eine ideale Umsetzung unmöglich machen • Unterbrechung der laufenden Produktion
---	--

Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Die Fabrikplanung umfasst die Planung und Auslegung industrieller Produktionsstätten sowie die Überwachung der Realisierung bis zum Anlauf der Produktion. Der Umfang reicht dabei von der Umplanung einzelner Maschinen bis zur Erstellung eines neuen Werks. Die Aufgaben werden wegen ihres einmaligen Charakters in Form von Projekten abgewickelt. Folgende Phasen und Schritte werden für eine systematische Fabrikplanung empfohlen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zielplanung (Vorbereitungsphase) Definition der Zielsetzung in Abstimmung mit der Unternehmensplanung. 2. Betriebsanalyse (Vorbereitungsphase) Betriebsanalyse der zu betrachtenden Unternehmensbereiche zur Identifikation von Schwachstellen des IST-Zustands, Detaillierung und Konkretisierung der Planungsziele. 3. Prinzipplanung (Strukturierungsphase) Entwicklung eines idealen Ablaufschemas der erforderlichen Bearbeitungsschritte, Definition und Auswahl entsprechender Fertigungs- und Montagestrukturen sowie logistikgerechter Lager- und Transportsysteme. 4. Dimensionierung (Strukturierungsphase) Dimensionierung der jeweiligen Produktionseinrichtungen inkl. der Bedarfswerte hinsichtlich Art und Anzahl der erforderlichen Produktionsmittel, Personen und Flächen. 5. Idealplanung (Gestaltungsphase) Erarbeitung eines flächenmaßstäblichen Funktionsschemas auf Basis von Teilbereichen wie Werkhallen, Fertigungsbereichen und Kostenstellen. Unter Berücksichtigung von Flussprinzipien (Material-, Personal- und Informationsfluss) erfolgt eine Idealanordnung der Funktionsbereiche. 6. Realplanung (Gestaltungsphase) Entwicklung von alternativen Reallayouts unter sukzessiver Berücksichtigung baulicher Gegebenheiten (Groblayout → Feinlayout) sowie Auswahl eines Layouts anhand der Zielerfüllung. 7. Ausführungsplanung (Umsetzungsphase) Ziel dabei ist, die Unterbrechung der laufenden Produktion auf ein Minimum zu reduzieren.
---	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	<p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p> <p>Pawellek, G.: Ganzheitliche Fabrikplanung - Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung. Springer Verlag, Berlin u. a. 2008.</p>
---------------------------	--

Bild 9.59: Methodenblatt der Methodeninstanz Ganzheitliche Fabrikplanung

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 27
<h2>Gruppenarbeit</h2>		
Ziel:	Reduzierung von Steuerungsaufwand, Erhöhung der Auslastung/ Eigenverantwortung	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • selbstregelnde Reaktion auf Störungen • weitgehende Selbstorganisation • Integration von indirekten Tätigkeiten • Erweitern der Handlungskompetenz 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Zeitaufwand für Abstimmungen und Besprechungen notwendig • mehrjährige Einführung und Umsetzung • Gefahr zu enger Spezialisierung 	
Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Die Mitarbeiter einer Gruppe erstellen eigenverantwortlich ein Produkt, Teilprodukt oder eine Dienstleistung. Kennzeichnend ist eine weitgehende Selbststeuerung der Arbeitsprozesse, insbesondere die Wahrnehmung der operativen Kontroll-, Entscheidungs- und Planungsfunktionen durch die Gruppe. Folgende Schritte sind bei der Einführung zu beachten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wegbereitung: Entscheidung für Gruppenarbeit auf Werksebene, Abschluss einer Betriebsvereinbarung, die die Aufgaben und Rechte regelt sowie Etablierung einer unterstützenden Projektorganisation 2. Definition der Gruppenaufgabe Prüfung des inhaltlichen und zeitlichen Umfangs der Tätigkeiten und Komplexität, Prüfung der Anforderungsvielfalt, Ganzheitlichkeit, Gestaltung-, Handlungs- und Kontrollspielräume 3. Planung und Überarbeitung der Arbeits- und Systemstrukturen: Dimensionierung der Teams (3-7 Mitarbeiter, gerade Gruppengröße meiden), Arbeitssystemgestaltung unter Aspekten flexibler Arbeitsteilung, Gestaltung der Gruppen- und Einzelarbeitsaufgaben und Ermittlung der Soll-Qualifikation 4. Definition der Teams: Vorauswahl geeigneter Mitarbeiter nach Fachkompetenz, Methodenkompetenz, Soziakompetenz und gewachsenen sozialen Beziehungen 5. Implementierungsstart: Qualifizierungs- und Trainingsmaßnahmen sowie Umsetzung der Veränderungen im Arbeitssystem 6. Einschwingphase: Reduktion der Unterstützung durch Projektorganisation, Förderung des KVP und sukzessiver Ausbau des Methoden- und Werkzeugpools sowie Begleitung des Veränderungsprozesses in den Gruppen durch Personalbetreuer 	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Antoni, C. (Hrsg.): Praxishandbuch Gruppenarbeit - Konzepte, Werkzeuge, Praxismodelle. Symposion Publishing, Düsseldorf 2001.</p> <p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p>	

Bild 9.60: Methodenblatt der Methodeninstanz Gruppenarbeit

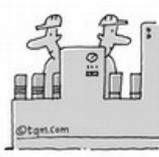
Heijunka

Ziel: Sicherstellung der Flexibilität gegenüber schwankenden Kundenbedarfen bei gleichzeitig optimaler Kapazitätsauslastung

- Vorteile/ Chancen:**
- Senkung der Verschwendung und Blindleistung in Produktion, Logistik und Administration
 - deutlich kleinere Lagermenge innerhalb der Produktion und im Fertigteillager
 - hohes Maß an Qualität und Flexibilität
 - Organisation der Produktion in der vom Verkauf vorgegebenen Taktzeit

- Nachteile/ Risiken:**
- Engpässe in der Materialversorgung
 - Aufwand für Rüstzeitminierung
 - erhöhter Planungs- und Steuerungsaufwand

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Heijunka ist ein Instrument zur Harmonisierung des Produktionsflusses im Sinne eines mengenmäßigen Produktionsausgleichs, ohne dies auf dem Rücken der nachgelagerten Stellen im Produktionsprozess oder des Kunden auszutragen. Grundsätzlich erfolgt das Harmonisieren einer Produktion in zwei wesentlichen Stufen:

- 1. Nivellieren der Produktionsmenge auf Tagesmengen**
Für jedes Produkt wird die Produktionsmenge einer Periode so aufgeteilt, dass an jedem Tag die gleiche Stückzahl hergestellt wird. Diese Fertigungsweise wird gegen die Produktionsrichtung eingeführt. Unbedingte Voraussetzung für eine nivellierte Produktion ist die ständige und drastische Reduzierung der Rüstzeiten.
- 2. Glätten der Produktion in der Erhöhung der Anzahl der Zyklen je Zeiteinheit mit dem Ziel der Einzelstückfertigung**
Wenn sich die nivellierte Produktionsweise stabilisiert hat, wird die Tagesmenge in Teilmengen unterteilt. Es ist anzustreben, die Zyklenanzahl immer weiter zu erhöhen, bis für das A-Produkt mit der geringsten Stückzahl die Menge eins erreicht wird. Bei einer geglätteten Produktion sollten letztendlich alle Prozessstationen gleichsam wie durch eine Endloskette miteinander verbunden sein.

Beispiel:

<p>1. Nivellieren (unterteilen in Tagesmengen)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sachnummer</th> <th>Monatliche benötigte Stückzahl</th> <th>Nivellierungsanweisung (20 Arbeitstage) zur Produktion der gleichen täglichen Stückzahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ⓐ 123456</td> <td>2.000</td> <td>täglich 100</td> </tr> <tr> <td>Ⓑ 123457</td> <td>1.600</td> <td>täglich 80</td> </tr> <tr> <td>Ⓒ 123458</td> <td>400</td> <td>täglich 20</td> </tr> </tbody> </table>	Sachnummer	Monatliche benötigte Stückzahl	Nivellierungsanweisung (20 Arbeitstage) zur Produktion der gleichen täglichen Stückzahl	Ⓐ 123456	2.000	täglich 100	Ⓑ 123457	1.600	täglich 80	Ⓒ 123458	400	täglich 20
	Sachnummer	Monatliche benötigte Stückzahl	Nivellierungsanweisung (20 Arbeitstage) zur Produktion der gleichen täglichen Stückzahl										
	Ⓐ 123456	2.000	täglich 100										
	Ⓑ 123457	1.600	täglich 80										
Ⓒ 123458	400	täglich 20											
<p>2. Glätten (Tagesmenge wird in weitere Teilmengen unterteilt)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sachnummer</th> <th>Tagesproduktion</th> <th>4 Produktzyklen Tagesproduktion wird in 4 Teile eingeteilt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ⓐ 123456</td> <td>100</td> <td>Täglich wird 25 Stück</td> </tr> <tr> <td>Ⓑ 123457</td> <td>80</td> <td>4mal ein 20 durch</td> </tr> <tr> <td>Ⓒ 123458</td> <td>20</td> <td>Zyklus mit 5 laufen</td> </tr> </tbody> </table>	Sachnummer	Tagesproduktion	4 Produktzyklen Tagesproduktion wird in 4 Teile eingeteilt	Ⓐ 123456	100	Täglich wird 25 Stück	Ⓑ 123457	80	4mal ein 20 durch	Ⓒ 123458	20	Zyklus mit 5 laufen
Sachnummer	Tagesproduktion	4 Produktzyklen Tagesproduktion wird in 4 Teile eingeteilt											
Ⓐ 123456	100	Täglich wird 25 Stück											
Ⓑ 123457	80	4mal ein 20 durch											
Ⓒ 123458	20	Zyklus mit 5 laufen											
<p>3. Erhöhung der Zyklenzahl (Häufiges Heranziehen)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sachnummer</th> <th>Tagesproduktion</th> <th>Produktion mit hoher Zykluszahl mit (20 Zyklen)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ⓐ 123456</td> <td>100</td> <td>täglich wird 5 Stück</td> </tr> <tr> <td>Ⓑ 123457</td> <td>80</td> <td>4mal ein 4 durch</td> </tr> <tr> <td>Ⓒ 123458</td> <td>20</td> <td>Zyklus mit 1 laufen</td> </tr> </tbody> </table>	Sachnummer	Tagesproduktion	Produktion mit hoher Zykluszahl mit (20 Zyklen)	Ⓐ 123456	100	täglich wird 5 Stück	Ⓑ 123457	80	4mal ein 4 durch	Ⓒ 123458	20	Zyklus mit 1 laufen
Sachnummer	Tagesproduktion	Produktion mit hoher Zykluszahl mit (20 Zyklen)											
Ⓐ 123456	100	täglich wird 5 Stück											
Ⓑ 123457	80	4mal ein 4 durch											
Ⓒ 123458	20	Zyklus mit 1 laufen											
<p>4. Anzustrebende Form</p>	<p>Ⓐ Ⓑ Ⓐ Ⓑ Ⓐ Ⓒ Ⓐ Ⓑ Ⓐ Ⓑ</p> <p>Das Endziel besteht aus einer weiteren Aufteilung, so dass kein Teil öfter als zweimal hintereinander in rhythmischer Arbeit produziert wird.</p>												

Literatur/ Quelle: Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.

Spath, D.: Ganzheitlich produzieren Innovative Organisation und Führung. LOG_X Verlag, Stuttgart 2003.

Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.

Bild 9.61: Methodenblatt der Methodeninstanz Heijunka

Informationsmanagement

Ziel:	Gewährleistung des bestmöglichen Einsatzes der Ressource Information im Hinblick auf die Unternehmensziele
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> schneller Zugriff auf richtige Daten und Informationen Nutzung von IKT kann zu erheblichen Produktivitätsfortschritten führen Grundlage für effizientes Wissensmanagement 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> hoher finanzieller und personeller Aufwand Spannungsfeld zwischen technologisch Machbarem und den arbeitsorganisatorischen Anforderungen der Mitarbeiter Realisierung von Potenzialen erst bei richtiger Nutzung (Akzeptanzprobleme)
---	---

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Das Ziel des IM ist es, im Hinblick auf die Unternehmensziele den bestmöglichen Einsatz der Ressource Information zu gewährleisten. IM ist sowohl Management- wie Technikdisziplin und gehört zu den elementaren Bestandteilen der Unternehmensführung. Elemente des IM sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Management der Informationswirtschaft Handlungsobjekt der Ebene Informationswirtschaft ist die Ressource Information. Der Informationsbedarf und seine Deckung durch das Informationsangebot wird in einem informationswirtschaftlichen Planungszyklus geplant, organisiert und kontrolliert. 2. Management der Informationssysteme Informationssysteme bezeichnen Systeme aufeinander abgestimmter Elemente personeller, organisatorischer und technischer Natur, die der Deckung des Informationsbedarfes dienen. Handlungsobjekt der IS-Ebene sind die Anwendungen. 3. Management der Informations- und Kommunikationstechnik Bereitstellung und Verwaltung der Technikinfrastruktur sowie die Planung der technischen Anpassung eingesetzter Systeme im Unternehmen. Auf dieser untersten Ebene wird die physische Basis für die Anwendungslandschaft auf der mittleren Ebene und die Bereitstellung der Informationsressourcen gelegt. 4. Führungsaufgaben des Informationsmanagements Handlungsobjekte sind die Gestaltung der Governance des IM, die Bestimmung der Strategie, der damit verbundenen Festlegung der Bedeutung des IM für das Unternehmen, das Management der IT-Prozesse, das Management des IT-Personals und das IT-Controlling im weiteren Sinne als Steuerung des IM.
---	--



Literatur/ Quelle:	Krcmar, H.: Informationsmanagement. 4. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2005. Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.
---------------------------	--

Bild 9.62: Methodenblatt der Methodeninstanz Informationsmanagement

Kontinuierliche Verbesserung

Ziel: Nichts ist perfekt, deswegen müssen ständig Verbesserungen stattfinden

Vorteile/ Chancen:

- Aktivierung der Mitarbeiter
- Erfolgserlebnisse und Nachhaltigkeit durch Regelkreisprinzip
- Erkennen von Verschwendung
- Transfer von Mitarbeiterwissen zwischen Unternehmensbereichen

Nachteile/ Risiken:

- Ergebnisse werden als Kritik anderer Unternehmensbereiche wahrgenommen
- Gefahr der Formalisierung
- große Anfangserfolge mit meist abnehmender Tendenz

Durchführung:



Kaizen bedeutet übersetzt kontinuierliche Verbesserung (Kai) zum Besseren (zen) und ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die stetigen Verbesserungen auf sämtliche betriebliche Vorgänge erstrecken und sämtliche Hierarchieebenen involviert werden. Zur erfolgreichen Umsetzung der Kaizen-Strategie müssen drei Voraussetzungen gegeben sein: Prozess-, Kunden- und Mitarbeiterorientierung.

1. Schritt: Vorbereiten des Workshops

Problemfeld abstecken bzw. eingrenzen (z.B. Arbeitsbereich, Prozess). Zeitlichen Rahmen und Ablauf für Teilnehmer festlegen.

2. Schritt: Bekanntmachung

Persönliche Einladungen mit Problemfeld, Inhalt eingegangener Vorschläge, Ansprechpartner für weitere Vorschläge, Termin, Ort, Verteiler versenden.

3. Schritt: Eröffnung des Workshops

Ablauf und Teilnehmer vorstellen, „Spielregeln“ für den Workshop klären, Auffrischen der KV-Philosophie, PTCA-Zyklus erläutern.

4. Schritt: Verbesserungsvorschläge sammeln

Vorliegende Verbesserungsvorschläge nach Themen ordnen, „spontane“ Verbesserungsthemen aufnehmen, über analytische Verfahren Verbesserungspotenziale ermitteln.

5. Schritt: Handlungsbedarf ermitteln

Verbesserungspotenziale, wenn möglich quantifizieren und priorisieren.

6. Schritt: Planen der Lösungen und der Umsetzung

Lösungen und Umsetzungsmaßnahmen für hoch priorisierte Potenziale entwickeln, Maßnahmen festlegen und mit Maßnahmeplänen unter Festlegung von Zieltermin und Verantwortlichkeit hinterlegen.

7. Schritt: Lösungen umsetzen

Kurzfristige Maßnahmen bereits während des Workshops umsetzen, Ergebnisse vor betroffenem Führungskreis präsentieren, ggf. Hauptergebnis im Anwendungsbereich visualisieren.

Beispiel:



Literatur/ Quelle:

Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.

Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.

Bild 9.63: Methodenblatt der Methodeninstanz Kontinuierliche Verbesserung

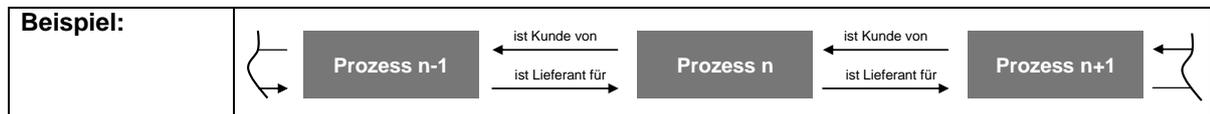
Kundenorientierung

Ziel:	Ausrichtung auf die Wünsche, Anforderungen und Erwartungen des internen/ externen Kunden
--------------	--

- | |
|---|
| <p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> zielen auf eine 100%-Qualität steigern die Mitarbeitermotivation durch Autonomieerhöhung Verantwortungsdelegation verringern die Kosten durch Fremdkontrollen ermöglicht kleine, agile Regelkreise |
|---|

- | |
|---|
| <p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mitarbeiter nehmen ihre Kollegen nicht als (interne) Kunden wahr bzw. ernst die Erwartungen, Anforderungen und Prioritäten anderer Kollegen bzw. Abteilungen sind nicht hinreichend bekannt Service-Levels werden nicht festgelegt bzw. nicht eingehalten |
|---|

<p>Durchführung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Unter Kundenorientierung kann die Ausrichtung sämtlicher Tätigkeiten und Abläufe (Prozesse bzw. Geschäftsprozesse) eines Unternehmens auf die Wünsche, Anforderungen und Erwartungen seiner Kunden verstanden werden. Grundlage ist die Einbeziehung einer kunden- bzw. anwenderbezogenen Sichtweise in die möglichen Ausprägungen des Qualitätsbegriffs, wobei Qualität dann als Erfüllung von Anforderungen aufgefasst wird. Ein Kunde kann dabei jeder sein, der von einem Produkt oder Prozess betroffen ist. Dabei lässt sich zwischen internen und externen Kunden unterscheiden.</p> <p>Die Gestaltung interner Kunden-Lieferanten-Beziehungen als Basis innerbetrieblicher Leistungserstellung erfordert ein systematisches Vorgehen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vorbereitung Ermittlung und Definition der unternehmensspezifischen Randbedingungen und Anforderungen z. B. bezüglich Markt, Produkt, Prozesse, etc.. 2. Festlegung der Autonomie Definition des Autonomie- / Eigenverantwortlichkeitsgrads der an der Produktentstehung beteiligten Mitarbeiter. 3. Festlegung der Prozesse Definition der Tätigkeiten, Festlegung der logischen und zeitlichen Abhängigkeiten der Arbeitsabfolge. Der Grad der zugelassenen Autonomie bestimmt, inwieweit entscheidende und ausführende Tätigkeiten integriert werden. 4. Festlegung der Strukturen Organisatorische Verankerung der festgelegten Gestaltungsparameter: Definition der notwendigen aufbauorganisatorischen Einheiten. 5. Implementierung und Kontrolle Im Ergebnis entsteht ein Netzwerk von Kunden und Lieferanten im Unternehmen, die über den Leistungsaustausch miteinander in Verbindung stehen.
--	--



Literatur/ Quelle:	<p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p> <p>Reinhard, G.; Schnauber, H. (Hrsg.): Qualität durch Kooperation – Interne und externe Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Springer Verlag, Berlin u. a. 1997.</p>
---------------------------	---

Bild 9.64: Methodenblatt der Methodeninstanz Kundenorientierung

Materialflussplanung

Ziel:	Dimensionierung und Verknüpfung der am Materialfluss beteiligten technischen und personellen Ressourcen
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung der Logistikkosten im Planungsprozess • Möglichkeit des Variantenvergleichs für das logistische System • liefert Ansatzpunkte für Restrukturierung von Fertigungssystemen 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • analytische Durchdringung der komplexen Wirkzusammenhänge im Materialfluss nicht vollständig möglich • Datenbasis für Materialflussplanung ist oftmals unsicher • Expertenwissen und praktische Erfahrung in Kombination sind notwendig
---	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Die Materialflussplanung ist üblicherweise in Interaktion mit dem iterationsreichen Prozess der Fabrikplanung zu sehen. Ausgehend von der Strukturierung des Fertigungssystems wird das Materialflusssystem in seinen Komponenten bestimmt, dimensioniert und gestaltet.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schritt: Bestimmung des Leistungsprogramms Ausgehend von Produktionsprogramm, Technologie, den zur Verfügung stehenden Fertigungseinrichtungen und dem übergreifenden logistischen Konzept, ist das Leistungsprogramm zu bestimmen: Erfassung aller notwendigen Materialbewegungen und Dokumentation in geeigneter Form; Bestimmung der notwendigen Informations- und Versorgungslogistik. 2. Schritt: Funktionsbestimmung Abgrenzung logistischer Teilsysteme bezüglich ihrer inneren Struktur und logistischer Grundfunktionen; Auswahl geeigneter logistischer Einrichtungen für die logistischen Teilfunktionen; Bestimmung geeigneter Verkettungsmittel für die Teilsysteme. 3. Schritt: Dimensionierung Auslegung der logistischen Einrichtungen; Ermittlung der benötigten Logistikflächen; Bestimmung des Personalbedarfes für die Materialflussfunktionen. 4. Schritt: Strukturierung räumliche und zeitliche Verknüpfung von Fertigungs- und Logistikfunktionen; Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Logistiksystems. 5. Schritt: Gestaltung Einbindung der Materialflusseinrichtungen in das Layout; Ermittlung und Festlegung erforderlicher Anpassungen bei Standardausrüstungen; ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze im Logistikbereich; Gestaltung der Schnittstellen zwischen Logistik- und Fertigungsfunktionen.
---	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	<p>Heinrich, M.: Praxiswissen Materialflußplanung : transportieren, handhaben, lagern, kommissionieren. Vieweg Verlag, Braunschweig u. a. 1999.</p> <p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p>
---------------------------	--

Bild 9.65: Methodenblatt der Methodeninstanz Materialflussplanung

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 33
Methode 635		
Ziel:	Konzentrierte Generierung alternativer Konzeptideen	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Erfolgsquote gegenüber Brainstorming • schnell viele Ideen auffindbar, theoretisch in 30 Minuten bis zu 108 Ideen • Ersteller bestimmter Antworten eindeutig identifizierbar • alle Teilnehmer denken und arbeiten gleichzeitig • keine dominierenden Personen • automatische Erstellung des Sitzungsprotokolls 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Zeitdruck bzw. kurzzeitiger Stress kann auch blockierend wirken • praktisch nur ca. 60 Ideen wegen unvermeidbarer Doppelungen • starrer Ablaufmechanismus ohne Möglichkeit für Rückfragen bei Unklarheiten 	
Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Die Methode (auch Brainwriting genannt) wird angewendet, wenn aufgrund der komplexen Thematik eine Ideensammlung in ruhiger, konzentrierter Atmosphäre sinnvoll erscheint oder nicht alle involvierten Personen an einem Ort verfügbar sind. Der Ablauf wird wie folgt gestaltet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vorbereiten Problemstellung vorstellen und festlegen, Formular (Papier/ eMail) bereitstellen. 2. Individuelle Lösungsidee(n) entwickeln Jeder Teilnehmer entwickelt z. B. 3 Ideen und trägt diese in das Formular ein. 3. Lösungsideen weiterreichen In einem Raum im Uhrzeigersinn oder per E-Mail gemäß einer vorher festgelegten Reihenfolge wird das Formular nach einem definierten Zeitraum (z. B. 5 Minuten) weitergegeben. 4. Ideen weiterentwickeln Idee des Vorgängers überprüfen, darauf aufbauen oder eine völlig neue Idee entwickeln und in das Formular eintragen (weiter mit Schritt 3). 5. Ideen zentral einsammeln Nach einem definierten Zeitraum oder einer definierten Anzahl von Umläufen werden die Formulare eingesammelt. 6. Ergebnisse präsentieren und diskutieren Lösungsideen vorstellen. 7. Lösungsvorschläge auswählen 	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Lunau, S. (Hrsg.): Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2007.</p>	

Bild 9.66: Methodenblatt der Methodeninstanz Methode 635

Mitarbeiterinformation

Ziel:	Steigerung der Effizienz und Qualität von Prozessen durch die Bereitstellung aller notwendigen Informationen
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • steigert Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter • verbesserte Produkt- und Prozessqualität 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • richtige Aufbereitung kann aufwendig sein • Informationen werden durch Mitarbeiter falsch interpretiert • Information gelangt nicht in der richtigen Menge und Qualität an den richtigen Ort (Mitarbeiter)
---	---

Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Um die Ziele der hohen Effizienz und Qualität erreichen zu können, müssen in der Produktion Informationen unterschiedlicher Art und Ausprägung zur Verfügung gestellt werden. Folgend Informationsklassen lassen sich unterscheiden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produktbezogenen Informationen Können direkt den Eigenschaften eines Produktes zugeordnet werden, z. B. Datenblätter, Bedienungsanleitungen. 2. Auftragsbezogene Informationen Sind für die Abarbeitung eines Auftrages notwendig, z. B. Stückzahl, Kunde, Termine. 3. Tätigkeits- und prozessbezogene Informationen Information über Art, Hilfsmittel, Reihenfolge und Ort der Tätigkeitsverrichtung, z. B. Arbeitsanweisungen, Prozessvorgaben. 4. Ablaufbezogene Informationen Beinhalten organisatorische Vorgaben, die sich auf innerbetriebliche Flüsse und zeitliche Abläufe sowie Reihenfolgen beziehen. 5. Qualitätsbezogene Informationen Detaillierung oder spezifische Anpassung der sonstigen Informationsarten, z. B. Prüfvorschriften, Ausschussdaten, Prüfergebnisse. 6. Allgemeine Informationen Typischerweise Vorgaben zum Verhalten im Betrieb, Richtlinien zu Sauberkeit und Ordnung, Organigramme, Kennzahlen, Schichtpläne. <p>Die Bereitstellung der Informationen im Produktionsumfeld kann z. B. mündlich, durch Schulungen, Beispiele und Modelle, Plantafeln, Poster oder Boards, papier- oder IT-basiert erfolgen.</p> <p>Anforderungen an produktionsbegleitende Informationen sind: Richtigkeit, Vollständigkeit, Pünktlichkeit, Verständlichkeit, Ergonomie, Archivierbarkeit, Pflegbarkeit und Aktualität.</p>
---	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	Lang, S.: Durchgängige Mitarbeiterinformation zur Steigerung von Effizienz und Prozesssicherheit in der Produktion. Meisenbach Verlag, Bamberg 2007.
---------------------------	--

Bild 9.67: Methodenblatt der Methodeninstanz Mitarbeiterinformation

MTM-System

Ziel: Planung, Analyse und zeitliche Bewertung manueller Arbeit

- Vorteile/ Chancen:**
- hohe Ablauftransparenz durch inhaltlich und zeitlich definierte Prozessbausteine
 - Planung von Arbeitsabläufen mittels standardisierter Prozessbausteine
 - Schutzfunktion gegen willkürliche Leistungsverdichtung
 - Bestimmung der Einflussgrößen auf den Arbeitsablauf schärft den Blick für die Arbeitsgestaltung

- Nachteile/ Risiken:**
- ungenügende Kenntnis kann zu falschen Analyseergebnissen führen
 - nur für vom Menschen voll beeinflussbare Tätigkeiten anwendbar
 - MTM-Normzeiten enthalten keine Verteil- und Erholzeiten

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Zählt zu den Verfahren aus der Gruppe der Systeme vorbestimmter Zeiten. Mit den Verfahren können Soll-Zeiten für das Ausführen solcher Vorgangselemente bestimmt werden, die vom Menschen voll beeinflussbar sind. Diese Soll-Zeiten sind insofern vorbestimmt, dass sie als Planzeiten unter Berücksichtigung der jeweils geltenden Einflussgrößen in Planzeit-Tabellen niedergelegt sind. Durch die Addition der Soll-Zeiten für einzelne Vorgangselemente erhält man daraus die Tätigkeitszeit des Menschen und durch Ergänzung der Wartezeit die Grundzeit.

Analyseablauf beim MTM-Grundverfahren:

1. **Arbeitsaufgabe in Ablaufabschnitt auf der Ebene von Teilvorgängen gliedern**
2. **Ablaufabschnitte auf der Ebene von Vorgangselementen (Bewegungselementen) unter Berücksichtigung von Regeln analysieren**
3. **Gleichzeitige Ausführbarkeit der Bewegung mit rechter und linker Hand feststellen**
4. **Ausprägungen der Einflussgrößen für das Vorgangselement bestimmen (Kodieren)**
5. **Soll-Einzelzeit aus MTM-Normzeitwerttabelle zum Vorgangselement zuordnen**
6. **Soll-Einzelzeiten für den Ablaufabschnitt addieren**

Beispiel:

1. Arbeitsaufgabe in Teilabschnitte auf der Ebene von Teilvorgängen gliedern

Nr.	Teilvorgang
1	
2	
3	
4	

2. Ablaufabschnitte auf der Ebene von Vorgangselementen (Bewegungselementen) analysieren unter Berücksichtigung von Regeln

MTM		Analysebogen					
Nr.	Bezeichnung	H	Kode	TMU	Kode	H	Bezeichnung
1	Linke Hand						Rechte Hand
2							
3							
4							
5							
6							

3. Gleichzeitige Ausführbarkeit der Bewegung mit rechter und linker Hand feststellen

Gleichzeitige Grundbewegungen	Bewegungsfälle									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	x									
2		x								
3			x							
4				x						
5					x					
6						x				
7							x			
8								x		
9									x	
10										x

4. Ausprägungen der Einflussgrößen für das Vorgangselement bestimmen (Kodieren)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5. Einzelzeit aus MTM-Normzeitwerttabelle zum Vorgangselement zuordnen

6. Soll-Einzelzeiten für den Ablaufabschnitt addieren

leicht
 mit Übung
 schwierig

Literatur/ Quelle: Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.
 Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.

Bild 9.68: Methodenblatt der Methodeninstanz MTM-System

Multimomentaufnahme

Ziel: Erfassen der Häufigkeit und/oder Dauer interessierender Ereignisse

Vorteile/ Chancen:

- Erfassung unterschiedlicher Vorgänge bzw. Zeitarten an mehreren Arbeitsplätzen
- Kosten- und Zeitersparnis gegenüber Dauerbeobachtung (ca. 40 bis 70 %)
- Durchführung jederzeit unterbrechbar

Nachteile/ Risiken:

- Fachpersonal für Vorbereitung und Auswertung
- Erkennbarkeit der Ereignisse
- Ursachen der Ereignisse nicht feststellbar
- Beobachtung gemäß Rundgangsplan
- beobachtende Abläufe nicht reproduzierbar
- Ergebnisse sind beeinflussbar

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Im Rahmen einer Multimomentaufnahme erfolgt die stichprobenartige Feststellung und Registrierung zuvor festgelegter Merkmale/ Ablaufarten bzw. Ereignisse zu wechselnden Zeitpunkten, aber gleichbleibender Rundgangsfolge. Folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:

1. Ziel festlegen

Ziel formulieren (z. B. Ermittlung der Beschäftigungsgrade von Mitarbeitern und Betriebsmitteln); Festlegung der zugrundeliegenden Arbeitsplätze und der zu erfassenden Menschen und Betriebsmittel.

2. Ablaufarten festlegen und beschreiben

Es ist festzulegen, welche Ablaufarten für die Untersuchung relevant sind. Bedingung ist, dass diese Ablaufarten durch kurzzeitiges Beobachten eindeutig identifizierbar sind.

3. Rundgangsplan festlegen

Die Rundgangswege und die Beobachtungsstandpunkte werden festgelegt und in einem Rundgangsplan skizziert.

4. Erforderlichen Beobachtungsumfang bestimmen

Die Anzahl der erforderlichen Beobachtungen (Stichprobenumfang) ist abhängig von dem geforderten absoluten Vertrauensbereich f' der Ergebnisse.

5. Rundgangszeitpunkte bestimmen

Rundgangszeitpunkte sollten zufällig gewählt werden und bestimmen sich aus der Definition der Beobachtungen pro Tag, der Dauer des Rundgangs, der Dauer der Multimomentstudie insgesamt und der Anzahl der einsetzbaren Beobachter.

6. $n = 500$ Beobachtungen durchführen

7. Zwischenauswerten

In der Zwischenauswertung wird geprüft, ob die ursprünglich vorgesehene Anzahl von erforderlichen Beobachtungen ausreicht, um die gewünschte Genauigkeit zu erreichen oder ob sich die Studie verkürzen lässt.

8. Endauswertung

Die Endauswertung folgt im Wesentlichen der Vorgehensweise der Zwischenauswertung.

Beispiel: n/a

Literatur/ Quelle: Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.
 REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation - Datenermittlung. Hanser Verlag, München 1997.

Bild 9.69: Methodenblatt der Methodeninstanz Multimomentaufnahme

Nutzwertanalyse

Ziel: Unterstützung der Bewertung und der Auswahl von Lösungsalternativen

- Vorteile/ Chancen:**
- hohe Entscheidungssicherheit
 - Systematisierung von Auswahlentscheidungen
 - Objektivierung von Kriterien zur Auswahlentscheidung
 - direkte Vergleichbarkeit der Kriterien

- Nachteile/ Risiken:**
- willkürliche Konstruktion der Nutzenfunktion
 - subjektive Wertung
 - Teilnutzen bedingen oder verstärken sich
 - zeit- und arbeitsintensiv

Durchführung: Zweck einer Nutzwertanalyse ist, vorliegende Lösungsalternativen anhand einer großen Zahl von Kriterien mit unterschiedlichster Gewichtung im Sinne einer Entscheidungsvorbereitung nach ihrem Gesamtwert zu ordnen. Folgendes Vorgehen wird empfohlen:



Quelle: www.tqm.com

- 1. Erstellen des Zielsystems**
Ermittlung, Beschreibung und Hierarchisierung der entscheidungsrelevanten Kriterien.
- 2. Gewichtung der Zielkriterien**
Festlegung der kriterienbezogenen Gewichte (Summe = 1).
- 3. Bestimmung der Zielerträge der einzelnen Lösungsalternativen**
Die Beiträge der Lösungsalternativen zu den einzelnen Zielkriterien werden getrennt ermittelt.
- 4. Wertsynthese**
Berechnung des Teilnutzens aus der Multiplikation der Zielerträge mit den Gewichtungsfaktoren; Berechnung des Gesamtnutzens der Lösungsalternativen.
- 5. Bewertung der Lösungsalternativen (Rangfolge)**
Je größer der Gesamtnutzen, desto besser ist der Zielerreichungsgrad und damit der Rang.
- 6. Sensitivitätsanalyse**
Robustheit der Ergebnisse durch das Variieren von Gewichtungsfaktoren oder Parametern prüfen; Bewertungsunsicherheiten oder Fehlergrenzen betrachten.

Beispiel:

	Gewicht	Lösungsalternative 1		Lösungsalternative 2	
		Zielertrag	Teilnutzen	Zielertrag	Teilnutzen
Kriterium 1	0,1	3	0,3	1	0,1
Kriterium 2	0,25	5	1,25	2	0,5
...					
Kriterium n	0,1	2	0,2	1	0,1
TOTAL	1,0		1,75		0,7
Rang			1		2

Literatur/ Quelle: Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.
Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer, Berlin u. a. 2005.

Bild 9.70: Methodenblatt der Methodeninstanz Nutzwertanalyse

Personaleinsatzplanung

Ziel:	die richtigen (qualitativ und quantitativ) Mitarbeiter am richtigen Ort und zur richtigen Zeit vorzuhalten
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • effektive und sinnvolle Arbeitstätigkeiten für Mitarbeiter (Motivation) • individuelle und organisatorische Lernprozesse können gefördert werden • Kostenminimierung 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • detaillierte Informationen zu Arbeitsplätzen und Arbeitskräften erforderlich • zeitintensiv • bei Berücksichtigung vieler Mitarbeiter / Arbeitsplätze können infolge einer hohen Komplexität Optimierungsprobleme auftreten
--	--

Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Inhalt der Personaleinsatzplanung ist die zukünftige quantitative, qualitative, örtliche und zeitliche Einordnung der verfügbaren personellen Kapazität in den Leistungsprozess des Unternehmens und der legitimen Belange der Mitarbeiter.</p> <p>Es lassen sich dabei zwei Problembereiche unterscheiden: das Anpassungsproblem (Anpassung der Arbeit an den Menschen bzw. Anpassung des Menschen an die Arbeit) und das Zuordnungsproblem (quantitative Zuordnung bzw. qualitative Zuordnung / Besetzungsproblem).</p> <p>Der Personaleinsatz kann als Zuordnung der Mitarbeiter zu den im Unternehmen verfügbaren Stellen beschrieben werden. Diese Zuordnung geschieht in vier Dimensionen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qualitative Dimension: Zielt auf das Anforderungsprofil der Stelle ab; es geht darum, den Mitarbeiter einzusetzen, der diesen Anforderungen entspricht. 2. Quantitative Dimension: Vergleicht die Anzahl der vorhandenen Stellen mit der Anzahl der vorhandenen, potenziell geeigneten Mitarbeiter. Ergebnis dieses Vergleichs können beispielsweise Einstellungsmaßnahmen oder Versetzungen aus anderen Abteilungen im Falle einer Unterdeckung, oder aber Versetzungen in andere Abteilungen oder Kündigungen im Falle einer Überdeckung sein. 3. Zeitliche Dimension: Befasst sich unter anderem mit Eintrittsterminen, Schichtarbeitsmodellen oder Teilzeitregelungen. 4. Räumliche Dimension: Verweist darauf, dass die Mitarbeiter beispielsweise in der richtigen Niederlassung oder Abteilung tätig werden. Aber auch Auslandseinsätze gehören zur räumlichen Dimension des Personaleinsatzes.
---	--

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	<p>Bartscher, T.; Huber, A.: Praktische Personalwirtschaft - Eine praxisorientierte Einführung. 2. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2007.</p> <p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p>
---------------------------	---

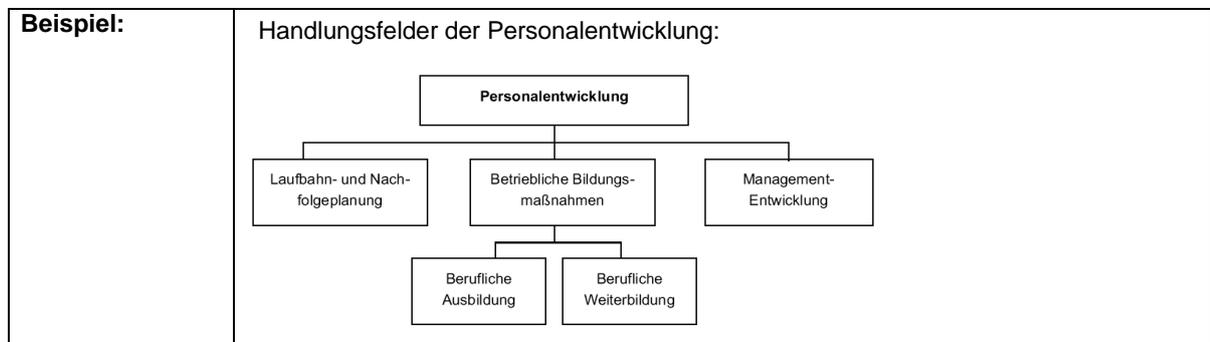
Bild 9.71: Methodenblatt der Methodeninstanz Personaleinsatzplanung

Personalentwicklung

Ziel:	Deckung des mittel-/ langfristigen Bildungsbedarfes in Abstimmung mit dem Qualifikationspotenzial der Mitarbeiter
--------------	---

- | | |
|---|---|
| <p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Personalwirkungsgrad hat großen Hebel am Unternehmenswirkungsgrad Nutzung von bisher unberücksichtigten Potentialen Langfristige Stärkung der Wettbewerbsposition durch motivierte Mitarbeiter | <p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wirkung nicht direkt und kurzfristig durch Zahlen belegbar ggf. hoher finanzieller und zeitlicher Aufwand Ausfallzeiten der Mitarbeiter |
|---|---|

<p>Durchführung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Es ist Aufgabe der Personalentwicklungsplanung, Maßnahmen zur Qualifizierung der Mitarbeiter gedanklich vorzubereiten und durchzuführen. Im Mittelpunkt steht die Aus- und Fortbildung der Mitarbeiter. Die wesentlichen Handlungsfelder der Personalentwicklung sind betriebliche Bildungsmaßnahmen, Laufbahn- und Nachfolgeplanung sowie die Management-Entwicklung.</p> <p>Bei der Personalentwicklungsplanung sind im Wesentlichen vier Fragen zu beantworten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ist Personalentwicklung die richtige Maßnahme? Weiterbildung ist dann eine geeignete Maßnahme, wenn durch Weiterbildung der Leistungserstellungsprozess förderlich beeinflusst wird und das Verhältnis von Aufwand zu Ertrag günstiger ist als vergleichbare andere Maßnahmen. 2. Welcher Qualifikationsbedarf besteht? Zunächst ist zu definieren, welcher Entwicklungsbedarf bei welchen Mitarbeitern oder Mitarbeitergruppen besteht. Dazu ist mit Hilfe von Verfahren der Bedarfsanalyse zu ermitteln, welche Entwicklungsziele (Mehring des Wissens, Erweiterung des Könnens, Verhaltensänderung) verfolgt werden. 3. Wie lässt sich der ermittelte Entwicklungsbedarf decken? Bei der Auswahl der Maßnahmen ist vor allen Dingen zu entscheiden, in welcher Form diese stattfinden sollen: on-the-job Maßnahmen, off-the-job Maßnahmen, near-the-job Maßnahmen. 4. Wie erfolgreich waren die Entwicklungsmaßnahmen? Ohne eine Kontrolle des Maßnahmenenerfolgs wäre es einerseits schwierig, den finanziellen und zeitlichen Aufwand zu rechtfertigen, andererseits kann nur durch die Erfolgskontrolle eine kontinuierliche Verbesserung der durchgeführten Maßnahmen sichergestellt werden.
--	---



Literatur/ Quelle:	Bartscher, T.; Huber, A.: Praktische Personalwirtschaft - Eine praxisorientierte Einführung. 2. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2007.
---------------------------	---

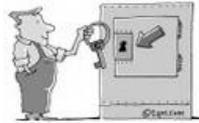
Bild 9.72: Methodenblatt der Methodeninstanz Personalentwicklung

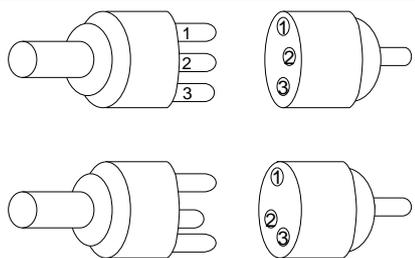
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 40
------------	-----------------------	----------------

Poka Yoke

Ziel:	unbeabsichtigte, zufällige und unvorhersehbare menschliche Fehler (japanisch: Poka) zu vermeiden bzw. zu vermindern (japanisch: Yoke)
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • prospektive Fehlervermeidung • hohe Zuverlässigkeit • Orientierung zum Einfachen • Vermeidung von Wiederholungsfehlern • Synergieeffekte im Arbeitsschutz 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • nur für bekannte Fehler anwendbar • Gefahr verminderter Aufmerksamkeit • steht im Widerspruch zur Teilevereinfachung • Gefahr der Verzögerung bei einzelnen Prozessschritten
---	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Gestaltung von Prozessen, Produkten und Betriebsmitteln derart, dass fehlerhaftes Bedienen nicht zu fehlerhaften Produkten oder Gefährdungen von Gesundheit oder Leben führen kann bzw. dass fehlerhaftes Bedienen nicht möglich ist.</p> <p>Folgende Vorgehensweise kann angewendet werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Abgrenzung des fehlerintoleranten Prozesses bzw. Prozessabschnittes: z. B. Einsatz von ABC-Analysen. 2. Analyse bekannter und möglicher Fehler und ihrer Ursachen z. B. FMEA, Fischgrät-Diagramm. 3. Entwicklung von Gestaltungsansätzen zur Fehlerverhinderung: Einsatz von Kreativitätstechniken wie Morphologie und Methode 635 sowie Checklisten und best-practise-Beispielen nach dem Prinzip Schlüssel-Schloss. 4. Entwicklung und Bewertung von Lösungen: Aus den gefundenen Ansätzen werden Lösungen entwickelt und bewertet; einfache Lösungen sind zu bevorzugen. 5. Festlegung von Maßnahmen zum Umsetzen der Lösungen: Aufstellen eines Maßnahmenplanes mit Terminen und Verantwortlichkeiten. 6. Maßnahmenumsetzung: Beteiligte schulen, Wirkung nachweisen und dokumentieren, Gestaltungslösung als Poka Yoke-Beispiel verfügbar machen.
---	--

Beispiel:	
------------------	--

Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p> <p>Lunau, S. (Hrsg.): Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2007.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p>
---------------------------	--

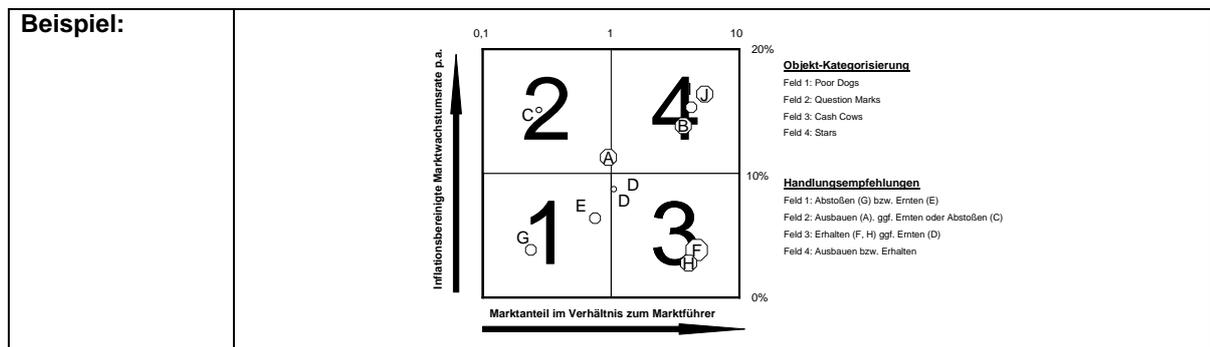
Bild 9.73: Methodenblatt der Methodeninstanz Poka Yoke

Portfolio-Analyse

Ziel:	Entscheidungsunterstützung, Verdichtung und einfache Visualisierung von Informationen
--------------	---

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> einfach, anschauliche und einprägsame Darstellung qualitative Gegenüberstellung von Objekten ermöglicht Berücksichtigung nicht quantifizierbarer Größen geringer Aufwand 	<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Informationen werden stark abstrahiert und damit reduziert Abhängigkeiten und Verbundeffekte werden nicht berücksichtigt hohe Anforderungen an den Nutzer bei der Erstellung und Interpretation/ Beurteilung allgemeine Normstrategien / Handlungsempfehlungen sind für spezielle Probleme nicht anwendbar
---	---

<p>Durchführung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Ein Portfolio verdichtet und visualisiert auf einfache, anschauliche und einprägsame Weise grafisch eine größere Zahl von Informationen. Es stellt die untersuchten Objekte eher qualitativ gegenüber, es können also auch nicht quantifizierbare Größen, wie zum Beispiel die Attraktivität einer Technologie, dargestellt werden.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dimensionen definieren Zunächst werden die zwei Dimensionen (Achsen) des Portfolios festgelegt, die üblicherweise in einem Spannungsverhältnis (zum Beispiel Innovationsgrad zu Reifegrad eines Produkts) zueinander stehen. Die Achsen können qualitative Stufen wie „gering – mittel – hoch“ enthalten. 2. Objekte in Portfolio eintragen Anschließend werden die zu betrachtenden Objekte (zum Beispiel Produktfamilien, Technologien) im Portfolio eingetragen, indem sie durch Kreise oder andere Symbole gekennzeichnet werden. Die Symbole können genutzt werden, um zum Beispiel durch ihre Größe oder Farbgebung auf die Bedeutung, eine Klassifizierung oder Umsatzgröße hinzuweisen. Auf diese Weise erhält man ein Ist-Portfolio. 3. Diskussion von Handlungsempfehlungen/ Strategien Je nach Einordnung im Ist-Portfolio werden mögliche Strategien diskutiert. Optional werden die Soll-Positionen für den betrachteten Planungshorizont erstellt. Auf diesem Wege erhält man das Soll-Portfolio, das die zukünftig angestrebte Lage der betrachteten Objekte wiedergibt.
---	--



Literatur/ Quelle:	<p>Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung – Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2006.</p>
---------------------------	---

Bild 9.74: Methodenblatt der Methodeninstanz Portfolio Analyse

Produktdatenmanagement

Ziel:	Speicherung, Verwaltung und Bereitstellung aller produktbeschreibenden Daten während des gesamten Produktlebenszyklus
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • schneller, einheitlicher Zugang zu stets aktuellen Informationen und Wissen • effiziente Kommunikation zwischen Abteilungen und sofortige Wiederverwendbarkeit erprobter Komponenten • geringere Durchlaufzeiten in der Produktentstehung bei steigender Qualität 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • sehr aufwendig in der Einführung • großer Dienstleistungsaufwand • starke Bindung an Lieferanten • Upgrade bzw. Migration ist komplexer und somit teuer • große Individualität des Systems kann zur Upgradeunfähigkeit führen
---	--

Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Ein Produktdatenmanagement-System (PDMS) ist ein rechnerunterstütztes Datenbank- und Kommunikationssystem zur Speicherung, Verwaltung und Bereitstellung aller produktbeschreibenden Daten während des gesamten Produktlebenszyklus. Folgende Funktionalität wird durch ein PDMS zur Verfügung gestellt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produktdaten- und Dokumentenmanagement Anlegen und Verwalten von Stammdaten. 2. Produktstruktur- und Konfigurationsmanagement Verwaltung von Strukturdaten bzw. Stücklisten. 3. Klassifizierung und Teilefamilienmanagement Beinhaltet z. B. Nummernvergabe und Suchfunktionalitäten, Definieren von Abhängigkeiten zwischen Objekttypen, das Setzen von Gültigkeiten, Attributvergabe. 4. Prozess- und Workflowmanagement: Der Schwerpunkt liegt auf dem Freigabe- und Änderungsmanagement, wobei die Möglichkeit der Objektstatusvergabe in Abhängigkeit der Lebenszyklusphase besteht. 5. Benutzermanagement Zuweisung einer eindeutigen Tätigkeitsverantwortung zu bestimmten Rollen in Abhängigkeit des zugehörigen Kontexts und der zugehörigen lebenszyklusabhängigen Berechtigungen. 6. Projektdatenmanagement Verwaltung der Informationsbearbeitung wie das Arbeitsmanagement über Versionen, die Steuerung des mittels Workflowmanagement und die Verfolgung aller Ereignisse und Änderungen während der Prozessabwicklung durch eine Arbeitsprotokollverwaltung bzw. Iterationen.
---	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	<p>Feldhusen, J.; Gebhardt, B.: Product Lifecycle Management für die Praxis - Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung. Springer Verlag, Berlin u. a. 2008.</p> <p>Scheer, A. W. et al.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Springer Verlag, Berlin u. a. 2006.</p> <p>VDI – Verein Deutscher Ingenieure: Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung - Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/ PDM-Systemen. VDI 2219, Beuth Verlag, Berlin 2002.</p>
---------------------------	--

Bild 9.75: Methodenblatt der Methodeninstanz Produktdatenmanagement

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 43
<h1>Produktionscontrolling</h1>		
Ziel:	Diagnose des Zustandes der Produktion als Hilfsmittel zur Entscheidung über Verbesserungsmaßnahmen	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • operationale Grundlage für Verbesserungsmaßnahmen • wirksamer Koordinationsansatz zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung • große, schwer überschaubare Datenmengen zu wenigen, aussagekräftigen Größen verdichten 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung einer Kennzahleninflation • Fehler bei der Kennzahlenaufstellung • mangelnde Konsistenz von Kennzahlen • Probleme der Kennzahlenkontrolle 	
Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Ein umfassendes Produktionscontrolling besteht aus Kennzahlen und Werkzeugen und daraus, diese Kennzahlen darzustellen und auszuwerten, um in der Produktion die Einhaltung von Zielen zu überprüfen und Maßnahmen zu initiieren, die der Zielerreichung dienen. Das Produktionscontrolling wird typischerweise in sechs aufeinander abgestimmten Einzelschritten durchgeführt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zielsetzung: Die verschiedenen Zielgrößen müssen innerhalb des Zielsystems unter Beachtung der gegenseitigen Abhängigkeiten quantifiziert werden (Zielkonsistenz). 2. Sollwertermittlung (Zielwerte operationalisieren): Sollwerte dienen als Führungsgrößen, es gilt zielorientierte Steuerungsparameter abzuleiten. 3. Ist-Werterfassung: Das Prozessverhalten ist auf der Basis aktueller Rückmeldungen festzustellen. Die Festlegung der Messpunkte, der Messgrößen und der Messverfahren muss sich an den verwendeten Planungsgrößen orientieren. 4. Soll-Ist-Vergleich: Durch einen Soll-Ist-Vergleich können unzulässige Abweichungen des Ist-Prozesses, hervorgerufen durch nicht vorhersehbare Prozessstörungen oder durch Planungsfehler, festgestellt werden. 5. Abweichungsanalyse: Beim Auftreten unzulässiger Abweichungen muss eine Analyse der Abweichungsursachen erfolgen, um korrigierend in den Prozess eingreifen zu können. 6. Maßnahmenableitung: Ableitung, Priorisierung, Umsetzung und Kontrolle geeigneter Korrekturmaßnahmen bieten. 	
Beispiel:	Typische Größen für die Kennzahlenbildung sind: Durchlaufzeiten der Aufträge, Arbeitsvorrat (Anzahl der Aufträge) an den einzelnen Arbeitsplätzen, Terminverzug, Lagerumschlagshäufigkeit, Störungen nach Dauer und Ursache an den einzelnen Arbeitsplätzen, Verfügbarkeit, Bestände in der Fertigung und am Lager, Losgrößen, Rüstzeiten, Ausschussdaten, Werkzeugstandzeiten, Materialverfügbarkeitsdaten.	
Literatur/ Quelle:	<p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p> <p>Gienke, H.; Kämpf, R.: Handbuch Produktion. Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling. Hanser Verlag, München 2007.</p> <p>Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin u. a. 1999.</p>	

Bild 9.76: Methodenblatt der Methodeninstanz Produktionscontrolling

Produktionsplanung und -steuerung

Ziel:	Planung und Realisierung des Produktionsprogramms und Positionierung in den konkurrierenden Zielgrößen: Auslastung, Lieferzeit, Bestände, Liefertreue, Wirtschaftlichkeit
--------------	---

Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:
<ul style="list-style-type: none"> • Planungssicherheit für eine mittelfristige Kapazitätsplanung • Erkennung von Kapazitätsüber-/ unterlastungen in einzelnen Bereichen • Sicherung der bedarfsgerechten Auftragsbearbeitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Expertenwissen und Erfahrung für die Umsetzung notwendig • hoher Einführungs- und Pflegeaufwand • Datenbasis von Absatz- und Beschaffungsmarkt abhängig • ggf. hohe Kosten für IT-Systeme

Durchführung:	<p>Die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) hat die Aufgabe, das laufende Produktionsprogramm für mehrere Planungsperioden im Voraus zu planen, daraus Material- und Ressourcenbedarfe abzuleiten und das Produktionsprogramm, trotz unvermeidlicher Störungen wie Personalausfall oder Maschinenstörungen, Lieferverzögerungen und Ausschuss, möglichst gut zu realisieren.</p> <p>Nach dem Aachener PPS-Modell sind Kernaufgaben der PPS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produktionsprogrammplanung Die Produktionsprogrammplanung bestimmt, welche Erzeugnisse in welcher Menge in den nächsten Planungsperioden produziert werden sollen. 2. Produktionsbedarfsplanung Leitet aus dem Produktionsprogramm den erforderlichen Material- und Ressourcenbedarf ab und ermittelt den Sekundärbedarf an Komponenten und Teilen, terminiert die Fertigungsaufträge und ermittelt die Belastung der Kapazitätsgruppen der Fertigung. 3. Planung und Steuerung von Fremdbezug Gegenstand der Fremdbezugsplanung und -steuerung sind die Bestimmung der Bestell-Losgröße, die Eiholung und Bewertung von Angeboten und die Lieferantenauswahl. 4. Planung und Steuerung von Eigenfertigung Aufgaben der Eigenfertigungsplanung und -steuerung sind die Losgrößenrechnung, Feinterminierung, Reihenfolgeplanung und Verfügbarkeitsprüfung. <p>Die Querschnittsaufgaben der PPS koordinieren die Auftragsabwicklung über verschiedene Unternehmensbereiche hinweg (Auftragskoordination), stellen Lagergüter bereit (Lagerwesen) und messen die logistische Zielerreichung (PPSControlling).</p>
----------------------	---



Quelle: www.tqm.com

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	<p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p> <p>Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung - Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Luczak, H.; Eversheim, W. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung, Konzepte. Springer Verlag, Berlin u. a. 1998.</p>
---------------------------	--

Bild 9.77: Methodenblatt der Methodeninstanz Produktionsplanung und -steuerung

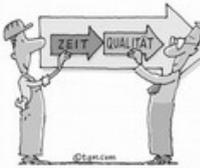
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 45
Produktlebenszyklusmanagement		
Ziel:	Reduktion sowie Beherrschung der Unternehmenskomplexität	
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:	
<ul style="list-style-type: none"> • gemeinsame, aktuelle und konsistente Datenbasis (durchgängiger Informationsfluss in der Organisation) • Verringerung der Durchlaufzeiten, Kosten • verbesserte Produktqualität 	<ul style="list-style-type: none"> • muss durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen betriebsspezifisch umgesetzt werden • Durchgängigkeit der Systeme • Planungs- und Umsetzungsaufwand 	
<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Product Lifecycle Management (PLM) ist eine wissensbasierte Unternehmensstrategie für alle Prozesse und deren Methoden hinsichtlich der Produktentwicklung von der Produktidee bis hin zum Recycling.</p> <p>Um PLM effizient und zielgerichtet realisieren zu können, ist daher durchweg ein prozessorientierter Ansatz zu empfehlen. Zentraler Bestandteil eines prozessorientierten PLM-Ansatzes ist immer die Definition einer übergeordneten PLM-Strategie. Diese Strategie ist Dreh- und Angelpunkt für die spezifische Ausgestaltung eines PLM-Prozess-Regelkreises. Dieser Regelkreis besteht aus den 4 Bestandteilen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. PLM-Strategie Legt die Zielsetzungen und Randbedingungen für ein PLM-Prozess-Design fest, außerdem werden Kenngrößen ermittelt oder vorgegeben. 2. PLM-Prozess-Design Die im Rahmen der PLM-Strategie festgelegten Prozess-Ziele fließen unmittelbar in die Soll-Prozess-Definition ein. Dabei ergeben sich die Potenziale sowohl aus den quantitativ messbaren Prozesskennzahlen als auch aus nicht-quantifizierbaren Faktoren, wie Möglichkeiten zur Produktverlagerung, Job-Rotation, Lösungs-Akzeptanz oder Innovationsfähigkeit. 3. PLM-Prozess-Implementierung Die PLM-Implementierung bildet unter Berücksichtigung der festgelegten Strategie die in der Design-Phase definierten Ziel-Prozesse in einer zuvor ausgewählten IT-Systemlandschaft ab. 4. PLM-Prozess-Controlling In der Controlling- oder Steuerungs-Phase werden nun die in der Strategie festgelegten und in der Design-Phase auspezifizierten Kenngrößen auf der Basis der Implementierung gesteuert und gemessen. Die Ergebnisse sind wiederum Eingangswerte für eine Optimierungsschleife mit erneutem Start der Design-Phase. <p>Die Ergebnisse aller Phasen finden ebenfalls eine Rückkopplung zur Strategie, um die Vorgaben zu verifizieren bzw. die Vorgaben den sich fortentwickelnden Randbedingungen eines Unternehmens und eines PLM-Projektes anzupassen.</p>	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Arnold, V. et al.: Product Lifecycle Management beherrschen. Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand. Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Feldhusen, J.; Gebhardt, B.: Product Lifecycle Management für die Praxis. Ein Leitfadens zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung. Springer Verlag, Berlin u. a. 2008.</p> <p>Scheer, A. W. et al.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Springer Verlag, Berlin u. a. 2006.</p>	

Bild 9.78: Methodenblatt der Methodeninstanz Produktlebenszyklusmanagement

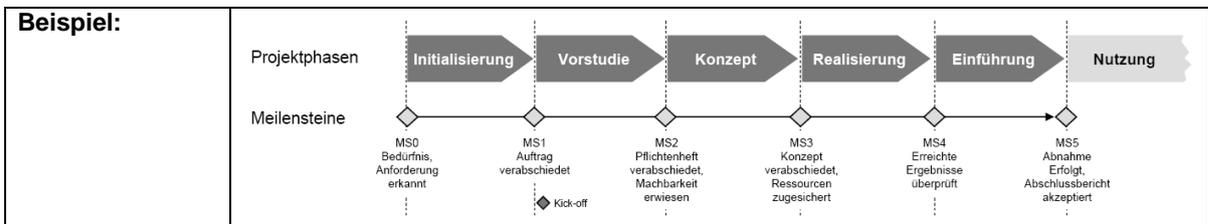
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 46
------------	-----------------------	----------------

Projektmanagement

Ziel:	das Projekt führen, koordinieren, steuern und kontrollieren
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> einfache, flexible und rasch reaktionsfähige Temporärorganisation für Aufgabenerfüllung erleichtert und fördert die direkte, interdisziplinäre Zusammenarbeit 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> Qualifikation Projektleiter, Team Verantwortlichkeiten nicht eindeutig geregelt Zugehörigkeit zum Projektteam kann zu Loyalitätskonflikten führen
--	--

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Projektmanagement wird als Oberbegriff für alle planenden, überwachenden, koordinierenden und steuernden Maßnahmen verstanden, die für die Um- oder Neugestaltung von Systemen oder Prozessen bzw. Problemlösungen erforderlich sind.</p> <p>Projekte werden häufig in Phasen aufgeteilt, welche die iterative Vorgehensweise im Projektmanagement unterstreichen. Üblicherweise enden die Projektphasen mit definierten Meilensteinen (Entscheid über die Fortführung des Projektes).</p> <p>Folgende Phasen sind denkbar, müssen aber kontextspezifisch angepasst werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Initialisierungsphase Zeitspanne zwischen dem Empfinden des Problems und dem Entschluss, etwas Konkretes zu unternehmen. Definition von Globalziel und Projektpriorität, Aufgabenstellung, Vorgehensweise sowie Verantwortlichkeiten bzw. Rollen und der erforderlichen Mittel (personeller, finanzieller, organisatorischer Art). 2. Vorstudienphase In der Vorstudie wird das Problem genau erfasst, werden Ziele erarbeitet bzw. präzisiert, grundsätzliche Lösungsrichtungen diskutiert, eine Vorgehensvariante vorgeschlagen oder ausgewählt und das weitere Vorgehen geplant: Projektorganisation, Terminplan, Ressourcen, Methoden, usw.. 3. Konzeptphase Auf der Basis des gewählten Lösungsprinzips bzw. Rahmenkonzepts aus der Vorstudie wird ein Gesamtkonzept mit Lösungsvarianten entwickelt. Darin ist die Zielerreichung, Funktionstüchtigkeit, Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit fundiert zu beurteilen. Das Ergebnis der Konzeptphase ist die Entscheidung für eine Lösungsvariante. 4. Realisierungsphase In dieser Phase wird die Lösung im weitesten Sinne realisiert. In der Realität ereignet sich diese Phase jedoch nicht als Folgeschritt der Konzeptphase, sondern meist laufen diese beiden Phasen teilweise gleichzeitig ab. 5. Einführungsphase Einführung, Übergabe und Abschluss des Projekts.
--	---



Literatur/ Quelle:	Kuster, J. et al.: Handbuch Projektmanagement. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2008.
---------------------------	--

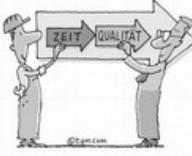
Bild 9.79: Methodenblatt der Methodeninstanz Projektmanagement

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 47
------------	-----------------------	----------------

Prozessmanagement

Ziel:	Planung, Steuerung und Kontrolle von inner- und außerbetrieblichen Prozessen
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> Angaben über technologische Ereignisse/Tätigkeiten/Prozessstruktur Aufwandsverbesserung Optimierte Prozesse, Ansatzpunkte für KVP 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> Prozessorientierung, durchgängige Betrachtung aller Abläufe Wichtige Prozesse und Wertschöpfung vorrangig behandeln Qualifikation Bearbeiter, Mitarbeiterpartizipation
---	---

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Ein Prozess ist die inhaltlich abgeschlossene, zeitlich und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objekts notwendig sind. Das Prozessmanagement dient in diesem Zusammenhang der Planung, Steuerung und Kontrolle von inner- und außerbetrieblichen Prozessen.</p> <p>Folgende Aufgaben sind Teil des Prozessmanagements:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vorbereitung der Prozessmodellierung Projektdefinition, Identifikation und Auswahl relevanter Perspektiven, Festlegung der Kommunikationswege, Auswahl von Modellierungstechnik und -tool, Beschreibung der organisatorischen Rahmenbedingungen. 2. Entwicklung von Strategie und Ordnungsrahmen Definition der strategischen Ausrichtung (Kostenführerschaft, Produktdifferenzierung), ggf. Ausrichtung auf Kernkompetenzen, Definition der Prozessziele und Leistungsanforderungen (Prozessidentifikation). 3. IST-Modellierung und IST-Analyse Identifizierung und Priorisierung der zu erhebenden Problembereiche, Erhebung und Dokumentation der IST-Modelle, Konsolidierung und Analyse der IST-Modelle. 4. SOLL-Modellierung und Prozessoptimierung Vorbereitung der Sollmodellierung, Erhebung und Dokumentation der SOLL-Modelle, Konsolidierung und Aufbereitung der SOLL-Modelle. 5. Gestaltung einer prozessorientierten Aufbauorganisation Definition einer prozessorientierten Aufbauorganisation: welche Stellen bzw. Organisationseinheiten sollen gebildet werden, in welcher Form sind diese an den Prozessaufgaben (Befugnisse und Verantwortung) beteiligt und wie werden die organisatorischen Einheiten koordiniert (das Leitungssystem). 6. Einführung der Prozesse (Prozess-Roll-Out) Festlegung der Vorgehensweise, Festlegung der Informations- und Kommunikationsstrategie und -wege, Technische Umsetzung. 7. Kontinuierliches Prozessmanagement Definition eines Managementzyklus für kontinuierliche Prozessverbesserungen, Institutionalisierung des kontinuierlichen Prozessmanagements.
---	--

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003. Becker, J., Kugler, M., Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Gestaltung. Heidelberg: Springer, 2002.
---------------------------	--

Bild 9.80: Methodenblatt der Methodeninstanz Prozessmanagement

Prüfmittelüberwachung

Ziel: Sicherung von Eignung, Verfügbarkeit und Genauigkeit aller eingesetzten Prüfmittel

Vorteile/ Chancen:

- Prospektiv wirksames Verfahren
- Trends beim Prüfmittelverschleiß erkennen
- Unterstützt Investitionsplanung für Prüfmittel
- Mitarbeiterbindung durch Übertragung von Verantwortung für Prüfmittel

Nachteile/ Risiken:

- Expertenwissen und Erfahrung erforderlich
- keine Garantie für Genauigkeit der Prüfmittel
- Gefahr der Vernachlässigung besteht

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Die meisten Prüfmittel unterliegen in ihrem Lebenszyklus einem gewissen, i.d.R. unbemerkten Verschleiß. Daneben reagieren einige Prüfmittel auf Veränderungen der Umweltbedingungen. Die Überprüfung der Prozessfähigkeit aller Prüfmittel bei deren erstmaligen Einsatz und die regelmäßige, durchgängige Kontrolle durch Vergleichsmessungen mit zertifizierten Prüfmitteln (Kalibrierung) ist darum zwingend notwendig.

- 1. Prozessfähigkeitsuntersuchung für das Prüfmittel:**
Beim erstmaligen Einsatz eines neuen Prüfmittels ist zu prüfen, ob die erforderliche Genauigkeit erreicht wird (Extremsituationen der Umweltbedingungen beachten).
- 2. Erstellung einer Prüfmittelstammkarte:**
Die Prüfmittelstammkarte enthält neben technischen Angaben die zuverlässigen Grenzwerte der Umweltfaktoren.
- 3. Festlegung des Überwachungsintervalls:**
Richtwerte liefert meist die technische Dokumentation des Herstellers. Festlegung, wer bei Ablauf des Überwachungsintervalls tätig wird. Eintrag der Überwachungsdaten in die Prüfmittelstammkarte.
- 4. Übergabe des Prüfmittels**
Festlegung des Verantwortlichen für das Prüfmittel, Einweisung in die Handhabung und Übergabe der Prüfmittelstammkarte
- 5. Überprüfung des Prüfmittels nach Ablauf des Überwachungsintervalls:**
Das Prüfmittel ist durch eine autorisierte Stelle zu prüfen, was i. d. R. durch Vergleichsmessung erfolgt. Tritt unverhältnismäßig hoher Verschleiß auf, ist das Überwachungsintervall zu korrigieren.

Beispiel:

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Prüfmittelstammkarte</td> <td style="text-align: right; font-size: small;">Prüfmittel-ID: GRL170534/h8</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">Prüfmittel: Grenzrachenleere</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Bild</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Maß:</td> <td style="font-size: x-small;">Gutsellenmaß:</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">40 h8</td> <td style="font-size: x-small;">Schlechtsellenmaß:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="font-size: small;">Standort: Werkzeugbau WB 15/086</td> <td style="font-size: small;">Prüfmittelwart: Herr Dünnebier</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="font-size: x-small;">Temperaturbereich: +17°C ... +24°C</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="font-size: x-small;">Luftfeuchtebereich:</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="font-size: x-small;">Prüfmittelüberwachung:</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">II/1998</td> <td style="font-size: x-small;">II/1999</td> <td style="font-size: x-small;">II/2000</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Datum: 12.2.98</td> <td style="font-size: x-small;">Datum:</td> <td style="font-size: x-small;">Datum:</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Signum: Müller</td> <td style="font-size: x-small;">Signum</td> <td style="font-size: x-small;">Signum</td> </tr> </table>	Prüfmittelstammkarte		Prüfmittel-ID: GRL170534/h8	Prüfmittel: Grenzrachenleere		Bild	Maß:	Gutsellenmaß:	40 h8	Schlechtsellenmaß:	Standort: Werkzeugbau WB 15/086		Prüfmittelwart: Herr Dünnebier	Temperaturbereich: +17°C ... +24°C			Luftfeuchtebereich:			Prüfmittelüberwachung:			II/1998	II/1999	II/2000	Datum: 12.2.98	Datum:	Datum:	Signum: Müller	Signum	Signum
Prüfmittelstammkarte		Prüfmittel-ID: GRL170534/h8																														
Prüfmittel: Grenzrachenleere		Bild																														
Maß:	Gutsellenmaß:																															
40 h8	Schlechtsellenmaß:																															
Standort: Werkzeugbau WB 15/086		Prüfmittelwart: Herr Dünnebier																														
Temperaturbereich: +17°C ... +24°C																																
Luftfeuchtebereich:																																
Prüfmittelüberwachung:																																
II/1998	II/1999	II/2000																														
Datum: 12.2.98	Datum:	Datum:																														
Signum: Müller	Signum	Signum																														

Literatur/ Quelle:

Baszanski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.

Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 1. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.

Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.

Bild 9.81: Methodenblatt der Methodeninstanz Prüfmittelüberwachung

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 49
<h2>PDCA-Zyklus</h2>		
Ziel:	Fortschreitende Verbesserung von Prozessen (in einem Unternehmen)	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenarbeit mehrerer Fachbereiche • systematische, anschauliche Vorgehensweise • geringer Aufwand für Durchführung • von allen Beschäftigten praktizierbar 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserungsmaßnahmen finden und umsetzen • Zielvorgaben müssen wohlgeformt sein (messbar, erreichbar, erstrebenswert für alle) 	
Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Identifizierte Problemstellungen werden durch die immer wiederkehrende Grundaktivitäten Planen (Maßnahmen), Tun (Umsetzen der Maßnahmen), Checken (Prüfung der erreichten Veränderungen), Agieren (Zusammenfassen und Dokumentieren) gelöst. Der Einstieg in den PDCA-Zyklus ist in jeder Phase möglich, vorzugsweise Planen oder Checken. Das Prinzip geht auf William Edwards Deming zurück.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Phase des „Planens“: Es werden klare Ziele, die mit der Umsetzung potenzieller Verbesserungsmaßnahmen erreicht werden sollen, formuliert und letztendlich Maßnahmen zur Lösung des Problems bzw. zur Verbesserung einer Arbeitsmethode festgelegt. 2. Phase des „Tuns“: Aktionsplan durchführen, einzelne, geplante Aktivitäten umsetzen und Zwischenergebnisse ermitteln. 3. Phase des „Checkens“: Im dritten Schritt werden die aus den Maßnahmen resultierenden Ergebnisse ausgewertet, d. h., es wird geprüft, ob die Umsetzung des Plans zur erwünschten Verbesserung führt oder nicht (z. B. anhand von Kennzahlen). 4. Phase des „Agierens“: Hat die Umsetzung des Plans zur erwünschten Verbesserung bzw. Veränderung einer Arbeitsmethode geführt, so wird sie standardisiert, um sicherzustellen, dass mit dieser neuen Methode auch gearbeitet wird. Dieser neue Standard ist dann auch Ausgangsbasis für die nächsten Verbesserungsschritte unter Anwendung des PDCA-Zyklus. 	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Lunau, S. (Hrsg.): Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2007.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p>	

Bild 9.82: Methodenblatt der Methodeninstanz PDCA-Zyklus

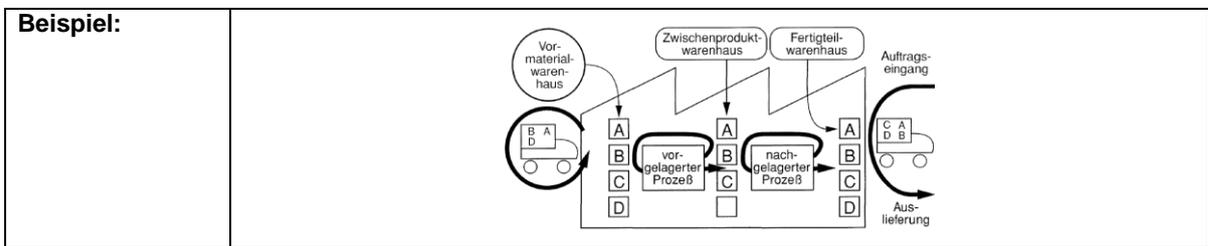
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 50
------------	-----------------------	----------------

Pull-Prinzip

Ziel:	optimale Materialversorgung bei geringstmöglichem Steuerungsaufwand und Beständen
--------------	---

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • schnelle Akzeptanz für das Kanban-System • Mitarbeiterbindung insbesondere in Verbindung mit Gruppenarbeit möglich • Regelkreisprinzip minimiert Steuerungsaufwand • bedarfsgerechtes Steuern von Material und Vorarbeiten 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • Gefahr des Aufweichen der Kanban-Regelkreise • eingeschränktes Einsatzfeld • Bedarfsschwankungen können nur in geringem Umfang ausgeglichen werden • relativ starres, verkettetes System
---	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Das Pull-Prinzip bzw. Kanban-System ist ein auf Karten basierendes Instrument zur Steuerung des Material- und Informationsflusses auf Werkstattebene (Fertigungssteuerung). Nach dem Holprinzip entnimmt der nachgelagerte Arbeitsgang beim Vorgelagerten nur das Teil, das gerade benötigt wird.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schritt - Vorbereitung: Abgrenzung des vorgesehenen Gegenstandsbereichs. Prüfung ob Voraussetzungen für Kanban-Einführung gegeben sind. 2. Schritt - Dimensionierung: Festlegung und Dimensionierung der einzelnen Kanban-Regelkreise (Losgrößen, Kanban-Anzahl, Standorte der Kanbans im Regelkreis). 3. Schritt - Planung: Ausrichtung der Auftragsposition nach dem Pull-Prinzip. Im Idealfall erhält dabei die letzte Leistungseinheit in der Auftragskette den Fertigungsauftrag. Die Unteraufträge werden durch die Kanban-Regelkreise quasi automatisch erzeugt. 4. Schritt - Schulung: Neben der Befähigung zum Umgang mit den Kanbans müssen die Mitarbeiter das Kanban-System in seiner Wirkung vermittelt bekommen (z. B. Planspiele). 5. Schritt - Einführung: Jeder leere Kanban wird an die im Materialfluss vorgelagerte Leistungseinheit zurückgegeben, wobei ein voller Kanban von dort geholt wird. Das Fehlen eines vollen Kanbans regt die vorgelagerte Leistungseinheit zum erneuten Auffüllen eines Kanbans an (kein Aufbau von „Kanban-Beständen als Sicherheit“). 6. Schritt – Kontrolle und Verbesserung: Die Anlaufphase ist insbesondere bzgl. Durchlaufzeit zu dokumentieren. Statistische Auswertungen liefern Optimierungsansätze zur Abstimmung der Regelkreise.
---	--



Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.</p>
---------------------------	--

Bild 9.83: Methodenblatt der Methodeninstanz Pull Prinzip

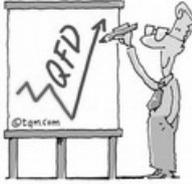
Quality Function Deployment

Ziel:	Vermeidung von Änderungskosten durch ganzheitliche Umsetzung der Kundenbedürfnisse
--------------	--

- | |
|--|
| Vorteile/ Chancen: |
| <ul style="list-style-type: none"> Entwicklungszeiten verkürzen Reduzierung der Anlaufkosten Reduzierung von Änderungen und Nacharbeit frühzeitiges Erkennen von Problemen |

- | |
|--|
| Nachteile/ Risiken: |
| <ul style="list-style-type: none"> Prüfung ob Qualitätshaus in der jeweiligen Projektphase sinnvoll ist vergleichsweise hoher Aufwand komplexes Vorgehen Relationsmatrizen (Beziehungsmatrizen) sollten maximal 100 Zellen enthalten |

Durchführung:



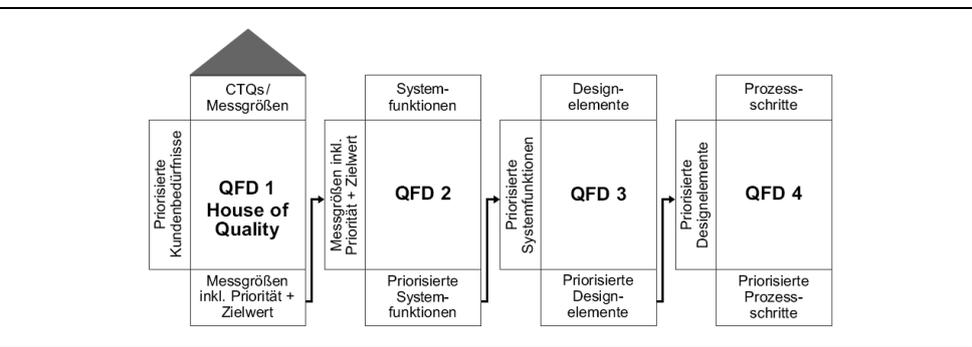
Quelle: www.tqm.com

QFD ist eine Methode, die dafür sorgt, dass alle in der Produktplanung involvierten Abteilungen frühzeitig interdisziplinär zusammenarbeiten mit dem Ziel, Qualitätsanforderungen der Kunden so in den Produktplanungs- und Produktentstehungsprozess einzubeziehen, dass Kosten, die sonst in der Produktionsanlaufphase oder in einer späteren Produktlebenszyklusphase durch Änderungen am Produkt oder Produktionsprozess entstehen, präventiv vermieden werden.

Die gesamte QFD-Methodik besteht aus einer Reihe von aufeinander aufbauenden Planungsschritten, die sich in vier Entwicklungsphasen einteilen lassen:

- 1. Phase: „Produktplanung“**
Erfassung kunden- und marktseitiger Qualitätsanforderungen und Ableitung lösungsneutraler Qualitätsanforderungen an die Konstruktion.
- 2. Phase: „Teileplanung“**
Ausgehend von den Qualitätsanforderungen an die Konstruktion werden Konstruktionskonzepte sowie Qualitätsanforderungen an Teilsysteme und Bauteile abgeleitet.
- 3. Phase: „Prozessplanung“**
Hier werden ausgehend von den Qualitätsanforderungen an die Teile Produktionskonzepte und -prozesse ausgewählt sowie die Prozessparameter festgelegt.
- 4. Phase: „Produktionsplanung“**
Abschließend werden ausgehend von den Produktionsprozessen Qualitätssicherungsmaßnahmen abgeleitet und die Parameter der Maßnahmen festgelegt.

Beispiel:



Literatur/ Quelle:	<p>Lunau, S. (Hrsg.): Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2007.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p>
---------------------------	---

Bild 9.84: Methodenblatt der Methodeninstanz Quality Function Deployment

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 52
------------	-----------------------	----------------

Quality Gates

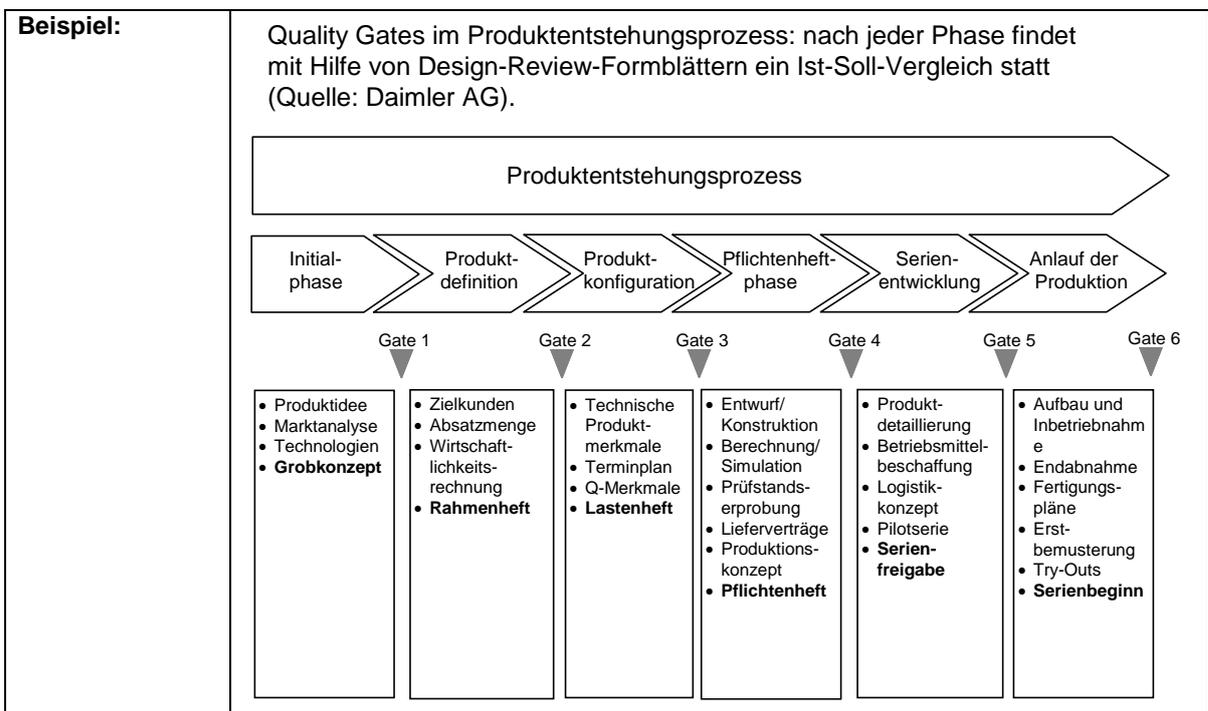
Ziel:	Überprüfung der Arbeitsergebnisse an entlang aller wertschöpfenden Prozesse um sicherzustellen, dass definierte Arbeitsergebnisse erbracht werden
--------------	---

Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:
<ul style="list-style-type: none"> • Transparenz und Nachvollziehbarkeit des aktuellen Arbeitsstands • Vermeidung von Fehlern und Problemen • Verteilung von Verantwortlichkeiten • Formalisierte Dokumentation • fördert interne Kunden-Lieferantenbeziehungen 	<ul style="list-style-type: none"> • genaue Zielformulierung von entscheidender Bedeutung • Aufwand für wiederholte Qualitätsprüfung in interdisziplinärem Team • Mitarbeiter könnten ihre Kompetenz in Frage gestellt fühlen

Beschreibung:	<p>Quality Gates sind ausgewählte Meilensteine z. B. an kritischen Stellen eines Entwicklungsprojektes, an denen beurteilt wird, ob der angestrebte Entwicklungsstand erreicht ist. An Quality Gates sind qualitative und quantitative Messgrößen gekoppelt, auf die man sich vor dem Start des jeweiligen Prozesses geeinigt hat.</p> <p>Quality Gates sind nicht auf den Entwicklungsprozess beschränkt. Sie können jeweils auf die wertschöpfenden Kernprozesse im Unternehmen ausgedehnt werden. Auch hier müssen an vorher definierten Orten ebenfalls vorher definierte Ergebnisse erbracht werden. Der Druck wird dabei durch die internen Kunden-Lieferanten-Beziehungen aufgebaut. Der nach dem Quality Gate liegende Prozessabschnitt kann bzw. muss sogar als Kunde die Annahme verweigern, wenn die angelieferte Leistung nicht genügt und damit das Gesamtergebnis gefährdet wird.</p>
----------------------	---



Quelle: www.tqm.com



Literatur/ Quelle:	<p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p> <p>Mollenhauer, J.-P.; et al.: Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer Verlag, Berlin u. a. 2007.</p>
---------------------------	---

Bild 9.85: Methodenblatt der Methodeninstanz Quality Gates

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 53
REFA-Planungssystematik		
Ziel:	Systematische Erarbeitung von Lösungsvarianten für unterschiedliche Projekte	
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:	
<ul style="list-style-type: none"> • ganzheitliche Betrachtung • geringer Kosten und Zeitaufwand bei systematischem Vorgehen • Vermeidung von Fehlplanungen und Nachbesserungen • Mitarbeiterbeteiligung, Motivation 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr zu schematischer Arbeit • geeignetes Planungsteam • hinreichende Qualifikation Projektleiter 	
Durchführung:	<p>Aufbau und Inhalt der sechs Planungsstufen sind so gewählt, dass nach den einzelnen Analyse- und Konzeptionsschritten jeweils Entscheidungen getroffen werden müssen. So wird sichergestellt, dass Bearbeitung und Lösungen permanent an den Unternehmenszielen ausgerichtet werden. Die Planungssystematik kann zur systematischen Erarbeitung und Bewertung von Lösungsvarianten, z. B. hinsichtlich neuer Produkte, Projekte, Prozess oder Arbeitssysteme, angewendet werden.</p>	
 <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausgangssituation analysieren: Analyseschwerpunkte festlegen; Analyse durchführen und Ergebnisse darstellen 2. Ziele festlegen, Aufgaben abgrenzen Ziele konkretisieren und gewichten; Planungsaufgaben abgrenzen 3. Projektlösung/ Produkt/ Prozess/ Arbeitssystem konzipieren Arbeitsabläufe erarbeiten; Arbeitssystem entwickeln; Qualifikationsanforderungen abschätzen und Personalbedarf planen; Belastungen abschätzen; Entgeltsystem und Arbeitszeitregime planen bzw. vereinbaren; Varianten bewerten und auswählen 4. Projektlösung/ Prozess/ Arbeitssystem detaillieren Gestaltungsregeln umsetzen und Betriebsmittel planen; Personal planen und Realisierungsplan erstellen 5. Projektlösung/ Prozess/ Arbeitssystem einführen Betriebsmittel beschaffen bzw. bauen und personelle Maßnahmen durchführen; Arbeitssystem installieren und Probetrieb durchführen; Belastungen analysieren und Daten ermitteln 6. Projektlösung/ Prozess/ Arbeitssystem einsetzen Abschlussdokumentation erstellen und Erfolgskontrolle 	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>N. N.: REFA-Methodenlehre der Betriebsorganisation - Grundlagen der Arbeitsgestaltung. Hanser Verlag, München 1993.</p>	

Bild 9.86: Methodenblatt der Methodeninstanz REFA-Planungssystematik

REFA-Zeitaufnahme

Ziel: Ermitteln und Auswerten von Zeiten für Tätigkeiten

- Vorteile/ Chancen:**
- reproduzierbare Zeit- und Kalkulationsdaten für Planung, Steuerung, Kostenrechnung, Leistungsvergleiche, Kennzahlen, Benchmarking, Zielvereinbarungen, etc.
 - Grundlage für Planzeiten
 - Basisdaten für Arbeitsplanung, Kalkulation, Plan- und Vorgabezeiten

- Nachteile/ Risiken:**
- Ablauf muss wiederholt gleichbleibend auftreten und optimiert sein
 - exakte reproduzierbare Protokolle der Zeitaufnahme
 - Berücksichtigung relevanter Einflussgrößen
 - Korrekte Handhabung der Methode erfordert Ausbildung



Zeitaufnahmen basieren auf der zweckmäßigen Gestaltung des Arbeitssystems und dessen Beschreibung (Arbeitsverfahren, -methode, -bedingungen). Sie erfassen Bezugsmengen, Einflussgrößen und Ist-Zeiten für einzelne Ablaufabschnitte zur späteren Definition von Soll-Zeiten. Folgende Arbeitsschritte sind zu befolgen:

- Schritt:** Verwendungszweck festlegen, Gegebenheiten vor Ort klären, Festlegung über Messung von Fortschritts- oder Einzelzeiten und Anzahl notwendiger Messungen, Zeitmessgerät und Aufnahmebogen auswählen, Arbeitsaufgabe, Arbeitsverfahren, Arbeitsmethode und Arbeitsbedingungen beschreiben, Beteiligte hinreichend informieren.
- Schritt:** Durchführen der Zeitaufnahme. Hierbei repräsentative Bedingungen sichern, z. B. Messung über den ganzen Arbeitstag. Dokumentation der Ergebnisse in den Dokumentationsunterlagen (Systembeschreibung, Zeitaufnahmebogen).
- Schritt:** Die Auswertung erfolgt in folgenden 6 Schritten: Zeitaufnahme auf Richtigkeit und Vollständigkeit prüfen; Ist-Einzelzeiten berechnen; statistische Auswertung; Soll-Zeiten (evtl. Normalzeiten) berechnen; Soll-Zeiten und Übertrag addieren; Zeit je Einheit bestimmen.

Beispiel:

Z2	REFA-Zeitaufnahmebogen für Abläufe mit Wiederholungen	Ablage-Nr. ZA_ABC-D11-09 Blatt 1 von 1 Blättern
Arbeitsaufgabe Funktionsprüfung Hydraulikzylinder Auftrag Nr. 0815-4712 Menge m des Arbeitsauftrages 80 Abteilung ABC-D11 Kostenstelle 5055 Datum der Zeitaufnahme 13.10. Beginn Uhrzeit 10:15 Ende Uhrzeit 10:49 Menge 20 Menge 35 Dauer 0:34 Std		
		Zusammenstellung der Zeit je Einheit Zeit in Min Herkunft Grundzeit t_g 1,77 Erholungszeit t_{er} bei $z_{er} =$ % - Verteilzeit t_v bei $z_v =$ 10 % 0,18 sonstige Zuschläge - Zeit je Einheit t_{e1} 1,95 $t_{e1}/t_{e100}/t_{e1000}$ in min/h Rüstzeit t_r in min/h
Arbeitsverfahren und Arbeitsmethode Hydraulikzylinder aufnehmen und einspannen; Prüfvorrichtung anschließen; Prüfen nach Prüfvorschrift GMH-PH18; Werker selbstprüfung: abnehmen und in Transportbehälter ablegen		

Literatur/ Quelle: Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.
 REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation - Datenermittlung. Hanser Verlag, München 1997.

Bild 9.87: Methodenblatt der Methodeninstanz REFA-Zeitaufnahme

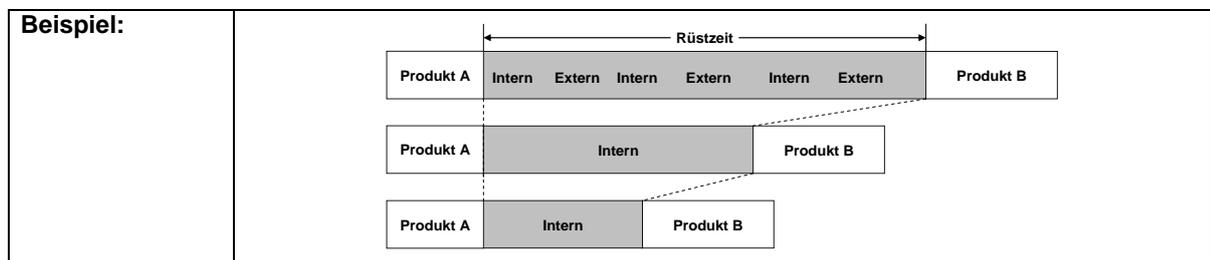
Rüstzeitminimierung

Ziel:	Maximierung der Flexibilität durch kleine Losgrößen, Maximierung der Produktivität
--------------	--

Vorteile/ Chancen:
<ul style="list-style-type: none"> Durchlaufzeitverkürzung Flexibilität bzgl. Kundenwünschen Bestandsverringerung, geringere Kapitalbindung, Kapazitätserhöhung geringere Investition bei besserer Qualität

Nachteile/ Risiken:
<ul style="list-style-type: none"> intensives Training der Mitarbeiter notwendig Vereinheitlichung von Vorrichtungen, Werkzeugen, Prüf- und Spannmitteln ggf. nicht sinnvoll

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>SMED steht für „Single Minute Exchange of Dies“ und ist ein konsequentes System zur Reduzierung der Rüstzeiten, das eine gezielte Entwicklung von speziellen Werkzeugen und Rüsthilfsmitteln zur Folge hat und über mehrere Stufen bis zur Mechanisierung des Vorganges führt. Gelingt die perfekte Durchführung des Rüstvorganges schließlich mit einem Handgriff, hat das System seine höchste Entwicklungsstufe erreicht. Folgende Schritte sind durchzuführen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schritt: Auswahl der Anlagen und Rüstvorgänge mit Potential. Darstellung der bisherigen Abläufe. Sortierung in interne (Vorgänge, die einen Anlagenstillstand zur Folge haben) und externe Vorgänge (Anlage kann weiterlaufen). 2. Schritt: Prüfen welche internen Vorgänge in externe überführt werden können. Analyse und Verbesserung der Abläufe. 3. Schritt: Interne Vorgänge prüfen ob verzichtbar oder extern ausführbar. Mögliche Maßnahmen, erforderliche Hilfsmittel (Vereinfachte Werkzeuge, Vorrichtungen, etc.) 4. Schritt: Maßnahmen zu Verringerung interner Aktivitäten und Optimierung der Abläufe (z. B. Abschaffung von Justierarbeiten), Optimierung und Standardisierung. 5. Schritt: Optimierung der externen Aktivitäten zur Kosteneinsparung. Verbesserung und Standardisierung der erreichten Vorgehensweise. 6. Schritt: Koordination der Reihenfolge der Rüstvorgänge und des Personaleinsatzes beim Umrüsten.
--	---



Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p> <p>Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.</p>
---------------------------	--

Bild 9.88: Methodenblatt der Methodeninstanz Rüstzeitminimierung

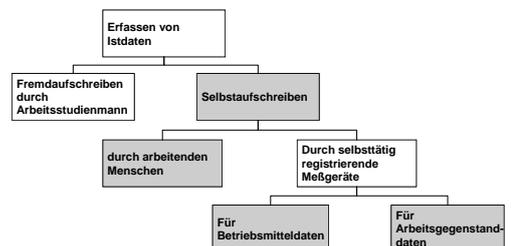
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 56
------------	-----------------------	----------------

Selbstaufschreibung

Ziel:	Gewinnung von Ist-Daten aus Prozessen/ Arbeitssystemen über Ablaufarten, Mengenleistungen oder Zeitauern
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> gleichzeitige Erhebung an mehreren Arbeitsplätzen Vertrauensbildung durch Mitarbeitereinbindung universell anwendbar Anwendungszeitraum faktisch nicht begrenzt 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> vorstrukturierte Beschreibung und Unterweisung zweckmäßig Daten beeinflussbar und statisch nicht gesichert Plausibilitätskontrollen sinnvoll subjektive Handhabung
--	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Das Selbstaufschreiben durch die am Prozess und Arbeitsablauf beteiligten Personen kann arbeitsplatz- (arbeitsbereichs-) oder vorgangsbezogen durchgeführt werden.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Untersuchungsziel formulieren 2. Untersuchungsbereich abgrenzen (Prozess, Arbeitssystem, Arbeitsplätze) 3. Vorbereitung der Selbstaufschreibung Zu ermittelnde Daten aus dem Untersuchungsziel festlegen und Entwicklung geeigneter Formulare für Erfassung und Auswertung. Repräsentativen Zeitraum festlegen. Information, Instruktion und Motivation der beteiligten Akteure. 4. Probeweise Selbstaufschreibung und Ergebnisprüfung Selbstaufschreibung probeweise durchführen, Ergebnisse prüfen (Einhaltung von Regeln, Vollständigkeit, Plausibilität, etc.), evtl. Unterlagen verändern. 5. Selbstaufschreibung durchführen Selbstaufschreibung durchführen, fallweise methodische Unterstützung zur Verhinderung von Fehlern gewähren, Ergebnisse arbeitstäglich je Mitwirkenden erfassen oder übermitteln lassen. Überwachung der Fehler durchführen. 6. Kontrolle nach Durchführung 7. Auswertung, Aufbereitung zur Nutzung <p>Neben der Selbstaufschreibung durch die am Prozess und Arbeitsablauf beteiligten Personen können entsprechende Daten auch durch selbstständig registrierende Messmittel erfasst werden (BDE - Betriebsdatenerfassung). Die BDE umfasst über die technische Erfassung von Daten hinausgehend, das Zusammenwirken der erfassten Daten mit der Auswertung und der hierzu erforderlichen Organisation betrieblicher Strukturen.</p>
---	--

Beispiel:	
------------------	--

Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management – Betriebshütte Teil 2. 7. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 1996.</p> <p>REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation - Datenermittlung. Hanser Verlag, München 1997.</p>
---------------------------	--

Bild 9.89: Methodenblatt der Methodeninstanz Selbstaufschreibung

Simultaneous Engineering

Ziel:	Verkürzung der Durchlaufzeit durch die Parallelisierung der einzelnen Phasen des Produktentstehungsprozesses
--------------	--

- | | |
|---------------------------|--|
| Vorteile/ Chancen: | <ul style="list-style-type: none"> Beitrag zur Reduzierung von Produktentwicklungszeiten und Kosten sowie zur Verbesserung der Produktqualität fördert interdisziplinäre Teamarbeit Konzentration auf wichtige Kernprozesse |
|---------------------------|--|

- | | |
|----------------------------|---|
| Nachteile/ Risiken: | <ul style="list-style-type: none"> Abstimmungs- und Implementierungsaufwand (Organisation, interne und externe Kommunikation, Produktschnittstellen, Datenschnittstellen) Unterstützung durch Mitarbeiter und Management notwendig komplexer Einführungsprozess kaum planbar |
|----------------------------|---|

Durchführung:

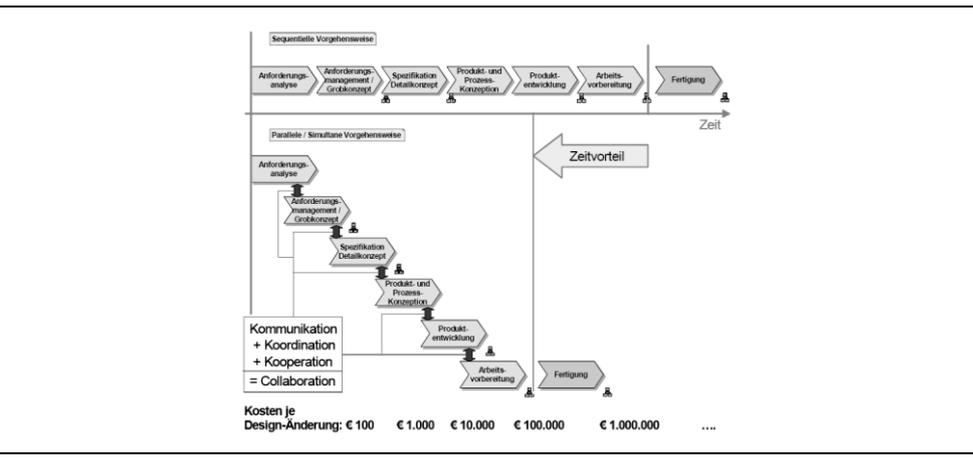


Quelle: www.tqm.com

Simultaneous Engineering, auch als Concurrent Engineering bezeichnet, ist die überlappende, also nahezu simultane Bearbeitung von Aufgaben durch interdisziplinäre Arbeitsgruppen. Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- 1. Standardisierung**
Standardisierung von Prozessen bedeutet eine dauerhafte und von einzelnen Personen und Ereignissen unabhängige Beschreibung und Regelung verschiedener Aspekte im Produktentstehungsprozess.
- 2. Parallelisierung**
Prozesse, die vormalig bei der Produkt- und Prozessgestaltung streng sequentiell ablaufen, werden parallelisiert, d. h., Prozesse, die untereinander Abhängigkeiten besitzen, werden bereits begonnen, bevor der Vorgängerprozess abgeschlossen ist. Voneinander unabhängige Prozesse werden zeitgleich durchgeführt.
- 3. Integration**
An der Produktentstehung sind neben dem Bereich Forschung und Entwicklung auch noch weitere Unternehmensbereiche beteiligt. Ziel der Integration ist, an den Schnittstellen konsistente Informationen über Ergebnisse, Termine, Aufwände, Kosten etc. sicherzustellen.

Beispiel:



Literatur/ Quelle:	<p>Scheer, A.-W. et al.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2006.</p> <p>Spur, G.; Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt. Management der CAD Technik. Hanser Verlag, München u. a. 1997.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p>
---------------------------	--

Bild 9.90: Methodenblatt der Methodeninstanz Simultaneous Engineering

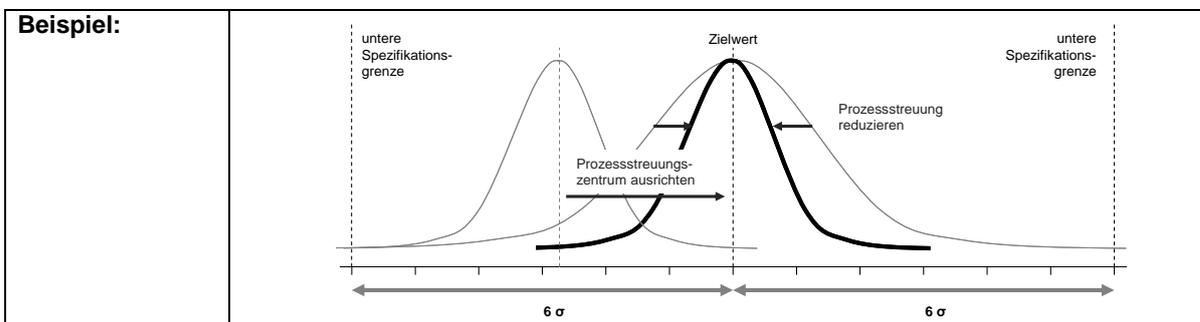
Six Sigma

Ziel:	Mithilfe statistischer Methoden werden subjektive Wahrnehmungen von Qualität durch messbare Aussagen ersetzt, um Kundenbedürfnisse vollst. und profitabel zu erfüllen
--------------	---

- | |
|---|
| Vorteile/ Chancen: |
| <ul style="list-style-type: none"> Maximierung der Kundenzufriedenheit ermittelt durch statistische Analysen Grundursachen, anstatt Symptome zu behandeln standardisierte Vorgehensweise Verringerung Ausschuss/Nacharbeit und der Weiterbearbeitung fehlerhafter Teile |

- | |
|--|
| Nachteile/ Risiken: |
| <ul style="list-style-type: none"> Bestimmung charakteristischer Parameter Erfassbarkeit der notwendigen Daten (technisch, zeitlich, zeitnah) Motivation und Training der Mitarbeiter Erfassung und Aufbereitung der Daten |

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Methodisch steht hinter Six Sigma das Bestreben, Qualität mithilfe von Kennzahlen messbar zu machen. Sigma ist ein Indikator für die Abweichungen vom Mittelwert. Das Ziel ist die Reduktion der Fehlerquote. Wird ein Sechs-Sigma-Niveau erreicht, liegen 99.99966 % der Fälle innerhalb der vom Kunden definierten Leistungsgrenzen. DMAIC ist die zentrale Six-Sigma-Methode zur Verbesserung bereits bestehender Prozesse:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. DEFINE-Phase Den Kunden identifizieren, Kundenanforderungen identifizieren und messbar machen, die aktuelle Unternehmenssituation anhand vorliegender Daten erfassen. Die Project Charter entwickeln, den zu verbessernden Prozess darstellen. 2. MEASURE-Phase Kundenanforderungen vervollständigen, Outputwerte und Zielleistung des Prozesses sowie Spezifikationsgrenzen und Fehlerdefinitionen festlegen. Den Datenerfassungsplan entwickeln, die aktuelle Prozessleistung (d. h. den Sigma-Wert) berechnen. 3. ANALYSE-Phase Daten und Prozess analysieren, Grundursachen ermitteln, Verbesserungsmöglichkeiten quantifizieren. 4. IMPROVE-Phase Lösungen finden und auswählen, Lösungen verfeinern und testen, Lösungen bewerten und rechtfertigen. 5. CONTROL-Phase Prozesssteuerungsplan entwickeln, Umsetzung der Lösung planen, Projekt abschließen.
--	---



Literatur/ Quelle:	<p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p> <p>Toutenburg, H.; Knöfel, P.: Six Sigma - Methoden und Statistik für die Praxis. Springer-Verlag, Berlin u. a. 2008.</p>
---------------------------	--

Bild 9.91: Methodenblatt der Methodeninstanz Six Sigma

Standardarbeitsblatt

Ziel:	Sicherung der Qualität und produktiver Arbeitsmethoden am Arbeitsplatz
--------------	--

Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> Eigeninitiative der Mitarbeiter schaftt eindeutige, einheitliche Basis für Prozessverbesserung Auseinandersetzung mit dem Prozess einfache, transparente Prozessdarstellung Kommunikationshilfe 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> eingeschränkter Anwendungsbereich (vorwiegend bei Wiederholttätigkeiten) relativ hoher Pflegeaufwand u. a. durch mangelnde EDV-Unterstützung Informationsverdichtung Verlust der Akzeptanz bei mangelnder Pflege
---	--

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Das Standardarbeitsblatt (SAB) wird als betriebliches Standardformular zur Arbeitsablaufbeschreibung für einzelne Arbeitsplätze eingesetzt und in Zusammenarbeit von Mitarbeitern und Planern inhaltlich entwickelt und gepflegt. Es bildet die wesentlichen Informationen zu Arbeitsablauf und Arbeitsplatz in verdichteter, möglichst einfach zu erfassender Informationsdarbietung ab.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Planungsanstoß: Bei jeder Arbeitssystemneuplanung werden die notwendigen Informationen erstmals zusammengestellt und im SAB-Entwurf dargestellt. 2. Durchsprache: Das Standardarbeitsblatt, insbesondere der geplante Arbeitsablauf, wird mit einem erfahrenen Mitarbeiter oder mit dem Mitarbeiterteam diskutiert. Veränderungsansätze werden protokolliert. 3. Umsetzungsplanung: Prüfung und Bewertung der in der Durchsprache protokollierten Veränderungsansätze. Das SAB wird erstellt. 4. Einlauf: Durchführung der Arbeitsunterweisungen auf Basis des SAB. Signifikante Änderungen am Arbeitsablauf im Anlaufprozess werden bewertet und umgesetzt. 5. Stabilisierungs- und Entwicklungsphase: Das SAB ist als Basis jeder Veränderung am Arbeitssystem heranzuziehen. Zyklische Durchsprachen des Arbeitsablaufes mit dem Planer. 6. Einziehung: Neuplanung bzw. Auflösung des Arbeitsplatzes führt zur Einziehung des SAB. Das SAB ist im Rahmen des betrieblichen Dokumentmanagements zu archivieren.
---	--

Beispiel:	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6">Standardarbeitsblatt</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">Abteilung</th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 15%;">Material</th> <th style="width: 10%;">Selbstkontrolle</th> <th style="width: 10%;">Prüfschritt</th> <th style="width: 5%;">Blatt</th> </tr> <tr> <td>Datum:</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">▲</td> <td style="text-align: center;">◆</td> <td style="text-align: center;">X von X</td> </tr> <tr> <th>AVO-Nr.</th> <th colspan="2">Arbeitsschritte</th> <th>Werkz./Hilfsmit.</th> <th>kritische Punkte</th> <th>Zeichnung</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Standardarbeitsblatt						Abteilung		Material	Selbstkontrolle	Prüfschritt	Blatt	Datum:			▲	◆	X von X	AVO-Nr.	Arbeitsschritte		Werkz./Hilfsmit.	kritische Punkte	Zeichnung																		
Standardarbeitsblatt																																											
Abteilung		Material	Selbstkontrolle	Prüfschritt	Blatt																																						
Datum:			▲	◆	X von X																																						
AVO-Nr.	Arbeitsschritte		Werkz./Hilfsmit.	kritische Punkte	Zeichnung																																						

Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Mollenhauer, J.-P.; et al.: Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer Verlag, Berlin u. a. 2007.</p> <p>Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.</p>
---------------------------	---

Bild 9.92: Methodenblatt der Methodeninstanz Standard-Arbeitsblatt

Standardisierung

Ziel: Vereinheitlichen und Festlegen von Lösungen

Vorteile/ Chancen:

- Standard- bzw. Normelemente sind erprobt
- Standard- bzw. Normelemente sind kurzfristig verfügbar
- Voraussetzung für ein methodisches Vorgehen
- wirtschaftliche und qualitative Verbesserungen

Nachteile/ Risiken:

- Anpassung für Probleme, die Individuallösungen bedürfen
- setzt eine Akzeptanz der Anwender voraus
- setzt einen Bedarf voraus, d.h. die Standardisierung soll wirtschaftlich und zweckmäßig sein

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Standardisierung bzw. Normung ist das einmalige Lösen eines sich wiederholenden technischen oder organisatorischen Vorgangs mit den zum Zeitpunkt der Erstellung der Norm bekannten optimalen Mitteln des Standes der Technik durch alle daran Interessierten. Sie ist damit eine stets zeitlich begrenzte technische und wirtschaftliche Optimierung.

Normung, aufgefasst als Oberbegriff von Vereinheitlichen und Festlegen von Lösungen, gibt es in unterschiedlichen Ebenen:

- Überbetriebliche nationale und internationale Normen (DIN, ISO)
- Innerbetriebliche Normen (Werksnorm)
- Allgemein einsetzbare Lösungskataloge, Vorschriften, sowie systematische oder einheitliche Wissensdarstellungen

Der Einsatzbereich für Standardlösungen ist vielfältig, jedoch sollte die standardisierte Form bzw. Art und Weise einen repetitiven Charakter aufweisen, damit sich ein Normierungsaufwand lohnt.

Eine Normenentwicklung sollte folgende allgemeine Schritte durchlaufen:

- Ein Norm-Vorschlag bzw. eine Normanregung kommt vom Initiator.
- Der Norm-Vorschlag wird in einem Arbeitsausschuss beraten. Dieser erarbeitet einen Norm-Entwurf.
- Der Norm-Entwurf wird zur Stellungnahme allen Betroffenen vorgelegt.
- Nach Abstimmung wird, wenn erforderlich, eine Vornorm erstellt und dient zur Erprobung.
- Festlegung der endgültigen Norm.

Beispiel:

Beispiele für Normungen bzw. Standardisierungen sind:

FMEA-Standards, Leistungsstandards, Qualitätsstandards, Standarddaten, Standardteile, Standardsoftware, Standard-Abläufe, Standardarbeitsblätter, Standardarbeitsplatz, Standardisierte Arbeitsplatzdokumentation, Standardisierte Einrichtungen, Standardisierte Kommunikationswege, Standardisierte Schichtübergabe, Standardisierter Materialbestand, Standardisierter Umlaufbestand, Standardisierte Schnittstellen, etc.

Literatur/ Quelle:

DIN 820-1: Normungsarbeit - Teil 1: Grundsätze. Beuth-Verlag, Berlin.

Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren - Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung. 5. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.

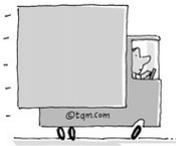
Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung – Methoden und Anwendung. 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2005.

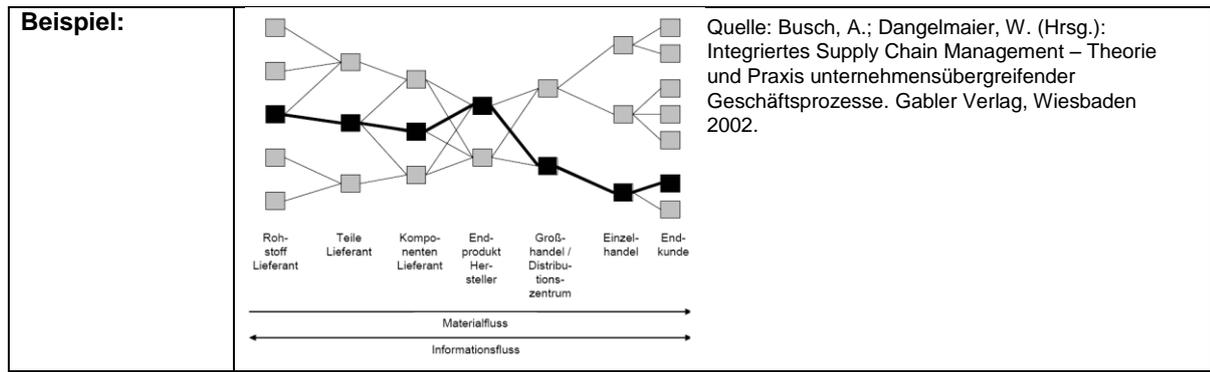
Bild 9.93: Methodenblatt der Methodeninstanz Standardisierung

Supply Chain Management

Ziel:	Planung, Steuerung und Kontrolle des gesamten Material- und Dienstleistungsflusses sowie der damit verbundenen Informations- und Geldflüsse
--------------	---

- | | |
|--|--|
| <p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Transparenz der Material-, Finanz- und Informationsflüsse wird erhöht kontinuierliches Controlling von Prozessen wird erleichtert Kosten und Durchlaufzeiten werden reduziert Senkung der Lagerbestände in der gesamten Supply Chain | <p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> durch das enge Beziehungsnetzwerk ist das Gesamtsystem anfälliger wenn an einem Punkt eine Störung auftritt Informationsaustausch muss sichergestellt werden Konfiguration der Prozessstrukturen in der Supply Chain |
|--|--|

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Ein Supply Chain Management (SCM) kennzeichnet interne wie netzwerkgerichtete integrierte Unternehmungsaktivitäten von Versorgung, Entsorgung und Recycling, inklusive begleitende Geld- und Informationsflüsse. Um SCM erfolgreich umzusetzen, sind branchen-, teilweise unternehmensspezifische Konzepte notwendig. Allgemeine Prinzipien des SCM sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Positionierung Kundenbedürfnisse ermitteln, Wertkette visualisieren („Value Stream Mapping“), Bestimmung der kritischen Leistungen, Anpassung der Strategie 2. Postponement Analyse der Produkt- und Prozessarchitektur, Modularisierung der Produkte, späte Variantenbildung, Schnittstellen standardisieren 3. Planung Austausch von Informationen und Daten, Integration der IT- Systeme, Konvergenz zwischen Logistik, IT und Operations Research, Nutzung der Internet-Technologie 4. Pull-Prinzip Synchronisation der Wertschöpfungsstufen, Integration der Lieferanten, Optimierung des Nachschubes, Just-in-Time Prinzipien 5. Partnerschaft Aufbau von Systemlieferanten, Suche nach dem „globalen Optimum“, Vertrauen schaffen, intensive Kommunikation
--	--



Literatur/ Quelle:	<p>Corsten, D.: Supply Chain Management erfolgreich umsetzen : Grundlagen, Realisierung und Fallstudien. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2004.</p> <p>Werner, H.: Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. 3. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2008.</p>
---------------------------	--

Bild 9.94: Methodenblatt der Methodeninstanz Supply Chain Management

SWOT-Analyse

Ziel:	Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen auf Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken
--------------	---

- | |
|--|
| Vorteile/ Chancen: |
| <ul style="list-style-type: none"> Aufbau von Stärken, Vermeiden von Schwächen Konzentration der Kräfte und Ressourcen Ausnutzung bzw. Aufbau von Synergiepotenzialen |

- | |
|---|
| Nachteile/ Risiken: |
| <ul style="list-style-type: none"> kein eindeutiges Ziel vereinbart Externe Chancen werden oft mit internen Stärken verwechselt es werden keine konkreten Maßnahmen abgeleitet |

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Die SWOT-Analyse ist ein weit verbreitetes Instrument zur Situationsanalyse. Mit der Methode werden sowohl innerbetriebliche Stärken und Schwächen (Strength-Weakness) als auch externe Chancen und Gefahren (Opportunities-Threats) betrachtet, welche die Handlungsfelder des Unternehmens betreffen. Folgendes Vorgehen wird empfohlen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zieldefinition SWOT-Analysen sollten immer bezogen auf ein Ziel erstellt und nicht abstrakt gehalten werden 2. Inweltanalyse Suchen nach Stärken und Schwächen des eigenen Unternehmens bezogen auf das definierte Ziel der SWOT-Analyse 3. Umweltanalyse Suchen nach den strategisch relevanten Chancen und Gefahren bezogen auf das definierte Ziel der SWOT-Analyse 4. Kombination und Ableiten von Maßnahmen Nutzen aus Stärken und Chancen maximieren und Verluste aus Schwächen und Gefahren minimieren. Frage nach: Stärke/Chancen-Kombination: Welche Stärken passen zu welchen Chancen? Stärke/Gefahren-Kombination: Welchen Gefahren kann mit welchen Stärken begegnet werden? Schwäche/Chancen-Kombination: Wo können aus Schwächen Chancen entstehen? Schwäche/Gefahren-Kombination: Wo befinden sich Schwächen und wie kann vor Schaden geschützt werden?
--	---

Beispiel:			
	Interne Analyse		
		Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
Externe Analyse	Chancen (Opportunities)	Verfolgen von neuen Chancen, die gut zu den Stärken des Unternehmens passen.	Schwächen eliminieren, um neue Möglichkeiten zu nutzen.
	Gefahren (Threats)	Stärken nutzen, um Bedrohungen abzuwenden.	Verteidigungsstrategien entwickeln, um vorhandene Schwächen nicht zum Ziel von Bedrohungen werden zu lassen.

Literatur/ Quelle:	Welge, M. K.; Al-Laham, A.: Strategisches Management. 5. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2008.
---------------------------	--

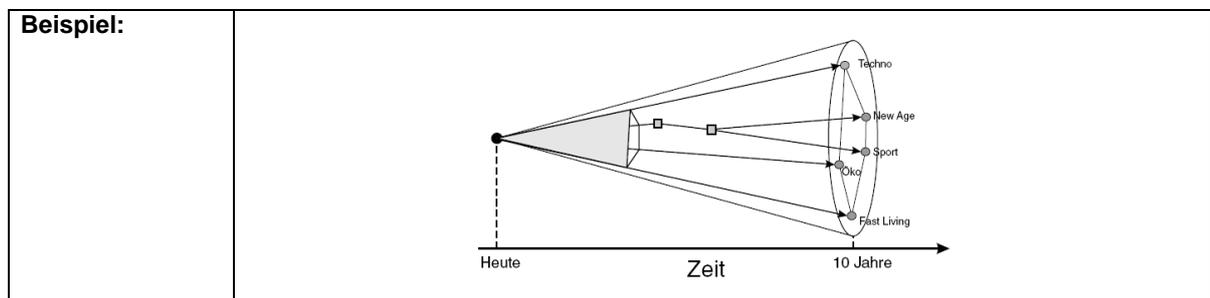
Bild 9.95: Methodenblatt der Methodeninstanz SWOT-Analyse

Szenariotechnik

Ziel:	Entwicklung und Analyse möglicher Zustände in der Zukunft zur Unterstützung strategischer Entscheidungen
--------------	--

- | | |
|---|---|
| Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> frühzeitiges Erkennen von Veränderungsmöglichkeiten durch Sensibilisierung für die Zukunft Strategieentwicklung und -überprüfung Orientierungshilfe | Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> Prognoseverfahren sind immer mit Unsicherheit behaftet Finden der charakteristischen Faktoren des Untersuchungsgegenstandes ist essenziell relativ hoher Ressourcenaufwand |
|---|---|

Durchführung:  <small>Quelle: www.tqm.com</small>	<p>Mithilfe der Szenariotechnik werden auf Basis der gegenwärtigen Situation alternative Zukunftsmodelle (so genannte Szenarios) – das heißt allgemein verständliche Beschreibungen von möglichen und in sich konsistenten Zukunftsausprägungen – erarbeitet. Durch die Analyse der Auswirkungen der Zukunftsmodelle auf das zugrunde liegende Untersuchungsfeld lassen sich Erfolgspotenziale aber auch potenzielle Gefahren erkennen und daraus wesentliche Hinweise zur Entwicklung und Bewertung von Unternehmensstrategien ableiten.</p> <p>Allgemein unterscheidet man drei Sequenzen der Szenarioerstellung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analysephase In der Analysephase werden auf der Basis der wichtigsten Einflussfaktoren des Gestaltungsfelds (z. B. Produkt) diejenigen Schlüsselfaktoren herausgearbeitet, die die zukünftige Entwicklung maßgeblich beeinflussen können. Suchfelder sind dabei beispielsweise das Marktumfeld, die Umwelt, die Politik oder die Technik selbst. 2. Prognosephase Für jeden dieser Schlüsselfaktoren werden alternative Entwicklungen aufgezeigt. Diese Entwicklungen sind nicht an die jeweilige Aufgabe gebunden, sondern treten im allgemeinen Unternehmensumfeld auf makroskopischer Ebene auf, beispielsweise infolge technischer Innovation oder Vorgaben aus der Politik. 3. Synthesephase In der Synthesephase wird die Entwicklung der verschiedenen Einflussfaktoren wieder auf die konkrete Aufgabe projiziert. Die unterschiedlichen Entwicklungsmöglichkeiten der Schlüsselgrößen werden hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Aufgabe analysiert und zu Szenarien zusammengefasst. Die Qualität eines Szenarios hängt dabei nicht von seiner Eintrittswahrscheinlichkeit ab. Wichtiger sind Plausibilität und Konsistenz.
---	--



Literatur/ Quelle:	<p>Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer, Berlin u. a. 2005.</p> <p>Wördenweber, B.; Wickord, W.: Technologie- und Innovationsmanagement im Unternehmen - Lean Innovation. 3. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u. a. 2008.</p>
---------------------------	---

Bild 9.96: Methodenblatt der Methodeninstanz Szenariotechnik

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 64
------------	-----------------------	----------------

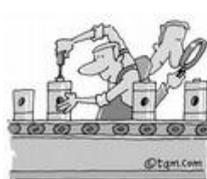
Taktfertigung

Ziel:	Synchronisation verschiedener Bearbeitungsstationen
--------------	---

Vorteile/ Chancen:
<ul style="list-style-type: none"> • hohe Produktivität aufgrund der Spezialisierung • Ordnung und Übersichtlichkeit im Arbeitsablauf • Einübung und hohe Ausnutzung des Einarbeitungseffekts • einfache Überwachung • Minimierung des Einsatz von Personal, Betriebsmitteln und Informationen möglich

Nachteile/ Risiken:
<ul style="list-style-type: none"> • fehlerhafte Arbeitsschritte können sich im gesamten Ablauf wiederholen • Umstellungen des Fertigungsablaufes sind problematisch • Umstellungen des Fertigungsinhaltes sind nahezu unmöglich • Monotonie durch regelmäßig wiederkehrende Arbeitsvorgänge, Ermüdung und Unterforderung

Durchführung:



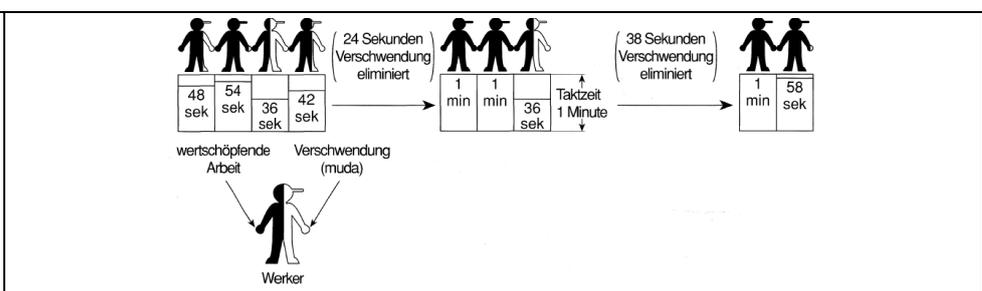
Quelle: www.tqm.com

Taktzeit ist der vom nachgelagerten Prozess (Kunden) vorgegebene Zeitrahmen, der für die Produktion eines Teils zur Verfügung steht. Vorbedingung für eine Taktfertigung ist die Implementierung eines One-Piece-Flow.

Gesichtspunkte, die berücksichtigt werden sollten sind:

- 1. Produktion in Taktzeit**
Man erhält die Taktzeit, indem man die reguläre Arbeitszeit eines Tages durch die pro Tag benötigte Stückzahl dividiert. Das bedeutet, dass die Produktion an den verschiedenen Bearbeitungsstationen synchronisiert wird: die notwendigen Teile nur in der benötigten Stückzahl zum geforderten Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Die Taktzeit muss am Kopf einer Linie angezeigt werden.
- 2. Schrittmacher einsetzen**
Schrittmacher sind Werkzeuge, mit denen die Taktzeit (bzw. die Unter- oder Überschreitung) sichtbar gemacht werden kann, z. B.: Leuchtanzeigen an Bearbeitungsstation, Markierung am Förderer, Anzeigetafeln für Produktionsziffern (geplanter vs. tatsächlicher Wert).
- 3. Eliminieren von Verschwendung**
Grundsatz: der jetzige Zustand ist der schlechteste. Daraus folgt: Erkennen von Verschwendung (z. B. Stillstand von Mitarbeitern, Maschinen, etc.), Sichtbarmachen von Verschwendung (unterscheiden zwischen Haupt- und Nebentätigkeiten); Verschwendungsarten gewichten und Reihenfolge der Eliminierung festlegen; Maßnahmen entwickeln und umsetzen; Standardisieren.

Beispiel:



Literatur/ Quelle:	<p>Spath, D. (Hrsg.): Ganzheitlich produzieren - Innovative Organisation und Führung. LOG_X Verlag, Stuttgart 2003.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p> <p>Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.</p>
---------------------------	--

Bild 9.97: Methodenblatt der Methodeninstanz Taktfertigung

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 65
<h1>Target-Costing</h1>		
Ziel:	Kundenorientierte Gestaltung von Produkteigenschaften und entsprechende Preiskalkulation	
Vorteile/ Chancen: <ul style="list-style-type: none"> • Weiterentwicklung, Differenzierung und Diversifizierung von komplexen Produkten • marktgerechte Bewertung komplexer Produkte mit vielen Teilfunktionen möglich • frühe Beeinflussung / Steuerung der Kosten im Produktlebenszyklus • hohe Qualität bei sinkenden Durchschnittskosten 	Nachteile/ Risiken: <ul style="list-style-type: none"> • für Neukonzeptionen/ Produktinnovationen eher ungeeignet • für Massenfertigung einfacher Produkte eher ungeeignet 	
Durchführung:  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Um die Frage zu beantworten, wie hoch die erlaubten Kosten für ein Produkt im Unternehmen sein dürfen, werden die Kosten anhand einer retrograden Kalkulation, ausgehend vom fairen Marktpreis, ermittelt. Das Target-Costing unterscheidet sich damit von dem traditionellen Kostenmanagement, bei dem Kosten und Gewinnzuschlag den Angebotspreis ergeben.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Marktpreisanalyse: Durch Marktforschungsmaßnahmen wird ein wettbewerbsfähiger Preis für das fertige Produkt ermittelt. Dieser Preis stellt den zu erreichenden Zielpreis dar. 2. Gewinnabschlag: Vom Marktpreis wird die angestrebte Gewinnmarge abgezogen. Es ergeben sich die maximal erlaubten Kosten, die im Unternehmen für das Produkt anfallen dürfen. 3. Kostengegenüberstellung: Diesen erlaubten Kosten werden den Kalkulationssätzen der Standardkosten entgegengestellt. Sind die Standardkosten größer als die erlaubten Kosten, müssen Maßnahmen getroffen werden, um die erlaubten Kosten einzuhalten. Haben scheinbar unwichtige Produktfunktionen unverhältnismäßige Kostengewichtung, ist eine detaillierte Analyse notwendig. 	
Beispiel:	<ul style="list-style-type: none"> • Kunden werden befragt, welche Eigenschaften eines Notebooks für sie entscheidend sind. Danach ergibt sich, dass 2/3 des Werts durch die Leistung (Prozessor, Arbeitsspeicher, Festplattenkapazität), 1/6 durch die Akkulaufzeit und 1/6 durch das Gewicht definiert werden. • Eine Marktstudie ergibt einen wettbewerbsfähigen Preis von 1000 Euro. Abzüglich einer Gewinnmarge von 10% ergeben sich die maximale Kosten i.H.v. 900 Euro. • Der Preis wird nun aufgeschlüsselt. Die Leistungskomponenten des Notebooks dürfen maximal $900 \text{ Euro} \cdot \frac{2}{3} = 600 \text{ Euro}$ kosten. Der Akku und das Gewicht bzw. das Gehäuse je $900 \text{ Euro} \cdot \frac{1}{6} = 150 \text{ Euro}$. • Diese Vorgaben werden an die einzelnen Fachabteilungen weitergeleitet. 	
Literatur/ Quelle:	<p>Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren - Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung. Springer Verlag, Berlin, 2005.</p> <p>Haberstock, L.; Breithecker, V.: Kostenrechnung I. Schmidt Erich Verlag, Berlin, 2004.</p>	

Bild 9.98: Methodenblatt der Methodeninstanz Target-Costing

Teamentwicklung

Ziel:	Arbeits- und Leistungsfähigkeit eines Teams verbessern
--------------	--

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Stärkung der Gruppenstruktur und verbesserte Motivation selbstregelnde Reaktion auf Störungen Erweiterung der Handlungskompetenz der Mitarbeiter verbesserte Zusammenarbeit zwischen den Teammitgliedern
--

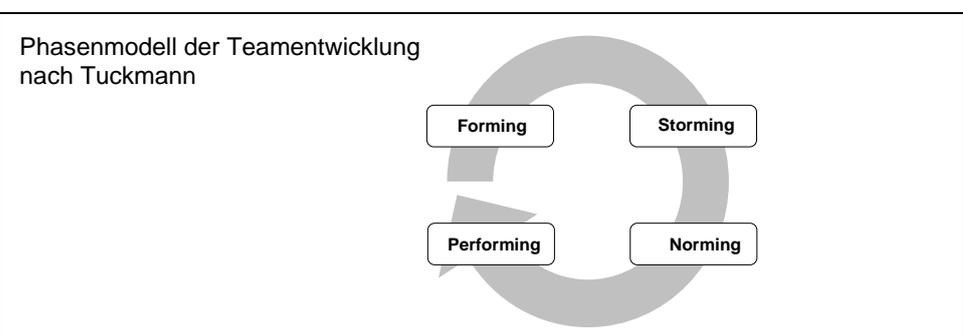
<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zeitaufwand für nicht unmittelbar wertschöpfende Aktivitäten Kompetenzen der Führungskraft (z. B. Kenntnisse in der Moderation) ggf. Kosten für externen Moderator
--

<p>Beschreibung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Teams sind u. a. Arbeitsgruppen, Abteilungen oder Projektgruppen. Die Absicht, Gruppen in ihrer Zusammenarbeit zu unterstützen, wird hier als Teamentwicklung bezeichnet, unabhängig davon, in welcher Form eine Gruppe organisiert ist. Teamentwicklung beinhaltet dabei vor allem eine Verbesserung und enge Abstimmung der Zielsetzungen, der Prozesse und Organisation sowie der Zusammenarbeit des Teams. Bei jeder Teamentwicklung ist ein grundsätzliches Vorgehen in drei Schritten zu empfehlen:</p>
--	--

Teams sind u. a. Arbeitsgruppen, Abteilungen oder Projektgruppen. Die Absicht, Gruppen in ihrer Zusammenarbeit zu unterstützen, wird hier als Teamentwicklung bezeichnet, unabhängig davon, in welcher Form eine Gruppe organisiert ist. Teamentwicklung beinhaltet dabei vor allem eine Verbesserung und enge Abstimmung der Zielsetzungen, der Prozesse und Organisation sowie der Zusammenarbeit des Teams. Bei jeder Teamentwicklung ist ein grundsätzliches Vorgehen in drei Schritten zu empfehlen:

- 1. Auftragsklärung**
Ausgangssituation des Teams erfassen, Mögliche Ziele für eine Teamentwicklung definieren, weiteres Vorgehen inhaltlich und methodisch planen, Verantwortlichkeiten des Moderators klären, Zeitpunkt und der Ort der Veranstaltung sowie die Höhe der entstehenden Kosten klären.
- 2. Durchführung eines Teamworkshops**
In Abhängigkeit der Anlässe und Ziele einer Teamentwicklungsmaßnahme kann der Workshop unterschiedlich ausgestaltet sein. Mögliche Inhalte können z. B. sein: gegenseitiges Kennenlernen/ Intensivierung des gegenseitigen Kennenlernens, Klärung von Rollen und Erwartungen im Team, Entwicklung und Abstimmung einer gemeinsamen Vision und gemeinsamer Ziele, Optimierung der Arbeitsorganisation, Förderung der Zusammenarbeit und Stärkung des Miteinanders, Klärung der (internen) Schnittstellen.
- 3. Nachbereitung und Umsetzung eines Folgeprozesses**
Nach Abschluss des Workshops sind v. a. zwei Dinge zu tun: Erstellung eines Protokolls als Ergebnisdokumentation und bei Bedarf die Vorbereitung und Durchführung eines Follow-Up-Workshops.

<p>Beispiele:</p>	<p>Phasenmodell der Teamentwicklung nach Tuckman</p>
--------------------------	--



<p>Literatur/ Quelle:</p>	<p>Stolzenberg, K.; Heberle, K.: Change Management. Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten – Mitarbeiter mobilisieren. Springer Medizin Verlag, Heidelberg 2006.</p> <p>Tuckman, B. W.: Developmental Sequence in Small Groups. Psychological Bulletin, vol. 63 (1965), no.6, 384-399.</p>
----------------------------------	--

Stolzenberg, K.; Heberle, K.: Change Management. Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten – Mitarbeiter mobilisieren. Springer Medizin Verlag, Heidelberg 2006.

Tuckman, B. W.: Developmental Sequence in Small Groups. Psychological Bulletin, vol. 63 (1965), no.6, 384-399.

Bild 9.99: Methodenblatt der Methodeninstanz Teamentwicklung

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 67
<h1>Total Productive Maintenance</h1>		
Ziel:	ständige Verbesserung der gesamten Produktionsanlageneffizienz unter aktiver Beteiligung aller Mitarbeiter	
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:	
<ul style="list-style-type: none"> Reduzierung von Maschinenstillständen, Ausschuss/ Nacharbeit rechtzeitiges Erkennen von Schwachstellen aktive Einbindung aller Mitarbeiter planmäßig vorbeugende Instandhaltung Erweiterung der Mitarbeiteraufgaben 	<ul style="list-style-type: none"> Verlagerung bestimmter Instandhaltungsaufgaben auf Mitarbeiter Nachhaltigkeit nur bei ständiger Einflussnahme Strukturierung der Anlagen Systematisierung der Betreuungsaufgaben Verhinderung unsachgemäßer Handlungen 	
<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>TPM kann als umfassende produktive Instandhaltung übersetzt werden und stellt ein Konzept zur optimalen Nutzung der Produktionsanlagen auf der Basis von vorbeugender Ausfallvermeidung und ständiger Verbesserung hinsichtlich der Anlagenverfügbarkeit dar. Dem Maschinenbediener wird nicht nur die Ausführung der Instandhaltung, sondern auch die Verantwortung für den einwandfreien Zustand der gesamten Produktionsanlage übertragen. Zur Realisierung dienen fünf Elemente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Beseitigung der sechs großen Verlustquellen bei Produktionsanlagen Verbesserungsteams optimieren die Nutzung der Produktionsanlagen durch Beseitigung der Verlustquellen Anlagenausfall, Rüst- und Einrichtverluste, Leerlauf und Kurzstillstände, verringerte Taktgeschwindigkeit, Qualitätsverluste durch Ausschuss/Nacharbeit, Anlaufschwierigkeiten. 2. Autonome Instandhaltung Beinhaltet die eigenständige Durchführung von bestimmten Instandhaltungsmaßnahmen durch die Maschinenbediener. Dazu gehören Wartung (richtige Bedienung, Erhaltung der Grundbedingungen durch Reinigung und Schmierung), periodische Inspektion sowie Instandsetzung (kleinere Reparaturen, genaue Berichterstattung, Unterstützung bei größeren Reparaturarbeiten). 3. Geplantes Instandhaltungsprogramm In Verantwortung der Instandhaltungsabteilung wird ein Programm zur prozessbezogenen Instandhaltung erstellt. Dies zielt auf eine schnelle Entdeckung und Behandlung von Abweichungen durch periodische Inspektion und planmäßige Wiederherstellung der Ausgangssituation. 4. Schulung und Training Schulungs- und Trainingsmaßnahmen sind erforderlich, um die Maschinenbediener in den benötigten Fertigungs- und Instandhaltungsfertigkeiten auszubilden. 5. Instandhaltungsprävention Fertigungs- und Instandhaltungskosten sowie Verschleißverluste werden durch vorbeugende Maßnahmen reduziert, um Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, Instandhaltungs- und Bedienungsfreundlichkeit sowie Prozesssicherheit zu gewährleisten und zu steigern. 	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p>	

Bild 9.100: Methodenblatt der Methodeninstanz Total Productive Maintenance

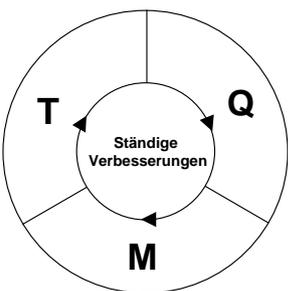
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 68
------------	-----------------------	----------------

Total Quality Management

Ziel:	Aufbaue einer das ganze Unternehmen einschließende Qualitätsphilosophie
--------------	---

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • höhere Produktivität • höhere Umsätze • Steigerung des Unternehmenswert • motivierte Mitarbeiter • zufriedene Kunden 	<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung schwierig, da die Firmenkultur unter Umständen stark verändert werden muss • ggf. massive Restrukturierungsmaßnahmen notwendig und hoher zeitlicher Aufwand • Vermittlung von Qualität als Unternehmensphilosophie schwierig
---	---

<p>Durchführung:</p>  <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>TQM ist eine auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder beruhende Führungsmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenheit der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt. Bei TQM handelt es sich nicht einfach um ein Qualitätskonzept, sondern um eine das ganze Unternehmen einschließende Qualitätsphilosophie. Das Das 14 Punkte- Programm von Deming zur Umsetzung von TQM umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau der Zielsetzung einer ständigen Verbesserung der angebotenen Produkte, • Übernahme der neuen Null-Fehler-Philosophie, • Beseitigung der Abhängigkeit von Massenprüfungen, • Verpflichtung der Lieferanten zu statistischen Qualitätsnachweisen, • Permanente Verbesserung von Produktion und Service, • Ständige Weiterbildung aller Angestellten, • Bereitstellung geeigneter Instrumente zur korrekten Aufgabenerfüllung, • Förderung der Kommunikation und Produktivität, • Förderung der Zusammenarbeit unterschiedlicher Abteilungen bei Problemlösung, • Beseitigung von Botschaften ohne genau festgelegte Verbesserungen, • Nutzung stat. Verfahren, um Qualität und Produktivität laufend zu verbessern, • Beseitigung aller Hindernisse, hochwertige Leistungen zu erbringen, • Laufendes Angebot von Fortbildungsmaßnahmen, • Deutliche Verpflichtung des Topmanagements zur Qualität.
--	--

<p>Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Partnerschaftliche Kommunikation mit dem Kunden (Kundenorientierung) • Einbeziehung aller Unternehmensangehörigen (Mitarbeiterorientierung) • Bereichs- und funktionsübergreifend • Öffentlichkeitsarbeit (Gesellschafts- und Umweltorientierung) 		<ul style="list-style-type: none"> • Qualität des Unternehmens • Qualität der Prozesse • Qualität der Arbeit • Qualität der Produkte <ul style="list-style-type: none"> • Führungsqualität (Vorbildfunktion) • Qualitätspolitik, -ziele • Team- und Lernfähigkeit • Beharrlichkeit
--	--	---

Literatur/ Quelle:	<p>Bruhn, M.: Qualitätsmanagement für Dienstleistungen. Grundlagen, Konzepte, Methoden. 7. Aufl., Springer Verlag, Berlin u. a. 2008.</p> <p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p>
---------------------------	--

Bild 9.101: Methodenblatt der Methodeninstanz Total Quality Management

Verschwendung Vermeiden

Ziel: Verschwendung jeglicher Art beseitigen und Störungen im Prozess eliminieren

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grundlage für systematische Identifikation von Abweichungen und Verschwendungen Prüfsystem, um allen Mitarbeitern zu helfen, sich der vorhandenen Potenziale zur Verbesserung bewusst zu sein 	<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> geschulter und erfahrener Blick für Verschwendung, Abweichung und Überlastung notwendig
---	---

<p>Durchführung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Hinter den 3 Mu (Muda: Verschwendung; Mura: Abweichung, Unausgeglichenheit; Muri: Überlastung, Unzweckmäßigkeit) verbirgt sich eine Vielzahl von Störungen im Produktionsprozess. Diese werden entsprechend klassifiziert und dienen als Leitfaden zum Erkennen und zur Eliminierung dieser Störungen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Muda: Verschwendung Verschwendung ist die offensichtlichste Ursache für die Entstehung von Verlusten. Im Einzelnen werden sieben Arten der Verschwendung (Sieben Muda) unterschieden, die nahezu überall im Unternehmen auftreten (siehe Bsp.). 2. Mura: Abweichung, Unausgeglichenheit Drückt diejenigen Verluste aus, die durch eine fehlende oder nicht vollständige Harmonisierung der Kapazitäten im Rahmen der Fertigungssteuerung entstehen. Ausprägungen von Mura sind Verluste durch Warteschlangenbildung oder Verluste durch nicht optimal ausgelastete Kapazitäten. 3. Muri: Überlastung, Unzweckmäßigkeit Bezieht sich auf Verluste, die durch Überbeanspruchungen im Rahmen des Arbeitsprozesses entstehen. Diese Verluste entstehen durch psychische Überbeanspruchung des betreffenden Mitarbeiters und haben eine erhöhte Fehlerhäufigkeit oder Arbeitsunzufriedenheit zur Folge.
--	--

Beispiel:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 2px;">Überflüssiger Transport</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Bewegung von Material / Produkten von einem Platz zum anderen Umpacken, Transport mit Bändern und Fördermitteln etc. sofern nicht vom Kunden bezahlt </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Überhöhte Lagerhaltung</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Material / Produkt wartet bearbeitet zu werden Lager, Puffer, Zwischenlager und auch schwarze Lager </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Unnötige Bewegungen</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Überschuss an Bewegungen / schlechte Ergonomie Arbeitsplätze weit voneinander entfernt, Suche nach Material etc. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Wartezeit</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Verzögerung im Arbeitsablauf Warten auf Material, Freigaben, Stillstände etc. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Überproduktion</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Es wird mehr produziert als nötig Durch Vermeidung von Rüstvorgängen etc. Nutzung der Produktivität als Schlüssel-Steuergröße </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Ungünstiger Herstellungsprozess</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Es wird mehr geleistet als der Kunden bereit ist zu zahlen Durch falsch verstandene und unbekannte Kundenbedürfnisse etc. </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Herstellung fehlerhafter Teile</td> <td style="padding: 2px;"> <ul style="list-style-type: none"> Defekte die behoben werden müssen bzw. Ausschuss Durch falsche Maschineneinstellung, Materialien etc. </td> </tr> </table>	Überflüssiger Transport	<ul style="list-style-type: none"> Bewegung von Material / Produkten von einem Platz zum anderen Umpacken, Transport mit Bändern und Fördermitteln etc. sofern nicht vom Kunden bezahlt 	Überhöhte Lagerhaltung	<ul style="list-style-type: none"> Material / Produkt wartet bearbeitet zu werden Lager, Puffer, Zwischenlager und auch schwarze Lager 	Unnötige Bewegungen	<ul style="list-style-type: none"> Überschuss an Bewegungen / schlechte Ergonomie Arbeitsplätze weit voneinander entfernt, Suche nach Material etc. 	Wartezeit	<ul style="list-style-type: none"> Verzögerung im Arbeitsablauf Warten auf Material, Freigaben, Stillstände etc. 	Überproduktion	<ul style="list-style-type: none"> Es wird mehr produziert als nötig Durch Vermeidung von Rüstvorgängen etc. Nutzung der Produktivität als Schlüssel-Steuergröße 	Ungünstiger Herstellungsprozess	<ul style="list-style-type: none"> Es wird mehr geleistet als der Kunden bereit ist zu zahlen Durch falsch verstandene und unbekannte Kundenbedürfnisse etc. 	Herstellung fehlerhafter Teile	<ul style="list-style-type: none"> Defekte die behoben werden müssen bzw. Ausschuss Durch falsche Maschineneinstellung, Materialien etc.
Überflüssiger Transport	<ul style="list-style-type: none"> Bewegung von Material / Produkten von einem Platz zum anderen Umpacken, Transport mit Bändern und Fördermitteln etc. sofern nicht vom Kunden bezahlt 														
Überhöhte Lagerhaltung	<ul style="list-style-type: none"> Material / Produkt wartet bearbeitet zu werden Lager, Puffer, Zwischenlager und auch schwarze Lager 														
Unnötige Bewegungen	<ul style="list-style-type: none"> Überschuss an Bewegungen / schlechte Ergonomie Arbeitsplätze weit voneinander entfernt, Suche nach Material etc. 														
Wartezeit	<ul style="list-style-type: none"> Verzögerung im Arbeitsablauf Warten auf Material, Freigaben, Stillstände etc. 														
Überproduktion	<ul style="list-style-type: none"> Es wird mehr produziert als nötig Durch Vermeidung von Rüstvorgängen etc. Nutzung der Produktivität als Schlüssel-Steuergröße 														
Ungünstiger Herstellungsprozess	<ul style="list-style-type: none"> Es wird mehr geleistet als der Kunden bereit ist zu zahlen Durch falsch verstandene und unbekannte Kundenbedürfnisse etc. 														
Herstellung fehlerhafter Teile	<ul style="list-style-type: none"> Defekte die behoben werden müssen bzw. Ausschuss Durch falsche Maschineneinstellung, Materialien etc. 														

Literatur/ Quelle:	<p>Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.</p> <p>Mollenhauer, J.-P.; et al.: Design for Six Sigma + Lean Toolset - Innovationen erfolgreich realisieren. Springer Verlag, Berlin u. a. 2007.</p> <p>Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.</p>
---------------------------	---

Bild 9.102: Methodenblatt der Methodeninstanz Verschwendung Vermeiden

Visuelles Management

Ziel: Transparenz, Motivation und Controlling durch Visualisierung

Vorteile/ Chancen:

- allgemeine, einfache Zugänglichkeit durch visualisierte Informationen
- vollständiger Überblick über die vorhandenen Informationen mit der Möglichkeit, Lern- und Erkenntnisprozesse effektiv zu gestalten
- Übersichtlichkeit der Darstellung

Nachteile/ Risiken:

- Informationsverluste durch Zusammenfassung von Daten
- Überflutung mit visuellen Informationen bei unsachgemäßem Einsatz

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Die Aufgabe des Visuellen Management ist es, Informationen, wie z. B. Abweichungen vom angestrebten Zustand, Gefahrenhinweise, Zielsetzungen, Ablaufferklärungen oder Ordnungsregeln, bis in das letzte Glied, also bis hin zu jedem einzelnen Mitarbeiter des Unternehmens, zu transportieren, bzw. zu kommunizieren. Alles soll auf einen Blick verständlich sein, für Außenstehende, genau wie für Prozessbeteiligte. Abweichungen werden sofort sichtbar, z. B. durch Überbelegung der Lagerplätze, ungewöhnliche Anordnung, Lichtsignale, Mitarbeiter an einem definierten Warnpunkt.

Somit können drei wesentliche Aspekte des Visuellen Management unterschieden werden:

1. Informationsvermittlung:

Mitarbeiter an den sie oder ihre Arbeit direkt oder indirekt betreffenden Informationen teilhaben lassen und das "Mitdenken" der Mitarbeiter fördern.

2. Kommunikation von Arbeitsstandards und Vorgehensweisen:

Explizite Wissensdokumentation der arbeitsrelevanten Informationen.

3. Visuelle Gestaltung der Arbeitsplätze und Prozesse:

Schaffung einer Übersichtlichkeit, die jede Form der Abweichung vom Soll-Zustand erkennen lässt. Dies setzt natürlich voraus, das Soll-Zustände festgelegt werden.

Beispiel:

zu 1): z. B. Kennzahlen, Gruppenergebnissen, als Richtlinie für Mitarbeiter und zur Förderung des internen Wettbewerbs (Fehlzeiten, Produktivität, Qualität, Mitarbeiterqualifikation), Ziele und Zielerreichungsgrade, Produktionsplanung, Bestände

zu 2): z. B. Maßnahmenpläne umgesetzte Ideen

zu 3): z. B. Bodenmarkierungen, Flächenbegrenzungen (einheitliche Farbgebung von Markierungen), "Schattenbildern" für Vorrichtungen und Werkzeuge

Literatur/ Quelle:

Monden, Y.: Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time. 3rd Ed., Engineering & Management Press, Nocrass 1998.

Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem - Just-in-time für das ganze Unternehmen. 4. Aufl., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.

Bild 9.103: Methodenblatt der Methodeninstanz Visuelles Management

IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 71
------------	-----------------------	----------------

Vorschlagswesen

Ziel:	Verbesserungsvorschläge bereichsübergreifend aufnehmen und umsetzen
--------------	---

<p>Vorteile/ Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Förderung eines innovationsfreundlichen Arbeitsklimas Förderung der Motivation der Mitarbeiter durch erhöhte Identifikation mit dem Unternehmen effektive, pragmatische Methode Erweiterung des betrieblichen Anreizsystems 	<p>Nachteile/ Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Missbrauch des Vorschlagswesens (durch formelle Vorschläge) Misstrauen der Mitarbeiter gegenüber den Auswirkungen von Rationalisierungen Fach- und Führungskräfte fassen Vorschläge als Kritik auf und blockieren das Vorschlagswesen Hoher organisatorischer Aufwand
---	--

<p>Durchführung:</p>  <p style="font-size: small;">Quelle: www.tqm.com</p>	<p>Unter dem Vorschlagswesen versteht man eine Organisation/ Kommission im Unternehmen, die sich mit der Erfassung, Bewertung und Honorierung von Verbesserungsvorschlägen aus der Belegschaft beschäftigt. Folgende Schritte zur Durch- bzw. Einführung werden empfohlen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Schritt: Einreichen des Verbesserungsvorschlags Einreichen eines Verbesserungsvorschlags durch einen Mitarbeiter unter Verwendung eines betrieblich standardisierten Formulars. 2. Schritt: Erste Prüfung Bestätigung des Empfangs und Priorisierung des Vorschlags. Festlegung weiterer (Fach-) Zuständigkeit. 3. Schritt: Prüfung durch einen Fachgutachter Inhaltliche Bewertung und Abschätzung des Gewinnpotentials für das Unternehmen. 4. Schritt: Bestimmung der Prämie bei einer möglichen Umsetzung Auf Basis des abgeschätzten Gewinnpotentials bestimmt die Kommission über die Prämienberechtigung und Prämienhöhe (bspw. ein prozentualer Anteil am Gewinnpotential). 5. Schritt: Realisierung/ Ablehnung Wird eine Realisierung des Vorschlags als sinnvoll erachtet, muss die Maßnahme zeitnah umgesetzt werden, um das Gewinnpotential zu ermitteln und die Mitarbeitermotivation weiter zu steigern. Vorschläge, die abgelehnt wurden, dürfen nicht zu einem späteren Zeitpunkt in ähnlicher Weise umgesetzt werden. 6. Schritt: Information des Mitarbeiters Über Annahme und Realisierung des Verbesserungsvorschlags. Die Ablehnung eines Vorschlags ist zu begründen. 7. Schritt: Honorierung des Mitarbeiters Übergabe der Prämie als formaler Akt, um hieraus Motivation für die Mitarbeiter zu generieren. Sehr hohe Prämienübergaben können öffentlich gemacht werden, um Werbeeffekte zu nutzen.
--	---

Beispiel:	n/a
------------------	-----

Literatur/ Quelle:	<p>Baszenski, N. (Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung, Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.</p> <p>Wrede, D.: Das Gold in den Köpfen der Mitarbeiter : zur Integration von Ideen- und Wissensmanagement. Dissertation, Leibniz Universität Hannover, 2007.</p>
---------------------------	---

Bild 9.104: Methodenblatt der Methodeninstanz Vorschlagswesen

Wertanalyse

Ziel: Wertsteigerung durch Nutzensteigerung und Aufwandsreduzierung

Vorteile/ Chancen:

- Anwendung auf verschiedene Objekte
- Verbesserung der Produkte
- Funktions- und Kostenorientierung
- Entwicklung einer temporär wirtschaftlichen Optimallösung

Nachteile/ Risiken:

- Konzentration auf Objekte mit großer Bedeutung
- Finden des richtigen Abstraktionsgrad
- interdisziplinäres Team aufstellen
- Kenntnisse von anderen Methoden erforderlich

Durchführung:



Quelle: www.tqm.com

Die Wertanalyse kann als eine vom Produkt unabhängige, systematische Methode zur Problemerkennung und -lösung betrachtet werden, um den vom Kunden bzw. Anwender gewünschten Nutzen mit den geringstmöglichen Kosten zu realisieren, ohne dabei Qualität, Zuverlässigkeit und Marktfähigkeit negativ zu beeinflussen. Der Ablauf der Wertanalyse kann mit sechs Schritten beschrieben werden:

1. Projektvorbereitung (Management)

Aufgabenstellung (Objekt) festlegen, Ziele quantifizieren, Projektteam aufstellen, zeitlichen und materiellen Rahmen festlegen.

2. Objektsituation analysieren (Projektteam)

Informationen über das Projekt- bzw. das Umfeld einholen, Funktionen bestimmen, strukturieren und klassifizieren, Realisierungsaufwand benchmarken, Situationsbewertung.

3. Soll-Zustand beschreiben

Informationen auswerten, Sollfunktion festlegen, Sollkosten festlegen.

4. Lösungsideen finden

Lösungsideen losgelöst von Restriktionen sammeln (→Kreativitätsmethoden).

5. Lösungen bewerten

Bewertungskriterien festlegen, Lösungsideen zu Lösungsansätzen zusammenführen, Lösungsansätze und Realisierungserfordernisse bewerten, Gesamtlösungen aufstellen und Wirtschaftlichkeit überprüfen, Optimale Gesamtlösung ermitteln.

6. Optimale Lösung umsetzen

Realisierungsmaßnahmen genau planen und durchführen, Ergebnis überprüfen, Projekt abschließen, periodische Erfolgsprüfung.

Beispiel:

Make-or-Buy Entscheidungen bei einfachen Montageteilen. Übersteigt das gebrauchte Einkaufsteil die erforderliche Funktionalität, sollte eine einfachere Eigenfertigung überdacht werden.

Bspw. können Kosten eingespart werden, wenn seltene Spezialmuttern oder einfache Montagebleche selbst hergestellt werden können.

Literatur/ Quelle:

Baszenski, N. (Hrsg): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung, Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.

Bronner, A.; Herr, S.: Vereinfachte Wertanalyse. Springer Verlag, Berlin, 2006.

DIN - Deutsches Institut für Normung e. V.: Value Management. DIN EN 12973:2002-02, Beuth Verlag Berlin.

Kamiske, G. F.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderne Begriffe des Qualitätsmanagement. 6 Aufl.; Hanser Verlag, München 2008.

Bild 9.105: Methodenblatt der Methodeninstanz Wertanalyse

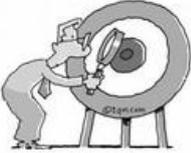
IPH	Methodenkurzübersicht	Methode Nr. 73
<h1>Zielvereinbarung</h1>		
Ziel:	Motivation durch Zielsetzung und Vergütungssysteme	
Vorteile/ Chancen:	Nachteile/ Risiken:	
<ul style="list-style-type: none"> • selbstständiges Arbeiten wird gefördert • Erhöhung der Mitarbeitermotivation • Bessere Identifikation der Mitarbeiter mit den Unternehmenszielen • Ausschöpfung von Personalpotentialen • strukturierte Planung und Planungskontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • vereinbarte Ziele müssen messbar sein • Parameter erfolgreicher Arbeit lassen sich nicht immer genau bestimmen • Zielvereinbarungen ergänzen den vorhandenen Arbeitsvertrag, sie müssen mit dem Betriebsrat abgesprochen werden 	
Durchführung:	Eine Zielvereinbarung definiert die Ergebnis- oder Prozessziele innerhalb einer Wertschöpfungskette oder im Projektmanagement. Die strategischen Unternehmensziele sollen erreicht werden, indem den Organisationseinheiten und Mitarbeitern überprüfbare Teilziele gesetzt werden.	
 <p>Quelle: www.tqm.com</p>	<p>1. Zieleigenschaften Ziele sollten losgelöst von Ertrags- oder Umsatzzahlen festgelegt werden. Um die Identifikation und Motivation der Mitarbeiter zu fördern, sollten Ziele auf konkrete Tätigkeiten heruntergebrochen werden, die dem SMART-Prinzip entsprechen:</p> <p>Spezifisch: Ziele müssen eindeutig formuliert sein</p> <p>Messbar: Ziele müssen messbar sein</p> <p>Ausführbar: Ziele müssen erreichbar sein</p> <p>Relevant: Ziele müssen für das Unternehmen Bedeutung haben</p> <p>Terminiert: Ziele müssen eine Terminvorgabe beinhalten</p> <p>2. Zielfindung Die Unternehmensziele setzen den Rahmen für alle formulierten Einzelziele. Es wird zwischen kurz-, mittel und langfristigen Zielen sowie zwischen operativen und strategischen Zielen unterschieden.</p> <p>3. Vergütung Zielvereinbarungen sollten immer mit einem Vergütungssystem gekoppelt werden, dass dem Mitarbeiter Anreize gibt, das Ziel zu erreichen. Dadurch werden Mitarbeiterziele mit den Unternehmenszielen angeglichen.</p> <p>4. Gestaltung Bei der Einführung von Zielvereinbarungen gekoppelt mit einem variablen Vergütungssystem sollte beachtet werden, dass wirklich gezielt Anreize gesetzt werden. Ein entsprechendes System muss sich für Mitarbeiter sowie das Unternehmen lohnen.</p>	
Beispiel:	n/a	
Literatur/ Quelle:	<p>Bartscher, T.; Huber, A.: Praktische Personalwirtschaft - Eine praxisorientierte Einführung. 2. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2007.</p> <p>Semrau, H.: Führung und Veränderung – Eine Einführung: Technologisches Management zur Unternehmensrestrukturierung, PZH, 2006.</p> <p>Waldforst, S.: Die Wirkung von Zielen auf die Arbeitsleistung von Akteuren - Eine experimentelle Untersuchung. Deutsche Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2007.</p>	

Bild 9.106: Methodenblatt der Methodeninstanz Zielvereinbarung

9.4 Darstellung der Relationeninstanzen

Functional Requirement	Prozessschritt																																
	Anfrage erstellen & aufgeben	Kundenauftrag bearbeiten	Kundenanforderungen im DV-System aufnehmen	Kundenanforderung bewerten	Kundenanforderung bewerten	Kundenanforderung bewerten	Kundenanforderung bewerten	einbring & vollständigkeit	Rückfragen mit Kunden klären	Angebotsentwurf erstellen & im DV-System anlegen	Angebotskalkulation & Preisfindung	Angebot zur Freigabe an GF	Angebot prüfen	Angebot freigeben?	Angebot an Kunden versenden	Nachverfolgung des Angebots	Auftrag erstellen & aufgeben	Auftrag annehmen & bearbeiten	Auftrag im DV-System anlegen	Vertragsprüfung (alle Dok. vorhanden)	Übersendung Angebot-Auftrag?	Rückfragen mit Kunden klären	Angebot ggf. anpassen	Termin- und Kapazitätsanfrage im DV-System	Rückmeldung an Vertrieb	Auftragsbestätigung erstellen	Auftragsbestätigung & Terminplan an Kunden versenden	E & K notwendig?	Auftragsunterlagen anlegen & interne Weitergabe	vorhandene Auftr.-unterlagen zusammenf. & weiterleiten			
vermeide Missverständnis von Anforderungen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
stelle Berücksicht. v. Anforderungs-änderung sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
vertelle Arbeitspakete nach MA-Kompetenzen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
stelle Verfügbarkeit notwendiger Ressourcen sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
stelle Zuordnung zwischen Anford. und Konstr. sicher				1	1	1	1	1	1																								
stelle funktionierende Konstruktion sicher																																	
stelle Anforderungs-erfüllung sicher				1	1	1	1	1	1																								
gestalte Betriebsmittel für hohe Prozessgüte																																	
konstruiere WZ für WZ-Fert. mit hoher Prozessgüte																																	
fertigungs- und montagegerechte Konstruktion																																	
Validiere Herstellbarkeit des Produkts				1	1	1	1	1																									
Übertrage Verantwortung an gut ausgebildete MA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Verbessere Wissen und Fähigkeiten der MA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle Info-Dokumentation/-archivierung sicher		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle einfachen Informationszugang sicher				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle Informationsaustausch sicher				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Abstimmung durch Strategie, Ziele, Kennzahlen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Abstimmung durch MA-Einstellung und MA-Verhalten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
stelle standardisiertes Prozessinput sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
stelle standardisiertes Prozessoutput sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
stelle standardisiertes Prozessausführung sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Abstimmung durch Hierarchien	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Abstimmung durch gemeinsame Entscheidungen																																	
Stelle Integration der Entwicklungsaktivitäten sicher				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Erhöhe Frequenz des Informationsaustauschs		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Verringere auszuschickenden Infomumfang		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle hierarchieübergreifenden Austausch sicher				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle frühzeitige Informationsfreigabe sicher				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Organisiere Aufgaben entlang des kritischen Pfads	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
system. Auslösen und Nachverfolg. Aufg.-ausführung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle existierenden Kundenstamm sicher	1	1																															
Minimiere Zykluszeiten																																	
Maximiere Standzeiten																																	
Minimiere Teileausschuss																																	
Minimiere Materialverbrauch																																	
Minimiere Aufwand für Werkzeugwechsel																																	
Reduziere Bearbeitungs-aufwand																																	
Spez. kosteng. Bearbeitungs-prozesse																																	
Spez. kosteng. Material/ Komponenten																																	
Minimiere Personalaufwand für WZ-Betrieb																																	
Minimiere Energieaufwand für WZ-Betrieb																																	
Minimiere Instandhaltungs-aufwand																																	
Vermeide unnötige Bestände (zu frühe Konstr.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Stelle aktuelle Konstruktions-unterlagen sicher		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Ermögliche breites Einsatzgebiet der MA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
systematische Einsatzplanung vorh. Ressourcen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Vermeide redundante Entw.- / Konstr.-Arbeit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Vermeide Overengineering				1	1	1	1	1	1																								
Vermeide unnötig lange Wege zwischen MA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Minimiere überwachende Tätigkeiten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Maximiere preventives Mng. in frühen Phasen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Minimiere sonstige Kosten im EP																																	
Maximiere Verwendbarkeit der Entw.-Ressourcen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Maximiere Nutzen des Investments	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			
Reduziere Kosten des initialen Investments	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			

Bild 9.107: Instanzen der Relationen zwischen Ziel- (Entwicklungsperspektive) und Prozessschrittinstanzen (Angebotserstellung)

Functional Requirement	Prozessschritt																							
	Ware annehmen	Identifizierung Menge, Unversehrtheit	Ware I.O.?	Annahme unter vorbehalt	EK über beschädigte Ware informieren	Rücksprache mit Kunden / Lieferanten	Ware auspacken?	Info an WE Ware zurücksenden	Ware zurücksenden	Info an WE Ware auspacken	Ware auspacken	Lieferschein- & Bestelprüfung	Prüfung I.O.?	Qualitätssicherung anstoßen	OS notwendig?	Weiterleitung zur OS-WE-Prüfung an die OS	WE-Prüfung nach Arbeitsplan	Prüfung I.O.?	Freigabe + WE-Meldung an WE	Weiter in Fert.?	Warenübergabe an Fertigung	Ware einlagern	Unterlagen-Übergabe an Einkauf	
Vermeide Qualitätsabw. durch Lieferanten		1	1																					1
Vermeide Quali-tätsabw. durch Ausl.-Kapazitäten	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Vermeide Quali-tätsabw. durch fehl./ fehlfh. Info		1	1		1	1	1	1		1		1	1				1	1	1					1
Vermeide Quali-tätsabw. durch Handhabung	1	1	1	1					1		1					1	1	1				1	1	
Reduziere Versorgungsrisiko	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stelle Lieferanten-zuverlässigkeit sicher																								
Stelle Lieferanten-kapazitäten sicher																								
Reduziere Stör-ungshäufigkeit inf. Kapazitäten in A.	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Stelle zuverl. Be-stimmung Primär-bedarf sicher																								
Stelle zuverl. Be-stimmung Sekun-därbedarf sicher																								
Reduziere Stör-ungshäufigkeit inf. Info in A.		1	1		1	1	1	1		1		1	1				1	1	1					1
Stelle Liefer-zuverlässigkeit sicher		1	1		1	1	1	1		1		1	1											
Verfügbarkeit d. besch. Produkte für Prod. gesichert																			1		1	1	1	1
Reduziere Stör-ungshäufigkeit inf. Material in A.																								
Erkenne Störungen schnellstmöglich	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kommuniziere Störungen an richtige MA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sofortige Problemlösung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reduziere Warte-zeiten infolge Kapazitäten																								
Reduziere Warte-zeiten infolge Information		1	1		1	1	1	1		1		1	1				1	1	1					1
Reduziere Warte-zeiten infolge Material	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Reduziere AG-Zeiten infolge Kapazitäten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reduziere AG-Zeiten infolge Information	1	1	1		1	1	1	1		1		1	1				1	1	1					1
Reduziere AG-Zeiten infolge Material	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Minimiere Kosten des beschafften Materials																								
Minimiere Kosten der Warenan-nahme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minimiere Kosten des Lager-managements																				1		1	1	1
Minimiere Kosten inf. Materialfluss-beziehungen	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Minimiere Kosten inf. Material-versorgung	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Minimiere Kosten inf. Transport	1	1	1	1					1		1					1	1	1			1	1		
Minimiere Kosten für Offertanfragen und Verhandlung																								
Minimiere Kosten für Abw. von Be-schaffungsauftr.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Min. operationelle Auslieferungsko-sten inf. Info-fluss		1	1		1	1	1	1		1		1	1				1	1	1					1
Min. operationelle Beschaffungskosten inf. Mng.Proz.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Min. operationelle Auslieferungsko-sten inf. Mng.Proz.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Min. operat. B/A-kosten inf. Bevorratung																				1		1	1	1
Stelle niedrige zyklische Bestände sicher																								
Stelle niedrige zyklische Bestände sicher																								
Stelle niedrige Sicherheits-bestände sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stelle geringes Anlagevermögen in Beschaff. sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Bild 9.110: Instanzen der Relationen zwischen Ziel- (Logistikperspektive) und Prozessschrittinstanzen (Wareneingang)

Functional Requirement	Prozessschritt																					
	fehlerhaftes Produkt / Ware kennzeichnen	fehlerhaftes Produkt / Ware sperren	PL / AV informieren	Kontrollschein an EK weiterleiten	Weiterbehandlungsmaßnahmen festlegen	Mängel überprüfbar?	Ausschuß?	Sonderfreigabe erteilen	Nacharbeit oder Reparatur anstoßen	Neuanfertigung festlegen	intern verursacht?	Sperrenmerk an EK weiterleiten / Info an QS	Behandlung als interner Nachbestellungsantrag	Übergabe an Fertigung	Qualitätssicherung anstoßen	Prüfbericht erstellen	Prüfbericht an Einkauf weiterleiten	Lieferung mit Prüfbericht beim Lief. reklamieren	Wiederholungsfehler?	Interne / externe Audit durchführen	Korrekturmaßnahmen einleiten & Berichterstattung	
Stelle notw. Wissen der MA für Aufgabe sicher																						
Stelle konsis./ kor. Aufgabenausf. der MA sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vermeide, dass MA-Fehler zu Pro-zessfehl. führen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eliminiere Maschinen-bedingte Gründe					1	1	1				1									1		
Eliminiere Methoden-bedingte Gründe					1	1	1				1									1		
Eliminiere Material-bedingte Gründe					1	1	1				1									1		
Richte das Prozessstreuungs-zentrum aus					1	1	1				1									1		
Reduziere Varianz des Prozess-Inputs					1	1	1				1									1		
Reduziere Einfluss von Input-Varianz auf Output					1	1	1				1									1		
Erkenne Störungen wenn sie auftreten					1	1	1				1									1		
Erkenne Störungen wo sie auftreten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Erkenne die Art der Störungen					1	1	1				1									1		
Erkenne richtige / notwendige Sup-portressourcen					1	1	1				1									1		
Minimiere Verz. bei Kontakt von Supportressource					1	1	1				1									1		
Min. Zeit zur Fehlererkennung durch Supportres.					1	1	1				1									1		
Eliminiere Grund-ursache	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vermeide wiederkehrende Problemursachen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minimiere Wartezeiten auf Support-Res.					1	1	1				1									1		
Stelle Verfüg-barkeit notw. Information sicher	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1				1			1	1	1	1
Stelle Verfüg. notw. Werkzeuge / Hilfsstoff sicher					1	1	1				1									1		
Min. Varianz der Zeit zur Fertigst. der Aufgabe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stelle Verfügbarkeit der MA sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vermeide Stö-rungen aufgr. nicht verfügbarer MA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stelle einfache Instandhaltung der Maschinen sicher					1	1	1				1									1		
Stelle regelmä. Instandhaltung der Maschinen sicher					1	1	1				1									1		
Stelle Materialver-fügbareit für Lagerist sicher																						
Stelle richtige Ter-minierung des Teil-nachschub sich.																						
Reduziere Verzögerungen durch fehl. Info	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1				1			1	1	1	1
Reduziere Verzögerungen durch Rüsten					1	1	1				1									1		
Definiere die Taktzeit(n)																						
Stelle sicher, dass automat. Zyklus-zeit < Taktzeit																						
Stelle sicher, dass manuelle Zyklus-zeit < Taktzeit																						
Stelle Teilenschubrate = Servicerate sicher																						
Stelle ausgeglich-ene Anfertigungs-reihenfolge sicher					1	1	1				1									1		
Stelle Verfügbarkeit notw. MA sicher	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stelle Verfüg-barkeit notw. Maschinen sicher					1	1	1				1									1		
Reduziere transportbedingte Wartezeiten					1	1	1				1	1				1				1		
Vermeide Intefe-renz zw. Support und Fertigung					1	1	1				1									1		
Vermeide Intefe-renz zw. Fertig.-Ressourcen					1	1	1				1									1		
Vermeide Intefe-renz zw. Support-Ressourcen					1	1	1				1									1		
Vermeide überflüssige Be-arbeitungsschritte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reduz. Nicht-WS Tätigkeiten der MA an Stationen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Befähige MA mehr als eine Maschine/ Station zu bedienen.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minimiere unnötig. Bewegung der MA zw. Stationen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minimiere unnötig. Bewegung der MA bei AV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Minimiere unnötig. Bewegung der MA bei Arbeitsaufgab.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vermeide das Warten von MA auf andere MA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Steigere Effektivität/ Effizienz des Mng.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vermeide Verschw. bzgl. indirekter Kosten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PS-Anpassungs-fähigkeit angep. auf Prod.-Änd.					1	1	1				1									1		
PS-Anpassungs-fähigkeit angep. auf neue Prod.					1	1	1				1									1		
PS-Anpassungs-fähigkeit angep. auf Vol.-Änd.					1	1	1				1									1		
Reduziere Kosten des initialen Investments					1	1	1				1									1		

Bild 9.112: Instanzen der Relationen zwischen Ziel- (Produktionsperspektive) und Prozessschrittinstanzen (Qualitätssicherung)

9.5 Beschreibung der Konzeptinstanzen anhand von Merkmalen

ID	Functional Requirement	Perspektive	Pauschale Gültigkeit	letztes Blatt	Prädikat		Objekt 1			Objekt 2			
					Minimiere	Maximiere	Qualität	Kosten	Zeit	Information	Material	Mitarbeiter	Energie
FR_EP-Q111	vermeide Missverständnis von Anforderungen	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-Q112	stelle Berücksicht. v. Anforderungs-änderung sicher	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-Q121	verteile Arbeitspakete nach MA-Kompetenzen	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_EP-Q122	stelle Verfügbarkeit notwendiger Ressourcen sicher	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_EP-Q123	stelle Zuordnung zwischen Anford. und Konstr. sicher	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-Q13	stelle funktionierende Konstruktion sicher	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-Q14	stelle Anforderungserfüllung sicher	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-Q211	gestalte Betriebsmittel für hohe Prozessgüte	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-Q212	konstruiere WZ für WZ-Fert. mit hoher Prozessgüte	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-Q22	fertigungs- und montagegerechte Konstruktion	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-Q23	Validiere Herstellbarkeit des Produkts	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-T11	Übertrage Verantwortung an gut ausgebildete MA	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_EP-T12	Verbessere Wissen und Fähigkeiten der MA	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_EP-T21	Stelle Info-Dokumentation/-archivierung sicher	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-T22	Stelle einfachen Informationszugang sicher	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
FR_EP-T23	Stelle Informationsaustausch sicher	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
FR_EP-T31	Abstimmung durch Strategie, Ziele, Kennzahlen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FR_EP-T32	Abstimmung durch MA-Einstellung und MA-Verhalten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FR_EP-T331	stelle standardisiertes Prozessinput sicher	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_EP-T332	stelle standardisiertes Prozessoutput sicher	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_EP-T333	stelle standardisiertes Prozessausführung sicher	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_EP-T34	Abstimmung durch Hierarchien	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_EP-T35	Abstimmung durch gemeinsame Entscheidungen	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-T4	Stelle Integration der Entwicklungsaktivitäten sicher	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
FR_EP-D11	Erhöhe Frequenz des Informationsaustauschs	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
FR_EP-D12	Verringere auszutauschenden Infoumfang	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
FR_EP-D13	Stelle hierarchieübergreifenden Austausch sicher	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
FR_EP-D14	Stelle frühzeitige Informationsfreigabe sicher	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
FR_EP-D21	Organisiere Aufgaben entlang des kritischen Pfads	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
FR_EP-D22	system. Auslösen und Nachverfolg. Aufg.-ausführung	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
FR_EP-M1	Stelle existierenden Kundenstamm sicher	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
FR_EP-M211	Minimiere Zykluszeiten	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_EP-M212	Maximiere Standzeiten	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
FR_EP-M213	Minimiere Teileausschuss	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_EP-M214	Minimiere Materialverbrauch	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_EP-M215	Minimiere Aufwand für Werkzeugwechsel	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_EP-M221	Reduziere Bearbeitungsaufwand	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_EP-M222	Spez. kosteng. Bearbeitungsprozesse	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
FR_EP-M223	Spez. kosteng. Material/ Komponenten	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_EP-M231	Minimiere Personalaufwand für WZ-Betrieb	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
FR_EP-M232	Minimiere Energieaufwand für WZ-Betrieb	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
FR_EP-M233	Minimiere Instandhaltungsaufwand	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
FR_EP-K11	Vermeide unnötige Bestände (zu frühe Konstr.)	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
FR_EP-K121	Stelle aktuelle Konstruktionsunterlagen sicher	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-K122	Ermögliche breites Einsatzgebiet der MA	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_EP-K123	systematische Einsatzplanung vorh. Ressourcen	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_EP-K131	Vermeide redundante Entw.- / Konstr.-Arbeit	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_EP-K132	Vermeide Overengineering	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_EP-K14	Vermeide unnötig lange Wege zwischen MA	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
FR_EP-K21	Minimiere überwachende Tätigkeiten	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
FR_EP-K22	Maximiere preventives Mng. in frühen Phasen	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
FR_EP-K3	Minimiere sonstige Kosten im EP	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_EP-I11	Maximiere Verwendbarkeit der Entw.-Ressourcen	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_EP-I12	Maximiere Nutzen des Investments	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_EP-I2	Reduziere Kosten des initialen Investments	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1

Bild 9.116: Beschreibung von Zielinstanzen (Entwicklungsperspektive) anhand von Merkmalen

ID	Functional Requirement	Perspektive	Pauschale Gültigkeit	letztes Blatt	Prädikat		Objekt 1			Objekt 2			
					Minimiere	Maximiere	Qualität	Kosten	Zeit	Information	Material	Mitarbeiter	Energie
FR_LP-Q1	Vermeide Qualitätsabw. durch Lieferanten	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-Q2	Vermeide Qualitätsabw. durch Ausl.-Kapazitäten	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-Q3	Vermeide Qualitätsabw. durch fehl./ fehlhft. Info	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-Q4	Vermeide Qualitätsabw. durch Handhabung	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-T111	Reduziere Versorgungsrisiko	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FR_LP-T112	Stelle Lieferanten-zuverlässigkeit sicher	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
FR_LP-T113	Stelle Lieferanten-kapazitäten sicher	2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
FR_LP-T12	Reduziere Stör-ungshäufigkeit inf. Kapazitäten in A.	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-T131	Stelle zuverl. Be-stimmung Primär-bedarf sicher	2	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_LP-T132	Stelle zuverl. Be-stimmung Sekun-därbedarf sicher	2	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_LP-T14	Reduziere Stör-ungshäufigkeit inf. Info in A.	2	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_LP-T151	Stelle Liefer-zuverlässigkeit sicher	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-T152	Verfügbarkeit d. besch. Produkte für Prod. gesichert	2	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_LP-T16	Reduziere Stör-ungshäufigkeit inf. Material in A.	2	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_LP-T21	Erkenne Störungen schnellstmöglich	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
FR_LP-T22	Kommuniziere Störungen an richtige MA	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
FR_LP-T23	Sofortige Problemlösung	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
FR_LP-D11	Reduziere Warte-zeiten infolge Kapazitäten	2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
FR_LP-D12	Reduziere Warte-zeiten infolge Information	2	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
FR_LP-D13	Reduziere Warte-zeiten infolge Material	2	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_LP-D21	Reduziere AG-Zeiten infolge Kapazitäten	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
FR_LP-D22	Reduziere AG-Zeiten infolge Information	2	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
FR_LP-D23	Reduziere AG-Zeiten infolge Material	2	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_LP-K11	Minimiere Kosten des beschafften Materials	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_LP-K12	Minimiere Kosten der Warenan-nahme	2	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_LP-K13	Minimiere Kosten des Lager-managements	2	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_LP-K21	Minimiere Kosten inf. Materialfluss-beziehungen	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_LP-K22	Minimiere Kosten inf. Material-versorgung	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
FR_LP-K23	Minimiere Kosten inf. Transport	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
FR_LP-K31	Minimiere Kosten für Offertanfragen und Verhandlung	2	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
FR_LP-K32	Minimiere Kosten für Abw. von Be-schaffungsauftr.	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
FR_LP-K4	Min. operationelle Auslieferungsko-sten inf. Info-fluss	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
FR_LP-K5	Min. operationelle Beschaffungsko-sten inf. Mng.Proz.	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_LP-K6	Min. operationelle Auslieferungsko-sten inf. Mng.Proz.	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_LP-K7	Min. operat. B/A-kosten inf. Bevorratung	2	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_LP-I11	Stelle niedrige zyklische Bestände sicher	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_LP-I12	Stelle niedrige zyklische Bestände sicher	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_LP-I13	Stelle niedrige Sicherheits-bestände sicher	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
FR_LP-I2	Stelle geringes Anlagevermögen in Beschaff. sicher	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1

Bild 9.117: Beschreibung von Zielinstanzen (Logistikperspektive) anhand von Merkmalen

ID	Functional Requirement	Perspektive	Pauschale Gültigkeit	letztes Blatt	Prädikat			Objekt 1			Objekt 2		
					Minimiere	Maximiere	Qualität	Kosten	Zeit	Information	Material	Mitarbeiter	Energie
FR_PP-Q111	Stelle notw. Wissen der MA für Aufgabe sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_PP-Q112	Stelle konsis./ kor. Aufgabenausf. der MA sicher	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_PP-Q113	Vermeide, dass MA-Fehler zu Pro-zessfehl. führen	3	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
FR_PP-Q12	Eliminiere Maschinen-bedingte Gründe	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-Q13	Eliminiere Methoden-bedingte Gründe	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_PP-Q14	Eliminiere Material-bedingte Gründe	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-Q2	Richte das Prozessstreuungs-zentrum aus	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_PP-Q31	Reduziere Varianz des Prozess-Inputs	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_PP-Q32	Reduziere Einfluss von Input-Varianz auf Output	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_PP-T111	Erkenne Störungen wenn sie auftreten	3	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
FR_PP-T112	Erkenne Störungen wo sie auftreten	3	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
FR_PP-T113	Erkenne die Art der Störungen	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_PP-T121	Erkenne richtige / notwendige Sup-portressourcen	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
FR_PP-T122	Minimiere Verz. bei Kontakt von Supportressource	3	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
FR_PP-T123	Min. Zeit zur Fehlererkennung durch Supportres.	3	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
FR_PP-T131	Eliminiere Grund-ursache	3	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_PP-T132	Vermeide wiederkehrende Problemursachen	3	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
FR_PP-T133	Minimiere Wartezeiten auf Support-Res.	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
FR_PP-T21	Stelle Verfüg-bar-keit notw. Information sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_PP-T22	Stelle Verfüg. notw. Werkzeuge / Hilfsstoff sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
FR_PP-T231	Min. Varianz der Zeit zur Fertigst. der Aufgabe	3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
FR_PP-T232	Stelle Verfügbarkeit der MA sicher	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_PP-T233	Vermeide Stö-rungen aufgr. nicht verfügbarer MA	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_PP-T241	Stelle einfache Instandhaltung der Maschinen sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-T242	Stelle regelmäÙ. Instandhaltung der Maschinen sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
FR_PP-T251	Stelle Materialver-fügbarkeit für Lagerist sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-T252	Stelle richtige Ter-minierung des Teil-enachschub sich.	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_PP-D1	Reduziere Verzögerungen durch fehl. Info	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_PP-D2	Reduziere Verzögerungen durch Rüsten	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
FR_PP-D31	Definiere die Taktzeit(n)	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
FR_PP-D321	Stelle sicher, dass automat. Zyklus-zeit < Taktzeit	3	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_PP-D322	Stelle sicher, dass manuelle Zyklus-zeit < Taktzeit	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
FR_PP-D33	Stelle Teilena-chschubrate = Servicerate sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_PP-D41	Stelle ausgeglich-ene Anfertigungs-reihenfolge sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
FR_PP-D42	Stelle Verfügbarkeit notw. MA sicher	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_PP-D43	Stelle Verfüg-barkeit notw. Maschinen sicher	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-D5	Reduziere transportbedingte Wartezeiten	3	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
FR_PP-D61	Vermeide Intefe-renz zw. Support und Fertigung	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
FR_PP-D62	Vermeide Intefe-renz zw. Fertig.-Ressourcen	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
FR_PP-D63	Vermeide Intefe-renz zw. Support-Ressourcen	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
FR_PP-K1	Vermeide überflüssige Be-arbeitungsschritte	3	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_PP-K211	Reduz. Nicht-WS Tätigkeiten der MA an Stationen	3	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_PP-K212	Befähige MA mehr als eine Maschine/ Station zu bedienen.	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
FR_PP-K221	Minimiere unnötig. Bewegung der MA zw. Stationen	3	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
FR_PP-K222	Minimiere unnötig. Bewegung der MA bei AV	3	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
FR_PP-K223	Minimiere unnötig. Bewegung der MA bei Arbeitsaufgab.	3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
FR_PP-K23	Vermeide das Warten von MA auf andere MA	3	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
FR_PP-K24	Steigere Effektivität/ Effizienz des Mng.	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FR_PP-K3	Vermeide Verschw. bzgl. indirekter Kosten	3	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
FR_PP-I11	PS-Anpassungs-fähigkeit angep. auf Prod.-Änd.	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-I12	PS-Anpassungs-fähigkeit angep. auf neue Prod.	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-I13	PS-Anpassungs-fähigkeit angep. auf Vol.-Änd.	3	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
FR_PP-I2	Reduziere Kosten des initialen Investments	3	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0

Bild 9.118: Beschreibung von Zielinstanzen (Produktionsperspektive) anhand von Merkmalen

ID	Prozessschritt	Prozessmodell	Objektyp	Relevanz	Subjekt	Prädikat			Objekt		Kompetenz
						Planen	Umsetzen	Prüfen	Material	Information	
PI-A-1	Anfrage erstellen & aufgeben	1	1	1	7	0	1	0	0	1	1
PI-A-2	Kundenanfrage bearbeiten	1	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-A-3	Kundenanforderungen im DV-System aufnehmen	1	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-A-4	Kundenanforderung bewerten	1	1	1	15	0	0	1	0	1	1
PI-A-5	Kundenanforderung bewerten	1	1	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-A-6	Kundenanforderung bewerten	1	1	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-A-7	Kundenanforderung bewerten	1	1	1	6	0	0	1	0	1	1
PI-A-8	eindeutig & vollständig?	1	2	1	15	0	0	1	0	1	1
PI-A-9	Rückfragen mit Kunden klären	1	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-A-15	Angebotsentwurf erstellen & im DV-System anlegen	1	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-A-16	Angebotskalkulation & Preisfindung	1	1	1	15	1	1	0	0	1	1
PI-A-17	Angebot zur Freigabe an GF	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-18	Angebot prüfen	1	1	1	6	0	0	1	0	1	1
PI-A-19	Angebot freigeben?	1	2	1	6	0	0	1	0	1	1
PI-A-20	Angebot an Vertrieb zurückgeben	1	1	1	6	0	1	0	0	1	0
PI-A-21	Angebot an Kunden versenden	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-23	Nachverfolgung des Angebots	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-24	Auftrag erstellen & aufgeben	1	1	1	7	0	1	0	0	1	0
PI-A-25	Auftrag annehmen & bearbeiten	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-26	Auftrag im DV-System anlegen	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-27	Vertragsprüfung (alle Dok. vorhanden)	1	1	1	15	0	0	1	0	1	0
PI-A-28	Übereinstimmung Angebot-Auftrag?	1	2	1	15	0	0	1	0	1	1
PI-A-29	Rückfragen mit Kunden klären	1	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-A-32	Angebot ggf. anpassen	1	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-A-34	Termin- und Kapazitätsabstimmung im DV-System	1	1	1	12	1	1	0	0	1	1
PI-A-35	Rückmeldung an Vertrieb	1	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-A-36	Auftragsbestätigung erstellen	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-37	Auftragsbestätigung & Terminplan an Kunden versenden	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-39	E & K notwendig?	1	2	1	15	0	0	1	0	1	1
PI-A-40	Auftragsunterlagen anlegen & interne Weitergabe	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-A-42	vorhandene Auftr.-unterl. zusammenst. & weiterleiten	1	1	1	15	0	1	0	0	1	0

Bild 9.119: Beschreibung von Prozessschrittinstanzen anhand von Merkmalen (Prozessmodell Angebotserstellung; Relevanz = 1)

ID	Prozessschritt	Prozessmodell	Objekttyp	Relevanz	Subjekt	Prädikat			Objekt		Kompetenz
						Planen	Umsetzen	Prüfen	Material	Information	
PI-B-4	Beschaffungsanforderungen festlegen	2	1	1	12	0	1	0	0	1	1
PI-B-5	Beschaffungsplanung, -terminierung	2	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-B-6	Beschaffungsbedarf an Einkauf weiterleiten	2	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-B-7	Bedarfsmeldung bearbeiten	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-8	Materialbeschaffung?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-9	Materialstatus im DV-System buchen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-10	Beschaffungsunterlagen im DV-System anlegen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-11	Angebot erforderlich?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-12	Angebote einholen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-13	Bearbeitung / Angebot abgeben	2	1	1	10	0	1	0	0	1	0
PI-B-14	Angebot abrufen & kaufmännische Prüfung	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-15	Angebot abrufen & technische Prüfung	2	1	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-B-16	Angebotsvergleich / -auswahl	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-17	Angebot i.O.?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-18	Neue Angebote einholen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-19	Lieferant auswählen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	1
PI-B-20	Lieferant freigegeben?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-21	Selbstauskunft durch den Lieferanten anfragen	2	1	1	1	0	0	1	0	1	0
PI-B-22	Selbstauskunft durchführen	2	1	1	10	0	1	0	0	1	1
PI-B-23	Lieferant beurteilen / Lieferantenaudit	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-24	Beurteilung positiv?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-25	Lieferant in Liste zugel. Lief. aufnehmen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-26	Bestellformulare im DV-System ausfüllen & an Lief. versenden	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-27	Bestellauftrag annehmen & bearbeiten	2	1	1	10	0	1	0	0	1	0
PI-B-28	Rückfragen?	2	2	1	10	0	0	1	0	1	0
PI-B-29	Unklarheiten klären	2	1	1	10	0	1	0	0	1	0
PI-B-30	Auftragsbestätigung erstellen & versenden	2	1	1	10	0	1	0	0	1	0
PI-B-31	Auftragsbestätigung prüfen	2	1	1	1	0	0	1	0	1	0
PI-B-32	Rückfragen?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	0
PI-B-33	Unklarheiten klären	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-35	reklamierte Ware annehmen	2	1	1	10	0	1	0	1	0	0
PI-B-36	Liefertermine überwachen	2	1	1	1	0	0	1	0	1	0
PI-B-37	Verzug?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	0
PI-B-38	Lieferterminerinnerung erstellen & versenden	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-40	Ware versandfertig machen & liefern	2	1	1	10	0	1	0	1	0	0
PI-B-42	Rechnung erstellen & versenden	2	1	1	10	0	1	0	0	1	1
PI-B-44	Wareneingang im DV-System buchen	2	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-B-45	Erfüllung der Lieferung prüfen	2	1	1	1	0	0	1	1	1	1
PI-B-46	Abweichungen (Menge)?	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1
PI-B-47	Rechnung ändern	2	1	1	1	0	1	0	0	1	1
PI-B-48	Reklamation?	2	2	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-49	Kontakt mit Lief. herstellen zwecks Ersatz	2	1	1	1	0	1	0	0	1	1
PI-B-50	Prüfung und Freigabe der Rechnung	2	1	1	1	0	0	1	0	1	1
PI-B-51	Rechnung freigeben und an FiBuha senden	2	1	1	1	0	1	0	0	1	1
PI-B-52	Annahme / Weiterbearbeitung in FiBuha	2	1	1	5	0	1	0	0	1	0

Bild 9.120: Beschreibung von Prozessschrittinstanzen anhand von Merkmalen (Prozessmodell Beschaffung, Relevanz = 1)

ID	Prozessschritt	Prozessmodell	Objektyp	Relevanz	Subjekt	Prädikat			Objekt		Kompetenz
						Planen	Umsetzen	Prüfen	Material	Information	
PI-E-2	Machbarkeitsprüfung	3	1	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-E-3	Machbarkeitsprüfung	3	1	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-E-4	Machbarkeitsprüfung	3	1	1	15	0	0	1	0	1	1
PI-E-5	Prüfung i.O.?	3	2	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-E-6	Vertrieb informieren	3	1	1	2	0	1	0	0	1	0
PI-E-8	Weiterführung?	3	2	1	15	0	0	1	0	1	1
PI-E-9	Kunden absagen	3	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-E-11	Rücksprache mit Kunden	3	1	1	15	0	1	0	0	1	1
PI-E-13	Kenntnisnahme / Rückmeldung an E & K	3	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-E-17	Übernahme Auftragsunterlagen	3	1	1	2	0	1	0	0	1	0
PI-E-18	Termin- & Kapazitätsplanung (E&K)	3	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-E-19	Termin- & Kapazitätsplanung (E&K)	3	1	1	2	1	0	0	0	1	1
PI-E-20	Konstruktionsentwurf erstellen	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1
PI-E-21	interne Entwurfsprüfung	3	1	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-E-22	interne Entwurfsprüfung	3	1	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-E-23	interne Entwurfsprüfung	3	1	1	9	0	0	1	0	1	1
PI-E-24	interne Entwurfsprüfung	3	1	1	13	0	0	1	0	1	1
PI-E-25	Prüfung i.O.?	3	2	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-E-26	Konstruktionsentwurf optimieren	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1
PI-E-27	Entwurf an Vertrieb weiterleiten	3	1	1	2	0	1	0	0	1	0
PI-E-28	Entwurf an Kunden	3	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-E-33	Kenntnisnahme & Weitergabe an E&K	3	1	1	15	0	1	0	0	1	0
PI-E-34	Vorabstücklisten erstellen	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1
PI-E-37	Konstruktionszeichnungen erstellen	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1
PI-E-38	Stücklisten erstellen	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1
PI-E-39	Konstruktionsprüfung	3	1	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-E-40	Konstruktionsprüfung	3	1	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-E-41	Konstruktionsprüfung	3	1	1	9	0	0	1	0	1	1
PI-E-42	Konstruktionsprüfung	3	1	1	13	0	0	1	0	1	1
PI-E-43	Konstruktion i.O.?	3	2	1	2	0	0	1	0	1	1
PI-E-44	Konstruktion optimieren	3	1	1	2	0	1	0	0	1	1
PI-E-45	Fertigungsübergabe vorbereiten	3	1	1	2	0	1	0	0	1	0
PI-E-46	Konstruktionsunterlagen an Fertigung übergeben	3	1	1	2	0	1	0	0	1	0

Bild 9.121: Beschreibung von Prozessschrittinstanzen anhand von Merkmalen (Prozessmodell Entwicklung und Konstruktion, Relevanz = 1)

ID	Prozessschritt	Prozessmodell	Objekttyp	Relevanz	Subjekt	Prädikat			Objekt		Kompetenz
						Planen	Umsetzen	Prüfen	Material	Information	
PI-P-3	Übernahme der Zeichnungen, Spezif., Stüli, Doku. etc.	4	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-P-4	Überprüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit	4	1	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-P-5	vollständig?	4	2	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-P-6	Unterlagen vervollständigen	4	1	1	12	0	1	0	0	1	1
PI-P-7	Anfrage an E&K zwecks fehlender Unterlagen	4	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-P-10	Projektdurchlaufplan erstellen	4	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-P-11	Projektdurchlauf- und Arbeitsplan erstellen	4	1	1	4	1	0	0	0	1	1
PI-P-12	Projektdurchlauf- und Arbeitsplan erstellen	4	1	1	14	1	0	0	0	1	1
PI-P-13	Planung mit Kunden abstimmen	4	1	1	12	1	0	0	0	1	0
PI-P-15	Material- & Betriebsmittelbestellungen anstoßen	4	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-P-17	Maschinenbelegung planen	4	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-P-18	Prüfkriterien festlegen & Prüfanweisungen erarbeiten	4	1	1	12	0	1	0	0	1	1
PI-P-19	Arbeitspläne erstellen	4	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-P-21	CNC-Programme erstellen	4	1	1	11	0	1	0	0	1	1
PI-P-22	CNC-Programm-prüfung	4	1	1	11	0	0	1	0	1	1
PI-P-23	Prüfung i.O.?	4	2	1	11	0	0	1	0	1	1
PI-P-24	CNC-Programme optimieren	4	1	1	11	0	1	0	0	1	1
PI-P-25	CNC-Programme an PL / AV	4	1	1	11	0	1	0	0	1	0
PI-P-26	Übergabe der Unterlagen / Programme an Fertigung	4	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-P-27	Aktualisierung der Produktionsunterlagen	4	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-P-28	Ressourcen- u. Materialbereitstellung	4	1	1	4	0	1	0	1	0	0
PI-P-29	Fertigung nach Arbeitsfolge	4	1	1	4	0	1	0	1	0	1
PI-P-30	Prüfung im Prozess	4	1	1	4	0	0	1	1	0	1
PI-P-31	Prüfung i.O.?	4	2	1	4	0	0	1	1	0	1
PI-P-34	Ausschuss- & Nacharbeitskosten erfassen	4	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-P-36	Weiterleitung zum nächsten Arbeitsgang	4	1	1	4	0	1	0	1	0	0
PI-P-37	Fertigung extern?	4	2	1	4	0	0	1	1	1	0
PI-P-40	letzter Arbeitsgang?	4	2	1	4	0	0	1	1	1	0
PI-P-41	Fertigmeldung an PL / AV	4	1	1	4	0	1	0	0	1	0
PI-P-43	Funktionsprüfung	4	1	1	4	0	0	1	1	0	1
PI-P-44	Fkt.prüfung i.O.?	4	2	1	4	0	0	1	1	0	1
PI-P-46	Bemusterung anstoßen	4	1	1	4	0	1	0	0	1	0
PI-P-47	Werkzeug an Erprobung	4	1	1	4	0	1	0	1	0	0
PI-P-48	Bemusterung	4	1	1	3	0	0	1	1	0	1
PI-P-49	Musterprotokoll erstellen & weiterleiten	4	1	1	3	0	1	0	0	1	1
PI-P-50	interne Produktfreigabe?	4	2	1	3	0	0	1	0	1	0
PI-P-52	Werkzeug optimieren	4	1	1	4	0	1	0	1	0	1
PI-P-53	Teilmuster an QS (EMPB) / Wkzg. an Fert. & Mont.	4	1	1	3	0	1	0	1	0	0
PI-P-54	EMPB erstellen und an Versand weiterleiten	4	1	1	13	0	1	0	0	1	1
PI-P-55	Teilmuster versandfertig machen & an KU versenden	4	1	1	14	0	1	0	1	0	0
PI-P-60	Info an Fert. & Mont. Wkzg. versandfertig machen	4	1	1	14	0	1	0	0	1	0
PI-P-61	Papiere erstellen & Wkzg. versandfertig machen	4	1	1	4	0	1	0	1	1	1
PI-P-63	Übergabe an Vertrieb Wkzg. versenden	4	1	1	4	0	1	0	1	0	0
PI-P-64	Versandpapiere erstellen	4	1	1	14	0	1	0	0	1	1
PI-P-65	Werkzeug an Kunden versenden	4	1	1	14	0	1	0	1	0	0
PI-P-72	Rechnungslegung	4	1	1	14	0	1	0	0	1	1
PI-P-73	Rechnung an GF weiterleiten	4	1	1	14	0	1	0	0	1	0
PI-P-74	Rechnung prüfen, ggf. ändern & freigeben	4	1	1	6	0	1	1	0	1	1
PI-P-75	Freigegebene Rechnung an Vertrieb zurückgeben	4	1	1	6	0	1	0	0	1	0
PI-P-76	Rechnung an Kunden versenden	4	1	1	14	0	1	0	0	1	0

Bild 9.122: Beschreibung von Prozessschrittinstanzen anhand von Merkmalen (Prozessmodell Produktion, Relevanz = 1)

ID	Prozessschritt	Prozessmodell	Objektyp	Relevanz	Subjekt	Prädikat			Objekt		Kompetenz
						Planen	Umsetzen	Prüfen	Material	Information	
PI-Q-3	fehlerhaftes Produkt / Ware kennzeichnen	5	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-Q-4	fehlerhaftes Produkt / Ware sperren	5	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-Q-5	PL / AV informieren	5	1	1	16	0	1	0	0	1	0
PI-Q-6	Kontrollschein an EK weiterleiten	5	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-Q-8	Weiterbehandlungsmaßnahmen festlegen	5	1	1	12	1	0	0	0	1	1
PI-Q-9	Mängel tolerierbar?	5	2	1	12	0	0	1	1	1	1
PI-Q-10	Ausschuß?	5	2	1	12	0	0	1	1	1	1
PI-Q-11	Sonderfreigabe erstellen	5	1	1	12	0	1	0	0	1	1
PI-Q-12	Nacharbeit oder Reparatur anstoßen	5	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-Q-13	Neuanfertigung festlegen	5	1	1	12	0	1	0	0	1	1
PI-Q-14	intern verursacht?	5	2	1	12	0	0	1	0	1	1
PI-Q-15	Sperrvermerk an EK weiterleiten / Info an QS	5	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-Q-16	Behandlung als interner Nacharbeitsauftrag	5	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-Q-17	Übergabe an Fertigung	5	1	1	12	0	1	0	1	0	0
PI-Q-19	Qualitätssicherung anstoßen	5	1	1	12	0	1	0	0	1	0
PI-Q-20	Prüfbericht erstellen	5	1	1	13	0	0	1	0	1	1
PI-Q-21	Prüfbericht an Einkauf weiterleiten	5	1	1	13	0	1	0	0	1	0
PI-Q-22	Lieferung mit Prüfbericht beim Lief. reklamieren	5	1	1	1	0	1	0	1	1	1
PI-Q-24	Wiederholungsfehler?	5	2	1	13	0	0	1	0	1	0
PI-Q-25	Internes / externes Audit durchführen	5	1	1	13	0	1	0	0	1	1
PI-Q-26	Korrekturmaßnahmen einleiten & Berichterstattung	5	1	1	13	1	1	0	0	1	1

Bild 9.123: Beschreibung von Prozessschrittinstanzen anhand von Merkmalen (Prozessmodell Qualitätssicherung, Relevanz = 1)

ID	Prozessschritt	Prozessmodell	Objekttyp	Relevanz	Subjekt	Prädikat			Objekt		Kompetenz
						Planen	Umsetzen	Prüfen	Material	Information	
PI-W-2	Ware annehmen	6	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-W-3	Identifizierung Menge, Unversehrtheit	6	1	1	16	0	0	1	1	1	0
PI-W-4	Ware i.O.?	6	2	1	16	0	0	1	1	1	1
PI-W-5	Annahme unter vorbehalt	6	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-W-6	EK über beschädigte Ware informieren	6	1	1	16	0	1	0	0	1	0
PI-W-7	Rücksprache mit Kunden / Lieferanten	6	1	1	1	0	1	0	0	1	1
PI-W-8	Ware auspacken?	6	2	1	1	0	0	1	1	0	0
PI-W-9	Info an WE Ware zurücksenden	6	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-W-11	Ware zurücksenden	6	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-W-13	Info an WE Ware auspacken	6	1	1	1	0	1	0	0	1	0
PI-W-14	Ware auspacken	6	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-W-15	Lieferschein- & Bestellprüfung	6	1	1	16	0	0	1	1	1	1
PI-W-16	Prüfung i.O.?	6	2	1	16	0	0	1	1	1	1
PI-W-19	Qualitätssicherung anstoßen	6	1	1	16	0	1	0	0	1	0
PI-W-20	QS notwendig?	6	2	1	16	0	0	1	0	1	1
PI-W-21	Weiterleitung zur QS-WE-Prüfung an die QS	6	1	1	16	0	1	0	1	1	0
PI-W-22	WE-Prüfung nach Arbeitsplan	6	1	1	13	0	0	1	1	1	1
PI-W-23	Prüfung i.O.?	6	2	1	13	0	0	1	1	1	1
PI-W-24	Freigabe + WE-Meldung an WE	6	1	1	13	0	1	0	0	1	0
PI-W-25	Weiter in Fert.?	6	2	1	16	0	0	1	0	1	0
PI-W-26	Warenübergabe an Fertigung	6	1	1	16	0	1	0	1	0	0
PI-W-29	Ware einlagern	6	1	1	8	0	1	0	1	0	0
PI-W-30	Unterlagen-Übergabe an Einkauf	6	1	1	16	0	1	0	0	1	0

Bild 9.124: Beschreibung von Prozessschrittinstanzen anhand von Merkmalen
(Prozessmodell Wareneingang, Relevanz = 1)

ID	Methode	Pauschale Gültigkeit	Fokus		Prädikat			Objekt 1			Objekt 2		
			Technisch	Organisatorisch	Planen	Prüfen	Umsetzen	Qualität	Kosten	Zeit	Produkt	Prozess	Mensch
MI-1	5-A-Methode	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
MI-2	5-Warums	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
MI-3	8D-Methode	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
MI-4	ABC-Analyse	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
MI-5	Anwesenheitsverbesserungsprogramm	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
MI-6	Arbeitsplan	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
MI-7	Arbeitsstrukturierung	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
MI-8	Arbeitsunterweisung	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
MI-9	Audits	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
MI-10	Autonomation	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
MI-11	Balanced Scorecard	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
MI-12	Baukastenprinzip	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
MI-13	Benchmarking	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
MI-14	Beschwerdemanagement	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
MI-15	Brainstorming	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
MI-16	Change-Management	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-17	Customer Relationship Management	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MI-18	Delphi-Methode	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
MI-19	Design for Assembly	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
MI-20	Digitale Fabrik	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
MI-21	Durchlaufzeitanalyse	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
MI-22	Feedback	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MI-23	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
MI-24	Fertigungsinsel	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
MI-25	Fließfertigung	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
MI-26	Ganzheitliche Fabrikplanung	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
MI-27	Gruppenarbeit	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MI-28	Heijunka	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
MI-29	Informationsmanagement	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-30	Kontinuierliche Verbesserung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-31	Kundenorientierung	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
MI-32	Materialflussplanung	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
MI-33	Methode 635	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
MI-34	Mitarbeiterinformation	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MI-35	MTM-System	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
MI-36	Multimomentaufnahme	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
MI-37	Nutzwertanalyse	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
MI-38	Personaleinsatzplanung	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
MI-39	Personalentwicklung	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
MI-40	Poka Yoke	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
MI-41	Portfolio-Analyse	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
MI-42	Produktdatenmanagement	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
MI-43	Produktionscontrolling	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
MI-44	Produktionsplanung und -steuerung	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
MI-45	Produktlebenszyklusmanagement	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-46	Projektmanagement	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-47	Prozessmanagement	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
MI-48	Prüfmittelüberwachung	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
MI-49	PTCA-Zyklus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-50	Pull Prinzip	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
MI-51	Quality Function Deployment	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
MI-52	Quality Gates	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
MI-53	REFA-Planungssystematik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-54	REFA-Zeitaufnahme	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
MI-55	Rüstzeitminimierung	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
MI-56	Selbstaufschreibung	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
MI-57	Simultaneous Engineering	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
MI-58	Six Sigma	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
MI-59	Standard-Arbeitsblatt	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
MI-60	Standardisierung	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
MI-61	Supply Chain Management	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-62	SWOT-Analyse	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
MI-63	Szenariotechnik	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
MI-64	Taktfertigung	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
MI-65	Target-Costing	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
MI-66	Teamentwicklung	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
MI-67	Total Productive Maintenance	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MI-68	Total Quality Management	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
MI-69	Verschwendung Vermeiden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-70	Visuelles Management	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
MI-71	Vorschlagswesen	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MI-72	Wertanalyse	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
MI-73	Zielvereinbarung	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1

Bild 9.125: Beschreibung von Methodeninstanzen anhand von Merkmalen

9.6 Evaluationsergebnisse der Algorithmen

Algorithmus	Klasse	Trainingszeit [s]	Parameter a [-]	Parameter b [-]	Parameter c [-]	Parameter d [-]	Korrektklassifikationsrate k [%]	Recall r [%]	Precision p [%]	Fallout f [%]	Effektivitätsmaß E [-] ($\alpha=0,5$)
JMySVM-Learner	SVM	10298	1016	7060	4098	28398	72,50%	19,87%	12,58%	19,91%	0,846
Perceptron	Neural Net	11	628	2240	4486	33218	83,42%	12,28%	21,90%	6,32%	0,843
LibSVM-Learner	SVM	1051	0	0	5114	35458	87,40%	0,00%	n/a	0,00%	n/a
W-MultilayerPerceptron	Neural Net	2805	4480	553	634	34905	97,07%	87,60%	89,01%	1,56%	0,117
W-Jrip	Rule Learner	1348	4511	344	603	35114	97,67%	88,21%	92,91%	0,97%	0,095
W-RandomForest	Decision Tree	123	4578	375	536	35083	97,75%	89,52%	92,43%	1,06%	0,090
W-J48graft	Decision Tree	496	4614	289	500	35169	98,06%	90,22%	94,11%	0,82%	0,079
W-LMT	Decision Tree	20513	4622	296	492	35162	98,06%	90,38%	93,98%	0,83%	0,079
W-DecisionTable	Decision Table	208	4406	330	108	35128	98,90%	97,61%	93,03%	0,93%	0,047

Bild 9.126: Ergebnisse bei der Prognose von Relationinstanzen zwischen Ziel- und Prozessschrittinstanzen (10-fache Kreuzvalidierung)

Algorithmus	Klasse	Trainingszeit [s]	Parameter a [-]	Parameter b [-]	Parameter c [-]	Parameter d [-]	Korrektklassifikationsrate k [%]	Recall r [%]	Precision p [%]	Fallout f [%]	Effektivitätsmaß E [-] ($\alpha=0,5$)
LibSVMLearner	SVM	198	0	0	2895	7836	73,02%	0,00%	n/a	0,00%	n/a
Perceptron	Neural Net	4	1961	274	934	7562	88,74%	67,74%	87,74%	3,50%	0,235
W-RandomForest	Decision Tree	25	2164	398	731	7438	89,48%	74,75%	84,47%	5,08%	0,207
W-MultilayerPerceptron	Neural Net	735	2165	365	733	7471	89,77%	74,71%	85,57%	4,66%	0,202
JMySVMLearner	SVM	512	1911	0	984	7836	90,83%	66,01%	100,00%	0,00%	0,205
W-Jrip	Rule Learner	22	1935	14	960	7822	90,92%	66,84%	99,28%	0,18%	0,201
W-J48graft	Decision Tree	85	1958	29	937	7807	91,00%	67,63%	98,54%	0,37%	0,198
W-LMT	Decision Tree	343	2022	78	873	7758	91,14%	69,84%	96,29%	1,00%	0,190
W-DecisionTable	Decision Table	20	1911	0	934	7836	91,26%	67,17%	100,00%	0,00%	0,196

Bild 9.127: Ergebnisse bei der Prognose von Relationen zwischen Ziel- und Methodeninstanzen (10-fache Kreuzvalidierung)

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Georg Ullmann
Geburtsdatum und -ort 03.06.1979 in Dresden
Familienstand ledig

Ausbildung

09/ 1992 - 06/ 1999 **Albert - Einstein - Gymnasium, Hameln**
Abschluss: Hochschulreife

10/ 2000 - 07/ 2005 **Studium Maschinenwesen, Technische Universität München**
Schwerpunkte: Systematische Produktentwicklung, Raumfahrttechnik; Abschluss: Dipl.-Ing.

04/ 2003 - 08/ 2003 **Technische Universität Lappeenranta, Finnland**
Semesterarbeit: "Cracking Pressure in Fluidized Granular Beds"

10/ 2004 - 04/ 2005 **Center for Design Research - Universität Stanford, USA**
Diplomarbeit: "Aspects of Coaching and Team Building in Distributed Collaborative Engineering Design"

Berufserfahrung

10/ 2000 - 07/ 2005 Praktische Tätigkeiten während des Studiums in verschiedenen Unternehmen, z. B.:

- Knorr Bremse AG, München
- ContiTech Luftfedersysteme GmbH, Hannover

11/ 2005 – 02/ 2007 **Fraunhofer IPK - Abteilung Virtuelle Produktentwicklung, Berlin**
Wissenschaftlicher Mitarbeiter/ Consultant, Einsatzgebiet: Airbus Deutschland GmbH

seit 03/ 2007 **IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH, Hannover**
wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Produktionsautomatisierung