

Josef Schöttner

# PLM in der Smart Factory

Strategien, Konzepte und Methoden zur Digitalisierung der Engineering-Prozesse und Produktdaten-Bereitstellung für MES



HANSER



Schöttner  
**PLM in der Smart Factory**



**bleiben Sie auf dem Laufenden!**

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

**[www.hanser-fachbuch.de/newsletter](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)**



Josef Schöttner

# **PLM in der Smart Factory**

Strategien, Konzepte und Methoden zur  
Digitalisierung der Engineering-Prozesse  
und Produktdaten-Bereitstellung für MES

HANSER

Über den Autor:

Josef Schöttner, Hohenthann (bei München)



Print-ISBN: 978-3-446-47962-3

E-Book-ISBN: 978-3-446-48038-4

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text- und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2024 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Julia Stepp

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Titelmotiv: © [gettyimages.de/Westend61](http://gettyimages.de/Westend61)

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: CPI Books GmbH, Leck

Printed in Germany

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1 Anforderungen an Industrieunternehmen</b> .....	<b>1</b>
1.1 Innovationsdynamik .....	1
1.2 Produktkomplexität .....	2
1.3 Produktqualität .....	3
1.4 Kundenlösungen .....	4
1.5 Wirtschaftlichkeit .....	5
<b>2 Produktionsformen für Kundenlösungen</b> .....	<b>7</b>
2.1 Design to Order/Engineer to Order .....	8
2.2 Make to Order .....	9
2.3 Assemble to Order .....	10
2.4 Pick to Order .....	11
2.5 Configure to Order .....	12
2.6 Make to Stock .....	13
2.7 Zielsetzung und Abgrenzung .....	14
<b>3 Baukastenkonstruktion</b> .....	<b>19</b>
3.1 Grundlagen .....	19
3.1.1 Baukasten-Konstruktionsprinzip .....	20
3.1.1.1 Teile und Baugruppen .....	21
3.1.1.2 Geometriebausteine, Teile und Baugruppen .....	24

3.1.2	Aufbau der Konstruktionsbausteine .....	28
3.1.2.1	Parametrisch-assoziatives Geometriemodell .....	28
3.1.2.2	Geometrieparameter und Teilemerkmale .....	36
3.1.2.3	Merkmalverknüpfte Geometriemodelle .....	38
3.1.3	Mastermodell und Masterzeichnung .....	44
3.1.4	Baukastenelemente und Produktstruktur .....	47
3.1.5	Nichtgeometrische Baukastenelemente .....	55
3.1.5.1	Nachweisführung .....	55
3.1.5.2	Teileprogramm .....	59
3.1.5.3	Arbeitsplan .....	63
3.2	Standardisierungsarten .....	69
3.2.1	Normierte Standardteile .....	69
3.2.1.1	ABC-Teileanalyse .....	72
3.2.1.2	Geometrieanalyse .....	74
3.2.1.3	Parameteranalyse .....	75
3.2.1.4	Definition der Sachmerkmale .....	76
3.2.1.5	Aufbau der Klassifikationsstruktur .....	77
3.2.1.6	Aufbau des Mastermodells .....	78
3.2.1.7	Aufbau der Masterzeichnung .....	79
3.2.1.8	Normierung .....	81
3.2.1.9	Anlage der Modell- und Teilevarianten .....	84
3.2.1.10	Anlage der Standardzeichnungen .....	86
3.2.1.11	Normierte Produkte .....	88
3.2.1.12	Normierte Elemente eines Produktbaukastens .....	89
3.2.2	Modulare Funktionseinheiten .....	91
3.2.2.1	Hierarchische Funktionsstruktur .....	92
3.2.2.2	Funktions- und Produktstruktur .....	93
3.2.2.3	Basis- und Funktionseinheit .....	94
3.2.2.4	Modulschnittstellen .....	97
3.2.3	Plattform-Standardisierung .....	99
3.2.3.1	Plattform .....	100
3.2.3.2	Modulvarianten .....	102
3.2.3.3	Modulare Baukästen .....	103
3.2.3.4	Bodengruppenvarianten aus Ähnlichkeitsteilen .....	106



3.2.4	Dynamische Auslegung .....	107
3.2.4.1	Teilevarianten aus normierten Geometriebausteinen ...	108
3.2.4.2	Laufzeitgenerierte Bauteile .....	118
3.3	Strategische Bedeutung .....	119
3.3.1	Kundenorientierung .....	120
3.3.2	Nutzenpotenziale .....	122
3.3.2.1	Zeiteinsparung .....	123
3.3.2.2	Kostenreduzierung .....	124
3.3.2.3	Qualitätsverbesserung .....	124
3.3.3	Wettbewerbsstärke .....	125
3.3.4	Industrie 4.0 .....	127
<b>4</b>	<b>Reorganisation von Entwicklung und Konstruktion .....</b>	<b>129</b>
4.1	Aufgaben der Entwicklungskonstruktion .....	129
4.1.1	Neuentwicklung und Reengineering .....	130
4.1.1.1	Detaillieren der Aufgabenstellung .....	130
4.1.1.2	Entwicklung der Funktionsstruktur .....	131
4.1.1.3	Festlegung der Wirkprinzipien .....	134
4.1.1.4	Entwicklung der Produktstruktur .....	138
4.1.1.5	Bau eines Prototyps .....	141
4.1.1.6	Festlegung der Gleich-, Alternativ- und Ergänzungsteile	143
4.1.1.7	Aufbau der Variantenkonfiguration .....	145
4.1.2	Zusammensetzung des Baukastensystems .....	146
4.2	Aufgaben der Auftragskonstruktion .....	148
4.2.1	Konfigurieren der Produktvariante .....	150
4.2.2	Ausführen von Sonderheiten .....	151
4.2.3	Erstellen der Bauunterlagen .....	152
4.2.4	Übergabe der Bauunterlagen an Logistikprozesse .....	154
4.2.5	Rückkopplung der Auftragskonstruktion mit der Entwicklungskonstruktion .....	155
4.3	Einfluss auf nachgelagerte Prozesse .....	156
4.3.1	Vertrieb .....	156
4.3.2	Beschaffung .....	157
4.3.3	Produktion .....	158

<b>5</b>	<b>Mass Customization</b> .....	<b>161</b>
5.1	Produktkonfiguration .....	162
5.1.1	Bau- und Anwendungsunterlagen der Produktvariante .....	164
5.1.1.1	Produktstruktur/Stückliste .....	164
5.1.1.2	Geometrisches Produktmodell .....	166
5.1.1.3	Montageplan .....	178
5.1.1.4	Produktdokumentation .....	180
5.1.2	Klassifikation von Produktvarianten .....	181
5.2	Auftragsabwicklung .....	183
5.2.1	Individualkonstruktion .....	183
5.2.2	Individualkonfiguration .....	184
<b>6</b>	<b>Produktdatenmanagement und Product Lifecycle Management</b> .....	<b>187</b>
6.1	Produktdaten ohne PDM-Methodik .....	188
6.1.1	Produktdaten gleich Nutzdaten .....	188
6.1.2	Fehlende Grunddaten .....	189
6.1.2.1	Stammdaten .....	189
6.1.2.2	Strukturdaten .....	190
6.2	Grundlegendes .....	192
6.2.1	Fachliche Kategorien von Produktdaten .....	192
6.2.2	Datentechnische Kategorien von Produktdaten .....	194
6.2.3	Zielsetzung für Produktdaten .....	195
6.2.4	Speicherung von Produktdaten .....	196
6.2.5	Integration von Produktdaten .....	197
6.2.6	Ersteller und Nutzer von Produktdaten .....	199
6.2.7	PDM-Funktionalität .....	200
6.2.8	PDM-Systemarchitektur .....	202
6.3	Darstellung von Produktdaten .....	203
6.3.1	Objektklassen .....	203
6.3.2	Objekte .....	205
6.3.3	Objektrelationen .....	208

6.4	Teilemanagement .....	209
6.4.1	Teilestammsatz .....	209
6.4.1.1	Grundaufbau .....	209
6.4.1.2	Typspezifische Ergänzungen des Grundaufbaus .....	240
6.4.2	Teileklassifikation .....	280
6.4.2.1	Teilebeschreibende Merkmale .....	280
6.4.2.2	Klassenbildung .....	281
6.4.2.3	Klassifikationsstruktur .....	283
6.4.2.4	Klassifikationsmerkmale .....	286
6.4.2.5	Merkmalverknüpfung und Merkmalvererbung .....	297
6.4.2.6	Mehrfach-Klassifikation .....	299
6.4.2.7	Klassifikationstechniken .....	301
6.4.2.8	Kopie eines Merkmalsatzes mit TSS-Anlage .....	305
6.4.2.9	Klassifikationsstandards .....	306
6.4.2.10	Semantische Klassifikation .....	308
6.4.2.11	Recherche-Möglichkeiten .....	309
6.5	Dokumentenmanagement .....	315
6.5.1	Dokumentkategorie „Unterlage“ .....	317
6.5.1.1	Unterlagenstammsatz .....	319
6.5.1.2	Unterlagendatensatz .....	327
6.5.2	Dokumentkategorie „Modell“ .....	335
6.5.2.1	Modellstammsatz .....	337
6.5.2.2	Modelldatensatz .....	342
6.5.3	Dokumentkategorie „Zeichnung“ .....	357
6.5.3.1	Zeichnungsstammsatz .....	359
6.5.3.2	Zeichnungsdatensatz .....	366
6.5.4	Dokument- und Teilerevision .....	375
6.5.5	Dateiversion .....	376
6.5.6	Dateiformate .....	378
6.5.7	Notiz .....	380
6.5.8	Volltextrecherche .....	381
6.5.9	Dokumentklassifikation .....	384

6.6	Produktstrukturmanagement .....	385
6.6.1	Aufbau der Produktstruktur .....	386
6.6.1.1	Hierarchische Beziehung zwischen Teilen .....	387
6.6.1.2	Zulässige hierarchische Beziehungen zwischen Teiletypen .....	394
6.6.1.3	Symmetrische Beziehung zwischen Teilen .....	396
6.6.1.4	Unterlagenverknüpfung mit Teilerelation .....	399
6.6.1.5	Alternativteile-Relation .....	400
6.6.1.6	Sammelrelation .....	402
6.6.1.7	Positionsnummer .....	404
6.6.2	Bedeutung der Stückliste .....	407
6.6.3	Integrale Produktstruktur .....	408
6.6.3.1	Sicht auf Produktstruktur .....	409
6.6.3.2	Gerichtete Verknüpfung von Sichten .....	410
6.6.3.3	Konstruktionsbaugruppe partiell vormontieren .....	412
6.6.3.4	Konstruktionsbaugruppe auflösen .....	414
6.6.3.5	Prozessbasierte Sichtenstruktur .....	417
6.6.4	Standardoperationen auf Produktstruktur .....	418
6.6.4.1	Ableitung von Stücklistenarten .....	418
6.6.4.2	Vergleich von Produktstrukturen .....	420
6.6.4.3	Kopie einer Produktstruktur .....	422
6.6.4.4	Teilverwendungsnachweis .....	425
6.6.5	Anwendungsfälle mit Bezug zur Produktstruktur .....	426
6.6.5.1	Produktbezogene Dienstleistungsarten .....	426
6.6.5.2	Ersatzteil-Set .....	427
6.6.5.3	Fertigteile mit Vorstufenteilen .....	428
6.6.5.4	Hilfsteil „Halbzeug-Zuschnitt“ .....	429
6.6.5.5	Hilfsteil „Pseudo-Baugruppe“ .....	432
6.6.5.6	Hilfsteil „Formelement“ .....	435
6.6.5.7	Baugruppe mit vereinfachter Geometrie .....	437
6.6.5.8	Katalogteil-Demontage .....	439
6.6.5.9	Lose Konfigurationen .....	440
6.6.5.10	Schweißbaugruppe mit Härtezononen .....	442
6.6.5.11	Schweißnaht in der Produktstruktur .....	446

6.6.5.12	Service-Baugruppe .....	449
6.6.5.13	Software in der Produktstruktur .....	451
6.6.6	Regelwerk für Teilerevision .....	452
6.6.6.1	Austauschbarkeit eines geänderten Teils .....	453
6.6.6.2	Verwendbarkeit einer Baugruppe nach Revision eines ihrer Teile .....	453
6.6.6.3	Revisionierung einer Baugruppe nach Austausch eines ihrer Teile .....	456
6.7	Vorkalkulation und Mitlaufende Kalkulation .....	459
6.7.1	Kalkulationsansatz im Engineering-Zyklus .....	459
6.7.2	Kalkulationsstammsatz .....	461
6.7.2.1	Grundaufbau .....	462
6.7.2.2	Ergänzungen für Teilekalkulation .....	465
6.7.2.3	Ergänzungen für Baugruppenkalkulation .....	467
6.7.3	Übergang von der Vorkalkulation zur Mitlaufenden Kalkulation .....	469
6.7.4	Verkaufspreis .....	470
6.7.5	Wissensbasierte Kalkulation .....	472
6.8	Physisches Produkt in der Teileverwaltung .....	473
6.8.1	Stammsatz physisches Teil .....	474
6.8.1.1	Verwendungen des physischen Teils .....	477
6.8.1.2	Relationen des physischen Teils .....	477
6.8.2	Erzeugung des physischen Teils .....	478
6.8.3	Anwendungsfälle .....	480
6.8.3.1	Montage .....	480
6.8.3.2	Bemusterung .....	481
6.8.3.3	Prüfung .....	483
6.8.3.4	Reklamation .....	485
6.8.3.5	Service .....	486
6.9	Variantenmanagement .....	487
6.9.1	Variantenkonfiguration .....	488
6.9.1.1	Variantenstammsatz .....	489
6.9.1.2	Regel .....	491
6.9.1.3	Relationen zwischen den Regeln .....	501
6.9.1.4	Relationen der Variantenbaugruppe .....	502

6.9.1.5	Relationen des Variantenteils .....	502
6.9.1.6	Aufbau einer Variantenkonfiguration .....	504
6.9.2	Produktkonfiguration .....	514
6.9.2.1	Erzeugen einer Produktvariante .....	514
6.9.2.2	Ausleiten der Stückliste aus der Produktvariante .....	518
6.9.2.3	Klassifikation der konfigurierten Produktvariante .....	519
6.10	Workflow-Management .....	520
6.10.1	Prozessverständnis .....	520
6.10.2	Prozessbeschreibung .....	522
6.10.3	Prozessinstanz .....	525
6.10.4	Prozess-Tailoring .....	527
6.10.5	Prozessausführung .....	528
6.10.5.1	Simulation .....	529
6.10.5.2	Interaktion .....	530
6.10.5.3	Dokumentation .....	531
6.10.6	Kollaborationsprozesse .....	532
6.10.6.1	Prozess mit festgelegter Abfolge .....	533
6.10.6.2	Ad-hoc-Prozess .....	534
6.10.7	Datenbezogene Prozesse .....	535
6.10.7.1	Erstellung von Produktdaten .....	536
6.10.7.2	Freigabe von Produktdaten .....	537
6.11	Projektmanagement .....	539
6.11.1	Projektstammsatz .....	539
6.11.1.1	Projektarten .....	542
6.11.1.2	Projekttypen .....	543
6.11.1.3	Projektphasen .....	545
6.11.1.4	Projektstatus .....	562
6.11.2	Produktdatenverknüpfung .....	562
6.11.3	Projektteam .....	563
6.11.3.1	Projektteam und Rolle .....	564
6.11.3.2	Rolle und User .....	565
6.11.3.3	Rolle, Gruppe und User .....	566
6.11.3.4	Arbeits-, Prüf- und Ablagebereich .....	568
6.11.4	Projektstrukturplan .....	569

6.11.4.1	Projektstrukturelement .....	570
6.11.4.2	Projektaufgabe .....	574
6.11.5	Projektplanung .....	588
6.11.5.1	Strukturplan .....	589
6.11.5.2	Netzplan .....	590
6.11.5.3	Balkenplan .....	591
6.11.5.4	Workflow .....	593
6.11.5.5	Vorwärtsplanung und Rückwärtsterminierung .....	595
6.11.6	Projektüberwachung .....	597
6.11.6.1	Report für Sammelaufgabe .....	597
6.11.6.2	Report auf allen Strukturebenen eines Projekts .....	598
6.11.7	Mitarbeiterkapazität .....	600
6.11.7.1	Verfügbarkeit für Projektplanung .....	601
6.11.7.2	Verfügbarkeit für Forecast-Planung .....	602
6.11.8	Projektordner .....	603
6.12	Änderungsmanagement .....	606
6.12.1	Änderungsfälle .....	607
6.12.2	Standardisierte Problemmeldungen .....	608
6.12.3	Gewichtung von Problemmeldungen .....	609
6.12.4	Problemmeldung .....	611
6.12.5	Bewertung von Problemmeldungen .....	616
6.12.6	Produktpflegefall .....	617
6.12.7	Bearbeitung der Änderungsfälle .....	622
6.12.7.1	Standardänderung .....	622
6.12.7.2	Marginaländerung .....	648
6.12.7.3	Ad-hoc-Änderung .....	652
6.12.7.4	Datenkorrektur .....	656
6.12.7.5	Änderungen im Projektrahmen .....	659
6.13	Anforderungsmanagement .....	661
6.13.1	Anforderungsstruktur .....	662
6.13.1.1	Anforderungskopf .....	663
6.13.1.2	Anforderungsdefinition .....	666
6.13.2	Anforderungsbeispiel „Scooter“ .....	671
6.13.3	Änderung der Spezifikation .....	672

6.13.3.1	Änderung einer Anforderungsdefinition .....	673
6.13.3.2	Änderung des Anforderungskopfs .....	673
6.13.4	Konsistenz zwischen Produkt/System und Spezifikation .....	675
6.14	Nummerung .....	676
6.14.1	Nummernsysteme .....	676
6.14.1.1	Verbundnummernsystem .....	677
6.14.1.2	Parallelnummernsystem .....	677
6.14.2	Identifikationsnummer .....	678
6.14.2.1	Objektnummer .....	679
6.14.2.2	Revisionsnummer .....	681
6.14.2.3	Publikationsrevisionsnummer .....	682
6.14.2.4	Versionsnummer .....	683
6.14.3	Klassifikationsnummer .....	684
6.14.3.1	Schlüsselnummer aus Klassensystem .....	685
6.14.3.2	Schlüsselnummer aus kodierten Objektattributen .....	687
6.14.3.3	Klassifikationsnummern durch alternative Klassenpfade .....	688
6.14.4	Logistik-Teilenummer .....	689
6.14.5	Ablösung von Verbundnummern .....	690
6.14.5.1	Import von Bestandsartikeln .....	691
6.14.5.2	Anlage und Transfer von Neuteilen .....	692
6.14.6	Teile- und Dokumentnummern .....	693
6.14.6.1	Beziehungen zwischen Teil und Unterlage .....	693
6.14.6.2	Beziehungen zwischen Teil und Modell .....	693
6.14.6.3	Beziehungen zwischen Teil und Zeichnung .....	694
6.15	Nomenklatur .....	695
6.15.1	Benennungsbildung .....	695
6.15.1.1	Einwortbenennung .....	696
6.15.1.2	Mehrwortbenennung .....	697
6.15.1.3	Kurzformen .....	697
6.15.1.4	Begriffsmerkmale .....	699
6.15.2	Benennungskataloge .....	699
6.15.3	Mehrsprachigkeit .....	700
6.15.4	Begriffslexikon .....	701



6.15.5	Ablösung von Benennungen .....	702
6.15.5.1	Import von Bestandsartikeln .....	703
6.15.5.2	Anlage und Transfer von Neuteilen .....	704
6.16	Datenverwaltung .....	705
6.16.1	Vault-Konzept .....	705
6.16.1.1	Physischer Vault .....	707
6.16.1.2	Logischer Vault .....	708
6.16.1.3	Vault, Rechte und Rollen .....	709
6.16.1.4	Öffentlicher Vault .....	710
6.16.1.5	Privater Vault .....	711
6.16.1.6	Regelwerk für Berechtigungen .....	712
6.16.2	Vault-Operationen auf Objekte .....	713
6.16.2.1	Schreibrecht nehmen/zurückgeben .....	715
6.16.2.2	Revisionieren .....	716
6.16.2.3	Versionieren .....	717
6.16.2.4	Check-out .....	718
6.16.2.5	Verlagern .....	718
6.16.2.6	Check-in .....	720
6.16.3	Ideen-Pool .....	722
6.16.4	Verteilte Datennutzung .....	723
6.16.4.1	Datenreplikation .....	723
6.16.4.2	Zentrale Metadaten und dezentrale Nutzdaten .....	724
6.16.4.3	Offline-Datenreplikation .....	726
6.16.4.4	Datenausleitung .....	727
6.16.4.5	Datenaustausch .....	728
6.16.4.6	Cloud-basierte Kollaborationsplattform .....	731
6.17	Systemintegration .....	733
6.17.1	Autorensysteme mit Arbeitsergebnissen in Dateiform .....	734
6.17.2	Autorensysteme mit Datenbank und Arbeitsergebnissen in Dateiform .....	740
6.17.3	Autorensysteme mit Arbeitsergebnissen in der Datenbank .....	745
6.17.4	Geschäftsanwendungen .....	748
6.18	PDM im Kontext von Industrie 4.0 .....	751
6.18.1	Ziele der Digitalisierungsstrategie Industrie 4.0 .....	752

6.18.2 Virtuelles Produkt mit produkt- und prozessbeschreibenden Daten .....	754
6.18.3 PDM und MES in der Integrationslösung PLM .....	755
6.18.4 Physisches Produkt und Daten aus Betriebsphase .....	756
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>759</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>761</b>
<b>Index .....</b>	<b>769</b>

# Vorwort

Seit der Publikation meines ersten Fachbuchs mit dem Titel *Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie* (ISBN 978-3-446-21152-0) sind über zwanzig Jahre vergangen. Außer, dass die Software-Anbieter für ihre Systeme heutzutage die Bezeichnung Product Lifecycle Management (PLM) anstelle von Produktdatenmanagement (PDM) verwenden, hat sich an den Problemen, mit denen sich die Anwender konfrontiert sehen, nicht übermäßig viel geändert. Infolge des umfangreichen Einsatzes von CAx-Systemen wurde der produktive Umgang mit Produktdaten schon damals sowohl für die Nutzer als auch für die IT-Verantwortlichen zur Herausforderung. Mit der gegenwärtig rasch voranschreitenden Digitalisierung wird diese Problemlage noch verschärft. Folglich sind die Ansprüche an Produktdatenmanagement heute höher denn je. Der Bedarf der Märkte an individualisierbaren Produkten und Systemen sowie der anhaltende Kostendruck erfordern zudem PDM-Lösungen, die die Nutzung strategischer Engineering-Methoden unterstützen – je nach Geschäftsmodell in der Entwicklungskonstruktion bei Serienherstellern oder Sondermaschinenbauern oder in Entwicklungs- und Auftragskonstruktion im Falle von seriennahen Auftragsfertigern. Hierbei sind die üblichen Standardlösungen für Teile-, Produktstruktur-, Dokumenten-, Änderungs-, Projekt- und Workflow-Management alleine nicht mehr ausreichend. Es werden darüber hinausgehende Lösungsansätze für den Aufbau eines spezifischen PDM-Systems benötigt.

Diese Thematik ist Gegenstand des vorliegenden Buches. Es beschreibt nicht nur die Funktionalität von am Markt angebotener Software der System-Klasse PDM. Vielmehr schildert es darüber hinaus sofort umsetzbare Konzepte und wertvolle Erfahrungen aus dreißigjähriger Beratertätigkeit in der Fertigungsindustrie, und dies sowohl in Mittelstandsbetrieben als auch in Großunternehmen. Die detailliert dargelegten Konzepte sind praxisbewährt und vermitteln überdies ein tiefgehendes Verständnis und Know-how zu Produktdatenmanagement und zu dem, was es in dieser innovativen Form zu leisten vermag. In Ergänzung dazu erfolgt die Beschreibung von

PLM als IT-Integrationslösung mit den Geschäftsanwendungen PDM (Produktdatenmanagement), ERP (Enterprise Resource Planning), MES (Manufacturing Execution System) etc. und den Autorensystemen MCAD (Mechanical Computer-aided Design), ECAD (Electronic Computer-aided Design), CAP/CAM (Computer-aided Planning/Computer-aided Manufacturing), CAQ (Computer-aided Quality Assurance), CASE (Computer-aided Software Engineering), CAO (Computer-aided Office Automation) usw. Damit lässt sich zum einen der Produktentwicklungsprozess vollständig digital ausführen, und zum anderen sind – darauf aufbauend – die Prozesse für Beschaffung und Produktion gleichfalls digital plan- und steuerbar.

PLM wird in dieser Publikation nicht – wie das häufig der Fall ist – als „moderneres“ Synonym für PDM verwendet. Schon die ersten PDM-Systeme am Markt waren in der Lage, die technischen Produktdaten aus den Engineering-Prozessen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg zu verwalten. Im Datenmodell dieser System-Klasse ist die Revisionierbarkeit von Objekten verankert und folglich die Verwaltung ihrer Änderungshistorie gegeben. Insofern ist die Verwendung des Akronyms PLM für PDM-Software eher irreführend als hilfreich. Da die Produktentstehung auf den beiden Prozessen Engineering und Logistik beruht und diese mithilfe der Systeme PDM und ERP ausgeführt werden, ist es nicht möglich, das Lifecycle Management der digitalen Produkt- und Prozessdaten allein mit PDM-Software zu bewerkstelligen, auch wenn diese PLM genannt wird. PDM-Software verwaltet virtuelle Teile und ERP-Software reale – also konkrete – Artikel mit Chargen- oder Seriennummer, d. h., der Lifecycle für eine Teile- bzw. Artikelnummer lässt sich nur mit einer integralen Lösung aus PDM- und ERP-System realisieren. Hierbei handelt es sich um die sogenannte PLM-Arbeitsplattform. Was dieser noch fehlt, ist ein Ansatz für das digitale Handling eines physischen Teils oder Produkts in der Erprobungs-, Analyse- oder Nutzungsphase. Zur Erfüllung dieser Anforderung wird ein innovatives Konzept vorgestellt, das – enthalten in einer PLM-Integrationslösung – Lifecycle Management in jeder Prozessphase uneingeschränkt unterstützen kann.

Des Weiteren spielt die PLM-Arbeitsplattform für die Umsetzung der Strategie Industrie 4.0 eine wichtige Rolle. Industrie 4.0 ist nicht nur die dynamische Orchestrierung der industriellen Fertigung auf der Basis von Web-Technik, sondern die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfung. Dafür wird Datendurchgängigkeit von der Konstruktion bis zu den Service-Arbeiten gebraucht. Dies erfordert eine Erweiterung der Arbeitsplattform PLM um die Komponente MES. Digitales Engineering auf der integralen Arbeitsplattform PLM erzeugt hierbei die Datenquelle für ERP- und MES-Prozesse. Das ERP-System erhält Stamm- und Strukturdaten (Teile und Stücklisten) sowie Links auf Nutzdaten (Zeichnungen etc.) für Planung, Beschaffung und Beauftragung. An MES gehen Nutzdaten Zeichnung, Arbeits-, Montage- und Prüfplan, NC-Programm usw. für Fertigung, Montage und Qualitätssicherung. Außerdem nimmt die PDM-Datenbank Arbeitsdaten aus der Betriebsphase von Kundenmaschinen mithilfe einer IIoT-Plattform auf. So lassen sich ungewollte Stillstandzeiten durch vorausschauende Service-Planung vermeiden.

Damit die digital arbeitende Fabrik (Smart Factory) Realität werden kann, ist eine Integrationslösung erforderlich, die mindestens aus den drei Geschäftsanwendungen PDM, ERP und MES besteht. Obwohl PDM-Software zweifellos ein zentraler Baustein dieser Strategie ist, liegt das Augenmerk bei Industrie-4.0-Projekten meist auf den Logistikprozessen Planung und Steuerung und somit auf ERP und MES. Die hohe Dynamik bei den Kundenanforderungen und folglich die flexible Fertigung benötigen jedoch eine Datenquelle, die diese hohe Anforderungsdynamik prozesssicher erfassen und dokumentieren kann. ERP-Systeme sind in ihrem Datenmodell nicht darauf ausgelegt. Sie fungieren als „Elektronischer Organisator“, der freigegebene Daten aus den Engineering-Prozessen aufnimmt und diese lesend für Planungsaufgaben nutzt. PDM-Systeme sind hingegen als „Elektronische Werkbank“ konzipiert, die es erlaubt, Produkt- und Prozessdaten mit hoher Änderungsdynamik zu erzeugen und zu verwalten. Beide Systeme versorgen entsprechend ihrer Bestimmung die diversen MES-Module. Mit diesen Fakten ist es an der Zeit, PDM neben ERP und MES in den Fokus von Industrie 4.0 – der „Intelligenten Fabrik“ – zu nehmen. Im Übrigen unterstützt PDM-Software als zentrale PLM-Komponente nicht nur die flexible Fertigung, sondern auch die Engineering-Methoden Teilestandardisierung, Produktmodularisierung, Baukastenkonstruktion, Produktkonfiguration und demzufolge die Strategie Mass Customization. Dies steigert die Wiederholrate, sorgt für eine Erhöhung der Stückzahlen und reduziert die Stückkosten, wodurch die Wirtschaftlichkeit der flexiblen Fertigung zusätzlichen „Schub“ erfährt.

Die technischen Möglichkeiten, eine digital arbeitende Fabrik aufzubauen, sind mittlerweile alle vorhanden. Was zur konkreten Verwirklichung notwendig ist, sind eine Vision, eine Strategie und eine zukunftsweisende Konzeption. Intention dieses Publikation ist es, Ihnen Hilfestellungen, Anregungen, wertvolle Informationen und Erfahrungen aus meiner langjährigen Beraterpraxis mit auf den Weg zu geben. Im Übrigen bilden die PDM/PLM-Konzepte dieses Buches auch die Grundlage für den Aufbau und die Nutzung des Virtuellen Produkts/Digitalen Zwillinges im digitalen Cyber-Arbeitsraum, dem sogenannten „Metaverse“, in dem die physische Realität standortübergreifend virtuell abgebildet wird.

An dieser Stelle möchte ich allen Personen und Unternehmen danken, die Anregungen gegeben und Bildmaterial für dieses Buch zur Verfügung gestellt haben, insbesondere meinem lieben Freund, Prof. Dr.-Ing. Qi Guoning von der Universität Hangzhou, der leider viel zu früh verstorben ist. Besonders herzlichen Dank richte ich an meine Frau Renate für ihre Unterstützung, ihr Verständnis, ihren Rat und ihre Anregungen. Ohne ihr Engagement wäre das Buch in dieser Form nicht möglich gewesen.

Hohenthann bei München, im Juli 2023

*Josef Schöttner*



# 1

## Anforderungen an Industrieunternehmen

Die Fertigungsindustrie sah sich in jeder Phase der technisch-wissenschaftlichen Entwicklung mit herausfordernden Aufgaben konfrontiert. Dies begann mit der Mechanisierung der Arbeit im Zuge der Industrialisierung, setzte sich fort in der Massenproduktion durch Fließbandfertigung und fand ihren Höhepunkt in der Automatisierung der Arbeitsprozesse durch elektronische Informationstechnik zu Beginn der 1970er-Jahre. Gegenwärtig erleben wir den nächsten Abschnitt in der Reihe der industriellen Evolutionen. Mit Web-Technik kommunizierende – sogenannte cyber-physische – Produktionssysteme sollen die Basis für die „Intelligente Fabrik“ sein, mit der die massiven Veränderungen infolge der Globalisierung der Wirtschaft bewältigt werden können. Hierbei handelt es sich zweifellos um einen vielversprechenden Ansatz zur Verbesserung der Wettbewerbsstärke eines Fertigungsunternehmens. Dennoch wird dies allein nicht ausreichen, um die künftigen Anforderungen der internationalen Märkte erfüllen zu können. Es wird nötig sein, auch in den fertigungsvorgelagerten Arbeitsprozessen der Produktentwicklung neue Wege zu gehen.

### 1.1 Innovationsdynamik

Die Zahl der Wettbewerber zeigt schon seit Jahren einen kontinuierlichen Anstieg. Egal ob Maschinen-, Anlagen- oder Fahrzeugbau, neue Anbieter, insbesondere in Schwellenländern, werden die Wettbewerbssituation vieler – auch etablierter – Unternehmen weiter verschärfen. Hinzu kommt ein hoher Grad an Marktsättigung im Bereich der Konsumgüter in Regionen mit hohem Lebensstandard. Dies führt bei manchem Unternehmen gerade in wichtigen Märkten zu einer stagnierenden oder gar abnehmenden Nachfrage. Dies ist eine bedrohliche Situation, der nur mit ständig neuen Kaufanreizen begegnet werden kann. Hohe Innovationskraft und Innovationsdynamik sind notwendig, um den Wettbewerb bei diesen Gegebenheiten erfolgreich

gestalten zu können. Da der technische Fortschritt nicht jederzeit völlig neuartige Produkte möglich macht, sind in immer kürzeren Zyklen partielle Neuerungen zu realisieren, die in der Lage sind, den Kunden zum Kauf eines modifizierten Produkts zu bewegen, obwohl das alte noch zuverlässig seine Aufgabe erfüllt. Innovationen dieser Art betreffen Produktmerkmale wie Design, Handhabung, Funktion oder Energieverbrauch. Im Besonderen der Energieverbrauch gewinnt angesichts des Klimawandels zusehends an Bedeutung. Bei weltweit wachsendem Bedarf, im Privat- ebenso wie im Geschäftsbereich, sind Produkte mit geringem Strom- oder Treibstoffverbrauch sehr gefragt. Innovationen in diesem Sektor versprechen demzufolge eine große Nachfrage. Doch auch Trends im Zuge der Digitalisierung spielen eine immer wichtigere Rolle. Mit neuen Produktideen den Prozess der digitalen Transformation aktiv mitzugestalten, schafft voraussichtlich in allen Absatzmärkten beste Zukunftsperspektiven.

## 1.2 Produktkomplexität

Mit der Zunahme der technischen Möglichkeiten und den steigenden Anforderungen der Nutzer, nimmt auch die Komplexität besonders in den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau weiter zu. Vor allem mechatronische Systeme mit einem hohen Maß an Funktionsvariabilität und Anwendungsflexibilität sind hier zu nennen. Diese umfassen Mechanik/Hydraulik/Pneumatik-, Elektrik/Elektronik- sowie Software-Komponenten und wirken vielschichtig zusammen. Um die Entwicklung und den Bau solcher Systeme wirtschaftlich zu beherrschen, sind einige grundlegende Voraussetzungen erforderlich. Dazu gehören eine Modularisierung und außerdem ein abgestimmter fachübergreifender Entwicklungsprozess. Hierin ist die Automatisierung das Bindeglied und zugleich verantwortlich für den Grad an Komplexität. Als Querschnittstechnologie verlangt die Automatisierung das „konzertierte“ Zusammenwirken der Arbeitsgebiete Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik. Bereits in der Konzeptphase müssen alle fachlichen Belange hinsichtlich Aufbau, Funktion und Verhalten des Systems berücksichtigt bzw. geklärt werden. Es ist eine große Herausforderung, wenn die Mitarbeiter der involvierten Fachbereiche verschiedenen Organisationseinheiten (Abteilungen) und nicht einer Funktionseinheit (Geschäftsprozess) zugeordnet sind. Noch schwieriger ist die Zusammenarbeit, wenn die mechanische Konstruktion, wie meist historisch bedingt, im Mittelpunkt der Produktentwicklung steht, denn schließlich sind intensive Kommunikation und Team-Bewusstsein für die Schaffung hochkomplexer Systeme unerlässlich. Nicht minder wichtig ist die Zusammenführung der Arbeitsergebnisse zu einer vollständigen Produktdokumentation, allem voran die mechatronische Produktstruktur/Stückliste. Da die Datenmenge in der Regel in direktem Zusammenhang mit dem Komplexitätsgrad einer Maschine oder Anlage steht, ist die sukzessive Verknüpfung der Produkt- und Prozessdaten ent-



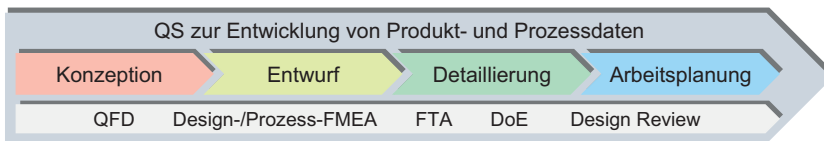
sprechend dem Arbeitsfortschritt unverzichtbare Notwendigkeit. Eine geeignete Systemplattform dafür bereitzustellen, ist folglich eine der Kernaufgaben in jedem Fertigungsunternehmen.

## 1.3 Produktqualität

Produktqualität ist auch in unserer schnelllebigen Zeit ein gewichtiger Wettbewerbsfaktor. Qualitativ hochwertige Güter (Haushaltsgeräte, Automobile, Werkzeugmaschinen etc.) haben, sofern sie zudem ein solides Preis-Leistungs-Verhältnis bieten, beste Absatzchancen. Dies gilt insbesondere für Produkte, die mit einem wohlklingenden Marken-Image behaftet sind. Qualität zu „bauen“ ist also für jedes produzierende Unternehmen ein Muss. Wie aber zeigt sich Qualität, und wodurch wird sie bestimmt? Zuverlässigkeit, Leistung, Sicherheit, Energieverbrauch etc. sind elementare Merkmale zur Bewertung der Güte eines Produkts. Darüber hinaus sind die Kriterien Recycling-Fähigkeit, Ressourcen-Schonung, Klimabilanz und Umweltauswirkungen ein Maßstab. Verantwortlich für die Produkteigenschaften sind in erster Linie die Mitarbeiter des Technischen Büros (TB). Die Produktentwicklung hat den größten Einfluss auf die Produktqualität. Zum einen werden von den Engineering-Bereichen die konstruktiven Lösungen zur technischen Umsetzung des Pflichtenhefts festgelegt, und zum anderen bestimmt die Qualität der angefertigten Bauunterlagen die Qualität der Produktion. Damit in den komplexen Engineering-Prozessen die besten Ergebnisse erzielt werden können, genügt es nicht, nur zu definieren, was zu erbringen ist, es ist überdies zu klären, wie bzw. mit welcher Vorgehensweise ein Ergebnis erbracht werden soll. Beruhen Prozessdurchläufe auf persönlichen Sichtweisen von Mitarbeitern, besteht die Gefahr, bei gleichen Aufgaben projektabhängige Resultate zu bekommen. Dies hat zur Folge, dass etwa bei der Ausführung von Kundenaufträgen kein einheitliches Qualitätsniveau gewährleistet werden kann. Tritt bei dieser Sachlage bei einem Kunden in der Nutzungsphase ein Qualitätsproblem auf, ist es kaum möglich, die Ursachen zu ermitteln, da keine allgemein gültigen reproduzierbaren Abläufe vorliegen bzw. dokumentiert sind.

Um bei allen Arbeiten gleichbleibend die geforderte Ergebnisqualität sicherzustellen, ist ein methodisches Regelwerk zur Qualitätssicherung (QS) erforderlich. Den Rahmen dazu bildet die Normenfamilie ISO 900x und im Automobilbau darauf basierend die IATF 16949. Damit kann eine Systematik für umfassendes Qualitätsmanagement (QM) entwickelt werden, die die individuellen Gegebenheiten und Ziele eines Unternehmens in den Mittelpunkt stellt. Das Ergebnis – im QM-Handbuch dokumentiert – ist Leitfaden für alle produktbezogenen Aufgaben. Für Produktentwicklung und Arbeitsplanung bedeutet dies, dass von der Konzeption bis zur Fertigstellung der Produkt- und Prozessdaten alle Tätigkeiten mit qualitätssichernden Maßnahmen (z. B. Design- und Prozess-FMEA) erfolgen (Bild 1.1). Produktqualität wird auf diese Weise

systematisch geplant, organisiert und fortwährend geprüft. Die Vorgaben für diese Art von Qualitätsplanung und -sicherung (Advanced Product Quality Planning, APQP) lassen sich mit integriertem Daten-, Prozess- und Projektmanagement einer hochentwickelten PLM-Arbeitsplattform erfüllen. Sie sammelt und verteilt die anfallenden Produkt- und Prozessdaten in allen Phasen der Projektabwicklung. Besondere Bedeutung haben hierbei spezifisch definierte Freigabeverfahren am Ende jeder Phase des Entwicklungsprozesses. Sie gewährleisten nicht nur, dass die Anforderungen der Kunden bzw. Auftraggeber erfüllt werden, auch die Zahl später Änderungsschleifen und folglich die Höhe der Änderungskosten lassen sich deutlich absenken.



**Bild 1.1** Qualitätssicherung für Produktentwicklung und Arbeitsplanung (AP)

## 1.4 Kundenlösungen

Sowohl im Investitions- als auch im Konsumgüterbereich verlangen Kunden immer häufiger nach individualisierten Produkten, die zu einem günstigen Preis und in guter Qualität angeboten werden. Einheitsprodukte mit den Mitteln der Massenproduktion zu bauen, ist für ein wirtschaftliches Auskommen vielfach nicht mehr ausreichend. Nötig sind Prozessstrukturen, mit denen flexibel und profitabel auf individuelle Kundenwünsche reagiert werden kann. Vor allem bei internationaler Ausrichtung ist dies unerlässlich, da allein schon gesetzliche, gesellschaftliche und/oder kulturelle Besonderheiten in den Regionen zu einer gewissen Diversifikation zwingen. Die Herausforderung ist, Produktvarianten systematisch nach der Methode „Massenhafte Spezialanfertigung“ anbieten zu können. Dazu ist es nötig, das Produktportfolio auf der Grundlage von Erfahrungen und Marktanalysen auf entsprechende Produktbaukästen abzubilden. Diese bestehen aus Standard- bzw. Gleichteilen sowie aus alternativen und gegebenenfalls optionalen bzw. ergänzenden Teilevarianten.

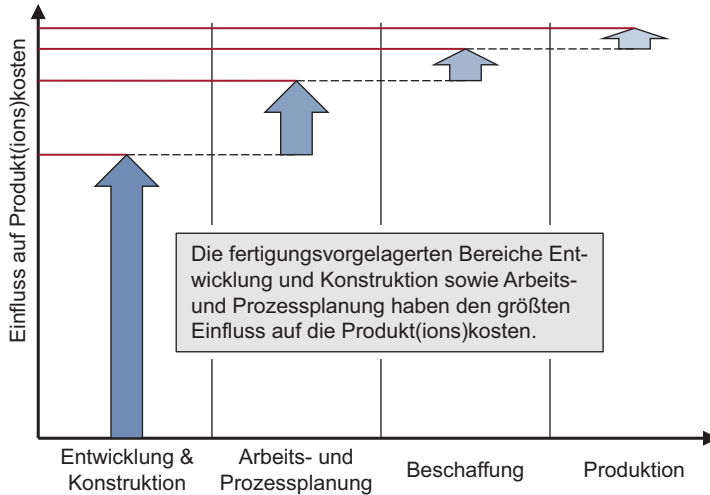
Im Falle von Konsumgütern (Smartphone, Staubsauger, Fahrrad etc.) genügt es im Allgemeinen, Produktmerkmale wie Form, Größe, Material, Funktion, Leistung etc. in einer bestimmten Bandbreite zu offerieren. Die Zahl der Varianten lässt sich auf diese Weise relativ gut eingrenzen, und das Produktionsprogramm bleibt folglich in einem überschaubaren Rahmen. Anders verhält es sich bei vielen Investitionsgütern. Hier entsteht durch die Fülle kundenspezifischer Individualanforderungen nicht selten eine enorme Zahl an Produktvarianten. Jeder Kundenauftrag ist de facto ein neues Produkt. Mit klassischer Auftragskonstruktion ist diese Situation kaum zu bewältigen.

Der Aufwand für Entwicklung, Arbeits- und Prozessplanung sowie für Beschaffung und Produktion ist hoch, ebenso die Durchlaufzeiten und Kosten. Um dieses Dilemma zu umgehen, muss vornehmlich herkömmliche Konstruktionsarbeit durch intelligente Konstruktionsmethodik ersetzt werden. Die Herausforderung lautet auch hier: Kundenlösungen müssen weitgehend mit Produktbaukästen konfiguriert anstatt aufwendig und unwirtschaftlich konstruiert werden.

## 1.5 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit ist die zentrale Anforderung an jedes Industrieunternehmen schlechthin. Sie ist die Voraussetzung für eine „gesunde“ Entwicklung und darüber hinaus zur Sicherung des Fortbestands. Wirtschaftlichkeit wird erreicht, wenn bei einem am Markt erzielbaren Verkaufserlös genügend Marge zur Verfügung steht, also eine günstige Kostenstruktur vorliegt. Hierfür ist hohe Produktivität in den Wertschöpfungsprozessen notwendig. Dafür verantwortlich zeichnen die Bereiche Produktentwicklung, Arbeitsplanung, Produktionsplanung und Beschaffung sowie Teilefertigung und Montage. Besonders großen Einfluss auf die Prozessleistung und somit auf Produktivität und Wirtschaftlichkeit haben die der Fertigung vorgelagerten Arbeiten (Bild 1.2). Produktentwicklung und Arbeitsplanung sind anspruchsvolle Aufgaben mit hohem Personaleinsatz. Etwa 70 % der Entwicklungskosten sind Personalkosten. Mit einem durchschnittlichen Anteil von ca. 5 % an den Produktkosten ist dies ein verhältnismäßig kleiner Kostenblock. Produktentwicklung und Arbeitsplanung legen jedoch zusammen rund 90 % der Produkt(ions)kosten fest. Wenn Produktivität und Wirtschaftlichkeit gesteigert bzw. Kosten gesenkt werden sollen, ist das nur durch geeignete Veränderungen in den fertigungsvorgelagerten Prozessen zu bewirken.

Die Einflussmöglichkeiten von Beschaffung und Produktion sind vergleichsweise gering. Um die Kosten für Teilefertigung und Montage insbesondere bei kleinen Losgrößen trotzdem so niedrig wie möglich zu halten, sind hochautomatisierte flexible Fertigungsmittel notwendig. Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS) mit hohem Automatisierungsgrad können den Fertigungsdurchlauf merklich verkürzen. Dennoch wird das Fundament für Wirtschaftlichkeit im Technischen Büro gelegt. Automatisierung als Methodik muss bereits in der Konstruktion ein Thema sein. Nicht alle Teile eines neuen Kundenauftrags müssen neu konstruiert werden. Mit Teilevarianten aus einem intelligenten Konstruktionsbaukasten lässt sich die Entwicklung immer neuer Teile vermeiden oder zumindest stark einschränken. Teilwiederverwendung ist in dieser Hinsicht die wirtschaftlichste aller Methoden. Sie reduziert die Aufwände für Entwicklung und Konstruktion, für Arbeits- und Prozessplanung, für Produktionsplanung und Beschaffung, für Teilefertigung und sogar für Montage sowie für Qualitätssicherung und weitere Aufgaben. Außerdem lassen sich Material, Werkzeuge, Vorrichtungen und Prüfmittel einsparen.



**Bild 1.2** Einfluss der Arbeitsbereiche auf die Produkt(ions)kosten

Der Schlüssel für das wirtschaftliche Gesamtergebnis eines Fertigungsunternehmens liegt ohne Zweifel in den fertigungsvorgelagerten Prozessen. Die Denk- und Handlungsweise hauptsächlich in der Mechanik-Konstruktion bestimmt sowohl die Durchlaufzeit in der Produktentwicklung als auch die Dauer des Auftragsdurchlaufs insgesamt. Wenn der Fokus nur auf der Verkürzung der Durchlaufzeit im Technischen Büro liegt, kommt es durch den intensiven Einsatz von leistungsfähigen CAE-Anwendungen wie CAD, FEA und DMU zu einer unkontrollierten Teilevermehrung. Die teilebeschreibenden Geometriemodelle und Zeichnungen sind zwar relativ schnell angefertigt, gleichzeitig entstehen aber hohe Folgekosten in den Logistikprozessen Produktionsplanung, Beschaffung, Teilefertigung, Montage und Qualitätsprüfung. Die alternative Strategie, nämlich der Aufbau eines Konstruktionsbaukastens und in der Folge der Aufbau von Produktbaukästen, ist der bessere Weg. Ein standardisierter Teilevorrat und folglich eine hohe Flexibilität bei Individualanforderungen bei gleichzeitiger Senkung der Produkt(ions)kosten ermöglichen günstige Preise, beständige Qualität und garantieren einen hohen Absatz bei guter Wirtschaftlichkeit.

# 2

## Produktionsformen für Kundenlösungen

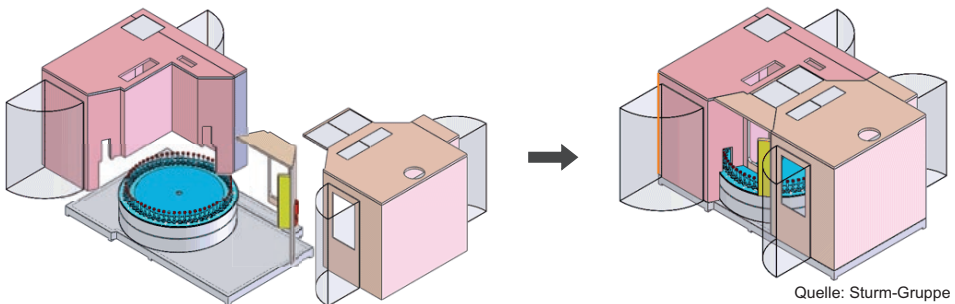
Eine Lösung für individuelle Kundenanforderungen zu realisieren, verlangt bei konventioneller Vorgehensweise einen hohen Aufwand für die Entwicklung der Bauunterlagen. Konventionelle Vorgehensweise heißt, jeder Kundenauftrag wird praktisch als neues Entwicklungsprojekt betrachtet. Mit CA-Engineering-Tools werden somit mehr oder weniger viele teure „Einzelstücke“ entwickelt. Zu jedem neuen Teilemodell kommen eine neue Zeichnung, ein neuer Arbeitsplan, ein neues NC-Programm und gegebenenfalls weitere neue Produkt- oder Prozessdokumente (FEM-Analyse, Prüfplan etc.) hinzu. Dies führt neben einem hohen Aufwand im Technischen Büro zudem zu hohen Fertigungs- und Montagekosten. Da die Stückzahlen bei individuellen Kundenaufträgen meist nur 1+ betragen, lassen sich die Kosten für die Entwicklung der Bauunterlagen nicht wie bei der Serienproduktion auf die einzelnen Erzeugnisse verteilen. So ergeben sich unabwendbar hohe Stückkosten. Um den Stückpreis dennoch wettbewerbsfähig zu gestalten, muss notgedrungen auf Marge verzichtet werden, was letztlich eine unbefriedigende Umsatzrendite mit sich bringt.

Die bessere Alternative zur klassischen Auftragskonstruktion ist die Abwicklung spezifischer Kundenaufträge auf der Grundlage eines Baukastensystems. Anstatt das Rad für jeden Kundenauftrag in anderer Ausführung neu zu erfinden, können fachliche Kompetenz und Kreativität des Entwicklungspersonals anderweitig eingesetzt werden. Der Aufbau eines Baukastensystems ist eine lohnende Investition. Mit erprobten standardisierten Baukomponenten sind hohe Qualität und Zuverlässigkeit, kurze Lieferzeiten, hohe Wettbewerbsfähigkeit und schließlich wirtschaftliche Kundenprojekte möglich. In Abhängigkeit vom Geschäftsmodell kommt es jeweils darauf an, die geeignete Produktionsform für die Ausführung von profitablen Kundenaufträgen zu etablieren.

## 2.1 Design to Order/Engineer to Order

Die Produktionsform „Design to Order“ (DTO) beschreibt den gängigen Prozess im Sondermaschinenbau. Die Leistungserbringung erfolgt im Rahmen einer Auftragskonstruktion. Das Produkt wird für den Kunden nach dessen Vorgaben konstruiert und gefertigt. Der Auftraggeber (Kunde) ist stark in das Projekt eingebunden. Das Produkt muss in weiten Teilen oder sogar komplett konstruktiv neu aufgebaut werden. Bis auf Norm- und Katalogteile und gegebenenfalls einige bereits vorhandene nutzbare Entwicklungsteile (Buchsen, Halter, Hebel etc.) kommen überwiegend auftragsbezogene Neuteile zum Tragen. Je mehr neue Auftrags- bzw. Sonderteile notwendig sind, umso länger dauert der Auftragsdurchlauf und umso höher sind die Produktkosten. Mit einem Standardisierungsprojekt lässt sich hier einiges verbessern. Ein Konstruktionsbaukasten mit immer wiederkehrenden Teilevarianten für bestimmte Funktionen (Lagerung, Transport, Positionieren etc.), die bis zu einem gewissen Umfang auch im Sondermaschinenbau möglich sind, kann den Gesamtaufwand für den Bau kundenspezifischer Maschinen merklich verringern.

Die Produktionsform „Engineer to Order“ (ETO) ist die gängige Methode im Anlagenbau. Ähnlich wie bei einem DTO-Auftrag wird die Leistung für einen bestimmten Kunden erbracht. Zwischen Kunde und Auftragnehmer findet üblicherweise eine intensive Zusammenarbeit statt. Wenn für erforderliche Anlagenkomponenten keine standardisierten Module verfügbar sind, müssen diese entsprechend der Projektierung bzw. Auslegung neu konstruiert und gebaut werden (Bild 2.1).



**Bild 2.1** Beispiel: Layout-Konzept einer Beschichtungsanlage

Selbst wenn sich für alle projektierten Anlagenkomponenten Standardmodule am Markt beschaffen lassen, ist häufig noch das Problem der Modulschnittstellen zu lösen. Die Standardmodule müssen ein funktionierendes Gesamtsystem ergeben. Der Anlagenbau bringt daher noch größere Herausforderungen mit sich als der Sondermaschinenbau. Besonders kritische Punkte sind die Kalkulation und die Terminplanung sowie der Kapitalbedarf. Da Anlagen meist ein erhebliches Auftragsvolumen