

Martin Eigner

# System Lifecycle Management

Digitalisierung des Engineering

 Springer Vieweg



# System Lifecycle Management

---

Martin Eigner

# System Lifecycle Management

Digitalisierung des Engineering

Martin Eigner  
Geschäftsführung, EIGNER ENGINEERING  
CONSULT  
Baden-Baden, Deutschland

ISBN 978-3-662-62182-0      ISBN 978-3-662-62183-7 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62183-7>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Thomas Lehnert

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Danksagung

Ich möchte dieses Buch meiner Tochter Sarah und meinen Enkelinnen Alva und Emelie widmen. Nach ihrer Tätigkeit als Schülerin in meiner Firma und den damit verbundenen Erkenntnissen über Volatilität, Hektik und Komplexität des PDM/PLM Geschäftes entschied sich Sarah, Medizin zu studieren. Am Tage der Zusage eines Studienplatzes kam sie in mein Büro und eröffnete mir „Papa, ich mache jetzt doch Deinen blöden Job“, studierte Betriebswirtschaft und landete danach in der PLM Branche. Diese Branche hat anscheinend doch etwas 😊....

Ein weiteres Anliegen ist, mich bei den unzähligen Menschen zu bedanken, die mich auf meinem langen beruflichen Weg begleitet haben und durch positive und kritische Diskussionen dazu beigetragen haben, dass wir unsere Visionen leben und umsetzen konnten. Das betrifft in erster Linie meine Mitarbeiter bei BOSCH, EIGNER+PARTNER/EIGNER Inc., am Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung (VPE) an der TU Kaiserslautern und die Mitarbeiter bei Aras und bei XPLM. Aber ich möchte in diesen Dank auch die vielen Kollegen in der Industrie, in der Beratung, bei den SW Anbietern und in der universitären Forschung und Lehre ganz herzlich einschließen. Ihr seid alle als Mosaiksteine in diesem Buch enthalten. Besonders möchte ich aber namentlich bei folgenden Personen danken, die wesentlich zum Inhalt des Buches beigetragen haben:

### **Beim VPE Umfeld incl. Ehemalige und externe Promovierende**

Christo Apostolov, Oliver Bleisinger, Thomas Dickopf, Alexander Detzner, Thomas Eickhoff, Kalle Faißt, Torsten Gilz, Marcellus Menges, Fabrice Mogo Nem, Christian Muggeo, Philipp Pfenning, Thomas Psota, Patrick Schäfer, Philipp Schmidt, Sebastian Sindermann, Mona Tafizi, Rajeev Tharma, Radoslav Zafirov und Mathias Zagel.

### **Bei Aras**

Rama Asuri, Paweł Chądzyński, Craig Currie, David Ewing, Mike Gavlak, Tim Keer, Rolf Laudenbach, Marc Lind, Rob McAveney, Matteo Nicholich, Malcolm Panthaki, Peter Schroer, Ayla Singhal, John Sperling und Lopa Subramanian.

**Bei XPLM**

Robert Huxel, Raoul Markus, Rolf Pfenning und Bernd Zimmermann.

**Bei Unity**

Ulli Deppe, Daniel Baldus, Magnus Meier und Philipp Wibbing.

**Bei Siemens**

Urban August und Matthias Schmich.

... und ganz besonderer Dank an Mona Tafvici und meine beiden Michaels (Michael Muschiol und Michael Pfenning), denen ich die Korrektur des Buches und viele anregende und motivierende Diskussionen zu verdanken habe sowie Juliver Napitupulu, der sich um die Gestaltung der Bilder verdient gemacht hat.



Martin Eigner

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b> .....	1
	Literatur .....	4
<b>2</b>	<b>Vierzig Jahre Produktdaten Verwaltung von PDM über PLM zu SysLM</b> .....	5
2.1	Dokumenten Verwaltungssystem (DVS) .....	6
2.2	Product Data Management (PDM) .....	7
2.3	Product Lifecycle Management (PLM) .....	10
2.4	Auf dem Weg zum System Lifecycle Management .....	19
	Literatur .....	26
<b>3</b>	<b>Engineering 4.0 – Grundlagen der Digitalisierung des Engineerings</b> .....	29
3.1	Digitalisierung – Modewort oder Chance? .....	30
3.2	Digitization, Digitalization und Digitale Transformation .....	40
3.3	Internet of Things (IOT), Systems of Systems (SOS), Industrie 4.0, Industrial Internet und Internet of Services (IOS) .....	43
3.4	Digital Twin und Digital Thread .....	49
3.4.1	Digital Twin .....	50
3.4.2	Digital Thread .....	59
3.4.3	Umsetzung Digital Twin und Digital Thread in die betriebliche Praxis .....	61
3.5	Model Based Systems Engineering, Systems Thinking und das Systemmodell .....	63
3.5.1	Disziplin-orientierte Vorgehensweisen bei der Produktentwicklung .....	63
3.5.2	Systems Engineering .....	66
3.5.3	Systems Thinking .....	67
3.5.4	Model Based Engineering und Model Based Systems Engineering .....	69
3.5.5	Das Digitale Modell .....	70
3.5.6	Das Systemmodell .....	73

3.6	Eine neue interdisziplinäre Konstruktionsmethodik .....	78
3.6.1	VPE <sup>SystemDevelopment</sup> <sub>Methodology</sub> .....	79
3.6.2	Detaillierte Umsetzung des Systemmodells auf der Mikro-Ebene .....	88
3.6.3	Validierung der VPE <sup>SystemDevelopment</sup> <sub>Methodology</sub> .....	95
	Literatur .....	99
<b>4</b>	<b>Engineering 4.0 – Umsetzung der Digitalisierung des Engineerings</b> .....	<b>105</b>
4.1	Die Digitalisierung der Produkte und Services .....	106
4.2	Die Digitalisierung der Engineering Prozesse .....	112
4.2.1	Vertikale Integration und Digitalisierung .....	112
4.2.1.1	Anforderungsmanagement und Anforderungsentwicklung (→ Requirements Engineering) .....	115
4.2.1.2	Systemarchitekturmodell (SAM) und Systemmodell (SM) .....	118
4.2.1.3	CAX-Integrationen .....	124
4.2.1.4	Simulationsintegration .....	157
4.2.2	Horizontale Integration und Digitalisierung .....	163
4.2.2.1	Unternehmenseinheitliche Technische Organisation ....	165
4.2.2.2	Verknüpfung von einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus .....	185
4.3	Technische Anforderungen an SysLM .....	223
4.4	Validierung des Reifegrades der Digitalisierung im Engineering .....	229
4.4.1	Reifegradmodelle .....	230
	Literatur .....	236
<b>5</b>	<b>Bimodale SysLM-Systeme und agile Implementierung</b> .....	<b>243</b>
5.1	Vision SysLM versus Istzustand heutiger PLM-Implementierungen .....	244
5.2	Innovative Produkte, Systeme und Geschäftsmodelle stellen neue Anforderungen an SysLM .....	245
5.3	Reduktion der Total Cost of Ownership mit Bimodalem SysLM .....	247
5.4	Agile Implementierung von SysLM-Systemen .....	251
5.4.1	Integration von Produkt-Engineering und Lieferketten zur Unterstützung von OnePDM .....	253
5.4.2	Best Practice .....	259
5.4.3	Benefits .....	260
	Literatur .....	261
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>263</b>
	Literatur .....	265
	<b>Anhang</b> .....	<b>267</b>

---

## Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence
ALM	Application Lifecycle Management
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
BOM	Bill of Material = Stückliste
BOO	Build-Own-Operate
BOP	Bill of Process = Prozessplan
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Quality Management
CASE	Computer Aided Software Engineering
CBM	Condition-Based Maintenance
CDO	Chief Data or Digitalization Officer
CEO	Chief Execution Officer
CFD	Computational Fluid Dynamic
CFO	Chief Financial Officer
CI	Configuration Items
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CIO	Chief Information Officer
CL2M	Closed Loop Lifecycle Management
CM	Configuration Management

CNN	Customer Needs Management
CPS	Cyber Physical System
CRM	Customer Relationship Management
CSM	Customer Success Manager
CTE	Cybertronisches Element
CTO	Chief Technology Officer
CTPS	Cybertronisches Produktionssystem
CTS	Cybertronisches System
DAC	Discretionary oder Domain Access Control
DB	Datenbank
DevOps	Kunstwort aus den Begriffen Development und IT Operations
DFSS	Design for Six Sigma
DfX	Design for X
DMU	Digital Mock Up
DT	Digital Twin
DWG	Drawing Format von Autocad Zeichnungen
EAI	Enterprise Application Integration
E-BOM	Engineering BOM (Entwicklungstückliste)
E-CAD	Elektrik/Elektronik CAD
ECM	Engineering Change Management (Änderungsmanagement)
ECN	Engineering Change Notification (Änderungsbenachrichtigung)
ECO	Engineering Change Order (Änderungsauftrag)
ECR	Engineering Release Management (Freigabe Management)
ECR	Engineering Change Request (Änderungsanforderung)
EDA	Electronic Design Automation
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EFQM	European Foundation for Quality Management
ERP	Enterprise Resource Planning
ETO	Engineering to Order (Auftragsfertigung)
FEA	Finite-Elemente-Analyse
FGPA	Field Programmable Gate Array
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Fehlermöglichkeits- und -Einflussanalyse)
FMI	Functional Mock-up Interface
FPD	Functional Product Description
GfSE	Gesellschaft für Systems Engineering
GNSS	Global Navigation Satellite System
GTD	Generated Twin Data
ILM	Integrated Lifecycle Management
INCOSE	International Council of Systems Engineering

---

IOS	Internet of Services
IOT	Internet of Things
IOTS	IOT + IOS
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
KFLP	Kontext, Funktion, Logik und Physik (E-BOM)
KI	Künstliche Intelligenz
KSKM	Kaiserslauterner System Konkretisierungsmodell
MBE	Model Based Engineering
M-BOM	Manufacturing BOM (Fertigungsstückliste)
MBS	Multi Body Systems (Mehrkörper Systeme)
MBSE	Model Based Systems Engineering
M-CAD	Mechanik CAD
MES	Manufacturing Execution System
MPP	Manufacturing Process Plan (Fertigungs-/Montageplan)
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul (Wartung, Reparatur und Überholung)
MRP	Material Resource Planning
MTS	Mechatronisches System
MVPE	Modell-basierte virtuelle Produktentwicklung
NVH	Noise, Vibration, Harshness (Geräusch, Vibration, Rauigkeit)
ODB++	CAD-to-CAM data exchange format
OMG	Object Management Group
OOTB	Out-of-the-Box Function
OSLC	Open Services for Lifecycle Collaboration
OTA	Over The Air
PCB	Printed Circuit Board (Leiterplatte)
PDF	Portable Document Format
PDM	Product Data Management
PdM	Predictive Maintenance
PEP	Produktentwicklungsprozess
PLM	Product Lifecycle Management
PLZ	Produktlebenszyklus
PM	Projekt Management
PoC	Proof of Concept
PPS	Produktionsplanung und Steuerung
PQD	Process Quality Data
PR	Problem Report
PSS	Product Service System
PT	Physical Twin
PTD	Physical Twin Data
QM	Qualitätsmanagement

---

QMS	Qualitätsmanagement System
RDF	Resource Description Framework
REST	Representational State Transfer
ReqIF	Requirements Interchange Format
RFID	Radio-Frequency Identification
RFLP	Requirements, Functions, Logic and Physics
RPA	Robotic Process Automation
RUP	Rational Unified Process
SAD	Systemarchitekturdiagramm / System Architecture Diagram
SAM	Systemarchitekturmodell / System Architecture Model
SCM	Supply Chain Management oder Source Code Management und Software Configuration Management
SDD	System Definition Diagram
SE	Systems Engineering
SEA	Secure External Access
SFN	System Function Network
SimPDM	Simulations PDM (Die Autorensystemnahe Verwaltung von Simulationen)
SLM	Service Lifecycle Management
SM	Systemmodell / System Model (= SAM + Requirements Model)
SMT	Surface-Mounting Technology
SOP	Start of Production
SOS	Systems of Systems
SPICE	Software Process Improvement and Capability Determination (ISO/IEC 15504)
SRD	System Requirements Diagram
ST	Systems Thinking
STD	Supplemental Twin Data
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
STL	Standard Triangulation/Tesselation Language
SysLM	System Lifecycle Management
SysML	System Modelling Language
TCO	Total Cost of Ownership
TDM	Team Data Management
THT	Through-Hole Technology
TIFF	Tagged Image File Format
TLCSM	Total Life Cycle Systems Management
UML	Unified Modeling Language
USDP	Unified Software Development Process
V&V	Validation and Verification
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

VIN	Vehicle Identification Number (Fahrgestellnummer)
VPE	Virtuelle Produktentwicklung und gleichnamiger Lehrstuhl an der TU Kaiserslautern
VR	Virtual Reality
VSC	Version Control Software
WEB	World Wide Web
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie



Liebe Leserinnen und liebe Leser,

als ich mit meinen Mitarbeitern von EIGNER+PARTNER 1991 mein erstes PLM Buch – den Namen PDM (Product Data Management) oder PLM (Product Lifecycle Management) gab es damals noch gar nicht und wir nannten es EDB (Engineering Database) – veröffentlichte, hatten wir bereits die Vision einer Gesamtintegration in den betrieblichen Ablauf. Allerdings wurde nur die „down stream“ Integration von der Entwicklung/Konstruktion für die Produktionsplanung und Produktion betrachtet [4]. Das zweite PLM Buch, das ich mit meinem Dresdner Kollegen Professor Dr.-Ing. Ralf Stelzer geschrieben habe, betrachtet in seiner 2. Auflage 2009 schon die frühe, beziehungsweise „up stream“ Phase und geht von einer Einbindung von Anforderungen und Funktionsstrukturen aus. Das PLM-System wurde als zentraler Engineering Backbone eingeführt, der praktisch das integrierende Rückgrat aller Engineering Prozesse vom Anforderungsmanagement bis zum Start of Production (SOP) darstellt [6]. Die industrielle Praxis sah jedoch ganz anders aus. Geschätzte 70–80 % meiner Kundenbasis setzte PLM eigentlich mehr als PDM-System ein. Verwaltet wurden schwerpunktmäßig CAD-Daten aus dem Bereich mechanische Konstruktion, teilweise rein Dokumenten-orientiert, teilweise aber auch schon 3D mit Entwicklungsstücklisten – abgeleitet aus dem CAD-Modell, die dann an das PPS<sup>1</sup>-System übergeben wurden. Auch ein eingeschränktes Freigabe- und Änderungswesen wurde bereits eingesetzt. Beklagt wurde von den PLM Verantwortlichen mangelndes Interesse der Geschäftsführung. Während das PPS-System i. d. R. in der Verantwortung des CIO's<sup>2</sup> beziehungsweise des CFO's<sup>3</sup> liegt, dümpelt das PLM-System auf

---

<sup>1</sup>PPS Produktionsplanung und -steuerung.

<sup>2</sup>CIO Chief Information Officer (Vorstand Informationstechnik).

<sup>3</sup>CFO Chief Finance Officer (Finanzvorstand).

Abteilungsebene weit unter dem Radarschirm der C-Ebene. Mit dem Argument, dass die Entwicklung/Konstruktion nur ca. 10 % der gesamten Kosten des Unternehmens verursacht, erbrachten herkömmliche ROI<sup>4</sup>-Betrachtungen kein positives Ergebnis. Dabei wurde die starke Bedeutung der Entwicklung/Konstruktion auf die in den nachfolgenden Produktlebenszyklusphasen festgelegten Kosten vollkommen ignoriert. Man geht davon aus, dass die frühen Konzept- und Entwicklungsphasen ca. 70–80 % der Kosten der nachfolgenden Lebenszyklusphasen definieren. Negativ wirkte sich auch aus, dass die meisten marktführenden PLM-Systemanbieter dem Trend zur Mechatronik, zur Elektronik und insbesondere auch zur Software nicht genügend Beachtung gewidmet haben. Die meisten PLM-Anbieter waren damals aus dem Geschäft mit M-CAD-Systemen hervorgegangen. Monolithische PLM-Systeme mit Schwerpunkt auf der mechanischen Konstruktion und einem nachträglich entwickelten WEB-Client waren nicht mehr Stand der Technik. Aber das Internet nahm immer mehr Fahrt auf. Begriffe, die bereits Ende der 90er-Jahre vorgestellt wurden, wie IOT (Internet of Things), wurden ergänzt durch IOS (Internet of Services), Industrie 4.0 und Industrial Internet und dominierten die Literatur und die weltweiten Forschungsprojekte. 2013 verwendeten Ulrich Sandler, Professor Manfred Broy und ich im Buch Industrie 4.0 [8] zum ersten Mal den Begriff *System Lifecycle Management (SysLM)*. Damit sollte zum Ausdruck gebracht werden, dass mehr und mehr hochkomplexe, interdisziplinäre und cybertronische Produkt- und Produktionssysteme über den gesamten Lebenszyklus mittels SysLM Daten- und Prozess-technisch zu verwalten sind. Da der Begriff Industrie 4.0 sehr stark mit Automatisierungsprojekten in der Produktion belegt war, wurde bereits 2012 in der Schriftenreihe „acatech Diskussion“ das Postulat aufgestellt, dass eine auf IOT basierende Produktion und ein aus den Ideen von IOS heraus entwickeltes, neues und disruptives Service-orientiertes Geschäftsmodell ein Smart Engineering voraussetzt [2]. Daraus entwickelte sich später der Begriff Engineering 4.0 [1, 7], der zum Überbegriff für alle Methoden, Prozesse und Softwarewerkzeuge, die zur Digitalisierung des Engineerings beitragen, wurde. In dieser Phase, in der auch das BMBF<sup>5</sup> erkannte, dass Engineering 4.0 genauso wie Industrie 4.0 zu fördern sei, hatte ich mit meinen Mitarbeitern vom Lehrstuhl VPE an der TU Kaiserslautern die große Chance, zwei industrielle Forschungsprojekte zu den Themen Digitalisierung der Engineering Prozesse im Automobilbau (MecPro2)<sup>6</sup> [5] und innovative Service-orientierte Geschäftsmodelle in der Landwirtschaftsindustrie auf Basis eines Digital Twin (InnoServPro)<sup>7</sup> [3] zu leiten beziehungsweise zu initiieren. Die daraus und aus weiteren Industrieprojekten

---

<sup>4</sup>ROI Return on Invest.

<sup>5</sup>BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung.

<sup>6</sup>MecPro<sup>2</sup> Modellbasierter Entwicklungsprozess cybertronischer Produkte und Produktionssysteme.

<sup>7</sup>InnoServPro Innovative Serviceprodukte für individualisierte, Verfügbarkeit-orientierte Geschäftsmodelle für Investitionsgüter.

gewonnenen Erkenntnisse zu den Themen Digitalisierung des Engineerings, MBSE<sup>8</sup>, Digitale Geschäftsmodelle auf Basis von Digital Twins und die Rolle des System Lifecycle Managements in diesem Umfeld, sind in dieses Buch eingeflossen. Ich werde Ihnen aber nicht nur graue Theorie zu diesem Thema vorsetzen, sondern Ihnen auch am Beispiel eines marktführenden modernen SysLM-Systems, die zugrunde liegenden Anwendungen und Funktionen im Rahmen der vertikalen und horizontalen Integration der Engineering Prozesse vorstellen (Abschn. 4.2.1 und 4.2.2).

Eine persönliche Anmerkung sei mir noch erlaubt. Dieses Buch wurde während der Corona Krise geschrieben, was den Vorteil bot, endlich einmal ausreichend Zeit für ein Buch zu haben. Die Krise hat die allgemeinen Meinungen zu den beiden aktuellen Buzzword Globalisierung und Digitalisierung extrem stark verändert. Globalisierung ist in Wirtschaftskreisen fast zum Unwort geworden und wird mit Sicherheit eine drastische Veränderung der Lieferketten nach sich ziehen. Dagegen erfährt die Digitalisierung in populärwissenschaftlichen und wirtschaftspolitischen Beiträgen eine immer positivere Einschätzung. Die Corona-Krise deckt den aktuellen Stand eines Staates schonungslos auf und wird zum Stresstest für die nationale und internationale Staatengemeinde. Innerhalb kürzester Zeit wurden sämtliche digitalen Errungenschaften und Defizite offenbar. Dies war offensichtlich in den Bereichen Arbeit, Bildung, neue Medien, öffentliche Verwaltung und Infrastruktur. Die Corona-Krise hat aber auch gezeigt, dass viele Bereiche nicht nur effizienter, sondern auch resilienter werden müssen. Auch im privaten Bereich wurden die Vorteile der Digitalisierung dankbar angenommen. Wir werden aber noch einen Effekt ähnlich der Finanzkrise 2008/2009 erleben. Durch den drastischen Einbruch der Weltwirtschaft werden wir in den nächsten ein bis zwei Jahren einerseits eine Verzögerung vieler Digitalisierungsinvestitionen erfahren, andererseits aber auch eine Konzentration auf wirtschaftlich extrem sinnvolle und technisch absolut notwendige Digitalisierungsstrategien.

... und noch eine Entschuldigung für die vielen Anglizismen im Buch. Ich hatte wirklich vor, alles inklusive der Bilder auf Deutsch einzubringen. Der Versuch scheiterte kläglich, teilweise waren die Übersetzungen schrecklich (→ Digitaler Faden anstatt Digital Thread). Auch die vielen Bilder aus internationalen Veröffentlichungen wollte ich im Originalzustand lassen und in unserer Branche ist die englische Sprache doch so etwas wie eine gemeinsame Kommunikationsplattform.

Ich wünsche Ihnen beim Lesen viele Erkenntnisse und eventuell auch ein paar Déjà-vu Erlebnisse.

Ihr Martin Eigner.

---

<sup>8</sup>MBSE Model Based Systems Engineering.

## Literatur

1. Abramovici, M.; Ottheim, H.: Engineering im Umfeld von Industrie 4.0 Einschätzungen und Handlungsbedarf (acatech STUDIE), München: Herbert Utz Verlag, 2016.
2. Anderl, R.; Eigner, M.; Sendler, U.; Stark, R. (Hrsg.): Smart Engineering – Interdisziplinäre Produktentstehung, acatech DISKUSSION, 1. Aufl., Springer Vieweg Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012.
3. Aurich, J.C., Koch, W., Kölsch, P., Herder, C. (Hrsg.): Entwicklung datenbasierter Produkt-Service Systeme – Ein Ansatz zur Realisierung verfügbarkeitsorientierter Geschäftsmodelle. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2019.
4. Eigner, M.; Hiller, C.; Schindewolf, S., Schmich, M.: Engineering Database – Strategische Komponente in CIM-Konzepten, Carl Hanser Verlag, Wien, München, 1991.
5. Eigner, M.; Koch, W.; Muggeo, C.: Modellbasierter Entwicklungsprozess cybertronischer Systeme, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2017.
6. Eigner, M.; Stelzer, R.: Product Lifecycle Management – Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009.
7. Künzel, M.; Schulz, J.; Gabriel, P.: Engineering 4.0 – Grundzüge eines Zukunftsmodells, Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0. iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, 2016.
8. Sendler, U. (Hrsg.): Industrie 4.0 – Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 1–20, 2013.



# Vierzig Jahre Produktdaten Verwaltung von PDM über PLM zu SysLM

# 2

## Zusammenfassung

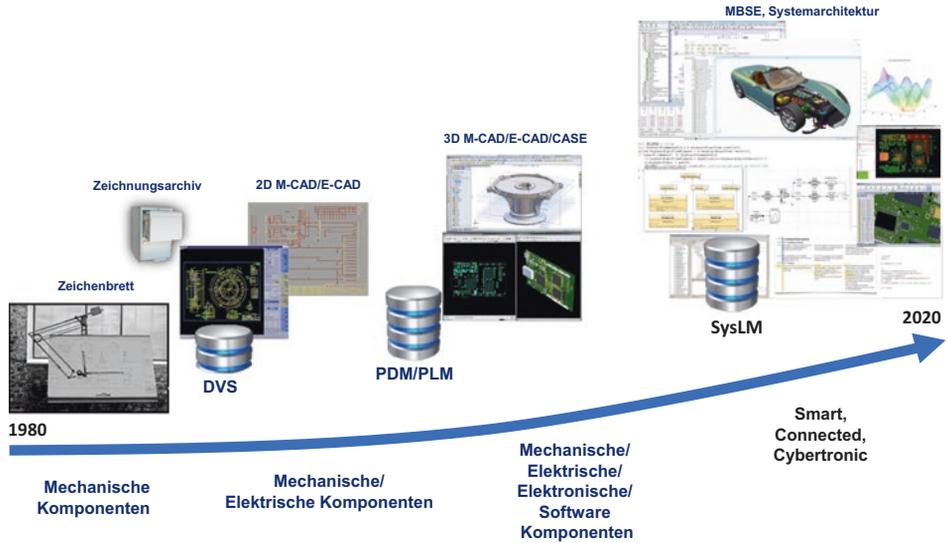
In diesem Kapitel wird die evolutionäre Entwicklung von PDM über PLM zu SysLM erläutert. Die Einsatzbedingungen haben sich seit 1985 permanent verändert. Anfangs war 2D M-CAD der Schwerpunkt, aber schon durch die 3D M-CAD-Systeme hat sich die Komplexität der Datenverwaltung drastisch erhöht. Der nächste große Evolutionsschritt wurde durch die schnelle Zunahme mechatronischer Produkte und dem Wunsch von Anwendern und Anbietern die Anwendung von PDM über das Kerngebiet der Entwicklung und Konstruktion zu erweitern, ausgelöst (→ PLM). IOT, IOS und die daraus resultierende globalisierte interdisziplinäre Entwicklung cybertronischer bzw. cyberphysischer Produkte und Systeme, dadurch permanent zunehmende Software- und Elektronik-Anteile am Produkt, höhere Anforderungen an die unternehmensinterne und -externe Zusammenarbeit sowie sich parallel dazu entwickelnde, interdisziplinäre Engineering-Prozesse und -Methoden (→ Model Based Systems Engineering, System Thinking, Digital Thread und Digital Twin) führten in den letzten Jahren zu einer Erweiterung des PLM-Ansatzes zu System Lifecycle Management (→ SysLM)

Um die Struktur, die Funktionen und die Anwendungsgebiete der aktuellen Software-Lösungen für PLM und SysLM verstehen zu können, ist es notwendig, den Verlauf ihrer Entwicklung zu kennen. Abb. 2.1 gibt einen kurzen Überblick über die Evolution von PDM<sup>1</sup>, PLM<sup>2</sup> zu SysLM<sup>3</sup> in einem Zeitraum von 1980 bis 2020. In diesem Zusammen-

<sup>1</sup>PDM Product Data Management.

<sup>2</sup>PLM Product Lifecycle Management.

<sup>3</sup>SysLM System Lifecycle Management.



**Abb. 2.1** Die Evolution von PDM über PLM zu SysLM

hang zeigt sich, dass die Evolution der PLM-Lösungen von den unterschiedlichen Zielsetzungen der CAD<sup>4</sup>-, PPS<sup>5</sup>- und der unabhängigen Anbieter geprägt wurde. Während sich zwischen 1975 und 1985 die CAD- und PPS-Softwarelösungen zunächst unabhängig voneinander entwickelt haben, entstand Ende der 1990er-Jahre der PLM-Gedanke aus der Verbindung beider Systemwelten [15].

Natürlich gab es zwischen den einzelnen Phasen von PDM, PLM und SysLM keine Systembrüche, sondern die Entwicklung war und ist evolutionär und kontinuierlich.

## 2.1 Dokumenten Verwaltungssystem (DVS)

Anfang der 80er-Jahre wurde bereits vermehrt an M-CAD- und an E-CAD-Systemen entwickelt, z. B. die US-Firma Unigraphics, die später über mehrere Stationen in SIEMENS PLM aufging. Eine Verwaltung von Produktdaten wurde zwischen 1980 und 1985 firmenintern unter verschiedenen Bezeichnungen, z. B. von American Motor Corporation und Rockwell International, entwickelt. Der Jeep Grand Cherokee gilt als eines der ersten Produkte, das über ein Produktdaten-Verwaltungssystem gemanagt wurde. Parallel waren auch schon erste Dokumenten-Verwaltungssysteme (DVS) auf dem Markt. Diese

<sup>4</sup>CAD Computer Aided Design M-CAD (Mechanik) E-CAD (Elektrik/Elektronik).

<sup>5</sup>PPS Produktionsplanung und Steuerung.

konnten Zeichnungen verwalten sowie an grafischen Arbeitsstationen visualisieren und plotten. Dazu wurden traditionell erstellte Zeichnungen durch Scannen in das Format TIFF<sup>6</sup> überführt. In Ergänzung dazu konnten Zeichnungen, die mittels CAD-Systemen erstellt wurden, direkt in diesem Format abgespeichert werden. Das war damals ein großer Fortschritt, denn zu dieser Zeit wurden CAD-Zeichnungen ausgeplottet, manuell unterschrieben und dann in das Zeichnungsarchiv abgelegt. Manuell erstellte Zeichnungen wurden über Mikrofilmkarten verwaltet und über Lesegeräte visualisiert.

Die wesentliche Anwendungsfunktion war die Zeichnungsverwaltung, manchmal bereits ergänzt um ein einfaches Projekt-Management-System, um den Zugriff auf Dokumente zu erleichtern. Der Vorteil dieser Lösung war zu dieser Zeit, dass manuell erstellte Zeichnungen und 2D-CAD-Dokumente gemeinsam in TIFF gespeichert und unternehmensweit visualisiert werden konnten. Die Integrationsfunktionen waren sehr niedrig ausgeprägt. Handelte es sich um von IT-Systemen erstellte Unterlagen, wurden sie in i. d. R. manuell eingesehen. Die Servicefunktionen waren schon recht vollständig und enthielten zum Beispiel Anwendungen zur Visualisierung, Zugriffsverwaltung und zum sicheren File-Handling den „elektronischen Aktenschrank“ (→ vault), Archivierung und Backup.

---

## 2.2 Product Data Management (PDM)

1985 gründete der Autor mit zwei Kollegen<sup>7</sup> die erste Firma weltweit für Produktdatenverwaltung (EIGNER+PARTNER später EIGNER Inc.). Sie verwendeten den Begriff Engineering Data Base (EDB) [8]. Ein Jahr später wurde in Amerika die Firma Sherpa gegründet. Neben EDB etablierte sich vor allem die Abkürzung EDM, die sowohl als Engineering Document Management als auch mit Engineering Data Management übersetzt wurde. Ehe die Bezeichnungen durchgängig akzeptiert wurden, hatte sich bereits die Abkürzung PDM durchgesetzt. Den vollständigen Funktionsumfang von PDM im Vergleich zu DVS zeigt Abb. 2.2. Der Einsatzbereich war auf die Entwicklung und Konstruktion vorwiegend mechanischer Produkte beschränkt.

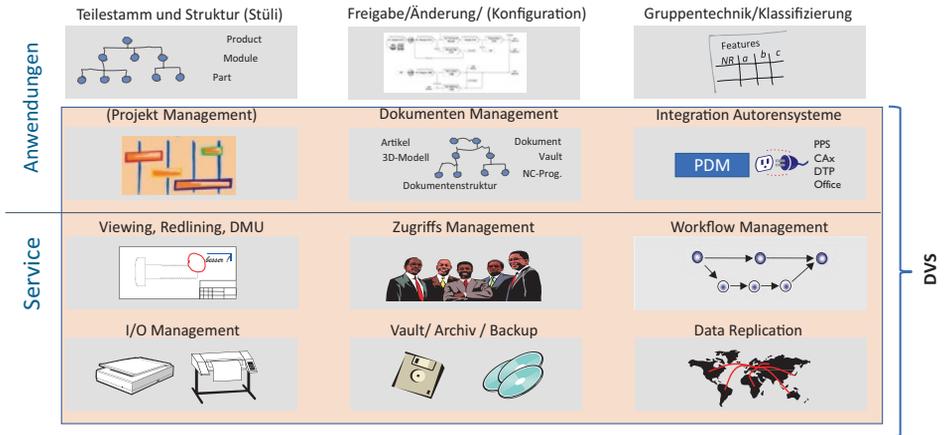
PDM-Systeme bestanden aus drei Grundmodellen:

- dem Produktmodell, bestehend aus technischen Stammdaten, Produktstrukturen (→ Stücklisten) und Dokumenten,
- dem Prozessmodell, das im Wesentlichen die Freigabe- und Änderungsprozesse in der Entwicklung und Konstruktion umfasste und

---

<sup>6</sup>TIFF Tagged Image File Format.

<sup>7</sup>Die Firmengründer kamen aus einem Bereich einer Division der Robert Bosch GmbH, die neben dem technischen Rechenzentrum inkl. aller Engineering-Anwendungen für die technische Organisation (Stücklisten, Freigabe- und Änderungen) sowie temporär für die Elektronik-Vorentwicklung verantwortlich waren.



**Abb. 2.2** Funktionsumfang eines DVS- und PDM-Systems (1985–1995)

- einem eingeschränkten Konfigurationsmodell, das die durch Änderung entstehenden temporär gültigen Produkt- und Dokumentenkonfigurationen über Gültigkeitsbereiche ( $\rightarrow$  Effectivity) verwaltet und extrem wichtig ist, um bei Schadensfällen das Produkt zu rekonfigurieren (ISO 9001). Von den vielfältigen Möglichkeiten, eine Konfiguration eindeutig zu definieren, wurden i. d. R. nur das Datum (von  $\rightarrow$  bis) und der Änderungsindex ( $\rightarrow$  Revision oder Version) verwendet. Damit war i. d. R. ein unternehmensweites Konfigurationsmanagement ausgeschlossen.

In den Jahren 1985 bis 1995 sind mehrere PDM-Systeme in Deutschland und international entwickelt worden:

Tab. 2.1 zeigt die Systementwicklung in verschiedenen Ländern. Die linke Spalte listet die Systemanbieter und die rechte die Systeme und deren Fortschreibung auf. (Kein Anspruch auf Vollständigkeit).

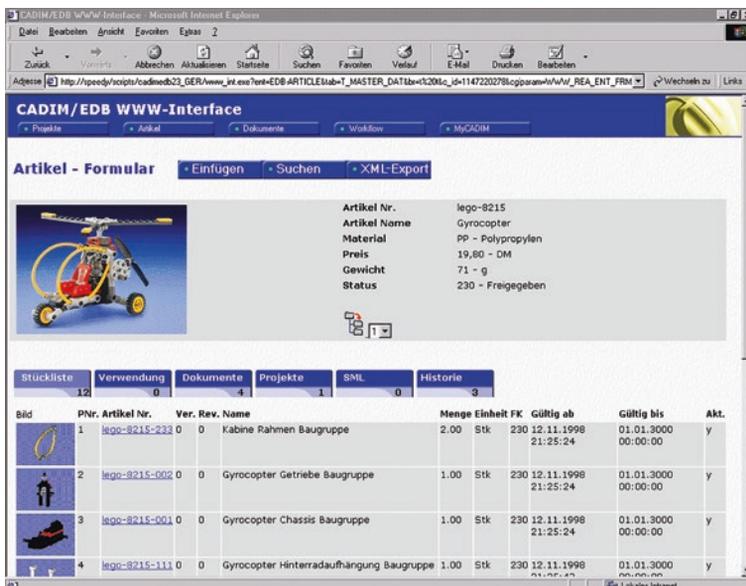
Die ersten vier Systeme kamen aus Deutschland und existieren entweder direkt oder über einen anderen Hersteller auch heute noch. Interessant war, dass auch SAP als PPS-System-Hersteller mit einer eigenen Lösung in den PDM-Markt einstieg. Allerdings gemessen an ihrem Marktanteil im PPS-Segment mit eingeschränktem Erfolg. Die amerikanischen Systeme Computervision, Hewlett Packard und MTI, waren ursprünglich CAD-Anbieter. Alle internationalen Systeme wurden später eingestellt, übernommen oder werden demnächst obsolet. Eine Ausnahme bildet iMan, das später in Teamcenter Engineering und jetzt in Teamcenter Unified Architectur aufgegangen ist. Es war ein sehr volatiler Markt, der durch viele Übernahmen gekennzeichnet war. Die damalige Definition von PDM war relativ einfach:

► **Definition PDM:** Product Data Management (PDM) ist das Management des Produkt- und Prozessmodells in der Entwicklung und Konstruktion mit der Zielsetzung, eindeutige und reproduzierbare Produktkonfigurationen in der Entwicklung und Konstruktion zu erzeugen.

**Tab. 2.1.** Übersicht über markübliche PDM-Systeme in den Jahren 1985 bis 1995

	Anbieter	Systemname
<b>Deutschland</b>	<i>CONTACT</i>	<i>CIM Database</i>
	<i>EIGNER+PARTNER</i>	<i>CADIM/EDB (Merge mit Agile 2001, 2007 von ORACLE übernommen)</i>
	<i>PROCAD</i>	<i>Pro.File</i>
	<i>SAP</i>	<i>SAP PLM</i>
<b>USA</b>	<i>Computervision</i>	<i>Optegra (von PTC übernommen und dann eingestellt)</i>
	<i>Hewlett Packard</i>	<i>Workmanager (später CoCreate, dann PTC und dann eingestellt)</i>
	<i>IBM</i>	<i>Product Manager (später eingestellt als IBM temporär den Vertrieb von Dassault's CAD- und PDM/PLM-Produkten übernahm)</i>
	<i>MatrixOne</i>	<i>eMatrix (von Dassault übernommen → Enovia)</i>
	<i>MTI</i>	<i>Metaphase (später SDRC, dann EDS dann SIEMENS PLM als Teamcenter Enterprise, 2025 obsolet))</i>
	<i>SHERPA</i>	<i>DMS-PIMS (später INSO dann PTC und dann eingestellt)</i>
<b>Israel</b>	<i>Unigraphics</i>	<i>iMan (später EDS, dann UGS, dann SIEMENS PLM)</i>
	<i>SmarTeam Corp</i>	<i>SmarTeam (von Dassault übernommen, 2025 obsolet)</i>

Eine typische Bedienoberfläche eines damaligen PDM-Systems zeigt Abb. 2.3.

**Abb. 2.3** Typische Bedienoberfläche eines PDM-Systems (CADIM/EDB HTML Client 1997)

Anwendungsgebiete waren damals die Administration von 2D/3D M-CAD-Daten, teilweise auch schon E-CAD-Daten, die Ableitung einer Stückliste aus dem CAD-System unter der Annahme, dass die CAD-Struktur der Entwicklungsstückliste entspricht, ein auf die Entwicklung und Konstruktion eingeschränktes Freigabe-/Änderungs- und Konfigurationsmanagement mit eingeschränkten Möglichkeiten, die Gültigkeit einer Komponente oder eines Produktes festzulegen sowie die Übergabe der Stamm- und Stücklistendaten an PPS. Manche PDM-Systeme besaßen ein einfaches Projektmanagement. Typisch für das Zusammenspiel zwischen PDM und PPS war die verschiedene Handhabung der Revisionierung<sup>8</sup> der Teilstämme. Die PPS-Systeme waren damals bereits mindestens 20 Jahre alt und beruhten auf dem damaligen Stand der technischen Organisation, dass eine 1:1 Zuordnung zwischen Teilstamm und Dokument (= Fertigungszeichnung) existiert und die Teilstamm- und Dokumentennummer identisch waren. Nur das Dokument konnte eine Revision oder Version (= Änderungsindex) besitzen. Die PDM-Systeme hatten ein offeneres Datenmodell, die Beziehung zwischen Teilstamm und Dokument konnte n:m sein, sowie Teilstamm und Dokument konnten eigene Nummernkreise besitzen und beide Elemente konnten eigenständig versioniert werden. Zu dieser Zeit war das PPS-System dominierend und so konnten die moderneren Konfigurationsmethoden der PDM-Systeme in Verbund mit PPS nicht ausgenutzt werden. In den Neunzigerjahren wurde Produktdatenmanagement (PDM) zu einer akzeptierten Softwarelösung in der Entwicklung und Konstruktion für mechanische Produkte und Komponenten. Spätestens mit der Durchsetzung der dreidimensionalen CAD-Modelle als grundlegendes Element der Produktentwicklung wurde das Management der Daten dieser Modelle notwendig. Das manuelle Ablegen in selbst definierten Verzeichnissen auf der Festplatte funktionierte selbst in kleinen Unternehmen nicht mehr [16]. Die Komplexität des dreidimensionalen Modellierens und der daraus abgeleiteten Datenmodelle waren eindeutig der Treiber für die Durchsetzung von PDM.

---

## 2.3 Product Lifecycle Management (PLM)

Traditionelle, mehr M-CAD-orientierte PDM-Ansätze versagten in einem zunehmend konkurrierenden Umfeld, in der erfolgreiche Unternehmen innovative Produkte schneller, preisgünstiger und mit exzellenter Unterstützung der dezentralen unternehmensinternen und -externen Kommunikation, während sämtlicher Phasen der Produktdefinition, entwickelten. Systeme ohne ausgeprägtes Programm- und Projektmanagement und funktionaler Unterstützung der Zusammenarbeit von Ingenieuren

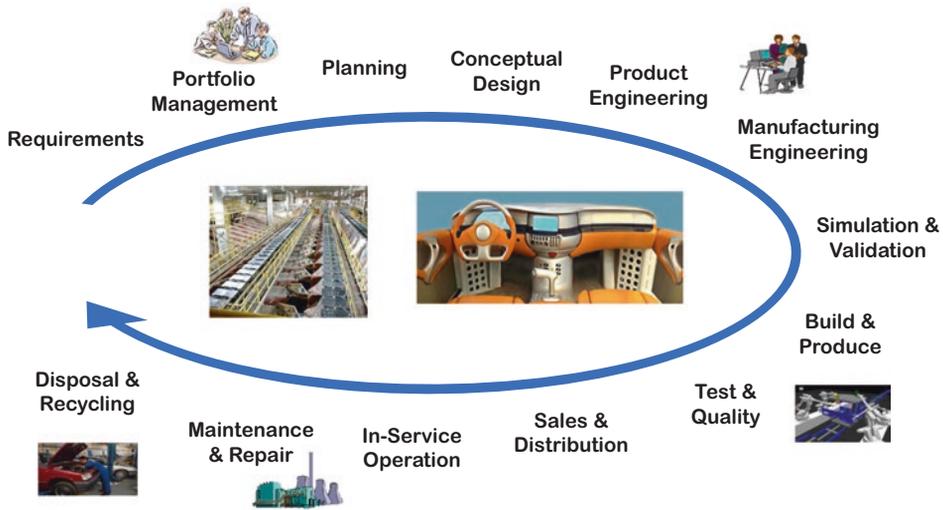
---

<sup>8</sup>Ein Teile- oder Dokumentenstamm wird durch eine Sachnummer und eine Revision oder Version gekennzeichnet. Dieses sind internationale Bezeichnungen. Im deutschen Sprachraum wird zumindest bei der Hardware der Begriff Änderungsindex verwendet.

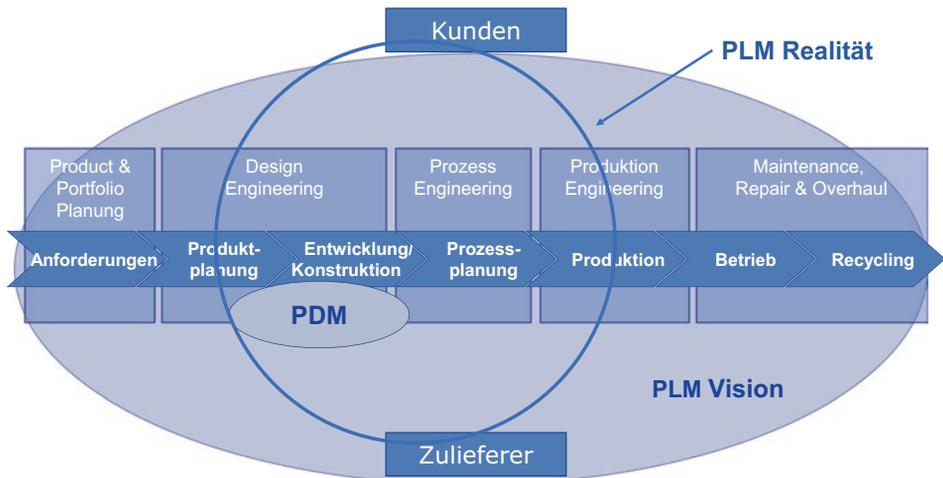
verschiedener Unternehmensteile und/oder Unternehmen im Zulieferer/Kunden-Verhältnis, konnten diesen Support nicht leisten. Verteilte Entwicklung, Produktion und Wartung/Service wurden zum Standard moderner Unternehmen, ebenso die Integration und der Informationsaustausch mit den Kunden und Zulieferern. Der Support der Wertschöpfungskette (→ Supply Chain Prozess) und des gesamten Produktlebenszyklus wurde vom Markt gefordert. Die PDM-Anbieter reagierten Ende der 90er-Jahre quasi über Nacht. Ein neuer Begriff Product Lifecycle Management (PLM) wurde geboren. Interessant war, dass zunächst die Anbieter und die Systeme unverändert blieben. Als PDM quasi ‚State of the Art‘ wurde, wuchs kundenseitig der Appetit, auch die Daten in anderen Bereichen der industriellen Wertschöpfungskette zu verwenden, und es wuchs anbieterseitig der Appetit auf neue Anwendungen in anderen Disziplinen und in anderen Abteilungen jenseits des Engineerings. Warum sollten nicht der Vertrieb, Kunden, Zulieferer, die Prozessplanung und die Montage schon mit den Modellen arbeiten können, wenn sie über ein zentrales Datenmanagement zur Verfügung stünden? Es ging dabei zunächst nur um die Geometriedaten der mechanischen Konstruktion, die ja noch in den Neunzigerjahren einen wesentlichen Teil industrieller Innovation beinhaltete. Die 3D-Modelle reichten aber nicht mehr aus, um das Verhalten und die Funktion mechatronischer Produkte abzubilden. So stieß PLM an die Grenzen zwischen den isoliert eingesetzten, fachspezifischen IT-Anwendungen, die für multidisziplinäre Zusammenarbeit nicht ausgelegt waren. Über die Jahre wuchs die Notwendigkeit für die Einbindung der Mechatronik. So wurde vermehrt die Einbindung von Elektronik, Software und Embedded Software in die PLM-Systeme angeboten. PLM selbst war natürlich auch nicht darauf ausgelegt, und die Anwender in der Industrie tun sich bis heute schwer mit der interdisziplinären Zusammenarbeit. Viele Kunden interpretierten die Umbenennung zunächst eher als Marketingaktion. PDM war zumindest bei den Kunden über 1000 Mitarbeitern weitgehend eingesetzt und die Systemanbieter wollten einfach ein größeres Stück vom Kuchen haben. Eine von vielen damaligen sehr optimistischen Definitionen von PLM ist [11, 12]:

► **Definition PLM:** Product Lifecycle Management (PLM) ist das unternehmensweite Informationsmanagement von produkt- und prozessbezogenen Daten. Es umfasst die Planung, Verwaltung und Organisation entlang des Produktlebenszyklus und ist für eine ganzheitliche Verwaltung aller Daten, Dokumente, Ressourcen und Prozesse während des gesamten Produktlebenszyklus erforderlich (→ Single Source of Truth). Alle Personen, die unabhängig von ihrem Standort und ihrer organisatorischen Zugehörigkeit, gemeinsam bestimmte Aufgaben lösen müssen, arbeiten im System zusammen (→ Engineering Collaboration).

Auch CIMdata [14] schätzte 2005 die Anwendungsbreite von PLM ähnlich optimistisch ein (Abb. 2.4).



**Abb. 2.4** Anwendungsbereiche von PLM nach CIMdata (2005)



**Abb. 2.5** PDM versus PLM – Wunsch und Realität

Diese PLM Definitionen spiegelten die Visionen der Analysten, der universitären Forschung und der Systemanbieter wider. Die visionäre PLM-Marketingaussage im Vergleich zu den tatsächlich in Unternehmen eingesetzten Anwendungsbereichen stellt Abb. 2.5 dar.

Im Gegensatz zu PDM sollte PLM durchgängig über den gesamten Produktlebenszyklus Produkt- und Prozess-relevante Anwendungsfunktionen anbieten und über das Internet Kunden und Zulieferer einbinden. Die Realität war jedoch anfangs geprägt von

einer eher eingeschränkten Abdeckung in Richtung Prozessplanung und Produktion. Die frühe konzeptionelle und die operative Phase fehlten vollständig, die interdisziplinäre Einbindung von Software und Elektronik sowie die Integration der Simulation sowohl in der frühen Entwicklungsphase (→ Modelica, Simulink) als auch in der Phase der konkreten geometriebezogenen Konstruktion (→ FEA<sup>9</sup>, MBS<sup>10</sup>, CFD<sup>11</sup>, ...) erfolgte nur sehr zögerlich. Diese Anwendungen – wenn sie denn überhaupt betrieblich genutzt wurden – waren eher fragmentiert und eigenständig.

Über den Zeitraum bis 2008<sup>12</sup> entwickelten sich natürlich die PLM-Systeme in Richtung ihrer ursprünglichen Zielsetzungen weiter, sodass auch AMR's<sup>13</sup> Definition von PLM aus dem Jahre 1999 in Richtung einer flexiblen, verteilten Anwendungsumgebung, die eine Bereitstellung der aktuellen technischen Produktinformationen über die gesamten Phasen des Produktlebenszyklus ermöglicht, immer realistischer wurde. Eine Befragung von Kunden durch AMR ergab folgende Rangreihenfolge von Wünschen für eine Nutzung von PLM-Systemen [2]:

- Unternehmensweiter Zugriff auf Produktdaten (85 %),
- Product Lifecycle Management (45 %),
- Konfigurationsmanagement (35 %) und
- Finanzielle Einsparungen (20 %).

Aus dieser Betrachtung hat AMR fünf Kernkomponenten für PLM abgeleitet. Die beiden ersten sind inzwischen sehr ausgereift, da sie die beiden Funktionen sind, mit denen die PLM-Philosophie begann: Product Data Management (PDM) und Engineering Collaboration, d. h. die Lösungen, die es den verschiedenen unternehmensinternen und -externen Entwicklungspartnern ermöglichten, auch in verteilten Standorten zusammenzuarbeiten. Weitere sind der Supply Chain Support (→ Zulieferer), das Customer Needs Management (CNM) und die Prozessplanung [13]. CNM ist eine aufstrebende Disziplin innerhalb des PLM. Dadurch wird sichergestellt, dass der Bedarf des Kunden beziehungsweise die Produkthanforderungen an alle kommuniziert werden, die im Verlauf des Lebenszyklus für die Produktentwicklung verantwortlich sind. Customer Needs Management soll die Designfehler und Verzögerungen verhindern, die sich aus Missverständnissen und Kommunikationsstörungen ergeben, bei gleichzeitiger Verbesserung von Produktivität, Effizienz und Qualität [21]. Supply Chain Support war nur über die Einbindung von Bauteilebibliotheken und von Zuliefererbewertungen

---

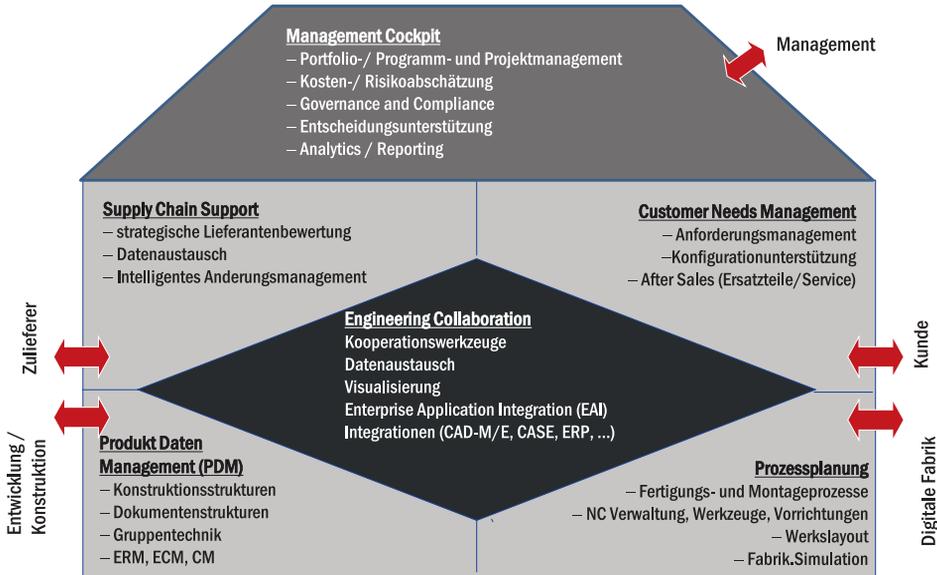
<sup>9</sup>FEA Finite Element Analysis.

<sup>10</sup>MBS Multi Body Systeme.

<sup>11</sup>CFD Computational Fluid Dynamic.

<sup>12</sup>2008 das Ende der weltweiten Finanzkrise wurde bewusst als ein Meilenstein der PDM/PLM/SysLM Entwicklung angenommen.

<sup>13</sup>AMR 1986 gegründete Marktforschungs- und Beratungsfirma, 2009 an Gartner verkauft.

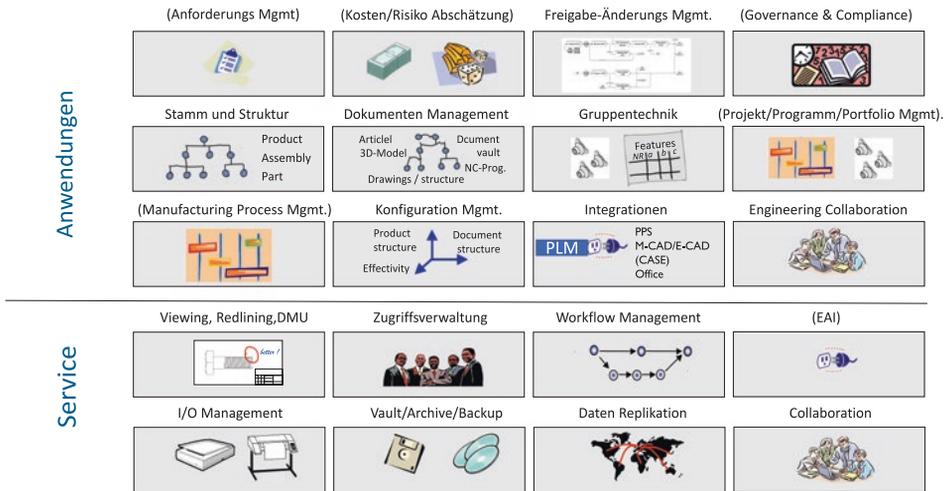


**Abb. 2.6** Funktionsgruppen und Funktionen von PLM (nach AMR)

umgesetzt. Prozessplanung wurde teils intern, aber meistens durch Zukauf von entsprechenden Lösungen eingebunden. Die sechste Funktion Management Cockpit wurde von einigen Anbietern im Laufe der Zeit als weiterer PLM-Baustein angeboten. Damit haben PLM-Lösungen den engen, administrativen Rahmen von PDM-Systemen verlassen und nicht nur technische Anwendungen erweitert, sondern zum ersten Mal Managementunterstützung angeboten [4]. Diese Erweiterungen – auf der PDM-Grundfunktionalität aufbauend – sind Abb. 2.6 zu entnehmen. Die Service-Funktionen wie Vault, Archiving, I/O-Management, Viewing/Redlining, Workflow und Replikationen sind mit PDM-Systemen weitgehend identisch.

Eine andere mehr zu Abb. 2.2 vergleichende Funktions- und Servicedarstellung ist Abb. 2.7 zu entnehmen. Bei der Aufsummierung der Funktionen wurde vom größten gemeinsamen Vielfachen der damals marktüblichen PLM-Systeme ausgegangen. Die eingeklammerten Funktionen waren beim Start von PLM eher schwach ausgeprägt. EAI (Enterprise Application Integration) umfasst die Planung, die Methoden und die Software, um heterogene, autonome Anwendungssysteme prozessorientiert zu integrieren. EAI ist somit die prozessorientierte Integration von Anwendungssystemen in heterogenen IT-Anwendungsarchitekturen<sup>14</sup>.

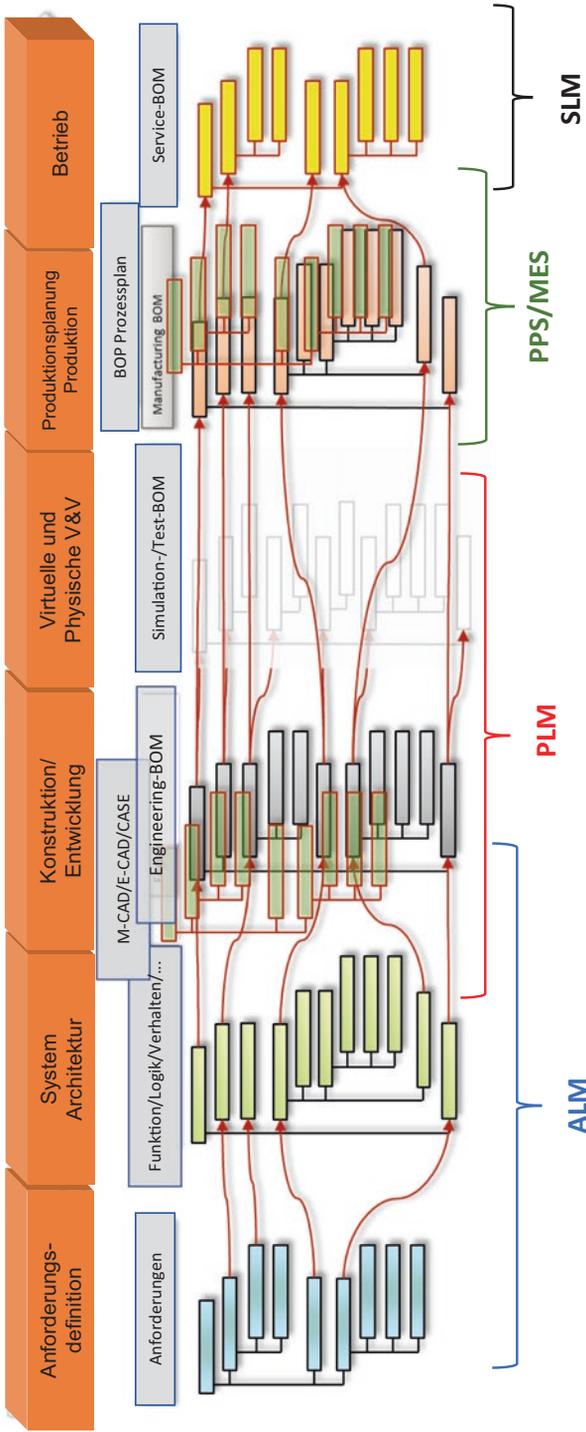
<sup>14</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_Application\\_Integration](https://de.wikipedia.org/wiki/Enterprise_Application_Integration), (zugegriffen am 13.4.2020).



**Abb. 2.7** Funktionsumfang von PLM-Systemen im Vergleich zu PDM

Natürlich haben sich auch die anfänglichen Defizite der PLM-Lösungen über die Zeit mehr oder weniger reduziert. Wir sprechen von einem Zeitraum des Reifungsprozesses von PLM über ca. 10 Jahren und konnten immer noch eine Differenz von der ursprünglichen Zielsetzung feststellen. Diese Differenz hatte vier Ursachen [5, 11, 13, 16, 19]:

- Die mangelnde Bereitschaft des Managements und der Anwender, dieses ganzheitliche PLM-Gesamtkonzept zu implementieren. PLM überspannte mehrere organisatorische Unternehmenseinheiten und war wegen nicht erkannter strategischer Relevanz nicht auf dem C-Level angelangt (→ CEO, CTO, CIO, CFO). PLM hatte keinen unternehmensweit Verantwortlichen, sondern war häufig auf Abteilungsebene angesiedelt. Viele PLM-Projekte endeten auch in einer Sackgasse, weil die Dominanz der PPS-Fraktion firmenintern stärker war als die technische Leistungsfähigkeit des PPS-Systems. Redundanzen und Überlappungen oder unvollständige nicht durchgängige Lösungen beim Freigabe-/Änderungs- und Konfigurationsmanagement waren die Folge.
- Die funktionale Unvollkommenheit mancher PLM-Systeme in neuen Anwendungsgebieten war evident. Es gab in funktionalen Nischen immer Anbieter, die eine bessere, allerdings schwerer zu integrierende, Teillösung angeboten hatten, als die PLM-Anbieter liefern konnte. Das galt zum Beispiel für Anwendungen wie Anforderungs- und Projektmanagement, Programm- und Portfoliomanagement, Simulationsverwaltung, Fertigungs- und Montageplanung sowie Recycling Planung. Der Anwender musste sich also ständig zwischen „Best in Breed“ und „Best in Integration“ entscheiden.



BOM Bill of Material = Stückliste    BOP Bill of Processes = Prozessplan für Fertigung und Montage

**Abb. 2.8** Theoretisches PLM-Datenmodell als Verknüpfung von Partialmodellen entlang des Produktlebenszyklus und reale Fragmentierung in verschiedene Teillösungen