
Modelle und Strategien zur Einführung des Computer Integrated Manufacturing (CIM) – Ein Literaturüberblick

Meudt, Tobias; Pohl, Malte; Metternich, Joachim

24. Juli 2017



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

PTW
TU DARMSTADT

CiP

Kontakt

meudt@ptw.tu-darmstadt.de

<http://www.ptw.tu-darmstadt.de> | <http://www.prozesslernfabrik.tu-darmstadt.de>

Abstract

Deutsch:

Im Rahmen der seit einigen Jahren verstärkten Aktivitäten von Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich der digital vernetzten Produktion kann eine Auseinandersetzung mit den Erfahrungen und Erkenntnissen von Computer Integrated Manufacturing (CIM) hilfreich sein. Hierfür werden in diesem Beitrag 37 CIM-Modelle kurz beschrieben, weiterführende Literaturhinweise angegeben und die Visualisierungen der Grundstrukturen abgebildet. Darüber hinaus werden Literaturhinweise zu einigen Planungs- und Umsetzungsstrategien im Kontext CIM gegeben sowie der Stand verfügbarer CIM-Reifegradmodelle dargestellt.

English:

Within the framework of the activities of science and business in the area of digitally networked production, which has been intensified for a number of years, an examination of the experiences and knowledge of Computer Integrated Manufacturing (CIM) can be helpful. For this purpose, 37 CIM models are briefly described in this article, additional literature references are given and the visualisations of the basic structures are depicted. In addition, there are references to some planning and implementation strategies in the CIM context, as well as the status of available CIM maturity models.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Einleitung	1
2 Begriffsverständnis.....	2
2.1 CIM-Modell	2
2.2 CIM-Reifegradmodell.....	2
2.3 Planungs- und Umsetzungsstrategie für CIM.....	2
3 Durchführung der Literaturrecherche	3
4 Literaturüberblick	4
4.1 CIM-Modelle im Überblick.....	4
4.2 Verfügbarkeit von CIM-Reifegradmodellen	25
4.3 Auflistung von Planungs- und Umsetzungsstrategien für CIM	25
5 Fazit.....	27
Literaturverzeichnis	II

1 Einleitung

Häufig wird Industrie 4.0 mit Bezeichnungen wie „CIM reloaded“¹, „CIM 2.0“² oder „Alter Wein in neuen Schläuchen“³ in Verbindung gebracht. Hiermit wird die Frage aufgeworfen, ob Industrie 4.0 eine grundsätzlich neue Idee darstellt oder vielmehr dem bereits existierenden CIM-Ansatz entspricht. Um diese Frage zu beantworten wurde eine Literaturrecherche zum CIM-Ansatz durchgeführt. Im Rahmen dieser Recherche wurden 37 verschiedene CIM-Modelle identifiziert, die von Beratungs- und Hochschulinstituten, überbetrieblichen Institutionen und Arbeitskreisen sowie Anbieter- und Anwenderunternehmen definiert wurden. Diese Modelle werden aufgrund ihres Umfangs in dieser Publikation zusammengetragen und dargestellt. Darauf aufbauend werden in einer zukünftigen Publikation der Autoren die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von CIM und Industrie 4.0 systematisch herausgearbeitet und noch in diesem Jahr veröffentlicht.

Der Beitrag gliedert sich dabei wie folgt. Im zweiten Kapitel werden CIM-Modelle, CIM-Reifegradmodelle sowie Umsetzungs- und Planungsstrategien für CIM definiert und voneinander abgegrenzt. Die Durchführung der Literaturrecherche wird im dritten Kapitel erläutert. Das vierte Kapitel gibt einen Literaturüberblick über CIM-Modelle, CIM-Reifegradmodelle und Planungs- und Umsetzungsstrategien für CIM. Der Beitrag schließt mit einem Fazit ab.

¹ Vgl. Scheer (2013), o.S.

² Vgl. Mertens (20013), S. 27-30.

³ Vgl. Schulz (2015), o.S.

2 Begriffsverständnis

In diesem Abschnitt werden CIM-Modelle, CIM-Reifegradmodelle sowie Planungs- und Umsatzsetzungsstrategien im Kontext CIM voneinander abgegrenzt und definiert. Hiermit soll ein einheitliches Begriffsverständnis als Grundlage für den Literaturüberblick in Kapitel 4 geschaffen werden.

2.1 CIM-Modell

Ein Modell im Sinne eines abbildungsorientierten Modellverständnisses ist ein vereinfachtes Abbild eines Systems oder eines Systemausschnitts, in dem Beziehungen und Funktionen idealisiert dargestellt sind.⁴ Analog hierzu wird im Kontext CIM unter einem Modell das vereinfachende Abbild charakteristischer Eigenschaften von CIM-Konzepten verstanden, auf dessen Grundlage unter anderem Aussagen zur Gestaltung verschiedener Problembereiche getroffen werden können. Durch die Verwendung eines CIM-Modells soll der Integrationsgedanke an alle an CIM-Projekten Beteiligten anschaulich vermittelt werden.⁵

2.2 CIM-Reifegradmodell

Ein Reifegradmodell definiert einen angestrebten oder typischen Entwicklungspfad eines Objekts, wie z.B. einer Organisation oder eines Prozesses, in aufeinanderfolgenden, diskreten Rangstufen. Um die Ist-Situation eines Objekts zu bestimmen und dieser eine Reife zuzuweisen, werden Messvorschriften zur Beurteilung bestimmter Merkmale vorgegeben. Für die Zustandsaufnahme des betrachteten Objekts werden Beobachtungen zu einem gegebenen Zeitpunkt zusammengetragen und ausgewertet. Auf der Ist-Situation aufbauend können dann Verbesserungsvorschläge und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.⁶ In Anlehnung hieran wird in diesem Beitrag unter einem CIM-Reifegradmodell ein stufenbasierendes Modell verstanden, um den Implementierungsgrad von CIM in einem Unternehmen zu ermitteln.

2.3 Planungs- und Umsetzungsstrategie für CIM

Im klassischen Sinne wird unter einer Strategie ein geplantes Maßnahmenbündel zur Erreichung bestimmter Ziele verstanden.⁷ In diesem Beitrag wird unter einer Planungs- und Umsetzungsstrategie ein Konzept verstanden, welches eine strukturierte Vorgehensweise zur rationalen Planung und effizienten Umsetzung von CIM in Unternehmen aufzeigt.

⁴ Vgl. Domschke et al. (2015), S. 3. Schütte (1998), S. 52-54.

⁵ Vgl. Backes und Schmitz (1996), S. 39.

⁶ Vgl. Becker et al. (2009), S. 2.

⁷ Vgl. Welge et al. (2017), S. 18.

3 Durchführung der Literaturrecherche

Um eine möglichst umfassende Zusammenstellung diverser CIM-Modelle, Planungs- und Umsetzungsstrategien für CIM sowie CIM-Reifegradmodelle zu erhalten, wurden verschiedene Quellen herangezogen. Hierbei wurden unter anderem die Suchfunktionen TUfind⁸ der Universitäts- und Landesbibliothek (ULB) Darmstadt, Google⁹, Google Scholar¹⁰ und WISO¹¹ genutzt. Suchbegriffe zu CIM in deutscher und englischer Sprache in verschiedenen Kombinationen und Schreibweisen werden verwendet. Neben der Nutzung digitaler Suchfunktionen wurde CIM-spezifische „Offline-Literatur“ der ULB Darmstadt durchsucht, da relevante Literatur im Kontext CIM üblicherweise nicht digital verfügbar ist. Insbesondere der wirtschaftswissenschaftliche Literaturbestand der ULB Darmstadt im Bereich Produktion, Beschaffung und Lagerhaltung (Signaturbereich QP 500 bis QP 530) stand hierbei im Fokus. Anzumerken ist, dass nur diejenige Literatur Berücksichtigung finden konnte, die entweder über die Campus-Lizenz der TU Darmstadt oder öffentlich zugänglich ist. Folglich kann mit diesem Beitrag nur ein Ausschnitt aller Modelle und Strategien im Kontext CIM aufgezeigt werden.

⁸ <https://hds.hebis.de/ulbda/index.php>

⁹ <https://www.google.de/>

¹⁰ <https://scholar.google.de/>

¹¹ <https://www.wiso-net.de>

4 Literaturüberblick

In diesem Kapitel werden zunächst zahlreiche CIM-Modelle zusammengetragen und anschließend deren Grundstrukturen in Form von Grafiken dargestellt. Danach wird die Verfügbarkeit von CIM-Reifegradmodellen beschrieben. Anschließend werden einige Strategien für die Planung und Umsetzung von CIM aufgelistet.

4.1 CIM-Modelle im Überblick

Zwischen Beginn der 1970er Jahre und Beginn der 1990er Jahre wurden zahlreiche CIM-Modelle von diversen Institutionen entwickelt.¹² Die Modellvielfalt zeigt sich in verschiedenen Darstellungsarten und in der unterschiedlichen Auswahl der dargestellten Aspekte.¹³

Während der Rechercheaktivitäten konnten insgesamt 37 CIM-Modelle identifiziert werden. Es ist davon auszugehen, dass weitere CIM-Modelle existieren, welche jedoch aufgrund des begrenzten Zeitrahmens der Recherchearbeiten nicht berücksichtigt werden konnten. Die Namen und Herausgeber der identifizierten Modelle mit fortlaufender Nummerierung sowie jeweils eine Kurzbeschreibung und entsprechende Literaturverweise sind in den Tabellen 2 bis 4 (Seite 6 bis 8) aufgeführt.

Die Modelle werden in Anlehnung an Paul¹⁴ gemäß den Herausgeber-Institutionen in drei Kategorien zusammengefasst: Beratungs- und Hochschulinstitute, überbetriebliche Institutionen und Arbeitskreise sowie Anbieter- und Anwenderunternehmen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Verteilung der CIM-Modelle nach Herausgeber-Kategorie und Region. Hierbei wurden die CIM-Modelle von Anbieter- und Anwenderunternehmen demjenigen Land zugeordnet, in welchem das Unternehmen seinen Hauptsitz hat bzw. hatte. Der Großteil der identifizierten CIM-Modelle stammt aus den Ländern Deutschland und USA.

Einen Überblick über die Veröffentlichungszeitpunkte der identifizierten CIM-Modelle gibt Abbildung 1 in Form eines Zeitstrahls. Auf dem Zeitstrahl sind jedoch nicht alle 37 CIM-Modelle abgetragen, da für zwei CIM-Modelle (Nr. 12 und 37) kein Veröffentlichungsjahr festgestellt werden konnte. Aus dem Zeitstrahl wird ersichtlich, dass zwischen Mitte und Ende der 1980er Jahre besonders viele CIM-Modelle veröffentlicht wurden.

Die Grundstrukturen der identifizierten CIM-Modelle sind auf den Seiten 9 bis 24 abgebildet. Anzumerken ist, dass einige Grundstrukturen während der Recherchearbeit nicht zugänglich waren (Nr. 1, 7, 13 und 19). Die Übersicht über die verschiedenen Grundstrukturen lässt erkennen, dass die meisten Modelle die Verknüpfung verschiedener Systeme im Unternehmen überwiegend mit Linien bzw. Pfeilen darstellen. Während einige Modelle eine kreisförmige Grundstruktur aufweisen, sind andere Modelle als dreidimensionaler Würfel oder als Haus konzipiert. Darüber hinaus existieren Modelle mit Grundstrukturen in Y-, X- oder Kreuzform.

¹² Vgl. Schüler (1994), S. 15.

¹³ Vgl. Backes und Schmitz (1996), S. 39.

¹⁴ Vgl. Paul (1991), S. 137.

	überbetriebliche Institutionen und Arbeitskreise	Beratungs- und Hochschulinstitute	Anbieter- und Anwenderunternehmen	Summe	Nummer
Deutschland	3	11	6	20	5, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 33, 34
USA	7	0	7	14	1, 2, 3, 4, 6, 11, 12, 25, 27, 28, 32, 35, 36, 37
International	2	0	0	2	7, 10
Frankreich	0	1	0	1	13
Summe	12	12	13	37	

Tabelle 1: Verteilung der identifizierten CIM-Modelle nach Region und Herausgeber-Institution

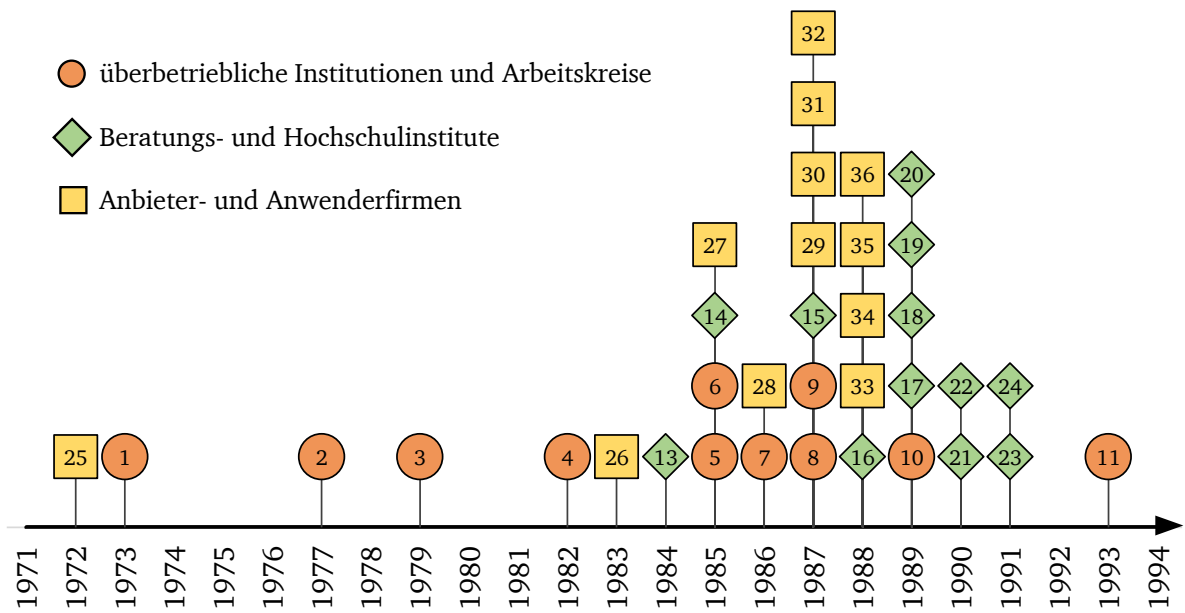


Abbildung 1: Zeitpunkte der Veröffentlichung der identifizierten CIM-Modelle

(für zwei CIM-Modelle (Nr. 12 und 37) konnte kein Veröffentlichungsjahr festgestellt werden, diese sind hier nicht aufgeführt).

Tabelle 2: CIM-Modelle von überbetrieblichen Institutionen und Arbeitskreisen

Nr.	Name und Herausgeber	Primärliteratur	Sekundärliteratur	Kurzbeschreibung
1	CIM nach Harrington	Harrington (1973).	-	Durchgängiger Informationsfluss mit stark fertigungstechnischem Fokus
2	ICAM - Integrated Computer Aided Manufacturing (Model of Manufacturing) der USAF - United States Air Force	Wisnosky (1977).	Shumaker (1980), S. 1-6.	Funktionsorientierter Ansatz, speziell für Luftfahrtindustrie, beinhaltet Definitionen zur Standardisierung (IDEF)
3	AFMS - Advanced Factory Management System der CAM-I - Computer Aided Manufacturing Inc.	CAM-I (1979).	O'Grady (1986), S. 37-39. Doumeingts (1988), S. 203-204.	Umfassende Methode zum Aufbau eines Produktionsmanagements, hierarchische Struktur mit vier Ebenen mit jeweils sieben Funktionen
4	AMRF-Hierarchiemodell - Automated Manufacturing Research Facility des NIST - National Institute of Standards and Technology (früher NBS - National Bureau of Standards)	Simpson et al. (1982), S. 17-31.	Jones und McLean (1986), S. 15-25. Radhakrishnan et al. (2000), S. 603.	Kontrolltheoretischer und technisch orientierter Ansatz, Unterteilung in fünf Kontrollebenen Facility, Shop, Cell, Workstation und Equipment
5	Modell nach dem AWF - Ausschuss für Wirtschaftliche Fertigung	Ausschuss für Wirtschaftliche Fertigung e.V. (1985).	Geitner (1987), S. 6. Lang (1991), S. 71-76. Cronjäger (1990), S. 9. Haasis (1993), S. 8-12. Schüler (1994), S. 16.	Funktionsorientierter Ansatz, Begriffsabrenzungen werden erleichtert
6	CIM Enterprise Wheel der CASA/SME - Computer and Automated Systems Association of the Society of Manufacturing Engineers	Computer and Automated Systems Association (1985).	Alavudeen und Venkateshwaran (2010), S. 7. Lin und Nagalingam (2000), S. 7-8.	Fokus auf Automatisierung und innerbetriebliche Prozesse, im Zentrum steht der Kunde, Einteilung in sechs Bereiche: Kunden, Mitarbeiter und Teamarbeit in der Unternehmung, Wissensmanagement, Prozessfluss von der Produktdefinition bis zum Kundendienst, Unternehmensressourcen und -verantwortlichkeiten
7	FAM - Factory Automation Model (Purdue Reference Model for CIM) der ISO - International Standards Organization	ISO (1986).	Norefors (1998), S. 114-115. Bauer et al. (1994), S. 27-28. Vlacic (1996), S. 105-107.	Hierarchisches Modell mit sechs Ebenen Enterprise, Facility/Plant, Section/Area, Cell, Station, Equipment
8	Modell nach KCIM - Kommission CIM im DIN - Deutsches Institut für Normung	Deutsches Institut für Normung e.V. (1987).	Cronjäger (1990), S. 21. Haasis (1993), S. 17. Schüle (1994), S. 18. Schüler (1994), S. 17.	Datenflussorientierter Ansatz, Verbindung verschiedener Funktionen wird ersichtlich
9	Modell des CAD/CAM-Labors Karlsruhe	CAD/CAM Labor Karlsruhe (1987).	Koppitz (1991), S. 42-43. Schüler (1994), S. 17-18.	Produkt- und produktbezogenes Flussdenken, Fertigung als Schnittpunkt des produkt- und kundenbezogenen Informationsfluss, Datenbasis als Zentrum des Informationsflusses
10	CIM-OSA - Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture des AMICE-Konsortium	ESPRIT Consortium AMICE (1989).	Cronjäger (1990), S. 22. Matthes (2011), S. 83-84. Radhakrishnan et al. (2000), S. 600-602.	Umfassendes Rahmenwerk mit Darstellung als Würfel mit den Dimensionen Derivation, Instantiation und Generation
11	CIM Manufacturing Enterprise Wheel der CASA/SME	Computer and Automated Systems Association (1993).	Jordan und Michel (2001), S. 134. Hall und Usher (1999), S. 4-9.	Erweiterung des CIM Enterprise Wheel durch eine überbetriebliche Perspektive
12	Modell nach CASA/SME	-	Cronjäger (1990), S. 18-19. Kearney (1989), S. 284-318.	Funktionsorientierter Ansatz mit vier Funktionsbereichen Konstruktion/Entwicklung, Produktionsplanung, Produktionssteuerung und Fabrikautomatisierung

Tabelle 3: CIM-Modelle von Beratungs- und Hochschulinstituten

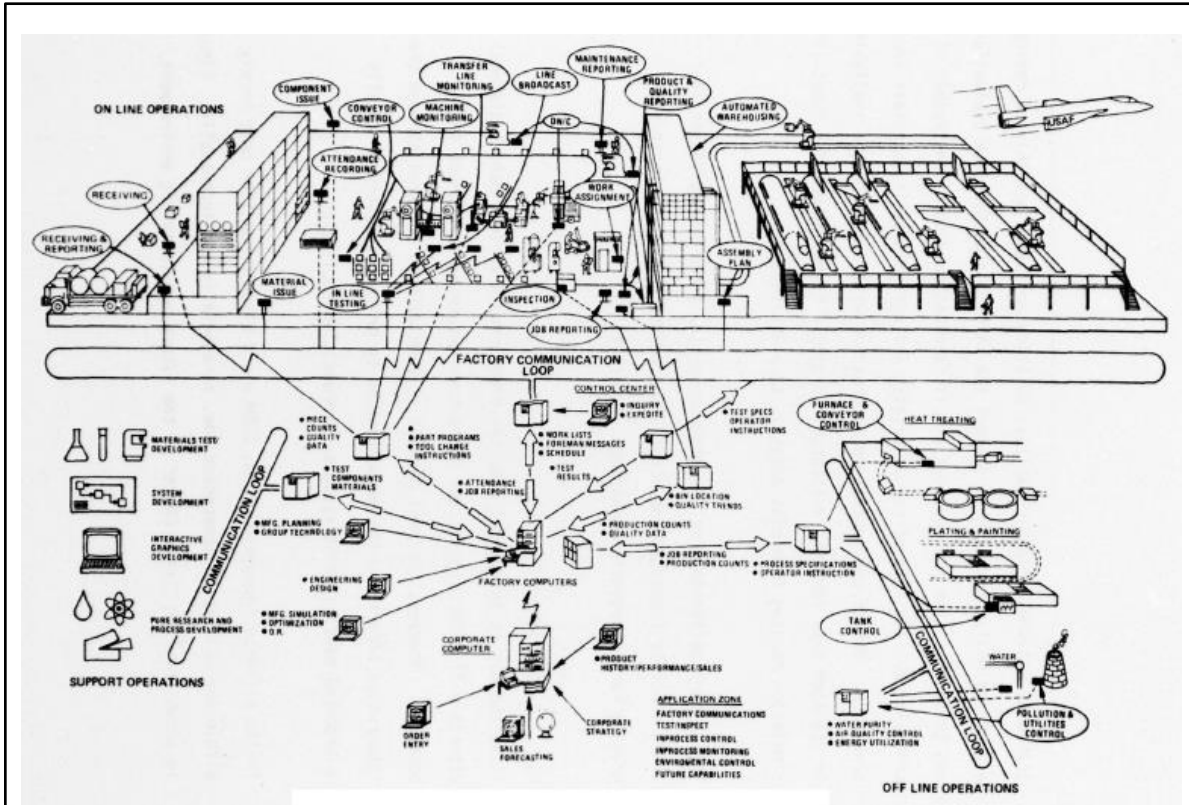
Nr.	Name und Herausgeber	Primärliteratur	Sekundärliteratur	Kurzbeschreibung
13	GRAI - Graphes à Résultats et Activités Interliés (GIM - GRAI Integrated Methodolog)	Doumeingts (1984).	Chen und Doumeingts (1996), S. 102-126. Heimig (2002), S. 24-26.	Unterteilung des Unternehmens in vier Subsysteme physikalisches System, operatives System, Entscheidungssystem und Informationssystem; jedes dieser Systeme kann selbst wieder in Subsysteme unterteilt werden; GRAI-Grids werde zur Analyse von Entscheidungs- und Informationsflüssen eingesetzt
14	Modell nach Diebold	Dernbach (1985), S. A1-A38.	Lang (1991), S. 79-83.	CIM-Konzeption anhand von individuellen Gestaltungsparametern, CIM als Gegenüberstellung von Funktionen im Unternehmen, keine explizite Nennung der Qualitätssicherung
15	Y-Modell nach Scheer	Scheer (1987).	Lang (1991), S. 77-78. Cronjäger (1990), S. 15.	Funktionsorientierter Ansatz, Unterscheidung zwischen primär betriebswirtschaftlich, planerischen Funktionen und primär technischen Funktionen, Grunddatenverwaltung steht im Zentrum des Planungsbereichs
16	Modell nach Paul	Paul et al. (1988).	Paul (1991), S. 144.	Darstellung von Funktionen und Informationsflüssen als Regelkreise, Informationsfluss vom Auftragsingang bis zur Fertigstellung des Produktes
17	Modell nach Eversheim	Eversheim et al. (1989), S. 127-131.	Schüler (1994), S. 22-23.	Abstraktes Modell zur Zielfindung für die CIM-Einführung, Darstellung von CIM-Ketten, einer CIM-Musterfabrik, CIM-Werkzeugen und CIM-Zielen
18	Modell nach Vajna et al.	Vajna et al. (1989), S. 561-565.	Schüler (1994), S. 26-29.	Ablauforientierter Ansatz, Produktentstehung als Kreisprozess, Datenbank steht im Mittelpunkt, Fokus auf den Ablauf einzelner Arbeitsschritte
19	Amherst-Karlsruhe-CIM-Modell	- [1989]	Rembold et al. (1993). Rembold et al. (1994). Sodhi (1999), S. 90, 94.	Ebenen repräsentieren Fertigungsaktivitäten wie Engineering, Design Functions, Process Planning, Order Scheduling und Control of the Production
20	Modell nach Spur und Seliger	Seliger (1988), S. 325-330. Spur et al. (1989), S. 36-42.	Schüler (1994), S. 23-24. Spur et al. (1990), S. 41-43.	Darstellung von Datenkreisläufen mit Orientierung an sieben Unternehmenshauptfunktionen, Netzmodell, funktionale Anpassung an einen Unternehmenstyp möglich
21	Ebenenmodell nach Bullinger	Bullinger (1990).	-	Gliederung der CIM-Funktionen in fünf Ebenen, Unterteilung in technische und kommerzielle Datenbank, Informationsflüsse nur zwischen unmittelbar über- bzw. untergeordneten Ebenen
22	Model nach IFAO - Industrie Consulting GmbH - Institut für Angewandte Organisationsforschung	Kölle et al. (1990).	Paul (1991), S. 143.	PPS nimmt zentrale Stellung ein, Abbildung von Informationsflüssen vom und zum PPS
23	Modell nach Geitner	Geitner (1991).	Schüler (1994), S. 19-20.	Kommunikationsorientierter Ansatz, PPS nimmt zentrale Stellung ein, Abbildung von Informationsflüssen vom und zum PPS, teilweise Darstellung kaufmännischer Funktionen
24	ARIS - Architektur integrierter Informationssysteme nach Scheer	Scheer (1991).	Scheer und Thomas (2009), S. 550-551. Heimig (2002), S. 27-29.	Grundlage ist die Fünf-Sichten-Architektur (ARIS-Haus) bestehend aus Organisations-, Daten-, Leistungs-, Funktions- und Steuerungssicht

Tabelle 4: CIM-Modelle von Anbieter- und Anwenderunternehmen

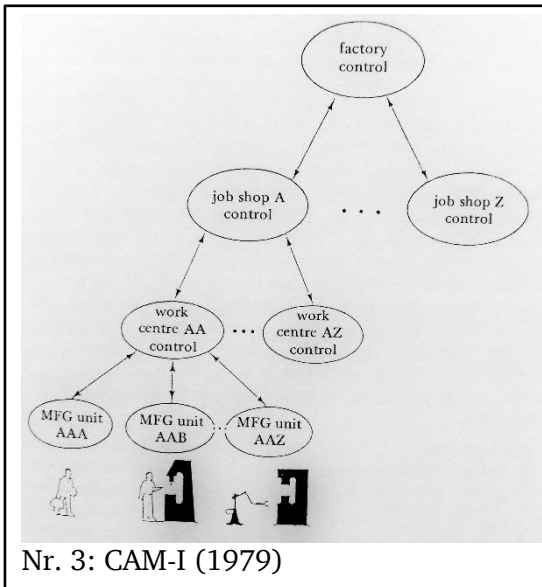
Nr.	Name und Herausgeber	Primärliteratur	Sekundärliteratur	Kurzbeschreibung
25	COPICS - Communications Oriented Production Information and Control System von IBM	IBM (1972).	IBM (1989). Sodhi (1999), S. 90-92. Rompel (1992), S. 242-244.	Kommunikationsorientierter Ansatz, besteht aus mehreren integrierten Anwendungsprogrammen
26	Modell nach Siemens Fertigungstechnik (Energietechnik)	Waller (1983), S. 838-842.	Venitz (1990), S. 58. Lochmann (1986), S. 18-21. Geitner (1987), S. 12-14.	Funktions- und datenflussorientierter Ansatz, Ähnlichkeiten zum Modell der DEC und KCIM, Informationsfluss unvollständig aufgrund nicht beschrifteter Pfeile
27	Modell nach IBM - International Business Machines Corporation	IBM (1985).	IBM (1987). Venitz (1990), S. 48-51. Geitner (1987), S. 8-12. Haasis (1993), S. 20-22. Schüler (1994), S. 19.	Komponenten-Betrachtung, Darstellung der Verbindung zwischen verschiedenen Werken, Darstellung von Zuliefererstrukturen wie sie in der Automobilindustrie typisch sind, Berücksichtigung der Verknüpfung von Planungsdaten zwischen Hersteller und Zulieferer
28	Modell der DEC - Digital Equipment Corporation	DEC (o.J.), S. 6. [1986]	Flateau (1986). Geitner (1987), S. 6-7. Haasis (1993), S. 19. Venitz (1990), S. 44-47.	Fluss- und funktionsorientierter Ansatz, Funktionen wie Marketing, Vertrieb und Unternehmensleitung werden berücksichtigt, hohe Ähnlichkeit zum Modell nach Nixdorf
29	Modell nach Siemens Daten- und Informationstechnik (Datenverarbeitung)	Siemens (1987), S. 36.	Geitner (1987), S. 12-14. Lang (1991), S. 83-85. Haasis (1993), S. 23-25. Sodhi (1999), S. 90. Baumgartner et al. (1989).	Erweiterung von CIM zu Computer Aided Industry (CAI = CIM + CAO), Darstellung als X-Modell, die vier Achsen repräsentieren PPS, CAQ, CAM und CAE
30	Modell nach Nixdorf	Nixdorf (1987), S. 7.	Geitner (1987), S. 12. Haasis (1993), S. 22-23. Venitz (1990), S. 54-55.	Fluss- und funktionsorientierter Ansatz, hohe Ähnlichkeit zum Modell der DEC, Berücksichtigung der Kategorien Markt, Lieferanten und Kunden
31	Modell der PKI - Philips Kommunikations Industrie AG	Philips (1987).	Paul (1991), S. 152. Keller (1988), S. 232-242.	Vermaschtes und rückgekoppeltes System, Parallelität technischer, produktionsplanerischer und qualitätssichernder Aktivitäten, Einbezug des Kunden
32	Modell nach NCR - National Cash Register	Ruff (1987), S. 39.	Venitz (1990), S. 53-54.	Unterteilung in fünf miteinander vernetzten Hierarchieebenen von der Unternehmensebene bis zur Maschinenebene, Darstellung betrieblicher Funktionen
33	CIMOS der MTU - Maschinen- und Turbinenunion Friedrichshafen	Vogel (1988), S. 4-9.	Schüler (1994), S. 18. Paul (1991), S. 151.	Betriebswirtschaftliche und fertigungsorganisatorische Betrachtung, PPS steht im Mittelpunkt, Beziehungen einzelner Funktionen werden nicht berücksichtigt
34	Modell nach Tünschel (PSI AG)	Tünschel (1988), S. 29-36.	Paul (1991), S. 153. Schüler (1994), S. 25-26.	Darstellung als Würfel, die drei Achsen repräsentieren den Verantwortungsbereich, Aufgabenbereich und Zeithorizont
35	Modell nach Data General	Data General (1988), S. 7.	Venitz (1990), S. 43-44.	Unterteilung in ein organisatorisches und ein technisches Informationssystem, Schnittpunkt der beiden Informationssysteme ist der Produktionsprozess
36	Modell nach UNISYS (UNICOM - UNISYS Industry Communication)	UNISYS (1988), S. 6.	Venitz (1990), S. 59-60.	Verknüpfung technischer und betriebswirtschaftlicher Anwendungen zu einer Gesamtlösung
37	Modell nach HP - Hewlett Packard	-	Geitner (1987), S. 7-8. Haasis (1993), S. 20. Scheer et al. (1993), S. 52-55.	IT steht im Mittelpunkt, nur rudimentäre Darstellung der IT-Verbindungen

Grundstrukturen der CIM-Modelle

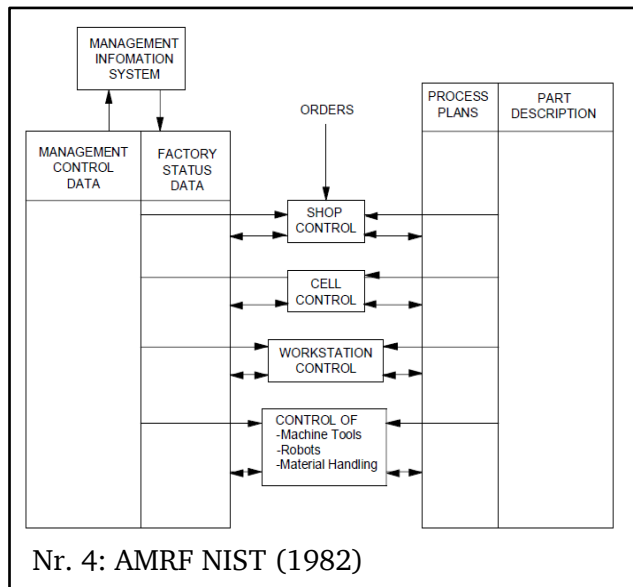
Nr. 1: CIM nach Harrington (1973) *nicht verfügbar*



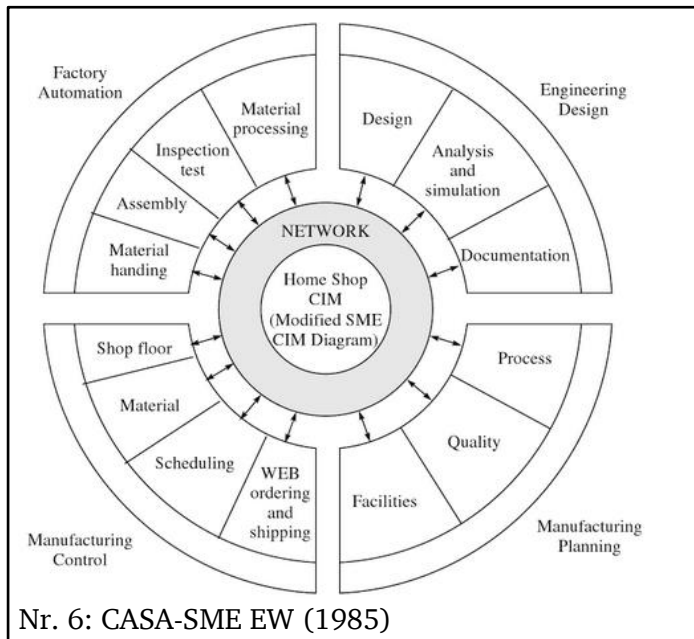
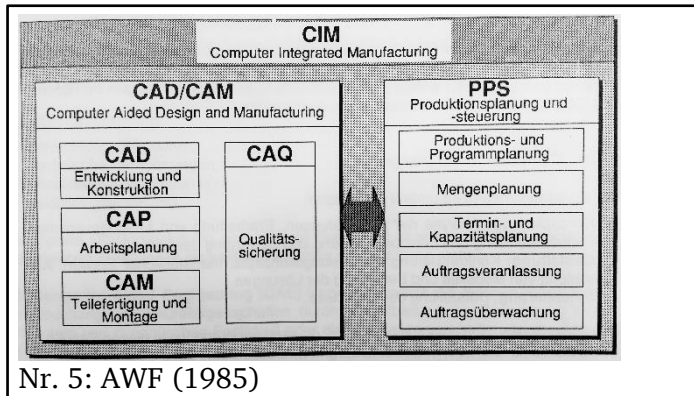
Nr. 2: USAF ICAM (1977)



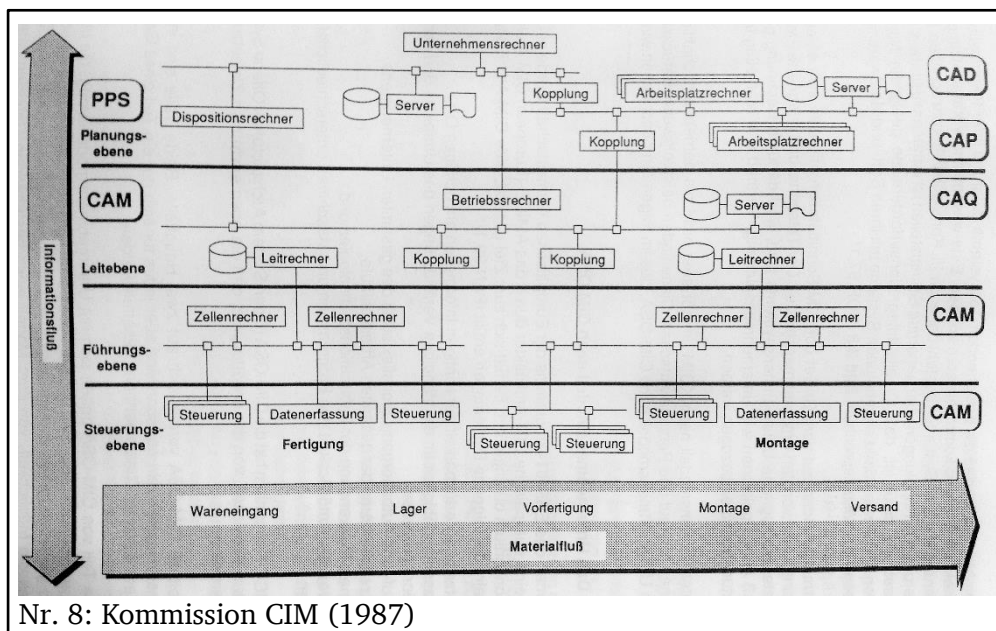
Nr. 3: CAM-I (1979)

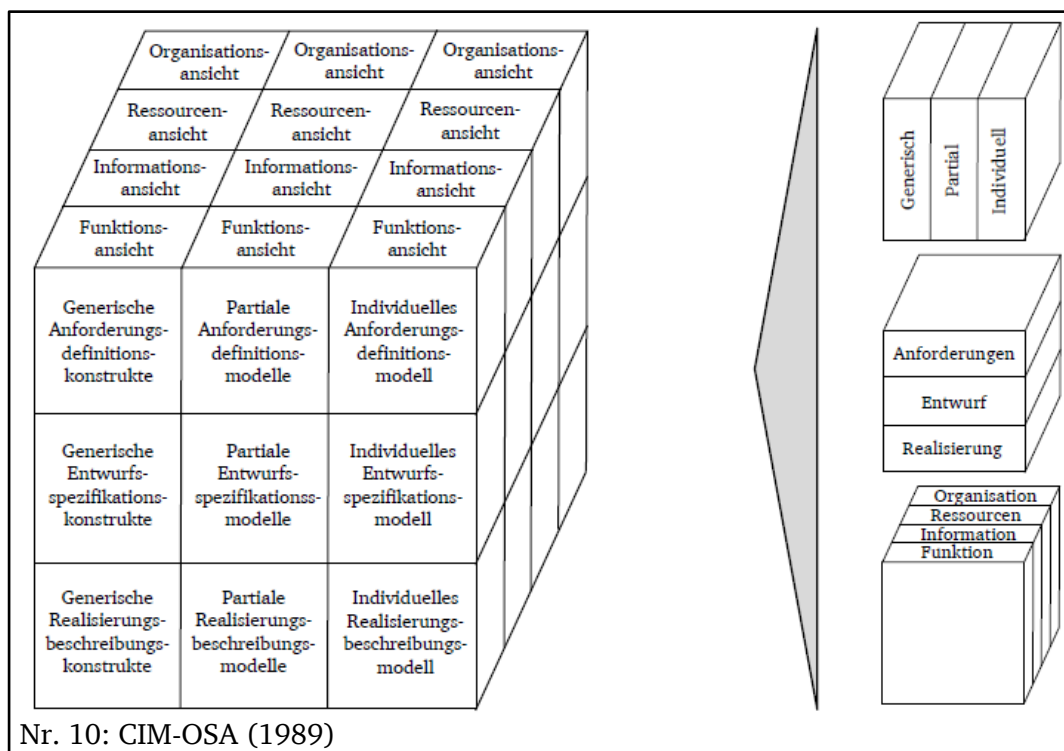
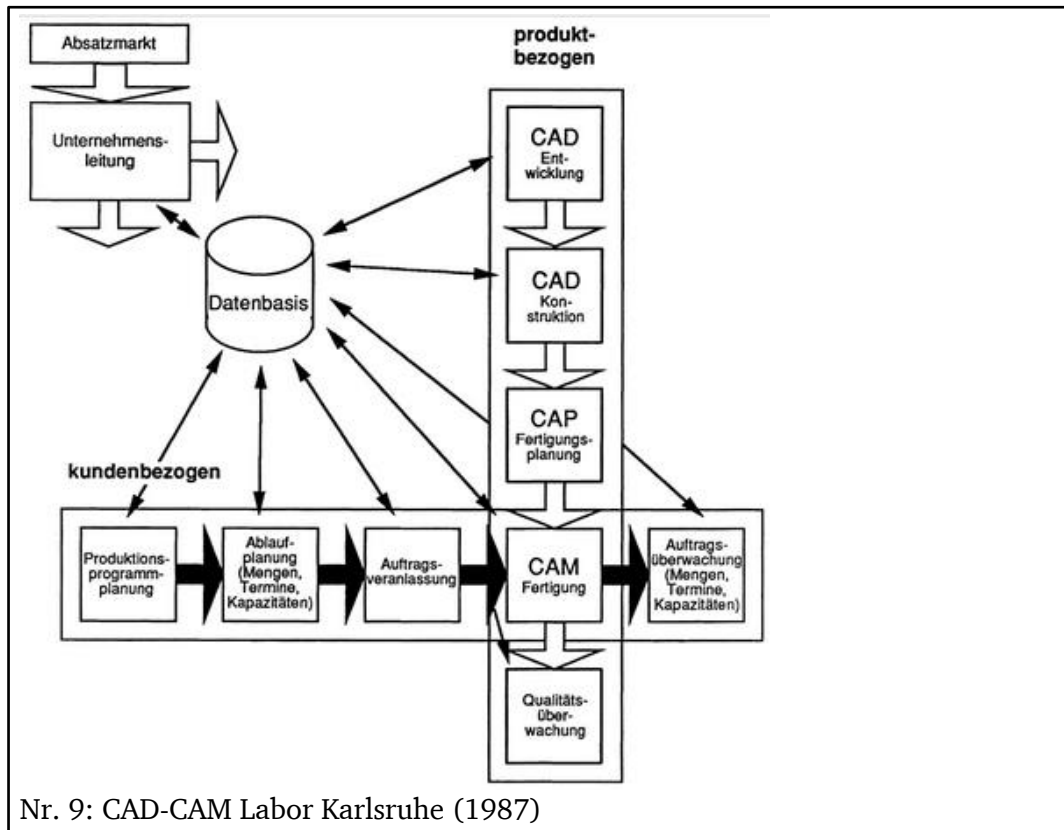


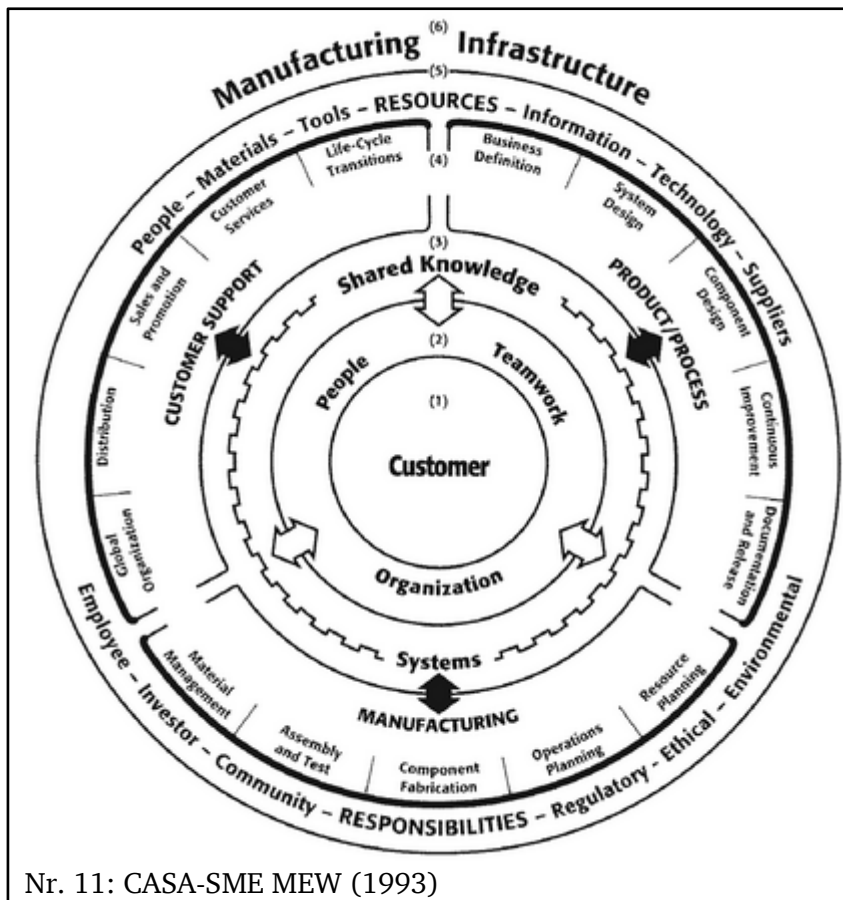
Nr. 4: AMRF NIST (1982)



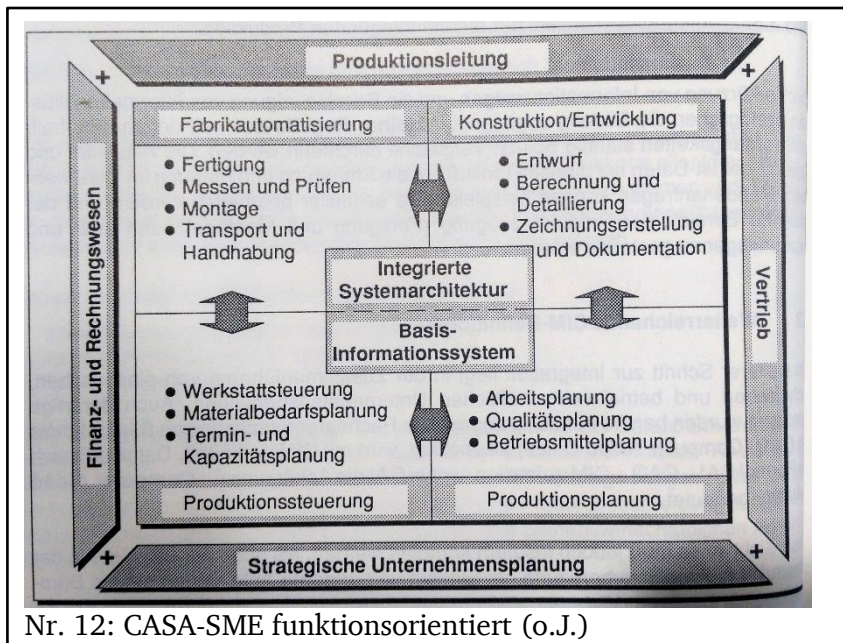
Nr. 7: FAM (1986) nicht verfügbar





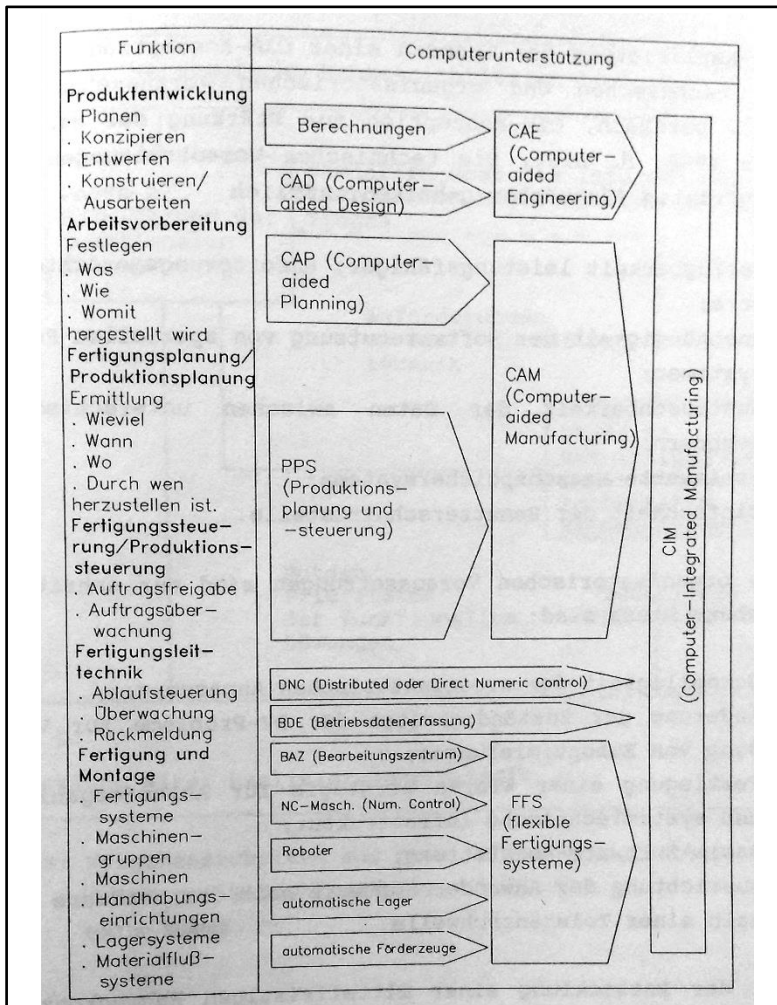


Nr. 11: CASA-SME MEW (1993)

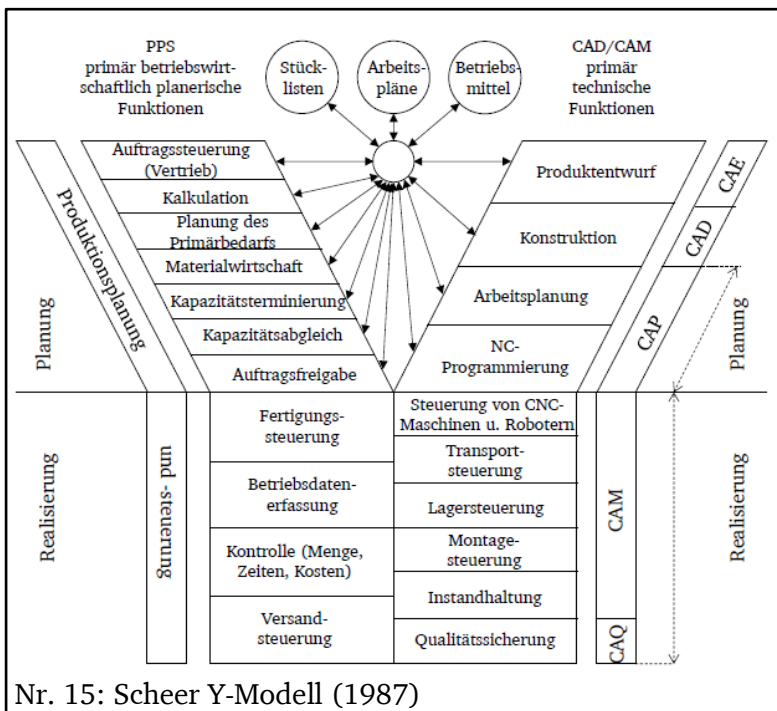


Nr. 12: CASA-SME funktionsorientiert (o.J.)

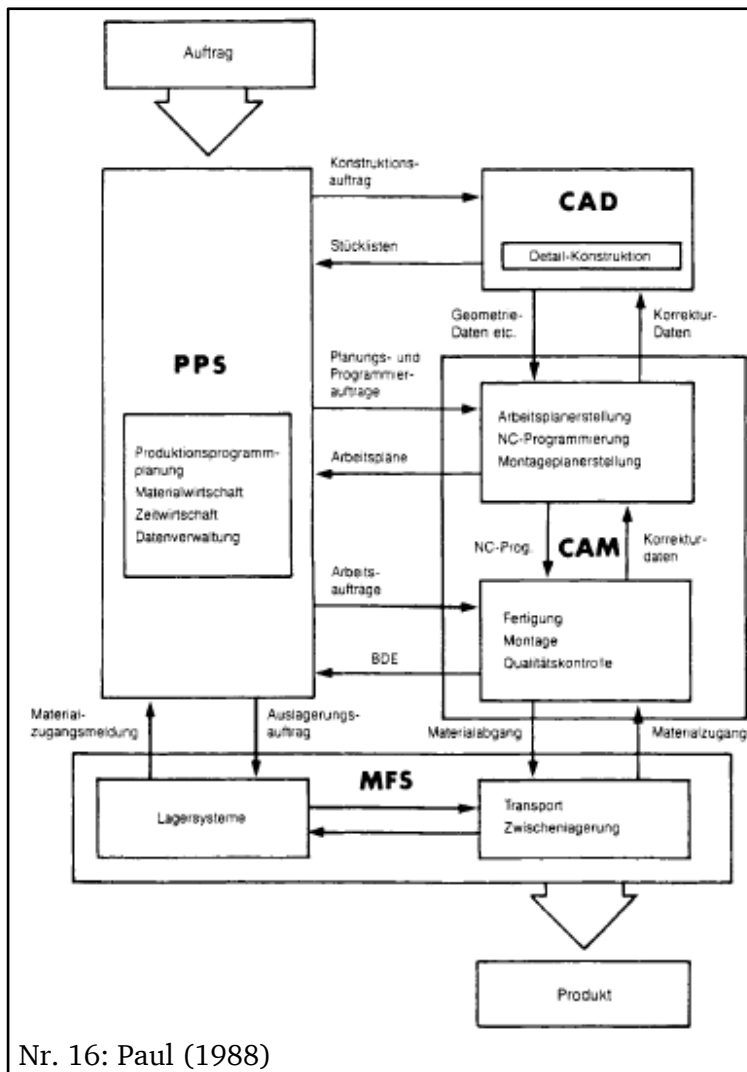
Nr. 13: GRAI (1984) nicht verfügbar



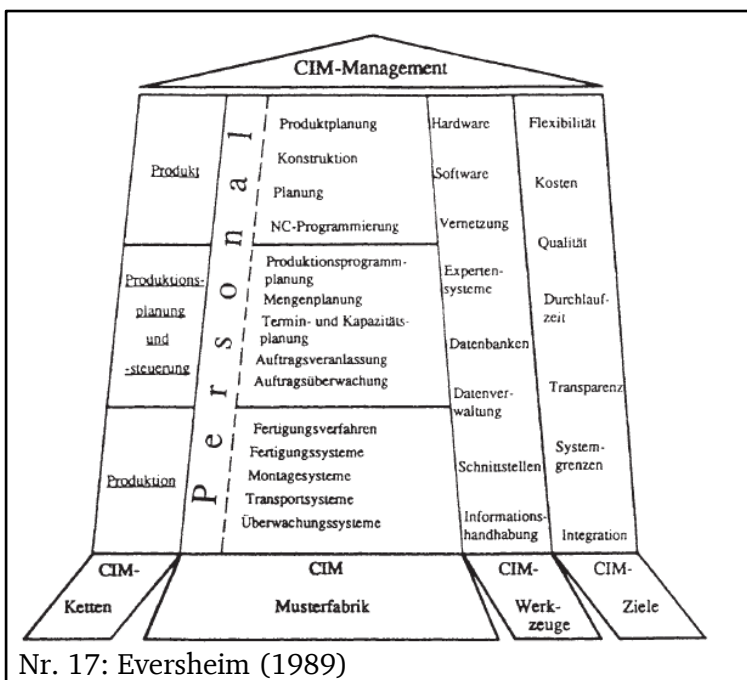
Nr. 14: Diebold Dernbach (1985)



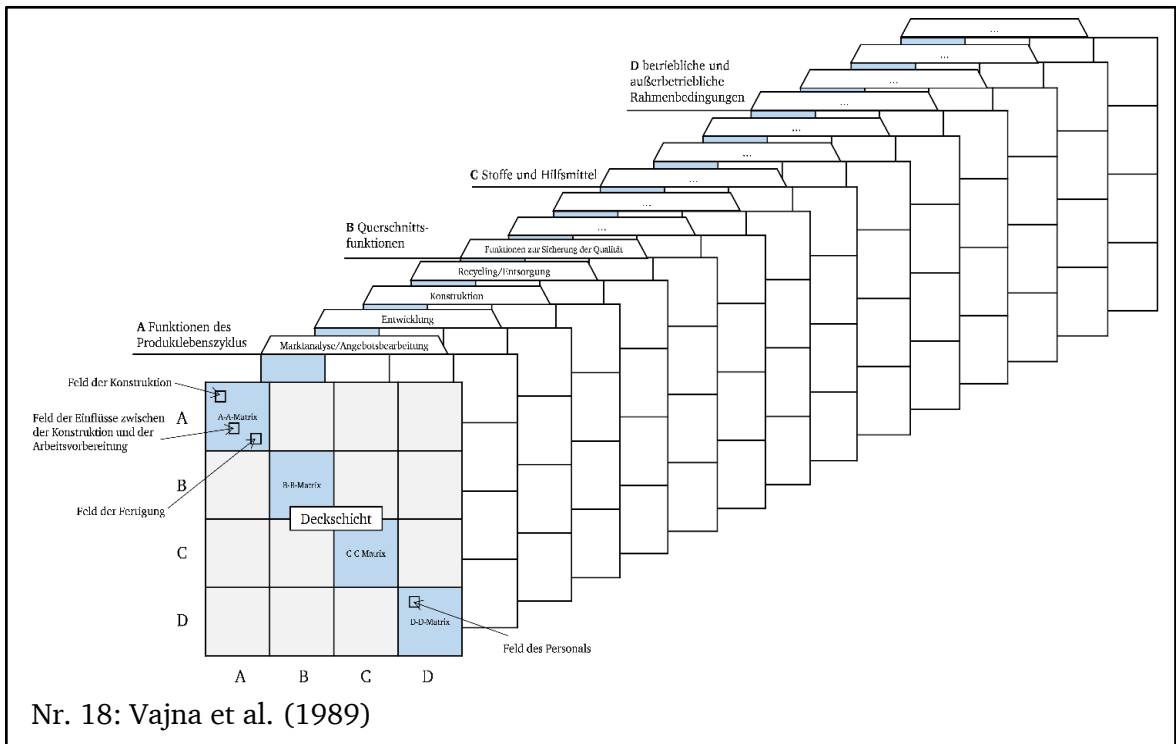
Nr. 15: Scheer Y-Modell (1987)



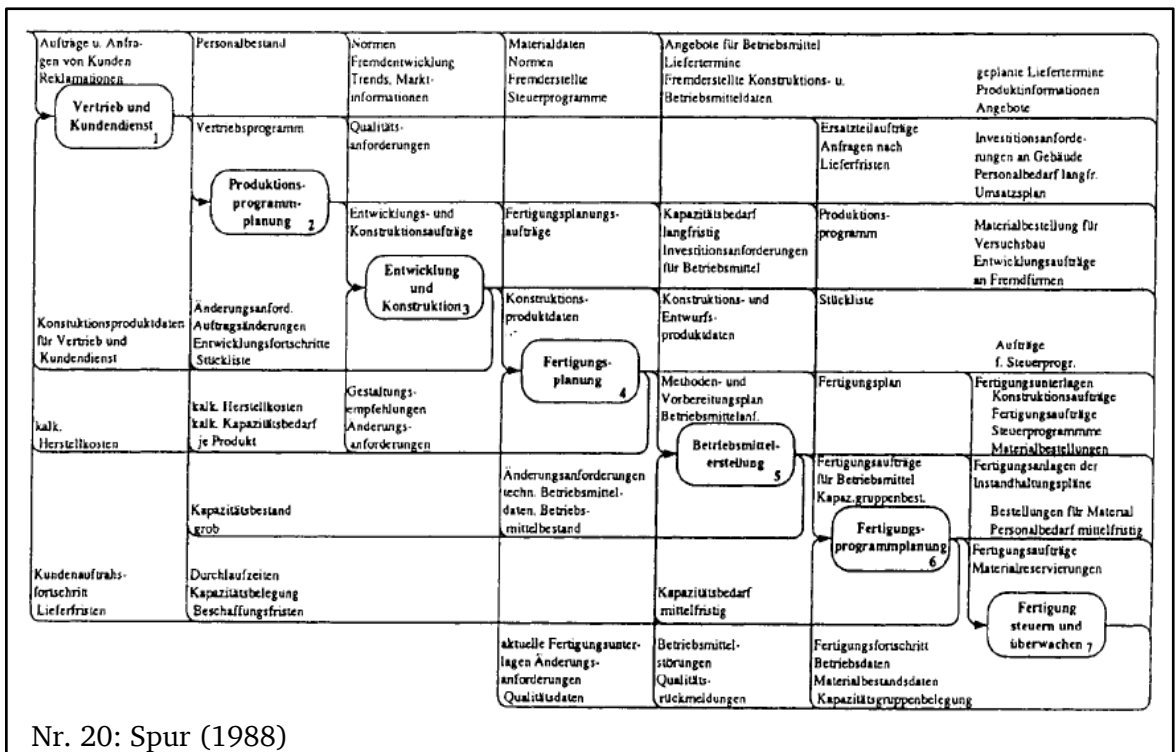
Nr. 16: Paul (1988)

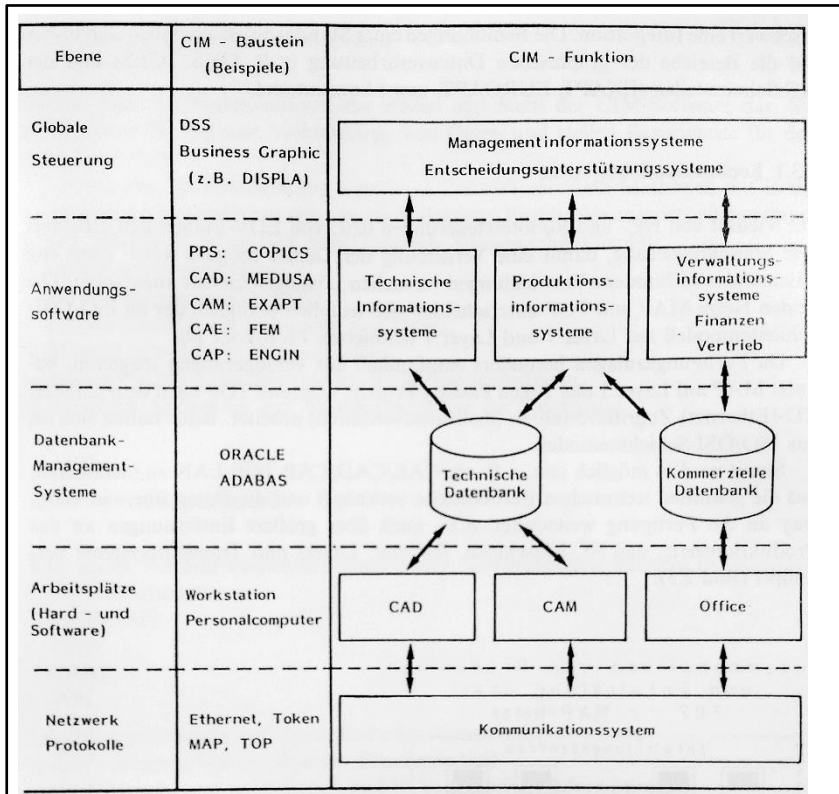


Nr. 17: Eversheim (1989)

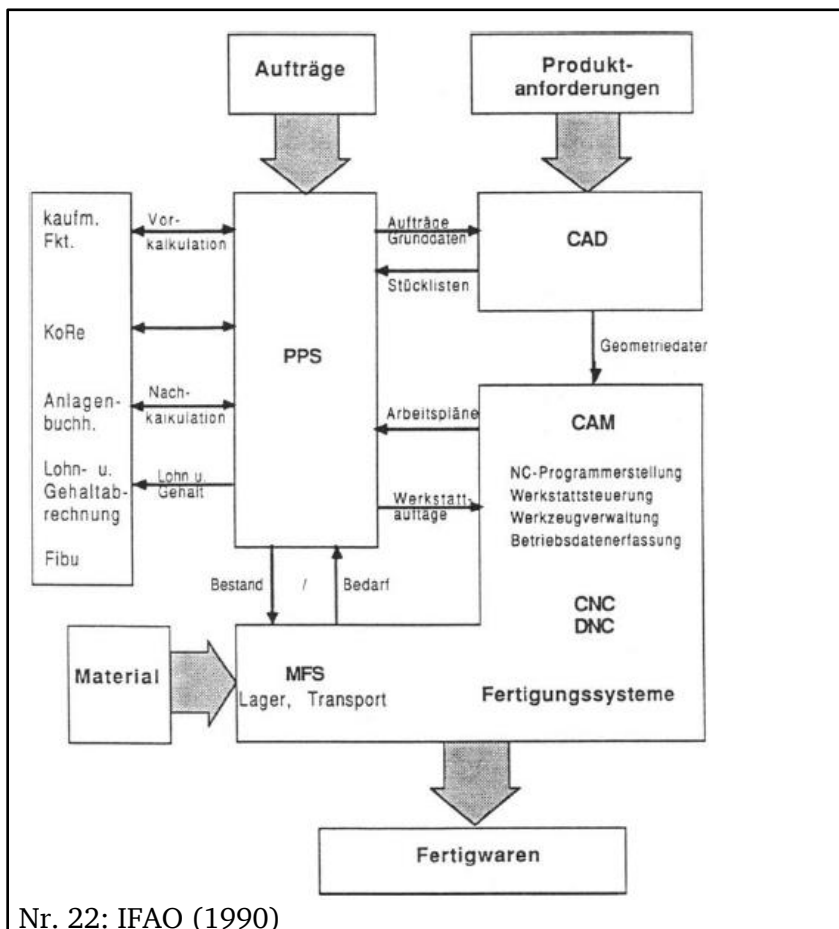


Nr. 19: Amherst-Karlsruhe CIM-Modell (o.J.) nicht verfügbar

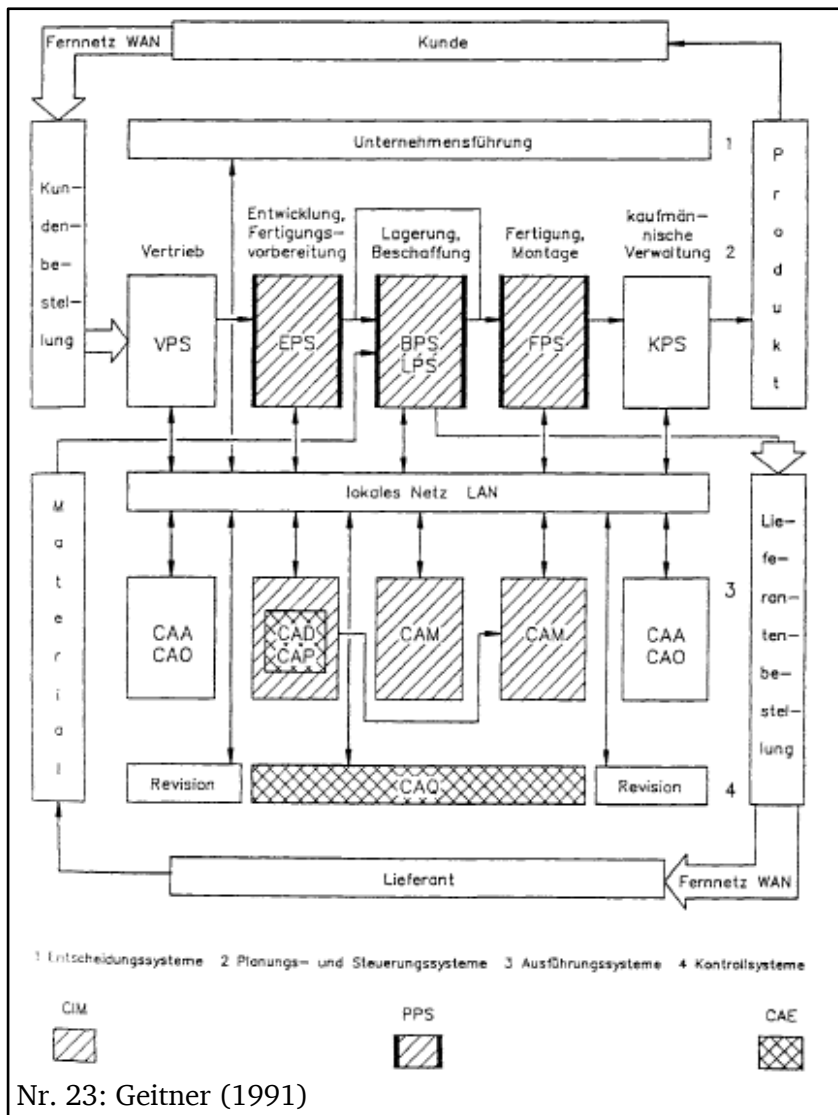




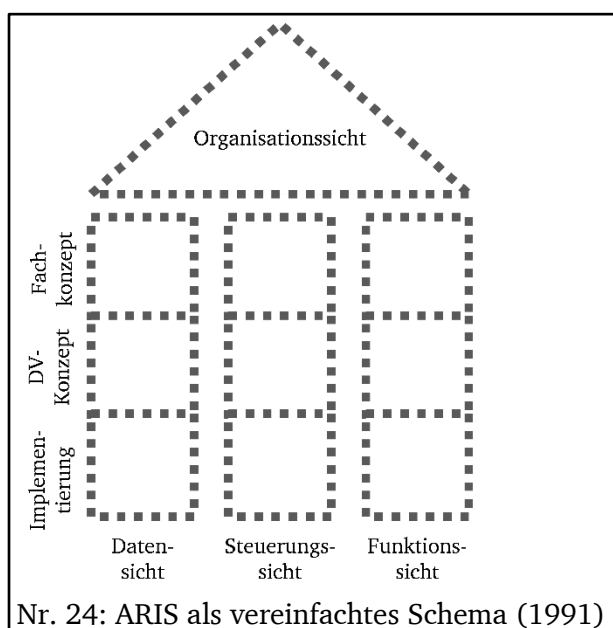
Nr. 21: Bullinger (1990)



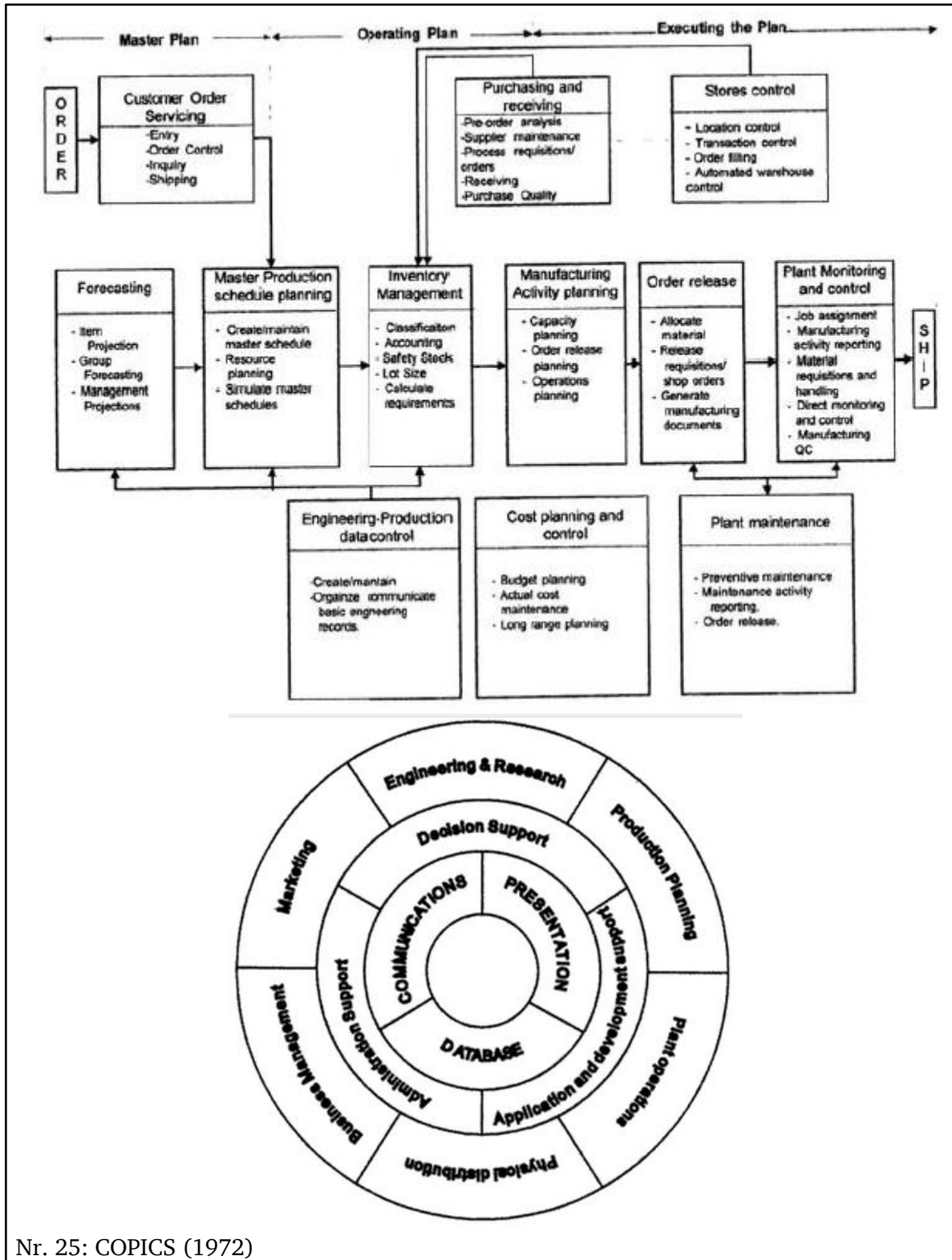
Nr. 22: IFAO (1990)



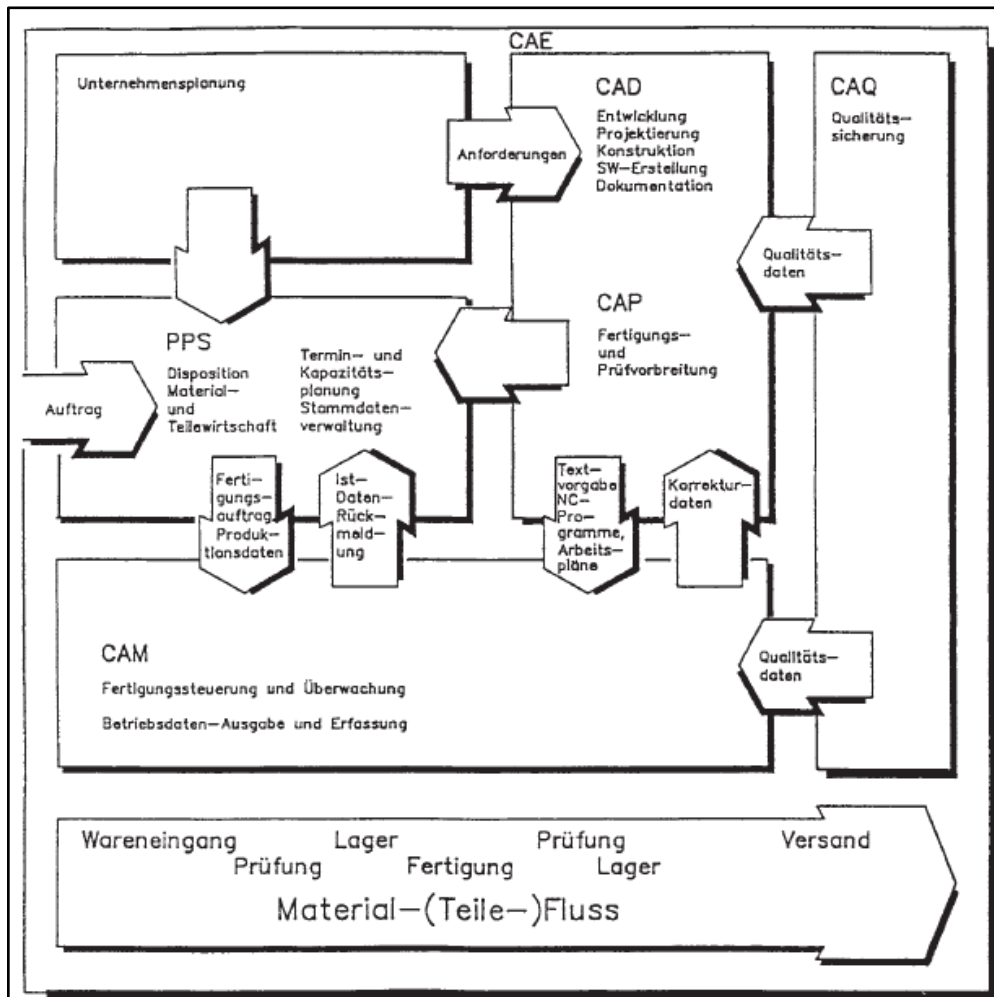
Nr. 23: Geitner (1991)



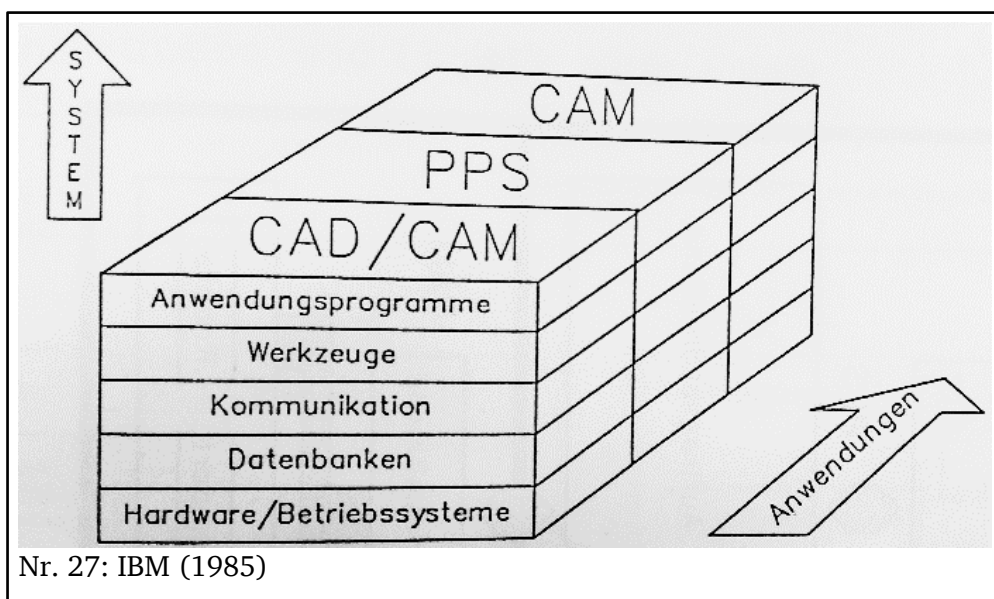
Nr. 24: ARIS als vereinfachtes Schema (1991)



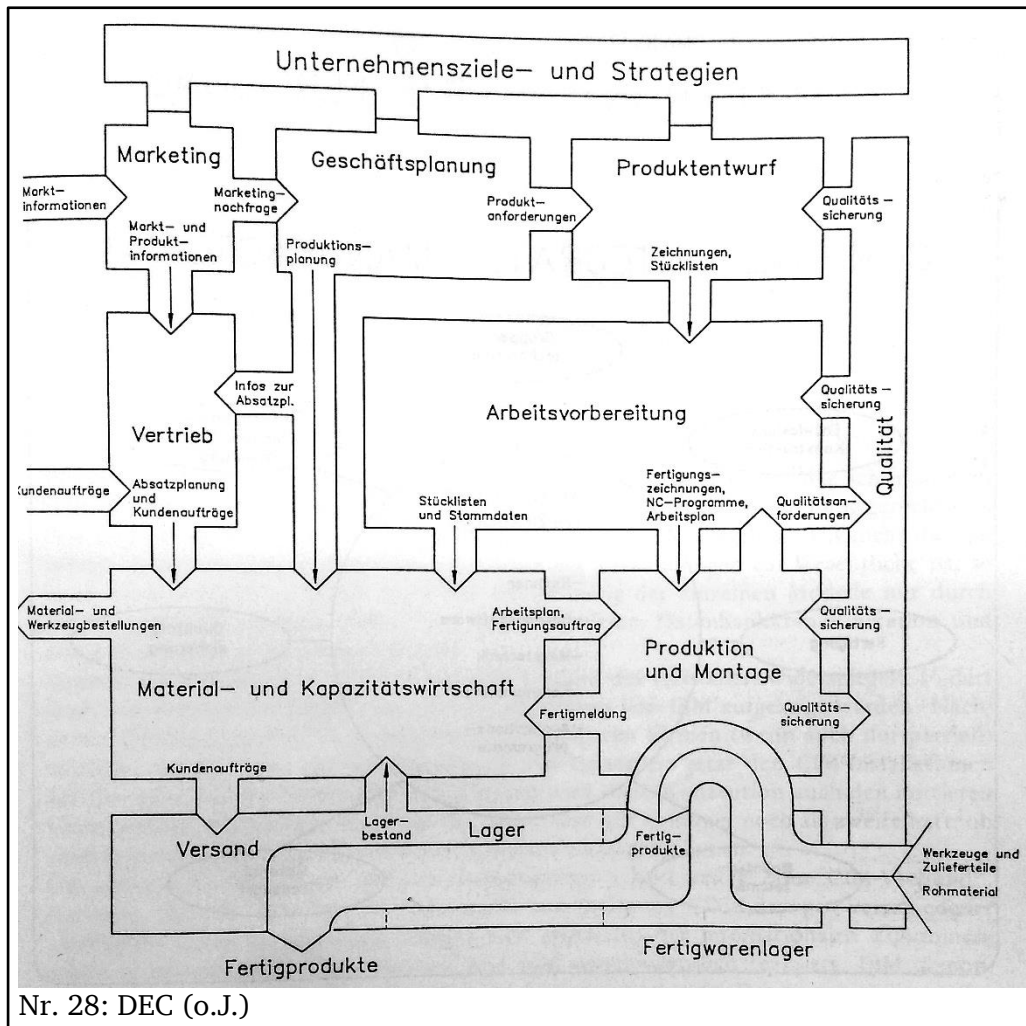
Nr. 25: COPICS (1972)



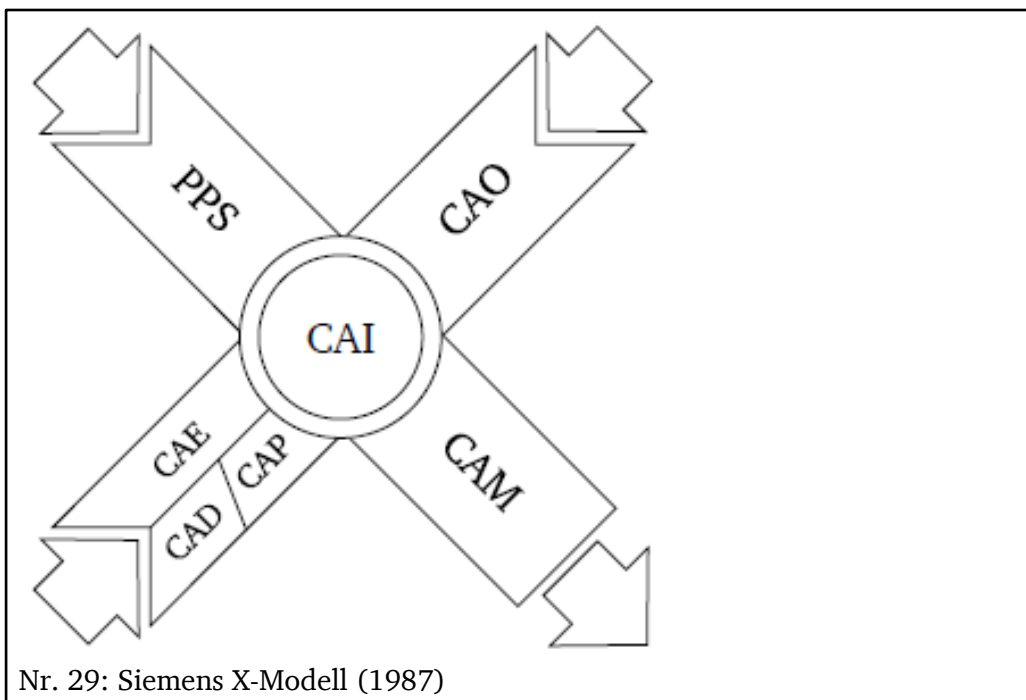
Nr. 26: Siemens Fertigungstechnik (1983)



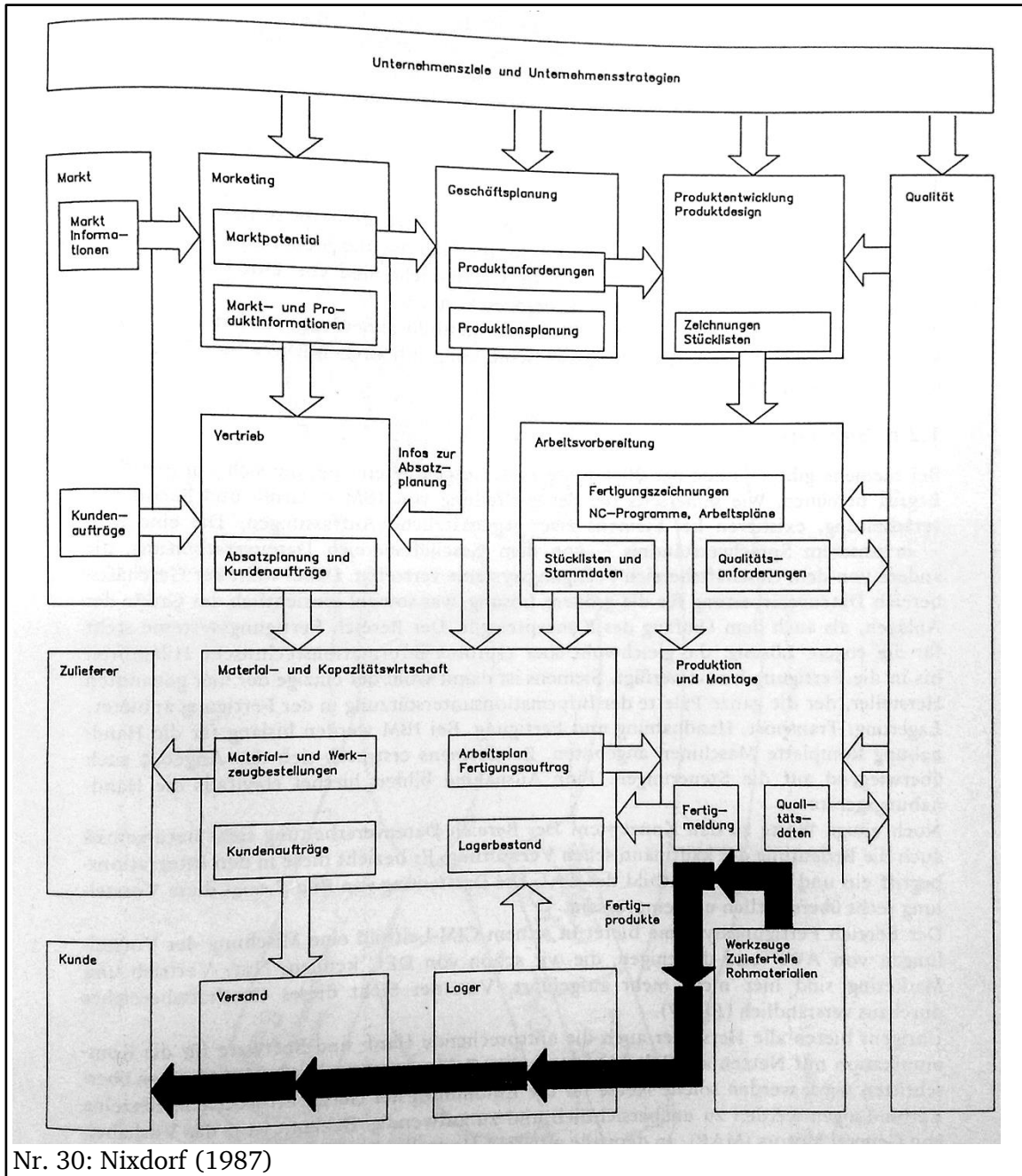
Nr. 27: IBM (1985)



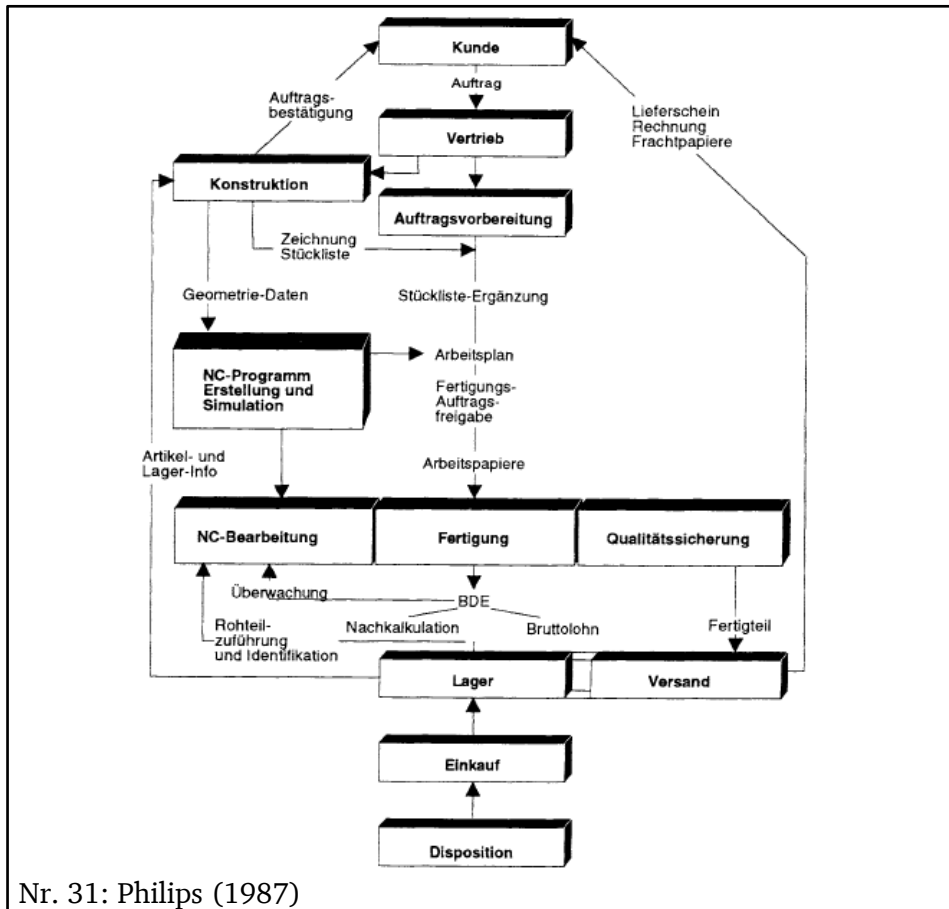
Nr. 28: DEC (o.J.)



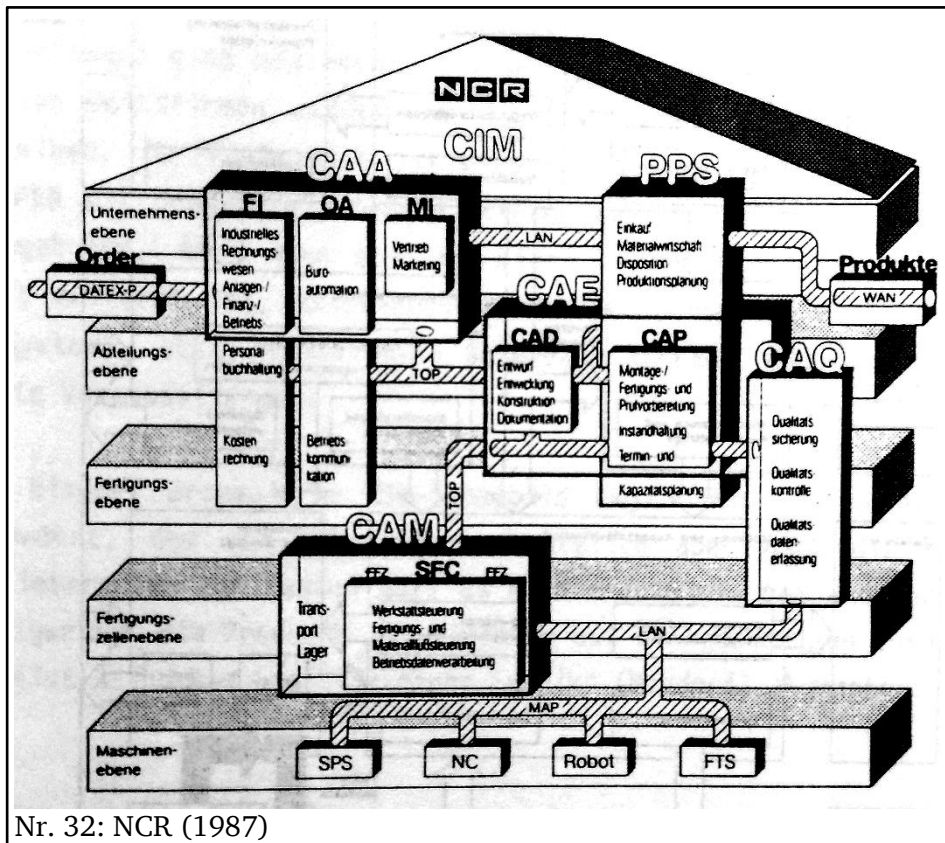
Nr. 29: Siemens X-Modell (1987)



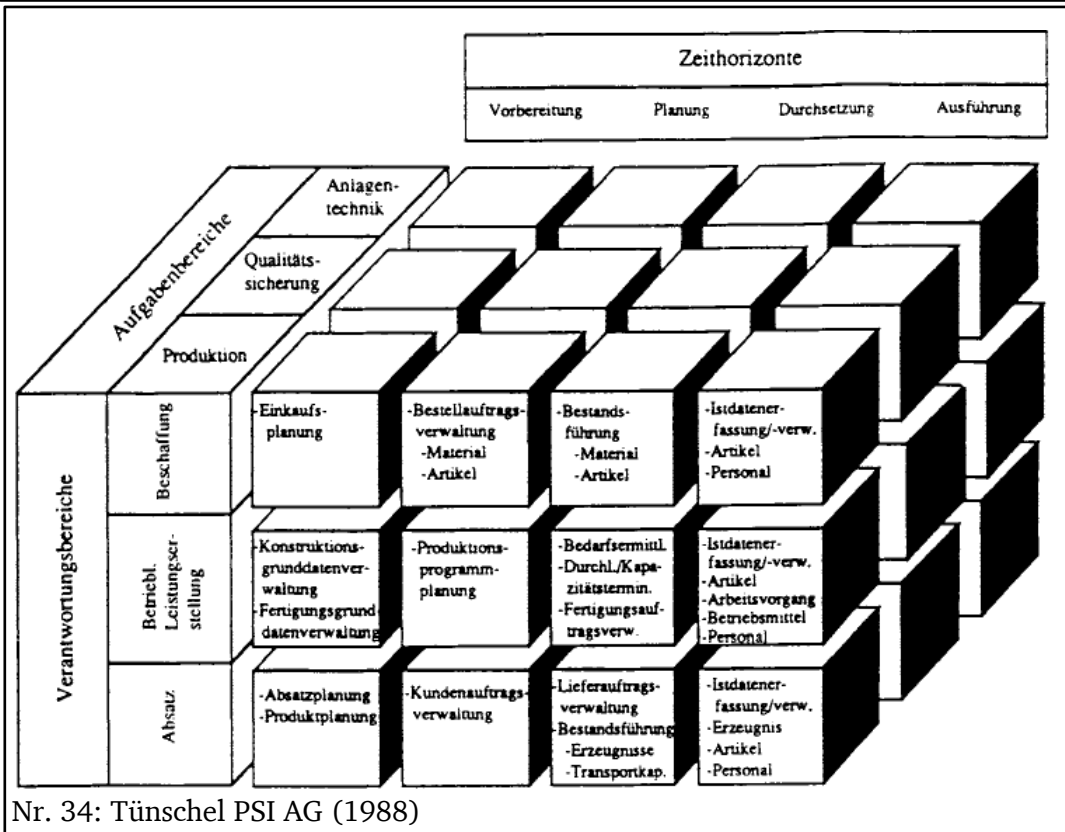
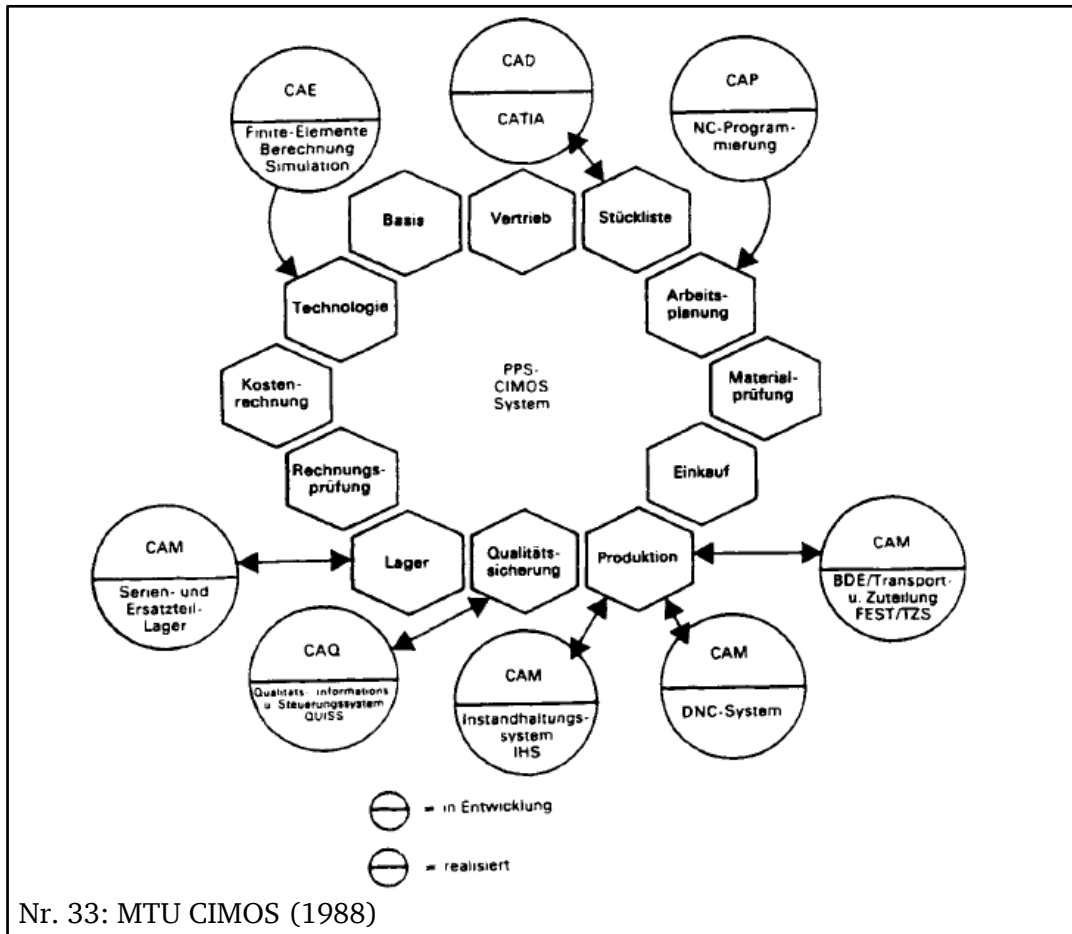
Nr. 30: Nixdorf (1987)

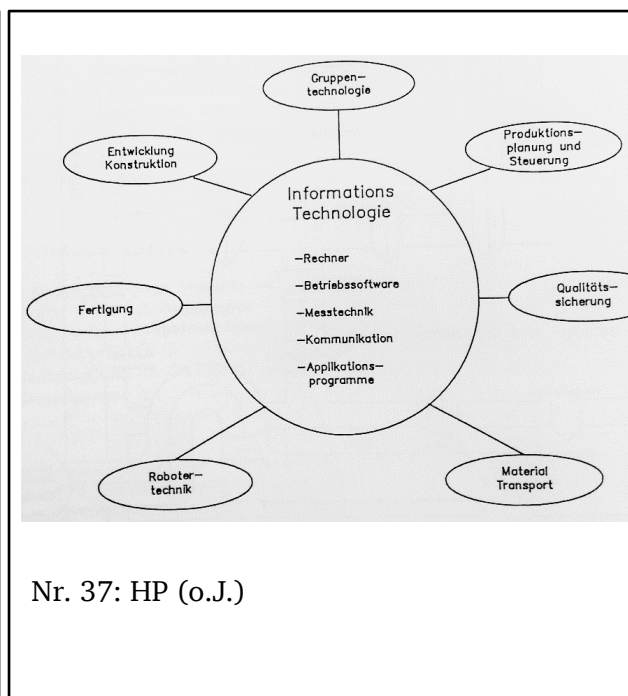
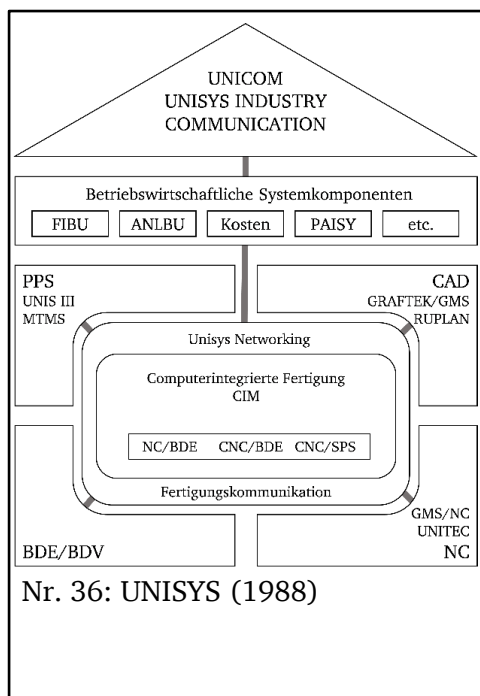
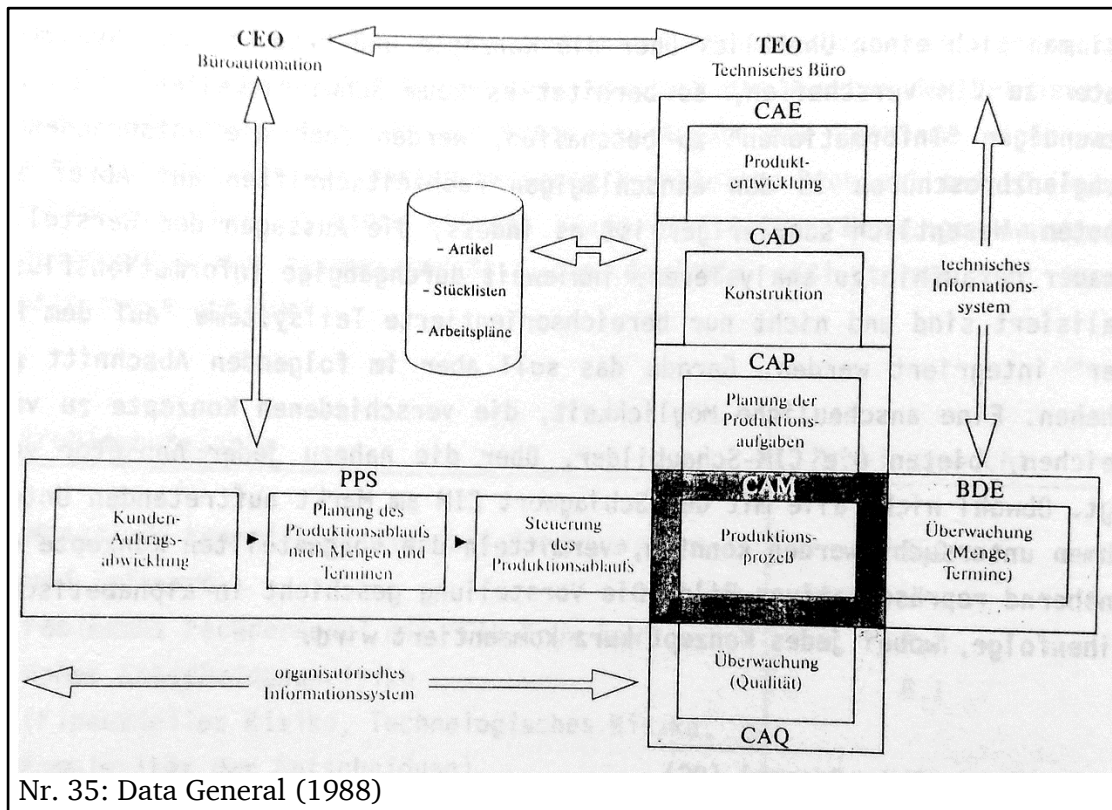


Nr. 31: Philips (1987)



Nr. 32: NCR (1987)





4.2 Verfügbarkeit von CIM-Reifegradmodellen

Bereits während der Entwicklung und Anwendung von CIM existierten einige Reifegradmodelle mit unterschiedlichen Anwendungsgebieten. Inhaltlich bezogen sich diese oftmals auf Themen der Wirtschaftsinformatik und Informationstechnologie in Organisationen.¹⁵ Als eines der ersten entwickelten Reifegradmodelle ist die Stufentheorie von Nolan¹⁶ mit Bezug auf Informationssysteme zu nennen. Zur Messung von Automatisierungs- und Automationsgraden entwickelte Drumm¹⁷ ein entsprechendes Konzept. Eines der bekanntesten Reifegradmodelle ist das Capability Maturity Model (CMM)¹⁸, welches Reifegrade von Softwareentwicklungsprozessen beschreibt und eine Entwicklungsgrundlage für weitere Reifegradmodelle bildet. Für die explizite Anwendung im Bereich der computerintegrierten Produktion wurden diese Modelle allerdings nicht entwickelt, sodass ausgereifte CIM-spezifische Reifegradmodelle nicht verfügbar waren. In der Literatur sind lediglich vereinzelt Ansätze zum Integrationsgrad von CIM-Komponenten beschrieben, wie beispielsweise in den Arbeiten von Görgel¹⁹ oder Scheer²⁰.

4.3 Auflistung von Planungs- und Umsetzungsstrategien für CIM

Aufgrund der hohen Komplexität wird in weiten Teilen der Literatur empfohlen, die Einführung von CIM zunächst systematisch zu planen und anschließend strukturiert umzusetzen. CIM-Lösungen gab es nicht „von der Stange“ zu kaufen. Vielmehr mussten die einzelnen zugekauften Komponenten der Hard- und Software unternehmensspezifisch integriert werden.²¹ Für die unternehmensindividuelle CIM-Einführung sind deshalb in der Literatur zahlreiche Ansätze zur systematischen Planung, Implementierung und Weiterentwicklung zu finden. Hierbei gaben die Autoren zahlreiche Gestaltungsprinzipien und Umsetzungsrichtlinien vor. Eine Vielzahl von Konzepten zur Einführung von CIM wurde bereits in der Arbeit von Scholz-Reiter²² gegenübergestellt. Deshalb wird in der Tabelle 5 nur kurz auf einige deutschsprachige Strategien in Form von Leitfäden für die sukzessive Einführung von CIM in Unternehmen hingewiesen.

¹⁵ Vgl. Becker et al. (2009), S. 2.

¹⁶ Vgl. Nolan (1973), S. 399-405. Nolan (1979) S. 115-126.

¹⁷ Vgl. Drumm (1979), Sp. 287-288.

¹⁸ Vgl. Paulk (1995), S. 3-15. Paulk et al. (1993), o.S.

¹⁹ Vgl. Görgel (1992), S. 184-188.

²⁰ Vgl. Scheer (1990), S. 163-164.

²¹ Vgl. Venitz (1990), S. 2-3.

²² Vgl. Scholz-Reiter (1990), S. 131-152.

Tabelle 5: Strategien zur Planung und Umsetzung von CIM im Unternehmen

Nr.	Literatur	Kurzbeschreibung	Umfang
1	Cronjäger (1990), S. 137-138.	Leitfaden für die systematische Planung und Realisierung von CIM, zeitlich und inhaltlich offener Prozess, einzelne Prozessschritte bauen aufeinander auf und können in mehreren Durchläufen iterativ abgehandelt werden	2 Seiten
2	Schüler (1994), S. 248-256.	Leitfaden zum Auffinden, Bewerten und Einführen/Optimieren des CIM-Potentials im Unternehmen	8 Seiten
3	Maier-Rothe (1985), S. 144-161.	Entwicklung und Einführung einer CIM-Strategie am Fallbeispiel des Unternehmens Hydropower, fünfstufiger Planungsprozess, Darstellung typischer Managementfehler	17 Seiten
4	Braun et al. (1988), S. 52-105.	Leitfaden aufgeteilt in Planung und Realisierung, während der Planung erfolgt die Entwicklung eines mittel- bis langfristigen CIM-Konzeptes, Realisierung des CIM-Konzeptes durch aufeinander aufbauende Projekte	53 Seiten
5	Schulz (1990), S. 8-148.	Leitfaden zur Planung und Einführung unternehmensspezifischer CIM-Konzepten, auf kleine und mittlere Unternehmen abgestimmt	140 Seiten
6	Bilger (1991), S. 47-239.	Leitfaden für die systematische Durchführung von CIM-Projekten, Unterteilung in mehrere Phasen, auf mittelständische Unternehmen abgestimmt	192 Seiten

5 Fazit

In diesem Beitrag konnten zahlreiche CIM-Modelle in Kombination mit ihren Visualisierungen und entsprechenden Literaturverweisen zusammengetragen werden. Auffällig hierbei ist, dass zwischen Mitte und Ende der 1980er Jahre besonders viele CIM-Modelle veröffentlicht wurden. Zudem konnten einige Strategien für die Planung und Umsetzung von CIM identifiziert werden. Dahingegen waren lediglich wenige und nur in Ansätzen entwickelte Reifegradmodelle zur CIM-spezifischen Anwendung auffindbar. Grundsätzlich ist es empfehlenswert, bei der Entwicklung Industrie 4.0-spezifischer Konzepte auf bestehende CIM-Ansätze zurückzugreifen. Eine Eins-zu-eins-Übertragung auf heutige Unternehmensstrukturen erscheint jedoch kaum erfolgsversprechend. Vielmehr soll dieser Literaturüberblick als Basis für die Identifikation geeigneter Konzepte dienen, die anschließend gemäß den Anforderungen von Industrie 4.0 gezielt modifiziert und weiterentwickelt werden können.

Literaturverzeichnis

Ahrens, V. (2014): Industrie 4.0 - Chancen und Risiken, Nordakademie Hochschule der Wirtschaft, https://www.researchgate.net/publication/282182784_Industrie_40_-_Chancen_und_Risiken, letzter Zugriff: 09.03.2017.

Alavudeen, A. und Venkateshwaran, N. (2010): Computer Integrated Manufacturing, 2. Auflage, PHI insidLearning, Neu-Delhi.

Ausschuss für Wirtschaftliche Fertigung e.V. (1985): AWF-Empfehlung - Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion - CIM Computer Integrated Manufacturing - Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen, Eschborn.

Backes, M. und Schmitz, H. (1996): CIM-Konzepte und ihre Bedeutung für die Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 25. Jg., Heft 1, S. 39-42.

Bauer, A.; Browne, J.; Bowden, R.; Duggan, J. und Lyons, G. (1994): Shop Floor Control Systems - From design to implementation, London, Chapman and Hall.

Bauernhansl, T.; Krüger, J.; Reinhart, G. und Schuh, G. (2016): WGP-Standpunkt Industrie 4.0, Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP.

Baumgartner, H.; Knischewski, K. und Wieding, H. (1989): Basic CIM Considerations, Siemens, Produktionsautomatisierungs und Automatisierungssysteme, Produktionsleittechnik, Nurburg-Moorenbrun.

Becker, J.; Knackstedt, R. und Pöppelbuß, J. (2009): Dokumentationsqualität von Reifegradmodellentwicklungen, Arbeitsbericht Nr. 123, Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

Bilger, W. (1991): CIM für mittelständische Unternehmen - Leitfaden zur wirtschaftlichen Einführung, Heidelberg, Physica Verlag.

Braun, M.; Förster, H.-U. und Vorspel-Rüter, F. (1988): Mit CIM die Zukunft gestalten Entscheidungshilfen für Unternehmer und Führungskräfte, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM), Frankfurt am Main, Maschinenbau Verlag.

Bullinger, H.-J. (1990): Integrierte Informations- und Produktionssysteme in arbeitswissenschaftlicher Betrachtung, in: CIM - Integration und Vernetzung - Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie, Noack, M. et al. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Verlag.

CAD/CAM Labor Karlsruhe (1987): CIM - Integrierte rechnerunterstützte Fertigung, CAD/CAM Labor des Kernforschungszentrums, Karlsruhe.

CAM-I (1979): Functional Specification for an Advanced Factory Management System, Report R-79-JSIG-01, CAM-I Inc., Arlington Texas.

Chen, D. und Doumeings, G. (1996): The GRAI-CIM Reference Model, Architecture and Methodology, in: Architectures for Enterprise Integration, Bernus, P.; Nemes, L. und Williams, T. J. (Hrsg.), London, S. 102-126.

Computer and Automated Systems Association (1985): The Computer Integrated Manufacturing Wheel, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn Michigan.

Computer and Automated Systems Association (1993): The New Manufacturing Enterprise Wheel, 3rd Edition, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn Michigan.

- Cronjäger, L. (1990): Bausteine für die Fabrik der Zukunft - Eine Einführung in die rechnerintegrierte Produktion (CIM), in: CIM-Fachmann, Bey, I. (Hrsg.), Berlin Heidelberg New York, Springer Verlag und Verlag TÜV Rheinland.
- Data General (1988): Data General CIM-Konzept, Firmenschrift, Januar 1988, Schwalbach Taunus.
- DEC (o.J.): Computerintegrierte Fertigung mit CIM, Firmenschrift, München.
- Dernbach, W. (1985): CIM-Konzeption zur Stärkung der Marktposition, Proceedings.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (1987): Normung von Schnittstellen für die rechnerintegrierte Produktion (CIM), DIN-Fachbericht 15, Berlin Köln, Beuth Verlag.
- Dienhart, U.; Gluch, D.; Noack, M. und Wegner, K. (1990): Einleitung, in: CIM - Integration und Vernetzung - Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie, Noack, M. et al. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Verlag, S. 1-2.
- Domschke, W.; Drexl, A.; Klein, R. und Scholl, A. (2015): Einführung in Operations Research, 9. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Gabler Verlag.
- Doumeings, G. (1984): La Methode GRAI: Methode de Conception des Systemes de Productigue, These d'Etat en Automatigue, Universite de Bordeaux, Bordeaux France.
- Doumeings, G. (1988): Systems Analysis Techniques, in: Computer-Aided Production Management, Rolstadas, A. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Verlag, S. 201-224.
- Drinkuth, A. (1990): Konsequenzen und Anforderungen an CIM-Strategien aus gewerkschaftlicher Sicht, in: CIM - Integration und Vernetzung - Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie, Noack, M. et al. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Verlag, S. 23-33.
- Drumm, H. J. (1979): Automatisierung, Mechanisierung und Automation, in: Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, Kern, W. (Hrsg.), Stuttgart, Sp. 286-292.
- ESPRIT Consortium AMICE (1989): Open System Architecture for CIM, Research Reports of ESPRIT Project 688, Vol. 1, Berlin, Springer Verlag.
- Eversheim, W. (1990): CIM - Technische Entwicklungstendenzen und Auswirkungen auf die Organisation, Qualifikation und Wirtschaftlichkeit, in: CIM - Integration und Vernetzung - Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie, Noack, M. et al. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Verlag, S. 34-35.
- Eversheim, W. et al. (1989): CIM-Grobkonzept für den Großpresswerkzeugbau, in: VDI-Z 131, (1989) 9, S. 127-131.
- Flateau, U. (1986): Digital's CIM Architecture, Revision 1.1, Digital Equipment Corporation, Marlboro Massachusetts.
- Geitner, U. (1987): CIM Handbuch, Braunschweig, Vieweg Verlag.
- Geitner, U. (1991): CIM-Handbuch - Wirtschaftlichkeit durch Integration, 2. Auflage, Braunschweig Wiesbaden, Vieweg Verlag.
- Görgel, U. B. (1992): Computer Integrated Manufacturing und Wettbewerbsstrategie, neue betriebswirtschaftliche forschung (nbf), Band 87, Wiesbaden, Springer Fachmedien.
- Haasis, S. (1993): CIM - Einführung in die rechnerintegrierte Produktion, München Wien, Carl Hanser Verlag.
- Hall, J. D. und Usher, J. M. (1999): Computer Integrated Manufacturing and Concurrent Engineering: Complementary Philosophies Enabling Agile Manufacturing, in: Simultaneous Engineering -

- Methodologies and Applications, Utpal, R.; Usher, J. M. and Hamid, R. P. (Hrsg.), Vol. 4, Amsterdam, Gordon and Breach Science Publishers, S. 1-29.
- Harrington, J. (1973): Computer Integrated Manufacturing, New York, Industrial Press.
- Heimig, I. (2002): Grammatikbasierte Beschreibung von Geschäftsprozessen - Methodik für das strukturierte Verarbeiten von Modellen, Wiesbaden, Springer Fachmedien.
- IBM (1972): COPICS - Communications Oriented Production Information and Control Systems, Management-Übersicht, IBM-Form: GH12-1179-0, Stuttgart.
- IBM (1985): CIM - Computer Integrated Manufacturing, Informationsbroschüre zur CEBIT 85 in Hannover.
- IBM (1987): CIM - Rechnerintegrierte Fertigung, Integration CAD-PPS-CAM-BDE, Realisierung mit heutigen Mitteln, Unterlagen der Firma IBM IT CIM.
- IBM (1989): Computer Integrated Manufacturing - The CIM Enterprise, IBM White Plains, New York.
- ISO (1986): The Ottawa Report on Reference Models for Manufacturing Standards, ISO, TC 184/SC5/WG1 N51.
- Jones, A. T. und McLean, C. R. (1986): A proposed hierarchical control mode for automated manufacturing systems, in: Journal of Manufacturing Systems, Vol. 5, No. 1, S. 15-25.
- Jordan, J. und Michel, F. (2001): The Lean Company - Making the Right Choices, SME - Society of Manufacturing Engineers, Dearborn Michigan.
- Kearney, A. T. (1989): CIM - Computer Integrated Manufacturing - Stand der CIM-Realisierung in der Bundesrepublik Deutschland, in: VDI-ADB Jahrbuch 1989/90, Düsseldorf, VDI Verlag, S. 284-318.
- Keller, E. (1988): CIM für Klein- und Mittelbetriebe, in: Computer Integrated Manufacturing - Einsatz in der mittelständischen Wirtschaft, Fachtagung Saarbrücken, 24.-25.02.1988, Scheer, A.-W. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Verlag, S. 231-242.
- Kleinemeier, M. (2017): Von der Automatisierungspyramide zu Unternehmenssteuerungs-Netzwerken, in: Handbuch Industrie 4.0, Band 1 - Produktion, 2. Auflage, Springer Vieweg, S. 219-226.
- Kölle, J.; Friedrich, R.; Kirchoff, H.; Kürsten, U. und Schmid, B. (1990): CAD/PPS-Integration - Konzepte und Erfahrungen, IFAO Industrie Consulting GmbH Karlsruhe, München, Carl Hanser Verlag.
- Koppitz, M. (1991): CIM - Konzepte, Begriffe und Abläufe, in: Einführung in die CIM-Praxis, Neipp, G. und Stracke, H.-J. (Hrsg.), Düsseldorf, VDI Verlag, S. 34-50.
- Lang, G. (1991): Von CIM zur Unternehmensintegration, Heidelberg, Physica Verlag.
- Lin, C. und Nagalingam, S. (2000): CIM Justification and Optimisation, New York, TJ International.
- Lochmann, G. (1986): Schneller zum Produkt, CIM erhöht Produktivität durch den Verbund aller Automatisierungssysteme, in: Siemens-Magazin COM, Vol. 21, Issue 2, S. 18-21.
- Maier-Rothe, C. (1985): Wettbewerbsvorteile durch höhere Produktivität und Flexibilität - Strategien für Computer Integrated Manufacturing, in: Management im Zeitalter der strategischen Führung, Arthur D. Little Internat. (Hrsg.), Wiesbaden, Gabler Verlag, S. 123-161.
- Matthes, D. (2011): Enterprise Architecture Frameworks Kompendium, Berlin Heidelberg, Springer Verlag.

- Mertens, P. (20013): Industrie 4.0 = CIM 2.0?, in: Industrie Management, 30, 01/2014, S. 27-30.
- Nixdorf (1987): Wer morgen CIM will, muss heute anfangen, in: CIM Report - Ein Nixdorf Magazin, März 1987, Paderborn, S. 4-11.
- Nolan, R. L. (1973): Managing the computer resource: a stage hypothesis, in: Communications of the ACM, 16, Heft 7, S. 399-405.
- Nolan, R. L. (1979): Managing the crisis in data processing, in: Harvard Business Review, 57/1979, 2, S. 115-126.
- Norefors, U.-G. (1988): Manufacturing Automation Protocol for systems integration, in: CIM - Mechanical aspects, State of the art report, 15(7), Gareth, D. und Evans, R. (Hrsg.), Pergamn Infotech, S. 105-119.
- O'Grady, P. J. (1986): Controlling Automated Manufacturing Systems, London, Kogan Page.
- Paul, G. (1991): CIM-Basiswissen für die Betriebspraxis, Braunschweig Wiesbaden, Vieweg Verlag.
- Paul, G.; Böhler, C. und Rattke, S. (1988): CAD-Ausbildung für die Konstruktionspraxis, Teil 3: CAD/CAM, München Wien, Carl Hanser Verlag.
- Paulk, M. (1995): The Evolution of the SEI's Capability Maturity Model for Software, in: Software Process - Improvement and Practice, Pilot Issue 1995, S. 3-15.
- Paulk, M.; Curtis, B.; Chrissis, M. und Weber, C. (1993): Capability Maturity Model for Software, Version 1.1, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, http://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1993_005_001_16211.pdf, letzter Zugriff: 05.03.2017.
- Philips (1987): Philips-Kommunikations-Journal 17/1987.
- Radhakrishnan, P.; Subramanyan, S. und Raju, V. (2000): CAD/CAM/CIM, 2nd Edition, New Delhi, New Age International.
- Rembold, U., Nnaji, B. und Storr, A. (1993): Computer Integrated Manufacturing and Engineering, MA, Reading, Addison-Wesley Verlag.
- Rembold, U.; Nnaji, B. und Storr, A. (1994): CIM: Computeranwendung in der Produktion, Bonn, Addison-Wesley Verlag.
- Rompel, H. (1992): IBM Computerwelt Guide - "What is what" bei Big Blue, 3. Auflage, München, IWT Verlag.
- Ruff, K. (1987): Büroautomation bei NCR, in: CIM Management, Heft 3, 1987, München, Oldenbourg Verlag, S. 39.
- Scheer, A.-W. (1987): CIM Computer Integrated Manufacturing - Der computergesteuerte Industriebetrieb, Berlin Heidelberg, Springer Verlag.
- Scheer, A. W. (1990): CIM - Der computergesteuerte Industriebetrieb, 4. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Verlag.
- Scheer, A.-W. (1991): Architektur integrierter Informationssysteme - Grundlagen der Unternehmensmodellierung, 1. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Verlag.
- Scheer, A.-W.; Hoffmann, W. und Wein, R. P. (1993): OpenCAM - Offene Strukturen mit der ARIS-Architektur, in: CIM Management, Vol. 9, Issue 2, S. 52-55.

- Scheer, A.-W. und Thomas, O. (2009): Verfahren und Werkzeuge der Informationsmodellierung, in: Handbuch Unternehmensorganisation, Bullinger, J.-H.; Spath, D.; Warnecke, H.-J. und Westkämper, E. (Hrsg.), 3. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Verlag, S. 544-586.
- Scheer, A.-W. (2013): Industrie 4.0 = CIM reloaded? Hoffentlich nicht, Blogbeitrag zum Thema Industrie 4.0, <http://www.august-wilhelm-scheer.com/2013/03/11/industrie-4-0-cim-reloaded-hoffentlich-nicht/>, letzter Zugriff: 30.03.2017.
- Scholz-Reiter, B. (1990): CIM - Informations- und Kommunikations-Systeme - Darstellung von Methoden und Konzeption eines rechnergestützten Werkzeugs für die Planung, München, Oldenbourg Verlag.
- Schüle, H. (1994): DV-Unterstützung beim Planen und Einführen von CIM-Lösungen, Heidelberg, Physica Verlag.
- Schüler, U. (1994): CIM-Lehrbuch - Grundlagen der rechnerintegrierten Produktion, Braunschweig Wiesbaden, Vieweg Verlag.
- Schütte, R. (1998): Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung, in: neue betriebswirtschaftliche forschung (nbf) 233, Wiesbaden, Gabler Verlag.
- Schulz, H. (1990): CIM-Planung und -Einführung, in: CIM-Fachmann, Bey, I. (Hrsg.), Berlin Heidelberg New York, Springer Verlag, Verlag TÜV Rheinland.
- Schulz, A. (2014): Von CIM zu Industrie 4.0, 14.08.2014, <https://ingenieurversteher.de/2014/08/14/cim/>, letzter Zugriff: 24.03.2017.
- Schulz, A. (2015): Auf dem Weg in die Industrie 4.0, Bundesverband mittelständische Wirtschaft, <https://www.bvmw.de/landesverband-bayern/geschaeftsstellen/nuernberg/edgar-jehnes/infos-news/newsletter/impulse-2015-05/industrie-40.html>, letzter Zugriff: 30.03.2017.
- Seliger, G. (1988): CIM - was ist das? Grundkonzept, DIN-Mitteilungen 67, 6, S. 325-330.
- Shumaker, G. (1980): Overview of the USAF Integrated Computer Aided Manufacturing (ICAM Program), in: Information Control Problems in Manufacturing Technology 1979, Proceedings of the Second IFAC/IFIP Symposium, S. 1-6.
- Siemens (1987): CAI Computer Aided Industry, Faltblatt, in: SAVE aktuell - Nachrichten und Berichte aus dem Siemens-Informationstechnik Anwenderverein, Heft 1, April 1987, München, S. 36.
- Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 - Grundlagen und Gesamtzusammenhang, in: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, Roth, A. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Gabler Verlag, S. 17-82.
- Simpson, J. A.; Hocken, R. J. und Albus, J. S. (1982): The Automated Manufacturing Research Facility of the National Bureau of Standards, in: Journal of Manufacturing Systems, Vol. 1, No. 1, S. 17-32.
- Sodhi, M. (1999): Data and Knowledge Systems in Manufacturing, in: Encyclopedia of Microcomputers, Vol. 23, Kent, A. und Williams, J. (Hrsg.), New York, Marcel Dekker, S. 89-104.
- Spur, G.; Mertens, K. und Hinterhuber, H. (1990): Jede Unternehmung braucht ihr CIM-Referenzmodell, in: io Management Zeitschrift 59, Nr. 6/1990, S. 41-43.
- Spur, G.; Mertins, K. und Suessenguth, W. (1989): Integrierte Informationsmodellierung für offene CIM-Architekturen, in: CIM-Management 5 (1989) 2, S. 36-42.
- Tünschel, L. (1988): CIM und strategisches Informationsmanagement für die Fabrik der Zukunft, in: CIM-Management, Vol. 4, Issue 3, S. 29-36.
- UNISYS (1988): Produktivitätsfortschritt durch CIM, Firmenschrift, Sulzbach Taunus.

- Vajna, S.; Peschges, K.-J.; Jöns, I.; Kirchner, B.; Nonnenmacher, U. und Poth, H. (1989): Interdisziplinäres und neutrales CIM-Modell, Teil I und II, in: *ZwF* 84, 8, S. 427-430 und *ZwF* 84, 10, S. 561-565.
- Venitz, U. (1990): *CIM-Rahmenplanung*, Berlin Heidelberg, Springer Verlag.
- Vlacic, L. (1996): Multicriteria-based decision making models for computer integrated enterprise, in: *Modelling and Methodologies for Enterprise Interation*, Bernus, P. und Nemes, L. (Hrsg.), Springer Science and Business Media Dordrecht, S. 103-112.
- Vogel, F.-O. (1988): MTU - Ein Unternehmen auf dem Weg zu CIM, Teil 1, in: *FB/IE* 37 (1988) 1, S. 4-9.
- Waller, S. (1983): Die automatisierte Fabrik, in: *VDI-Zeitung* 125, Heft 20, S. 838-842.
- Welge, M.; Al-Laham, A. und Eulerich, M. (2017): *Strategisches Management: Grundlagen - Prozess - Implementierung*, 7. Auflage, Wiesbaden, Springer Gabler Verlag.
- Wisnosky, D. (1977): ICAM Program Prospectus, 1 December 1977, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a051670.pdf>, letzter Zugriff: 25.02.17.
- Zollinger, M. (1995): Computer Integrated Manufacturing - Ein ganzheitlicher Ansatz, Der Aufbau der sieben Regionalzentren ist abgeschlossen, in: *Schweizer Handelszeitung*, Nr. 13, vom 30.03.1995.