



Raphael Menez, Sabine Pfeiffer, Elke Oestreicher

Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM)

WP 02-2016



Impressum

Menez, Raphael; Pfeiffer, Sabine, Elke Oestreicher (2016): Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM). Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Soziologie, Working Paper 01-2016.

Download unter: www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Menez-Pfeiffer-Oestreicher.pdf

For more information see
www.sozioogie.uni-hohenheim.de
www.sabine-pfeiffer.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Die Ursprünge der CIM-Debatte	6
2.1 Automatisierung	6
2.2 Computertechnologien	8
2.3 Robotereinsatz	11
3. Von der Halle 54 zur Fabrik der Zukunft	17
4. Computer Integrated Manufacturing	21
4.1 Von der Fabrik der Zukunft zu CIM	21
4.2 Entstehung und begriffliches Verständnis von CIM	22
4.3 Von der CIM-Euphorie zu CIM-Ruinen	28
4.4 Leitbilder von CIM	31
5. Fazit: Von CIM zur Industrie 4.0	45
6. Literatur	50
Abbildungen	
Abbildung 1: CIM-Wheel von CASA/SME	23
Abbildung 2: CIM-Struktur nach der AWF-Empfehlung	24
Abbildung 3: Y-Modell nach Scheer	26
Abbildung 4: CIM-Integration in deutschen Industrieunternehmen	29

„Man erzählt von einem Besuch Walter Reuthers in einer der vollautomatischen Anlagen der General Motors-Werke. Der Gastgeber sagte lächelnd zu dem Gewerkschaftsführer, indem er auf die menschenleeren Säle deutete: ‚Da gibt es wenig beitragszahlende Mitglieder für Sie.‘ Worauf Reuther ruhig antwortete: ‚Die Maschinen werden aber auch keinen Ihrer Wagen kaufen [...]‘“ (Sturmthal 1956: 396)

„Jemand antwortet auf die Frage, was er unter mannloser Fertigung verstehe: Ja, immer wenn etwas nicht läuft, schicken wir einen Mann los [...]“ (Martin 1990: 93)

1. Einleitung

Die aktuelle Debatte über Industrie 4.0 suggeriert, dass wir uns an der Schwelle zu einer vierten industriellen Revolution befinden, die vielfältige Versprechen für Unternehmen und Beschäftigte bereithält. Mit der Umsetzung der Vision von Industrie 4.0 soll es nicht nur gelingen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, sondern dabei auch nachhaltiger und ressourceneffizienter zu produzieren. Im Zuge der Umsetzungsstrategie von Industrie 4.0 sollen partizipative und selbstbestimmte Arbeits- und Organisationsformen implementiert werden, die am Leitbild guter Arbeit orientiert sind, einen Beitrag zur besseren Vereinbarkeit von Beruf und Familie leisten und Antworten auf die Herausforderungen des demografischen Wandels bereitstellen. Diese kurze Lagebestimmung des Diskurses zeigt bereits, dass Industrie 4.0 als Motor positiv besetzter Visionen (Pfeiffer/Suphan 2015) dient.

Wenn man von diesen positiv besetzten Zukunftsvisionen einmal abrückt und den Ursprung und Kern von Industrie 4.0 betrachtet, zeigt sich Industrie 4.0 als ein technologisches Entwicklungsszenario, das seinen Ursprung in der seit den 50er Jahren anhaltenden Debatte um die Fabrik der Zukunft hat. In diesem Diskurs sind unterschiedliche Automatisierungsszenarien thematisiert worden, die ihre Anfänge in der Idee einer vollautomatischen, mannlosen Fabrik haben und sich in Abhängigkeit von jeweils neuen technologischen Entwicklungen im weiteren Verlauf des Diskurses in der Halle 54 oder im Konzept des Computer Integrated Manufacturing (CIM) vergegenständlichten.

Im Zentrum unserer Betrachtung stehen die Entwicklungen zur Halle 54 und die daran anschließende Vision der rechnerintegrierten Fertigung mithilfe des *Computer Integrated Manufacturing*. Damit leisten wir einen arbeitssoziologisch-historischen Beitrag zur aktuellen Debatte über die Entwicklung hin zur Industrie 4.0. Der Fokus unserer Aufarbeitung liegt auf den Leitbildern in Bezug auf das Verhältnis zwischen Mensch und Technik.

Wie wir im Verlauf der Studie zeigen werden, bildet die Vision der Fabrik der Zukunft den Orientierungspunkt der Debatte um Automatisierung, Computertechnologien, Robotereinsatz und *Computer Integrated Manufacturing* (CIM). Mit der Fabrik der Zukunft werden unterschiedliche Leitbilder zum Verhältnis von Mensch und Technik verbunden, die sich im Verlauf der jahrzehntelangen Debatte als er-

staunlich persistent erwiesen haben. Im Kern geht es dabei um die Frage, ob Technik – wie auch immer sie ausgestaltet ist – den Menschen ersetzen oder als Werkzeug zur Verbesserung der lebendigen Arbeit genutzt werden kann. Diese gegensätzlichen Leitbilder der Diskussion haben beinahe die Funktion eines Mythos, da sie als immer wiederkehrender Orientierungsrahmen dienen und Legitimität für die jeweilige Argumentation der technikorientierten und der humanorientierten Protagonisten des Diskurses stiften.

Im Einzelnen werden die folgenden Fragen untersucht:

- Welche Technikvisionen und Leitbilder zur Rolle des Menschen waren in der Automatisierungsdebatte über die Fabrik der Zukunft vorherrschend?
- Welche Diskrepanzen lassen sich feststellen zwischen der Orientierung an den Leitbildern und den konkreten Umsetzungserfahrungen?
- Was lässt sich aus den positiven und negativen Erfahrungen der damaligen Umsetzungsstrategien von CIM für die heutige Industrie-4.0-Debatte lernen?

Methodisch ist unsere Studie als Literaturstudie angelegt. Dabei werten wir die Diskurse unterschiedlicher wissenschaftlicher Teildisziplinen und relevanter gesellschaftlicher Akteure aus; im Einzelnen den Stand der Literatur aus sozial- und ingenieurwissenschaftlicher Perspektive, d. h. aus Sicht der Disziplinen Arbeitssoziologie, Industriosociologie, Arbeitswissenschaft, Ingenieurwissenschaft und Produktionswissenschaft. Hinzu kommen Debattenbeiträge aus der Politik, der Forschungsförderung und von den Sozialpartnern. Ergänzend dazu haben wir vertiefende Experteninterviews mit zwei Zeitzeugen der damaligen Debatte über die Fabrik der Zukunft geführt: Der eine Interviewpartner ist Ingenieur und nahm im Diskurs über die Einführung der Computer Integrated Manufacturing eine prominente gestaltende Rolle an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Forschungsförderung ein (Experte I). Der andere Interviewpartner arbeitete lange Jahre im Vorstandsbereich einer großen Industriegewerkschaft und begleitete den CIM-Diskurs in einer kritischen Perspektive an der Schnittstelle zwischen betrieblicher Einführung und Interessenpolitik (Experte II).

Wir danken dem Institut für Arbeit und Personalmanagement an der AutoUni von Volkswagen, Wolfsburg, das diese Literaturstudie finanziell ermöglicht hat. Außerdem danken wir den beiden Experten, die sich für offene und ausführliche Gespräche zur Verfügung gestellt haben.

2. Die Ursprünge der CIM-Debatte

2.1 Automatisierung

Die Boomphase der Automatisierung setzte nach dem Zweiten Weltkrieg ein und galt als ein ökonomisch und politisch-kulturell gestützter Prozess der zunehmenden Nutzung komplexer Maschinen- und Anlagensysteme in Produktion und Reproduktion – bis hin zum Konzept der „automatischen Fabrik“ (Schmidt 1989: 45). Mit dem Begriff ‚Automatisierung‘ werden Systeme technischer Abläufe adressiert, die sich ohne menschlichen Eingriff vollziehen. Definitionsgemäß ist es der „Zweck von Automation, Muskelkraft, Geschicklichkeit und Denkprozesse des Menschen für einen bestimmten Funktions- und Operationsbereich technisch zu ersetzen“ (Schmidt 1989: 45). Automation gilt als „Akt der Gestaltung eines Fertigungsvorgangs, der von technischen Einrichtungen übernommen wird“, wie es Günther Ropohl (1971) als Technikphilosoph und Vertreter der Ingenieurwissenschaften ausdrückte. Zu Beginn der Automatisierungsdebatte wurde – ganz in der Tradition des Taylorismus – vor allem die durch Automaten zu behobende Fehleranfälligkeit des Menschen betont:

Mit der Ausschaltung des Menschen ist auch die Ausschaltung seiner Fehler und Unzulänglichkeiten verbunden, die uns gerade in der Massenfertigung von hochwertigen Erzeugnissen oftmals unangenehme Überraschungen bereiten (Dolezalek 1938, zit. nach Heßler 2014: 60).

Die Automatisierungsdebatte der 50er Jahre schwankte zwischen der Euphorie, dass durch Automatisierung eine Befreiung von körperlich anstrengenden Tätigkeiten sowie ein Ende der Entfremdung von Arbeit erreicht werden können, und der Befürchtung, dass menschliche Arbeit nur noch ein Anhängsel technischer Produktionsanlagen sei oder am Ende ganz wegrationalisiert werden könne (Minssen 2006: 39).

In der „Imaginationsphase“ der Automatisierung (Schwarz 2012) zu Beginn der 50er Jahre wurde mit der Debatte ein „szientistisch befeuert Fortschrittsversprechen von Technik“ (Schwarz 2012: 168) verbunden, das sich quer durch die politischen Lager zog. So sprach ein amerikanischer Unternehmerverband von einem „Zauberteppich der freien Wirtschaft“ durch Automatisierung (Graf 1959), ebenso euphorisch äußerte sich aber auch der marxistisch orientierte britische Wissenschaftler Sam Lilley (University of Nottingham):

Wir werden Fabriken haben, in denen Maschinen alle Arbeit tun und das gesamte Personal aus denjenigen besteht, die die Maschinen in Ordnung zu halten und höhere Direktionsanweisungen entgegenzunehmen haben. Wie reich wird das Leben dann werden! Wenn die Arbeitswoche auf 20 Stunden oder 10 oder 5 verringert ist [...] und wenn jeder gemäß seinen Fähigkeiten eine Arbeit hat, welche diese Fähigkeiten zu höchsten Leistungen anregt, dann werden wir alle nicht erschöpft heimkehren und gerade noch imstande sein, das hinzunehmen, was uns das Fernsehgerät bereitwillig bietet, sondern frisch, lebendig und bereit, unsere Freizeit schöpferisch zu nutzen. (zitiert nach Schwarz 2012: 169)

In dieser Vision befreien Mechanisierung und Automatisierung den Menschen sowohl von kräftezehrenden Verrichtungen als auch von einem Teil seiner geistigen Aufgaben, damit er Zeit und Energie für Kreativität und schöpferische Arbeiten habe. Dieser Emanzipationsprozess führe zu einem neuen Menschentyp, der als freier Mensch der Maschine seinen Willen mitteilt und sich von körperlich belastender, stumpfsinniger und repetitiver Arbeit am Fließband befreit. Automatisierung bewirkt in dieser Lesart, dass das technische System menschlicher wird und sich eine Art von Menschmaschine entwickelt, die die Maschinenmenschen fordristischer Prägung obsolet werden lasse (Schwarz 2012: 170 ff.).

In eine ähnliche Richtung gingen Überlegungen der marxistisch orientierten Projektgruppe „Automation und Qualifikation“ (PAQ) am Psychologischen Institut der FU Berlin, die Mitte der 70er Jahre die These aufstellte, dass die Automatisierung langfristig die bestehenden Produktionsverhältnisse sprengen und die Voraussetzungen für eine sozialistische Gesellschaftsordnung schaffen könnte (Benz-Overhage et al. 1982; Beckenbach: 1991: 114 ff.).

Demgegenüber wurden Einwände gegen die Automatisierung ebenfalls mit dem Argument der schöpferischen Kraft des Menschen ins Feld geführt. So heißt es bei Schachtschabel (1961: 97 f.), „dass die Tätigkeit und Geschicklichkeit des Handwerkers und Handarbeiters, die dem Leben Bedeutung und Sicherheit gebe, nunmehr durch Automaten völlig ersetzt werde, [...] es werde ihm die Gelegenheit genommen, seinen eigenen schöpferischen Beitrag im Produktionsprozess zu leisten“.

Die ab Mitte der 60er Jahre einsetzende „Realisierungsphase“ (Schwarz 2012) holte die übersteigerten Visionen in die betriebliche Realität zurück. Zurück blieb eine rein technische Sichtweise auf Automatisierungsprobleme ohne idealistischen Ballast und die Vision der Vollautomatisierung mit menschenleeren Fabriken wich einer Perspektive auf Teilautomatisierungsprozesse unterschiedlichster Art. Damit wandelte sich auch das Leitbild im Verhältnis Mensch und Technik. Der Mensch wurde nun insofern als „Regulator und Lückenbüßer im teilautomatisierten Produktionsprozess“ (Staudt/Schmeisser 1985: 444) betrachtet, als die Leistungsfähigkeit der Maschine die der Menschen übersteige:

Während die Entfaltung der menschlichen Arbeitskraft und Geschicklichkeit als Funktion eines geistig-körperlichen Organismus der Ermüdung und Erschlaffung unterliegt, arbeitet die Maschine immer im gleichen, ihr einmal gegebenen Tempo und mit dem gleichen unverminderten Kraftaufwand. Da sie keinen emotionalen äußeren und inneren Einflüssen unterworfen ist, denen sich der Mensch oft nicht entziehen kann, löst sie die ihr gestellten Aufgaben stets in gleich zuverlässiger Weise. Sie übertrifft an Wirkung die Leistung des Menschen, arbeitet mit größerer Gleichmäßigkeit, und wo das Werkstück aus einfachen Formen besteht, arbeitet die Maschine, wenn sie einmal eingestellt ist, genauer und exakter. (Staudt/Schmeisser 1985: 444)

Zum Lückenbüßer im Produktionsprozess wird der Mensch dort, wo keine Automatisierungstechniken verfügbar sind. Er nimmt die Rolle einer Elastizitätsreserve ein, sei es in der Funktion des Maschinenbedieners oder in reinen Handhabungsfunktionen zur Sicherung des Materialflusses, d. h., für ihn verbleiben Ausführungsreste (Staudt/Schmeisser 1985: 445).

Das klassische Verständnis der Automatisierung als Ersetzung menschlicher Arbeit führt zu einer Reihe von Paradoxien, die von Lisanne Bainbridge (1983) als „Ironies of automation“ bezeichnet werden: „[...] the

increased interest in human factors among engineers reflects the irony that the more advanced a control system is, so the more crucial may be the contribution of the human operator“ (Bainbridge 1983: 775). Der unzuverlässige und störanfällige Mensch wird durch zuverlässige und effiziente Maschinen ersetzt, muss sich aber bereithalten, um Probleme zu lösen, die von den angeblich so zuverlässigen Automaten erst verursacht werden. Aber da er nur noch als Lückenbüßer oder in kritischen Situationen eingesetzt wird, verliert der Mensch die erfahrungsbasierten Kompetenzen und Fähigkeiten zur Problemlösung gerade in kritischen Situationen.

Eine ihrer Ironien der Automatisierung lautet, dass dummerweise das automatische System gerade dann auf das Arbeitsvermögen angewiesen ist, wenn es versagt, wenn es gestört ist. Das ist Nummer Eins. Nummer Zwei, dass im automatischen Lauf, im automatischen Betrieb das Arbeitsvermögen ja nicht gefordert ist, aber weil es nicht gefordert ist, verkümmert es. Und in dem Moment, wo man es dann braucht, ist es dann weg. (Experte I; Abschnitt 722-727)

Die Automatisierungsdebatte Anfang der 80er Jahre zeichnet ein ambivalentes Bild. Einerseits bleibt der Mensch in Teilbereichen von Produktion und Dienstleistung unersetzlich, denn Koordination, Verknüpfung und Regulierung an den Schnittstellen dieser Bereiche sind weiterhin der menschlichen Arbeitskraft vorbehalten. Dies gilt insbesondere für die Funktionsbereiche Handhabung sowie Steuerung/Regelung, in denen der Mensch nur zum „Preis zunehmender Starrheit der Produktionsverfahren bzw. abnehmender betrieblichen Elastizität“ verzichtbar wäre (Staudt/Schmeisser 1985: 450).

Andererseits führt die Automatisierung als Rationalisierungsinstrument zu zunehmender technologischer Arbeitslosigkeit (Briefs/Fehrmann/Hickel 1984), von der vor allem ungelernete und angelernte Beschäftigte nach ihrer Ersetzung durch Automaten betroffen sind. Unter technologischer Arbeitslosigkeit wird verstanden, dass die Anwendung produktionsreifer neuer Technologien bei der Erstellung von Gütern und Dienstleistungen (im Sinne von Prozessinnovationen) mehr Arbeitsplätze vernichtet, als durch die Produktion innovativer Investitions- und Konsumgüter (Produktinnovationen) geschaffen werden (Hickel 1984: 51). Beispiele für negative Beschäftigungswirkungen neuer Technologien finden sich bei NC- und CNC-Maschinen (Hildebrandt 1980; Benz-Overhage et al. 1983), beim Einsatz von Industrierobotern (Mickler et al. 1981) und bei der Nutzung neuer „Medientechnologien“ in Büros und öffentlichen Verwaltungen (Hickel 1984). Das in dieser Perspektive geäußerte Technikleitbild ist deutlich negativ besetzt:

Die menschenleere Fabrik muss keinen Alptraum auslösen. Solange aber der Industrieroboter oder die Produktionsautomation die Arbeitsbedingungen verschlechtern und das Heer der Arbeitslosen wachsen lassen, erweisen sich die Technologien als ein schwerer Fluch. (Hickel 1984: 92)

2.2 Computertechnologien

Insbesondere Innovationen im Bereich von Mikroelektronik, Computertechnologie und Robotik waren zu Beginn der 80er Jahre verantwortlich für einen neuen Automatisierungsschub (Benz-Overhage et al. 1982: 84) und führten zu neuen Formen der Arbeitsorganisation und neuen Produktionskonzepten (Kern/Schumann 1984). Dabei wurden vor allem die neuen Computertechnologien durchaus kritisch betrachtet. Briefs (1984) sieht den Ursprung dieser neuen Rationalisierungstechnologien im Bereich der Militärtech-

nik und folgert daraus, dass die Arbeitsorganisation in den Betrieben durch den Einsatz von Computertechnologien immer militärähnlicher werde:

Andererseits führt gerade die technische Rationalisierung mit Systemen der Computertechnik dazu, verstärkt militärische und militärähnliche Formen der Organisation der Betriebe und der Durchführung der betrieblichen Tätigkeiten zu entwickeln und auf breiter Front betrieblich zu realisieren. (Briefs 1984: 97)

Das „Fernziel der Rationalisierer“ sieht Briefs (1984: 101) in einem hochkomplexen, mithilfe der Computertechnik vollständig integrierten Betrieb, der erhebliche Produktivitätssteigerungen realisieren könne bei gleichzeitigem Abbau von Arbeitsplätzen – „zur verstärkten porenlosen Auspressung der Arbeitszeit und der Arbeitskräfte“ und zur „Ausschaltung des fehlerbehafteten Menschen als Produktionsfaktor“ (Briefs 1984: 102).

Die vom Frankfurter Institut für Sozialforschung durchgeführten Studien zum Einsatz von Computertechnologien in der Stahlindustrie, Automobilproduktion und elektrotechnischen Industrie sowie im Maschinenbau (Benz-Overhage et al. 1982, 1983) verweisen auf die Automatisierungspotenziale menschlicher Arbeitskraft: Die Automaten ersetzen „vormals manuell ausgeführte Tätigkeiten wie Maschinenbeschickung, Punktschweißen und Lackieren und substituieren somit für Teilbereiche der Fertigung die Flexibilität menschlicher Arbeit“ (Benz-Overhage et al. 1982: 93). Insbesondere für einfache Qualifikationen und repetitive Tätigkeiten in der Automobilfertigung und der elektrotechnischen Industrie sehen die Autoren nur noch Restfunktionen im Arbeitsprozess. Es zeichnet sich „infolge des Einsatzes von Computertechnologien die Reduktion auf noch einfachere, letztlich inhaltsleere Jedermann-Qualifikationen ab, die lediglich Lücken eines noch nicht voll automatisierten und integrierten Produktionsprozesses ausfüllen“ (Benz-Overhage et al. 1982: 96).

Der zunehmende Computereinsatz ändert aber nicht nur Arbeitsorganisation und Arbeitstätigkeiten im produzierenden Bereich, sondern auch im Bereich der Dienstleistungen. Der Computer kommt in den Büroetagen an und ebnet den Weg zu den „Büros der Zukunft“, die die herkömmlichen Fließbandbüros ersetzen sollen (Rolf 1984: 147). Während die DV-Hersteller für Büroautomation davon ausgehen, dass die Beschäftigten durch den Einsatz von Computertechnologien mehr Unabhängigkeit und mehr Freiräume haben werden und sich die Arbeitszufriedenheit insgesamt erhöhen wird, zeigt Rolf (1984) anhand der Einführung eines Prozesses der „anlassgesteuerten Sachbearbeitung“ bei der Allianz-Versicherung, dass sich die Rolle der Beschäftigten ändert: weg vom kundenorientierten Sachbearbeiter hin zum den Kundenanlass analysierenden Datenerfasser, der die vorbereitende Dateneingabe für die automatisierte Bearbeitung durch den Computer übernimmt.

[...] speziell am Prinzip der „anlaßfassenden Sachbearbeitung“ wird das Bestreben deutlich, den Betrieb mit Hilfe der Datenverarbeitung als automatisches, sich selbststeuerndes und -kontrollierendes System zu organisieren. Eine analoge Entwicklung ist bei den Banken und Sparkassen und im Handel erkennbar. Vor allem die Vielzahl der „08/15“-Fälle soll auf diese Weise weitgehend ohne menschlichen Arbeitsaufwand abgewickelt werden (Rolf 1984: 154).

Die gesellschaftlichen Folgen des Computereinsatzes werden Anfang der 80er Jahre äußerst kritisch betrachtet. Befürchtet werden negative Auswirkungen auf die Persönlichkeitsentwicklung und eine „Verkümmerng originär menschlicher Fähigkeiten“ (Kubicek 1984: 201) im Hinblick auf die Gestaltung sozialer Beziehungen. Der intensivere Umgang mit Computern drohe demnach,

das Denken und Sprechen der Menschen auf jene Formen einzuschränken, die „computergerecht“ sind, und uns unsere Möglichkeiten zu nehmen, mit neuartigen und offenen Problemen auf schöpferische Art fertig zu werden. Eine Verarmung unserer Lebenswelt ist die Folge. (Volpert 1983, zitiert nach Kubicek 1984: 202)

Auch der britische Soziologe Cyril Northcote Parkinson, Entdecker der Parkinson'schen Gesetze zur Bürokratisierung der Verwaltung, hat sich zu den negativen Folgen der Automatisierung durch Computer geäußert und eine „gesunde“ Balance zwischen Arbeit und Freizeit angemahnt, für die die Unternehmen Sorge tragen müssten:

Kein Mensch in einer automatisierten Welt sollte mehr als drei Tage in der Woche am Computer arbeiten. Die anderen zwei Tage einer Arbeitswoche sollte er sich grundverschiedenen anderen Tätigkeiten, wie Blumenzucht oder Holzschnitzerei widmen, bei der er noch die Möglichkeit der Selbstdarstellung hat. Jede Firma, die Computerarbeit anbietet, sollte verpflichtet werden, auch für derartige ergänzende Beschäftigungen zu sorgen [...]. Das Produkt einer automatisierten Welt ist tiefer Stumpfsinn. Die Arbeit wird immer geringer und die verbleibende Arbeit für den Menschen immer langweiliger. Dabei braucht der Mensch [...] Fähigkeiten und gelernte Geschicklichkeiten, um sich selbst auszudrücken. Nur drei Tage Arbeit am Computer wird auch Leistungsfähigkeit der Gesellschaft bedeuten. Denn man muß Spaß an der Arbeit haben, um gute Arbeit zu leisten. Man kann jedoch keinen Spaß an vollständig mechanisierter Arbeit haben. (Parkinson 1987; zitiert nach Blum 1990: 164)

Interessant sind die Parallelen, die in der damaligen Debatte zum Computereinsatz zu anderen gesellschaftlichen Problembereichen wie der Umweltverschmutzung gezogen werden. Kritiker verwiesen auf die unbeabsichtigten Nebenfolgen dieser Technologien und schätzten die Risiken als ebenso bedrohlich ein wie ökologische Probleme:

Daher scheint die Feststellung nicht übertrieben, dass wir uns mit dem Beschreiten dieses angeblichen Wachstumspfadens nach der Umweltverschmutzung und dem Waldsterben nun auf eine „Innenweltverschmutzung“ und ein „Kommunikationssterben“ zubewegen, wenn diesen Risiken nicht frühzeitig begegnet wird. (Kubicek 1984: 204)

Während die einen Autoren ein Kommunikationssterben befürchteten, sahen andere in den Computern neue Partizipationstechniken und erhofften sich davon eine „massenhafte Teilhabe am gesellschaftlichen Leben“ (Protz 1984: 233) und eine Demokratisierung der Gesellschaft. Und von den wirtschaftlichen und politischen Akteuren der damaligen Zeit wurden die umfassenden politischen Pläne zur digitalen Vernetzung der Gesellschaft (anfangs noch in Form der flächendeckenden Einführung von Bildschirmtext BTX) mit dem Versprechen von Wirtschaftswachstum und Wohlstand vorangetrieben, wie Hans-Peter Stihl in seiner Rolle als Vorsitzender des Verbandes der Metallindustrie Baden-Württemberg betonte:

Die Mikroelektronik und die Computertechnik eröffnen neue Chancen für Automatisierung und Rationalisierung in den Unternehmen, den Betrieben und der Verwaltung. Die Unternehmen müssen diese Chance nutzen. Sonst können sie über kurz oder lang im harten internationalen Wettbewerb nicht mehr bestehen. (Stihl 1985: 45)

2.3 Robotereinsatz

Neben der Computertechnologie hat vor allem die Robotik zu einem weiteren Automatisierungsschub in der industriellen Produktion geführt. Fortschritte in der Mikroelektronik sowie der Regelungs- und Antriebstechnik bildeten den Grundstein für den Einsatz von Robotern in der Industrie (Schraft 2003). Nach der VDI-Richtlinie 2860 aus dem Jahr 1982 sind Industrieroboter

universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei (d. h. ohne mechanischen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen. (VDI 1982)

Der Einsatz von Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland war lange Zeit von einer nachholenden Entwicklung gegenüber Japan und den USA gekennzeichnet. Erst ab dem Jahr 1980 kann ein signifikanter Anstieg des Bestands von Industrierobotern ausgemacht werden: 1255 Industrierobotern in Deutschland stehen 4500 in den USA und 5500 in Japan gegenüber (Hansmann/Roggon 1984: 82). In der Automobilindustrie gibt es eine längere Tradition im Einsatz von Industrierobotern: In den US-amerikanischen Ford-Werken wurde 1961 der erste Industrieroboter eingesetzt. In Deutschland installierte Daimler-Benz 1972 einen Roboter für das Punktschweißen im Karosseriebau und Volkswagen entschloss sich 1972, seine Industrieroboter selbst zu bauen, da die damaligen am Markt verfügbaren Robotermodelle den betrieblichen Anforderungen nicht gewachsen waren (Mickler et al. 1981: 81 ff.; Heßler 2014: 62).

Industrieroboter werden im Automobilbau hauptsächlich zur Werkzeugführung (z. B. Schweißzangen, Spritzpistolen) verwendet, in geringerem Umfang auch zur Werkstückhandhabung (z. B. Zwischentransport von Preßteilen). Haupteinsatzfeld ist bis Mitte der achtziger Jahre das Punktschweißen im Karosserierohbau. Hier konzentrieren sich bis zu 90 % der eingesetzten Roboter. (Jürgens et al. 1989: 52)

Roboter sind als Handhabungsgeräte (Spur/Uhlmann 2011) dazu konzipiert, manuelle Tätigkeiten auszuführen, die bisher von menschlichen Arbeitskräften vollzogen wurden. Daher wird ein Roboter häufig als Mensch-Ersatz verstanden und mit dieser neuen Technologie das Leitbild der menschenleeren Fabrik assoziiert. Roboter sind Automaten, die komplizierte Bewegungsabläufe beherrschen, Werkzeuge führen und Bearbeitungstätigkeiten ausführen können. Ihre Einsatzbereiche sind vor allem mit hohen Arbeitsbelastungen einhergehende repetitive Teilarbeit. Roboter als „Eiserne Diener“ (Mickler et al. 1981: 14) befreien den Menschen vor diesen unzumutbaren Arbeitsbelastungen und stellen in dieser Lesart eine „Humanisierungstechnologie“ dar:

Vom Einsatz der Geräte sind demnach unmittelbar nur solche Tätigkeiten betroffen, die in der Regel durch ein relativ hohes physisch-psychisches Belastungsniveau und vergleichsweise geringe Qualifikationsanforderungen gekennzeichnet sind. Aufgrund ihrer oftmals unzumutbaren Anforderungen sind gerade diese Arbeitsplätze, die zumeist mit nur kurzfristig angelernten Arbeitskräften besetzt werden, zum zentralen Gegenstand der Auseinandersetzung um eine humanere Gestaltung der Arbeit geworden. Ein Großteil der Hersteller und Anwender von Industrierobotern – und speziell auch die VW-AG – greifen diesen Tatbestand auf und stellen die IR-Technologie aufgrund ihrer spezifischen Einsatzmöglichkeiten explizit als Humanisierungstechnologie dar. (Mickler et al. 1981: 14)

Allerdings zeigt sich bei der Untersuchung der Bestimmungsgründe für die Entwicklung und den Einsatz von Industrierobotern bei Volkswagen, dass Humanisierungsaspekte keine große Rolle gespielt haben (Mickler et al. 1981: 88 ff.). Der Betriebsrat bei Volkswagen hatte eine grundsätzlich positive Haltung zu betrieblichen Modernisierungsvorhaben und mit dem Einsatz von Industrierobotern wurde seitens des Betriebsrats die Hoffnung verbunden, dass es zur Schaffung neuer Arbeitsplätze für Facharbeiter kommt und dadurch dem Facharbeiterüberhang bei Volkswagen begegnet werden kann. Bei einem Wegfall von Arbeitsplätzen sollten Entlassungen vermieden und den Betroffenen lohngruppengleiche Arbeitsplätze zugewiesen werden (Mickler et al. 1981: 96 f.).

Die Automatisierung durch Industrieroboter hat drei grundlegende Fragen aufgeworfen, die jeweils mit einem spezifischen Leitbild von Mensch und Technik verbunden sind.

2.3.1 Das Potenzial der Ersetzbarkeit von Arbeitsplätzen durch Industrieroboter – Job-Killer Roboter

Das Leitbild des Roboters als Jobkiller (Schiele/Hallwachs 1987: 1) ist die Zuspitzung der Frage, wie viele menschliche Arbeitsplätze durch den Einsatz von Industrierobotern ersetzt werden können. Der Automatisierungsschub durch Robotik ermöglichte eine Rationalisierungswelle in den Betrieben mit dem Ziel, die fehlerbehaftete und unzuverlässige menschliche Arbeitskraft durch Roboter zu ersetzen. Der gewerkschaftsnahe Wirtschaftswissenschaftler Rudolf Hickel konstatiert prägnant: „Industrieroboter verdrängen Arbeitskräfte“ (Hickel 1984: 82), weil ihre Integration in die automatisierte Fertigung eine wesentliche Voraussetzung zur Realisierung der menschenleeren Fabrik herstellt. Zunehmende Automatisierung und steigende Flexibilisierungsmöglichkeiten bewirken seiner Ansicht nach Arbeitsplatzvernichtungen (Hickel 1984: 84). In die gleiche Richtung zielen Argumente von Betriebswirtschaftlern. Sie rechnen vor, „dass durch einen in zwei Schichten eingesetzten Industrieroboter zwei bis sechs Arbeitskräfte eingespart werden können. In der Zukunft, wenn sich immer mehr sensorgeführte Roboter, z. B. bei der Montage, durchgesetzt haben, werden es bis zu 10 Arbeitskräfte pro Roboter sein“ (Hansmann/Roggon 1984: 91).

Die sozialwissenschaftliche Begleitforschung zum Einsatz von Industrierobotern bei Volkswagen, die in den Jahren 1977 und 1978 im Wolfsburger VW-Werk erhoben wurde (Mickler et al. 1981), hat wichtige Ergebnisse zur potenziellen Ersetzbarkeit von Industriearbeitsplätzen erzielt: Der Industrierobotereinsatz bei Volkswagen Wolfsburg war Ende der 70er Jahre ausschließlich zur Automatisierung repetitiver

Tätigkeiten mit geringem Qualifizierungsniveau und hoher Arbeitsbelastung mittels Einsatzes von Industrierobotern konzipiert. Gemessen an der Belegschaft des Werks in Wolfsburg von damals rund 54 000 Beschäftigten zeigt sich, dass „potentiell bis zu 7000 Arbeitsplätze im Bereich repetitiver Tätigkeiten durch IR ersetzt werden könnten. Das sind maximal 35 % der Arbeitsplätze im Bereich repetitiver Teilarbeit bzw. maximal 13 % der Arbeitsplätze im Werk Wolfsburg“ (Mickler et al. 1981: 259). Während der Einsatz von Robotern bei Volkswagen nicht auf akute Personalengpässe zurückzuführen ist, geben „bei Volvo (Kalmar) Rekrutierungsschwierigkeiten und bei Fiat (Turin) Streikausfälle den Ausschlag für den Einsatz von IR-Technologien“ (Poppe 1988: 98 f.).

2.3.2 Qualifikationsrelevante Aspekte der Einführung von Industrie-robotern – der Mensch als Steuermann und Kontrolleur?

Die neue Rolle des Menschen in der Mensch-Maschine-Interaktion kommt in der Vision zum Ausdruck, dass der Mensch den Roboter kontrolliert. Der Mensch als Steuermann ist im Vergleich zur Maschine ein kognitiv überlegenes Wesen. Dem Menschen obliegt die Kontrolle der Maschinen, er steuert und reguliert sie (Heßler 2014: 65). Angesprochen sind damit auch Fragen der Qualifikation im Umgang mit Industrierobotern.

Im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung des SOFI und der Universität Bremen zum Einsatz von Industrierobotern im VW-Werk Wolfsburg (Mickler et al. 1981) wurden drei Tätigkeitsgruppen untersucht, die sich im Hinblick auf „ihre Stellung zum Fertigungsfluß, ihre Handlungsspielräume, Belastungen und Qualifikationsanforderungen“ (Mickler et al. 1981: 107 f.) unterscheiden lassen:

1. repetitive Tätigkeiten (z. B. Schweißen, Lackieren, Montagearbeiten),
2. produktionsbegleitende Tätigkeiten (z. B. Nacharbeiten, Qualitätsprüfung, Transport),
3. Instandhaltungstätigkeiten (z. B. Vorrichtungsschlosser, Maschinenschlosser, Betriebselektriker).

Durch den Einsatz von Industrierobotern werden insbesondere im Handhabungsbereich repetitive Tätigkeiten ersetzt, die nur sehr geringe Qualifikationsanforderungen stellen. Komplexe Bearbeitungstätigkeiten sind hingegen nur partiell ersetzt worden, indem die Hauptfunktion der Bearbeitung auf den Industrieroboter verlagert wurde, während die wenig qualifizierten Nebentätigkeiten weiterhin manuell ausgeführt werden:

Die Reduktion der verbleibenden bzw. neu entstandenen repetitiven Arbeiten auf das einfache Handhaben von Werkstücken bedeutet eine erhebliche Einschränkung der einstigen Qualifikationsanforderungen. Dies widerspricht dem Humanisierungsanspruch ebenso wie die Tatsache, daß der IR-Einsatz im Bereich der Angelernten nur in einem Ausnahmefall eine höherwertige Tätigkeit zum Resultat gehabt hat. (Mickler et al. 1981: 269)

Im Bereich der Wartung und Instandhaltung von Industrierobotern haben sich die Qualifikationsanforderungen für die Facharbeiter hingegen nur geringfügig erhöht. Zusammenfassend kommen die Autoren zu dem Schluss, dass gerade das mittlere Qualifikationsniveau vom Einsatz der Industrieroboter am

meisten betroffen sein wird: „In der Konsequenz bedeutet dies, daß mit dem Ersatz repetitiver Bearbeitungstätigkeiten wie dem Zangenpunktschweißen, Schmelzschweißen, Lackieren etc. das ‚mittlere‘ Qualifikationsspektrum der längerfristig Angelernten im Produktionsbereich gravierend reduziert wird“ (Mickler et al. 1981: 260).

Weiterhin ist damit zu rechnen, dass neue Formen einfacher, niedrigqualifizierter Tätigkeiten entstehen werden: „Man muß sogar davon ausgehen, daß durch die Mechanisierung von Bearbeitungstätigkeiten [...] neue Mechanisierungslücken und mithin neue inhaltsarme Handhabungstätigkeiten entstehen. Das dürfte insbesondere bei der Mechanisierung von Einzelbearbeitungsplätzen der Fall sein, wobei der IR die Bearbeitungsfunktion übernimmt, während die reine Handhabungsfunktion weiterhin manuell ausgeführt wird“ (Mickler et al. 1981: 261). Das Entstehen höherwertiger Qualifikationen schätzen die Autoren skeptisch ein:

Demgegenüber werden qualifiziertere Automationstätigkeiten wie die eines Anlagenüberwachers nur in vereinzelt Fällen entstehen, und zwar dort, wo es zu einem konzentrierten Einsatz mehrerer IR (ca. 4–8 Geräte) kommt. [...] Auch andere höherwertige Tätigkeiten, die eine Zunahme von Facharbeitern oder Einrichtern in der Produktion erforderlich machen würden, dürften durch den Einsatz von IR kaum entstehen, da die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß zusätzliche Arbeitsfunktionen (Wartungsaufgaben, Störungssuche) in der Regel durch die bestehende Arbeitsorganisation aufgesogen werden. (Mickler et al. 1981: 261).

Trends zur De-Qualifizierung und die Entstehung reiner Resttätigkeiten mit enger Taktung werden auch von anderen Autoren beschrieben:

Bei der Automatisierung von Arbeitsvorgängen durch Industrieroboter bleiben häufig noch Resttätigkeiten für den Menschen übrig. [...] Die Ausführung dieser Tätigkeit wird i. d. R. dem Arbeitrhythmus des Roboters angepasst. Dabei entstehen Arbeitsplätze mit enger Taktbindung, an denen der Mensch sein Arbeitstempo nicht mehr variieren kann. (Frevel 1984: 72)

Auf erhebliche Schwachstellen bei der Qualifizierung an Industrierobotern weist Alexander Frevel von der Gesellschaft für Arbeitsschutz und Humanisierungsforschung hin:

Die [...] vorwiegend durch Roboterhersteller durchgeführten Qualifizierungsmaßnahmen für das Programmier- und Wartungspersonal weisen eine Reihe schwerwiegender Defizite auf: der theoretisch-praktische Aufbau der Schulungen ist ingenieurwissenschaftlich konzipiert und entbehrt ausreichender didaktischer und methodischer Vor- und Aufbereitung. Dauer und Umfang der Schulungen sind einander nicht entsprechend: In zu wenig Zeit soll zu viel Inhalt vermittelt werden. (Frevel 1984: 76)

Der Diskurs über Qualifikationsaspekte beim Einsatz von Industrierobotern zu Beginn der 80er Jahre verdeutlicht die Einschätzung, dass die Mehrzahl der Beschäftigten generell nicht ausreichend für den Umgang mit neuen Technologien qualifiziert sei, dieser wichtige Punkt aber den Stellenwert des Menschen in der „technischen Zukunft der Arbeit“ ausmache (Frevel 1984: 78; Korndörfer 1987). Darüber hinaus existiert eine Reihe offener Fragen aufseiten der IR-Anwender über Arbeitsorganisation und Qualifikationsbedarf des

Personals im Umgang mit Industrierobotern, die insgesamt dazu führen, dass Industrieroboter außerhalb der Domäne der Automobilindustrie nur zögerlich eingeführt werden (Schiele/Hallwachs 1987).

2.3.3 Belastungsrelevante Aspekte der Einführung von Industrierobotern – Roboter machen die „Drecksarbeit“ und entlasten den Menschen

In diesem Leitbild wird die Leistungsfähigkeit des Menschen im Vergleich zur Maschine betrachtet. Der Mensch gilt als unzuverlässig und fehlerhaft in der Ausführung seiner Tätigkeiten, er gilt als ein körperlich eingeschränktes Wesen. Die körperliche Einschränkung des Menschen kann und soll durch Maschinen ausgeglichen werden. Nach dem Motto „Robby macht die Dreck-Arbeit“ (Heßler 2014: 64) werden Maschinen als niemals müde Muskelmänner verstanden. Der Einsatz von Industrierobotern hat daher immer auch das Ziel, den Menschen von körperlich belastenden Tätigkeiten zu befreien.

Die Arbeitsbelastung in der industriellen Fertigung ist Thema zahlreicher Untersuchungen. Positive Aspekte des Einsatzes von Industrierobotern hinsichtlich der Entlastung des Menschen finden sich beispielsweise bei Poppe (1988): Industrieroboter können Menschen von Arbeitsunfällen, belastenden Arbeitsumgebungen sowie psychischen und sozialen Arbeitsbelastungen befreien (Poppe 1988: 220).

In einem Forschungsprojekt zur Analyse von Industrierobotereinsätzen im Rahmen des Verbundprojekts ARGE HHS II (Arbeitsgemeinschaft Handhabungssysteme) von 1979 bis 1986 konnte gezeigt werden, dass sich durch den Einsatz von Industrierobotern tatsächlich eine Veränderung von Belastungssituationen in vier analytisch getrennten Dimensionen einstellt (Lauenstein et al. 1989):

1. *Unfallgefahren* haben sich durch den Einsatz von IR im Bereich der manuellen Bearbeitung minimiert, allerdings konnten durch Automation neu entstandene Unfallgefahren aufgrund der Kürze der Einführungszeiten und der geringen Erfahrungswerte nur qualitativ erfasst, nicht aber in der Breite und Risikobehaftung ermittelt werden (Lauenstein et al. 1989: 135).
2. *Körperliche Belastungen* reduzierten sich zu großen Teilen durch Automation und Industrieroboter. Allerdings gab es auch Fälle, bei denen die schwere und einseitig belastete Muskelarbeit zunahm, insbesondere bei kurzzyklischen Einlegetätigkeiten (Lauenstein et al. 1989: 121).
3. *Minderung der Wirkung negativer Umwelteinflüsse*: Während in der Werkstückhandhabung die positive Wirkung des Einsatzes von IR nachweisbar und eindeutig auf diese Maßnahme zurückzuführen ist, sind in der „Werkzeughandhabung flankierende Arbeitsschutzmaßnahmen die wesentlichere Variable für den Belastungsabbau“ (Lauenstein et al. 1989: 135).
4. *Konzentrationsanforderungen* steigen durch die Automation angesichts einerseits höherer Komplexitäten neuer technischer Systeme und der Ausweitung der anlagenbezogenen Tätigkeiten und andererseits wegen des gleichzeitigen Bestands vorheriger Arbeitsanforderungen. Dadurch entsteht eine „Belastungskumulation“ (Lauenstein et al. 1989: 135).

Die Studie von Lauenstein (et al. 1989) zeigt die Ambivalenz der Entwicklungen aus der Perspektive der Arbeitswissenschaft: In den Unternehmen verändern sich die Belastungssituationen, wenngleich diese Verschiebungen nicht nur auf Automation und Robotereinsatz zurückzuführen, sondern „Ergebnis aller

technischen, organisatorischen und personellen Maßnahmen am Arbeitsplatz sowie im Arbeitssystem“ (Lauenstein et al. 1989: 134) sind.

Die sozialwissenschaftliche Begleitforschung des Industrierobotereinsatzes bei Volkswagen thematisierte ebenfalls die veränderte Belastungssituation durch Robotereinsatz unter Humanisierungsgesichtspunkten, gelangte aber insgesamt eher zu einer negativen Einschätzung hinsichtlich der Entlastungsfunktion für den Menschen (Mickler et al. 1981: 269 ff.). Dabei zeigen sich deutlich ambivalente Ergebnisse, sodass die Auswirkungen des Einsatzes der Industrieroboter auf die Arbeitssituation der Beschäftigten insgesamt ein uneinheitliches Bild ergeben.

Positiv festzuhalten ist, dass der Industrierobotereinsatz vor allem Arbeitsplätze mit intensiven körperlichen und/oder Umgebungsbelastungen automatisierte. Dabei hat man es mit einem Belastungsabbau durch Beseitigung dieser hochbelasteten Arbeitsplätze zu tun, d. h., die Roboter ersetzen diese Arbeitsplätze insgesamt: „Arbeitsplätze werden nicht humaner gestaltet, sondern beseitigt“ (Mickler et al. 1981: 277).

Negative Konsequenzen hat der zunehmende Einsatz von Industrierobotern jedoch für die Belastungssituation an den verbleibenden Arbeitsplätzen: „So kann eine Höhermechanisierung durch IR zu einer Zunahme vor allem psychischer Belastungsanforderungen führen, die sich aus der fortschreitenden Notwendigkeit zur Überwachung der technischen Systeme, zusätzlichen Kontrollarbeiten, vermehrten Störungseingriffen etc. ergeben“ (Mickler et al. 1981: 262). Weitere negative Auswirkungen hat die Automatisierung für das betriebliche Sozialgefüge. Die Autoren stellen fest, dass sich die menschlichen Interaktions- und Kooperationsmöglichkeiten durch die stärkere Automatisierung verschlechtern, was auch darauf zurückgeführt werden kann, dass die verbleibenden Arbeiter einer von den Industrierobotern vorgegebenen höheren Taktbindung unterliegen. Zusammenfassend kommen die Autoren zu dem Schluss, dass der Einsatz der Industrieroboter bei Volkswagen den Charakter einer betrieblichen Rationalisierungsmaßnahme hat und den Humanisierungsanspruch nicht einlösen konnte (Mickler et al. 1981: 277).

3. Von der Halle 54 zur Fabrik der Zukunft

Obwohl die SOFI-Studie zum Einsatz von Industrierobotern bei Volkswagen (Mickler et al. 1981) dem Robotereinsatz in der Montage auf absehbare Zukunft nur geringe Realisierungschancen gab und noch im Jahr 1981 nur 5 % aller Industrieroboter im Montagebereich eingesetzt wurden (Jürgens et al. 1989: 55), wurde im Herbst 1983 ein bedeutender Schritt der Montageautomation auf dem Weg in die „Fabrik der Zukunft“ (Ruminski 1984; Jürgens et al. 1989) vollzogen: die Halle 54 bei Volkswagen mit einem Automatisierungsanteil von 25 %. Auf insgesamt 53 000 Quadratmetern und über zwei Etagen verteilt arbeiten 40 Industrieroboter und 4000 Beschäftigte zusammen an der Endmontage des Golf II und des VW Jetta (Spiegel 1983).

Strategische Grundlage der Montageautomation mit Industrierobotern bei Volkswagen war die Politik der „technologischen Autarkie“ (Jürgens et al. 1989: 59): VW hatte bereits Anfang der 70er Jahre begonnen, seine eigene Roboterproduktion aufzubauen und war Anfang der 80er Jahre der größte Roboterhersteller in der Bundesrepublik Deutschland. Für die Robotisierung der Halle 54 machte sich VW die eigene „enge personelle und organisatorische Verflechtung zwischen Herstellerkompetenz und Anwenderkompetenz“ (Jürgens et al. 1989: 59) zunutze und setzte zusätzlich auf eine strategische Kooperation mit Siemens für die Bereiche der Informations- und Steuerungstechnologien.

Die Investitionen in die Halle 54 betragen rund 550 Mio. DM und sollten sich in einem Zeitraum von 2,7 Jahren amortisieren (Bartl 1988: 438). Neben einer Steigerung des Mechanisierungsgrads von 5 % auf 25 % und einer anvisierten Qualitätssteigerung sollte in der Halle 54 auch eine Senkung der Fertigungskosten erreicht werden. Dies wurde durch eine Reduzierung der Fertigungszeit erzielt, die in Summe aber rund 1000 Arbeitsplätze in der Montage kostete:

An den modernen Montagestraßen arbeiten nur noch wenige Arbeiter: Elektriker und Schlosser, die überwachen und bei Fehlern eingreifen, sowie einige ungelernte Arbeiter, die die Automaten mit Kleinteilen füttern. Wäre in der Halle 54 nicht auch die Endmontage des Innenraums untergebracht, die noch kaum automatisiert ist, die Halle wäre nahezu menschenleer. Die neue Technik macht insgesamt 1000 Arbeitsplätze überflüssig. Betroffen sind dadurch vor allem un- oder angelernte Arbeiter. (Spiegel 1983: 73)

Die Automatisierungsstrategie von VW wurde wie schon in der Automatisierungsdebatte der 50er Jahre von einem Diskurs begleitet, der nicht nur die höhere Produktqualität der Roboter, sondern auch die körperliche Entlastung des Menschen und seine neue Rolle in anspruchsvollen Überwachungs- und Steuerungsaufgaben betonte (Heßler 2014: 64). „Robby macht die Dreck-Arbeit“ war 1982 in der VW-eigenen Mitarbeiterzeitschrift „Autogramm“ zu lesen (Heßler 2014: 64). VW betonte also besonders stark die Humanisierungsziele, die in der Halle 54 erreicht werden sollten, beispielsweise die Entlastung der Arbeiter und die Unabhängigkeit vom Takt (Heßler 2014). Dies sollte durch eine neue Art der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine erreicht werden: „die schuftenden Roboter einerseits und die steuernden Menschen andererseits“ (Heßler 2014: 65).

Eine Humanisierung der Arbeit betraf vor allem den Wegfall der Überkopfarbeit, die durch eine durchgehend mechanisierte Unterflurmontage ersetzt werden sollte (Bartl 1988: 437). Das dortige Personal hatte nur noch reine Überwachungsaufgaben und die verbleibenden Arbeitsplätze in den Fertigungs- und Materialumschlagsbereichen sollten nach aktuellen ergonomischen Erkenntnissen gestaltet werden. Eine Mitarbeiterbefragung über die persönliche Zufriedenheit an den Arbeitsplätzen brachte für das Management der Halle 54 allerdings überraschende Ergebnisse: Gerade bei der Frage nach den Arbeitsbedingungen und zur Einschätzung der persönlichen Entwicklung zeigten sich gegenüber den anderen Faktoren deutlich negative Tendenzen (Bartl 1988: 437 f.).

Die von Bainbridge (1983) formulierten „Ironies of automation“ zeigten sich besonders deutlich in der Halle 54: Entgegen der ursprünglichen Absicht von VW wurde die menschliche Arbeitskraft vor allem gebraucht, um die Fehler der Roboter zu korrigieren. Die Endmontage galt generell als nur schwierig zu automatisieren, weil komplexe Bewegungsabläufe und hohe Präzision in den einzelnen Arbeitsschritten notwendig waren. Hinzu kam eine Vielzahl an Modellvarianten des neuen Golf II:

Beim neuen Golf gibt es Tausende von Varianten: „Wir haben einmal ausgerechnet“, berichtet Friedrich Lünzmann, Leiter der Fertigungsplanung für die Bereiche Lackiererei und Montage und maßgeblich beteiligt an den Planungen für die Mechanisierung in der Halle 54, „dass nur etwa alle 14 Tage dasselbe [sic!] Auto noch einmal vom Band läuft“ – und das bei Produktionszahlen von fast 3000 Fahrzeugen täglich. (Ruminski 1984: 62)

Als besonders kritisch stellten sich die Verschraubungen an den Karosserien heraus. Die Roboter konnten nur fehlerfrei arbeiten, wenn alle Abmessungen auf den Zehntelmillimeter genau passten. Allerdings gelangten zu viele Teile mit mangelnder Fertigungsgenauigkeit in den Prozess der Endmontage, zum Beispiel unsauber gedrehte Schrauben, die die Roboter nicht aussortieren konnten und daher einschraubten, was zu einer Störung führte und den gesamten Montageprozess stoppte. An dieser Stelle musste der Mensch eingreifen und die Störungen manuell beheben. Langsam stellte sich als Erkenntnis heraus: „Die Roboter funktionierten nicht ohne den Menschen“ (Heßler 2014: 67).

Die Grenzen der Automatisierung zeigten sich daran, dass Roboter im Unterschied zu den menschlichen Arbeitskräften nicht über die Fähigkeit verfügten, in praktischen Zusammenhängen flexible Entscheidungen zu treffen und Fehler zu erkennen. Diese komplexen Fähigkeiten basieren auf menschlichem Erfahrungswissen (Böhle/Milkau 1988; Pfeiffer 2007 und 2016), die Roboter arbeiteten stattdessen

vorgegebene Algorithmen ab; diese umfassten jedoch nicht die komplexe Konfiguration von (Fehler-)Erkennen und Handeln. Den Robotern in der Halle 54 fehlte diese Dimension des Wissens: die Fähigkeit, zu beurteilen, ob die Schraube verwendbar war oder nicht, die Ursache von Fehlern zu bestimmen und zu beheben, kurz, Entscheidungen zu treffen, die auf Arbeitserfahrung beruhen. (Heßler 2014: 70 f.)

Es zeigten sich daher schon bald die wirtschaftlichen Grenzen der Montageautomatisierung, die sehr kapitalintensiv, wenig flexibel und sehr störanfällig war: „Die Automatisierung der Produktion ging auf Kosten

der Prozeßsicherheit und der Produktionstransparenz. Die Prozeßkomplexität erwies sich als kaum steuerbar [...].“ (Haipeter 2000: 190)

Die Halle 54, die als Versuch gestartet war, „die fordistischen Methoden der Rationalisierung auf perfektionierter Stufe weiter zu treiben“ (Widuckel 2004: 20), wurde in der Wahrnehmung der Fertigungsingenieure bald zur „Hölle 54“ (Heßler 2014: 71). Der Ersetzbarkeit des Menschen wurden Grenzen aufgezeigt, nicht nur weil die Roboter zu fehleranfällig waren, sondern weil das Erfahrungswissen und die kreativen Potenziale der menschlichen Arbeitskräfte für den Produktionsprozess systematisch unterschätzt wurden. Karl-Heinz Briam, Arbeitsdirektor bei Volkswagen, machte auf die Versäumnisse bei der Konzipierung der Halle 54 aufmerksam:

Man kann nicht einerseits die Apparate ständig verfeinern, ihre Steuerung optimieren, ihre Leistung erhöhen, ihre Verzahnung perfektionieren, und andererseits kaum einen Gedanken daran verschwenden, welche Position der Mensch im modernen Produktionsprozess einnimmt. (Briam 1986; zitiert nach Heßler 2014: 72)

Nicht nur bei Volkswagen wurde erkannt, dass die mannlose Fabrik keine Zukunft haben würde. Die Umsetzung der Vision der Vollautomatisierung besonders in Fertigungsbereichen war zu komplex und stieß an ihre technologischen und organisatorischen Grenzen. Der Leiter der Projektträgerschaft Fertigungstechnik im Kernforschungszentrum Karlsruhe Dietrich Stams formulierte deutlich, dass die Idee einer Fabrik der Zukunft nicht in einer Vollautomatisierung ohne menschliche Arbeitskräfte liegen kann:

Wir müssen [...] Initiativen für die Fabrik der Zukunft ergreifen. Dabei dürfen wir uns nicht von science fiction-artigen Wunschträumen leiten lassen, wie z. B. „die Zukunft ist die vollautomatisierte, mannlose Fabrik“ (Stams 1986: 87).

Die Einbeziehung der menschlichen Arbeitskraft ist für die Fabrik der Zukunft eine wichtige Ressource, wie Stams weiter ausführt: „Insbesondere wurde immer wieder festgestellt, dass man auch das Know-how des Arbeiters vor Ort braucht, genauso wie seine Bereitschaft mitzumachen, und das dies nur möglich ist, wenn er in die Planung einbezogen ist und bei der Gestaltung mitwirkt [...].“ (Stams 1986: 88)

Ein Ergebnis der Automatisierungsdebatte am Ende der 80er Jahre ist die Rückkehr des Menschen: Die Automatisierung ist menschengerecht zu gestalten, d. h. sie muss von den Fähigkeiten und Bedürfnissen des arbeitenden Menschen ausgehen: „Nicht das Maximum an Automatisierung kann das Ziel sein, sondern das Optimum zwischen menschlichen Fähigkeiten und technischem System [...].“ (Henning et al. 1990b: 5) Die menschliche Arbeitskraft als wichtige Ressource und relevanter Produktionsfaktor (Martin 1990) muss schon bei der Planung von Mensch-Maschine-Systemen angemessen berücksichtigt werden, wie selbst VDI-Vertreter fordern:

Dies erfordert von Ingenieuren ein erweitertes Vorgehen beim Entwurf von Mensch-Maschine-Systemen: Sozialverträgliche Mensch-Maschine-Systeme können dann wirtschaftlich gestaltet werden, wenn man den Produktionsfaktor „Arbeit“ bereits in den Entwurfsprozeß einbezieht. Für den Ingenieur gilt es dabei, ein der technischen und gesellschaftlichen Entwicklung angemessenes Verständnis von Arbeit und Rationalisierung zu berücksichtigen. (Henning et al. 1990b: 5)

Dass Ingenieure auf die neuen gesellschaftlichen Entwicklungen nicht immer passende Antworten parat haben, zeigen zwei weitere Beiträge aus dem Sammelband des VDI (Henning et al. 1990a), die jeweils aus Ingenieurssicht den Zusammenhang zwischen Automatisierung und Gesellschaft erörtern und dabei besonders das Schlagwort der Freizeitgesellschaft im Blick haben: Ein Vorstandsmitglied der Flachglas AG aus Gelsenkirchen sieht in der Automatisierung eine

große Verheißung zur Selbstbestimmung und Selbstbesinnung des Menschen. Doch auch dieser Weg muß gestaltet werden. Einfach weniger zu arbeiten bzw. mehr freie Zeit zu haben ist zu wenig. So wird eine Freizeitgesellschaft in ihrer Perspektiv- oder besser Sinnlosigkeit keine kreative Überlebenskraft entwickeln. (Bachmann 1990: 125)

Prof. Dr.-Ing. Ernst Welfonder von der Universität Stuttgart sieht die gesellschaftlichen Nachteile der Automatisierung nicht nur in einer Gefahr der Überproduktion, sondern auch in einer „falsch genutzten Freizeit“, worunter er „zu viel Fernsehen“ und „zu viel Alkoholgenuss“ versteht (Welfonder 1990: 56).

4. Computer Integrated Manufacturing

4.1 Von der Fabrik der Zukunft zu CIM

Die Halle 54 bei Volkswagen galt nicht nur als Vorreiter beim Einsatz von Industrierobotern in der Endmontage, sondern wurde auch deshalb als Fabrik der Zukunft bezeichnet, weil in ihr computergestützte Systeme zum Informations- und Materialfluss genutzt wurden. Das in der Halle 54 verwendete System mit Namen „MONTIS“ (Montage-Informationssystem) koordinierte die Herstellung des Golf II aus insgesamt rund 10 000 Einzelteilen, die in der Vor- und Endmontage zusammengefügt wurden:

Damit bei der Montage alles läuft, wurden zusätzlich für jeden kleinen Regelkreis eigene Rechner installiert. So wachen zum Beispiel ATSC 3, AMOR oder AGET darüber, dass der richtige Reifen, der richtige Motor oder andere Teile in das richtige Auto kommen. Fällt ein Rechner aus, schaltet sich automatisch sein Stellvertreter ein, gibt auch dieser seinen Geist auf, stehen immer noch MONTIS und andere Großrechner im Werk zur Koordination zur Verfügung. (Ruminski 1984: 69)

Die Halle 54 zeigt, dass in den 80er Jahren die Automatisierung des Material- und Informationsflusses eine immer größere Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen erlangte: „Die Information ist schlechthin ein neuer Produktionsfaktor geworden, dessen Beschaffung und Verarbeitung erheblichen Aufwand erfordert. Genaue Informationen, gezielt zur richtigen Zeit, sind heute mehr denn je Voraussetzung für auch in Zukunft erfolgreiche Unternehmen“, so Hans-Jürgen Warnecke, der damalige Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Warnecke 1985: 258).

Die Fabrik der Zukunft ist durch einen durchgängigen Informationsfluss gekennzeichnet, bei dem alle an der Produktion beteiligten Abteilungen untereinander vernetzt sind. Die ganzheitliche Betrachtung des Produktionssystems benötigt eine entsprechende Rechnerunterstützung:

Die Fabrik der Zukunft wird ohne Zweifel nur dann in der Lage sein, die drohenden operativen Lücken im Fertigungsbereich sukzessive zu schließen, wenn modernen und leistungsfähigen Fertigungseinrichtungen und -verfahren ein straff organisierter Informations- und Materialfluß zur Seite gestellt wird, der weitgehend von einer Rechnerhierarchie unterstützt wird. (Warnecke 1985: 258)

Die u. a. am Fraunhofer-Institut entwickelten Konzepte der rechnerintegrierten Fertigung knüpfen – wie auch schon die früheren Versuche der Vollautomatisierung – an die Vorstellung einer menschenleeren Fabrik an, wie eine rückblickende Beschreibung von Hans-Jürgen Warnecke (2004) deutlich macht:

Automatisierung des Materialflusses und des Informationsflusses ließen die Vorstellung von der automatischen oder „mannlosen“ Fabrik entstehen. Die Vision war, dass in einer Rechner-Hierarchie die Bestellung des Kunden für ein Produkt in einen innerbetrieblichen Auftrag umgewandelt wird, der anhand der Auflösung der Stückliste des Produktes in die Einzelteile und dann Arbeitsgänge aufgelöst wird. Daraus wird der Auftrag an das Lager zur Halbzeugbereitstellung generiert und ein innerbetrieblicher Transport durch automatische Flurförderzeuge, die sich selbst in der Werkstatt orientieren können, ausgelöst. Nach dem automatischen Beladen der Maschine erfolgt deren

Steuerung und damit die Bearbeitung durch den Rechner, danach erfolgt der automatische Transport zur nächsten Maschine und schließlich in den Montage-Bereich, der ebenfalls so hoch wie möglich mit Industrierobotern automatisiert ist. Nach der Montage erfolgt die automatisierte Verpackung, und dann die Bereitstellung zum Versand. Selbstverständlich ist die Sicherung der Qualität in die Prozesse integriert. (Warnecke et al. 2004: 21)

Die hier angesprochene Computerintegration wird in der Automobilindustrie – wie das Beispiel der Halle 54 zeigt – schon lange angestrebt. Auf Basis von Ergebnissen einer ländervergleichenden Studie zwischen Automobilunternehmen aus Deutschland, Amerika und dem Vereinigten Königreich kommt das Wissenschaftszentrum Berlin zu einer kritischen Einschätzung der Fabrik der Zukunft:

Aber die Fabrik der Zukunft wird nicht nur aus Robotern bzw. aus einer neuen Generation von rechnergesteuerten Produktionstechnologien bestehen. Im Kern geht es vielmehr um den Zusammenhang von Sozialintegration und Computerintegration aller Unternehmensfunktionen. Es geht also nicht um eine Fortschreibung der klassischen Fertigungsautomation mit mikroelektronischen Mitteln, sondern um eine neue Qualität des Rationalisierungsprozesses durch informationelle Integration des Unternehmens als Gesamtsystem. Die computerintegrierte Produktion hat nicht die Rationalisierung einzelner Fertigungs- und Bürobereiche zum Ziel, sondern sie zielt auf die Gesamtopтимierung des Unternehmens, die ohne adäquate Berücksichtigung der „Humanressourcen“ undenkbar ist. (Jürgens et al. 1989: 70)

Die Vorstellung einer rechnergestützten Produktion in der Fabrik der Zukunft wird in der bundesdeutschen Debatte seit 1985 als *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) bezeichnet. Die Ursprünge dieser Konzeption und das Begriffsverständnis werden in den folgenden Abschnitten behandelt.

4.2 Entstehung und begriffliches Verständnis von CIM

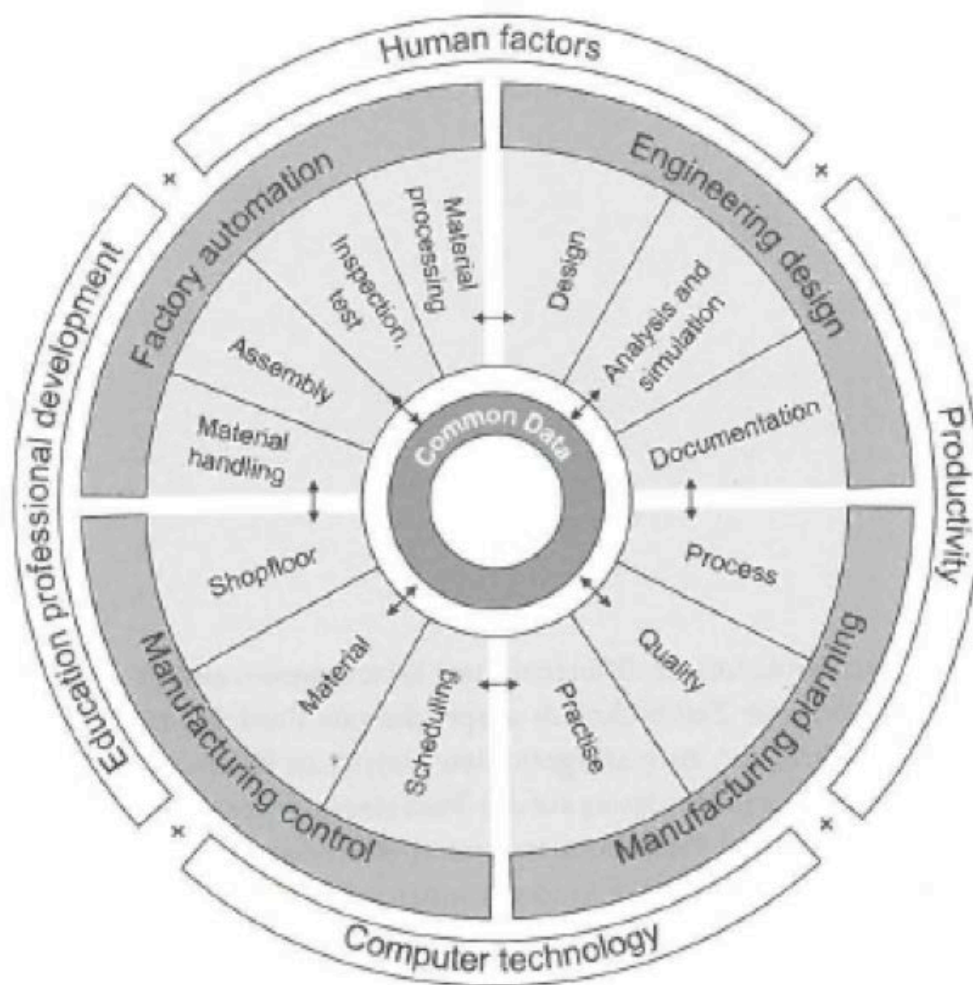
Joseph Harrington gilt seit Erscheinen seines gleichnamigen Buchs im Jahr 1973 als Vater des Begriffs des *Computer Integrated Manufacturing*. Harrington war Consulting Engineer bei der Unternehmensberatung Arthur D. Little und zugleich Chairman des „Committee On Computer-Aided Manufacturing“, das seit September 1977 eine unterstützende und beaufsichtigende Funktion im ICAM Programm der US Air Force hatte. ICAM steht für Integrated Computer-Aided Manufacturing und wurde im Januar 1977 mit dem Ziel gegründet, neue computerintegrierte Tools und Herstellungsverfahren für die Luft- und Raumfahrtindustrie zu entwickeln und den Transfer dieser neuen Technologien in andere Industrien zu ermöglichen (Committee on Computer-Aided Manufacturing et al. 1981). ICAM lief bis 1985 und wurde dann vom CIM-Programm der US Air Force abgelöst. Ein wichtiger Beitrag aus dem ICAM-Programm war die Entwicklung des sogenannten CIM-Wheels, das von Dennis Wisnosky und Dan Shunk ursprünglich konzipiert wurde, um die ganzheitliche Architektur von ICAM und die Integration der Teilbereiche und Teilaufgaben mittels CIM zu illustrieren.

[CIM is] the integration of the individual control elements. Functional areas, such as inventory control, physical distribution, cost accounting, and purchasing are integrated with the direct manufacturing control system. Thus, the shop floor machines collect data for both manufacturing and the

overall organization. The machines also receive processing commands from the system. (Wisnosky 1981, zitiert nach Thompson/Paris 1982: 47)

Die CASA/SME (Computer and Automated Systems Association – CASA – of the Society of Manufacturing Engineers – SME) der Vereinigten Staaten nahm 1980 die Überlegungen von Harrington, Wisnosky und Shunk zum Ausgangspunkt einer einheitlichen Konzeption von CIM anhand des CIM-Wheel (vgl. Abbildung 1) – ein Schritt, der in Deutschland erst fünf Jahre später durch den Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung (AWF) vollzogen wurde.

Abbildung 1: CIM-Wheel von CASA/SME



Quelle: Jacobi 2013: 52

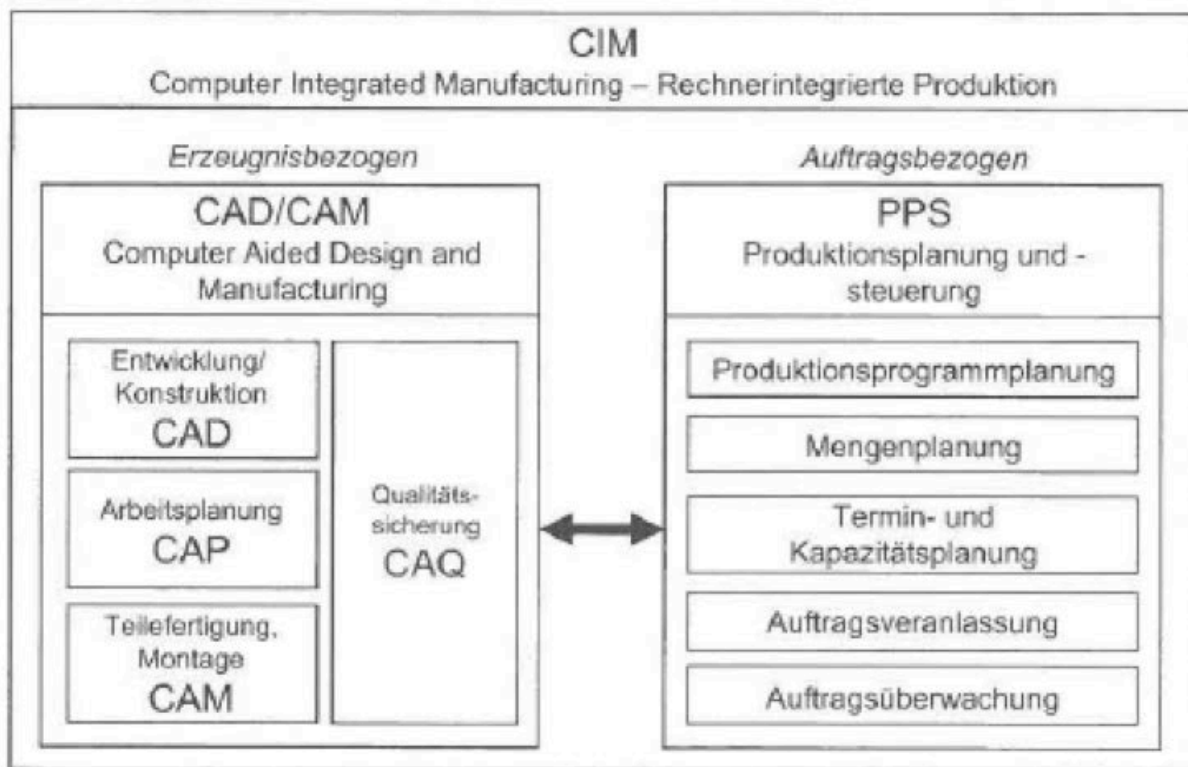
In den Vereinigten Staaten begannen derweil die Initiierungsphase von CIM und der Technologietransfer in weitere Branchen unter Beteiligung namhafter Unternehmen (z. B. General Electric) und zahlreicher Unternehmensberatungen, wobei vor allem Booz, Allen & Hamilton sowie Arthur D. Little bedeutende Rollen bei der weltweiten Verbreitung des CIM-Konzepts spielten.

Arthur D. Little hat schon früh eine sogenannte *Computer Integrated Manufacturing Group* ins Leben gerufen, die 1982 einen viertägigen Kongress in Boston veranstaltete, auf dem über 200 Vertreter aus Wirtschaft und Politik anwesend waren (Scanell 1982). Thomas G. Gunn, Managing Director der CIM-Group A. D. Littles, stellte dort seine Thesen zur „factory of the future“ vor, die vor dem Hintergrund der Automatisierungsdebatte für ein technikzentriertes Leitbild stehen und das Ersetzen der menschlichen Arbeitskraft – vor allem der *white collar worker* – durch Computer und Roboter prognostizieren:

Gunn pointed out that many U.S. operations presently have from eight to 14 layers of personnel between the chief executive officer and workers on the shop floor. Computers – especially robots – will reduce that gap by replacing many of the middle people and increasing the flexibility and flow of information between the bottom and top corporate rungs, he said. (Scanell 1982: 16)

Der wissenschaftliche Diskurs zu CIM setzte in den USA bereits Ende der 70er bzw. Anfang der 80er Jahre ein, wie zahlreiche Monographien (Wisnosky 1979; Gunn 1981; Harrington 1984) und Beiträge in wissenschaftlichen Fachzeitschriften (Merchant 1980, 1985; Gerwin/Tarondeau 1982; Simon 1983; Thompson 1983; Bessant et al. 1985; Boaden/Dale 1986) verdeutlichen.

Abbildung 2: CIM-Struktur nach der AWF-Empfehlung



Quelle: Jacobi 2013: 71

In Deutschland wurde Anfang der 80er Jahre ebenfalls eine Debatte über die Fabrik der Zukunft und die rechnerintegrierte Fertigung geführt, allerdings ohne Bezug zu dem Schlagwort CIM zu nehmen. Noch 1984 wurde über Rechnerunterstützung und Systemintegration diskutiert, ohne auf die amerikanische Debatte oder das Konzept des CIM hinzuweisen (Nedeß/Landvogt 1984). Stattdessen dominierte das

verwandte Konzept der Flexiblen Fertigungssysteme (FFS) (Warnecke/Bullinger 1984) damals noch die Diskussion der Produktionstechniker und Ingenieure. Im November 1984 gründete der Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung (AWF) einen CIM-Arbeitskreis, um dort Grundlagen und Standards zum integrierten EDV-Einsatz in der Produktion zu definieren. Im Jahr 1985, also fünf Jahre nach dem amerikanischen Vorhaben der CASA/SME, wurde eine Definition von CIM vorgelegt, die seitdem als Orientierungspunkt im deutschen Diskurs dient. Laut dem Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beschreibt CIM den

integrierten EDV-Einsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Betriebsbereichen. Es umfasst das informationstechnische Zusammenwirken zwischen CAD, CAP, CAM, CAQ und PPS. Hierbei soll die Integration der technischen und organisatorischen Funktionen zur Produkterstellung erreicht werden. Dies bedingt die gemeinsame Nutzung aller Daten eines EDV-Systems, auch Datenbasis genannt. (AWF 1985: 10).

Die nachfolgende Übersicht dient der Begriffsbestimmung und deren Funktionen:

CAD	Computer Aided Design	Rechnerunterstütztes Zeichnen und Konstruieren
CAM	Computer Aided Manufacturing	rechnerunterstützte Fertigung
CAQ	Computer Aided Quality	Rechnerunterstützte Qualitätssicherung
CAP	Computer Aided Planning	Rechnerunterstützte Arbeitsplanung
CAE	Computer Aided Engineering	Rechnerunterstützte Ingenieur Tätigkeiten
PPS	Produktionsplanung und -steuerung	Rechnerunterstützter Planung und Steuerung der Produktion
CIM	Computer Integrated Manufacturing	rechnerintegrierte Fertigung

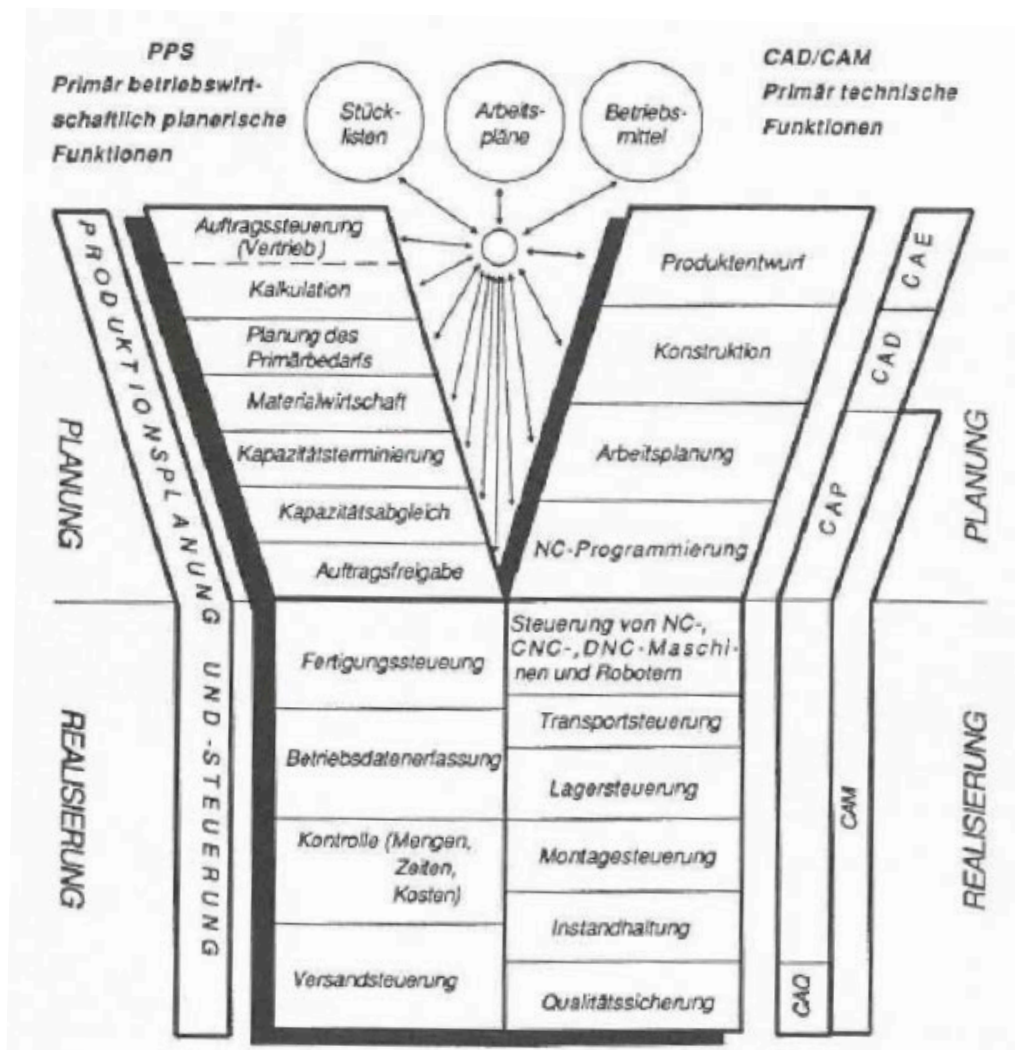
Der Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung (AWF) unterschied die beiden Technologieklassen der ergebnisbezogenen Informationen (CAD/CAM) und der auftragsbezogenen Informationen (PPS), die später als Grundlagen für die Trennung der CIM-Ketten in Produkt und Produktionsplanung dienten (Jacobi 2013). Es setzte sich die Einsicht durch, „dass eine passende Informationsverarbeitung die Produktivität der industriellen Prozesse entscheidend beeinflussen wird“ (Jacobi 2013: 70).

Die Verbindung zwischen betriebswirtschaftlichen und technischen Systemen im CIM-Ansatz wird besonders deutlich im Y-Modell von August-Wilhelm Scheer, der als der „deutsche CIM-Papst“ (Computerwoche 1990) gilt. Die betriebswirtschaftlichen und technischen Aufgaben eines Industriebetriebs werden in seinem Modell durch zwei Schenkel symbolisiert, die im Bereich der Planung noch getrennt sind und im Bereich der Realisierung zusammenlaufen:

Computer Integrated Manufacturing (CIM) bezeichnet die integrierte Informationsverarbeitung für betriebswirtschaftliche und technische Aufgaben eines Industriebetriebs. Die mehr betriebswirtschaftlichen Aufgaben werden durch das Produktionsplanung und -Steuerungssystem (PPS) gekennzeichnet, wie es als linker Schenkel des Y in Abb. A.01 dargestellt ist, und die mehr technisch

orientierten Aufgaben durch den rechten Schenkel des Y mit den diversen CA-Begriffen. Das PPS-System wird durch die Auftragsabwicklung bestimmt, während die CAX-Komponenten die Produktbeschreibung und die Fertigungsressourcen unterstützen. Gleichzeitig sind diese Informationssysteme Datenlieferanten für sie begleitende Systeme der Finanzbuchführung und Kostenrechnung. (Scheer 1990: 2)

Abbildung 3: Y-Modell nach Scheer



Quelle: Scheer 1990: 2

Nach Scheer ermöglicht besonders der Aspekt der Integration durch CIM ein erhebliches Rationalisierungspotenzial: In tayloristischen Organisationen sind die Durchlaufzeiten in Anbetracht der arbeitsteilig getrennten Vorgänge extrem hoch, da mehrfache Informationsübertragungs- und Einarbeitungszeiten anfallen. Mit dem Y-Modell wird dem gesamten Ablauf eine gemeinsame, integrierte Datenbasis zugrunde gelegt, sodass zwischen den technischen und den administrativen Funktionen untereinander verbundene Informationsströme hergestellt werden können: „Damit entfallen Gründe, die

früher zu einer konsequenten Arbeitsteilung gedrängt hatten, und es können wieder Teilfunktionen an Arbeitsplätzen zusammengeführt werden“ (Scheer 1990: 5).

Für Nicolas Sokianos, Industriemanager bei BMW, ist das innovativ Neue an CIM ebenfalls der Aspekt der Integration im Hinblick auf drei Bereiche gewesen (Sokianos 1986: 264 ff.), die die Interaktion zwischen Mensch, Technik und Organisation im Sinne eines soziotechnischen Systems verstärkt:

Integration von Information auf der Basis gemeinsamer Basisdaten für verschiedene Systeme mit kompatibler Software; Integration von Hardware einerseits über die Produktentwicklung bis zur Fertigung und andererseits über die (logistische) Teilebeschaffung bis zur Ablieferung der fertigen Produkte; Integration von (menschlicher) Interaktion durch wirksamere Verknüpfung der Mitarbeiter in den Bereichen Entwicklung, Fertigung, Logistik, Einkauf, Qualitätssicherung und Fertigungstechnik.

Im Jahr 1985 brach in Deutschland eine regelrechte CIM-Euphorie aus. Sowohl Unternehmen als auch Forschungsinstitute und die staatliche Forschungsförderung versuchten mit erheblichem Mitteleinsatz, CIM-Konzepte zu analysieren und umzusetzen (Jacobi 2013). Ein bedeutsamer Ausgangspunkt der CIM-Euphorie war die Hannover-Messe 1985:

Die offizielle Segnung erhielt der Begriff in Deutschland mit der Hannover Messe 1985. Auf dieser Messe traten erstmals große Unternehmen der Informationstechnik mit diesem Begriff auf. Seitdem darf in der Fertigung und in dem Unternehmen Integration wieder als strategisches Ziel gelten. (Geitner 1987: 3)

Eine Vielzahl von Unternehmen präsentierte eigene CIM-Konzepte und Umsetzungsvorschläge, beispielsweise DEC, HP, Siemens oder IBM (Geitner 1987). Auch in der Wissenschaft etablierte sich CIM durch die Gründung einer eigenen Zeitschrift mit Namen „CIM-Management“ im Jahr 1986 und durch zahlreiche Fachkonferenzen und Arbeitstagungen, beispielsweise am Fraunhofer IPA (Warnecke 1986, 1989).

Die großen ingenieurwissenschaftlichen bzw. produktionstechnischen Forschungsinstitute in Stuttgart, Berlin, Aachen und München begannen unverzüglich, in ihren Labors CIM-Prototypen zu entwickeln und umzusetzen, die sich vor allem durch eine enge Kopplung unterschiedlicher Hardware und darauf abgestimmter Software auszeichneten. Am Fraunhofer IPA wurde beispielsweise eine CIM-Modellfabrik aufgebaut, die im Kern aus einem Lagerregal und fünf flexiblen Fertigungszellen bestand (Warnecke 1988: 18). Diese als „CIM-Sandkästen“ bezeichneten Demonstratoren konnten allerdings nur wenige Male durchgeführt werden (Jacobi 2013: 76) und scheiterten an ihrer Komplexität, wie einer der Protagonisten, Hans-Jürgen Warnecke vom Fraunhofer IPA, berichtet:

Diese Pilotfabrik haben wir allerdings nie so zum Laufen gebracht, dass ein Modellprodukt in dieser Fabrik einige Stunden störungsfrei lief und ohne Eingriff produziert werden konnte. Das System wird zu komplex. Daran und an den damit verbundenen Investitionen ist diese Vision gescheitert. (Warnecke 2004: 21)

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) initiierte 1988 das Förderprogramm Fertigungstechnik mit drei wichtigen Förderschwerpunkten hinsichtlich der flächendeckenden Einführung von CIM (Bey 1993; Jacobi 2013) mit dem Kernforschungszentrum Karlsruhe als Projektträger:

1. gezielte finanzielle Förderung bei der Einführung von CIM in Unternehmen des Maschinenbaus,
2. Unterstützung bei der Normung von CIM-Schnittstellen im nationalen und internationalen Kontext,
3. Aufbau und Betrieb von insgesamt 21 CIM-Technologietransferzentren zur Schulung, Beratung und zum Erfahrungsaustausch zwischen Wissenschaft und Anwendern.

4.3 Von der CIM-Euphorie zu CIM-Ruinen

Nach der anfänglichen Euphorie setzte im Zuge der fortschreitenden Realisierung von CIM Ernüchterung ein (Scheer 1991; Plapp 1993). Viele Unternehmen hatten hohe Investitionen in die CIM-Technologie getätigt, ohne dass es zu spürbaren Verbesserungen ihrer Wertschöpfung und Produktivität gekommen war. Die Rede von „CIM-Ruinen“ machte die Runde (Scheer 1991; Burger 1993; Ulich 1993).

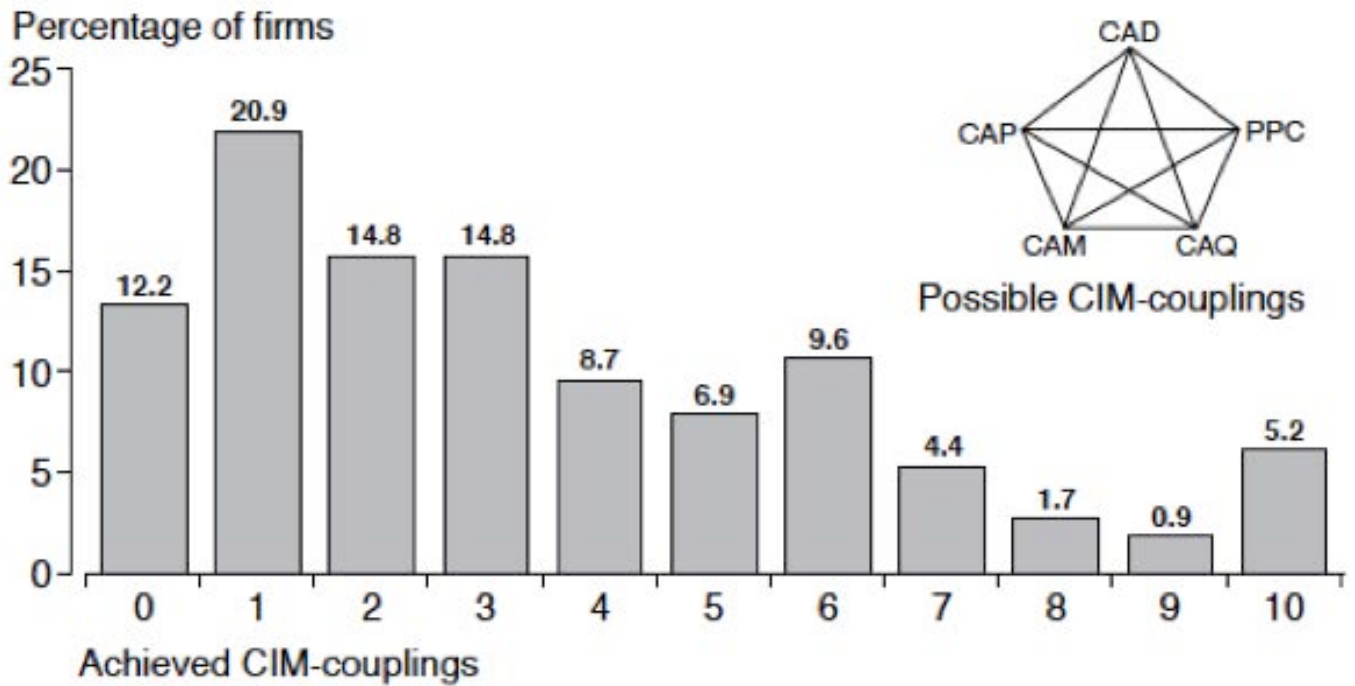
Für das Scheitern von CIM-Projekten wurden vielfältige Ursachenbündel verantwortlich gemacht. August-Wilhelm Scheer, einer der Protagonisten der CIM-Euphorie, macht vor allem zu kurzfristige oder unrealistische Erwartungen und die Auswahl falscher Berater oder Partner im Einführungsprozess verantwortlich (Scheer 1991: 2 ff.). Die mit der Einführung von CIM verbundenen hohen Erwartungen betont auch Hans-Friedrich Jacobi, wenn er von „CIM-Salabim“ (Jacobi 2013: 82) spricht: „Die zu hohen Erwartungen, mit einer schnellen CIM-Einführung alle Probleme im Unternehmen lösen zu können (CIM-Salabim), wurden nicht erfüllt [...]“ Ein weiterer Grund lag in der hohen Komplexität und mangelnden Flexibilität der Vorhaben, die für viele Unternehmen nicht mehr beherrschbar waren:

Durch die steigende Automatisierung und Rechnerintegration war die Komplexität der Produktionsprozesse und der Datenverarbeitung stark angestiegen. Gleichzeitig änderten sich die Rahmenbedingungen von Seiten des Marktes immer schneller. Anfangs optimale CIM-Konzepte waren bis zu ihrer vollständigen Realisierung bereits teilweise überholt und vor allem nicht mehr zu bezahlen. Das Schlagwort CIM war abgenutzt [...] Die Projektverantwortlichen aus Industrie und Systemhäusern haben CIM-Gesamtlösungen oft als „aus einem Guss“ machbar eingestuft und mit urdeutschem Perfektionismus auch so geplant. Die aus diesem umfassenden Integrationsansatz resultierende, kaum beherrschbare Komplexität und die entstehenden Kosten haben sie dabei gewöhnlich unterschätzt. (Burger 1993)

Die Lösung des Problems der Integration wurde vor allem in der Einführung von IT-Systemen gesehen, und es wurde nach geeigneten Techniklösungen gesucht, mit denen man kurzfristig zu realisierende Rationalisierungsziele erreichen konnte. Dies führte dazu, dass viele Anwender zunächst auf Insellösungen zurückgriffen, die auf dem Hard- und Softwaremarkt verfügbar waren, die dadurch entstehenden Inkompatibilitäten zwischen den Systemen sich im weiteren Verlauf des Integrationsprozesses aber nicht mehr auflösen ließen (Dolata 1988).

Peter M. Milling von der Universität Mannheim hat auf Basis einer quantitativen Studie in 115 deutschen Industrieunternehmen den Stand der CIM-Realisierung untersucht (Milling 1997). Dabei zeigte sich, dass ein Großteil der Firmen mit der Implementation einzelner CIM-Komponenten – in der Regel PPS – angefangen und weitere Komponenten schrittweise hinzugefügt haben. Allerdings fällt auf, dass gerade einmal 5,2 % aller Firmen tatsächlich eine volle Integration der Einzelkomponenten im Sinne von CIM erreicht haben (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4: CIM-Integration in deutschen Industrieunternehmen



Quelle: Milling 1997: 1039

Milling führt dies auf hohe Kosten und zeitintensive Anpassungsprozesse in den Unternehmen zurück: „Only slightly more than 5 per cent of the firms fully utilize the CIM possibilities; the high cost of networking and the time-consuming organizational adjustments necessary are probably the reasons for the little degree of integration“ (Milling 1997: 1039).

Der dritte und entscheidende Faktor für das Scheitern vieler CIM-Projekte lag in der strategischen Herangehensweise bei ihrer Umsetzung, die vor allem technikorientiert war und die organisatorischen und arbeitsbezogenen Faktoren nicht angemessen berücksichtigte:

Obwohl bereits in den achtziger Jahren auf die Bedeutung von prozeßorientierten und übergreifenden Organisationsstrukturen für den Aufbau von CIM-Systemen hingewiesen wurde, verengte sich die Betrachtung vielfach lediglich auf die technische Dimension. Dies führte dazu, daß in den anschließend realisierten Projekten über die bestehenden und vielfach unsystematisch entstandenen Organisationsstrukturen ein Netz von C-Systemen gelegt wurde und die erhofften wirtschaftlichen Vorteile ausblieben. Damit war der Begriff der „CIM-Ruine“ geboren, der heute

vielfach herangezogen wird, wenn eine Begründung für die Diskreditierung von CIM gesucht wird. (Sonderforschungsbereich 187 der Ruhr-Universität Bochum/ICON Wirtschaftsforschung Nürnberg 1994: 10)

Auf die Problematik der Technikfokussierung macht auch der Arbeitspsychologe Eberhard Ulich aufmerksam: „Werden ingenieurtechnische Lösungen isoliert verfolgt, wird die Arbeitsorganisation ausgespart oder nur als abgeleitetes Problem der Technik behandelt, können kostspielige CIM-Ruinen die Folge sein“ (Ulich 1993: 29). Die erfolgreiche Einführung von CIM darf also nicht nur isolierte technische Zusammenhänge betrachten, sondern muss die organisatorischen und sozialen Implikationen für die Unternehmen im Blick haben.

Auf diese Risiken haben die Gewerkschaften bereits frühzeitig hingewiesen. Auf einer Fachtagung der IG Metall zur Einführung von CIM wurde die technikgetriebene Vision ursächlich für die CIM-Ruinen verantwortlich gemacht:

„CIM“ beinhaltet also auch die Gefahr, daß Unternehmen unflexibler werden und daß „Investitionsruinen“ produziert werden. Sie gehen dieses Risiko insbesondere dann ein, wenn die Fabrikplanung nur von der Technik und von der Erwartung des kurzfristigen Wettbewerbsvorteils, aber nicht „vom Menschen her“ gedacht und konzipiert ist“ (Bleicher 1987: 9)

Mark Ebers und Manfred Lieb von der Universität Mannheim betrachten CIM als zweischneidiges Schwert, das inhärente Spannungen zwischen den Visionen der Techniker und Ingenieure einerseits und den organisationalen Konsequenzen andererseits erzeugt, und weisen auf Managementfehler bei der Umsetzung hin:

We discussed two inter-related reasons for the problematic nature of the CIM vision: its insufficient attention to the organisational problem of uncertainty absorbance and to the social processes accompanying its application [...]. We mentioned management's failure to pay due attention to the systemic nature of computerised manufacturing. Contrary to what management believed, CIM is far from being a piecemeal improvement of manufacturing technology and more than a technological innovation. Rather, as management painfully realised, its successful application requires changes in management methods, human resource allocation, organisational structures and work practices. (Ebers/Lieb 1989: 87)

Der Abschlussbericht des vom ISF München durchgeführten Forschungsprojekts „Integrativer Einsatz rechnergestützter Technik und Qualifikationsstruktur in der mechanischen Fertigung“ weist auf betriebsorganisatorische, arbeitsorganisatorische, personalwirtschaftliche und betriebspolitische Problemlagen bei der CIM-Realisierung hin (Hirsch-Kreinsen et al. 1990: 119 ff.): Die Effizienz und Störanfälligkeit der integrierten EDV-Systeme ist ganz entscheidend von der Betriebsorganisation abhängig. Im Hinblick auf die Arbeitsorganisation stellt sich beispielsweise die Frage nach einem Neuzuschnitt funktionaler und fachlicher Arbeitsteilung. Personalwirtschaftlich bedeutsam sind die Fragen nach CIM-orientierter Qualifizierung und nach den Wirkungen auf den Personalbestand. Schließlich betrifft CIM auch gewachsene betriebspolitische Interessen- und Machtkonstellationen, die es dann gegebenenfalls neu auszuhandeln gilt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass CIM-Ruinen das Ergebnis eines technikgetriebenen Einführungsprozesses waren, die die organisatorischen und arbeitsbezogenen Faktoren nicht ausreichend berücksichtigt haben. Das „Scheitern einer Informatik-Utopie“ (Vahrenkamp 2010: 115) war die Folge.

4.4 Leitbilder von CIM

An der Sinnhaftigkeit und an den Umsetzungsstrategien von CIM entzündete sich infolge eine lang anhaltende Diskussion, in deren Verlauf sich unterschiedliche Vorstellungen über die Rolle von Mensch und Technik manifestierten. Rückblickend können ein technikorientiertes sowie ein humanorientiertes CIM-Konzept unterschieden werden. Brödner (1986) bezeichnet diese als „technozentrischen“ und „anthropozentrischen“ Entwicklungspfad, das ISF München als technikzentrierte und arbeitszentrierte Implementation (Hirsch-Kreinsen et al. 1990) und Ulich (1993) als technikorientierte und arbeitsorientierte Gestaltungskonzepte.

In Zusammenhang mit CIM geht es also darum, Technik nicht als Sachzwang, sondern als Gestaltungsaufgabe zu begreifen und zu erkennen, dass moderne Technik sehr unterschiedliche Organisations- und Arbeitsstrukturen zu unterstützen in der Lage ist. Extrem formuliert geht es dabei um die Entscheidung, ob der Mensch als verlängerter Arm der Maschine mit einer Restfunktion in einer „Automatisierungslücke“ – und als potentieller Störfaktor – betrachtet wird oder die Maschine als verlängerter Arm des Menschen mit Werkzeugfunktion zur Unterstützung der menschlichen Fähigkeiten und Kompetenzen. Diese entgegengesetzten Positionen bezeichnen wir als „technikorientiert“ bzw. „arbeitsorientiert“. (Ulich 1993: 30)

Diese Diskussion wird in den folgenden Abschnitten anhand der damals zugrunde liegenden Leitbilder von Mensch und Technik nachgezeichnet.

4.4.1 Das technikzentrierte Leitbild von CIM

Die Vision der rechnergestützten Produktion in der Fabrik der Zukunft war in den Augen der Produktionstechniker und Ingenieure mithilfe von CIM zum Greifen nahe. Mit CIM war eine Reihe von Zielsetzungen verknüpft, die die Wettbewerbschancen der deutschen Industrie nachhaltig sichern sollten, u. a. der Wegfall der Handarbeit, eine Durchlaufzeitverkürzung in der Produktion, die Nutzung von Synergieeffekten, die Erhöhung der Produktivität, die Senkung des Umlaufkapitals, die Verbesserung der Flexibilität und nicht zuletzt eine Verbesserung der Qualität (Bullinger 1988: 13; Geitner 1987: 36).

Die offensichtlichen Vorteile von CIM sind z. B. Kostenersparnis und reduzierte Handarbeit. Dies trifft sowohl auf direkte wie auch für indirekte Handarbeit zu und erklärt die verringerte Überwachung. Durch den besseren Produktionsprozess werden Materialkosten reduziert, wodurch ein Lagerbestand von fertigen Produkten nicht erforderlich ist. Die Kosten für ein hochqualitatives Produkt werden gesenkt, wobei durch die gesteigerte Effizienz des Betriebes, als Nebeneffekt, der Stromverbrauch sinkt. (Mayer/Neckel 1986: 214)

Einige Protagonisten sahen in CIM eine umfassende Unternehmensphilosophie zur zukunftsorientierten Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit (Bullinger 1988). Mit dieser umfassenden Zielsetzung war CIM ein strategisches Konzept, das entsprechend Top-Down eingeführt werden sollte – unter Hinzuziehung externer Fachberater:

Die Entwicklung eines unternehmensspezifischen CIM-Konzeptes ist Bestandteil der strategischen Planung. Die Entscheidung über ein CIM-Konzept wird daher von der Unternehmensführung getroffen. Deshalb ist eine CIM-Strategie oft mit einem Top-Down-Vorgehen verbunden. CIM beginnt also mit dem Überzeugen der obersten Managementebene. Zusammen mit externen Beratern und Spezialisten werden hier die Marschrichtung und die verfolgten Ziele des Unternehmens für die nächsten zehn bis fünfzehn Jahre festgelegt. (Bullinger 1988: 36)

Für die Unternehmensleitungen waren die Versprechen von CIM verlockend. Die rechnerintegrierte Produktion versprach vielfältige Rationalisierungspotenziale und die technische Kontrolle über Faktoren, die bisher dem direkten Zugriff des Managements entzogen waren. Vor allem die menschliche, lebendige Arbeit, die in der technikorientierten Sichtweise als eine ständige Quelle von Störungen und Irrationalitäten erschien, sollte durch den integrierten Einsatz von Informationstechnologien nun aus den Werkshallen und technischen Büros verdrängt werden (Brödner 1986). Die CIM-Vision war in diesem Sinne eine Verlockung, bisher nicht kontrollierbare Unsicherheiten auszuschalten:

We believe that seduction played an important role in management's choice to reduce slack and increase integration despite the risks associated with this option. The promise of the CIM vision is enticing. Computerised manufacturing offers progressively greater benefits as it integrates more sectors of an organisation's operations. Its potential for rationalisation is widely discussed, much more widely than its risks. And the risks seem small, because the CIM vision emphasises increased control over operations, which is to be achieved by eliminating potentially disruptive forces, such as elements of the workforce: "An implicit assumption is that humans, as a major source of unpredictability, need to be eliminated from the factory, while automation, which can readily be controlled, needs to be augmented." The CIM vision moreover evokes the impression that the potentially disruptive influence of the remaining sources of uncertainty can also be brought under control. Applicants are enticed to cherish the illusion that a computerised information system enables them to cope better with uncertainties, because it enlarges their information-processing capacity. The capacity and precision of highly elaborate and technically perfect computer systems conveys the image that these machines are capable of finally solving the problem of uncertainty, specifically state uncertainty – an impression CIM vendors frequently underscore. (Ebers/Lieb 1989: 80)

Bei der Einführung von CIM stand die radikale Technisierung der Arbeitsplätze industrieller Fertigung im Mittelpunkt (Bender/Graßl 1995: 20) – eine auf weitgehende Ersetzung des Menschen zielende und die menschenleere Fabrik als Ideal betrachtende Technikorientierung (Heßler 2014: 72). Es ging um die Rationalisierung betrieblicher Arbeitsorganisation, genauer um die „funktionale und friktionslose Ablauforganisation durch Vernetzung und zentrale Steuerung der betrieblichen Faktoren [...], die Kontrolle der Abläufe“ (Bender/Graßl 1995: 21), bei denen nicht berechenbare und nicht vollständig planbare Faktoren ausgeschaltet werden sollten (Bender/Graßl 1995: 21).

Günter Spur, Produktionstechniker aus Berlin, galt als einer der maßgeblichen Protagonisten der Entwicklung einer automatisierten, rechnerintegrierten Fabrik der Zukunft. Seiner Idee nach ist die Fabrik der Zukunft ein maschineller Organismus, der anstelle lebendiger Arbeit maschinelle Intelligenz für die Optimierung der Abläufe benötigt:

Die Rechnerintegration stellt den Kern der zukünftigen Produktionserneuerung dar. Sie verfolgt das Ziel einer automatischen Fertigung von variablen Produktprogrammen, einer kontinuierlichen Optimierung der Ablaufsteuerung, einer direkten Regelung von Materialfluß und -bearbeitung sowie einer dynamischen Disposition aller Fertigungsmittel. [...] Es entsteht eine neue Produktionsstruktur, die [...] als maschineller Organismus mit programmierter und damit gespeicherter Intelligenz zu automatischer Gütererzeugung fähig ist [...]. In dieser höheren Entwicklungsstufe wird die Fabrik Maschinenintelligenz benötigen. (Spur 1984: IV f.)

Diese Maschinenintelligenz sollte beispielsweise durch die Einrichtung von sog. Expertensystemen, die aus dem Teilbereich der Künstlichen Intelligenz (KI) stammen und den Charakter intelligenter Datenbanken haben, aufgebaut werden. Die Zielsetzung dahinter bestand darin, nicht nur die Handarbeit durch Automatisierung und Robotereinsatz zu ersetzen, sondern auch Kopfarbeit und menschliches Erfahrungswissen in Algorithmen zu übertragen und damit ersetzbar zu machen:

Die Kopplung verschiedener Datenbank- und Informationssysteme mit geeigneten Expertensystemen würde erhebliche Mängel des derzeitigen Produktionssystems beseitigen [...]. Wissensverarbeitende und lernfähige Maschinen werden ihre eigenen Betriebserfahrungen speichern und sie mit den eingebrachten Erfahrungen ihrer Programme vergleichen können [...]. Damit ergibt sich als wesentliche Neuerung die Möglichkeit, über Wissen und Erfahrung von Mitarbeitern verfügen zu können, wenn diese persönlich abwesend oder sogar aus dem Arbeitsverbund ausgeschieden sind. (Spur 1984: VI)

In diesen Vorstellungen der Ingenieure manifestiert sich ein Maschinendenken, das die Rationalisierung des Produktionsprozesses vor allem darin sieht, „möglichst viel Erfahrungswissen in algorithmisch beschriebenen Arbeitsabläufen und zentralisierten Datenbeständen zu vergegenständlichen und in Planungswissen zu verwandeln“ (Brödner 1986: 80). In den Expertensystemen kommt ein „Simulationsmythos“ zum Ausdruck, nämlich die Vorstellung einer „Wesensgleichheit menschlicher und maschineller Intelligenzleistungen [...], welche eine Überschätzung der Leistungsfähigkeit der Systeme begründet“ (Moldaschl 1992: 27). Das menschliche Erfahrungswissen ist aber nicht computerisierbar, weil es maßgeblich auf langjährig erworbenen, ganzheitlichen, körperlich-geistigen Erfahrungen im Beruf beruht:

Expertensysteme machen keine Erfahrung, weil sie keine Körper haben. Und Expertensysteme haben keinen Beruf. Experte oder Fachkraft ist, wer einen bestimmten Beruf gelernt hat und deshalb fähig ist, in einem bestimmten – eben durch diesen Beruf definierten – Aufgabenfeld selbständig und lediglich gemäß allgemeiner Anweisungen tätig zu sein. Deshalb werden auch von einer qualifizierten Fachkraft ganz selbstverständlich nicht nur „Kenntnisse“ verlangt, sondern auch „Fertigkeiten“ und Fähigkeiten vielfältiger Art. Ihre Qualifikation mißt sich nicht nur an dem, was sie „wissen“, sondern sogar in erster Linie an dem, was sie „können“. (Moldaschl 1992: 33)

Mithilfe der Expertensysteme sollte der zunehmenden Komplexität der CIM-Systeme begegnet und eine durchgängige, integrierte Datenbasis für alle Vorgänge der Auftragsabwicklung und Leistungserstellung sichergestellt werden, um die „Entscheider bei schlecht strukturierten Entscheidungsproblemen zu unterstützen“ (Wildemann 1990: 192). Damit kamen die Expertensysteme an ihre Grenzen, denn ihr wirkungsvoller Einsatz richtete sich nur auf Entscheidungssituationen, „die relativ wohlstrukturiert sind und regelhaftes Verhalten erfolversprechend erscheinen lassen. Die am Markt der Investitionsgüter häufig eintretenden Situationen, die neuartiges, flexibles und nicht durch vorgedachte Regeln fixiertes Vorgehen erfordern, lassen sich so wiederum nicht meistern“ (Brödner 1986: 114).

Ein zentraler Fehler des technozentrischen Entwicklungspfads bestand darin, dass viele Unternehmen die neuen CIM-Technologien auf die bestehende Organisation aufsattelten, ohne die zugrunde liegenden Organisationsprinzipien zu verändern. Es zeigte sich, dass gewachsene Organisationsstrukturen nicht nur ein Hemmnis bei der Einführung einzelner CIM-Komponenten waren, sondern die Integration der Teilkomponenten zu einem Gesamtsystem behinderten (Schrick 1988). Zudem orientierte sich die CIM-Einführung an tayloristischen Rationalisierungsmustern, „deren Logik auf eine zentralistisch-bürokratische Beherrschung möglichst arbeitsteilig ausgelegter betrieblicher Abläufe hinauslief; eine Logik, welche durch den Rechnereinsatz in deutlich höherem Grade realisierbar zu sein schien als zuvor“ (Hirsch-Kreinsen et al. 1990: 57). Das Leitbild der Geisterschicht bzw. der mannlosen Fabrik stand dabei Pate.

„Also eigentlich der alte Traum des Managements oder der Unternehmen: Wie sichere ich meine Herrschaft im Unternehmen ab? Und um das abzusichern, brauche ich [...] auf jeden Fall Informationen (Experte II; Abschnitt 152-155).

Als Folge zeigten sich in vielen Betrieben strukturkonservative Muster der technikzentrierten Implementation, bei der Fragen nach der Neugestaltung der Betriebs- und Arbeitsorganisation erst gar nicht auf der Planungsagenda standen (Hirsch-Kreinsen et al. 1990: 143). Dies paarte sich mit einer Dominanz der Systemanbieter, die den betrieblichen Anwendern nur unzureichende Gestaltungsfreiräume für die technisch-organisatorische Systemanpassung einräumten, sodass die Arbeitsorganisation in vielen Betrieben den Charakter eines „versteinerten Taylorismus“ (Brödner 1986: 100) annahm und die angestrebten Zielsetzungen mit CIM nicht zu realisieren waren.

Eine gravierende Auswirkung der technikzentrierten CIM-Implementation betraf insofern das Verhältnis zwischen rechnerintegrierter Fertigung und lebendiger Arbeit, als es infolge der Automatisierung und Vernetzung der Fabrik zu einem Zurückdrängen lebendiger Arbeit auf Restfunktionen im Produktionsprozess kam (Kern/Schumann 1984; Dolata 1988).

In seinem Verlauf wird lebendige Arbeit weiter auf Restfunktionen verdrängt, nicht nur am unteren Pol durch Automatisierung, sondern auch am oberen Pol durch Zerlegung und Formalisierung qualifizierter Arbeit beim Entwerfen, Planen und Disponieren, die so dem Einsatz weiterentwickelter Rechnersysteme zugänglich sind. Das Ergebnis wird schließlich ein die gesamte Produktion durchdringendes, integriertes Rechnersystem sein, dessen Kehrseite eine zerstückelte Arbeitsstruktur mit separierten Restfunktionen lebendiger Arbeit ist, die sich erst über die im Rechnersystem verkörpert Modelle und Ablaufpläne unsichtbar zu einem Ganzen fügen. (Brödner 1986: 98)

Die hier angesprochene Tendenz der Polarisierung äußert sich beispielsweise darin, dass „eine große Zahl von Arbeitsplätzen und Tätigkeiten auf dem Niveau einfacher Handarbeiter oder Lückenbüsser der Automatisierung verbleiben“ (Hirsch-Kreinsen 2014: 16) und es damit zu „Dequalifizierungstendenzen“ bei den Beschäftigten kommt (Hirsch-Kreinsen 2014: 13; Muster/Feith 1983: 19). Zugleich bildet sich als Konsequenz wachsender Bedeutung von Gewährleistungsarbeit eine „Produktionsintelligenz“, die zunehmend planende, steuernde und kontrollierende Funktionen im betrieblichen Ablauf übernimmt (Hirsch-Kreinsen 2014: 16). Diese Produktionsintelligenz entsteht in der Vision des Produktionstechnikers Günter Spur aus dem Wandel vom Maschinenbediener zum „Maschinenbeherrscher“ (Spur 1986: 21). Seiner Ansicht nach benötigt die rechnerintegrierte Fertigung sogenannte „technologische Virtuosen“, die mit beträchtlichem technologischen Know-how den Ablauf rechnerintegrierter Produktionssysteme zuverlässig steuern:

Die in solchen Fertigungsstrukturen arbeitenden Beschäftigten werden eine veränderte berufliche Qualifikation haben müssen, sie werden als Mannschaft arbeiten, ähnlich wie auf Schiffen und im Flugverkehr Dienst tun und, mit großem technologischen Wissen ausgestattet, die Produktion zuverlässig abfahren. Es wird darauf ankommen, den Fabrikbetrieb ohne Störungen bei Erfüllung des Qualitätsanspruchs in seiner Produktivität schrittweise zu optimieren. Technologische Virtuosen werden gebraucht, sie bestimmen den Leistungsgrad im Orchester dieser anspruchsvollen Arbeitssysteme. (Spur 1986: 21)

Diese technologischen Virtuosen im Sinne Spurs sind ohne Zweifel Ingenieure (Spur 1986: 24 ff.), die – und damit wird das Prinzip der tayloristischen Trennung in Hand- und Kopfarbeit festgeschrieben – nicht auf der Ebene der Shop-Floors, sondern in den Planungsbüros angesiedelt sind. Burkart Lutz, Arbeitssoziologe vom ISF München, spricht im Hinblick auf diese Vision auch spöttisch vom Modell „rechnergestützter Huxley“ und äußert in Richtung der technologischen Virtuosen:

Dies sind dann die „Alpha“-Menschen von Huxley, die dank entsprechender genetischer Manipulation mit einer überragenden Intelligenz ausgestattet sind und nichts mehr mit den „Epsilon“-Menschen, also den verbleibenden Hilfskräften zu tun haben, denen die Väter der schönen neuen Welt in ihrer Weisheit und Fürsorge eine genetische Struktur verpaßt haben, die sie auch bei der stursten und dümmsten Arbeit froh und glücklich sein läßt. (Lutz 1990: 87)

Diese als „rechnergestützter Neotaylorismus“ (Lutz 1990) bezeichnete Festschreibung der Arbeitsteilung hat zur Folge, dass nicht nur die Werksmeister mit der Arbeitsverteilung eine bisher für sie wichtige Funktion verlieren, sondern auch die Gestaltungsspielräume der Facharbeiter eingengt und infolgedessen wichtige Teile ihrer Qualifikation nicht mehr abgerufen werden und verkümmern (Brödner 1986: 83; Hirsch-Kreinsen et al. 1990: 168 ff.).

Hans-Jörg Bullinger, damaliger Leiter des Fraunhofer IAO, hat in seiner unnachahmlichen Art auf einer Fachtagung im November 1990 die Fehler der technikzentrierten Perspektive offen angesprochen:

Wenn das CIM-System nur über die bisherige Struktur gelegt wird, werden die Aufgaben formalisiert und die Arbeitsteilung weiterhin in tayloristischer Weise gefestigt, möglicherweise nur noch

verstärkt. Ich sehe eine Zunahme insbesondere der Trennung zwischen dispositiven und ausführenden Tätigkeiten durch einen technik-zentrierten Ansatz. Für das, was man heute mit natürlicher Dummheit nicht erreicht hat, erhofft man in der Folgegeneration eine Lösung mit künstlicher Intelligenz. Was man regelungstechnisch nicht in den Griff bekommt, will man mit wie auch immer gearteten „Expertensystemen“ lösen. Die Probleme sind offensichtlich. Es wird eben viel zu wenig der Ansatz infrage gestellt, der dahinter steht. (Bullinger 1991: 29)

Der technikzentrierte Entwicklungspfad stieß Ende der 80er Jahre an seine Grenzen. Angesichts des Scheiterns vieler ambitioniert gestarteter CIM-Projekte setzte Ernüchterung ein. Selbst bei den Protagonisten der technikzentrierten Vision wuchs die Einsicht, dass diese Strategie nicht zu den erwünschten Effekten führte, sondern Nebenfolgen verursachte, die mit einer Verbesserung der Technologie alleine nicht beherrschbar waren – die „Ironies of Automation“ zeigten sich auch bei CIM.

Eine Ursache für das erste Scheitern der CIM-Welle war die reine Konzentration auf die technische Umsetzung und deren Möglichkeiten. Die Verbesserung und Anpassung der Organisation wurde außer Acht gelassen. Die Schwachstellen der betrieblichen Organisation wurden also nicht beseitigt, sondern in vielen Fällen lediglich deren Auswirkungen offen gelegt. (Westkämper 2006: 236)

Bei den Ingenieuren und Produktionstechnikern setzte ein Paradigmenwechsel in der Betrachtung der rechnerintegrierten Fabrik ein. Das Unternehmen wurde nicht mehr als Maschine begriffen, die man früher oder später vollständig automatisieren könne, sondern als

lebender Organismus, der lernen und sich anpassen kann, der agiert und reagiert [...]. Eine mannlose Fabrik kann keine Innovation betreiben. Dabei denke ich nicht nur an neue Produkte, sondern an die vielen kleinen Maßnahmen in den Abläufen und am Arbeitsplatz, die zu einer ständigen Verbesserung der Produktivität und Qualität führen. (Warnecke 2004: 22)

Damit rückte der Mensch in den Mittelpunkt der Betrachtung und wurde als wichtiger Produktionsfaktor und „das größte Anlagevermögen“ begriffen. Es änderte sich damit auch das Leitbild der Automatisierung: Automatisierung sollte nun der Unterstützung des Menschen im Produktionsprozess dienen und nicht seiner Verdrängung (Warnecke 2004: 22).

Wir sind uns heute bewusst, dass gute Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter das **größte** und beste Anlagevermögen eines Unternehmens sind, nur dass es den Kaufleuten nicht gelingt, dieses Anlagevermögen in der Bilanz auszuweisen. Computer und Roboter sind nicht kreativ, Phantasie und Gestaltungskraft bleiben wesentliche Fähigkeiten des Menschen (Warnecke 2003: 3).

Nachdem schon die Gewerkschaften jahrelang gefordert hatten, die Rolle des Menschen in der Fabrik der Zukunft angemessen zu berücksichtigen (Bleicher/Stamm 1988) und einen arbeitnehmerorientierten Gestaltungsansatz für die „Arbeit in der Zukunft“ (Drinkuth 1990: 24) zu entwickeln, übernahmen Ende der 80er Jahre auch die Arbeitgeberverbände und der VDI diese Sichtweise:

Wie auch immer die Entscheidung über Technik und Technikeinsatz im Unternehmen ausfällt, einen zentralen Grundsatz darf die Unternehmensleitung auf keinen Fall außer acht lassen: Technik, Or-

ganisation, der Einsatz der Mitarbeiter und deren Qualifikation dürfen nicht isoliert, sondern müssen integriert geplant und entwickelt werden. (Gesamtmetall 1989: 15)

[...] dass die Inhalte und Strukturen der menschlichen Arbeit innerhalb eines automatisierten Arbeitsprozesses gemeinsam mit dem technischen Entwurf geplant werden sollen. (VDI 1989: 11)

Infolge dieses Paradigmenwechsels kam das Konzept des soziotechnischen Systems zu neuer Prominenz. CIM bedeutete nun die Integration von Mensch, Organisation und Technik (Bullinger 1991), sodass arbeit-orientierte Gestaltungsansätze und der anthropozentrische Entwicklungspfad immer bedeutsamer für die Realisierung von CIM wurden.

4.4.2 Das humanorientierte Leitbild von CIM

Die Integration von Mensch, Organisation und Technik steht im Zentrum der humanorientierten Gestaltung von CIM. Anfang der 90er Jahre änderte sich das Leitbild bei der Einführung von CIM weg von der Technikzentrierung hin zu der Einsicht, dass der „Mensch im Mittelpunkt“ (Blum 1990; Bullinger 1991; Mackay 1990; Ulich 1993) der arbeitsorientierten Gestaltung der rechnerintegrierten Fabrik stehen müsse. Ohne die Einbeziehung des Menschen in die Umsetzung und Gestaltung würden CIM-Projekte nicht erfolgreich sein, wie der amerikanische Unternehmensberater Dan Ciampa (Vizepräsident der Managementberatung Rath & Strong) bereits 1984 formulierte:

There is no way that Computer Integrated Manufacturing will become a reality unless the people side of the scale is addressed. People and not technology will realize the marvelous, exciting potential of CIM, but unless we become smarter about managing people, CIM will go down in history as nothing more than a good idea whose time never came. (Ciampa 1984: 534)

Auch die Gewerkschaften haben bereits frühzeitig darauf hingewiesen, dass der „Mensch im Mittelpunkt“ stehen müsse, und als Konsequenz dieser Haltung eigene Ansätze einer humanorientierten Technikgestaltung vorgelegt (IG Metall 1987; Bleicher/Stamm 1988; Drinkuth 1990).

„Was sich eben änderte in unserem Selbstverständnis, jedenfalls beim Vorstand der IG Metall, war, dass wir sagten: ‚wir dürfen nicht immer nur hinterherlaufen‘, also sozusagen die Folgen versuchen abzumildern, sondern ‚wir müssen eigentlich von Anfang an dabei sein‘. Wir entwickelten dann in unserer Abteilung einen Slogan, wo IGM dann hieß „Ich gestalte mit“. (Experte II, Abschnitt 54-58)

Tomas Martin vom Projektträger Fertigungstechnik am Kernforschungszentrum Karlsruhe spricht von einer „Renaissance des Produktionsfaktors Mensch“ (Martin 1990: 91) und plädiert dafür, den Menschen nicht als Restgröße im Produktionsprozess anzusehen, sondern als Quelle jeglicher Produktivität. Seine Kritik am technozentrischen Entwicklungspfad begründet er damit, dass die bisherigen CIM-Strategien versucht hätten, den Arbeiter mithilfe des Computers und intelligenter Expertensysteme aus der Produktion zu verdrängen, sich als Folge dieser Strategie aber kaum Produktivitätsgewinne eingestellt hätten

(Martin 1990: 93). Auch andere Autoren verweisen in diesem Zusammenhang auf das Produktivitätsparadox bei der Einführung von Computertechnologien (Brynjolfsson 1993; Brödner 2002).

Martin schlägt eine alternative Strategie bei der Einführung von CIM vor, die die Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik und Arbeitsorganisation zum Ausgangspunkt nimmt und nicht vom „falschen Denken“ geleitet sei, CIM der Organisation überzustülpen:

Oft ziehen – so auch hier – falsche Begriffe ein falsches Denken nach sich. So hört man öfter, daß Fabriken an CIM angepaßt, erst „CIM-fähig“ gemacht werden müßten. Umgekehrt muß man vorgehen. Zuerst ist die Fertigungsorganisation zu überdenken und neu zu gestalten. Dann ist die Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine zu überlegen, wobei die Anteile qualifizierter Facharbeit bewußt beim Menschen belassen werden sollten. Erst danach kann sinnvoll überlegt werden, wie die sich daraus ergebenden benötigten betrieblichen Informationsflüsse mit Computernetzen unterstützt werden können. (Martin 1990: 101)

Einer der ersten und prominentesten Vertreter der humanorientierten Konzeption von CIM ist Peter Brödner. In seiner Studie „Fabrik 2000“ stellt er alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik vor und vertritt die These, dass sich Änderungen der Arbeitsorganisation nicht nur aus Gründen der Humanisierung des Arbeitslebens begründen lassen, sondern ebenso eine technisch-wirtschaftliche Notwendigkeit darstellen, da das menschliche Erfahrungswissen einen erheblichen Wertschöpfungsbeitrag für die Unternehmen bereitstellt (Brödner 1986). Die Grundidee seines anthropozentrischen Entwicklungspfades leitet sich aus der Frage ab, in welchen Formen Mensch und Maschine zusammenwirken und wie Technik in der Produktion angewendet wird:

Statt die Möglichkeiten der Technik und die Grenzen des Menschen auszuloten, sucht das anthropozentrische Produktionskonzept die produktiven und kreativen Potenzen des Menschen dadurch stärker zur Entfaltung zu bringen, daß er Maschinen als Arbeitsmittel benutzt, die dann aber seinem Handeln gemäß und damit gänzlich anders gestaltet sein müssen, als sie der technozentrische Entwicklungspfad hervorgebracht hat. Statt menschliche Fähigkeiten nachzuahmen und ihn selbst auf die Funktionsweise von Maschinen zu reduzieren oder ganz aus der Produktion zu verdrängen, will es die gegensätzlichen Eigenschaften von Mensch und Maschine produktiv vereinigen (Brödner 1986: 118).

Brödnerns Konzept der anthropozentrischen Produktionssysteme basiert auf zwei wichtigen Prinzipien: erstens ein neues Verhältnis zwischen Mensch und Maschine, zweitens neue Formen der Arbeitsorganisation mit einem Schwerpunkt auf Gruppentechnologien und Fertigungsinseln.

Das technikzentrierte Leitbild hat zu einer Dominanz der Maschine gegenüber dem Menschen geführt mit der Folge, dass der Mensch sich in seinem Arbeitshandeln der Funktionsweise der Maschine unterordnen muss und auf Dauer verkümmert – er wird zum „entfremdeten Bediener der Maschine“ (Brödner 1986: 139). Die inhärenten Konflikte, die daraus entstehen, spiegeln den Widerspruch zwischen Kapital und Arbeit:

„Es ist natürlich der Wunsch des Kapitals, in seiner Verwertungslogik unabhängig von den Fähigkeiten irgendwelcher Menschen zu werden. Also neben dem Verwertungsaspekt gibt es ja immer auch

noch den Kontrollaspekt. Und beide werden durch Arbeitsgestaltungs- und Technikorganisation massiv beeinflusst. Sie stehen aber miteinander in Konflikt, in Widerspruch. Und wenn ich den Kontrollaspekt überbetone, verliere ich die Möglichkeit flexiblen Handels. Und vor allen Dingen geschickten Handels, wie die Engländer sagen: „skillful“. Das wird dann entweder unterdrückt, und wenn das unterdrückt wird, schwindet diese Fähigkeit auf Dauer auch dahin oder ich schmeiße den Leuten lauter Hindernisse in den Weg. Dann ist es nicht produktiv, dann wird aber wieder die Verwertung gestärkt. Und dieser Konflikt, der besteht fort, aber das ist wie so ein Pendel“ (Experte I, Abschnitt 554-565).

Als Alternative zur technikdominanten Mensch-Maschine-Interaktion schlägt Brödner ein Verhältnis vor, bei dem der Mensch seine Autonomie im Umgang mit der Maschine bewahren kann und die Maschine als Arbeitsmittel benutzt, „als Mittel zur seinen Zwecken gemäßen Umgestaltung von Arbeitsgegenständen“ (Brödner 1986: 139). Dies setzt ein angemessenes Verständnis der menschlichen Fähigkeiten und Qualifikationen voraus, die an seinen wirklichen Lebensumständen ansetzen müssen. Hier kommen die subjektiven Eigenschaften menschlicher Arbeitskraft und das Erfahrungswissen ins Spiel. Körperlichkeit, sinnliche Wahrnehmung und Abstraktionsfähigkeit sind Qualitäten, die nur der Mensch besitzt und aus denen sich sein Arbeitshandeln und seine Kreativität ableiten lassen – im Unterschied zur Funktionsweise der Maschine:

Vermag der Mensch auch in unbekanntem Terrain zu handeln, freilich ohne sonderlich beeindruckende Geschwindigkeit und Speicherkapazität in der Informationsverarbeitung, so wartet die Maschine mit einer enormen Datenverarbeitungskapazität und demnächst auch mit Möglichkeiten der Wissensverarbeitung auf; allerdings werden für die Transformation von Eingabedaten in Ausgabedaten vorweg erstellte Programme benötigt, die nur das Produkt menschlicher Kopfarbeit sein können. Ist der Mensch in Situationen eingebunden und zu ganzheitlichem Erfassen komplexer Zusammenhänge fähig, so benötigt die Maschine abstrakte Modelle, um Daten aus ihrer Umgebung analytisch zu erfassen und situationsgerecht zu verarbeiten (soweit die Modelle das zulassen). Erlaubt es die Flexibilität des Schemas dem Menschen, ohne Regeln gleichwohl zielgerichtet zu handeln, Kreativität zu entfalten, dabei freilich unsystematisch und inkonsistent vorzugehen, so ist das Verhalten der Maschine systematisch und konsistent, freilich strikt an die Regeln gebunden und daher weder flexibel noch „kreativ“. (Brödner 1986: 142 f.)

Eine anthropozentrische Gestaltung von CIM setzt an dieser Funktionsteilung von Mensch und Maschine an und versucht, angemessene Bedingungen für eine produktive Interaktion zwischen beiden zu entwickeln. Nötig ist eine Arbeitsorganisation, die dem Menschen ganzheitliche Arbeitsvollzüge und genügend Gestaltungsspielräume einräumt. Diese Prinzipien finden sich in der Gruppentechnologie und den Fertigungsinseln. Im Zentrum der Gruppentechnologie steht eine Fertigungsorganisation, die nicht mehr auf Arbeitsteilung setzt, sondern nach dem Prinzip der Mengenfertigung aufgebaut ist:

Anstatt die Arbeit zu teilen und auf bestimmte Verrichtungen zu spezialisieren, wird das Spektrum der Aufträge separiert und zu Familien fertigungsähnlicher Teile gebündelt. Anstatt die Gesamtheit der Fertigungsaufträge in getrennten Verrichtungen zu bearbeiten, werden die separierten Teilefamilien als ganze gefertigt. (Brödner 1986: 146)

Fertigungsaufträge werden komplett in räumlich-organisatorisch zusammengefassten Einheiten durch Arbeitsgruppen mit ganzheitlichen Arbeitsabläufen produziert, wobei die Fertigungsinsel als höchste Stufe der Integration konstruktive, planende und steuernde Tätigkeiten für die Fertigung der Teilefamilien umfasst (Brödner 1986: 146 ff.). Damit stellen Fertigungsinseln den „Nukleus“ anthropozentrischer Produktionssysteme dar:

Hierin deutet sich in der Tat eine grundlegend andere Organisation des Produktionsprozesses, eine andere Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine, eine weitgehende Reintegration zuvor getrennter Aufgaben, kurzum eine Betrachtungsweise an, die die in der lebendigen Arbeit schlummernden produktiven Potenzen wiedererkennt. Die Fertigungsinsel kann mit Fug und Recht als Nukleus des anthropozentrischen Produktionskonzeptes gesehen werden. Die sie tragenden Organisationsprinzipien heben den in der kapitalistischen Produktion angelegten Widerspruch zwischen Herrschafts- und Verwertungsansprüchen nicht auf, nehmen ihm aber die Schärfe, indem sie darauf ausgerichtet sind, Qualifikationen und Erfahrungswissen zu reaktivieren statt sie zu verdrängen, zu sach- und zeitgerechtem Arbeitshandeln zu motivieren statt die Einzelleistung anzustacheln, ohne freilich auf Transparenz und Kontrolle in Gestalt vorgegebener Rahmenplanungen und laufender Zustandserfassungen zu verzichten. (Brödner 1986: 127)

Die Grundkomponenten der CIM-Architektur finden sich auch in den Fertigungsinseln: eine gemeinsame Datenbasis, ein Datenübertragungssystem und entsprechende Datenschnittstellen. Allerdings unterscheidet sich die Art des Rechnereinsatzes wesentlich von den technikzentrierten CIM-Konzepten. Die jeweiligen CIM-Komponenten müssen Kriterien menschengerechter Arbeitsgestaltung erfüllen, d. h., sie werden nicht eingesetzt, um menschliches Wissen zu objektivieren, sondern dienen als Informationssystem, das Konstrukteure und Facharbeiter darin unterstützt, „sich ihre eigenen Werkzeuge und Hilfsmittel für die Arbeit zu schaffen“ (Brödner 1986: 151).

In dieser Form der Arbeitsgestaltung ändern sich die Leitbilder von Mensch und Maschine: Der Mensch wird nicht mehr als Restgröße und verlängerter Arm der Maschine begriffen, sondern die Maschine als verlängerter Arm des Menschen mit einer „Werkzeugfunktion zur Unterstützung der menschlichen Fähigkeiten und Kompetenzen“ (Ulich 1993: 30).

Das neue Verständnis von CIM drückt sich darin aus, dass Technik nicht mehr als Sachzwang, sondern als Gestaltungsaufgabe begriffen wird. Moderne CIM-Technologien können in dieser Lesart vielfältige Arbeits- und Organisationsstrukturen unterstützen und dabei helfen, Arbeitssysteme zu gestalten, die auf einer produktiven Interdependenz von Arbeitsmitteln, Arbeitsstrukturen und Humanressourcen basieren. Die von Ulich (1993) genannten arbeitsorientierten Gestaltungskonzepte zielen daher auf eine „Kombination von fortgeschrittener Fertigungstechnik und qualifizierter Produktionsarbeit“ (Ulich 1993: 32) im Sinne soziotechnischer Systeme ab:

Arbeitssysteme bestehen demzufolge aus einem sozialen Teilsystem – den Menschen mit ihren Qualifikationen und Bedürfnissen – und einem technischen Teilsystem, das sind die technischen und physikalischen Arbeitsbedingungen. Gestaltungsziel ist die gemeinsame Optimierung der beiden Teilsysteme im Sinne des „best match“. (Ulich 1993: 32)

Die Hinwendung zum Konzept des soziotechnischen Systems wird auch bei Hans-Jörg Bullinger vom Fraunhofer IAO deutlich, der eine Neuinterpretation von CIM als Integration von Mensch, Organisation und Technik formuliert – ohne HIM kein CIM, wie er es ausdrückt: „Das ist auch die Botschaft, die ich gerne hierlassen würde. Ohne ein ‚Human Integrated Manufacturing‘, wenn ich so sagen darf, wird es kein erfolgreiches CIM geben.“ (Bullinger 1991: 12)

Nach den sehr teuren Erfahrungen der Unternehmen während der ersten Welle der CIM-Umsetzung empfiehlt Bullinger nun eine CIM-Strategie, die zuerst in den Köpfen der Mitarbeiter verankert werden müsse (Bullinger/Beltz 1991). Im Verlauf der betrieblichen Erfahrungen mit CIM hat sich in den Unternehmen die Einsicht durchgesetzt,

dass technologische Innovationen nur dann ihr volles Potential entfalten können, wenn die Beschäftigten in die Planung einbezogen werden und die erforderlichen Qualifizierungsmaßnahmen schon vor Einführung der Technik beginnen. Eine effiziente Integration der Informationstechnologie ist nur durch die kreative und produktive Mitwirkung von qualifizierten und motivierten Mitarbeitern zu erreichen. (Bullinger/Betzl 1991: Vorwort)

Diese Erfahrungen wurden nicht nur in deutschen Unternehmen gemacht, sondern beispielsweise auch in US-amerikanischen, dort aber bereits Mitte der 80er Jahre, wie die Aussage von Don Ciampa zeigt:

We all recognize that CIM means enormous changes on the shop floor – and those changes cannot be successful unless the direct labor work force is committed to success. They must feel involved and that means that they must participate in determining how CIM will take shape in their company. (Ciampa 1984: 537)

Als Hauptprobleme bei der CIM-Einführung haben sich laut Bullinger (1991: 22) Aspekte der Qualifikation, Akzeptanz und Motivation der Mitarbeiter gezeigt. Daher muss die strategische Ausrichtung der CIM-Konzeption geändert werden weg vom technikzentrierten hin zum „menschenzentrierten“ Ansatz (Bullinger 1991: 31). Arbeitsorganisatorisch bedeutet dies, wie auch schon bei Brödnerns Ansatz, eine Umorientierung von der klassischen Arbeitsteilung hin zur Mengenteilung beispielsweise in Fertigungsinseln:

Sinn dieses Unterfangens ist, daß wir wieder Verantwortung dorthin geben, wo sie auch ausgeführt werden kann. Nicht aus der räumlich abgetrennten Arbeitsvorbereitung kommt die Feinplanung, sondern den Werkstattbereichen wird die Verantwortung dafür zurückgegeben. Die Disposition über Zeit muß wieder verstärkt in den produktiven Bereich zurückgegeben werden. (Bullinger 1991: 31)

Bullinger schlägt vor, stärker partizipativ ausgerichtete Organisationsstrukturen zu implementieren und im Zuge dessen auch die Führungsstile zu hinterfragen. Sowohl Aufbau- als auch Ablauforganisation sollten stärker teamorientiert gestaltet werden und eine personelle Integration unterschiedlicher Qualifikationen aufweisen (Bullinger 1991: 34), denn „die Qualifikation der Mitarbeiter ist die Basis für ein funktionierendes CIM-Konzept“ (Bullinger 1991: 39).

Damit wurde auf Forderungen der Gewerkschaften eingegangen, die schon früh darauf aufmerksam gemacht hatten, dass gut ausgebildete und qualifizierte Mitarbeiter das größte Wertschöpfungs- und Flexibilisierungspotenzial bei der Einführung neuer Technologien darstellen:

„Die Unternehmen waren immer auf die Qualifikation ihrer Leute angewiesen. Außerdem waren sie immer darauf angewiesen, dass sie einigermaßen flexibel reagieren mussten, und die Flexibilität haben sie über die Menschen hergestellt und nicht über die Systeme. Und ich glaube das ist auch ein Punkt, weshalb CIM gescheitert ist. Es gibt wahrscheinlich noch viele andere Gründe, nicht nur die Kosten, sondern, dass die versprochene Flexibilität nicht gehalten werden oder nicht eingelöst werden konnte. Und letztlich, jetzt sind wir wieder bei den qualifizierten Leuten, dass die Menschen immer noch das höchste Flexibilisierungs- und Anpassungspotential haben, gegenüber jeder Maschine“ (Experte II, Abschnitt 454-462).

Die Wiederentdeckung des für CIM wichtigen Themas der Personal- und Qualifikationsentwicklung Anfang der 90er Jahre zeigt sich anhand einer Reihe von Veröffentlichungen zu diesem Themenfeld (Bullinger/Beltz 1991; Hirsch-Kreinsen et al. 1990; Fiedler/Regenhard 1991; Bullinger 1992). Das Leitbild des qualifizierten Produktionsarbeiters (Bullinger 1992: 42 ff.) in „qualifiziert-kooperativer Produktionsarbeit“ (Hirsch-Kreinsen 1990: 191) wird zu einem wichtigen Orientierungsrahmen für die Qualifizierung der Beschäftigten in CIM-Strukturen:

Qualifizierte Produktionsfacharbeiter bewältigen sowohl die ihnen zugewiesenen Vorbereitungs-, Service- und Kontrollaufgaben als auch die verbleibenden Restfunktionen der Fertigung als ganzheitliche Tätigkeit. Ihre Qualifikationsprofile überlappen oder ersetzen sich. Die Arbeit trägt stark kooperative Züge und geht im Extremfall in Gruppenarbeit mit ständig wechselnder Aufgabenzuordnung und mit homogenen Qualifikationsprofilen über. (Hirsch-Kreinsen et al. 1990: 191)

In Arbeitsstrukturen mit geringer Arbeitsteilung wird diesen qualifizierten Produktionsarbeitern eine Reihe von (idealtypisierenden) Vorteilen zugeschrieben: Sie verringern das Risiko und die Dauer von Störungen; sie seien in der Lage, Störungen eigenständig zu beheben; sie seien eine wichtige Innovationsquelle und sorgen für die schnelle Umsetzung technisch-organisatorischer Neuerungen; und sie seien in der Lage, Kinderkrankheiten neuer technischer Systeme zu beseitigen und diese Systeme an die betrieblichen Erfordernisse anzupassen (Bullinger 1992: 45).

Die Rückverlagerung von Verantwortung auf die Ebene der Werkstätten (Stichwort Werkstattplanung) hat viele arbeitsorganisatorische Vorteile, kann aber gerade beim mittleren Management in den Planungsbüros zu Widerständen führen, wie eine Anekdote aus einem US-amerikanischen Unternehmen veranschaulicht:

In one case, the CEO of a drilling equipment firm in the South put in place a program to push down responsibility to the first line foremen as part of a plan to automate one of his plants. The foremen were trained well this time, but in giving the foremen more responsibility, he took away the responsibility for making certain decisions from the mid-level people – the superintendents – much to their displeasure. The CEO said he wanted to “raise the level of decisions” made by the superintendents so that they didn’t have to deal with all the small, nitty-gritty issues. The problem is he didn’t

make it clear what the superintendents were supposed to do at that different level and there was never any “contracting” that took place between them and their foremen. As the new equipment was put in place, the superintendents began to demand detailed, written reports from the foremen citing the President’s directive that while the foremen had the decision-making responsibility, the superintendents were to “stay on top of things”. Many of the foremen were not facile at writing reports, and if they weren’t detailed enough, the superintendents would send them back to get more detail. The foremen became discouraged and swamped and soon important deadlines were missed on getting this expensive equipment into operation. The superintendents complained to the President that the foremen just weren’t up to the task of assuming more responsibility and pointed to the large investment made in machines that were lying unused. Quietly, the decision-making responsibility moved back to the superintendents (Ciampa 1984: 535 f.)

CIM ist mit umfassenden sozialorganisatorischen Re- und Neustrukturierungen in Unternehmen verbunden und hat umfangreiche „technisch-organisatorische und soziale Weiterentwicklung der Produktions- und Arbeitsstrukturen zur Voraussetzung“ (Naschold 1990: 113). Für den Umgang mit CIM ist Teamarbeit erforderlich. Erstmals müssen nicht mehr nur die Abläufe und Prozesse der eigenen Arbeitstätigkeit, sondern auch komplexere Prozesse und Ablauffolgen für die Ausführung der eigenen Tätigkeit nachvollzogen und verstanden werden (Hörmann 1987: 38).

Durch den ganzheitlichen Charakter von CIM, das eine Integration verschiedener betrieblicher Einzelfunktionen vorsieht, wird zunehmend auch der Bereich der Schlüsselqualifikationen zu einem wichtigen Baustein der Qualifizierung (Fiedler/Regenhard 1991: 153). Funktionierende Kooperations- und Kommunikationsstrukturen setzen methodische und soziale Kompetenzen aufseiten der Beschäftigten voraus. Nach Martin (1990: 104) sind vor allem vier Schlüsselqualifikationen entscheidend:

1. *Fachkompetenz*: Hier sind Breiten- und Tiefenwissen sowie fachliche Erfahrungen für die jeweilige Arbeitsaufgabe erforderlich. Von entscheidender Bedeutung ist nach wie vor das herkömmliche Erfahrungswissen über den Fertigungsprozess, das durch neue Technologien nicht ersetzt werden kann.
2. *Methodenkompetenz*: Vorausschauendes und planendes Denken zur gedanklichen Auseinandersetzung und handlungsgerechten Aktion in neuen Situationen wird benötigt. Ferner werden die Befähigung zur selbstständigen Beschaffung und Bewertung von Informationen sowie das sachgerechte Nutzen von Dispositionsspielräumen zwingend erforderlich.
3. *Sozialkompetenz*: Eine Erhöhung der Sozialkompetenz für gruppenorientiertes Verhalten, Bereitschaft zur Kooperation und Kommunikation sowie vor allem auch für die Übernahme von Verantwortung wird notwendig.
4. *Flexibilität und Lernbereitschaft*: Schließlich bedarf es der Fähigkeit, das erworbene Wissen den sich ständig ändernden fachlichen Anforderungen anzupassen.

An dieser Stelle muss abschließend offenbleiben, ob die ambitionierten betrieblichen Qualifikationsziele im Rahmen der Umsetzung von CIM-Strategien gelungen sind. Empirische Studien zu diesem Themenkomplex (u. a. Hirsch-Kreinsen et al. 1990; Fiedler/Regenhard 1991) weisen auf zum Teil erhebliche Defizite in der betrieblichen und überbetrieblichen Qualifizierung hin. Auch Werner Dostal vom IAB

Nürnberg ist skeptisch, sieht die Schwierigkeiten aber auch darin begründet, dass die betriebsspezifische Anpassung der CIM-Strategien so individuell ausfalle, dass Qualifizierungen und Personalanpassungen letzten Endes ebenfalls unternehmensindividuell erfolgen müssen:

Langfristig werden die Unternehmen aber eigene Qualifizierungsmaßnahmen allein schon deshalb anbieten müssen, weil der technische Wandel im Rahmen der CIM-Entwicklung von den Betroffenen immer mehr und immer speziellere Kenntnisse erfordert und weil diese Kenntnisse immer unternehmensspezifischer werden. So ist jedes Unternehmen gut beraten, wenn es sich intensiv um die Qualifikationsanpassung seiner Mitarbeiter kümmert. (Dostal 1990: 451)

Anfang der 90er Jahre änderten sich die weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen für europäische Industrieunternehmen dramatisch: Im Zuge einer wirtschaftlichen Rezession und flankiert durch den Toyota-Schock gab es eine Schwerpunktverlagerung in den Unternehmensstrategien. Die Aufmerksamkeit richtete sich darauf, die Überlebensfähigkeit der Unternehmen zu sichern und Marktanteile zurückzugewinnen, sodass Unternehmensressourcen nicht mehr darauf verwendet wurden, eine mittelfristige CIM-Strategie zu verfolgen, sondern kurzfristig erfolgversprechende Konzepte und Methoden der *Lean Production* oder des *Agile Manufacturing* umzusetzen (Jacobi 2013: 82 ff.). Viele CIM-Vorhaben sind daher in *Lean Production* aufgegangen, weil dieses Konzept als besonders geeignet erschien, die Integration von C-Techniken mit organisationalen und personellen Strategien zu verbinden (Bender/Graßl 1995).

5. Fazit: Von CIM zur Industrie 4.0

Die Vision der „Factory of the Future“ bildet den Ankerpunkt der hier aufgezeigten Debatte um Automatisierung, Computertechnologien, Robotereinsatz und *Computer Integrated Manufacturing* (CIM). Mit der Fabrik der Zukunft wurden unterschiedliche Leitbilder zum Verhältnis von Mensch und Technik verbunden, die sich im Verlauf der jahrzehntelangen Debatte als erstaunlich persistent erwiesen haben. Im Kern geht es dabei um die Frage, ob Technik – wie auch immer sie ausgestaltet ist – den Menschen ersetzen oder als Werkzeug zur Verbesserung der lebendigen Arbeit genutzt werden kann. Diese gegensätzlichen Leitbilder der Diskussion haben fast schon die Funktion eines Mythos, da sie als immer wiederkehrender Orientierungsrahmen dienen und die jeweilige Argumentation legitimieren. Zudem lassen sich diese Verläufe nicht nur für die betriebliche, ingenieurwissenschaftliche oder sozialpartnerschaftliche Debatte feststellen, sondern auch für deren Analyse innerhalb der Arbeits- und Industriesoziologie (Pfeiffer 2010).

Die Automatisierungsdebatte nach dem zweiten Weltkrieg war zunächst geprägt von einer Imaginationsphase, die den Glauben an den technischen Fortschritt betonte und in der Technik eine Möglichkeit zur Befreiung des Menschen von körperlich anstrengenden und belastenden Tätigkeiten sah. In der danach einsetzenden Realisierungsphase dominierte das Leitbild der Ersetzung menschlicher Arbeit durch Automation. Der Fehleranfälligkeit und Unvollkommenheit der menschlichen Arbeitskraft sollte durch den Einsatz von Automaten begegnet werden, die sich durch eine höhere Leistungsfähigkeit auszeichneten und menschliche Arbeitskraft auf eine Restgröße und Lückenfüllerrolle im Produktionsprozess reduzieren sollten. Die Vision der Vollautomatisierung stieß aber immer wieder an ihre technischen Grenzen, während auch auf gesellschaftlicher Ebene ein kritischer Diskurs bezüglich der Folgen der Automatisierung und über die dadurch ausgelöste technologische Arbeitslosigkeit stattfand.

Ende der 70er Jahre setzte eine zweite Hochphase der Automatisierung ein, die durch die Fortschritte der Mikroelektronik und Computertechnologie ausgelöst wurde. Insbesondere der Einsatz moderner Computertechnologien in den Fabriken und Büros wurde in kritischer Lesart als neue Form der Rationalisierung begriffen, mit deren Hilfe der Mensch auf eine Funktion als Lückenfüller im Büro oder in der Produktion reduziert werden sollte, während die Protagonisten dieser Technologien mehr Freiräume lebendiger Arbeit und höhere Arbeitszufriedenheit versprachen. Auch der gesellschaftliche Diskurs gestaltete sich ambivalent: Während vor allem Vertreter aus Politik und Wirtschaft von technologischen Sachzwängen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und des gesellschaftlichen Wohlstands sprachen, argumentierten Kritiker dieser Entwicklung mit der Sorge vor einer Verkümmerng originär menschlicher Fähigkeiten zur sozialen Interaktion.

Ein qualitativ und quantitativ bedeutsamer Automatisierungsschub wurde ab den 80er Jahren durch den Einsatz von Industrierobotern in der Produktion erreicht – eine nachholende Entwicklung gegenüber Amerika und Japan. Durch die breite Nutzung von Industrierobotern schien die Vision einer menschenleeren Fabrik wieder im Bereich des Möglichen, der Roboter wurde als Mensch-Ersatz angesehen. Die Protagonisten dieser technischen Vision preisten die Roboter als Humanisierungstechnologie, da vor allem repetitive menschliche Tätigkeiten unter hohen Arbeitsbelastungen ersetzt werden sollten. Dies drückte sich aus im Leitbild vom Roboter, der die „Dreck-Arbeit“ macht und den Menschen von körperlich belas-

tenden Tätigkeiten befreit. Allerdings zeigte sich im konkreten Einsatz, dass Humanisierungsaspekte keine große Rolle spielten, sondern vor allem Rationalisierungspotenziale erschlossen werden sollten. Der Aspekt der Ersetzbarkeit lebendiger Arbeit prägte das Leitbild vom Roboter als Jobkiller. Ein drittes Leitbild zeigte sich in der konkreten Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion. Der Mensch wurde hier als kognitiv überlegenes Wesen begriffen, das den Roboter kontrolliert und steuert. Damit wurden qualifikationsrelevante Aspekte im Umgang mit Robotern angesprochen, bei denen sich in empirischen Studien Polarisierungstendenzen abzeichneten.

Die Halle 54 bei Volkswagen stand lange sinnbildlich für die Fabrik der Zukunft. Auch hier wurden Leitbilder aus dem frühen Automatisierungsdiskurs reaktiviert. Die Montageautomation sollte die Vision der vollautomatischen Fabrik realisieren helfen, wobei der Einsatz von Industrierobotern mit einer höheren Leistungsfähigkeit und Produktqualität gegenüber lebendiger Arbeit begründet wurde. Gleichzeitig wurden Humanisierungsziele formuliert, beispielsweise der Wegfall besonders belastender Überkopfarbeit sowie die neue Rolle des Menschen als Steuermann. Allerdings zeigten sich schnell die Grenzen der mannlosen Fabrik: Die Montageautomation war so komplex und fehleranfällig, dass immer wieder Menschen eingreifen und die Störungen manuell beheben mussten. Die *Ironies of Automation* wurden gegenständliche Realität und es setzte sich die Einsicht durch, dass der Produktionsprozess nicht ohne menschliches Erfahrungswissen auskommen kann.

Computer Integrated Manufacturing stellte ein neues Versprechen auf dem Weg in die Fabrik der Zukunft dar. Der Consulting Engineer Joseph Harrington von der Unternehmensberatung A. D. Little entwickelte bereits 1973 das CIM-Konzept, das Ende der 70er Jahre durch Forschungsaktivitäten der US Air Force weiterentwickelt und 1980 vom US-amerikanischen Ingenieurverband CASA/SME definiert und standardisiert wurde. Fünf Jahre später – im Jahr 1985 – brach auch in Deutschland eine regelrechte CIM-Euphorie aus, nachdem der AWF Standards entwickelt und namhafte Hersteller auf der Hannover-Messe ihre CIM-Aktivitäten vorgestellt hatten. Unter dem Oberbegriff CIM wurde ein integrierter EDV-Einsatz in allen mit der Produktion zusammenhängenden Betriebsbereichen verstanden, d. h. das Konzept einer rechnerintegrierten Produktion. Innovativ war dabei nicht so sehr der Einsatz unterschiedlicher Computersysteme von Soft- und Hardware, sondern der Aspekt ihrer Integration zu einem Gesamtsystem zur ganzheitlichen Planung und Steuerung der betrieblichen Wertschöpfung. Namhafte Forschungseinrichtungen begannen, CIM-Prototypen zu entwickeln, und das Bundesministerium für Forschung und Technologie setzte mit erheblichen Ressourcen ein Forschungsprogramm zur Einführung von CIM in Unternehmen und zum Aufbau von CIM-Technologietransferzentren auf. Die betriebliche Umsetzung von CIM erwies sich allerdings als problematisch. In der ersten CIM-Welle dominierte ein top-down eingeführter technikzentrierter Entwicklungspfad. Auch hier formten Leitbilder aus der früheren Automatisierungsdebatte Verlockungen für das Management: die Idee, mit CIM vielfältige Rationalisierungspotenziale zu erschließen und menschliche, lebendige Arbeit aus den Werkhallen und Konstruktionsbüros verdrängen zu können. Mit CIM sollte die Kontrolle aller Abläufe sichergestellt werden, die sich bisher dem direkten Zugriff des Managements entzogen hatten. Als Ideal diente die Vorstellung des Unternehmens als maschineller Organismus, der das menschliche Erfahrungswissen durch datenbankgestützte Expertensysteme und technologische Virtuosen ersetzen kann und in dem menschliche Handarbeit weitgehend automatisiert und auf Restfunktionen beschränkt ist. Dieses Maschinendenken der Ingenieure führte zu

einem Scheitern vieler CIM-Projekte und zur Entstehung der sprichwörtlichen CIM-Ruinen. Eine weitere Ursache für das Scheitern lag darin, dass die reine Konzentration auf die technische Umsetzung von CIM die Anpassung der Organisation und der Arbeitstätigkeiten nicht berücksichtigt hatte. Diese Erkenntnis führte Anfang der 90er Jahre zu einem Paradigmenwechsel in den CIM-Strategien, der sich in einem neuen Leitbild ausdrückte: Der Mensch im Mittelpunkt. CIM bedeutete nun die Integration von Mensch, Organisation und Technik. Im Zentrum der humanorientierten Gestaltungsansätze stand der Mensch als wichtiger Produktionsfaktor und als Quelle von Kreativität und Innovation. Es wurde deutlich, dass das menschliche Erfahrungswissen nicht automatisierbar ist, sondern einen wichtigen Wertschöpfungsbeitrag leistet, wie Peter Brödner als Vorreiter dieses Paradigmas betont. Im Zuge des humanorientierten Ansatzes änderte sich auch das Leitbild der Mensch-Maschine-Interaktion: Der Mensch wird nicht mehr als verlängerter Arm der Maschine begriffen, sondern die Maschine als verlängerter Arm des Menschen mit Werkzeugfunktionen zur Unterstützung der menschlichen Fähigkeiten und Kompetenzen. Technik ist nicht mehr Sachzwang, sondern hat eine gestaltende Funktion. Die Organisationsprinzipien sollten partizipativer und teamorientierter gestaltet werden. Gruppentechnologien und Fertigungsinseln galten daher als angemessene arbeitsorganisatorische Antworten auf diese neuen Herausforderungen. In Zuge dessen änderten sich auch die Zielsetzungen der Qualifizierung. Das Leitbild des qualifizierten Produktionsarbeiters spielte eine wichtige Rolle bei der Qualifikation für CIM.

Welche Rückschlüsse lassen sich daraus für die aktuelle Debatte über Industrie 4.0 gewinnen? Zunächst kann festgestellt werden, dass die Vision einer „Factory of the Future“ durch Industrie 4.0 eine neue Dynamik gewinnt. Die Fabrik der Zukunft ist in den Augen ihrer Protagonisten eine smarte, d. h. intelligente Fabrik, in der Menschen, Maschinen und Ressourcen „so selbstverständlich wie in einem sozialen Netzwerk“ (Forschungsunion/acatech 2013: 23) miteinander kommunizieren. Sie sieht – so lautet die Zukunftsvision – neue soziale Infrastrukturen der Arbeit vor, die den Beschäftigten erweiterte Entscheidungs- und Beteiligungsspielräume einräumt und Möglichkeiten zur Belastungsregulation anbietet (Forschungsunion/acatech 2013: 27). Trotz der großen Ausstrahlungskraft dieser Vision werden Erinnerungen wach an das klassische Leitbild einer automatisierten Fabrik:

Die Vorstellung der Industrie 4.0 im Allgemeinen und der Smart Factory im Besonderen erinnert erheblich an die enttäuschten Hoffnungen der 80er Jahre auf eine menschenleere Fabrik in der Automobilindustrie. (Howaldt et al. 2015: 255)

Im Hinblick auf die technologische Ausgestaltung dieser Zukunftsvision zeigen sich dann auch Gemeinsamkeiten zwischen CIM und Industrie 4.0: Die technische Integration cyberphysischer Systeme (CPS) in die Produktion und Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen verdeutlicht den ganzheitlichen, systemischen Charakter dieses Konzepts, der auch bei CIM schon angelegt war, aber nicht realisiert werden konnte (Jacobi 2013). Ebenso ist der Integrationsgedanke stark ausgeprägt: Eine horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke ist mit einer vertikalen Integration über vernetzte Produktionssysteme gekoppelt, zudem ist die gesamte Wertschöpfungskette digitalisiert (Jacobi 2013). Diese Entwicklungen sind aber nicht als revolutionär im Sinne einer vierten industriellen Revolution zu charakterisieren, sondern eher Ausdruck einer evolutionären Weiterentwicklung der letzten Dekaden:

Erklärtes Ziel der neuen Ansätze ist es, Wertschöpfungsprozesse anpassungsfähig zu gestalten, auch Einzelleistungen rentabel zu produzieren und auf Störungen flexibel zu reagieren. Das sind aber genau die gleichen Anforderungen, die schon in den 1980er Jahren durch computer-integrierte und wissensbasierte Produktion (CIM) erreicht werden sollten. Heute wie damals beherrscht die technikzentrierte Sicht auf Produktion das Feld, gibt es eine Welle technikzentrierten Überschwangs, Probleme der Organisation von Produktionsprozessen technisch zu bewältigen. (Brödner 2015: 238)

Die aufgezeigten Parallelen hinsichtlich der technikzentrierten Orientierung von Industrie 4.0 lassen sich noch durch weitere Gemeinsamkeiten in Bezug auf die Entstehung und Persistenz relevanter Leitbilder in beiden Diskurse ergänzen, die sich scheinbar an die technologischen Entwicklungen andocken und immer wieder reaktiviert werden:

es gibt einen regelmäßig wiederkehrenden technologischen Überschwang, der sich auch so äußert, als technologischer Determinismus, siehe Hightech-Strategie der Bundesregierung. Hightech entwickeln, ja, und wir sind wieder in der Welt vorne. Was vollendeter Unsinn ist, aber es beherrscht die Debatte. Und das hatten wir bei Norbert Wiener, Ende der 50er Jahre. Und dann hatten wir das Gleiche wieder bei CIM, am Anfang der 80er Jahre, und wir haben es heute wieder mit Industrie 4.0. Und das geht immer weiter, also wenn Sie sich das angucken, das ist eine Wellenlänge von ungefähr 30 Jahren. Und dann muss man sich ja fragen, hängt das möglicherweise auch mit Generationen zusammen? Also offenbar fällt jede Generation wieder zurück in alte Denkmuster und muss da erst mühsam wieder lernen, damit vernünftig umzugehen. (Experte I, Abschnitt 75–85)

Wiederkehrende Denkmuster werden aber auch durch bestimmte gesellschaftliche Mechanismen verbreitet, die im Sinne normativen Drucks wirken und vor allem durch die Vereinheitlichung von Denk- und Verhaltensweisen spezieller Berufsgruppen und Professionen entstehen. So verstanden sind die Entstehungsgründe von CIM und Industrie 4.0 ein interessantes Indiz für die Persistenz bestimmter Denkmuster.

Die CIM-Debatte wurde maßgeblich durch die Aktivitäten von Unternehmensberatungen initiiert. Joseph Harrington, Vater des CIM-Begriffs, war Mitarbeiter von A. D. Little, die frühzeitig eine eigene CIM-Group gegründet und in Publikationen immer wieder die Ersetzung menschlicher Arbeitskraft durch Automatisierung, Roboter und CIM propagiert haben (Scannel 1982; Hagedorn 1984). Auch die Debatte um Industrie 4.0 wird stark von Unternehmensberatungen forciert, wie Sabine Pfeiffer (2015) am Beispiel des Zusammenspiels zwischen der Unternehmensberatung Deloitte und dem *World Economic Forum* aufzeigt.

Die Hannover-Messe diente bei beiden Ansätzen als Türöffner für die Öffentlichkeit: Die CIM-Euphorie wurde auf der Hannover-Messe 1985 ausgelöst, als die großen internationalen Hersteller dort ihre CIM-Anwendungen präsentierten, und der Hype um Industrie 4.0 begann auf der Hannover-Messe 2012. Parallelen zeigen sich auch im Hinblick auf die Strategien der Forschungsförderung, die jeweils erhebliche Mittel für die Umsetzung von CIM- bzw. Industrie-4.0-Strategien in den Unternehmen bereitstellt, und in den Vorhaben zur Normung und Standardisierung einheitlicher Schnittstellen, Prozesse und Verfahren.

In der Vision der Industrie 4.0 wird aber auch ein Leitbild reaktiviert, dass bereits in der zweiten Phase der CIM-Realisierung zum Orientierungspunkt wurde: Der Mensch soll im Mittelpunkt stehen. Eine konkrete

Ausgestaltung dieses Leitbilds und Vorschläge zur betriebspezifischen Umsetzung stehen zwar noch aus. Man kann dem Diskurs über Industrie 4.0 aber zugutehalten, dass die Fragen nach der zukünftigen Ausgestaltung von Arbeit einen zentralen Stellenwert einnehmen, was sich darin niederschlägt, dass die Sozialpartner eng in die Diskussion eingebunden werden (Botthof/Hartmann 2015; Wetzel 2015) und auch institutionell in der Plattform Industrie 4.0 vertreten sind.

Der Diskurs zur Fabrik der Zukunft und *Computer Integrated Manufacturing* zeigt die Wichtigkeit auf, mit Unwägbarkeiten und Komplexität umzugehen, um die Ironies of Automation zu verhindern. Diese originär menschlichen Fähigkeiten sind eng mit Erfahrungswissen und Arbeitsvermögen (Pfeiffer 2004) verbunden und entscheidend für die zukünftige Gestaltung von Industrie 4.0:

„Man muss sich auf jeden Fall klar sein, dass man den Menschen nicht loswird. Sondern ihn sogar noch mehr braucht. [...] wir reden ja jetzt immer von Arbeitsvermögen. Das ist ja noch ein bisschen mehr als nur Erfahrungswissen. Je komplexer die Prozesse und das ganze Ambiente der Prozesse und die technischen Instrumente werden, umso mehr wird dieses Arbeitsvermögen gefordert. Allein schon, um zu lernen damit produktiv umzugehen. Aber wenn man das gelernt hat, passieren immer irgendwelche Störungen, es geht etwas schief, es läuft etwas aus dem Ruder, die Kunden haben plötzlich neue Wünsche, der Markt verändert sich, ich muss mich anpassen und so weiter. Immer ist das Arbeitsvermögen gefordert. Und das ist eben was Lebendiges, das kann sich nur in einem passenden Biotop entwickeln. Und deswegen müssen diese Industrie 4.0 Leute lernen, dass sie sich an den Erfordernissen der Entwicklung dieses Arbeitsvermögens orientieren müssen. Und das heißt als allererstes, sie dürfen nur Hilfsmittel für die Beschäftigten zur Verfügung stellen und nicht versuchen, deren Arbeit zu ersetzen. Natürlich kann man partiell mal irgendeinen Aspekt des Prozesses automatisieren, dann muss man sich aber klar sein, dann ist er weg. Also dann ist er auch dem Arbeitsvermögen entzogen“. (Experte I; Abschnitt 683-699).

Der Erfolg von Industrie 4.0 wird wesentlich davon abhängen, ob Lehren aus der CIM-Debatte gezogen werden. Es gilt, Industrie 4.0 nicht nur technikgetrieben umzusetzen, sondern diese Vision nachhaltig in den Köpfen der Menschen zu verankern und das Zusammenspiel zwischen Mensch, Organisation und Technik humanorientiert zu gestalten.

6. Literatur

- AWF, 1985: Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion. Eschborn: Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung.
- Bachmann, G., 1990: Perspektiven zur Automatisierung. S. 122–145 in: Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M. (Hrsg.): Mensch und Automatisierung. Eine Bestandsaufnahme. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Bainbridge, L., 1983: Ironies of Automation. *Automatica* 19: S. 775–779.
- Bartl, M., 1988: Erfahrungen und Konsequenzen aus Halle 54. S. 427–440 in: Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Fortschritte in der Montage. Strategien, Methoden, Erfahrungen. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Beckenbach, N., 1991: Industriesoziologie. Berlin: Walter de Gruyter.
- Bender, C. & Graßl, H., 1995: Neue Produktionskonzepte. Über Computer Integrated Manufacturing, Lean Management und Business Reengineering zu einem Humanzentrierten Produktionskonzept? S. 18–54 in: Bender, C., Luig, M. (Hrsg.): Neue Produktionskonzepte und industrieller Wandel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Benz-Overhage, K., Brumlop, E., von Freyberg T. & Papadimitriou, Z., 1983: Computergestützte Produktion. Fallstudien in ausgewählten Industriebetrieben. Frankfurt am Main: Campus.
- Benz-Overhage, K., Brandt, G. & Papadimitriou, Z., 1982: Computertechnologien im industriellen Arbeitsprozess. S. 84–104 in: Schmidt, G., Braczyk, H. J., Knesebeck, J. (Hrsg.): Materialien zur Industriesoziologie. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft Nr. 24/82. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Bessant, J., Lamming, R. & Senker, P., 1985: The challenge of computer-integrated manufacturing. *Technovation* 3: S. 283–295.
- Bleicher, S., 1987: Arbeit in der Zukunft. Eine Aufgabe gewerkschaftlicher Technikgestaltung. S. 7-10 in: Industriegewerkschaft Metall (Hrsg.): CIM oder die Zukunft der Arbeit in rechnerintegrierten Fabrikstrukturen. Ergebnisse einer Fachtagung der Innovations- und Technologieberatungsstelle der IG Metall in Berlin (IBS/IGM) vom 8. -9. Oktober 1986 in der IGM Bildungsstätte Berlin-Pichelssee. Frankfurt: Union.
- Bleicher, S. & Stamm, J. (Hrsg.), 1988: Fabrik der Zukunft. Flexible Fertigung, neue Produktionskonzepte und gewerkschaftliche Gestaltung. Hamburg: VSA.
- Blum, U., 1990: Qualifizierung für CIM – Zukunft für wen? S. 455–464 in: Krallman, H. (Hrsg.): CIM Expertenwissen für die Praxis. München: Oldenbourg.
- Boaden, R. J. & Dale, B. G., 1986: What is Computer-integrated Manufacturing? *International Journal of Operations & Production Management* 6: S. 30–37.
- Böhle, F. & Milkau, B., 1988: Computerised manufacturing and empirical knowledge. *AI & SOCIETY* 2: S. 235–243.
- Botthof, A. & Hartmann, E. A. (Hrsg.), 2015: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: Springer Vieweg.
- Briefs, U., 1984: Technische Rationalisierung. S. 95–113 in: Briefs, U., Fehrmann, E. & Hickel, R. (Hrsg.): Technologische Arbeitslosigkeit: Ursachen, Folgen, Alternativen. Hamburg: VSA.
- Briefs, U., Fehrmann, E. & Hickel, R. (Hrsg.), 1984: Technologische Arbeitslosigkeit. Ursachen, Folgen, Alternativen. Hamburg: VSA.
- Brödner, P., 1986: Fabrik 2000. Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik. Berlin: edition sigma.
- Brödner, P., 2002: Der Held von Caputh steht nicht allein: wie Wissenschaft die Nutzungsprobleme der Informationstechnik ignoriert. S. 339–364 in: Moldaschl, M. (Hrsg.): Neue Arbeit – neue Wissenschaft der Arbeit? Festschrift zum 60. Geburtstag von Walter Volpert. Heidelberg: Asanger-Verlag.

- Brynjolfsson, E., 1993: The productivity paradox of information technology. *Communications of the ACM* 36 (12): S. 66–77.
- Bühner, R., 1990: CIM setzt eine leistungsfähige Organisation voraus. S. 422–431 in: Krallmann, H. (Hrsg.): *CIM. Expertenwissen für die Praxis*. München: Oldenbourg.
- Bühner, R., 1991: Organisation und Personalentwicklung – Kritische Erfolgsfaktoren für CIM. S. 15–28 in: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *CIM im Mittelstand*. Berlin: Springer.
- Bullinger, H.-J. & Warnecke, H.-J., 1984: Flexible Fertigungssysteme. 17. IPA-Arbeitstagung zusammen mit der 3. internationalen Konferenz „Flexible Manufacturing Systems (FMS-3)“. Bd. T1. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bullinger, H.-J. & Betzl, K. (Hrsg.), 1991: *CIM – Erst Organisation, dann Technik. Qualifizierung für die betriebliche Kommunikation*. Köln: TÜV Rheinland.
- Bullinger, H.-J. (Hrsg.), 1988: *Produktionsforum '88. Die CIM-fähige Fabrik. Zukunftssichernde Planung und erfolgreiche Praxisbeispiele*. 8. IAO-Arbeitstagung 4.–15. Mai 1988 in Stuttgart. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bullinger, H.-J. (Hrsg.), 1992: *Personalentwicklung und -qualifikation*. Köln: TÜV Rheinland.
- Bullinger, H.-J., 1991: CIM bedeutet Integration von Mensch, Organisation und Technik. S. 11–39 in: Bullinger, H.-J. & Betzl, K. (Hrsg.): *CIM – Erst Organisation, dann Technik. Qualifizierung für die betriebliche Kommunikation*. Köln: TÜV Rheinland.
- Burger, C., 1993 (10. August): Selbstbeschränkung vermeidet frustrierende Erfahrungen. Dinosaurierhafte CIM-Projekte sind zum Scheitern verurteilt.
<http://www.computerwoche.de/a/selbstbeschraenkung-vermeidet-frustrierende-erfahrungen-dinosaurierhafte-cim-projekte-sind-zum-scheitern-verurteilt-von-claus-burger,1130491>
- Ciampa, D., 1984: The Impact of Computer Integrated Manufacturing. *Vital Speeches of the Day* 50: S. 534–539.
- Committee on Computer-Aided Manufacturing, Manufacturing Studies Board, Assembly of Engineering & National Research Council, 1981: *Technical Review of the ICAM program. A report to the Air Force Systems Command*. U.S. Air Force. Washington: National Academy Press.
- Computerwoche, 1990: Trend zu Standardsoftware behindert CIM-Realisierung. *Computerwoche* 02.11.1990.
<http://www.computerwoche.de/a/trend-zu-standardsoftware-behindert-cim-realisierung,1148448>.
- Crusius, R. & Stebani, J., 1984a: Editorial. S. 7–10 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): *Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme*. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.), 1984b: *Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme*. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Cyranek, G. & Ulich, E. (Hrsg.), 1993: *CIM Herausforderung am Mensch, Technik, Organisation*. Stuttgart: Teubner.
- Cyranek, G., 1993: Herausforderungen industrieller Produktion an Ausbildung und Qualifizierung: Umdenken oder Abdanken? S. 63–87 in: Cyranek, G. & Ulich, E. (Hrsg.): *CIM – Herausforderung am Mensch, Technik, Organisation*. Stuttgart: Teubner.
- Cyranek, G., 1993a: CIM: Standpunkte, Ergebnisse, Visionen. Bd. 1. S. 3–11 in: Cyranek, G. & Ulich, E. (Hrsg.): *CIM – Herausforderung am Mensch, Technik, Organisation*. Stuttgart: Teubner.
- Cyranek, G., 1993b: Herausforderungen industrieller Produktion an Ausbildung und Qualifizierung: Umdenken oder Abdanken?. S. 63–85 in: Cyranek, G. & Ulich, E. (Hrsg.): *CIM – Herausforderung am Mensch, Technik, Organisation*. Stuttgart: Teubner.

- Dolata, U., 1988: Stolpersteine auf dem Weg zur automatisierten Fabrik. Stand und Entwicklungstrends industrieller Automatisierung in der Bundesrepublik. WSI-Mitteilungen 41 (11): S. 648–656.
- Dostal, W., 1990: Personal für CIM. S. 438–454 in: Krallmann, H. (Hrsg.): CIM Expertenwissen für die Praxis. München: Oldenbourg.
- Drinkuth, A., 1984: Das Aktionsprogramm „Arbeit und Technik“ der IG Metall. S. 133–144 in: Briefs, U., Fehrmann, E. & Hickel, R. (Hrsg.): Technologische Arbeitslosigkeit: Ursachen, Folgen, Alternativen. Hamburg: VSA.
- Drinkuth, A., 1988: Gewerkschaftliche Arbeitspolitik im Umbruch: am Beispiel der Technologiepolitik der IG Metall. Das Argument. Zeitschrift für Philosophie und Sozialwissenschaften, Jg. 1988: S. 159–177.
- Drinkuth, A., 1990: Konsequenzen und Anforderungen an CIM-Strategien aus gewerkschaftlicher Sicht. S. 23–33 in: Noack, M., Wegner, K., Gluch, D. & Dienhart, U. (Hrsg.): CIM Integration und Vernetzung. Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ebers, M. & Lieb, M., 1989: Computer Integrated Manufacturing as a Two-edged Sword. International Journal of Operations & Production Management 9: S. 69–92.
- Fiedler, A. & Regenhard, U., 1991: Mit CIM in die Fabrik der Zukunft? Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Forschungsunion, acatech, 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Frankfurt/M.
- Frevel, A., 1984: Auslegung von Industrieroboter-Systemen und Probleme beim praktischen Einsatz. S. 62–79 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Geitner, U. W., 1987: CIM-Handbuch. Wirtschaftlichkeit durch Integration. Wiesbaden: Springer.
- Gerwin, D. & Tarondeau, J. C., 1982: Case studies of computer integrated manufacturing systems: A view of uncertainty and innovation processes. Journal of Operations Management 2: S. 87–99.
- Gesamtmetall, 1989. Mensch und Arbeit. Köln: edition agrippa.
- Graf, O., 1959: Menschliche Probleme der Automation. Automatik: Fachzeitschrift und Anzeiger für das gesamte Gebiet der Automatisierung 4: S. 345–348.
- Gunn, T. G., 1981: Computer Applications in Manufacturing. New York: Industrial Press.
- Hagedorn, H. J., 1984: The Factory Of The Future: What About The People? Journal of Business Strategy 5: S. 38–45.
- Haipeter, T., 2000: Mitbestimmung bei Volkswagen: neue Chancen für die betriebliche Interessenvertretung? Münster: Westfälisches Dampfboot.
- Hansmann, K.-W. & Roggon, A., 1984: Stand und Entwicklung des Industrieroboter-Einsatzes in der Deutschen Wirtschaft. S. 80–92 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Harrington, J., 1973: Computer Integrated Manufacturing. New York: Industrial Press.
- Harrington, J., 1984: Understanding the Manufacturing Process: Key to Successful CAD-CAM Implementation. New York: Marcel Dekker.
- Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M. (Hrsg.), 1990a: Mensch und Automatisierung. Eine Bestandsaufnahme. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M., 1990b: Vorwort. Bd. 6, S. 5–7 in: Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M. (Hrsg.): Mensch und Automatisierung. Eine Bestandsaufnahme. Opladen: Westdeutscher Verlag.

- Heßler, M., 2014: Die Halle 54 bei Volkswagen und die Grenzen der Automatisierung. Überlegungen zum Mensch-Maschine-Verhältnis in der industriellen Produktion der 1980er-Jahre. *Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History* 11: S. 56–76.
- Hickel, R., 1984: Ursachen, Prognose und Therapie der Arbeitsplatzvernichtung. S. 51–94 in: Briefs, U., Fehrmann, E. & Hickel, R. (Hrsg.): *Technologische Arbeitslosigkeit: Ursachen, Folgen, Alternativen*. Hamburg: VSA.
- Hirsch-Kreinsen, H., 2014: Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. *Soziologisches Arbeitspapier* Nr. 38/2014. Dortmund: TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P., Niehaus, J., ten Hompel, M., Dregger, J., Mättig, B. & Kirks, T., 2015: *Digitalisierung von Industriearbeit: Forschungsstand und Entwicklungsperspektiven*. TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, H., Schultz-Wild, R., Köhler, C. & von Behr, M., 1990: *Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion. Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau*. Frankfurt am Main: Campus.
- Hörmann, N., 1987: CIM-Schiene oder Abstellgleis. *Computerwoche* 14: S. 38–40.
- Howaldt, J., Kopp, R., Schultze, J. & Hirsch-Kreinsen, H., 2015: Zurück in die Zukunft? Ein kritischer Blick auf die Diskussion zur Industrie 4.0. S. 251–268 in: Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P. & Niehaus, J. (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit*. Baden-Baden: edition sigma.
- Industriegewerkschaft Metall (Hrsg.), 1987: *CIM oder die Zukunft der Arbeit in rechenintegrierten Fabrikstrukturen. Ergebnisse einer Fachtagung der IG Metall*. Frankfurt am Main: Union-Druckerei und Verlagsanstalt.
- Jacobi, H.-F., 2013: Computer Integrated Manufacturing (CIM). S. 51–92 in: Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C. & Lentens, J. (Hrsg.): *Digitale Produktion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Jürgens, U., Malsch, T. & Dohse, K., 1989: *Moderne Zeiten in der Automobilfabrik. Strategien der Produktionsmodernisierung im Länder- und Konzernvergleich*. Berlin: Springer.
- Kaßbaum, B., 1990: Ende der Industriearbeit? Krise und Entwicklungspotenziale der Produktionsarbeit aus gewerkschaftlicher Sicht. S. 151–168 in: Blattner, H. T., Getzinger, G., List, W. & Rohracher, H. (Hrsg.): *Telematik. Gestaltungsmöglichkeiten und soziale Folgen*. München: Profil.
- Kern, H. & Schumann, M., 1984: *Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion*. München: C. H. Beck.
- Korndörfer, V., 1987: *Qualifizierung an Industrierobotern. Ziele, Inhalte und Methoden*. Berlin: Springer.
- Krallmann, H., 1990: *CIM Expertenwissen für die Praxis*. München, Wien: Oldenbourg.
- Kubicek, H., 1984: Die Totalität der neuen Informations- und Kommunikationstechnologien und die Problematik ihrer sozialen Beherrschung. S. 158–217 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): *Neue Technologien und Menschliche Arbeit*. Berlin: Verlag die Arbeitswelt.
- Kurrle, S., 1988: *Integration von Informations- und Produktionstechnologien im Industriebetrieb*. Pfaffenweiler: Centaurus-Verlagsgesellschaft.
- Lauenstein, T., Seitz, D. & Volkholz, V., 1989: *Industrieroboter im Routinebetrieb. Arbeits- und sozialwissenschaftliche Analysen in heterogenen Einsatzfeldern*. Bd. 100. Frankfurt am Main: Campus.
- Lünzmann, F., 1989: Robotereinsatz im Montagebereich. S. 23–33 in: Rehr, W. (Hrsg.): *Automatisierung mit Industrierobotern*. Wiesbaden: Vieweg.
- Lutz, B., 1990: Trends in der Arbeitsorganisation in Anlagen mit hohem Automatisierungsgrad. S. 75–90 in: Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M. (Hrsg.): *Mensch und Automatisierung. Eine Bestandsaufnahme*. Heidelberg: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Mackay, R., 1990: Menschengerechte Vernetzungsstrategien für die rechnergestützte Fertigung. S. 95–104 in: Noack, M., Wegner, K., Gluch, D. & Dienhart, U. (Hrsg.): CIM – Integration und Vernetzung. Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie. Berlin: Springer
- Martin, T., 1990: Das Verhältnis von Mensch und Automatisierung in der Produktion – am Beispiel CIM. S. 91–106 in: Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M. (Hrsg.): Mensch und Automatisierung. Eine Bestandsaufnahme. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Mayer, G. S., Neckel, G., 1986: Planung und Realisierung einer CIM-Konzeption. S. 203–217 in: Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Produktionsplanung, Produktionssteuerung in der CIM-Realisierung. 18. IPA-Arbeitstagung 22. und 23. April 1986 in Stuttgart. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Merchant, M. E., 1980: Analysis of Existing Technological Forecasts Concerning the Computer-Integrated Automatic Factory. CIRP Annals – Manufacturing Technology 29: S. 507–512.
- Merchant, M. E., 1985: The Factory of the Future. Industrial Management 27: S. 1.
- Mickler, O., Pelull, W., Wobbe-Ohlenburg, W., Kalmbach, P., Kasiske, R. & Manske, F., 1981: Industrieroboter – Bedingungen und soziale Folgen des Einsatzes neuer Technologien in der Automobilproduktion.. Frankfurt, New York: Campus.
- Milling, P. M., 1997: Computer integrated manufacturing in German industry: aspirations and achievements. International Journal of Operations & Production Management 17: S. 1034–1045.
- Minssen, H. 2006: Arbeits- und Industriesoziologie. Eine Einführung. Frankfurt: Campus.
- Moldaschl, M., 1992: Alle Maschinen übernehmen Arbeit, aber keine Maschine übernimmt Verantwortung. CIM und Expertensysteme. S. 27–53 in: Sonderforschungsbereich 333 der Universität München (Hrsg.): Mitteilungen 4. München: UNI-Druck München.
- Muster, M. & Feith, G., 1983: Montageautomation – ein Rationalisierungsschwerpunkt der 80er Jahre (IG Metall). Frankfurt am Main: IG Metall.
- Naschold, F., 1990: Sozialorganisatorische Voraussetzungen integrierter Arbeitsprozesse. S. 113–218 in: Noack, M., Wegner, K., Gluch, D. & Dienhart, U. (Hrsg.): CIM Integration und Vernetzung. Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Nedeß, C. & Landvogt, F.-B., 1984: Rechnerunterstützung und Systemintegration im Produktionsprozeß. S. 113–146 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Noack, M., Wegner, K., Gluch, D. & Dienhart, U. (Hrsg.), 1990: CIM – Integration und Vernetzung. Chancen und Risiken einer Innovationsstrategie. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Pfeiffer, S., 2004: Arbeitsvermögen. Ein Schlüssel zur Analyse (reflexiver) Informatisierung. Wiesbaden: Verlag Sozialwissenschaften.
- Pfeiffer, S., 2007: Montage und Erfahrung. Warum Ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen. München/Mering: Hampp.
- Pfeiffer, S., 2010: Technisierung von Arbeit. S. 231–261 in: Böhle, Fritz; Voß, Günter F.; Wachtler, Günther (Hrsg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pfeiffer, S., 2015: Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? Auf dem Weg zum digitalen Despotismus. Mittelweg 36, 24(6): S. 14–36.

- Pfeiffer, S., 2016: Beyond Routine: Assembly Work and the Role of Experience at the Dawn of Industry 4.0. Consequences for Vocational Training. University of Hohenheim, Dep. of Sociology, Working Paper 01-2016. <http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Pfeiffer-Assembly.pdf>
- Pfeiffer, S. & Suphan, A., 2015: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015 #1 (draft v1.0 vom 13.04.2015), Universität Hohenheim, Fg. Soziologie. <http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf>
- Plapp, C., 1993: Typische Fehler in CIM-Projekten. CIM-Management. Produkte, Strategien, Entscheidungshilfen/ Gesellschaft für Industrielle Informationstechnik und Organisation.
- Poppe, J., 1988: Industrieroboter und Arbeitsmarkt. Versuch der Abschätzung quantitativer Beschäftigungseffekte einer neuen Technologie für die Bundesrepublik Deutschland. Pfaffenweiler: Centaurus-Verlagsgesellschaft.
- Prott, J., 1984: Rationalisierung von Arbeit und Freizeit. Verlust kommunikativer Kompetenz? S. 233–245 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Rolf, A., 1984: Perspektiven der Automation im Dienstleistungsbereich. S. 147–157 in: Crusius, R. & Stebani, J. (Hrsg.): Neue Technologien und menschliche Arbeit. Stand und Entwicklung der Steuerungs-, Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt – Einige Folgen und Probleme. Berlin: Verlag Die Arbeitswelt.
- Ropohl, G., 1971: Flexible Fertigungssysteme zur Automatisierung der Serienfertigung. Mainz: Krausskopf.
- Ruminski, L., 1984: Roboter bei VW. MONTIS hat alles im Griff. Bild der Wissenschaft 8: S. 60–73.
- Scannel, T., 1982: ADL Gurus Explore DP'S Industrial Impact. Computer World vom 12. Juli 1982, S. 16.
- Schachtschabel, H. G., 1991: Automation in Wirtschaft und Gesellschaft. Reinbek: Rowohlt.
- Scheer, A.-W., 1990: CIM Computer Integrated Manufacturing. Der computergesteuerte Industriebetrieb. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Scheer, A.-W. (Hrsg.), 1991a: CIM im Mittelstand. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Scheer, A.-W., 1991b: Wie vermeidet man CIM-Ruinen – Architektur für eine sichere CIM-Einführung. S. 1–14 in: Scheer, A.-W. (Hrsg.): CIM im Mittelstand. Berlin: Springer.
- Schiele, G. & Hallwachs, U., 1987: Robotereinsatz menschengerecht geplant. Planung des Industrierobotereinsatzes unter technischen, arbeits- und sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schmidt, G., 1989: Automatisierung. S. 44–46 in: Endruweit, G. & Trommsdorff, G. (Hrsg.): Wörterbuch der Soziologie. Stuttgart: UTB Verlag.
- Schraft, R. D., 2003: Vom Industrie- zum Service-Roboter. Aus Konkurrenten werden Assistenten. S. 219–225 in: Warnecke, H.-J. & Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Kunststück Innovation. Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-Gesellschaft. Berlin: Springer.
- Schrick, G., 1988: Organisatorische Aspekte der CIM-Entwicklung. CIM-Management. Produkte, Strategien, Entscheidungshilfen 4: S. 26–31.
- Schwarz, M., 2012: Fabriken ohne Arbeiter. Automatisierungsvisionen von Ingenieuren im Spiegel der Zeitschrift „automatik“, 1956–1972. Bd. 40, S. 167–178 in: Fraunholz, U. & Wölfel, S. (Hrsg.): Ingenieure in der technokratischen Hochmoderne. Thomas Hänseroth zum 60. Geburtstag. Münster: Waxmann.
- Simon, J., 1983: Automation of Resistor Networks, CTS, USA. Microelectronics International 1: S. 17–20.

- Sokianos, N., 1986: Organisations- und Personalentwicklung als strategische Komponente bei der Realisierung von CIM-Konzepten. S. 257–278 in: Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Produktionsplanung, Produktionssteuerung in der CIM-Realisierung. 18. IPA-Arbeitstagung 22. und 23. April 1986 in Stuttgart. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Sonderforschungsbereich 187 der Ruhr-Universität Bochum & ICON Wirtschaftsforschung in Nürnberg (Hrsg.), 1994: Mitteilungen für den Maschinenbau. Ausgabe 9.
- Spiegel, 1983: Auto-Industrie. Nichts Vergleichbares. Spiegel Nr. 37/1983: S. 69–73.
- Spur, G. & Uhlmann, E., 2011: Industrieroboter. S. T97–T103 in: Grote, K.-H. & Feldhusen, J. (Hrsg.): Dubbel. Taschenbuch für den Maschinenbau. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Spur, G., 1984: Über intelligente Maschinen und die Zukunft der Fabrik. Forschung. Mitteilungen der DFG 27 Nr. 3: S. I–VIII.
- Spur, G., 1986: Fortgeschrittene Produktionssysteme im Wandel der Arbeitswelt. S. 7–33 in: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Vorträge N349. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Stams, D., 1986: Wohin geht die automatisierte Fabrik? S. 79–93 in: Warnecke, H.-J. & Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Initiativen für die Fabrik mit Zukunft. Internationales Symposium im Rahmen der Hannover-Messe-Industrie '86 10. und 11. April 1986. Berlin: Springer.
- Staudt, E. & Schmeisser W., 1985: Automation. S. 431–462 in: Ott, E. & Boldt, A. (Hrsg.): Handbuch zur Humanisierung der Arbeit. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Stihl, H. P., 1985: Tendenzen der technologischen Entwicklung und ihre Auswirkungen auf Industrie und Technik. S. 41–54 in: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Menschen – Arbeit – Neue Technologien. 4. IAO-Arbeitstagung 11.–13. Juni 1985 in Stuttgart. Berlin: Springer.
- Sturmthal, A., 1956: Möglichkeiten und Gefahren der Automatisierung. Gewerkschaftliche Monatshefte 7/1956: S. 394–400.
- Thompson, H. & Paris, M., 1982: The changing face of manufacturing technology. Journal of Business Strategy 3: S. 45–52.
- Thompson, H. B., 1983: CAD/CAM and the factory of the future. Management Review 72: S. 27.
- Ulich, E., 1993: CIM – eine integrative Gestaltungsaufgabe im Spannungsfeld von Mensch, Technik und Organisation. S. 29–43 in: Cyranek, G. & Ulich, E. (Hrsg.): CIM – Herausforderung an Mensch, Technik, Organisation. Stuttgart: Teubner.
- Vahrenkamp, R., 2010: Von Taylor zu Toyota: Rationalisierungsdebatten im 20. Jahrhundert. Brandsberg: Eul.
- Verein Deutscher Ingenieure VDI, 1989: Handlungsempfehlung „Sozialverträgliche Gestaltung von Automatisierungsvorhaben“. Düsseldorf: VDI.
- Verein Deutscher Ingenieure VDI, 1982: VDI-Richtlinie 2860 Montage- und Handhabungstechnik; Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole. Düsseldorf: VDI.
- Warnecke, H.-J., 2003: Innovation in Technik und Gesellschaft – Notwendigkeiten und Hemmnisse. S. 1–10 in: Warnecke, H.-J. & Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Kunststück Innovation. Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-Gesellschaft. Berlin: Springer.
- Warnecke, H.-J. 1985: Fabrik 2000 – Integration von Material- und Informationsfluß. S. 257–267 in: Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Montage – Handhabung – Industrieroboter. Internationaler MHI-Kongreß im Rahmen der Hannover-Messe '85 18.–20. April 1985. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Warnecke, H.-J. & Bullinger, H.-J. (Hrsg.), 1984: Flexible Fertigungssysteme: 20. IPA-Arbeitstagung 13./14. September 1988 in Stuttgart. Berlin: Springer.

- Warnecke, H.-J. (Hrsg.), 1986: Produktionsplanung, Produktionssteuerung in der CIM-Realisierung. 18. IPA-Arbeitstagung 22. und 23. April 1986 in Stuttgart. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Warnecke, H.-J. (Hrsg.), 1988b: Fortschritte in der Montage. Strategien, Methoden, Erfahrungen. Bd. T8. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Warnecke, H.-J. (Hrsg.), 1989: Nutzen, Wirkungen, Kosten von CIM-Realisierungen. 21. IPA-Arbeitstagung 5./6. September 1989 in Stuttgart. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Warnecke, H.-J., 1988a: Die Montage im CIM-Konzept. S. 9–26 in: Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Fortschritte in der Montage. Strategien, Methoden, Erfahrungen. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Warnecke, H.-J., 2004: Von der Produktionslinie zum Netzwerk. Die Entwicklung der Produktion in den letzten vier Jahrzehnten. S. 17–24 in: Klocke, F. & Pritschow, G. (Hrsg.): Autonome Produktion. Berlin: Springer.
- Welfonder, E., 1990: Verantwortung in der Automatisierung aus der Sicht des Ingenieurs. S. 37–74 in: Henning, K., Süthoff, M. & Mai, M. (Hrsg.): Mensch und Automatisierung. Eine Bestandsaufnahme. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Westkämper, E., 2003: Fraktale in virtuellen Unternehmen. S. 209–217 in: Warnecke, H.-J. & Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Kunststück Innovation. Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-Gesellschaft. Berlin: Springer.
- Westkämper, E., 2006: Integration in der digitalen Produktion. S. 133–143 in: Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C. & Lentjes, J. (Hrsg.): Digitale Produktion. Berlin: Springer.
- Wetzel, D., 2015: Arbeit 4.0. Was Beschäftigte und Unternehmen verändern müssen. Freiburg: Herder.
- Widuckel, W., 2004: Paradigmenentwicklung der Mitbestimmung bei Volkswagen. Schriften zur Unternehmensgeschichte von Volkswagen. Bd. 1. Wolfsburg: Volkswagen.
- Wildemann, H., 1990: Forschungsfelder für vernetzte Informationsfluß- und Materialflußkonzepte in Produktion und Logistik. S. 179–194 in: Noack, M., Wegner, K., Gluch, D., Dienhart, U. (Hrsg.): CIM. Integration und Vernetzung. Berlin: Springer.
- Wisnosky, D., 1979: The Southfield Report of Computer Integrated Manufacturing. ICAM Project, Air Force Materials Laboratory. Wright-Patterson AFB.

Zu den Autoren/-innen

Dr. Raphael Menez ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Soziologie der Universität Hohenheim.

Dr. Elke Oestreicher ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Soziologie der Universität Hohenheim.

Prof. Dr. Sabine Pfeiffer ist Professorin für Soziologie an der Universität Hohenheim.
Kontakt über www.sabine-pfeiffer.de.

Homepage des Fachgebiets Soziologie an der Universität Hohenheim:
<https://soziologie.uni-hohenheim.de>