

Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen

Die **GESTALTUNG** automatisierter
Produktionssysteme mit **KOMPASS**

Toni Wäfler, Anna Windischer,

Cornelia Ryser, Steffen Weik, Gudela Grote

Weitere aktuelle vdf-Publikationen
finden Sie in unserem **Webshop:**

vdf.ch

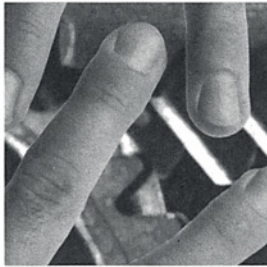
- › Bauwesen
- › Naturwissenschaften,
Umwelt und Technik
- › Informatik, Wirtschafts-
informatik und Mathematik
- › Wirtschaft
- › Geistes- und Sozialwissen-
schaften, Interdisziplinäres,
Militärwissenschaft,
Politik, Recht

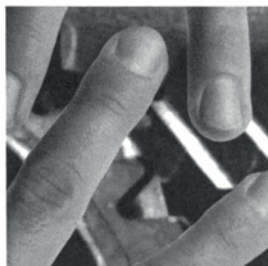
Gerne informieren wir Sie regelmässig per
E-Mail über unsere Neuerscheinungen.

Newsletter abonnieren

[Anmeldung auf vdf.ch](https://www.vdf.ch)

**Wie sich Mensch
und Technik
sinnvoll ergänzen**





v/df

Hochschulverlag AG
an der ETH Zürich

Toni Wäfler, Anna Windischer,
Cornelia Ryser, Steffen Weik, Gudela Grote

Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen

**Die Gestaltung automatisierter
Produktionssysteme mit KOMPASS**

Mensch ■ Technik ■ Organisation

MTO ■ Band 18

Eine Schriftenreihe
herausgegeben
von Eberhard Ulich,
Institut für Arbeitsforschung
und Organisationsberatung

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen :

die Gestaltung automatisierter Produktionssysteme
mit KOMPASS / Toni Wäfler ... –

Zürich : vdf, Hochschulverl. an der ETH, 1999

(Mensch, Technik, Organisation ; Bd. 18)

ISBN 978-3-7281-2387-0 (Printversion)

ISBN 978-3-7281-3953-5 (E-Book)

DOI-Nr. 10.3218/3953-5

Layout: Franz Andermatt

Illustrationen: Klaus Zumbühl

Das Werk einschliesslich aller seiner
Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ausserhalb
der engen Grenzen des Urheber-
rechtsschutzgesetzes ist ohne Zustim-
mung des Verlages unzulässig und
strafbar. Das gilt besonders für
Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Ein-
speicherung und Verarbeitung in
elektronischen Systemen.

ISBN 978-3-7281-2574-1 (Printversion)

ISBN 978-3-7281-3954-2 (E-Book)

DOI-Nr. 10.3218/3954-2

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	8
Vorwort der AutorInnen	10
1 Einleitung	14
1.1 Automatisierung ist nicht nur ein technisches Problem	14
1.2 Einsatzmöglichkeiten des Leitfadens	17
1.3 Aufbau des Leitfadens	18
1.4 Weiterführende Literatur	19
2 Automatisierung: Wege und Irrwege	22
2.1 Was hinter Automatisierung steckt	23
2.2 Ironien der Automatisierung	27
2.3 Komplementäre Systemgestaltung	34
2.4 KOMPASS-Kriterien	38
2.4.1 Ebene Arbeitssystem	39
2.4.1.1 Vollständigkeit der Aufgabe	41
2.4.1.2 Unabhängigkeit	42
2.4.1.3 Passung von Regulationserfordernissen und -möglichkeiten:	43
2.4.1.4 Polyvalenz der Mitarbeiter	45
2.4.1.5 Kollektive Autonomie	46
2.4.1.6 Grenzregulation durch Vorgesetzte	47
2.4.2 Ebene Individuelle Arbeitsaufgabe	48
2.4.2.1 Ganzheitlichkeit der individuellen Aufgabe	49
2.4.2.2 Denk- und Planungserfordernisse	50
2.4.2.3 Kommunikationserfordernisse	52
2.4.2.4 Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten	53
2.4.2.5 Anforderungsvielfalt	54
2.4.2.6 Durchschaubarkeit der Arbeitsabläufe	55
2.4.2.7 Gestaltbarkeit der Arbeitsbedingungen	56
2.4.2.8 Zeitelastizität	58
2.4.3 Ebene Mensch-Maschine-Funktionsteilung	59
2.4.3.1 Prozesstransparenz	60
2.4.3.2 Dynamische Kopplung	62
2.4.3.3 Informationsautorität	64
2.4.3.4 Ausführungsautorität	66
2.4.3.5 Flexibilität	67
2.5 Weiterführende Literatur	69

3 Komplementäre Gestaltung automatisierter Systeme	74
3.1 Modul 1: Festlegung der Rahmenbedingungen für das Projekt	78
3.1.1 Abgrenzung des Projektgegenstandes	78
3.1.2 Planung der Projektphasen	81
3.1.3 Zusammensetzung des Projektteams	85
3.2 Modul 2: Analyse und Bewertung von Arbeitssystemen	87
3.2.1 Beschreibung von Arbeitssystemen	89
3.2.2 Bewertung von Arbeitssystemen	89
3.2.2.1 Vollständigkeit der Aufgabe	90
3.2.2.2 Unabhängigkeit	92
3.2.2.3 Passung von Regulationserfordernissen und -möglichkeiten	94
3.2.2.4 Polyvalenz der Mitarbeiter	96
3.2.2.5 Kollektive Autonomie	97
3.2.2.6 Grenzregulation durch Vorgesetzte	98
3.3 Modul 3: Analyse und Bewertung der individuellen Arbeitsaufgabe und der Mensch-Maschine-Funktionsteilung	106
3.3.1 Beschreibung des Mensch-Maschine-Systems	106
3.3.2 Bewertung der individuellen Arbeitsaufgabe	108
3.3.2.1 Ganzheitlichkeit der individuellen Aufgabe	108
3.3.2.2 Denk- und Planungserfordernisse	110
3.3.2.3 Kommunikationserfordernisse	111
3.3.2.4 Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten	113
3.3.2.5 Anforderungsvielfalt	114
3.3.2.6 Durchschaubarkeit der Arbeitsabläufe	115
3.3.2.7 Gestaltbarkeit der Arbeitsbedingungen	116
3.3.2.8 Zeitelastizität	117
3.3.3 Bewertung der Mensch-Maschine-Funktionsteilung	119
3.3.3.1 Prozesstransparenz	119
3.3.3.2 Dynamische Kopplung	121
3.3.3.3 Informationsautorität	123
3.3.3.4 Ausführungsautorität	125
3.3.3.5 Flexibilität	126
3.4 Modul 4: Schaffung von Gestaltungsvoraussetzungen	142
3.4.1 Schritt 4.1: Festlegung der Systemabgrenzung	144
3.4.2 Schritt 4.2: Diskussion der Systemziele	145
3.4.3 Schritt 4.3: Identifikation von Verbesserungspotentialen	146
3.4.4 Schritt 4.4: Identifikation potentieller Beiträge von Mensch, Technik und Organisation zu den Systemzielen	146
3.4.5 Schritt 4.5: Identifikation förderlicher Arbeitsbedingungen	147
3.4.6 Schritt 4.6: Bewertung des Mensch-Maschine-Systems	148
3.4.7 Schritt 4.7: Nachbereitung	150
3.5 Modul 5: Ableitung von Gestaltungsanforderungen	160
3.5.1 Schritt 5.1: Ableitung von Gestaltungsanforderungen	161
3.5.2 Schritt 5.2: Erarbeitung von Arbeitspaketen	162

3.6	Modul 6: Ausarbeitung von Gestaltungslösungen	169
3.6.1	Schritt 6.1: Ausarbeitung von Gestaltungslösungen	169
4	Ein Anwendungsbeispiel: Von der Bedienbarkeit zur Beherrschbarkeit	172
4.1	Das Projekt	172
4.2	Kurzbeschreibung des Mensch-Maschine-Systems	173
4.3	Erarbeitete Forderungen an die Technikgestaltung	174
4.3.1	Dialog – Interface	175
4.3.2	Werkstückeingabe	176
4.3.3	Parameterliste mit Erfahrungsrückfluss	177
4.3.4	Werkstückbibliothek	178
4.3.5	Meldungs- und Informationssystem mit Erfahrungsrückfluss	179
4.3.6	Online-Interaktion / Prozessinteraktion	181
4.3.7	Produktionsanlage	182
4.3.8	Produktionsprozess	184
4.3.9	Materialzuführung	184
4.3.10	Dispositive Planung	185
4.4	Fazit und Ausblick	186
Anhang A: Allgemeine Hinweise zur Durchführung von Interviews		187
Anhang B: Checkliste als Grundlage zur Durchführung von KOMPASS-Interviews für die Beschreibung von Arbeitssystemen		190
Anhang C: Idealtypische Funktionen für die Beschreibung der Aufgabe von Mensch- Maschine-Systemen		192
Anhang D: Allgemeine Hinweise zur Durchführung von Beobachtungsinterviews		197
Anhang E: Checkliste als Grundlage zur Durchführung von KOMPASS-Beobachtungsinterviews für die Beschreibung von Mensch-Maschine-Systemen		200
Anhang F: Allgemeine Hinweise zur Durchführung von Workshops		204

Vorwort

Die Automatisierung industrieller Arbeitsvorgänge hat eine gewisse Reife erreicht. Damit liegen Erfahrungen über technische Umsetzungen sowie über Erfolge und Misserfolge vor. Es macht Sinn, Bilanz zu ziehen, neue Wege aufzuzeigen, die Übertragbarkeit in andere Bereiche zu prüfen und einen Ausblick in die Zukunft zu wagen.

Sicherlich wird die Automatisierung generell weiter zunehmen. Die Erwartungen auf Vorteile bei Produktivitätssteigerungen, in der Qualitätssicherung, in der Unabhängigkeit von menschlichen Arbeitskräften oder auch bei deren Entlastung von schweren oder unzumutbaren Arbeiten sind hoch. Auf der anderen Seite zeigen sich derzeit Grenzen der Automatisierbarkeit. So können Arbeiten zu komplex werden, weil sie sich nicht mehr in einfache Einzelschritte zerlegen lassen, weil die Informationsbasis für automatisierte Entscheidungen zu schmal wird, oder weil eine Automatisierung von Betroffenen nicht akzeptiert wird, wie es im Medizinbereich durchaus vorstellbar ist. Es sind also nicht nur wirtschaftliche Gründe, die oft eine weitere Automatisierung begrenzen.

Ganz offensichtlich ist die Automatisierung nicht Selbstzweck. Der Einsatz technischer Mittel soll einen Nutzen bewirken. Deshalb ist es notwendig, zunächst den Arbeitsvorgang, ja sogar die ganze ursprüngliche Aufgabe, gesamthaft zu betrachten und neben den technischen Aspekten auch menschliche und organisatorische zu berücksichtigen. Dieser sogenannte MTO-Ansatz (Mensch-Technik-Organisation) wurde am Institut für Arbeitspsychologie der ETH Zürich entwickelt und strebt eine Optimierung des Nutzens durch eine Beachtung aller drei Faktoren an. Das hat natürlich Auswirkungen auf die Entscheidung, welche Arbeiten der Mensch und welche die Maschine ausführen soll. Die Kriterien dafür sind vielfältig. Sie können z.B. die Sicherheitstechnik berühren oder sie können mit arbeitspsychologischen Mitteln die Arbeit klassieren in Teile, die spezifische menschliche Fähigkeiten ansprechen, oder die den Menschen über- oder unterfordern.

Die Vorteile einer solchen gesamthaften Betrachtung, die dem Menschen eine seinen Fähigkeiten angemessene Stellung im Arbeitsablauf ermöglicht, sind deutlich erkennbar. Zum einen wird in Zukunft vom arbeitenden Menschen zunehmend qualifizierte Arbeit erwartet. Damit besteht auch grösstes Interesse, diese Qualifikation zu erhalten und zu fördern. Aber auch schon scheinbar einfache menschliche Tätigkeiten können einen hohen Anteil an derzeit kaum automatisierbaren Fähigkeiten enthalten. Das weiss jeder, der schon versucht hat, Roboter für einfache Serviceaufgaben, z.B. zum Fensterputzen, zu bauen. So hat der MTO-Ansatz auch Auswirkungen auf die Gestaltung der technischen Hilfsmittel für die Automati-

sierung. In der Robotik, dem Automatisierungsgebiet par excellence, ist bereits ein Paradigmenwechsel im Gange. Anstatt Maschinen zu bauen, welche die Arbeit von Menschen tun, sollten wir Maschinen für solche Arbeiten bauen, die der Mensch nicht tun kann oder nicht tun möchte. Diese Entwicklung wird unterstützt durch wachsende technische Möglichkeiten der Informationsverarbeitung in der Maschine – sie wird «intelligenter» und damit fähiger zur Kommunikation mit dem Menschen. Das Ziel ist es, die Maschine als intelligentes Werkzeug, als verlängerten Arm des Menschen, einsetzen zu können. Diese neuartigen Möglichkeiten werden dann auch zur Folge haben, dass die Automatisierung – in einer anderen Form als bisher – in Bereiche ausserhalb der industriellen Fertigung weiter vordringen wird: in das Transportwesen, die Bauindustrie, den Servicebereich oder die Landwirtschaft. In jedem Fall wird es notwendig sein, menschliche Aufgaben als Teil von Automatisierungsvorhaben zu begreifen.

Das vorliegende Buch gibt, aufbauend auf einem theoretischen Konzept, praktische Anleitungen zur Gestaltung von solchermassen automatisierten Produktionssystemen. Die Idee von der Komplementarität der menschlichen und der technischen Arbeit wird meines Erachtens massgebend sein für Arbeitsformen der Zukunft.

Zürich, September 1999
Prof. Dr. Gerhard Schweitzer
Leiter des Instituts für Robotik, ETH Zürich

Vorwort der AutorInnen

In der Industrie, aber auch im Dienstleistungssektor und in der Administration wird immer mehr Arbeit automatisiert. In der Folge verändern sich auch Aufgabeninhalte und Arbeitsbedingungen der dort tätigen Menschen. Automatisierung darf deshalb nicht nur den Technikern überlassen werden, sondern muss auch Gegenstand der Arbeitspsychologie sein. Am Institut für Arbeitspsychologie (IfAP) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) beschäftigten wir uns deshalb in den vergangenen sechs Jahren intensiv mit der Frage der Automatisierung. Das vorliegende Buch ist ein Resultat dieser Auseinandersetzung. Wir verfolgen damit primär ein Ziel: Erkenntnisse aus der Wissenschaft – insbesondere Erkenntnisse aus der Arbeitspsychologie – sollen in eine Form gebracht werden, die sie für die Praxis konkreter Automatisierungsprojekte nutzbar macht. Wir hoffen, dass uns dies gelungen ist.

Dass wir uns damit ein schwieriges Ziel gesetzt haben, wissen wir. Und wir wissen auch, dass wir auf unserem Weg der Unterstützung einer Vielzahl von Personen, Institutionen und Betrieben bedurften. Allen, die uns begleitet haben, gilt unser aufrichtiger Dank. Erwähnen möchten wir hier insbesondere Prof. Dr. Eberhard Ulich, den ehemaligen Leiter unseres Institutes, der unsere Arbeit immer sehr unterstützt hat. Aber auch den ehemaligen und jetzigen Kolleginnen und Kollegen am Institut möchten wir danken, insbesondere Dr. Martina Zölch, die in den ersten Jahren des Projektes, v.a. bei der Anpassung von Kriterien menschengerechter Aufgabengestaltung auf die Spezifik industrieller Produktionsarbeit wertvolle Arbeit geleistet hat. Unserer Wissenslücken bezüglich technischer Aspekte sind wir uns sehr bewusst. Infolgedessen waren wir auf eine enge Kooperation mit Kollegen aus technischen Instituten angewiesen. Erwähnen möchten wir insbesondere die fruchtbare Zusammenarbeit, die wir in der Anfangsphase des Projektes mit dem Institut für Robotik (IfR) und dem Institut für Umformtechnik (IfU) der ETHZ erfahren haben. Als es später darum ging, in den Betrieben Analyse- und Gestaltungsarbeit vorzunehmen und dazu entsprechende Methoden und Instrumente zu entwickeln, konnten wir immer auf die äusserst kompetente Mitarbeit von dipl. Ing. Hugo Steiner (Fachstelle für Produktionstechnik und Automation (PTA) der Hochschule Luzern) und dipl. Tech. Armin Stumpp (CIM-Center Aargau (CAG) der Fachhochschule Aargau) zählen. Auch ihnen beiden sei dafür herzlichst gedankt. Finanziell getragen wurde unsere Arbeit durch das Zentrum für Integrierte Produktionssysteme (ZIP) der ETH Zürich sowie durch die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) des Bundesamtes für Berufsbildung und Technologie (BBT), Leistungsbe- reich Produktions- und Managementkonzepte (P&M). Ohne ihre

Unterstützung hätten wir unsere Ziele ebensowenig erreichen können, wie ohne die Möglichkeit, in Betrieben vor Ort Analyse- und Gestaltungsinstrumente zu erproben und kritisch zu diskutieren. Für diese Gelegenheiten, die wir nicht als selbstverständlich betrachten, möchten wir uns insbesondere bei folgenden Betrieben bedanken: CERTA AG, Reinach; FERAG AG, Hinwil; Leica AG, Heerbrugg; PSI AG, Schwerzenbach; Schlatter AG, Schlieren; SULZER Orthopedics Ltd., Winterthur. Auch für die Produktion des nun vorliegenden Buches konnten wir auf tatkräftige Unterstützung zählen. Erwähnt seien hier Franz Andermatt (visuelle Gestaltung), Klaus Zumbühl (Illustrationen) und Christine Wetli (Lektorat).

Wir haben uns bemüht, ein Buch zu schreiben, das sich – lesefreundlich – an Praktiker wenden soll. Dazu sind wir Konzessionen eingegangen. Auch haben wir selbstverständlich bestehende Konzepte aufgenommen und uns nicht alles selbst ausgedacht. Wir haben die entsprechenden Literaturverweise jedoch nicht in den Text integriert, sondern in den Kapiteln 1.4 und 2.5 zusammengefasst. Unsere KollegInnen in Berlin, Dresden, Sheffield und anderswo mögen uns dies verzeihen. Auch verwenden wir (fast) im ganzen Buch die männliche Form. Wir wollen damit niemanden ausgrenzen, sondern versuchen nur, leserInnenfreundlich zu schreiben.

Zu guter Letzt möchten wir noch etwas Werbung machen. Wir haben für KOMPASS auch ein Schulungsmodul erarbeitet. Dieses kann in der Ausbildung von Ingenieuren und anderen Technikgestaltern eingesetzt werden. Zudem bieten wir auch Schulung für interessierte Praktiker an. Informationen hierzu finden sich im Internet (www.ifap.bep.r.ethz.ch).

Zürich, September 1999

Toni Wäfler, Anna Windischer, Cornelia Ryser, Steffen Weik und
Gudela Grote

Institut für Arbeitspsychologie, ETH Zürich



1 Einleitung

Im vorliegenden Buch soll die KOMPASS¹-Methode vorgestellt werden. Dabei werden zwei Ziele verfolgt. Zum einen wird Automatisierung aus einer arbeitspsychologischen Perspektive betrachtet. Aus dieser Betrachtung werden Kriterien für die Gestaltung automatisierter Systeme abgeleitet. Damit soll ein Beitrag zu einer ganzheitlichen Perspektive geleistet werden, die Mensch, Technik und Organisation in ihrer Gesamtheit erfasst. Zum anderen muss die Nutzung dieser Kriterien in Automatisierungsprojekten gefördert werden, damit sie genauso Berücksichtigung finden wie etwa technisch oder ökonomisch begründete Aspekte. Das Buch enthält deshalb auch eine Anleitung für die Anwendung der Kriterien in konkreten Automatisierungsprojekten.

Sowohl für die Herleitung der Kriterien als auch für die Beschreibung ihrer Anwendung in konkreten Projekten wird im Buch gezielt ein praxisorientierter Ansatz verfolgt. Dabei ist es hauptsächliches Anliegen, arbeitspsychologische Erkenntnisse für die konkrete Ausgestaltung automatisierter Systeme nutzbar zu machen. Die Basis dazu ist in einem zweiten Buch dargestellt (Grote et al., 1999), in dem der Bezug zu aktuellen Theorien hergestellt wird, und welches sich eher an ein wissenschaftlich interessiertes Publikum wendet.

Im Folgenden soll die inhaltliche Ausrichtung der KOMPASS-Methode kurz dargestellt werden. Anschliessend finden sich eine Beschreibung der Einsatzmöglichkeiten von KOMPASS sowie eine Beschreibung der Struktur des Buches, die als Lesehilfe dienen soll.

1.1 Automatisierung ist nicht nur ein technisches Problem

Arbeit wird zunehmend von Automation bestimmt. Dahinter stecken zwei Trends. Zum einen führt eine rasante Technikentwicklung zu steigender technischer Machbarkeit. Zum anderen fordert ein wachsender wirtschaftlicher Druck immer rationalere Produktionsprozesse bei hoher Qualität und Sicherheit. Die Annahme, das Ausschöpfen der technischen Möglichkeiten führe zu rationaleren, sichereren und qualitativ höherstehenden Produktionsprozessen bewirkt einen zunehmenden Technikeinsatz bei der Arbeit, und damit eine immer höhere Automatisierung.

¹ KOMPASS steht für **K**OMplementäre Analyse und Gestaltung von **P**roduktions**A**ufgaben in **S**oziotechnischen Systemen. Die KOMPASS-Methode ist am Institut für Arbeitspsychologie der ETH Zürich erarbeitet worden. Das Projekt wurde finanziert durch das Zentrum für Integrierte Produktionssysteme (ZIP) der ETH Zürich sowie durch die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) des Bundesamtes für Berufsbildung und Technologie (BBT), Leistungsbereich Produktions- und Managementkonzepte (P&M).

Ob diese Annahme zutrifft, muss zum gegenwärtigen Zeitpunkt hinterfragt werden. Zwar steht ausser Zweifel, dass die enorme Technikentwicklung des zwanzigsten Jahrhunderts immense Produktivitätssteigerungen ausgelöst hat. Aber es gibt auch viele Beispiele gescheiterter Technisierungsprojekte. Dazu gehören nicht nur Katastrophen, bei denen eine Technik der menschlichen Kontrolle vollständig entglitt. Es gehört dazu auch eine Vielzahl von Projekten, in denen es nicht gelang, die angestrebten positiven Effekte zu erreichen. Darunter fallen beispielsweise die vielen, millionenschweren CIM-Ruinen, die wieder abgebaut werden mussten, weil sie sich aufgrund ihrer hohen technischen Verkopplung sowohl bezüglich ihrer Einsatzmöglichkeiten als auch bezüglich ihrer Anpassbarkeit als äusserst unflexibel erwiesen.

Die vielen gescheiterten Beispiele des Technikeinsatzes legen folgende Modifikation der oben angesprochenen Annahme nahe: Entscheidend für nachhaltigen Erfolg ist nicht, dass Technik eingesetzt wird. Entscheidend ist vielmehr, wie Technik eingesetzt wird. Es geht also nicht nur darum, Technik einzusetzen, sondern es geht darum, Technik richtig einzusetzen.

Mit der KOMPASS-Methode soll ein Beitrag zur Frage nach dem «richtigen» Technikeinsatz geleistet werden. Dabei wird das Prinzip der Komplementarität von Mensch und Technik vertreten. Es wird von der Annahme ausgegangen, dass sich Mensch und Technik grundsätzlich voneinander unterscheiden. Beide haben unterschiedliche Stärken und Schwächen. Gegenseitig können sie sich aber bezüglich ihrer spezifischen Schwächen unterstützen und bezüglich ihrer Stärken fördern – sie sind komplementär. Deshalb muss sich die Frage nach «richtigem» Technikeinsatz darum drehen, wie Systeme gestaltet werden müssen, damit sich Mensch und Technik tatsächlich ergänzen können.

Ein kurzes Beispiel soll die Problematik komplementärer Systemgestaltung illustrieren. Am 15. April 1998 berichtete der Zürcher Tages-Anzeiger über die Ergebnisse der Untersuchung des Absturzes einer F/A-18 der Schweizerischen Luftwaffe. Die Einleitung zum Artikel bestand aus den folgenden beiden Sätzen: «Die Ursache des Absturzes ist höchstwahrscheinlich menschliches Versagen. Von einem Fehler des Piloten wollte der Untersuchungsrichter jedoch nicht sprechen.» Eine derartige Aussage macht eigentlich gar keinen Sinn, es sei denn, sie gründe auf einer Sichtweise, in der menschliches Versagen ohne menschliches Fehlverhalten möglich ist. Das bedeutet aber, dass der Mensch – hier der Pilot – in einer bestimmten Situation «richtig» handeln kann, das Flugzeug aber trotzdem wegen menschlichen Versagens abstürzt. Wenn dem aber so ist, dann muss man sich die Frage stellen, was denn genau unter «menschlichem Versagen» verstanden wird, wenn nicht menschli-

ches Fehlverhalten. Die Interpretation liegt nahe: Der Pilot hat sich richtig verhalten, nämlich so, wie sich ein Mensch in seiner Situation verhält bzw. so, wie sich ein Mensch in seiner Situation verhalten kann. Er hat aber trotzdem «menschlich versagt», weil er sich nicht so verhalten hat, wie sich die Systemgestalter – hier die Flugzeugbauer – vorgestellt haben, dass ein Mensch in einer entsprechenden Situation funktionieren müsste. Die Aussage, das Flugzeug sei aufgrund menschlichen Versagens abgestürzt, ohne dass der Pilot einen Fehler gemacht habe, macht also nur unter der Annahme Sinn, dass «menschliches Versagen» dasselbe ist wie «der Mensch funktionierte nicht entsprechend der Annahmen der Systembauer.»

Komplementäre Systemgestaltung soll genau hier ansetzen. Es wird eine Gestaltung automatisierter Systeme angestrebt, die dem Menschen jene Voraussetzungen bietet, unter denen er Kontrolle über die automatisierten Prozesse ausüben kann. Dazu ist es nötig, bei der Technikgestaltung Kriterien zu berücksichtigen, die sich aus Überlegungen zu menschlicher Kontrolle ableiten. Mit der Anwendung solcher Kriterien soll gewährleistet werden, dass automatisierte Prozesse für den Menschen durchschaubar, vorhersehbar und beeinflussbar bleiben. Die KOMPASS-Methode stellt solche Kriterien sowie eine Beschreibung ihres Gebrauchs in Analyse- und Gestaltungsprojekten zur Verfügung.

Da sich die mit der Automatisierung angestrebten Ziele immer erst mit der Integration einer Technik in eine konkrete Organisation erreichen lassen, ist Technikgestaltung zwar ein wichtiger, nicht aber der einzige Aspekt, der im Rahmen von Automatisierungsprojekten berücksichtigt werden muss. Die Technik muss sich immer in der Praxis bewähren. Dort sind es Menschen, die in einer Organisation mit der bereitgestellten Technik arbeiten (müssen). Es sind diese Menschen, die die Technik einsetzen. Damit haben sie einen grossen Einfluss darauf, ob es gelingt, die technischen Potentiale auszuschöpfen. Wenn eine Technik im Labor zwar viele Möglichkeiten bietet, es in der betrieblichen Realität jedoch nicht gelingt, diese auszuschöpfen, dann bleibt die Technik für die Praxis wertlos, trotz ihrer Möglichkeiten. Diese Zusammenhänge von Mensch, Technik und Organisation müssen auch in einem Automatisierungsprojekt berücksichtigt werden.

Man unterscheidet zwischen *technikorientierten* und *arbeitsorientierten* Gestaltungsansätzen. In den technikorientierten Ansätzen wird zuerst die Technik gestaltet. Die Arbeitsorganisation und der Einsatz der Humanressourcen werden dann dieser Technik angepasst. Es ist klar, dass ein solcher Ansatz nicht den gezielten Aufbau der Humanressourcen und damit nicht die gezielte Ausschöpfung technischer Möglichkeiten im betrieblichen Einsatz in den Mittelpunkt stellt. Primär wird Technik gestaltet. Hingegen zielen arbeits-

rientierte Gestaltungsansätze darauf ab, den Einsatz von Technik, die Gestaltung der Organisation und die Entwicklung von Fähigkeiten und Kenntnissen der Mitarbeiter in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit zu begreifen und gemeinsam zu optimieren. Primär gestaltet werden soll dabei nicht die Technik, sondern die Arbeit, zu deren Erfüllung Mensch, Technik und Organisation gemeinsam beitragen. Solche arbeitsorientierte Konzepte sind nicht technikfeindlich. Vielmehr werden durch die gleichzeitige Berücksichtigung von Organisation sowie von Fähigkeiten und Kenntnissen der Mitarbeiter die Voraussetzungen für eine optimale Gestaltung und Nutzung der Technik überhaupt erst geschaffen.

Die KOMPASS-Methode unterstützt die Gestaltung arbeitsorientierter Systeme. Sie stellt neben den erwähnten techniknahen Kriterien auch Kriterien für die Analyse und Gestaltung von individuellen Arbeitsaufgaben sowie von Organisationsstrukturen und -abläufen zur Verfügung.

1.2 Einsatzmöglichkeiten des Leitfadens

Die KOMPASS-Methode wurde am Institut für Arbeitspsychologie der ETH Zürich in enger Zusammenarbeit mit technischen Instituten² und Partnern aus der schweizerischen Industrie³ erarbeitet. Damit sind die KOMPASS-Kriterien sehr stark auf Automatisierungsprojekte in einem bestimmten Umfeld ausgerichtet. KOMPASS eignet sich insbesondere für die Analyse, Bewertung und Gestaltung von automatisierten Systemen in der diskreten Fertigung. KOMPASS wurde bisher nicht für Automatisierungsprojekte in der Prozessindustrie (z.B. in der chemischen Industrie) oder im Bürobereich eingesetzt. Ein Einsatz der KOMPASS-Methode in diesen Bereichen würde eine Überprüfung und Anpassung der KOMPASS-Kriterien voraussetzen.

Die möglichen Hauptanwender der KOMPASS-Methode stammen aus zwei Bereichen. Zum einen sind es Vertreter aus der Fertigung, die ihre Produktionsprozesse automatisieren wollen, dabei aber einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen, in welchem Mensch, Technik und Organisation gezielt aufgebaut und weiterentwickelt werden. Sie können durch die KOMPASS-Methode bei der Analyse und Bewertung ihrer aktuellen Situation sowie bei der Ableitung von

² Institut für Robotik und Institut für Umformtechnik der ETH Zürich, CIM-Center Aargau der Fachhochschule Aargau, Fachstelle für Produktionstechnik und Automation der Hochschule Luzern.

³ CERTA AG, Reinach, FERAG AG, Hinwil, Leica AG, Heerbrugg, PSI AG, Scherzenbach, Schlatter AG, Schlieren, SULZER Orthopedics Ltd., Winterthur.

Anforderungen an die Technikgestaltung und bei der Implementierung neuer Technologien unterstützt werden. Zum anderen gehören Hersteller automatisierter Technik zu den möglichen Anwendern der KOMPASS-Methode. Sie können durch die Methode dabei unterstützt werden, arbeitspsychologische Überlegungen in die Entwicklung ihrer Anlagen einfließen zu lassen. Zudem können sie mit der Anwendung der Methode auch organisatorische und arbeitsgestalterische Aspekte ihrer Kunden miteinbeziehen, um so von blossen Technikproduzenten zu beratenden Systemlieferanten für ganzheitliche Automatisierungslösungen zu werden.

1.3 Aufbau des Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden ist modular aufgebaut. Zu seinem Verständnis ist es nicht unbedingt nötig, ihn von A bis Z durchzulesen. Die Leserin bzw. der Leser kann sich vielmehr je nach Interessenlage einzelne Teile auswählen. Im Wesentlichen dreht sich das ganze Buch um die Gestaltung automatisierter Systeme. Auf dem Hintergrund eines komplementären Gestaltungsansatzes werden dazu zuerst Kriterien für die Analyse, Bewertung und Gestaltung von automatisierten Systemen theoretisch hergeleitet und begründet. Darauf wird das Vorgehen im Rahmen konkreter Automatisierungsprojekte beschrieben.

Die Kapitel 2.1 und 2.2 umfassen eine grundsätzliche Darstellung von Chancen und Gefahren der Automatisierung. Dieser folgt eine Begründung der Notwendigkeit komplementärer Systemgestaltung (Kap. 2.3) sowie eine Herleitung der KOMPASS-Kriterien (Kap. 2.4). Darin werden für jedes Kriterium ein Gestaltungsziel, eine Problembeschreibung und ein Lösungsansatz diskutiert. Möglichkeiten des Einsatzes der Kriterien in konkreten Automatisierungsprojekten werden in Kapitel 3 besprochen. Es enthält Checklisten für die Analyse und Bewertung bestehender Systeme sowie eine Anleitung für die Durchführung von Gestaltungsworkshops. Die dabei eingesetzten Methoden sind im Anhang beschrieben. Zur Veranschaulichung enthält das Kapitel auch einen fiktiven Fall, in welchem das KOMPASS-Vorgehen anhand der Gestaltung einer automatisierten Blechbiegezeile dargestellt ist. Kapitel 4 enthält eine Fallstudie.

1.4 Weiterführende Literatur

Zur Unterscheidung von technikorientierten und arbeitsorientierten Gestaltungsansätzen:

- Ulich, E. (1998). *Arbeitspsychologie* (4. Aufl.). Zürich: vdf Hochschulverlag; Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Zu den theoretischen Grundlagen der KOMPASS-Methode:

- Grote, G., Wäfler, T., Ryser, C., Weik, S., Zölch, M. & Windischer, A. (1999). Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen. Die Analyse automatisierter Produktionssysteme mit KOMPASS. Schriftenreihe Mensch-Technik-Organisation (Hrsg. E. Ulich), Band 19. Zürich: vdf Hochschulverlag.

Für eine Übersicht über psychologische Arbeitsanalyseverfahren:

- Dunckel, H. (1999). *Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren*. Schriftenreihe Mensch-Technik-Organisation (Hrsg. E. Ulich), Band 14. Zürich: vdf Hochschulverlag.

