

Schriftenreihe Unternehmensführung  
Herausgeber: Prof. Dr. Hartmut Kreikebaum

**Glenn O. Reinhardt**

# **Flexible Fertigungssysteme (FFS)**

aus praxisbezogener und theoretischer Sicht

Verlag Wissenschaft & Praxis



## Flexible Fertigungssysteme (FFS)

# **Schriftenreihe Unternehmensführung**

Herausgeber: Prof. Dr. Hartmut Kreikebaum

**Band 19**

Glenn O. Reinhardt

# **Flexible Fertigungssysteme (FFS)**

aus praxisbezogener und theoretischer Sicht

Verlag Wissenschaft & Praxis



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Reinhardt, Glenn O.:**

Flexible Fertigungssysteme (FFS) aus praxisbezogener und theoretischer Sicht. / Glenn O. Reinhardt.

– Sternenfels : Verl. Wiss. und Praxis, 2000

(Schriftenreihe Unternehmensführung ; Bd. 19)

Zugl.: Frankfurt (Main), Univ., Diss. 1999

ISBN 3-89673-067-3

ISBN 3-89673-067-3

© Verlag Wissenschaft & Praxis

Dr. Brauner GmbH 2000

Nußbaumweg 6, D-75447 Sternenfels

Tel. 07045/930093, Fax 07045/930094

Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany

*Für Cony*

# Geleitwort

Flexible Fertigungssysteme stellen einen Schwerpunkt der industriellen Automatisierung dar. Über deren weltweiten Einsatz und deren Auswirkungen auf die Fabrikorganisation lagen bisher allerdings nur spärliche Informationen vor.

Es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß sich mein ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter Glenn O. Reinhardt dieses Problems angenommen hat. In seiner Dissertation stellt er die Ergebnisse einer profunden Bestandsaufnahme Flexibler Fertigungssysteme dar, insbesondere in deren Einsatzschwerpunkten Bundesrepublik Deutschland, USA und Japan. Die empirische Analyse besticht nicht nur durch ihren Umfang und ihre Reichweite, sondern auch hinsichtlich der statistisch gerichteten Auswertung und der Intensität, mit der die Verknüpfung von Praxis und Theorie in diesem Bereich erfolgt. Es ist mir kaum eine Arbeit bekannt, in der die Fülle an erhobenen Daten so souverän und detailgenau bewältigt wird.

Herrn Dr. Reinhardt gelingt es meisterhaft, den Bogen von der empirischen Bestandsaufnahme zur Forschung zu schlagen, wobei die Arbeitshumanisierung ein besonderes Schwergewicht erhält. Ich wünsche der Arbeit deshalb eine gute Aufnahme in der Unternehmenspraxis und bei den interessierten Wissenschaftlern.

Hartmut Kreikebaum

# Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist unter dem Titel „Der Einsatz flexibler Fertigungssysteme: Eine kontingenztheoretische Untersuchung arbeitsorganisatorischer Strukturen in der industriellen Produktion“ im Juli 1999 vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main als Dissertation angenommen worden. Sie entstand während meiner Tätigkeit als Assistent am Seminar für Industriegewirtschaft (Sfi).

Herrn Professor Dr. Hartmut Kreikebaum, meinem sehr verehrten Doktorvater, schulde ich besonderen Dank. Die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit ihm konnte mich immer begeistern. Es war eine lehrreiche und schöne Zeit. Fachlich und menschlich ließ er mir stets den notwendigen Rückhalt zuteil werden, der während so manchem Tief, aber auch Hoch, von unschätzbbarer Bedeutung ist.

Sehr dankbar bin ich Herrn Professor Dr. Heinrich Rommelfanger für seine Bereitschaft, meine Dissertation mit der erforderlichen statistischen Strenge zu begleiten und schließlich auch das Zweitgutachten zu übernehmen. Die vielen mit ihm geführten Gespräche vermochten jedesmal von neuem, wertvolle Impulse für die Erstellung der Arbeit zu geben.

Dank gebührt ferner Herrn Professor Dr. Hans-Ulrich Zabel, der während seiner Frankfurter Zeit mein Interesse an flexiblen Fertigungssystemen geweckt hat und zudem die Freude am Fach der Industriebetriebslehre beleben konnte. Dr. Ralph Jahnke, mein Vorgänger am Sfi, hat das FFS-Projekt mit aus der Taufe gehoben und in den Anfangsstadien äußerst engagiert gefördert. Hierfür vielen Dank.

Das Leben und Arbeiten am Seminar für Industriegewirtschaft war eine außergewöhnliche Erfahrung, geprägt durch Leistung, Teamgeist und Menschlichkeit. Eine solche, einzigartige Atmosphäre wird maßgeblich geprägt durch den Chef. Sie wird letztlich belebt im Miteinander aller Kollegen. Hier gilt mein besonderer Dank Frau Ulla Saelzle und Dr. René Kay Munser. Was Freundschaft ausmacht, konnte ich durch sie erfahren. Für die freundschaftliche Kollegialität danke ich ferner Dr. Dirk Ulrich Gilbert und Dr. Rainer Türck. Dank auch an Dipl.-Kfm. Daniel Berndt, der mit absoluter Zuverlässigkeit die nicht enden wollenden Literaturaufträge des Doktoranden prompt erledigte.

Das Korrekturlesen stellt angesichts des Umfangs dieser Arbeit eine wahrlich undankbare Aufgabe dar. Für die daraus hervorgegangene inhaltliche, methodische und formale Kritik sowie für die vielfältigen Anregungen danke ich vor allem Dipl.-Kffr. Silke Brückmann. Sie begleitete diese Arbeit bereits während der Datenerfassungsphase und stellte sich anschließend als unnachgiebige Lektorin heraus. Freundschaftlichen Dank schulde ich aber auch meinem Kollegen und FFS-Weggefährten am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften Dipl.-Kfm. Wolfgang Lohmann (Lehrstuhl für Produktions-

wirtschaft). Er durchleuchtete die Dissertation vor ihrer Abgabe nochmals mit den Augen des FFS-Spezialisten. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die unzähligen Gespräche sowie Diskussionen danke ich natürlich auch meinem Freund Dr. René Kay Munser. Ich bin sicher, daß seine Anregungen dieser Arbeit gutgetan haben.

Meinen Eltern, Hannelore und Herbert Reinhardt, danke ich nicht nur für ein (finanziell) sorgenfreies Studium. Ihnen danke ich vor allem für ihre Liebe und ihr uneingeschränktes Verständnis, welches während der Promotionszeit so manches Mal auf eine harte Probe gestellt wurde. Auch meinem Großvater Otto Boll danke ich für sein fortwährendes Interesse und seine liebevolle Unterstützung. Leider durfte er den erfolgreichen Abschluß der Promotion nicht mehr in wachem Bewußtsein erleben.

Meiner lieben Frau Cony kann ich gar nicht genug danken. Sie hat in den zurückliegenden Jahren der Promotion ihre freie Zeit zumeist ohne mich verbringen müssen. Dennoch hat sie mich nie alleine gelassen!

*Last but not least* möchte ich mich vor allem bei den Unternehmen bedanken, die durch die Beantwortung der Fragebögen die empirische Untersuchung überhaupt erst ermöglicht haben. Trotz der starken Theoriebasis würde ich mich freuen, wenn diese Arbeit das Interesse der Praxis finden und darüber hinaus einen konkreten praktischen Nutzen stiften könnte.

Frankfurt am Main, im Januar 2000

Glenn O. Reinhardt

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	13
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	19
<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis</b> .....	21
<b>1 Einführung</b> .....	29
1.1 Problemstellung und Zielsetzungen .....	29
1.2 Aufbau der Arbeit .....	32
<b>2 Flexible Fertigungssysteme (FFS) in der betrieblichen Praxis</b> .....	37
2.1 Begriffsvielfalt, Merkmale und Arbeitsdefinition .....	37
2.2 Technik- und Personalsystem als Komponenten .....	45
2.3 Motivation der Einführung .....	54
2.4 Historischer Rückblick und aktuelle Trends .....	68
2.4.1 Wurzeln, Ersteinsatz und zögerliche Diffusion in den 70er Jahren ..	68
2.4.2 Diffusionsboom im Kontext einer CIM-Euphorie der 80er Jahre ...	77
2.4.3 Stagnation in den 90er Jahren und Weiterentwicklungen .....	86
<b>3 Ein situatives Modell der Arbeitsorganisation in FFS</b> .....	101
3.1 Forschungskonzeption auf kontingenztheoretischer Basis .....	101
3.1.1 Grundlagen der Kontingenztheorie .....	101
3.1.2 Spezifizierung der Modellbestandteile .....	116
3.1.2.1 Zum funktionalen Begriff der Arbeitsorganisation .....	116
3.1.2.2 Differenzierte Betrachtung der Systemumwelt .....	119
3.1.2.3 Strukturdimensionen der Arbeitsorganisation .....	126
3.1.2.4 Arbeitsorganisatorischer Zielerreichungsgrad .....	129
3.1.3 Zusammenfassende Modelldarstellung .....	129
3.2 Weitere Schritte des Forschungsdesigns .....	130
3.2.1 Projektsprung, Zielvorstellungen und Untersuchungsplan .....	130
3.2.2 Umfassende Informationsbeschaffungsphase .....	142
3.2.3 Erstellung, Versendung und Rücklauf des Erhebungsbogens .....	146

3.2.4	Mehrstufige Strategie der Datenauswertung .....	153
3.3	Erste Untersuchungsergebnisse .....	157
3.3.1	Anwenderperzeption ausgewählter Einflußfaktoren auf die Arbeitsorganisation in FFS .....	157
3.3.1.1	Einflußsphäre der Produktion .....	157
3.3.1.2	Einflußsphäre des Unternehmens .....	160
3.3.1.3	Einflußsphäre der Unternehmensumwelt .....	163
3.3.2	Anwenderperzeption ausgewählter Zielvorstellungen der Arbeitsorganisation in FFS .....	169
3.3.2.1	Dominanz technisch-wirtschaftlicher Zielgrößen .....	169
3.3.2.2	Untergeordnete Bedeutung sozialer Zielgrößen .....	174
<b>4</b>	<b>Strukturen der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....</b>	<b>187</b>
4.1	Strukturzentralisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	187
4.1.1	Einzelfunktionen des Systembetriebs .....	187
4.1.2	Zentralisation der Primärfunktionen .....	192
4.1.2.1	Werkstückbezogene Funktionen .....	192
4.1.2.2	Werkzeugbezogene Funktionen .....	195
4.1.2.3	Überwachungsbezogene Funktionen .....	197
4.1.2.4	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse .....	201
4.1.3	Zentralisation der supportiven Sekundärfunktionen .....	201
4.1.3.1	Funktionen der Qualitätssicherung .....	201
4.1.3.2	Funktionen der Instandhaltung .....	206
4.1.3.3	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse .....	215
4.1.4	Zentralisation der dispositiven Sekundärfunktionen .....	216
4.1.4.1	Funktionen der Arbeitsvorbereitung .....	216
4.1.4.2	Funktionen des Personalwesens .....	225
4.1.4.3	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse .....	226
4.1.5	Operationalisierung der Strukturzentralisation .....	228
4.2	Strukturspezialisierung in flexiblen Fertigungssystemen .....	231
4.2.1	Stellenvielfalt des Personalsystems .....	231
4.2.2	Operationalisierung der Strukturspezialisierung .....	237
4.3	Strukturautorität in flexiblen Fertigungssystemen .....	239
4.4	Strukturdynamik in flexiblen Fertigungssystemen .....	240
4.4.1	Grundlagen des Job Rotation .....	240
4.4.2	Einsatzverbreitung des Job Rotation in FFS .....	242
4.4.3	Implementierte Rotationsstrukturen .....	244

---

4.5	Strukturkooperation in flexiblen Fertigungssystemen .....	248
4.5.1	Grundlagen der Gruppenarbeit .....	248
4.5.2	Einsatzverbreitung der Gruppenarbeit in FFS .....	250
4.5.3	Gründe der Nichteinführung gruppenbasierter Arbeitsplätze .....	253
4.5.4	Kriterien der Gruppenautonomie in FFS .....	257
4.6	Zur Reflexion der Strukturvarianzthese .....	267
<b>5</b>	<b>Situation der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....</b>	<b>269</b>
5.1	Zur Konkretisierung der Struktur determiniertheitsthese .....	269
5.2	Pre-Implementierungsphase flexibler Fertigungssysteme .....	271
5.2.1	Kulturelle Ausgangssituation .....	271
5.2.2	Fertigungsorganisatorische Ausgangssituation .....	276
5.2.3	Fertigungstechnische Ausgangssituation .....	281
5.2.4	Qualifikatorische Ausgangssituation .....	285
5.2.5	Erhebungsergebnisse zur Pre-Implementierung .....	288
5.3	Implementierungsphase flexibler Fertigungssysteme .....	289
5.3.1	Die Implementierung im Lebenszyklus eines FFS .....	289
5.3.2	Planung flexibler Fertigungssysteme .....	290
5.3.2.1	Allgemeine Dimensionen des Planungsprozesses .....	290
5.3.2.2	Planungsvorgehen des Gestaltungssystems .....	299
5.3.2.3	Planungsträger der Arbeitsorganisation .....	303
5.3.2.4	Planungsorganisation .....	308
5.3.2.5	Erhebungsergebnisse zur Systemplanung .....	311
5.3.3	Realisierung flexibler Fertigungssysteme .....	311
5.3.4	Inbetriebnahme flexibler Fertigungssysteme .....	315
5.3.4.1	Implementierungsdauer .....	315
5.3.4.2	Alter der FFS-Organisation .....	318
5.3.4.3	Zusatzschichten mit Systemeinführung .....	320
5.3.4.4	Erhebungsergebnisse zur Systeminbetriebnahme .....	322
5.4	Routinephase flexibler Fertigungssysteme .....	322
5.4.1	Systemexterne Situation der Arbeitsorganisation .....	322
5.4.1.1	Branchenzugehörigkeit des FFS-Anwenders .....	322
5.4.1.2	Größe der Anwenderorganisation .....	325
5.4.1.3	Systemübergeordnetes Produktspektrum .....	330
5.4.1.4	Produktionsinterne Systemzahl .....	331
5.4.1.5	Erhebungsergebnisse zur systemexternen Situation im Routinebetrieb .....	334

---

5.4.2 Systeminterne Situation der Arbeitsorganisation .....	335
5.4.2.1 Allgemeiner Einsatz des flexiblen Fertigungssystems ..	335
5.4.2.2 Produktionsaufgabe des flexiblen Fertigungssystems ..	355
<b>6 Zielerreichung der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen ....</b>	<b>375</b>
<b>7 Ergebnisse der Kontingenzanalyse .....</b>	<b>383</b>
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>399</b>
<b>Anhang I (Fragebogen) .....</b>	<b>402</b>
<b>Anhang II (Hypothesentests) .....</b>	<b>423</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>437</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1	Struktur der Arbeit .....	36
Abb. 2-1	Schematische Darstellung eines flexiblen Fertigungssystems .....	54
Abb. 2-2	Einsatzpotentiale flexibler Fertigungssysteme .....	56
Abb. 3-1	Argumentationslogik der Kontingenzttheorie .....	104
Abb. 3-2	Strukturelle Anpassung an situative Veränderungen .....	113
Abb. 3-3	Kontextfaktoren der Arbeitsorganisation .....	120
Abb. 3-4	Situationsvariablen der Pre-Implementierung und Implementierung ....	122
Abb. 3-5	Untersuchungsrelevante Organisationsebenen .....	124
Abb. 3-6	Situationsvariablen der Routinephase .....	125
Abb. 3-7	Ein situatives Modell der Arbeitsorganisation in FFS .....	130
Abb. 3-8	Projektursprung .....	136
Abb. 3-9	Allgemeiner Untersuchungsplan .....	141
Abb. 3-10	Abgrenzung von Erhebungs-, Untersuchungs- und Aussageinheit .....	142
Abb. 3-11	Ermittlung der Untersuchungseinheiten .....	145
Abb. 3-12	Konzeption des Fragebogens .....	146
Abb. 3-13	Struktur des Rücklaufs .....	151
Abb. 3-14	Verhältnis zwischen Weltpopulation und Auswertungsgesamtheit .....	153
Abb. 3-15	Einflußbedeutung ausgewählter fertigungstechnischer und -organisatorischer Entwicklungen .....	165
Abb. 3-16	Anwenderperzeption ausgewählter Einflüsse auf die Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	168

Abb. 3-17	Bedeutung technisch-wirtschaftlicher Zielvorstellungen der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	173
Abb. 3-18	Qualifikatorische Auswirkungen der FFS-Einführung .....	178
Abb. 3-19	Formen der Arbeitszeitflexibilisierung in flexiblen Fertigungssystemen .....	183
Abb. 3-20	Bedeutung technisch-wirtschaftlicher und sozialer Zielvorstellungen der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	184
Abb. 4-1	Einzelfunktionen des FFS-Betriebs nach Phase und Zweckbeziehung ..	189
Abb. 4-2	(De-)Zentralisationsalternativen des FFS-Betriebs .....	191
Abb. 4-3	Zuständigkeitsverteilung der Primärfunktionen .....	201
Abb. 4-4	Zuständigkeitsverteilung der supportiven Sekundärfunktionen .....	215
Abb. 4-5	Zuständigkeitsverteilung der dispositiven Sekundärfunktionen .....	226
Abb. 4-6	Strukturzentralisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	230
Abb. 4-7	Stellengefüge in flexiblen Fertigungssystemen .....	232
Abb. 4-8	Stellenbezeichnungen in flexiblen Fertigungssystemen .....	236
Abb. 4-9	Strukturspezialisierung in flexiblen Fertigungssystemen .....	238
Abb. 4-10	Strukturautorität in flexiblen Fertigungssystemen .....	240
Abb. 4-11	Strukturdynamik in flexiblen Fertigungssystemen .....	244
Abb. 4-12	Alternative Rotationsstrukturen im FFS-Betrieb .....	245
Abb. 4-13	Realisierte Rotationsstrukturen im FFS-Betrieb .....	247
Abb. 4-14	Strukturkooperation in flexiblen Fertigungssystemen .....	251
Abb. 4-15	Kombinierte Arbeitsplatzstrukturen in flexiblen Fertigungssystemen ...	253
Abb. 4-16	Formen der Strukturkooperation in flexiblen Fertigungssystemen .....	257
Abb. 4-17	Gruppenautonomie in flexiblen Fertigungssystemen .....	265

---

Abb. 4-18	Strukturelle Varianz der Arbeitsorganisation in FFS .....	267
Abb. 5-1	Schematische Darstellung einer strukturtraditionellen Arbeitsorganisation .....	270
Abb. 5-2	Schematische Darstellung einer strukturmodernen Arbeitsorganisation .....	271
Abb. 5-3	Kontingenz zwischen der kulturellen Ausgangssituation des Anwenders und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	273
Abb. 5-4	Kontingenz zwischen der fertigungsorganisatorischen Ausgangssituation und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen ...	281
Abb. 5-5	Fertigungstechnisches „ <i>leap-frogging</i> “ bei FFS-Einführung .....	282
Abb. 5-6	Kontingenz zwischen der fertigungstechnischen Ausgangssituation und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	285
Abb. 5-7	Kontingenz zwischen der qualifikatorischen Ausgangssituation und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	287
Abb. 5-8	Situationsvariablen der Pre-Implementierungsphase flexibler Fertigungssysteme .....	288
Abb. 5-9	Informationsflußtechnische FFS-Integration .....	294
Abb. 5-10	Kontingenz zwischen dem Planungsvorgehen des Gestaltungssystems und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	302
Abb. 5-11	Kontingenz zwischen den Planungsträgern des Gestaltungssystems und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	308
Abb. 5-12	Kontingenz zwischen der Planungsorganisation des Gestaltungssystems und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	309
Abb. 5-13	Planungssituation flexibler Fertigungssysteme .....	311
Abb. 5-14	Formen der Systemrealisierung .....	313
Abb. 5-15	Kontingenz zwischen der Form der Systemrealisierung und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	315

Abb. 5-16	Kontingenz zwischen der Implementierungsdauer und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	317
Abb. 5-17	Kontingenz zwischen dem Alter der FFS-Organisation und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	319
Abb. 5-18	Kontingenz zwischen der Einführung von Zusatzschichten und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	321
Abb. 5-19	Situationsvariablen der Systemeinführung .....	322
Abb. 5-20	Kontingenz zwischen der Branchenzugehörigkeit und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	325
Abb. 5-21	Kontingenz zwischen der Größe der Anwenderorganisation und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	329
Abb. 5-22	Kontingenz zwischen der produktionsinternen Systemzahl und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	333
Abb. 5-23	Situationsvariablen der systemexternen Umwelt im Routinebetrieb .....	334
Abb. 5-24	Kontingenz zwischen der FFS-Organisationsgröße und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	336
Abb. 5-25	Kontingenz zwischen der Größe des Techniksystems und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	340
Abb. 5-26	Kontingenz zwischen der vertikalen Schichtnutzung und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	343
Abb. 5-27	Typische Schichtnutzungsmuster flexibler Fertigungssysteme .....	344
Abb. 5-28	Kontingenz zwischen der horizontalen Schichtnutzung und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	345
Abb. 5-29	Kontingenz zwischen dem Schichtsystem und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	346
Abb. 5-30	Diffusion und Dauer des Pausenbetriebs in FFS .....	348
Abb. 5-31	Diffusion und Dauer des Abschaltbetriebs .....	349
Abb. 5-32	Hinderungsgründe eines mannlosen Zwischenschichtbetriebs .....	351

---

Abb. 5-33	Kontingenz zwischen dem Automatisierungsgrad und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	353
Abb. 5-34	Situationsvariablen des allgemeinen FFS-Einsatzes im Routinebetrieb .....	354
Abb. 5-35	Kontingenz zwischen der Werkstückgeometrie und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	357
Abb. 5-36	Kontingenz zwischen dem quantitativen Werkstückspektrum und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	362
Abb. 5-37	Situationsvariablen der Werkstückgeometrie und des quantitativen Werkstückspektrums .....	362
Abb. 5-38	Kontingenz zwischen der durchschnittlichen Losgröße und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	365
Abb. 5-39	Kontingenz zwischen der Losstreuung und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	367
Abb. 5-40	Kontingenz zwischen der Spannhäufigkeit und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	369
Abb. 5-41	Kontingenz zwischen der Spannstreuung und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	370
Abb. 5-42	Kontingenz zwischen der durchschnittlichen Werkstückbearbeitungszeit und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	371
Abb. 5-43	Kontingenz zwischen der Zeitstreuung und der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen .....	372
Abb. 5-44	Situationsvariablen der systemspezifischen Produktionsaufgabe .....	373
Abb. 6-1	Anwendereinschätzungen zur arbeitsorganisatorischen Zielerreichung .....	375
Abb. 6-2	Durchschnittlicher Nutzungsgrad flexibler Fertigungssysteme .....	378
Abb. 6-3	Technische und organisatorische Ausfallrate in FFS .....	378

Abb. 6-4	Anwenderperzeption zum Zielerreichungsgrad „Sicherung einer hohen Verfügbarkeit“ und tatsächliche Systemnutzung .....	380
Abb. 7-1	Augenscheinprüfung der Kontingenztabelle .....	383
Abb. 7-2	Tendenzielle Kontingenzen der FFS-Organisation .....	385

# Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1	Realisierte Leistungspotentiale von britischen und schwedischen FFS-Anwendern .....	66
Tab. 2-2	Realisierte Leistungspotentiale nach Einführung eines FFS bei einem italienischen Sportwaffenhersteller .....	67
Tab. 2-3	Globaler FFS-Bestand zwischen 1980 und 1987 .....	84
Tab. 2-4	Globaler FFS-Bestand zwischen 1988 und 1989 .....	85
Tab. 3-1	Ermittlung von Anbietern flexibler Fertigungssysteme .....	143
Tab. 3-2	Referenzanfragen an FFS-Anbieter .....	144
Tab. 5-1	Übergeordnetes Produktionsprogramm flexibler Fertigungssysteme ..	330
Tab. 5-2	Qualitatives Werkstückspektrum (Teileauswahl) .....	358
Tab. A-1:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der Pre-Implementierung .....	424
Tab. A-2:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der Systemplanung .....	425
Tab. A-3:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der Systemrealisierung .....	426
Tab. A-4:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der Systeminbetriebnahme .....	427
Tab. A-5:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der systemexternen Umwelt .....	428
Tab. A-6:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen des Routinebetriebs (I) .....	429
Tab. A-7:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen des Routinebetriebs (II) .....	430
Tab. A-8:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen des Routinebetriebs (III) .....	431
Tab. A-9:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der Systemaufgabe (I) .....	432
Tab. A-10:	$\chi^2$ -Test von Tendenzkontingenzen der Systemaufgabe (II) .....	433

Tab. A-11: Strukturdimensionen der Arbeitsorganisation und Zielerfüllungsgrad .....	434
Tab. A-12: Situationsvariablen und Zielerreichungsgrad (I) .....	435
Tab. A-13: Situationsvariablen und Zielerreichungsgrad (II) .....	436

# Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

$\chi^2$	Chi-Quadrat
Ø	durchschnittlich
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
AI	Artificial Intelligence
AKNA	Arbeitskreis Neue Arbeitsstrukturen der deutschen Automobilindustrie
AM	American Machinist
AMJ	Academy of Management Journal
AMR	Academy of Management Review
AMT	Advanced Manufacturing Technology
ASQ	Administrative Science Quarterly
ASR	American Sociological Review
AV	Arbeitsvorbereitung
AWF	Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung e. V.
AWK	Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium
Aufl.	Auflage
BAZ	Bearbeitungszentrum
Bd.	Band
BDE	Betriebsdatenerfassung
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CA	California
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAQ	Computer Aided Quality Assurance

---

CIM	Computer Integrated Manufacturing
CIRP	Collège International pour l'Étude Scientifique des Techniques de Production Mécanique (International Institution for Production Engineering Research)
CMM	Coordinate Measuring Machine
CMR	California Management Review
CNC	Computerized Numerical Control
Co.	Company
Comp. Ind.	Computers in Industry
Corp.	Corporation
Cr	Chrom
$c_{rel}$	relativer Kontingenzkoeffizient
CSSR	Ceskoslovenská Socialistická Republika (Tschechoslowakei)
CT	Connecticut
DBW	Die Betriebswirtschaft
D. C.	District of Columbia
DDR	Deutsche Demokratische Republik
df	degrees of freedom (Freiheitsgrade)
d. h.	das heißt
DIN	Deutsche Industrie-Norm
Diss.	Dissertation
DNC	Direct Numerical Control
DoI	Department of Industry
DTI	Department of Industry and Trade
EBM-Waren	Eisen-, Blech- und Metallwaren
EC	European Community
Ed.	Editor
edit.	edition
Eds.	Editors
EMO	Exposition Machine Outils

---

emp	empirisch
et al.	et alii
e. V.	eingetragener Verein
FAIM	Flexible Automation and Integrated Manufacturing
Fb	Forschungsbericht
FB/IE	Fortschrittliche Betriebsführung/Industrial Engineering
FFS	Flexibles Fertigungssystem
FFZ	Flexible Fertigungszelle
FL	Florida
FMC	Food Machinery Corporation
FMS	Flexible Manufacturing System
F. R. G.	Federal Republic of Germany
FTS	Fahrerloses Transportsystem
GA	Georgia
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HBR	Harvard Business Review
HdA	Humanisierung der Arbeit
Hrsg.	Herausgeber
HSM	Human Systems Management
HWB	Handwörterbuch der Betriebswirtschaft
HWO	Handwörterbuch der Organisation
HWPers	Handwörterbuch des Personalwesens
HWProd	Handwörterbuch der Produktionswirtschaft
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
IBM	International Business Machines
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
i. e. S.	im engeren Sinne
IFAC	International Federation of Automatic Control

---

IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IIE	Institute of Industrial Engineers
IJCIM	International Journal of Computer Integrated Manufacturing
IJFMS	International Journal of Flexible Manufacturing Systems
IJHFM	International Journal of Human Factors in Manufacturing
IJIE	International Journal of Industrial Ergonomics
IJOPM	International Journal of Operations & Production Management
IJPE	International Journal of Production Economics
IJPR	International Journal of Production Research
IL	Illinois
ILR	International Labour Review
IMACS	International Association for Mathematics and Computers in Simulation
Ind.-Anz.	Industrie-Anzeiger
inkl.	inklusive
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
ISF	Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e. V.
ISI	Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
ISMIS	International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems
ISMO	International Studies of Management & Organization
ISO	International Organization for Standardization
IWF	Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik
i. w. S.	im weiteren Sinne
JAP	Journal of Applied Psychology
JET-M	Journal of Engineering and Technology Management
Jg.	Jahrgang
JIT	Just in Time
JMS	Journal of Manufacturing Systems
KfK-PFT	Kernforschungszentrum Karlsruhe – Projektträgerschaft Fertigungstechnik

---

KMG	Koordinatenmeßgerät
KTM	Kearney & Trecker Marwin Ltd.
LAN	Local Area Network
LKW	Lastkraftwagen
Ltd.	Limited
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
Mass.	Massachusetts
mbH	mit beschränkter Haftung
MDE	Maschinendatenerfassung
MI	Michigan
M. I. T.	Massachusetts Institute of Technology
MITI	Ministry of International Trade and Industry of Japan
mm	Millimeter
MM	Maschinenmarkt
MS	Management Science
NC	Numerical Control
N. C.	North Carolina
NF	Neue Folge
N	Anzahl der Aussageeinheiten
NG <sub>Ø</sub>	durchschnittlicher Nutzungsgrad
Ni	Nickel
NJ	New Jersey
No.	Number
Nos.	Numbers
Nr.	Nummer
OH	Ohio
ORSA	Operations Research Society of America
o. S.	ohne Seitenangabe
o. V.	ohne Verfasser

---

p	Irrtumswahrscheinlichkeit
p.	page
PIMJ	Production and Inventory Management Journal
pp.	pages
PPS	Produktionsplanung und –steuerung
QC	Quality Control
REFA	Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation, REFA e. V.)
resp.	respective/respectively
RKW	Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft e. V.
S.	Seite(n)
SCAMP	Six hundred group Computer Aided Manufacturing Project
SMJ	Strategic Management Journal
SMR	Sloan Management Review
sog.	sogenannt
Sp.	Spalte
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SW	Spezialisierungswert
SzU	Schriften zur Unternehmensführung
Tab.	Tabelle
Tb	Tagungsbericht
TIMS	The Institute of Management Sciences
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO
TQM	Total Quality Management
TZ	Technisches Zentralblatt
u. a.	und andere/unter anderem
UdSSR	Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken (Sowjetunion)
UK	United Kingdom

---

USSR	Union of Socialist Sowjet Republics
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
U. S. (US)	United States
U. S. A. (USA)	United States of America
v.	von
VA	Virginia
v. Chr.	vor Christus
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDI-ADB	VDI-Gesellschaft Produktionstechnik
VDI-GACIM	VDI-Gemeinschaftsausschuß CIM
VDI-Z	Verbandszeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure
Vgl.	Vergleiche
Vol.	Volume
v/s (vs.)	versus
WI	Wisconsin
WiSt	Wirtschaftswissenschaftliches Studium
WISU	Das Wirtschaftsstudium
WOP	Werkstatorientierte Programmierung
wt	Werkstattstechnik
Z. Arb.wiss.	Zeitschrift für Arbeitswissenschaft
z. B.	zum Beispiel
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZP	Zeitschrift für Planung
ZW	Zentralisationswert
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung



# 1 Einführung

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzungen

Flexible Fertigungssysteme (FFS) sind real beobachtbare Phänomene im betrieblichen Leistungserstellungsprozeß. Das anhaltende Interesse an dieser Fertigungstechnik mag dadurch begründet sein, daß die Vorstellung einer systeminhärenten Symbiose aus Automatisierungs- und Flexibilisierungspotential das FFS als ‚Wundermittel‘ zur simultanen Realisierung einer wirtschaftlichen und flexiblen Fertigung erscheinen läßt. Zumeist liegt dieser Faszination eine ingenieurtechnisch geprägte Perspektive zugrunde, die vor allem die technischen Systemkomponenten in den Betrachtungsmittelpunkt stellt. Flexible Fertigungssysteme stellen aber sozio-technische Arbeitssysteme dar. Die Erfüllung einer spezifischen Produktionsaufgabe setzt die Interaktion zwischen Mensch und Maschine voraus. Folglich besitzen diese Produktionssysteme auch eine arbeitsorganisatorische Komponente.

Die breit angelegte Problematisierung von Fragen der Arbeitsorganisation in FFS stellt bislang jedoch eine Randerscheinung dar. Zwar existieren literatur- und fallstudienbasierte Untersuchungen, die sich mit arbeitsorganisatorischen Teilaspekten auseinandersetzen. Insgesamt läßt sich aber festhalten, daß eine ausführliche Behandlung der Arbeitsorganisation in flexiblen Fertigungssystemen nur in Ansätzen vorliegt. Deshalb interessiert eine tiefere Untersuchung dieser speziellen Themenstellung.

Die Literatur zur industriellen Produktion betont bereits seit längerer Zeit einen vermeintlichen Wandel der Marktanforderungen. Beispielsweise wird von einer ‚dramatisch‘ ansteigenden Dynamisierung der Konkurrenzbeziehungen auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten und einer Intensivierung sowie Globalisierung des Wettbewerbs gesprochen. Diese Entwicklung erfordere eine kundenorientierte Ausrichtung der Produktionsprozesse, die mit dem Einsatz konventioneller Formen der Fertigungstechnik und -organisation nicht zu gewährleisten sei. Ein adäquates Reaktionspotential verspricht der Einsatz flexibler Fertigungssysteme. Zahlreiche Erfolgsberichte vermitteln den Eindruck, diese Technik biete nicht nur das benötigte Maß an Flexibilität, sondern auch die Wirtschaftlichkeit und Schnelligkeit zur Realisierung eines kundenorientierten und wettbewerbsfähigen Leistungsprogramms.

Darüber hinaus findet sich vermehrt die Auffassung, ein Unternehmen benötige die ‚Kreativkraft‘ jedes einzelnen Mitarbeiters, um sich den ‚neuen‘ Marktherausforderungen stellen zu können.<sup>1</sup> Nur die Zentrierung des Menschen im Prozeß der betrieblichen Wertschöpfung könne Kreativpotentiale freisetzen und letztendlich die langfristige Unternehmensexistenz im wettbewerblichen Umfeld sicherstellen. Dazu trügen moderne

---

<sup>1</sup> Vgl. auch McCARTY 1993, p. 6; SISSON 1994, p. 4; KERN/BREINING/ECKERT 1995, p. 203.

Strukturen der Arbeitsorganisation mit einer weitgehenden Entscheidungs- und Verantwortungsdezentralisation, einer Entspezialisierung auf Werkstattebene, einer Enthierarchisierung der Fertigungsorganisation und/oder einer Implementierung von Teamarbeitskonzepten bei. Gerade ein flexibles Fertigungssystem eigne sich für die Realisierung einer strukturmodernen Arbeitsorganisation. Dies behaupten aktuelle Beiträge zur Arbeitsgestaltung. Andererseits ist die Organisationsrealität im Produktionsbereich allgemein auch durch traditionelle Strukturen gekennzeichnet, die das Pendant zur modernen Arbeitsorganisation darstellen. Eine Fortführung der Strukturtradition in flexiblen Fertigungssystemen ist ebenso denkbar wie wahrscheinlich. Diese Gegensätzlichkeit führt zur folgenden These, die den Ausgangspunkt der Untersuchung bildet:

**Ausgangsthese 1 (Strukturvarianzthese):**

*Die Organisationspraxis flexibler Fertigungssysteme ist gekennzeichnet durch eine strukturelle Varianz, die ein breites Spektrum arbeitsorganisatorischer Gestaltungslösungen auf einem Kontinuum zwischen den Extrema einer Strukturmodernität einerseits sowie einer Strukturtradition der Arbeitsformen andererseits einnimmt.*

Aus dieser These leitet sich als erste Zielsetzung die empirische Bestandsaufnahme von realisierten Formen der Arbeitsorganisation ab. Nur der Blick in die Organisationspraxis flexibler Fertigungssysteme ermöglicht deskriptive Aussagen über Existenz und Ausmaß einer strukturellen Varianz. Deshalb erfordert die Behandlung arbeitsorganisatorischer Problemstellungen auch ein empiriegestütztes Vorgehen auf der Basis einer Breitenerhebung.

Aus der Beschreibung realisierter Strukturen der Arbeitsorganisation folgt die zweite Zielsetzung dieser Untersuchung, nämlich die Ermittlung von Ursachen, Zusammenhängen und Abhängigkeiten, die zur Erklärung einer vermuteten Strukturvielfalt in flexiblen Fertigungssystemen beitragen können.<sup>2</sup> Die Strukturvarianzthese greift die Diskussion über den technischen Determinismus auf. Im Kern besagt dieser, daß Organisation und Qualifikation menschlicher Arbeit in einem Produktionssystem dem Diktat der Technik unterliegen. Demzufolge sind alternative Gestaltungsformen der Arbeit für eine bestimmte Technikausprägung als inexistent anzunehmen. Spätestens seit der Durchführung von Studien im englischen Kohlebergbau besteht jedoch weitgehend Einigkeit darüber, daß das Vorhandensein eines Technikdeterminismus im traditionellen Sinne zu be-

<sup>2</sup> Dieses ergründende Vorgehen orientiert sich auch an der Aufgabe einer ‚theoretischen Industriebetriebslehre‘, wie sie bereits von KALVERAM gefordert worden ist. Vgl. KALVERAM 1950, S. 14-15; sowie ähnlich SCHMIDT 1950, S. 21.

zweifeln ist.<sup>3</sup> Das Aufkommen und die zunehmende Diffusion rechnergestützter Fertigungstechnik bestärkt diese Ansicht noch zusätzlich. Vor allem der Betrieb flexibler Fertigungssysteme eröffne durch die weitgehende Automatisierung operativer Tätigkeiten einen umfangreichen arbeitsorganisatorischen Gestaltungsfreiraum, weil die unmittelbare Kopplung des Werkstattpersonals an die Prozessabläufe größtenteils aufgehoben wird.<sup>4</sup> Zudem erlaube eine gestiegene Benutzerfreundlichkeit der Rechnersysteme die Integration supportiver und dispositiver Funktionen vor Ort auf Werkstattebene.

Als Gegenstück zum Technikdeterminismus suggerieren diese Betrachtungen oberflächlich eine völlige Gestaltungsfreiheit organisatorischer Strukturösungen. Das FFS repräsentiere folglich eine Technik, die mit den unterschiedlichsten Ausprägungen der Arbeitsorganisation eingesetzt werden könne. Konkrete Anwendungsfälle der arbeitsorganisatorischen Restrukturierung eines flexiblen Fertigungssystems untermauern die Vorstellung von einer nahezu unbeschränkten Wahlfreiheit. Die Systemeinbettung in ein betriebliches Umfeld als Quelle organisationsformender Einflußfaktoren wird aus diesen Schilderungen ausgeblendet oder nicht explizit problematisiert. Die Suche nach den Ursachen einer arbeitsorganisatorischen Varianz kann den Einwirkungsradius nicht auf die lokale Fertigungstechnik beschränken. Die strukturelle Konfiguration von Organisationen ist auch abhängig von Faktoren der Tradition, Größe oder Umweltdynamik. Zudem ist Organisationsgestaltung eine zielgerichtete und interessengeleitete Aktivität einzelner Organisationsmitglieder. Dies läßt sich auf den Mikrobereich eines flexiblen Fertigungssystems übertragen. Deshalb wird die Vorstellung einer ‚abgeschwächten‘ Strukturde-terminiertheit als zweite Ausgangsthese dieser Untersuchung zugrundegelegt:

---

<sup>3</sup> Siehe im einzelnen zur erwähnten Studie TRIST/BAMFORTH 1951; sowie zusammenfassend EMERY/TRIST 1969, p. 285. Aufbauend auf dieser Untersuchung des TAVISTOCK INSTITUTE hat sich der soziotechnische Ansatz entwickelt, der als eine Kernaussage die Gestaltbarkeit der Arbeitsorganisation beinhaltet und damit einen omnipotenten technischen Sachzwang negiert. Vgl. beispielsweise VILMAR 1973, S. 108; BARKO/PASMORE 1986, p. 195; sowie allgemein zur Inexistenz des technischen Determinismus BRÖDNER 1990, p. 103.

<sup>4</sup> Vgl. allgemein DUELL/FREI 1986, S. 33-34; WALL et al. 1990, p. 691; ZAMMUTO/O'CONNOR 1992, p. 704; sowie BERGER 1994, p. 277. Siehe speziell im FFS-Kontext SCHULTZ-WILD 1993, S. 159-160.