

Abhandlungen aus dem
Industrieseminar der Universität Mannheim

Heft 37

Werkzeugmaschinen in der industriellen Produktion

Kennzeichnung, Planung und Einsatz
moderner Fertigungskonzepte aus
betriebswirtschaftlicher Sicht

Von

Gerhard Moroff



Duncker & Humblot · Berlin

GERHARD MOROFF

Werkzeugmaschinen in der industriellen Produktion

**Abhandlungen aus dem
Industrieseminar der Universität Mannheim**

früher unter dem Titel
Abhandlungen aus dem Industrieseminar der Universität zu Köln
begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. Theodor Beste

Herausgegeben von
Prof. Dr. Gert v. Kortzfleisch, Prof. Dr. Heinz Bergner
und Prof. Dr. Peter Milling

Heft 37

Werkzeugmaschinen in der industriellen Produktion

**Kennzeichnung, Planung und Einsatz
moderner Fertigungskonzepte aus
betriebswirtschaftlicher Sicht**

Von

Gerhard Moroff



Duncker & Humblot · Berlin

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Moroff, Gerhard:

Werkzeugmaschinen in der industriellen Produktion :
Kennzeichnung, Planung und Einsatz moderner
Fertigungskonzepte aus betriebswirtschaftlicher Sicht /
von Gerhard Moroff. — Berlin : Duncker und Humblot, 1993
(Abhandlungen aus dem IndustrieSeminar der Universität Mannheim ;
H. 37)

Zugl.: Mannheim, Univ., Diss., 1992

ISBN 3-428-07686-9

NE: Universität (Mannheim) / Seminar für Allgemeine
Betriebswirtschaftslehre und Betriebswirtschaftslehre der Industrie:
Abhandlungen aus dem . . .

Alle Rechte vorbehalten

© 1993 Duncker & Humblot GmbH, Berlin 41

Fotoprint: Werner Hildebrand, Berlin 65

Printed in Germany

ISSN 0935-381X

ISBN 3-428-07686-9

*Ulrike und
meinen Eltern*

Vorwort

Die vorliegende Schrift entstand als Dissertation am Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Industriebetriebslehre II der Universität Mannheim. Es ist mir daher ein besonderes Anliegen, dem Inhaber dieses Lehrstuhls, meinem verehrten akademischen Lehrer, Herrn Professor Dr. Heinz Bergner, zu danken. Er hat diese Arbeit angeregt und in vielfältiger Weise gefördert. Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr. Gert von Kortzfleisch für seine freundliche Unterstützung.

Vielfältige Unterstützung wurde mir auch am Lehrstuhl durch die freundschaftliche Atmosphäre, viele fruchtbare Diskussionen sowie eine unermüdliche Hilfsbereitschaft seitens meiner Kollegen zuteil. Dafür möchte ich den Herren Diplom-Kaufleuten Ulrich Brecht, Dr. Thomas Brittinger, Thomas Hänichen, Dr. Markus Hoch, Gerhard Kloos, Ralf Krieger, Dr. Edmund Link, Michael Schehl, Ulrich Schwarzmaier und Frau Irmgard Stefani ganz herzlich danken. Wertvolle Anregungen verdanke ich auch Herrn Dr. Sanaul Mostafa. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts bin ich den Herren Dr. Edmund Link und Diplom-Kaufmann Michael Schehl besonders verbunden.

Bleibende Verdienste haben sich Frau Diplom-Kauffrau Karin Deimel und Herr Diplom-Kaufmann Andreas Wittemann durch ihre Hilfe bei der Anfertigung der Abbildungen sowie durch die EDV-technische Unterstützung erworben. Ihnen, wie auch allen übrigen, namentlich nicht genannten Helfern, gilt meine tiefempfundene Dankbarkeit.

Endlich, aber nicht zuletzt danke ich Ulrike und meinen Eltern, die mich bei meinem Vorhaben stets ermuntert haben. Durch ihr Verständnis und ihre Unterstützung haben sie wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Mannheim, im September 1992

Gerhard Moroff

Inhaltsverzeichnis

A. Einführung	15
B. Grundlagen der Untersuchung	19
I. Inhalt und Abgrenzung des Werkzeugmaschinenbegriffs.....	19
II. Historische Entwicklung und Bedeutung von Werkzeugmaschinen.....	23
1. Entstehungsgeschichte.....	24
2. Der Beitrag von Werkzeugmaschinen zur Industrialisierung	28
III. Werkzeugmaschinen im industriellen Leistungsprozeß	30
1. Stellung im System der produktiven Faktoren	30
2. Leistungsmerkmale von Werkzeugmaschinen	34
a) Kapazität.....	34
b) Flexibilität	39
3. Auswirkungen der Leistungsmerkmale auf das Kostenverhalten von Werkzeugmaschinen	43
a) Auswirkungen der Kapazität	44
b) Auswirkungen der Flexibilität.....	50
C. Ansätze zur Kennzeichnung und Systematisierung von Werkzeugmaschinen	57
I. Der systemtheoretische Ansatz als Bezugsrahmen der Kennzeichnung von Werkzeugmaschinen	57
1. Zur Begründung des systemtheoretischen Ansatzes	57
2. Grundbegriffe der Systemtheorie.....	62
II. Anwendung des systemtheoretischen Ansatzes zur Kennzeichnung von Werkzeugmaschinen	65
1. Formale Kennzeichnung	65

2. Ein systemtheoretisches Beschreibungsmodell zur materiellen Kennzeichnung von Werkzeugmaschinen	69
a) Der Herstellungsprozess in der Fertigung als Ausgangsbasis des Beschreibungsmodells.....	71
b) Subsysteme des Fertigungssystems Werkzeugmaschine	78
aa) Bearbeitungssystem	78
bb) Steuerungssystem	82
cc) Werkstückflußsystem	88
dd) Werkzeugflußsystem	93
ee) Betriebs- und Abfallstoffflußsystem	98
ff) Prozeßüberwachungssystem	99
gg) Prozeßleitsystem	105
III. Der typologische Ansatz zur Systematisierung von Werkzeugmaschinen	108
1. Ingenieurwissenschaftliche und betriebswirtschaftliche Systematisierungen von Werkzeugmaschinen	109
2. Wesen und Entwicklung des typologischen Ansatzes.....	114
3. Typologische Merkmale von Werkzeugmaschinen	121
4. Bildung und Erläuterung von Werkzeugmaschinentypen.....	127
a) Herleitung der Typen	127
b) Dokumentation der Typen	129
aa) Universalmaschine.....	129
bb) NC-Maschine	130
cc) Flexible Fertigungszelle.....	131
dd) Flexibles Fertigungssystem	132
ee) Flexible Transferstraße	134
ff) Sondermaschine	136
gg) Konventionelle Transferstraße	137
c) Zusammenfassung von Werkzeugmaschinentypen zu Gruppen	138
D. Die Vorbereitung des Werkzeugmaschineneinsatzes durch die Maschinenplanung	141
I. Kennzeichnung der Maschinenplanung.....	141
1. Begriff und Inhalte.....	141
2. Ursachen für die Bedeutung der Maschinenplanung	145
3. Planungsziele.....	150
4. Anforderungen an die Maschinenplanung.....	155
II. Gestaltungsmerkmale der Maschinenplanung	159
1. Aufbau und Durchführung.....	159
2. Planungsträger.....	163

III. Maschinenplanung auf strategischer Ebene.....	166
1. Zur Notwendigkeit der strategischen Ausrichtung der Maschinenplanung.....	166
2. Ausgewählte Instrumente der strategischen Technologieplanung.....	170
a) Modelle der Technologie- und Innovationsentwicklung.....	170
b) Technologieportfolios.....	181
c) Erfahrungskurve.....	188
d) Zur theoretischen Fundierung strategischer Instrumente.....	192
3. Strategische Maschinenplanung auf der Grundlage genereller Wettbewerbs- strategien.....	196
a) Die Rolle von Werkzeugmaschinen im Rahmen der Wettbewerbsstrategie.....	196
b) Grundzüge einer funktionalen Strategie zur Gestaltung der Fertigung.....	205
IV. Maschinenplanung auf operativer Ebene.....	217
1. Bestimmung des geeigneten Werkzeugmaschinenkonzepts.....	217
a) Analyse des Ist-Zustands.....	217
b) Bestimmung der Maschinenkapazität und -anzahl.....	222
c) Ermittlung des geeigneten Maschinentyps.....	227
d) Planung der Maschinenanordnung.....	237
e) Auswahl der Transporteinrichtungen.....	256
2. Betriebswirtschaftliche Verfahren zur Bewertung von Werkzeugmaschinen.....	264
a) Verfahren mit eindimensionaler Zielsetzung.....	265
aa) Statische Verfahren der Investitionsrechnung.....	265
bb) Dynamische Verfahren der Investitionsrechnung.....	278
b) Verfahren mit mehrdimensionaler Zielsetzung.....	289
aa) Nutzwertanalyse.....	289
bb) Kostenwirksamkeitsanalyse.....	294
c) Kombinierte Verfahren.....	297
d) Zur Eignung betriebswirtschaftlicher Bewertungsverfahren für die Maschinenplanung.....	309
3. Problemfelder bei der Anschaffung von Werkzeugmaschinen.....	313
a) Wahl der Anschaffungsform.....	314
b) Durchführung der Anschaffung.....	325
E. Betriebswirtschaftliche Probleme des Werkzeugmaschineneinsatzes.....	330
I. Die Maschinenverwaltung als Instrument zur wirtschaftlichen Gestaltung des Maschineneinsatzes.....	330

II. Maßnahmen zur Gestaltung der Betriebsbereitschaft beim Einsatz von Werkzeugmaschinen	335
1. Maßnahmen zur Herstellung der Betriebsbereitschaft.....	335
a) Inbetriebnahme	335
b) Abnahme.....	338
2. Maßnahmen zur Nutzung der Betriebsbereitschaft.....	342
a) Wirtschaftliche Bedeutung und Einflußgrößen der Maschinennutzung	342
b) Maschinenüberwachung als Mittel zur Nutzungssicherung.....	345
3. Anpassung der Betriebsbereitschaft an Beschäftigungsschwankungen.....	350
a) Intensitätsmäßige Anpassung.....	351
b) Zeitliche Anpassung.....	354
c) Quantitative Anpassung.....	356
III. Gestaltung der Kostenrechnung bei werkzeugmaschinenunterstützter Produktion.....	361
1. Gestaltung der Kostenartenrechnung.....	363
a) Abschreibungen und Kostenstrukturverschiebungen als Kernprobleme der Kostenartenrechnung.....	363
b) Aufgabenschwerpunkte beim Einsatz höher automatisierter Werkzeugmaschinen	371
2. Gestaltung der Kostenstellenrechnung.....	378
a) Kostenstellenbildung und Bezugsgrößenwahl als Kernprobleme der Kostenstellenrechnung.....	378
b) Auswirkungen des Einsatzes höher automatisierter Werkzeugmaschinen auf Kostenstellenbildung und Bezugsgrößenwahl.....	381
3. Gestaltung der Kostenträgerrechnung.....	389
a) Die Wahl des geeigneten Kalkulationsverfahrens bei werkzeugmaschinenunterstützter Produktion	390
b) Die Kostenträgerrechnung als Instrument zur Unterstützung dispositiver Entscheidungen.....	395
IV. Veränderungen des Leistungspotentials von Werkzeugmaschinen	400
1. Unbeabsichtigter Abbau des Leistungspotentials durch Verschleiß und Maschinenausfälle	400
a) Erscheinungsformen des Verschleißes beim Werkzeugmaschineneinsatz.....	400
b) Maschinenausfälle bei verschiedenen Werkzeugmaschinentypen.....	403
c) Kostenwirkungen von Maschinenausfällen	407
2. Erhaltung und Wiederherstellung des Leistungspotentials durch Instandhaltung.....	409
a) Wesensmerkmale und Durchführung der Instandhaltung beim Einsatz von Werkzeugmaschinen.....	410

Inhaltsverzeichnis

13

b) Betriebswirtschaftliche Wirkungen von Instandhaltungsmaßnahmen.....	416
3. Beabsichtigter Abbau des Leistungspotentials durch Maschinenstillegung	419
Literaturverzeichnis.....	423

A. Einführung

Erkenntnisobjekte der Industriebetriebslehre sind der Industriebetrieb als Ganzes und dessen Elemente im einzelnen. Da die Industriebetriebslehre eine Teildisziplin der Betriebswirtschaftslehre ist, sind ihre Fragestellungen primär betriebswirtschaftlicher Natur¹. Dementsprechend sucht sie nach Gesetzmäßigkeiten, welche die zweckmäßige Gestaltung des Aufbaus des Industriebetriebs, des Ablaufs des industriellen Produktionsprozesses sowie der Beziehungen des Industriebetriebs zu seiner Umwelt ermöglichen. Im Mittelpunkt von Entscheidungen, die den sachlichen Aufbau des Industriebetriebs betreffen, steht neben Standortwahl und Programmplanung vor allem die Gestaltung des Produktionsapparats². Dieser umfaßt neben den Gebäuden, den Werkzeugen und den Fördereinrichtungen auch die Maschinen.

Für den Industriebetrieb sind Maschinen von besonderer Bedeutung, weil sie die Grundvoraussetzung für die Mechanisierung³ bilden, die gemeinhin als konstituierendes Merkmal der industriellen Produktion angesehen wird⁴. Dabei substituieren sie die menschliche Arbeit in zweierlei Hinsicht: zum einen durch Bereitstellung motorischer Energie, zum anderen durch Verrichtung nützlicher mechanischer Arbeit. Diese herausragende Stellung läßt erkennen, daß die zweckmäßige Gestaltung von Maschinen die Wirtschaft-

¹ Vgl. Kern, W.: Industriebetriebslehre, in: HWB, hrsg. von E. Grochla/W. Wittmann, 4., völlig neu gestaltete Auflage, Band I/2, Stuttgart 1975, Sp. 1849.

² Vgl. Jacob, H.: Industriebetriebslehre, in: HWProd, hrsg. v. W. Kern, Stuttgart 1979, Sp. 759.

³ Unter Mechanisierung versteht man den Ersatz oder die Ergänzung der menschlichen Arbeit durch mechanische Mittel, deren Haupterscheinungsformen Maschinen sind. Vgl. Beste, Th.: Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, in: HdW, hrsg. von K. Hax/Th. Wesels, Band I, 2., überarbeitete Auflage, Köln und Opladen 1966, S. 162.

⁴ Vgl. Funke, H./Blohm, H.: Allgemeine Grundzüge des Industriebetriebs, 2. Auflage, Essen 1969, S. 11; Hammer, E.: Industriebetriebslehre, München 1973, S. 30; Jacob, Sp. 757; Reisch, K.: Industriebetriebslehre, Wiesbaden 1979, S. 23; Mellerowicz, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Band I, 7., neubearbeitete Auflage, Freiburg im Breisgau 1981, S. 32; Hansmann, K.-W.: Industriebetriebslehre, München, Wien 1984, S. 10.

lichkeit des industriellen Leistungsprozesses entscheidend beeinflusst. Daher erscheint es legitim, sich im Rahmen der Industriebetriebslehre mit solchen Fragestellungen auseinanderzusetzen.

In älteren Monographien zur Industriebetriebslehre finden sich noch recht ausführliche Betrachtungen über Maschinen im Rahmen der industriellen Energie- und Fertigungswirtschaft⁵. Entsprechende Ansätze wurden jedoch nicht weiter verfolgt, so daß die vorhandenen Erkenntnisse nicht mehr dem aktuellen Stand entsprechen. Dieser Umstand läßt sich zum Teil auch durch eine Verschiebung der Forschungsschwerpunkte in der Industriebetriebslehre erklären, die dazu geführt hat, daß die Auseinandersetzung mit dem sachlichen Aufbau des Industriebetriebs zugunsten der Behandlung ablauforganisatorischer Probleme, die zum Teil nicht einmal mehr industriebetrieblichen Charakter haben, in den Hintergrund getreten ist⁶. Neuere Abhandlungen, die sich intensiver mit den Aufbauelementen des Industriebetriebs, insbesondere den Maschinen, befassen, fehlen dagegen weitgehend⁷. Finden Maschinen nähere Berücksichtigung, geschieht dies zumeist aus technischer Sicht oder - soweit es sich um betriebswirtschaftliche Veröffentlichungen handelt - im Rahmen der Erörterung ablauforganisatorischer Probleme. Eine geschlossene betriebswirtschaftliche Untersuchung zu diesem Gegenstand liegt dagegen nicht vor.

Die vorliegende Arbeit soll zur Schließung dieser Lücke beitragen und damit auch den vermehrt laut werdenden Forderungen nach einer stärkeren Berücksichtigung neuerer technischer Entwicklungen in der Betriebswirtschaftslehre⁸ gerecht werden. Da der Maschinenbegriff ein weites Spektrum unterschiedlichster Gegenstände einschließt und zudem nicht alle Arten von Maschinen für die industrielle Produktion in gleicher Weise bedeutsam sind,

⁵ Beispielsweise bei *Emminghaus*, A.: Allgemeine Gewerkslehre, Berlin 1868, S. 233 ff.; *Leitner*, F.: Wirtschaftslehre des Industriebetriebs, Frankfurt am Main 1944, S. 49 ff.; *Kalveram*, W.: Industriebetriebslehre, Wiesbaden 1950, S. 45 ff.; *Beste*, Fertigungswirtschaft, S. 162 ff.

⁶ Vgl. *Kern*, Industriebetriebslehre, Sp. 1854. Diese Tendenz wird durch eine Hinwendung zum funktionalen Aspekt in der Industriebetriebslehre verstärkt. Vgl. hierzu *Strebel*, H.: Industriebetriebslehre, Stuttgart u.a. 1984, S. 15.

⁷ Als Ausnahmen können zwei jüngere Untersuchungen zu Industriebauten sowie zur industriellen Werkzeugwirtschaft genannt werden. Vgl. *Brittinger*, Th.: Betriebswirtschaftliche Aspekte des Industriebaues, Diss., Berlin 1992; *Mostafa*, S.: Die industrielle Werkzeugwirtschaft, Diss., Witzenhausen 1990.

⁸ Vgl. hierzu *Mertens*, P.: Technik für Betriebswirte, in: WiSt, 18. Jg. 1989, S. 1.

beschränkt sich die vorliegende Untersuchung auf Werkzeugmaschinen als die dort dominierende Erscheinungsform. Eine weitere Eingrenzung des Untersuchungsbereichs ergibt sich aus der Tatsache, daß die Erörterung sämtlicher im Zusammenhang mit der Planung und dem Einsatz von Werkzeugmaschinen im industriellen Produktionsprozeß auftretenden ökonomischen Probleme im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist. Daher werden personalwirtschaftliche und ablauforganisatorische Fragen wie Lohngestaltung bzw. Maschinenbelegungsplanung von vorneherein aus der Untersuchung ausgeklammert.

Das Untersuchungsziel besteht in der Gewinnung betriebswirtschaftlich-theoretischer Erkenntnisse, aus denen sich konkrete Handlungsempfehlungen für die zweckmäßige Gestaltung von Werkzeugmaschinen ableiten lassen. Dabei soll auch die Gültigkeit älterer Gestaltungsaussagen im Schrifttum überprüft werden. Zur Erreichung dieses Ziels muß die Untersuchung sämtliche Phasen des Einsatzes von Werkzeugmaschinen im industriellen Leistungsprozeß von der Planung bis zur Stilllegung einschließen. Diese Anforderung spiegelt sich im Aufbau der Arbeit wider.

Für die gedankliche Auseinandersetzung mit dem Untersuchungsgegenstand sind bestimmte terminologische und methodische Grundlagen unverzichtbar. Aus diesem Grund wird zu Beginn des Hauptteils B eine begriffliche Kennzeichnung von Werkzeugmaschinen vorgenommen. Daran schließt sich ein Abriß über ihre historische Entwicklung und Bedeutung für die Industrialisierung an. Den Abschluß dieses Grundlagenteils bildet die Erläuterung der Leistungsmerkmale von Werkzeugmaschinen. Auf diesen Ausführungen baut die weitere Untersuchung auf.

Im darauffolgenden Hauptteil C erfolgt mit Hilfe eines systemtheoretischen Beschreibungsmodells eine formale und materielle Kennzeichnung von Werkzeugmaschinen. Hierdurch können sowohl einzelne Maschinenelemente als auch deren Zusammenwirken in allgemeingültiger Form beschrieben werden. Um dem Umstand gerecht zu werden, daß in der Realität vielfältige Erscheinungsformen von Werkzeugmaschinen existieren, für die kaum allgemeingültige Aussagen formuliert werden können, wird mit der Typisierung von Werkzeugmaschinen ein zweiter Schwerpunkt in diesem Hauptteil gelegt. Eine solche typisierende Unterteilung erscheint zweckmäßig, weil sich einzelne Werkzeugmaschinenarten hinsichtlich ihrer Anwendungseigenschaften stark voneinander unterscheiden und auf diese Weise die notwendige Differenzierung erreicht wird.