

Sonderdruck aus:

Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Erhard Ulrich

Stufung und Messung der Mechanisierung und
Automatisierung

Mai 1968 Heft 2 / Juli 1968 Heft 3

Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (MittAB)

Die MittAB verstehen sich als Forum der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Es werden Arbeiten aus all den Wissenschaftsdisziplinen veröffentlicht, die sich mit den Themen Arbeit, Arbeitsmarkt, Beruf und Qualifikation befassen. Die Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift sollen methodisch, theoretisch und insbesondere auch empirisch zum Erkenntnisgewinn sowie zur Beratung von Öffentlichkeit und Politik beitragen. Etwa einmal jährlich erscheint ein „Schwerpunktheft“, bei dem Herausgeber und Redaktion zu einem ausgewählten Themenbereich gezielt Beiträge akquirieren.

Hinweise für Autorinnen und Autoren

Das Manuskript ist in dreifacher Ausfertigung an die federführende Herausgeberin Frau Prof. Jutta Allmendinger, Ph. D. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 90478 Nürnberg, Regensburger Straße 104 zu senden.

Die Manuskripte können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden, sie werden durch mindestens zwei Referees begutachtet und dürfen nicht bereits an anderer Stelle veröffentlicht oder zur Veröffentlichung vorgesehen sein.

Autorenhinweise und Angaben zur formalen Gestaltung der Manuskripte können im Internet abgerufen werden unter http://doku.iab.de/mittab/hinweise_mittab.pdf. Im IAB kann ein entsprechendes Merkblatt angefordert werden (Tel.: 09 11/1 79 30 23, Fax: 09 11/1 79 59 99; E-Mail: ursula.wagner@iab.de).

Herausgeber

Jutta Allmendinger, Ph. D., Direktorin des IAB, Professorin für Soziologie, München (federführende Herausgeberin)
Dr. Friedrich Buttler, Professor, International Labour Office, Regionaldirektor für Europa und Zentralasien, Genf, ehem. Direktor des IAB
Dr. Wolfgang Franz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Mannheim
Dr. Knut Gerlach, Professor für Politische Wirtschaftslehre und Arbeitsökonomie, Hannover
Florian Gerster, Vorstandsvorsitzender der Bundesanstalt für Arbeit
Dr. Christof Helberger, Professor für Volkswirtschaftslehre, TU Berlin
Dr. Reinhard Hujer, Professor für Statistik und Ökonometrie (Empirische Wirtschaftsforschung), Frankfurt/M.
Dr. Gerhard Kleinhenz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Passau
Bernhard Jagoda, Präsident a.D. der Bundesanstalt für Arbeit
Dr. Dieter Sadowski, Professor für Betriebswirtschaftslehre, Trier

Begründer und frühere Mitherausgeber

Prof. Dr. Dieter Mertens, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karl Martin Bolte, Dr. Hans Büttner, Prof. Dr. Dr. Theodor Ellinger, Heinrich Franke, Prof. Dr. Harald Gerfin, Prof. Dr. Hans Kettner, Prof. Dr. Karl-August Schäffer, Dr. h.c. Josef Stingl

Redaktion

Ulrike Kress, Gerd Peters, Ursula Wagner, in: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (IAB), 90478 Nürnberg, Regensburger Str. 104, Telefon (09 11) 1 79 30 19, E-Mail: ulrike.kress@iab.de; (09 11) 1 79 30 16, E-Mail: gerd.peters@iab.de; (09 11) 1 79 30 23, E-Mail: ursula.wagner@iab.de; Telefax (09 11) 1 79 59 99.

Rechte

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Herstellung

Satz und Druck: Tümmels Buchdruckerei und Verlag GmbH, Gundelfinger Straße 20, 90451 Nürnberg

Verlag

W. Kohlhammer GmbH, Postanschrift: 70549 Stuttgart; Lieferanschrift: Heßbrühlstraße 69, 70565 Stuttgart; Telefon 07 11/78 63-0; Telefax 07 11/78 63-84 30; E-Mail: waltraud.metzger@kohlhammer.de, Postscheckkonto Stuttgart 163 30. Girokonto Städtische Girokasse Stuttgart 2 022 309. ISSN 0340-3254

Bezugsbedingungen

Die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ erscheinen viermal jährlich. Bezugspreis: Jahresabonnement 52,- € inklusive Versandkosten: Einzelheft 14,- € zuzüglich Versandkosten. Für Studenten, Wehr- und Ersatzdienstleistende wird der Preis um 20 % ermäßigt. Bestellungen durch den Buchhandel oder direkt beim Verlag. Abbestellungen sind nur bis 3 Monate vor Jahresende möglich.

Zitierweise:

MittAB = „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ (ab 1970)
Mitt(IAB) = „Mitteilungen“ (1968 und 1969)
In den Jahren 1968 und 1969 erschienen die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ unter dem Titel „Mitteilungen“, herausgegeben vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit.

Internet: <http://www.iab.de>

Stufung und Messung der Mechanisierung und Automatisierung

Teil I: Stufung des Technisierungsprozesses

Erhard Ulrich

Gliederung Teil I

Zusammenfassung

- 1 Zweck der Untersuchung
- 2 Stufungen und Rangordnungen der Mechanisierung und Automatisierung
 - 2.1 Die Begriffe Mechanisierung und Automatisierung
 - 2.2 Definition sonstiger Begriffe
 - 2.3 Verschiedene Stufungsschemata
 - 2.3.0 Vorbemerkungen
 - 2.3.1 Stufung der Mechanisierung nach Bright
 - 2.3.2 Stufung nach Krick
 - 2.3.3 Stufung der Automatisierung nach Crossman
 - 2.3.4 Stufung nach Kvasha
 - 2.3.5 Fünf Stufen der Automatisierung nach Hornauer
 - 2.3.6 Fünf Grundstufen der Mechanisierung der Produktion nach Spasskaya und Umnyagin
 - 2.3.7 Stufung nach Begidshanow
 - 2.3.8 Klassifizierung der technischen Entwicklung nach Auerhan
 - 2.3.9 Maßstab der Automation nach G. H. und P. S. Amber
 - 2.4 Stufungen in bestimmten Technologien
 - 2.4.1 Leiter der automatischen Steuerung nach Vorschlägen der Diebold-Gruppe
 - 2.4.2 Zwölfstufige Entwicklungsskala automatisierter Werkzeugmaschinen nach Simon
 - 2.4.3 Automatisierungsstufen beim Nachformdrehen nach Matthée
 - 2.5 Sonstige Stufungsversuche
 - 2.5.1 Automationsgrade nach E. Schmidt
 - 2.5.2 Stufung nach Nords/eck
 - 2.6 Versuch eines Vergleichs der verschiedenen Stufungen

Die Untersuchung befaßt sich mit der Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung, und zwar nicht durch bloße Beschreibung, sondern durch Skalierung, Abstufung und Messung. Die Ergebnisse sollen Möglichkeiten aufzeigen, die technische Entwicklung zu beschreiben und in gewissem Rahmen zu prognostizieren. Zunächst ist es notwendig, Entwicklungsrichtungen in der Technik abzustufen und zu beschreiben. Deswegen werden im ersten Teil Skalierungs- und Stufungsversuche verschiedenster Autoren aufgeführt. Eine Graduierung sonst schwer zu überblickender Entwicklungen erleichtert die konkrete Erfassung von Technologien, Fertigungen und Wirtschaftseinheiten in ihrem technologischen Niveau.

Den verschiedenen Stufen der technischen Entwicklung, ausgedrückt durch die Schlagworte

„Mechanisierung“ und „Automatisierung“, können die zu untersuchenden Objekte, seien es Maschinen, Betriebe, Technologien oder Wirtschaftszweige, zugeordnet werden. Aufgrund der Zuordnung lassen sich Verteilungsfunktionen über die Stufung feststellen. Möglichkeiten der quantitativen Erfassung und der Messung des Technisierungsprozesses bringt ein zweiter Teil. Die Aussagen und Ergebnisse betreffen die Lage und den Verlauf der Verteilungsfunktion und deren Verlagerung im Zeitablauf.

Innerhalb einzelner Stufen oder über mehrere Stufen hinweg ist es möglich, Kennzahlen oder Kenngrößen zu finden, die im direkten Zusammenhang mit der technischen Entwicklung, sprich „Mechanisierung“ und „Automatisierung“, stehen.

Es ist also nicht nur eine binäre Aussage zu treffen, etwa: Eine Stufe der Mechanisierung ist bei dem zu untersuchenden Objekt erreicht oder nicht, sondern es ist ein stetiger oder feinstufiger Verlauf aufstellbar. Der Zusammenhang zwischen Kenngröße und Automatisierungsgrad ist dann mathematisch faßbar. Leider stehen bisher noch wenig Zahlenangaben und statistische Unterlagen für breite empirische Untersuchungen zur Verfügung. Einzelne Versuche zur zahlenmäßigen Erfassung des technischen Standes werden angegeben. Die Analyse des technischen Fortschritts über Produktivitätsanalysen wird nicht näher behandelt. In dieser Untersuchung soll nicht primär vom wirtschaftlichen, sondern vom technologischen Standpunkt aus versucht werden, den „technischen Fortschritt“ zu analysieren. In einem weiteren Teil werden Beziehungen zwischen der technologischen Entwicklung, ausgedrückt durch Mechanisierungs- und Automatisierungsgradskalen, und Bestimmungsgrößen des Einsatzes menschlicher Arbeitskraft in qualitativer und quantitativer Sicht dargestellt. Kurz zusammengefaßt, ist an folgendes Vorgehen gedacht: Definition einer Skalierung, Einordnung der Untersuchungsobjekte in diese Skalierung und Messung mittels dieser Skalierung, Aufsuchen von Kenngrößen, die als Eichgrößen dienen, Analyse von Beziehungen zwischen solchen Kenn- bzw. Meßgrößen und Arbeitsmarktkennzahlen, Aufbau eines Analyse- und Prognosesystems über Auswirkungen technischer Entwicklungen auf Arbeitsmarktgrößen.

1 Zweck der Untersuchung

Zahlreiche Versuche, den Stand der Technik und der Industrialisierung zu beschreiben, liegen vor. Eine Teilaufgabe dabei ist die Feststellung des Mechanisierungs- und Automatisierungsgrades einer Fertigungsanlage, eines Betriebes, einer Industrie, eines Industriezweiges oder einer Volkswirtschaft. Der Zweck dieser Untersuchung besteht darin, die bisher bekanntgewordenen Versuche zur Feststellung der Mechanisierung und Automatisierung zu erfassen, sie zu analysieren, ihre Gemeinsamkeiten zu klären und in Form einer systematischen Übersicht über die Möglichkeiten der Erfassung des Grades der Mechanisierung und Automatisierung eine Grundlage für weiterführende Untersuchungen zu schaffen. Die Wörter „Mechanisierungsgrad“ und „Automatisierungsgrad“ sind nur dann sinnvoll anwendbar, wenn graduelle Unterschiede in der Mechanisierung und der Automatisierung feststellbar sind. Graduelle Unterschiede sind aber nur eindeutig zu definieren, wenn ein Bewertungsschema angewendet wird, das auf Erfassung charakteristischer und/oder numerisch darstellbarer Größen beruht. Die Untersuchung läuft also darauf hinaus, Kenngrößen für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad zu finden, die zahlenmäßig als dimensionsbehaftete oder dimensionslose Größen ausgedrückt werden können. Mit Hilfe dieser Zahlenangaben ist es möglich, den Istzustand eines Systems festzustellen.

Da der Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad auf die Beschäftigtenstruktur Einfluß hat, sind diese Zahlen für eine quantitativ vorgehende Arbeitsmarkt- und Berufsforschung von Bedeutung.

2 Stufungen und Rangordnungen der Mechanisierung und Automatisierung

Eine Möglichkeit, den Stand der Technik und den Fortschritt der Technik zu beschreiben, besteht darin, eine Skalierung oder Rangordnung der Möglichkeiten aufzustellen, wie sich Arbeitsprozesse durchführen lassen. Die Versuche, Mechanisierungsstufen aufzustellen, sind vielfältig und mehr oder weniger weit ausgeführt. Die niedrigste Stufe ist immer die rein menschliche Arbeit (körperlich oder geistig). Die höheren Stufen ergeben sich durch Zuhilfenahme und Aggregation von Werkzeugen, Vorrichtungen, Maschinen, Apparaten, Anlagen usw. Jedem Skalierungsversuch liegt ein Bewertungsschema zugrunde, das in den Einzelheiten der Anordnung und der Reihenfolge der Stufen subjektivem Empfinden oder allgemeinen Ansichten und Wertvorstellungen entspricht.

In weiteren Stufen werden die Grundfunktionen Führung, Handhabung, Steuerung, Regelung, Kontrolle, Bedienung, Überwachung, Messung betrachtet und je nach Verteilung der Aufgabe

auf Mensch oder Werkzeug, Vorrichtung, Maschine, Anlage gegliedert und gestuft.

2.1 Die Begriffe „Mechanisierung“ und „Automatisierung“

Unter „Mechanisierung“ wird hier verstanden: Der Einsatz von Arbeitsmitteln, wie Werkzeugen, Vorrichtungen, Maschinen und maschinellen Einrichtungen. Der Einsatz dieser Arbeitsmittel wird im allgemeinen körperliche oder auch geistige Arbeit des Menschen ersetzen und den Wirkungsgrad der menschlichen Arbeitskraft erhöhen. Man wird meist Mechanisierung und Maschinisierung gleichsetzen, obwohl der Begriff Mechanisierung den Einsatz nicht nur von Maschinen, sondern auch von Werkzeugen, Vorrichtungen und ähnlichem umfaßt.

Unter „Automatisierung“ werden allgemein Maßnahmen verstanden, die über eine Mechanisierung hinausgehen. Charakteristisch für die Automatisierung sind folgende Eigenarten:

- a) Ein ständiger Fertigungsfluß (Material- oder auch Signalfuß).
- b) Der Einsatz von mechanischen, elektromechanischen, elektronischen, pneumatischen, hydraulischen und optischen Hilfen zum Bewegen, Stellen, Messen, Prüfen, Registrieren und Rechnen.
- c) Das Prinzip der Rückkopplung bzw. des Regelkreises. Die Wirkungen der Werte oder die Werte selbst, die durch die Hilfen unter Punkt b erreicht wurden, werden benutzt, um die Sollwerte zu erzielen.

Vor allem aus den Punkten b und c folgt, daß der Mensch im Idealfall durch die Automatisierung von monotoner Arbeit entlastet wird. Daraus ergibt sich eine weitere Definition für die Automatisierung, wie sie in der Literatur vorgefunden wird: „Automatisierung ist eine Einrichtung des Ablaufs von Vorgängen verschiedenster Art in solcher Weise, daß der Mensch von der Ausführung ständig wiederkehrender gleicher, manueller oder geistiger Verrichtungen und von zeitlicher Bindung an den Rhythmus technischer Anlagen befreit ist“ (1)¹⁾.

Diese letztgenannte Definition gibt oft Anlaß zu Mißverständnissen. Es sei betont, daß sie nur die Symptome und Auswirkungen der Automation und nicht die Begründung der Einführung von automatisierten Anlagen beschreibt. Entlastung des Menschen von der Monotonie der Arbeit wird nur dann ausschlaggebender Faktor bei der Rechtfertigung der Automatisierung sein, wenn dadurch die Wirtschaftlichkeit in Frage stünde, z. B. durch erhöhten Ausschuß u. ä. Erst die Wirtschaftlichkeit rechtfertigt im allgemeinen die Automatisierung.

¹⁾ Die Zahlen in Klammern bezeichnen die Literaturstellen am Schluß dieses Teiles.

2.2 Definition sonstiger Begriffe

In der DIN-Norm 19226 sind die Begriffe Regelung und Steuerung definiert¹⁾. Danach ist das „Steuern der Vorgang in einem abgegrenzten System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen, andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem abgegrenzten System eigentümlichen Gesetzmäßigkeit beeinflussen.“

Als wesentliches Merkmal wird herausgestellt: „Kennzeichen für den Vorgang des Steuerns in seiner elementaren Form ist der offene Wirkungsablauf im einzelnen Übertragungsglied oder in der Steuerkette.“ Zum Begriff des Regens wird angeführt: „Das *Regeln* ist ein Vorgang, bei dem eine physikalische Größe — die zu regelnde Größe (Regelgröße) — fortlaufend erfaßt und durch Vergleich mit einer anderen Größe im Sinne einer Angleichung an diese beeinflusst wird.“ Bei der Regelung sind also zwei miteinander verknüpfte Vorgänge zu verwirklichen: Vergleichen und Stellen. Der hierzu notwendige Wirkungsablauf vollzieht sich in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis. Regelung und Steuerung unterscheiden sich also grundsätzlich durch ihren Wirkungsablauf. Bei der Regelung erfolgt der Eingriff aufgrund von Messungen und Überwachungen der beeinflussbaren Größen, während bei der Steuerung bei offenem Wirkungsablauf der Eingriff unbeeinflusst von Meßgrößen erfolgt²⁾.

2.3 Verschiedene Stufungsschemata

2.3.0 Vorbemerkungen

Aufteilungen in Mechanisierung, Teilautomatisierung, Vollautomatisierung und gleichartige Versuche sind allzu pauschal und nutzen kaum für konkrete Angaben und deutliche Aussagen. Es wird häufig auf Automatisierungstagungen vorgeschlagen, z. B. den Begriff Vollautomatisierung ganz fallen zu lassen. Vollautomatisierung wird höchstens asymptotisch erreichbar sein. Grundsätzlich sind bei den Benennungen der Stufen präzisere Begriffe erforderlich als die genannten.

¹⁾ Die Norm DIN 19226 erscheint demnächst als Neufassung. Der Arbeit lag der Entwurf vom Mai 1962 und das DIN-Begrifflexikon, Berlin 1961, zugrunde.

²⁾ Wenn sich Festlegungen dieser Art auch im nichttechnischen Bereich durchsetzen würden, wäre Mißverständnissen vorgebeugt. Zumal bei Diskussionen über „Automation“ spricht man z. B. viel von „automatischer Kontrolle“ und meint selbsttätige (automatische) Steuerung, oder von „numerischer Kontrolle“ und meint numerische Steuerung. Das Mißverständnis beruht auf der naheliegenden, aber irreführenden Übersetzung des englischen Wortes „control“ mit „Kontrolle“, während „Kontrolle“, „Prüfung“ dem englischen Wort „check“ entspricht. Es dürfte klar sein, daß z. B. Maschinen mit selbsttätiger Steuerung und solche mit selbsttätiger Prüfung unterschiedlichen Entwicklungsstufen angehören.

2.3.1 Stufung der Mechanisierung nach Bright

Bright (2, 3) führt 17 Stufen der Mechanisierung auf. Die Klassifizierung ist nach dem technisch qualitativen Stand aufgebaut und in den Einzelschritten, die zu einem höheren Niveau führen, einleuchtend. Die Stufung wird gegenwärtig häufig in der Literatur über „Automation“ und auf Tagungen zitiert. Sie entstand bereits etwa 1954. Zur Veranschaulichung der Stufen werden, statt langwieriger Erläuterungen jeder Stufe, Beispiele nach *Bright* angeführt.

Bright stellt folgende Skala auf:

1. Handarbeit
Menschliche Arbeit mit den Händen oder mit anderen Körperteilen, z. B. auch der Lungen (Glasblasen, Packvorgänge von Hand, Prüfung fertiggestellter Zigaretten vor dem Einpacken und Entfernung von Ausschuß und viele Sortiervorgänge).
2. Einsatz von Handwerkzeugen
Anziehen von Schrauben und Muttern mit dem Schraubenschlüssel. Einziehen von Drähten mit Zangen und ähnlichen Hilfsmitteln. Feilen, Malen und Anstreichen.
3. Einsatz von maschinellen Werkzeugen
Arbeiten mit der Handbohrmaschine, mit tragbaren Schweißgeräten.
4. Maschinen mit manueller Führung und Steuerung
Tischbohrmaschine. Einfache Formen der Werkzeugmaschinen, wie Fräsmaschine, Drehbank, Schleifbock; weiterhin Gabelstapler, Elektroaufzug (also stationäre und bewegliche Maschinen).
5. Maschinen mit festem Arbeitsablauf (Einzweckmaschinen)
Stetigförderer in der Produktion, einige nockengesteuerte Werkzeugmaschinen.
6. Programmgesteuerte Maschinen, Folgesteuerung
Revolverdrehbank, mechanisch gesteuerte Werkzeugmaschinen. Transfermaschine, „automatische“ Waschmaschine (Haushalt), Geschirrspülautomat.
7. Maschinen mit Fernsteuerung
Alle Fernsteuerungen, bei denen die Bedienungsvorrichtung in beträchtlichem Abstand von der Arbeitsstelle selbst liegt. Das Bedienen einer Anzahl Maschinen von einem zentralen Ort aus.
8. Selbsttätig arbeitende Fertigung nach manueller Einführung des Werkstücks bzw. Einsatzmaterials

- Verkettete Werkzeugmaschinen. Maschinen, die mit der Werkzeugzufuhr automatisch zu arbeiten beginnen.
9. Selbsttätige Messung charakteristischer Merkmale des Erzeugnisses vor, während oder nach der Fertigung Waagen; das Messen von Druck, Temperatur oder sonstigen Kennwerten des Produkts bei chemischen Prozessen.
 10. Anzeige der Meßwerte
Optische, akustische Anzeige der gemessenen Werte, Signale bei über- oder Unterschreitung von Sollwerten, Signalisierung der Abweichungen von der Norm bei Transfermaschinen, z. B. Zylinderblockfertigung.
 11. Aufzeichnung und Registrierung der Arbeitsleistung
Registrierung der Arbeitsausführung durch Schreiber, Zählwerke, Registrierung von Einzelwerten während der Produktionszeit oder einer sonstigen charakteristischen Zeitspanne. Datenspeicherung und Schreiber in Steuerzentren der Ö raffinerien, von chemischen Werken und Kraftwerken.
 12. Selbsttätige Änderung von Geschwindigkeit, Lage oder Richtung der Werkstücke entsprechend den Meßergebnissen (rückwirkende Fehlerkorrektur)
Die Regelung im definierten Sinne ist bereits bei anderen Stufen gegeben. Ein Rollbandfördersystem in einer Brauerei z. B., das die Anzahl der Kästen zählt und, nachdem 50 Stück passiert sind, umschaltet und die nächsten 50 Kästen an einen anderen Platz bringt. Oder Einfüllvorgänge in Behälter bis zu einem bestimmten Gewicht und automatisches Umschalten auf weitere Behälter, wenn das Gewicht erreicht ist.
 13. Selbsttätige Abzweigung oder Abweisung der Werkstücke aufgrund der Meßergebnisse
Einfache Prüfung von Massenteilen, wobei Ausschussteile ausgesondert werden. Aussondern von nicht vollständig gefüllten Flaschen in einer Flaschenfüllanlage.
 14. Identifizierung des Vorprodukts und Wahl des entsprechenden Arbeitsganges
Eine Werkzeugmaschine, die zwei Arten Gußstücke annimmt, selbsttätig zwischen ihnen unterscheidet und die Werkstücke entweder dem einen oder dem anderen Bearbeitungsgang zuführt. Oder chemische Prozesse, bei denen das eintreffende Material dauernd gemessen wird und entsprechende charakteristische Werte oder Prozeßdaten entsprechend geändert werden.
 15. Selbsttätige Korrektur nach Ablauf des Arbeitsprozesses (Korrektur nach einer gewissen Zeitspanne, so daß zwischenzeitlich nur etwas Minderleistung erzeugt wird)
Maschinen, die ihre Arbeitsausführung prüfen und sich nach dem Ergebnis der Prüfung justieren. Z. B. Schleifmaschinen, die das Werkstück messen und nach dem Meßwert ihre Einstellung korrigieren, so daß das nächste Werkstück genauer bearbeitet werden kann.
 16. Korrektur der Arbeitsleistung während des Produktionsprozesses
Bright findet keine Maschine, die dieser Definition der Korrektur der Arbeitsausführung während der Bearbeitung entspricht. Am nächsten kommen dieser Stufe elektrische Einrichtungen zur Konstanzhaltung von Geschwindigkeit, Drehmoment, Spannung oder Strom innerhalb enger Grenzen. Auch chemische Prozesse mit präziser Temperaturregelung und Druckkonstanzhaltung fallen in diese Stufe.
 17. Selbsttätige Festlegung und Bestimmung der Arbeitsprozesse und entsprechende Einregelung
Raketen mit automatischer Flugkorrektur. Entwicklungen bei Ö raffinerien stoßen ebenfalls in diese Stufe vor. Das ist der Fall, wenn Meßinstrumente die Art der Änderung einer Variablen feststellen, den weiteren Verlauf der Änderung und die entsprechenden notwendigen Folgen in diesem Prozeß voraussehen und dann die verschiedenen Einstellungen selbsttätig geändert werden.
- Bei den Stufen 1 und 2 dient der Mensch als Energiequelle. Alle weiteren Stufen haben apparative Energiequellen. Bei den Stufen 1 bis 4 steuert der Mensch. Die Stufen 5 bis 8 haben einfache maschinelle Steuerung. Mit der Stufe 9 beginnt die Steuerung der Arbeitsausführung, wobei die Steuerung bei den Stufen 9 bis 11 auf Signale reagiert, während sie nach *Bright* in den Stufen 12 bis 17 auf die Arbeitsausführung anspricht.

2.3.2 Stufung nach Krick

In dem Handbuch von *Krick* (4), das sich mit „Methods Engineering“ befaßt¹⁾, wird folgende Stufung angeführt:

1. Handarbeit, keine Werkzeuge.
2. Handwerkzeuge, z. B. Zangen.
3. Angetriebenes Handwerkzeug, z. B. Elektroschrauber.

¹⁾ „Methods Engineering“ entspricht etwa dem technischen Teil der Arbeitswissenschaft und dem Arbeitsgebiet des REFA-Verbandes.

4. Geführtes angetriebenes Gerät, z. B. Bohrmaschine.
5. Geführtes angetriebenes Gerät mit mechanischer Ablaufsteuerung, z. B. Fräsmaschine mit mechanischer Beschickung.
6. Geführtes angetriebenes Gerät, maschinelle Ablaufsteuerung, mechanisches Zuführen und Abgeben, z. B. Flaschenfüllmaschine.
7. Geführtes angetriebenes Gerät mit maschineller Ablaufsteuerung, mechanischer Zufuhr und Abgabe, selbstprüfend und sich korrigierend.

2.3.3 Stufung der Automatisierung nach Crossman

Crossman (5) berücksichtigt in seiner Stufung stärker die Tätigkeit, die durch den Menschen auszuführen ist bzw. auszuführen bleibt.

1. Handarbeit mit erzwungener Arbeitsfolge
Die Maschine, obwohl sie stark „automatisiert“ ist, erfordert trotzdem eine Beschickung und ein Herausnehmen von Werkstücken durch eine Bedienungsperson, die selbst in festgelegter Folge arbeitet.
2. Bedienen von Verladevorrichtungen
Die Maschine ist eine Vorrichtung für halbautomatischen Umschlag. Die Bedienungsperson soll den Ablauf mit Hilfe von Steuergeräten und Instrumenten, die in einem bestimmten Abstand vom eigentlichen Ort der Fertigung sind, beobachten, leiten und korrigieren (z. B. Kranführer, Walzwerkführer, Beschicker eines Spiegelglasglühofens).
3. Aufsicht mit optischer Überwachung bei festgelegter Folge
Die Maschine läßt die Produkte in bestimmter Folge vor dem Kontrolleur passieren, der gehalten ist, schlechte Erzeugnisse zu entfernen und bestimmte Messungen durchzuführen.
4. Bedienen eines zyklisch arbeitenden Halbautomaten
Die Maschine arbeitet selbsttätig, aber eine Bedienungsperson ist notwendig, die den Arbeitszyklus wieder neu startet.
5. Bedienen von programmgesteuerten Automaten
Die Maschine wird selbsttätig beschickt, selbsttätig entladen, der Arbeitsablauf ist automatisch. Die Bedienungsperson überwacht die Maschine, um zu verhindern, daß die Maschine stehenbleibt. (Z. B. Seifenherstellung, Herstellung von Feingebäck usw.)
6. Überwachung von verketteten programmgesteuerten Automaten
Die Maschine arbeitet automatisch, die Bedienungsperson entnimmt Muster, die sie kon-

trolliert und nimmt geringe Korrekturen vor, um Abweichungen vom Sollwert auszugleichen.

7. Führen von Fabrikationsvorgängen in großen Chargen oder kontinuierlich
Die Maschine arbeitet selbsttätig, aber ihre Steuerung ist nicht vollständig automatisiert. Die Bedienungsperson folgt dem Arbeitsfortschritt, beobachtet und nimmt gewisse Korrekturen von Hand vor. Sie schaltet den Vorgang ein und aus. Sie sieht technische Störungen voraus oder trifft Abhilfe, indem sie sich der Hilfe anderer Personen oder Abteilungen bedient (z. B. Anlagenführer in der Chemieindustrie oder der Mineralölherstellung).
8. Führen einer Anzahl kontinuierlich arbeitender Maschinen
Mehrere ähnliche Maschinen sind zusammengestellt und arbeiten automatisch. Sie lassen jedoch nur eine begrenzte Anzahl von Befehlen in geschlossener Schleife zu. Die Bedienungsperson folgt dem Fortschritt des Prozesses und führt kleine Korrekturen durch. Sie schaltet die Vorgänge ein und aus und nimmt gegebenenfalls die Hilfe anderer Personen oder Abteilungen in Anspruch (z. B. automatische Webstühle, bestimmte automatische Werkzeugmaschinen).
9. Bedienen eines Prozesses, der durch eine automatische Befehlsgabe (Steuerung) bewirkt ist
Die Maschine arbeitet und prüft ihr Funktionieren mit Hilfe eines sehr entwickelten Steuersystems, das in geschlossenen Schleifen arbeitet. Die Bedienungsperson versichert sich, daß die Maschine innerhalb der Grenzen der Steuervorrichtungen arbeitet. Gegebenenfalls hat sie die Vorgänge des Anlaufs und des Anhaltens mit gewissen Hilfsmitteln zu bewerkstelligen. Sie beugt technischen Störungen vor oder beseitigt sie und bedient sich der Hilfe anderer Personen oder Abteilungen (z. B. moderne Erdölraffinerien, Herstellung chemischer Erzeugnisse, automatisch arbeitende Kessel und Öfen).
10. Bedienen komplexer Systeme mit Fernsteuerung
Es handelt sich um eine automatische Anlage, deren Elemente getrennt voneinander sind, die jedoch an einem zentralen Punkt funktionsmäßig koordiniert werden müssen. Der Bedienungsmann dieser Einrichtung empfängt Informationen symbolischer Form auf einer Schalttafel, trifft Entscheidungen und gibt Befehle, um die verschiedenen Elemente in ihrem Ablauf entsprechend festgelegter Regeln abzustimmen. Er kann sich techni-

sehen Störungen gegenübergestellt sehen (z. B. Eisenbahnsignaldienst, elektrische Energieverteilung).

11. Bedienen komplexer Mehrzweckmaschinen
Die Maschine ist eingerichtet, eine der vorgesehenen Tätigkeiten auszuführen. Einmal eingestellt (reguliert), arbeitet sie automatisch und, in einem gewissen Umfang, prüft sie automatisch ihren Arbeitsablauf. Der Bedienungsmann folgt dem Ablauf der Maschine und beobachtet sie. Er wacht darüber, daß sie sich innerhalb der Grenzen ihres Steuersystems bewegt. Er ist mit der Anfangsregulierung und der Kontrolle des Programms beauftragt. Er kann im Falle eines Stillstandes eingreifen oder hat Hilfe von anderen Personen oder Abteilungen herbeizuholen (z. B. Elektronenrechner, numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen).
12. Vorbereiten von Informationen für Rechner
Die Maschine führt eine Reihe von Operationen automatisch aus. Die Bedienungsperson bereitet die Informationen zur Eingabe in die Maschinen in einer bestimmten Form vor (z. B. Bedienungsperson, die Lochkarten oder Lochstreifen vorbereitet).

Außer dieser Stufung gibt *Crossman* ein Schema zur Messung von Produktions- und Arbeitsvorgängen an, wobei er die Art und Weise der Informationserstellung und -Verarbeitung analysiert. Da auf diesem Schema auch eine Meßmethode für Automationsvorgänge aufbaut, wird es im Zusammenhang mit der Messung der Mechanisierung und Automatisierung im Teil II erläutert.

2.3.4 Stufung nach *Kvasha*

Kvasha (7) schlägt elf Kategorien vor:

1. Handwerkzeuge und einfache Vorrichtungen.
2. Tragbare angetriebene Werkzeuge.
3. Maschinen ohne eine notwendige Verbindung zwischen der Bedienungsperson und dem zu bearbeitenden Teil.
4. Halbautomatische Maschinen.
5. Zyklisch arbeitende, automatische Maschinen.
6. Regelungen und programmierte automatische Maschinen.
7. Zyklisch arbeitende automatische Gruppierungen von Maschinen.
8. Automatisch arbeitende Gruppierungen von Maschinen mit Rückwirkung.
9. Automatisch arbeitende Anordnungen von Maschinen mit selbsttätiger Justierung.
10. Automatische Produktion und Transporteinheiten.
11. Systeme von Anordnungen von Maschinen mit Steuermechanismen.

Diese Skalierung zeigt deutlich, wie schwierig praktische Zuordnungen werden, wenn die Wörter „halbautomatisch“ und „automatisch“ als Definition in bestimmten Stufen angewandt werden. Die Skalierung ist aber trotzdem erwähnenswert, da *Kvasha* eine Kategorisierung der Arbeiter mit Hilfe dieser Kategorien vornimmt.

Er stuft folgendermaßen:

1. Handarbeiter, die Handwerkzeuge oder die einfachsten Geräte verwenden
 - 1.1 bei Tätigkeiten in Routineproduktionen, die sich zur Mechanisierung eignen
 - 1.1.1 Arbeiter, die schwere, nicht qualifizierte Arbeit ausführen
 - 1.1.2 Arbeiter, die schwere körperliche, qualifizierte Arbeit ausführen
 - 1.1.3 Arbeiter, die leichte oder mittelschwere körperliche Arbeit ausführen
 - 1.2 bei Produktionstätigkeiten, die sich nicht zur Mechanisierung eignen
 - 1.3 bei neuen Produktionstätigkeiten, die sich durch die Entwicklung der Mechanisierung ergeben
2. Arbeiter, die tragbare pneumatisch oder elektrisch angetriebene Werkzeuge benutzen
3. Arbeiter an Maschinen ohne direkte Verkettung der Maschine mit den zu bearbeitenden Teilen.
4. Arbeiter an Maschinen mit direkter Verkettung von Maschine und Werkstück, aber ohne selbsttätige Zufuhr- und Speicherapparaturen.
 - 4.1 Arbeiter, die in der unmittelbaren Umgebung solcher Maschinen arbeiten
 - 4.2 Einrichter
5. Arbeiter, die Maschinen mit direkter Verkettung zwischen der Maschine und dem zu bearbeitenden Teil und mit automatischer Zufuhr- und Speicherapparatur benutzen
 - 5.1 Arbeiter, die in unmittelbarer Nähe solcher Maschinen arbeiten
 - 5.2 Einrichter
6. Arbeiter, die an Gruppierungen automatischer Maschinen arbeiten
 - 6.1 Arbeiter, die in unmittelbarer Nähe solcher Maschinen arbeiten
 - 6.2 Arbeiter, die Maschinen fernsteuern
 - 6.3 Einrichter

2.3.5 Fünf Stufen der Automatisierung nach Hornauer

Ausgehend von einem Schema (siehe Bild 1), unterscheidet *Hornauer* (8) fünf Stufen der Automatisierung:

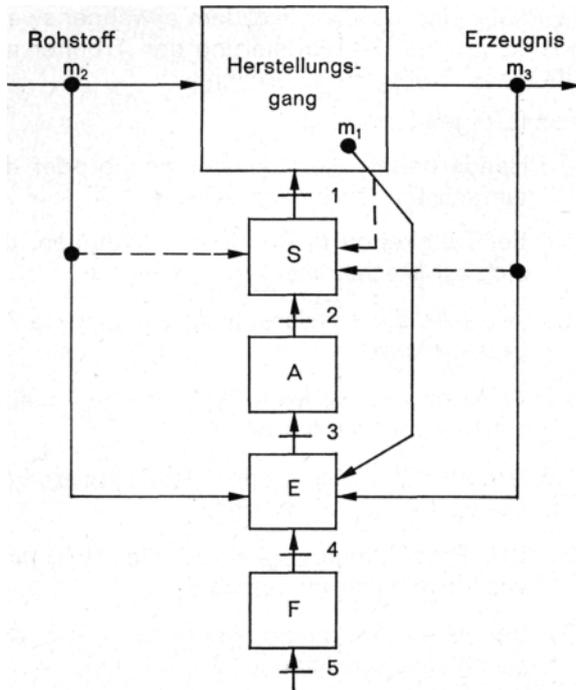


Bild 1. Stufen der Automatisierung¹⁾

S Steuergerät; A Gerät der automatischen Programmierung; E Gerät zur Erfassung der Einflußgrößen; F Gerät zur Steuerung des Fertigungsprogramms.

Entnommen aus: W. Hornauer (8)

Stufe 1:

„Der Mensch bedient unmittelbar alle Einrichtungen, Maschinen und Geräte des Herstellungsganges selbst, u. U. unter erheblichem Kraftaufwand und unter laufender Beobachtung aller Einflußgrößen und ihrer Berücksichtigung bei der Bedienung.

Stufe 2a:

Die Bedienungsarbeit des Menschen wird durch Steuereinrichtungen S erleichtert, so daß ein nennenswerter Kraftaufwand vermieden wird.

Stufe 2b:

Eine weitere Erleichterung ist dadurch möglich, daß man die menschliche Beobachtung der Einflußgrößen durch eine Messung ersetzt. Zu messen sind drei Arten von Größen:

1. Zustandsgrößen des Herstellungsganges mit den Meßstellen m_1
2. Eigenschaften des Rohstoffes (Vormaterial u. dgl.) mit den Meßstellen m_2
3. Eigenschaften des Erzeugnisses selbst mit den Meßstellen m_3 .

¹⁾ Ein ähnliches Schema führt G. Schwarze an, das neben dem Rohprodukt auch die Energie berücksichtigt (G. Schwarze: Grundbegriffe der Automatisierungstechnik, Berlin 1966, S. 39).

Die Größen m_1 , m_2 und m_3 können angezeigt werden, so daß sie der Bedienende bei einer Bedienarbeit leicht berücksichtigen kann.

Stufe 3:

Die Bedienarbeit, die bisher dem Menschen oblag, wird durch Programmierung automatisiert und einem Gerät A übertragen, das der Mensch nur noch einzuschalten braucht. Die dauernde Anwesenheit des Menschen ist nicht mehr erforderlich. Der erste Schritt zur eigentlichen Automatisierung ist getan. Die Einflußgrößen m_1 , m_2 und m_3 werden aber noch nicht automatisch berücksichtigt, sondern ihre Berücksichtigung fällt noch dem Menschen zu.

Stufe 4:

Auch die Einflußgrößen m_1 , m_2 und m_3 gehen über ein Gerät E in die automatische Steuerung des Herstellungsganges ein. Der Mensch ist für deren Berücksichtigung überflüssig geworden. Soweit es sich dabei um die Meßstellen m_1 und m_3 handelt, sind dadurch geschlossene Wirkungskreise entstanden, die Regelkreise darstellen und dementsprechend zu behandeln sind.

Stufe 5:

Soll das Erzeugnis hinsichtlich seiner Eigenschaften nach bestimmten Fertigungsprogrammen hergestellt werden, etwa in der Weise, daß eine bestimmte Zeit lang Erzeugnisse mit einer bestimmten Art von Eigenschaften und dann Erzeugnisse mit einer anderen Art von Eigenschaften gefertigt werden, so ist noch eine Fertigungssteuerung F erforderlich, die die Umstellung des Herstellungsganges auf einen anderen Typ des Erzeugnisses automatisch sicherstellt. Diese letzte Stufe 5 kommt in den meisten Fällen heute noch nicht in Frage und sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt“ (8). *Hornauer* weist darauf hin, daß der Mensch mit fortschreitender Automatisierung immer mehr vom Herstellungstechnologie abdrückt. Die „Bedienarbeit“ wird in immer größerem Maße von der Maschine übernommen. Auf die Möglichkeiten von Übergängen zwischen den einzelnen Stufen wird hingewiesen, insbesondere bei der Fertigung von Fließgütern, wie Benzin, Gas, Elektrizität, Dampf, wobei die Bausteine S und A überhaupt entfallen. Die erforderliche Beeinflussung des Herstellungsganges besteht dann hauptsächlich in der Einregulierung bestimmter Sollwerte der Zustandsgrößen. Das Schema läßt in besonders prägnanter Form und anhand einer brauchbaren Darstellung Automationsvorgänge besser kategorisieren als manch andere Versuche.

2.3.6 Fünf Grundstufen der Mechanisierung der Produktion nach Spasskaya und Umnyagin

Nach der Stufung von *Spasskaya* und *Umnyagin* (9) wurden in der UdSSR 1000 Abteilungen in 58

verschiedenen Unternehmen verschiedener Größe von 14 Zweigen der „Ingenieur“-Industrie der UdSSR erfaßt.

1. Mechanisierte Handfertigung (die einfachste Art der Mechanisierung)
Die Arbeit in dieser Stufe besteht in der Ausführung von Handarbeit unter Benutzung von Werkzeugen, handangetriebenen Maschinen und Maschinen, die elektrisch, hydraulisch und pneumatisch angetrieben sind. Es ist menschliche Arbeit notwendig, die Maschinen oder die Werkzeuge in die Arbeitsstellung zu bringen.
2. Mechanisierte Produktion
Die Arbeit besteht in der Ausführung von Tätigkeiten unter der Benutzung von elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch angetriebenen Maschinen. Die Bedienung der Maschinen und die Ausführung von Hilfsprozessen oder Tätigkeiten geschieht teilweise von Hand.
3. Komplex mechanisierte Produktion
Sie besteht in der Ausführung eines vollständigen Zyklus, eines Erzeugungsprozesses unter Benutzung von Maschinen mit Grund- und Hilfsprozessen, die miteinander verbunden sind und die bei abgestimmter Geschwindigkeit zusammenwirken. Die Steuerung, Einstellung und Regulierung der Maschinen erfolgt von Hand.
4. Automatische Produktion
Diese umfaßt den Erzeugungsprozeß, bei dem bestimmte Grund- und Hilfssteuertätigkeiten durch die Maschine und mechanische Anordnungen ohne menschliches Zutun ausgeführt werden. Der Arbeiter wird nur zum Einrichten, zum Beobachten und zum Nachregulieren des Erzeugungsprozesses benötigt.
5. Komplexe automatische Produktion
Dieses System umfaßt den vollständigen Produktionsprozeß. Der gesamte Ablauf der Grund- und Hilfsregelprozesse vollzieht sich innerhalb der Maschine oder der mechanisierten Geräte. Der Ausstoß und die Qualität wird ohne menschliches Zutun erreicht. Die einzige Funktion des Arbeiters besteht in der Beobachtung und in der Bedienung des Steuersystems. Komplex automatisierte Produktion enthält keinerlei Art von mechanisierter Arbeit oder Handarbeit, außer in Fällen, in denen der automatische Prozeß den technischen oder wirtschaftlichen Gegebenheiten angepaßt werden muß.

2.3.7 Stufung nach Begidshanow

Eine Stufung der Arbeitsplätze in nichtmechanisierten, mechanisierten und automatisierten Produktionsprozessen gibt M. *Begidshanow* (10):

Die Stufung wird hier in umgekehrter Reihenfolge aufgeführt, um sie in der Rangordnung den anderen Skalierungen, die jeweils von der manuellen Arbeit ausgehen, anzupassen.

1. Arbeitskräfte, die nicht an maschinellen Anlagen arbeiten, sondern alle Arbeitsverrichtungen manuell durchführen.
2. Arbeitskräfte, die in manueller Form Montage und Reparaturarbeiten an maschinellen Anlagen ausführen.
3. Arbeitskräfte, die an Maschinen und Mechanismen manuelle Hilfsarbeiten verrichten, z. B. Handlanger bei der Versorgung von Arbeitsplätzen mit Arbeitsgegenständen, und Arbeitskräfte, die den An- und Abtransport, die Lagerung der be- und verarbeiteten Arbeitsgegenstände manuell durchführen. Sie sind für Funktionen der Einrichtung, der Kontrolle, der Wartung und Instandhaltung der maschinellen Anlagen nicht verantwortlich.
4. Arbeitskräfte, die teilmechanisierte technologische Prozesse einrichten, kontrollieren, bedienen, warten und instand halten.
5. Arbeitskräfte, die halbautomatisierte und vollautomatisierte technologische Prozesse einrichten, kontrollieren, bedienen (z. B. Anlassen und Abstellen von Arbeitsmaschinen, Ein- und Ausspannen von Werkstücken usw.), warten und instand halten.
6. Arbeitskräfte, die teilautomatisierte technologische Prozesse einrichten, kontrollieren, warten und instand halten.
7. Arbeitskräfte, die vollautomatisierte technologische Prozesse, deren Produktionsablauf nicht von elektronischen Einrichtungen, sondern von mechanischen, hydraulischen, pneumatischen und ähnlichen Einrichtungen kontrolliert wird, einrichten, warten und instand halten.
8. Arbeitskräfte, die vollautomatisierte technologische Prozesse, deren Produktionsablauf mittels elektronischer Einrichtungen gesteuert wird, einrichten, warten und instand halten.

2.3.8 Klassifizierung der technischen Entwicklung nach Auerhan

J. *Auerhan* (11, 12) unterteilt die technische Entwicklung in elf Stufen:

1. Handarbeit und einfache Werkzeuge
2. Fremdenergiebetriebene Werkzeuge
3. Einzweck-, Mehrzweck- und Universal-Maschinen
4. Halbautomatische Maschinen

5. Mechanisierte Fertigungsstraßen (halbautomatische Maschinen mit mechanisierter Materialzufuhr und Abfuhr fertiger Produkte)
6. Automatische Maschinen oder automatische Fertigungsstraßen
7. Automatische Einrichtungen mit selbständiger Messung der Ablaufbedingungen und der Resultate des Prozesses
8. Automatische Einrichtung mit selbsttätiger Steuerung
9. Automatische Einrichtungen mit vollautomatischer Steuerung einschl. der Kontrolle und Abrechnung charakteristischer Parameter und Kennziffern des Produktionsprozesses
10. Automatische Einrichtungen, die sich selbsttätig an die veränderten Bedingungen anpassen und die günstigsten Methoden für ihre eigene Tätigkeit wählen (sog. automatisch optimierende Systeme, Adaptionssysteme usw.). Damit geht auf die Maschine die letzte Funktion der leitenden Phase und die Anpassung des Prozesses an die optimalen Bedingungen über.
11. Automatische Einrichtungen, die nicht nur die technische, sondern auch die ökonomische Leitung des Produktionsprozesses sichern.

Es werden weiterhin die Funktionen des Menschen auf der jeweiligen Stufe der technischen Entwicklung aufgeführt:

1. Stufe

Mensch

Alle Funktionen im Produktionsprozeß manuell, mit oder ohne Benutzung von Werkzeugen.

2. Stufe

Maschine

Funktion des Kraftaufwandes.

3. Stufe

Mensch

Facharbeiter: Steuerung, Bedienung, Auswahl der Werkzeuge, Einrichtung, Instandhaltung, Ausführung kleinerer Reparaturen, Materialversorgung und damit zusammenhängende Verrichtungen.

Angelernter Arbeiter: Innerbetrieblicher Transport, einfache Arbeiten an der Maschine.

Maschine Führung der Werkzeuge.

4. Stufe

Mensch

Maschinenarbeiter: Ein- und Ausschalten der Maschine, Kontrolle des Arbeitsprozesses, Sicherung der Materialversorgung und der Materialabfuhr.

Facharbeiter: Einrichtung, Instandhaltung und Reparatur der Maschine.

Maschine

Selbsttätig arbeitend innerhalb eines technologischen Vorgangs.

5. Stufe

Mensch

Maschinenarbeiter: Beschickung, Ein- und Ausschalten, Kontrolle des Ablaufs und der Resultate. Facharbeiter: Einrichtung, Instandhaltung, Reparatur.

Maschine

Transport zwischen den Werkstätten, Arbeitsrhythmus durch die Materialzufuhr festgelegt.

6. Stufe

Mensch

Maschinenarbeiter: Ein- und Ausschalten zu Beginn und am Ende der Arbeitsschicht und bei Störungen. Ansonsten Kontrolle, Messen und Regulieren.

Facharbeiter: Einrichtung, Instandhaltung, Reparatur. Hierfür teilweise schon Techniker und Ingenieure.

Maschine

Materialbeschickung, Abgabe der fertigen Ergebnisse, Ein- und Ausschalten bei jedem Arbeitszyklus.

7. Stufe

Mensch

Maschinenarbeiter: Beobachtung der Meßinstrumente, Nachregulieren, Lenkung des Prozesses bei Störungen in festgelegten Grenzen.

Facharbeiter: Einrichtung, Instandhaltung, Reparatur, teilweise auch durch Ingenieure, Techniker.

Maschine

Messung des Ablaufs und der Ergebnisse des Produktionsprozesses.

8. Stufe

Mensch

Maschinenarbeiter: Kontrolle der Maschinen und Geräte (bei Maschinen geringer Betriebszuverlässigkeit).

Facharbeiter: Einrichtung, Instandhaltung und Reparatur, Optimierung, zum großen Teil auch von Technikern, Ingenieuren und kaufmännisch-technischem Personal auszuführen.

Maschine

Selbsttätige Überwachung des Produktionsablaufs, selbsttätige Steuerung der Arbeitsleistung, der Voraussetzungen und der Resultate; Regelung der chemischen und physikalischen Daten.

9. Stufe

Mensch

wie Stufe 8, Überblick eines komplizierten und räumlich umfangreichen Prozesses.

Maschine

Kontrolle und Abrechnung aller charakteristischen Parameter und Kennziffern des Produktions-

Prozesses (bisher vom ingenieurtechnischen und Verwaltungspersonal, von Meistern und Werkstattleitern erledigt).

10. Stufe

Mensch

Vorbereitung, restliche Funktionen der Abrechnungsphase und der Auswertung (außerhalb des unmittelbaren technologischen Prozesses).

Maschine

Optimierung, zentrale Leitung des gesamten Produktionsprozesses, Anpassen des Prozesses an die sich ändernden Produktionsbedingungen, Gewährleistung der höchstmöglichen Effektivität des Verfahrens.

11. Stufe

Mensch

Keine Funktion innerhalb des Produktionsprozesses. *Maschine*

Übernahme der vorbereitenden und kontrollierenden Phase.

2.3.9 Maßstab der Automation nach G. H. und P. S. Amber

Der Maßstab wird von G. H. und P. S. Amber (13) auf den Grundgrößen Energie und Information aufgebaut. Die Energie wird zur Ausführung der Arbeit, die Information zur Steuerung der Arbeit benötigt.

Beide Faktoren können jeweils entweder vom Menschen oder von der Maschine geliefert werden. Die automatisierten Tätigkeiten werden hauptsächlich dadurch klassifiziert, daß man die Art der Information, die zur Ausführung der Tätigkeit notwendig ist, beschreibt.

1. Stufe A₀:

Handwerkzeuge und von Hand angetriebene Geräte, Hammer, Säge, Schraubenzieher, Keil und Flaschenzug, Fahrrad, Schraubstock usw. Sie stellen keine Energie zur Verfügung und, wenn überhaupt, nur wenig Information, aber sie vergrößern die menschliche Fähigkeit, verschiedene Aufgaben auszuführen, die ohne Werkzeuge nicht getan werden könnten. Jede menschliche Fähigkeit, die durch eine Maschine ausgeführt werden kann, erhöht den Rang der Selbsttätigkeit (englisch „automaticity“) der Maschine.

2. Stufe A₁:

Angetriebene Werkzeuge, z. B. Handbohrmaschine, Motorsäge, Schweißbrenner, Lochstanze. Sie stellen die meiste der erforderlichen Energie zur Verfügung und überlassen der Bedienungsperson hauptsächlich die Tätigkeit der Steuerung des Werkzeuges und der Werkstückzufuhr.

3. Stufe A₂:

Angetriebene Werkzeuge bzw. Werkzeugmaschinen mit maschinellem Vorschub. Sie stellen die

gesamte notwendige Energie für eine notwendige Arbeitsverrichtung zur Verfügung. Die Bedienung (Steuerung) ist jedoch noch in Händen des Arbeiters, z. B. Radialbohrmaschine, Bügelsägen, Drehbänke usw.

3. Stufe A₃:

Maschinen mit Steuermechanismen. Die Information, wie ein Arbeitsgang ausgeführt werden soll, ist in die Maschine eingebaut, z.B. „automatische“ Spritzgußmaschine, Revolverdrehbank; eine Verkettung von Maschinen der Stufe 3, so daß eine Maschine den Arbeitsbeginn oder das Arbeitsende der anderen Maschine oder allgemein den Arbeitsablauf der nächsten Maschine in der Fertigungslinie steuert („Detroit“-Automation). Fördergeräte, Taktgeber, Greifer und Positionierer, die die Maschinen verketteten, gehören ebenfalls zur Stufe 3, wenn deren Ablauf vollständig selbsttätig ist. Die gesamte notwendige Energie und Information wird über eingebaute Führungen geliefert.

Jede in der Maschine gespeicherte Information ist eine Art Programmierung und wird durch mechanische, elektromechanische oder elektrohydraulische Einrichtungen erreicht. Unterhalb Stufe 3 kann keine Maschine mit eingebautem Arbeitsprogramm, sei es noch so einfach, eingestuft werden.

Immer, wenn das Maschinenprogramm in Form von Lochbändern, Lochstreifen, Lochkarten oder sonstigen Programmträgern, die nicht direkt in die Maschine eingebaut sind, zur Verfügung steht, ist die Automatisierungsstufe höher als A₃. Das ist der Fall, da einiger Rechenaufwand notwendig ist, diese nichtmechanischen Arten der Programme auszuführen und da diese Maschinen üblicherweise geschlossene Wirkkreise haben und sich selbst nachstellen (closed-loop, self-correcting).

4. Stufe A₄:

Selbsttätig sich nachstellende Maschinen. Während die Maschinentypen der Stufe 3 so ausgelegt sind, daß sie treu die eingebauten Programmschritte befolgen und im „blinden Gehorsam“ durch ihre einseitige Wirkrichtung auch dann weiterlaufen, wenn das Werkzeug beschädigt ist oder Ausschuß produziert wird, haben die Maschinen der Stufe 4 Rückwirkmechanismen, die die Maschinenleistung prüfen (check) und somit eine gewisse Urteilskraft haben. Sie überwachen ihre Arbeitsleistung und korrigieren selbsttätig die Maschineneinstellung, um einen Sollwert zu erreichen. Die meisten Anlagen dieser Art sind bei kontinuierlichen Prozessen zu finden.

5. Stufe A₅:

Steuerung des Ablaufs durch Computer. Die Maschinen folgen in ihrem Arbeitsablauf nicht der direkten Steuerung oder Stellgrößen im geschlossenen Wirkungsablauf, sondern sie sprechen auf

eine mathematische Funktion an, die eine Umformung und Zusammenfassung der Steuer- und Regelgrößen darstellt und die notwendigen Befehle an die Maschine liefert. Die Möglichkeiten der Maschinen dieser Stufe, die auf der Computer-Steuerung beruhen, sind groß. Als Beispiel führen G. H. und P. S. *Amber* eine Stanze an, die bei minimalem Lagerbestand maximale Stückzahlen automatisch ausstanzt. Eine Werkzeugmaschine mit verkettetem Computer würde Werkstoff mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit abspannen, unter Berücksichtigung der Art des Werkzeuges, der Geschwindigkeit, des Materials und sonstiger Bearbeitungskenngrößen. Höhere Automatisierungsgrade dürften eher in nicht-industriellen Anlagen erscheinen. Meistens jedoch sind diese noch im Entwicklungsstadium und nicht unmittelbar praktisch anwendbar.

2.4 Stufungen in bestimmten Technologien

2.4.1 „Leiter der automatischen Steuerung“ nach Vorschlägen der Diebold-Gruppe

Die Stufung der Diebold-Gruppe (14) ist auf den Bereich der Datenverarbeitung zugeschnitten.

1. Offener Wirkungsablauf ohne Schleifen (open-loop)
 - 1.1 Einzelprogrammsteuerung für Anlagen, die nur für einen Programmablauf entwickelt sind
 - 1.2 Veränderliche Programme, eingebaute Steuerungen mit Änderung der Folge und Art des Ablaufs
 - 1.3 Veränderliche Programme, jedoch getrennte Steuereinheiten
2. Prozeßsteuerung (closed-loop) mit selbst-einstellender Steuerung oder Einrichtungen, die bewirken, daß das System automatisch auf Eingangs-, Ausgangs- oder Prozeßvariable anspricht
 - 2.1 Eingebaute Steuerung mit vorgegebenen Sollwerten
 - 2.2 Steuereinheiten, getrennt von der Arbeitseinheit
 - 2.3 Steuerungen, eingebaut oder getrennt, die über die begrenzte Sollwerteneinstellung hinaus variable Steuermöglichkeiten haben

2.4.2 Zwölfstufige Entwicklungsskala automatisierter Werkzeugmaschinen nach Simon

Eine weitere, für ein bestimmtes Gebiet entworfene Stufung gibt *Simon* (15) an. Die Stufung bezieht sich auf eine Kategorisierung der Werkzeugmaschinen nach steigendem Automatisierungsgrad.

Die Stufung dient der systemanalytischen Erfassung von Arbeitsplatzstrukturen in der metallverarbeitenden Industrie, über den Ausbau die-

ses erfolgversprechenden Versuchs einer Systemanalyse wird von *Simon* und Mitarbeitern in Kürze berichtet werden.

Der Verfasser dankt für das freundliche Überlassen des Entwurfs dieser Stufung.

Stufe: Kennzeichen:

- 0 Werkzeugmaschinen ohne nennenswerte künstliche Informationsspeicher, ohne automatische Weg- und Schaltinformationsverarbeitung, aber ggf. mit numerischer Positionsanzeige als Meßerleichterung.
- 1 Werkzeugmaschinen mit starren Weginformationsspeichern aus der äußeren Datenverarbeitung (z.B. Schablonen, Bohrlehren, Modelle, Kurvenscheiben u. dgl.) für analoge Punkt-, Strecken- oder Bahnsteuerungen, aber ggf. mit automatischer Schaltinformationsverarbeitung über logische Verknüpfungen (z. B. Druckknopfsteuerungen).
- 2 Werkzeugmaschinen mit flexiblen, manuell einstellbaren Weginformationsspeichern in der inneren Datenverarbeitung (z. B. Programmwalzen, Nockenleisten, numerische Dekadenschalter u. dgl.), für analoge oder numerische Punkt- und Streckensteuerungen, ggf. mit automatischer Schaltinformationsverarbeitung und/oder automatischem Werkzeugwechsel.
- 3 Werkzeugmaschinen mit flexiblem Weginformationsspeicher aus der äußeren Datenverarbeitung (z. B. manuell erstellte Lochstreifen) für numerische 2-Achs-Punktstreckensteuerungen, ohne automatische Schaltinformationsverarbeitung.
- 4 Werkzeugmaschinen mit flexiblen Weg- und Schaltinformationsspeichern aus der äußeren Datenverarbeitung (z. B. Lochstreifen) für numerische 2- und Mehrachs-Punkt- und Streckensteuerungen, ohne automatischen Werkzeugwechsel.
- 5 Werkzeugmaschinen wie in 4, jedoch mit Werkzeugspeicher (z.B. Revolverkopf, Magazin u. dgl.) und automatischem Werkzeugwechsel.
- 6 Werkzeugmaschinen mit flexiblem Weg- und Schaltinformationsspeicher aus der äußeren Datenverarbeitung (z. B. Lochstreifen oder Magnetband) für numerische 2- und 2½-Achs-Bahnsteuerungen, ohne automatischen Werkzeugwechsel.
- 7 Werkzeugmaschinen wie in 6, jedoch für numerische 3- und Mehrachs-Bahnsteuerungen.
- 8 Werkzeugmaschinen wie in 6 und 7, jedoch mit automatischem Werkzeugwechsel.

- 9 Werkzeugmaschinen wie in 4 bis 8 mit selbstoptimierenden Eigenschaften (adaptive control).
- 10 Rechenzentrum für den „off-line“-Betrieb (mit Datenträger wie Lochstreifen oder Magnetband) von Werkzeugmaschinen der Gruppen 0 bis 9, zur rechnergestützten Konstruktion, maschinellen Programmierung und Fertigungssteuerung, ggf. unter Nutzung der Datenfernübertragung.
- 11 Werkzeugmaschinen der Gruppen 4 bis 8 mit direktem Anschluß an einen Prozeßrechner („on-line“-Betrieb), ohne Verwendung von Datenträgern (z. B. Lochstreifen oder Magnetband), jedoch ohne Selbstoptimierung von Schnittbedingungen.
- 12 Prozeßrechnersystem mit Werkzeugmaschinen wie in 11, jedoch mit Selbstoptimierung von Schnittbedingungen an den einzelnen Werkzeugmaschinen, Einbeziehung der rechnergestützten Konstruktion, der maschinellen Programmierung und der Fertigungsregelung.

2.4.3 Automatisierungsstufen beim Nachformdrehen nach Matthee

Das Beispiel von *Matthee* (16) soll zeigen, daß sich auch auf sehr speziellen Gebieten, die jedoch innerhalb eines Wirtschaftszweiges eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung haben, bei detaillierter Sachkenntnis Stufungen finden lassen, die den pauschalen Stufungen ähnlich sind oder in bestimmten Stufen gleichen. Die Automatisierungsstufen sind durch die technischen Ausstattungsstufen der Nachformdrehmaschinen beschrieben:

1. Einfaches Nachformdrehen mit einem Meißel in einem Schnitt.
2. Nachformdrehen in mehreren, selbsttätig aufeinanderfolgenden Schnitten, „Mehrschnittautomatik“.
3. Aufeinanderfolgender oder gleichzeitiger Einsatz mehrerer Werkzeuge „Folgekopieren“ und Mehrschlittenanordnung.
4. Verbindung von Nachformdrehen mit Längs-Querdrehen, Revolverdrehen, Gewindedrehen — kombinierte „Baukastenmaschinen“.
5. Programmierung von Bewegungsabläufen in bezug auf Nachformen, Weglängen und Arbeitsgeschwindigkeiten mit herkömmlichen Nockensteuerungen.
6. Programmierung mittels der numerischen Steuerung über Weg- und Schaltinformationen in Verbindung mit der Nachformsteuerung über Bezugsformstücke.
7. Selbsttätiger Werkstückwechsel mit Hilfe von Werkstückspeichern und Verladevorrichtungen.

8. Selbsttätige Meßsteuerung in Abhängigkeit vom Werkstückmeßergebnis.

Interessant und erwähnenswert bei den Stufungen für bestimmte Technologien ist die Tatsache daß Techniker Skalierungen von Automationsstufen aufstellen, ohne nur einmal das Wort „automatisch“ innerhalb der Stufe zu verwenden. Es wird deutlich, daß erstens das Wort „automatisch“ für technische Beschreibungen allzu unbestimmt ist, zweitens, daß das Wort „automatisch“ bei Technikern teilweise unbeliebt ist, daß drittens der konkrete Fall für den Fachmann nicht so „automatisch“ ist wie für den Außenstehenden und viertens, daß das Wort „selbsttätig“ meistens zur Beschreibung des Sachverhaltes ausreicht.

2.5 Sonstige Stufungsversuche

2.5.1 Automationsgrade nach E. Schmidt und Feldbaum

Schmidt (17) unterscheidet folgende Formen der Automation:

1. Automationsgrad erster Ordnung, Steuerungszusammenhang mit offenem Wirkungskreis (open-loop-control).
2. Automationsgrad zweiter Ordnung, Steuerungszusammenhang mit einem geschlossenen Wirkungskreis (closed-loop-control).
3. Automationsgrad dritter bis n-ter Ordnung, Steuerungszusammenhang mit Wirkungskreiskomplexen.

Die ersten beiden Stufen bedürfen weiter keiner Erklärung. Den Automationsgrad dritter und höherer Ordnung haben Anlagen, die über die Merkmale der Automationsgrade 1 und 2 hinaus weitere offene und geschlossene Wirkungskreise haben, die das Regelprogramm beeinflussen. Der Zusammenhang läßt sich dann in mathematischer Form als Funktion mehrerer Veränderlicher darstellen.

Eine ähnliche Einteilung wird auch von *Feldbaum* (18) gegeben.

2.5.2 Stufung nach Nordsieck

Nach *Nordsieck* (19) können fünf Stufen der Mechanisierbarkeit unterschieden werden:

1. Freier Arbeitsablauf: Die Arbeit ist durch keinerlei organisatorische Regelung bestimmt, die Aufgaben ändern sich dauernd und sind vollständig unbestimmbar. Mechanisierungsmaßnahmen sind nicht anwendbar.
2. Inhaltlich gebundener Arbeitsablauf: Die vorkommenden Arbeitsleistungen sind organisatorisch bestimmt, das Aufgabenziel ist relativ stabil.
3. Ablaufmäßig gebundener Arbeitsablauf: Die Reihenfolge der vorkommenden Arbeitsleistungen ist organisatorisch bestimmt und in

der Regel verbunden mit der Festlegung des Weges der mindestens annähernd gleichbleibenden Objekte.

4. Zeitmäßig gebundener Arbeitsablauf: Der Zeitbedarf der vorkommenden Arbeitsleistungen ist organisatorisch bestimmt. Ein annäherndes Gleichbleiben der Objekte ist auch hier Voraussetzung.
5. Taktmäßig gebundener Arbeitsablauf: Die Wiederkehr der vorkommenden Arbeitsleistungen ist organisatorisch bestimmt, der Rhythmus also unveränderlich (Fahrplanmäßigkeit, Fließarbeit).

In dem Beispiel von *Nordsieck* werden in erster Linie Möglichkeiten zur Mechanisierung abgestuft und geordnet dargestellt.

2.6 Versuch eines Vergleiches der verschiedenen Stufen

Die meisten der aufgeführten Beispiele für Stufen und Skalierungen der Mechanisierung und Automatisierung zeigen Analogien. Es wäre also naheliegend, eine Synopsis der bisher aufgeführten Stufenversuche anzufertigen. Der Versuch, die entsprechenden Stufen der einzelnen Verfasser nebeneinander zu stellen und zu einer allgemeinen einheitlichen Skala der Mechanisierung und Automatisierung zu kommen, endet meist etwa nach der vierten Stufe. Die ersten vier Stufen wären dann:

Stufe a: Arbeit ohne Werkzeug

Stufe b: Arbeit mit Handwerkzeug

Stufe c: Arbeit mit Handwerkzeug mit Fremdantrieb

Stufe d: Arbeit mit Werkzeug mit Fremdantrieb, das gehalten und geführt ist=Maschine

Ab der vierten Stufe (Stufe d) erfolgt eine Aufgliederung in unterschiedliche Entwicklungsrichtungen. Es wird schwierig, eine Entwicklung gegenüber der anderen hervorzukehren und an sich gleichwertige Vorgänge unterschiedlich einzustufen. Jeder Verfasser einer Skalierung sieht einen bestimmten Aspekt, z. B. den Informationsfluß, den Materialfluß, den Energiefluß, den Arbeitsablauf, die menschliche Tätigkeit, Steuer- und Regelmechanismen usw.

Eine Gegenüberstellung der einzelnen Stufen der Mechanisierung und Automatisierung wäre nur dann möglich, wenn jeder der Autoren genau definieren würde, welche Arbeitsgänge, Funktionen, Prozesse und Geräte in jeder Stufe vorhanden oder nicht vorhanden sein dürfen. Aber selbst dann ergibt sich keine klare Aufgliederung, da bei allen höheren Mechanisierungs- und Automatisierungsstufen eine große Zahl von Kombinationen aus Elementen des Steuer- und Regelsystems, des Transportsystems, des Meß- und Prüfsystems, des Einricht-, Überwachungs- und Wartungssystems aufstellbar ist.

Trotz der Vielzahl der Kombinationen und dem Geflecht der Kombinationsmöglichkeiten lassen sich vier Hauptstufen der Entwicklung der Mechanisierung und Automatisierung herauserschälen:¹⁾

Hauptstufe 1:

Abnahme des Einsatzes des Menschen als „Kraftmaschine“.

In dieser Stufe sind die untersten Mechanisierungsstufen enthalten (z. B. die Stufen a bis d), bei denen in immer stärkerem Maße Werkzeuge und Maschinen eingesetzt werden, mit dem Ergebnis, daß der Mensch als Energiespender und Antriebsaggregat entlastet wird. Der Mensch leistet jedoch noch mechanische Arbeit, indem er Maschinen, Apparate, Geräte und maschinelle Werkzeuge bedient, handhabt, beschickt und bewegt.

Hauptstufe 2:

Abnahme des Einsatzes des Menschen als „Arbeitsmaschine“.

Innerhalb dieser Stufe wird der Mensch beim Hantieren, Bewegen, Greifen, Halten, Ausrichten, Einspannen, Beschicken usw. durch Maschinen und Vorrichtungen ersetzt. Zum mechanischen System treten das Steuersystem und das Meßsystem, wobei Apparate, Geräte und Vorrichtungen die bisherigen Funktionen des Menschen übernehmen.

Hauptstufe 3:

Abnahme des Einsatzes des Menschen als „Stell-, Bedien-, Meß- und Schaltmechanismus“.

Nachdem in Stufe 2 die arbeitsintensiven Tätigkeiten des Menschen von der Maschine übernommen wurden, werden innerhalb der 3. Hauptstufe in immer stärkerem Maße Stell-, Bedien-, Meß- und Schalttätigkeiten an Maschinen, Geräte und Apparate übertragen. Durch Aufbau eines Regelsystems aus Steuer- und Meßsystem und eines Speichersystems entfällt für den Menschen die stets wiederkehrende Betätigung von Knöpfen, Stellgliedern, das Handhaben und Ablesen von Meßgeräten usw.

Hauptstufe 4:

Abnahme des Einsatzes des Menschen als „Optimierungsmechanismus“.

Durch Kombination der bisher aufgeführten Systeme wird ein Prozeßsystem entwickelt, das den Menschen auch von Abstimmungs-, Regulierungs- und Dispositionsfunktionen entbindet.

¹⁾ Rohmert und Schleich fassen Mechanisierungsstufen in vier wichtige Kategorien zusammen:

1. Verlagerung der Handlung in die Steuerung der Maschine
2. Verlagerung der Entscheidung in die Steuerung der Maschine
3. Auflösung der Signale, vereinfachte Wahrnehmung
4. Verlagerung von Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Handlungsfunktionen in die Maschine und damit Ausklammerung des Menschen

(W. Rohmert, K. Schleich in *Arbeitswissenschaft* 6 [1967], Nr. 3, S. 75—81).

Das Schema im folgenden Bild 2 verdeutlicht den Aufbau der vier Stufen.

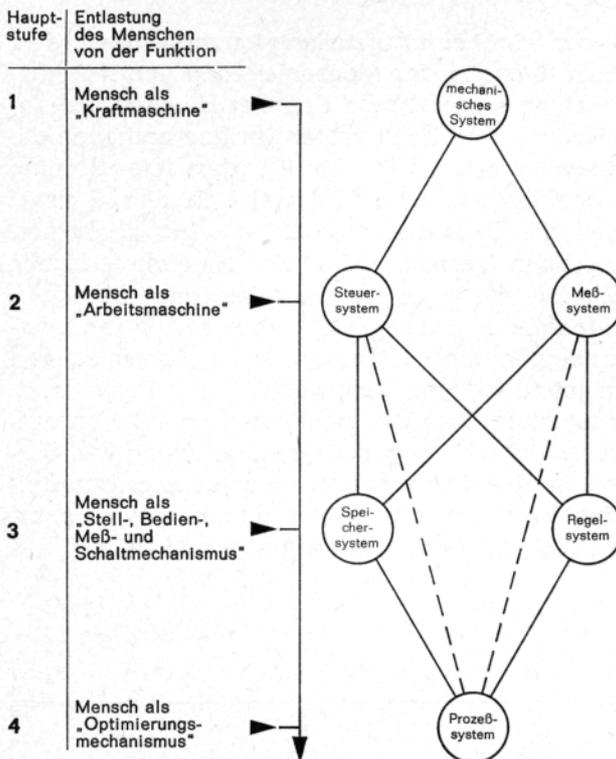


Bild 2. Wirkschema der Systeme der Mechanisierung und Automatisierung

Wie aus dem Schema Bild 2 ersichtlich ist, können innerhalb einer Hauptstufe verschiedene Systeme und Untersysteme stärker mechanisiert und automatisiert sein als die anderen. Das erklärt die Schwierigkeit der Stufung zu einem einheitlichen System der Entwicklung der Mechanisierung und Automatisierung und die Schwierigkeit, Entwicklungen auf gleicher Ebene, aber unterschiedlicher Entwicklungsrichtung, zu vergleichen.

Zur Differenzierung innerhalb der Systeme kann in Elemente aufgegliedert werden. In der folgenden Liste sind Elemente der Mechanisierung und Automatisierung zusammengefaßt:

- Arbeit ohne Werkzeug
- Arbeit mit Werkzeug
 - Werkzeug mit Handantrieb
 - Werkzeug mit maschinellem Antrieb
- Führung der Werkzeugbewegung
 - direkt, manuell
 - manuell über mechanische Zwischenglieder (Hebel, Übersetzungen)
 - selbsttätig
- Steuerung des Prozesses
 - Steuerung einer Folge von Werkzeugbewegungen (Arbeitsprozesse)
 - manuell (bedienen)
 - über Programmgeber
 - mechanisch
 - elektromechanisch
 - elektronisch

- Ablaufsteuerung
 - Folgesteuerung starr
 - flexibel, verzweigend
- Steuerung von Nebenbewegungen (Nebenprozessen)
 - manuell (bedienen)
 - über Programmgeber
 - mechanisch
 - elektromechanisch
 - elektronisch
- Ablaufsteuerung
 - Folgesteuerung starr
 - flexibel, verzweigt
- Steuerung einer Maschine
 - mehrerer Maschinen (übergeordnete Steuerung)
- Ein- und Ausschalten des Arbeitsvorganges
 - manuell
 - selbsttätig
- Werkstück (Rohmaterial)
 - Zufuhr
 - manuell
 - mechanisch, durch Betätigen von Schaltern und Hebeln
 - selbsttätig
- Positionieren (Einspannung, Halterung)
 - manuell
 - mechanisch, durch Betätigung von Schaltern und Hebeln
 - selbsttätig
- Ausstoß
 - manuell
 - mechanisch, durch Betätigung von Schaltern und Hebeln
 - selbsttätig
- Werkstücktransport von Maschine zu Maschine
 - manuell
 - mechanisch, durch Betätigen von Schaltern und Hebeln
 - selbsttätig, durch Verkettung
 - starre Verkettung
 - lose Verkettung
- Regelung des gesamten Prozesses
 - manuell
 - selbsttätig, innerhalb von Sollwerten
- Regelung des Hauptprozesses
 - manuell
 - selbsttätig, innerhalb von Sollwerten
- Regelung von Nebenprozessen und Hilfsprozessen
 - manuell
 - selbsttätig, innerhalb von Sollwerten
- Wechsel von Werkzeugen
 - manuell
 - mechanisch, über Hebel und Schalter
 - selbsttätig
- Prüfung, Messung, Kontrolle des Arbeitsvorganges und der Arbeitsergebnisse
 - durch Menschen (kontrollieren)

durch Instrumente
 anzeigend (keine Reaktion der Maschinen auf Sollwertüberschreitung)
 schreibend (keine Reaktion der Maschinen auf Sollwertüberschreitung) Speicherung von Ergebnissen, Meßwerten und technologischen Daten nur durch Menschen durch maschinelle Speicherung
 Klartext und Instrumentenschriebe, Diagramme, analog
 maschinelle Speicherung, digital
 Setzen von Sollwerten
 durch Menschen (sog. „Betriebserfahrung“ und Intuition)
 aufgrund der Meßwerte und technologischer Daten. Ohne Speicher oder nur geringer Speicheraufwand
 aufgrund der Meßwerte und technologischer Daten. Direkt und aus umfangreichem Speicher.

Durch Vergleich der Elemente dieser Aufstellung mit den Stufungen wird ersichtlich, welche Vielfalt der Einstufung und Zuordnung möglich ist.

In der folgenden Aufstellung ist versucht worden, die Stufungen der Mechanisierung und Automatisierung entsprechend den vier Hauptstufen einzuordnen. Die Spaltenüberschriften enthalten die Nummer des Abschnitts, in dem die Stufe aufgeführt ist, und den Autor. In den Spalten sind die Bezeichnungen der Stufen durch den einzelnen Verfasser den vier Hauptstufen nach Bild 2 in der ersten Spalte zugeordnet. Mehrfach aufgeführte gleiche Zahlen innerhalb einer Spalte deuten eine Gruppierung zu verschiedenen Hauptstufen an. Innerhalb einer Zeile, z. B. Hauptstufe 3, in der Häufungen von Stufen auftreten, ist eine gegenseitige Zuordnung der Stufen in den Feldern und eine weitere Unterteilung innerhalb der Felder aus den bereits erwähnten Gründen schwierig oder unmöglich.

Vergleich der Stufungen verschiedener Autoren														
Abschnitt-Nr.		2, 3, 1	2, 3, 2	2, 3, 3	2, 3, 4	2, 3, 5	2, 3, 6	2, 3, 7	2, 3, 8	2, 3, 9	2, 4, 1	2, 4, 2	2, 4, 3	2, 5, 1
	Autor	Bright	Krick	Crossman	Kvasha	Hornauer	Spasskaya	Begidshanow	Auerhan	Amber	Diebold	Simon	Matthée	Schmidt (Feldbaum)
1. Hauptstufe Abnahme der Beanspruchung des Menschen als Kraftmaschine	a b c d	1 2 3 4	1 2 3 4	2	1 2 3	1	1, 2 1, 2 1, 2	1, 2, 3 1, 2, 3 2, 3	1 1 2 3	1 A ₀ 2 A ₁ 2 A ₂ 3 A ₂		0	1	
2. Hauptstufe Abnahme der Beanspruchung d. Menschen als Arbeitsmaschine		5, 6, 8	5	1, 2, 3, 4, 6	3, 4, 5, 7	2a	3	3 4, 5	3, 4, 5	3 A ₃	1, 1 1, 2 1, 3	1, 2, 3, 4	1, 2, 3	1
3. Hauptstufe Abnahme der Beanspruchung d. Menschen als Stell-, Bedien-, Meß- und Schaltmechanismus		7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	6, 7	5, 7, 8, 9, 10, 11, 12	6, 7, 8, 9, 10, 9, 10, 11	2b, 3, 4	4, 5	6, 7, 8	6, 7, 8, 9	4 A ₄	2, 1 2, 2	5, 6, 7, 8, 11	4, 5, 6, 7	2, 3
4. Hauptstufe Abnahme der Beanspruchung d. Menschen als Optimierungsmechanismus		17			10, 11	5			10, 11	5 A ₅		9, 10, 12	8	

Die Zahlen in den Feldern entsprechen der Bezeichnung der Stufen bei den einzelnen Autoren. Mehrfach aufgeführte Zahlen innerhalb einer Spalte deuten eine Zuordnung zu verschiedenen Stufen an.

Nachdem im ersten Teil Entwicklungselemente und Entwicklungsstufen der Mechanisierung und Automatisierung dargestellt wurden, wird im

nächsten Heft der „Mitteilungen“ über die Möglichkeiten der Erfassung und Messung der Mechanisierung und Automatisierung berichtet werden.

Literaturverzeichnis zu Teil I

- (1) C. M. *Dolezalek*:
Automatisierung in der industriellen Fertigung,
in: „Betriebshütte“ Bd. 3, Berlin 1965, S. 1066
- (2) I. R. *Bright*:
How to Evaluate Automation?
in: Harvard Business Review, Juli/Aug. 55
S. 101—111
- (3) ILO, Metal Trades Committee, 6th Session 1957:
Automation in the Metal Trades. Second Item
on the Agenda, Genf 1956 S. 16—17
s. a.:
- (3a) I. R. *Bright*:
Lohnfindung an modernen Arbeitsplätzen in
den USA
in: Automation und technischer Fortschritt in
Deutschland und USA. Frankfurt/M. 1963, S. 133
- (4) E. V. *Krick*:
Methods Engineering. New York 1962 S. 130
- (5) E. R. F. W. Crossman:
Automation and Skill Nr. 8 u. 9
in: Problems of Progress in Industry. Dept. of
Scientific and Industrial Research, London
H.M.S.O. 1960, zit. in (21)
- (6) E. R. F. W. Crossman:
Taxonomy of Automation: State of Art and
Prospects in:
Manpower Aspects of Automation and Techni-
cal Change. European Conference 1.—4. 2. 66,
Supplement to Final Report, Paris 1966 S. 75
- (7) Y. B. *Kvasha*:
Statistical Study of Labor, o. A. zit. in:
ILO, Labor and Automation, Bulletin 1, Genf
1964 S. 175
- (8) W. *Hornauer*:
Industrielle Automatisierungstechnik.
Berlin 1957 S. 16
- (9) O. V. Spasskaya, M. G. *Umnyagin*:
„Determination of the Level of Mechanisation
and Automation of Production in the Engineer-
ing Industry“, Mekhan. i. Autom. Proizvodstvu,
Nr. 12, 1961 S. 44—47
zit. in: (22)
- (10) M. *Begidshanow*:
Technische Arbeitsnormung und Einführung
fortschrittlicher Normen in:
Kleine Bücherei, Berlin 1951, H. 14 S. 27
- (11) zit. in: K. *Padevet*, S. *Petracek*:
Die Methodik der Ermittlung des langfristigen
Kaderbedarfs in der CSSR in: Perspektiv-
Planung der Arbeitskräfte, Hrsg. E. Sachse,
Berlin 1966
- (12) J. *Auerhan*:
Die Automation und ihre ökonomische Bedeu-
tung, Berlin 1961
- (13) G. H. u. P. S. Amber:
A Yardstick of Automation. American Machinist,
30. 8. 56 S. 149
zit. in:
ILO Rep. II, Automation in the Metal Trades,
Genf 56 S. 12
- (14) o. A. zit. in:
P. E. *Sultan*, P. *Prasow*:
Some Classification Measurement Problems.
Labor and Automation, Bull. 1, Genf 1964
- (15) unveröffentlicht: W. *Simon*: Grundzüge einer
Systemtheorie der industriellen Produktion.
Analysen — Modellansätze — erste Konse-
quenzen. Sondervorlesung an der TU Berlin
im Rahmen des Fortgeschrittenen-Studienpro-
grammes, Nov. 1966
- (16) J. *Matthée*:
Die Leistungsschau des Drehmaschinenbaus.
Bericht über die 8. Europ. Werkzeugmaschinen-
Ausstellung in Mailand. Werkstatt-Technik 53
(1963), H. 12 S. 644
- (17) E. *Schmidt*:
Die Automation in organisationstheoretischer
Betrachtung. Berlin 1966 S. 103
- (18) A. A. *Feldbaum*: Rechenggeräte in automatischen
Systemen (Übers, a. d. Russ.), München
1962
- (19) zit. in: G. Krüger:
Mechanisierung in: Handbuch der Sozial-
wissenschaften, Bd. 7, Stuttgart 1961

Stufung und Messung der Mechanisierung und Automatisierung

Teil II: Messung des Technisierungsprozesses

Erhard Ulrich

Im ersten Teil wurden zunächst Begriffe und Bezeichnungen geklärt und erläutert. Weiterhin wurden Ansätze und Möglichkeiten zur Beschreibung der technischen Entwicklung bei verschiedenen Autoren aufgeführt. Die Vorgänge der Mechanisierung und Automatisierung werden durchwegs in Stufen aufgeteilt und Skalen der Mechanisierung und Automatisierung aufgestellt. Dadurch bieten sich Möglichkeiten zur Quantifizierung und Messung des Technisierungsprozesses, der, als Ganzes betrachtet, unüberblickbar und unbeschreibbar wäre. Eine systematische Betrachtung von Mechanisierungsstufen zeigt, daß die untersten Stufen der Mechanisierung, z. B. Handarbeit, Handarbeit mit Werkzeugen, Handarbeit mit fremdenergiebetriebenen Werkzeugen, relativ einfach zu analysieren sind. Mit der Stufe „Einsatz von Maschinen“ beginnt die Verzweigung und Auffächerung der Entwicklung, die dadurch entsteht, daß einzelne Systeme stärker ausgebaut werden als andere. Es schälen sich vier Hauptstufen heraus, die sich aus der Betrachtung des Zusammenwirkens des mechanischen Systems, des Steuer-, Meß-, Speicher-, Regel- und Prozeßsystems ergeben und die durch die hervorragende Funktion des Menschen im System Mensch-Maschine bezeichnet werden.

Im nun folgenden zweiten Teil wird auf diesen Grundlagen aufbauend die Möglichkeit der Messung der Mechanisierung und Automatisierung behandelt. Abschließend werden Zusammenhänge zwischen dem Grad der Mechanisierung und Automatisierung und den qualitativen und quantitativen Anforderungen an menschliche Arbeitskräfte erörtert.

Gliederung Teil II

(Teil I dieses Aufsatzes erschien in „Mitteilungen“ Nr. 2, Mai 1968, S. 28—43)

3 Messung der Mechanisierung und Automatisierung

- 3.1 Fragen der Bewertung
- 3.2 Erfassung durch Kenngrößen
- 3.3 Allgemeine mathematische Formulierung
 - 3.3.1 Die Mechanisierung des Grundvorganges
 - 3.3.2 Die Mechanisierung einer Folge von Grundvorgängen
 - 3.3.3 Die Mechanisierung einer Menge verschiedener Folgen und Vorgänge
- 3.4 Produktivität, Mechanisierung und Automatisierung
- 3.5 Liste der Bestimmungsgrößen für Kennzahlen der Mechanisierung und Automatisierung
- 3.6 Kombination der Bestimmungsgrößen zu Kennzahlen

4 Typische Beispiele zur Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung durch Kennzahlen

- 4.1 Der Automatisierungsgrad in der Textilindustrie
- 4.2 Die Automatisierung in der Nähmaschinenherstellung
- 4.3 Mechanisierungs- und Automatisierungsgrade in der metallverarbeitenden Industrie der UdSSR
- 4.4 Der Mechanisierungsgrad in der Industrie und im Bauwesen der UdSSR

4.5 Mechanisierungs- und Automatisierungskoeffizienten in der volkseigenen Industrie der „DDR“

4.6 Der PC-Quotient in der metallverarbeitenden Industrie der USA

4.7 Aufstellung eines „Automationsindex“

5 Aufstellung von Profilen und Verteilungsfunktionen

- 5.1 Mechanisierungsprofil nach *Bright*
- 5.2 „Taxonomie“ der Automation nach *Crossman*
- 5.3 Untersuchung der Automatisierung in der Automobilindustrie
- 5.4 Beurteilung einer automatisierten Fertigung nach VDI-Richtlinien
- 5.5 Im Rahmen einer Systemanalyse nach *Simon*

6 Die Bestimmung der Auswirkungen von Mechanisierung und Automatisierung auf den Arbeitsmarkt

- 6.1 Grundzüge der Einsatzmöglichkeiten von Mensch und Maschine
- 6.2 Darstellung der Tätigkeitsbereiche von Mensch und Maschine
- 6.3 Beziehungen zwischen den Anforderungen an die Arbeitskräfte und dem Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- 6.4 Änderung der Zusammensetzung der Beschäftigten in Abhängigkeit vom Mechanisierungsgrad

7 Abschließende Bemerkungen

3 Die Messung der Mechanisierung und Automatisierung

Die vorangegangenen Abschnitte behandelten Möglichkeiten der Aufteilung der Entwicklung der Mechanisierung und Automatisierung in Stufen und Rangordnungen durch verschiedene Autoren. Nun soll versucht werden, die zu untersuchenden Objekte — Maschinen, Vorgänge, Fertigungen, Betriebe oder Wirtschaftszweige — durch Zuordnung zu diesen Stufen oder durch vergleichende Betrachtung zu kategorisieren und den Grad der Mechanisierung meßbar zu machen. Nachdem bisher der Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad qualitativ als Stufe in einem System der Klassifizierung der technischen Entwicklung betrachtet wurde, wird nunmehr in erster Linie die quantitative Erfassung der Mechanisierungs- und Automatisierungsgrade erörtert.

Der einfachste Fall liegt vor, wenn die Untersuchungsobjekte den einzelnen Stufen zugeordnet werden. Dadurch erhält man meist Verteilungsfunktionen, die in ihrer Lage und Form zu beurteilen sind.

Schwieriger werden die Verhältnisse, wenn die Stufung so breit gewählt ist, daß innerhalb der Stufung noch Qualitätsunterschiede bestehen. Dann genügt es oft nicht, eine einfache Ja-Nein-Aussage, d. h. das Untersuchungsobjekt sei einer bestimmten Stufe zugehörig oder nicht, zu treffen.

3.1 Fragen der Bewertung

Im allgemeinen wird immer eine Bewertung notwendig sein, die bestimmten mechanisierten Vorgängen gegenüber anderen mechanisierten Vorgängen den Vorrang gibt. Ein einfaches Beispiel möge dies verdeutlichen:

Hat eine Maschine mit selbsttätiger Teilezufuhr, bei der jedoch die bearbeiteten Teile von einer Bedienungsperson aus der Maschine genommen werden müssen, einen höheren Mechanisierungsgrad als eine Maschine mit Werkstückeingabe von Hand und selbsttätiger Ausgabe der bearbeiteten Teile? In solchen Fällen, wie sie häufig bei konkreten Analysen von Betriebsabläufen auftreten, hilft ein Bewertungsschema, das jedoch aufgrund der Wahl des Gesichtspunktes der Bewertung mehr oder weniger subjektiv ist. Das Bewertungsschema wird sich meist an den anfallenden oder eingesparten Kosten je Arbeitsgang, dem Arbeitsaufwand, der Betriebssicherheit, der Zuverlässigkeit und ähnlichem ausrichten.

3.2 Erfassung durch Kenngrößen

Der Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad läßt sich weiterhin auch über Kenngrößen (z. B. Investitionen, Stromverbrauch, Anteil der Maschinenarbeiter oder -zeiten) erfassen. Die Abhängigkeit der Kenngröße vom Mechanisierungs-

grad wird im allgemeinen innerhalb einer Stufe stetig sein. Beim Übergang von einer Stufe zur anderen können Unstetigkeiten in der Kenngrößenfunktion $\text{Kenngröße} = f(\text{Mechanisierungsgrad})$ auftreten (Bild 3).

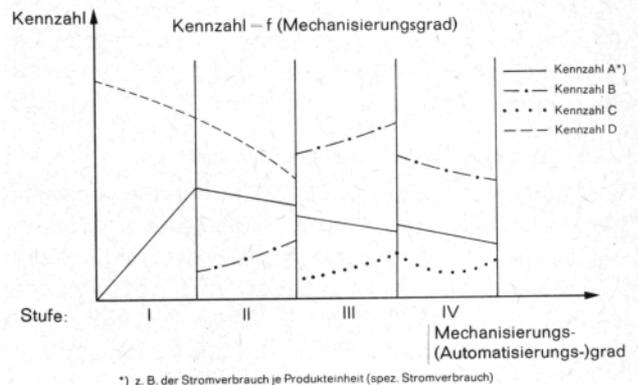


Bild 3: Mögliche Zusammenhänge zwischen Kennzahlen und dem Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad

Die Kenngrößen können eine direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad sein; sie können aber auch nur indirekt mit der Mechanisierung und Automatisierung zusammenhängen, wobei ein klarer funktionsmäßiger Zusammenhang in Verbindung mit anderen Veränderungen und Bestimmungsgrößen oder nur eine Korrelation bestehen kann. Produktivitätskennzahlen fallen zum Beispiel unter diese Rubrik.

Bild 3 erläutert Abhängigkeiten der Kenngrößen vom Mechanisierungsgrad. Auf der Abszisse sind die Mechanisierungsstufen als Abschnitte I, II, III, IV usw. aufgetragen, I sei z. B. Handarbeit mit Elektrowerkzeugen, II Arbeiten mit kleinen Maschineneinheiten, III Arbeiten mit Maschinengruppen, IV Arbeit mit Transferstraßen. Das Bild 3 zeigt mögliche Kurvenverläufe. In der unteren Mechanisierungsstufe kann eine Kenngröße, wie der Stromverbrauch je Produkteinheit durch steigende Verwendung von Werkzeugen mit Hilfsenergie, ansteigen. An den Übergangsstellen von einer Stufe zur anderen können Sprünge und Knickpunkte (Unstetigkeiten) auftreten. Es gibt Kennzahlen, die nur für einen bestimmten Bereich der Abszisse Gültigkeit haben. Zum Beispiel wäre die Auszahlung der repetitiv Arbeitenden in einem Betrieb mit viel Handarbeit und maschinell angetriebenen Handwerkszeugen zur Ermittlung des Mechanisierungsgrades kaum sinnvoll. Sprünge im Kurvenverlauf am Übergang von einer Stufe zur anderen treten auf, wenn Kennzahlen nur bestimmte Gesichtspunkte der Mechanisierungsmaßnahme berücksichtigen, wie etwa den Investitionsaufwand oder die Anzahl der Meß- und Regelgeräte.

3.3 Allgemeine mathematische Formulierung

Bei der Beschreibung der Erfassung des Mechanisierungsgrades durch Kenngrößen im vorigen Abschnitt wurde angenommen, daß der Mechanisierungsgrad, der auf der Abszisse abgetragen wird, skalierbar und meßbar ist. Es soll nun versucht werden, eine objektive Maßskala für den Mechanisierungsgrad zu definieren. Hierzu betrachtet man die Mechanisierung und Automatisierung in verschiedenen Ebenen:

3.3.1 Die Mechanisierung des Grundvorganges

Der Arbeitsprozeß wird in Elementarvorgänge aufgeteilt. Ein nicht mehr aufteilbares Element wird als Grundvorgang bezeichnet. Bei jedem Grundvorgang betrachtet man eine Tätigkeit, die sich in einer Änderung des Materials, der Energie, der Information, des Werkzeugs und sonstiger Hilfsmittel oder der Hilfsstoffe äußert. Bild 4 zeigt ein Schema des Grundvorganges. Man stellt sich einen Fluß des Mediums, z. B. des Materials, der Energie, der Information, der Werkzeuge oder der Hilfsstoffe, vor. Der Grundvorgang bewirkt eine Änderung des Mediums. Die Änderung kann durch direkten Eingriff des Menschen oder selbsttätig erfolgen. Je gründlicher der analysierte Prozeß in Elementarvorgänge unterteilt ist, um so weniger werden sich Übergänge zwischen den beiden Aussagen „direkter Eingriff des Menschen“ (Mechanisierungsgrad 0) und „selbsttätige Änderung“ (Mechanisierungsgrad bzw. Automatisierungsgrad 1) finden lassen. Dieser Ansatz zeigt, daß Mechanisierung und Automatisierung hier nicht unterschieden werden können. Betrachtet man ein Element eines Prozesses, das nicht mehr weiter aufgliederungsfähig ist, so sind eben nur zwei Möglichkeiten denkbar: entweder der Eingriff des Menschen ist notwendig oder er ist nicht notwendig; dann erfolgt die Änderung selbsttätig. Im folgenden wird auf diesem Mechanisierungsgrad des Elementarvorganges, der mit μ_G bezeichnet wird, aufgebaut.

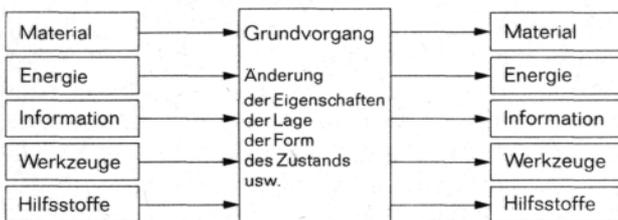
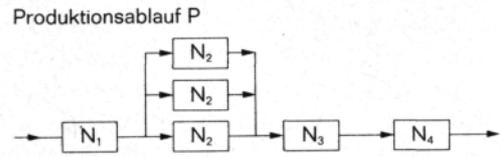


Bild 4: Schema des Grundvorganges

3.3.2 Die Mechanisierung einer Folge von Grundvorgängen

Zur Festlegung des Mechanisierungsgrades einer Produktionsfolge, die sich aus mehreren Grundvorgängen zusammensetzt, bedient man sich eines Schemas nach Bild 5. Ein Produktionsablauf setzt sich aus den Grundvorgängen $N_1, N_2, N_3 \dots N_i$

zusammen. Die Grundvorgänge $N_1, N_2, N_3 \dots N_i$ haben im Produktionsablauf P unterschiedliche Mechanisierungsgrade des Grundvorganges μ_{Gi} .



Grundvorgang:	N_1	N_2	N_3	N_4
Zahl der Vorgänge:	$n_1 = 1$	$n_2 = 3$	$n_3 = 1$	$n_4 = 1$
Mechan.-Grad (des Grundvorganges):	μ_{G1}	μ_{G2}	μ_{G3}	μ_{G4}
Bewertung des Grundvorganges:	c_{F1}	c_{F2}	c_{F3}	c_{F4}

Mechanisierungsgrad des Produktionsablaufes P:

$$\mu_F = \frac{n_1 \mu_{G1} \cdot c_{F1} + n_2 \mu_{G2} c_{F2} + n_3 \mu_{G3} c_{F3} + n_4 \mu_{G4} c_{F4}}{n_1 c_{F1} + n_2 c_{F2} + n_3 c_{F3} + n_4 c_{F4}}$$

Bild 5: Schema des Produktionsablaufes P

Die Kennziffer für den Mechanisierungsgrad der Produktionsfolge erhält man als Verhältnis der Summe der mechanisierten Grundvorgänge der Folge zur Summe aller Grundvorgänge der Produktionsfolge:

$$\mu_F = \frac{\sum n_i \mu_{Gi} c_{Fi}}{\sum n_i c_{Fi}} \quad [1]$$

Der Faktor c_F bewertet — als Gewichtungssystem — die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade, Leistungen und Wirkungen der Grundvorgänge. n_i gibt an, wie oft ein Grundvorgang N_i gleichen Mechanisierungsgrades und gleicher Bewertung innerhalb einer Produktionsfolge auftritt.

Der übliche Gebrauch des Wortes „Grad“ in Wortverbindungen wie Wirkungsgrad, Einsatzgrad, Ausnutzungsgrad und Aufmerksamkeitsgrad deutet bereits an, daß jeweils ein Teilaspekt einer Sache im Vergleich zu dem Gesamtaspekt betrachtet wird. Die Bezeichnung „Grad“ deutet auf das Verhältnis zweier Größen gleicher Art hin. Es handelt sich bei der Angabe eines Grades fast durchweg um einen Quotienten, bei dem eine Teilmenge auf eine Gesamtmenge bezogen ist.²⁾ Nach dem gleichen Prinzip sind die hier angeführten Formeln aufgebaut.

3.3.3 Die Mechanisierung einer Menge verschiedener Folgen und Vorgänge

Zur Charakterisierung des Mechanisierungsgrades einer Menge verschiedener Produktionsfolgen oder -vorgänge P_i dient der Mechanisierungs-

¹⁾ Hier und in den folgenden Formeln müßte korrekterweise der Index „ N_i “ anstelle „ i “ auftreten, also etwa n_{N_i} statt n_i und c_{FN_i} statt c_{Fi} . Darauf wird hier verzichtet.

²⁾ siehe auch DIN 5485 Ausgabe 7.60: „Verwendung der Wörter Konstante, Koeffizient, Zahl, Faktor, Grad und Maß“.

grad der Menge μ_M . Er kann auch als Mechanisierungsgrad der Verbreitung oder als Verbreitung der Mechanisierung betrachtet werden. Er basiert auf dem Vergleich einer mechanisierten Menge zu der Gesamtmenge. Er wird ausgedrückt durch den Quotienten:

$$\mu_M = \frac{\sum p_i \mu_{F_i} c_{M_i}}{\sum p_i c_{M_i}} \quad [2]$$

Der Faktor c_M enthält Bewertungen, die die unterschiedlichen Leistungen und Wirkungen der einzelnen Anlagen oder der jeweiligen Maschinen u. ä. berücksichtigen, p_i gibt an, wie oft ein Produktionsablauf P_j gleichen Mechanisierungsgrades und gleicher Bewertung innerhalb einer Menge verschiedener Produktionsfolgen auftritt. Die Abstufung: Grundvorgang, Folge, Menge ist selbstverständlich keine starre Stufung. Genaue Analysen können zu Zwischenstufen führen. Der ursprünglich als Grundvorgang angesehene Prozeß kann wiederum aufteilbar sein. Bei überschlüssigen oder weniger aufwendigen Erhebungen kann man auf Abstufungen verzichten. Aus dem Aufbau der Formeln ist ersichtlich, daß sie jeweils analog für andere Anwendungsfälle meist nur durch Änderung der Indices aufgebaut werden können. Kennzahlen für die Automatisierung und Mechanisierung, die den in den Formeln dargelegten Grundsätzen entsprechen, werden im allgemeinen aussagekräftiger sein als solche, die nach anderen Prinzipien aufgebaut sind. Durch die Bildung eines Quotienten aus einer Teilmenge, bezogen auf die Gesamtmenge, entfällt die Dimension, wodurch die Kennzahlen Vergleiche zwischen verschiedenen Untersuchungsobjekten eher zulassen als dimensionsbehaftete Kenngrößen.

3.4 Produktivität, Mechanisierung und Automatisierung

Diese Untersuchung befaßt sich mit den Möglichkeiten, technische Veränderungen über die Mechanisierung und Automatisierung oder vielmehr über die Vorstellungen, die man mit den Begriffen „Mechanisierung“ und „Automatisierung“ verbindet, zu erfassen und zu messen. Die Analyse geht hier primär von technischen und betrieblichen Gegebenheiten aus und nur hilfsweise werden wegen des Fehlens von Bewertungseinheiten, die zu vergleichbaren Zahlen oder überhaupt zu zählbaren Mengen führen, wirtschaftliche Maßeinheiten verwendet. Abgesehen von den zahlreichen Versuchen, den technischen Fortschritt ökonomisch über Produktivitätszerlegungen und Produktionsfunktionen zu erfassen, sind die Ansätze, über technische und betriebliche Größen empirische Aussagen über den Fortschritt der Technik zu gewinnen, spärlich. Im folgenden werden verschiedene Ansätze behandelt, aus technologischer Sicht den technischen Stand,

ausgedrückt durch die Stichworte „Mechanisierungsgrad“ und „Automatisierungsgrad“, zu erfassen.

3.5 Liste der Bestimmungsgrößen für Kennzahlen der Mechanisierung und Automatisierung

Man kann die in der Literatur aufgeführten Kennzahlen in vier Rubriken unterteilen:

1. Daten, die Menschen betreffen; als Dimension und Zählgrößen dienen die Zahl der Menschen oder der menschlichen Tätigkeiten, Zeiten der menschlichen Tätigkeit (z. B. Arbeitszeiten) und Werte (z. B. Löhne und Gehälter).
2. Daten, die Maschinen betreffen; die Erfassung kann über die Anzahl, über Zeitgrößen oder über Wertgrößen erfolgen.
3. Daten, die die Produktion betreffen; neben der Anzahl der Produkte, den Zeiten und den Werten können hier noch verschiedene physikalische Größen als Einheit auftreten.
4. Daten, die das Kapital betreffen; hier kommen nur Werteinheiten als Dimension infrage.

In der Liste ist in einer Spalte eine Bewertung des Informationsstandes für westdeutsche Verhältnisse versucht.

Dabei bedeutet

- 1 es werden Zahlen regelmäßig veröffentlicht
- 2 Zahlen werden unregelmäßig veröffentlicht
- 3 Zahlen sind vorhanden, aber nicht veröffentlicht, meist betriebsinterne Zahlen
- 4 Zahlen, deren Erfassung möglich wäre
- 5 Zahlen, deren Erfassung möglich wäre, wobei jedoch die Erfassung aufwendig ist
- 0 Erfassung von Zahlen kaum denkbar.

Innerhalb der Spalte ist unterschieden zwischen Zahlen für verschiedene Betriebe und Unternehmen und Zahlen für einzelne Wirtschaftszweige oder die gesamte Volkswirtschaft.

3.6 Kombination der Bestimmungsgrößen zu Kennzahlen

Die in der Liste aufgeführten Bestimmungsgrößen können nun zu Kennzahlen kombiniert werden. Da es sich meistens um die Bildung eines Quotienten aus zwei — oder in besonderen Fällen auch mehr — Bestimmungsgrößen handelt, ist eine zweidimensionale Darstellung, wie in der Tabelle 1 angeführt, günstig. Auf den beiden Achsen sind die Bestimmungsgrößen in der gleichen Reihenfolge wie in der Liste des vorangegangenen Abschnitts angeführt. Die Daten sind wie in der Liste unterteilt in solche, die Menschen, die Maschinen, die die Produktion und die das Kapital betreffen. Eine weitere Rubrik ist mit „1“ bezeichnet; das soll andeuten, daß eine Bestimmungsgröße an sich oder ihr Kehrwert als Kenn-

Liste der Bestimmungsgrößen der Mechanisierung und Automatisierung

Kategorien	Bewertung des Informationsstandes	
	Betriebe Unternehmen	Wirtsch.-Zweige Volkswirtschaft.
Menschen:		
Manuell Arbeitende	4	4 - 5
Manuelle Verfahrensschritte	4	0
„Mechanisch“ Arbeitende (Bedienen)	4	4 - 5
Arbeiter an Automaten (Beob., Überw.)	4	4 - 5
Arbeitsplätze an Masch. u. Apparaten	4 - 3	0
Arbeitsplätze an Automaten	4 - 3	4 - 5
Nicht repetitiv Arbeitende	4	0
Nicht repetitiv und repetitiv Arbeitende	1	1
Bereitschaftszeit, ohne tätig zu sein	5 - 6	0
Hilfskräfte, Handlanger	3 - 4	2
Facharbeiter und angelernte Arbeiter	2 - 3	2
Einrichter, Kontrolleure	3 - 4	5
Meister	3 - 4	2, 5
Techniker, Ingenieure	2 - 3	2, 4
Arbeitsvorbereiter	3 - 4	5
„white collar“ in der Produktion	4	4 - 5
„blue collar“ in der Produktion	4	4 - 5
Gesamtarbeitsplätze	2 - 3	5
Arbeiter in der Produktion	2 - 3	2, 5
Beschäftigte i. d. Produktion (Fert.-Zeit)	2 - 3	4 - 5
Produktionsarbeiter und Ingenieure mit Überwachungs- und Kontrolltätigkeit	4	5
Gesamtbeschäftigte	1 - 2	1
Maschinen:		
Maschinen und Automaten	3 - 4	0
Mechanisierte Maschinen und Anlagen	4	1 ³⁾ , 5
„Teil“ automatisierte Masch. u. Anlagen	4	0
„Hoch“ automatisierte Masch. u. Anlagen	2 - 3	0
„Voll“ automatisierte Masch. u. Anlagen	2 - 3	0
Meß-, Regel- und Steuergeräte	4 - 5	0
Funktionen, Verfahrensschritte	4 - 5	0
Mechanische Schritte	4 - 5	0
Automatische Schritte	4 - 5	0
Produktion:		
Produktion (Netto-)	3	1
Produktion best. Waren u. Warengruppen	3 - 2	1
Max.-techn. Ausstoß (Vollauslastung)	3 - 4	5
Erzeugung d. mechanisierten Maschinen	2 - 4	5
Erzeugung der automatisierten Masch.	2 - 4	4 - 5
Energieverbrauch	3	1
Vermögen und Kapital:		
Anlagevermögen	1 ⁴⁾ 5)	1 ⁴⁾ 5)
Maschinen und maschinelle Anlagen	1 ⁴⁾	4
Fertigungsanlagekosten (Abschreibungs-, Unterhaltungs- und Zinskosten für die unmittelbar der Fertigung dienenden Maschinen und Automaten)	3 - 5	5
Investitionen	1 ⁵⁾	1
Rationalisierungsinvestitionen	3 - 4	0
Neuinvestitionen (ohne Ersatzinvest.)	2 - 4	2 ⁴⁾
Bruttoausrüstungsinvestitionen	1	1
Kapitalkosten (Abschreibungen für Anlagen — Afa und Zinsen)	3	z. T. 1 ⁴⁾
Umsatz	1 ⁴⁾	1

³⁾ für die Bauindustrie

⁴⁾ Differenz zwischen veröffentlichten und „wahren“ Werten

⁵⁾ bei Aktiengesellschaften

größe in Frage kommt, d. h. die Kenngröße ist ein Quotient, dessen Nenner bzw. dessen Zähler eine „1“ ist. Die Systematik ist so aufzufassen, daß die Bestimmungsgrößen in den Spalten im Zähler des Quotienten stehen, während die Bestimmungsgrößen in den Zeilen im Nenner stehen.

Nach den Ausführungen in Abschnitt 3.3, S. 104; sind immer dann direkte Kennzahlen für die Mechanisierung und Automatisierung zu erwarten, wenn eine Teilmenge auf die entsprechende Gesamtmenge bezogen wird. In der Darstellung innerhalb der Tabelle sind diese Kennzahlen in den Feldern, die durch die Diagonale von links oben nach rechts unten gekennzeichnet sind.

Bezieht man jede der hier aufgeführten 46 Bestimmungsgrößen auf die andere und erkennt die Reziprokwerte als besondere Kennzahl nicht an, so ergeben sich $(46^2 - 46)/2 = 1035$ Kennzahlen. Berücksichtigt man noch, daß teilweise als Zählgrößen die Anzahl (Menschen, Verfahren, Maschinen), Zeiten und Werte in Frage kommen, so vervielfacht sich die Zahl und man kann ohne Mühe einige tausend Kennzahlen definieren. (Maximal 9453 Kombinationsmöglichkeiten, wenn alle Bestimmungsgrößen in drei verschiedenen Dimensionen meßbar wären, wobei jedoch auch unvernünftige und unbrauchbare Kombinationen auftreten.) Man ersieht daraus, daß es nicht darum geht, mögliche Kennzahlen festzulegen, sondern aus einer vorhandenen Anzahl von Bestimmungsgrößen einige wenige Kennzahlen herauszusuchen, die aussagekräftig sind und für die Zahlenmaterial zur Verfügung steht oder beigebracht werden könnte. In einzelnen Feldern der Tabelle sind daher an bestimmten Stellen Kennzahlen markiert, die als Maßzahlen für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad besonders in Frage kommen. Es wird unterschieden zwischen direkten Maßzahlen für die Mechanisierung und Automatisierung mit den Symbolen • und ◦, wobei die direkten Maßzahlen, die bereits in praktischen Auswertungen verwendet wurden, durch das Symbol • gekennzeichnet sind, und mit dem Symbol (◦) solche Maßzahlen, die nur mit Vorbehalten für die Mechanisierung und Automatisierung herangezogen werden können, da sie von anderen Einflußgrößen mitbestimmt werden. Weiterhin sind noch indirekt mit der Mechanisierung und Automatisierung zusammenhängende Kennzahlen mit dem Symbol × aufgeführt und letztlich Hilfszahlen zur Bestimmung oder Bewertung der Maßzahlen für Mechanisierungs- und Automatisierungsgrade, die mit „h“ bezeichnet werden. Die Hilfszahlen können als Koeffizienten aufgefaßt werden, die bei der Summierung und Zusammenfassung verschiedener Kenngrößen berücksichtigt werden müssen. Die Ziffern in den Markierungen verweisen auf die Fundstelle im Literaturverzeichnis.

Tab. 1 Systematik zur Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung

Kategorie	Dimension	lfd. Nr.	Bestimmungsgröße im Nenner Bezeichnung	Bestimmungsgröße im Zähler (Bezeichnung durch laufende Nummer)																					
				Menschen																					
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
Menschen	Anzahl, Zeiten, Werte (Löhne, Gehälter)	1	Manuell Arbeitende	■																					
		2	Manuelle Verfahrensschritte		■																				
		3	Mechanisch Arbeitende (bedienen)			■																			
		4	Arbeiter an Automaten (beob., überw.)				■																		
		5	Arbeitsplätze an Masch. u. Apparaten					■																	
		6	Arbeitsplätze an Automaten						■																
		7	Nicht repetitiv Arbeitende							■															
		8	Nicht repetitiv und repetitiv Arbeitende								o 45	■													
		9	Bereitschaftszeit ohne tätig zu sein										■												
		10	Hilfskräfte, Handlanger											■											
		11	Facharbeiter und angelernte Arbeiter												■										
		12	Einrichter, Kontrolleure													■									
		13	Meister														■								
		14	Techniker, Ingenieure															■							
		15	Arbeitsvorbereiter																■						
		16	„white collar“ in der Produktion																	■					
		17	„blue collar“ in der Produktion																		■				
		18	Gesamtarbeitsplätze								o	o													
		19	Arbeiter in der Produktion	● 30		● 24 30	● 24 30															×	×		
		20	Beschäftigte i. d. Produktion (Fert.-Zeit)	o		o 42	o 42									o						×	×		
		21	Produktionsarbeiter und Ingenieure mit Überwachungs- und Kontrolltätigkeit																						
		22	Gesamtbeschäftigte	(o)		(o)	(o)															×	×		
Maschinen	Anzahl, Zeiten, Werte	23	Maschinen und Automaten																						
		24	Mechanisierte Maschinen und Anlagen																						
		25	„Teil“ automatisierte Masch. u. Anlagen																						
		26	„Hoch“ automatisierte Masch. u. Anlagen																						
		27	„Voll“ automatisierte Masch. u. Anlagen																						
		28	Meß-, Regel- und Steuergeräte																						
		29	Funktionen, Verfahrensschritte																						
		30	Mechanische Schritte																						
		31	Automatische Schritte																						
		Produktion	Anzahl, phys. Größen, Zeiten, Werte	32	Produktion (Netto-)																				
33	Produktion best. Waren o. Warengruppen																								
34	Max. techn. Ausstoß (Vollauslastung)																								
35	Erzeugung d. mechanisierten Maschinen																								
36	Erzeugung d. automatisierten Maschinen																								
37	Energieverbrauch																								
Vermögen und Kapital	Werte	38	Anlagevermögen																						
		39	Maschinen und maschinelle Anlagen																						
		40	Fertigungsanlagekosten *)																						
		41	Investitionen																						
		42	Rationalisierungsinvestitionen																						
		43	Neuinvestitionen (ohne Ersatz)																						
		44	Bruttoausrüstungsinvestitionen																						
		45	Kapitalkosten (Afa + Zinsen)																						
		46	Umsatz																						
Nenner = 1																									

Zeichenerklärung

- o = direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- = bereits in Auswertungen verwendete direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- (o) = Maßzahl mit Vorbehalten

- × = sonstige bereits in Auswertungen verwendete Kennzahl, jedoch nur indirekt mit Mechanisierung und Automatisierung zusammenhängend
- h = Hilfszahl zur Bestimmung oder Bewertung der Maßzahlen für Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad

*) Abschreibungs-, Unterhaltungs- und Zinskosten für die unmittelbar der Fertigung dienenden Maschinen und Automaten
Die Ziffern geben die Nummern im Literaturverzeichnis an

noch Tab. 1 Systematik zur Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung

Kategorie	Dimension	ifd. Nr.	Bestimmungsgröße im Nenner Bezeichnung	Bestimmungsgröße im Zähler (Bezeichnung durch laufende Nummer)																			
				Menschen																			
				13	14	15	16	17	18	19	20	21	22										
Menschen	Anzahl, Zeiten, Werte (Löhne, Gehälter)	1	Manuell Arbeitende																				
		2	Manuelle Verfahrensschritte																				
		3	Mechanisch Arbeitende (bedienen)																				
		4	Arbeiter an Automaten (beob., überw.)																				
		5	Arbeitsplätze an Masch. u. Apparaten																				
		6	Arbeitsplätze an Automaten																				
		7	Nicht repetitiv Arbeitende																				
		8	Nicht repetitiv und repetitiv Arbeitende																				
		9	Bereitschaftszeit ohne tätig zu sein																				
		10	Hilfskräfte, Handlanger																				
		11	Facharbeiter und angelernte Arbeiter																				
		12	Einrichter, Kontrolleure																				
		13	Meister		■																		
		14	Techniker, Ingenieure			■																	
		15	Arbeitsvorbereiter				■																
		16	„white collar“ in der Produktion					■															
		17	„blue collar“ in der Produktion						■														
		18	Gesamtarbeitsplätze							■													
		19	Arbeiter in der Produktion								■												
		20	Beschäftigte i. d. Produktion (Fert.-Zeit)		×							■										● 29	
		21	Produktionsarbeiter und Ingenieure mit Überwachungs- und Kontrolltätigkeit										■										
		22	Gesamtbeschäftigte				×	×						×									
Maschinen	Anzahl, Zeiten, Werte	23	Maschinen und Automaten																				
		24	Mechanisierte Maschinen und Anlagen																				
		25	„Teil“ automatisierte Masch. u. Anlagen																				
		26	„Hoch“ automatisierte Masch. u. Anlagen																				
		27	„Voll“ automatisierte Masch. u. Anlagen																				
		28	Meß-, Regel- und Steuergeräte																				
		29	Funktionen, Verfahrensschritte																				
		30	Mechanische Schritte																				
		31	Automatische Schritte																				
		Produktion	Anzahl, phys. Größen, Zeiten, Werte	32	Produktion (Netto-)																		
33	Produktion best. Waren o. Warengruppen																						
34	Max. techn. Ausstoß (Vollauslastung)																						
35	Erzeugung d. mechanisierten Maschinen																						
36	Erzeugung d. automatisierten Maschinen																						
37	Energieverbrauch																						
Vermögen und Kapital	Werte	38	Anlagevermögen																				
		39	Maschinen und maschinelle Anlagen																				
		40	Fertigungsanlagekosten *)																				
		41	Investitionen																				
		42	Rationalisierungsinvestitionen																				
		43	Neuinvestitionen (ohne Ersatz)																				
		44	Bruttoausrüstungsinvestitionen																				
		45	Kapitalkosten (Afa + Zinsen)																		×		×
		46	Umsatz																				
Nenner = 1																							

Zeichenerklärung

- o = direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- = bereits in Auswertungen verwendete direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- (o) = Maßzahl mit Vorbehalten

- ×
- h = Hilfszahl zur Bestimmung oder Bewertung der Maßzahlen für Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad

*) Abschreibungs-, Unterhaltungs- und Zinskosten für die unmittelbar der Fertigung dienenden Maschinen und Automaten
Die Ziffern geben die Nummern im Literaturverzeichnis an

noch Tab. 1 Systematik zur Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung

Kategorie	Dimension	lfd. Nr.	Bestimmungsgröße im Nenner Bezeichnung	Bestimmungsgröße im Zähler (Bezeichnung durch laufende Nummer)																		
				Maschinen																		
				23	24	25	26	27	28	29	30	31										
Menschen	Anzahl, Zeiten, Werte (Löhne, Gehälter)	1	Manuell Arbeitende																			
		2	Manuelle Verfahrensschritte		h 23																	
		3	Mechanisch Arbeitende (bedienen)																			
		4	Arbeiter an Automaten (beob., überw.)							h 23												
		5	Arbeitsplätze an Masch. u. Apparaten																			
		6	Arbeitsplätze an Automaten																			
		7	Nicht repetitiv Arbeitende																			
		8	Nicht repetitiv und repetitiv Arbeitende																			
		9	Bereitschaftszeit ohne tätig zu sein																			
		10	Hilfskräfte, Handlanger																			
		11	Facharbeiter und angelernte Arbeiter	o 44	o 44	o 44	o 44	o 44	o 44													
		12	Einrichter, Kontrolleure																			
		13	Meister																			
		14	Techniker, Ingenieure																			
		15	Arbeitsvorbereiter																			
		16	„white collar“ in der Produktion																			
		17	„blue collar“ in der Produktion																			
		18	Gesamtarbeitsplätze																			
		19	Arbeiter in der Produktion	o 42	o 42	o 42						o										
		20	Beschäftigte i. d. Produktion (Fert.-Zeit)	o 43	o 48	o	o	o 48	o													
		21	Produktionsarbeiter und Ingenieure mit Überwachungs- und Kontrolltätigkeit																			
		22	Gesamtbeschäftigte	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)														
Maschinen	Anzahl, Zeiten, Werte	23	Maschinen und Automaten		• 20	o	• 20	o	o													
		24	Mechanisierte Maschinen und Anlagen																			
		25	„Teil“ automatisierte Masch. u. Anlagen																			
		26	„Hoch“ automatisierte Masch. u. Anlagen																			
		27	„Voll“ automatisierte Masch. u. Anlagen																			
		28	Meß-, Regel- und Steuergeräte																			
		29	Funktionen, Verfahrensschritte																			
		30	Mechanische Schritte																			
		31	Automatische Schritte																			
		34	Max. techn. Ausstoß (Vollauslastung)																			
Produktion	Anzahl, phys. Größen, Zeiten, Werte	32	Produktion (Netto-)																			
		33	Produktion best. Waren o. Warengruppen																			
		34	Max. techn. Ausstoß (Vollauslastung)																			
		35	Erzeugung d. mechanisierten Maschinen																			
		36	Erzeugung d. automatisierten Maschinen																			
Vermögen und Kapital	Werte	37	Energieverbrauch																			
		38	Anlagevermögen	x	o 42	o 42																
		39	Maschinen und maschinelle Anlagen																			
		40	Fertigungsanlagekosten *)																			
		41	Investitionen																			
		42	Rationalisierungsinvestitionen																			
		43	Neuinvestitionen (ohne Ersatz)																			
		44	Bruttoausstattungsinvestitionen																			
		45	Kapitalkosten (Afa + Zinsen)																			
		46	Umsatz																			
Nenner = 1																						

Zeichenerklärung

- o = direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- = bereits in Auswertungen verwendete direkte Maßzahl für den Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad
- (o) = Maßzahl mit Vorbehalten

- x = sonstige bereits in Auswertungen verwendete Kennzahl, jedoch nur indirekt mit Mechanisierung und Automatisierung zusammenhängend
- h = Hilfszahl zur Bestimmung oder Bewertung der Maßzahlen für Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad

*) Abschreibungs-, Unterhaltungs- und Zinskosten für die unmittelbar der Fertigung dienenden Maschinen und Automaten
Die Ziffern geben die Nummern im Literaturverzeichnis an

4. Typische Beispiele zur Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung durch Kennzahlen

Die nachfolgenden Beispiele sollen in Grundzügen und teils nur andeutungsweise die bisherigen praktischen Versuche zur Erfassung der Mechanisierung und Automatisierung verdeutlichen:

4.1 Der Automatisierungsgrad in der Textilindustrie

Für die Textilindustrie wählt H. G. *Schachtschabel* (20) als Kennzahl für den Automatisierungsgrad die Zahl der Anbau- und Vollautomaten, bezogen auf den gesamten Produktionsapparat. Diese Kennzahlen wurden für verschiedene Länder innerhalb der EWG für die Textilindustrie ermittelt, z. B. bringt *Schachtschabel* folgende Tabelle:

Tab. 2: Automatisierungsgrad in der Textilindustrie verschiedener Länder der EWG in den Jahren 1955 und 1962

Land	Automatisierungsgrad*)	
	1955	1962
Bundesrepublik	40 %	70 %
Frankreich	47,5 %	62 %
Italien	66,8 %	83,5 %
Niederlande	25,6 %	60,1 %
Belgien	27,8 %	41,9 %
EWG	48 %	68 %

*) $\frac{\text{Zahl der Anbau- und Webautomaten}}{\text{Gesamtzahl der Webstühle}} \cdot 100$

4.2 Die Automatisierung in der Nähmaschinen-Herstellung

Aufgrund einer Untersuchung im Jahre 1958 in einer Anzahl Unternehmen der Nähmaschinenindustrie in Italien (21) gibt P. Naville (21,21 a) folgende Berechnung der Automatisierung bei der Herstellung von Nähmaschinen an. Man bezieht die Maschinenzeit der Maschinen der verschiedenen Mechanisierungsstufen (1. Einzweckmaschinen, 2. Mehrzweckmaschinen, 3. Maschinen mit Meß- und Speichervorrichtung, 4. Mehrzweck-Universalmaschinen, 6. Mehrzweck-Rundtischmaschinen, 6. Transfermaschinen) auf die gesamte Fertigungszeit der Maschinen. Außerdem untergliedert man die Fertigung in die einzelnen Fertigungsabschnitte. Für eine „Gruppe“ von Unternehmen der Nähmaschinenindustrie stellt *Naville* folgende Tabelle 3 auf. In jedem Feld ist links unten der Prozentsatz der Maschinenzeit jeder Stufe, bezogen auf die Maschinenzeit der Maschinen aller Stufen, angegeben (alle diese Zahlen von links nach rechts gelesen ergeben die Verteilungsfunktion der Maschinenzeiten eines Fertigungsabschnittes über die verschiedenen Automatisierungsstufen). Die rechte obere Zahl ist die Maschinenzeit der Ma-

schinen innerhalb der einzelnen Fertigungsabschnitte, innerhalb einer Automatisierungsstufe, bezogen auf die gesamte Maschinenzeit der Maschinen einer bestimmten Automatisierungsstufe. (Die Zahlen geben von oben nach unten innerhalb einer Zeile gelesen, die Verteilungsfunktion der Maschinenzeit von Maschinen einer bestimmten Automatisierungsstufe über die verschiedenen Fertigungsabschnitte wieder.) Der Anteil der Maschinenzeit an der gesamten Fertigungszeit, einschließlich Handarbeit, wird hier als Kennzahl jedoch nicht erwähnt.

4.3 Mechanisierungs- und Automatisierungsgrade in der metallverarbeitenden Industrie der UdSSR

A. *Zvorykin* beschreibt die Art der Erfassung des Mechanisierungs- und Automatisierungsgrades an Beispielen der Wirtschaft der UdSSR (22, 23). Zunächst wird der Anteil P_m der Arbeiter W_m , die mechanisierte Arbeit durchführen, an der Gesamtarbeiterzahl W eines Betriebes, einer Fabrik, einer Industrie oder eines Industriezweiges bestimmt.

$$P_m = \frac{W_m}{W} \quad [3]$$

Der Quotient wird auch als Mechanisierungsgrad der Arbeit (24) bezeichnet. Als weitere Kennzahl wird die Zeit T_m für mechanisierte Arbeiten in Beziehung gesetzt zu der Gesamtarbeitszeit T der Arbeitskräfte.

$$B = \frac{T_m}{T} \quad [4]$$

Der Mechanisierungsgrad L_m ergibt sich aus der Kombination der beiden Kenngrößen P_m und B :

$$L_m = B \cdot P_m = \frac{W_m \cdot B}{W} \quad [5]$$

Man sieht, daß durch den Faktor B , der den Anteil der mechanisierten Arbeitszeit an der Gesamtarbeitszeit darstellt, eine Bewertung durchgeführt wird; ist also der Mechanisierungsgrad für eine Menge verschiedener Arbeitsfolgen und Arbeitsvorgänge zu bestimmen, so ist der Mechanisierungsgrad

$$L_m = \frac{\sum (W_{me} \cdot B)}{W} \quad [6]$$

worin W_{me} die Anzahl der jeweiligen Arbeiter ist, die mechanisierte Arbeit in einem Teil der Anlage des Betriebes oder der Fabrik ausüben. Als weitere Präzisierung der Formel werden von *Zvorykin* zur zusätzlichen Bewertung, neben dem Faktor B , die Faktoren C und D eingeführt. C ist ein Koeffizient, der die Anzahl der Maschinen, die ein Arbeiter bedient, berücksichtigt (z. B. bei Mehrmaschinenbedienung); D ist ein Koeffizient, der den Ausstoß einer Aufbaumaschine im Vergleich zu dem Ausstoß der Grundmaschine be-

Tab. 3 Kennzahlen der Automatisierung einer Anzahl italienischer Unternehmen der Nähmaschinenherzeugung nach (21, 21 a) im Jahre 1958

Fertigungsabschnitte	Automationsstufen												Insgesamt	
	1		2		3		4		5		6		d	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
Mechanische Fertigung	b		9,22		50,88		9,82		12,66		25,39			19,88
	a	20,14		72,99		0,85		3,48		2,54			100	
Blechbearbeitung	b		11,11		4,46		16,69							6,57
	a	74,26		21,55		4,19							100	
Gießen, Pressen und Folgefertigung	b		32,74		24,96		38,58		59,77		68,50			25,13
	a	46,89		29,99		3,40		12,86		6,86			100	
Vorbehandlung	b		7,93		1,70							0,67		4,26
	a	79,29		19,21							1,5		100	
Galvanik	b		0,45		0,73		8,42		10,05		1,48			1,55
	a	12,50		12,50		22,27		50,00		2,73			100	
Wärmebehandlung	b		1,46		0,80		26,49		2,63		4,63			2,00
	a	48,75		10,00		35,00		2,68		3,57			100	
Lackierung	b		16,32		0,68				8,29					7,89
	a	90,40		7,60				2,00					100	
Vormontage	b		20,29		8,66				6,60			4,43		14,56
	a	60,46		31,25				2,68			5,61		100	
Montage	b											94,90		16,31
	a										100		100	
Verpackung	b		0,48		7,13									1,85
	a	25,00		75,00									100	
Insgesamt			100		100		100		100		100			100
	c		49,93		30,29		2,41		4,87		2,16		17,34	

Erläuterung:

- a = Maschinenzeit der Maschinen einer Automationsstufe eines Fertigungsabschnittes bezogen auf die gesamte Maschinenzeit der Maschinen eines Fertigungsabschnittes
- b = Maschinenzeit der Maschinen einer Automationsstufe eines Fertigungsabschnittes bezogen auf die gesamte Maschinenzeit der Maschinen einer Automationsstufe
- c = gesamte Maschinenzeit der Maschinen einer Automationsstufe bezogen auf die gesamte Maschinenzeit der Fertigung
- d = gesamte Maschinenzeit der Maschinen eines Fertigungsabschnittes bezogen auf die gesamte Maschinenzeit der Fertigung

*) Zeile summiert sich zu 107 Prozent. Der Fehler ist aus den Daten in 21 a nicht eindeutig zu berichtigen.

rücksichtigt (z. B. höherer Ausstoß bei Mehrspindelmaschinen gegenüber den Einspindelmaschinen).

Als endgültige Formel gibt Zvorykin an:

$$L_{mp} = \frac{\sum (W_{me} \cdot B \cdot C \cdot D)}{\sum (W_{me} \cdot B \cdot C \cdot D) + \sum [W_{me} (1 - B)] + W_k} \quad [7]$$

Außer den bereits erläuterten Symbolen ist hier noch W_k als Symbol der Arbeiter, die Handarbeit ausführen, eingesetzt. Sie müssen in dieser

Formel getrennt angesetzt werden, da sie nicht mit den Faktoren B, C und D bewertet werden können. Der mittlere Ausdruck des Aggregates im Nenner stellt die Handarbeit dar, die von den Arbeitern, die an mechanisierten Maschinen arbeiten, neben der mechanisierten Arbeit auszuführen bleibt. Die Formel kann aufgefaßt werden als das Verhältnis der Arbeitsmenge, die durch mechanisierte Arbeit bewältigt wird, bezogen auf die Gesamtarbeitsmenge, die durch mechanisierte und nichtmechanisierte Arbeit ausgeführt werden muß.

Mechanisierte Arbeit wird von Arbeitern ausgeführt, die angetriebene Maschinen und Apparate bedienen oder die an chemischen Apparaten arbeiten und die automatisch arbeitende Maschinen überwachen. Handarbeit wird von Arbeitern erledigt, die weder Maschinen noch angetriebenes Werkzeug benutzen. Arbeiter, die beide Arten von Arbeit zu gleichen Teilen ausführen, werden als „mechanisierte“ Arbeiter gewertet.

Bei der Bestimmung des Automatisierungsgrades L_{ap} geht man genauso, wie vorher beschrieben, vor und kommt zu der Formel

$$L_{ap} = \frac{\sum (W_{ae} \cdot B \cdot C \cdot D)}{\sum (W_{me} \cdot B \cdot C \cdot D) + \sum [W_{me} (1 - B)] + W_k} \quad [8]$$

Die Symbole haben die gleiche Bedeutung wie vorher. W_{ae} sind die Arbeiter, die Automaten oder automatisierten Vorgängen zugeteilt sind. Bei allen Formeln ergeben sich Prozentsätze, wenn mit 100 multipliziert wird.

Als Beispiel wird der Mechanisierungsgrad in der metallverarbeitenden Industrie der Region Kherson der UdSSR angegeben (25).

Tab. 4: Mechanisierungsgrad in der metallverarb. Industrie der Region Kherson der UdSSR (o. A. d. Jahres, etwa 1962)

Unternehmung	Kennzahlen		
	Mech.- Grad d. Arbeit	Mech.- Grad unbewert.	Mech.- Grad bewertet
	P_m %	L_m %	L_{mp} %
Mechanische Bearbeitung	64,8	38,6	41,7
Gießerei	49,2	24,8	27,0
Schmieden und Pressen	61,8	23,2	24,8
Montage	28,7	17,6	25,0
Werkzeugbau	41,2	22,4	33,0
Transport	24,7	20,8	23,7
Sonstige	40,6	18,3	23,4
Metallverarbeitende Unternehmen insgesamt	56,8	33,6	36,8

4.4 Der Mechanisierungsgrad in der Industrie und im Bauwesen der UdSSR

Der Mechanisierungsgrad in der Industrie und im Bauwesen wird nach *Ryshow* (24) in der Sowjetunion durch zwei Kennzahlen beobachtet⁶⁾. Diese sind

- 1) der Mechanisierungsgrad des Produktionsprozesses als Verhältnis zwischen dem Umfang der Produktion bzw. der Arbeiten, die auf mechanisierte Weise bewerkstelligt wurden und dem gesamten Produktionsvolumen bzw. dem gesamten Umfang der durchgeführten Arbeiten.
- 2) Der Mechanisierungsgrad der Arbeit als Verhältnis der Arbeiter, die bei der mechanisier-

ten Arbeit beschäftigt sind, zur Gesamtzahl der Arbeiter, welche die mechanisierte und die manuelle Arbeit verrichten.

In der UdSSR werden nach *Ryshow* seit etwa 1952 bei Berufszählungen der Arbeiter nicht nur Angaben zur Berufsgliederung erfaßt, sondern auch Daten über den erreichten Mechanisierungsgrad der Arbeit innerhalb der Betriebe. Die Arbeiter werden entsprechend ihrer Tätigkeit in fünf Gruppen eingeteilt:

1. *Gruppe*: Arbeiter an Automaten zur Überwachung des mechanisierten Arbeitsablaufs (Einrichter, Einrichtermonteur; Arbeiter, die an automatischen Maschinenstraßen beschäftigt sind; Maschinenmeister der automatisierten Aggregate mit Überwachungsfunktion).

2. *Gruppe*: Arbeiter, die unmittelbar mit der Maschinenlenkung beschäftigt sind (Dreher, Fräser, Bohrer, Hobler, Bagger- und Kranführer sowie Führer anderer Maschinen, Traktoristen, Schrappführer, Kraftwagenfahrer, E-Lok-Führer, Apparatebediener u. a.).

3. *Gruppe*: Arbeiter, die zwar Maschinen und Mechanismen bedienen, aber die Arbeitsgänge manuell ausführen (Gehilfen von Maschinenführern und Apparatebedienern, Signalisierer u. a.).

4. *Gruppe*: Arbeiter, die ihre Arbeit manuell ausführen, aber nicht an Maschinen und Mechanismen (Erdarbeiter, Holzfäller, Ladarbeiter, Maurer, Zimmerer, Dachdecker, Klempner und sonstige Arbeitsberufe mit körperlich-manueller Arbeit).

5. *Gruppe*: Arbeiter, die mit der manuell auszuführenden Instandsetzung von Maschinen und Anlagen beschäftigt sind (Schmiede, Schlosser und sonstige Reparaturarbeiter).

Der Mechanisierungsgrad der Arbeit ist das Verhältnis der Arbeiterzahl der ersten drei Gruppen, bezogen auf die Gesamtarbeiterzahl.

Ergänzend sei erwähnt, daß die Aufgliederung der Arbeiter nach Arbeitsarten in zwei Gruppen, nämlich mechanisiert arbeitende und manuell arbeitende, die der Stufung in fünf Gruppen voranging, nach *Ryshow* wegen der Undifferenziertheit ungünstig war und in der Praxis eine Reihe von Schwierigkeiten auslöste.

4.5 Mechanisierungs- und Automatisierungskoeffizient in der volkseigenen Industrie der „DDR“

Ähnlich wie in der Sowjetunion werden auch in der „DDR“ Mechanisierungs- und Automatisierungskennzahlen definiert und zum Teil auch erfaßt (27, 28, 29, 30). Der *Mechanisierungskoeffizient* der Arbeit ist das Verhältnis der Zahl der Produktionsarbeiter an Maschinen und Anlagen, bezogen auf die Gesamtzahl der Produktionsarbei-

⁶⁾ In (26) wird davon berichtet, daß verschiedene russische Institute die Konzepte der Messung und der Klassifizierung der Mechanisierungsgrade vereinheitlichen und weiter ausarbeiten.

Tab. 5: Koeffizient der Technisierung, Mechanisierung und Automatisierung der Arbeit der Produktionsarbeiter in der volkseigenen Industrie der „DDR“ nach Industriebereichen (30)

Stand 10. Mai

Industriebereich	Koeffizient der Technisierung, Mechanisierung und Automatisierung der Arbeit										
	Technisierungskoeffizient				Mechanisierungskoeffizient				Automatisierungskoeffizient		
	1960	1962	1965	1966	1960	1962	1965	1966	1963	1965	1966
	Prozent										
Grundstoffindustrie	59,6	62,4	65,6	65,9	48,8	50,6	53,8	54,0	6,4	7,2	7,2
Metallverarbeitende Industrie	52,2	54,3	58,0	58,2	36,4	37,4	40,6	40,4	2,6	3,0	3,1
Leichtindustrie	62,6	64,7	65,6	66,3	46,3	47,7	47,3	47,8	3,6	4,1	4,2
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	48,5	52,6	59,1	61,4	41,4	44,5	51,0	52,5	4,7	5,5	5,5
Volkseigene Industrie zusammen	57,0	59,3	62,3	62,8	43,0	44,5	47,1	47,2	4,2	4,8	4,8

ter. Der *Automatisierungskoeffizient* der Arbeit ist das Verhältnis der Zahl der Produktionsarbeiter und des ingenieurtechnischen Personals, das Kontroll- und Überwachungsfunktionen an Maschinen und Anlagen ausübt, bezogen auf die Gesamtzahl der Produktionsarbeiter und des ingenieurtechnischen Personals mit Kontroll- und Überwachungsfunktionen. Für die Gesamtindustrie und einzelne Industriezweige wird außerdem noch ein *Technisierungskoeffizient* erfaßt, der das Verhältnis der Produktionsarbeiter, die überwiegend an Maschinen oder Anlagen oder mit energiebetriebenen Maschinenwerkzeugen arbeiten, zu der Gesamtzahl der Produktionsarbeiter ist. Die Tabelle 5 gibt eine Auswahl der Werte der Koeffizienten für die Jahre 1960 bis 1966 wieder.

Als weiteres Beispiel für eine Erfassung innerhalb eines speziellen Industriezweiges, den Gießereien, sei eine Erhebung durch die *Staatliche Zentralverwaltung* der „DDR“ im Jahre 1960 (28) angeführt.

Tab. 6: Mechanisierungskoeffizient der Arbeit in den Gießereien der „DDR“ im Jahre 1960 (28)

Formgußgruppe	Anteil der Produktionsarbeiter, die überwiegend mechanisierte Arbeiten verrichten*)
Grauguß	41,4 %
Temperguß	39,0 %
Stahlformguß	63,9 %
Leichtmetallformguß	35,2 %
Schwermetallformguß	35,7 %
Durchschnitt aller Formgußgruppen	45,3 %

*) entspricht dem Mechanisierungskoeffizienten der Arbeit

4.6 Der PC-Quotient in der metallverarbeitenden Industrie der USA

Bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit von Werkzeugmaschinen führt L. C. Hackmack (29)

einen Quotienten ein, der die Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschinen charakterisiert, den PC-Quotient (productivity criteria quotient).

Hackmack setzt voraus, daß ein direkter Zusammenhang zwischen der Leistung der Maschine und bestimmten Elementen der Auslegung und der Konstruktion der Maschine besteht. Jedem Kriterium wird ein bestimmtes Gewicht zugemessen. Der PCQ-Koeffizient ist der Quotient aus der gewichteten Summe aller Elemente, die sich während eines Jahres veränderten und der Gesamtzahl der Maschinen einer bestimmten Kategorie. Für ein Horizontal-Bohr- und -Fräswerk sind diese Elemente z. B. selbsttätige Steuerungen, Zuführungen und Geschwindigkeitseinstellungen, Lagerung und Führung, Ständerausführung, Kupplung, Schleichgang, Motorleistung, Einhaltung von Toleranzen und sonstiges.

Hier ist also der Versuch gemacht, die Produktivität durch technologische und konstruktive Elemente zu definieren. Für einige Maschinen wird auf diese Art und Weise die Produktivität in der folgenden Tabelle für den Zeitablauf von 1950 bis 1964 für die Vereinigten Staaten angegeben.

Tab. 7: Der PC-Quotient (productivity criteria quotient) für Maschinen der metallverarbeitenden Industrie in den USA für die Jahre 1950 bis 1964 nach Hackmack (31)

Maschinen	1950	1952	1954	1956	1958	1960	1962	1964
Horizontal-Bohr- und -Fräswerke	172	220	242	300	364	472	496	504
Radialbohrwerke	32	32	32	75	103	165	165	165
Revolverdrehbänke	188	213	253	343	373	465	478	505
Flächenschleifmaschinen	50	63	78	80	115	152	154	180
Fräsmaschinen	80	80	80	158	168	198	200	204
Metallsägen	12	12	32	50	72	96	99	105

Der PC-Quotient, wie er von *Hackamack* definiert wird, ist eigentlich ein Mechanisierungskoeffizient, der als direktes Maß für die Leistungsfähigkeit (Produktivität) der Maschine gewählt wird.

4.7 Aufstellung eines „Automationsindex“

Kinder und *Meyer* (32, 33) schlagen als Meßgröße für die Automatisierung ⁷⁾ das Verhältnis des Verbrauchs an Meß- und Regelgeräten zu den Bruttoausrüstungsinvestitionen vor. Der Verbrauch an Meß-, Regel- und Steuergeräten ergibt sich aus der Produktion abzüglich direktem oder indirektem Export und zuzüglich dem Import. Bezieht man die Produktion von ausgewählten elektrischen und pneumatischen bzw. mechanischen Meß-, Regel- und Steuergeräten auf die Bruttoausrüstungsinvestitionen der gesamten Wirtschaft, so erhält man einen Automatisierungsgrad der gesamten Wirtschaft, der nach den Berechnungen von *Kinder* und *Meyer* von 2,1 % im Jahre 1952 auf 4,3% im Jahre 1965 gestiegen ist. Der Automatisierungsgrad in der Industrie, der das Verhältnis des Verbrauchs in der Industrie an Meß-, Regel- und Steuergeräten zu den Bruttoausrüstungsinvestitionen der Industrie darstellt, betrug im Jahre 1965 8,4 % (33).

Wie bereits *Kinder* und *Meyer* andeuten, stellen die Produktion bzw. der Verbrauch von Meß-, Regel- und Steuergeräten einen bedeutenden Anteil der Automatisierungsmittel dar. Zur quantitativen Analyse der Mechanisierung und Automatisierung wäre es denkbar, dieses System auszubauen. Hierzu müßten weitere wichtige Warengruppen, die Einfluß auf die Maschinisierung und Automatisierung haben, erfaßt werden und gewichtet zu einer Kennzahl der Automatisierung summiert werden, die in Form eines „Automationsindex“ fortgeschrieben werden könnte. Wichtige Warengruppen wären neben den Meß-, Regel- und Steuergeräten (3671 und 3677 des Systematischen Warenverzeichnisses für die Industriestatistik) und den Betriebsmeß- und Kontrollgeräten aus dem Bereich Feinmechanik und Optik, die Warengruppen 3234 Flüssigkeitspumpen, 3258 Stetigförderer, 3282 Armaturen und weitere Untergruppen in der Warengruppe 36 (elektrotechnische Erzeugnisse) außer den bereits erwähnten Gruppen 3671 und 3677. Es würde zu weit führen, hier alle infrage kommenden Waren aufzuführen. Die Beispiele sollen nur zeigen, daß eine breite Auswahl von Produkten zur Aufstellung eines Automationsindex notwendig ist, um Feststellungen für einzelne Wirtschaftszweige oder für die gesamte Wirtschaft zu treffen.

Die Relation der Produktionsgrößen zur Gesamtproduktion, zu den Bruttoausrüstungsinvestitionen oder zu den Bruttozugängen auf Anlagekonto „Maschinen und maschinelle Anlagen, Werkzeu-

ge, Betriebs- und Geschäftsausstattung“ führt dann zu verhältnismäßig aussagekräftigen Zahlenreihen für die *Zunahme* der Mechanisierung und Automatisierung.

5. Aufstellung von Profilen und Verteilungsfunktionen

Bereits in Abschnitt 4.2 ist in Tabelle 3 (S. 112) eine Verteilungsfunktion der Automatisierung angegeben. Im folgenden seien einige Verfahren dieser Art zur Erfassung des Mechanisierungsgrades über die Aufstellung von Profilen und Verteilungen erläutert.

5.1 Mechanisierungsprofil nach Bright

Bright (2) unterteilt die zu untersuchende Fertigung, den Betrieb oder eine Anlage in einzelne Verfahrensschritte, Maschinen oder Funktionen und analysiert für jedes dieser Elemente die Stufe der Mechanisierung nach der von ihm aufgestellten Skala von 17 Mechanisierungsstufen (siehe S. 30—31, Teil 1, in Heft 2 der „Mitteilungen“) *Bright* bringt als Beispiel ein Profil für eine Anlage zur Herstellung von Schaumstoffmatratzen nach Bild 6.

Die Aussagekraft eines Profiles dieser Art ist größer als die Angabe eines summarischen Mechanisierungsgrades nach Abschnitt 3.3 (Formel 1 und 2 S. 104 und 105), da hier für jeden Arbeitsgang der Mechanisierungsgrad des Grundvorganges angegeben ist. Bewertet man die einzelnen Grundvorgänge zu gleichen Teilen, so entspricht der Gesamtmechanisierungsgrad der Fläche unterhalb dieses Profiles. Es wäre dann in Anlehnung an Formel 1 in Abschnitt 3.3:

$$\mu_F = \frac{\sum n \mu_G}{\sum n} \quad [9]$$

wobei der Bewertungsfaktor $c_F = 1$ gesetzt wurde. Bewertet man die Grundvorgänge in bezug auf die Möglichkeit zur Mechanisierung und Automatisierung unterschiedlich, so gibt das Profil erst nach der Korrektur anhand von Bewertungskoeffizienten den richtigen Sachverhalt wieder.

5.2 „Taxonomie“ der Automation nach Crossman

Crossman (6) entwickelte ein anderes Schema zur Erfassung der Automatisierung eines Prozesses. Bei der „Taxonomy of Automation“ geht *Crossman* in erster Linie von dem Informationsprozeß aus, der jedem Fertigungs- und Arbeitsprozeß zugeordnet werden kann. Er unterteilt den Informationsprozeß in Dateneingabe (Input), Verarbeitung, Speicherung und Datenausgabe (Output). Innerhalb dieser Abschnitte wird unterteilt

⁷⁾ Hier vor allem als Prozeß verstanden.

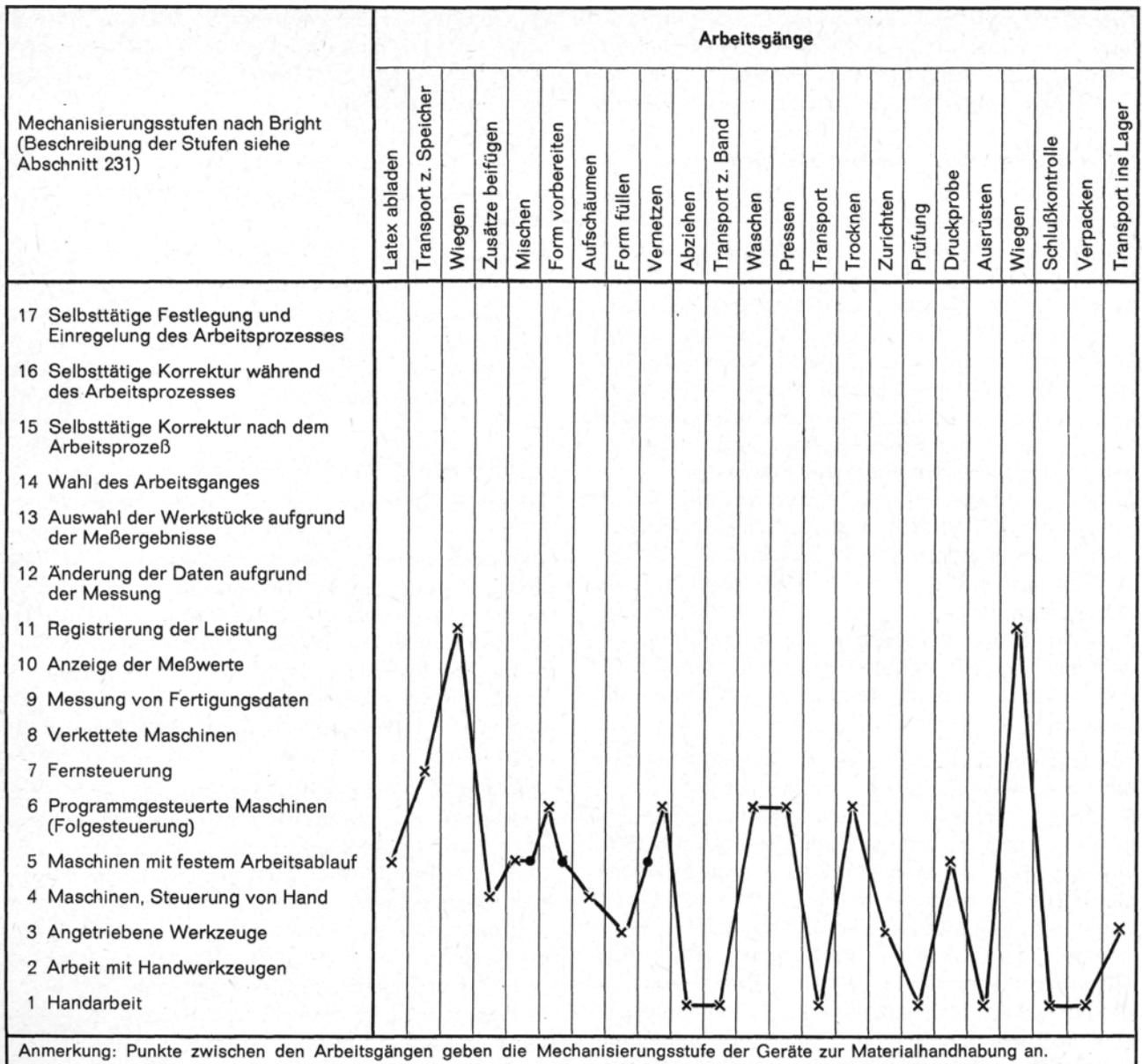


Bild 6: „Mechanisierungsprofil“ für eine Schaumstoffmatratzen-Herstellung in den USA nach Bright (2)

und gestuft. Die folgende Aufstellung gliedert den Informationsprozeß, der jeden Arbeitsvorgang durchdringt, auf und gibt ein Bewertungsschema.

1. Input

1.1 Art der Daten

Digital ^{a)} (1) — Eine kleine Anzahl von Eingabegrößen nicht-stetiger und einander ausschließender Art.

Analog (2) — scharf umgrenzte, kontinuierliche Veränderliche

Modellmäßig (3) — sonstige

1.2 Art der Rückkopplung

Offener Wirkungsablauf (0) — Eingangsdaten von den laufenden Ausgangsdaten unbeeinflusst

Geschlossener Wirkungsablauf (1) — Eingangsdaten teilweise abhängig von den neuesten Ausgangsdaten

2. Verarbeitung

2.1 Ursprung des Programms

Fest (0) — eingebaut in die Struktur; kann nicht geändert werden

Vorgegeben (1) — kann ausgewechselt werden, ohne die ständige Struktur zu ändern

Anpassend (adaptiv) (2) — ändert sich entsprechend dem laufenden Bedarf ohne Befehl von außerhalb

Lernend (3) — abgeleitet aus der Erfahrung vergangener Systeme ohne äußere Hilfe

2.2 Art des Programms

Offene Kette (0) — feste Folge der Arbeitsgänge

Verzweigt (1) — Arbeitsfolge ändert sich entsprechend den zu bearbeitenden Daten

^{a)} „Digital“ wird hier und im folgenden von Crossman im ursprünglichen Sinne von „zahlenmäßig“ verstanden, während sonst digital in der Datenverarbeitung im Sinne von „digital binär“ verstanden wird.

Schleifenbildend (2) — Das Programm springt auf frühere Arbeitsschritte zurück; iterativ oder rekursiv
 Heuristisch (3) — einige Programmstufen basieren eher auf dem „guten Glauben“ als auf fester Auswahl (Methode des Versuchs und Irrtums)

2.3 Determiniertheit

Wahrscheinlich (0) — Output zufällig in bezug auf den Input und den Speicher
 Determiniert (1) — derselbe Input und Speicherzustand ergibt immer den gleichen Output

3. Speicher

3.1 Kurzzeitspeicher

Keiner (0) — keine Kurzzeitspeicherfähigkeit
 Klein (1) — „etwas“ Kurzzeitspeicherfähigkeit
 Groß (2) — „große“ Kurzzeitspeicherfähigkeit

3.2 Langzeitspeicher

Keiner (0) — keine Langzeitspeicherfähigkeit
 Klein (1) — „etwas“ Langzeitspeicherfähigkeit
 Groß (2) — „große“ Langzeitspeicherfähigkeit

4. Ausgangsdaten

4.1 Art der Daten

Digital (1) — eine geringe Anzahl einander ausschließender Möglichkeiten unstetiger Art
 Analog (2) — scharf umgrenzte, kontinuierliche Veränderliche Modellmäßig (3) — sonstige

4.2 Zeitablauf bezüglich des Dateneingangs

„Off-line“ (0) — Output zeitmäßig unabhängig vom Input
 Ist-Zeit (Realtime) (1) — der Output ist im Takt des Inputs

In der Tabelle geben die Zahlen in den Klammern die Klassifizierung wieder. *Crossman* analysiert nach diesem Schema Tätigkeiten und ordnet jedem Abschnitt des Informationsprozesses die entsprechenden Zahlen nach dem Bewertungsschema zu. So gibt er z. B. für den Vorgang der Steuerung bzw. der Regelung des Straßenverkehrs an der Kreuzung für den Polizisten die Zahl 31,21010,31 und für die Ampelanlage 11,00110,11 an. Die Zahlen in dieser Zahlenreihe sind in der gleichen Reihenfolge wie die Abschnitte in der Aufstellung geordnet. An weiteren Beispielen von Vorgängen, die jeweils durch Menschen oder durch Maschinen, Apparate u. ä. durchgeführt werden können, zeigt *Crossman*, daß sein Klassifizierungssystem universeller anwendbar sei als das von *Bright*.

5.3 Untersuchung der Automatisierung in der Automobiindustrie

In (34) beschreibt *Moll* eine sehr differenzierte Erfassung des Automatisierungsgrades einer Automobilfabrik. Besonders interessant ist diese Analyse auch dadurch, daß Verteilungsfunktionen von Maschineneinheiten verschiedenen Automatisierungsgrades für zwei Zeitpunkte, die acht Jahre auseinanderliegen, erfaßt wurden. Arbeitsprozesse der Metallverarbeitung wurden in 32 Grundfunktionen aufgeteilt, z. B. Material beschaffen, Werkstück einspannen, Hauptbewegung einschalten, Schnittgeschwindigkeit und Vorschub wählen, einstellen und Maschine einrücken usw. Wegen der unterschiedlichen Wertigkeit der Grundfunktionen wurden zwei Koeffizienten eingeführt: der Schwierigkeitsgrad und der Zeitanteil der Grundfunktion an der gesamten Fertigungszeit. Das Produkt aus beiden bezeichnet *Moll* als „Arbeitswert“. Die Summe dieser Arbeitswerte ist der Automatisierungsgrad, wenn für den Schwierigkeitsgrad keine absoluten Zahlen, sondern sozusagen die relative Schwierigkeit, d. h. das Verhältnis: Schwierigkeitsgrad einer Grundfunktion zur Summe der Schwierigkeitsgrade aller Grundfunktionen, eingesetzt wird.

Nachdem für alle Maschinen und Anlagen der Automatisierungsgrad bestimmt wurde, wird die Häufigkeit der Maschinen in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad aufgetragen. Bei der Summierung unterschiedlicher Maschinen wurde als Zählgröße die Anzahl der Spindeln gewählt. Das Bild 7 zeigt die Verteilungsfunktionen für zwei verschiedene Zeitpunkte.

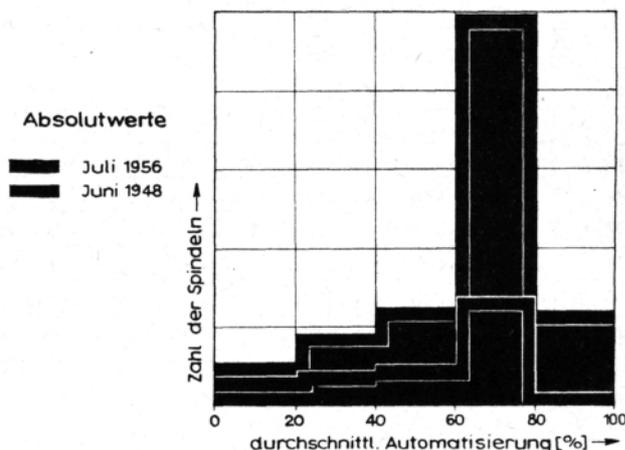


Bild 7: Automatisierungsgrad-Verteilung in der Fertigung von Motoren, Getriebeachsen und Lenkungen eines deutschen Automobilwerkes in den Jahren 1948 und 1956 nach (34)

5.4 Beurteilung einer automatisierten Fertigung nach VDI-Richtlinien

Entsprechend den Arbeiten von *Moll* wurde von der Fachgruppe Betriebstechnik des Vereins Deutscher Ingenieure, Ausschuß für Automatisie-

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Beurteilung
einer automatisierten Fertigung

VDI 3241

Fertigungsverfahren: _____ VDMA-Klasse _____

Werkstück und Arbeitsgang: _____

_____ Stückzahl _____ pro _____

Fertigungseinrichtung: _____

_____ Flächenbedarf _____ m²

System Nr.	Vorgang	Soll Ist automatisiert:		Sonder-Einrichtung
<u>1.</u>	<u>Zubringen</u>			
1.11	Werkstück speichern und weitergeben			
1.12	Werkstück vorbereiten, reinigen			
1.13	Werkstück ordnen, richten, wenden, bereithalten			
1.14	Werkstück eingeben			
1.15	Werkstück ausgeben			
1.16	Werkstück nachbehandeln, nachreinigen			
1.17	Werkstück weitergeben			
1.21	Werkzeugwechsel			
1.31	Abfall entfernen und abführen			
1.32	Hilfsstoffe entfernen und abführen			
<u>2.</u>	<u>Bearbeiten</u>			
2.11	Werkstück spannen			
2.12	Bearbeitungsvorgang einleiten			
2.13	Werkstück bearbeiten			
2.14	Werkstück nach Meßergebnis nachbearbeiten			
2.15	Werkstück entspannen, freigeben			
2.16	Bearbeitungsvorgang auslaufen			
<u>3.</u>	<u>Messen und Überwachen</u>			
3.11	Werkstück messen			
3.12	Werkzeug, Istgröße und Stellung vermessen			
3.21	Überwachen der Gefährdung von Menschen			
3.22	Überwachen von Betriebsbereitschaft und Programmablauf			
3.23	Überwachen von Zustand und Stellung des Werkzeuges			
3.24	Überwachen von Zustand und Stellung des Werkstückes			
3.25	Überwachen von Hilfseinrichtungen und Hilfsstoffen			
3.26	Überwachen von Maschinen-Nutzungszeit und -Leistung			
<u>4.</u>	<u>Steuern</u>			
4.11	Steuern der Inbetriebsetzung			
4.12	Steuern des Arbeitszyklus			
4.13	Steuern der Hilfseinrichtungen und Hilfsstoffe			
4.21	Anschluß an Zentralsteuerung			
4.31	Positionieren der Werkstücke			
4.32	Positionieren der Werkzeuge			
4.33	Nachsteuern nach Meßergebnis			

In die Spalten Soll/Ist wird eingetragen:

Erläuterungen umseitig

entfällt = — ja = x nein = o

VDI-Fachgruppe Betriebstechnik (ADB)
Ausschuß Automatisierung in der Fertigung

rung in der Fertigung (ADB), ein Formblatt (VDI-Richtlinie 3141 vom Dezember 1958) entwickelt, das im folgenden wiedergegeben wird. Der Fertigungsprozeß wird in Einzelfunktionen untergliedert, die jedoch nicht in der angegebenen Reihenfolge ablaufen müssen. Jeder Einzelvorgang wird nach dem Grad der Automatisierung beurteilt, wobei man, je nach Erfordernissen, differenziert und bewertet. Das Blatt ist als Grundlage für die Beurteilung geplanter, entworfener oder in Betrieb befindlicher automatischer Fertigungen gedacht. Bei entsprechender Verbreitung und Anwendung dieses Formblattes wäre eine statistische Auswertung in größerem Rahmen möglich.

5.5 Im Rahmen einer Systemanalyse nach Simon

Ein weiterer Ansatz zur Analyse des technischen Standes und der technischen Entwicklung stammt von *Simon* (15). Die Systemanalyse führt von Analysen der Betriebsmittel bis zu Aussagen über Arbeitsplatzstrukturen. Die 12-Stufen-Skala nach *Simon* der technischen Entwicklung auf dem Sektor des Baues und des Einsatzes von Werkzeugmaschinen ermöglicht eine eindeutige Einordnung der Maschinen einzelner Betriebe. Der obere Teil des Bildes 8, das freundlicherweise von *W. Simon* zur Verfügung gestellt wurde, gibt eine Verteilungsfunktion der Werkzeugmaschinen eines Betriebes über die Entwicklungsstufen nach *Simon* an. Die Verteilungsfunktion verschiebt sich mit der Zeit nach höheren Entwicklungsstufen. Jeder Entwicklungsstufe werden entsprechende Arbeitsplatzstrukturen zugeordnet. Man kann also von einer Verschiebung in der Häufigkeitsverteilung der Maschinen auf Verschiebungen der zukünftigen Arbeitsplatzstrukturen schließen⁹⁾. Der untere Teil des Bildes 8 gibt die Maschinenstundensätze für die Maschinen der einzelnen Entwicklungsstufen an. Die zeitliche Änderung der Maschinenstundensätze erlaubt eine Beurteilung der zukünftigen Möglichkeiten des Einsatzes von Maschinen höherer Entwicklungsstufen.

6. Die Bestimmung der Auswirkungen von Mechanisierung und Automatisierung auf den Arbeitsmarkt

6.1 Grundzüge der Einsatzmöglichkeit von Mensch und Maschine

Bei der Unterteilung der technischen Entwicklung in Stufen und Niveaus wird die Art und der Umfang der menschlichen Tätigkeit bei einem Arbeitsprozeß zur Definition von Entwicklungsstufen herangezogen. Die Arbeitsfunktionen werden auf das System Mensch-Maschine aufgeteilt. Tätigkeiten, Grundvorgänge oder Funktionen wer-

⁹⁾ Die empirischen Untersuchungen zu diesem Ansatz werden mit Unterstützung der Bundesanstalt für Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung vom Institut für Produktionstechnische Automatisierung an der Technischen Universität Berlin unter der Leitung von Prof. W. Simon fortgeführt.

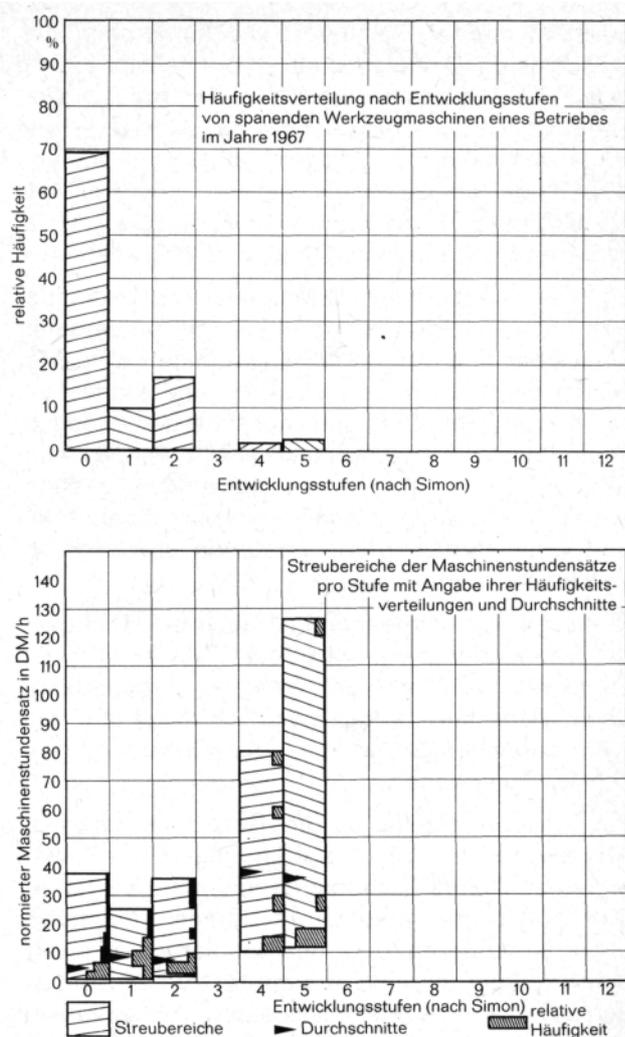


Bild 8: Verteilungsfunktionen der Maschinen und der Maschinenkosten, aufgetragen über den Entwicklungsstufen automatisierter Werkzeugmaschinen, unveröffentlicht, nach *Simon* (15)

den dem Menschen oder der Maschine nach wirtschaftlichen, technischen und sozialen Gesichtspunkten zugeordnet. Hieraus lassen sich bereits qualitative und quantitative Anforderungen an den Menschen und an die Maschine ableiten. Arbeitsgänge mit Anforderungen, denen die Maschine aufgrund der technischen Entwicklung oder sonstiger — z. B. wirtschaftlicher — Gründe noch nicht entsprechen kann, werden vom Menschen ausgeführt. Umgekehrt ersetzt die Maschine den Menschen dort, wo der Mensch aufgrund seiner Anlage für die Ausführung der Arbeit kaum oder gar nicht geeignet ist. Gleichzeitig mit den technischen Möglichkeiten entwickeln sich die wirtschaftlichen Gegebenheiten und die außertechnischen Normen, die sich etwa in den Auffassungen äußern, wieweit eine Arbeit dem Menschen zumutbar sei. Hier spielt auch die Verknappung und die relative Verteuerung der menschlichen Arbeit eine wichtige Rolle. Die Möglichkeiten des Menschen als „Kraftmaschine“, d. h. als Erzeuger von Kraft, und als „Arbeitsmaschine“ sind beschränkt. Rein technisch

gesehen müßten zumindest die Funktionen des Einsatzes des Menschen als „Kraftmaschine“ und auch als „Arbeitsmaschine“ in der industriellen Tätigkeit der Vergangenheit angehören. Wenn trotzdem Funktionen dieser Art noch nicht von Maschinen übernommen werden, sondern von Menschen erfüllt werden müssen, so spielen u. a. folgende Erwägungen noch eine wichtige Rolle.

Der Mensch ist unter normalen Umweltbedingungen im Vergleich zur Maschine viel universeller einsetzbar und viel anpassungsfähiger. Eine Maschine wird nur dann entwickelt und eingesetzt, wenn, verglichen mit den menschlichen Möglichkeiten, extreme Bedingungen erfüllt werden müssen; wenn also hohe Arbeitsgeschwindigkeiten, hohe Leistungen, gleichbleibende Quantitäten und Qualitäten, extreme Zustände usw. erreicht werden müssen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Häufigkeit der Anwendung ein wichtiger Faktor. Erst ein ständiges Wiederholen gleicher Arbeitsgänge beim Menschen zwingt dazu — meist nur aus wirtschaftlichen Gründen —, den Einsatz von Maschinen zu erwägen.

Ein weiterer Punkt ist die Reaktionssicherheit. Abgesehen von Arbeitsbedingungen, die einen extremen Aufmerksamkeitsgrad verlangen, ist der Mensch sicherer in seinen Reaktionen gegenüber unvorhersehbaren und uneingeplanten Umweltwirkungen als eine Apparatur. Auf ein Versagen reagiert eine Maschine durch vollkommenen Ausfall, evtl. auch Zerstörung, besonders dann, wenn das Versagen nicht vorausgesehen und eingeplant werden kann.

6.2 Darstellung der Tätigkeitsbereiche von Mensch und Maschine

Der Bereich der menschlichen Tätigkeit kann gegenüber dem der Maschine durch ein mehrdimensionales Schema abgegrenzt werden. Zweidimensional läßt sich die physische Leistung, ausgedrückt z. B. durch die Arbeitsgeschwindigkeit, gegenüber der Genauigkeit auftragen. Man erhält ein Diagramm nach Bild 9.

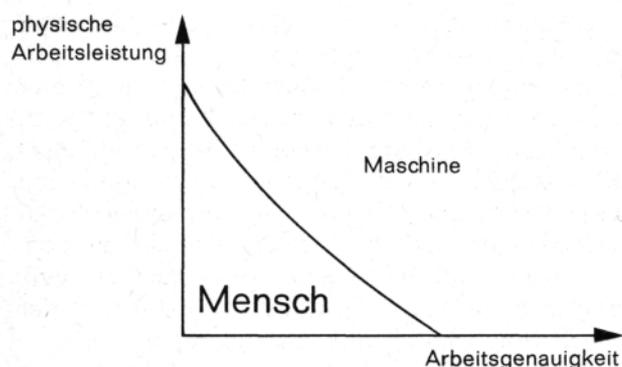


Bild 9: Tätigkeitsbereiche des Menschen und der Maschine im zweidimensionalen „Handlungsraum“

Durch die schräg verlaufende Linie wird der Arbeitsbereich des Menschen von dem der Maschine abgegrenzt. Es ist klar, daß die Linie beide Achsen schneiden muß, da sowohl die Leistung als auch die Arbeitspräzision beim Menschen begrenzt sind. Als weitere Dimension auf einer Z-Achse kann z. B. die Häufigkeit der zu verrichtenden Arbeit aufgetragen werden.

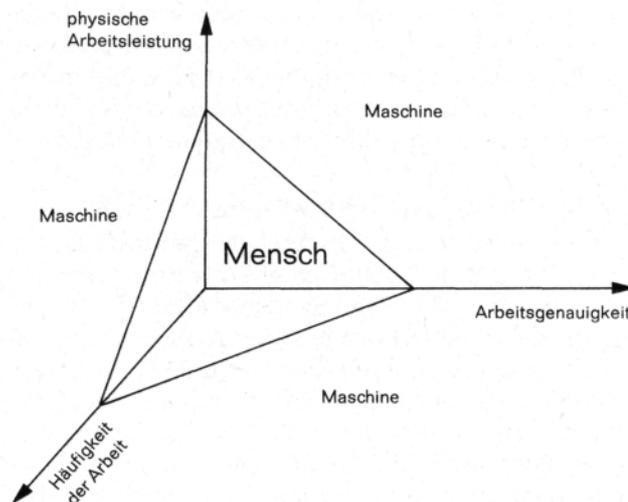


Bild 10: Tätigkeitsbereich des Menschen und der Maschine in dreidimensionaler Darstellung

Man erhält eine begrenzende Fläche, die aus Gründen der Anschaulichkeit in Bild 10 als Ebene gezeichnet ist. Zwischen dem Nullpunkt des Koordinatensystems und der Ebene befindet sich der Bereich der vorzugsweise menschlichen Betätigung, außerhalb der Ebene, im positiven Bereich, das Tätigkeitsgebiet der Maschinen. Nicht mehr darstellbar wird der menschliche bzw. der maschinelle „Handlungsraum“, wenn als weitere Dimension, die vierte, die körperliche und geistige Belastung hinzukommt. Als Beispiel sei der Einsatz von Geräten und Maschinen bei hohen Temperaturen, etwa bei Wärmebehandlungsprozessen, bei Arbeiten in großer Tiefe, bei hohen Beschleunigungen, bei anstrengenden Beobachtungsaufgaben in der Radartechnik usw.; angeführt. Unabhängig von der Höhe der Belastung kann als fünfte Dimension die Gefährdung definiert werden. Je größer das Risiko für Leib und Leben des Menschen bei einer Tätigkeit ist, desto bereitwilliger wird man einem Apparat oder einer Maschine die Tätigkeit übertragen. Als sechste Dimension wäre der Primitivitätsgrad der Arbeit hinzuzufügen. Je einfacher der mechanische und physische Arbeitsablauf ist, desto einfacher ist die konstruktive Lösung und desto eher kann er von einer Maschine übernommen werden. Abschließend sei als siebte Dimension noch der Wahrnehmungsgrad bzw. der Erfassungsgrad angeführt. Zum Erfassen und Wahrnehmen bestimmter Eigenschaften ist der Mensch nur in be-

schränktem Maße innerhalb relativ enger Grenzen und mit beschränkter Zuverlässigkeit fähig, während für eine Anzahl von Effekten im Bereich etwa des Elektromagnetismus, des Magnetismus, der radioaktiven Strahlung usw. der Mensch überhaupt keine direkte Wahrnehmungsfähigkeit hat. Das ist der weite Bereich der Meßtechnik mit den vielfältigen Meßapparaturen, die dem Menschen nicht wahrnehmbare oder nur sehr ungenau wahrnehmbare Effekte in Sinneseindrücke meist optischer Art umsetzen. Der mehrdimensionale Raum des Einsatzes von Maschinen und Geräten beginnt bei dieser Achse oft bereits im Nullpunkt.

Es ist schwierig, die Grenzen der „Handlungsräume“ des Menschen und der Maschine — abgesehen von der Schwierigkeit der Darstellung — fest zu umreißen. Die Grenzen sind fließend und verschieben sich mit der Zeit in Abhängigkeit von der technischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung. Die weitere Entwicklung der Mechanisierung und Automatisierung engt den menschlichen Bereich der körperlichen Tätigkeit immer mehr ein. Dem Menschen verbleiben sich selten wiederholende, relativ ungefährliche Tätigkeiten, die nicht allzu primitiv sind und die er, mit vergleichsweise geringer Arbeitsgeschwindigkeit und Präzision, bei mäßiger körperlicher und psychischer Belastung innerhalb seiner Wahrnehmungsgrenzen ausführt.

Was verbleibt weiterhin dem Menschen an Handlung und Tätigkeit bei weiterer technischer Entwicklung? Es sind die Tätigkeiten, die Anforderungen verlangen, die von der Maschine schwer erbracht werden und die die relativ schwachen Seiten der Maschine darstellen.

Die starken Seiten des Menschen sind:

- 1) Seine Anpassungsfähigkeit. Der Mensch kann seine Arbeitsweise schnell und oft ändern. Die „Programmierungsmöglichkeiten“ des Menschen sind universell.
- 2) Sein Reaktionsvermögen auf unerwartete Ereignisse.
- 3) Sein Erfassungsvermögen verschiedener Einzelinformationen. Die Dateneingabe beim Menschen kann digital, analog oder in Mustern über meist optische oder akustische Zeichen erfolgen. Die Zeichen können verzerrt und von Störungen überlagert sein.
- 4) Sein Kombinations- und Schließvermögen. Er kann Einzelheiten aufnehmen und zu einem sinnvollen Ganzen kombinieren. Er kann schöpferisch gestalten. Er kann Lücken in einem System ergänzen und Fehlstellen berichtigen.
- 5) Seine Flexibilität. Er kann ein Ergebnis auf unterschiedlichen Wegen und auf verschiedener Art und Weise erzielen.

6.3 Beziehungen zwischen den Anforderungen an die Arbeitskräfte und dem Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad

Wie aus den vorhergehenden Abschnitten schon ersichtlich ist, lassen sich zum Teil auf recht triviale Weise Anforderungen an Arbeitskräfte, z. B. die körperliche und die geistige Belastung, aus der Definition der Entwicklungsstufen der Mechanisierung und Automatisierung ableiten. Das ist auch verschiedentlich versucht worden (34, 35, 36, 37, 38, 39). Die teils recht hypothetischen Angaben über die Zunahme oder Abnahme von Anforderungen bei weiterer Mechanisierung und Automatisierung sind in der Tabelle 8 zusammengefaßt. Um eine Vergleichsmöglichkeit der Aussagen über die Veränderungen der Anforderungen an die Arbeitskräfte bei unterschiedlichen Mechanisierungsgradskalen der einzelnen Verfasser zu erhalten, ist als Bezugssystem die Aufteilung in vier Hauptstufen

- 1) Einsatz des Menschen als „Kraftmaschine“
- 2) Einsatz des Menschen als „Arbeitsmaschine“
- 3) Einsatz des Menschen als „Stell-, Bedien-, Meß- und Schaltmechanismus“
- 4) Einsatz des Menschen als „Optimierungsmechanismus“ gewählt worden
(s. a. S. 40 Teil 1 in Heft 2 der „Mitteilungen“)

Einzelne der in der Tabelle verarbeiteten Untersuchungen seien im folgenden als Beispiel dafür angeführt, wie komplexe Zusammenhänge zwischen technischer Entwicklung und Arbeitsanforderungen an den Menschen analysiert und dargestellt werden können.

Moll und Mitarbeiter (34) ermittelten die Abhängigkeit der psychischen Anstrengungen (Bild 11) und der physischen Anstrengung (Bild 12) in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad durch eine Arbeitsplatzbewertung in einem Werk der Automobilindustrie. Die 32 Grundfunktionen, wie sie bereits in Abschnitt 5.3 (S. 117) erwähnt wurden, werden nach Gesichtspunkten der Arbeitsplatzbewertung, je nach der physischen und der psychischen Belastung beurteilt und eingestuft. Die physische und die psychische Belastung fallen im allgemeinen mit steigendem Automatisierungsgrad.

Zu ähnlichen Aussagen kommt *Bright* (3, 3a, 35). Er gibt ebenfalls die Beziehungen zwischen der geistigen Belastung (Zeile 13 und Spalte *Bright* der Tabelle 8) und der körperlichen Belastung (Zeile 14 und Spalte *Bright* der Tabelle 8) in Abhängigkeit der 17 Mechanisierungsstufen (Teil 1, S. 30—31) an. Die 17 Mechanisierungsstufen wurden nach der Aufstellung auf S. 42 Teil I (in Heft 2 der „Mitteilungen“) den vier Hauptstufen zugeordnet. Der Rückgang der physischen Belastung mit steigender Mechanisierung bzw. Automatisierung wird auch von *Bright* dargestellt. In

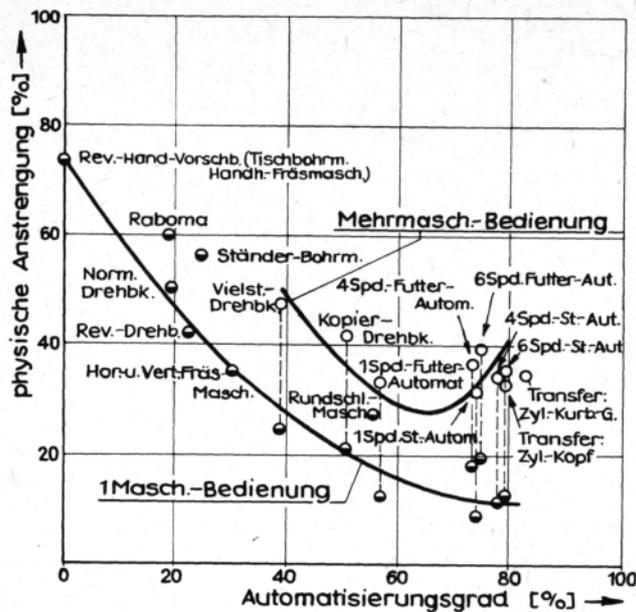


Bild 11: Abhängigkeit der physischen Anstrengung vom Automatisierungsgrad bei Arbeiten an Werkzeugmaschinen und Transferstraßen nach Moll (34)

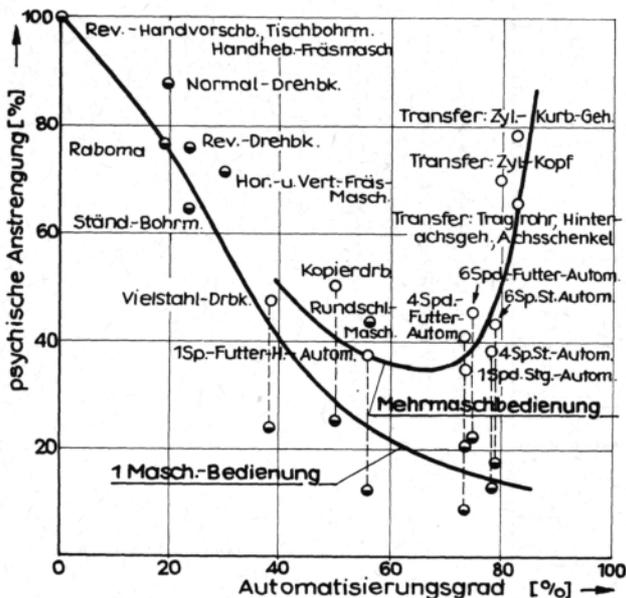


Bild 12: Abhängigkeit der psychischen Belastung vom Automatisierungsgrad bei Arbeiten an Werkzeugmaschinen und Transferstraßen nach Moll (34)

den Diagrammen von *Bright*, die die Abhängigkeit der Anforderungen vom Mechanisierungsgrad zeigen, ist auf der Abszisse für die Anforderungshöhe keine Skala und keine Dimension angegeben. Die Kurven, wie sie in (3a, 3b, 39) zu finden sind und auf deren ausführliche Wiedergabe hier verzichtet wird (die Tabelle 8 enthält den Verlauf der Kurven in verschlüsselter Form), dürften kaum auf konkreten Bestimmungsmethoden beruhen. Die Ergebnisse nach Bild 11 von *Moll* und Mitarbeitern, die auf praktischen Auswertungen an Arbeitsplätzen beruhen, zeigen, daß die *physische Anstrengung mit steigendem Automati-*

*sierungsgrad dann ansteigen kann, wenn dem Bedienungspersonal mehrere Maschinen zur Beobachtung, Kontrolle und Überwachung zugeteilt sind, was in der Praxis ja der Fall ist. Zweifelhaft ist nach *Bright* der Anstieg der psychischen Belastung in der Hauptstufe 1, wenn davon ausgegangen wird, daß in jeder Stufe die gleiche Arbeitsleistung in bezug auf die Qualität der Ausführung der Arbeit verlangt wird. Zum Beispiel erfordert die Aufgabe: Bohren eines senkrechten Loches in eine Platte aus Metall, eine jeweils abnehmende Beanspruchung an Sinne und Nerven, wenn sie erstens mit einem handbetriebenen Bohrer, zweitens mit einer Handbohrmaschine und drittens, wenn sie mit einer Ständerbohrmaschine ausgeführt wird, immer unter der Voraussetzung gleicher qualitativer Arbeitsleistung. Will man die psychische Anstrengung in den Untergruppen der Stufe vergleichen, so ist eine gemeinsame und einheitliche Basis notwendig. Die Bewertungsgrundlage wäre zum Beispiel die qualitative Leistung, also hier Maßhaltigkeit der Lage der Bohrung, präzise Form der Bohrung, rechtwinklige Achsenlage usw. Es ist nun klar, daß die psychische Anforderung, eines oder mehrere der Qualitätsmerkmale mit dem Handwerkszeug zu erreichen, höher ist als mit dem Maschinenwerkzeug oder der Maschine.*

Maul (36) zeigt anhand des Bildes 13 die Veränderung der Entlohnungsverfahren bei verschiedenen Mechanisierungsstufen. Durch die Lohnstruktur wird indirekt die Bewertung der Arbeit bei

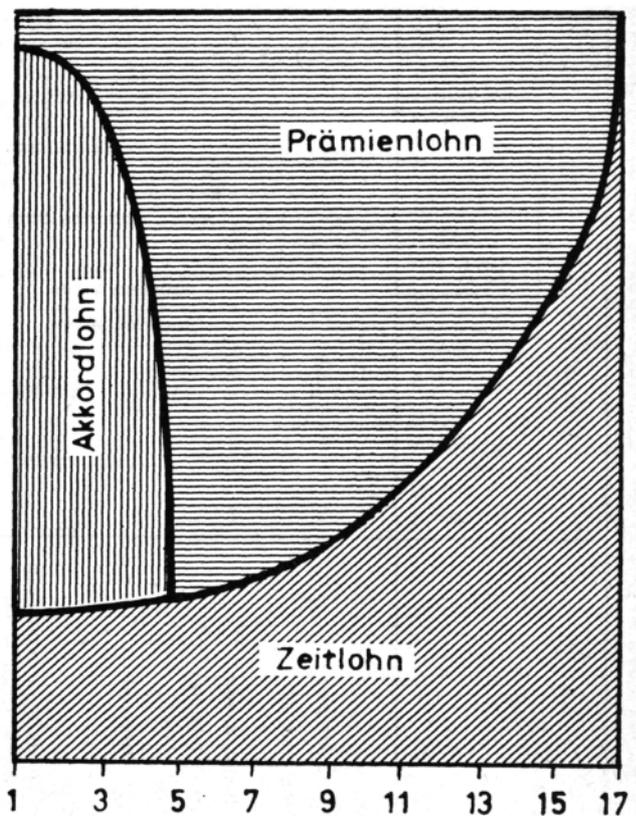


Bild 13: Mögliche Entlohnungsverfahren bei verschiedenen Mechanisierungs-Automations-Stufen nach *Maul* (36)

Tab. 9 Quantitative Änderung der Beschäftigtengruppen in Abhängigkeit von der Mechanisierung und Automatisierung

	Hauptstufe 1						Hauptstufe 2						Hauptstufe 3						Hauptstufe 4										
	Schulze (37) Tendenz	Auerhan (40) Tendenz	%	Osipov (41)	Kabanov (41)	Kats. *) (41) Tendenz	%	Schulze (37) Tendenz	Auerhan (40) Tendenz	%	Osipov (41)	Kabanov (41) Tendenz	%	Kats. *) (41)	Schulze (37) Tendenz	Auerhan (40) Tendenz	%	Osipov (41)	%	Kabanov (41) Tendenz	%	Kats. *) (41) Tendenz	%	Schulze (37) Tendenz	Auerhan (40) Tendenz	%	Osipov (41)	Kabanov (41)	Kats. *) (41)
Hilfsarbeiter	+ -	-	15					-	-	0	-	18			0		0	-	10,4				0		0		0		
Angelernte Arbeiter	+ =	+ -	20					-	-	57					0		0									0		0	
Maschinenarbeiter												57,8							7,6		4,2								
Facharbeiter, davon (Betriebs-)Elektriker	+	- +	60			+	96,2	+	+	33	+	24,2		+	-	40	+	82			+		+	86,2	+	-	0		
Einsteller												2,4						7											
Reparatur-Personal												11,8						51		49,8									
Techniker				keine Angaben																									
wissensch.-techn. u. ökon. Fachkräfte (Fachschulausbildung)	+	+	4	keine Angaben			3,8	+	+	8				+	+	40							+	+	+	60	keine Untersuchung	keine Angaben	keine Angaben
Kräfte mit Hochschulausbildung		+	1							2								17							+	34			
Kräfte mit Hochschul- und Sonderausbildung			0					+		0					+		3							+	6				

Zeichenerklärung: + ansteigend
 - abfallend
 = gleichbleibend
 *) Katsenelinboigen

Hauptstufe 1: Mensch als „Kraftmaschine“
 Hauptstufe 2: Mensch als „Arbeitsmaschine“
 Hauptstufe 3: Mensch als „Stell-, Bedien-, Meß- u. Schaltmechanismus“
 Hauptstufe 4: Mensch als „Optimierungsmechanismus“

steigender Mechanisierung ausgedrückt. Der Abfall des Akkordlohnes in den unteren Mechanisierungsstufen deutet an, daß der Beschäftigte immer weniger Einfluß auf die quantitative Arbeitsleistung hat. Er kann bei höherer Mechanisierung das Arbeitsgeschehen weder beschleunigen noch verlangsamen. Die Einstellung der Maschine bestimmt allein den Fertigungsablauf. Der Arbeiter kann nur noch Störungen beheben, durch sorgfältige Beobachtung Fehler erkennen und durch gewissenhafte Wartung Störungen und Ausfälle vermeiden. Daher sei — nach *Maul* — bei fortgeschrittener Mechanisierung am Ende der zweiten Hauptstufe entsprechend der fünften Stufe nach *Bright* der Zeitlohn das gegebene und die Gestaltung der Prämien ein Anreiz, die Maschine oder die Anlage mit voller, gegebener Leistung arbeiten zu lassen. Die Beeinflussbarkeit der Anfälligkeit der Maschine und das Voraussehen von technischen Störungen nimmt bei stärker automatisierten Maschinen weiter ab, da die Maschinen durch die Auslegung und die Einrichtung bedingt zuverlässiger fertigen. In den obersten Stufen der Automatisierung schrumpft also die Möglichkeit des Arbeiters, das Arbeitsergebnis zu beeinflussen. Dies drückt sich in der Abnahme des Anteiles des Prämienlohnes aus.

6.4 Änderung der Zusammensetzung der Beschäftigten in Abhängigkeit vom Mechanisierungsgrad

Ebenso wichtig wie die Frage nach den Änderungen der Anforderungen an die Arbeitskräfte ist das Problem der Verschiebung der Beschäftigtengruppen in Abhängigkeit vom Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad. In der Tabelle 9 sind einige Ergebnisse und Prognosen über die quantitative Änderung der Beschäftigungsgruppen in Abhängigkeit von der Mechanisierung und Automatisierung erfaßt. Die Aufstellung erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. (Aussagen über

quantitative Änderungen von Beschäftigtenstrukturen sind aber zur Zeit eher von Planwirtschaften zu erwarten.) In den Zahlen findet man die allgemein herausgestellten Trends bestätigt, die von einer generellen Abnahme der Hilfsarbeiter und einer Zunahme der Facharbeiter, die als Einsteller und Wartungspersonal eingesetzt sind, sprechen. Der Anteil der angelernten Arbeiter dürfte im Vergleich zur Gesamtzahl der in der Produktion Beschäftigten zunächst ansteigen und dann in den höheren Stufen der Automatisierung wieder abfallen. Nicht allein von der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung abhängig ist die Zunahme des Anteiles der Techniker, der wissenschaftlich-technischen und ökonomischen Fachkräfte und der Fachkräfte mit Hochschulausbildung der verschiedenen Grade. Man ersieht aus der Tabelle 9, daß gerade in diesem Bereich, beginnend mit dem Techniker, große Steigerungen erwartet werden.

7. Abschließende Bemerkungen

Gerade die letzten Abschnitte zeigen, daß die Arbeitsmarktforschung arbeitsplatzbezogenes Material und ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen selten direkt auswerten kann. Aus den meisten der über die Automation veröffentlichten Arbeiten kann kein konkreter, verallgemeinerungsfähiger Schluß über die zukünftige Entwicklung gezogen werden. Entweder sind die Daten von Einzeluntersuchungen so spezifisch, daß es an der Repräsentativität mangelt oder es handelt sich gar nicht um Daten, sondern um nicht quantifizierbare allgemeine Aussagen, auf denen man keine Analyse oder eine Prognose der zukünftigen Entwicklung aufbauen kann. Für eine interdisziplinäre Arbeitsmarktforschung unter Einbeziehung der Ingenieurwissenschaften und der Betriebswirtschaft ist hier ein weites Feld.

Literaturverzeichnis zu Teil II

- [20] G. *Schachtschabel*: Zum Problem des Automatisierungsgrades, *Automatisierung* 11 (1966) S. 7—9
- [21] La mesure du niveau d'automation dans l'industrie. *Sciences*, 2, 1961, zit. in: P. *Naville*: Une nouvelle méthode de mesure des niveaux d'automation, in: *Cahiers d'étude de l'automation et des sociétés industrielles*, Nr. 3, Paris 1962
- [21a] s. a. P. *Naville*: Vers l'automatisme social? o. A. (Gallimard) 1963, S. 162—166
- [22] A. *Zvorykin*: Methods of Statistical Calculation and Determination of Levels of Mechanisation, Automation and New Technologies in the USSR, in: *Labor and Automation*, Bull. Nr. 1, Genf, 1964, S. 173—183
- [23] Technological Change and Manpower in a Centrally Planned Economy, in: *Labor and Automation*, Bull. Nr. 3, Genf, 1966
- [24] I. *Ryshow*: Die statistische Erfassung des Mechanisierungsgrades in der Industrie und im Bauwesen der Sowjetunion, in: *Statistische Praxis* 12 (1952) S. 213—216
- [25] P. F. *Gritzenko*: Bestimmung des Mechanisierungs- und Automatisierungsgrades der Produktion in der Region Kherison (Orig. russ.), in: *Mekhan, i. Autom. proizvodstru* No. 3, S. 41—43, zit in: (23) S. 18
- [26] Manpower Adjustment Programmes: II. Sweden, USSR, United States, in: *Labor and Automation*, Bull. Nr. 6, Genf, 1967, S. 119
- [27] H. *Braune*: Zum Stand der Fertigungstechnik in der Industrie der Sowjetzone, in: *WWI-Mitteilungen*, H. 2, 1967, S. 46
- [28] *Statistische Praxis*, Berlin, 1960, H. 12
- [29] *Statistische Praxis*, Berlin, 1966, H. 5
- [30] *Statistisches Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik* 1967, 12. Jg., Berlin 1967, S. 201
- [31] *American Machinist*, Special Report No. 570, 109 (12)
- [32] W. Meyer, E. K. *Kinder*: Automatisierung nimmt zu. *VDI-N.* 19, 10. 5. 1967, S. 31

- [33] E. *Kinder*, W. Meyer: Ist der Grad der Automatisierung meßbar? Meßwerte 4, Nov. 1967, S. 8—10
- [34] H. H. *Moll*: Die Entwicklungstendenzen der Automatisierung und Schlußfolgerungen für die Ausbildung in der Automobilindustrie, in: Automatisierung und Berufsausbildung, Bielefeld, 1961, S. 51—68
- s. a. H. *Moll*; W. *Ulbricht*: Heutiger Stand und Entwicklungstendenzen in der Automatisierung der Fertigung am Beispiel einer Automobilfabrik, in: Werkstatttechnik und Maschinenbau (1957) H. 3, S. 118
- [35] The Employment Impact of Technological Change. Report of the National Commission on Technology, Automation and Economic Progress. App. Vol. 2, Washington 1966, S. 207—221
- [36] H. *Maul*: Methodische Arbeitsstudien als Grundlage für die Wahl geeigneter Entlohnungsverfahren in der hochmechanisierten und automatischen Fertigung. In: Leistungslohn heute und morgen. Hrsg.: REFA, Frankfurt/M., 1965, S. 35—59
- [37] H. *Schulze*: Qualifikationsentwicklung durch Automatisierung. Berufsbildung 66, H. 2, S. 60—62. H. 3, S. 126—130 und 137, H. 4, S. 184—186
- [38] H. *Rohmert*, K. *Schlaich*: Arbeitsanalyse im Zeichen der technischen Entwicklung. Arbeitswissenschaft 6 (1967) 3, S. 75—81
- [39] E. *Zander*: Personalprobleme bei Rationalisierung und Automation. Neuwied 1967
- [40] J. *Auerhan*: Technological Change in the Socialist Countries. In: Employment Problems of Automation and Advanced Technology. Hrsg. Y. Stieber, New York 1966, S. 32—47
- [41] A Review of Recent Soviet Literature on the Social Aspects of Automation and Technological Change in the USSR. Hrsg. ILO, Genf 1964, S. 9—15
- Literatur, die hauptsächlich für Tabelle 1 ausgewertet wurde.
- [42] M. *Radke*: Die Große Betriebswirtschaftliche Formelsammlung, 2. Aufl. München 1966
- [43] G. *Fischer*: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 6. Aufl. Heidelberg 1952
- [44] F. H. *Fleck*: Die Messung des technischen Fortschritts im Rahmen des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, Wien 1966
- [45] C. M. *Dolezalek*: Die technischen Grundlagen der Automatisierung. In: Die Automation — unsere Aufgabe. Sondertagung der Unternehmer vom 2. bis 3. Febr. 1965 in Duisburg. Köln 1965, S. 14—43
- [46] L. *Wolkersdorf*: Die mittelbare Bestimmung des Mechanisierungsgrades der industriellen Fertigung mit Hilfe von Meßziffern der Vermögens-, Kapital-, Kosten- und Beschäftigungsstruktur und des Energieverbrauches. WWI-Mitteilungen. 1957, H. 5, S. 115—122
- [47] W. *Waffenschmidt*: Automation, Stand und Entwicklungstendenzen im wirtschaftlichen Prozeß. Stuttgart 1964
- [48] F. *Rothhaupt*; H. *Schenkel*: Probleme der exakten Ermittlung des Niveaus der Mechanisierung und Automatisierung in Industriebetrieben. Wissensch. Zeitschrift der Hochschule für Ökonomie Berlin, 2 (1957), H. 4, S. 31—41