

Sonderdruck aus:

Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Erhard Ulrich

Stufung und Messung der Mechanisierung und
Automatisierung

Mai 1968

2

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:

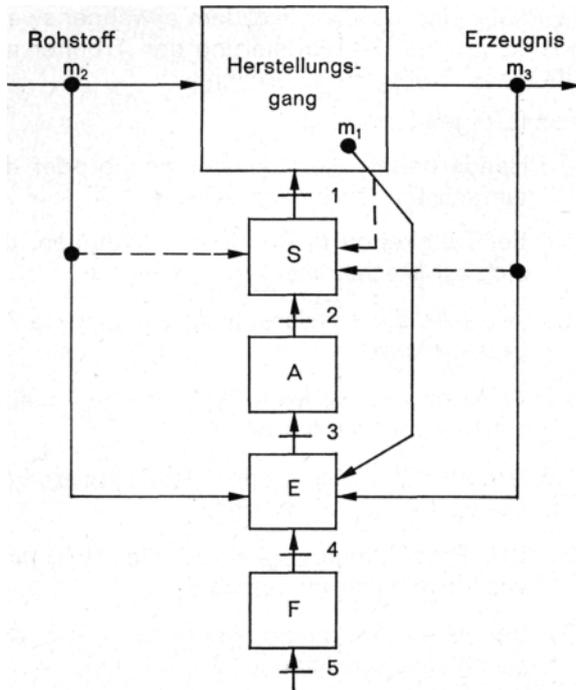


Bild 1. Stufen der Automatisierung¹⁾

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 Stufung 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.

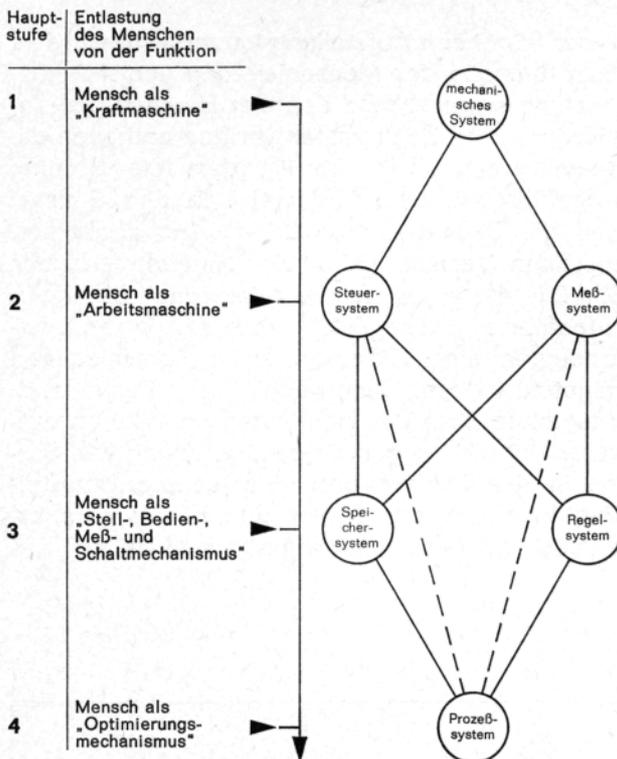


Bild 2. Wirkschema der Systeme der Mechanisierung und Automatisierung

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	Kvascha	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