

**Zeitschrift:** Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG  
**Herausgeber:** Eisenbibliothek  
**Band:** 81 (2009)

**Artikel:** Rationalisierung und Werkzeugmaschine : der deutsche Werkzeugmaschinenbau in der Zwischenkriegszeit  
**Autor:** Haas, Markus  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-378457>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

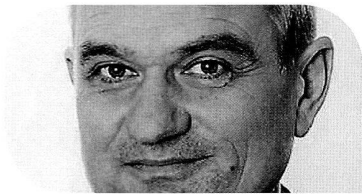
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



### Dr. Markus Haas

Geboren 1958, Studium Lehramt an beruflichen Schulen, Maschinenbau und Geschichte, 1986 zweites Staatsexamen, 1988 bis 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technik- und Wirtschaftsgeschichte der TH Darmstadt, Promotion 1996.

## Rationalisierung und Werkzeugmaschine: Der deutsche Werkzeugmaschinenbau in der Zwischenkriegszeit

### Technische Neuerungen

#### Neue Werkstoffe

- Konstruktionswerkstoffe  
(z.B. festere Stähle, Leichtmetalle)
- Schneidstoffe  
(z.B. kobaltlegierte Schnellstähle, Hartmetalle)

#### Wechselwirkung von

#### Werkzeug - Werkstoff - Werkzeugmaschine

Ziel: kürzere Bearbeitungszeiten durch Reduzierung von Haupt- und Nebenzeiten.  
Die Forderung nach optimalen Schnittgeschwindigkeiten und Vorschüben, sowie kurzen Nebenzeiten bedingt variabel einstellbare Drehzahlen und Vorschübe, leichte und schnelle Bedienbarkeit, etc.

#### Veränderungen der Werkzeugmaschinen

- Antrieb (höhere Drehzahl, größere Motorleistung)
- Getriebe (breite Drehzahl- und Vorschubbereiche)
- Gestell (Steifigkeit, Schwingungsfreiheit)
- Führungen (Verschleißfestigkeit, Gestaltung)
- Lagerung (höhere Geschwindigkeiten und Kräfte)
- Schmierung (Zwangsschmierensysteme)
- usw.

Bild 1: Technische Neuerungen in der spanenden Metallbearbeitung. (Quelle: Sombart 1928, S. 11 f.)

**«Rationalisierung» der Wirtschaft beherrschte wie kaum ein anderes Thema die Diskussionen der Zwischenkriegszeit. In welcher Weise kam der Werkzeugmaschinenbau als Lieferant von Produktionstechnik den Erfordernissen «rationeller Produktion» nach? Welche Rolle spielten einzelne technische Neuerungen, beispielsweise neue Schneidstoffe oder elektrische Antriebe? Konnte das Gesamtsystem der spanenden Bearbeitung schlagartig umgewälzt werden, oder war der Innovationsprozess in der betrieblichen Praxis doch eher zäh? Rationalisierungsprotagonisten schufen ein wenig realistisches Bild: In der Zwischenkriegszeit wurde nicht intensiver «rationalisiert» als davor oder danach.**

**«Rationalisation» of the economy dominated discussions like no other topic during the period between the two world wars. In what way did machine tool building as a supplier of production technology satisfy the demand for «rational production»? What role did individual technical innovations play, such as new cutting materials or electric drives? Was the overall system of metal cutting abruptly revolutionised, or was the innovation process rather more tenacious in actual practice? Rationalisation protagonists had created a picture that had little to do with reality because «rationalisation» was no more intensive during the interwar period than before or after.**

Rationalisierung war ein Modethema der 1920er Jahre, das mit der sogenannten Rationalisierungsbewegung zwischen 1924 und 1929 weite Teile der Öffentlichkeit erfasste. Seitdem ist der Begriff auch in der Umgangssprache verankert und steht für eine begriffliche Vielfalt, die bereits in der zeitgenössischen Diskussion beklagt wurde.

In den einzelnen Disziplinen der Wissenschaft hat der Begriff «Rationalisierung», in dem das lateinische «Ratio» (Vernunft bzw. Verstand) steckt, unterschiedliche Bedeutungen. Eine verstandesmäßige Rechtfertigung eines Verhaltens wird beispielsweise in der Psychologie als «Rationalisierung» bezeichnet. «Rationalismus» als Richtung in der Philosophie sieht das rationale Denken als einzige Erkenntnisquelle an, Rationalismus und «Aufklärung» sind zentrale philosophische Kategorien. Der Soziologe Max Weber interpretierte «Rationalisierung» als umfassenden Prozess der Neuzeit, durch den die Bedeutung der Religion zurückgedrängt wird. Rationalisierung bedeutet nach Weber «Entzauberung der Welt». Die Naturalwirtschaft, die weitgehend auf persönlichen Beziehungen beruhte, wird abgelöst von der Marktwirtschaft, deren Vergesellschaftung durch den Markt zu einer Versachlichung führt. Die moderne kapitalistische Marktwirtschaft, in der sich der Anteil von rationalem Handeln gegenüber traditionalem und affektuellern Handeln erhöht, wird von Weber im Unterschied zur Naturalwirtschaft als «rational» bezeichnet. Rationales Handeln wird als vernunftgeleitetes Handeln interpretiert.

Dieser philosophische Hintergrund des Begriffs könnte zu der irrigen Auffassung führen, die als Rationalisierung be-

zeichneten Vorgänge der 1920er Jahre als Realisierung von Vernunft, als Verwirklichung der Ideen der rationalistischen Philosophie zu interpretieren. Wenn Geisteswissenschaftler meinen, dass sich Rationalisierung von der Begrifflichkeit Max Webers ableite, so verkennen sie das Ziel von Rationalisierungsmassnahmen im Bereich der Güterproduktion. In den 1920er Jahren war Rationalisierung ausserdem ein spezifisch deutsches Wort dafür, was im Angloamerikanischen damals «efficiency movement», «scientific management» oder einfach nur «management» genannt und im französischen Sprachgebrauch beispielsweise mit «organisation scientifique du travail» bezeichnet wurde. Erst heute ist der Begriff Rationalisierung allgemein verbreitet.

Der hier benutzte Begriff ökonomisch-technischer Rationalisierung hat einen anderen, banaleren Hintergrund als die Durchsetzung von «Vernunft» und bezieht sich auf höhere Effizienz, auf Erhöhung der Rentabilität, auf die Steigerung von Gewinn. Rational bedeutet in unserem Zusammenhang so viel wie zweckmässige Gestaltung. «Zweckmässig im Sinne der modernen kapitalistischen Wirtschaft heisst» – so Werner Sombart – «immer nur dem Zweck des Kapitalismus entsprechend.» Unabhängig von subjektiven Einstellungen einzelner Wirtschaftssubjekte verwirklicht die rationalisierte Wirtschaft diesen vorgegebenen Zweck, der in einer kapitalistischen Wirtschaft in der «Erzielung von Gewinn» besteht. Rationalisierung will Verluste vermeiden, den Aufwand durch Senkung der Produktionskosten minimieren und dadurch den Ertrag privatkapitalistischer Unternehmen steigern. Diese Bemerkungen seien vorausgeschickt, um einem möglichen terminologischen Missverständnis vorzubeugen.

### **Zeitgenössische Debatte und «Rationalisierungsmythen»**

Unter dem Eindruck des Ersten Weltkriegs und seiner ökonomischen Folgen verstärkte sich in Deutschland eine Debatte, die bereits vor 1914 begonnen hatte. Wie kein anderes Thema beherrschte die «Rationalisierung» der Wirtschaft die zeitgenössische Diskussion in den 1920er Jahren bis zur Weltwirtschaftskrise und beschäftigte damals nicht nur Techniker, Ingenieure und Betriebswissenschaftler. Eine Rationalisierungsbewegung entstand, die sich insbesondere während der sogenannten «goldenen 20er» in einer breiten publizistischen Aktivität ihrer Protagonisten niederschlug.

Mittels «Rationalisierung» sollte die Wirtschaftlichkeit erhöht und sollten Höchstleistungen erzielt werden. Betriebliche Abläufe und technische Prozesse sollten verbessert, Einzelbetriebe, Industriezweige und schliesslich die ganze Volkswirtschaft rationalisiert werden. Meist wurde zwischen drei Bereichen der Rationalisierung unterschieden, einer volkswirtschaftlichen Ebene, einer privatwirtschaftlichen – so Saitzew – bzw. kommerziellen Ebene – so Gottl-Ottlilienfeld – und der technisch-organisatorischen Rationalisierung. Die hier inte-

ressierende technische Rationalisierung der Betriebe erfolgte nach Saitzew durch neue Herstellungsmethoden und eine bessere Organisation der Produktion. Sie umfasste sowohl technische Neuerungen – beispielsweise die Nutzung von Vorrichtungen, die Verbesserung der maschinellen Produktionstechnik oder die Einführung von Automaten – als auch organisatorische Veränderungen wie bessere Arbeitsvorbereitung, moderne Kostenrechnung oder die Einführung von Fließarbeit.

Die Rationalisierungsbewegung orientierte sich an amerikanischen Vorbildern. Die amerikanische Massenproduktion standardisierter Produkte galt als industrielle Zukunft Deutschlands. Die beiden grundlegenden Konzepte, Taylorismus und Fordismus, sollten möglichst rasch an kontinental-europäische Bedingungen angepasst und angewendet werden. In der Weltwirtschaftskrise geriet Rationalisierung in Verruf, Ursache für Krise und Arbeitslosigkeit zu sein. Die Rationalisierungskonjunktur schlug, so Otto Bauer, in eine Rationalisierungskrise um. Er sah eine sprunghafte Anpassung der deutschen Industrie in den Jahren zwischen 1924 und 1929 und bezeichnete diesen «einmaligen geschichtlichen Vorgang» als Rationalisierung, der nun in einer Krise die Auswirkungen von Fehlrationalisierung zeigte. Eine Senkung der Produktionskosten des einzelnen Betriebs durch Massnahmen, die die gesellschaftlichen Produktionskosten erhöhen, nennt Bauer Fehlrationalisierung: «Die Fehlrationalisierung vergrössert den Profit des einzelnen Unternehmers, aber sie verkleinert den Reinertrag der gesellschaftlichen Gesamtarbeit.» Fehlrationalisierung machte nach Bauer «den einzelnen reicher und die Gesamtheit ärmer». Eine Analyse, die in der heutigen wirtschaftlichen Krise im Zeitalter der sogenannten «Globalisierung» aktuelle Bedeutung erlangt.

Die realen Veränderungen in der Produktionstechnik sind von den Mythen zu unterscheiden, die durch die breite publizistische Aktivität der Rationalisierungsbewegung geschaffen wurden. In einigen neueren Forschungen wird der Unterschied zwischen Debatte und realen Veränderungen deutlicher herausgearbeitet. Vor allem neueste industriesoziologische Forschungen betonen einerseits diese Kluft, heben andererseits aber auch die Kontinuität des Rationalisierungsgedankens hervor.

Einige Autoren sehen eine zeitliche Begrenzung der Rationalisierung. Nach Richard Vahrenkamp, der 1988 eine stärkere Beachtung der Differenz zwischen öffentlicher Debatte und realtechnischer Entwicklung forderte, setzte erst ab 1924 eine feststellbare Rationalisierung des Produktionsapparates ein. Rationalisierungsmassnahmen sind für den Wirtschaftshistoriker Karl-Heinrich Kaufhold zwar keine Erfindung der 1920er Jahre, da sie zumindest die industriekapitalistische Wirtschaft von Anfang an begleiteten. Die Jahre von 1924 bis 1929 unterschieden sich aber dennoch in bestimmten Aspekten von vorherigen Perioden. Kaufhold nennt vier entscheidende Unterschiede: Erstens seien Umfang und Intensität der

Rationalisierungsmassnahmen weit über frühere Ansätze hinausgegangen, zweitens habe man die Rationalisierung nicht zufällig, sondern systematisch betrieben, drittens sei Rationalisierung nicht mehr nur privatwirtschaftlich, sondern auch volkswirtschaftlich begriffen worden, und schliesslich viertens habe es eine gesellschaftliche Debatte gegeben, die weit über den Bereich der Wirtschaft hinaus sozialpolitische und geistesgeschichtliche Dimensionen bekam.

Andere Autoren, z.B. Freyberg/Siegel oder Hinrichs/Kolbohm, heben die Kontinuität von Rationalisierungsstrategien stärker hervor. Dorothea Schmidt sieht in der Periode zwischen 1924 und 1929 sogar nur eine Fortführung und Weiterentwicklung bekannter Massnahmen. Sie kann keine neuartige Strategie bzw. kein überbetriebliches Konzept feststellen. In der verstärkten Anwendung und Intensivierung der Akkordarbeit sowie der Mechanisierung der Produktion lagen nach Schmidt die wichtigsten Veränderungen.

Thomas v. Freyberg sieht die technisch-konstruktive Entwicklung der Werkzeugmaschinen in der Weimarer Zeit dadurch bestimmt, dass neben eher traditionellen Anforderungen (er nennt hier wachsende Bearbeitungsgenauigkeit und Leistungsfähigkeit) und eher neuzeitlichen Anforderungen, wie wachsende Taktgenauigkeit, Bedienungsfreundlichkeit und Selbsttätigkeit, die Forderung nach schrittweise automatisierbaren Maschinen zunehmend an Bedeutung gewonnen habe. Die Entwicklung des Baukastensystems verdanke sich «dem Zwang, Zeit- und Marktökonomie auszubalancieren, genauer: einen Kompromiss zwischen Automatisierung und Flexibilität zu finden». Der systematische Ausbau und die sorgfältige Pflege von technischen, organisatorischen und menschlichen Elastizitätspotentialen kennzeichne – so Freyberg – diese Phase der Rationalisierung. Auf technisch-organisatorischer Ebene sei es zu einer elastischen Anwendung des Fließprinzips gekommen, er nennt als Beispiele «partikuläre Einrichtungen von Fließlinien (Inseln), Mischsysteme von Reihen- und Fließfertigung und eingebaute Mechanismen zur schnellen Umrüstung». Die folgenden Jahre bis 1944 zeigten ein überraschend hohes Mass an Kontinuität der technisch-konstruktiven und technisch-organisatorischen Rationalisierung, trotz gewandelter Rahmenbedingungen. Freyberg stellt fest: «Der einzig wirklich einschneidende Wandel im deutschen Werkzeugmaschinenbau der Jahre 1933 bis 1944, nämlich der Wandel in der Qualifikationsstruktur seiner Beschäftigten, war also weder das Ergebnis betrieblicher Rationalisierungsstrategien, noch führte er zu einer gewandelten Rationalisierungspolitik [...]»

### **Der deutsche Werkzeugmaschinenbau in der Zwischenkriegszeit**

Meine Untersuchung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus setzte sich einerseits mit der technischen Entwicklung

auseinander, andererseits mit den Veränderungen in der Arbeitsorganisation. In der Entwicklung der Zerspanungstechnik konnte eine Fülle technischer Neuerungen nachgewiesen werden (Abbildung 1). Die Neuerungen betrafen v.a. die Nutzung «neuer Werkstoffe», die in Wechselwirkung von «Werkzeug – Werkstoff – und Werkzeugmaschine» zu «Veränderungen der Maschinen» führten.

In metallverarbeitenden Branchen, vor allem im Fahrzeug- und Flugzeugbau sowie in der Elektroindustrie, kamen neue Werkstoffe zum Einsatz. Neue Schneidstoffe wurden entwickelt, die höhere Zerspanungsleistungen erlaubten. Die Bearbeitung neuer Werkstoffe und die optimale Nutzung neuer Schneidstoffe erforderten veränderte Werkzeugmaschinen. Unabdingbare Voraussetzung für höhere und variabel einstellbare Schnittgeschwindigkeiten waren Veränderungen im Antriebssystem. Antriebsmotoren lieferten höhere Drehzahlen, die Getriebe breitere Drehzahlbereiche und variabel einstellbare Vorschübe. Die Gestelle, Führungen und Lager wurden an die höheren Geschwindigkeiten angepasst und nahmen höhere Kräfte auf.

Ich konnte zeigen, dass einzelne technische Neuerungen, wie beispielsweise die Einführung neuer Werkstoffe, die Nutzung von Hartmetall als Schneidstoff oder die Anwendung von Elektromotoren zum Antrieb von Werkzeugmaschinen nicht schlagartig das Gesamtsystem der Zerspanung veränderten. Vielmehr erforderten sie Anpassungen in anderen Bereichen der Zerspanungstechnik. Hartmetalle waren zwar leistungsfähige Schneidwerkstoffe, machten aber zu ihrer Ausnutzung neue, leistungsfähigere Werkzeugmaschinen notwendig. Die Gestaltung von Hartmetall-Werkzeugen musste sich den Eigenschaften und Herstellungsverfahren der Sinterhartmetalle anpassen. Werkzeugherstellung, -bereitstellung und -instandhaltung änderten sich ebenfalls.

Auch die Einführung von elektrischen Einzelantrieben war kein einmaliger Vorgang, sondern zog sich über Jahrzehnte hin. Bis in die 1940er Jahre arbeiteten Gruppenantriebe wirtschaftlich. Die Einführung des Einzelantriebs war nicht von der Frage der Motorenart abhängig (Gleichstrom- oder Drehstrommotor), sondern von der Integration des Motors in die Maschine. Keilriemen für die Übertragung der Motorleistung auf die Werkzeugmaschine und die Entwicklung von leistungsfähigen Getrieben waren für die Durchsetzung von Elektro-Einzelantrieben erforderlich. Insgesamt zeigte sich, dass die effiziente Anwendung einzelner technischer Neuerungen Zeit benötigte und an Anpassungen des Gesamtsystems der Zerspanung gebunden war.

Die Anwenderindustrie forderte für eine rationelle Fertigung möglichst angepasste Werkzeugmaschinen, die je nach Anwendung universell oder eingeschränkt einsetzbar sein mussten bis hin zu Spezialmaschinen. Universalmaschinen sind vielfältig einsetzbare Maschinen, z.B. Universaldreh- oder -fräsmaschinen. In der Massenfertigung sind Spezial-

### Typung

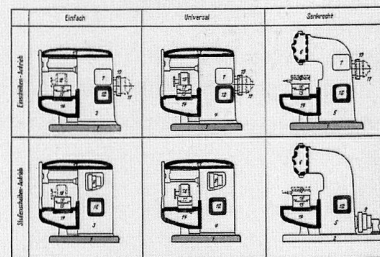
Vereinheitlichung in Konstruktion und Gesamtbeschaffenheit von Fertigprodukten

Folge => Abstufung von Maschinengrößen

Problem: Typenreduktion

Möglichkeit der Nutzung von Baukastensystemen

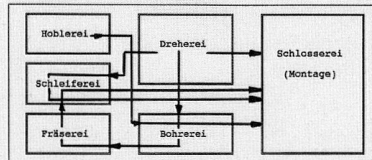
### Typung und Baukastensystem bei Loewe 1925



Gleiche Baugruppen bei sechs Fräsmaschinentypen gleicher Größe  
(nach: Hegner, Werkstatttechnik 1928, S. 581, Abb. 10)

Bild 2: Typung im Werkzeugmaschinenbau.  
(Quelle: Bauer 1931, S. 161 u. S. 171)

### Werkstattfertigung



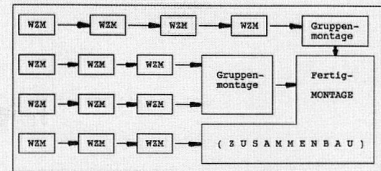
#### Kennzeichen:

- verfahrensspezifisch getrennte Werkstätten
- zahlreiche Zwischenlager
- hoher Transportaufwand
- häufig überkreuzende Transportwege

Einhaltung der Termine schwierig,  
bei Einzel- und Kleinserienfertigung aber  
gute Werkzeugmaschinenauslastung

Bild 3: Werkstattfertigung. (Quelle: Siegel/  
Freyberg 1991, S. 28 f, S. 253 f. u. S. 274 ff.)

### Linienfertigung



#### WZM = Werkzeugmaschine

#### Kennzeichen der Linienfertigung:

- Auflösung der verfahrensspezifischen Werkstätten
- Aufstellung der Werkzeugmaschinen nach der Bearbeitungsfolge
- Zwischenlagerung der Teile zwischen den Bearbeitungsstationen
- geringer Transportaufwand, klare Transportwege
- schnellerer Stoffdurchlauf

Leichtere Termineinhaltung,  
kürzere Durchlaufzeit der Teile,  
aber meist geringere Werkzeugmaschinenauslastung

Bild 4: Linienfertigung. (Quelle: Siegel/  
Freyberg 1991, S. 28)

maschinen am wirtschaftlichsten, während im allgemeinen Maschinenbau wie auch im Werkzeugmaschinenbau wegen der Einzelfertigung bzw. der kleinen Stückzahlen Universalmaschinen bevorzugt werden.

Der Werkzeugmaschinenbau entwickelte leistungsfähigere Maschinen und stellte sie den Anwendern zur Verfügung. Von den Nutzern dieser Maschinen kam die Forderung nach effizienter Technik. Die Forderung nach rationeller Produktionstechnik entstand nicht im Werkzeugmaschinenbau. Hier blieben die Möglichkeiten von Rationalisierung beschränkt. Im Werkzeugmaschinenbau wurden Maschinen in Einzelfertigung oder in kleiner Serie hergestellt. Der Bau von Sondermaschinen erfolgte in Einzelfertigung, während bei Standardmaschinen kleine Serien vorherrschten, deren Stückzahl selten über 20 hinauskam.

Für die Rationalisierung im Bau von Werkzeugmaschinen hatte daher die Erhöhung der Stückzahlen von Einzelteilen und Baugruppen einen hohen Stellenwert. Die Normung von Einzelteilen und die Typung von Maschinen war die Voraussetzung für höhere Stückzahlen. Normung bedeutet die Vereinheitlichung und verbindliche Festlegung der Dimension, der Form, der Rohstoffgüte, der Bezeichnung und des Fertigungsabgangs der Einzelteile. Genormte Teile waren in ihren Abmassen und Toleranzen festgelegt (Massnormen), sie wiesen bestimmte physikalische, chemische oder technologische Eigenschaften auf (Stoffnorm). Normteile waren austauschbar, d.h., sie passten: Sie liessen sich ohne manuelle Einpassarbeiten montieren und bei

Verschleiss ohne Schwierigkeiten auswechseln. Normteile konnten in grösseren Stückzahlen hergestellt werden, sie wurden entweder im eigenen Betrieb gefertigt oder von Fremdfirmen bezogen und waren am Lager vorrätig. - Normung schränkte andererseits die konstruktive Vielfalt ein, d.h., es wirkte sich auf die gesamte Maschinenkonstruktion aus, wenn Normteile verwendet wurden. Ende der 1920er Jahre bestanden Werkzeugmaschinen bereits etwa zur Hälfte aus Normteilen.

Einzelne Baugruppen bzw. die gesamte Maschinenkonstruktion wurde durch Typung vereinheitlicht. Werkzeugmaschinenfabriken schufen durch Typung abgestufte Maschinengrößen und reduzierten ihr Programm auf wenige Maschinentypen, die vorrätig gehalten wurden (Abbildung 2). Typung von Universalmaschinen ermöglichte die Nutzung der Vorteile des Baukastensystems, bei dem die Maschine aus standardisierten Baugruppen aufgebaut wurde. Diese Baugruppen liessen sich in mehreren Maschinen gemeinsam verwenden. Das zeigt sich am Beispiel einer Typung von Fräsmaschinen.

Die Firma Loewe stellte 1925 in einer Baugröße sechs Typen her, die einfache, die Universal- und die senkrechte Fräsmaschine, jeweils mit Einscheibe bzw. mit Stufenscheibenantrieb. Das Konsol (blau) und der Vorschubbräderkasten (grün) wurden z.B. in allen sechs Typen verwendet. Weiterhin waren bei einigen Typen neben anderen Baugruppen z.B. die Grundplatte (rot), der Gegenhalter (schwarz) bzw. der Vertikalschlitten (schwarz gestrichelt) gleich. Beachten Sie bitte, dass

hier nur Maschinentypen gleicher Baugrösse dargestellt sind. Unterschiedliche Baugrössen benötigten in der Regel auch unterschiedlich grosse Bauteile. Ausnahmen waren z.B. Getriebeteile wie Zahnräder oder Getriebewellen im Haupt- (7) und Vorschubgetriebe (12), die man auch in unterschiedlichen Maschinengrössen verwenden konnte. Zusätzliche Einrichtungen, wie der Teilkopf (18), konnten ebenfalls in mehreren Maschinengrössen verwendet werden.

Normung von Einzelteilen, Standardisierung von Baugruppen und Typung von Maschinen boten im Werkzeugmaschinenbau wichtige Rationalisierungspotentiale. Ihre Nutzung stiess allerdings dann an Grenzen, wenn besondere Konstruktionen verlangt wurden oder Sonderwünsche der Kunden realisiert werden sollten. Spezialmaschinen wurden in der Regel sowieso einzeln und nicht in Reihen gefertigt. Gab es Sonderwünsche bezüglich der Ausführung oder Ausstattung von Universalmaschinen, sollte z.B. eine Drehmaschine einen breiteren Drehzahlbereich mit mehr Drehzahlen als vorgesehen abdecken oder sollten zusätzliche Werkzeuge oder Vorrichtungen eingesetzt werden können, verursachte dies einen besonderen Aufwand. Typung und Typenreduktion waren zwar Grundlage einer rationellen Reihenherstellung, sie liessen sich aber nicht in jedem Fall durchsetzen.

Ein weiterer Ansatz für höhere Effizienz im Werkzeugmaschinenbau lag in neuen Formen der Fertigungsorganisation. Das Werkstattprinzip war bis in die 20er Jahre üblich, der Betrieb in einzelne Abteilungen aufgeteilt (Giesserei, Schmiede, mechanische Werkstatt, Zusammenbau). In der mechanischen Werkstatt waren die Werkzeugmaschinen verfahrensspezifisch in getrennten Werkstätten zusammengefasst (Abbildung 3).

Hoblerei, Schleiferei oder Dreherei fassten jeweils alle Hobel-, Schleif- bzw. Drehmaschinen zusammen. Die Teile wurden nacheinander in den einzelnen Werkstätten bearbeitet, zwischengelagert und dann zur weiteren Bearbeitung in die nächste Werkstatt transportiert. Dargestellt sind hier nur einige Bearbeitungsfolgen: Grosse Gussstücke wie Maschinenbetten oder Ständer wurden z.B. gehobelt, zwischengelagert, kamen in die Bohrererei, wo sie nach ihrer Bearbeitung wieder zwischengelagert wurden, bis man sie in der Montage benötigte. Andere Teile wurden nach dem Drehen geschliffen, oder sie durchliefen nacheinander Dreherei, Bohrererei, Fräserei und Schleiferei, bis man sie montieren konnte. Viele sich kreuzende Transportwege und zahlreiche Zwischenlager kennzeichneten die Werkstattfertigung, die Verfolgung der Termine war schwierig. Andererseits liessen sich die Werkzeugmaschinen bei der vorherrschenden Einzel- und Kleinserienfertigung durch das Werkstattprinzip am besten auslasten.

Seit den 1920er Jahren gingen einzelne Betriebe auf Linienfertigung über, lösten die verfahrensspezifischen Werkstätten auf und ordneten die Werkzeugmaschinen nach der Abfolge der Bearbeitung an (Abbildung 4).

Bei Linienfertigung werden die Teile auf Werkzeugmaschinen bearbeitet, die in der Reihenfolge der Bearbeitungsschritte angeordnet sind. Zwischen den Bearbeitungsstationen werden die Teile zwischengelagert, bevor sie auf die nächste Maschine kommen. In der Gruppenmontage zu Baugruppenmontage, kommen die einzelnen Baugruppen in die Fertigungsmontage. Maschinenbetten, Ständer und andere Teile kamen nach ihrer spanenden Bearbeitung nicht in die Gruppenmontage, sondern gleich in die Fertigungsmontage. Die Teile werden bei Linienfertigung also noch mehrfach zwischengelagert.

Linienfertigung verminderte den Transportaufwand und die Durchlaufzeit der Teile. Man nahm eine schlechtere Ausnutzung der Werkzeugmaschine in Kauf, wenn die Vorteile des schnelleren Durchlaufs der Teile überwogen. Linienfertigung erreichte aber noch keinen zwangsläufigen Fluss der Teile in einem kontinuierlichen, zeitlich bestimmten Ablauf. Einen solchen Fertigungsfluss erreicht man erst bei Fließfertigung, bei der die Zwischenlager aufgelöst und alle Teile gleichzeitig in Arbeit sind. Bei einer fließenden Fertigung wandern die Teile ohne liegenzubleiben zwangsläufig durch die Werkstatt.

Diese Zwangsläufigkeit wurde zwar hoch eingeschätzt, aber die Fließfertigung von Werkzeugmaschinen blieb eher verbales Programm. In der Metallzerspanung galt die Fließfertigung als ein Idealzustand, der in der Herstellung von Werkzeugmaschinen nicht erreicht wurde. Die Fertigung erfolgte im Werkzeugmaschinenbau zunächst nach dem Werkstattprinzip, das nur zum Teil und allmählich durch eine Linienfertigung mit Zwischenlagern abgelöst wurde. Eine Verkettung und Taktung der Arbeitsschritte gab es in der spanenden Bearbeitung von Teilen für Werkzeugmaschinen nicht. Nur in der Montage haben einzelne führende Firmen, und dies auch erst während des Zweiten Weltkriegs, mit dem Fließprinzip experimentiert. Da sich einzelne Bearbeitungsschritte gegen ihre Einordnung in die Linie sperrten (Beispiel Härten), war Linienfertigung nur partiell und insgesamt sehr schwer zu realisieren. Auch nach 1940 hatte die Werkstattfertigung im Werkzeugmaschinenbau ihren festen Platz.

### Zusammenfassung

Was bedeuten diese Ergebnisse für die wissenschaftliche Diskussion? Zunächst bestätigen sich die Zweifel, dass die Rationalisierungsbewegung zwischen 1924 und 1929 einen Umbruch auslöste. Die publizistische Aktivität der Rationalisierungsprotagonisten schuf ein Rationalisierungsbild, das sich bei genauerem Hinsehen als Mythos erweist. Die Rationalisierung im Werkzeugmaschinenbau war in der Zwischenkriegszeit nicht intensiver als davor oder danach.

Die konkrete Umsetzung von Rationalisierungsstrategien ist innerhalb der verschiedenen Zweige des Maschinenbaus unterschiedlich verlaufen. Am stärksten wurden sie in be-

stimmten Bereichen von Massenproduktion umgesetzt. Im Werkzeugmaschinenbau blieb es bei kleinen Stückzahlen und bescheidenen Rationalisierungserfolgen. Nach 1924 wurde die Fertigung insgesamt weder schlagartig noch stärker als vorher umgewandelt. Die Veränderungen waren kleinschrittig, der Innovationsprozess zäh, es gab keine «Kernzeit» der Rationalisierung.

In der Wechselwirkung zwischen Werkstoff, Werkzeug und Werkzeugmaschine zeigte sich die langsame Umsetzung produktionstechnischer Veränderungen. Andere Werkstoffe für Werkstücke und neue Schneidstoffe liessen die Forderung nach leistungsfähigeren Werkzeugmaschinen entstehen. Höhere Drehzahlen für eine wirtschaftliche Bearbeitung neuer, leicht zerspanbarer Werkstoffe und für die Bearbeitung mit Hartmetallwerkzeugen zogen Veränderungen am Gesamtsystem der Werkzeugmaschine nach sich.

Die Darstellung der technischen Entwicklung bei Freyberg bzw. Freyberg/Siegel, die sie technisch-konstruktive Rationalisierung nennen, kann durch die Ergebnisse meiner Untersuchung auf weiten Strecken nicht bestätigt werden. Die Entwicklung von Werkzeugmaschinen in der Zwischenkriegszeit war beispielsweise weder durch eine wachsende Taktgenauigkeit bestimmt, noch übten neue Schneidstoffe und leistungsfähigere Antriebsmotoren einen systematischen Druck in Richtung auf Hochleistungsautomaten aus. Ihnen ist insoweit aber zuzustimmen, dass die Rationalisierung im Werkzeugmaschinenbau insgesamt, trotz zeitweilig geänderter Rahmenbedingungen, ein hohes Mass an Kontinuität von der Weimarer Zeit bis nach dem Zweiten Weltkrieg aufweist.

Im Werkzeugmaschinenbau blieben die Möglichkeiten rationeller Produktion beschränkt, die Stückzahlen niedrig. In der Zwischenkriegszeit lag die Zahl einer Maschinenserie in der Regel unter 20 Stück. In der Normung von Teilen, der Typung von Baugruppen und Maschinen sowie in der Spezialisierung der Betriebe lagen die wesentlichen Potentiale zur Erhöhung der Stückzahlen.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Rationalisierung bei den Anwendern von Werkzeugmaschinen wäre eine Untersuchung von Bereichen mit Massenproduktion erforderlich. Der Werkzeugmaschinenbau war wie viele Bereiche des allgemeinen Maschinenbaus in der Zwischenkriegszeit von den Problemen kleiner Stückzahlen geprägt. Für die Elektroindustrie, die lange als vorbildlicher Rationalisierungszweig galt, haben Forschungen von Schmidt oder Wittke das Bild von durchgängigen systematischen Rationalisierungserfolgen in der Grossindustrie bereits relativiert. Wenn Dorothea Schmidt ihre Bilanz für Siemens mit «Weder Ford noch Taylor» betitelt, so gilt dies jedenfalls auch für den Werkzeugmaschinenbau der Zwischenkriegszeit.

## Literaturverzeichnis

- Bauer, O.: Rationalisierung – Fehlrationalisierung, Wien 1931.
- Freyberg, T.: Industrielle Rationalisierung in der Weimarer Republik, Frankfurt a.M. 1989.
- Gottl-Ottlilienfeld, F.: Vom Sinn der Rationalisierung, Jena 1929.
- Haas, M.: Spanende Metallbearbeitung in Deutschland während der Zwischenkriegszeit (1918–1939), Hamburg 1997.
- Hinrichs, P.; Kolbohm, I.: Industrielle Rationalisierung in Deutschland und Frankreich bis zum Zweiten Weltkrieg. In: Frankreich und Deutschland..., hg. von Y. Cohen und K. Manfrass, München 1990, S. 383–410.
- Kaufhold, Karl-Heinrich: Der Konflikt zwischen technischem Fortschritt und Beschäftigung in den 1920er Jahren. In: Technischer Fortschritt, Beschäftigung und wirtschaftliches Gleichgewicht, hg. von G. Grabisch, Berlin 1988, S. 282–317.
- Saitzew, M. Eine lange Welle der Arbeitslosigkeit. In: Die Arbeitslosigkeit der Gegenwart, Bd. I, hg. von M. Saitzew, Berlin 1932, S. 1–96.
- Schmidt, D.: Weder Ford noch Taylor, Bremen 1993.
- Siegel, T.; Freyberg, T.: Industrielle Rationalisierung unter dem Nationalsozialismus, Frankfurt 1991.
- Sombart, W.: Die Rationalisierung in der Wirtschaft, Leipzig 1928.
- Vahrenkamp, R.: Botschaften der Industriekultur. Technikdebatten und ihre Wirkungen. Technikgeschichte 55 (1988), S. 111–123.
- Weber, M.: Wirtschaft und Gesellschaft, Tübingen 1956.
- Wittke, V.: Wie entstand industrielle Massenproduktion?, Berlin 1996.
- Wommelsdorf, F.: Einfluss der Serien- und Massenfertigung... In: Fliessende Fertigung... 1943, S. 210–224.
- Wupper-Tewes, H.: Rationalisierung als Normalisierung. Münster 1995.