

Von der Mechanischen Technologie zur Produktionswissenschaft

Ein Beitrag zur Entstehung und Entwicklung der Wissenschaft vom Fabrikbetrieb
im deutschen, amerikanischen und japanischen Kontext

Einleitung.....	1
Wissenschaftliche Betriebsführung.....	3
Mechanische Technologie.....	9
Betriebswissenschaft und Georg Schlesinger.....	23
Produktionswissenschaft.....	32

Einleitung

Die Wissenschaft des Fabrikbetriebes, die heutige Produktionswissenschaft, konstituierte sich in der wechselseitigen Durchdringung zwischen industrieller Praxis und wissenschaftlicher Forschung. Für das Verständnis dieses Prozesses erweist sich vor allem die Darstellung der wesentlichen Konstituierungs- und Entwicklungslinien der Produktionswissenschaft, dieser jungen Wissenschaftsdisziplin, von den deutschen Anfängen in der Mechanischen Technologie über die Anstöße aus der amerikanischen Rationalisierungsbewegung und Managementlehre bis hin zu den Erkenntnissen und industriellen Anwendungen japanischer Fabrikorganisation und Unternehmensführung im 20. Jahrhundert als sinnvoll. Zunächst richteten sich wissenschaftliche Untersuchungen auf den Fertigungsprozeß und einzelne diesen Prozeß bestimmende Arbeitssysteme, später, zu Beginn des 20. Jahrhunderts, auf die Fabrik als Arbeitssystem in ihrer Gesamtheit.

In dem von Georg Schlesinger (1874-1949) vor dem Ersten Weltkrieg geprägten Begriff der Betriebswissenschaft, die methodologisch und inhaltlich für die heuti-

ge Produktionswissenschaft konstituierend wirkte, vereinten sich zwei der einflußreichsten Strömungen theoretischer und praktischer Auseinandersetzungen mit dem industriellen Fabrikbetrieb zu einer neuen Wissenschaftsrichtung, die heute als Produktionswissenschaft bezeichnet wird.

Eine der beiden Strömungen nahm als Mechanische Technologie einen festen Platz an den damaligen Technischen Hochschulen ein, die andere wurde zusammen mit den Erfolgen der amerikanischen Rationalisierungsbewegung unter dem Namen wissenschaftliche Betriebsführung bekannt. Schlaglichtartig werden die in der heutigen Managementlehre als ingenieurmäßig-ökonomisch bezeichneten Ansätze in ihrer Wirkungsgeschichte für die Konstituierung der heutigen Produktionswissenschaft herausgestellt.

Nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelte sich die Produktionswissenschaft im wesentlichen aus drei Schwerpunkten: der deutschen fertigungstechnischen Forschung-im Wirkungsgefüge der westeuropäischen Nachbarn -, die ihren institutionellen Rahmen bis Mitte der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts in der Hochschulgruppe Fertigungstechnik hatte, der amerikanischen Managementlehre sowie den japanischen Ansätzen zur rationellen Fabrikorganisation und Unternehmensführung. Deutsche, amerikanische und japanische Entwicklungsstränge stehen im Zuge der Globalisierung in einem immer engeren wechselseitig interdependenten Entwicklungszusammenhang, deren Analyse weiterführende Forschungen erfordert. Grundsätzlich besteht bei der Untersuchung dieser Entwicklungszusammenhänge die Schwierigkeit, die komplexen Interdependenzen zwischen Mensch, Technik und Arbeitsorganisation wissenschaftlich adäquat zu beschreiben, also eine einheitliche Sprache und Begrifflichkeit zu finden, die dem Gesamtkomplex der Entwicklung und der gegenwärtigen Erscheinung der Produktionswissenschaft gerecht wird. Meist dominieren die Sichtweisen und Lösungskonzepte einer Wissenschaftsdiziplin.

Bei der Betrachtung der Produktionswissenschaft, insbesondere ihrer Entwicklungslinien, ist jedoch eine integrierende Interdisziplinarität, die vor allem japanische, US-amerikanische und westeuropäische Entwicklungen beachtet, gefordert. Dieser Beitrag soll ein erster Schritt zu einer solchen Interdisziplinarität sein. Es

stellt sich für die weitere Forschung die Herausforderung, den Gegenstand aus Sicht ingenieurwissenschaftlicher, historisch-logischer, wirtschaftlich-sozialer und psychologischer Sicht zu untersuchen und die weiterführenden Erkenntnisse und abgeleiteten Ergebnisse über die Entstehung, Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der Produktionswissenschaft bis hin zu den Perspektiven dieser jungen Wissenschaftsdisziplin aus eben dieser multidisziplinären Perspektive in weiteren Veröffentlichungen zu präsentieren.

Wissenschaftliche Betriebsführung

Wenn auch die Betriebswissenschaft durch die amerikanische Rationalisierungsbewegung des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts deutliche Impulse erhielt, vermittelt durch Amerikareisen europäischer Betriebsingenieure¹ sowohl aus der industriellen Praxis als auch aus der Wissenschaft jener Zeit, so muß doch betont werden, daß die Idee einer rationellen Fabrikorganisation in fertigungstechnischer und arbeitsorganisatorischer Hinsicht eine sehr viel längere Tradition aufweist. Schon früh richteten Wirtschafts- und Produktionswissenschaftler ihr Interesse

¹ In der ersten Hälfte der zwanziger Jahre setzte eine neue Welle von Reisen führender Vertreter der deutschen Wirtschaft, von Ingenieuren und Wissenschaftlern in die USA zum Studium amerikanischer Produktionsmethoden ein. Als Ergebnis dieser Reisen wurden zahlreiche Vorschläge zur Verbesserung der deutschen Werkzeugmaschinenbetriebe unterbreitet. Zum Beispiel führte Georg Schlesinger, seit 1904 Ordinarius für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetriebe an der TH Berlin, ausgedehnte Reisen in die Vereinigten Staaten, die Sowjetunion sowie nach Japan durch, die der betriebswissenschaftlichen Forschung zugute kamen. Er führte, ausgehend von seiner Tätigkeit bei Ludw. Loewe AG, zahlreiche betriebliche Umstrukturierungen durch, so z. B. bei der Maschinenfabrik Orenstein&Koppel (Berlin) auf dem für die Marktstellung des Unternehmens bedeutsamen Gebiets des Normungswesens. Beratungs- und Forschungstätigkeit fand in den Jahren 1911 bis 1933 bei folgenden Firmen statt, die im folgenden aufgelistet sind: Königliche Gewehrfabrik, Spandau und Oberspree, Telephon- und Telegraphen-Werk C. Lorenz, Berlin, Hirsch-Kupfer-Messing-Werke, Donau-Tiegel-Werk, Nürnberg, Eisen-Konstruktionswerkstätte von August Klönne, Wolltuchfabriken von Tannenbaum, Pariser & Co., Luckenwalde, Elsaß-Badische-Wolle-Fabriken, Forst, Horch-Automobil-Werk, Zwickau.

auf die Gestaltung von Arbeitssystemen.² Wissenschaftlich orientierte Auseinandersetzungen mit Fragestellungen der Arbeitssystemgestaltung, insbesondere der Arbeitsorganisation, finden sich verstärkt seit der Mitte des 19. Jahrhunderts.

Babbage

Mit Charles Babbage (1791-1871) sei an dieser Stelle stellvertretend für viele Praktiker und Wissenschaftler der frühen Rationalisierungsbewegung ein Name hervorgehoben, welcher den amerikanischen „Rationalisierern“ vorausging und zugleich vielen als Vater der modernen Fabrikentwicklung gilt.

Es ist das Verdienst Babbages, den Widerspruch zwischen fertigungstechnischen Potentialen einerseits und Effektivitätsgrenzen traditionsgebundener Werkstattorganisation andererseits erkannt zu haben. So konzentrierte sich Babbage auf die Analyse und Anwendung des Prinzips funktionaler Arbeitsteilung. Indem er das Ziel einer wissenschaftlichen Betriebsorganisation formulierte, überschritt er die Schwelle zu einer systematisch durchdachten Neuorganisation des Produktionsprozesses. Von Babbage führt eine geistige Linie zu Frederick Winslow Taylor.³

Was Adam Smith⁴ im berühmten Beispiel der Nadelherstellung an betrieblichen Produktionsprozessen gezeigt hat, wendet Taylor mit der Entwicklung von Me-

² Ökonomische Vorteile ergeben sich vor allem aus den mit der Spezialisierung verbundenen geringen Qualifikationserfordernissen (d. h. billige Arbeitskräfte), geringen Einarbeitungs- und Anlernzeiten, geringen Aufgabeninhalten und Handlungsspielräumen, hohen Lern- und Trainingseffekten (d. h. Übungsgewinne) und leichten Kontroll- und Überwachungsaufgaben.

³ Frederick Winslow Taylor (1896-1915) studierte Jura in Harvard. Daran anschließend eine Lehre als Mechaniker. Entwickelte sich bei Midvale Steel (Philadelphia) vom Arbeiter zum Chefsingenieur. Managementberatung vor allem bei Bethlehem Steel Com., lehrte Scientific Management in Harvard von 1909 bis 1914.

⁴ Adam Smith (1723-1790), schottischer Philosoph und Nationalökonom, Hauptwerk: „An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations“ 1776 erschienen. Das breit angelegte Werk enthält das klassische Beispiel der Nadelherstellung (1. Kapitel: Die Arbeitsteilung) und grundlegende Gedanken der klassischen Wirtschaftstheorie, wie sie dann im 19. Jahrhundert von

thoden der Analyse von Arbeitsprozessen und deren Zerlegung in möglichst kleine Aufgabenelemente, die von verschiedenen Arbeitern erledigt werden, konsequent an. Seine Gedanken legte er in den beiden Hauptwerken „Shop Management“⁵ und „The Principles of Scientific Management“⁶ nieder.

Taylor

Wie schon Babbage, erkannte Taylor, daß durch den Übergang zu größeren Betrieben und zur Massenproduktion die Entwicklung der innerbetrieblichen Rationalisierung weit hinter dem technischen Entwicklungsstand der Fertigungstechnik zurückgefallen war. Seine Antwort hierauf bestand in der Forderung, das innerbetriebliche Geschehen transparenter zu gestalten, den Produktionsablauf stärker zu planen sowie dem Produktionsfaktor Arbeit größere Beachtung zu schenken. Eine Forderung, die von den japanischen Rationalisierern seit den 50er Jahren konsequent aufgenommen wurde. Der Siegeszug des japanischen Qualitätsmanagementsystem, wie er so eindrucksvoll in der japanischen Automobilindustrie zum Ausdruck kommt, hat nicht zuletzt in Taylors Anforderungen an die betriebliche Produktionsorganisation ihre wesentlichen Wurzeln.

Die Bedeutung von exakten Abstimmungen der Produktionskapazitäten und Produktionszeiten ist schon früher erkannt worden. Selbst Handwerksbetriebe konnten nie darauf verzichten, ihre Arbeit mindestens gedanklich vorzubereiten. Taylor forderte aber als erster und unter dem Eindruck der unübersichtlich werdenden Fabrikationsprozesse, die Institutionalisierung einer nach wissenschaftlichen Grundsätzen gestalteten Betriebsführung, die zum Gegenstand einer besonderen wissenschaftlichen Disziplin, der Betriebswissenschaft, später der Produktionswissenschaft, werden sollte.

Ricardo, Say und Mill weiterentwickelt wurden. Es ist keineswegs übertrieben zu behaupten, daß Smiths Werk zum Wegbereiter des Wirtschaftsliberalismus und zu einem theoretischen Grundpfeiler des westlichen Wirtschaftssystems wurde.

⁵ Taylor, F.W.: Shop Management. New York 1903.

⁶ Taylor, F.W.: The Principles of Scientific Management. New York 1911; deutsch: Die Grundsätze der wissenschaftlichen Betriebsführung. Berlin, München.

Principles of Scientific Management

Taylors „Principles of Scientific Management“ lieferte die Bezeichnung für eine neue Denkweise des Managements, die geprägt war vom rationellen Einsatz von Menschen und Maschinen im Produktionsprozeß, einer am effizientesten Arbeiter orientierten Maximalleistung, entsprechenden Personenauswahl- und -anreizsystemen und der konsequenten Trennung von ausführender und planender Tätigkeit. Dementsprechend bedeutete Scientific Management nicht nur systematisches Methoden- und Zeitstudium (Industrial Engineering), sondern darüber hinaus den Ausdruck eines neuen Effizienzdenkens. Eine gedankliche Richtung, die im amerikanischen Fließbandsystem und im japanischen Toyotismus, ihrer konsequente Fortsetzung bis in die Gegenwart erfuhr.

Tayloristische Arbeitsteilung

Die tayloristische Arbeitsteilung führte zu einer relativen Reduzierung der in einer bestimmten Produktionsstufe körperlich Arbeitenden, da die zeitraubenden geistig-kreativen Aufgaben funktional konzentriert wurden. Die exakte Zuweisung determinierender Aufgaben zusammen mit der Angabe von Vorschriften hinsichtlich Mindestmengen und -zeiten sowie einer detaillierten Arbeitsordnung, führten zur Kontrolle eines jeden Schrittes des Arbeitsprozesses und der Arbeitsausführung. Kontrolle im Sinne von Disziplinierung und Überwachung wurde neben der Arbeitsplanung zur wichtigsten Managementaufgabe.

Babbage-Prinzip

Neben den mit dieser Art von Arbeitsteilung verbundenen Produktivitätszuwächsen ergaben sich in jener Zeit weitere ökonomische Vorteile. Die für einen derart organisierten Produktionsprozeß erforderliche Qualifikation konnte bedeutend billiger in Form gering qualifizierter Arbeitskräfte vom Unternehmen eingekauft werden, als in Form traditionell integrierter und damit hoch qualifizierter und bezahlter Facharbeiter. Es war vor allem Charles Babbage, der ganz deutlich auf

den ökonomischen Vorteil der Arbeitsteilung verwiesen hatte und dessen Name untrennbar mit diesem Prinzip verbunden ist, dem Babbage-Prinzip:

„Daß nämlich der industrielle Unternehmer durch Aufspaltung der auszuführenden Arbeit in verschiedene Arbeitsgänge, von denen jeder einen anderen Grad an Geschicklichkeit oder Kraft erfordert, gerade genau jene Menge von beiden kaufen kann, die für jeden dieser Arbeitsgänge notwendig ist; wogegen aber, wenn die ganze Arbeit von einem einzigen Arbeiter verrichtet wird, dieser genügend Geschicklichkeit besitzen muß, um die schwierigste Aufgabe, und genügend Kraft, um die anstrengendste dieser Einzeltätigkeiten, in welche die Arbeit zerlegt worden ist, ausführen zu können.“⁷

Schüler Taylors

Einer der prominentesten Schüler Taylors, Frank B. Gilbreth,⁸ ergänzte dessen Zeitstudien konsequenterweise durch Bewegungsstudien der Arbeitsläufe. Er folgte hierbei der Überzeugung, daß jede nicht unmittelbar dem Produktionsprozeß dienende Bewegung, vergeudete oder vertane Arbeit bedeutete. Durch eine spezifische Arbeitsorganisation sollte die menschliche Arbeit von allem Irrationalen und Zufälligen sowie von unnötigen Fähigkeiten und Fertigkeiten befreit werden. Zusammen mit Henry L. Gantt⁹ und Carl G. L. Barth¹⁰ gilt Gilbreth als Begründer einer neuen Forschungsrichtung, die im angelsächsischen Raum als Industrial Engineering bezeichnet wird. Diese spezifische Forschungsrichtung war unter anderem dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungs- und Zeitstudien verstärkt technische Unterstützung erfuhren.¹¹

⁷ Babbage 1832, zitiert nach: Braverman, H.: Die Arbeit im modern Produktionsprozeß. Frankfurt/New York 1977, S. 70.

⁸ Frank B. Gilbreth (1868-1924) gelernter Maurer, Unternehmensberater.

⁹ Henry L. Gantt (1861-1919) amerikanischer Ingenieur, vgl. Spur, 1991, S. 404, und 427.

¹⁰ Carl G. L. Barth (1860-1939) Mathematiklehrer und Partner von Taylor, vgl. Hughes, 1991, S. 202, 207.

¹¹ Gilbreth verwendete zum Beispiel Fotoapparat und Filmkamera, um Bewegungsabläufe auf sogenannten Zyklogrammen festzuhalten.

Bei der Suche nach den überzeugendsten Methoden der Fabrikrationalisierung erwuchs Taylor und der von ihm begründeten, einflußreichen Schule Wissenschaftlicher Betriebsführung ein mächtiger Konkurrent in den Ideen und praktischen Erfolgen Henry Fords.¹² Insbesondere seit Ende des Ersten Weltkrieges wurde Ford zum Träger einer neuen Vorbildrolle Amerikas auf technischem und organisatorischem Gebiet. Die deutsche Rationalisierungsbewegung konzentrierte sich auf das System der Fließfertigung, welches Ford seit 1913 für die Herstellung von Automobilen einsetzte.

Taylor – Ford - Rationalisierungsmodelle

Während sich Taylor noch in erster Linie mit der Rationalisierung körperlicher, vorwiegend handwerklicher Arbeit befaßte, konzentrierte sich Ford auf die Rationalisierung des industriellen Fertigungsprozesses für Massenprodukte. Die als „Fordismus“ bezeichnete Rationalisierungsstrategie war in erster Linie durch arbeitsorganisatorisch optimale Anordnung von Menschen und Maschinen bei der Montage uniformer Massenprodukte gekennzeichnet. Ford verfolgte hierbei die Prinzipien gesteigerter Typisierung der Produkte, hoher Mechanisierung der Produktion (Fließfertigung) und Eignungsuntersuchung zur Auswahl der besten Arbeiter.

Kennzeichen der Fließbandproduktion, dieser neuen produktionstechnischen Entwicklungsphase, war die starre Automatisierung, die aufgrund des hohen zeitlichen und technischen Aufwands beim Einrichten und Umrüsten der Maschinen aus wirtschaftlichen Gründen an hohe Stückzahlen gebunden war. Mechanisch gesteuerte Produktionsautomaten erbrachten hohe Produktivität. Getaktete Verkettungen von Maschinenfließreihen, Transferstraßen und Sondermaschinen mit weitgehender Arbeitsteilung führten zu Einzweckmaschinen mit hoher Mengenleistung und niedrigen Fertigungskosten. Die weitere Entwicklung der starren Automatisierung zeichnete sich in technisch-konstruktiver Hinsicht durch einen schrittweisen Übergang von der automatisierten Einzelwerkzeugmaschine zum automatisierten Prozeßablauf verketteter Werkzeugmaschinen ab.

¹² Henry Ford (1863-1947) gründete 1903 die Ford Motor Comp.

Durch den Einsatz von Transferstraßen wurde im Bereich der Massenproduktion der Industriearbeiter von physischen Transportleistungen und teilweise auch von der Steuerung der Transportvorgänge entlastet. Die Arbeitsvorbereitung und die Qualitätssicherung wurden personell verstärkt, um die planenden, prüfenden und überwachenden Aufgaben während des Produktionsprozesses wahrzunehmen. Die Entwicklung der starren Automatisierung war in den 60er Jahren die wichtigste Produktionsform und behielt in einigen Branchen bis in die Gegenwart ihre Bedeutung in der Massenproduktion. Die amerikanische Automobilindustrie arbeitete vorwiegend mit Transferstraßen, von deren Produktionsschwerpunkt Detroit die Bezeichnung „Detroit Automation“ abgeleitet wurde. Erst mit dem Siegeszug des Toyotismus verbreitete sich in Westeuropa und den Vereinigten Staaten ein neuer erfolgreicher Produktionstypus.

Mechanische Technologie

Charles Babbage, die Wissenschaftliche Betriebsführung um Taylor und das Rationalisierungskonzept Henry Fords repräsentierten die primär organisatorischen Wurzeln der Betriebswissenschaft. Das Produktionsmodell des Toyotismus lieferte später noch wichtige Beiträge hierzu. Die produktionstechnische Dimension der Betriebswissenschaft, der heutigen Produktionswissenschaft, konnte auf eine beeindruckende Tradition in Deutschland selbst zurückblicken. Den wirtschaftlichen Anstoß für technologische Untersuchungen der Fertigungsmittel und -methoden im aufkommenden Fabrikbetrieb gaben die mit dem Übergang zur Maschinenteknik verbundenen Herausforderungen der Industriellen Revolution. Zum Verständnis der heutigen Produktionswissenschaft erscheint ein historisch-systematischer Rückblick unausweichlich.

oeconomia et cameralia

Vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen und produktionstechnologischen Entwicklung, der Einführung erster Arbeits- und Kraftmaschinen, sowie der organisatorischen Veränderungen der betrieblichen Produktionsprozesse entstanden im

Verlauf des 18. Jahrhunderts an mehreren deutschen Universitäten und Akademien eine Anzahl von Lehrstühlen für „oeconomia et cameralia“, die sich mit der Anlage und dem Betrieb von Manufakturen und Fabriken befaßten.

Hier wäre außer der Universität Leipzig mit einem schon vor dem Jahre 1730 bestehenden Lehrstuhl zu nennen:

- das Collegium Carolinum in Braunschweig ab 1745,
- die Universität Halle ab 1727,
- die Kameral Hohen Schule zu Lautern in der Kurpfalz um 1780, die im Jahre 1794 mit der Universität Heidelberg verbunden wurde,
- die Militärakademie Stuttgart in Württemberg,
- die Universität Frankfurt an der Oder ab 1727 sowie

die für die produktionswissenschaftliche Forschung besonders wichtige Universität Göttingen seit etwa 1720.

Die deutschen Einzelstaaten richteten technische Bildungsstätten als wichtigstes Element ihrer Gewerbeförderungspolitik ein.¹³ Im Jahre 1810 kam auch die neugegründete Universität Berlin hinzu, die ab 1819 einen Lehrstuhl für Kameralwissenschaft und Technologie besaß.

Beckmann

Die grundlegende Zielrichtung dieser Lehrstühle, die Johann Beckmann in der Art beschrieben hatte, daß „Mathematiker und Naturforscher ihre Wissenschaft nicht höher anzubringen vermöchten als zum unmittelbaren Nutzen der Gewerbe“¹⁴, war nach Manegold *„noch ganz im Sinne der ‘nützlichen Wissenschaften’ des*

¹³ Die Literatur zur Geschichte des technischen Bildungswesens ist systematisch zusammengefaßt bei Wolfgang König: Stand und Aufgaben der Forschung zur Geschichte der deutschen Polytechnischen Schulen und Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert. In: Technikgeschichte 48/1981, S. 47-67.

¹⁴ Beckmann, J.: Anleitung zur Technologie, Vorrede: Göttingen 1777.

*Zeitalters der Aufklärung gemeint und blieb im Rahmen der, eine enzyklopädische Fülle disperaten Wissens bergenden, aus der Ökonomie des merkantilistischen Staates heraus aufgebauten Kameralwissenschaft ohne tiefere Auswirkungen“.*¹⁵

Begriff der Technologie

Der Begriff der Technologie steht in seiner ursprünglichen Bedeutung *„für einen kontinuierlichen Prozeß der Schaffung technischen Wissens und der Erklärung von Technik“*.¹⁶ In diesem Zusammenhang ist Technik zu definieren als *„jegliche Anwendung von Verfahren, Instrumenten und Maßnahmen im Prozeß der menschlichen Handhabung der Stoffe der Natur sowie die aus der Anwendung resultierenden Werkzeuge, Maschinen und Anlagen“*.¹⁷

Teilweise wird Technologie auch als „Stand des technischen Wissens“ oder als das Wissen über eine Technik und naturwissenschaftlich-technischer Zusammenhänge gedeutet. Für vertiefende Betrachtungen der zahlreichen Dimensionen des Technikbegriffs¹⁸ aus dem Blickwinkel unterschiedlicher Erkenntnisperspektiven möchte ich an dieser Stelle auf Schröder¹⁹ verweisen, der einen guten Überblick und hilfreiche bibliographische Orientierungen zum Gegenstand liefert, um mich ausführlicher der Begriffsentstehung in historischer Perspektive zuzuwenden.

¹⁵ Manegold, K.-H.: Universität, Technische Hochschule und Industrie. Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins. Berlin 1970, S. 18.

¹⁶ Schröder, S.: Innovation in der Produktion: Eine Fallstudienuntersuchung zur Entwicklung der numerischen Steuerung. München, Wien 1995, S. 15.

¹⁷ Alemann, U. v.; Jansen, P.; Kipler, H.; Kissler, L.: Technologiepolitik-Grundlagen und Perspektiven in der Bundesrepublik und in Frankreich. Frankfurt, New York 1988, zitiert in Schröder, S.: Innovation in der Produktion: eine Fallstudienuntersuchung zur Entwicklung der numerischen Steuerung. München und Wien 1995, S. 15.

¹⁸ Ausführlich hierzu: Ropohl, G.: Eine Systemtheorie der Technik-Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie. München, Wien 1979.

¹⁹ Schröder, S.: Innovation in der Produktion: Eine Fallstudienuntersuchung zur Entwicklung der numerischen Steuerung. München, Wien 1995.

Im begriffsgeschichtlichen Rückblick des Begriffs Produktionstechnologie läßt sich festhalten, daß bereits 1772 durch Johann Beckmann in seiner „physikalisch-oekonomischen Bibliothek“, die er von 1770 bis 1806 in 23 Bänden herausgab, erstmals literarisch der Begriff Technologie verwandt wurde. Beckmann benannte bei der Besprechung eines Buches über die Tapezierkunst „Bücher, welche die Technologie oder Kenntniss der Handwerker betreffen“²⁰, und an einer anderen Stelle seines Werkes schrieb er über „die Färbekunst, diesen wichtigen Theil der Technologie“.²¹ Nur kurze Zeit später, im Jahre 1777, definierte er Technologie als

*„Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntniß der Handwerke, lehrt. Anstatt daß in den Werkstellen nur gewiesen wird, wie man zur Verfertigung der Waaren, die Vorschriften und Gewohnheiten des Meisters befolgen soll, giebt die Technologie in systematischer Ordnung, gründliche Anleitung, wie man zu eben diesem Endzwecke, aus wahren Grundsätzen und zuverlässigen Erfahrungen, die Mittel finden, und die bey der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nutzen soll“.*²²

Lamprecht

Noch deutlicher formulierte zehn Jahre später der auf Beckmanns Arbeiten aufbauende Hallenser Professor für Philosophie Georg Friedrich von Lamprecht (1760-1820) Technologie in seinem „Lehrbuch der Technologie“ wie folgt:

„Die Technologie, Kunstgeschichte, Stadtwirtschaft, Fabrikwissenschaft, ist diejenige Wissenschaft, welche die Grundsätze und Mittel lehret, nach welchen und durch welche alle diejenigen Naturalien (...) verarbeitet werden (...) die Technologie, indem sie Verarbeitung von Naturalien lehret, Theorien von Künsten abhandelt (...) Die Theorie einer Kunst ist der Inbegriff aller Regeln

²⁰ Beckmann, J.: Physikalisch-oekonomische Bibliothek. 3. Band Göttingen 1772, S. 309.

²¹ Ebenda, S. 532.

²² Beckmann, J.: Anleitung zur Technologie oder zur Kenntniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen 4. veränderte Auflage. Ausgabe Göttingen 1796, mit der Vorrede der 1. Ausgabe von 1777, S. 19.

und Vorschriften, nach welchen eine solche zur Erreichung ihres Endzweckes auszuüben ist (...) Nur allein die Theorien der Handwerke gehören in das Gebiet derjenigen Wissenschaft, welche die Technologie genennet wird.“ ²³

Diese anfängliche Begriffsbestimmung wird vor dem Hintergrund der Entwicklungsbedingungen des Merkantilismus und der Aufklärung in den entwickelten Staaten Westeuropas verständlicher.²⁴ Mit Beginn des 18. Jahrhunderts setzte sich in Deutschland die Einsicht im Kreise der Wissenschaftler durch, daß die sogenannten niederen Künste oder artes mechanicae, zu denen man auch die Handwerke, Verlage und Manufakturen zählte, einer wissenschaftlichen Beschäftigung würdig und für die Entwicklung des Staatswohls notwendig wären. Diese Betrachtungsweise, in der sich der aufgeklärte Geist jener Zeit widerspiegelte, fand bei der Gründung von wissenschaftlichen Akademien²⁵ und Gesellschaf-

²³ Lamprecht, G. F. v.: Lehrbuch der Technologie oder Anleitung zur Kenntnis der Handwerke, Fabriken und Manufakturen. Halle 1887, S. 2f.

²⁴ Weiterführenden Angaben zum Merkantilismus bei: Bog, I.: Der Merkantilismus in Deutschland. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 173, 1961, 125-145; Bürgin, A.: Merkantilismus. In: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften. 7, 1961, S. 308-317; Kellenbenz, H.: Der Merkantilismus in Europa und die soziale Mobilität. Wiesbaden 1965.

²⁵ Bei den Akademien der Wissenschaften handelte es sich um Gesellschaften, die einen ausgewählten Kreis von Gelehrten aller Fächer zu regelmäßigem wissenschaftlichen Austausch und interdisziplinären Gespräch vereinten. Der Name geht auf die berühmte platonische „Akademia“ zurück. Platon hatte sie 387 v. Chr. in einem Hain bei Athen, der dem Heros Akademos geweiht war, als Philosophenschule gegründet. Sie bestand nahezu ein Jahrtausend. Der Grundgedanke der Akademien, Forschung durch Zusammenarbeit hervorragender Wissenschaftler, wurde im 15. Jahrhundert in Italien (Accademia Platonica in Florenz) wieder aufgenommen. Die „Akademiebewegung“ breitete sich von Italien über ganz Europa aus. Im Jahre 1663 entstand die Royal Society in London. Drei Jahre später die Académie Royale des Sciences in Paris. Im 18. Jahrhundert „blühte die Akademiebewegung“ auf. Im folgenden einige wichtige Gründungsdaten im 18. Jahrhundert: 1700 Preußische Akademie der Wissenschaften, 1712 Akademie der Wissenschaften in Wien, 1724 Russische Akademie der Wissenschaften, 1742 Dänische Akademie der Wissenschaften, 1759 Bayrische Akademie der Wissenschaften, 1772 Académie Royale des Sciences des Lettres et des Beaux Arts in Brüssel, 1780 American Academy of Arts and Sciences in Boston, 1786 Schwedische Akademie Stockholm. Auch das 19. und 20. Jahrhundert war reich an Akademiegründungen, die an dieser Stelle nicht erschöpfend aufgezählt werden können.

ten²⁶, die besonders nach englischem und französischem Vorbild entstanden sowie bei der Gründung neuer Universitäten²⁷ ihren Widerhall. Mit dem Leitspruch Gottfried Wilhelm von Leibniz'²⁸ der „theoria cum praxi“ für die 1700 in Berlin gegründete „Brandenburgische Societät der Wissenschaften“, formulierte er für Deutschland ein neues Wissenschaftsziel.

Tschirnhaus und Wolff

Auch andere führende Aufklärer folgten diesem Leitmotiv, wie beispielsweise der sächsische Graf Ehrenfried Walter von Tschirnhaus²⁹, welcher das Experiment als entscheidende Forschungsmethode veranschaulichte, oder etwa der Hallenser Professor der Mathematik und der experimentellen Philosophie, Christian

26 Göttingen 1751. Der ursprüngliche Name der heutigen Akademie der Wissenschaften in Göttingen lautete „Societas Regia Scientiarum Göttingensis (Königliche Societät der Wissenschaften). Dieser Name wich bald der deutschen Übersetzung „Königliche Gesellschaft der Wissenschaften“; erst 1924 offiziell in „Gesellschaft der Wissenschaften“ umbenannt, erhielt die Akademie im Jahre 1939 ihr heutige Bezeichnung. Die Sächsische Akademie der Wissenschaften in Leipzig (1846) ging aus einer 1774 gegründeten Gesellschaft der Wissenschaften (Leipzig) hervor.

27 Halle 1694, Breslau 1702, Göttingen 1737, Erlangen 1743.

28 Leibniz, Gottfried Wilhelm Freiherr von, geb. 1. Juli 1646 in Leipzig, gest. 14. Nov. 1716 in Hannover. Leibniz studierte 1661 an der Universität Leipzig Rechtswissenschaften. Nach seinem Studium trat er, gefördert durch den Baron von Boineburg, in den diplomatischen Dienst ein. So kam er 1672 mit einer Gesandtschaft nach Paris an den Hof Ludwigs XIV. und lernte hier u. a. den berühmten holländischen Mathematiker und Physiker Huygens kennen. Diese Bekanntschaft und ein kurzer Aufenthalt in London veranlaßten ihn sich intensiver mit mathematischen Studien zu beschäftigen. Im Jahre 1676 rief der Herzog von Hannover Leibniz als Rat, Bibliothekar und Historiker des Fürstenhauses an seinen Hof. Im Jahre 1700 wurde u. a. durch seinen Einfluß die „Brandenburgische Societät der Wissenschaften“ in Berlin gegründet. Sein philosophisches System hat Leibniz in der sogenannten „Monadologie“ sowie in den für den Prinzen Eugen von Savoyen geschriebenen „Principes de la nature et de la Grâce“ niedergelegt.

29 Tschirnhaus, Ehrenfried Walter v., geb. 10. April 1651 in Kießlingswalde bei Görlitz, gest. 11. Oktober 1708 in Dresden. Er entstammte einer im damaligen Fürstentum Görlitz alteingesessenen und wohlhabenden Familie; sein Vater war kurfürstlich sächsischer Rat. Tschirnhaus studierte in Leyden Mathematik und war von 1672 bis 1673 Freiwilliger in holländischen Diensten. Im Jahre 1684, nach dem Tod des Vaters, widmete er sich ganz seinen Forschungsarbeiten, wobei er sich vor allem die Herstellung physikalischer und optischer Apparate konzentrierte. Als Philosoph erwarb sich Tschirnhaus eine gewisse Bedeutung durch seine „Medicina mentis (Amsterdam 1687). Mit Spinoza und Leibniz verbanden ihn persönliche Beziehungen.

Wolff.³⁰ Letzterer führte in der Vorrede seines 1710 erstmals erscheinenden Werkes „Die Anfänge aller Mathematischen Wissenschaften“ deren „großen und vielfältigen Nutzen“ aus und versicherte darin, die „Theorie (...) mit der Praxis beständig verknüpft zu haben.“³¹

Wolff behandelt in seinen Arbeiten außer der eigentlichen Mathematik auch die Mechanik, Baukunst und den Maschinenbau, wobei er auch auf technologische Fragen eingeht. Sein Schaffen ist unter dem Technologieaspekt der mechanischen Künste interessant, da er den Begriff „technologia“ in Abweichung zum früheren Gebrauch als sogenannte „Kunst-Wort-Lehre“ nunmehr als „Wissenschaft von dem, was die Menschen mit Hilfe ihrer Körperorgane, vor allem der Hände hervorbringen“, also der „Wissenschaft von den Künsten und deren Erzeugnissen“ verwandte.³² Seibicke nennt in seiner etymologischen Untersuchung zur Technik und Technologie die Einbeziehung der handwerklich-praktischen Künste in den Objektbereich der Wissenschaften „das unerhört Neue an Wolffs Technologie-Begriff“.³³

Wolffs Empfehlung, von allen „Künsten“ genaue Beschreibungen anzufertigen, um „solcher Gestalt die Künste und Handierungen in Wissenschaft zu bringen: welche eine für das menschliche Geschlecht sehr nützliche Arbeit ist“³⁴, entsprach jenem wissenschaftlichen Zeitgeist, der sich bei den Kameralisten und Ökonomen allmählich verbreitete. Die Beschreibung einzelner Gewerbe, wie auch ganze enzyklopädische Sammlungen derselben, häuften sich im 18. Jahrhundert auch in Deutschland. Die literarische Sammelbewegung, die in der Renaissance

³⁰ Wolff, Christian (1679-1754).

³¹ Troitzsch, U.: Ansätze technologischen Denkens bei den Kameralisten des 17. und 18. Jahrhunderts. Berlin 1966.

³² Wolff, C.: *Philosophia rationalis sive logica*. 2. Auflage Frankfurt a. d. Oder, Leipzig 1728, S. 33 zitiert in Guntau, M.: Zur Herausbildung wissenschaftlicher Disziplinen in der Geschichte: In: Rostocker Wissenschaftshistorische Manuskripte, Heft 1, 1978, S. 124.

³³ Seibicke, W.: Versuch einer Geschichte der Wortfamilie um *Techne* in Deutschland vom 16. Jh. bis etwa 1830. *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen* 10. 1968, S. 126f.

³⁴ Wolff, C.: *Vernünftige Gedanken vom gesellschaftlichen Leben der Menschen*. Halle 1721, S. 241, zitiert in Beckert, M.: *Johann Beckmann (Biographie)* 1981, S. 75.

begonnen hatte, erreichte zu jener Zeit eine beträchtliche Steigerung. Die Bedeutung der Gewerbe für die Entwicklung eines Staatswesens spiegelte sich auch in der Qualifikation der Staatsbeamten wider. Durch die Aufnahme der Kameralwissenschaften als Lehrfach an den Universitäten, erstmals 1727 in Halle, wurde die wissenschaftliche Behandlung der Gewerbe zum Gegenstand bei der Ausbildung von Staatsbeamten.

Die wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bedürfnisse nach Zusammenführung von Wissenschaft und Gewerbe waren in Deutschland des 18. Jahrhunderts kameralistisch geprägt. Sie führten auch zur Ordnung und systematischen Darstellung der angesammelten Fülle technologisch-empirischen Wissens über die mechanischen Künste, Handwerke, Manufakturen und Fabriken bei gleichzeitiger angestrebter Ergründung ihrer wissenschaftlichen Grundlagen und Gemeinsamkeiten.³⁵ Die Kameralistik kann somit als der wichtigste Wegbereiter der Technologie bis zu ihrer Begründung durch den Göttinger Professor Johann Beckmann betrachtet werden.³⁶

Zentren der Forschung: Halle und Göttingen

In Göttingen erlebte der wissenschaftliche Diskurs über Handwerk, Manufakturen, Gewerbe und Technologie einen frühen Höhepunkt. Seit 1737 besaß Göttingen mit der Georg-Augustus-Universität und seit 1750 mit der Göttinger Societät der Wissenschaften zwei fortschrittliche wissenschaftliche Einrichtungen, die sich durch enge Zusammenarbeit auf naturwissenschaftlichen und historischen Gebieten sowie ihre auf Praxisverbindung und -förderung gerichteten Bemühungen ein hohes Ansehen erworben hatten. Nach Halle wurde nun gegen Mitte des 18. Jahr-

³⁵ Die progressivsten Zentren der Kameralistik im 18. Jahrhundert waren die noch jungen Universitäten zu Halle und Göttingen. Hier studierten bzw. lehrten auch die führenden deutschen Kameralisten Christian Thomasius (1655-1728), Julius Bernhard von Rohr (1688-1742), Simon Peter Gasser (1676-1745), Georg Heinrich Zincke (1692-1768) und Johann Heinrich Gottlob von Justi (1720-1771) sowie Justus Christoph Dithmar (1678-1737) und Joachim Georg Darjes (1714-1791) von der Universität Frankfurt a. d. Oder.

³⁶ Troitzsch, U.: Ansätze technologischen Denkens bei den Kameralisten des 17. und 18. Jahrhunderts. Berlin 1966.

hunderts die Universität Göttingen Zentrum der Kameralistik in Deutschland³⁷ und erlebte eine „Blütezeit“ der Wissenschaft.³⁸ Die Anzahl der Lehrstühle, die Spezialisierung der verschiedenen Wissenschaftsgebiete, vor allem in den Staats- und Rechtswissenschaften, in Geschichte, Mathematik und Naturwissenschaften, war an der Göttinger Universität größer als an vielen anderen Universitäten in Deutschland.³⁹ Die Göttinger Universität berief Johann Beckmann⁴⁰ 1766 zum außerordentlichen Professor der Philosophie.⁴¹ Im Jahre 1769 veröffentlichte er die „Grundsätze der Teutschen Landwirtschaft“, eines seiner erfolgreichsten Werke, das bis 1806 sechs Auflagen erlebte, und nicht unwesentlich die 1770 er-

37 Seibicke, W.: Versuch einer Geschichte der Wortfamilie um Techne in Deutschland vom 16. Jh. bis etwa 1830. Technikgeschichte in Einzeldarstellungen 10. Düsseldorf 1968., S. 133f; Rühle, O.: Idee und Gestalt der deutschen Universität. Berlin 1966, S. 74.

38 Richter, S.: Technikwissenschaftliche Aufsätze in der Beckmannschen Technologie. In: Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften, Heft 5, Technische Universität Dresden 1982, S. 57.

39 Zu den bekanntesten Göttinger Professoren und zumeist Freunden von Johann Beckmann gehörten ab Mitte des 18. Jahrhunderts der Mitbegründer der wissenschaftlichen Statistik Gottfried Achenwall (1719-1772), der Begründer der politischen Publizistik August Ludwig von Schölzer (1735-1809), der Physiker und Schriftsteller Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799), der Mathematiker und Physiker Abraham Gotthelf Kästner (1719-1800), der Chemiker Johann Friedrich Gmelin (1748-1804) der Philologe Christian Gottlob Heyne (1729-1812) und der Historiker Johann Christoph Gatterer (1727-1799).

40 Der 1739 als Sohn eines Postmeisters in Hoya an der Weser geborene Johann Beckmann studierte von 1759 bis 1762 zuerst Theologie und anschließend Mathematik, Naturwissenschaft, Ökonomie und Sprachen. Im Anschluß an sein Studium bereiste Beckmann die Niederlande und war für zwei Jahre in Petersburg als Lehrer für Mathematik, Physik und Naturwissenschaft tätig. Seine Rückreise verband er mit einem Studienaufenthalt in schwedischen Industriegebieten und bei Professor Karl Linne (1707-1787, einem schwedischen Botaniker und Systematiker. Literatur zu Beckmann, vgl. Karmarsch, K.: Johann Beckmann. In: Allgemeine Deutsche Biographie-Bd. II, S. 238-239, Leipzig 1875; Beckert, L.: Johann Beckmann. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Band 68, Leipzig 1983; Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. München, Wien 1991, S. 198ff.; Buchheim, G.; Sonneman, R. (Hg.): Geschichte der Technikwissenschaften. Basel, Boston, Berlin 1990 S. 131f. u. S. 141f.; Müller, G.; Päßler, E.: Johann Beckmann-Vater der Technologie 1739-1811. Beckmann-Kolloquium an der TH Wismar am 8. und 9. Juni 1989. Technologie von Beckmann bis heute-Erkenntnisse für morgen. Eine Betrachtung zum 250. Geburtstag des Begründers der Technologie als Wissenschaft. Sonderabdruck Wismar 1989.

41 Seit 1766 hielt Beckmann in Göttingen Vorlesungen zu folgenden Gebieten: Mineralogie, Landwirtschaft, Kameralwissenschaften und Handelwissenschaft.

folgte Berufung zum Ordinarius für Ökonomie der Göttinger Universität bedingte.⁴²

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mußten die wissenschaftlichen Vertreter des Faches Technologie bemüht sein, mit dem zunehmenden Einsatz von Maschinen in der Produktion Schritt zu halten. In erster Linie brachte die Erfindung der Dampfmaschine als Antriebskraft für Gewerbebetriebe und Fabriken sowie verschiedene Textilmaschinen, dann aber auch das entstehende und sich schnell entwickelnde Eisenbahnwesen, starke Veränderungen für das Lehrgebiet Technologie. Die sich durch die Industrialisierung wandelnden Arbeitsaufgaben erforderten nach Karl Karmarsch Ingenieure *„mit einer guten theoretischen Ausbildung neben den praktischen Erfahrungen. Es genügte nun nicht mehr, als reiner Praktiker einfach über den Daumen zu peilen, um die neuen Werkstoffe und hochentwickelten Maschinen beherrschen oder um die aufkommenden kühnen Gedanken in fertigungsreife Konstruktionen umsetzen zu können“*.⁴³

Technologieförderung

Die zunehmende Industrialisierung in den deutschen Teilstaaten, mit ihren regionalen Schwerpunkten in Sachsen, an Rhein und Ruhr, in Berlin sowie in Schlesien, löste eine Reihe von Gründungen höherer technischer Lehranstalten aus. Hierbei ging die Initiative von der staatlichen Gewerbepolitik aus, welche die Förderung wirtschaftlich-technischer Bildungseinrichtungen zu einem Schwerpunkt ihrer Gewerbepolitik erhoben hatte.⁴⁴ Die vom Direktor der Technischen Deputation für die Gewerbe Peter Chr. W. Beuth⁴⁵ im Jahre 1821 in Berlin errichtete „Technische Schule“, die im Jahre 1872 in Gewerbeinstitut

⁴² Richter, S.: Technikwissenschaftliche Aufsätze in der Beckmannschen Technologie. In: Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften, Heft 5, 1982, S. 59.

⁴³ Karl, H.: Technik von gestern-Fundament für heute. In: Werkstatt und Betrieb, 100 Jahrg. 1967, Heft 3, S. 142

⁴⁴ Vgl.: Treue, W.: Die Technik in Wirtschaft und Gesellschaft 1800-1970. In: Aubin, H.; Zorn, W. (Hg.): Handbuch der deutschen Wirtschaft und Sozialgeschichte, Bd. 2, Stuttgart 1976, S. 51ff.

⁴⁵ Das Gewerbeinstitut sollte vor allem der Ausbildung von Zivilingenieuren im Maschinenbau vorbehalten sein. Beuth, dem die wirtschaftliche und technische Entwicklung Preußens viel verdankte, wurde 1781 in Cleve geboren. Er studierte von 1798 bis 1801 Rechts- und Staatswis-

„Technische Schule“, die im Jahre 1872 in Gewerbeinstitut umbenannt wurde, war die erste technische Lehranstalt, welche auf der Grundlage der Überlegungen zur Förderung von Gewerbe und Industrie ins Leben gerufen wurde.⁴⁶

Hochschulen der Technik - Technologie

Das 1825 gegründete Karlsruher Polytechnikum entwickelte sich innerhalb weniger Jahre zum Vorbild des polytechnischen Schulwesens in Deutschland und wies den bald darauf entstandenen höheren technischen Lehranstalten in anderen Bundesstädten den Weg zur allmählichen Umwandlung in Hochschulen der Technik.⁴⁷ In den Jahren zwischen 1827 und 1836 wurden in

- München (1827)⁴⁸,
- Stuttgart (1829)⁴⁹,

senschaften in Halle. Hardenberg berief ihn 1810 zum Kommissionsmitglied für Gesetzesvorhaben und ein Jahr später zum Obersteuerat im Finanzministerium. Im Jahre 1814 lernte Beuth die Brüder Cockerill kennen. Nach den Befreiungskriegen kehrte er ins Finanzministerium zurück, und zwar in die Abteilung Handel und Gewerbe. Dort reformierte er die Technische Deputation für Gewerbe. Zu den Aufgaben der Deputation gehörte die Verbreitung und Umsetzung neuer Technologien, die Förderung und Inspektion technischer Betriebe in Preußen, die Verbesserung der technischen Rahmenbedingungen sowie die Prüfung und Erteilung von Patenten. Nachdem er 1817 in das neu geschaffene Handelsministerium gewechselt und dort 1818 an die Spitze der Abteilung für Handel und Gewerbe getreten war, übernahm er im Jahre 1819 persönlich die Leitung der Technischen Deputation.

⁴⁶ Allgemein zur Geschichte der Gewerbeschule: Herrmann, A.: Geschichte der TH und TU Berlin-Charlottenburg. In: Herrmann, A. (Hg.): Technische Universität Berlin-Charlottenburg, Basel, Brilon 1955, S. 8ff.; Niemann, W. B.: Aus der Vorgeschichte der Berliner Technischen Hochschule. In: Technikgeschichte, Bd. 18 (1928), S. 143f.

⁴⁷ Zur Geschichte der Universität Fridericiana Karlsruhe. Karlsruhe 1975; Die Technische Hochschule Fridericiana Karlsruhe. Festschrift zur 125-Jahrfeier, Karlsruhe 1950.

⁴⁸ Literatur zur Münchener Lehranstalt: Kraft, F.: Zur Geschichte der Technischen Hochschule München. In: Bayernland 61 (1959), S. 188ff.; Riedner, W. Technische Hochschule München, in: Die deutschen Technischen Hochschulen, a. a. O., S. 223ff. und Fleckenstein, J. O.: Hundert Jahre Lehre und Forschung. In: Technische Hochschule Münchens 1868-1968. München 1968, S. 61ff.

⁴⁹ Zur Geschichte der Stuttgarter Lehranstalt, allgemein: Grammel, R.: Technische Hochschule Stuttgart. In: Die deutschen Technischen Hochschulen, a. a. O., S. 261ff.; Blum, J. M. C. (Hg.):

- Dresden (1828)⁵⁰,
- Hannover (1831)⁵¹ und
- Darmstadt (1836)⁵²

Polytechnische Schulen gegründet.

Karmarsch

Neben Karlsruhe war in jenen Jahren vor allen das Polytechnische Institut in Hannover ein Ort der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Maschinenbau. Hier ist vor allem das Wirken Karl Karmarsches (1803-1879) hervorzuheben, der im Jahre 1831 zum ersten Direktor der Polytechnischen Anstalt in Hannover ernannt wurde.⁵³ Karmarschs Lehrer waren Johann Josef Prechtel, der Organisator und erste Direktor des Wiener Polytechnikums, und Georg Altmüller (1787-1858), der Begründer der Mechanischen Technologie.⁵⁴

Die Universität Stuttgart, 2 Bde., Stuttgart 1979, vor allem Bd. 2: Festschrift zum 150 jährigen Bestehen der Universität Stuttgart.

- ⁵⁰ Zur Geschichte des Polytechnikums Dresden allgemein: Reuther, O.: Technische Hochschule Dresden. In: Die deutschen Technischen Hochschulen a. a. O., S. 137ff.; Ley, H.: Beitrag zur Geschichte der Technischen Hochschule Dresden. In: 125 Jahre Technische Hochschule Dresden. Festschrift. Dresden 1953, S. 13ff.
- ⁵¹ Zur Entwicklung der Polytechnischen Schule in Hannover: Treue, W.: Geschichte des technischen Unterrichts. In: Festschrift zur 125 Jahr-Feier der Technischen Hochschule Hannover. Hannover 1956, S. 51ff.; Blum, O.: Technische Hochschule Hannover. In: Die deutschen Technischen Hochschulen, a. a. O., S. 191ff.; Manegold, K. H.: Die Entwicklung der Technischen Hannover zur wissenschaftlichen Hochschule. Ein Beitrag zum Thema "Verwissenschaftlichung der Technik im 19. Jahrhundert". In: Geschichte der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert. Düsseldorf 1970, S. 13ff.
- ⁵² Zur Geschichte des Darmstädter Polytechnikums allgemein: Schlink, W.: Technische Hochschule Darmstadt. In: Die deutschen Technischen Hochschulen, a. a. O. S.121ff.; Viefhaus, E.: Hochschule-Staat-Gesellschaft. Zur Entstehung und Entwicklung der Technischen Hochschule Darmstadt im 19. und 20. Jahrhundert. In: 100 Jahre Technische Hochschule Darmstadt, hrsg. v. Helmut Böhme, Jahrbuch 1976/77. Darmstadt 1977, S.57ff. und Jahrbuch 1978/79 S. 35ff.
- ⁵³ Vgl.: Zweckbronner, G., 1991, S. 415f.; Spur, G., 1991, S. 317.
- ⁵⁴ Die Trennung zwischen mechanischer und chemischer Technologie wurde zuerst am Wiener Polytechnikum vollzogen. Wien stellt somit den Ausgangspunkt der Aufspaltung des ganzheitlichen Technologieansatzes von Johann Beckmann dar.

Von 1830 bis 1875 lehrte Karmarsch Mechanische Technologie und war an der Vorbereitung zur Errichtung der Technischen Hochschule Hannover im Jahre 1879 entscheidend beteiligt.⁵⁵ Das umfangreiche Gebiet der Mechanischen Technologie bearbeitete Karmarsch in kritisch-vergleichender Methode. Seine Suche nach Ähnlichkeiten, Verwandtschaften und gemeinsamen Grundsätzen führte ihn zu einer Einteilung in Hauptverfahrensgruppen der Formgebung und Verarbeitung der Metalle. Durch seine Arbeiten wurde die Mechanische Technologie zu einer eigenständigen technikwissenschaftlichen Disziplin, die sich seit den 1850er Jahren an den Polytechnika in Deutschland etablierte.

Am Anfang des 19. und in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts war die Maschinenteknik durch das beginnende Zeitalter des Flugzeugs, des Großschiffbaus und des Automobils geprägt. Elektromotoren traten neben die Dampfmaschinen und der elektrische Einzelantrieb setzte sich insbesondere im Großwerkzeugmaschinenbau durch.⁵⁶ Bau- und Verkehrswesen, chemische Industrie, Schiffbau und Rüstungsindustrie stellten neuartige Anforderungen an den Maschinenbau und die Schwerindustrie. Besonders der Großwerkzeugmaschinenbau hatte zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts beträchtliche Zuwachsraten zu verzeichnen, da die rasch wachsende Industrie Großanlagen zur Energieerzeugung und zur Werkstoffgewinnung verlangte.⁵⁷

In den deutschen Werkzeugmaschinenfabriken konnten sich wegen der neuen, bisher unbekanntenen produktionstechnischen Bedingungen die wissenschaftlich geschulten Fachleute gegen die reinen Praktiker durchsetzen. In der Industrie richtete man Abteilungen zur Werkstoffforschung und zur Materialprüfung ein.

⁵⁵ Vgl.: Spur, 1991, S. 317.

⁵⁶ Vgl.: Mommertz, 1981, S. 132f.

⁵⁷ Zum Einsatz gelangten die Großwerkzeugmaschinen vor allem zur Bearbeitung der schweren Teile von Förder- und Abraumanlagen in der Kohle- und Erzgewinnung, von Einrichtungen der Stahl- und Hüttenwerke, von Wasserturbinen und Dampfmaschinen sowie von Anlagen der chemischen Industrie.

Veränderte Herstellungsverfahren und mögliche Einsatzgebiete neuer Werkstoffe und Legierungen wurden wissenschaftlich erforscht und erprobt.⁵⁸

Die Technischen Hochschulen reagierten auf diese Entwicklung insofern, als zur Verbesserung der Ausbildung der Maschinenbauingenieure und zur Intensivierung der wissenschaftlichen Untersuchungen ab 1895 an allen deutschen Technischen Hochschulen Maschinenlaboratorien⁵⁹ entstanden.⁶⁰

Im Zusammenhang mit dem Ausbau der Technischen Hochschulen zu Forschungsstätten, insbesondere mit der Einrichtung von Maschinenlaboratorien, wuchs das Interesse der Industrie an einer Zusammenarbeit mit den Hochschulen, die ihrerseits von den finanziellen Zuwendungen der Industrie profitierten. Die Kontakte zwischen Wissenschaft und Industrie intensivierten sich durch Auftragsforschung, die nach der Jahrhundertwende zunehmend an Bedeutung gewann.⁶¹ In dieser Phase *„durchdrang die Wissenschaft zunehmend die Werkstatttechnik. Untersuchungen von Maschinen, Werkzeugen und Werkstoffen waren in Deutschland vor dem Ersten Weltkrieg gründlicher entwickelt als in den USA und England“*.⁶²

In der 1924 verfaßten Schrift über die Ludw. Loewe & Co. A.G. wird für die Zeit der „modernen Rationalisierungsbestrebungen“ wie folgt festgehalten:

*„Ihren besonderen Charakter erhält diese Zeit nach 1900 durch das immer stärkere Eingreifen wissenschaftlicher Forschung in die Rationalisierung des Unternehmens und durch die Beeinflussung der Industrie durch die Taylorsche Lehre.“*⁶³

⁵⁸ Vgl.: Mommertz, 1981, S. 138.

⁵⁹ In Berlin wurden 1896 beispielsweise ein Festigkeits- sowie ein Maschinenlaboratorium gegründet.

⁶⁰ Vgl.: Richter, 1989, S. 71.

⁶¹ Vgl.: Albrecht, 1981, S. 352.

⁶² Mommertz, 1981, S. 138.

⁶³ Wegeleben, 1924, S. 41.

Betriebswissenschaft und Georg Schlesinger

Am Beginn des 20. Jahrhunderts war die wissenschaftliche Untersuchung der Werkzeugmaschine sowie ihres technischen und wirtschaftlichen Einsatzes im Produktionsprozeß ein Teilgebiet der Mechanischen Technologie. Ausgehend von der industriellen Praxis entstand zunehmend der Bedarf nach wissenschaftlicher Forschung zum Fabrikbetrieb, insbesondere seiner fertigungstechnischen Grundlage, der Werkzeugmaschine.

Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen, Fabrikanlagen und Fabrikbetriebe

Mit der Einrichtung des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen, Fabrikanlagen und Fabrikbetriebe im Jahre 1904 wurde an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg die Werkzeugmaschinenteknologie und der industrielle Betrieb zu einer wissenschaftlichen Disziplin, der Betriebswissenschaft, erhoben. Hier liegt die Wurzel der heutigen Produktionswissenschaft, die aus den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen bereichert wurde, im Kern aber auf die fertigungstechnische, im weiteren Verlauf betriebsbezogene Forschung des Berliner Lehrstuhls um –Georg Schlesinger zurückgeht. An den Hochschulen, die kein besonderes betriebswissenschaftliches Fach einrichteten, erweiterte man die Lehrstühle für Mechanische Technologie.

Erster Lehrstuhlinhaber an der Technischen Hochschule zu Berlin wurde Georg Schlesinger⁶⁴, welcher nach dem Abschluß seines Studiums des Maschinen-

⁶⁴ In Vorbereitung befindet sich z. Zt., eine umfangreiche Schlesinger-Biographie, welche am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Technischen Universität Berlin verfaßt wird und neue Archivalien zu Leben und Werk Schlesingers auswertet (Spur 1996). Als bereits vorhandene biographisch orientierte Literatur zu Georg Schlesinger vgl. Spur, 1979, Produktionstechnik im Wandel, a.a.O.; Pentzlin, K.: Meister der Rationalisierung, Düsseldorf/Wien 1963, S. 416-443; Ebert/Hausen, Georg Schlesinger und die Rationalisierungsbewegung in Deutschland, a.a.O.; zur technikhistorischen Bedeutung vgl. Benad-Wagenhoff, V.: Georg Schlesinger, in: Ribbe, W. (Hrsg.): Berlinische Lebensbilder, Bd. 6: Techniker (Einzelveröffentlichungen der Historischen Kommission zu Berlin, Bd. 60), Berlin 1990, S. 111-116; v.a. zur Emigrationsphase vgl. Mock, W.: Technische Intelligenz im Exil 1933-1945, Düsseldorf 1986. Richter, S. H.: Georg Schlesinger (1874 bis 1949). In: Buchheim, G.; Sonnemann, R. (Hg.): Lebensbilder von Ingenieurwissenschaften. Basel, Boston, Berlin, 1989, S. 71-82.

Ingenieurwesens 1897 bei der Ludwig Loewe & Co. AG⁶⁵ eintrat, der damals führenden Firma auf dem Gebiet der Betriebsrationalisierung nach amerikanischem Vorbild. Hier machte er als Konstrukteur grundlegende Erfahrungen mit den Vor- und Nachteilen bei der Einführung des Taylorschen Rationalisierungssystems im deutschen Fabrikwesen, die er nicht nur als Theoretiker in die 1913 einsetzende "Taylorismus-Debatte" einbrachte, sondern auch in seinen praktischen Arbeiten weiterentwickelte.

Auf den Gebieten des Maschinenbau- und Konstruktionswesens lagen seine Hauptverdienste in der Entwicklung eines Grenzlehrensystems über Passungen im Maschinenbau, welches auch das Thema seiner 1903 abgeschlossenen Dissertation darstellte. Daneben lagen seine wissenschaftlichen Leistungen in der Aufstellung eines Maschinenprüfsystems auf der Grundlage empirischer Untersuchungen in den TH-Forschungslabors sowie in der Einführung verschiedener Verfahren zur Messung der Oberflächenqualität. Seine Arbeiten in dem Bereich der Normie-

⁶⁵ Vgl. ausführlich zur Entwicklung der Ludw. Loewe AG: Borgmann, M.: Betriebsführung, Arbeitsbedingungen und die soziale Frage. Frankfurt a. M. 1981. Denkschrift aus Anlaß des 25jährigen Bestehens der Gesellschaft Ludwig Loewe & Co., Actiengesellschaft in Berlin. Berlin 1895. Hausen, K.: Ludwig Loewe-Pionierunternehmen des Werkzeugmaschinenbaus. In: Berlin .Von der Residenzstadt zur Industriemetropole. Berlin 1981, S. 201-210. Herzberg, A.; Meyer, D. (Hg.): Ingenieurwerke in und bei Berlin. Festschrift zum 50 jährigen Bestehen des Vereins Deutscher Ingenieure. Berlin 1906, S. 511-520. Kreuter, M.-L.: Waffen- und Munitions-Fabrik der Ludw. Loewe & Co. Commandit-Gesellschaft auf Actien. In: Engel, H.; u. a. (Hg.): Geschichtslandschaft Berlin, Orte und Ereignisse, Bd. 2, Tiergarten, Teil 2, Moabit. Berlin 1987, S. 91-106. Kreuter, M.-L.: Werkzeugmaschinenfabrik der Ludwig Loewe & Co. Actiengesellschaft. In: Engel, H.; u.a. (Hg.): Geschichtslandschaft Berlin, Orte und Ereignisse, Bd.2, Tiergarten, Teil 2, Moabit. Berlin 1987, S. 107-121. Loewe -Notizen, hrsg. von Ludwig Loewe & Co. AG. Berlin 1929, (14), S. 77-92. Matschoss, C.: Geschichte der Ludw. Loewe & Co. AG. In: Ludw. Loewe Aktiengesellschaft Berlin 1869-1929. Berlin 1930, S. 1-59. Schlesinger, G.: 60 Jahre Edelarbeit. In: Ludw. Loewe Aktiengesellschaft Berlin 1869-1929. Berlin 1930, S. 66-212. Tischert, H.: Aus der Entwicklung des Loewe-Konzerns. Berlin 1911. Waldschmidt, W.: Die Organisation einer modernen Werkzeugmaschinenfabrik. Berlin 1910. Wegeleben, F.: Die Rationalisierung im Deutschen Werkzeugmaschinenbau. Dargestellt an der Entwicklung der Ludw. Loewe & Co. AG Berlin. Berlin 1924. Wewel, W.: Ludwig Loewe und die Entwicklung des Industriestandortes Martinickenfelde. In: Berlin. Von der Residenzstadt zur Industriemetropole. Berlin 1981.

rung bildeten die Grundlagen für das deutsche DIN-Normwerk.⁶⁶ Nicht zuletzt galten seine Forschungen gleichermaßen der Rationalisierung des Fabrikwesens.⁶⁷

Die Aufgaben des Schlesinger-Lehrstuhls zeichneten sich durch Pionierarbeit in vielerlei Richtung aus. Die betriebswissenschaftliche Ausrichtung der Professur sollte die Wirtschaftlichkeit und den Wirkungsgrad der Produktion erhöhen, innerhalb derer der Mensch eine zentrale Bedeutung im Produktionsprozeß bekam.⁶⁸ Dabei wurden neben Fragen des menschlichen Arbeitsprozesses in der industrialisierten Fertigung auch Aspekte der hinreichenden Anlernung und Ausbildung des technischen Nachwuchses zu einer betriebswissenschaftlichen Qualifikation berücksichtigt.⁶⁹ Bereits seit 1904 wurden am Lehrstuhl betriebswissenschaftliche Vorlesungen gehalten, die sich in die Gebiete Werkzeugmaschinen und Fabrikbetriebe und -anlagen gliederten.⁷⁰

Betriebswissenschaftliche Forschung und industrielle Praxis

-
- ⁶⁶ Vgl. dazu: Haier, F.: Königliches Fabrikationsbüro Spandau, seine Aufgaben und seine Stellung. Berlin 1917. Hellmich, W.: Zehn Jahre deutsche Normung. In: ZVVDI, 71 (1927), Nr. 44, S. 1525. Holm, B.: Fünfzig Jahre deutscher Normenausschuß . Berlin 1967. Kiencke, R.: Die deutsche Normung. Geschichte, Wesen, Organisation. Normenheft 8. Berlin 1949. Neuhaus, F.: Die Normung in Deutschland. In: ZVVDI, 41 (1924), Bd. 68, S. 1065. Schlesinger, G.: Die Vereinheitlichung der Schraubengewinde. In: Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 142, Berlin 1913 und in 2 VDI 57 (1913) S. 1840ff. Schlesinger, G.: Normalien. In: Werkstattstechnik 7 (1913) Heft 1. Schlesinger, G.: Über Normung, Typung und Spezialisierung. Berlin 1922.
- ⁶⁷ Vgl. Spur, Produktionstechnik im Wandel, a.a.O., S. 15ff., 279ff.; Benad-Wagenhoff, Georg Schlesinger, a.a.O., S.111ff., 119f.
- ⁶⁸ Ebert, H.; Hausen, K.: Georg Schlesinger und die Rationalisierungsbewegung in Deutschland, in: Rürup, R. (Hrsg.): Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der TU Berlin 1879-1979, 2 Bde., Berlin 1979, S.315-334, S. 323.
- ⁶⁹ So hatte Schlesinger bereits 1900 die erste Werkschule in Deutschland errichtet, die von ihm bis 1904 geleitet wurde. Vgl. Spur, Produktionstechnik im Wandel, a.a.O., S. 282. Neuhaus, G.: Die berufliche und soziale Gliederung des deutschen Volkes. Mönchen-Gladbach 1911.
- ⁷⁰ Vgl. dazu die vorhandenen Vorlesungsmanuskripte von Prof. Schlesinger im Archiv des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Berlin

Ein Ausdruck der frühen Zusammenarbeit betriebswissenschaftlicher Forschung und industrieller Praxis sind die zahlreichen Kooperationen des Lehrstuhls mit verschiedenen Wissenschaftsbereichen sowie Wirtschaftsverbänden. An staatlicher bzw. öffentlicher Zusammenarbeit ist zu nennen, daß Schlesinger im Ersten Weltkrieg als Kriegsfreiwilligem 1914 die Betriebsleitung der Königlichen Gewehrfabrik in Spandau⁷¹ übertragen wurde. Es kam während des Ersten Weltkriegs auch zu einer gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeit mit Professor Sauerbruch im Bereich der Entwicklung und Prüfung von neuartigen Bein- und Armprothesen, die 1915 zur Einrichtung der Prüfstelle für Ersatzglieder führte. Damit schufen sie nicht nur die Voraussetzungen für die Entwicklung der Berliner Psychotechnik an der TH Charlottenburg, sondern zugleich die Grundlagen für die biomedizinische Forschung und die Unfallverhütungstechnik.⁷²

Industrielle Psychotechnik

-
- ⁷¹ Zur Entwicklung der Gewehrfabrik: Büsch, O.: Festungsstadt und Industrie. Zur Geschichte von Spandau und Siemensstadt im Zeitalter der Industrialisierung. In: Jahrbuch für die Geschichte Mittel- und Ostdeutschlands, Bd. 20, 1971, S. 161-182. Genth, A. : Die preußischen Heereswerkstätten, ihre Entwicklung, allgemeine volkswirtschaftliche Bedeutung und ihr Übergang in privatwirtschaftliche Betriebe. Inaugural-Dissertation, Philosophische Fakultät der Friedrich-Wilhelm Universität Berlin, 1926. Gothsche, H.: Die Königlichen Gewehrfabriken. Eine kurze Darstellung ihrer Entstehung, Entwicklung und Aufgaben. Berlin 1904. Haier, F.: Königliches Fabrikationsbüro Spandau, seine Aufgaben und seine Stellung. Berlin 1917. Hassenstein, W.: Zur Geschichte der Königlichen Gewehrfabrik in Spandau unter besonderer Berücksichtigung des 18. Jahrhunderts. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 4, 1912, S. 27-62. Hassenstein, W.: Die Königliche Gewehrfabrik in Spandau. In: Jahrbuch der Schiffbau-technischen Gesellschaft 1915. Hassenstein, W.: Die Gewehrfabrik in Spandau im Übergang aus der privaten in die staatliche Leitung 1812-1852. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 27, 1938, S. 60-75.
- ⁷¹ Hassenstein, W.: Aus der Gründerzeit der alten preußischen Waffenschmiede. In: Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen 37 (1942), S. 141-146, 161-165, 181-185 und 202-207.
- ⁷² Vgl.: Haak, R.: Vortrag: Von der Psychotechnik zur Arbeitswissenschaft. Arbeitswissenschaftliche Forschung und Lehre in Berlin von 1918 bis 1964. Tagungsband der 5. Fachtagung der Fachgruppe Geschichte der Psychologie der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Universität Passau vom 7.9-10. 9 1995 im Rahmen der 14 th Annual Conference Cheiron Europe 1995, S. 50ff.

Der betriebswissenschaftliche Schwerpunkt schuf 1918 die Voraussetzung für die Gründung einer „Arbeitsgruppe für industrielle Psychotechnik“ am Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen. Das seit 1925 eigenständige Institut für Industrielle Psychotechnik wurde durch das Interesse und Kapital der Forschungsgesellschaft für betriebswissenschaftliche Arbeitsverfahren gegründet. Diese sah ebenso wie Schlesinger einen Bedarf nach wissenschaftlicher Untersuchung menschlicher Arbeit im industriellen Fertigungsprozeß zur Effizienzsteigerung der betrieblichen Leistung und der volkswirtschaftlichen Konjunktur. Abweichend von den Vorstellungen Taylors sollte hier versucht werden, die Erkenntnisse der Experimentalpsychologie Wilhelm Wundts für den industriellen Arbeitsprozeß nutzbar zu machen und ein Eignungstestprogramm auf der Grundlage individueller Psychogramme zu erstellen.

Leiter des Instituts wurde der habilitierte Psychologe Walther Moede, der auf experimentalpsychologischer Basis eine leistungsorientierte Psychotechnik entwickelte.⁷³ Moede vertrat dabei wie Schlesinger den Anspruch einer an der industriellen Praxis ausgerichteten Forschung, was in den zwanziger Jahren zu zahlreichen Kooperationen des Instituts mit der Industrie und öffentlichen Einrichtungen führte.⁷⁴

Die Betriebswissenschaft in Deutschland

Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts wurde der Begriff Betriebswissenschaft weiter gefaßt und zur Bezeichnung eines Konglomerats unterschiedlicher Wissenszweige und Forschungsrichtungen verwandt. Der Gegenstand der Betriebswissenschaft war der Industriebetrieb bzw. das Geschehen in den Werkstätten, vor allem bei der Produktion, unter technischen, arbeitsorganisatorischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Nicht nur die klassischen Gebiete der heutigen

⁷³ Vgl. Gundlach, H.: Psychotechnik bei den Eisenbahnen. Tagungsband der 5. Fachtagung der Fachgruppe Geschichte der Psychologie der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Universität Passau vom 7.9.-10. 9 1995 im Rahmen der 14 th Annual Conference Cheiron Europe 1995.

⁷⁴ Vgl.: Spur, G.; Ebert, J.; Haak, R.: Von der Psychotechnik zur Arbeitswissenschaft. 75 Jahre arbeitswissenschaftlicher Forschung und Lehre in Berlin, 1994.

Produktionstechnik wurden mit dem Begriff der Betriebswissenschaft angesprochen, sondern darüber hinaus auch Disziplinen und Forschungsrichtungen wie die sogenannten „Arbeitswissenschaften“, „Managementlehre“ im Sinne von Organisation und Führung und die „Psychotechnik“ bis hin zu betriebswirtschaftlichen Aspekten wie Kalkulation und Kostenrechnung.⁷⁵

Im Grunde ging es nach heutigem Verständnis darum, eine Art interdisziplinäres Lehr- und Forschungsgebiet mit dem Ziel wirtschaftlicher und technischer Leistungssteigerung in den Industriebetrieben einzurichten. Die Betriebswissenschaft kam somit den Interessen der Industrie, der industriellen Praxis, entgegen.

Adolf Wallichs⁷⁶, der 1906 einen Ruf auf den Lehrstuhl für Dampf- und Werkzeugmaschinen, Fabrikorganisation und Bergwerksmaschinen in Aachen⁷⁷ erhielt, gilt neben Schlesinger als der zweite führende Repräsentant der neu entstehenden Betriebswissenschaft. Mit der Übersetzung von Taylors „Shop management“ trug er zur Verbreitung der amerikanischen Rationalisierungslehre bei, die von der deutschen Industrie, insbesondere dem Werkzeugmaschinenbau, mit Interesse verfolgt wurde.⁷⁸

Auch die Lehrstühle für Mechanische Technologie an den anderen Technischen Hochschulen im Deutschen Reich erweiterten ihre Arbeitsgebiete durch betriebswissenschaftliche Forschungsschwerpunkte. So setzte Friedrich Schwerd am Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Betriebsorganisation an der Königlich

⁷⁵ Vgl.: Wallichs, A.: Aus der Geschichte der Betriebswissenschaft. In: Opitz, H. (Hg.): Wirtschaftliche Fertigung und Forschung. München 1949, S. 11f.

⁷⁶ Wallichs, Adolf, (1869-1959), studierte von 1892-95 an der TH-Charlottenburg. Danach Assistent bei A. Riedler. 1906 Professor an der TH Aachen, Emeritierung 1936.

⁷⁷ Vgl. dazu: Schallbroch, H.: Von der Technologie zur Fertigungstechnik. In: Spur 6, Fertigungstechnik in Lehre, Forschung und Praxis. Freiburg 1967 und Folz, F. J.: Über die Anfänge der Zerspanforschung. Technikgeschichte in Einzeldarstellungen als Ergänzung zur Zeitschrift Technikgeschichte. Berlin 1980, S. 21f.

⁷⁸ Vgl. Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen, 1991, S. 430; Wissenschaftliche Gesellschaft Produktionstechnik (Hg.): Produktionswissenschaft. Ein Beitrag zur Geschichte der Hochschulgruppe Fertigungstechnik, Aachen 1987, S. 92f.

Technischen Hochschule zu Hannover⁷⁹ mit seiner Berufung 1911 die bereits von Hermann Fischer begonnene Forschung über Werkzeugmaschinen und industrielle Arbeitsformen fort. Schwerd konnte mit Hilfe staatlicher und industrieller Mittel ein Versuchsfeld aufbauen und folgte damit dem Berliner Vorbild aus dem Jahre 1906.⁸⁰

An der Königlich Technischen Hochschule in Stuttgart bekam seit 1913 Alfred Widmaier den Lehrstuhl für Mechanische Technologie und Werkzeugmaschinen.⁸¹ Der Lehrstuhl für Betriebswissenschaft an der Königlich Technischen Hochschule Breslau, seit 1921 unter der Leitung von Karl Gottwein, konzentrierte seine Forschungsarbeit auf das Gebiet der Zerspanung. 1925 veröffentlichte Gottwein eine neue Meßmethode auf der Grundlage des thermoelektrischen E-fekts. Das Jahrzehnt 1920 bis 1930 erbrachte neben den Fortschritten der Zerspanungsforschung auch eine Vertiefung des Erkenntnisstandes auf zahlreichen anderen betriebswissenschaftlichen Gebieten.

Der Leiter des Lehrstuhls für Betriebswissenschaft an der Königlich Technischen Hochschule Dresden,⁸² Ewald Sachsenberg (seit 1921), veröffentlichte von etwa 1923 bis 1929 in mehreren Bänden „Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhls für Betriebswissenschaften der TH Dresden“, die vor allem hinsichtlich der Versuchsmethodik und Meßtechnik der Zerspanungsforschung zahlreiche Anregungen ent-

⁷⁹ Vgl.: Blum, O.: Technische Hochschule Hannover. In: Die deutschen Technischen Hochschulen, a. a. O., S. 191ff. Treue, W.: Geschichte des technischen Unterrichts. In: Festschrift zur 125 Jahr-Feier der Technischen Hochschule Hannover. Hannover 1956, S. 51ff.

⁸⁰ Vgl. WGP, Produktionswissenschaft, 1987, S. 176.

⁸¹ Vgl.: Blum, J. M. C. (Hg.): Die Universität Stuttgart, 2 Bde., Stuttgart 1979, vor allem Bd. 2: Festschrift zum 150 jährigen Bestehen der Universität Stuttgart. Grammel, R.: Technische Hochschule Stuttgart. In: Die deutschen Technischen Hochschulen, a. a. O., S. 261ff.

⁸² Vgl. dazu: Ley, H.: Beitrag zur Geschichte der Technischen Hochschule Dresden. In: 125 Jahre Technische Hochschule Dresden. Festschrift. Dresden 1953, S. 13ff.

hielten.⁸³ Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählten die Fließfertigung, Zeitstudien, Montageprozesse und die Psychotechnik.⁸⁴

Die Entstehung und Entwicklung der betriebswissenschaftlichen Lehrstühle muß vor dem Hintergrund der industriellen Veränderung, insbesondere des Überganges zur normierten Massenproduktion austauschbarer Teile nach amerikanischem Vorbild, gesehen werden.⁸⁵ Die Komplexität der neuen Betriebs- und Fertigungstechnologien sowie von innovativen Unternehmensstrukturen warfen umfangreiche arbeitsorganisatorische, produktionstechnische und wirtschaftliche Fragen auf, welche die Betriebsingenieure und -leiter der Großbetriebe des Maschinenbaus vor erhöhte Anforderungen stellten und eine systematische Planung und Organisation erforderten.

Wollte man die Massenproduktion in seinem Betrieb einführen, um damit den Rückstand gegenüber der amerikanischen Konkurrenz aufzuholen, so erforderte dies nicht nur geeignete technische Anlagen und Werkzeugmaschinen. Zugleich mußte auch eine grundlegende Neuorganisation der Arbeitsabläufe, eine Standardisierung, Normierung und Typisierung von Maschinenteilen und Produkten durchgeführt werden.

Die Betriebswissenschaft bot geeignete Instrumentarien zur Lösung der mit der Einführung und Durchsetzung der Massenproduktion verbundenen fertigungstechnischen und arbeitswissenschaftlichen Probleme. Sie stellte Methoden bereit, welche die betriebswissenschaftlichen Zusammenhänge im Ganzen wie Teilprobleme der Produktionstechnik und Arbeitsorganisation zu durchleuchten halfen und somit den Betriebsingenieuren und Betriebsleitern nicht nur Entscheidungshilfen bereitstellten, sondern auch neue Maßstäbe in der industriellen Produktion setzte.

⁸³ Ebenda, S. 16.

⁸⁴ Vgl. dazu: Sachsenberg, E.: Zeitstudien und Bandarbeit. In: Maschinenbau, 3, 1924, 13, S. 433ff. Sachsenberg, E.: Fertigung und Zusammenbau

⁸⁵ Darstellung der Entwicklung zur Massenproduktion vor allem Hounshell, D. A.: From the American System to Mass Production 1800-1932. The Development of Manufacturing Technology in the United States. Baltimore u. London 1984.

Die Arbeit der Betriebswissenschaftler und auch der Ingenieure in den Betrieben, der industriellen Praktiker, war von der Erforschung einer Effektivitätssteigerung mit anderen Worten der von der Rationalisierung der Produktions- und Arbeitsabläufe geleitet, um die Rentabilität des Unternehmens und vor allem seine Konkurrenzfähigkeit sicherzustellen.

Die wissenschaftliche Durchdringung der industriellen Arbeits- und Produktionsstrukturen verlief in einem wechselseitigen Prozeß zwischen Industrie und Wissenschaft. Anforderungen und Bedürfnisse der Industrie führten zu wissenschaftlichen Untersuchungen, deren Ergebnisse sich an den Erfordernissen der industriellen Praxis messen lassen mußten.

Anregungen und Forschungsergebnisse der Industrie kamen der Wissenschaft zugute, wenn Kooperationen durchgeführt wurden. Somit ist es nicht übertrieben der Betriebswissenschaft die Funktion eines Brückengliedes zwischen Produktionstechnik und Betriebsorganisation, zwischen Wissenschaft und industrieller Praxis zuzusprechen. Einer der herausragendsten Vertreter dieser Wissenschaft, Georg Schlesinger, sah in der Betriebswissenschaft einen „Versuch, Praxis, Forschung und Lehre zur Einheit zu verbinden“⁸⁶, ein Versuch, den die heutige Produktionswissenschaft auf neuen Forschungsfeldern nicht nur fortgeführt wird, sondern schon auf traditionellen Gebieten der Fertigungstechnik verwirklicht hat.

In den zwanziger und frühen dreißiger Jahren haben Schlesinger, Wallich, Schwerd, Widmaier, Sachsenberg und Gottwein wesentlich, wenn nicht sogar entscheidend, dazu beigetragen, die Wissenschaft des Fabrikbetriebes auf der Grundlage von Werkzeugmaschinen und Fabrikorganisation zu begründen und ihr weltweite Anerkennung zu verschaffen.

Sie bildeten die ersten Generation der später auch organisatorisch zusammenschlossenen Lehrstühle für Betriebswissenschaft (HGB), die nach dem Zweiten Weltkrieg dann Hochschulgruppe Fertigungstechnik (HGF) genannt wurde, und seit 1987 den Namen Wissenschaftliche Gesellschaft Produktionstechnik (WGP)

⁸⁶ Schlesinger, G.: Die Werkzeugmaschinen. Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Berlin 1936, S. 4.

trägt.⁸⁷ Die in der Wissenschaftlichen Gesellschaft Produktionstechnik vereinigten Wissenschaftler prägen durch ihre nationalen und internationalen Forschungs- und Verbundprojekte nachhaltig die Entwicklung der Produktionswissenschaft als international sich entwickelnde Wissenschaftsdisziplin des Fabrikbetriebes.

Produktionswissenschaft

Die betriebswissenschaftliche, später fertigungstechnische Forschungsarbeit nach dem Zweiten Weltkrieg, insbesondere im Zuge des wirtschaftlichen Aufschwungs in den 50er und 60er Jahren, dem sogenannten deutschen Wirtschaftswunder, wurde durch die fortschreitende Automatisierung des Fabrikbetriebes bestimmt. Dabei bereitete der rasche wirtschaftliche Aufschwung den Boden für einen systematischen Übergang von der automatisierten Werkzeugmaschine, der Einzelmaschine, zur Automatisierung des gesamten Produktionsprozesses. Gründe für die Automatisierung waren sowohl technischer als auch im wirtschaftlicher Natur.

In der Automatisierungstechnik⁸⁸ läßt sich historisch eine Reihenfolge unterschiedlicher Entwicklungsschritte feststellen. Zunächst beschränkte sich die Automatisierung auf die einzelnen Bearbeitungsmaschinen und den eigentlichen Bearbeitungsprozeß. Dann weitete sich die Automatisierung auf den Bereich des Materialflusses aus. Erst im dritten Schritt erfolgte die Automatisierung im Bereich des Informationsflusses.

NC-Technologie

⁸⁷ Pahlitzsch, G.: 40 Jahre Hochschulgruppe Fertigungstechnik. In: wt Zeitschrift für industrielle Fertigung 68 (1978) 761-765.

⁸⁸ Die wesentliche Begriffe der Automatisierungstechnik sind in DIN 19 233 festgelegt. Der Automat als Hauptbegriff, von dem alle verwandten Begriffe abgeleitet sind, ist definiert als künstliches System, das selbständig ein Programm befolgt. Aufgrund des Programms trifft das System Entscheidungen, die auf der Verknüpfung von Eingaben mit jeweiligen Zuständen des Systems beruhen und Ausgaben zur Folge haben.

Einschneidend für die Gestaltung des Fabrikbetriebes und damit für die produktionswissenschaftliche Forschung war die Entwicklung der numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen, die sich hauptsächlich auf die schnell fortschreitende Entwicklung der Rechnertechnik und der Elektronik in den USA und Japan stützte. Wesentliche Grundlagen für die Innovation der numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen kamen aus Deutschland (u.a. Konrad Zuse), doch erfolgte der Durchbruch in den Vereinigten Staaten. Im Jahre 1945 stellten die Ingenieure Mauchly und Eckert in den USA den ersten elektronischen Rechner vor, der in der Fachwelt unter dem Namen ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) bekannt wurde. Die erfolgreiche Innovation der numerischen Steuerung geht dann jedoch auf das von Parson erdachte und mit dem MIT entwickelte System einer digitalen Werkzeugmaschinensteuerung zurück.⁸⁹

Mitte des Jahres 1951 wurde dann die erste bahngesteuerte Drei-Achsen-Werkzeugmaschine in den USA vorgeführt. Die Zeit der praktischen Erprobung zunächst in der amerikanischen, dann, etwas verzögert, auch in der deutschen und japanischen Industrie, begann. In den USA setzte nun ein allmählicher Wandel in der Fertigungsstruktur ein.⁹⁰ Die NC-Technologie bildete die Grundlage für eine kostengünstige Automatisierung auch der Einzel- und Kleinserienfertigung. Vollkommen neue Möglichkeiten der Automatisierung des Fertigungsprozesses ergaben sich nun. Die wirtschaftlichen Potentiale und Rationalisierungsmöglichkeiten durch numerisch gesteuerte Maschinen überzeugten auch die Entscheidungsträger in der europäischen Industrie, wo sich seit Mitte der 60er Jahre der Einzug der NC-Technologien in den Fabriken verstärkte.⁹¹ Die Bundesrepublik Deutschland zählte neben der Schweiz, England und Frankreich zu den Wegbereitern der NC-Technik in Europa.

Japan und die NC-Technologie

⁸⁹ Spur, G.; Specht, D.; Schröder, S.: Die numerische Steuerung – Fallstudie einer erfolgreichen Innovation aus dem Bereich des Maschinenbaus. AdW Berlin 1990.

⁹⁰ Behrendt, W.: Die frühen Jahre der NC-Technologie: 1954-1963. In: Technische Rundschau, Bern 1982.

⁹¹ Nagel, B.; Kaluzu, H.: Eigentum und Markt im Maschinenbau. Baden-Baden 1988.

In Japan wurde das technologische Konzept der numerischen Steuerung erstmals 1952 bekannt. Professor Takahashi von der Tôkyô Universität berichtete in diesem Jahr auf der Automatic Control Research Conference über die Entwicklung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen in den USA. Ausgelöst von diesem Bericht begann eine intensive Forschung in den japanischen Werkzeugmaschinenbetrieben und in der Elektroindustrie sowie an Universitäten und staatlichen Institutionen auf diesem neuen Gebiet der Produktionstechnik. Erstes Ergebnis der gemeinsamen Anstrengungen war eine 1956 von der Firma Fujitsu vorgestellte numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine, eine Revolverlochstanmaschine.

Tôkyô Institute of Technology

Sehr schnell folgten weitere Entwicklungen auf dem Gebiet der numerischen Steuerungstechnik. Schon im Jahre 1957 gab das Tôkyô Institute of Technology den Aufbau einer numerisch gesteuerten Drehmaschine für Versuchszwecke bekannt. Bald darauf entwickelte der japanische Werkzeugmaschinenhersteller Makino Milling Machine die erste japanische Vertikalfräsmaschine mit numerischer Steuerung in Kooperation mit Fujitsu. Weitere Meilensteine in den Anfängen der japanischen NC-Technologieentwicklung waren eine numerisch gesteuerte Drehmaschine der Firma Ikegai und ein vom Mechanical Engineering Laboratory des MITI im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes konstruiertes Lehrenbohrwerk, welches im Jahre 1959 fertiggestellt wurde. Ein Jahr zuvor hatte Hitachi Seiki eine hydraulisch getriebene numerisch gesteuerte Fräsmaschine konstruiert, ebenfalls in Kooperation mit Fujitsu, von der zwei Stück an die Heavy Industries Nagoya Aircraft Plant geliefert wurden. Dies war die erste im Handel vertriebene numerisch gesteuerte japanische Werkzeugmaschine.

Fujitsu und Fanuc

Eine der zentralen Innovationen für die japanische NC-Maschinenindustrie war die Entwicklung des elektrischen und elektrohydraulischen Schrittmotors durch die Firmen Fujitsu und Fanuc unter der Leitung von Dr. Inaba in Zusammenarbeit mit dem Department of Precision Engineering sowie dem Electronic Sciences Laboratory. Diese Schrittmotoren ermöglichten die Konstruktion präziser, zuver-

lässiger, leistungsstarker und vor allem vergleichsweise preisgünstiger numerisch gesteuerte Maschinen, die auch in größeren Serien herstellbar waren und nicht zuletzt den großen wirtschaftlichen Erfolg der japanischen Werkzeugmaschinenindustrie begründeten. Aber nicht nur auf dem für die Produktionstechnik so wichtigem Gebiet der Antriebstechnik erarbeiteten sich die japanischen Ingenieure in kurzer Zeit schnell ein eigenes Know-how. Auch in der Steuerungskonstruktion gewannen sie sehr schnell Anschluß an die US-amerikanischen und westeuropäische Entwicklung. So stellten japanische Werkzeugmaschinenbetriebe zwischen 1965 und 1969 erste NC-Steuerungen mit eingebautem Minicomputer vor.

Anwendungsforschung

Die japanischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten konzentrierten sich vor allem auf die Anwendungsforschung – im Gegensatz zu den amerikanischen Bemühungen um eine Forcierung der Grundlagenforschung – und den Transfer der neuen numerischen Steuerungstechnologie in die industrielle Praxis der japanischen Werkzeugmaschinenbetriebe. Auch in der Automobilproduktion und der Elektroindustrie gelangten erste Maschinen zur Anwendung. Jedoch erst mit der wachsenden Erfahrung gewann die eigene Erschließung neuer Technologien an Bedeutung für die Produktionstechnik. Der Technologietransfer aus Westeuropa und den USA vollzog sich in den frühen Jahren der NC-Technologie sehr unterschiedlich. So nutzte die japanische Maschinenbauindustrie recht intensiv die Möglichkeit, Patente und Lizenzen zu erwerben sowie Kooperationsverträge mit technologisch führenden Unternehmungen des Maschinenbausektors und der Elektroindustrie abzuschließen. Die Kooperation mit europäischen und amerikanischen Unternehmungen erleichterte nicht nur den Technologietransfer, sondern erleichterte zusätzlich die Erschließung fremder Märkte.

Human Resource Management

Die japanischen Unternehmen zeigten sich, nicht zuletzt auf Grund erheblichen Facharbeitermangels, für die NC-Technik sehr aufnahmebereit. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß der mit der Einführung der neuen NC-Technologie in den Fertigungsprozeß verbundene Fort- und Weiterbildungsbedarf in den japanischen Unternehmungen nur ein geringes Hindernis darstellte. Dies resultierte

einerseits aus der Tatsache, daß die japanischen Fertigungsingenieure zu Beginn ihrer beruflichen Laufbahn zunächst im Unternehmen im Bereich der Fertigung eingesetzt wurden und damit auch auf der Benutzerebene eine oft hohe Qualifikation erwarben. Darüber hinaus führten die Steuerungs- und Maschinenhersteller zu Beginn der NC-Entwicklung intensive Schulungs- und Betreuungsprogramme durch, im Rahmen derer die Mitarbeiter der Kunden über den Zeitraum eines halben Jahres geschult und betreut wurden. Vor allem in der Einführungsphase standen dem Kunden Ingenieure des Herstellers zur Unterstützung der ersten Anwendungsschritte sowie bei der Problemanalyse zur Seite.⁹² In produktionstechnischer und arbeitsorganisatorischer Hinsicht leisteten die Japaner vor allem seit den 70er Jahren erhebliche Beiträge zur Automatisierung des Produktionsprozesses, die sich in der Weiterentwicklung der NC Technologie manifestieren. Die menschliche Arbeitskraft als Quelle von Innovation und Qualitätsentwicklung rückte zunehmend ins Zentrum der industriellen und auch der wissenschaftlichen Betrachtung.

Stellt man nicht die Produktionstechnik sondern den Menschen in den Mittelpunkt der Betrachtungen, dann bedeutet „Automatisierung“ dagegen einen Vorgang mit technischen Mitteln so einzurichten, daß der Mensch weder ständig noch in einem erzwungenen Rhythmus für den Ablauf des Vorganges tätig zu werden braucht.⁹³ Allgemeiner kann gesagt werden: Automatisieren ist das Übertragen von Entscheidungen auf Maschinen.⁹⁴

Technologischer Determinismus-ökonomischer Determinismus

⁹² Spur, G.; Specht, D.; Schröder, S.: Die numerische Steuerung – Fallstudie einer erfolgreichen Innovation aus dem Bereich des Maschinenbaus. AdW Berlin 1990.

⁹³ Dolezalek, C. M.: Planung der Fabrikanlagen. Berlin und Heidelberg 1973.

⁹⁴ Warnecke, H.-J.: Automatisierung. In: Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre II., Handwörterbuch der Organisation. 5. Auflage, hrsg. von Frese, E., Stuttgart 1992, S. 263.

Vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklung herrschte in den fünfziger Jahren die Überzeugung vor, daß die Arbeitsorganisation in hohem Maße vom Stand der Technik determiniert würde.⁹⁵ Der technologische Determinismus dieser ersten Nachkriegsstudien ist dann später einem ökonomischen Determinismus gewichen, der die Zwangsläufigkeit bestimmter Arbeitsstrukturen nicht auf die angewandte Technologie zurückführt, sondern von der ökonomischen Notwendigkeit ausgeht. Dem Primat der Rentabilität folgend, wurde unter den gegebenen arbeitsorganisatorischen Alternativen diejenige ausgewählt, die sich als die effizienteste erwies.⁹⁶

Arbeitssystemgestaltung – neue Formen

Zu einem grundlegenden Wandel des betrieblichen industriellen Arbeitssystems und seiner wissenschaftlichen Reflexion führte zunehmend seit Mitte der sechziger Jahre der Einfluß von Automatisierung, Rechnertechnik (NC Technologie), Flexibilisierung und Dezentralisierung der Fertigungsprozesse. Neue Formen der Arbeitssystemgestaltung gewannen in jenen Jahren an Bedeutung, die durch integrativen Aufgabenzuschnitt auf eine Verringerung funktionaler Arbeitsteilung zielten. Hierzu zählten Formen der Arbeitserweiterung (Job enlargement), der Arbeitsbereicherung (Job enrichment) und des Arbeitsplatzwechsels (Job rotation).⁹⁷

Beim Job enlargement, also bei der Arbeitserweiterung, ist eine Verringerung der horizontalen Arbeitsteilung, bezogen auf den Arbeitsumfang, das Ziel. Dadurch wird das Aufgaben- und Tätigkeitsspektrum der Arbeitspersonen auf dem gleichen Qualifikationsniveau erweitert. Job enlargement wird hauptsächlich im Bereich der Fließbandproduktion eingesetzt.⁹⁸ Demgegenüber stellt das Konzept

⁹⁵ Bahrtdt, H. P.: Industriebürokratie-Versuch einer Soziologie des industriellen Bürobetriebs und seiner Angestellten. 2. Auflage Frankfurt a. M. 1970 und Popitz, H.; Bahrtdt, H. P., Jüres, E. A.; Kesting H.: Technik und Industriearbeit. Tübingen 1957.

⁹⁶ Mickler, O.; Dittrich, E.; Neumann, U.: Technik, Arbeitsorganisation und Arbeit. Frankfurt a.M. 1976 und Kern, H.; Schumann, M.: Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein. Frankfurt a. M. 1970.

⁹⁷ Spur, G.: Handbuch der Fertigungstechnik, Band 6, Fabrikbetrieb. München und Wien 1994, S. 217ff.

⁹⁸ Staehle, W.: Management. München 8. Auflage 1999, S. 691ff.

des Job enrichment, der Arbeitsbereicherung als Gestaltungsmerkmal, den Arbeitsinhalt in den Mittelpunkt. Dieser Ansatz zielt auf die Verringerung der vertikalen Arbeitsteilung durch eine Vergrößerung des Handlungs- und Kontrollspielraums unter Einbeziehung höher qualifizierter Tätigkeiten. Der Arbeitsplatzwechsel (Job rotation) sieht als Gestaltungsmaßnahme einen planmäßigen Wechsel von Arbeitszyklen mit jeweils unterschiedlichen Tätigkeiten vor. Bei diesen arbeitsorganisatorischen Konzept bleibt die Struktur der Arbeitsteilung erhalten. Verbunden mit dieser Organisationsform sind nicht nur erweiterte fachliche Kenntnisse, sondern gefordert sind auch soziale Kompetenzen wie kooperations- und sachbezogene Kommunikationsfähigkeiten. Hier muß die Arbeitsperson besonders geschult werden.⁹⁹

Eine besondere Form der Arbeitssystemgestaltung, die Anfang der 70er Jahre an Bedeutung gewann, war das Konzept teilautonomer Arbeitsgruppen, einer spezifischen Form von Gruppenarbeit. Grundlegendes Charakteristikum ist, daß Aufgabenkomplexe in der Verantwortung einer Gruppe erfüllt werden. Hierbei regelt die Gruppe selbständig wie die Teilaufgaben zwischen den Gruppenmitgliedern verteilt und koordiniert werden. Einigkeit besteht heute in der produktionswissenschaftlichen Forschung darüber, daß teilautonome Arbeitsgruppen gegenüber traditionellen, arbeitsteiligen Modellen der Produktionsprozeßorganisation Vorteile aus wirtschaftlicher sowie menschlicher Sicht aufweisen.

Arbeitsweiterung, Arbeitsbereicherung und Arbeitsplatzwechsel können als Gestaltungsprinzip gleichzeitig realisiert werden. Durch die Rechnerunterstützung in der Fabrik, insbesondere durch den Einsatz von CNC gesteuerten Maschinen, ergaben sich seit dem Ende der 70er Jahre und mit Beginn der 80er Jahre neue Möglichkeiten einer sozio-technischen Arbeitssystemgestaltung. Die Gruppenarbeit konnte sich in der Fabrik erst mit der Verbreitung rechnerunterstützter Produktionsmittel als wirkliche arbeitsorganisatorische Alternative behaupten.¹⁰⁰

⁹⁹ Ulich, E.: Arbeitswechsel und Aufgabenerweiterung. In: REFA-Nachrichten, Bd. 25, 1972, S. 265-278.

¹⁰⁰ Spur, G.; Specht, D.; Herter, J.: Job Design in Advanced Manufacturing. In: Human Factors in Advanced Manufacturing. Wiley&Sons, New York 1993.

CNC-Steuerungen-Automatisierungsfortschritte

Der Einsatz von CNC-Steuerungen hatte weitreichende Folgen für die Gestaltungsoptionen des Fertigungsprozessen. Der Einsatz dieser Steuerungen erlaubte es, fertigungsvorbereitende Tätigkeiten wieder aus der Arbeitsvorbereitung herauszulösen und an den Werker, an den unmittelbaren Ort der Produktion, der Produkterstellung, zurückzuverlagern. Auf der Basis dieser herausragenden technologischen Entwicklung nahmen die Forderungen nach einer Abkehr von arbeitsteiligen Strukturen zu. Ziel der Bestrebungen ist es, die nach den Grundsätzen von Taylor unter dem Gesichtspunkt, „so weitgehend wie möglich“ betriebene Arbeitsteilung auf zukünftig, „so weit wie zweckmäßig“ zu verringern, und den Arbeitsprozeß mit qualifizierter Arbeit, mit möglichst hochqualifizierten Mitarbeitern, umfassenden Arbeitsinhalten und weitgehender Autonomie auszustatten.¹⁰¹

Die sozio-technische Arbeitssystemgestaltung wurde seit den 70er Jahren nicht nur durch innovative Fortschritte in den USA und Westeuropa geprägt, sondern nachhaltig durch die japanischen Entwicklungen in der Fertigungstechnologie, in Produktions- und Personalmanagement sowie in der Unternehmensführung. Zum Verständnis des japanischen Beitrages zur Entwicklung der Wissenschaft vom Fabrikbetrieb, der heutigen Produktionswissenschaft, ist die Betrachtung der Wechselbeziehungen zwischen Produktions- und Personalmanagement sowie den spezifischen japanischen Produktionsmethoden erforderlich. Ein Blick auf die Literatur zum japanischen Produktionsmanagement zeigt eine deutliche Konzentration auf den Automobilbau. Das Toyota Produktionssystem, welches für die industrielle Praxis und für die produktionswissenschaftliche Forschung nicht nur in Japan prägend wirkte, steht im Zentrum folgender Ausführungen.

Toyotismus

Der Begriff des „Toyotismus“ hat sich meist als Gegenstück, teilweise aber auch Fortentwicklung oder Ergänzung des „westlichen Taylorismus“ und „Fordismus“ in der wissenschaftlichen Diskussion und in der industriellen Praxis etabliert.

¹⁰¹ Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. Eine kulturgeschichtliche Betrachtung der Fertigungstechnik. München und Wien 1991, S. 504ff.

Ähnlich wie bei der Fordismusrezeption kommt das Toyota Produktionssystem im wesentlichen bei großen Unternehmungen, die sich auf die Herstellung und Massenprodukten konzentriert haben, zur Anwendung. Im klassischen japanischen Maschinenbau, der nachhaltig auf die spezifischen Kundenanforderungen eingehen muß, kommt dieses Produktionssystem eher selten zum Einsatz.

Kennzeichen des Toyotismus ist das schlanke Management und die schlanke Produktion (lean management und lean production). Dieses Begriffspaar verkörpert den unternehmerischen Ansatz, die grundlegende Unternehmungsstrategie mit dem Blickwinkel der Fabrik als Gesamtsystem, als den einzelnen Arbeitsplatz und auch die Werkstatt übergreifendes Arbeitssystem. Im Kern berührt der Toyotismus die Entwicklungssäulen der Produktionswissenschaft, Fertigungstechnik und Arbeitsorganisation. Er versucht unter Vermeidung jeglicher Verschwendung, die Vorteile handwerklicher Produktion - Taylors zentrales Rationalisierungsinteresse - mit den Vorteilen der Massenproduktion zu vereinigen.

Vereinfacht ausgedrückt läßt sich der Aufbau der „revolutionären“ Produktionsmethode des Toyotismus auf den Erfahrungs- und Entwicklungsschatz des Taylorismus (Standardisierung der Arbeitsprozesse, zeitliche Steuerung der Produktionstätigkeiten usw.)¹⁰², des Fordismus (im Kern die Fließbandproduktion, optimale Anordnung von Mensch und Maschine)¹⁰³ und der Tradition der deutschen Fertigungstechnik mit ihrer spezifischen Werkzeugmaschinentechologie zurückführen, wobei er sich vor allem durch die Abschaffung der Teillager von ihnen unterscheidet. Neben Arbeitsorganisation und Fertigungstechnik erlangte die interne und externe Produktionslogistik im Zuge der Verbreitung des Toyotismus eine Schlüsselstellung für den Unternehmungserfolg.

Lean Management und Lean Production

Lean Management und Lean Production wurden bei der Produktion von Personenkraftwagen in den Betrieben der Toyota Motor Company entwickelt. Anwen-

¹⁰² Staehle, W.: Management 1999, S. 23f.

¹⁰³ Staehle, W.: Management 1999, S. 26.

dung fand das System das vornehmlich auch in der Automobil- und Automobilzulieferindustrie. Beschränkt auf Japan blieb dieses Produktionssystem nicht, auch in anderen Volkswirtschaften wurden durch die wirkungsvollen Produktionsstrukturen erhebliche Produktivitäts- und Qualitätseffekte erzielt.¹⁰⁴

Eiji Toyoda und Taiichi Ôno

Der Ansatz der schlanken Produktion geht zurück auf Eiji Toyoda und Taiichi Ôno. In der bekannten „MIT-Studie“ des Massachusetts Institute of Technology, die im Jahre 1990 unter dem Titel „The Machine that changed the World“¹⁰⁵ veröffentlicht wurde, werden die Erfolgsfaktoren von Toyota mit Technologieführerschaft, Kostenführerschaft und Zeitführerschaft benannt. Im Kern geht es um den sparsamen Umgang mit Ressourcen. Hierzu zählen u. a. niedrigere Lagerbestände, kürzere Produktentwicklungszeiten und ein geringer Personaleinsatz. Hinzu kam noch, insbesondere bei Toyota, die Einbeziehung der Montaguearbeiter in die permanente Qualitätskontrolle und den kontinuierlichen Verbesserungsprozeß (kaizen). Produktionsfehler gingen somit drastisch zurück und die kostenintensive Nacharbeit wurde minimiert.

Auf der Ebene der Arbeitsorganisation und des Personalmanagements wurden unter der Leitung von Ôno Produktionsteams zusammengestellt, in denen jedes Gruppenmitglied alle Produktionsschritte ausführen konnte. Darüber hinaus sollten die Gruppenmitglieder die Aufgaben innerhalb der Gruppe selbst verteilen und in Abstimmung miteinander Wege der Optimierung des Produktionsprozesses diskutieren. In regelmäßigen Abständen wurden durch Unterstützung von Ingenieuren sogenannte Qualitätszirkel durchgeführt.

Just-in-time und kanban-System

Auf der konkreten Ebene des Teileflusses im Produktionsprozeß entwickelte Ôno das weithin bekannte Just-in-time System, welches in der Literatur uneinheitlich

¹⁰⁴ Scmitt, W.W.: Management japanischer Niederlassungen. Strukturen und Strategien. Bonn 1998, S. 65.

¹⁰⁵ Vgl. Womack: „Die zweite Revolution in der Automobilindustrie“ deutsche Übersetzung

und stellenweise auch widersprüchlich dargestellt wird. Zu den bestimmenden Merkmalen zählen die Gruppentechnologie, das kanban-System, kurze Rüstzeiten, Harmonisierung des Produktionsprozesses und Qualitätssicherung.¹⁰⁶ Die erstaunlich einfache und wirtschaftlich so vielversprechende Idee bestand darin, daß bei jedem Arbeitsschritt nur so viele Teile produziert werden wie nötig, um den unmittelbaren Bedarf der nächsten Fertigungsstufe zu decken. So wurden leere Behälter zur vorhergehenden Bearbeitungsstufe zurückgebracht, was für diese das automatische Signal zur Herstellung weiterer Teile bedeutete.¹⁰⁷

Team-Gruppe

Eine weitere arbeitsorganisatorische Veränderung, die den gesamten Produktionsprozeß des soziotechnischen Systems Unternehmung Toyota betraf, war die Zusammenfassung von Konstruktions- und Fertigungsingenieuren in Teams und die Förderung des Gruppenerfolgs. Im Ergebnis dieser arbeitsorganisatorischen Veränderung konnten die Entwicklungszeiten für neue Fahrzeugmodelle drastisch verkürzt und die Produktqualität weiter gesteigert werden. Auch aus marketingpolitischen Gesichtspunkten stellte diese Strukturveränderung einen erheblichen Vorteil dar. Es konnte nun schneller auf veränderte Kundenwünsche reagiert werden und eine Vielzahl von Nischenmärkten intensiv und kostengünstig bearbeitet werden.

Die Team-Organisation als selbständige und selbstverantwortliche Unternehmungseinheit, in denen jedes Teammitglied eine Vielzahl von zum Teil unterschiedlichen Arbeiten innerhalb einer Gruppe beherrscht und somit durch Redundanz ein hohes Maß an unternehmensinterner Flexibilität schafft, hat die produktionswissenschaftliche aber auch die betriebswirtschaftliche Forschung in den letzten dreißig Jahren geprägt.

Qualität - Qualitätsmanagement

¹⁰⁶ Görgens, J.: Just in time Fertigung. Konzept und modellgestützte Analyse, 1994, S. 15

¹⁰⁷ Vgl. Womack: „Die zweite Revolution in der Automobilindustrie“ deutsche Übersetzung, S. 68.

Im japanischen Produktionssystem steht die Qualität im Zentrum der produkt- und prozeßorientierten Verbesserungs- und Innovationsanstrengungen. Wirtschaftlicher Erfolg stellt sich nur ein, wenn der Kunde von der Qualität des Produktes überzeugt ist. Die hohe Qualität japanischer Produkte und das Qualitätsmanagement japanischer Unternehmungen gelten heute als vorbildlich und haben die produktionswissenschaftliche Forschung seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges und den heutigen Stand der Produktionswissenschaft nachhaltig bestimmt. Ursprünglich ging die Entwicklung von produktionsorientierten Qualitätsverfahren auf amerikanische Vorstellungen und industrielle Anwendungen zurück wie dem Deming Kreis und Quality Control (QC). In Japan wurden diese amerikanischen „Erungenschaften“ nach dem Zweiten Weltkrieg konsequent zur Total Quality Control (TQC) weiterentwickelt.

Das Streben nach einer Null-Fehler Strategie japanischer Produktionsbetriebe besonders im Automobilbau beinhaltet beim Auftreten eines Fehlers nicht nur das Aussondern des fehlerhaften Teils sondern auch eine Beseitigung der Fehlerursachen.

In der westeuropäischen Managementlehre und Produktionswissenschaft wird TQC als Qualitätsmanagement bezeichnet, in der modernen produktionswissenschaftlichen Forschung spricht man von Total Quality Management. Als Antwort auf produkt- und produktionstechnische Probleme im Wechselspiel vor allem amerikanischer und japanischer Entwicklungen und Anwendungen entstanden, konzentriert sich das heutige Total Quality Management nicht mehr nur auf den Produktionsbereich, sondern umfaßt als Führungskonzept die gesamte Unternehmung mit allen Aktivitäten und Mitarbeitern.

Integration von Technologie und Organisation

Heute sind Entwicklung und Einsatz moderner Produktionsmittel durch die Integration mit der Informationstechnik geprägt, die in erster Linie auf amerikanische Basisentwicklungen und auf japanische und deutsche produkt- und prozeßorientierte Anwendungen zurückzuführen sind. Aus dieser Entwicklung resultieren einschneidende Veränderungen der herkömmlichen Organisationsweise. Diese ver-

schiedenen Möglichkeiten fertigungstechnischer und organisatorischer Gestaltung des Produktionsprozesses sind eine Herausforderung an Forschung und Praxis.

Im Zuge dieser Entwicklung gingen jüngere Forschungsansätze von der Existenz eines auch ökonomisch begründbaren Spielraums bei der Arbeitssystemgestaltung aus und konzipierten sowohl den Bereich der Arbeitsorganisation als auch der Technologie als strategische Variablen.¹⁰⁸ Die Forderung, daß Arbeitsmittel gegenüber dem Menschen dienenden Charakter haben und im situativen Modell als Variablen und nicht als Daten konzeptualisiert werden, setzte sich vermittelt über die produktions- und verhaltenswissenschaftliche Forschung, allmählich in den Fabriken durch.

Die neuen Fertigungstechniken, so wird argumentiert, erhöhen den organisatorischen Spielraum. Die Arbeitsorganisation muß nicht mehr an die Produktionstechnik angepaßt werden, vielmehr kann die Fertigungstechnik in einem gewissen Umfang so gestaltet werden, daß sie sich einer gewünschten Arbeitsorganisation anpaßt. Alternative technisch-organisatorische Lösungen, die alle dem Kriterium der Wirtschaftlichkeit und damit der Konkurrenzfähigkeit genügen, können realisiert werden.

Träfe diese These zu, dann würde dies vor allem eine Entschärfung des Konflikts zwischen menschengerechter Arbeitsgestaltung und ökonomischer Effizienz bedeuten. Es wäre möglich, Stellenaufgaben in der Fertigung mit einem breiteren Spektrum anforderungsreicher Tätigkeiten auszustatten, die von den Mitarbeitern den Einsatz verschiedener Fähigkeiten und Kenntnisse erfordern, Arbeitern Verantwortung und Entscheidungsspielräume einzuräumen und Selbstbestimmung vorzusehen. Die Arbeit würde so weiter humanisiert werden, ohne daß dies die Effizienz in der Produktion gefährden würde.¹⁰⁹

¹⁰⁸ Bechtle, G.: Betrieb als Strategie. Frankfurt a. M. 1980 und Kern, H.; Schumann, M.: Das Ende der Arbeitsteilung. München 1984.

¹⁰⁹ Zu den Merkmalen menschengerechter Arbeitsgestaltung Hackman und Oldham 1980, Ulich u.a. 1989.

Die Industrie hat die sich hieraus ergebende Bedeutung produktionswissenschaftlicher Forschung, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, erkannt. Aus der Entwicklung der Informationstechnik ist eine wissenschaftsorientierte Komponente der Gestaltung moderner Fabrikationstechnik erwachsen. Die Wissenschaft industrieller Produktionstechnik und deren Anwendung in der Produktion, als die Produktionswissenschaft. Sie umfaßt die Aufgabe, die mannigfaltigen Erscheinungsformen industriell betriebener Fabriken zu erforschen und Modelle für ihre optimale Gestaltung zu entwickeln. Ihren Gegenstandskern bildet die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Fabrikbetrieb.

Produktionswissenschaftlicher Erkenntnisgegenstand

Die Bestimmung des produktionswissenschaftlichen Erkenntnisgegenstandes durch die Einheit von Ingenieurwissenschaften und Betriebswirtschaft¹¹⁰ ,läßt zugleich eine Reihe weiterer Wissenschaftsdisziplinen zu Tage treten, auf deren Beiträge zur hinreichenden Untersuchung nicht verzichtet werden kann. Dazu gehören zunächst die technik- und naturwissenschaftlichen Grundlagen der Arbeit des Betriebsingenieurs, die volkswirtschaftlichen Voraussetzungen und Konsequenzen seiner Tätigkeit, ihre ergonomischen und arbeitswissenschaftlichen Bestandteile sowie die betriebssoziologischen, pädagogische und ökologischen Dimensionen einer technisch erfolgreichen, wirtschaftlichen, umwelt- und sozialverträglichen sowie humanen Gütererzeugung. Die in Zukunft zu lösenden technologischen Probleme bedürfen zunehmend einer Interpretation für die historische Vergleiche hilfreich sind, so daß auch die historische Wissenschaft, insbesondere die Wirtschafts- und Technikgeschichte Beiträge zur hinreichenden Untersuchung des Fabriksystems leisten.¹¹¹

Produktionswissenschaft - eine interdisziplinäre Wissenschaft

¹¹⁰ Spur, G.: Fabrikbetrieb. 1994, S. 13.

¹¹¹ Spur, G.: Fabrikbetrieb. 1994, S. 2.

Aus dieser umfassenden Perspektive bezeichnet die Produktionswissenschaft eine interdisziplinäre Wissenschaft, deren Komplexität alle bisher bekannten Formen der Fächerintegration weit übertrifft. Folglich sind aber auch die theoretischen und methodischen Probleme dieser Wissenschaft von der Produktion sehr umfangreich. Allgemein finden sich in der Produktionswissenschaft die gleichen Methoden, die auch den Forschungsprozeß der Natur-, Technik- und Sozialwissenschaften kennzeichnen. Zu ihnen gehören das Experiment, die Heuristik, Feldforschung und Statistik, Analyse, Hermeneutik im Sinne der Fakten und Prozeßinterpretation, Systematisierung, mathematische und technische Modellbildung sowie in ihrer historischen Perspektive die Quellenkritik und die Zeitzeugenbefragung.

Der Fabrikbetrieb sollte nicht nur als soziotechnisches System begriffen werden, sondern darüber hinaus seine natürlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen auf der einen, sowie seine personalen, technischen und organisatorischen Komponenten auf der anderen Seite wissenschaftliche Beachtung finden, um die Gesamtheit der den Produktionsprozeß determinierenden Faktoren für eine zweckbewußte Gestaltung des Produktionsprozesses zu erschließen. Ebenso wie die Produktionswissenschaft historisch-logisch aus der theoretischen Durchdringung der Fertigungstechnik und Arbeitsorganisation hervorging, findet sie in diesem Teil der Produktion, also im Herstellungsprozeß nach wie vor ihren Mittelpunkt. Es gilt für die weitere Forschung diesen Mittelpunkt, den Wandel von Fertigungstechnik und Organisation zu beschreiben, zu analysieren und zu bewerten, dies auch aus dem Blickwinkel unterschiedlicher Wissenschaftsrichtungen im internationalen Kontext, um einen Beitrag zum Erkenntnisfortschritt der Produktionswissenschaft zu leisten, deren System sich in der Wechselwirkung ihrer grundlegenden Teilsysteme Fertigungstechnik (Produktionstechnik) und Betriebswirtschaft (Managementlehre, insbesondere Arbeitsorganisation) gründet.

DIJ Working Papers

- 94/1 Franz Waldenberger: *Die Montageindustrien als Träger des »japanischen Wirtschaftswunders« - Die Rolle der Industriepolitik*
- 94/2 Hilaria Gössmann: *Zwischen Fremdeinfluß and Selbstzensur. Literatur and Massenmedien im Japan der Gegenwart*
- 94/3 Martin Hemmert: *Forschungspolitik in Japan - Institutionen and Instrumente*
- 94/4 Franz Waldenberger: *The Changing Role of Competition Policy in Japan*
- 95/1 Hilaria Gössmann: *Das Bild der Ehe and der Familie in den japanischen Fernseh-dramen der 90er Jahre*
- 95/2 Ulrich Möhwald: *Wandel von Werten and Einstellungen in Japan*
- 95/3 Daniel Dirks: *Recession Management in Japan: The Case of Nippon Steel Corporation*
- 95/4 Hendrik Meyer-Ohle: *Staat, innovatives Unternehmertum and Strukturwandel im japanischen Einzelhandel*
- 96/1 Susanne Kreitz-Sandberg: *Jugendforschung in Japan: Die Bedeutung der Familie für die Entwicklung von Lebensentwürfen Jugendlicher*
- 96/2 Martin Hemmert: *Japanische Keiretsu - Legenden and Wirklichkeit*
- 96/3 Lisette Gebhardt and Uwe Schmitt: *Mishima meldet sich zurück: Bericht über die Entdeckung bisher unbekannter Texte des Autors Yukio Mishima*
- 96/4 Daniel Dirks: *Beschäftigungssicherung statt Arbeitsplatzgarantie - Personalanpassungsmaßnahmen japanischer Unternehmen in der Rezession*
- 96/5 Martin Hemmert: *'Intermediate Organization' revisited; A framework for the vertical division of labor in manufacturing and the case of the Japanese assembly industries*
- 97/1 Jochen Legewie: *Foreign Direct Investment, Trade, and Employment: The Role of Asia within the Discussion of Industrial Hollowing Out in Japan*
- 97/2 Hendrik Meyer-Ohle: *The Changing Faces of Networks in Japanese Distribution*
- 97/3 German Institute for Japanese Studies, Economic Section: *The Japanese Employment System in Transition*
- 98/1 Jochen Legewie: *The Political Economy of Industrial Integration in South-east Asia: The Role of Japanese Companies*

- 99/1 Jochen Legewie: *Driving Regional Integration: Japanese Firms and the Development of the ASEAN Automobile Industry*
- 99/2 Annette Erbe: *Japanische Schulen im Ausland und internationale Schulen in Japan: zum Stand der Internationalisierung des japanischen Erziehungswesens*
- 99/3 Jochen Legewie: *Economic Crisis and Transformation in Southeast Asia: Strategic Responses by Japanese Firms in the Area of Production*
- 99/4 Harald Fuess: *Warum gibt es so viel Ehescheidungen in unserem Land des schönen Familiensystems? Die Ehescheidung im Japan der Meiji-Zeit.*