

Durch Rationalisierungsdruck zu neuen Pfaden? Maschinenbau im Nationalsozialismus

Mirko Buschmann

Einleitung

Der Maschinenbau ist ein Kernbereich des Industrialisierungsprozesses und strategisches Zentrum der technisch-industriellen Entwicklung schlechthin. Für die deutsche Wirtschaft bildete der Maschinenbau während des ganzen 20. Jahrhunderts eine Hauptsäule und eine der wichtigsten Exportbranchen.

Im deutschen Maschinenbau dominierte seit dem 19. Jahrhundert die Auffassung, dass Forschung und Ausbildung auf das vermeintlich finale Ziel technischen Schaffens, die Konstruktion, zu orientieren seien. Standen doch im Zentrum der industriellen Praxis in Deutschland Aspekte der Konstruktion bei gleichzeitiger Vernachlässigung der Fertigung. Das Konstruktionsbüro wurde im Zuge solcher Prägungen als das Herz jeder Firma begriffen.¹ Die Konstruktion galt als wissenschaftsgeleiteter Prozess, der prinzipiell theoretisch fassbar war und in einschlägigen Bildungsinstitutionen gelehrt wurde. Obwohl dies seit den 1880er Jahren im so genannten Methodenstreit in den Technikwissenschaften eine gewisse Relativierung erfuhr, kann in Deutschland ein Muster der Verwissenschaftlichung dieses technischen Sektors gefunden werden, das sich von jenen anderer Gesellschaften signifikant unterschied.² Der Maschinenbau in den USA beispielsweise war im Unterschied zu Deutschland lange Zeit stark empirisch ausgerichtet und überwiegend an den Fertigungsprozessen orientiert.³ Ein Vergleich des deutschen und amerikanischen Maschinenbaus zeigt demnach unterschiedliche Gewichtungen im Spannungsfeld von Konstruktion, Fertigung und Werkstoffen.⁴ Eine Institutionalisierung dieses stark an der Konstruktion orientierten Pfades kann in deutschen Maschinenbauunternehmen insofern unterstellt werden, als hier die Konstruktionsabteilungen traditionell einen sehr großen Einfluss ausüben. Unter der daraus resultierenden Ressourcenlenkung kann die Prozessorientierung, eine Stärke amerikanischer Unternehmen, oder die Produktorientierung, eine Stärke des japanischen Maschinenbaues, leiden.⁵

Der Aufsatz will Merkmale des deutschen Maschinenbaus während des Nationalsozialismus in den Blick nehmen, traditionelle Entwicklungen kontextualisieren und überprüfen, inwieweit sich wirtschaftspolitische Intentionen und Fragen der Rüstungsproduktion auf die epistemische und die Produktionskultur im Maschinenbau auszuwirken vermochten.

Konstruktionsorientierung des deutschen Maschinenbaus

Für die Dominanz der Konstruktionsorientierung im deutschen Maschinenbau macht die historische Forschung zunächst unternehmensorganisatorische und marktinduzierte Faktoren verantwortlich. Hier sind vor allem die Vielzahl kleinerer Unternehmen, die damit verbundene Begrenzung der jeweils produzierten Stückzahlen durch konstruktive Vielfalt und hoch differenzierte Produktpaletten sowie die Enge des Marktes zu nennen.⁶ Diese Form der Marktorientierung findet sich nahezu im gesamten 20. Jahrhundert. Die Unternehmen selbst verfolgten dabei in der *longue durée* eine Strategie, die nur in Ausnahmefällen Massenmärkte und damit über Skaling-Effekte eine kostengünstige Serien- und Massenproduktion vergleichsweise simpler Maschinen, die seit jeher unter enormem Preisdruck standen, in den Blick nahm. Vielmehr suchten sie überwiegend Wettbewerbsvorteile abseits der Volumenmärkte auf jenen Marktsegmenten, bei denen es weniger auf hohe Produktionsausstöße bei geringer Typenvielfalt als auf Qualität und konstruktive Exzellenz von meist in Einzelfertigung oder Kleinserien auf Kundenwunsch hergestellten Universalmaschinen und Anlagen ankam.⁷ Mit der Strategie, auf Spezialmärkten Weltmarktführer oder zumindest gut positioniert zu sein, ist die deutsche Maschinenbauindustrie in weiten Teilen des 20. Jahrhunderts bemerkenswert erfolgreich gewesen. Die Orientierung auf den stark diversifizierten, lukrativen Universalmaschinenbau und ein eher spezielles Produktportfolio korreliert mit der charakteristischen Branchenstruktur.

Diese, gerade zum amerikanischen Markt, vergleichsweise kleinteilige Branchenstruktur impliziert im Übrigen auch ein Quellenproblem für die Untersuchung von Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft, Staat und Industrie. Zudem fällt generell auf, dass der stetige Ausbau umfänglicher informeller Kontakte zwischen Hochschulen und Maschinenbauunternehmen offenbar mit einem abnehmenden Grad der Verschriftlichung einherging. Aus institutionentheoretischer Perspektive verweist dies auf die Existenz von Vertrauen in Innovationskulturen – ein für Historiker, die auf die Analyse von Schriftquellen angewiesen sind, freilich weniger positiver Befund.

Zudem ist die Konstruktionsorientierung auch der Prägekraft klassischer Domänen des deutschen Ingenieurwesens im 19. Jahrhundert, des Großmaschinenbaus und des Bauingenieurwesens, geschuldet. Beide Felder begünstigten mit ihrer naturgemäß nicht den Kriterien der Massenproduktion unterliegenden Fertigung eine starke Fixierung auf die Konstruktion.

Der Vorrang konstruktionsorientierter Forschung und Ausbildung ist schließlich ebenso als Phänomen der epistemischen Kultur in Deutschland zu deuten. Vor dem Hintergrund sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ausformender szientistischer Leitbilder in den Technikwissenschaften nahm die wissenschaftliche Durchdringung der Technik in Deutschland im internationalen

Vergleich spezifische Züge an: Die deutschen Technikwissenschaften übernahmen das Leitbild eines Vorrangs der Grundlagen- vor der anwendungsorientierten Forschung.⁸ Selbst diese als *sciences of doing* an der Schnittstelle von Wissensproduktion und Wissensanwendung verorteten Disziplinen verfolgten eine grundlagenorientierte Verwissenschaftlichungsstrategie und entwickelten eine deutliche Tendenz zur Abschottung vor allzu anwendungsnahen Forschungen und kurzfristigen Außenreizen.⁹ Solche Leitbilder jedoch ließen sich für die Konstruktion sehr viel besser umsetzen als für Fertigungsprozesse. Die Problemstellungen der Fertigung entzogen sich dagegen noch geraume Zeit weitgehend stringenter Modellbildung und möglichst mathematisch-theoretischer Deutung. Daher entsprachen sie ganz und gar nicht dem Idealbild epistemischer Absicherung in den klassischen Technikwissenschaften.

Einbindung des Maschinenbaus in das deutsche Innovationssystem der Weimarer Republik

Der Erste Weltkrieg machte deutlich, dass die Dominanz der Konstruktionsorientierung Deutschland hinsichtlich anwendungsnaher Felder in die wissenschaftliche Zweitklassigkeit geführt hatte. Vor allem die fertigungstechnischen Unzulänglichkeiten bei der Produktion hochwertiger Militärtechnik, zum Beispiel dem Flugmotorenbau, hatten einen Rückstand gegenüber den Alliierten aufgezeigt und den Fokus auf Probleme der Fertigungs- und Betriebsorganisation gelenkt.¹⁰ Analysen der 1920er Jahre verwiesen zudem auf die durch Fertigungsorientierung bedingte Dominanz amerikanischer Produkte auf jenen Märkten, die Wettbewerbsvorteile vornehmlich über eine kostengünstige Serien- und Massenproduktion versprachen.¹¹ Dagegen konnten deutsche Produkte dort ihre starke Position behaupten, wo es weniger auf hohe Produktionsausstöße bei geringer Typenvielfalt, sondern auf konstruktive Exzellenz von meist in Einzelfertigung auf Kundenwunsch hergestellten Maschinen und Anlagen ankam.

In der Weimarer Republik galt *Rationalisierung* als Rettung vor dem drohenden Fall in die technische Zweitklassigkeit, wobei solche Erwartungen in hohem Maße mit amerikanischen Vorbildern begründet wurden.¹² Die Begriffe *Fordismus* und *Taylorismus*, die für Entwicklungen standen, welche bereits vor dem Ersten Weltkrieg in Deutschland einiges Echo hervorgerufen hatten, wurden in der Weimarer Republik zu Schlagworten, die zunehmend den Blick in die Phase der Fertigung lenkten. Aus dieser Konstellation resultierte ein sich stetig verstärkender Veränderungsdruck auf die traditionell konstruktionsorientierte Forschung in den Maschinenwissenschaften Deutschlands. Dabei ist vor einer Überschätzung der Bedeutung technik- und naturwissenschaftlicher Forschung für Produkt- und Verfahrensinnovationen im ganzen 20. Jahrhundert zu warnen, da keine lineare Beziehung zwischen dem Niveau der wissenschaftlichen Durch-

dringung technischer Phänomene und dem Stand der Technik in der industriellen Praxis unterstellt werden kann.¹³

Zunächst verhalf die Rationalisierungsbewegung der 1920er Jahre wissenschaftlichen Ansätzen zum Durchbruch, die mit dem Anspruch auftraten, nicht die Konstruktion, sondern die Fertigung und die betrieblichen Abläufe fortan stärker in den Blick zu nehmen. Diese Ansätze waren im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts aufgekommen und setzten sich von Orientierungen traditioneller ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen ab. Damit begannen in einer neuen Stufe der Verwissenschaftlichung von Technik zunächst eng miteinander verwobene technologische, arbeitswissenschaftliche und betriebswirtschaftliche Wissensgebiete als zweite Hauptsäule der Technikwissenschaften an die Seite der konstruktionsorientierten Disziplinen zu treten. In den deutschen Maschinenwissenschaften wurden die damit verbundenen Disziplinbildungsprozesse einschließlich der Etablierung von Lehrstühlen, Forschungsprogrammen und Lehrkonzepten an Technischen Hochschulen meist mit dem Terminus *Betriebswissenschaften* belegt.¹⁴

Die neuen Herausforderungen in der Produktion von Maschinen bezogen sich in diesem Sinne vor allem auf neue Betriebsformen, neue Fertigungstechnologien und sind in ihrer gewachsenen Bedeutung letztlich durch den Übergang zur normierten Massenproduktion austauschbarer Maschinenteile zu verstehen.¹⁵ Im Vordergrund stand dabei die Orientierung am amerikanischen Vorbild, jedoch hatte der Erste Weltkrieg bereits zu eigenen Rationalisierungsstrategien in der Werkzeugmaschinenindustrie geführt. Den Hintergrund bildete vor allem der erhöhte Bedarf an Waffen und Kraftfahrzeugen, und es war auch ein deutlich zu spürender Facharbeitermangel, der die Frage innerbetrieblicher Rationalisierungen immer stärker notwendig machte und dessen Auswirkungen dadurch abgemildert werden sollten.¹⁶ Noch während des Krieges wurden dadurch in der Werkzeugmaschinenindustrie Entwicklungen eingeleitet, an die in den 1920er Jahren angeknüpft wurde. Besonders galt das für Fragen der Passung und Normung, den Austauschbau und die Massenfertigung.

Im Zuge dieser Entwicklung bildeten sich betriebswissenschaftliche Lehrstühle heraus, was nicht zuletzt als eine direkte Reaktion der Hochschulen auf industrielle Veränderungen zu verstehen ist. Seitens der Hochschulen, in unserem Fall der maschinenwissenschaftlichen Fakultäten, erfolgte damit eine bewusste Orientierung auf das Ziel, Wissen als Ressource verfügbar zu machen und im Verhältnis zwischen Industrie und Hochschulen zielgerichtet eine immaterielle Wertschöpfungsinstanz zu verkörpern. Es nimmt daher nicht wunder, dass sich im Bereich der Maschinenwissenschaften Protagonisten einer Erneuerung der technischen Ausbildung für die stärkere und funktionale Verbindung von Industrie und Hochschulen stark machten.¹⁷

Im Bereich der Technikwissenschaften und speziell innerhalb der Maschinenwissenschaften geschah das seitens renommierter Wissenschaftler in hohem Maße aus einer Perspektive, mit der einerseits für eine zunehmende Verwissenschaftlichung und Ausdifferenzierung der Disziplin plädiert, mit der andererseits aber auch die Notwendigkeit einer anhaltenden Verknüpfung von Theorie und Praxis unterstrichen wurde. Öffentlichkeitswirksame Initiativen wurden dabei sowohl innerhalb der community als auch im engen Verbund mit dem Verein Deutscher Ingenieure (VDI) geführt.¹⁸ Sowohl in der Industrie als auch innerhalb der Hochschullandschaft engagierten sich etablierte und einflussreiche Maschinenwissenschaftler wie Günter Schlesinger, Adolf Wallichs, Conrad Matschoß, Adolph Nägel, Ewald Sachsenberg oder Hermann Alt gerade über den VDI als Mittler zwischen Hochschulen und Praxis. In der Zeitschrift des VDI publizierten sie Entwürfe zu Geschichte, Entwicklung und – zu Beginn der 1920er Jahre – vor allem zur Neugestaltung ihrer Disziplin. Sie präsentierten Reformvorschläge für die Technischen Hochschulen, die Ingenieurausbildung und das Studium von Maschinenbau- und Elektroingenieuren.¹⁹ Mit ihren Plädoyers für eine enge Verzahnung von Wirtschaft und Wissenschaft verwiesen sie regelmäßig auf Beispiele in den USA. Die von dort entlehnten Rationalisierungsleitbilder wurden dabei stets als Orientierungspunkte gesehen und die ihnen innewohnenden volks- und weltwirtschaftlichen Erfordernisse als Herausforderung für die Innovationskraft der deutschen Industrie bewertet. Freilich betonten sie auch konsequent Unterschiede zwischen der deutschen und amerikanischen Innovationskultur. Der Stellenwert der Wissenschaftlichkeit im Allgemeinen und der maschinenwissenschaftlichen Hochschulforschung im Besonderen wurde dabei regelmäßig als ein zentrales Moment und in seiner Qualität als entscheidender Faktor der deutschen Industrie bei Weltmarktbehauptung und Krisenbewältigung hervorgehoben. Die stärker ausgebildeten wissensbasierten Entwicklungen in der deutschen Maschinenindustrie und die Betonung einer weiterhin intensiv zu fördernden Grundlagenforschung an den Technischen Hochschulen waren indes markante Unterscheidungsmerkmale beim Bezug auf die amerikanischen Rationalisierungslösungen.²⁰ Damit kamen indirekt unterschiedliche Kulturen von Technikgenese zur Sprache. Hier bediente sich der Staat zunehmend der Argumentationsmuster von Ingenieuren und Maschinenwissenschaftlern, z. B. wenn auf die amerikanische Stiftungskultur und deren Bedeutung für die Technischen Hochschulen verwiesen wurde. Eine solche Stiftungskultur konnte für Deutschland nicht ausgemacht werden: In der Konsequenz wurden andere Rahmenbedingungen hinsichtlich der Rolle des Staates bzw. der Verbindung von Staat und Wirtschaft geschlussfolgert.²¹

Jetzt wurde aus der unstrittigen volkswirtschaftlichen Bedeutung des Maschinenbaus zunehmend auf eine gebotene stärkere Förderung staatlicher Forschung in den Maschinenwissenschaften geschlossen. Andererseits hatten zu dieser Zeit

personelle Netzwerke von Maschinenwissenschaftlern, die in Gremien der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, der Helmholtz-Gesellschaft und des VDI wirkten, einen allmählich wachsenden Einfluss erlangt. Sie sorgten für eine zunehmende Förderung der Disziplin hinsichtlich der maschinenwissenschaftlichen Forschungsarbeiten an den Technischen Hochschulen.²² Dies verweist nicht nur auf eine Interessenverflechtung der genannten Institutionen. Es zeichnete sich früh ab, dass in den technischen Fächern wirksame Förderstrategien für die Forschungstätigkeit nicht nur aus einer bilateralen Kooperation zwischen Staat und Hochschulen resultieren konnten, sondern auch innerhalb der *Triple Helix* aus Staat, Hochschulen und Industrie verortet werden mussten.²³

Das rhetorische Klima von Rationalisierungsdiskussionen war – wie bereits während der 1920er Jahre – so auch zu Beginn der 1930er Jahre von der Ambivalenz geprägt, Leitbilder der amerikanischen Produktionskultur aufzugreifen, aber bei entsprechenden Reformen und Innovationen gleichzeitig klassische Merkmale und Stärken der deutschen Innovationskultur zu berücksichtigen. Dieses Argumentationsmuster fand sich für die Zeit der Weimarer Republik sowohl bei Akteuren aus der Industrie als auch bei denen der maschinenwissenschaftlichen Lehrstühle an den Hochschulen. Letztgenannte plädierten vor allem für eine effiziente Verbindung staatlicher Fördereinrichtungen mit den Hochschulen und der Industrie. Das Netzwerk aus Staat, Wissenschaft und Wirtschaft wurde nicht nur als Einheit im Innovationssystem betrachtet, sondern dessen funktionales Ineinandergreifen auch als unhintergehbare Strategie in Modernisierungsprozessen aufgefasst. Damit rückte innerhalb der Rationalisierungsdebatten neben den Maschinenherstellern auch die maschinenwissenschaftliche Forschung, namentlich an den Hochschulen, in den Blick.²⁴ Dies geschah seit Ende der 1920er Jahre indes noch zögerlich und wenig systematisch, so dass die in den 1930er Jahren einsetzende Rüstungswirtschaft noch nicht in den Genuss erprobter Industrie-Hochschul-Kooperationen im Bereich des Maschinenbaus kommen konnte.

Als seitens der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft im Jahr 1929 eine Denkschrift für den Ausbau der staatlich geförderten Hochschulforschung erarbeitet wurde und dem Reichstag vorgelegt werden sollte, plädierte der Dresdner Maschinenwissenschaftler Adolph Nägel in seiner Eigenschaft als Kurator im Vorstand des VDI und als Mitglied des maschinenwissenschaftlichen Fachausschusses für einen Zusatz, in dem auf die Wichtigkeit der technischen Fächer hingewiesen werden sollte.²⁵ Nägel argumentiert hierbei mit der *Grundlagenfunktion der Technikwissenschaften für Industrie und wirtschaftlichen Gegenwartsfragen* sowie mit dem Verweis, dass die Mehrheit des Reichstages am ehesten solche Maßnahmen unterstützen würde, die wirtschaftliche Erfolge und die dafür wissenschaftlichen Vorarbeiten miteinander verbinden.²⁶

Ersichtlich wird hierbei das Plädoyer für eine Förderung praxisbezogener Forschung. Dies entsprach dem Trend der Branche und zugleich ihrem Selbstver-

ständnis als anwendungsorientierte Wissenschaft. Ein besonderes Merkmal von Rationalisierungsbemühungen im deutschen Maschinenbau stellte hierbei das Nebeneinander von Anwendungsorientierung und Ausbau der Grundlagenforschung dar.

Seitdem kann schließlich eine zunehmende Integration der maschinenwissenschaftlichen Forschung in die Binnendiskurse und Förderaktivitäten staatlich alimentierter Hochschulforschung beobachtet werden. Jetzt wurde aus der unstrittigen volkswirtschaftlichen Bedeutung des Maschinenbaus zunehmend auf eine gebotene stärkere Förderung staatlicher Forschung in den Maschinenwissenschaften geschlossen. Andererseits hatten zu dieser Zeit personelle Netzwerke von Maschinenwissenschaftlern, die in Gremien der Notgemeinschaft, der Helmholtz-Gesellschaft und des VDI wirkten, wachsenden Einfluss erlangt. Sie sorgten für eine zunehmende Förderung der Disziplin. Dies verweist nicht nur auf eine anhebende Interessenverflechtung der genannten Institutionen. Vielmehr zeichnete sich früh ab, dass in den technischen Fächern wirksame Förderstrategien nicht nur aus einer bilateralen Kooperation zwischen Notgemeinschaft und Hochschulen resultieren konnten, sondern innerhalb der *Triple Helix* verortet werden mussten.²⁷

Quantitative und qualitative Erneuerungen in den 1930er Jahren

Nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten wurde schnell deutlich, dass sowohl Fragen der Rationalisierung als auch umfangreiche Anstrengungen zur Arbeitsbeschaffung, die vor 1933 zentrale Themen der Wirtschaftspolitik bildeten, Schwerpunkte wirtschaftspolitischer Bemühungen bleiben sollten. Im Zentrum standen zunächst die Modernisierungsprozesse im produktionstechnischen Bereich sowie innerbetriebliche Rationalisierungen.²⁸

Im Werkzeugmaschinenbau hat sich die seit Anfang der 1920er Jahre kontinuierliche Entwicklung bei Werkstoffen, Antrieben und Trägersystemen fortgesetzt. Hinsichtlich der Werkstoffe erfolgten vor allem im Bereich der Materialhärte wesentliche Veränderungen. Einige der neuen Konstruktionsstähle wiesen Härtegrade auf, die mit alten Werkzeugstählen nicht mehr zerspannt werden konnten.²⁹ In die Einführung solcher neuartigen Schneidestähle und Sinterhartmetallwerkzeuge wurden besonders große Hoffnungen gesetzt: Sie breiteten sich jedoch erst später – vermutlich mit dem Einsetzen des NS-Rüstungsbooms – aus, da erst dann umfangreichere Investitionen dafür zur Verfügung standen.³⁰

Innerhalb der Fertigung finden sich in der Zerspanungsforschung in sämtlichen Teilbereichen starke Kontinuitätslinien. Bei den entsprechenden Produkten, Dreh-, Bohr-, Fräs-, Hobel-, Stoß- und Schleifmaschinen lagen Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte auf den Maschinenantrieben, dem Austausch von Teilen, der Passgenauigkeit sowie bei Bewegungsführungen von Teilen unter

dem Gesichtspunkt von Teilautomatisierungen. Auch besaßen Fragen der Oberflächenuntersuchung, -güte und -bearbeitung einen zentralen Stellenwert.³¹

Neben den Span abhebenden Werkzeugmaschinen bildete die Gruppe der Antriebe und Getriebe von Werkzeugmaschinen einen weiteren zentralen Schwerpunkt in der maschinenwissenschaftlichen Forschung und zugleich in der innerbetrieblichen Weiterentwicklung.

Die wirtschaftlichen Befürchtungen blieben indes bestehen: Rohstoffmangel und fallende Rohstoffpreise, schwache Kaufkraft, Lohnkrisen und sinkende Beschäftigung führten neben Fortschrittserwartungen zu kritischen Betrachtungen der technischen Entwicklung.³² Innerhalb der Maschinenbaubranche, genauer von Vertretern der Werkzeugmaschinenfabriken, Unternehmern und auch aus den maschinenwissenschaftlichen Fakultäten der Technischen Hochschulen heraus befürwortet, blieb die Rationalisierung trotz der Krisenerscheinungen eine notwendige gesellschaftliche Reform, ohne die die Position der deutschen Maschinenbauer auf dem Weltmarkt nicht zu halten gewesen wäre.³³ Ganz bewusst bekannten sich prominente Maschinenwissenschaftler dabei zum Wesen der Rationalisierung als einer weiteren, über das zum Teil noch verklärte *Handwerkliche* hinausweisenden Stufe.³⁴

Nach den Ergebnissen einschlägiger Untersuchungen zur Geschichte des deutschen Werkzeugmaschinenbaus waren die Möglichkeiten von Rationalisierungsbemühungen und Veränderungen in den Produktionsstrukturen in den 1920er und frühen 1930er Jahren durch Werkzeugmaschinen bestimmt, die verschiedene Zwischenstufen zwischen Universal- und Sondermaschinen darstellten.³⁵ Die Universalwerkzeugmaschinen waren eine traditionelle Stärke des deutschen Maschinenbaus und stellten außerordentlich anspruchsvolle technische Lösungen dar für flexible Einsatzmöglichkeiten und wechselnde Anforderungen. Außerdem waren sie bekannt für ihre Langlebigkeit und daher auch hohen Preise bzw. Anschaffungskosten. Die Universalmaschine versammelt hochkomplexe Formen technischen Wissens, erfordert eine anspruchsvolle Konstruktion, mit ihr können mehrere verschiedene Arbeitsgänge ausgeführt werden und sie ist auf vielfältige Arbeitsgänge einstellbar.

Dagegen stellt die so genannte Sondermaschine ein reines Einwegwerkzeug dar und verkörpert das Prinzip der damals als Leitbild betrachteten amerikanischen Massenproduktion. Sondermaschinen betreffen zumeist nur einen (speziellen) Arbeitsgang im Fertigungsprozess, zeichnen sich durch eine einfache Konstruktion aus, sind innerhalb einer fließenden Fertigung schnell austauschbar und unterliegen vergleichsweise geringen Herstellungskosten.

Wandlungen in der Werkzeugmaschinenindustrie zeigten hier noch keine grundlegenden Tendenzen in Richtung einer stärkeren Forcierung von Sondermaschinen oder umfassenderen Innovationsbemühungen im Bereich der Universalmaschinen. Es lagen zu diesem Zeitpunkt auch noch keine Richtung weisen-

den politischen Impulse für technische Innovationen vor, wie sie ab Mitte der 1930er Jahre mit dem verstärkten Ausbau der Rüstungswirtschaft zunehmend zu beobachten waren.³⁶

Gänzlich neu im Vergleich zu den 1920er Jahren war die Bestrebung, an die wirtschaftspolitischen Maßnahmen nunmehr konkrete militärische Ziele zu koppeln.³⁷ Die bereits in den 1920er Jahren von Industrie und Wissenschaft eingeforderte Beteiligung der Politik an der Schaffung günstigerer Rahmenbedingungen für Konjunkturprogramme war für den Werkzeugmaschinenbau im Zeitraum von 1933 und 1938 deutlich zu spüren. Eine staatlich in Gang gesetzte Rüstungskonjunktur verschaffte jenem Industriezweig einen immensen Aufschwung.³⁸ Allerdings noch ohne gezielte Schwerpunktsetzungen innerhalb der maschinenwissenschaftlichen Forschung bzw. hinsichtlich staatlich initiiierter Innovationsbemühungen.

Die steigenden Rüstungsausgaben und die damit verstärkte Binnennachfrage wirkten sich positiv auf das Auftragsvolumen im Maschinenbau aus. Immerhin stieg der Anteil der Inlandsaufträge von 50 Prozent im Jahr 1933 auf 84 Prozent 1934.³⁹ Und die neuen Produktionsformen der Rationalisierung, Normung und teilweise Typenreduzierung erhielten zu Beginn der 1930er Jahre eine zusätzliche Bedeutung, indem sie als wichtige Erfahrungen aus dem Aufbau der Reichswehr auch in den Aufbau der neuen Wehrmacht einfließen sollten.⁴⁰ Ferner erhielt der deutsche Werkzeugmaschinenbau Impulse durch die Anforderung gänzlich neuer Maschinentypen und neuer Formen der Metallbearbeitung, die sich aus dem Bedarf neuer Waffen und Geräte ergaben.⁴¹

Der Werkzeugmaschinenbau war damit eine der wichtigsten Teilbranchen der Industrie für die militärischen Ziele Deutschlands. Nach bisherigem Kenntnisstand kann indes der Eindruck gewonnen werden, dass jene Bedeutung relativ spät durch die Politik zur Kenntnis genommen wurde bzw. entsprechende Konsequenzen zu einer stringenteren Anpassung der Werkzeugmaschinenproduktion an die neuen rüstungstechnischen Herausforderungen relativ spät erfolgten.⁴² Albert Speer sollte nach dem Krieg eine Vernachlässigung des Maschinenbaus in den Vorkriegsjahren einräumen.⁴³

Zwar profitierten nahezu sämtliche Unternehmen der Werkzeugmaschinenbranche vom konjunkturellen Aufschwung in der ersten Hälfte der 1930er Jahre durch die Binnennachfrage und zunehmend auch durch die wieder einsetzende Nachfrage aus dem Ausland. Die Rationalisierungsbestrebungen und Produktionsveränderungen waren unter dem Gesichtspunkt betriebswirtschaftlicher Effizienzsteigerung bis 1937/1938 kaum abgestimmt. In den einzelnen Unternehmen erfolgten sie zum Teil in Eigenregie und eine stringente Kooperation zwischen hochschulgestützter Forschung und deren Umsetzung in der Industrie und damit eine systematischere Aushandlung innovationsfördernder Mechanismen fanden noch nicht statt. Dieser Zeitraum kurz nach der Machtergreifung und dem Ende

der 1930er Jahre kann vor jenem Hintergrund durchaus als eine Orientierungs- und Anlaufphase im Finden von schlüssigen Modernisierungsstrategien charakterisiert werden. Man erkannte, dass die Anforderungen der Rüstungswirtschaft Einfluss auf das traditionelle Produktionssystem im Maschinenbau ausüben würden.⁴⁴ Neue Innovationen für die rüstungstechnische Fertigung benötigten Zeit für ihre Serienreife, ebenso rekrutierte sich das hierfür erforderliche Personal erst mit einer zeitlichen Verzögerung.⁴⁵ Eine wenig diskutierte Frage scheint ebenfalls einen Einfluss auf die zögerliche Etablierung stringenter Rationalisierungsstrategien gehabt zu haben – die Entscheidung, welcher Maschinentyp, Universalmaschinen oder Sondermaschinen, verstärkt zu favorisieren sei. Tooze verweist auf diesen Umstand und auf die unterschiedlichen Verwendungszusammenhänge der jeweiligen Maschinentypen bzw. die produktionsstrategischen Entscheidungen, die an ihren Einsatz gekoppelt sind.⁴⁶

Vor diesem Hintergrund stellte die Rüstungs- und Kriegswirtschaft Teile des deutschen Maschinenbaus nahezu vor eine strategische Richtungsentscheidung. Es galt, die richtige Mischung zwischen den technologischen Trends deutscher und amerikanischer Produktions- bzw. Rationalisierungsstrategien zu finden. Das Dilemma dabei bestand in der Diskrepanz zwischen den Anforderungen der Kriegsproduktion einerseits und der Innovationskultur des deutschen Maschinenbaus andererseits. Die Forderung nach höheren Produktionsausstößen drängte auf eine zunehmende Ausstattung der Fertigung mit Einwegmaschinen. Die Produktionskultur war hingegen auf einer hohen Flexibilität, damit in Verbindung auf einer starken Einbindung von Facharbeitern sowie der Ausstattung mit Universalmaschinen aufgebaut.⁴⁷ Dementsprechend war die Orientierungs- und Handlungsmatrix bei den Akteuren an Universitäten und in den Unternehmen ausgeprägt. Der Vorsprung auf Märkten wurde demnach besonders über Produktqualität gesucht, weniger über Kostenvorteile auf Volumenmärkten. In diesem Sinne war eine Bevorzugung von die Qualität steigernden Produktinnovationen gegenüber Kosten senkenden Prozessinnovationen typisch. Dies wiederum konnte zu Spannungen zwischen Konstruktion und Fertigung führen. Die chronischen Verzögerungen bei der Beschaffung von Werkzeugmaschinen für die Rüstungsindustrie sowie die Nutzung von erbeuteten Werkzeugmaschinen im Verlaufe des Westfeldzuges sind nicht zuletzt vor diesem Hintergrund zu sehen.⁴⁸

Rationalisierungsdruck und staatliche Forschungspolitik

Indem in der Zeit des Nationalsozialismus die *Rationalisierung der Fertigung* auf Grund der sich stetig verschärfenden Arbeitskräftelage schließlich immer stärker als *Zaubermittel* propagiert wurde, gerieten auch jene Aspekte wieder in den Blick, welche das deutsche Produktionsregime kennzeichneten und schematische Übertragungen amerikanischer Rationalisierungsstrategien verhinderten.⁴⁹

Zudem waren die Implikationen der Autarkiepolitik und, damit verbunden, werkstofftechnische Forschungen im Zusammenhang mit dem Ziel der Erschließung neuer Rohstoffgrundlagen ein zentrales Anliegen innerhalb der seit Mitte der 1930er Jahre offensiver geführten Rationalisierungsdebatte. Zusammen mit den für die Zeit des Nationalsozialismus reklamierten Erwartungen des Staates an die Effizienz der Wissenschaft legt diese Konstellation die Annahme nahe, dass nunmehr endgültig die fertigungsorientierte Forschung an Gewicht gewonnen habe und damit Pfadwechseltendenzen zum Durchbruch gekommen seien.⁵⁰ Breitere empirische Belege für diese Hypothese fehlen allerdings bislang, Untersuchungen mit stichhaltigen Aussagen zu in die Maschinenbaupraxis umgesetzten, wissenschaftsbasierten Rationalisierungsmaßnahmen im Nationalsozialismus ebenso.⁵¹

Zudem ergab eine Fallstudie zur TH Dresden, an der mit dem Schlesinger-Schüler Ewald Sachsenberg einer der bedeutendsten Betriebswissenschaftler der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wirkte, dass die fertigungsorientierte Forschung an den Hochschulen während der NS-Zeit einen eher marginalen Rang besaß und auch keine genuine Orientierung auf rüstungs- bzw. kriegswirtschaftliche Rationalisierungsschwerpunkte erhielt.⁵² Nach bisherigen Erkenntnissen sind weder die Technischen Hochschulen, welche wie die TH Dresden oder die TH Berlin meist über eigene Lehrstühle für Fabrikorganisation und Produktionstechnik verfügten, noch die Werkzeugmaschinenbranche, z. B. mit sächsischen und süddeutschen Firmen, als Kompetenzzentren und Motoren der Fertigungsforschung auszumachen.⁵³

Somit wirft die seit 1942 forcierte Rüstung die Frage auf, inwieweit Produktionssteigerungen auf forschungsbasierten Rationalisierungsmaßnahmen beruhten. Sollte doch die natur- und technikwissenschaftliche Forschung neben der Verbesserung der Wehrtechnologie auch auf eine Optimierung der Rüstungsproduktion abzielen. Zu diesem Zweck versuchte Speer 1942, den Reichsforschungsrat zu reorganisieren. Und immerhin leitete mit Werner Osenberg, Professor für Werkzeugmaschinen und Fabrikorganisation an der TH Hannover, seit Sommer 1943 ein einschlägiger Fachmann das neu geschaffene Planungsamt des Reichsforschungsrates.⁵⁴

Gerade im Bereich solcher Industriezweige wie Maschinenbau, Chemie und Elektrotechnik sollten im Zuge einer staatlich instruierten Forschungstätigkeit die Forschungen in Industrie und Hochschulen besser miteinander abgestimmt werden. Carl Krauchs Memorandum an Göring vom Sommer 1941 macht deutlich, wie die Forschungspolitik hinsichtlich der Technik- und Ingenieurwissenschaften stärker in das Blickfeld des damaligen Präsidenten des Reichsforschungsrates gerückt werden sollte, um damit Verbesserungen in der Unterstützung der entsprechenden Hochschulforschungen zu initiieren.⁵⁵ Krauch verweist hier auf den Umstand – und beklagt ihn zugleich –, wonach wissenschaftliche

Forschungen in der Industrie abgeschottet würden und selbige dort mit jener an den Hochschulen beziehungslos nebeneinander her liefen.⁵⁶ Dieses Vorgehen verdeutlicht den Versuch, zu Kriegsbeginn die Forschungspolitik des Dritten Reiches im Bereich der Natur- und Technikwissenschaften neu und effizienter zu gestalten.⁵⁷

Für die Maschinenwissenschaften und die Förderung ihrer Forschungen durch den Reichsforschungsrat ist hierbei die Frage aufschlussreich, ob das Anvisieren neuer Strategien der Produktionssteigerung qualitative Veränderungen der Fertigung durch wissenschaftsbasierte Rationalisierungsmaßnahmen in den Hintergrund drängte. Vergleichend kann die Entwicklung des amerikanischen Innovationssystems während des Zweiten Weltkrieges erwähnt werden. So lassen sich in Bezug auf Anstrengungen staatlicher Wissenschaftsförderung Ähnlichkeiten zwischen dem *Office of Scientific Research and Development* (OSRD) und der DFG bzw. dem RFR ausmachen.⁵⁸

Dass sich im Verlaufe zunehmender Übernahme von staatlichen Rüstungsaufträgen durch maschinenwissenschaftliche Institute der Hochschulen sogleich eine stringente und vor allem akzeptierte Praxis einer Staat-Industrie-Hochschul-Kooperation einspielte, scheint indes nicht gesichert zu sein. Unterschiedliche Vorstellungen über Forschungsstile, Schwerpunktsetzungen im Bereich der Konstruktion und ebenso grundsätzliche Unklarheiten, inwieweit Rationalisierungseffekte durch stärkere Forschungsintensität bei Fertigungsprozessen oder durch weitere Lösungsmodelle im Bereich der Maschinenkonstruktionen zu erreichen seien, bestimmten zunächst die Haltung staatlicher Fördereinrichtungen gegenüber dem Maschinenbau und den Maschinenwissenschaften.

Das galt zum Teil auch für die wissenschaftlichen Akteure: Solange Rationalisierungsprozesse nicht forschungsbasiert waren und eher den Charakter von organisatorischen Rationalisierungen hatten, blieben sie skeptischer. Maschinenwissenschaftliche Forschungsaufträge von Seiten der Wehrmacht, des Heereswaffenamtes, der Luftwaffe oder des Reichsforschungsrates wurden indes an allen Technischen Hochschulen in Auftrag genommen. Grundsätzliche Neuausrichtungen und Rationalisierungen im Beschaffungssystem und in der Fertigung wurden hingegen innerhalb des Rüstungsministeriums konzipiert.⁵⁹

Auffällig seit Beginn der 1940er Jahre sind Argumentationsmuster, die für eine zunehmende Verwissenschaftlichung innerhalb sämtlicher Produktionsprozesse plädieren, um Rationalisierungserfolge in der Fertigung zu erhöhen. Entsprechende Hinweise finden sich in Forderungen, wonach in Forschungen einschlägig arbeitender Maschinenwissenschaftler die Ersetzung bislang stark vorwissenschaftlicher Verfahren im Bereich der Konstruktion durch zunehmende wissenschaftliche Methoden abgelöst werden sollten.⁶⁰

Hiermit war ein klassisches Dilemma im Maschinenbau während der Rüstungs- und Kriegswirtschaft angesprochen. Für große Produktionsausstöße

sind reibungslos fließende Fertigungsprozesse und komplett ausgereifte Konstruktionsunterlagen Voraussetzung. Der Übergang von der Konstruktionsunterlage zum realen Produkt muss direkt und ohne Zwischensteuerungen erfolgen. Doch genau dies ist bei Unternehmen, die traditionell in Klein- und mittleren Serien gefertigt haben, selten der Fall.⁶¹ Der Produktionsprozess in solchen Unternehmen ist durch eine organische Produktionsweise charakterisiert: Konstrukteure wirken sehr eng mit den Akteuren in der unmittelbaren Produktion, d. h. mit Entwicklern, Facharbeitern und Arbeitern, zusammen.⁶² Die Teilhabe der theoretisch sehr gut ausgebildeten und mit reichem Erfahrungswissen ausgestatteten Facharbeiter am Prozess der Produktion und an der Produktinnovation ist hierbei durch eine Kooperation mit den Konstrukteuren sehr stark.⁶³ Hierin zeigen sich traditionelle Merkmale einer inkrementell orientierten Innovationskultur.

Zu deren hervortretenden Stärken zählt, dass Produktinnovationen, z. T. aber auch Verfahrensinnovationen, durch Ingenieure und Facharbeiter oft gemeinsam ausgehandelt werden. Auf diese Weise arrangieren sich ganz unterschiedliche Typen von Wissensformen in einer Synthese von Theorie und Praxis. Als typisch gilt dabei ein Fluss impliziten und visuellen Wissens von der Facharbeiterebene hin zu den Ingenieuren. Beide Akteursgruppen queren dabei den Raum zwischen den Polen einer passiv-abwartenden, auf Nachfrage orientierten und aktiv-suchenden, auf Angebot ausgerichteten Innovationsstrategie. Traditionell und in seiner Tendenz beharrlich bleibt dabei die Verhaftung an inkrementellen Innovationen. Basisinnovationen sind im Maschinenbau selten, denn für kleine und mittlere Unternehmen, die in Deutschland den Maschinenbau dominieren, würden entsprechende Investitionen ein viel zu hohes Innovationsrisiko bedeuten.

Vor diesem Hintergrund wird klar, dass maßgeschneiderte Lösungen eine herausragende Stärke der deutschen Maschinenbauunternehmen darstellten und darstellen. Sie sind technologieintensiv und im Kampf Preisführerschaft versus Technologieführerschaft durch fortlaufende inkrementelle Innovationen gut zu behaupten. Die Bindung der Kunden an die Hersteller ist ebenfalls sehr eng und traditionell; und als in der Ära Speer Pfadwechselversuche eingeleitet werden sollten, scheiterte das nicht zuletzt an den Werkzeugmaschinenanwendern in der Rüstungsindustrie, die an der Tradition der Universalmaschinen festhielten und diese mit inkrementellen Innovationen am besten auf die Erfordernisse der Rüstungsproduktion umzustellen gedachten.

Kooperation zwischen Ingenieuren und Facharbeitern

Ungeachtet der Forderung nach hohen Stückzahlen und stärkerer Automatisierung in der Fertigung im Zuge der Rüstungs- und später der Kriegswirtschaft zeigte sich eine traditionelle Ausrichtung der Fertigung auf Flexibilität und Einbindung der Facharbeiter. Letztere waren unverzichtbar, wenn es darum ging, die

Universalmaschinen mittels speziell entwickelter Vorrichtungen und Aufbausteuerungen auf unterschiedliche Fertigungsprozesse umzustellen. Hierfür wiederum war ein enges Zusammenwirken zwischen Konstrukteuren und Facharbeitern erforderlich und hatte sich dementsprechend etabliert.

Auf der Akteursebene kommt im deutschen Maschinenbau den Facharbeitern bzw. der Kooperation zwischen Facharbeitern und Ingenieuren eine besondere Stellung zu. An ihr wird deutlich, warum der deutsche Maschinenbau seinen Erfolg zu einem großen Teil der Synthese von Theorie und Praxis verdankt. Hierbei geht es um das Erfordernis, zwischen Produktmodellierung und stofflicher Produktrealisierung keinen Bruch entstehen zu lassen. Dies wird auf Seiten der Facharbeiter zu einem Teil durch deren in einer dualen Ausbildung erworbene theoretische Grundkenntnisse gewährleistet. Eine somit erfolgreiche Kommunikation zwischen den Facharbeitern und den Ingenieuren begünstigt dann die Kombination von Erfahrungswissen aus dem Produktionsgeschehen und theoretischem Wissen aus den technischen Büros. Damit fließen von beiden Seiten Problemlösungspotentiale in den Innovationsprozess ein.

Bedeutsam und für den Prozess der Technikgenese konstitutiv ist eine solche Kooperation deshalb, weil die Konstruktionsunterlagen aus den technischen Büros nicht 1:1 in der Produktion umgesetzt werden können. Dies gilt zumeist nur für Einweg-Sondermaschinen und bedarf für deren Herstellung kaum nachträglicher Modifikationen. Für die Spezialisierung auf technologieintensive Lösungen gibt es jedoch keinen vollständig definierten Plan und exakte Arbeitsanweisungen.

Für die Kooperation von Ingenieuren und Facharbeitern haben sich zudem flexible Organisationsstrukturen, aber auch durchlässige Karrieremuster als förderlich erwiesen; dies ist vor allem für die Bereitstellung inkrementeller Innovationslösungen bedeutsam, denn auf der Grundlage einer erfolgreichen Synthese von Theorie und Praxis basiert die Fähigkeit, maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln und anspruchsvolle Kundenwünsche zu erfüllen.

Dass sich der kriegsbedingte Mangel an Facharbeitern negativ auf die Produktion im Maschinebau auswirkte, wird hieran deutlich. Auch die verstärkten Anstrengungen in der Forschung zu seit Ende der 1930er Jahre entwickelten Fühlsteuermaschinen vermochten diesen Engpass nicht zu kompensieren.⁶⁴

Im Rückgang der verfügbaren Zahl der Facharbeiter wurde denn auch innerhalb des Speerministeriums die Hauptursache für die Einbußen in der Werkzeugmaschinenenerzeugung gesehen.⁶⁵

Tabelle 1: Arbeitskräfte in der Werkzeugmaschinenindustrie, 1940–1943⁶⁶

	1940	1943
Facharbeiter	48 563	32 125
ungelernte Arbeitskräfte	12 063	27 986

Im Zuge der Rüstungsproduktion kam es zu einer verstärkten Herstellung und Nutzung von Maschinentypen, die eine Mischform zwischen Universalmaschine und Einweg- oder Sondermaschine darstellten. Jene Maschinentypen stellen damit nicht zuletzt ein Resultat aus den Forderungen nach einer Erhöhung der Fertigungskapazitäten einerseits und Traditionen der deutschen Maschinenbaukultur andererseits dar.

In der maschinenwissenschaftlichen Forschung kam es in diesem Zusammenhang verstärkt zu Forschungsvorhaben und -programmen, die zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung angesiedelt waren und deren Produkte eine enge Kooperation von Ingenieuren und Facharbeitern erforderten und damit perpetuierten. Erst gegen Ende der 1930er Jahre tauchte verstärkt die Formulierung der *anwendungsorientierten Grundlagenforschung* auf. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass damit einerseits tatsächlich entsprechend konzipierte Forschungsprogramme charakterisiert wurden, dass derlei Begriffe jedoch auch Bestandteil einer Antragsrhetorik waren, um in Forschungsanträgen den Charakter der Kriegswichtigkeit zu unterstreichen.

Ferner haben sich im Bereich der Hochschulforschung Akteursnetzwerke herausgebildet, die in der frühen Bundesrepublik und nach einigen institutionellen Neuordnungen bis heute bestimmenden Einfluss in der maschinenwissenschaftlichen Forschung sowie in der Kooperation zwischen Industrie und Hochschulen ausüben, z. B. 1937 die Hochschulgruppe Betriebswissenschaften, später Hochschulgruppe Fertigungstechnik und Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik. In diesen Netzwerken wurde jedoch keineswegs ausschließlich auf die Entwicklung rüstungsnaher, sondern gleichermaßen auf die Perpetuierung traditioneller Themen der Maschinenbauforschung gedrungen. Letztere mussten an den Hochschulen zudem aus Gründen der Ausbildung am Leben gehalten werden.⁶⁷

Steigerung der Rüstungsfertigung durch staatliche Lenkung

Hitler und Speer richteten ihre Aufmerksamkeit auf die Endfertigung.⁶⁸ Um die Produktionsausstöße in der Rüstungsfertigung zu erhöhen, setzte Speer auf eine Strategie, die teilweise von traditionellen Erfolgsmustern des deutschen Maschinenbaus abwich.⁶⁹ Vor allem in der Maschinenproduktion und der Forschung versuchte er mit politischen Entscheidungen und Vorgaben lenkend einzugreifen.

Dafür musste ein System geschaffen werden, dessen institutionelle Konvergenz staatliche Steuerungsprozesse zuließ. Speer hat Grundlagenforschung unter den Umständen der Kriegswirtschaft als kontraproduktiv beurteilt, stattdessen die Bündelung aller Kräfte auf Steigerung der Produktionszahlen bei ausgereiften Produkten angestrebt. Das kam u. a. zum Ausdruck, als Speer sich zur Einrichtung einer Fachsparte Maschinenbau im Reichsforschungsrat äußerte und einschätzte, dass im Krieg lediglich praktische Entwicklungsarbeit – innerhalb seines Ministeriums – geleistet werde und maschinenwissenschaftliche Grundlagenforschung außerhalb seines Kompetenzbereiches deshalb nicht notwendig sei und nur unnötige Kapazitäten binden würde.⁷⁰

Die Notwendigkeit einer effizienteren Organisation und Rationalisierung in der Fertigung wurde spätestens seit Ende der 1930er Jahre neben der unmittelbaren Beurteilung der Rüstung aus der Erfahrung des Ersten Weltkrieges und dem Vergleich mit den USA geschlussfolgert. Die Erfahrungen aus dem Ersten Weltkrieg betrafen vor allem das Normungswesen, welches sich als ausschlaggebend für die Entwicklung und Beschaffung sämtlicher Kriegsgeräte erwiesen hatte.⁷¹

In der deutschen Maschinenproduktion bis 1945 war nicht nur während der Phase der Aufrüstung, sondern auch während der Kriegswirtschaft augenscheinlich, dass im Bereich der Erzeugnisfertigung Engpässe entstanden, wenn es um die Erhöhung der Produktionsausstöße ging. Eine Vereinheitlichung von Produktion und Fertigungsprozessen war daher ein zentrales Anliegen der Speerschen Rationalisierungsstrategien, um für die Rüstungsaufträge eine bessere Berechenbarkeit und Planbarkeit zu gewährleisten.⁷²

Insbesondere in der ersten Hälfte der 1940er Jahre ist in der Gestaltung der Fertigungsprozesse von Seiten des Speerministeriums die Tendenz zu beobachten, dass eine Einstellung noch unabgeschlossener Neuentwicklungen angestrebt wurde, d.h., dass die betreffenden Konstruktionsarbeiten ruhen sollten, um sämtliche Kapazitäten für die Produktion ausgereifter Maschinen aufbringen zu können. Das sollte eine Effizienzsteigerung des gesamten Fertigungsablaufes gewährleisten. Die bereits verfügbaren Maschinenkonstruktionen wurden als ausreichend betrachtet, um die Anforderungen vor allem der Rüstungsproduktion zu erfüllen.

Die Konzentration auf bestimmte Schwerpunktgebiete schien im Bereich der Maschinenproduktion noch mehr Erwartungen hervorgerufen zu haben als im Bereich der Forschung. Diese These wird vor allem durch das Herstellungsverbot bestimmter nicht kriegswichtiger Maschinen belegt.⁷³ Das Herstellungsverbot stellte als staatliche Lenkungsmaßnahme einen intervenierenden Ordnungsanspruch innerhalb des Innovationssystems in der NS-Zeit dar. In einer Anordnung des Bevollmächtigten für Maschinenproduktion vom 22. Mai 1942 wurden die wichtigsten Kriterien für entsprechende Herstellungseinschränkungen sowie

Herstellungsverbote vorgegeben und vermitteln einen Eindruck, wie umfänglich in die Maschinenproduktion eingegriffen wurde.⁷⁴

So sollte für die Dauer des Krieges eine sehr große Bandbreite von Maschinen aus folgenden Maschinengruppen weder angeboten noch hergestellt werden: Textilmaschinen, Maschinen für die Lederherstellung und Gerberei, Wäschereimaschinen, Baumaschinen und Bagger, Baustoffmaschinen, Aufzüge und Fahrtreppen, fahrbare Turmdrehkrane, Maschinen für die Feinkeramik- und Glasindustrie, Maschinen und Anlagen für die Pappe- und Papierherstellung, Druckereimaschinen und Büromaschinen, Farbenmaschinen, Seifen- und Kerzenmaschinen.⁷⁵

Entsprechende Anordnungen und Verordnungen finden sich innerhalb des Speerschen Rationalisierungssystems und sind aus der Perspektive ihrer Urheber als einzelne Bestandteile in einem Gesamtsystem staatlicher Lenkungs politik aufzufassen. Sie stellten im Einzelfall zwar einen staatlichen Zugriff auf die Produktionswelt im Werkzeugmaschinenbau dar, bildeten aus der Sicht der politischen Akteure jedoch primär technik- und wirtschaftspolitische Akte, die der Umsetzung von Schwerpunkten einer staatlich intendierten Rationalisierungspolitik dienten. Die Notwendigkeit solcher Eingriffe wurde als volkswirtschaftlich-strategisches Erfordernis begründet. Hauptziele dabei waren die Konzentration von Fertigungsprozessen auf kriegswichtige Maschinentypen sowie eine generelle Effizienzsteigerung in den Fertigungsprozessen der Werkzeugmaschinenfabriken. Zudem waren solche Maßnahmen auf den Binnenmarkt gerichtet und stellten zwar eine Modifikation der Maschinenproduktion dar, aber noch keinen signifikanten Eingriff in die Innovationskultur. Der Charakter einer politischen Lenkungsmaßnahme war hingegen offenkundig und wurde deutlich unterstrichen und plausibilisiert. Hinweise in einschlägigen Anordnungen, dass sie im Einvernehmen mit dem Reichswirtschaftsminister und dem Reichsminister für Bewaffnung und Munition erfolgten, stellten deren politische Bedingungslosigkeit außer Zweifel und legitimierten eine im Rüstungserfolg liegende Alternativlosigkeit. Zudem hatte Speer mit Karl Lange einen Verfechter von staatlich gelenkten Rationalisierungsbemühungen in das Amt des Bevollmächtigten für Maschinenproduktion eingesetzt. Karl Lange hatte bereits Ende der 1920er Jahre für einen strikten Rationalisierungskurs im Maschinenbau, besonders im Werkzeugmaschinenbau, plädiert.⁷⁶ Seit Beginn der 1940er Jahre vertrat er verstärkt die Anbindung von Rationalisierungsstrategien unter den Bedingungen der Rüstungs- und Kriegswirtschaft an umfangreiche staatliche Lenkungsmechanismen.

In der Folge übernahmen jetzt nahezu alle namhaften Maschinenwissenschaftler Forschungs- und Entwicklungsaufträge vom Heereswaffenamt oder direkt von Wehrmachtsstellen, die in der Regel durch das Ministerium Speer vermittelt wurden.⁷⁷ Themen und Forschungsziele orientierten sich dabei überwiegend an kriegswirtschaftlichen Erfordernissen.⁷⁸ Unter den geförderten Projekten domi-

nierten Forschungen zur Lösung von in Verbindung mit der Massenproduktion aufgetretenen Problemen oder aber Entwicklungsarbeiten zur Unterstützung inkrementeller Innovationen.

Gleichwohl offenbaren aufs Ganze gesehen sowohl maschinenwissenschaftliche Forschungsansätze als auch unternehmerische Strategien zur Steigerung des Produktionsoutputs das Verharren in klassischen Pfadbindungen. Zwar zogen seit Ende der 1930er Jahre zunehmend Termini aus dem Bereich der Fertigung in Rhetoriken von Wissenschaftlern, Unternehmen und staatlichen Akteuren der Forschungsorganisation und -förderung ein, doch ging dies keineswegs einher mit signifikanten Schwerpunktverschiebungen in der Praxis der Forschung. Ein Wechsel zur fertigungsorientierten Forschung blieb weitgehend auf der Diskursebene stecken. Im Kontext der Forschungspraxis wurde dagegen argumentiert, dass die stärkere Beachtung von Erfordernissen der Großserien- und Massenfabrikation in der maschinenwissenschaftlichen Forschung ebenfalls primär im Bereich der Konstruktion ansetzen müsse und nur dort eine Erfolg versprechende Anpassung an veränderte Produktionsbedürfnisse erfolgen könne.⁷⁹

Neben Rationalisierungserfolgen zeigten sich z. T. ambivalente Auswirkungen staatlicher Lenkungsmaßnahmen im Zuge der Rationalisierungsabsichten. Beispiele aus Akteursperspektive bei Siemens im Zeitraum Sommer 1944 bis Januar 1945 machen vor allem die Zielkonflikte zwischen staatlicher und militärischer Produktionsplanung deutlich.⁸⁰ Solche zeigten sich vor allem, indem die Forderungen des Militärischen primär gegenüber den Rationalitäten der Industrie waren, das galt für Abhängigkeiten von strategischen Lagen, für Eingriffe des Militärs und staatlicher Behörden in laufende Produktionen und nicht zuletzt war chronisch zu wenig Zeit zwischen Neuentwicklungen und Herstellung neuer Produkte zur Verfügung.⁸¹

Zusammenfassung

Wesentliche qualitative Fortschritte in der Fertigung sind während der Ära Speer ausgeblieben, vielmehr wiederholten sich im Zweiten Weltkrieg die bereits im Ersten Weltkrieg konstatierten Fertigungsprobleme bei technisch anspruchsvollen Rüstungsgütern.⁸² Die Produktionssteigerungen der Ära Speer sind stattdessen wesentlich auf die Mobilisierung der Selbstverwaltungsorgane der Industrie, auf eine engere Koordinierung im Beschaffungswesen sowie zu einem beachtlichen Teil auf den Einsatz von Zwangs- und Häftlingsarbeit zurückzuführen.⁸³ Daneben vermochte die in einigen industriellen Ballungszentren seit 1943 verfolgte Praxis der *Umsetzung* von Belegschaften stillgelegter Unternehmen der Verbrauchsgüterindustrie in Rüstungsbetriebe, für die Speer einen *Generalbeauftragten für Betriebsumsetzungen* ernannt hatte, hier und da gravierende Arbeitskräfteprobleme abzuschwächen.⁸⁴

Zu einem erheblichen Teil basierten die Produktionssteigerungen im Maschinenbau des Weiteren auf Rationalisierungsanstrengungen, die keine langfristigen Auswirkungen auf die Produktionskultur ausübten. Paradigmenwechsel innerhalb der maschinenwissenschaftlichen Forschung erfolgten durch die Rüstungs- und Kriegswirtschaft nicht.

Speziell bei der Umstellung auf Rüstungsproduktion zu Beginn des Krieges zeigten sich Fertigungsprobleme als ein Ergebnis von Pfadwechselversuchen innerhalb einer etablierten Innovationskultur, in diesem Fall in Form eines politisch intervenierenden Eingriffs. Der Ansatz, Innovationen in der Fertigung bereits im konstruktiven Bereich der Werkzeugmaschinen anzusetzen, gehörte zu den traditionellen Stärken des deutschen Maschinenbaus und blieb auch innerhalb der Rationalisierungsbemühungen wirkungsmächtig.

Die deutschen Industriebetriebe waren zu diesem Zeitpunkt zwar überwiegend mit hochwertigen Werkzeugmaschinen ausgestattet, es gab jedoch nur sehr wenige Betriebe, die für die Massenherstellung von Kriegstechnik mit dem erforderlichen Maschinenbestand ausgestattet waren. Mit der zunehmenden Konzentration der Rüstungsproduktion auf Großserien- und Massenfertigung wurde die Nachfrage nach Sondermaschinen so groß, dass sie nicht im gleichen Tempo befriedigt werden konnte, wie das Anlaufen der Rüstungsprogramme es verlangt hätte.⁸⁵ Die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie konnte ihrerseits diesen Bedarf in kurzer Zeit nicht ohne weiters decken, den die Wehrmachtsteile und die Rüstungsfabriken anmeldeten. Erschwerend kam hinzu, dass die Bestellungen von ständigen Abänderungen geprägt waren, welche durch permanent auftretende Wechsel innerhalb der Rüstungsprogramme zustande kamen.

In der Produktionswelt des deutschen Werkzeugmaschinenbaus stießen damit zwei völlig unterschiedliche Muster zusammen. An eine auf die Herstellung technisch komplexer Universalmaschinen ausgerichtete und spezialisierte Innovationskultur wurde plötzlich die Forderung herangetragen, innerhalb kürzester Zeit auf Typenreduzierung und Massenproduktion umzustellen.

Wenn man der Frage nachgeht, ob vom Rüstungsboom nach 1933 und von der anschließenden Aufrüstung Impulse für die Modernisierung der deutschen Maschinenbauindustrie ausgingen, ergeben sich nach bisherigem Kenntnisstand zwei zentrale Befunde: Einerseits ist im Maschinenbau eine Kollision traditioneller Innovationsmuster mit den Rationalisierungsstrategien der Rüstungspolitik sowie den sich daraus ergebenden Pfadkreationen zu erkennen, andererseits zeichnen sich in den 1940er Jahren Innovationsstrategien ab, die in den beiden Nachkriegsjahrzehnten Einfluss auf die maschinenwissenschaftliche Forschung an Technischen Hochschulen und Universitäten nehmen sollten. Das betraf wahrscheinlich auch Teile der Kooperation zwischen Industrie und Hochschulen. Die beiden Befunde zeigen, wie politisch intendierte Pfadwechselversuche zu Störungen der traditionellen Innovationsmuster führten. Sie konnten jedoch al-

lein keine radikalen Änderungen oder gänzlich neue Verläufe hervorbringen, stattdessen riefen sie Arrangements in verschiedenen Akteursnetzwerken hervor, die innerhalb des Innovationssystems den Charakter einer Selbstorganisation hatten, und erst hieraus ergaben sich Voraussetzungen für neue und tragfähige Innovationsmuster.

In der Kriegswirtschaft dominierte die Massenproduktion erprobter Produkte, sie hatte Vorrang vor Neuentwicklungen. Doch auch die Freiräume im Bereich der maschinenwissenschaftlichen Forschung waren stark eingeschränkt.⁸⁶

Anmerkungen

- 1 König, W.: Künstler und Strichezieher. Konstruktions- und Technikkulturen im deutschen, britischen, amerikanischen und französischen Maschinenbau zwischen 1850 und 1930, Frankfurt a. M. 1999.
- 2 Zusammenfassend siehe Buchheim, G.; Sonnemann, R. (Hrsg.): Geschichte der Technikwissenschaften, Leipzig/ Basel 1990, S. 253ff. und S. 264ff. und König: Künstler und Strichezieher, S. 96ff.
- 3 König, W.: Technikkulturen im internationalen Vergleich. Beispiele aus dem Maschinenbau um 1900 und dem Automobilbau um 2000. In: WechselWirkung 25 (2003) Nr. 1, S. 39–44; Brown, J. K.: Design Plans, Working Drawings, National Styles: Engineering Practice in Great Britain and the United States, 1775–1945. In: Technology and Culture 41 (2000), S. 195–238.
- 4 Fertigung ist ein Teil des Produktionsprozesses und umfasst im Maschinenbau in der Regel die Veränderung und Herstellung von Werkstücken mittels unterschiedlicher Fertigungsverfahren. Dies geschieht durch Werkzeuge und Arbeitsmaschinen, wobei Werkzeugmaschinen eine zentrale Stellung besitzen. Kennzeichnende Merkmale von Fertigungsverfahren sind die Eigenschaftsänderung und Eigenschaftsbherrschaft von Formen und Stoffen. Hauptgruppen der Fertigungsverfahren sind Urformen, Umformen, Fügen, Trennen, Stoffeigenschaftsändern, Beschichten.
- 5 Manske, F.: Stärken und Schwächen des „deutschen Technikstils“ – Überlegungen zu einem international vergleichenden Forschungsprogramm. In: Rose, H. (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement. Neue Erkenntnisse der Sozialforschung über Technikbedarf und Technikentwicklung, Frankfurt a. M./ New York 1995, S. 103–121, hier S. 115ff.
- 6 König: Technikkulturen im internationalen Vergleich, S. 41.
- 7 Ebd.
- 8 Hänseroth, Th.: Die Konstruktion verwissenschaftlichter Praxis: Zum Aufstieg eines Paradigmas in den Technikwissenschaften des 19. Jahrhunderts. In: Ders. (Hrsg.): Wissenschaft und Technik. Studien zur Geschichte der TU Dresden, Köln u. a. 2003, S. 15–36.
- 9 Buchheim/ Sonnemann: Geschichte der Technikwissenschaften, S. 228ff.; Hänseroth, Th.; Mauersberger, K.: Technikwissenschaften zwischen theoretischer Erkenntnis und Ingenieurität. In: NTM, N. S. 6 (1998), S. 217–237.
- 10 Braun, H.-J.: Krieg der Ingenieure? Technik und Luftkrieg 1914 bis 1945. In: Thoß, B.; Volkmann, H.-E. (Hrsg.): Erster Weltkrieg Zweiter Weltkrieg. Ein Vergleich. Krieg, Kriegserlebnis, Kriegserfahrung in Deutschland, Paderborn u. a. 2002, S. 193–310, hier S. 196f.

-
- 11 Freyberg, Th. von: Industrielle Rationalisierung in der Weimarer Republik. Untersucht an Beispielen aus dem Maschinenbau und der Elektroindustrie, Frankfurt a. M./ New York 1989, S. 58ff.
 - 12 Freyberg: Industrielle Rationalisierung in der Weimarer Republik, S. 19f.; Radkau, J.: Technik in Deutschland, S. 27; Dienel, H.-L.: „Hier sauber und gründlich, dort husch-husch, fertig.“ Deutsche Vorbehalte gegen amerikanische Produktionsmethoden 1870–1930. In: Blätter für Technikgeschichte 55 (1993), Wien 1994, S. 11–39.
 - 13 Siegel, T.; Freyberg, Th. von: Industrielle Rationalisierung unter dem Nationalsozialismus. Frankfurt a. M./ New York 1991, S. 164ff. und S. 319ff.; Haak, R.: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus in der Zeit von 1930 bis 1960. Berlin 1997, S. 51ff.
 - 14 Buchheim/ Sonnemann: Geschichte der Technikwissenschaften, S. 340f. und S. 351ff.; Spur, G.; Fischer, W. (Hrsg.): Georg Schlesinger und die Wissenschaft vom Fabrikbetrieb, München 2000, S. 240ff.; Wupper-Tewes, H.: Rationalisierung als Normalisierung. Betriebswissenschaft und betriebliche Leistungspolitik in der Weimarer Republik, Münster 1995; Niemetz, H.-U.; Paulsen, H.: Konstruktionspraxis im deutschen Maschinenbau von 1917 bis 1945. In: Landesmuseum für Technik und Arbeit Mannheim, LTA-Forschung 9 (1992), S. 3–33, hier S. 4.
 - 15 Haak: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus, S. 16.
 - 16 Ebd., S. 17.
 - 17 Beispiele für solche Initiativen liefern der Dresdner Maschinenwissenschaftler Adolf Nägel und der Berliner Maschinenwissenschaftler und Technikhistoriker Conrad Matschoß, die als Mitglieder des Fachausschusses für Maschinenbau sowohl in einem Entscheidungsgremium der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft als auch in zahlreichen weiteren, u. a. vom VDI und der Industrie getragenen Institutionen wirkten. Siehe dazu Matschoß, C.: Ingenieurerziehung. Problemstellung und Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie in Amerika. In: VDI-Zeitschrift 65 (1921), S. 896–897; Ders.: Die Entwicklung der technischen Forschungen. Beitrag in der Sitzung des wissenschaftlichen Beirates des VDI am 15. März 1928. In: VDI-Zeitschrift 72 (1928), S. 719; Nägel, A.: Zur Reform der Technischen Hochschulen. Das künftige Studium des Maschinen- und Elektrogenieurs. In: VDI-Zeitschrift 64 (1920), S. 757–759; Ders.: Die Aufgabe der akademischen Jugend für Deutschlands Wiedergeburt. In: VDI-Zeitschrift 67 (1923), S. 333–335; Ders.: Technik, Erfindung, Forschung und Technische Hochschule. In: VDI-Zeitschrift 72 (1928), S. 429–431; Ders.: Technisch-wissenschaftliche Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika. In: VDI-Zeitschrift 69 (1925), S. 613–618.
 - 18 Stahlschmidt, R.: Der Ausbau der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit 1918 bis 1933. Der VDI als Träger der Gemeinschaftsarbeit: Voraussetzungen. In: Ludwig, K.-H.; König, W. (Hrsg.): Technik, Ingenieure und Gesellschaft. Geschichte des Vereins Deutscher Ingenieure 1856–1981, Düsseldorf 1981, S. 347–405, hier S. 365.
 - 19 Stellvertretend dafür: Matschoß: Ingenieurerziehung, S. 897; Ders.: Die Entwicklung, S. 719; Nägel: Zur Reform; Ders.: Die Aufgabe; Ders.: Technik, Erfindung.
 - 20 Lippart, G.: Über wissenschaftliche Arbeit und Forschung in der Maschinenindustrie, in: VDI-Zeitschrift 68 (1924), S. 89–93; Matschoß, C.: Die geistigen Mittel des technischen Fortschritts in den Vereinigten Staaten von Amerika. In: VDI-Zeitschrift 57 (1913), S. 1529–1536; Nägel: Technisch-wissenschaftliche Forschung; Ders.: Zur Reform; Schilling, A.: Zur Ausbildung der Studierenden des Maschinenbauwesens auf den Technischen Hochschulen. In: VDI-Zeitschrift 64 (1920), S. 154–157.
 - 21 Matschoß: Ingenieurerziehung, S. 897.

-
- 22 Beispiele für die Entwicklung derartiger Akteursnetzwerke liefern der Dresdner Maschinenwissenschaftler Adolf Nägel und der Berliner Maschinenwissenschaftler und Technikhistoriker Conrad Matschoß.
 - 23 Schreiben des Stifterverbandes an die Notgemeinschaft, 1. Februar 1929, Bundesarchiv (BA) Koblenz, R73, Nr. 190, Bl. 48.
 - 24 Pohl, H.: Zur Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft im „Dritten Reich“. Die „Fördergemeinschaft der Deutschen Industrie“. In: VSWG 72 (1985), Nr. 4, S. 508–536, hier S. 509.
 - 25 Schreiben Adolph Nägel an Friedrich Schmidt-Ott vom 27. Mai 1929, BA Koblenz, Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft/Deutsche Forschungsgemeinschaft, R 73, Nr. 195, Bl. 107f.
 - 26 BA Koblenz, Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft/Deutsche Forschungsgemeinschaft, R 73, Nr. 1: Nägel an Schmidt-Ott vom 27. Mai 1929, Bl. 107.
 - 27 Schreiben des Stifterverbandes an die Notgemeinschaft vom 1. Februar 1929, BA Koblenz, R73, Nr. 190, Bl. 48.
 - 28 Mai, G.: Politische Krise und Rationalisierungsdiskurs in den zwanziger Jahren. In: Technikgeschichte 62 (1995), S. 317–332.
 - 29 Haas, M.: Spanende Metallverarbeitung in Deutschland während der Zwischenkriegszeit (1918–1939), Hamburg 1997, S. 110.
 - 30 Tooze, J. A.: Punktuelle Modernisierung. Die Akkumulation von Werkzeugmaschinen im Dritten Reich. In: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte (2003), S. 79–98, hier S. 84.
 - 31 Haas: Metallverarbeitung, S. 197–257.
 - 32 Vgl. u. a. Stollberg, G.: Die Rationalisierungsdebatte 1908–1933. Freie Gewerkschaften zwischen Mitwirkung und Gegenwehr Frankfurt a. M./ New York 1981, S. 55–65.
 - 33 Schlesinger, G.: Die Zukunft des deutschen Werkzeugmaschinenbaus. In: VDI-Zeitschrift 78 (1930), S. 1629–1637, hier S. 1631.
 - 34 Kienzle, O.: Fließarbeit. Eine neue Form der Betriebstechnik. In: VDI-Zeitschrift 71 (1927), S. 309.
 - 35 Haas: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus, S. 18; Haas: Metallverarbeitung.
 - 36 Ludwig K.-H.: Politische Lösungen für technische Innovationen 1933–1945. Eine anti-technische Mobilisierung, Ausformung und Instrumentalisierung der Technik. In: Technikgeschichte 62 (1995), Nr. 4, S. 333–344.
 - 37 Haas: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus, S. 22ff.
 - 38 Siegel/ Freyberg: Industrielle Rationalisierung, S. 152ff.
 - 39 Ebd., S. 153.
 - 40 Klein, M.: Wehrmacht und Normung. In: VDI-Zeitschrift 86 (1942), S. 129.
 - 41 Olk, F.: Kriegsaufgaben der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie. Zur Anordnung über die Meldepflicht von Werkzeugmaschinen. In: VDI-Zeitschrift 85 (1941), S. 539–542, hier S. 540.
 - 42 Ebd., S. 539–542.
 - 43 Blach, F.: Wirtschaft und Rüstung im Dritten Reich, Düsseldorf 1987, S. 47f.
 - 44 Siegel/ Freyberg: Industrielle Rationalisierung, S. 163.
 - 45 Ludwig K.-H.: Politische Lösungen für technische Innovationen 1933–1945. Eine anti-technische Mobilisierung, Ausformung und Instrumentalisierung der Technik. In: Technikgeschichte 62 (1995), Nr. 4, S. 333–344, hier S. 340f.
 - 46 Tooze: Punktuelle Modernisierung, S. 84.
 - 47 Ebd., S. 80.

-
- 48 Kohl, P.; Bessel, P.: Auto Union und Junkers. Die Geschichte der Mitteldeutschen Motorenwerke GmbH Taucha 1935–1948, Stuttgart 2003, S. 112f.
- 49 Ludwig, K.-H.: Technik und Ingenieure im Dritten Reich, Düsseldorf 1979, S. 273.
- 50 Siegel/ Freyberg: Industrielle Rationalisierung.
- 51 Ausnahmen bilden Braun, H.-J.: Automobilfertigung in Deutschland von den Anfängen bis zu den vierziger Jahren. In: Niemann, H.; Hermann, A. (Hrsg.): Die Entwicklung der Motorisierung im Deutschen Reich und den Nachfolgestaaten, Stuttgart 1995, S. 58–68; Ders.: Fertigungsprozesse im Deutschen Flugzeugbau 1926–1945. In: Technikgeschichte 57 (1990), S. 111–135; Ders.: Krieg der Ingenieure; Hachtmann, R.: „Die Begründer der amerikanischen Technik sind fast lauter schwäbisch-alemannische Menschen“: Nazi-Deutschland, der Blick auf die USA und die „Amerikanisierung“ der industriellen Produktionsstrukturen im „Dritten Reich“. In: Lüdtkke, A.; Marßolek, I.; Saldern, A. von (Hrsg.): Amerikanisierung. Traum und Alptraum im Deutschland des 20. Jahrhunderts, Stuttgart 1996, S. 37–66.
- 52 Stöhr, V.: „Deutsche“ Wege der Rationalisierung im Nationalsozialismus – dargestellt am Beispiel der sächsischen Maschinenbauindustrie. In: Hänseroth, Th.; Krautz, C.: (Hrsg.): Geschichte des sächsischen Werkzeugmaschinenbaus im Industriezeitalter, Dresden 2000, S. 114–125; Ders.: Zwischen Anpassung und Selbstmobilisierung: Die Mechanische Abteilung in der Zeit des Nationalsozialismus. In: Hänseroth, Th. (Hrsg.): Wissenschaft und Technik. Studien zur Geschichte der TU Dresden, Köln u. a. 2003, S. 155–169.
- 53 Siehe dazu Stöhr: Zwischen Anpassung und Selbstmobilisierung. Zum Themenkreis Lizenzen siehe Ders.: „Deutsche“ Wege der Rationalisierung. Zur Rolle akademischer Einrichtungen siehe Richter, S.: Die Herausbildung und Konsolidierung des Lehr- und Forschungsgebietes Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Dresden bis 1945. In: Hänseroth, Th.; Krautz, C.: (Hrsg.): Geschichte des sächsischen Werkzeugmaschinenbaus im Industriezeitalter, Dresden 2000, S. 85–113; Haak: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus, S. 41ff., 78ff.; Heller, D.: Zwischen Unternehmertum, Politik und Überleben: Emil G. Bührle und die Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bührle & Co. 1924 bis 1945, Frauenfeld/ Stuttgart/ Wien 2002.
- 54 Federspiel, R.: Mobilisierung der Rüstungsforschung? Werner Osenberg und das Planungsamt des Reichsforschungsrates 1943–1945. In: Maier, H. (Hrsg.): Rüstungsforschung im Nationalsozialismus. Organisation, Mobilisierung und Entgrenzung der Technikwissenschaften, Göttingen 2002, S. 73–105, hier S. 73ff.; Spur, G.; Federspiel, R.: Produktionstechnische Forschung in Deutschland von 1933–1945, München 2003.
- 55 Hammerstein, N.: Die Deutsche Forschungsgemeinschaft in der Weimarer Republik und im dritten Reich. Wissenschaftspolitik in Republik und Diktatur 1920–1945, München 1999, S. 366ff.
- 56 Ebd., S. 367.
- 57 Maier: Rüstungsforschung im Nationalsozialismus.
- 58 Lieske, J.: Forschung als Geschäft. Die Entwicklung von Auftragsforschung in den USA und Deutschland. Frankfurt a. M./ New York 2000, S. 139ff.; Zachary, G. P.: Endless Frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century, Cambridge (Mass.) 1999.
- 59 Ludwig: Technik und Ingenieure im Dritten Reich, S. 403f.
- 60 Schreiben des RWA an das Planungsamt des Reichsforschungsrates vom 20. Oktober 1944, BA Berlin, R 26 III, Nr. 43.
- 61 Kalkowski, P.; Mickler, O.; Manske, F.: Technologiestandort Deutschland. Produktinnovation im Maschinenbau: traditionelle Stärken – neue Herausforderungen, Berlin 1995, S. 19f.
- 62 Kalkowski/ Mickler/ Manske: Technologiestandort Deutschland, S. 20.

-
- 63 Ebd.
- 64 Spur: Vom Wandel, S. 456ff., hier insbesondere S. 457. Fühlsteuerungen können unter bestimmten Umständen zunehmend Arbeitsaufgaben von Facharbeitern übernehmen, da sie eine Weiterentwicklung selbsttätiger Maschinen darstellten.
- 65 Monatsbericht des Sonderausschusses Werkzeugmaschinen für die Monate Juli, August, September und Oktober 1944, BA Berlin, R 3, Nr. 491, Bl. 3.
- 66 Monatsbericht des Sonderausschusses Werkzeugmaschinen für Oktober 1943. BA Berlin, R3, Nr. 491, Bl. 27.
- 67 Wallichs, A.: Zusammenarbeit der Hochschul-Forschungsanstalten für Fertigungstechnik. In: VDI-Zeitschrift 81 (1937), S. 962.
- 68 Janssen, G.: Das Ministerium Speer. Deutschlands Rüstung im Krieg, Frankfurt a. M./ Berlin 1968, S. 288f.
- 69 Ludwig: Technik und Ingenieure im Dritten Reich, S. 403ff.
- 70 Schriftwechsel über die Einrichtung einer Fachsparte Maschinenbau. Schreiben Rudolf Mentzel an Friedrich Görnnert vom 30. Juli 1943. BA Berlin, Reichsforschungsrat R 26 III Nr. 437a.
- 71 Klein: Wehrmacht und Normung, S. 129; Ludwig: Technik und Ingenieure im Dritten Reich, S. 32f.
- 72 Mommsen, H.: Der Mythos von der Modernität. Zur Entwicklung der Rüstungsindustrie im Dritten Reich, Essen 1999, S. 26.
- 73 Schreiben des Bevollmächtigten für Maschinenproduktion vom 11. März. 1943, BA Berlin, R3, Nr. 161, Bl. 1.
- 74 Anordnung des Bevollmächtigten für Maschinenproduktion vom 22. Mai 1942, BA Berlin, R3, Nr. 134.
- 75 Ebd., I §1.
- 76 Lange, K.: Rationalisierung des Maschinenbaus. In: Industrie- und Handelskammer (Hrsg.): Bedeutung der Rationalisierung für das deutsche Wirtschaftsleben, Berlin 1928.
- 77 Schreiben des RWA an das Planungsamt des Reichsforschungsrates vom 20. Oktober 1944, BA Berlin, R 26 III, Nr. 43.
- 78 Vgl. ein Fallbeispiel für die TH Braunschweig: Maier, H.: Vor den Karren der Kriegsforschung gespannt, in: Informationsdienst Wissenschaft und Frieden 9 (1991), S. 34–39.
- 79 Monatsbericht des Sonderausschusses Werkzeugmaschinen für Mai 1944 vom 9. Juni 1944. BA Berlin, R3, Nr. 491.
- 80 Siegel/ Freyberg: Industrielle Rationalisierung, S. 287.
- 81 Ebd., S. 287ff.
- 82 Braun: Krieg der Ingenieure, S. 194ff.
- 83 Haak: Die Entwicklung des deutschen Werkzeugmaschinenbaus, S. 31; Ambrosius, G.: Von Kriegswirtschaft zu Kriegswirtschaft (1914–1945). In: North, M. (Hrsg.): Deutsche Wirtschaftsgeschichte, München 2000, S. 282–350, hier S. 343ff.; Herbert, U.: Fremdarbeiter. Politik und Praxis des „Ausländer-Einsatzes“ in der Kriegswirtschaft des Dritten Reiches, 2. Aufl., Berlin u. a. 1986; Ders.: Geschichte der Ausländerbeschäftigung in Deutschland 1880 bis 1980. Saisonarbeiter, Zwangsarbeiter, Gastarbeiter, Berlin 1986; Ders.: Nationalsozialistische Vernichtungspolitik 1939–1945. Neue Forschungen und Kontroversen, Frankfurt a. M. 1999.
- 84 Das gilt zum Beispiel für die Industrieregion Chemnitz, in der Belegschaften von Textilunternehmen, nicht ohne Protest regionaler Parteiinstanzen, in Rüstungsbetriebe „umgesetzt“ wurden. Hier hatten sich nicht zuletzt auch als Folge von Verlagerungen westdeutscher Maschinenbaubetriebe mit „kriegswichtiger“ Produktion in das vermeintlich vor Luftangriffen sichere Sachsen Arbeitskräfteprobleme zugespitzt. Vgl. Schneider, M. C.: Die

-
- Wirtschaftsentwicklung von der Wirtschaftskrise bis zum Kriegsende. In: Vollnhals, C. (Hrsg.): Sachsen in der NS-Zeit, Leipzig 2002, S. 72–84, hier S. 82f.
- 85 Monatsbericht des Sonderausschusses Werkzeugmaschinen für Mai 1944, 9. Juni 1944. BA Berlin, R3, Nr. 491, Bl. 15.
- 86 Vgl. dazu auch Mommsen: Der Mythos, S. 41.

Anschrift des Verfassers

Dr. Mirko Buschmann
Technische Universität Dresden
Institut für Geschichte
Lehrstuhl für Technikgeschichte
D-01062 Dresden