

Innovationsstrategien des deutschen Maschinenbaus - Traditionelle Stärken, neue Herausforderungen, Ansätze zur Bewältigung

Peter Kalkowski

Bei diesem Text handelt es sich um eine Expertise, die im Auftrag der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg angefertigt wurde. Der Autor dankt der Akademie für die Erlaubnis zur Veröffentlichung sowie Otfried Mickler und Volker Wittke für konstruktive Hinweise zur Textüberarbeitung.

Vorbemerkung

Der folgende Text besteht aus drei Abschnitten. Im ersten (I) werden die traditionellen Stärken des deutschen Maschinenbaus und deren Rahmenbedingungen skizziert. Im zweiten Abschnitt (II) wird dargestellt, wodurch und wie überkommene Innovationsstrategien und die traditionelle Organisation der Produktinnovation im Maschinenbau unter Veränderungsdruck geraten. Schließlich wird (III) auf die betrieblichen Ansätze zur Bewältigung der neuen Anforderungen eingegangen sowie auf soziale Voraussetzungen, an die der Erfolg dieser Maßnahmen gebunden ist. Empirische Grundlage der folgenden Ausführungen ist in erster Linie eine SOFI-Untersuchung zum Thema Produktinnovation im Maschinenbau (Kalkowski/Mickler/Manske 1995).

I. Traditionelle Stärken

Die Strategien der Produktinnovation bewegen sich im Maschinenbau zwischen den Polen passiv-abwartend (nachfrageorientiert) und aktiv-suchend (angebotsorientiert), sind traditionell aufgrund der Stellung des Maschinenbaus im Industriesystem aber weitgehend pfadabhängig, inkrementell.

Der Erfolg des deutschen Maschinenbaus verdankt sich traditionell der engen Verbindung (Synthese) von Theorie und Praxis. Entscheidende Voraussetzung dafür sind flexible Organisationsstrukturen und durchlässige Karrieremuster. Auf ihrer Grundlage kann sich in den Maschinenbaubetrieben ein starker, aus Facharbeitern und

Ingenieuren bestehender "technisch-wissenschaftlicher Block" entwickeln, dessen Flexibilität es ermöglicht, den Kunden "maßgeschneiderte Lösungen" auf einem hohen Qualitätsniveau zu liefern. Die Fähigkeit des technisch-wissenschaftlichen Blocks, anspruchsvolle Problemlösungen zu realisieren, war und ist die Basis des Gütesiegels "Made in Germany".

1. Inkrementelle Innovation

Angesichts des verschärften internationalen Technologiewettbewerbs wird heute *revolutionären* Innovationen, *sprunghaften* Fortschritten in der Produkt- und Prozeßtechnik größere Aufmerksamkeit gewidmet. Betont wird dabei, daß sich in den umkämpften globalen Märkten durch sprunghafte Innovationen eher ein Vorsprung auf- und ausbauen läßt. Propagiert wird damit die Schaffung komplett neuer Produktfamilien, für die ein Markt erst entwickelt werden muß. Das erfordert Entwicklungs- und Vermarktungsmethoden, die sich grundlegend von denen schrittweiser Innovation unterscheiden. Derart revolutionäre Innovationen, deren Entwicklung und Vermarktung sich durch einen hohen Grad an Unsicherheit auszeichnet, werden in der Regel von den sogenannten science-based-industries (z.B. Chemie- oder Elektronik-industrie) hervorgebracht, die über entsprechende Ressourcen, insbesondere auch für die Grundlagenforschung, verfügen.

Die für derart revolutionäre Innovationen oft beschriebene (stets von Rückkopplungen begleitete) Sequenz: reine Wissenschaft, angewandte Wissenschaft, Technologie, Produktion anwendungsreifer Artefakte spielt traditionell für die Maschinenbaubetriebe jedoch keine große Rolle. Produktinnovation hat hier bislang vielfach noch einen eher experimentellen Charakter; und als eine zentrale Qualifikation erfahrener Entwurfskonstrukteure gilt im Maschinenbau die Fähigkeit, neue Probleme im Rückgriff auf bekannte Lösungen zu bewältigen - nicht zuletzt, um auf diese Weise das Innovationsrisiko des Betriebs zu minimieren. Im Gegensatz zu den revolutionären Innovationen erfolgt Produktinnovation im Maschinenbau im wesentlichen *kunden- bzw. marktorientiert* auf der Basis permanenter *Produktverbesserungen*. Zurückzuführen ist dies auf den für den Maschinenbau typischen Zusammenhang von Produktinnovationsstrategie und Absatzmarkt; oder anders gesagt: Produktinnovation im Maschinenbau ist durch seine Funktion und Stellung im Industriesystem geprägt; er liefert vor allem Produktionsmittel (die "technischen Kerne", konkrete Problemlösungen) für die Produktionsprozesse anderer Industrien. Möglichst effiziente Produktionsprozesse bei seinen Kunden sind das Ziel, an dem er seine Aktivitäten zur Produktinnovation auszurichten hat. Aus seiner Stellung im Industriesystem resultiert, daß es sich bei der Produktinnovation im Maschinenbau weitgehend um angeleitete, evolutionäre Produktinnovation handelt, angeleitet von Maschinenanwendern und abgestimmt auf deren Innovationsstrategien. Neuerungen werden aus ökonomischen Gründen und angesichts der Anforderungen an die Beherrschbarkeit der Technik vom Maschinenbau eher dosiert an die Kunden weitergegeben. Investitionen in neue Maschinen erfordern oft einen hohen Kapitaleinsatz. Angesichts dessen erwarten die Kunden, daß die Maschinen über einen längeren Zeitraum anwendbar sind und technologisch nicht allzu schnell veralten. Große technologische Sprünge könnten zudem die Anwender und Bediener der Maschinen überfordern. Das Innovationstempo wird dem Maschinenbau also weitgehend von seinen Kunden vorgegeben.

Allgemein über Produktinnovation im Maschinenbau zu sprechen ist gleichwohl problematisch. Die konkrete Bewältigung und Organisation der Produktinnovation variiert je nach Betrieb stark in Abhängigkeit vom Fertigungstyp (z.B. Einzelfertiger versus Programmfertiger), von der Produktkomplexität (z.B. Werkzeugbau versus komplexe Anlagen), der Zugehörigkeit des jeweiligen Betriebs zu den über 30 Fachzweigen des Maschinenbaus, der Betriebs- bzw. Unternehmensgröße und den zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen. *Einzelfertiger* etwa, z.B. Ausrüster der Automobilindustrie, betreiben Produktentwicklung stets in enger Kooperation mit den Anwendern. Produktinnovation erfolgt hier weitgehend in Reaktion auf konkrete Vorgaben einzelner Kunden, d.h. nachfrageorientiert. *Programmfertiger* haben demgegenüber einen vergleichsweise anonymen Absatzmarkt. Neuheiten werden auf Fachmessen vorgestellt. Die Kunden können die Maschinen per Katalog bestellen. Die Produktentwicklung erfolgt hier stärker entkoppelt von Kundenaufträgen und in organisatorisch eigenständigen Abteilungen. Die Innovationsstrategie bei Programmfertigern ist deshalb per se eher angebotsorientiert. Allerdings sind auch sie in zunehmendem Maße gefordert, (um Aufträge zu bekommen) auf individuelle Kundenanforderungen einzugehen, indem sie etwa zusätzliche (vorkonstruierte) Optionen oder individuelle Lösungen für die Maschinenperipherie anbieten.

2. Maßgeschneiderte Lösungen

Obwohl es innerhalb der Maschinenbaubranche und für einzelne Betriebe sehr unterschiedliche Bedingungen und Strategien der Produktinnovation gibt, erklärt sich der Erfolg des deutschen Maschinenbaus generell aus der ihm eigenen Fähigkeit, den Kunden maßgeschneiderte Lösungen auf hohem Qualitätsniveau liefern zu können. Diese Fähigkeit zur Realisierung anspruchsvoller technischer Problemlösungen war und ist Grundlage des Gütesiegels "Made in Germany"; und die Kunden waren über die Jahre bereit, für ausgereifte Lösungen und hohe Qualitätsstandards auch etwas mehr auszugeben. In dieser Konstellation entwickelte sich der deut-

sche Maschinenbau immer mehr zum Spezialisten für ausgefeilte technische Lösungen individueller Kundenprobleme und konnte sich gegenüber anderen Wettbewerbern mit der Strategie der *Technologieführerschaft* (*versus Preisführerschaft*) profilieren. Für Betriebe in einem Hochlohnland schien es überdies riskant, in Marktsegmenten zu agieren, in denen Preise die zentrale Rolle spielen. Komplexe, den Kundenbedürfnissen angepasste Problemlösungen werden von den Abnehmern anders beurteilt als Standardmaschinen. Preise spielen zwar auch eine Rolle, aber die entscheidenden Kriterien sind Technologie und Qualität. Der Kunde ist hier eher bereit, etwas mehr auszugeben. Insbesondere kleine und mittelgroße Maschinenbaubetriebe können sich in diesem Marktsegment und in Nischenmärkten besser behaupten.

3. Synthese von Theorie und Praxis

Basis des hohen Niveaus der technischen Lösungen und der Qualität der Produkte, mit denen der deutsche Maschinenbau international reüssieren konnte (Exportanteil konstant ca. 60 %, der größte Teil davon geht in EU-Staaten), ist neben den Qualifikationen der Beschäftigten im Technischen Büro und in der Produktion die spezifische Form der Arbeitsorganisation (a) in der Entwicklung und Konstruktion (E+K) und (b) des Zusammenwirkens von Technischem Büro und Produktion, bzw. von Produktmodellierung und stofflicher Produktrealisierung.

(a) *Teamarbeit in der E+K*: Der Anteil des in der E+K beschäftigten Personals an den insgesamt Beschäftigten betrug in den von uns besuchten Betrieben zwischen 10 % und 18 %. Die Hälfte davon sind Ingenieure, von denen ca. ein Drittel einen Universitätsabschluß hat. Das Gros der E+K-Arbeit entfällt also auf Ingenieure mit einem Fachhochschulabschluß (FH-Ingenieure) und Techniker, d.h. auf Beschäftigte, die in der Regel zunächst mehrere Jahre als Facharbeiter in der Produktion tätig waren, sich dort besonders bewährt haben und dann, nach langjährigen Ausleseprozessen und nachdem

sie zwischenzeitlich eine Technikerschule oder Fachhochschule absolviert haben, in die Konstruktion aufgestiegen sind. Der Aufstieg vom Facharbeiter in die E+K ist traditionell eine für den Maschinenbau typische Form der Rekrutierung von Konstrukteuren. Sie hat entscheidend dazu beigetragen, (erstens) daß zwischen Theorie (Produktmodellierung) und Praxis (stoffliche Produktrealisierung) eine enge Verbindung besteht (und Ingenieure und Facharbeiter sich gegenseitig als kompetente Partner im Innovationsprozeß anerkennen), (zweitens) daß aufgrund der vorherigen Produktionserfahrung der zu Konstrukteuren aufgestiegenen Facharbeiter immer auch Aspekte der praktischen Handhabung neuer Maschinen oder Maschinenkomponenten in die Produktentwicklung einfließen ("Benutzerfreundlichkeit", Korrektiv gegen Over-Engineering). Bis heute sind in der E+K auch Leitungspositionen noch größtenteils mit Personen besetzt, die ihre Karriere als Facharbeiter begonnen haben.

In der E+K gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Tätigkeitstypen: Technische Zeichner und Zeichnerinnen, Detailkonstrukteure, Entwurfskonstrukteure, zum Teil auch einige Naturwissenschaftler (z.B. Mathematiker, Physiker, oder etwa Chemiker im Druckmaschinenbau). Häufig sind einzelne Konstrukteure auf bestimmte Produktparten oder Maschinensegmente und -module spezialisiert. Meistens sind es die stärker theoretisch ausgebildeten und orientierten Universitätsingenieure, die vorwiegend an der Lösung bestimmter technischer Probleme arbeiten (z.B. komplexere Berechnungen oder Computersimulationen). Entscheidend ist aber, daß es in der Konstruktion *keine strikte Arbeitsteilung* gibt. Die Mehrzahl der Konstrukteure beherrscht in der Regel ein größeres Aufgabenspektrum. Überlappende Qualifikationen und Kompetenzen sowie die Arbeit in Teams, deren Aufgaben und Zusammensetzung häufig wechselt, sind die Voraussetzung für die enge Kooperation der Beschäftigten in der E+K, für die Flexibilität und Selbstorganisation in diesem Bereich. Die Teamorganisation ist zudem der Schlüssel dafür, daß die in die Konstruktion aufgestiegenen Facharbeiter und Neulinge sich in Zusammenarbeit mit erfahreneren Konstrukteuren (vor

allem durch "learning on the job") zu qualifizierten Konstrukteuren weiterentwickeln können.

Zu erwähnen ist schließlich, daß es in den meisten Maschinenbaubetrieben noch eine Elektrokonstruktion gibt. Ausgangspunkt dafür war die "klassische Elektrokonstruktion" (Elektrotechnik, "Starkströmer"). (Darauf, daß die Anzahl der in der Elektrokonstruktion beschäftigten Personen in letzter Zeit überproportional gewachsen ist, werden wir später noch einmal zurückkommen.) Darüber hinaus haben einige Betriebe eigene Bereiche für den Prototypenbau und Versuch, die ebenfalls wichtige Beiträge zur Produktinnovation leisten und mit denen die Konstrukteure eng zusammenarbeiten.

(b) Enge Verbindung von Produktmodellierung und -realisierung: Dazu, daß zwischen Produktmodellierung und stofflicher Produktrealisierung kein Bruch entsteht, trägt auch der Umstand bei, daß die Facharbeiter, die maßgeblich die stoffliche Realisierung tragen, durch ihre (duale) Ausbildung über theoretische Grundkenntnisse verfügen. Die Kombination von theoretischem Wissen und in der Produktion erworbenem Erfahrungswissen ist eine entscheidende Voraussetzung für die kompetente Kommunikation und Kooperation zwischen Facharbeitern und Ingenieuren (Konstrukteuren) und dafür, daß die Problemlösungspotentiale (Verbesserungsvorschläge) der Facharbeiter in den Innovationsprozeß einfließen können.

Notwendig ist dies, weil die Produktmodelle (und sonstigen Arbeitsunterlagen des Technischen Büros) zwar eine Arbeitsanweisung für die Produktion sind, aber niemals ein vollständig definierter und exakter Plan, der nur noch ausgeführt werden müßte. Außerdem treten bei der stofflichen Realisierung komplexer Produktmodelle vielfach unvorhergesehene Probleme auf, die Rückkopplungen zwischen Produktion und E+K erforderlich machen, und bei denen die Vorschläge des Produktionspersonals zur Verbesserung, Optimierung und konstruktiven Änderung einfließen können. Der Beitrag der Produktionsarbeiter zur Produktinnovation beschränkt sich keineswegs auf die Lösung konkreter Herstellungspro-

bleme. Von besonderer Bedeutung für die Produktinnovation im Maschinenbau sind etwa jene Montagearbeiter, die die neuen Maschinen bei den Kunden aufstellen, und die Inbetriebnehmer, die das Personal des Kunden in die Bedienung der Maschinen einweisen und deshalb der eigenen Konstruktionsabteilung wichtige Hinweise über konkrete Kundenanforderungen liefern können, die dann gegebenenfalls bei Projekten zur Produktinnovation berücksichtigt werden.

II. Neue Anforderungen - Traditionelle Strategien der Produktinnovation unter Veränderungsdruck

Die Vernachlässigung von Kostenkriterien und ein Hang zum technischen Perfektionismus, der Umstand, daß Gemeinschaftsprojekte zur Eroberung ferner Wachstumsmärkte mit neuen Produkten nur schwer in Gang kommen, und die nur zögerliche Inanspruchnahme von Kooperationsmöglichkeiten mit technikwissenschaftlichen Instituten (insbesondere bei kleinen und mittelgroßen Betrieben) sind Schwachpunkte des deutschen Maschinenbaus.

Zudem wird es durch die zunehmende fachliche, qualifikatorische und soziale Ausdifferenzierung und Spezialisierung (infolge Elektronisierung und Verwissenschaftlichung) schwieriger, die Beiträge der verschiedenen Akteursgruppen, mit zum Teil recht unterschiedlichen Bildungs- und Ausbildungshintergründen und Fachkulturen, im Innovationsprozeß zu integrieren. In den Betrieben gibt es vor allem gravierende Kommunikations- und Abstimmungsprobleme zwischen Mechanik- und Elektro(nik)konstruktion. Durch zunehmende Spezialisierung wird die traditionelle Homogenität des "Mechanikblocks" aufgelöst. Der diesem Bereich drohende Machtverlust trägt auch dazu bei, daß die Abstimmung von Ansprüchen der Mechanik- und Elektrokonstruktion (bei der Produktinnovation) selten reibungslos funktioniert.

Tendenziell entsteht eine Kluft zwischen Theorie und Praxis sowohl innerhalb der E+K (theoretisch ausgebildete und orientierte Universitätsingenieure versus "Praktiker" in der Konstruktion) als auch zwischen Technischem Büro (Produktmodellierung) und Produktion (stoffliche Produktrealisierung). Die Basis gemeinsamer Erfahrungen und einer gemeinsamen Sprache löst sich auf.

1. Schwächen

Durch veränderte Wettbewerbsbedingungen und Kundenanforderungen sowie durch technologische Entwicklungen und andere Faktoren, auf die im folgenden noch eingegangen wird, ist der deutsche Maschinenbau (im allgemeinen) und die traditionelle Organisation der Produktinnovation (im besonderen) unter Druck geraten. Zunächst hat die Krise Anfang der 90er Jahre einige Schwachpunkte ans Licht gebracht:

(a) *Vernachlässigung von Kostenkriterien:* Durch die Dominanz der Techniker (bzw. "Mechaniker") in den Maschinenbaubetrieben, die vielfach auch die entscheidenden Positionen in der Geschäftsführung innehaben, und durch die traditionell erfolgreiche strategische Orientierung auf "Technologieführerschaft" ist der deutsche Maschinenbau zum Spezialisten für ausgefeilte technische Lösungen individueller Kundenprobleme geworden. Diese strategische Orientierung (bzw. die in den Betrieben einseitig dominierende technische Rationalität) hat jedoch zu einer Vernachlässigung von Kostenkriterien geführt. Wie etwa eine Untersuchung der Westdeutschen Landesbank belegt, wurde die gute Weltmarktposition des deutschen Maschinenbaus schon in den 80er Jahren weithin mit einer *Gewinnschwäche* erkaufte. Obwohl mittlerweile bekannt sein dürfte, daß ein Großteil der Herstellungskosten bereits in der E+K definiert wird (ca. "80 %"), widmet man sich in den Betrieben vielfach auch heute noch erst nach Abschluß der Konstruktion den Kosten intensiver.

Mit der strategischen Ausrichtung des deutschen Maschinenbaus auf Nischenmärkte ging zudem (aus Kostengründen) ein *Rückzug aus den Volumenmärkten* einher. Besonders in diesem Marktsegment konnten japanische Konkurrenten inzwischen Maschinen von gleichwertiger Qualität zu günstigeren Preisen anbieten.

(b) *Over-Engineering:* Nicht zuletzt getragen von einer weithin technikfixierten CIM-Euphorie hatte das einseitige Setzen auf Technologieführerschaft und der unter Ingenieuren verbreitete Hang zum technischen Perfek-

tionismus in Teilen des Maschinenbaus (insbesondere des Werkzeugmaschinenbaus) ein Over-Engineering zur Folge, d.h. es wurden kapitalintensive High-Tech-Lösungen angeboten, die sehr störanfällig sind und zum Teil zu erheblichen Verfügbarkeitsverlusten geführt haben. Neben rein technischen Problemen ist dafür auch komplizierte Bedienbarkeit der Maschinen und Anlagen verantwortlich. (M.a.W. bei der Produktinnovation wurden die Bedürfnisse derjenigen, die an der Maschine arbeiten, nicht oder nur ungenügend berücksichtigt.) Solche Maschinen entsprechen (aus Gründen, die hier nicht eigens erörtert werden müssen) erst recht nicht den Anforderungen von (potentiellen) Kunden aus den sog. Schwellenländern (ferne Wachstumsmärkte).

(c) *Mangelnde Öffnung nach außen:* Als einer der Erfolgsfaktoren des deutschen Maschinenbaus gilt seine traditionell stark mittelständisch geprägte (Betriebsgrößen-) Struktur (oft Betriebe in Familienbesitz). Daß kleine und mittelgroße Betriebe spezifische Vorteile haben (direkte Kommunikation, kurze Wege, räumliche Nähe, keine Bürokratie usw.), wird auch dadurch anerkannt, daß es sich bei der aktuell unter den Oberbegriffen Segmentierung, Centerorganisation, Dezentralisierung und Selbstorganisation stattfindenden Reorganisation großer Industrieunternehmen letztlich um eine Simulation kleinbetrieblicher Strukturen handelt. Kleine und mittelgroße Maschinenbauunternehmen haben wegen der ihnen eigenen sozialen Beziehungen und Interaktionsformen Vorteile, sind aber auch mit spezifischen (Ressourcen-) Problemen konfrontiert. Erstens: Es fällt ihnen schwer, auf fernen Wachstumsmärkten präsent zu sein (fehlende Erfahrungen und Ressourcen). Zweitens: Insbesondere angesichts ihrer angespannten Ertragssituation und dünnen Finanzdecke verfolgen sie eher vorsichtige Produkt- und Innovationsstrategien. Sie können es sich nicht leisten, längerfristig angelegte Markteinführungs- und Markteroberungsstrategien zu verfolgen. (Im Gegensatz dazu gehört eine Vielzahl kleinerer japanischer Maschinenbaubetriebe zu großen Konzernen und verfügt deshalb eher über die finanziellen Mittel, die es ihnen ermöglichen, langfristige Markteroberungsstrategien zu verfolgen.) Drittens: Die Mittel für einen Auf-

und Ausbau von Ressourcen für die Produktinnovation sind begrenzt.

Angesichts dessen ist (neben der Forderung nach innovativen Finanzierungsmodellen) die Empfehlung nahelegend, KMUs sollten zur Eroberung der Wachstumsmärkte strategische Allianzen (etwa Vertriebsallianzen) bilden und bei der Durchführung von Produktinnovationsprojekten, die sie allein nicht bewältigen können, Entwicklungsverbände eingehen und stärker mit technik-wissenschaftlichen Instituten zusammenarbeiten. Zwar gibt es dazu, nicht zuletzt dank der Aktivitäten der AIF (Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen), von Branchenverbänden, IHKs usw. erfolgreiche Ansätze, gerade in den kleinen, zum Teil noch handwerklich geprägten Betrieben, gibt es aber Vorbehalte gegen Gemeinschaftsprojekte. Mangelnde Erfahrungen auf diesem Gebiet und vor allem die Furcht vor dem Verlust von betriebspezifischem Know-how sind die Gründe dafür, daß die Betriebe bei der Markterschließung und Produktentwicklung weiterhin bevorzugt als Solisten agieren, statt sich nach außen für Entwicklungsoperationen und Technologietransfer zu öffnen.

2. Veränderte Kundenanforderungen - Ausdifferenzierung und Spezialisierung in Entwicklung und Konstruktion

In den 80er Jahren vollzog sich in weiten Teilen der Industrie ein Übergang von der tayloristischen Massenproduktion (für einen weitgehend anonymen "Verkäufermarkt" mit ungesättigten Absatzmöglichkeiten) zur "diversifizierten Qualitätsproduktion" ("Käufermarkt", Verdrängungswettbewerb, kürzere Produktlaufzeiten und -lebenszyklen). Weil bei diversifizierter Qualitätsproduktion die Anzahl identischer Produkte (bzw. Serien-/Losgröße) sinkt, erwarten die Anwender, die ihrerseits zunehmend ihre Kunden just in time beliefern müssen, von den Maschinenherstellern vor allem flexiblere, schnell und komfortabel umrüstbare Maschinen - eine Forderung, die vielfach einen höheren Stellenwert hat als traditionelle Mengenziele.

Rasche Expansion der Elektro(nik)konstruktion: Von herausragender Bedeutung für die Realisierung dieser Forderung und anderer wichtiger Ziele (höhere Qualität, Leistungssteigerungen, höhere Nutzungszeiten, Integration verschiedener Bearbeitungsverfahren, Substitution menschlicher Arbeitskraft) ist die Ausstattung der Maschinen mit Elektronik: der Einsatz von Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungs- oder auch Diagnosesystemen sowie integrierter Prozeßelektronik zur Steuerung bislang separater Prozeßabschnitte. Nicht selten beträgt der Anteil der Elektronik am Wert der Maschine heute schon 30 % und mehr, in den meisten Maschinenbaubetrieben ist die Elektrokonstruktion in den letzten Jahren *überproportional* gewachsen, in einigen ist sie schon so groß wie die Mechanikkonstruktion. Die unterschiedlichen Aufgabenbereiche der Elektrokonstruktion reichen von der klassischen Elektrokonstruktion bis zur komplexen Software-Entwicklung. Die Entwicklung dieser Bereiche hat dazu beigetragen, daß die berufliche Zusammensetzung der Technischen Büros in den letzten Jahren sehr viel komplexer geworden ist.

"Verwissenschaftlichung" - Ausdifferenzierung von Forschung und Entwicklung (F+E): Größere Maschinenbaubetriebe, die in der Regel seit längerem eine F+E-Abteilung haben, haben diesen Bereich in den letzten Jahren vielfach stark ausgebaut und dabei eine größere Anzahl von Spezialisten rekrutiert. Aber auch viele kleinere Betriebe richten in letzter Zeit erstmals eine organisatorisch von der Konstruktionsabteilung getrennte Entwicklungsabteilung ein, weil, so die Begründung, echte Produktentwicklung nur unabhängig vom Zeitdruck und vom Tagesgeschäft der Arbeit an Kundenaufträgen möglich ist. Für diese Entwicklungsabteilungen werden vermehrt Universitätsabsolventen (Seiteneinsteiger) rekrutiert. Sie arbeiten häufig im Auftrag der Konstruktion an der Lösung spezieller Probleme. Ihre Bedeutung für die Innovationsfähigkeit der Betriebe resultiert aber auch daraus, daß sie technologische Lösungen auf anderen Gebieten beobachten und auf ihre Transferierbarkeit bzw. Adaptierbarkeit hin prüfen. Vor allem sie unterhalten Kontakte zu technik-wissenschaftlichen Instituten, arbeiten häufig in Forschungskuratorien und anderen In-

stitutionen des inventiven Systems mit, sind also maßgeblich für den Transfer innovationsrelevanten Wissens in die Betriebe verantwortlich und damit ein wichtiges Fenster nach außen. Diese Öffnung nach außen ist für die Betriebe umso wichtiger, als für den Maschinenbau spektakuläre Produktinnovationen (z.B. neue Materialien, Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Erodier- und Lasertechnologie oder andere Verfahrensinnovationen) immer seltener allein das Produkt einzelner Betriebe sind und sein können.

3. Synthese von Theorie und Praxis tendenziell gefährdet

Das veränderte Bildungsverhalten von Jugendlichen (sowie die abnehmende Bereitschaft der Industrie, Lehrlinge auszubilden) führt dazu, daß immer weniger Jugendliche mit einem qualifizierten Schulabschluß (guter Hauptschul- oder Realabschluß) einen Facharbeiterberuf ergreifen wollen. Darüber hinaus begreifen viele Azubis die Lehre nur noch als Durchgangsstadium. Es entsteht damit ein Mangel an hochqualifizierten und erfahrenen Facharbeitern, die für den Aufstieg in das Technisch Büro in Frage kommen. Da das Bildungssystem zugleich ein relativ großes Angebot an Ingenieuren hervorbringt und die Betriebe für die E+K zunehmend Seiteneinsteiger von der FH oder Universität einstellen (die über gar keine oder wenig praktische Produktionserfahrung verfügen), sind die traditionellen Aufstiegswege für Facharbeiter weithin blockiert, wodurch die Attraktivität des FA-Berufs weiter sinkt.

Zudem setzen Maßnahmen zur Kostenreduktion und Verschlankung noch vielfach bevorzugt in der Produktion an. Zwar ist nachgewiesen, daß Betriebe, die neue Produktionskonzepte (Gruppenarbeit, Dezentralisierung von Funktionen und Kompetenzen usw.) realisiert haben, in Produktivität und Leistungsfähigkeit anderen Betrieben überlegen sind, gleichwohl gibt es gerade bei Maschinenbau-Betrieben, die unter hohem Kostendruck stehen, einen Trend, die Produktionsarbeit wieder restriktiver zu gestalten. (Entgegen den Empfehlungen der

TA-CIM-Kommission nehmen viele Betriebe auch CIM-Projekte zum Anlaß, Funktionen im Technischen Büro zu zentralisieren und die Produktionsarbeit zu dequalifizieren.) Dadurch wird das, was traditionell die Stärke des deutschen Maschinenbaus ausmachte, die enge Verbindung von Produktmodellierung und stofflicher Produktrealisierung (Nutzung und Entfaltung von Produktionsintelligenz), gefährdet.

III. Ansätze zur Bewältigung neuer Anforderungen an die Produktinnovation

Im Zentrum der Ansätze zur Bewältigung veränderter Anforderungen an die Innovationsfähigkeit der Betriebe stehen Konzepte zur Verbesserung der bereichsübergreifenden Kommunikation und Kooperation. Sie zielen auf eine effizientere Integration (dezentral verteilter und ausdifferenzierter) Wissens- und Know-how-Bestände, auf eine stärkere Prozeßorientierung und die effektivere Steuerung und Nutzung von Wissen. Durchlässige Organisationsstrukturen, flache Hierarchien und ein freier Fluß von Informationen sind die Voraussetzung dafür, daß sich Wissen und Kreativität, die wichtigsten Innovationsressourcen, in der Interaktion betrieblicher Subsysteme und Akteure in kollektiven Lernprozessen entwickeln und die Betriebe schnell und flexibel auf veränderte Umweltaforderungen reagieren können. Während die Organisation (der Produktinnovation) in den Maschinenbaubetrieben bislang vielfach "mit leichter Hand nebenher" erfolgte (implizites Organisationswissen), muß der Prozeß der Produktinnovation heute bewußter organisiert werden, denn es ist in erster Linie die organisatorische Ratio, die zwischen ökonomischen Zwecken und technischen Aufgaben und Lösungen (Produktinnovation) vermittelt.

Viele Betriebe experimentieren gegenwärtig mit Formen der Projektorganisation, um die veränderten Anforderungen an die Produktinnovation in den Griff zu bekommen. In Verbindung damit wird eine Reihe von Maßnahmen ergriffen, auf die hier vorweg kurz eingegangen werden soll.

1. Strategische Produktplanung und stärkere Berücksichtigung von Kostenkriterien

Systematisierung der Produktplanung: Die Betriebe bemühen sich um eine systematischere (strategische) Produktplanung auf der Basis von Analysen des Produkt-

umfeldes, des Absatzmarktes, von Potentialen und Unternehmensstruktur. Mit der Durchführung solcher Analysen werden häufig externe Unternehmensberater beauftragt. Die Intensivierung und stärkere Orientierung der Produktplanung am Absatzmarkt kommt auch darin zum Ausdruck, daß neben technologischen Entwicklungen auch die Produkte der Konkurrenz sowie die Rückmeldungen des Vertriebs, Service, der Pilotanwender usw. sehr viel systematischer analysiert werden als das bisher der Fall war und zum Teil in längerfristig angelegte und periodisch zu überarbeitende Entwicklungspläne einfließen.

Ein wichtiger Bestandteil der (*operativen*) Produktplanung ist der Ansatz, die Maschinen von vornherein modular zu konzipieren ("Baukastenprinzip"). Das Baukastenprinzip gestattet es, sich bei weiteren Innovationsbemühungen gegebenenfalls auf einzelne Module zu konzentrieren, gewährleistet aber vor allem eine hohe Flexibilität gegenüber den Kunden (weil das Gesamtprodukt entweder vollständig aus Modulen und vorkonstruierten Optionen kombiniert werden kann oder nur noch konstruktiv angepaßt werden muß) und gleichzeitig Skaleneffekte unterhalb der Ebene von Endprodukten (höhere Losgrößen, auch Wiederverwendung von Arbeitsplänen und NC-Programmen usw.). Der modulare Produktaufbau ist für die Betriebe also ein Ansatz zur Bewältigung des Widerspruchs von Flexibilitätsanforderungen und Wirtschaftlichkeit.

Stärkere Berücksichtigung von Kostenkriterien: Eher eine Forderung als geläufige Praxis ist es dagegen, Kostenziele stärker vom Markt her zu bestimmen. Im allgemeinen wird immer noch nach einer groben Vorkalkulation erst einmal entwickelt und konstruiert und anschließend (auf der Basis gegebener Kostenstrukturen) kalkuliert, wie hoch die Kosten für die Produktherstellung voraussichtlich sein werden, statt vom Markt her zu bestimmen, wie hoch die Kosten sein *dürfen* - und die Produktentwicklung daran auszurichten.

Eine Untersuchung im strategisch stärker auf Preisführerschaft ausgerichteten japanischen Maschinenbau konstatiert, daß dort schon in den frühen Phasen der Pro-

duktinnovation eine größere Zahl von Betriebswirten beteiligt ist und ein gewichtiges Wort mitzureden hat (Moritz 1994). Den Konstrukteuren wird ein klar definierter Kostenrahmen vorgegeben, dem gegebenenfalls auch High-Tech-Lösungen geopfert werden. Das Verhältnis von technischen Lösungen und wirtschaftlichen Zielen wird dieser Untersuchung zufolge auch dadurch in einer anderen Weise austariert, daß Kostenkalkulation und -reduktion entlang des (gesamten) Herstellungsprozesses ("Prozeßorientierung") als ein wichtiger integraler Bestandteil des Ingenieurberufs gilt, während beim deutschen Konstrukteur (auch ausbildungsbedingt) vielfach noch die Produktorientierung überwiegt und Kostendenken offenbar nur schwer in der E+K etabliert werden kann.

Ein anderer Ansatz, Kosten bereits in den frühen Phasen der Produktinnovation zu reduzieren, sind in Teams durchgeführte *Wertanalysen*. Wertanalysen werden in den meisten Maschinenbaubetrieben jedoch meistens nur fallweise durchgeführt und selten als dauerhafte Institution gepflegt. Selbst in Betrieben, in denen von großen Erfolgen mit Wertanalysen berichtet wurde, wurde erklärt, daß solche Projekte ("aus Zeitgründen") meistens recht schnell wieder "eingeschlafen" sind.

2. Reorganisation der Wertschöpfung

Traditionell zielen Maßnahmen zur Kostenreduktion in erster Linie auf eine Rationalisierung der Produktion. Mittlerweile sind vom Maschineneinsatz - sprich Computereinsatz - und von Einsparmaßnahmen aber nicht nur auch die indirekten Bereiche betroffen, vielmehr geht es darüber hinaus um die Reorganisation der Wertschöpfung, und darum, daß sich die Betriebe zunehmend auf ihre Kernkompetenzen und "know-how-intensive" Produktbestandteile konzentrieren, d.h. ihre Fertigungstiefe, partiell aber auch ihre Entwicklungstiefe reduzieren. Dadurch gewinnt die Kooperation mit kompetenten und innovativen Lieferanten an Gewicht. An die Stelle von Betrieben, die ihre Produkte traditionell weitgehend allein entwickeln und herstellen, tritt auch dadurch tendenziell ein *Innovationsnetzwerk* mit neuen Koordinationsanforderungen (Organisation innovationsrelevanter Außenkontakte, wechselnde Partnerschaften versus hierarchische Handlungskoordination usw.).

3. Computereinsatz

Die CIM-Euphorie der 80er Jahre ist in den 90er Jahren in eine ebenfalls unangemessene CIM-Schelte umgeschlagen. Tatsächlich ist die Implementation von CIM-Komponenten und deren Vernetzung in den meisten Betrieben zu einem unpräzisen Bestandteil des Tagesgeschäfts sowie der Prozeß- und Produktinnovation geworden.

CAD: Mit Hilfe von CAD-Systemen, die die Zeichenbretter schon weitgehend verdrängt haben, versuchen die Maschinenbaubetriebe den E+K-Prozeß zu optimieren. Gerade die CAD-Einführung wurde und wird in der Regel zum Anlaß genommen, das Teilespektrum stärker zu standardisieren und neue Maschinen modular zu konzipieren (Baukastenprinzip). Zusätzlich zu den bereits genannten Vorteilen der Modularisierung, die mit CAD bzw. CIM erst richtig ausgeschöpft werden können, führt die CAD-Nutzung in der Regel zu einer gesteigerten Fehlerfreiheit, Exaktheit und Sauberkeit der Dokumente, was nicht nur betriebsintern, sondern auch für den Kundenkontakt (Projektierung, Angebotserstellung usw.) und die Kooperation mit Zulieferern von Bedeutung ist ("überbetriebliches CIM", Telekooperation). Die Nutzung von CAD-Systemen in der Mechanikkonstruktion erleichtert Kollisionsuntersuchungen, die Bildung parametrischer Varianten und Änderungen. Dadurch werden technisch ausgereifere Lösungen möglich.

Weniger intensiv als in den Ausarbeitungsphasen wird CAD in den frühen Phasen der Produktentwicklung (Entwurf) genutzt. Mit ihrer Weiterentwicklung werden aber auch hier 3D-CAD-Systeme, wegen der Simulationmöglichkeiten, die sie bieten, attraktiver (etwa Simulation von Bearbeitungsvorgängen im Werkzeugmaschinenbau). Ein Effekt der Nutzung solcher Simulationmöglichkeiten besteht darin, daß der Aufwand für den Prototypenbau und Versuch minimiert werden kann.

CIM: Die Bedeutung von CAD-Systemen im Rahmen umfassenderer CIM-Strukturen (CAD/CAM/PPS) resul-

tiert daraus, daß mit ihnen ein Großteil der weiterzuverwendenden Eingangsdaten für CIM definiert wird (vgl. Ehrlenspiel 1991). Die CAD-Nutzung in CIM-Strukturen hat in der Regel eine Vorverlagerung von Funktionen und Verantwortung in die E+K zur Folge (zu personellen Effekten vgl. Kalkowski/Mickler/Manske 1995).

4. Maßnahmen zur Personalentwicklung

Verstärkt sind Maßnahmen zur Personalentwicklung erforderlich, um das gegenseitige Verständnis zwischen den verschiedenen an der Produktinnovation beteiligten Akteursgruppen und Spezialisten zu fördern: Sie müssen lernen eine "gemeinsame Sprache" zu sprechen. Ansätze dafür sind:

- der gezielte Arbeitsplatz- und Aufgabenwechsel insbesondere jüngerer Ingenieure (Rotation),
- die Einstellung von Ingenieuren mit Doppelqualifikationen,
- das Angebot von Kursen, die betriebswirtschaftliches, interdisziplinäres sowie systematisches und *methodisches Denken* und Organisationswissen vermitteln (Stärkung der Prozeßorientierung gegenüber der Produktorientierung, vor allem bei Technischen Angestellten),
- detailliertere Planung und Kontrolle des Produktinnovations- und Konstruktionsprozesses (Transparenz der Entscheidungen und Ablaufprozesse erhöhen),

(Ansätze zur Ökonomisierung und Formalisierung erfordern allerdings "Augenmaß", da sie nicht zur Fessel für kreative Problemlösungsprozesse werden dürfen, die sich per se durch einen höheren Grad an sachlichen, ökonomischen und zeitlichen Unsicherheiten auszeichnen.)

- eine nachträgliche innerbetriebliche *praktische* Ausbildung junger Ingenieure, die dazu beiträgt, die tendenziell wachsende Kluft zwischen Theorie und Praxis zu schließen.
- Angebracht wäre es zudem, die verengten Karrierewege für Facharbeiter wieder stärker zu öffnen, denn die Möglichkeit zum Aufstieg in die Konstruktion verhindert nicht nur, daß zwischen den betrieblichen Subsystemen Produktmodellierung und Produktion (stoffliche Produktrealisierung) eine Kluft entsteht, sondern macht es auch für Jugendliche mit guten Schulabschlüssen attraktiv, einen Facharbeiterberuf zu ergreifen. Sicher wäre es leichtfertig, wenn die traditionelle Stärke des deutschen Maschinenbaus aufs Spiel gesetzt werden würde.

5. Organisatorische Maßnahmen: Simultaneous Engineering - Projektorganisation

Simultaneous Engineering (SE) entstand aus den Bemühungen um eine Verkürzung der Produktentwicklungs- und Markteinführungs- bzw. Lieferzeiten. Dieses Ziel soll durch eine stärkere Parallelisierung von Bereichsaktivitäten erreicht werden, die traditionell stärker nacheinander, sequentiell, erfolgen - das betrifft vor allem das Verhältnis von Produkt- und Prozeßentwicklung. SE heißt, durch frühzeitige Einbeziehung aller an der Produktinnovation beteiligten Akteursgruppen in die Produktplanung und -entwicklung, zeit- und kostenintensive Iterationen zu vermeiden, und bedeutet, daß die nachfolgende Prozeßstufen, nicht mehr abwarten, bis der jeweils vorangehende Prozeß (mehr oder weniger) vollständig abgeschlossen ist. SE stellt damit veränderte Anforderungen an die Kooperationsfähigkeit und verlangt die Einrichtung entsprechender Kooperationsmöglichkeiten: die Überwindung hierarchisch-autoritärer und hoch arbeitsteiliger Strukturen zugunsten einer Dezentralisierung von Kompetenzen und Verantwortung. Unterscheiden lassen sich überbetriebliches und betriebsinternes SE.

(a) *Überbetriebliches SE:* Überbetriebliches SE heißt, daß (erstens) Maschinenbauer zunehmend in frühe Phasen der Produktentwicklung ihrer Kunden einbezogen werden (z.B. Werkzeugbauer oder Werkzeugmaschinen-

hersteller in die Produktinnovation der Automobilindustrie; dabei geht es auch um die Abstimmung von Produktinnovationen der Maschinenbauer und Prozeßinnovationen bei den Kunden, die sich für sie gegebenenfalls mit der Nutzung neuer Fertigungstechnologien verbinden.) (Zweitens) Die Maschinenbaubetriebe beziehen ihrerseits ihre "Lieferanten" (Zulieferer sowie "Lieferanten von Know-how" aus anderen Institutionen) früher in die Produktentwicklung ein. (Drittens) Unabhängig von SE unterstützt eine enge Kooperation der Maschinenhersteller mit Pilotanwendern, die Produktinnovationen des Maschinenbaus unter realen Produktionsbedingungen "testen", die Rekursivität (Kundenorientierung der Produktinnovation, Erkenntnis konkreter Anwenderbedürfnisse).

Überbetriebliches SE und die Einbeziehung von Pilotanwendern in die Produktinnovation drängen auf eine stärkere Öffnung der Betriebe nach außen. Im Rahmen einer Intensivierung von Außenkontakten bei Produktinnovation, die traditionell bevorzugt von Leitungspersonal ("über die Hierarchie") wahrgenommen wurden, wird es immer wichtiger, daß auch das Personal, das die Kundenanforderungen *operativ* in technische Lösungen zu übersetzen hat, stärker an den Außenaktivitäten beteiligt wird und über die dazu erforderlichen (kommunikativen) Kompetenzen verfügt.

(b) *Innerbetriebliches SE - Projektorganisation:* Maschinenbaubetriebe experimentieren verstärkt mit verschiedenen Formen der Projektorganisation. Interdisziplinär besetzte Projektteams bieten die Möglichkeit, unterschiedliche Perspektiven und Ansprüche zu integrieren sowie räumlich und persönlich eng zusammenzuarbeiten. Die Projektorganisation erlaubt es, die verschiedenen für die Produktinnovation erforderlichen Wissensformen und Kenntnisse zusammenzuführen. Schon in den frühen Phasen der Produktinnovation werden Vertreter aus den Entwicklungsbereichen mit Vertretern aus der auftragsbezogen arbeitenden Konstruktion zusammengebracht. Auf diese Weise kann die Auftragskonstruktion vom technikwissenschaftlichen Wissen des F+E-Personals profitieren und umgekehrt wird

verhindert, daß sich die F+E-Bereiche zu einem "Elfenbeinturm" entwickeln. Darüber hinaus sind meistens Vertriebspersonal und (als Vertreter des fertigungs- und kostengerechten Konstruierens sowie der Produktionsentwicklung) Experten aus der AV in solchen Teams vertreten.

Vielfach bleibt in ihnen das Technische Büro aber noch unter sich. Qualifiziertes Produktionspersonal und Vertreter betriebswirtschaftlicher Ratio sind selten daran beteiligt. Auch die Elektrokonstruktion ist meistens nicht vertreten.

Es gibt die unterschiedlichsten *Varianten der Projektorganisation*. Sie unterscheiden sich vor allem im Grad ihrer Entkopplung von der Linienorganisation sowie in den Kompetenzen, Ressourcen und Durchsetzungsmöglichkeiten der Projektleiter. Weil diese quer zu den überkommenen, linienförmig organisierten Zuständigkeiten agieren und in angestammte Kompetenzbereiche eingreifen, geraten sie oft in *Konflikt mit den Linienvorgesetzten*.

6. Soziale Voraussetzungen der Reorganisation von Produktinnovation

Die Veränderung von Organisationsstrukturen, Arbeitsanforderungen und Interaktionsformen, die zur Steigerung der Innovationsfähigkeit eines Betriebes erforderlich sind, tangieren die Interessen und Handlungsorientierungen von Akteursgruppen (Abteilungen, Bereiche) und einzelnen Akteuren. Sie beinhalten Spannungen, die zu Interaktionsblockaden, richtig gewendet, aber auch als kreative Spannung der Produktinnovation und Prozeßinnovation zugute kommen können.

- Die Projektorganisation kann durch eine bessere Ausstattung (der Projekte) mit Kompetenzen und Ressourcen (Projektbudget, Personalbefugnisse) gefördert werden.

- Die Schaffung attraktiver Aufstiegsmöglichkeiten entlang des Innovationsprozesses und *quer* zu den etablierten Bereichsgrenzen fördert die interdisziplinäre Orientierung bzw. die Generalisten als notwendiges Pendant zur Ausdifferenzierung und Spezialisierung.
- Eine zentrale Anforderung an die Organisation eines innovativen Betriebes ist die Schaffung von Raum für "Querdenker" und Kritik (vgl. Lippert/Jürgens/Drüke 1996), denn Innovation heißt per definitionem, bestehende technische und organisatorische Lösungen - etablierte Routinen, "die herrschende Linie", überkommene kognitive Strukturen (Gewohnheiten, Sichtweisen, Meinungen, Lernbereitschaften, kurz: Denk- und Verhaltensweisen) in Frage zu stellen.

Die steigenden Anforderungen an die Selbstorganisation (verschiedener Organisationseinheiten und Akteure) können nachhaltig nur durch eine breitere Beteiligung an Entscheidungsprozessen bewältigt werden. Arbeitsbedingungen, die es ermöglichen, sich selbst einzubringen und tatsächlich an Entscheidungen mitzuwirken, fördern die Identifikation mit der eigenen Arbeit, dem Produkt und dem Unternehmen und schaffen ein innovationsfreundliches Klima. Innovation wird, da Wissen und Arbeitsmethoden in immer kürzeren Abständen veralten, zu einer permanenten Herausforderung der Lernfähigkeit von Organisationen. Echte Innovationen entstehen aber selten in etablierten Strukturen und konventionellen Milieus.

Literatur

- Ehrlenspiel, K. (1991): Auf dem Weg zur integrierten Produktentwicklung, in: VDI-Z 133, Nr. 3 März, S. 16-21.
- Kalkowski, P.; Mickler, O.; Manske, F. (1995): Technologiestandort Deutschland. Produktinnovation im Maschinenbau: traditionelle Stärken - neue Herausforderungen. Berlin.
- Lippert, I.; Jürgens, U.; Drüke, H. (1996): Arbeit und Wissen im Produktentstehungsprozeß, in: Managementforschung 6, S. 235-261.

Lullies, V.; Bollinger, H.; Weltz, F. (1993): Wissenslogistik - Über den betrieblichen Umgang mit Wissen bei Entwicklungsvorhaben. Frankfurt/New York.

Moritz, E.F. (1994): Ein Vergleich von Strategien und Vorgehensweisen bei der Produktinnovation in Japan und Deutschland am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus, Dissertation. München/ Tokio.