

AUSWIRKUNGEN DER MIKROELEKTRONIK AUF DIE GERÄTEKONSTRUKTION

W. KRAUSE und G. RÖHRS

Sektion Technologie und Feingerätetechnik,
Technische Universität Dresden

Eingegangen am 9. September 1986
Vorgelegt von Prof. Dr. O. Petrik

Abstract

Currently, due to the influence of microelectronics the technologie of electromechanical devices is rapidly growing. Its importance is becoming continuously greater, as a result, more efficient scientific investigations are to be carried out in this field. Not less important is this development for the automatization of production processes, in the age of the scientifictechnical revolution.

In der zurückliegenden Zeit wurde viel über die Mikroelektronik und ihre Auswirkungen auf die Feingerätetechnik gesprochen. Dies hat seine Ursachen in erster Linie darin, daß den meisten Erzeugnissen dieses Fachgebiets gemeinsam ist, daß sie in erster Linie Informationen der unterschiedlichsten Art zu erfassen, zu verarbeiten, zu speichern oder zur Aufnahme durch den Menschen aufzubereiten haben, und daß nunmehr die Möglichkeit besteht, insbesondere die informationsverarbeitenden Funktionsgruppen der Geräte sehr vorteilhaft unter Verwendung mikroelektronischer Bausteine aufzubauen und mechanische durch elektronische Prinzipie überall dort abzulösen, wo es funktionell und vor allem auch ökonomisch vorteilhaft ist. Diese Entwicklung eröffnet kaum überschaubare Perspektiven für neue technische Lösungen, für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit, für die Materialökonomie, die Senkung des Energiebedarfs usw., also für die Steigerung der Arbeitsproduktivität insgesamt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß dadurch auch eine ganze Reihe von nahezu utopischen, inzwischen aber sehr real gewordenen Projekten provoziert wurden, wie beispielsweise das, den Mikroprozessor als Sehhilfe für Blinde einzusetzen, indem man das Bild über eine vor dem erblindeten Auge befindliche Linse auf einem Silizium-Kristall erzeugt, durch einen Mikroprozessor punktweise abruft, die elektronischen Signale über einige 100 im Gehirn implantierte Elektroden weiterleitet und so zunächst ein Schwarz-Weiß-Bild der Umgebung vermittelt.

Bisher hielt man mit der immer weiteren Verbreitung der Mikroelektronik vielfach das Ende der Feinmechanik für gekommen. Diese falsche Annahme wurde inzwischen überall erkannt. Es hat sich die Erkenntnis

durchgesetzt, daß mit dem Vordringen der Elektronik auch das Anwendungsgebiet der Feinmechanik flexibel erweitert wird, und daß selbst bei vorwiegend rein elektronischen Produkten die Mechanik zumindest während der Herstellungsphase eine weiterhin dominierende und z. T. sogar zunehmende Rolle spielt. Man spricht deshalb heute von einer Renaissance der Feinmechanik, die sich in Verbindung mit Mikroelektronik in Richtung einer automatisierten Präzisionsgerätetechnik entwickelt.

Insgesamt scheint die Feststellung berechtigt, daß die gesellschaftliche Funktion gerätetechnischer Erzeugnisse in ihrer gesamten Palette von rein elektronischen Geräten bis hin zu mechanisch-optischen Präzisionsinstrumenten in immer stärkerem Maße darin besteht und darin bestehen muß, größere und wirksamere Beiträge zur dringend notwendigen Steigerung der Arbeitsproduktivität und damit zur Erhöhung des Nationaleinkommens zu leisten, vor allem deshalb, weil die Gerätetechnik in allen gesellschaftlichen Bereichen einen wesentlichen Einfluß ausübt.

Der historisch jüngste Einsatzzweck von Geräten, der neue Anforderungen und große Entwicklungsperspektiven bringt, ist die Entlastung des Menschen von Routinetätigkeit durch die Automatisierung von geistigen und materiellen Prozessen. Die vollständige Automatisierung formalisierbarer geistiger Prozesse steht dabei trotz der bereits erreichten Ergebnisse aber noch am Anfang. Gerätetechnischer Repräsentant für dieses Aufgabengebiet ist die elektronische Rechenanlage in allen ihren technischen Generationen und Konfigurationen. Bei der Konstruktion von Geräten kann man heute mit dem Rechner die vielfältigsten Aufgaben bearbeiten, z. B. die automatische Herstellung technischer Zeichnungen, naturwissenschaftlich-technische Berechnungen, die Simulation komplizierter technischer Systeme oder die automatisierte Synthese technischer Lösungen bis zu vollkommenen CAD—CAM-Systemen.

Der Entwicklungstrend verläuft allerdings nicht zum vollständig automatisierten Konstruktionsprozeß. Die schöpferischen Phasen bleiben immer dem Konstrukteur vorbehalten. Deshalb entwickelt sich zunehmend das rechnerunterstützte Konstruieren. Es bringt auf Grund der Notwendigkeit variabler Eingriffsmöglichkeiten des Konstrukteurs in den Programmablauf eine neue Generation von Geräten zur Kommunikation des Menschen mit dem Rechner hervor. Abb. 1 zeigt hierzu die wesentlichsten Geräte eines Arbeitsplatzes für das rechnerunterstützte Konstruieren.

Dazu gehören in der Umgebung des Rechners die Digitalisiergeräte, automatischen Zeichengeräte, elektronische Schreibmaschinen, Drucker, Plotter, grafische Bildschirme sowie Speicher und weitere Ein- und Ausgabegeräte und Anschlußmöglichkeiten an einen Großrechner.

Die interessanteste und volkswirtschaftlich bedeutsamste Entwicklung vollzieht sich derzeit bei der Anwendung von Geräten zur Ausführung und

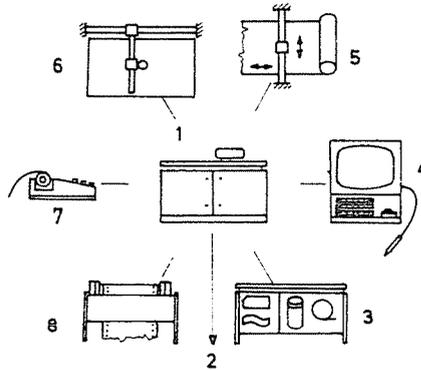


Abb. 1. Geräte eines Arbeitsplatzes für das rechnerunterstützte Konstruieren.

- 1 Rechner
- 2 Grossrechner
- 3 Ein/Ausgabegeräte, weitere Speicher
- 4 Graphischer Bildschirm
- 5 Plotter
- 6 Digitalisier- und manuelles Zeichengerät
- 7 Schreibmaschine
- 8 Seriendrucker

Kontrolle materiell-technischer Prozesse in der Produktion, im Verkehrswesen und in anderen Bereichen. Der gegenwärtige Stand dieser Gerätetechnik für die Automatisierung ist durch den Einsatz von hochintegrierten elektronischen Mikroprozessor-Schaltkreisen in Verbindung mit freiprogrammierbaren elektronischen Speicherbauelementen und einer internen Struktur mit einfachen Informationskopplungs- und Austauschmöglichkeiten zu vielen peripheren Funktionseinheiten gekennzeichnet. Damit existiert ein in der Anwendung äußerst universelles Mikrorechnersystem als Kernstück eines allgemeinen Automatisierungssystems für beliebige Prozesse der Stoff-, Energie- und Informationsverarbeitung, wie es Abb. 2 schematisch zeigt.

Bei den für die Automatisierung erforderlichen Antrieben erfolgt dabei der Übergang von zentralen zu dezentralen Antriebssystemen mit mehreren optimal angepaßten Kleinstmotoren, Hubmagneten usw. in einem Gerät.

Neben der Prozeßautomatisierung ermöglicht die Mikroelektronik aber auch eine interne Geräteautomatisierung, d. h. die automatische Beeinflussung des internen Verarbeitungsprozesses im Gerät. Das eröffnet nicht nur Perspektiven für den automatisierten und damit optimierten Ablauf von Gerätefunktionen und die Integration von zusätzlichen gebrauchswerterhöhenden, aber bisher unzweckmäßigen oder technisch unmöglichen Funktionen, sondern vor allem auch für den Aufbau von Geräten, die mit geeigneten Mitteln der Fehlererkennung, der Diagnose und Fehlerbeseitigung ausgerüstet werden können.

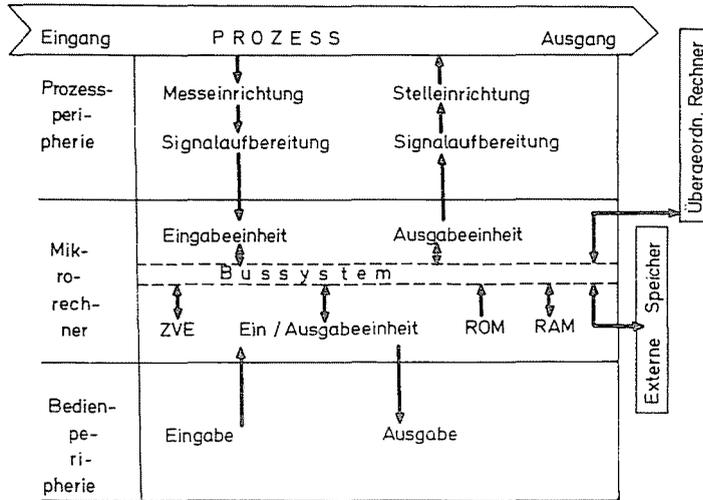


Abb. 2. Automatisierungssystem mit Mikrorechner

Der Trend zur Automatisierung bezieht sich vor allem auch auf technisch bisher nicht realisierbare Prozesse, z. B. die Nachbildung der menschlichen Handbewegungen durch Roboter. Solche und andere neue Hardwarelösungen sind in immer stärkerem Maße mit der Erarbeitung umfangreicher Software verbunden, deren Anteil an den Gerätekosten in vielen Fällen beträchtlich steigt. So können die Kosten für die Herstellung eines Programms für einen Mikrocomputer je nach Umfang einige Zehntausend bis zu einigen Hunderttausend Mark betragen. Diese Kosten sowie die Schwierigkeit des Programmierens für den ungeübten Anwender verzögern den an sich möglichen schlageartigen Einsatz der Mikrorechner in vielen Tausend Anwendungsfällen, so daß die Feststellung, daß das Softwareproblem die revolutionäre Entwicklung auf diesem Gebiet in eine Evolution verwandelt, sicher ihre Berechtigung hat.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, daß, bedingt durch die digitalen Verarbeitungsprinzipie der Mikroelektronik und die damit verbundenen funktionellen Vorteile, bisherige traditionelle analogverarbeitende Prinzipie der Gerätetechnik in digitalverarbeitende überführt werden. Anschauliches Beispiel ist die bekannte digitalarbeitende und -anzeigende Uhr und, wie in den nächsten Bildern dargestellt, das Prinzip der digitalen Tonaufzeichnung und -abtastung. Abb. 3 zeigt hierzu das Prinzip. Die digitale Verschlüsselung der Ton- und Bildsignale besteht aus mikroskopisch kleinen Vertiefungen, sog. pits, mit unterschiedlicher Länge und unterschiedlichen Abständen zueinander.

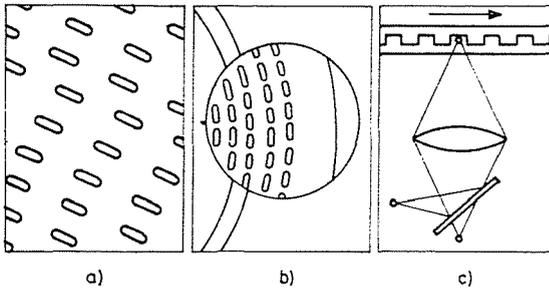


Abb. 3. Prinzip der digitalen Tonaufzeichnung und -abtastung

- a) Vergrößerte Darstellung der Plattenoberfläche
- b) Anordnung der „Pits“ auf ihrer spiralförmigen Spur
- c) Das reflektierte, modulierte Licht wird über ein Spiegelsystem aus dem Strahlengang auf eine Fotodiode gelenkt und in ein entsprechendes elektrisches Signal umgewandelt

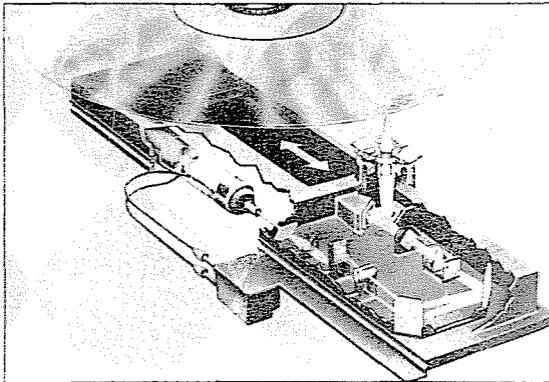


Abb. 4. Geräteaufbau gemäß Bild 3

Die Abtastung erfolgt mit einem Laserstrahl, dessen reflektierter Anteil entsprechend den pits moduliert ist. Die Umwandlung in elektrische Signale erfolgt über eine Fotodiode.

Abb. 4 verdeutlicht das Prinzip der Laserabtastung und Abb. 5 zeigt einen Ausschnitt aus einem entsprechenden Gerät.

Insgesamt lassen sich nahezu alle physikalischen Bereiche technisch nutzen, mit Vorrang jedoch die in Abb. 6 dargestellten Bereiche der Elektrotechnik/Elektronik, der Optik und der Mechanik, die als die eigentliche technische Basis der Gerätetechnik angesehen werden können. Der Trend zur Realisierung von informationsverarbeitenden Funktionen durch elektronische Lösungen ist in diesem Zusammenhang, wie einleitend schon festgestellt, eindeutig. Die notwendige Beibehaltung mechanischer Baugruppen bezieht

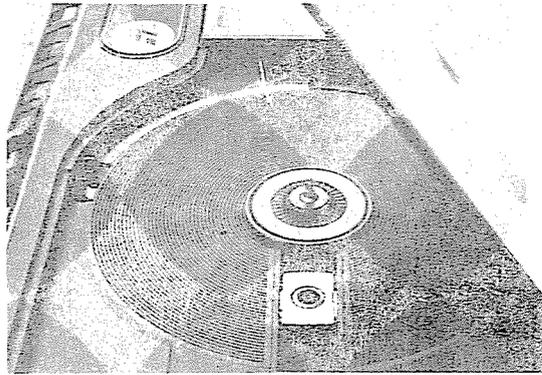


Abb. 5. Teilansicht eines Plattenabspielgerätes mit Laserabtastung

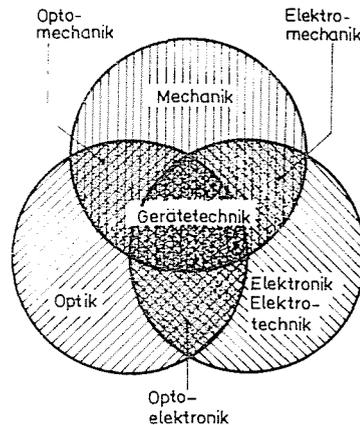


Abb. 6. Physikalische Bereiche der Gerätetechnik

sich in erster Linie auf die Peripherie des Gerätes, d. h. einerseits auf die Kommunikation mit dem Menschen und andererseits auf die Schnittstellen der Erfassung von Meßgrößen und die Ausgabe von Stellgrößen. Die Kommunikation bedingt wegen der Anpassung an die sensorischen und motorischen Fähigkeiten des Menschen Einrichtungen zur zunächst noch vorwiegend mechanischen Eingabe, wie moderne Tastaturen; sowie zur mechanischen, optischen oder akustischen Ausgabe (z. B. Anzeigeelemente). Die Erfassung von Meßgrößen und die Ausgabe von Stellgrößen in automatisierten Geräten erfordert eine Fülle von Signal- und Energiewandlern, so daß neben den vorher genannten Gebieten die der Elektromechanik, Elektroakustik, Piezoelektrik und der Optoelektronik gerade durch die Forderungen der Gerätetechnik zu einem hohen Entwicklungsstand geführt werden. Im Rahmen dieser Entwick-

lung kommt es ganz unverkennbar auch zu einer Verschiebung der Wertanteile zwischen Mechanik und Elektronik in den gerätetechnischen Erzeugnissen, und die Optik erhält zunehmende Bedeutung, wie es Abb. 7 beispielhaft für Geräte der Datenverarbeitungstechnik zeigt.

Mit den Veränderungen im Einsatzzweck und Aufgabenbereich entstehen zwangsläufig auch neue Gebrauchsanforderungen für Geräte, die bereits

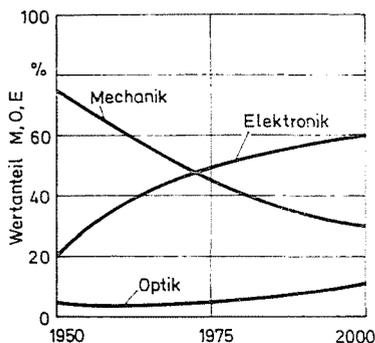


Abb. 7. Entwicklung der Wertanteile Mechanik(Elektronik)Optik bei Geräten der Datenverarbeitungstechnik

bei deren konstruktiver Entwicklung zu beachten sind. An erster Stelle ist hierbei die Leistungsfähigkeit oder auch Produktivität eines Gerätes zu nennen, die sich mehr und mehr zum entscheidenden Leistungskriterium entwickelt. Besonders deutlich wird dieser Anspruch für solche Erzeugnisse, die als Elemente der Betriebsmeß-, -steuerungs- und -regelungstechnik bereits heute zu Produktionsmitteln geworden sind. Die Leistungsfähigkeit eines Gerätes ist deshalb vorrangig als quantitative Kenngröße im Sinne höherer Verarbeitungsgeschwindigkeiten bzw. kleinerer Zugriffszeiten aufzufassen. Sie läßt sich z. B. durch eine Produktivitätsfläche grafisch darstellen, wie es Abb. 8

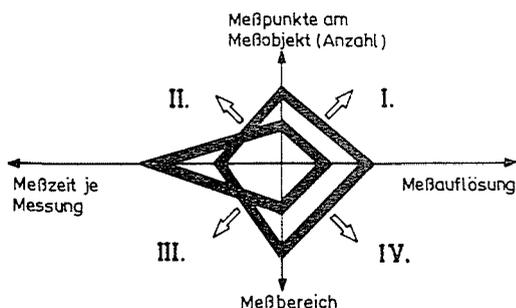


Abb. 8. Produktivitätsflächen eines Meßgerätes

am Beispiel des Vergleichs zweier Meßgeräte in Abhängigkeit von den interessierenden Parametern verdeutlicht. Man trägt dazu zum Beispiel auf vier Achsen die Meßzeit je Messung, die Anzahl der Meßpunkte am Meßobjekt usw. auf und erhält Aussagen hinsichtlich Arbeitsgeschwindigkeit, Automatisierungsgrad usw. Die Produktivität wird aber in immer stärkerem Maße auch zur qualitativen Kenngröße im Sinne des Erreichens komplexer und völlig neuer Gerätefunktionen. Die Erklärung der im Bild 8 angegebenen vier Quadranten:

- I. Höhere Auflösung, steigender Automatisierungsgrad
- II. Höhere Arbeitsgeschwindigkeit, steigender Automatisierungsgrad
- III. Wachsender Messbereich, höhere Arbeitsgeschwindigkeit
- IV. Höhere Auflösung, wachsender Messbereich

Mit dem wachsenden Einsatz von Geräten zu Automatisierungszwecken steigt desweiteren der Anspruch an die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der auszuführenden Funktionen. Die Zuverlässigkeitsanforderungen an das einzelne Gerät werden dabei in dem Maße größer, wie seine Verkettung in komplexen Systemen zunimmt, da für eine bestimmte Systemzuverlässigkeit die Zuverlässigkeitskennwerte der einzelnen Elemente im allgemeinen wesentlich größer sein müssen. Mit dem weiteren Eindringen in Mikrobereiche der Materie im Zusammenhang mit der Entwicklung der Mikromechanik sowie mit der Erhöhung von Verarbeitungsgeschwindigkeiten und dem Anwachsen der gegenseitigen Abhängigkeiten von Geräten in automatisierten Systemen steigen zugleich auch die Anforderungen an deren Genauigkeit.

Von den zahlreichen ökonomischen Kriterien seien hier die Material- und Energieökonomie hervorgehoben, zu deren Erfüllung bei der konstruktiven Entwicklung auch von Geräten entscheidende Beiträge geleistet werden können und die einen zunehmend wichtigeren Qualitätsfaktor darstellen. Ein etwas vereinfachtes Beispiel ist der Ersatz der im Abb. 9 gezeigten komplizierten materialintensiven mechanischen Baugruppe eines älteren Buchungsauto-

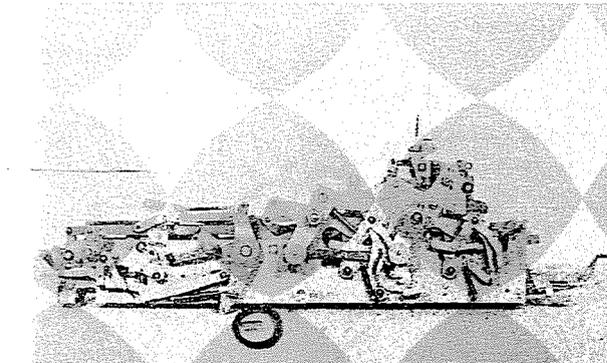


Abb. 9. Ersatz mechanischer Baugruppe durch integrierten Schaltkreis

maten, durch den im Vordergrund erkennbaren speziellen integrierten Schaltkreis sehr kleiner Baugröße. Aber auch die Einsparung hochwertiger Werkstoffe, wie z. B. Kupfer, für Übertragungsleitungen durch den Einsatz optischer Übertragungssysteme wie Lichtleitkabel, und vor allem auch die mit Anwendung der Mikroelektronik notwendige generelle Miniaturisierung und damit Materialeinsparung beim Aufbau technischer Gebilde sind hier zu nennen. Einhergehend mit dieser Entwicklung erobern sich neue und vielfach durch die Mikroelektronik ausgelöste zukunftssträchtige Technologien ein immer breiteres Anwendungsgebiet in der Gerätetechnik und wirken zugleich innovationsfördernd für neue Arbeitsprinzipie und neue Produkte.

So gelangen heute der Elektronenstrahl zur Herstellung höchstintegrierter Schaltkreise mittels Elektronenstrahl-Lithografie oder der Laserstrahl zum Beispiel in der Drucktechnik zur Anwendung. Die Glasfaser erobert sich zunehmende Einsatzgebiete als Licht- und Signalleiter und der Ultraschall z. B. in der Sonografie.

Zukunftsträchtige Technologien	Anwendungsbeispiele
— Elektronenstrahlen	Elektronenstrahl-Lithografie
— Laserstrahlen	Holografie Lichtquelle Drucker Isotopentrennung
— Nuklearstrahlen	Medizientechnik
— Infrarotstrahlen	Nachtsichttechnik
— Glasfaser	Signalleiter Lichtleiter
— Piezoelektrizität	Sender, Wandler, Filter, Schwinger Tasten
— Flüssigkristalle	Anzeigebausteine
— Ultraschall	Sonografie
— Fotolithografie	Planartechnik Ver- und Entspiegelungstechnik
— Vakuumbeschichten	Oxidationstechnik

Zukunftsträchtige Technologien für die Gerätetechnik

Die *Unifizierung*, *Typisierung* und vor allem die *Standardisierung* von Bauelementen, Baugruppen und kompletten Geräten schließlich ist nicht nur wegen der Stückzahlerhöhung für Wiederholelemente und der Automatisierung der technologischen Prozesse für den Hersteller von Vorteil, sondern ermöglicht dem Anwender eine hohe Variabilität und Kompatibilität sowohl bei der Nutzung als auch der Wartung und Reparatur. Der entscheidende Weg führt über die Entwicklung von Typen- und Baureihen bis hin zum Aufbau universeller Baukastensysteme, wie es z. B. mit dem in Abb. 10 dargestellten

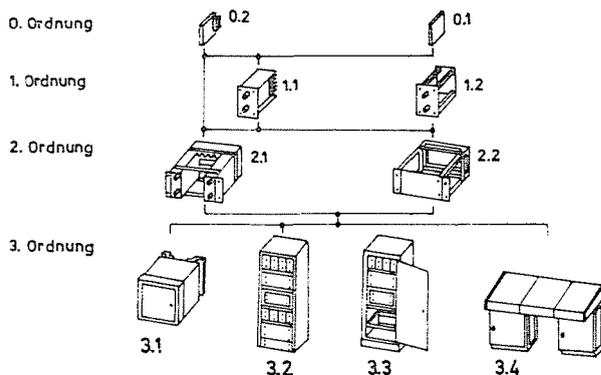


Abb. 10. Einheitliches Gefäßsystem — Systemübersicht

- 0.1. Karte
- 0.2. Karteneinschub, ungeschützt
- 1.1. Karteneinschub
- 1.2. Gestelleinschub
- 2.1. Baugruppeneinschub
- 2.2. Kasteneinschub
- 3.1. Aufbaugehäuse
- 3.2. Kastengehäuse
- 3.3. Schrank
- 3.4. Pult

einheitlichen Gefäßsystem seit längerer Zeit zur Verfügung steht. Generell leistet auch hier die Mikroelektronik zu dieser Tendenz einen nicht unwesentlichen Beitrag, da sie durch die variable Programmierbarkeit Funktionsänderungen durch einfachen Programmwechsel ermöglicht und somit einen Übergang vom Einzweckgerät zum variabel einsetzbaren Gerät einleitet.

Nicht zuletzt ist festzustellen, daß heute eine breite Palette von *Umweltbedingungen* einschließlich aller denkbaren Extrema beim Einsatz von Geräten zu beachten ist, die bei keinem anderen Erzeugnis erreicht wird. Moderne Geräte sind unter den verschiedensten klimatischen Bedingungen im Einsatz. Sie unterliegen zusätzlichen Belastungen bei Transport, Bedienung,

Wartung und Reparatur. Es ist daher unumgänglich, daß in der Gerätekonstruktion den Fragen des Geräteschutzes neben den vorher genannten Forderungen zunehmende Bedeutung beigemessen wird.

Im Zusammenhang mit den allgemeinen Tendenzen zur Erhöhung von Arbeitsgeschwindigkeiten rückt in diesem Rahmen insbesondere die Lärmbekämpfung in den Blickpunkt von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, da einerseits wegen des zunehmenden Einsatzes mikroelektronischer Bauelemente verschärfte Forderungen hinsichtlich der Geräuschminderung an

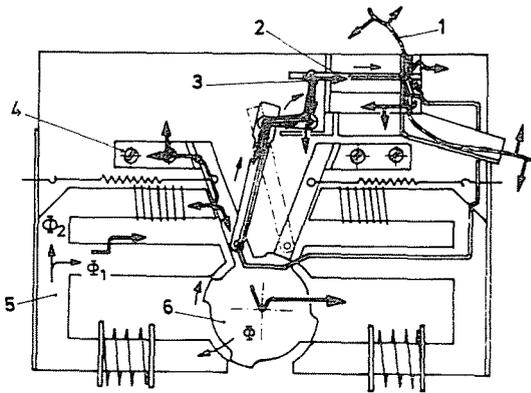


Abb. 11. Schallflussbild eines Lochstreifenstanzers

1. Lochstreifen
2. Stanznadel
3. Kniehebel
4. Anschlag
5. Magnetjoch
6. Anker

die weiterhin erforderlichen mechanischen und elektromechanischen Funktionsgruppen gestellt werden, andererseits dafür aber gesicherte und bereits in der Phase der konstruktiven Entwicklung anwendbare Regeln gegenwärtig nur z. T. zur Verfügung stehen. Deshalb ist es unter anderem zweckmäßig, sich z. B. anhand eines Schallflußbildes des zu entwickelnden Erzeugnisses, wie es Abb. 11 für einen Lochstreifenstanzer zeigt, zunächst Körperschallwege und Abstrahlflächen zu verdeutlichen und daraus schwerpunktmäßig Geräuschminderungsmaßnahmen abzuleiten.

Das verstärkte Eindringen der Gerätetechnik in alle Lebensbereiche des Menschen und die den sozialistischen Ansprüchen an die Arbeits- und Lebensbedingungen notwendigerweise adäquaten Gebrauchswerte von Geräten lassen aber auch das Kriterium Design immer mehr in den Vordergrund

treten. Prinzipiell ist darunter die Gestaltung des gesamten Gerätegebrauchsprozesses zu verstehen, d. h. die ästhetische, ergonomische und arbeitsschutztechnische Gestaltung von Geräten aus der Sicht des Nutzers.

Abbildung 12 vermittelt dazu am Beispiel des Sitzarbeitsplatzes an einem Pultgerät einen Eindruck von den bei der Konstruktion zu berücksichtigenden anthropometrischen und ergonomischen Forderungen. Nicht unerwähnt bleiben darf in diesem gesamten Rahmen, daß sich durch die Mikroelektronik die Einführung neuer Gerätegenerationen in immer kürzeren Zeiträumen vollzieht, bei Rechenanlagen derzeit im Abstand von etwa 4. . . 5 Jahren, in der Automatisierungstechnik z. T. sogar nur von ca. 3 1/2 Jahren. Infolge der breiten Palette von Disziplinen, die die gerätetechnische Realisierung von

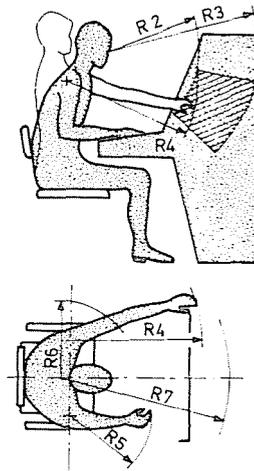


Abb. 12. Beispiel des Sitzarbeitsplatzes

Erzeugnissen beeinflussen, ist zur Beherrschung dieses Zeitfaktors in der Gerätekonstruktion kollektives Zusammenwirken dringende Voraussetzung, um von Beginn einer Entwicklung an die zukunftssträchtigsten Lösungen für die Gesamtkonzeption, die einzelnen Baugruppen und -elemente sowie die geeignetsten Herstellungsverfahren erarbeiten zu können.

Abgeleitet daraus ergeben sich für die Aus- und Weiterbildung eine Reihe von Folgerungen, die die bisherigen Lehrinhalte in der Hochschulausbildung z. T. erheblich verändern. Die den Gerätekonstrukteur unmittelbar betreffenden Gebiete sind dabei abschließend in folgenden dargestellt, auf denen er, aufbauend auf den naturwissenschaftlich-technischen, physikalischen und konstruktiv-technologischen Grundlagen über gesicherte Kenntnisse verfügen muß.

1. Konstruktiver Entwicklungsprozess
(Grundlagen, Methoden, Rechnereinsatz)
2. Geräteaufbau
3. Genauigkeit und Zuverlässigkeit
4. Schutz von Gerät und Umwelt
5. Funktionsgruppen
(Elektrotechnische, elektronische, elektromechanische, feinmechanische, optische)
6. Mechanismentechnik
7. Dynamik von Bewegungssystemen
8. Formgestaltung (Design)
9. Geräteverpackung

Sie erstrecken sich vom sicheren Beherrschen moderner Methoden und technischer Mittel im Konstruktionsbüro über Kenntnisse zum Gesamtaufbau moderner Geräte mit Mikroelektronik einschließlich von Fragen der Genauigkeit und Zuverlässigkeit sowie des Geräteschutzes und des Umweltschutzes bis hin zu modernen elektrisch-elektronischen, elektromechanischen, feinmechanischen, pneumatischen, hydraulischen, optischen und optoelektronischen Funktionsgruppen einschließlich der Dynamik ihres Bewegungsverhaltens. Darüberhinaus spielen das Design und die Regeln der Geräteverpackung auch in der Gerätekonstruktion eine immer größere Rolle. Letzteres sei abschließend deshalb betont, da mehr als 90% aller Geräte einer Verpackung bedürfen, aber etwa 80% der beim Transport auftretenden Schäden durch falsch konstruierte Verpackungen entstehen.

Zusammenfassung

Die Gerätekonstruktion entwickelt sich gegenwärtig unter dem Einfluß der Mikroelektronik außerordentlich schnell. Ihr kommt mit der Effektivierung wissenschaftlicher Arbeiten und mit der Automatisierung von Produktionsprozessen in den gegenwärtigen und künftigen Phasen der wissenschaftlich-technischen Revolution außerdem eine herausragende Bedeutung zu. Daraus ergeben sich ständig neue und höhere Forderungen an Funktion, technischökonomisches Niveau und Qualität gerätetechnischer Erzeugnisse, die im Beitrag dargestellt werden.

Literatur

1. AURICH, H.—FRANZ, L.—SCHÖNFELD, S.: Rechnerunterstütztes Konstruieren. Leipzig: Fachbuchverlag 1984.
2. TÖPFER, H.—KRIESEL, W.: Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.
3. KRAUSE, W.: Grundlagen der Konstruktion — Lehrbuch für Elektroingenieure, 4. Aufl., Berlin: VEB Verlag Technik 1986 und 3. Aufl. Wien/New York: Springer-Verlag 1984.
4. KRAUSE, W.: Gerätekonstruktion. 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1986; Moskau: Mashinostroenie 1986; Heidelberg: Hüthig-Verlag 1986.
5. EIGNER, M.—MAIER, H.: Einstieg in CAD. Ein Lehrbuch für CAD-Anwender. München: Carl Hanser Verlag 1985.
6. ANGEL, IAN O.: Grafische Datenverarbeitung. München: Carl Hanser Verlag 1982.
7. MÜTZE, U.: Optischer Präzisionsgerätebau — Entwicklung der Gerätetechnik, Automatisierung und Präzision. Feingerätetechnik 28, 437 (1979)
8. BÖGELSACK, G.: Erfolgreiche Grundlagenforschung für die Konstruktionstechnik. Feingerätetechnik 28, 473 (1979)
9. BÖHME, L.: Feingeräte unter dem Einfluß der Mikroelektronik. Feingerätetechnik 27, 194 (1978)

Prof. Dr. Werner KRAUSE } Technische Universität Dresden,
Dr. Günther RÖHRS } 8027 Dresden Mommsenstraße 13. DDR