Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 19

Artikel: Sensoren und Sensorik

Autor: Ruzek, V.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904485

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.12.2025

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

Sensoren und Sensorik

V. Ruzek

Begriffe wie Sensoren oder Sensorik kennzeichnen die heutigen Methoden der Messwerterfassung, Signalübertragung und Messdatenverarbeitung. Angeregt durch die Entwicklungen der Mikroelektronik, wurden in diesem Bereich beachtliche Fortschritte erzielt; damit haben sich die Möglichkeiten der Messtechnik technisch und wirtschaftlich bedeutsam erweitert und in ganz neuen Arbeitsgebieten interessante Anwendungen gefunden. Der Aufsatz bemüht sich um eine Klärung des Begriffs und beschreibt die Technologien und Anwendungsbereiche der Sensorik.

Les notions telles que senseurs et sensorique caractérisent les méthodes modernes de saisie des valeurs de mesure, transmission de signaux et traitement des données de mesures. Grâce aux développements en micro-électronique, d'importants progrès ont été obtenus dans ce domaine et permettent une nette extension technique et économique de la métrologie, avec d'intéressantes applications dans des secteurs tout à fait nouveaux. L'article s'efforce de clarifier la notion de sensorique et en décrit les techniques et domaines d'application.

Herrn Professor *H. Kern* zum 70. Geburtstag gewidmet.

Adresse des Autors
Dr. *V. Ruzek*, Professur für elektrotechnische Entwicklungen und Konstruktionen, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

1. Einleitung

In allen Bereichen ist die technische und industrielle Entwicklung eng mit den Fortschritten der Messtechnik verbunden. Jeder Versuch, die Herstellverfahren leistungsfähiger zu gestalten, die Erzeugnisqualität zu verbessern oder die Produktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, zwingt dazu, die Prozessparameter genauer, schneller, umfassender und zuverlässiger als bisher zu erfassen. Bei jedem Schritt auf dem Weg der Automatisierung sind die von menschlichen Sinnen erfassten Vorgänge und Betriebszustände durch geeignete technische Einrichtungen zu ersetzen. Die Aufgaben, die dabei heute gelöst werden müssen, gehen über die Erfassung einzelner physikalischer Grössen weit hinaus und können bis zu solch rechenintensiven Auswertungen führen, wie sie für die automatische Zeichenerkennung gedruckter und geschriebener Texte oder für die Schichtaufnahmetechnik der Röntgen- und Kernspintomographie erforderlich sind.

2. Sensorik – ein neuer Begriff

Wodurch unterscheidet sich nun die Sensortechnik von der herkömmlichen Messtechnik? In Kraftwerken, in der Verfahrenstechnik und bei anderen grosstechnischen industriellen Prozessen hat die systematische Erfassung und Verarbeitung umfangreicher Messdaten eine lange Tradition. Seit vielen Jahrzehnten werden vielfältig physikalische Effekte ausgenutzt, um mechanische, thermische, chemische und andere Prozessgrössen vorwiegend in elektrische Signale umzusetzen, diese zu übertragen, selbsttätig auszuwerten und zu registrieren. Diese Aufgaben muss die Prozess-Messtechnik teilweise unter aussergewöhnlichen Nebenbedingungen, wie beispielsweise unter extremen Drücken und Temperaturen, in aggressiver Umwelt und anderen erschwerenden Umständen genau und zuverlässig erledigen. Solche Bedingungen erfordern sorgfältig angepasste Konstruktionen der Mess-, Übertragungs- und Verarbeitungsglieder; hierfür ist ein entsprechender technischer und wirtschaftlicher Aufwand nötig.

Die neueren Entwicklungen der Mikroelektronik beeinflussen inzwischen in entscheidendem Masse alle drei der genannten Teilgebiete der Prozessmesstechnik. Deren Anwendungsbereichen werden damit in einem heute noch keineswegs voll überschaubaren Umfang neue Möglichkeiten eröffnet. Wegen dieser Entwicklungen und vor allem auch aus wirtschaftlichen Gründen lassen sich zudem ganz andere Gebiete als bisher einer umfassenden Ausrüstung mit mess-, signal- und informationstechnischen Ausrüstungen erschliessen.

Die neuartigen Technologien der Messwerterfassung und Verarbeitung, der erweiterte Anwenderkreis mit der entsprechenden Vielfalt an technischen Forderungen und gerätetechnischen Ausführungsformen und nicht zuletzt auch ein gewisser Wunsch, die neueren Entwicklungen nicht zu sehr mit alteingeführten Begriffen zu beschweren, lassen es erklärlich erscheinen, wenn der Messfühler heute bevorzugt Sensor genannt und der gesamte Arbeitsrahmen, der über die klassische Messtechnik in mancherlei Hinsicht hinausreicht, mit Sensortechnik oder Sensorik bezeichnet wird.

Wie häufig bei neuen Schöpfungen der Fachsprache, vor allem wenn sie ein umfangreiches Gebiet kennzeichnen sollen, ist der Inhalt des Begriffs Sensortechnik nicht einheitlich abgegrenzt, auch in den Normen hat er sich noch nicht niedergeschlagen, vielleicht gerade deshalb wird er besonders fleis-

sig benutzt. Hier kann die Frage offenbleiben, ob Sensorik nur ein Teilgebiet der Messtechnik umfasst, ob dieser Begriff übergreifend das gesamte kombinierte Arbeitsgebiet der Messwerterfassung, Signalübertragung, die informationstechnische Signalverarbeitung und Registrierung beschreibt oder ob die hauptsächlich aus der Mikroelektronik abgeleiteten neueren Herstelltechnologien kennzeichnendes Charakteristikum sein sollen. Zweifelsfrei spielt aber der letztgenannte Gesichtspunkt eine besondere Rolle in der gesamten Diskussion über den Stand und die Entwicklungstendenzen der Sensorik.

3. Neuere Fertigungstechnologien

Der wichtigste Impuls, neuere Fertigungstechnologien für die Sensorik dienstbar zu machen, kommt wie bereits gesagt aus der Halbleiterelektronik. Hier liegen grosse Erfahrungen vor, in verwickelten physikalischen und chemischen Prozessen komplizierte Strukturen kleinster Abmessungen mit hoher Präzision als Massenprodukt herzustellen. Für die *Siliziumtechnologie* auf der Grundlage von Einkristall-Wafern stehen vielfältige Verarbeitungsverfahren, wie fotochemische Prozesse, Diffusionsbehandlung, Ionenimplantation, Elektronenstrahlbearbeitung, «Aufdampen» und «Aufsputtern» von Schichten und Schichtenfolgen sowie die Schutzbeschichtung mit SiO_2 zur Verfügung. Damit lassen sich mechanische Strukturen, wie Membranen oder kleine Balken im µm-Bereich, beispielsweise für Druck und Beschleunigungssensoren, aber auch mit Hilfe geeigneter Dotierungen oder Katalysatorbeschichtungen optische, magnetische oder chemische Sensoren realisieren. Darüber hinaus bietet sich die Siliziumtechnologie geradezu an, zusätzliche Signalverarbeitungsschaltungen auf dem Halbleiterchip des Sensors mit zu integrieren, um die Kennlinien zu modifizieren, die Signale aufzubereiten, zu verstärken, in andere Darstellungsformen umzuwandeln und sie gegen Stör- und Umgebungseinflüsse weitestgehend abzusichern. Mehrfunktions-Sensoren, die beispielsweise Druck, Temperatur und Feuchtigkeit zu bestimmen erlauben, sind der nächste Entwicklungsschritt; bei entsprechenden Stückzahlen wird dabei häufiges Ziel sein, diese Gebilde als Ein-Chip-Sensor möglichst wirtschaftlich zu realisieren.

Die *Dünnfilmtechnologie* arbeitet mit dünnsten Schichten im µm-Bereich; Schichtmaterialien sind Metalle, Metallegierungen und andere Verbindungen, wie beispielsweise Kadmiumsulfat. Glasplatten, Keramikscheiben oder Kunststoffolien dienen als Träger. Die Schichten werden im Vakuum aufgedampt, durch Kathodenzerstäubung aufgesputtert oder aus chemischen Bädern abgeschieden, durch Druck, photochemische Verfahren, mit Laserquellen, Elektronenstrahlen oder Ätzprozeduren strukturiert. Typische Sensoren, die in Dünnfilmtechnologie realisiert werden, sind Dehnmessstreifen, Temperaturdetektoren auf der Grundlage der thermischen Widerstandsänderung und hierauf aufbauend beispielsweise Messfühler für den Füllstand in Behältern oder für die Windgeschwindigkeit.

Die *Dickfilmtechnolgie* arbeitet mit Leiter- und Widerstandspasten, die im Siebdruck auf Keramikträger aufgebracht und in Temperprozessen umgewandelt werden. Es lassen sich Temperatur, Druck-, Feuchte- und andere Sensoren realisieren, die zusätzlich mit Anpassungsschaltungen ebenfalls in Dickfilmtechnik auf demselben Träger ausrüstbar sind. Durch Abgleichprozeduren mit Lasergeräten können hohe Fertigungsgenauigkeiten erreicht werden, Widerstände sind ohne weiteres auf etwa 0,25% trimmbar. Ein Vorteil der Dickschichttechnik liegt darin, dass auch kleinere Stückzahlen im Umfang von 100 bis 1000 Stück pro Jahr noch wirtschaftlich realisierbar sind. Dies ist deshalb wichtig, weil angesichts der grossen Vielfalt der Anforderungen, die an die einzelnen Sensoren seitens der Anwender gestellt werden, die erforderlichen Losgrössen für die Siliziumtechnologie im Bereich über 10 000 Stück/Jahr oft nicht zustande kommen.

Die *Glasfasertechnik*, die im Gebiet der Signalübertragung derzeit umfassend studiert und erprobt wird, bietet der Sensorik ebenfalls sehr interessante Möglichkeiten. Dabei werden optische Signale durch Temperatur, Lageänderungen, elektrische oder magnetische Felder beeinflusst; entscheidender Vorteil solcher Sensoren ist die hohe Eigensicherheit in explosionsgefährdeten Bereichen oder die hohe Störsicherheit gegenüber elektromagnetischen Störungen (EMC).

Sofern sich die hochgespannten Erwartungen der aufstrebenden Mikrobiologie auch nur annähernd erfüllen, könnten zukünftig auch *Bio-Sensoren* als sensible Detektoren im chemisch-analytischen Bereich das Gebiet der Sensorik in interessanter Weise erweitern und ergänzen.

Daneben werden aber auch die *klassischen Messwertfühler*, die bekannten Geber für Weg, Druck, Temperatur usw., weiterentwickelt, verbessert und verkleinert. Hier ist eine ähnliche Entwicklung festzustellen wie bei der Relaistechnik, die auf die Herausforderungen der Halbleiterelektronik mit beachtenswerten Fortschritten hinsichtlich Leistung und Miniaturisierung geantwortet hat; die Relaistechnik wurde hierdurch sehr gefördert und keineswegs abgelöst.

4. Anwendungsbereiche

Umfangreiche Mess- und Überwachungssysteme finden in der Verfahrenstechnik, bei der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie, in der Luft- und Raumfahrt und in militärischen Bereichen seit langem ausgedehnte Anwendung; mit den neueren Entwicklungen der Sensorik werden derartige Systeme weiterentwickelt und ausgebaut, aber nicht grundsätzlich verändert. Wo aber sind die Gebiete, die den Sensoren neue und bisher unbekannte Aufgaben erschliessen?

Hier gibt es einmal den Bereich technisch hochwertiger Massengüter, das sind grössere *Hausgeräte*, die *Bild- und Tongeräte* und die *Automobiltechnik*. Durch die Sensortechnik wird die Bedienung vereinfacht, die Leistung und der Schutz gegen Fehlbenutzung und Überlast verbessert und der Bedarf an Energie- und Einsatzmitteln reduziert. Diesem Bereich geben die Marktprognostiker bereits in naher Zukunft einen Anteil von bis zu 75% der Sensor-Stückzahlen. Allerdings dürften diese sehr optimistischen Voraussagen nur dann auch tatsächlich eintreten, wenn es gelingt, die Kosten, besser eigentlich die Preise für die im Massengüterbereich benötigten Sensoren dem Niveau der entsprechenden elektronischen Komponenten anzupassen. Bislang wurden die hierzu erforderlichen Stückzahlen nur in wenigen Fällen erreicht.

Anders ist die Situation im Bereich der *mechanischen Fertigungstechnik*, wo heute bereits in grossem Umfang

die einzelnen Produktionsschritte durch eine Vielzahl von Sensoren überwacht, gesteuert und geregelt werden. Der Zwang zur Wirtschaftlichkeit, die zunehmend flexibler gestalteten Produktionsanlagen mit programmierbaren Arbeitsabläufen zwingen zur Anwendung umfangreicher Sensoreinrichtungen. Auch sehr komplexe Anordnungen mit bilderkennenden Systemen oder Korrelations-Messverfahren sind hier nicht ungewöhnlich, ja oft notwendig, um die Möglichkeiten der vielfältig mit Handhabungsautomaten und Robotern ausgerüsteten Fertigungssysteme voll nutzen zu können.

Die *medizinische Gerätetechnik* benutzt die Sensorik in ausgedehntem Masse. Gerade in jüngster Zeit wurden sehr leistungsfähige, allerdings auch aufwendige Verfahren der Diagnose mit Röntgenstrahlen, Ultraschall und auf kernphysikalischer Basis entwikkelt und in die Praxis eingeführt. Voraussetzung hierfür war die Entwicklung empfindlicher Signaldetektoren im Verein mit einer umfangreichen und schnellen Messdatenverarbeitung. Daneben führt die Sensorik aber auch in individuellen Therapiegeräten, wie Herzschrittmachern oder automatischen Dosiereinrichtungen für Medikamente, zu neuen und interessanten technischen Lösungen.

Die *allgemeine Überwachungstechnik* ist ein breites, für Sensoranwendungen zunehmend aktuelles Gebiet geworden. Detektoren, die Brände oder Einbrüche in Gebäuden melden, die Abgasbelastungen in Verkehrsbauwerken überwachen oder in sonstiger Weise für Sicherheitsaufgaben eingesetzt werden, müssen in doppelter Weise zuverlässig arbeiten. Einmal muss auch in oft jahrelangem wartungsfreiem Einsatz die Funktionstüchtigkeit zuverlässig erhalten bleiben, anderseits soll das System auch nicht durch Fehlalarm in seiner Wirkung beeinträchtigt werden.

Neben diesen von Sicherheitswünschen motivierten Überwachungsaufgaben gibt es wissenschaftliche Fragen, die nur durch eine langdauernde Beobachtung vieler Einzelparameter mit vielen Einzelmessstellen entscheidbar sind, man denke beispielsweise an klimatische, seismische oder meteorologische Probleme. Hierzu sind vielfach automatische Erfassungs-, Übertragungs- und Auswertesysteme unerlässlich.