Sensor und Aktor : fast immer verheiratet!

Autor(en): **Biefer, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 17

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902103

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sensorik – ein Gebiet der Technik, das in letzter Zeit enorm an Bedeutung zugenommen hat. Es verwendet Elemente der Elektronik, der Informatik, der Optik und der Automatik, aber auch aus dem Maschinenbau und der Chemie und weiteren Gebieten. Eine echte Herausforderung für Systemingenieure und Teams, die aus Spezialisten verschiedenster Fachrichtungen zusammengesetzt sind. In der Umwelt- und Prozesstechnik, in der Fahrzeugelektronik, im Maschinenbau, in der Büroautomation und im chemischen Anlagenbau – die Aufzählung ist nicht vollständig – finden Sensoren und Aktoren mannigfache Anwendung, sind geradezu unentbehrlich geworden. Es überrascht daher nicht, dass der weltweite Markt für Sensoren und Aktoren rasch anwächst: für das Jahr 2000 erwartet man einen Umsatz von rund 50 Mrd. Franken.

Sensor und Aktor – fast immer verheiratet!

■ Hans Biefer

Aktive und passive Sensoren

Es gibt kaum einen physikalischen Effekt, der nicht als Sensorbasis genutzt werden könnte. Dementsprechend gibt es piezoelektrische und elektromagnetische Sensoren, Thermoelemente, Photoelemente und chemische Sensoren; Elemente, die zum Beispiel als Folge einer Einwirkung eine elektrische Spannung abgeben. Die grösste Untergruppe bei den passiv arbeitenden Sensoren bilden die Widerstandssensoren. Da sind zunächst die potentiometrischen Sensoren, bekannt als Drahtpotentiometer, als Schichtpotentiometer, als Hohlwellenpotentiometer, als Linearpotentiometer. Die Dehnungsmessstreifen-Technik (DMS, Strain Gauge) findet in der experimentellen Spannungsanalyse, bei Kraft- und Drehmomentmessungen vielfältige Anwendung. In die Klasse der magnetoresistiven Sensoren gehören die Feldplatten und die Hallgeneratoren. In der Gruppe der temperaturabhängigen Widerstände tauchen die bekannten PTC-Widerstände (Kaltleiter) und die NTC-Widerstände (Heissleiter) auf, dazu gehören aber auch das Widerstandsthermometer, etwa als Pt 100-Ausführung, und das Hitzdraht-Anenometer zur Gasgeschwindigkeitsmessung.

Einfache Lichtschranken werden mit LED und Fototransistoren betrieben (optische Sensoren). Lichtleiter erweitern den Einsatzbereich. Es gibt optoelektronische Positions- und Abstandssensoren sowie faseroptische Sensoren. Eine berühmte Anwendung einer Lichtfaser als Sensor ist der Faserkreisel, der den mechanischen Kreiselkompass fast vollständig verdrängt hat. Induktive und kapazitive Systeme eignen sich insbesondere als Näherungs- oder Abstandssensoren.

Aktoren und Aktorsysteme

In den weitaus häufigsten Fällen sind die Aktoren Teil eines Regelkreises (Closed Loop Control). Die Daten eines Prozesses werden über Sensoren erfasst, diese Information wird verarbeitet und als Stellsignal dem Aktor(system) zugeführt, der im Sinne einer Regelung in den Prozess eingreift. Wie bei den Sensoren werden für den Bau der Aktoren die verschiedensten physikalischen Effekte ausgenützt.

Adresse des Autors
Hans Biefer, Dipl. El.-Ing.
Scheunenstrasse 18d, 3400 Burgdorf

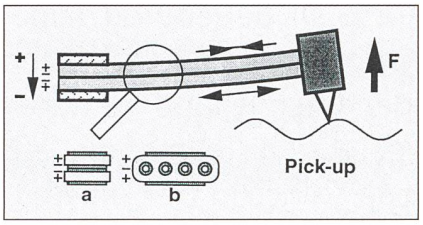


Bild 1 Piezokeramik-Kraftsensor in der Anwendung als Pick-up

a Bimorph (Transversaleffekt mit zwei Platten)
b Multimorph (Transversaleffekt mit Mittenelektrode zur Polarisierung)

Zu den elektromagnetischen Aktoren gehören elektronisch betriebene Kleinmotoren, Gleichstrom- und Wechselstrommagnete, Schwinganker- und Tauchspulmotoren. Eine weitere Aktorengruppe beruht auf Piezoelektrizität, Elektrostriktion und Magnetostriktion, wobei der wichtigste Vertreter der Piezoaktor ist. Die nächste Gruppe bilden die thermischen Aktoren: Thermobimetall (Schichtverbundwerkstoffe aus mindestens zwei Komponenten mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten), die Memory-Legierung mit Formgedächtnis und Dehnstoffelemente mit Volumenzunahme durch thermische Ausdehnung (Beispiel: Atmosuhr, eine Schweizer Erfindung von 1928). Die elektrochemischen Aktoren beruhen auf dem Prinzip der Gasentwicklung, die in einem elektrolytischen System beim Anlegen einer Gleichspannung einsetzt; dabei wird in einem geschlossenen System Druck aufgebaut.

Fernmessen und Fernsteuern

Die Telemetrie ist ein Spezialgebiet der Mess- und Datentechnik. Sie ist ein unumgängliches Hilfsmittel zur Fernüberwachung von technischen Abläufen und Prozessen sowie auch für Fernwirkaufgaben. Grosse Bedeutung erlangte die Telemetrie in der Medizinaltechnik und in der Prototypprüfung von komplexen Maschinen im realitätsnahen Einsatz. Die Telemetrie ist vor allem dann sinnvoll, wenn direkte Kabelverbindungen nicht möglich sind.

Hochwertige Datenübermittlung erfordert eine hohe Übertragungsbandbreite; zum Beispiel ist bei einer 16-Bit-8-Kanal-Anlage mit DC bis 5 kHz mit mindestens 3,2 MHz Bandbreite zu rechnen. Für weniger als 4 Kanäle eignet sich die Frequenzmultiplex-Methode, bei höheren Kanalzahlen dagegen die Zeitmultiplex-Methode. Die aufbereiteten Signale werden auf den Sendeträger moduliert und übermittelt.

Das Übertragungsmedium bei der Funktelemetrie ist die Radiowelle im Bereich von 1 bis 5000 MHz. Eine teure Lösung! Zudem besteht das Handicap infolge der von seiten der PTT beschränkten HF-Bandbreite und Sendeleistung. Bei der optischen Telemetrie ist sichtbares Licht, Infrarot und Laser das Medium. Unter passiver Telemetrie versteht man eine Fernmessmethode, bei der die Messdatensender (Transponder) ohne eigene Energiequellen arbeiten. Bekannte Methoden sind normale Telemetriesender mit induktiver Fernspeisung, Responder, die eine Anregungsfrequenz vervielfachen, Resonatoren, die mit Dirac-Stössen angeregt werden, sowie Resonatoren, deren Resonanzfrequenzen durch Modulation mit einem Signal verändert werden. Bei der Speichertelemetrie ist ein Speicherchip oder ein Magnetband der Träger der Information. Weil der Speicher transportiert wird, ist die Übertragungsdistanz unbeschränkt; anderseits erhält man keine Online-Daten. Wegen der Verfügbarkeit immer kleinerer Halbleiterspeicher mit zunehmender Kapazität sind diese Datenlogger ein Wachstumsmarkt, zum Beispiel bei der Qualitätskontrolle von Nahrungsmitteln bei Transport und Lagerung.

Heute – die Qual der Wahl!

In dem hier auf engem Raum gegebenen Kursüberblick finden sich manche Hinweise, aber keine Details. Selbst wenn man den SVS-Kurs «Übersicht über Sensor- und Aktorsysteme» (Kasten) besucht hat, kann man sich leicht in der Fülle der Informationen verirren. Da hilft die grosszügig ausgestattete Kursdokumentation mit vielen Bildern, Formeln und Daten, in der man (fast) alles findet. Und wem das noch nicht genügt, der findet in diesem Dokument zu fast jedem Kapitel weiterführende Literaturhinweise.

Vor 50 Jahren – war's anders

Der Name Sensor war damals noch nicht üblich; man sprach bescheiden von Aufnehmern, Fühlern, Gebern. Der Autor dieses Beitrags leitete damals, Anfang der 40er Jahre, bei Brown-Boveri in Baden eine kleine Arbeitsgruppe, die sich mit piezoelektrischen Substanzen beschäftigte. Diese «Kristallgruppe» stellte Pick-ups für Plattenspieler her, und zwar aus der Substanz Seignettesalz, dem Salz der Weinsteinsäure (Kaliumnatriumtartrat). Abnehmer dieser Pick-ups war eine grössere Musikgerätefirma im Waadtlän-

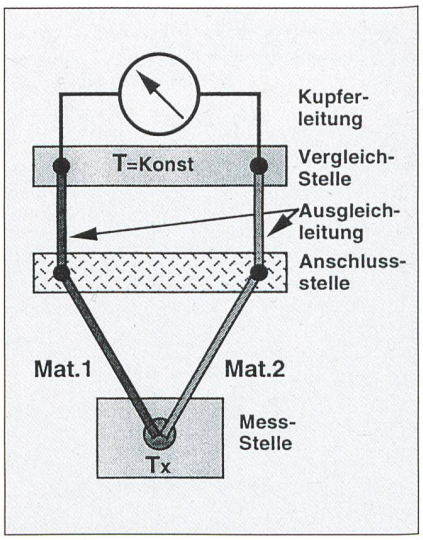


Bild 2 Temperaturmessung unter Verwendung eines Thermoelementes

Die Temperatur der Vergleichstelle muss konstant gehalten werden. Gegebenenfalls muss das Thermoelement mit Ausgleichleitungen verlängert werden.

Seit 1987 besteht die SVS, die Schweizerische Vereinigung für Sensortechnik, mit über 100 Fachleuten und Firmen als Mitglieder. Die Informationsvermittlung findet vor allem in Form von Besuchen bei Firmen und in Instituten statt. Vorträge und Betriebsbesichtigungen finden überall in der Schweiz statt. Man erhält Einblicke in Unternehmen, in die man als einzelner kaum Eingang fände. Die Mitglieder erhalten regelmässig ein Bulletin, in dem über die Besichtigungen Bericht erstattet wird und Nachrichten zur Sensorik vermittelt werden. Der SVS-Vorstand weist auf Weiterbildungsmöglichkeiten hin und organisiert auch eigene Kurse. Ein Beispiel für diese Tätigkeit ist der SVS-Kurs «Übersicht über Sensor- und Aktorsysteme» von P. A. Neukomm, Dozent an der ETH Zürich, und R. Brunner, Dr. Brunner und Partner AG. Dieser Kurs diente dem Autor dieses Beitrags als Grundlage.

Die von der SVS organisierten Kurse finden mehr oder weniger regelmässig meistens im Spätherbst in Bern statt. Auskünfte erteilen: Annette Locher, c/o FSRM, Rue Jaquet-Droz 1, 2007 Neuchâtel, Telefon 032 720 09 30, Dr. Peter Neukomm, Professur für Elektrotechnische Entwicklung und Konstruktion, ETH Zürich, Telefon 01 632 51 17.

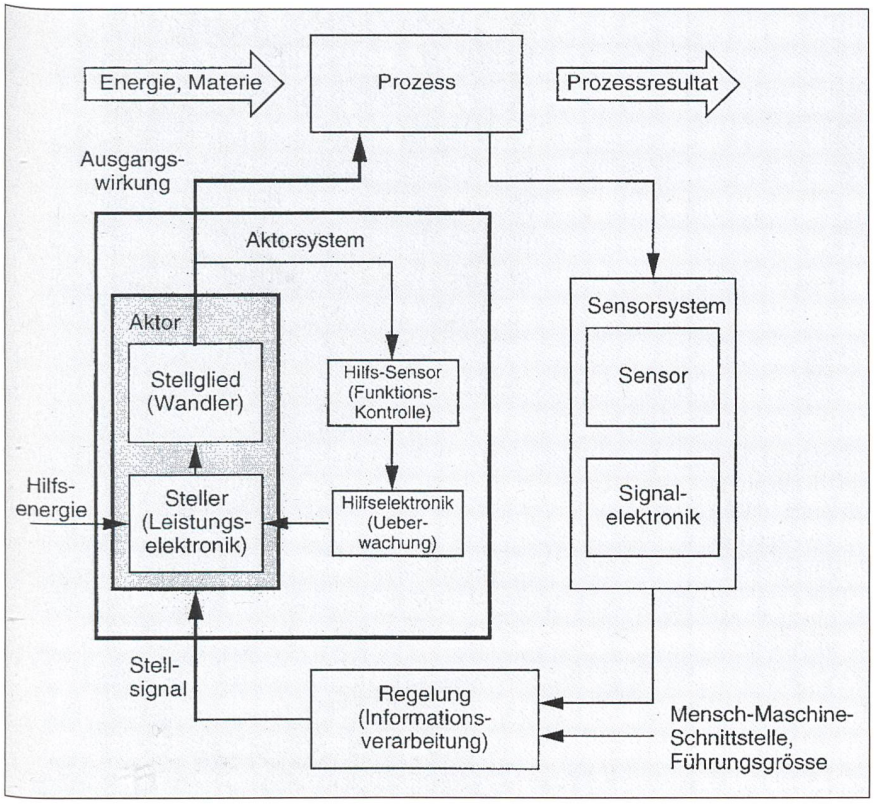


Bild 3 Werden die Prozessdaten über Sensoren erfasst und einem Regler zugeführt, so gelangt man über das Aktorsystem zum geschlossenen, automatisch arbeitenden Regelkreis (Closed Loop Control).

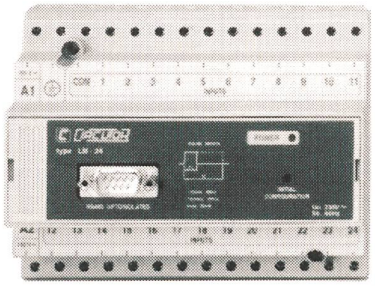
Senseur et actionneur – presque toujours «mariés»!

La technologie de capteur est un domaine dont l'importance n'a cessé de croître énormément ces derniers temps. Elle utilise des éléments de l'électronique, de l'informatique, de l'optique et de l'automatique, mais aussi des éléments de la construction mécanique, de la chimie et d'autres domaines encore. C'est un véritable défi pour les ingénieurs systèmes et pour les équipes, composées de spécialistes de disciplines les plus diverses. Dans les techniques des processus et de l'environnement, dans l'électronique automobile, dans la construction mécanique, dans la bureautique et dans la réalisation d'installations chimiques – l'énumération n'est pas exhaustive – les senseurs et les actionneurs trouvent des applications variées, ils sont pratiquement devenus incontournables. La croissance rapide du marché mondial des senseurs et des actionneurs ne surprend donc pas: pour l'an 2000 on escompte un chiffre d'affaires d'environ 50 milliard de francs.

der Jura. Dank der grossen Spannungskonstante der Seignettekristalle funktionierten diese Pick-ups auch bei bescheidener nachfolgender Verstärkung recht gut. Bis ... ja bis sich ein schwerer Nachteil bemerkbar machte: Seignettekristalle sind wasserlöslich, sind stark hygroskopisch, und es war recht schwierig, die Kristallpakete wasserdicht einzupacken. Die Lebensdauer war daher stark beschränkt. Heute werden – wie im Kurs von Dr. Neukomm zu vernehmen war – die piezoelektrischen Pick-ups aus dem Material Multimorph-Piezokeramik hergestellt.

Seignettesalz war aber nicht die einzige Substanz, mit der sich die Kristallgruppe abgab. Das Militärdepartement, damals geführt von Bundesrat Rudolf Minger, meldete einen starken Bedarf an Quarzkristallen in der Form von Schwingkristallen für Funkgeräte. Guter Rat war teuer: Da die Grenzen geschlossen waren, konnten aus Übersee kaum geeignete Einzelkristalle eingeführt werden. Der schweizerische Bergkristall war wegen oft vorhandener Einschlüsse und Zwillingsbildung nicht brauchbar. In Zusammenarbeit mit dem physikalischen Institut der ETH, das unter der Leitung von Prof. Dr. Paul Scherrer stand, stellte die Kristallgruppe synthetische Kristalle her, zum Beispiel aus Kaliumphosphat oder Ammoniumphosphat. Durch Schneiden mit der Diamantsäge und Schleifen entstanden Schwingkristalle, die recht brauchbar waren. Wir unternahmen es auch, diese Kristalle in elektrische Frequenzfilter einzubauen. Diese Kristallfilter, zu Bandpässen abgeglichen, waren für die damals im Aufbau befindliche Trägerfrequenztechnik bestimmt. Aber es kam, wie es kommen musste. Kaum war die Filterentwicklung einigermassen abgeschlossen, da war Victory Day, die Grenzen öffneten sich, und man erhielt wieder einwandfreie Quarzkristalle, die dem synthetischen Behelfsmaterial deutlich überlegen waren.

Der SEV auf dem Internet / L'ASE sur l'Internet:
http://www.sev.ch

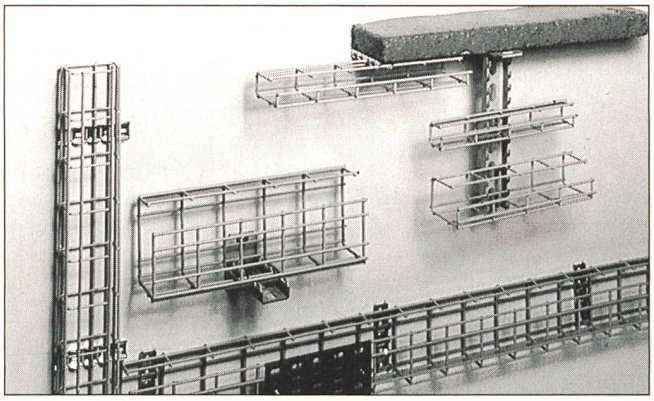


LM-24 DATENSAMMLER

Der LM-24 Datensammler von CIRCUTOR eignet sich vorzüglich für das zentrale Addieren, dezentral anfallender Impulse, in der Regel einer Energie (kWh) oder einer Menge (Stück, kg, m3. Liter) proportionale Zählwerte. Bis 32 Datensammler in einem Netzwerk (3-adrig, verdrilltes Kommunikationskabel, bis max. 1200 m Länge) parallel vernetzt, ermöglichen 768 unterschiedliche Datenmengen auf den PC zentral zu kontrollieren, darzustellen und auszuwerten.

ELKO SYSTEME AG

Messgeräte • Systeme • Anlagen zur Kontrolle und Optimierung des Verbrauches elektrischer Energie
Haldenweg 12 CH-4310 Rheinfelden
Tel. 061-831 59 81 Fax 061-831 59 83



G-Kanäle u. kleine Gitterbahnen

Die neuen Installationskanäle (Pat.) aus halogenfrei hellgrau beschichtetem Gitterdraht von LANZ.

- **6 Grössen 50×50 bis 100×150 mm, Länge 2 m.**
- **Platzsparend an Decken ab 56 mm Gesamthöhe.**
- **Montage:**
  Hakenschiene oder Hakenschienen-Stütze anschrauben — G-Kanäle oder kleine Gitterbahnen einhängen — Kabel seitlich einlegen — fertig!

Rascher, sauberer und professioneller montieren mit G-Kanälen und kleinen Gitterbahnen von
LANZ 062/388 21 21 Fax 062/388 24 24
und Ihrem Elektrogrossisten.

☐ **LANZ G-Kanäle und kleine Gitterbahnen interessieren mich! Bitte senden Sie Unterlagen.**

☐ **Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!**

Name/Adresse/Tel.: _____

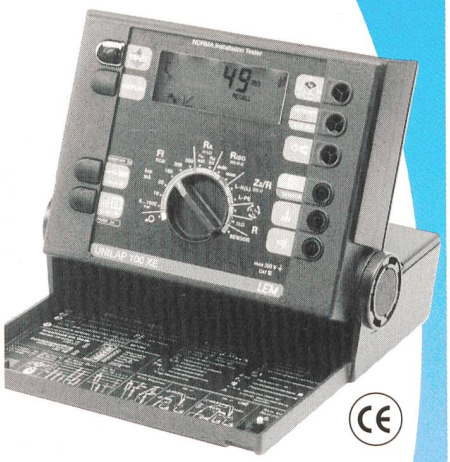
13

LANZ **lanz oensingen ag**
CH-4702 Oensingen · Telefon 062 388 21 21

Warum tragen Sie 5 Messgeräte mit sich?

Das UNILAP 100 XE bietet Ihnen alles in einem.

Infrarot-Schnittstelle für PC-Kommunikation



- Alle Messungen für die Schutzmassnahmenprüfung nach NIN
- Erdungswiderstand: eigenversorgte, fremdversorgte und selektive Messung
- Strom, Leistung, cos phi und Energie
- Durchgangswiderstand
- Temperatur und Lichtstärke

Erhältlich bei:

8010 Zürich
OTTO FISCHER AG
Tel. 01/276 76 76

6415 Arth
Elektro-Wiget GmbH
Tel. 041/855 16 12

8304 Wallisellen
Winterhalter+Fenner AG
Tel. 01/839 58 11

5610 Wohlen
Ulrich Matter AG
Tel. 056/618 66 00

LEM ELMES AG
Bahnhofstrasse 15
8808 Pfäffikon SZ
Tel. 055/415 75 75
Fax 055/415 75 55
E-mail: lel@lem.com

LEM