

- [5] *Singh-Verma, S.B.*: Über den Einsatz der Propionsäure zur Konservierung von industriell hergestellten Mischfuttermitteln sowie von feuchtem Getreide und Mais. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen. Zbl. Bakteriologie, II, Bd. 125 (1970) Nr. 1, S. 100/11.
- [6] *Deyoe, C.W., C.S. Rao u. R.P. Knake*: Preservation of high moisture grain using organic acids. Ann. Technol. agric. Bd. 22 (1973) S. 605/14.
- [7] *Britt, D.G. u. J.T. Huber*: Preservation of and animal performance on high moisture corn treated with ammonia or propionic acid. J. Dairy Sci. Bd. 59 (1976) S. 668/74.
- [8] *Sauer, D.B., T.O. Hodges, R. Burroughs u. H.H. Converse*: Comparison of propionic acid and methylene bis propionate as grain preservatives. Trans. ASAE Bd. 18 (1975) Nr. 6, S. 1162/64.
- [9] *Bothast, R.J., E.B. Lancaster u. C.W. Hesseltine*: Ammonia kills spoilage in corn. J. Dairy Sci. Bd. 56 (1973) S. 241/45.
- [10] *Peplinski, A.J., O.L. Brekke, R.J. Bothast u. L.T. Black*: High moisture corn — an extended preservation trial with ammonia. Trans. ASAE Bd. 21 (1978) Nr. 4, S. 773/76.
- [11] *Schmidt, L., F. Weißbach u. G. Peters*: Harnstoff als Konservierungsmittel bei der Lagerung feuchter Futterstoffe. Arch. Tierern. Bd. 28 (1978) Nr. 2, S. 123/39.
- [12] *Schmidt, L., F. Weißbach u.a.*: Chemische Konservierung von feuchtem Futtergetreide mit Harnstoff in der AIV Kröpelin. Feldwirtschaft Bd. 20 (1979) Nr. 5, S. 213/17.
- [13] *Ghate, S.R. u. W.K. Bilanski*: Preservation of high-moisture corn using urea. Trans. ASAE Bd. 24 (1981) Nr. 4, S. 1047/49.
- [14] *dlz-Produktkartei*. Die Landtechnische Zeitung dlz Bd. 33 (1982) Nr. 5, S. 684.
- [15] *Lück, E.*: Chemische Lebensmittelkonservierung. Berlin und Heidelberg: Springer 1977.
- [16] *Reiß, J.*: Mykotoxine in Lebensmitteln. Stuttgart, New York: Gustav Fischer 1981.
- [17] *Lück, E., G. Bährecke u. M. Baginski*: Sorbinsäure als Konservierungsstoff für Mischfutter. Kraftfutter Bd. 55 (1972) Nr. 9, S. 468/72 u. Nr. 10, S. 552/56.
- [18] *Sauer, D.B. u. R. Burroughs*: Efficacy of various chemicals as grain mold inhibitors. Trans. ASAE Bd. 17 (1974) Nr. 3, S. 557/59.
- [19] *Müller, H.M., E. Schröppel u. M. Thaler*: Einfluß von Propionsäuredosierung und Kornfeuchte auf die Entwicklung und Mykotoxinbildung von Penicillien und Aspergillen in Körnermais. Landwirtschaftliche Forschung Bd. 34 (1981) Nr. 1/2, S. 23/24.
- [20] *Monoprop* zur Konservierung von Futtergetreide und Futtermitteln. Übersetzung aus: Technical Bulletin No. 2. Herausgegeben im April 1981 von: Anitox Corp. P.O. Box 435; Buford; Georgia 30518; USA.
- [21] *Rupp, J.*: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Konservierungsverfahren auf die ernährungsphysiologische Qualität von Getreidefrüchten. Diss. Univ. Hohenheim 1982.
- [22] *Schmidt, L., F. Weißbach, R. Prym u. D. Geske*: Harnstoff als Konservierungsmittel bei der Lagerung feuchter Futterstoffe. — IV. Verfütterung von harnstoffkonserviertem Feuchtgetreide an Mastschweine. Arch. Tierern. Bd. 32 (1982) S. 109/17.
- [23] *Jaenisch, J., K. Müller, M. Dera u. S. Prüfer*: Erste Erfahrungen und Ergebnisse zur Verarbeitung von mit Harnstoff konserviertem feuchtem Futtergetreide in der GFA 600 Selbelang. Feldwirtschaft Bd. 21 (1980) Nr. 6, S. 276/78.
- [24] *Weißbach, F., L. Schmidt u. M. Kwella*: Erfahrungen aus der Anwendung der Feuchtgetreidekonservierung mit Harnstoff im Jahre 1980. Feldwirtschaft Bd. 22 (1981) Nr. 6, S. 258/62.

Überblick über grundsätzliche Einsatzmöglichkeiten von Mikroelektronik-Sensoren in der Landtechnik

Von Wolfgang Paul und Hermann Speckmann,
Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft,
Braunschweig-Völkenrode

DK 631.17:62-53:621.3

Ein Vordringen mikroelektronischer Hilfsmittel wird wegen der damit verbundenen zahlreichen positiven Möglichkeiten auch in der Landtechnik stattfinden. Der Engpaß für den Einsatz der Mikroelektronik liegt — ebenso wie für viele andere Bereiche der Technik — bei den

Sensoren als Bindeglied zwischen Umwelt und Elektronik. Der Beitrag versucht deshalb einen Überblick über die Sensorentwicklung für die wichtigsten Klassen physikalischer Grundgrößen zu geben und deren Möglichkeiten in der Landtechnik anzureißen. Auf mögliche Anleihen bei verwandten Aufgabenbereichen wie der Elektronik für Kraftfahrzeuge oder Haushaltsgeräte wird verwiesen. Die speziellen Einsatzbedingungen in der Landtechnik, wie Umweltbedingungen und Sicherheitsanforderungen werden diskutiert. Auf das Fehlen normierter Kabelsysteme zur Informationsübertragung wird hingewiesen.

*) Dr.-Ing. W. Paul und Dipl.-Ing. H. Speckmann sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

1. Einleitung

Das verstärkte Eindringen von Überwachungs-, Steuerungs- und Regelungselementen auf der Basis der Mikroelektronik wird ebenso wie in vielen anderen Bereichen der Produktion und Technik zunehmend auch in der Landtechnik beobachtet. Durch die Mikroelektronik wird zusätzliche Leistung und mehr Komfort ermöglicht, was direkte Auswirkungen auf so grundlegende Anliegen wie Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Einsparung von Energie und Rohstoffen, Tierschutz oder die Erzeugung hochwertiger und preiswerter Nahrungsmittel nach sich zieht. Die internationale Konkurrenzfähigkeit eines industriellen Produktes hängt auch in der Landtechnik zunehmend vom Einsatz mikroelektronischer Hilfen ab. Neben dem Werkzeug als Hilfsmittel zur Verrichtung mechanischer Arbeit erfüllt die Mikroelektronik als Denkzeug zunehmend Hilfsfunktionen zur Verrichtung geistiger Routearbeit.

Der Einsatz der Mikroelektronik in landwirtschaftlich genutzten Anlagen oder Maschinen geschieht analog den durch die Regelungstechnik vorgegebenen klassischen Wirkungsabläufen, **Bild 1**. Neben Sensoren zum Erfassen der eigentlichen Größen benötigt man Rechenggeräte (Mikrocomputer) zur Verarbeitung der Informationen und Aktoren zum Realisieren der gewünschten Eingriffe. Mit dem Einsatz der Mikroelektronik zur Überwachung von Produktionsprozessen wird häufig und vor allem bei komplexen Prozessen eine gesteigerte Dialogfähigkeit zur Kontrolle der Vorgänge gefordert. Entsprechende Anzeigen zur Darstellung der Informationen für den überwachenden Menschen und Tastaturen zum Eingriff in den Prozeß sind deshalb ebenfalls nötig. Nach Meinung der Verfasser ist aber weder bei den Aktoren noch bei den Mikrocomputern oder den Anzeigen zukünftig ein Engpaß für den Einsatz in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen zu suchen [1, 2]. Der Engpaß liegt für praktische Anwendungen häufig auf dem Gebiet der Meßwertfassung (Sensoren). In diesem Bericht soll deshalb ein Überblick über die auf dem Markt befindlichen Sensoren der Mikroelektronik gegeben werden. Der Überblick geschieht vom ingenieurwissenschaftlichen Standpunkt aus im Hinblick auf eine mögliche Prozeßoptimierung oder andere anwendungsbezogene Einsatzmöglichkeiten. Betriebstechnische Auswirkungen des Einsatzes der Elektronik werden nur zweitrangig behandelt. Im Vordergrund stehen die erfaßbaren physikalischen Prozeßgrößen, weniger die gerätetechnische Ausbildung.

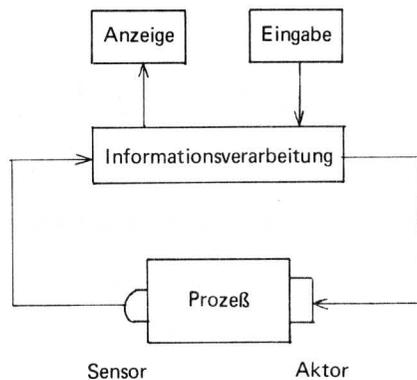


Bild 1. Grundsätzliches Schema der Meßwertverarbeitung.

2. Stellung der Landtechnik

Die Landtechnik nimmt bei der zu vermutenden Entwicklung auf dem Mikroelektronikmarkt eine untergeordnete Rolle ein, **Bild 2**. In verschiedenen Arbeiten [3, 4] wird die Stellung der Landwirtschaft auf ca. 4 bis 5 % am gesamten Marktanteil der Sensoren angegeben, gegenüber z.B. einem Marktanteil beim Automobil von 37 % und Haushaltsgeräten von 13 %. Sonderentwicklungen speziell für die Landtechnik sind deshalb in nur geringem Umfang zu

erwarten, wahrscheinlich nur als spezielle Erfassungsgeräte in höheren Preisregionen (bezogen auf die relativ preiswerten Massenfertigungen), **Tafel 1**.

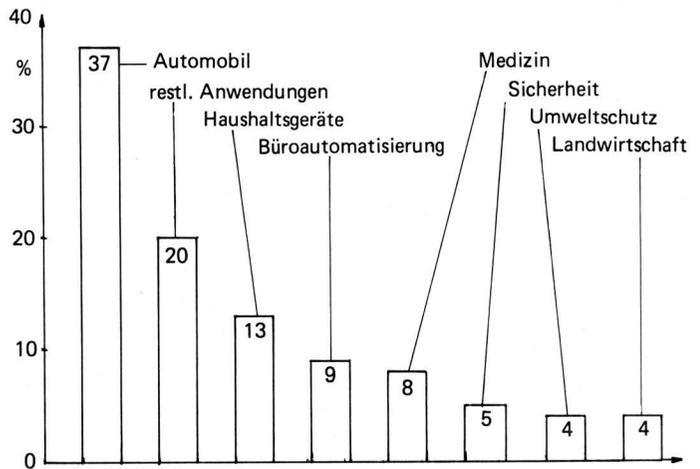


Bild 2. Schätzung des prozentualen Anteils am Weltmarkt für Sensoren im Jahre 1986 (nach Schmitt-Mumm [3]).

| | Präzisionsmeßtechnik | industrielle Technik | Konsumgüertechnik |
|---|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Genauigkeitsbereich | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻³ | 10 ⁻² |
| integrierte Korrektur | ja | ja | nein |
| typische Schnittstellen für Signalübertragung | IEC-Bus | 20 m A-Ausgang o.ä. | fehlt meistens |
| Einsatzzeit | ~ (10 ³ h) | ~ 10 ⁵ h | ~ 10 ³ h |
| Kosten pro Stück incl. Elektronik | ~ 10.000 DM | ~ 300 DM | ~ 10 DM |

Tafel 1. Güteklassen gegenwärtiger Sensoren (nach [2]).

Man schätzt den Bedarf für landwirtschaftliche Einsätze bis 1986 auf 3 Millionen Sensoren. Es ist deshalb auch zu vermuten, daß sich der Einsatz der Mikroelektronik in der Landtechnik in Bahnen bewegen wird, die von anderen Bereichen der Technik mit größeren Umsatzzahlen vorgegeben sind. Neben der Kraftfahrzeugelektronik, bei der sich sofort Parallelen zu landtechnischen Maschinen der Außenwirtschaft herstellen lassen, ist aber auch der Markt an Hausgeräten zu beachten, bei dem die Mikroelektronik zunehmend Einsatz findet. Ferner sind Anlagen der Verfahrenstechnik [5] von Interesse. Praktische Ausführungen wie Einrichtungen zur Überwachung und Anzeige des Benzinverbrauchs, Schutzverriegelungen, Kraft- und Wiegensensoren, Füllstands-, Durchfluß- und Konzentrationsanzeigen belegen diese Aussage. Anleihen lassen sich ebenfalls bei den Temperaturregelkreisen in der Haustechnik sowie bei der Anzeige von Bewegungen durch Mikrowellensensoren machen.

Während Positions-, Druck-, Füllstands-, Durchfluß-, Konzentrations- und Temperatursensoren ihr direktes Anwendungsgebiet auch in der Landtechnik finden, sind die Sensoren der Daten- und Nachrichtentechnik (z.B. Strich-Codeleser) nur indirekt anwendbar. Die verwandten Gebiete der rechnergestützten Automatisierung und das sich schnell entwickelnde Gebiet der Handhabungsgeräte (Roboter) verdienen jedoch hohe Beachtung. Interessant sind auch die Entwicklungen für die Umwelttechnik mit ihren Sen-

soren für Lärm, Feuchte, Temperatur, Rauch, Gas oder einen anderen Schadstoffgehalt, sofern diese Sensoren billig, einfach und robust sind. Denn auch in der Landtechnik wird ähnlich wie in anderen Bereichen zunehmend ein exaktes Arbeiten und eine genaue Mitteldosierung verlangt, was sowohl kosten- und energiesparend als auch für den Arbeits- und Umweltschutz fördernd wirkt. Medizinische Sensoren werden hier vermutlich nur in der Innenwirtschaft anwendbar sein.

3. Überblick über die Sensorsystematik

Sensoren sind das Bindeglied zwischen Umwelt und Elektronik. Die Sensoren müssen die vielfältigen nichtelektrischen Größen der physikalischen Umwelt messen und in elektrische Signale umwandeln, um so ein elektrisches Analogon der physikalischen Grundgröße darzustellen. Sensoren sind heute oftmals integrierte elektronische Bauteile, bei denen neben der eigentlichen Messung auch weitere notwendige Funktionen wie Linearisierung, Verstärkung oder Temperaturkompensation als entsprechende Schaltungen weitgehend mit im Meßkopf integriert sind. Die früher übliche Unterscheidung in Meßfühler oder Meßwertaufnehmer, Signalformer und Übertragungsglied entfällt damit [6].

Die eigentliche Messung der nichtelektrischen Ausgangsgrößen läßt sich weitgehend auf wenige physikalische Basisgrößen zurückführen, so wie es in Bild 3 dargestellt ist [6 bis 10]. Die wichtigsten physikalischen Grundgrößen sind Druck oder Dehnung, Position, Bewegung, Temperatur, Strahlung, elektrisches Feld, magnetisches Feld oder die Konzentration jeweils eines bestimmten Stoffes. Mit den verschiedenen Sensoreffekten bewirkt man eine Änderung spezieller elektrischer Größen, die als Informationsträger dienen, wie z.B. Amplitude, Phase, Frequenz oder Laufzeit. Diese Änderungen sind ein Maß für die Änderung der interessierenden Meßgröße. Die normalen Ausgangsgrößen eines Sensors sind dann Strom oder Spannung, teilweise auch Ladung oder Impedanz. Die weitere Verarbeitung der analogen oder digitalen Signale erfolgt meist problemlos innerhalb standardisierter Mikrocomputerbausteine. Anhand der Basisgrößen ergibt sich die sicherlich unvollständige und stetig im Wachstum befindliche Systematik gängiger Sensorelemente, Bild 4. Ein weiterer Überblick über aktuelle Entwicklungen ist in [11] gegeben. Die Basisgrößen dienen im folgenden auch der Beschreibung der einzelnen Sensorfamilien.

3.1 Dehnungs- und Drucksensoren

Druck- und Dehnungssensoren dienen hauptsächlich der Erfassung von Kräften, Drücken oder Beschleunigungen. Sie werden als Membransensoren, Biegesensoren oder als Dehnungsmeßstreifen gefertigt und werden im industriellen Bereich ebenso eingesetzt wie in medizinischen Diagnosegeräten oder in der Kfz-Technik. Sie haben einen sehr variablen Druckbereich, der mit 0,05 bis 200 bar gekennzeichnet werden kann. Sie sind unempfindlich gegen Störsignale und werden außer zur Aufnahme von Druck auch zur Erfassung abgeleiteter physikalischer Größen eingesetzt. Kraft, Durchfluß oder Beschleunigung sind häufige Anwendungsgebiete, aber auch eine Wegmessung, eine Füllstands- oder Höhenanzeige ist erreichbar. Einsetzbar sind sie ferner für die Aufnahme von Belastungen bzw. zur Überwachung von Belastungsgrenzen, wie es z.B. bei Brücken oder Flugzeugen vorkommen kann. Die industrielle Wiegetechnik basiert ebenso auf diesen Sensoren wie z.B. die modernen elektronischen Personenwaagen mit Direkt- oder Differenzanzeige.

3.2 Positionssensoren

Positionssensoren dienen der berührungslosen und verschleißfreien Erfassung der Steuerparameter Weg, Winkel, Geschwindigkeit und Drehzahl. Die Positionssensoren sind oftmals als Hallgeneratoren oder als optische Positionsmesser mit Hilfe von Lichtschranken ausgelegt. So werden drehzahlkritische Geräte wie z.B. Pumpen oder Lüfter ebenso wie Plattenspieler oder Tonbandgeräte oftmals durch solche Sensoren überwacht. Auch für den Betrieb unter erhöhten Temperaturen z.B. in Getrieben oder Bremskraftregelungen gibt es spezielle Sensoren. Neben der Drehzahl findet die Messung der translatorischen Position zunehmend Beachtung. Einsatzgebiete sind die Vermessung von Werkstücken, die Steuerung von Hydrauliksystemen oder die Erfassung der Achsstellung in Kraftfahrzeugen. Gerade aus der Kraftfahrzeugelektronik ergibt sich eine große Zahl an Anknüpfungspunkten.

| | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|--|--|--|--------------------------|--|--|
| Basis-Eingangsgröße | Druck/Dehnung | Weg/Winkel | Temperatur | Elektromagn. Feld | Elektr. Feld | Magn. Feld | Partikel-Konzentration |
| Sensor-Effekt | Piezoeffekte Kontaktwiderstände | Mech.-Elektrische Umsetzungen: $\Delta l, \Delta C, \Delta R, \Delta d$ | PTC-, NTC-Widerst. Thermoelemente Pyroelektr. Effekt Schwellensp. Effekte | Innerer Fotoeffekt Äußerer Fotoeffekt Sperrschicht-Photoeffekt | Influenz Polarisation | Induktion Hall-Effekt Wiegand-Effekt | Stoffkonstanten- Änderung: Diffusionspotential Ionisation |
| Informationsträger | Amplitude | | Phase | Frequenz | | Laufzeit | |
| Basis-Ausgangsgröße | Ladung | | Spannung | Strom | | Impedanz | |
| Elektr. Ausgangs-Signal | Analog | | Zeitanalog | | Digital | | |

Bild 3. Zusammenstellung von Basisgrößen und entsprechenden nutzbaren Sensoreffekten, nach Henning [7].

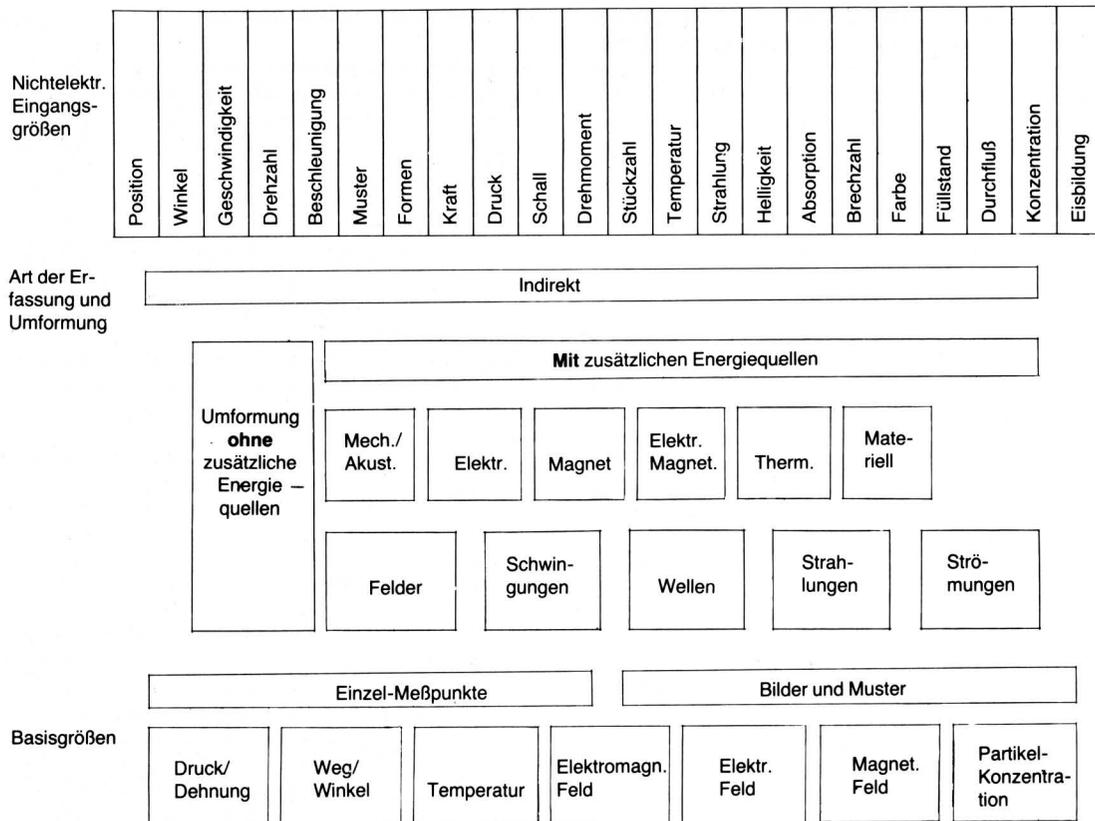


Bild 4. Sensor-Systematik nach Henning [7].

3.3 Temperatursensoren

Temperatursensoren dienen der schnellen Erfassung der Temperatur. Bei Temperatursensoren gilt ebenso wie bei den anderen Sensoren, daß ein möglichst lineares Signal mit hohem Genauigkeitsgrad der weiterverarbeitenden Elektronik zugeführt werden muß. Im Normalfall werden Sensoren verwendet, die auf einer entsprechenden Widerstandsänderung des eingesetzten Halbleitermaterials mit der Temperatur basieren. Auch berührungslose Temperatursensoren werden angeboten. Sie werden sowohl für die Konsumelektronik in Hausgeräten aller Art als auch für Kraftfahrzeuge, Heizungen und medizinische Geräte verwendet und haben heute bereits sehr kleine Zeitkonstanten bei hoher Ansprechempfindlichkeit. Typisch ist ein Einsatzbereich der Temperatur von -40 °C bis 500 °C , teilweise auch bis 1000 °C . Üblich ist der Einsatz in Koch- und Backöfen, bei Geschirrspülern, in Heizungsanlagen und zur Überwachung von Motortemperaturen. An speziellen Ausführungen, wie z.B. zur Messung der Abgastemperatur von Auspuffgasen wird gearbeitet.

3.4 Mengensensoren

Diese Sensoren dienen zur Füllstands- oder Feuchtemessung sowie zur Messung des Durchflusses von Gasen oder Flüssigkeiten oder der selektiven Messung von Konzentrationen. Vorherrschend sind hier indirekte Messungen, da sich direkte Meßverfahren kaum durchgesetzt haben. Insbesondere optoelektronische oder elektrische Verfahren kommen zum Einsatz. Optische Verfahren (häufig auf Infrarotbasis) dienen z.B. der Füllstands- oder Konzentrationsmessung. Feuchtigkeitssensoren, welche die relative Luftfeuchtigkeit messen, werden zunehmend in der Autoelektronik zur Überprüfung der Ansaugluft oder in der Haushaltselektronik (Wäschetrockner) und in der Klimatechnik eingesetzt. Ganz wesentlich ist auch die Messung der Strömung

von Gasen und Flüssigkeiten. Solche Durchflußmesser sind jedoch wegen der in der Praxis vorkommenden Vielzahl von Störeinflüssen teilweise in ihrem Einsatz noch problematisch. Sie basieren ebenfalls auf physikalischen Sekundäreffekten [12].

3.5 Sensoren für magnetische oder elektrische Felder

Magnetische Felder oder elektrische Felder lassen sich meist problemlos messen. Einsatzgebiet sind z.B. die Bewegungssensoren, die nach dem Halleffekt oder dem Radarprinzip arbeiten. Sensoren der ersten Klasse werden z.B. zur Überwachung der Drehzahl eingesetzt. Radarsensoren werden in der Sicherheitstechnik zur Raumüberwachung, als automatische Türschalter oder Lichtschalter wie auch zur Entfernungsmessung verwendet. Versuche in der Kfz-Technik, Radarsensoren für einen Antikollisionschutz bei Automobilen einzusetzen, sind im Gang. Die angesprochenen Sensoren sind auch für den landwirtschaftlichen Einsatz sehr interessant, bieten sie doch z.B. die Möglichkeit, schlupffrei die genaue Geschwindigkeit eines Fahrzeuges zu ermitteln. Das ist gerade im Hinblick auf Energieeinsparung und Mitteldosierung von allergrößtem Wert. Die Überwachung von Drehzahlen oder die Sicherheit gegen den Einzug von Metallgegenständen in empfindliche Erntemaschinen sind weitere Anwendungsgebiete.

3.6 Optische Sensoren

Optische Sensoren dienen zum Messen der Helligkeit und daraus abgeleitet zum Erkennen von Mustern oder Wellenlängen. Sie werden häufig im Zusammenspiel mit den entsprechend gesteuerten Lichtquellen betrieben. Als Lichtquellen bieten sich insbesondere die robusten lichtemittierenden Halbleiterdioden an,

die z.B. zunehmend zur Datenübertragung eingesetzt werden. Sie senden, teilweise eng gebündelt, Licht vom sichtbaren bis in den infraroten Bereich aus. Sender und Empfänger optischer Signale erlauben insbesondere den Aufbau von Systemen zur berührungslosen Messung, deren Vielfalt an Einsatzgebieten heute noch nicht abschätzbar ist. Gearbeitet wird an so unterschiedlichen Einsatzgebieten wie Druck- oder Konzentrationsmessungen über die Änderung der optischen Eigenschaften des Mediums oder eines Lichtleiters im betrachteten Raum, an der Erkennung von Temperaturstrahlungen oder an der Überwachung von Bewegungen und Positionen.

3.7 Weitere Sensorentwicklungen

Weitere Schwerpunkte der Sensorentwicklung sind Meßköpfe auf Ultraschallbasis für die Füllstands- und Durchflußmessung oder für Präsenzdetectoren. Die Aktivitäten bei den Gassensoren [13], die selektiv auf Konzentrationen eines bestimmten Gases ansprechen, sowie vor allem die Entwicklungsarbeiten an den vielfältigen neuen Meßprinzipien, die noch zahlreiche Entwicklungsmöglichkeiten erhoffen lassen, sind in vollem Gang. Zu beachten sind auch mechanisch-akustische Sensoren, die ebenfalls sehr preiswert und vielseitig einsetzbar sind. Es sind gerade die für viele Industriezweige gefertigten Sonderentwicklungen, die auch für die Landwirtschaft verwendbar sind, weil sie zu robusten, einsatzfähigen und preiswerten Elementen zur Erfassung der benötigten Meßwerte führen.

4. Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft

4.1 Umgebungsbedingungen

Die Anforderungen an die auf landwirtschaftlichen Zug- und Arbeitsmaschinen eingesetzten Meßsysteme und elektronischen Baugruppen hinsichtlich Umweltbedingungen, Betriebssicherheit, einfacher Handhabung und niedrigen Kosten sind relativ hoch, so daß Lösungen, die sich in anderen Bereichen als brauchbar erwiesen haben, stets auf ihre Eignung für landwirtschaftliche Zwecke untersucht werden müssen.

Wie hart die Betriebsbedingungen auf landwirtschaftlichen Fahrzeugen sind, soll an einigen Anhaltspunkten erläutert werden [14]. Die Betriebstemperaturen liegen im Bereich von -40 °C bis $+150\text{ °C}$, wobei anzumerken ist, daß in unmittelbarer Nähe des Motors diese Temperaturspannen relativ schnell durchlaufen werden. Die relative Luftfeuchtigkeit kann im praktischen Einsatz bis 100 % betragen, darüber hinaus ist mit Spritzwasser und aggressiven Lösungen (Pflanzenschutzmittel, Düngersalzlösungen etc.) zu rechnen, so daß eine Beständigkeit der eingesetzten Elemente gegen Öl, Chemikalien, Wasser u.ä. gewährleistet sein muß. Die Schwingungsbeschleunigungen in allen drei Richtungen überschreiten oft die Werte des zehnfachen der Erdbeschleunigung, wobei Frequenzen bis 100 Hz und höher auftreten. Bei Stoßbelastungen werden noch höhere Beschleunigungen und Frequenzen erreicht. Kritisch ist ebenfalls die instabile elektrische Versorgungsspannung des Bordnetzes, die je nach Batteriezustand stark schwankt. Insbesondere im Winter oder aber bei plötzlichem Zuschalten induktiver Lasten oder mehrerer Verbraucher können extreme Störspannungen überlagert sein. Auch ist, da landwirtschaftliche Fahrzeuge oftmals unter Hochspannungsleitungen eingesetzt werden, eine Unempfindlichkeit gegenüber elektrischen Feldstärken zu fordern.

Ähnliche Anforderungen wie in der Landtechnik treten im allgemeinen auch bei der Anwendung von Sensoren in Kraftfahrzeugen auf [15]. Auch hier sind Belastungen zu erwarten durch Stöße und Schwingungen, ferner durch Hitze und Kälte, Einflüsse der Luftfeuchte, Schmutz, Spritzwasser, Salznebel und elektrische Störungen. Ebenso wie bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen sind die Bedingungen des Bordnetzes mit den vielen induktiven Verbrauchern, dem nicht definierten Bezugspunkt und der stark schwankenden Betriebsspannung mit ähnlicher Vorsicht zu betrachten. Zu den leitungsgebundenen Störpegeln, die die Bordelektronik selbst erzeugt, treten weitere Einflüsse hinzu, die eingestrahlt werden kön-

nen: elektromagnetische Felder von Rundfunk- oder Radarstationen, Signale von Funkamateuren. Auch sind Resonanzerscheinungen im Kabelnetz von Fahrzeugen beobachtet worden, die zu erheblichen Störspannungen und damit zu Fehlfunktionen und Ausfall der Bordelektronik führen.

Am Beispiel der Automobilelektronik kann man allerdings auch erkennen, daß die aus dem speziellen Einsatzort resultierende Belastungsfähigkeit der Sensoren erfüllt werden kann. Gerade die aus Halbleitermaterial aufgebauten und mit integrierter Auswerte- und Verstärkerelektronik ausgestatteten modernen Sensoren sind robust, preiswert, relativ genau und unempfindlich.

4.2 Schnittstellen, Bussysteme

Für kleinere Meß-, Steuer- und Regelsysteme, so wie sie in der Bordelektronik zum Einsatz kommen, kann entweder eine Funktionsaufteilung in ortsgebundene Sensoren und eine gemeinsame Rechen- und Steuereinheit vorgesehen sein, oder aber die Sensoren sind Teil einer intelligenten Unterstation, die aufbereitete Daten an die Hauptstation abgibt. In jedem Fall jedoch sind die Schnittstellen zwischen Sensoren oder Unterstationen einerseits und Mikrocomputern andererseits eine Angelegenheit, die für den hier betrachteten Fall bei weitem nicht ausgereift zu sein scheint.

Von den möglichen Signalübergabeformen scheidet die Übertragung über einen Parallelbus aus Gründen der Aderzahl (Kabelbaum) aus. Die serielle Verbindung ergibt sich auch aus der Forderung nach einfacher Handhabung und Schutz der Geräte gegen Verpölung und Kurzschlüsse. Zugleich wird damit eine leichte Austauschbarkeit von Bauteilen oder Baugruppen erreicht. Zwecks Unempfindlichkeit gegenüber Kontaktwiderstandsänderungen und Erdpotentialen (gemeinsame Erde) werden Stromsignale empfohlen. Diese können sowohl intensitätsanalog, frequenzanalog oder pulsweitenanalog, aber auch seriell pulscodemoduliert sein. Ein deutlicher Vorteil für eine dieser grundsätzlichen Möglichkeiten, die diese als alleinige Signalform für die Übertragung empfehlen würde, ist derzeit noch nicht zu sehen. Neben den elektrischen Bussystemen wird sicherlich in Zukunft in der Prozeßautomatisierung auch die Technik der Lichtleitersysteme wegen ihrer Störungsempfindlichkeit eine große Rolle spielen. Jedoch scheint diese Technik im Augenblick — auch von den Preisvorstellungen her — noch nicht für die Landtechnik praxisreif.

Es ist die Forderung zu erheben nach einem speziellen prozeßspezifischen Übertragungsmechanismus für die Kraftfahrzeugelektronik, der, da es hier um große Stückzahlen geht, sicherlich kostengünstig herzustellen sein wird und evtl. in anderen Anwendungsbereichen (Haushaltselektronik etc.) auch eingesetzt werden kann. In der Büroautomatisierung und der Prozeßsteuerung kleinerer Systeme hat sich z.B. ein genormtes Bussystem, der IEC-Bus, schon zu einem gewissen Maß durchgesetzt und ist in kurzer Zeit zu einer Art Industriestandard geworden.

Für die Kfz-Elektronik gibt es hier nur Vorschläge, die alle noch auf breite Anwendung harren. Neben dem Prozeßverkabelungssystem über "intelligentes Kabel" [16] sowie den Entwicklungen von Philips über eine serielle I2C-Bus-Schnittstelle [17], mit der Sensoren preisgünstig an ein Mikrocomputersystem angeschlossen werden können, sind hier auch die Bemühungen der Firma VDO zu nennen [18].

Beim I2C-Bus handelt es sich um einen seriellen Bus, der zu einfachen Platinen und einfachen Steckleistenkontakten führt. Jeder Sensor wird mit einer entsprechenden Schaltung, die im Sensorkopf integriert ist, ausgeliefert, so daß einer oder auch mehrere Mikrocomputer jeweils einen speziellen Sensor ansprechen können. Zum Datenaustausch sind im Prinzip nur zwei Leitungen, nämlich die Datenleitung und die Taktleitung, erforderlich. Interessant erscheint diese Entwicklung vor allem deshalb, weil große Sensorhersteller dieses Übertragungsprinzip in die einzelnen Bauelemente integrieren wollen.

Ebenfalls interessante Anstöße gibt das Elektronikauto der Firma Motorola [19], in dem drei verschiedene Multiplexverdrahtungssysteme verwendet werden. Normale Verbraucher wie Leuchten, Scheibenwischer, Rückscheibenheizung, Ventilator und andere elektrische Geräte werden über einen Vierdraht-Multiplex-Bus angesteuert. Auf einem der Drähte wird dabei die Energie übertragen, auf den anderen drei Signale. Die Daten können dabei sowohl den Verbrauch der Außenstationen betreffen als auch für Steuerungen verwendet werden. Ferner können Daten abgefragt werden, die ein Fahrerinformationssystem zur Steuerung verschiedener anderer Systeme, wie z.B. die Motorsteuerung, die Klimasteuerung oder eine Drehzahlregelung benötigt.

Ein zweites Multiplexverdrahtungssystem wird verwendet, elektrische Systeme zu steuern, die in Türen untergebracht sind (Rückspiegel, Schlösser, Scheibenheber). Solche Außenstationen tauschen mit der zentralen Steuerung Daten über ein Lichtleiterkabel aus, das aus einer einzigen Polymerfaser besteht. Es können jedoch nur einfache Zustandsmeldungen über das Lichtkabel gegeben werden (offen – geschlossen) und entsprechend vom Fahrerinformationssystem angezeigt werden.

Abfragen von Einstellungen sind über ein weiteres System möglich. Dieses dritte Multiplexverdrahtungssystem ist eine einfache, serielle Verbindung, die Informationen z.B. von den Schaltern an der Lenksäule zur Steuerung des Hauptsystems überträgt. Die drei dazu benötigten Drähte, mit denen jeder dieser Schalter angeschlossen ist, können ebenfalls dazu beitragen, den normalen Verkabelungsbaum mit seiner Fehleranfälligkeit wesentlich zu vereinfachen.

Nach Meinung der Verfasser wird – solange hier noch keine Normung sich ausgebildet hat – der serielle Anschluß der Einzelstationen oder Einzelsensoren an eine Zentraleinheit die vorherrschende Verkabelungsmethode sein.

4.3 Sicherheitsanforderungen

An elektronische Hilfsmittel sind Sicherheitsanforderungen zu stellen, die beinhalten, daß auch bei Ausfall ein gesicherter Betrieb gewährleistet ist. Neben den Genauigkeitsgesichtspunkten sind es auch die Sicherheitsanforderungen, die bewirken, daß auch in die preiswerten Sensoren mehr und mehr die Aufgaben der Signalaufbereitung integriert werden und entsprechende Digitalausgänge zur Verfügung gestellt werden. Da es bei Betriebsstörungen oftmals sehr schwierig ist, den tatsächlichen Grund für den Ausfall zu lokalisieren, gibt es hier auch Entwicklungsanstöße, mit elektronischen Diagnosemethoden weiterzukommen. Im allgemeinen ist zu sagen, daß umfangreiche elektronische Baugruppen, besonders solche, die auch Mikrorechner enthalten, vermutlich zunächst dort zum Einsatz kommen, wo nicht direkt in die Fahrfunktion eingegriffen wird, sondern eher Zusatzinformationen gegeben werden. Das Beispiel aus der Kfz-Elektronik ist hier der Trip- oder Bordcomputer, der dem Fahrer wertvolle Hilfsinformationen liefert.

Genau auf diesem Niveau der wertvollen Zusatzinformationen bewegt man sich aber bei vielen möglichen Einsatzgebieten in der Landtechnik. Der grundsätzliche Betrieb ist auch bei Ausfall der Elektronik noch zu gewährleisten. Wegen der prinzipiellen Möglichkeit der Elektronik, vielseitiger, genauer, wartungsärmer, komfortabler und auch billiger arbeiten zu können als eine Mechanik, ist jedoch mit einem weiteren Vordringen zu rechnen. Die Entlastung des Menschen von ermüdender Routine wird angestrebt, ein exaktes Arbeiten bei minimalem Verbrauch wird durch den Einsatz elektronischer Hilfsmittel zunehmend möglich.

5. Beispiele für den Einsatz in der Landtechnik

Beispiele für den zunehmenden Einsatz elektronischer Hilfsmittel in der Landtechnik sind in [20] gegeben. Ein praktisches Beispiel für den Aufbau eines Bordcomputers mit verschiedenen Sensoren zur Überwachung vielfältiger Arbeiten erscheint demnächst in die-

ser Zeitschrift [21]. Insgesamt ist zu sagen, daß gerade in der Landtechnik eher individuelle Lösungen für die verschiedenen Meß-, Steuer- und Regelprobleme verlangt werden. Hier liegt auch eine Chance für mittelständische Unternehmen, die ihre speziell anzustrebenden Lösungen meist sehr genau ansprechen können. Bei diesen speziellen Lösungen ist meist nicht mit großindustrieller Konkurrenz zu rechnen. Im Gegenteil: viele Elemente werden relativ preiswert bereitgestellt und harren der Anwendung. So ist, wie oben ausgeführt, die Erfassung und Verarbeitung von Drücken, Drehzahlen, Temperaturen, Positionen und Drehmomenten in aller Regel preiswert und problemlos. Aber auch Füllstände, Feuchtigkeiten und Durchflüsse sind mit gutem Erfolg zu erfassen, viele andere Sensorentwicklungen werden übertragbar sein.

Industriell angeboten werden z.B. für die Kfz-Elektronik Vorschläge wie Abstandswarnanlage, Achslastkontrolle, Bordrechner, Dieselschnellstartanlage, elektronisches Gaspedal und Tachometer, Kraftstoffverbrauchsmessung, Kraftstoffvorratsmessung, Niveauüberwachung, Reifendrucküberwachung oder Zentralverriegelungen, wobei diese Aufzählung sicher nicht einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. Auch in der Landtechnik werden Sicherheitseinrichtungen und Hilfsmittel zur Arbeiterleichterung im Vordergrund stehen. Daraus abgeleitet werden Maßnahmen zum exakten Ausbringen von Materialien oder zum energieoptimalen Verfahrensablauf. Ein genaues und exaktes Arbeiten wird zunehmend auch auf dem Feld verlangt.

6. Zusammenfassung

Elemente der Mikroelektronik werden ebenso wie in vielen anderen Bereichen der Technik auch in der Landtechnik zunehmend eingesetzt. Ein Engpaß beim Einsatz unter Praxisbedingungen sind dabei häufig die Sensoren, die als Bindeglied zwischen der physikalischen Umwelt und der Elektronik dienen. Jedoch nimmt auch die Sensortechnik an der rasanten Fortentwicklung mikroelektronischer Bauelemente teil. Es wurde deshalb versucht, ausgehend von den physikalischen Grundgrößen, die hauptsächlichsten Entwicklungen vorzustellen und mögliche Einsatzgebiete anzusprechen. Die speziellen Einsatzbedingungen in der Landtechnik sind dabei zu beachten. Insgesamt ergeben sich hier gerade auch für Ingenieurbüros oder mittelständische Unternehmen interessante Ansatzpunkte.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] *Speckmann, H. u. W. Paul:* Mikroelektronik – Trends und Einsatzmöglichkeiten. Grundl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 1, S. 15/20.
- [2] *Tränkler, H.R.:* Die Schlüsselrolle der Sensortechnik in Meßsystemen. Technisches Messen Bd. 49 (1982) H. 10, S. 343/53.
- [3] *Schmidt-Mumm, T.:* Sensormarkt in Europa wächst um 32 % im Jahr. VDI-Nachrichten Bd. 36 (1982) Nr. 44, S. 23.
- [4] *Prommer, A.:* Sensoren und Aktoren für die Mikrocomputerperipherik. Elektronik und Maschinenbau Bd. 99 (1982) H. 3, S. 151/55.
- [5] *Raab, H.:* Sensortechnik aus der Sicht der Chemischen Industrie. Regelungstechnische Praxis Bd. 25 (1983) H. 6, S. 220/24.
- [6] *Hesse, D. u. H. Küttner:* Entwicklungstendenzen der Sensortechnik. Industrie-Elektrik + Elektronik Bd. 28 (1983) Nr. 5, S. 36/44.
- [7] *Henning, W.:* Mikroelektroniksensoren. Vortrag gehalten anlässlich des 3. Kolloquiums der Österreichischen Tribologischen Gesellschaft. Herausgegeben von der Siemens AG, München, 1981.

- [8] *Henning, W.*: Sensoren – Triebkraft für die Mikroelektronik. Siemens Components Bd. 20 (1982) H. 4, S. 109/12.
- [9] *Macek, O. u. I. Eisele*: Eigenschaften und Anwendungen von Halbleiterfühlern. Elektronik Industrie Bd. 6 (1977) Nr. 6, S. 13/15 und Nr. 9, S. 31/32.
- [10] *Schwaier, A.*: Sensoren – Technologie und Anwendung. Regelungstechnische Praxis Bd. 24 (1982) H. 8, S. 264/75.
- [11] *Henning, W.* (Hrsg.): Sensoren – Technologie und Anwendung. Vorträge der NTG/GMR-Fachtagung 1982 in Bad Nauheim. Berlin: VDE-Verlag 1982.
- [12] *Umbach, H.*: Aktuelle Entwicklungslinien der Durchflußmeßtechnik. Regelungstechnische Praxis Bd. 25 (1983) H. 6, S. 225/28.
- [13] *Freier, H.*: Festkörpersensoren für die Gasanalyse. Regelungstechnische Praxis Bd. 24 (1982) H. 10, S. 342/46.
- [14] *Jahns, G.*: Entlasten durch Automatisieren. Landbauaufschung Völknerode, Sonderheft 52 (1980) "Humanisierung der Arbeit in der Landwirtschaft"; S. 57/63.
- [15] *Stamm, K., H. Theuerkauf u. P. Walzer*: Elektronik im Automobil. Elektrotechnik und Maschinenbau Bd. 99 (1982) H. 3, S. 143/51.
- [16] *Färber, G.*: Mikroelektronikentwicklungstendenzen und Auswirkungen auf die Automatisierungstechnik. Regelungstechnische Praxis Bd. 24 (1982) H. 10, S. 326/36.
- [17] Technische Informationen für die Industrie. Serielle I2C-Busstelle bei den Mikrocomputern der Familie 8400. Bearbeitet von *J. Koch*, Valvo GmbH, Dezember 1981.
- [18] Signalbus ELSA. VDO-Information 1979, September, 16 Seiten.
- [19] Elektronikauto für die Elektronik. Motorola Kompaß Nr. 6, November 1982, S. 6/7.
- [20] *Artmann, R.*: Einsatz von Elektronik und Mikrocomputer in der landwirtschaftlichen Produktionstechnik. Landtechnik Bd. 9 (1982) Nr. 9, S. 424/28.
- [21] *Jahns, G. u. H. Speckmann*: Aufbau eines Bordcomputers. Vortrag und Vorführung im Rahmen der Internationalen Tagung Landtechnik, Braunschweig 9./11. Nov. 1983.

Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

Ehrendoktorwürde für Walter Söhne

In Anerkennung seiner international herausragenden Verdienste um die Erforschung und Entwicklung der landtechnischen Bodenmechanik wurde dem emeritierten Ordinarius für Landtechnik der Technischen Universität München, Herrn Prof. Dr.-Ing. *Walter Söhne*, am 4. November dieses Jahres von der Universität Hohenheim die Würde eines Ehrendoktors der Agrarwissenschaften verliehen, eingebettet in eine feierliche Festveranstaltung zum hundertjährigen Bestehen der Agrartechnik an dieser Hochschule.

Dieser Tag wird nicht nur Prof. Dr.-Ing., Dr. agr. h.c. *Walter Söhne* unvergessen bleiben – er stellte auch für uns fast vollständig versammelte Landtechniker einen jener seltenen Höhepunkte dar, bei denen eine besonders gelungene festliche Atmosphäre den Alltag für einige Stunden vergessen läßt. *W. Söhne* ging diesem Tag mit viel Vorfreude entgegen. Bereits zu seinem 70. Geburtstag am 7. Oktober 1983 lag das Festprogramm auf seinem Gabentisch und die zuvor erhaltene Mitteilung hatte ihn vollkommen überrascht und tief gerührt.

Söhne kann auf ein arbeitsreiches und sehr fruchtbares Lebenswerk zurückblicken, das weit über 30 Jahre mit bemerkenswerten Erfolgen der Landtechnik galt. Über 150 eigene Veröffentlichungen bzw. Vorträge, zwei Habilitationen, 15 Dissertationen an seinem Lehrstuhl und eine sehr große Zahl in Landtechnik unterwiesener Studenten dokumentieren sein Wirken.

Söhne verdankt seine Erfolge zu einem großen Teil seinem ausgeprägten Talent für die Technische Mechanik, das er zu hohem Können entwickelte, aber auch der Fähigkeit, komplizierte Zusammenhänge verständlich zu interpretieren. Dabei waren ihm seine Lehrer



vielfach Vorbild – es sind keine Geringeren als *Grammel, Kamm, Kutta, Madelung, Schlichting* und *Kloth*, von denen er in großer Hochachtung denkwürdige Geschichten, aber auch heitere Anekdoten zu berichten weiß.

In Fürstenberg/Waldeck 1913 geboren, besuchte er das humanistische Gymnasium in Korbach und studierte von 1933 bis 1936 an der TH Stuttgart zunächst Elektrotechnik, später Maschinenbau (Luftfahrttechnik) bis zum Diplom 1939. Mit in der Tasche hatte er Lizenzen über Segel- und Motorflug – erworben durch aktive Mitarbeit in der Akaflieg Stuttgart. Nach Berufsantritt als Flugbauführer leistete er ab 1940 Militärdienst bei der Luftwaffe und konstruierte daneben Lastensegler.

Nach dem Krieg regten ihn Probleme des Flugzeugschlepps zu seiner Dissertation über "Die Seitenstabilität geschleppter Flugzeuge" an, die er 1947 nach nur 1 1/2 Jahren bei *Schlichting* abschloß.

Weil es in der Luftfahrt keine Arbeitsplätze gab, ging *Söhne* 1947 als einer

der ersten Mitarbeiter zu Prof. *Kloth* in die Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) nach Völknerode. Mit Erfolg sattelte er von der Luftfahrt um auf die Bodenmechanik als Teil der von *Kloth* begründeten "landtechnischen Grundlagenforschung". Gewichtige Arbeiten erschienen u.a. in den ersten Heften der "Grundlagen der Landtechnik" (ab 1951) und begründeten die spätere Entwicklung der "Schule *Söhne*" in der landtechnischen Bodenmechanik. Ein wichtiger Meilenstein war dafür auch seine Habilitation an der Technischen Hochschule Braunschweig 1959 mit dem Thema: "Der Reifen auf dem Acker" sowie zwei dort von ihm gehaltene