

5. Zusammenfassung

An einer Versuchsanlage eines Zellenraddosierers mit digitaler Sollwerteingabe wurden die Dosierkennlinien und die Dosiergenauigkeit ermittelt. Es zeigte sich, daß die Dosierkennlinien außer vom Material auch von der Zellenraddrehzahl beeinflusst werden. Die Dosiergenauigkeit wird mit steigender Zellenraddrehzahl und steigendem Zellenvolumen kleiner und wächst mit größer werdenden dosierten Massen.

Schrifttum

- [1] Riemann, U. u. H. Mannebeck: Fütterungsverfahren für Hochleistungskühe. Landtechnik Bd. 27 (1972) Nr. 23/24, S. 589/93.

- [2] Kaufmann, W. u. H. Hagemeister: Fütterungstechnik und Verdauungsablauf bei Milchkühen. Übersichten zur Tierernährung Bd. 1 (1973) S. 193/221.
- [3] Kaufmann, W. u. a.: Versuche über den Einfluß der Fütterungsfrequenz auf die Vormagenverdauung, Futteraufnahme und Milchleistung. Berichte über Landwirtschaft 191. Sonderheft (1975) 2. Teil, S. 269/300.
- [4] Sattler, R.: Dosieren und Mischen. Aufbereitungstechnik Bd. 11 (1970) Nr. 1, S. 41/44.
- [5] Brandtner, F.: Die Förderschnecke in ihrer vielseitigen Anwendung. Aufbereitungstechnik Bd. 10 (1969) Nr. 8, S. 424/37.

Einige Grundlagen für eine „pneumatische“ Bodenbearbeitung

Von Osamu Kitani, Tokio, Japan*)

DK 631.31:621.54

Verminderung von Zugkraftbedarf und Energieaufwand in der Bodenbearbeitung bei erhöhter Arbeitsgeschwindigkeit ist ein ständiges Problem in der Landtechnik. In diesem Aufsatz wird über den Einsatz pneumatischer Energie bei der Bodenbearbeitung zur Verringerung des Zugwiderstandes durch Herabsetzen des Reibungswiderstandes über ein Luftpolster zwischen Bodenbalken und Pflugkörper oder über periodisch sich ändernde Luftströme berichtet. Als weiteres Beispiel der pneumatischen Bodenbeeinflussung wird ein im Boden installiertes Rohrsystem untersucht, das für eine Automatisierung von Bodenbearbeitung und Pflanzenkultur vorteilhaft erscheint.

1. Einleitung

In dieser Forschungsarbeit wird versucht, pneumatische Kräfte zur Bodenbearbeitung zu nutzen und neue Verfahren der Bodenbearbeitung zu entwickeln, die zu geringerem Widerstand, höherer Arbeitsgeschwindigkeit und größerer Leistung führen und für eine Automatisierung geeignet sind.

Es gibt bisher drei Möglichkeiten für den Einsatz pneumatischer Energie zur Bodenbearbeitung:

1. Die Anwendung pneumatischer Kräfte zum Pflügen. Eine dünne Luftschicht zwischen dem Bodenbalken und dem Pflugkörper, die durch Luftströme aus kleinen Luftdüsen erzeugt wird, vermindert den Reibungswiderstand.
2. Die Anwendung pneumatischer Kräfte für ein „schwingendes“ Werkzeug. In diesem Fall schwingt nicht das Werkzeug selbst, sondern Luftströme, die abwechselnd aus zwei Reihen von Luftdüsen in verschiedene Richtungen geblasen werden, wirken in gleicher Weise wie ein schwingendes Werkzeug auf den Boden.
3. Pneumatisches Rohrleitungssystem zur Bodenbearbeitung. Durch Rohre im Untergrund treten Luftströme aus, die den Boden bearbeiten oder belüften.

*) o. Prof. Dr. Dr. O. Kitani ist Leiter des Instituts für Landmaschinen, Fakultät für Landwirtschaft, Universität Tokio. Er war von Sept. (1972) bis Sept. (1973) beim Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der TU München als Gastprofessor tätig.

2. Pneumatischer Pflug

Für eine Anwendung pneumatischer Kräfte zum Pflügen wurde die folgende Untersuchung durchgeführt, wobei ein Pflug japanischer Form mit fünf Luftdüsen, die mit verschiedenen Richtungswinkeln α und β , Bild 1, auf dem Schar angeordnet waren, entwickelt und geprüft wurde. Der Winkel α wurde auf 0° , 30° , 60° und β auf 0° , 60° , 90° , 120° und 180° eingestellt.

Die Versuche wurden in einer Bodenrinne [1] durchgeführt, die mit tonigem Lehm gefüllt war. Das Wagenuntergestell trug eine lange, oktagonale Kraftkomponentenmeßvorrichtung [2] mit Dehnungsmeßstreifen, an der ein pneumatischer Pflug installiert war. Die Druckluft wurde, um einen Einfluß auf die Kraftmessung zu vermeiden, durch einen biegsamen Gummischlauch zum Pflug geleitet. Der Luftdruck wurde mit einem Regler auf Werte von 0 bis 8 bar eingestellt. Die Bodenfeuchtigkeit betrug 25,5 %, die Boden Härte 16 N/cm^3 nach dem Yamanaka-Bodenhärtemesser. Die Furchenbreite und -tiefe waren 35 bzw. 15 cm, die Arbeitsgeschwindigkeit $1,62 \text{ km/h}$ [4].

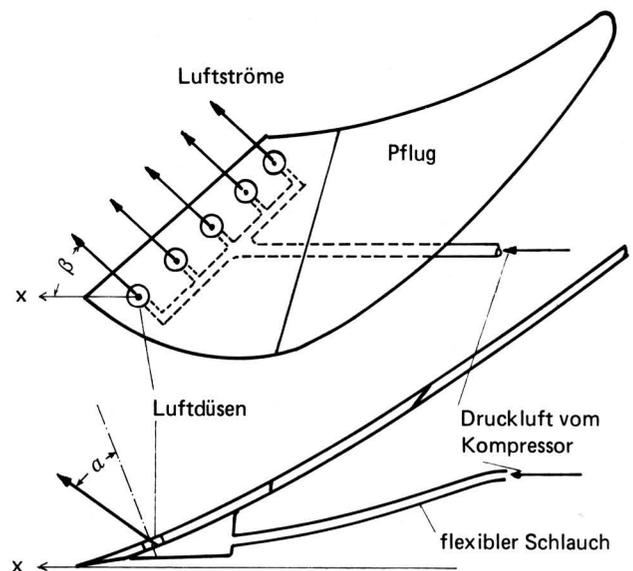


Bild 1. Pneumatischer Pflug.

Die horizontale Kraftkomponente (Zugkraft) F_x , Bild 2, verringerte sich im allgemeinen mit der Zunahme des Luftdrucks. Bei geeigneter Wahl der Düsenwinkel konnten wir auch bei einem Luftdruck von 4 bar eine ziemlich große Zugkraftersparnis erzielen. Unter obigen Bodenbedingungen und mit den Düsenwinkeln $\alpha = 30^\circ$ und $\beta = 90^\circ$ war eine Verringerung der Zugkraft um etwa 40 % möglich. Sogar mit einem Luftdruck von 0,8 bar wurde eine Zugkraftersparnis von mindestens 9 % und unter bestimmten Umständen von über 20 % erreicht.

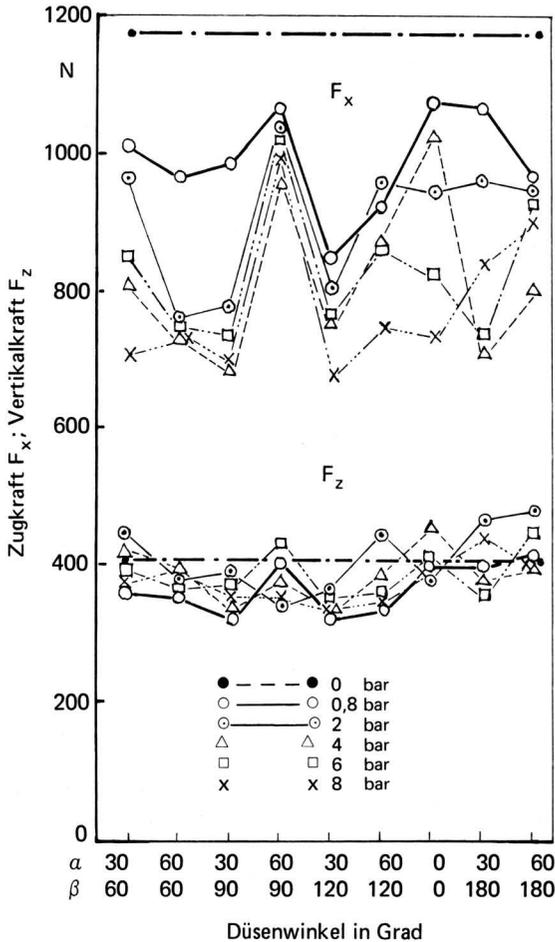


Bild 2. Zugkraft F_x und Vertikalkraft F_z für verschiedene Düsenwinkel und Luftdrücke.

3. "Schwingendes" pneumatisches Werkzeug

Für die Anwendung pneumatischer Kräfte als "schwingendes" Werkzeug konnten wir ein vorhandenes Gerät mit pneumatischer Kraft betreiben. Bisher war das Gerät mit einem leichten beweglichen Werkzeugteil ausgerüstet, wobei die kleine Masse und die geringe Trägheit der Luft einen geringen Energiebedarf im Leerlauf, also zum alleinigen Antrieb des beweglichen Maschinenteils, ergaben [4]. In dieser Untersuchung dagegen wurde ein Bodenbearbeitungsgerät geprüft, bei dem die Schwingungen nicht durch ein bewegliches Maschinenteil in den Boden eingeleitet werden.

Bild 3 zeigt eine schematische Anordnung dieses "schwingenden" pneumatischen Bodenbearbeitungsgeräts. Eine Reihe von Luftdüsen auf der Werkzeugfläche ist nach vorn und eine zweite Reihe schräg nach hinten gerichtet. Die Luftströme, die abwechselnd durch diese zwei Düsenreihen geblasen werden, üben abwechselnd nach vorne und hinten Kräfte auf den Bodenbalken aus und bearbeiten so den Ackerboden. Das ist ähnlich der Wirkung eines mechanisch schwingenden Werkzeugs.

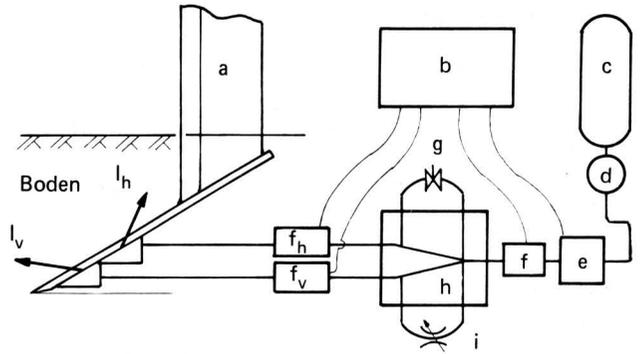


Bild 3. Schematischer Aufbau des "schwingenden" pneumatischen Werkzeugs.

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| a Werkzeug | g schwingendes Ventil |
| b Registriergerät | h Fluidik-Element |
| c Druckluftversorgung | i veränderlicher Widerstand |
| d Drosselventil | l_v Luftstrom nach vorn |
| e Durchflussumnehmer | l_h Luftstrom nach hinten |
| f Druckaufnehmer | |

Die wechselnden Luftströme wurden mit Hilfe der neuen Fluidik-Technik erzeugt. Ein Flip-Flop-Fluidik-Element in der für die Untersuchung geforderten Größe wurde versuchsweise gebaut. Zwei Luftschläuche wurden als Rückkopplung von den Ausgängen zum Regler geführt, so daß die Luft schwingend, d.h. abwechselnd, austrat. In den Kreislauf waren ein Drosselventil d, Durchflussummesser e und Druckaufnehmer f eingesetzt. Durch die Meßgeräte wurde die Eingangsenergie der Luft gemessen. Gleichzeitig wurde durch zwei Druckaufnehmer f_v und f_h der Druckverlauf an den Ausgängen gemessen und auf einem Registriergerät b festgehalten.

Das Untersuchungsergebnis zeigte, daß die Schwingungen des Luftdrucks an den Ausgängen wenig stabil waren und nur bei geringem Druck und kleinem Durchfluß auftraten. Deswegen war es schwierig, diese Luftströme gegen den veränderlichen Bodenwiderstand konstant bei dem "schwingenden" Bodenbearbeitungsgerät zur Wirkung zu bringen. Eine Verbesserung wurde dadurch erzielt, daß ein kleines schwingendes Ventil in die Rückführungsleitung eingesetzt und die wechselnden Luftströme zwangsläufig erzeugt wurden.

Die Versuche wurden in einer Bodenrinne durchgeführt, wobei Zugkraft, Zugenergie und die Energie der Luft gemessen wurden. Der Boden war toniger Lehm mit einer durchschnittlichen Feuchtigkeit von 25,3 % und einer Bodenstärke von $62,4 \text{ N/cm}^3$ nach dem *Yamanaka*-Bodenhärtemesser. Der oktagonale Kraftkomponentenmesser diente der Zugkraftermittlung.

Die Untersuchungsergebnisse bei einer Arbeitstiefe von 14 cm zeigt Bild 4. Die Frequenz der Wechsel der Luftströme war konstant 4,5 Hz; die Arbeitsgeschwindigkeit betrug 0,45 km/h. Der Luftdruck wurde auf Werte von 0 bis 2,0 bar eingestellt. Die Zugkraft F_x , die Gesamtleistung E (Summe von Zugleistung Z und Luftleistung) und der Anteil der Zugleistung an der Gesamtleistung $\eta = Z/E$ (in %) sind im Bild 4 gezeigt. Die Zugkraft verminderte sich zwar um maximal 30 % bei einem Luftdruck von 2 bar, doch vergrößerte sich die Gesamtleistung wegen der erforderlichen Zunahme der Luftleistung.

Ebenso nahm der Anteil der Zugleistung mit der Zunahme des Luftdrucks schnell ab. Wie im gestrichelten Bereich in Bild 4 gezeigt, verringert sich auch die Gesamtleistung, wenn der Luftdruck unter 1 bar abgesenkt wird. Dabei ist eine Verminderung der Reibungskraft festzustellen. In der Praxis wird man mit einer Zugkraftverminderung von 10 bis 20 % durch die Reibungsverringerung rechnen können.

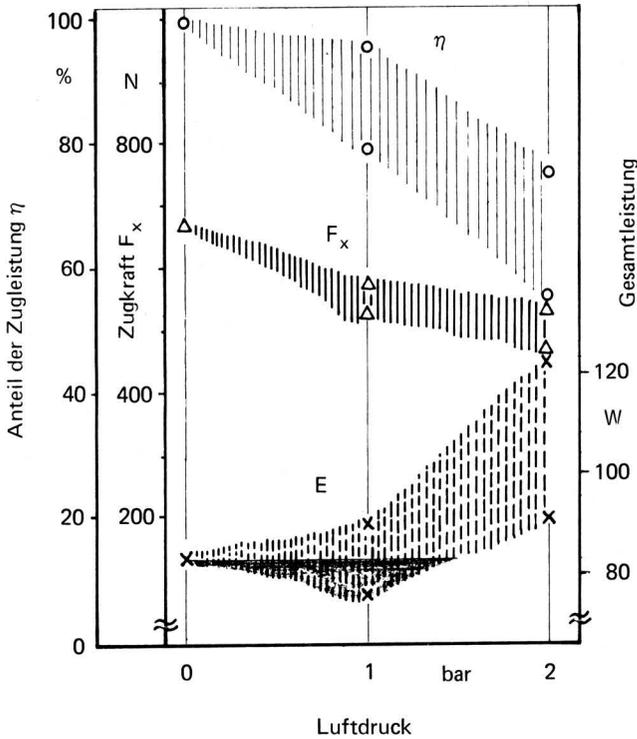


Bild 4. Ergebnis der Versuche mit pneumatisch "schwingendem" Werkzeug.

4. Rohrsystem im Untergrund für Bodenbearbeitung und Pflanzenkultur

Pneumatische Kräfte und Energien können leicht durch Rohre oder Schläuche fortgeleitet werden. Sie können auch ohne Schwierigkeiten mit Ventilen gesteuert werden. Ein Berieselungs-Rohrsystem, welches in einer Tiefe von etwa 30 cm im Ackerboden eingegraben ist, ermöglicht die Lockerung des Bodens durch Ausströmen von Luft mit höherem Druck. Es ist auch möglich, dieses Rohrsystem zur Belüftung des Bodens in Verbindung mit der Technik der Minimalbodenbearbeitung einzusetzen.

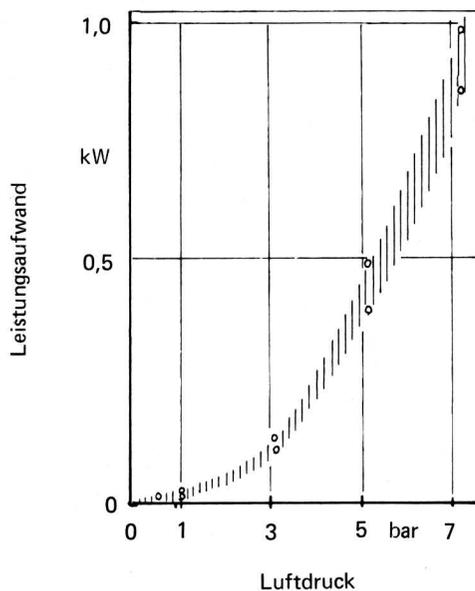


Bild 5. Leistungsaufwand für ein im Boden eingegrabenes Rohrsystem für Bodenbearbeitung und Pflanzenkultur.

Bild 5 zeigt das Ergebnis eines Versuchs, in dem der Energiebedarf eines Rohrsystems in Modellgröße gemessen wurde. Das Rohrsystem, rechteckig in den Abmessungen 1000 x 500 mm, aus Rohren mit einem inneren Durchmesser von 8 mm, wurde in einer Bodentiefe von 15 cm eingegraben. Die Löcher mit einem Durchmesser von 1 mm waren in 15 mm Abstand längs des Rohres angeordnet [4]. Das Bild zeigt deutlich, daß der Leistungsaufwand mit einer Vergrößerung des Luftdrucks exponentiell zunimmt. Deswegen sollte in der Praxis die Belüftung mit niedrigem Luftdruck angewandt werden, um eine Minimalbodenbearbeitung zu ergänzen.

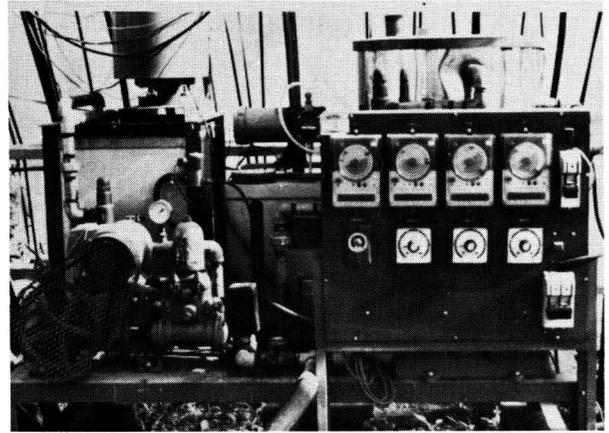


Bild 6. Versorgungs- und Steuervorrichtung eines Untergrundrohrsystems für Bodenbearbeitung und Pflanzenkultur.

Mit Rücksicht auf die Kosten des Rohrsystems ist es günstig, wenn man dasselbe Rohrsystem für verschiedene Zwecke wie Bewässerung und Düngung anwendet. **Bild 6** zeigt das Versorgungs- und Steueraggregat eines Untergrundrohrsystems für die automatische Pflanzenkultur, wie es oben erwähnt wurde. Das Gerät besteht im wesentlichen aus einem Kompressor, einem Bewässerungs- und einem Düngemittelaggregat, einem Injektor für sehr verdünnte Schlämme und dem Regler. In der Untersuchung wurden verschiedene Flüssigkeiten durch die Rohre in einer Tiefe von 30 cm in die Wurzelzone der Pflanzen geleitet. Der Bodenzustand im Untergrund sowie das Nährstoffangebot waren dadurch kontrolliert.

Bild 7 zeigt die Pflanzen und einen Teil dieses Rohrsystems (Rohrleitung und Magnetventile auf der Erdoberfläche). Die erste Phase der Untersuchung über die Pflanzenkultur mit diesem System war von Erfolg [5]. Die folgenden Phasen zeigen auch, daß die mit diesem Verfahren kultivierten Pflanzen schneller wachsen und größeren Ertrag liefern als bei den bisherigen Anbauverfahren.



Bild 7. Pflanzen auf der Versuchsfläche mit Untergrundrohrsystem, im Vordergrund ein Teil der Zuleitungen.

5. Zusammenfassung

Untersuchungen über die pneumatische Bodenbearbeitung zeigen folgende Ergebnisse:

1. Der pneumatische Pflug mit fünf Luftdüsen auf dem Schar, deren Winkel (Bild 1) $\alpha = 30^\circ$ und $\beta = 90^\circ$ sind, ermöglicht eine Zugkraftersparnis von 9 bis über 20 % durch Verminderung des Reibungswiderstands und dies sogar bei dem niedrigen Luftdruck von 0,8 bis 2,0 bar.
2. Das "schwingende" pneumatische Werkzeug, welches kein bewegliches Teil hat, sondern bei dem in zwei Reihen auf dem Schar angeordnete Düsen die Luft abwechselnd in zwei Richtungen ausblasen, erreicht eine Zugkraftverminderung von 30 % bei einem Luftdruck von 2 bar.
3. Das Rohrsystem im Untergrund ermöglicht die Lockerung oder die Belüftung des Ackerbodens. Der Energiebedarf steigt exponentiell mit der Zunahme des Luftdrucks an. Deswegen sollte das System nur für eine Belüftung des Bodens mit niedrigem Luftdruck von höchstens 2 bar angewandt werden. Das System wird auch für die Pflanzenkultur mit Erfolg eingesetzt.

Schrifttum

Schriften in japanischer Sprache sind durch ● gekennzeichnet

- [1] ● *Kitani, O. et al.*: Entwicklung einer Bodenrinne mit hydraulischem und pneumatischem Antrieb. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery (Jour. JSAM) Bd. 34 (1973) Nr. 4, S. 327/33.
- [2] ● *Ito, N., O. Kitani und E. Senda.*: Untersuchung über die oktagonale Kraftkomponentenmeßvorrichtung mit Photoelastizität. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University (Bul. FAMU) Nr. 42 (1971) S. 69/102.
- [3] *Huang, B.K. und V. Tavaputch.*: Design and analysis of a fluid injection spot and furrow opener. Trans. ASAE Bd. 16 (1973) Nr. 3, S. 414/19.
- [4] ● *Kitani, O.*: Grundlegende Untersuchungen über die pneumatische Bodenbearbeitung. Bul. FAMU Nr. 48 (1975), S. 309/415.
- [5] *Kitani, O. et al.*: Application test of underground pipeline system for automatic cultivation. Bul. FAMU Nr. 53 (1976) S. 205/11.
- [6] *Multrus, V.*: Pneumatische Logikelemente und Steuerungssysteme. Mainz: Krausskopf-Verlag 1970.

Notizen aus Forschung, Lehre, Industrie und Wirtschaft

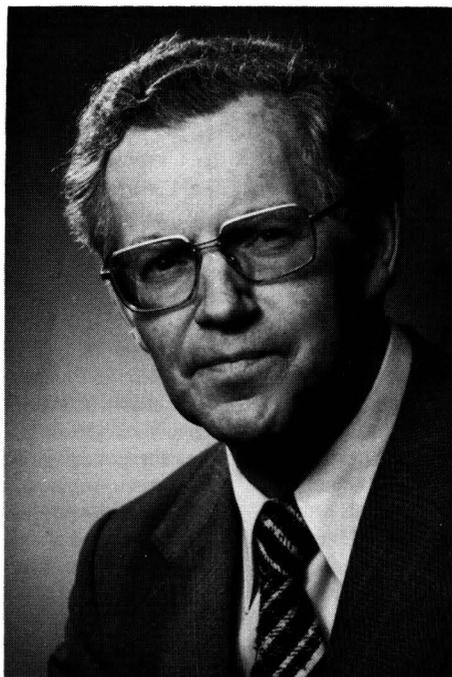
Prof. Dr.-Ing. Walter Söhne 65 Jahre

Professor Dr.-Ing. *Walter Söhne*, Ordinarius für Agrartechnik im Fachbereich Maschinenwesen an der Technischen Universität München vollendet am 7. Oktober 1978 sein 65. Lebensjahr.

Ausgefüllt von seiner Arbeit und von seinen Verpflichtungen, bedeutet für ihn dieser Tag nur eine kleine Zäsur. So kann er auf einen arbeits- und erfolgreichen Lebensabschnitt zurückschauen, auf eine Zeit, die besonders in den letzten 25 Jahren auch auf dem Gebiet der Landtechnik einen steilen Anstieg der Entwicklung erlebte.

In Fürstenberg/Waldeck als Sohn des Lehrers *Christian Söhne* geboren, studierte er nach dem Besuch des humanistischen Gymnasiums in Korbach von 1933 bis 1935 an der Technischen Hochschule Stuttgart zunächst Elektrotechnik. Nach dem Vorexamen wechselte er als begeisterter Segelflieger und Mitglied der Akademischen Fliegergruppe Stuttgart zu Maschinenbau und Luftfahrttechnik und legte 1939 die Diplom-Hauptprüfung ab.

Seine berufliche Tätigkeit begann er gleichzeitig mit Ausbruch des Krieges als Flugbauführer bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Berlin. Von August 1940 bis Mai 1945 leistete er als Flugzeugführer in einem Luftlandgeschwader und zuletzt als Leutnant und Technischer Offizier in einem Nachtjagdgeschwader Militärdienst.



In dieser Zeit wurde er u.a. zur Forschungsanstalt Graf Zeppelin Stuttgart und zu den Mitteldeutschen Metallwerken Erfurt als Konstrukteur von Lastenseglern kommandiert. Nach dem Kriege arbeitete er von 1946 bis 1947 in der Luftfahrt-Forschungsanstalt Braunschweig und promovierte bei Prof. *Schlichting* an der TH Braunschweig mit dem Thema: "Die Seitenstabilität geschleppter Flugzeuge" zum Dr.-Ing. Da nach Kriegsende eine Forschungstätigkeit in der Luftfahrt nicht mehr möglich, auf dem Gebiet der Landtechnik aber zeitbedingt von dringender Aktualität war, trat *Söhne* in das Institut für Landtechnik von Prof. *W. Kloth* ein, der sich bereits in der Vorkriegszeit in der Agrartechnik einen Namen gemacht hatte. Dieses Institut erlangte dann später als Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode mit seinen Arbeiten europäischen Ruf. Hier untersuchte *Söhne* Vorgänge bei

der Bodenbearbeitung mit Streichblech- und Scheibenpflügen, Ackerfräsen und Geräten mit schwingenden Werkzeugen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dienten der Weiterentwicklung dieser Geräte sowie auch der Entwicklung von Pflugkörpern für höhere Arbeitsgeschwindigkeiten. Ferner arbeitete er an Problemen der Kraftübertragung zwischen Schleppeerifen und Ackerboden und