

Technische Lösungsansätze für die Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren *)

CLAUS SOMMER

Institut für Betriebstechnik

Einleitung

Die landwirtschaftliche Entwicklung war während der letzten vier Jahrzehnte zunächst durch die notwendige Steigerung der pflanzlichen und tierischen Produktion geprägt. Es galt nach dem Krieg, die Bevölkerung ausreichend mit Nahrungsmitteln zu versorgen. Das gelang durch Fortschritte in der Pflanzenzüchtung sowie durch Einsatz von Betriebsmitteln, landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten. Der zunehmende Einsatz von Technik führte nach und nach zu einem drastischen Rückgang der Zahl landwirtschaftlicher Vollarbeitskräfte. Dies und die Ertragssteigerung hatten einerseits die Zunahme der Arbeitsproduktivität und andererseits einen hohen Betriebsmittel- und Kapitaleinsatz zur Folge.

Problemstellung und Zielsetzung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren

Heute gelten veränderte Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft: Sicherung des Einkommens für den Landwirt, Ein-

beziehung alternativer Formen der Landbewirtschaftung, Vorbeugung von agrarrelevanten Umweltschutzproblemen und Tierschutzfragen - um nur einige zu nennen. Vor diesem Hintergrund erarbeitet betriebstechnische Forschung anwendungsorientierte Beiträge zur Analyse, Weiterentwicklung und Bewertung von Produktionsverfahren der - bezogen auf das Institut für Betriebstechnik der FAL - pflanzlichen Produktion, Tierhaltung und Landschaftspflege.

Anknüpfend an grundlegende Überlegungen von Rosegger (1969) und Meinhold (1978) definierte Schön (1979) ein landwirtschaftliches Produktionsverfahren gemäß Abbildung 1.

Im Mittelpunkt des Produktionsablaufes stehen der Mensch, Boden/Pflanze/Tier, das Gebäude und die Maschine. Wesentliche Kennzeichen des Produktionsverfahrens dieser Definition sind zunächst die Eingabe (technische, chemische, biologische Produktionsmittel, Energie und Information) und die Ausgabe (Produkt, Produktqualität und Nebenprodukte). Hinzu kommen die Umwelteinflüsse (standortspezifisch, ökonomisch, ökologisch, institutionell) auf das Produktionsverfahren sowie dessen Auswirkungen auf die Umwelt. Ziel

*) Vortrag anlässlich der Präsidentschaftsübergabe am 8. 12. 1993 im Forum der FAL

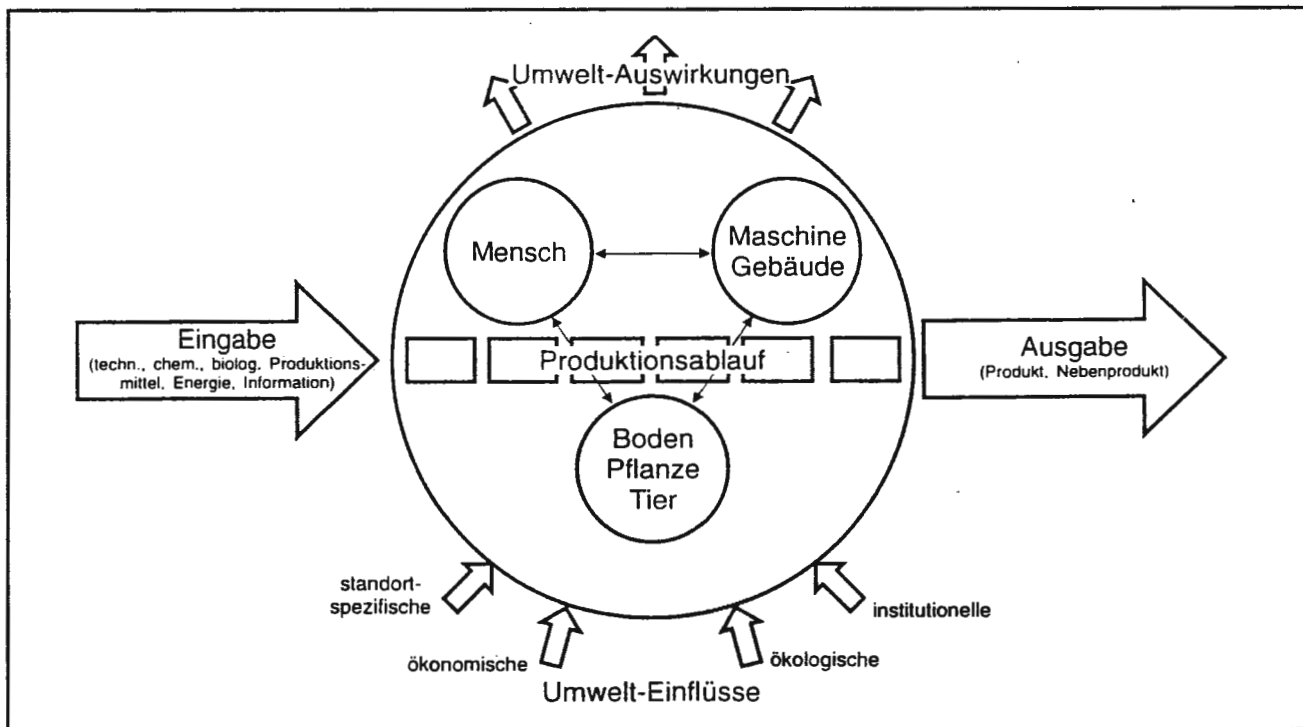


Abbildung 1: Definition eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens (nach Schön, 1979)

einer Weiterentwicklung technischer Lösungsansätze für landwirtschaftliche Produktionsverfahren ist, daß mit möglichst geringem Kostenaufwand ein möglichst hoher Ertrag bei guter Qualität erzeugt wird, ohne die Stabilität des betroffenen Ökosystems und/oder benachbarter Ökosysteme negativ zu beeinflussen.

Trends für Beispiele eingesetzter Technik

Der Ackerschlepper ist die zentrale Maschine im landwirtschaftlichen Betrieb. Heutige Kennzeichen sind (Renius, 1993): steigende Motorleistung, sparsamere Motoren, Lastschaltgetriebe, Kabinenkomfort, Load-Sensing-Hydraulik und der Einsatz der Elektronik.

Bei der Bodenbearbeitung nehmen Geräte mit großer Arbeitsbreite und damit höherem Zugkraftbedarf zu. Hohe Flächenleistung und Reduzierung der Arbeitskosten sind dafür ausschlaggebend (Sommer, 1994). Die großen Ackerschläge in den neuen Bundesländern haben für eine Renaissance bei den gezogenen Geräten gesorgt, die im Vergleich zu angetriebenen Geräten die Motorleistung allerdings nur bei geringerem Wirkungsgrad übertragen lassen (Steinkampf, 1979).

Für das Düngen und den Pflanzenschutz stehen heute schlagkräftige und präzise arbeitende Geräte zur Verfügung, wobei die Elektronik einen wesentlichen Anteil hat. Anhängespritzen nehmen zu. Düsen, die die Abtrift reduzieren lassen, werden angeboten und verbessern die Gleichmäßigkeit der Ausbringung. Damit sollen Forderungen des Umweltschutzes berücksichtigt werden.

Der Einsatz leistungsfähiger, selbstfahrender Erntemaschinen nimmt trotz hoher Investitionskosten zu, da sie hohe Ladeleistungen bei Ein-Mann-Arbeit ermöglichen (Bertram, 1993). Vergrößerungen der Bunkervolumina führen heute zu Radlasten von 10 t, die durch Breitreifen aufgefangen werden sollen.

Auch im Bereich der Innenwirtschaft wird die Weiterentwicklung technischer Lösungsansätze ganz maßgeblich durch den Einsatz der Elektronik bestimmt. Sie prägt etwa im Bereich der Rinderhaltung die Tieridentifizierung, die Fütterungs-

technik und die Automatisierung des Melkens (Schön et al., 1993). Die Entwicklung in der Schweinehaltung tendiert zu Techniken, die eine bedarfsgerechte und präzise Futterverlage ermöglichen (Heege, 1993).

Bevor für diese Beispiele zukünftige Lösungsansätze für die Weiterentwicklung von Produktionsverfahren aufgezeigt werden sollen, wird an einem Beispiel herausgestellt, daß die FAL-Institute im Forschungsbereich Technik ein sehr viel breiteres Forschungsfeld bearbeiten, als es die angesprochene Technik widerspiegelt.

Ein institutsübergreifendes Forschungsprojekt der FAL

Von den vier technischen Instituten im Bereich der FAL (Abbildung 2) befaßt sich das Institut für Biosystemtechnik hauptsächlich mit der Anwendung von Methoden der Systemtechnik auf biologische Prozesse. Das Institut für Technologie

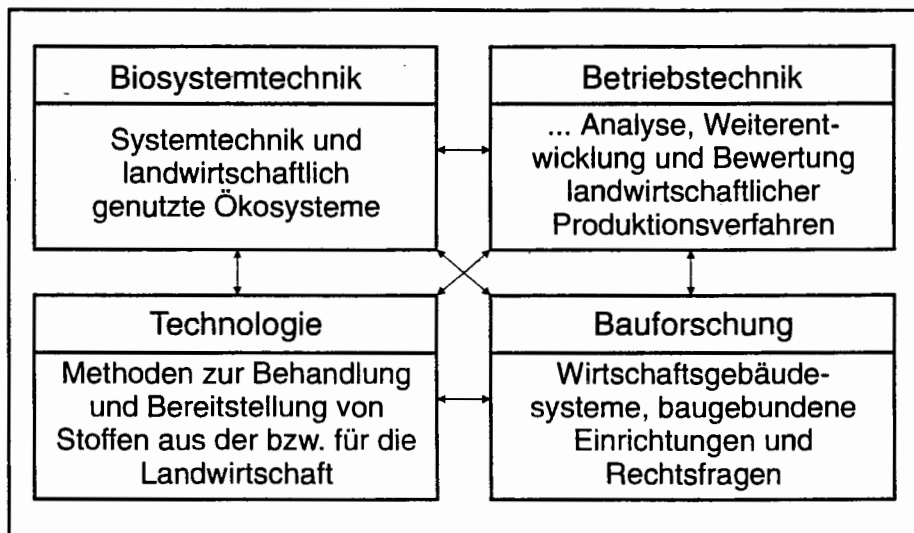


Abbildung 2: Die vier technisch orientierten Institute in der FAL

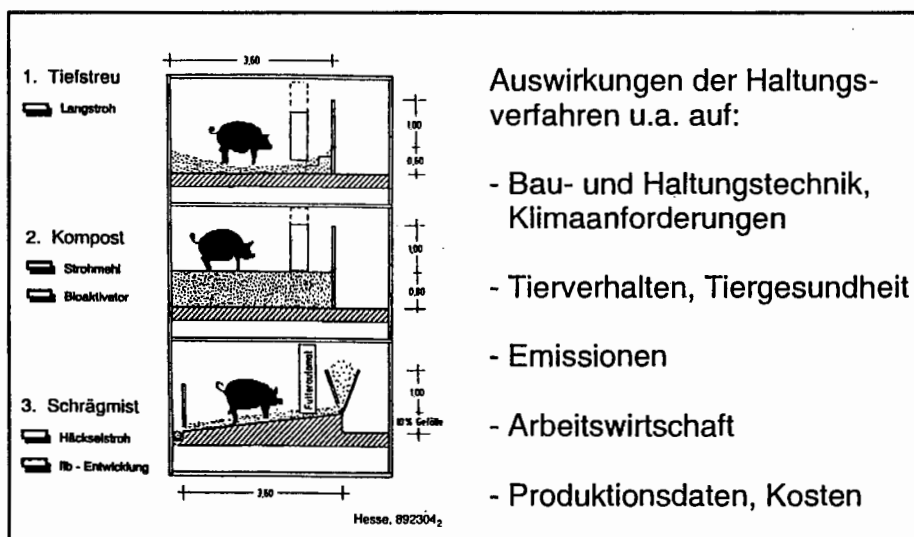


Abbildung 3: Das institutsübergreifende Forschungsprojekt: Entwicklung und Vergleich von Einstreuverfahren zur Mastschweinehaltung (nach Hesse und Kukoschke, 1993)

bedient sich der Arbeitsmethoden der chemischen und physikalischen Verfahrenstechnik sowie der Bioverfahrenstechnik. Im Institut für landwirtschaftliche Bauforschung stehen Wirtschaftsgebäudesysteme und die baugebundene Technik im Mittelpunkt. Schließlich beschäftigt sich das Institut für Betriebstechnik mit der Analyse, Weiterentwicklung und Erprobung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren.

Diese Vielfalt an technischem Know-how bietet ideale Voraussetzungen für institutsübergreifende Forschungsvorhaben auch in Kooperation mit weiteren Instituten. Als ein Beispiel seien die Untersuchungen zu drei Tierhaltungsverfahren genannt (Abbildung 3).

Es werden verschiedene Verfahren zur Haltung von Mast Schweinen auf Einstreu untersucht. Anhand von fast 30 Kriterien werden die Auswirkungen der Verfahren ermittelt und bewertet. Aus den zahlreichen schon vorliegenden Ergebnissen (Hesse und Kukoschke, 1993) sind in Abbildung 4 vier herausgegriffen. Die Änderung der Meßempfindlichkeit der eingesetzten Sensoren mit Verlauf der Einsatzzeit (Abbildung 4 oben links) zeigt, daß nur die Sensoren S5 und S6 geeignet sind. Die Methanemission für die drei Haltungsverfahren

weist Vorteile für das Schrägmistverfahren (Abbildung 4 oben rechts) aus. Ähnliches gilt für den Strohbedarf (Abbildung 4 unten links). Hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfs (Abbildung 4 unten rechts) zeigt sich, daß das Schrägmistverfahren für die Vollmechanisierung prädestiniert ist. Insgesamt ist festzuhalten, daß alle drei Verfahren unterschiedliche Vorzüge haben, die im Rahmen einer Gesamtbewertung zu beurteilen sind.

Betriebstechnische Lösungsansätze für die Weiterentwicklung von Produktionsverfahren

Beispiel: Tiererkennung

Die Entwicklung elektronischer Tiererkennungssysteme eröffnete neue Wege für die Automatisierung der Tierhaltung (Artmann, 1994). Mußte bislang die erforderliche Elektronik am Hals (Transponder) getragen werden, so stehen heute injizierbare Techniken zur Verfügung. Gegenüber der Ohrmarke hat die Injektion den Vorteil einer sicheren, lebenslangen Zuordnung der Nummer zum Tier. Damit werden neben den bekannten Anwendungen in der Prozeßsteuerung (z. B. Futtermorale) und Tierüberwachung (für eine extensive Wei-

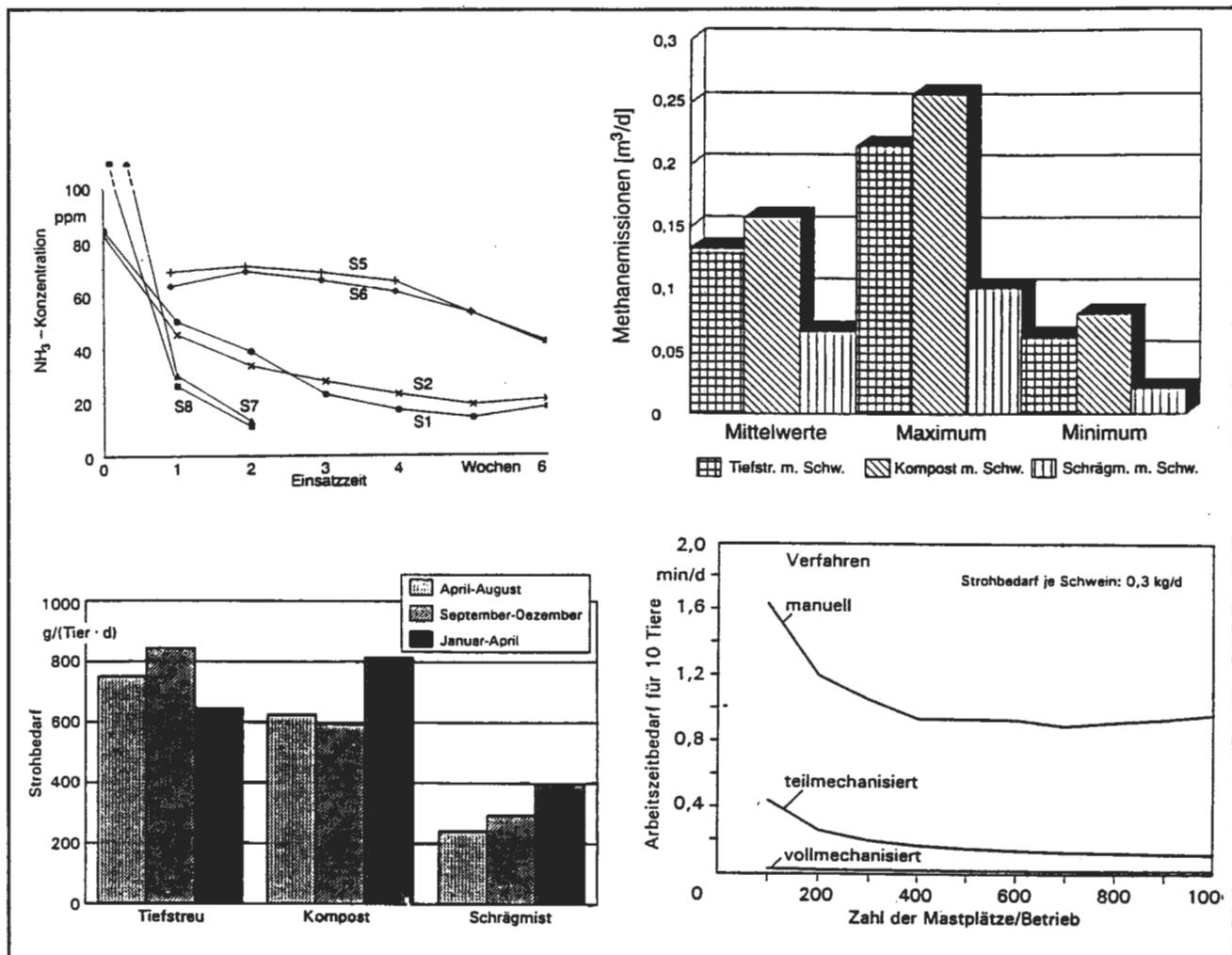


Abbildung 4: Ergebnisse zum Projekt der Abbildung 3 der Institute Biosystemtechnik (oben links), Technologie (oben rechts), landwirtschaftliche Bauforschung (unten links) und Betriebstechnik (unten rechts)

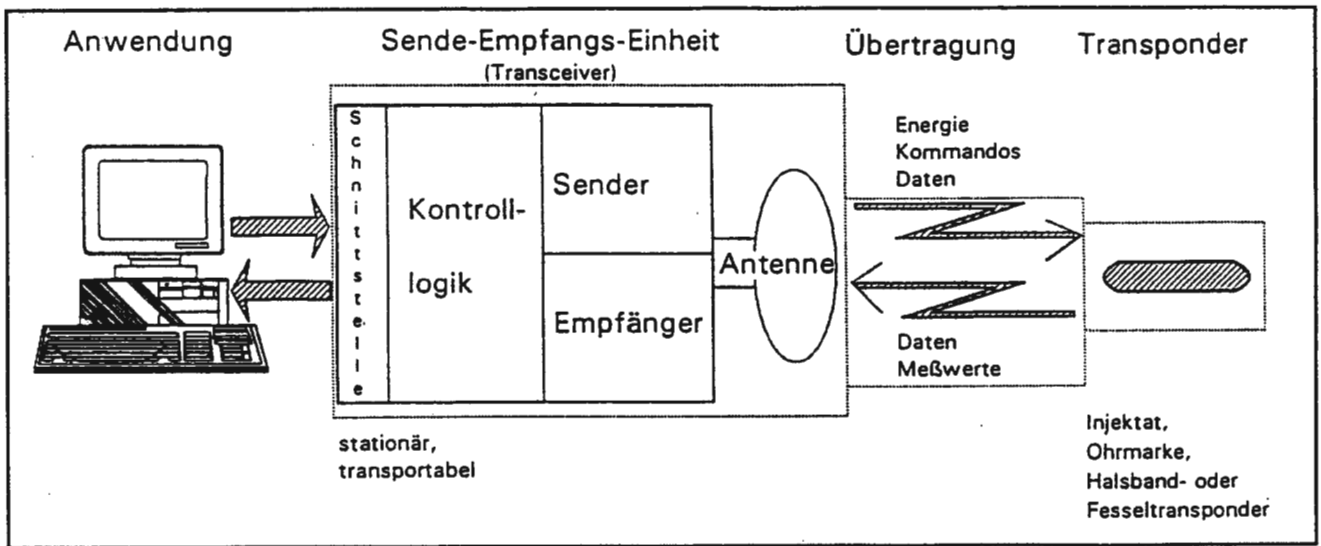


Abbildung 5: **Komponenten elektronischer Tiererkennungssysteme (nach Artmann, 1994)**

dehaltung besonders gefragt) weitere Anwendungen möglich, etwa der Nachweis der Tierherkunft. Die Komponenten elektronischer Erkennungssysteme gehen aus Abbildung 5 hervor.

Derzeit wird intensive Arbeit zur Normung solcher Systeme geleistet (Artmann, 1994). Dies ist erforderlich, da die Produkte unterschiedlicher Hersteller nicht kompatibel sind.

Beispiel: Stroh-Festmist-Kette

Die Stroh-Festmist-Kette gewinnt in der Tierhaltung aus verschiedenen Gründen wieder an Bedeutung. Einstreumaterial

hat feuchtigkeitsbindende, wärmedämmende und elastisch-plastische Eigenschaften (Sonnenberg und Lehmann, 1994), zu denen Kriterien hinzukommen, die Vorzüge insbesondere in den neuen Bundesländern aufweisen. Im Vergleich zu Flüssigmistverfahren muß die gesamte Verfahrenskette von der Strohbergung, über Transport, Lagerung und Aufbereitung sowie Verteilung und Entmistung betrachtet werden. Obwohl Einstreu-Haltungssysteme für Rinder und Schweine heute verstärkt diskutiert werden, fehlen aktualisierte betriebstechnische Daten für eine Konzeption der Stroh-Festmist-Kette. Hieran wird gearbeitet (Sonnenberg und Lehmann, 1994).

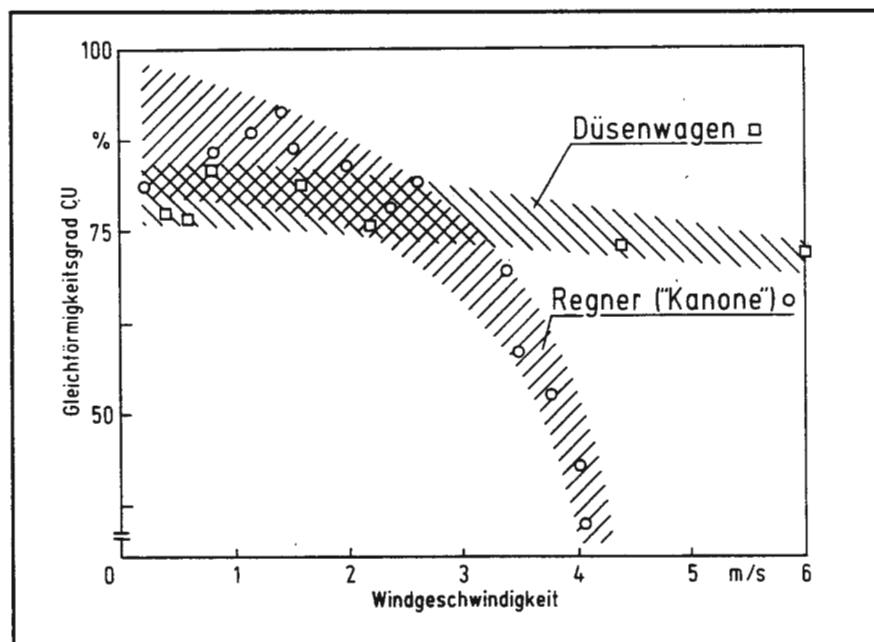


Abbildung 6: **Vergleich des Gleichförmigkeitsgrades für die Wasserverteilung eines Düsenwagens und einer Regnerkanone (nach Sourell, 1993)**

Beispiel: Beregnung

Für die regionalen Beregnungsgebiete in Deutschland ist Forschungs- und Beratungsbedarf in zwei Richtungen sehr aktuell: die Einsatzsteuerung sowie energie- und wassersparende Techniken sind Problembereiche, die für den Landwirt von außerordentlicher Bedeutung sind. So kann der am Institut entwickelte Düsenwagen mit seiner besseren energie- und wassersparenden Verteilung (Abbildung 6) einen wesentlichen Beitrag zur Lösung heutiger Probleme leisten (Sourell und Sommer, 1994).

Die Energieversorgung für Bewässerungspumpen an hof- und stromnetzfernen Standorten ist für Landwirte und Gärtner ein häufiges Problem. Die Solarenergie (Photovoltaik) bietet hier Lösungsmöglichkeiten, die in einem Projekt eines bundesweiten BMFT-Programms untersucht werden. Be-

triebstechnische Optimierungen sind für alle Systemteilmbereiche erforderlich, um die Kosten pro Kilowattstunde zu reduzieren (Sourell und Ortmeier, 1994).

Beispiel: Pflanzenschutz

Die Reduzierung des Aufwandes an chemischen Pflanzenschutzmitteln in der Pflanzenproduktion etwa bei der Unkrautbekämpfung ist aus ökonomischen und insbesondere aus ökologischen Gründen dringend erforderlich. Derzeit gilt als Zielsetzung für die Ausbringung eine reduzierte, möglichst gleichmäßig verteilte Aufwandmenge. Tatsächlich ist während der letzten Jahre die Aufwandmenge je Behandlung gesunken (Hildebrandt und Schön, 1991). Zukünftige technische Lösungen sollten jedoch davon ausgehen, daß Mittel auf dem Feld nur dort ausgebracht werden, wo Unkraut tatsächlich vorhanden und eine vorgegebene Schadensschwelle überschritten ist. Ein solcher Ansatz ist nur mit Hilfe der Elektronik zu realisieren. Auf der Basis der Weiterentwicklung der Direkteinspeisung (Ganzmeier und Schnieder, 1993) gibt es hierfür im wesentlichen zwei Wege: Einsatz von Bildverarbeitungssystemen (Munack, 1993) und von optoelektronischen Systemen (Biller, 1994).

Trotz vielversprechender Ansätze und Ergebnisse kann man heute noch nicht mit Hilfe der Bildverarbeitung Unkraut online erkennen. Unter anderem ist der Zeitaufwand für die Bildanalyse noch sehr hoch. Reduziert man den Anspruch der Unkrauterkennung auf die Unterscheidung von grünen Pflanzen gegenüber braunem Boden oder hell- bis dunkelbraunen Pflanzenrückständen, so stehen im Prinzip hierfür Sensoren zur Verfügung (Felton and McCloy, 1992).

Systeme, welche nach einem solchen Prinzip arbeiten, könnten Unkräuter kontrollieren, wenn die Kulturpflanze noch nicht aufgelaufen ist oder wo - etwa in weitreihigen Pflanzenbeständen - keine Kulturpflanze steht. In Ab-

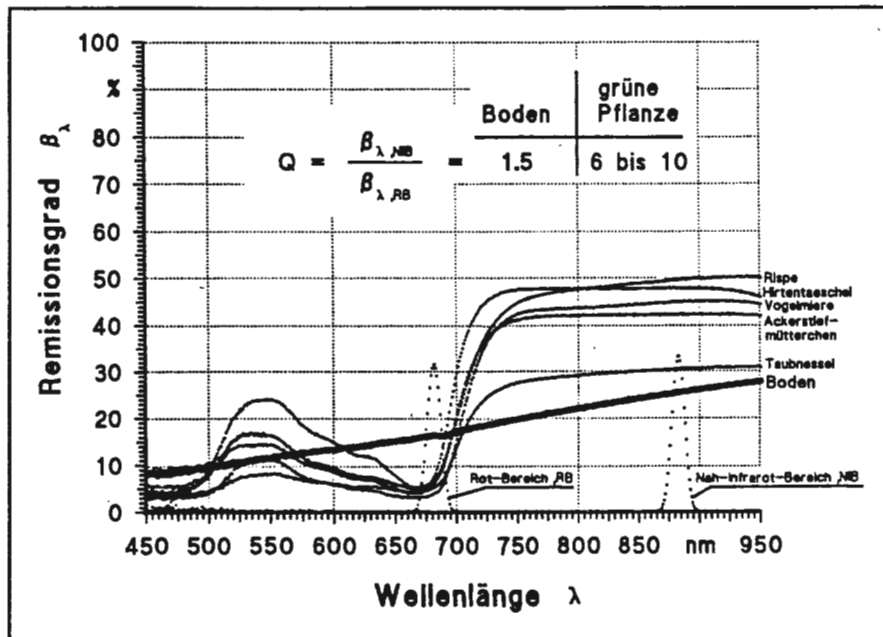


Abbildung 7: Reflexion von Boden und Pflanzen (nach Biller, 1994)

Abbildung 7 ist die Reflexion als Funktion der Wellenlänge für den Boden und unterschiedliche Pflanzenarten aufgetragen (Biller, 1994).

Die Verläufe unterscheiden sich deutlich. Werden für je zwei Wellenlängen die Quotienten aus den zugehörigen Reflexionsgraden gebildet, so betragen diese beim Boden etwa 1.5 und bei Pflanzen zwischen 6 und 10. Damit wäre ein System aus Sensor, vorzugebender Schadensschwelle, Direkteinspeisung und Bordcomputer geeignet, Unkraut zielfächenspezifisch zu kontrollieren.

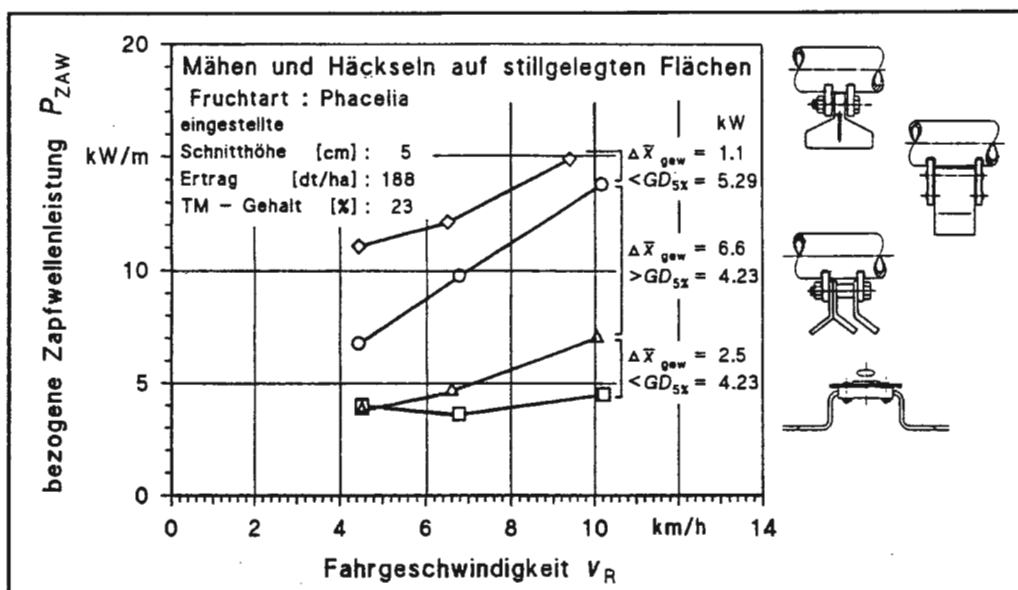


Abbildung 8: Zapfwellenleistung als Funktion der Fahrgeschwindigkeit für vier unterschiedliche Geräte zur Pflege stillgelegter Flächen (nach Brunotte und Biller, 1994)

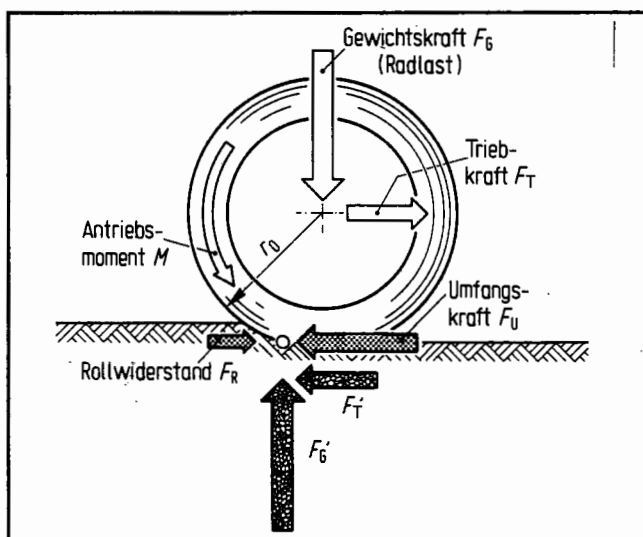


Abbildung 9: **Kräfte am angetriebenen Rad** (nach Steinkampf, 1978)

Diese Technik kann gewiß nicht die Lösung schlechthin sein, da wie das Unkraut auch die Kulturpflanze grün ist. Für Reihenfrüchte, für Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung sowie unter bestimmten Voraussetzungen auch darüber hinaus, könnte dieser Lösungsansatz jedoch ökonomische und ökologische Vorteile aufweisen.

Heute findet ein anderer Weg zur Teilflächenbehandlung nicht nur beim Pflanzenschutz große Aufmerksamkeit: das satellitengestützte Ortungssystem (GPS) in Verbindung mit der automatischen Ernteermittlung auf dem Feld. Voraussetzungen für eine Nutzung in der Praxis sind die Weiterentwicklung herstellereinspezifischer Geräteelektronik, die Normung der Verbindung zum Schlepper, die Einbeziehung der räumlichen Variabilität von Bodenkennwerten sowie die Erprobung solcher Systeme.

Beispiel: Technik für die Pflege stillgelegter Flächen

Zur Pflege stillgelegter Flächen sind kostensparende Verfahren zu entwickeln, die gleichzeitig Bodenschutzerfordernisse im weitesten Sinne gerecht werden müssen. Daraus folgt, daß solche Verfahren nicht nur Aspekte der Pflege zu berücksichtigen haben. Es geht um die gesamte Verfahrenskette Begrünung, Pflege und Bestellung der Folgefrucht (Brunotte und Biller, 1994). Erste Messungen haben ergeben, daß unterschiedliche Geräte für denselben Arbeitseffekt beim Häck-

seln einen sehr unterschiedlichen Leistungsbedarf haben können (Abbildung 8).

Die zum Teil erheblichen Unterschiede zwischen den eingesetzten Geräten geben den Hinweis zur Weiterentwicklung der Technik und Verfahren, wobei Arbeitseffekt, Leistungsbedarf, Schutz von Flora und Fauna und die Kosten zu berücksichtigen sein werden.

Beispiel: Bodenschonende Verfahren

Der Referentenentwurf für ein Gesetz zum Schutz des Bodens enthält die Aussage, daß landwirtschaftliche Bodennutzung standortgemäß so zu erfolgen hat, daß "soweit wie möglich ... Bodenverdichtungen ... vermieden, die biologische Aktivität sowie eine günstige Bodenstruktur erhalten werden".

Ausgehend von den Kräften am angetriebenen Rad (Abbildung 9) wird deutlich, daß eine gewünschte Triebkraft ohne eine entsprechende Radlast nicht realisierbar ist und letztere Reaktionskräfte im Boden zur Folge hat (Steinkampf, 1978).

Wird die gewünschte Zugkraft als Funktion der Radlast aufgetragen, so unterscheiden sich die Geraden je nach der Art der "Fahrbahn". Vom gepflügten Boden über den abgesetzten Stoppelacker bis zur verdichteten Schlepperradsohle werden die Geraden steiler. Bei einer Radlast von 3000 daN können auf gepflügtem Acker unter guten Voraussetzungen nur 700 daN Triebkraft übertragen werden, 1500 daN sind schon auf der festen Schlepperradsohle (Abbildung 10).

Ist der Triebkraftanspruch höher, sind auch erheblich höhere Radlasten erforderlich. Hohe Radlasten haben jedoch unter bestimmten Bedingungen im Boden Druckspannungen zur Folge, die insbesondere unter feuchten Bedingungen Bodenverdichtungen bis in tiefe Bodenschichten hervorrufen können (Sommer, 1990). Diese Problematik ist beim konventionellen Pflügen besonders gravierend. Das Furchenrad

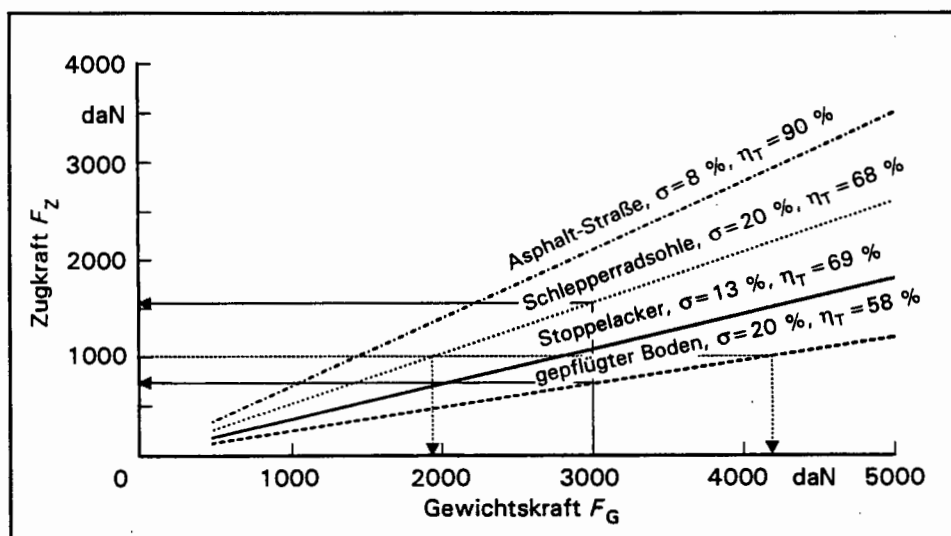


Abbildung 10: **Zugkräfte bei unterschiedlichen Fahrbahnverhältnissen und Radlasten im optimalen Wirkungsbereich** (nach Steinkampf, 1979 geändert)

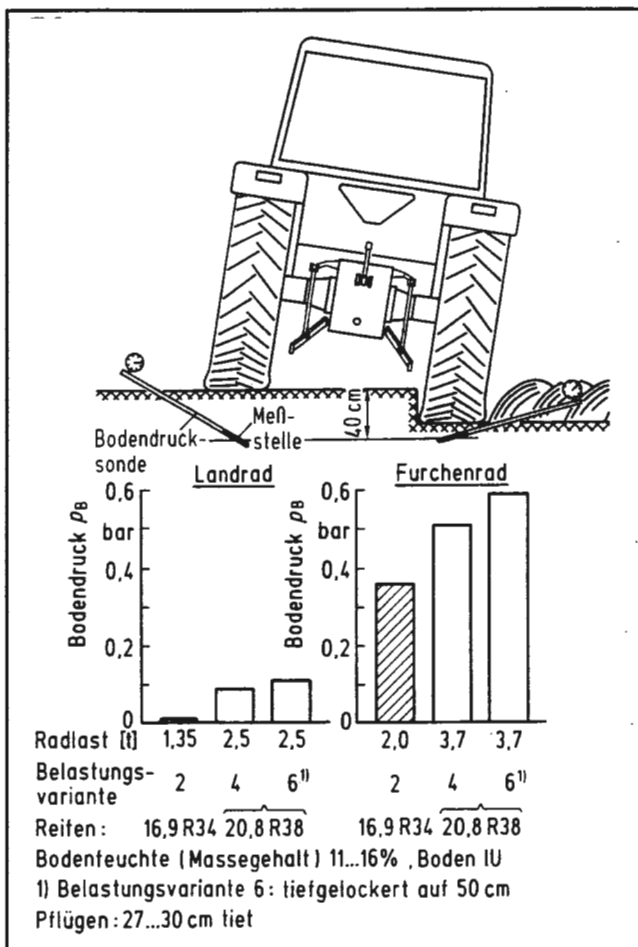


Abbildung 11: Gemessene Bodendrücke in 40 cm Tiefe beim Pflügen (nach Steinkampf et al., 1994)

des Ackerschleppers belastet Bodenschichten, die unterhalb der Bearbeitungstiefe liegen und die Radlast des Furchenrades ist höher als die des Landrades. Deshalb entstehen unter dem Furchenrad höhere Bodendruckwerte (Abbildung 11).

Diese können zu Schadverdichtungen führen, die aus Bodenschutzgründen für die Ertrags-, Regelungs- und Lebensraumfunktion des Bodens unbedingt zu vermeiden sind. Im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes wird für das Befahren von landwirtschaftlich genutzten Flächen ein Gesamtkonzept entwickelt, das die Nutzung technischer Möglichkeiten, die Anpassung der Arbeitsverfahren und die Verbesserung der Befahrbarkeit des Bodens einschließt. Dies

wird als der einzig richtige Lösungsweg angesehen (Sommer et al., 1994).

Zusammenfassung

Das Institut für Betriebstechnik befaßt sich mit der Analyse, Weiterentwicklung und Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren des Pflanzenbaus, der Grünlandbewirtschaftung und der Landschaftspflege sowie der Tierhaltung (Abbildung 12).

Ziel ist, landwirtschaftliche Produktionsverfahren so zu gestalten, daß eine für Mensch und Tier geeignete Nahrungsmittel- und Rohstoffherzeugung ermöglicht wird. Dabei kommt es darauf an, daß die angesprochenen und weitere Beispiele der Forschungsarbeit als Teilbereiche umfassender Produktionsverfahren untersucht bzw. zu solchen verknüpft werden. Zu berücksichtigen sind dabei die Erhaltung natürlicher Ressourcen, Aspekte des Tierschutzes, der Mensch an seinem Arbeitsplatz und nicht zuletzt die Input-Output-Relationen. Insgesamt und im Detail wird der technische Fortschritt auch in Zukunft die Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren beeinflussen. Der Einsatz von Technik zur Optimierung von Produktionsverfahren wird nur auf der Basis interdisziplinärer Zusammenarbeit gelingen.

Technical solutions to develop agricultural production methods

The Institute of Production Engineering is engaged in the analysis, development and assessment of agricultural production methods of crop production, grassland and landscape management as well as animal husbandry production. The objective is to develop agricultural production practices in such a way, that an appropriate food and raw material production for human beings and animals is possible regarding the maintenance of natural resources, animal welfare, labour management, and ergonomics. The problem will be to investi-

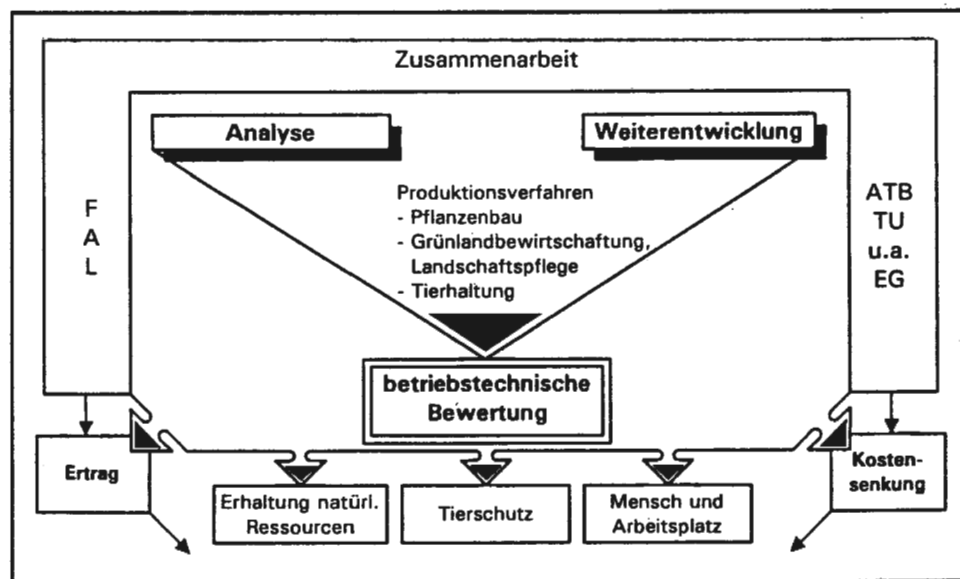


Abbildung 12: Einsatz von Technik zur Optimierung von Produktionsverfahren

gate the above mentioned and further examples and to combine them to comprehensive agricultural production methods, respectively. This goal can only be reached if these investigations are confirmed by production engineering assessment which has to consider the economics of input-output-ratios (costs, yields etc.), too. The technical progress will influence the development of agricultural production methods also in the future all in all and in detail. The use of agricultural engineering techniques to optimized production methods can only be reached if problems are treated and solved by interdisciplinary cooperation.

Literatur

Artmann, R. (1994): Technischer Stand und Entwicklungsmöglichkeiten standardisierter Transponder. - KTBL-Arbeitspapier (im Druck).

Bertram, H. (1993): Zuckerrübenenernte. - In: Matthies und Meier, S. 141-145.

Biller, R. H. (1994): Verfahren zur Reduzierung des Aufwandes an chemischen Pflanzenschutzmitteln in der Pflanzenproduktion - eine betriebstechnische Analyse. - Landbauforschung Völkenrode (im Druck).

Brunotte, J. und R. Biller (1994): Maschinen und Geräte zur Bewirtschaftung stillgelegter Flächen - technische Lösungen und Verfahrensbewertung. - Die Zuckerrübe (im Druck).

Felton, W.L. and K.R. McCloy (1992): Spot spraying. - Agric. Engng., S. 9-12.

Ganzelmeier, H. und E. Schnieder (pers. Mitt.): Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln.

Göhlich, H. (1993): Pflanzenschutz und Pflanzenpflege. - In: Matthies und Meier, S. 93-97.

Heege, H.J. (1993): Technik in der Schweinehaltung. - In: Matthies und Meier, S. 177-183.

Hesse, D. und Britta Kukoschke (1993): Vergleich von Einstreuverfahren zur Mastschweinehaltung. - In: Institut für Landtechnik (Hrsg.): Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Tagungsband, Wiss. Fachverlag Fleck, Niederkleen, S. 87-96.

Hildebrandt, A. und H. Schön (1991): Die Spritztechnik im Ackerbau. - Landbauforschung Völkenrode 41, H. 2, S. 103-113.

Matthies, H.J. und F. Meier (Hrsg.) (1993): Jahrbuch Agrartechnik. - Maschinenbauverlag Frankfurt a. Main.

Meinhold, K. (1978): Technischer Fortschritt und betriebliches Wachstum im Spannungsfeld gesamtwirtschaftlicher Entwicklung. - Landbauforschung Völkenrode Bd. 28, H. 2, S. 51-56.

Munack, A. (pers. Mitt.): Bildauswertung zur Erkennung von Pflanzenart und -zustand.

Renius, K.Th. (1993): Traktoren. - In: Matthies und Meier, S. 45-51.

Rosegger, S. (1969): Landwirtschaftliche Betriebstechnik. - Grundlagen der Landtechnik Bd. 19, Nr. 1, S. 1-4.

Schön, H. (1979): Aufgaben und Ziele betriebstechnischer Forschung. - Grundlagen der Landtechnik Bd. 29, Nr. 6, S. 181-184.

Schön, H., R. Bauer und H. Pirkelmann (1993): Technik der Rinderhaltung. - In: Matthies und Meier, S. 169-176.

Sommer, C. (1990): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. - In: Verbindungsstelle Landwirtschaft (Hrsg.), Produktionsfaktor Umwelt/Boden, Energiewirtschaft und Technik, Verlagsgesellschaft Düsseldorf, S. 29-50.

Sommer, C. (1994): Bodenbearbeitung. - In: Handbuch des Pflanzenbaues, Ulmer-Verlag Stuttgart (im Druck).

Sommer, C., H.-J. Dürr und M. Zach (1994): Auswirkungen von Bodenverdichtungen auf den Pflanzenertrag und Schlußfolgerungen aus der Sicht des Bodenschutzes. - Landbauforschung Völkenrode (im Druck).

Sonnenberg, H. und B. Lehmann (1994): Stroh-Festmistkette in der Tierhaltung. - Landtechnik 49. Jg., H. 3, S. 128-129.

Sourell, H. und B. Ortmeier (1994): Bewässerung von Gemüse und Sonderkulturen mit Hilfe der Photovoltaik. - BMFT/BML-Statusseminar zur Photovoltaik-Anwendung im Agrarbereich, Darmstadt 16.6.94.

Sourell, H. und C. Sommer (1993): Bewässerung und Beregnung. - In: Matthies und Meier, S. 105-112.

Steinkampf, H. (1978): Großschlepper zur Bodenbearbeitung aus technischer Sicht. - Berichte über Landwirtschaft Bd. 56, S. 539-549.

Steinkampf, H. (1979): Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion - Bereich Agrartechnik. - Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft: Agrarwirtschaft und Energie, S. 157-167.

Steinkampf, H., J. Bartels, G. Olfe und M. Zach (1994): Belastungssimulation im Feldversuch und Ermittlung des Bodendruckes - Methode und Ergebnisse. - Landbauforschung Völkenrode (im Druck).

Verfasser: Sommer, Claus, Dir. u. Prof., Dr.-Ing., Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Claus Sommer.