



**Bodenbearbeitungssysteme**

- Projektkoordination (Landtechnik)
- Betreuung der Feldversuche (Landtechnik)
- Landtechnische Parameter (Landtechnik)
- Saatgutablagetechnik (Landtechnik)
- Mechanische Unkrautbekämpfung (Landtechnik)
- Pflanzenbauliche Parameter (Landtechnik)

**Bodengefüge**

- Bodenphysik. Kenndaten (Bodenk./Landeskult./Landtechnik)
- Aggregatgrößen (Landtechnik)
- Biogene Grobporen (Landtechnik)
- Kontinuität der Poren (Bodenkunde/Landeskultur)
- Durchwurzelbarkeit (Bodenkunde)
- Oberflächenstabilität (Landeskultur)
- Befahrbarkeit (Landtechnik)

**Unkrautflora**

- Unkräuter (Landtechnik)

**Ernterückstände**

- Einarbeitung der Rückstände (Landtechnik)

**Bodenleben**

- Lumbriciden (Landtechnik)
- Nematoden (Phytopathologie)
- Übrige Makro- und Mesofauna (Bodenfauna)
- Mikroorganismen (Mikrobiologie)
- Fruchtfolgekrankheiten (Landtechnik/Phytopath.)

**Umsetzungsprozesse**

- Strohabbau (Bodenfauna)
- C-, N- und P-Umsatz (Mikrobiologie)
- N-Dynamik (Pflanzenern.)
- Schleimstoffe/Gefügestabilität (Mikrobiol.)
- Humusqualität (Mikrobiol.)
- Abbau von Pflanzenschutzmitteln (Mikrobiol./Phytopath.)

**Kulturpflanze/Ertragsbildung**

- Ertragsparameter, Ertragsstruktur (Landtechnik/Bodenkunde/Pflanzenernährung)
- Systemgerechte N-Düngung (Pflanzenernährung)

**Verlagerungsprozesse**

- Infiltrationsleistung/Bodenerosion (Landeskultur)
- Makroporenversickerung (Landeskultur)
- Sickerwasserraten (Bodenkunde/Landeskultur)
- Nitratverlagerung (Bodenkunde/Pflanzenernährung)

**Boden- und Gewässerschutzaspekte**

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit | 4. Verhinderung von Bodenerosion   |
| 2. Energieeinsparung                | 5. Nitratverlagerung               |
| 3. Vermeidung von Bodenverdichtung  | 6. Abbau von Pflanzenschutzmitteln |

tenden Teilkomponenten, die zu kompakten Arbeitseinheiten zusammengefügt und der nichtwendenden Bodenbearbeitung zuzuordnen sind, unterscheiden sich in Art und Nachhaltigkeit ihres Eingriffs in den Boden von herkömmlichen Gerätesystemen und führen infolgedessen zu anderen Bodenzuständen. Abbildung 2 verweist – von oben nach unten betrachtet – auf den sich verringern Eingriff der Werkzeuge verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte. Bei der spurüberdeckenden Arbeitsweise der nichtwendenden und dennoch krummentlockernden Verfahren wird das Schleppergewicht bereits in der Ackerkrumenschicht abgepuffert. Eine eventuell dort entstandene Verdichtung wird unmittelbar durch die folgenden Werkzeuge des Gerätes beseitigt, die Porenkontinuität im Unterkrumenbereich durch Auflast nicht zerstört und gute Infiltration auch starker Niederschläge erzielt. Das Einarbeiten der Pflanzenrückstände in die sauerstoffreichere Zone des Bodens fördert die Aktivität der Bodenmikroben, die durch ihre Stoffwechselprodukte maßgeblich an der Beständigkeit der Bodenkrümel gegen Niederschläge beteiligt sind.

Tabelle 1: Untersuchungsparameter im Verbundvorhaben

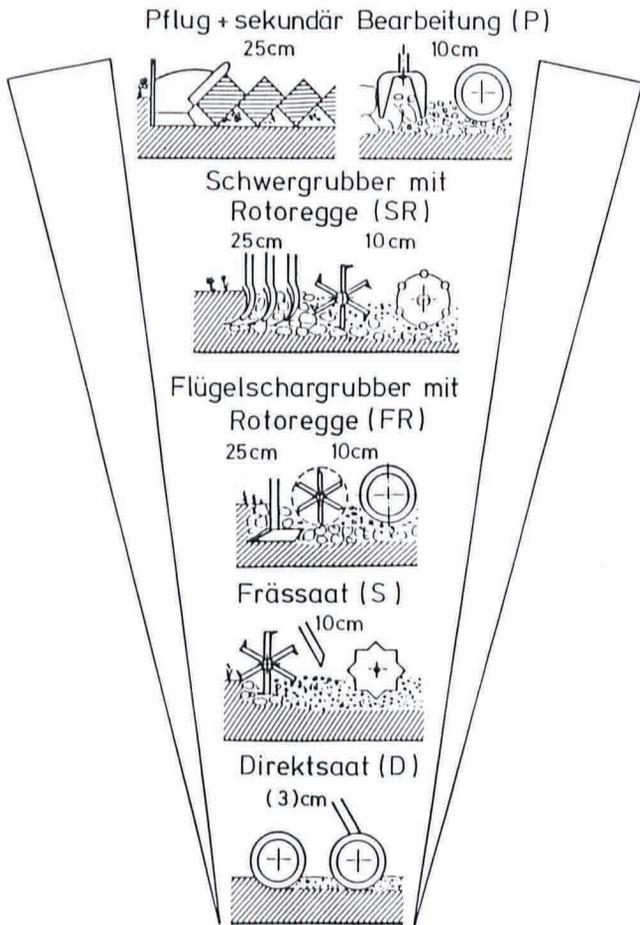


Abb. 2: Bodenbearbeitungsverfahren mit abnehmender Eingriffstiefe.

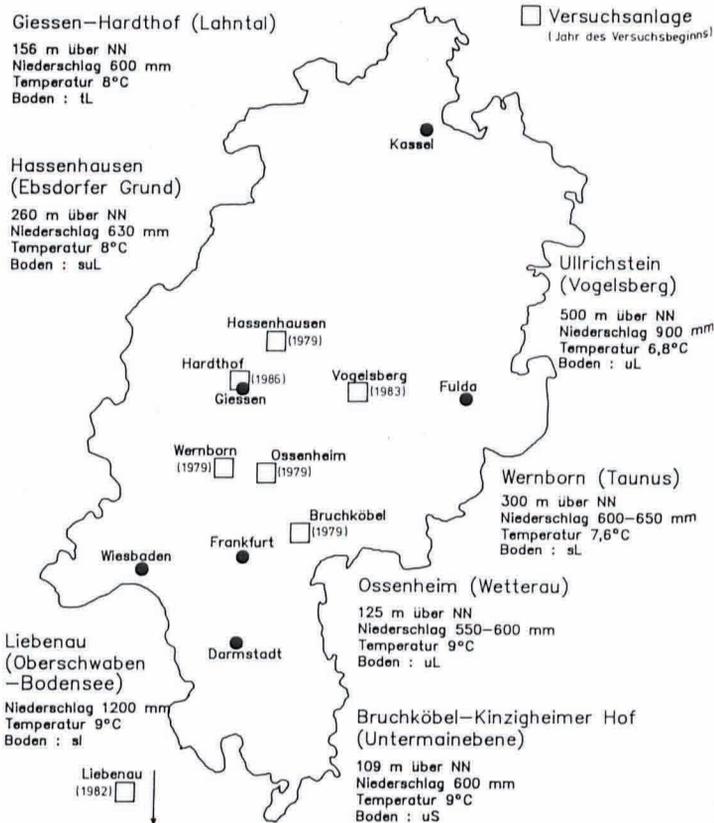


Abb. 3: Standorte der Bodenbearbeitungsversuche.

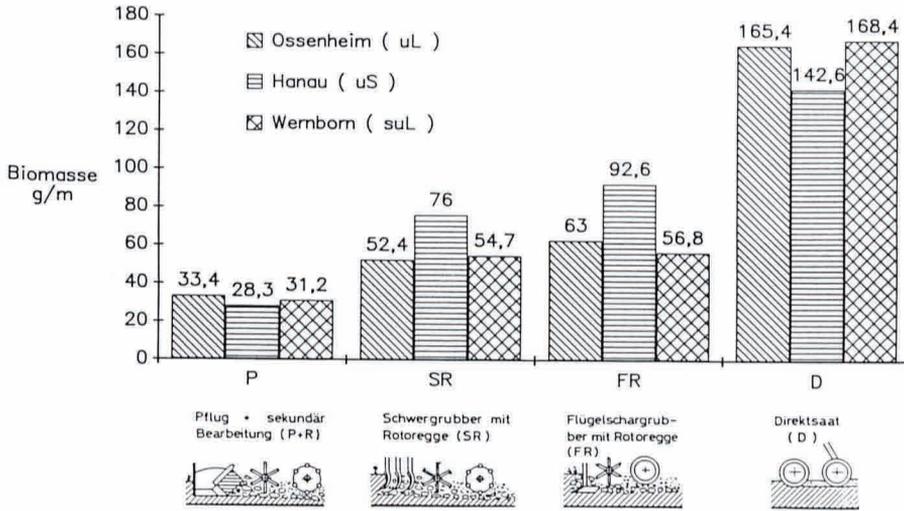


Abb. 4: Biomasse der Lumbriciden von drei Standorten bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (von 1987).

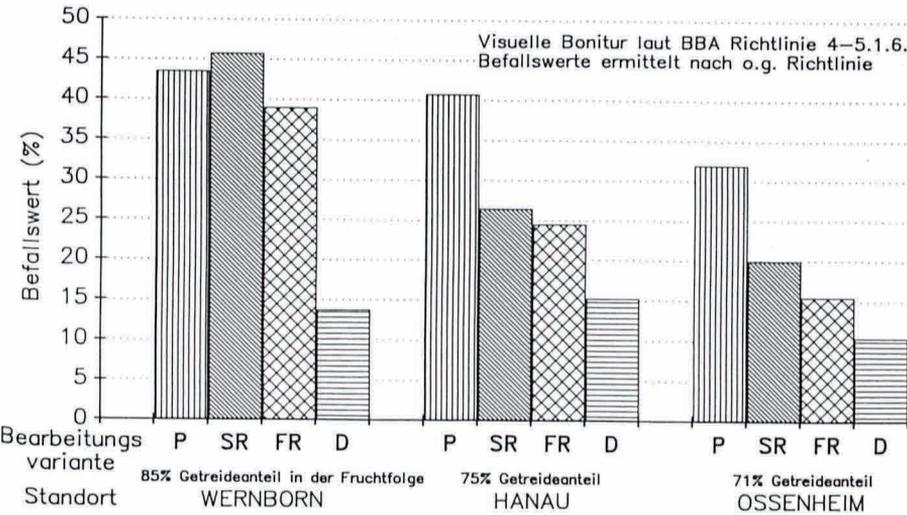


Abb. 5: Einfluß der Bodenbearbeitung auf den Befall von Winterweizen mit Halmbasiskrankheiten (*Pseudocercospora herpotrichoides* und *Fusarium* spp.).

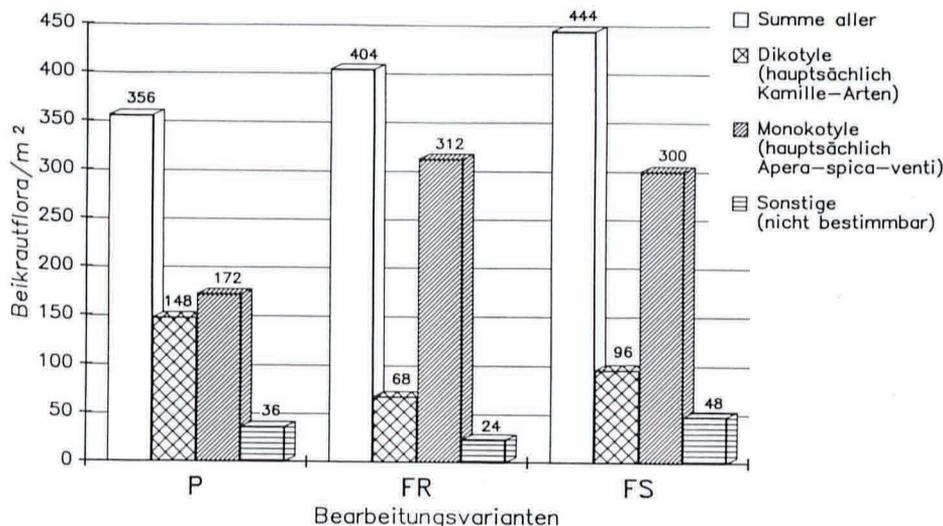


Abb. 6: Beikrautflora nach verschiedener Bodenbearbeitung.

## Bodenfauna

Die wiederholten Vergleichsversuche auf verschiedenen Standorten mit leichten, mittleren und schweren Böden belegen den positiven Effekt der nichtwendenden Bodenbearbeitung auf Biomasse und Anzahl der Regenwürmer, die um das Drei- bis Fünffache über dem Pflugverfahren liegt (Abb. 4). Das Röhrensystem der Regenwürmer, das bis zu zwei Meter in den Boden hinabreicht, führt in bis zu vier Millimeter starken, luftführenden Röhren Überschußwasser ab und kann den Pflanzenwurzeln als Leitbahn dienen. Damit wird der Aufschluß tieferer Bodenhorizonte erreicht. Daneben spielt der Regenwurm eine ebenso wichtige Rolle im Umbauprozess von organischen Pflanzenreststoffen.

Die Frage der Krankheitsübertragung bei Getreide durch die auf der Ackeroberfläche lebenden Pilzerreger wird in einem weiteren Unterprojekt der Landtechnik untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, daß mit Abnahme der Bearbeitungsintensität – selbst bei hohem Getreideanteil von 85 Prozent in der Fruchtfolge – die Befallswerte infolge von Stadienresistenz und Antagonisten der genannten Erreger zurückgehen (Abb. 5).

## Unkrautentwicklung

Darüber hinaus wird die Unkrautentwicklung über Jahre hinweg bei allen Versuchsvarianten der Bodenbearbeitung verfolgt. Höhe, Artzusammensetzung und Trockenmasse der Beikrautflora dienen als Berechnungsgrundlage für Bekämpfungserfolg, Anteil der Monokotylen, also der Gräser, Stetigkeit der Arten und des Deckungsgrades. Die Untersuchungen lassen bisher folgendes erkennen: In der Umstellungsphase auf Flächen mit konservierender, nicht-wendender Bodenbearbeitung ergeben sich höhere Auflaufraten und zügigere Entwicklung des Unkrautbesatzes. Danach ist ein Rückgang des keimfähigen Samenpotentials zu bemerken und somit kein höherer Herbizidaufwand zwangsläufig notwendig (Abb. 6). Entscheidend ist hier letztlich das Bewirtschaftungsmanagement des Betriebsleiters bei der Unkrautbekämpfung.

## Befahrbarkeit und Porencharakteristik

Nach diesen mehr biologischen Feststellungen sollen die heute vielerorts diskutierten Fragen des Einflusses der Bearbeitungsintensität auf die Befahrbarkeit und die Porencharakteristik von Ackerböden angesprochen werden. Die Bodendruckmessungen wurden mit einer Drucksonde sowohl

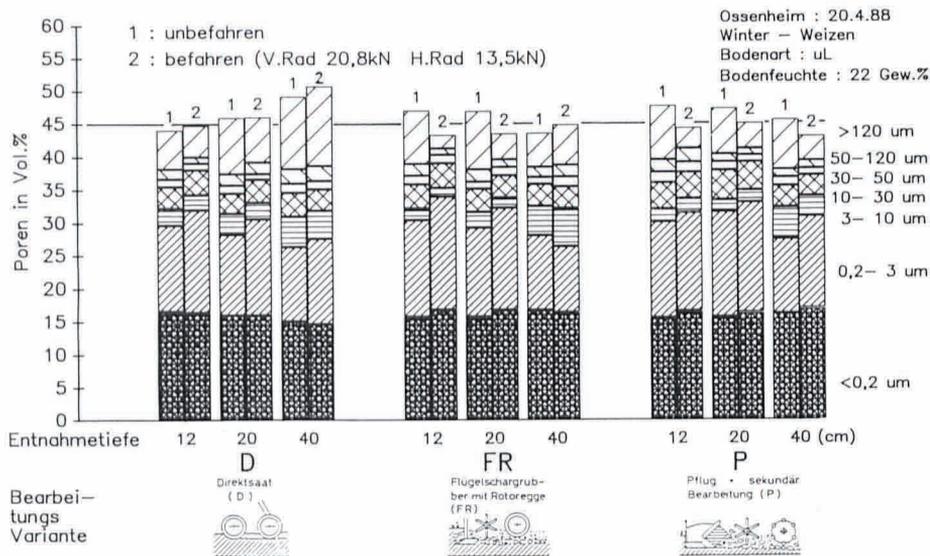


Abb. 7: Porenraumverteilung bei verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten vor und nach Belastung.



Abb. 8: Vergleich von gepflügtem und dadurch überlockertem Ackerboden (rechte Bildseite) mit reduzierter Bearbeitung (linke Bildseite) und gleichzeitiger Rückverfestigung beim Schwergrubber-Rotoreggen-Verfahren.

auf dem Sandstandort als auch im Lößboden durchgeführt. Die Messungen erfolgten in 20 cm und 40 cm Bodentiefe unter den Schleppervorder- und Hinterrädern. Dabei war zu erkennen, daß der Bodendruck durch die erzeugte Auflast in der Direktsaat-Variante ("no tillage") sowohl in der Ackerkrume, als auch im Unterboden am geringsten ist. Während sich der ermittelte Sondendruck auf den vom Flügelschargrubber mit Zinkenrotor (Abb. 2) bearbeiteten Flächen bei 20 cm Tiefe – also in der Krume – den Werten der Pflugvariante nähert, lagen die Drücke im Unterboden eher im Bereich der Direktsaat. Die Ergebnisse zur Porenraumverteilung auf den Versuchspartellen vor und nach einer Maschinenüberfahrt verweisen ebenso auf die unterschiedlichen Wirkungen der Geräte hinsichtlich der Bodenstruktur (Abb. 7). So wird besonders im Bereich der weiten Grobporen ( $< 50 \mu$ ) sichtbar, daß bereits bei einer Überfahrt vor allem in der Pflugvariante eine stärkere Reduktion dieses Porenraums auftritt. Ebenso vermindert sich dabei der von den Pflanzen durchwurzelbare Porenbereich ab  $10 \mu$  auf der gepflügten Fläche im Vergleich zu den beiden anderen Verfahren D und FR. Das heißt, der Porenraum, in dem Gasaustausch, Wasserdränung und Wurzelentwicklung stattfinden können, ist nach einer Belastung in der Pflugvariante meist wesentlich geringer. Die beim Pflügen auftretende Überlockerung (Abb. 8 rechts) erfordert entweder ein langfristiges Absetzen des Bodens oder den Einsatz von packenden Geräten, um den überlockerten Porenraum von rund 70 Prozent auf etwa 45 Prozent zurückzuführen. Die geringe Tragfähigkeit aufgelockerter Böden führt bei Belastung mit schwerem Gerät, Transportfahrzeugen und Erntemaschinen zu tiefen Reifeneindrücken mit unerwünschter Verdichtung des Bodens auch unterhalb des Bearbeitungshorizontes. Als Folge bildet sich oftmals Staunässe. Zur Beurteilung der Bodenbearbeitungssysteme sind neben der Fruchtfolge die unter-

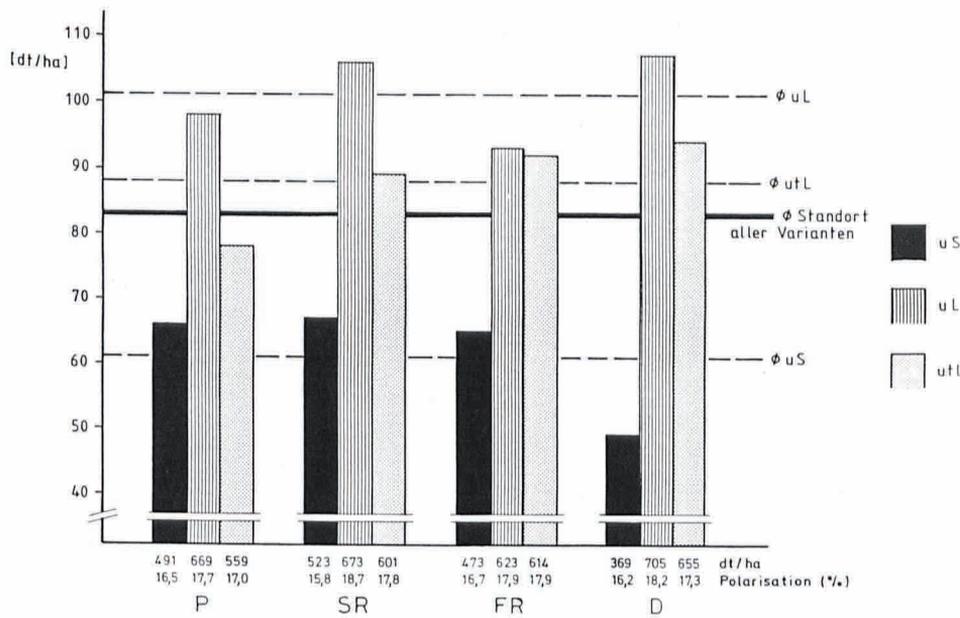


Abb. 9: Bereinigter Zuckerrüben ertrag bei variiertem Bodenbearbeitung (3. Vers. J.).

schiedlichen Bodenarten und ihr Verhalten mit zu berücksichtigen. So ist beispielsweise das Auftreten der Beinigkeit, also eine unerwünschte Wurzelverzweigung, bei Zuckerrüben nach absoluter Direktsaat auf Sandstandorten größer als bei löß- und tonhaltigen Böden, da ersterer aufgrund der Bodenstruktur zu starker Sackungsverdichtung neigt.

### Ernterträge

Auf Abb. 9 wird der Zuckerrüben ertrag auf drei Standorten vergleichend zu den Bodenbearbeitungsverfahren gezeigt. Über die Y-

Achse ist der für den Landwirt entscheidende bereinigte Zuckerrüben ertrag aufgetragen. Erwartungsgemäß erweist sich das Ertragsniveau zunächst über die Bodenarten hinweg unterschiedlich; auf dem Sandboden wurde der geringste Ertrag festgestellt. Vergleicht man die Bodenbearbeitungsverfahren untereinander, erbringt die unbearbeitete D-Variante das schlechteste Erntergebnis auf dem Sandstandort. Das Ertragsniveau von P, SR und FR ist etwa gleich hoch. Auf dem Lößstandort kehrt sich das Ergebnis vollständig um. Hier konnte zusammen mit SR auf der D-Variante der Höchstertrag gemessen werden. Auch auf dem Tonboden bestehen Ertrags-

vorteile mit Abnahme der Eingriffsintensität. Dieser Trend wird durch eine spätere Untersuchung in gleicher Rangfolge der Bodenbearbeitungsverfahren bestätigt.

### Leistung und Kosten

Leistung und Kosten in Tabelle 2 verdeutlichen, daß das Pflugverfahren bei höchstem Investitionsbedarf die geringste Flächenleistung erzielt und somit die Arbeiterledigung (DM/ha) am teuersten ist. Die auf Pflugtiefe lockernden Verfahren reduzieren die Kosten um 30 Prozent bis 40 Prozent, wobei die Verfahrensleistung zwischen 33 Prozent und 75 Prozent über dem Pflugverfahren liegt.

Der Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung bei der Direktsaat ist insbesondere dann interessant, wenn die relativ teuren Geräteinvestitionen über entsprechende Einsatzflächen verteilt werden können. Die hohe Schlagkraft dieses Verfahrens eignet sich im besonderen Maße daher zur überbetrieblichen Nutzung.

### Zusammenfassung

Die bisherigen Ergebnisse lassen deutlich qualitative Unterschiede der verschiedenen technischen Bearbeitungsmaßnahmen erkennen. Sie reichen jedoch noch nicht aus, diese Unterschiede in allen Bereichen zu quantifizieren und Angaben über Belastungsgrenzen zu machen. Diese Fragestellungen sollen in der Fortsetzungsphase des Projektes angegangen werden, um die Ergebnisse in eindeutige Praxisempfehlungen umsetzen zu können.

		Arbeitsbreite (m)	Anschaffungspreis (DM)	Flächenleistung (ha/h)	Kampagneleistung (ha/25 Tage)	Kosten (DM/ha)
P	Schlepper, 107 kW, Allrad (anteilig 50% für Bodenbearb.)		65 000			
	Volldrehpflug, 5-Schar	2,0	25 000	1,02	204	105,43
	Kreislegge mit Sämaschine	3,0	26 000	1,64	328	70,18
Verfahren insgesamt				0,63	126	207,05
SR	Schlepper, 107 kW, Allrad (50%)		65 000			
	Schwergrubber 3balkig mit Rotoregge	2,5	19 500	1,21	242	89,36
	Schlepper, 35 kW, Hinterrad Sämaschine (Rollschar)	3,0	11 500	1,91	382	15,25
Verfahren insgesamt				0,74	148	143,75
KR	Schlepper, 107 kW, Allrad (50%) Kurzgrubber 2balkig mit Frässaatmaschine	2,4	28 500	0,84	168	145,21
FR	Schlepper, 107 kW, Allrad (50%) Flügelgrubber-Rotoregge-Sämaschinenkombination	2,5	40 000	1,10	220	126,29
S	Schlepper, 85 kW, Allrad (50%) Frässaatmaschine	2,4	51 500 24 000	1,05	210	99,04
D	Schlepper, 59 kW, Allrad (50%)		35 000			
	Drei-Scheiben-Direktsaatmaschine	3,0	37 000	2,27	454	37,74
	Zusätzl. Pflanzenschutzmaßnahme (Totalherbizid)	3,0		1,16	232	68,62

Tabelle 2: Leistungen und Kosten ausgewählter Bearbeitungs- und Bestellverfahren, Bezugsbasis für den Bearbeitungszeitraum ist die Hackfrucht-Ernte (HE) mit 25 Tagen je 8 h Hauptzeit

Durch die langjährige Versuchsdauer haben sich auf den verschiedenen Standorten unterschiedliche, bearbeitungsbedingte Gleichgewichtszustände eingestellt. Die Versuchsflächen bieten damit ideale Voraussetzungen, in fachübergreifender Zusammenarbeit neben Fragen der Systemoptimierung in landtechnischer und pflanzenbaulicher Hinsicht vor allem auch Fragen des Bodenlebens sowie des Wasser- und Stoffhaushalts bei unterschiedlicher Bearbeitungsintensität mit der vorweg genannten Zielsetzung zu untersuchen.

Nach den bisherigen Vergleichsversuchen mit reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren lassen sich folgende Aussagen treffen: Der Leistungs- und Energiebedarf sinkt mit abnehmender Eingriffsintensität, wobei Bodenschäden durch Druck und Schlupf geringer werden. Durch die homogene Einmischung der organischen Restsubstanzen kann der Verschlammungs- und damit der Erosionsschutz auf gefährdeten Standorten erheblich verbessert, die Umsetzung dieser Substanzen beschleunigt, die biologische Aktivität gesteigert und durch diese Wechselwirkungen die natürliche Bodenfruchtbarkeit wie Krümel- und Gefügestabilität erhöht werden.

### Zu den Autoren:



**Prof. Dr. Horst Eichhorn**, Jahrgang 1927, leitet seit 1971 das Institut für Landtechnik am Fachbereich Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen. Nach dem Studium an der Technischen Universität München-Weihenstephan wurde er 1958 promoviert und habilitierte sich 1965 an derselben Hochschule. Die Schwerpunkte seiner Forschungsarbeit waren geprägt zunächst durch eine verbesserte Verfahrenstechnik in der Getreideernte, sodann durch die erstmalig erfolgte Einrichtung des Fachgebietes Technik und Gebäude für Nutztiere mit Entwicklung tierangepasster Stallhaltungsformen. Seine heutigen Aktivitäten umfassen die grundsätzlichen Fragen der Wechselwirkungen zwischen mechanischem Eingriff in den Ackerboden und dem Ökosystem Boden sowie neuartige Mechanisierungslösungen in der Schweinehaltung mit Prozeßoptimierung. Hinzu kommen Arbeiten zur Reduzierung der Umweltproblematik bei der

organischen Düngung. Außerdem werden situationsgerechte Technologien für Entwicklungsländer untersucht und eingeführt.

**Dr. Friedrich Tebrügge** studierte nach Abschluß einer Landwirtschaftslehre und einer Agraringenieur-Ausbildung Landwirtschaftswissenschaften an der Justus-Liebig-Universität Gießen und wurde dort 1972 promoviert. Seit 1970 ist er am Institut für Landtechnik tätig und wurde 1979 zum Akademischen Oberrat ernannt. Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Arbeiten lagen auf dem Gebiet der Motivationsforschung über das Investitionsverhalten der Landwirte, der Transporttechnik, der Arbeitsbelastungen in Mähdrescherkabinen, der Reparaturkostenanalysen und der Funktionsuntersuchungen an Hangmähdreschern und Kartoffelvollertern. Seit 1979 widmet er sich verstärkt dem Fragenkomplex „Wirkung von Bodenbearbeitungssystemen auf landtechnische, bodenphysikalische und pflanzenbauliche Parameter“. Diese Untersuchungen waren Grundlage eines vom BMFT seit 1986 geförderten interdisziplinären Verbundvorhabens zum Ökosystem Boden an der Justus-Liebig-Universität Gießen.

## Ernährung und ihre Folgen

### Weitere 2,6 Millionen für Verbundstudie V.E.R.A.

Für die Datenauswertung der „Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktorenanalytik“ (V.E.R.A.) und die Nationale Verzehrstudie, deren Koordination am Institut für Ernährungswissenschaft der Universität Gießen (Sprecher Prof. Dr. Werner Kübler) erfolgt, hat das Bundesministerium für Forschung und Technologie jetzt weitere rund 2,6 Millionen Mark bewilligt. In den Jahren 1985 bis 1988 wurde von der GfK-Marktforschung in der Bundesrepublik und West-Berlin eine Repräsentativstudie über Verzehr- und Lebensgewohnheiten der Westdeutschen durchgeführt. Speziell geschulte Interviewer erfaßten in 7-Tages-Protokollen und ausführlichen gestützten Interviews quantitative Verzehrdaten, körperliche Aktivitäten, Genußmittel- und Medikamentenverbrauch sowie Einstellung zu Ernährung und Gesundheit bei rund 25 000 Personen in insgesamt 11 141 Haushalten. Die Ausschöpfung der Primärstichprobe betrug über 70 Prozent.

Bei 2064, wiederum repräsentativ ausgewählten, erwachsenen Teilnehmern der

„Nationalen Verzehrstudie“ wurden ab Januar 1987 Blut-, 24-Stunden-Urin-, Trinkwasser- und Haarproben gesammelt und gekühlt bzw. gefroren und innerhalb von knapp 24 Stunden in fünf Laboratorien in Berlin, Gießen, Heidelberg und Kiel und in die Umweltprobenbank der Gesellschaft für Umwelt- und Strahlenforschung (GSF) Neuherberg (als Verfügungsreserve) eingeliefert. Dort wurden klinisch-chemisch erfaßbare ernährungsabhängige Risikofaktoren, Versorgungsmeßgrößen für Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente sowie Belastungsparameter für Nitrat, Cadmium, Blei, Quecksilber und persistente Chlorkohlenwasserstoffe – insgesamt 91 Meßwerte – bestimmt. Die Auswertung der gesammelten Daten erfolgt mit Hilfe einer erweiterten Version der ersten Fassung des Bundes-Lebensmittelschlüssels (BLS) in den Arbeitsgruppen, koordiniert und gestützt durch eine Datenzentrale in Gießen. Datenträger der beiden Studien werden in etwa zwei Jahren durch ein „public use file“ einem größeren Nutzerkreis zugänglich gemacht.

WK