

Landtechnische Entwicklungen für eine umwelt- und ertragsorientierte Düngung

Von Hermann Auernhammer, Weihenstephan*)

Landwirtschaft und Umwelt sind untrennbar miteinander verbunden. Verstärkter Umweltschutz bedeutet deshalb auch veränderte Landwirtschaft. Dies betrifft die Planung, die Ausführung und dies betrifft die eingesetzte Technik. In der Außenwirtschaft stehen dabei zu hohe Düngergaben im Kreuzfeuer der Kritik. Sie tragen nicht nur zur Überproduktion bei, sondern sie sind wesentlich an den Produktionskosten beteiligt und sie führten bisher unausweichlich zu einer nicht zu verachtenden Umweltbelastung. Düngung muß deshalb in Zukunft umwelt- und ertragsorientiert zugleich sein. Die Landtechnik ist aufgefordert, dafür die erforderliche Technik bereitzustellen.

Agriculture and environment are inseparably linked together. Therefore, more environmental protection also means changes in agriculture. This involves planning, execution and also the applied technology. In plant production, fertilizing is the focal point of criticism. It not only causes surplus production, but is a considerable part of the production costs and it has inevitably led to substantial environmental damages. Therefore, fertilizing in the future must simultaneously be oriented toward environment and yield. Agricultural engineering has the challenge of providing the necessary technology.

Die Landwirtschaft steht wie jedes andere Gewerbe unter dem Zwang, ihre Produktion nach Aufwand und Ertrag ökonomisch auszurichten. Dies führte in der Vergangenheit verstärkt zu einer Überbetonung des Ertrages, weil nur dafür Einnahmen, für die gleichzeitig unvermeidbare Umweltbelastung aber keine Kosten entstanden. Bedingt dadurch wurde die Landwirtschaft zu einem nicht unerheblichen „Umweltverschmutzer“, trägt sie doch mit etwa 38 % am Phosphat- und mit etwa 46 % am Nitratreintrag in die Fließgewässer bei [8].

Dies ist umso bedenklicher, als daraus eine Folgelast aus der Vergangenheit sichtbar wird. Untersucht man nämlich den Düngeraufwand insgesamt und nach Einzelnährstoffen auf der einen und den erzielten Erträgen auf der anderen Seite, dann wird bei einer relativen Betrachtungsweise eine sehr drastische Entwicklung erkennbar (Abb. 1).

So wurde zwar ausgehend von 1966 mit einem kurzfristigen Anstieg das Aufwands-Ertragsverhältnis zwischen Dünger insgesamt und Ertrag kontinuierlich immer günstiger. Bezogen auf den Stickstoff trifft dies jedoch nicht zu. Hier wurde erst 1982 die Ausgangssituation von 1965 erreicht, wobei damals nach neueren Berechnungen schon eine Überdüngung je ha von mindestens 75 kg N vorhanden war.

Weit umfassender als bisher muß deshalb der Düngeraufwand noch stärker gesenkt und darin vor allem auch der Stickstoff mit

einbezogen werden. Bei gleichbleibenden oder sogar weiter zunehmenden Erträgen sind dafür alle Möglichkeiten einer verbesserten Produktionstechnik auszuschöpfen, wobei zuerst an der bestehenden Düngungsstrategie anzusetzen ist.

Düngungsstrategie verfeinern

Allgemein gesprochen vollzieht sich die heute übliche Düngung nach dem Prinzip der Aufdüngung (Abb. 2).

Danach wird der Landwirt aufbauend auf den Nährstoffvorrat im Boden soviel aufdüngen, daß er mit Sicherheit den erwarteten Ertrag erreicht. Er wird also „vorhalten“ und dies umso mehr, je unsicherer die einzelnen Fakten sind. Vorhalten bedeutet aber mehr Nährstoffvorrat als verbraucht wird und damit unwiderruflich zusätzlicher Vorrat im Boden und damit erhöhte Auswaschung.

Soll dieses System verfeinert werden, dann müssen bessere Informationen zur Verfügung gestellt werden. Exakte Kenntnis aller Fakten wäre das sicher nie erreichbare Optimum innerhalb einer verbesserten Düngungsstrategie.

Dabei stellt schon die Ausgangssituation der Nährstoffvorräte im Boden eine weitgehend unbekannte Größe dar, weil dafür in der Regel nur wenige Informationen aus Bodenuntersuchungen vorliegen.

Auch die Vorräte aus den organischen Resten der letzten Ernte sind weitgehend unbekannt. Gleiches gilt vielfach für den Entzug durch die erzielten Erträge. Auch diese sind üblicherweise nur pauschal bekannt, es sei denn, sie werden exakt nach Gewicht je Gesamtfläche ermittelt.

Schließlich fehlen darüber hinaus auch die exakten lokalen Witterungsdaten, um anhand dieser die dynamischen Vorgänge im Boden bestimmen zu können. Bedingt dadurch sind wiederum zutreffende Prognosen eher die Ausnahme, so daß sich aufgrund nahezu vollständiger Unsicherheit eine ertrags- und umweltbezogene Düngung nur auf Erfahrung, gute Beratung oder Zufall stützen kann.

Düngung nach der Strategie des Aufdüngens in Bezug zum angestrebten Ertrag kann deshalb nur dann umweltentlastend sein, wenn

- der Nährstoffvorrat im Boden bekannt ist,
- die Anpassung der benötigten Düngermengen über die Vegetation in Anlehnung an den tatsächlichen Witterungsverlauf immer wieder erfolgt und wenn schließlich
- eine exakte Ertragsermittlung die Basis für eine rechnerische Bilanz darstellt, um die erforderlichen Nährstoffanalysen

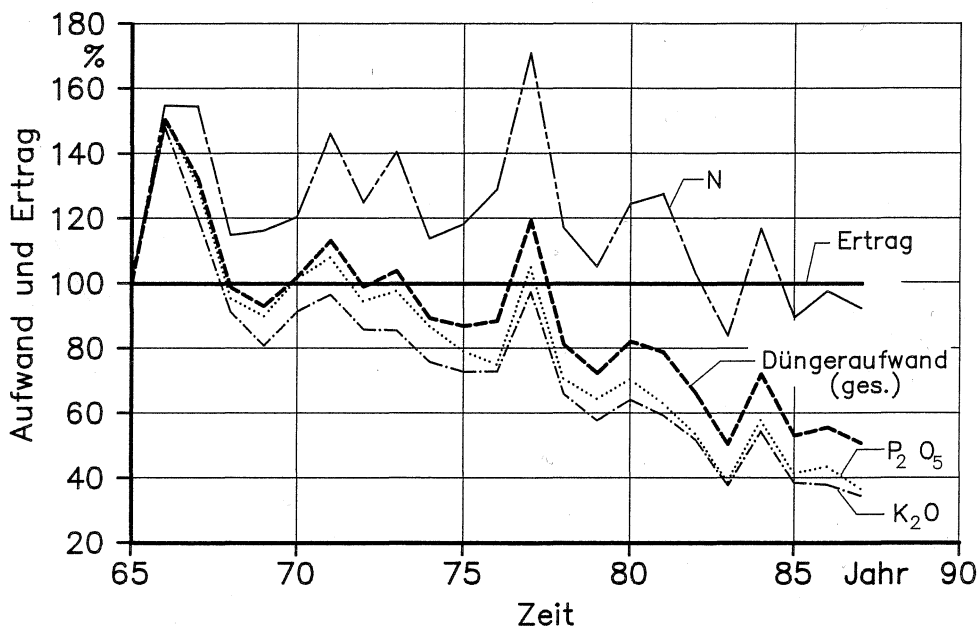


Abb. 1: Relative Erträge und relative Aufwendungen für die pflanzliche Produktion in der Bundesrepublik Deutschland von 1965 bis 1988 (Quelle: Stat. Jahrbücher für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten)

*) Dr. habil. H. Auernhammer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik in Weihenstephan. Er leitet die Abteilung Arbeitslehre und Prozeßtechnik und beschäftigt sich intensiv mit der Nutzung der Elektronik im landwirtschaftlichen Betrieb. Der vorliegende Beitrag stellt eine gekürzte Fassung des „Akademischen Vortrages“ im Rahmen des Habilitationsverfahrens vom 23.2.1990 dar.

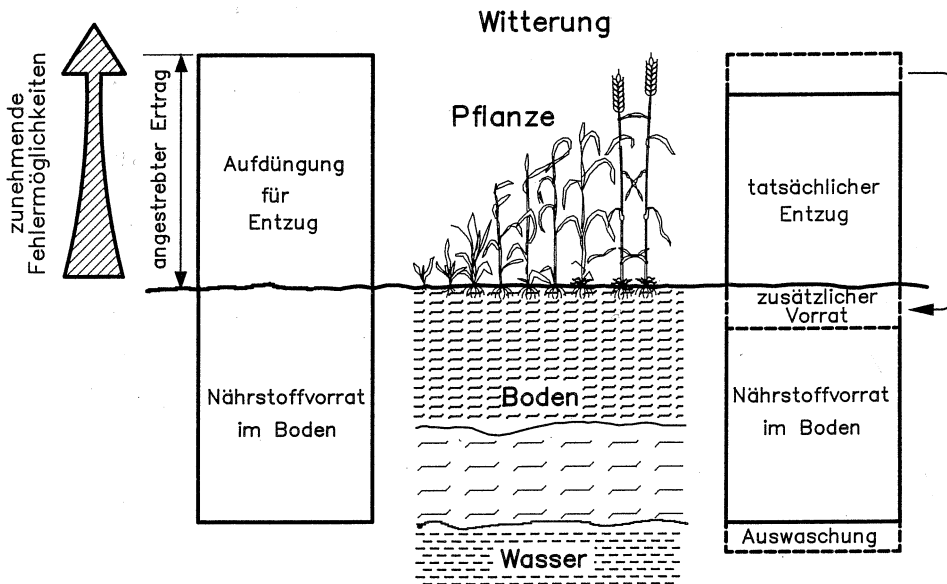


Abb. 2: Düngungsstrategie nach Entzug

des Bodens auf ein Minimum zu reduzieren und damit lediglich die Richtigkeit der stattgefundenen Nährstoffströme zu überprüfen oder nachzuführen.

Landtechnische Entwicklungen müssen demnach diese Teilbereiche erfassen und sie müssen schließlich für eine exakte, an die jeweilige Teilfläche angepasste Düngerverteilung sorgen.

Sie sind in drei Bereichen zu sehen. Zum einen müssen sie die *Datenerfassung* ermöglichen (Nährstoffvorrat, Nährstoffentzug, Witterung). Zum anderen müssen sie in der *Prozesssteuerung* die bestmögliche Düngerverteilung garantieren. Schließlich aber muß all dies auf Teilflächen realisiert werden, weshalb der Ortung oder Positionsbestimmung als *gemeinsamen Schlüssel* für alle Maßnahmen letztlich die zentrale Bedeutung zukommt (Abb. 3).

Prozessdatenerfassung im Vordergrund

Angelehnt an den jahreszeitlichen Ablauf müssen landtechnische Entwicklungen zuerst die Bodenbearbeitung, dann die Witterung und schließlich die Ertragsermittlung berücksichtigen.

Bodenproben

Nährstoffvorräte im Boden können bis heute nur über entsprechende Bodenanalysen ermittelt werden. Nur vereinzelt wird über Sensoren berichtet, welche etwa den Stickstoff oder die organische Substanz während eines Bearbeitungsvorganges direkt erfassen und vor Ort analysieren. Deren Anwendung scheint aber über das Versuchsstadium hinaus noch nicht realisiert zu sein, so daß auch in naher Zukunft von der Gewinnung von Bodenproben nicht abzugehen sein wird. Dies sogar umso stärker, als für Wasserschutzgebiete die Auflagen immer strenger werden und auch irgendwann die Beweispflicht für den Landwirt nicht mehr auszuschließen ist. Aufbauend auf die Methode der vergangenen Jahre mit Hilfe des „PÜRCKHAUER-Stockes“ setzte deshalb eine intensive Entwicklung von Techniken für die Gewinnung von Bodenproben ein (Abb. 4). Sie alle versuchen, während des Einstechens die Bodenprobe nicht zu beeinflussen und auch nicht zu vermischen. Der isolierten Handhabung wird mehr oder weni-

ger Aufmerksamkeit geschenkt und schließlich dringt auch die Beachtung der erforderlichen Logistik für den Gesamtab-

lauf „Bodenprobengewinnung und -auswertung“ immer mehr in das Bewußtsein der Konstrukteure. Deshalb wird beim jüngsten Produkt für diese Tätigkeiten schon auf dem Feld eine Mischprobe hergestellt und so die zu transportierende Menge auf das unbedingt erforderliche Minimum reduziert.

Inwieweit noch eine weitere Leistungssteigerung mit diesen Geräten erzielbar ist, ist heute noch nicht absehbar. Weitergehende Forderungen werden dabei wohl in Richtung einer direkten Verlagerung der Analyse auf das Feld zielen, um damit unmittelbar und ohne zusätzliche Aufwendungen für Transporte vor Ort die benötigten Ergebnisse zu erhalten, wobei eine Beschränkung auf weniger Analysenwerte unumgänglich erscheinen dürfte. Umfassende Analysen werden dagegen auch in Zukunft der labormäßigen Verarbeitung vorbehalten bleiben.

Wetterstation

Jegliche Ertragsbildung hängt in hohem Maße von der Witterung ab. Gute Prognosen ermöglichen dabei eine gezielte Vor-

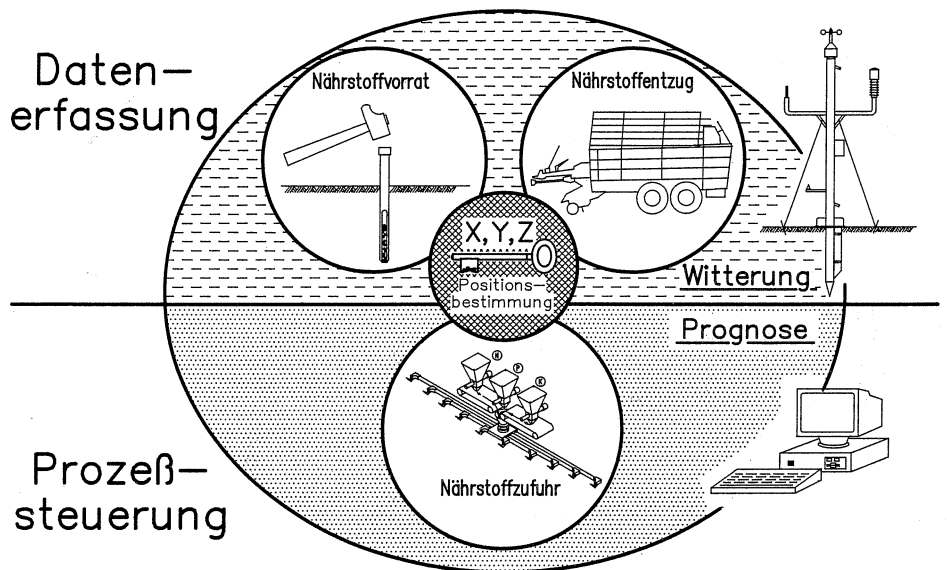


Abb. 3: Technische Maßnahmen für eine „umweltschonende und ertragsorientierte Düngung“

System					
	"PÜRCKHAUER"	Bohrhammer	Bohrramme	Bohrschnecke	"System Weihenstephan"
Bedienung	manuell	elektropneumatisch	Hydraulikhammer Hydraulikdruck	Zapfwellenantrieb	Hydraulikdruck
Sondenform	offene Sonde	Sonde mit Kartusche	offene Sonde	Schnecke	Sonde mit Kartusche
Zusatz-einrichtung	dreiteilige Sonde	Gerätewagen	-	-	Bodendruck und Mischorgan (Drucksonde)
Arbeitsleistung	1	2	3-5	4-5	4-5
Gewicht (kg)	2	9	600	400	180

Abb. 4: Gegenüberstellung technischer Hilfen für die Gewinnung von Bodenproben

hersage der zu erwartenden Wachstumsverläufe, weshalb der exakten Erfassung der Witterungsdaten eine übergroße Bedeutung zukommt.

In der Bundesrepublik Deutschland ist diese Aufgabe eine Hoheitsaufgabe des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Er besitzt für diesen Zweck ein eigenes synoptisches Netz und gewinnt aus diesen Daten die vertrauten Prognosen. Werden aus diesem Netz all jene Stationen herausgenommen, welche nicht über eine ständige Datenerfassung verfügen und werden auch jene nicht beachtet, bei welchen auf Grund der geologischen Lage eine Übertragung auf die umliegenden landwirtschaftlichen Betriebe nicht möglich ist, dann reduziert sich die Zahl der dann noch verfügbaren Stationen auf nur noch 21 für das gesamte Bundesgebiet.

Konsequenterweise muß deshalb versucht werden, dieses Netz soweit zu verdichten, daß zumindestens alle Wirtschaftsregionen erfaßt werden. An der Landtechnik Weihenstephan [2] wurde dazu eine kleine elektronische Wetterstation entwickelt.

Sie ermöglicht über die belüfteten Temperatursensoren eine äußerst exakte Erfassung der Temperaturen. Sie erfaßt den Niederschlag, die Luftfeuchte, die Globalstrahlung und die Blattbenetzung. Für die Beratung in Bayern wurde sie zum Leitbild eines eigenen Netztes, welches mittlerweile auf nahezu 100 Stationen angewachsen ist und demnächst mit mindestens zwei Stationen jedes Wirtschaftsgebiet in Bayern abdecken wird [5].

Trotz dieser verhältnismäßig umfassenden Erfassung von Witterungsdaten muß jedoch die Entwicklung weitergehen und künftig den Einzelbetrieb einschließen. Er benötigt die betrieblichen Daten über die bei ihm gefallenen Niederschläge und die bei ihm relevante Temperatur und Luftfeuchte.

Ertragsermittlung

Schließlich erfordert die Düngeplanung in einer Bilanz die Ertragsermittlung. Ertrag ist dabei Menge und Qualität. Für die Qualitätsbestimmung reichen auch weiterhin Stichproben aus. Für die Mengenbestimmung muß jedoch die Erfassung nach

Gewicht zum „Standard“ werden. Dafür stehen vier Möglichkeiten zur Verfügung (Abb. 5).

Alle *Waagen* müssen für die Ertragsermittlung angefahren werden. Sie stören dadurch den Betriebsablauf teilweise erheblich und sie ermöglichen eigentlich keine teilschlagbezogene Gewichtsermittlung.

Hingegen können in den Ertemaschinen integrierte Wiegeelemente den Bezug zum Teilschlag herstellen. Sie müssen jedoch speziell an jeden Maschinentyp angepaßt werden und in jedem Fahrzeug vorhanden sein. Dabei sind drei wesentliche Einsatzbereiche zu erfassen:

Körnerernte

Mit etwa 40 % der LN in Bayern nehmen die Mähdruschfrüchte den ersten Rang bei den abzuerntenden Flächen ein. Ertragsermittlung heißt dabei im Sinne der Düngung aber *Ertrag an Korn und Stroh*. Demgemäß muß eine integrierte Technik beide Arten erfassen.

Derzeit stehen ausschließlich Lösungsansätze für die Kornertragsermittlung in der Diskussion. Dabei scheiden die summarischen Meßmethoden aus, weil sie das Ziel der teilschlagbezogenen Betrachtung nicht erfüllen können. Bei den partiellen Meßmethoden sind die volumetrischen Gewichtsermittlungen äußerst bedenklich. Zwar können damit die Gesamterntemengen eines Feldes gegliedert nach Arbeitsbreiten bis auf 2 % genau bestimmt werden, wenn die Feuchte entsprechend oft ermittelt und mit dem Hektolitergewicht zur Umrechnung herangezogen wird [6]. In allen anderen Fällen und bei sehr kleinen Teilschlägen kann dagegen der Fehler einen sehr großen Wert annehmen, wie amerikanische Untersuchungsergebnisse zeigen [7].

Demgegenüber berichten andere Autoren über wesentlich bessere Ergebnisse bei der Bestimmung des Masseflusses mit Hilfe von Strahlungssensoren (Fehler $\geq 1\%$).

Allerdings beziehen sich alle diese Ergebnisse immer nur auf das Korn, obwohl im Sinne des Ertrages auch den anderen organischen Stoffen eine sehr wichtige Bedeu-

tung zukommt. Hier müßte versucht werden, ob nicht mit dem genannten Massensensors zumindest eine partielle Strohertragsermittlung innerhalb des Gutflusses im Mähdrescher möglich sein könnte.

Grünfütter

Eine nahezu gleichgroße Anbaufläche wie die Körnerfrüchte haben in Bayern mit knapp 40 % der LN das Grünland und das Feldfutter. Ertragsermittlung bedeutet dabei die Erfassung der geernteten Trockenmasse in Bezug zur Haupterntemaschine „Ladewagen“. Erste eigene Untersuchungen zeigen durchaus hoffnungsvolle Ergebnisse. Der absolute Meßfehler bei der Gewichtsermittlung in Ladewagen über applizierte Dehnungsmeßstreifen an Achse und Deichsel liegt bei ± 5 kg bei aufgetragenen Lasten bis 3000 kg.

Die Umsetzung dieser Ergebnisse in die Praxis erfordert jedoch zusätzliche Weiterentwicklungen, um zum einen die „pick up“ kontaktlos über den Boden zu führen (etwa mit Hilfe von Ultraschallsensoren) und um zum anderen gleichzeitig die Feuchtebestimmung des Erntegutes in die Verarbeitung mit einzubeziehen. Auch dazu finden sich derzeit erste Hinweise in der Literatur.

Hackfrüchte

Wesentlich kritischer erscheint die Ertragsermittlung hingegen bei den Hackfrüchten. Gerade bei ihnen liegt in der Regel ein sehr hohes Produktionsniveau vor, weshalb der Ertrag den maßgeblichen Faktor für eine entsprechende Düngerbilanzierung darstellt.

Die Schwierigkeiten beginnen dabei mit dem unvermeidlichen Schmutzanhang. Hinzu kommt zusätzliche organische Masse in Form von Kraut oder Blatt, welches ebenfalls in die Ertragsermittlung einfließen müßte. Deshalb scheint eine umfassende Lösung mit Möglichkeit des Teilschlagbezuges bei diesen Erntegütern mit zu den schwierigsten und aufwendigsten überhaupt zu zählen.

Prozeßsteuerung optimieren

Jegliche Entscheidung für eine umwelt- und ertragsorientierte Düngung mündet letztlich in die Verteiltechnik. Sie betrifft die organischen und die mineralischen Dünger.

Organische Dünger

Bei den organischen Düngern hat die Gülle durch die heute nahezu ausschließlich stroharmen Aufstallungsformen die zentrale Bedeutung erlangt. Hingegen sind Festmist und Kompost in den Hintergrund getreten, wenngleich derzeit beide Formen sehr intensiv diskutiert werden.

Gülle

Das Hauptproblem der Gülleverteilung besteht in der Tatsache, daß Gülle ganzjährig anfällt und daß mit der Lagerung eine Entmischung einhergeht. Zudem kann sie auch innerhalb der Vegetation nur sehr eng begrenzt optimal verwertet werden; es sei denn, daß Zusätze für eine Stabilisierung der Nährstoffe oder Aufwertung sorgen oder daß vollständig neue Techniken die

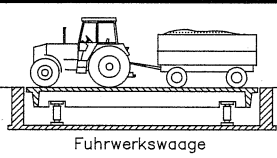
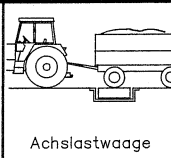

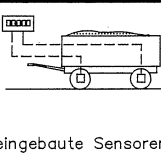
Form	 Fuhrwerkswaage	 Achslastwaage	 Radlastwaage	 eingebaute Sensoren
Einsatzform	stationär	stationär, aber versetzbar	versetzbar	im Fahrzeug
Vorteil	ermittelt Gesamtgewicht eichfähig	in Grenzen mobil geringere Beeinträchtigung des Betriebsablaufes	kann an Stelle des Bedarfes gebracht werden	teilschlagbezogene Ertragsermittlung möglich
Nachteil	muß angefahren werden (stört den Betriebsablauf) teilschlagbezogene Ertragsermittlung schwierig	nicht eichfähig kann den Betriebsablauf stören teilschlagbez. Ertragsermittlung schwierig	stört den Betriebsablauf immer teilschlagbez. Ertragsermittlung schwierig	wird in jedem Fahrzeug benötigt
Investitionsbedarf	~40–60000 DM	~12–20000 DM	~8–12000 DM	~5–10000 DM

Abb. 5: Möglichkeiten der Ertragsermittlung

Kenngrößen	Schleuderstreuer		Auslegerstreuer	
	10	24	10	24
Arbeitsbreite (m) *	100%	100%	100%	100%
Leergewicht (kg) *	125	320	410	1000
Fassungsvermögen (L) *	400	2000	800	1700
Preis o. MwSt (DM) *	2500	5600	9600	26000
Verkaufsverhältnis 1988 (Stückzahl nach LAV)	11540		435	

Abb. 6: Wichtige Kenngrößen für Schleuderstreuer und Auslegerstreuer (*nach Prospektangaben)

Einbringung in den Bestand ermöglichen könnten.

Bedingt durch diese Zusammenhänge erfordert Gülle einen hohen Aufwand an landtechnischen Entwicklungen. Sie beginnen bei der energiesparenden und zugleich sicheren Homogenisierung vor dem Ausbringen. Sie setzen sich fort in einer Stabilisierung der Homogenisierung während des Ausbringens und sie erfordern eine umfassende Lösung des Verteilvorganges. Dabei stehen drei Probleme an:

- Gülle besitzt im Gegensatz zum Mineraldünger nur eine sehr geringe Nährstoffkonzentration. Deshalb muß viel Trägermasse ausgebracht werden, was zwangsläufig zu einem sehr hohen Flächendruck je Flächeneinheit führt.
- Hohe Massen beim Ausbringvorgang verursachen selbst unter weitgehend gleichen Bedingungen unkontrollierbaren Schlupf und damit eine unterschiedliche Längsverteilung.
- Bedingt durch Inhomogenität und durch Witterungseinflüsse bei der Ausbringung entstehen zusätzliche Probleme bei der Querverteilung.

Eine Lösung all dieser Probleme in einem vertretbaren finanziellen Rahmen erscheint deshalb sehr schwierig. Dies gilt umso mehr, als auch bei diesem Düngemittel die teilschlagbezogene Ausbringung gefordert werden muß. All dies wird von den ersten Ansätzen der Wissenschaft und der Industrie mit elektronisch geregelten Verteilsystemen bestätigt. Sie alle scheiterten aber bisher an den hohen Kosten und sie dürften auch in Zukunft keine sehr große Akzeptanz in der Praxis erlangen.

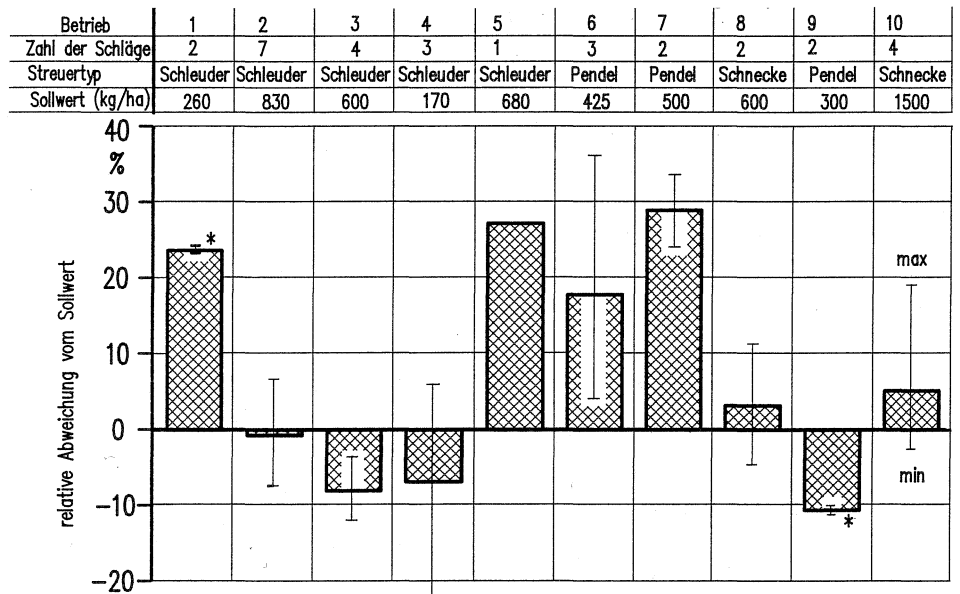
Festmist und Kompost

Demgegenüber wurde die früher ausschließliche organische Düngerform „Festmist“ durch die Gülle weitgehend aus der Praxis verdrängt. Veränderte Techniken der Strohbergung und Möglichkeiten einer mechanisierten Einstreu eröffnen neuer-

dings aber wieder günstigere Aussichten für diese Düngerform und sie decken gleichzeitig die Versäumnisse der Vergangenheit auf. So stehen derzeit kaum nennenswerte Untersuchungen über die Verteilgenauigkeit der zwischenzeitlich total veralteten Verteiltechniken zur Verfügung. Auch ist eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dieser Problematik derzeit noch nicht zu erkennen, obwohl gerade für diese Düngerform ein sehr hoher landtechnischer Entwicklungsbedarf besteht.

Mineralische Dünger

Demgegenüber hat die Mineraldüngung in den Schleuder- und Auslegerstreuern eine sehr starke Weiterentwicklung erfahren. Leergewicht und Preis sprechen eindeutig zugunsten der Schleuderstreuer (Abb. 6). Werden allerdings die in der Praxis erzielbaren Genauigkeiten bei der Ausbringung untersucht, dann müssen die dabei erreichten Ergebnisse als unbefriedigend eingestuft werden (Abb. 7).



* Einsatz in Fahrgassen

Abb. 7: Abweichungen bei der Düngerausbringung mit unterschiedlichen Streuern vom angestrebten Sollwert (Streuer Einsatz auf Ausbildungsbetrieben, Streuer vor dem Einsatz exakt kalibriert)

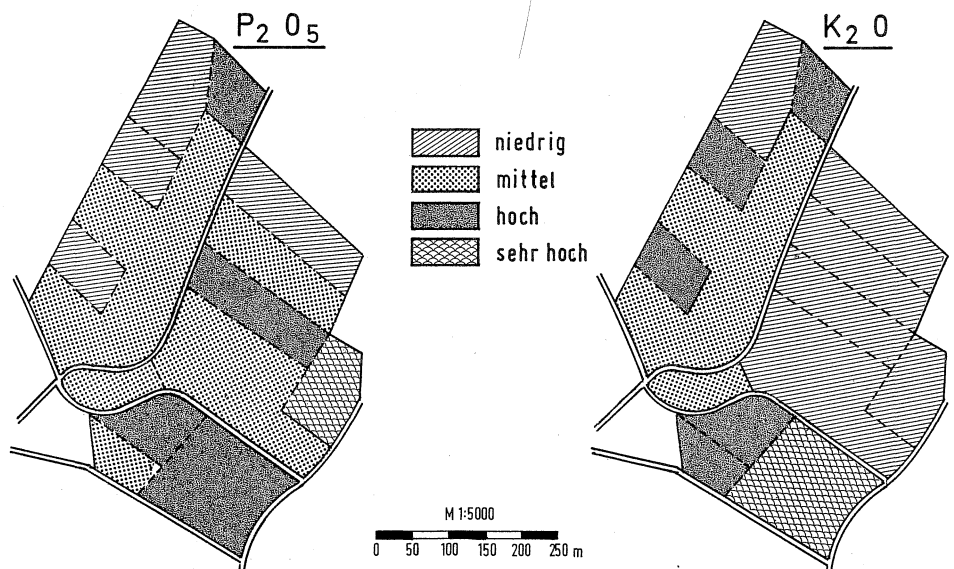


Abb. 8: Nährstoffversorgung nach P₂O₅ und K₂O auf einem ausgewählten Schlag [1]

Es zeigt sich nämlich, daß nur in Fahrgassen eine exakte Ausbringung möglich ist. Unkontrolliertes Anschlußfahren führt dagegen zu Abweichungen vom Sollwert bis zu $\pm 20\%$. Viele andere Einflüsse können diesen Fehler weiter erhöhen und Gesamtabweichungen vom angestrebten Soll zwischen -20 und $+40\%$ verursachen.

Schleuderstreuer

Demnach muß für die Praxis vor allem eine Überprüfungsmöglichkeit der ausgebrachten Menge während des Streuvorganges oberste Priorität besitzen. Eigene Untersuchungen [3] zeigen, daß über entsprechende Wiegeeinrichtungen in der Schlepperdreipunkthydraulik die Meßgenauigkeiten bei ± 2 kg liegt und damit die geforderte Vorgabe erfüllt werden kann. So verändert sich durch einen vollständig gefüllten Mineraldüngerstreuer generell in jedem Schlepper durch die Reifeneinfederung an der Hinterachse und durch die entsprechende Ausfederung an der Vorderachse die eingestellte Neigung des Streuers in der Vertikalen während des Streuens laufend. Zudem ändert sich auch der Abstand des Streuers vom Boden, so daß ein gleiches Streubild nahezu die Ausnahme darstellt. Daß bei Schleppern mit gefederter Vorderachse diese Einflüsse verstärkt auftreten, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Konsequenterweise muß deshalb an dieser Stelle die zweite Entwicklung ansetzen und so im Verbund mit der oben erwähnten Überprüfungsmöglichkeit die Voraussetzung für eine gleichmäßige Düngerverteilung liefern.

Exaktstreuer

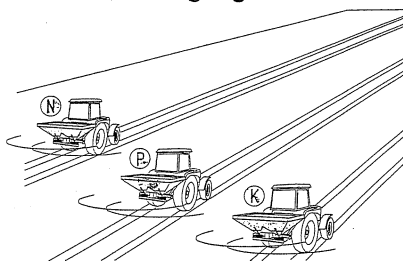
Trotzdem bleibt in einer verfeinerten Düngetechnik der Schleuderstreuer dem Auslegerstreuer immer unterlegen, eröffnet doch erst dieser die Teilbreitenschaltung und damit die Anpassung an ungleichförmige Schläge. Zudem werden bei diesem System, bedingt durch die eingebaute Volumendosierung, Abweichungen vom vorgegebenen Sollwert eher die Ausnahme sein. Kritische Einflüsse sind alleine sich ändernde Korngrößen und ein verändertes Fließverhalten aufgrund der starken Hygroskopizität der Düngemittel. Somit erfordert auch dieses Streusystem in der praktischen Anwendung generell die Verriegelungsmöglichkeit vor Ort und sie kann dann in Verbindung mit entsprechenden Fahrhilfen äußerst exakte Verteilergenergebnisse erzielen.

Nicht Mengen, sondern Nährstoffe zuteilen

Generell kann aber mit all diesen Techniken die unterschiedliche Nährstoffversorgung einzelner Schläge nur über Zugeständnisse an Mangel oder Überversorgung berücksichtigt werden, solange nicht entsprechend dem Vorrat und dem Bedarf eine lokale Dosier- und Mischmöglichkeit besteht (Abb. 8).

Wird beispielweise ein derartiger Schlag uniform behandelt, dann muß vom niedrigsten Versorgungsgrad ausgegangen werden. Eine Teilflächenbehandlung könnte dagegen die Aufdüngung entsprechend der Versorgung vornehmen und dadurch

Einzeldüngung



Mehrkammersystem

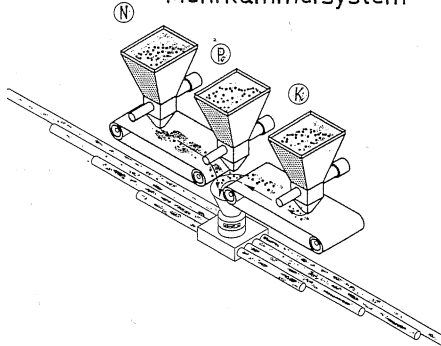


Abb. 9: Düngungseinzelmaßnahmen und Mehrkammerdüngersystem

zum Beispiel etwa 100 DM/ha einsparen. Allerdings erfordert dies einen geänderten Einsatz der bestehenden Technik oder eine geänderte Technik (Abb. 9).

Sie ließen sich durch Einzeldüngungsmaßnahmen mit jeweiligen Überfahrten realisieren (hoher Zeitaufwand, wiederholter Bodendruck). Sie ließen sich aber auch durch ein Mehrkammersystem realisieren, wobei der Vermischung und der Verteilung des lokal erzeugten Mischgutes höchstes Augenmerk zuzuwenden ist.

Schließlich muß ein derartiges System eine Ergänzung in weiteren Maßnahmen zur Umweltentlastung finden. Diese sind vor allem im Übergang auf flüssigen Stickstoffdünger für die Spätdüngungen zu sehen, weil nur dadurch eine nicht unbedeutende Direktaufnahme durch die Pflanze gewährleistet sein kann und weil nur so eine zusätzliche Belastung des Bodens zu ver-

meiden ist. Daß dafür die bisherigen Feldspritzen mit ihrer hohen Verteilgenauigkeit bei größerem Tropfenspektrum zum Einsatz gelangen können und daß für alle diese Maßnahmen die Fahrgassen absolute Voraussetzung sind, sei wiederum nur am Rande erwähnt. Auch die Tatsache, daß mit dieser Technik auch relativ kleine Gaben auszubringen wären, spricht längerfristig für sie und führt nach Aussagen von praktizierenden Landwirten zu Einsparungen von etwa 100 DM/ha bei einer darin enthaltenen Verringerung des N-Aufwandes um etwa 20 kg/ha [4].

Positionsbestimmung als Schlüssel umweltbezogener Maßnahmen

Alle Maßnahmen einer verfeinerten und damit umweltentlastenden Düngung müssen letztlich den Schlag stärker differenzieren und seine Bearbeitung in Teilschlägen ermöglichen. Dazu bieten sich mehrere, aufeinander aufbauende oder miteinander verknüpfte Möglichkeiten.

Schlaglinearisierung

Die Schlaglinearisierung bedeutet die aufeinanderfolgende Abarbeitung von Bearbeitungsspuren in einer fest vorgegebenen Folge mit eindeutig definierten Zu- und Abfahrten am Feld (Abb. 10).

Über die Wegmessung relativ zur gerade bearbeiteten Spur können sowohl unterschiedliche Erträge registriert, wie auch unterschiedliche Ausbringmengen erfaßt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine exakt arbeitende Wegmessung mit Ausgleich bei erforderlichlichem Rücksetzen und ein jeweiliger Abgleich am Schlagende, um systematische Meßfehler auszugleichen (dead reckoning). Sowohl bei ungleichförmigen Schlägen, wie auch bei unzuverlässigen Arbeitspersonen dürfte ein derartiges Verfahren in der Praxis nur selten den erhofften Erfolg bringen, weil Unachtsamkeiten der Arbeitsperson zwangsläufig zu einem Datenverwirrspiel führen müssen.

Erdgebundene Trilateration

Um diese Unzulänglichkeiten auszuschal-

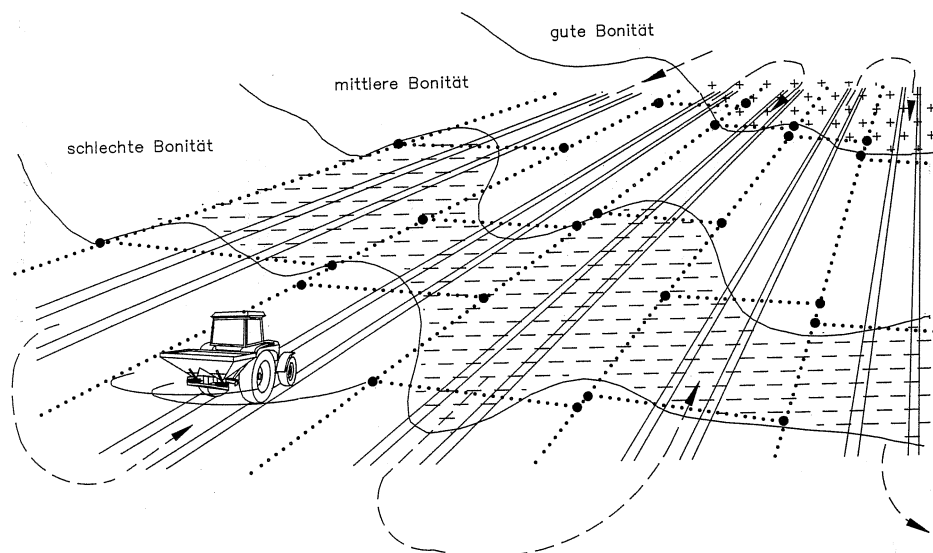


Abb. 10: Fahrzeugortung im Feld über Schlaglinearisierung

ten, versuchte vor allem SCHUELLER [7] bedienungsneutrale Ortungssysteme einzusetzen. Er nutzte dazu die Laufzeitmessung von Signalen, welche ausgehend vom einem Sender/Empfänger auf dem Fahrzeug über fest installierte Reflektoren gewonnen wurden (Abb. 11). Die Meßergebnisse dieses Verfahrens befriedigen jedoch nur zum Teil. So sind sie äußerst exakt, wenn sich das Fahrzeug in größerer Entfernung zur Reflektorenbasis befindet. Nähert es sich mehr und mehr diesen Einheiten, dann nimmt die Genauigkeit der Positionsbestimmung immer mehr ab.

Andererseits stören jedoch bei größeren Entfernungen Bodenunebenheiten, Bewuchs oder Bebauungen die Positionsbestimmung und zudem erfordert dieses System eine gezielt dafür installierte Infrastruktur.

Raumgebundene Trilateration

Wird entgegen der erdgebundenen Trilateration der Sender in den Raum verlegt, dann läßt sich damit ein universell einsetzbares Ortungssystem gewinnen (Abb. 12). Auf dieser Basis wird vom amerikanischen Verteidigungsministerium bis spätestens 1992 ein weltumspannendes Satellitennetz mit 18 auf einer Umlaufbahn stationierten Satelliten kostenfrei zur Nutzung zur Verfügung gestellt. Von jedem Punkt der Erde besteht damit Kontakt zu mindestens drei Satelliten, welche ständig ihre aktuelle Position, die Weltzeit und eine Zeitmarke

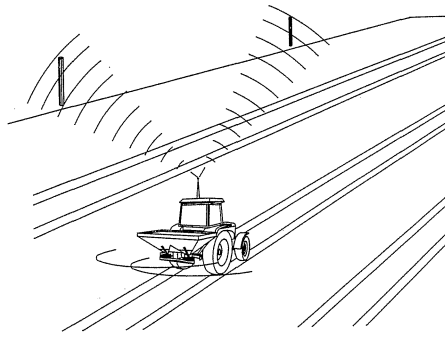


Abb. 11: Fahrzeugortung im Feld über Trilateration

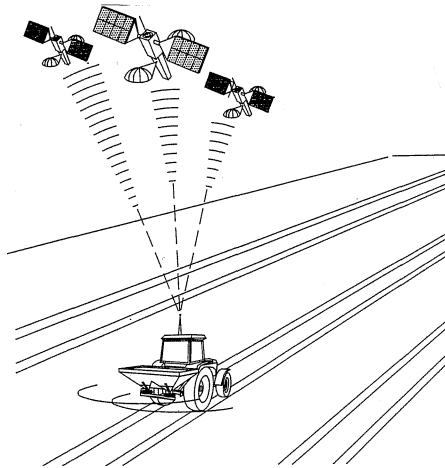


Abb. 12: Fahrzeugortung im Feld über Satelliten (General Positioning System; GPS)

ausstrahlen. Wird der Empfänger auf der Erde mit der Weltzeit synchronisiert (über die Zeitmarken möglich), dann stehen für ihn ständig mindestens drei Laufzeitsignale zur Verfügung. Sie können wiederum über Trilateration zur Positionsbestimmung herangezogen werden. Erste eigene Untersuchungen zeigen damit eine erreichbare Genauigkeit der Ortsbestimmung auf ± 20 m.

Wird dieses System durch eine stationäre Ortungsstation ergänzt, dann kann diese laufend den zufällig auftretenden Fehler (für alle Systeme in einer begrenzten Region gleich) ermitteln und per Funk an die mobilen Einheiten melden. Durch eine entsprechende Korrektur führt dies im „differenziellen GPS“ nach ersten eigenen Ergebnissen zu Fehlern von $\pm 1,5$ m beim Längengrad, $\pm 0,80$ m beim Breitengrad und zu etwa ± 80 m bei der Höhe über NN.

Gekoppelte Systeme

Damit zeigen alle Beispiele für die Positionsbestimmung im Feld eindeutige Vor- und Nachteile. Für einen befriedigenden Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis dürften deshalb nur gekoppelte Systeme die hohen Anforderungen erfüllen (Abb. 13).

Eine globale Positionsbestimmung über GPS kann allenfalls Antwort auf die Frage geben, ob sich das entsprechende Fahrzeug gerade im Feld befindet oder nicht.

Landsberg
Der
LÖWE
im
Feld



Einstelleicht

Falsch eingestellte Pflüge brauchen mehr Zugkraft und pflügen nicht schön.

Schluß damit!

Jetzt Pflügeinstellen mit Landsberg SERVOMATIC: Rascher und einfacher geht es nicht. Erstkörper-Schnittbreite und Zugpunkt völlig unabhängig voneinander

Neu und modern

Anpassungsfähig mit schnell verstellbaren Schnittbreiten vierfach über Lochbild oder **hydraulisch stufenlos** bei **SERVO PLUS.**

Extrem belastbar, besonders zäher LEURIT-Pflugstahl.

Vergütet und langlebig, SERVO-Bauteile sind stabil und doch leicht im Gewicht.

Leichtzügige Pflugkörper für alle Böden, Ausführungen für jeden Einsatz.



Landsberg

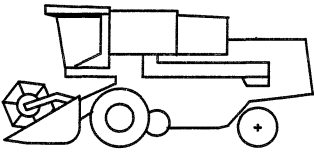
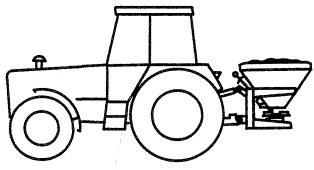
Positionsbestimmung	Haupteinsatz	Anwendung	Technik
<u>global</u> ± 20m (im Feld ja/nein)	<u>Ertrag</u> 	<u>Datenerfassung</u> <input type="checkbox"/> Arbeitszeit <input type="checkbox"/> Maschinenzeit	GPS
<u>partiell</u> ± 1m (im Teilschlag ja/nein)		<u>Mengenermittlung</u> <input type="checkbox"/> verteilen <input type="checkbox"/> ernten	diff. GPS
<u>Lenkungssystem</u> ± 5cm (in der Spur ja/nein)	<u>Düngung</u> 	<u>Anschlußfahren</u> <input type="checkbox"/> verteilen <input type="checkbox"/> ernten <input type="checkbox"/> bearbeiten	Optik
<u>Führungssystem</u> ± 1cm (an der Pflanze ja/nein)		<u>Geräteleitung</u> <input type="checkbox"/> bearbeiten <input type="checkbox"/> applizieren <input type="checkbox"/> ernten	Optik Ultraschall Mikrowelle (Mechanik)

Abb. 13: Formen, Anwendungen und Techniken für die Positionsbestimmung im Feld

Es eignet sich somit vor allem zur Bestimmung von Arbeits- und Maschinenzeiten.

In Verbindung mit differenzierender Funkpeilung zu einer fest installierten Ortungsstation eignet es sich dagegen vorzüglich für die Positionsbestimmung im Feld, um damit Erträge auf Teilschlägen ausreichend genau zuzuordnen zu können oder um die Maschinensteuerung bei Verteilarbeiten teilschlagbezogen vorzunehmen.

Weitergehende Forderungen an derartige Systeme für ein exaktes Anschlußfahren fordern dagegen eine weitere Verbesserung der Genauigkeit um eine zusätzliche Potenz. Sie dürften sich am besten über optische Verfahren der Bildverarbeitung realisieren lassen, wobei das übergeordnete System das „dead reckoning“ übernimmt.

Noch exakter sind die Anforderungen an ein Spurführungssystem, wenn damit in Zukunft pflanzenspezifisch bearbeitet (entfernt), appliziert oder geerntet werden soll. Übergeordnete Systeme könnten dann jedoch vor allem für den Radarsensor die automatische Kalibrierung übernehmen und so eine weitere Fehlerquelle bei der praktischen Anwendung eliminieren.

Das System ist in Zukunft gefragt

Somit weisen alle aufgezeigten technischen Entwicklungen auf einen auch künftig erforderlichen starken Wandel bei den eingesetzten Systemen hin. Sie erfordern schon frühzeitig die Systembetrachtung und sie erfordern den Einsatz der Elektronik in weit stärkerem Umfang als bisher vielfach angenommen. Ähnlich der Tiererkennung in der Innenwirtschaft nimmt dabei die Positionsbestimmung der Fahrzeuge im Feld die zentrale Stellung ein. Sie muß schrittweise ergänzt werden durch

– Wiegemöglichkeiten in den vorhandenen Düngestreuern zur Vermeidung von starken Abweichungen bei der Düngerausbringung,

– einem Niveaueingleich mit Zwangssteuerung für die gleichbleibende vertikale Stellung des Streuers,

– die verfeinerte, computergesteuerte Gülleausbringung,

– die Ertragsermittlung im Ladewagen als die wahrscheinlich am schnellsten umsetzbare Lösung, weil dabei das gesamte aufgewachsene Gut geerntet wird,

– die Ertragsermittlung im Mähdrescher, wobei der Strohertrag einbezogen werden muß und

– die Ertragsermittlung bei Hackfrüchten, wobei Schmutzanhang und die Blatt- und Krautertragsermittlung zu den größten Schwierigkeiten führen dürften.

Schließlich sind weitere Verbesserungen

– bei der Gewinnung von Bodenproben notwendig bis hin zu feldanalysefähigen Maschinen und es sind

– weitere Bemühungen erforderlich, um auf jedem Betrieb die wichtigsten Witterungsparameter kostengünstig und exakt erfassen zu können.

Erst wenn all dies in die erforderlichen Regelkreise einfließt und Elektronik für eine exakte und zuverlässige Umsetzung sorgt, kann Technik und verbessertes Management eine umweltentlastende und zugleich ertragsorientierte Düngung ermöglichen, wobei die Lehren aus der Vergangenheit zeigen, daß

– weitere Entlastungen der Umwelt nur über verfeinerte Techniken möglich sind,

– diese Techniken genutzt werden müssen, wenn sie verfügbar sind und

– jede verbesserte Technik immer auch die wirtschaftlichere Technik war.

Literatur

Bücher sind mit ● gekennzeichnet

- [1] ● Auernhammer, H.: Elektronik in Traktoren und Maschinen. München: BLV-Verlag 1989
- [2] Auernhammer, H. und H. Stanzel: Betriebseigene elektronische Wetterstation für den Einsatz von Prognosemodellen für bedarfsgerechte Pflanzenschutzmaßnahmen und betriebsspezifische Düngung. In: Mikroelektronik in der Agrartechnik für den Umweltschutz. VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, Völkrode 1987, H. 4, S. 161 - 184
- [3] Auernhammer, H., M. Demmel und H. Stanzel: Wiegemöglichkeiten in der Schlepperdreipunkthdraulik. Landtechnik 43 (1988), H. 10, S. 414 - 418
- [4] Bolles, G.: Ein Pionier der Flüssigdüngung. DLG-Mitteilungen 105 (1990), H. 4, S. 168 - 170
- [5] Haimel, J. und J. Bergermeier: Das Netz der agrarmeteorologischen Meßstationen in Bayern - Stand und Entwicklung -. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1989, H. 1, S. 39 - 46
- [6] Hardegg, M.: Ertragsmessung am Mähdrescher. Seminararbeit: Institut für Landtechnik 1990
- [7] Schueller, J. K., J. P. Mailänder und G. W. Krutz: Combine Feedrate Sensors. Transactions of the ASAE 28, 1985
- [8] Wagner, W.: „Brunnenvergifter“ Landwirt? DLG-Mitteilungen 104 (1989), H. 19, S. 979

NEUE BÜCHER

Technik der Bodenbearbeitung – gezogene Geräte. Von M. Estler. RKL-Schrift 41 110-09. Vertrieb: RKL, Holstenstr. 106 - 108, 2300 Kiel 1; 1989, 42 S., 19 Abb., 7 Tab., A5, 9 DM plus Versandkosten

Die Bodenbearbeitung mit gezogenen Geräten ist durch den Boom der zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräte in den Hintergrund gerückt worden. Immer mehr Landwirte stellen aber fest, daß auch der zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitung Grenzen gesetzt sind, etwa durch Maschinengewicht, Antriebsbedarf, Investitionshöhe oder Schneckenprobleme. Die neue RKL-Schrift zeigt das derzeitige Marktangebot an gezogenen Geräten auf, nennt mögliche Einsatzbereiche, empfiehlt Kombinationsmöglichkeiten und vergleicht die Bauformen miteinander.

Mähdruschernte von Sonderfrüchten. Verschiedene Autoren. KTBL-Arbeitspapier 139. Vertrieb: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Bartenringstr. 49, 6100 Darmstadt 12, 1990, 149 S., 59 Abb., 19 Tab., A4, 18 DM zuzüglich Versandkosten

Eine breitere Anbaupalette auf dem Acker ist aus vielen Gründen wünschenswert. Zu nennen sind insbesondere

- eine ausgeglichene Fruchtfolge, die der Erhaltung der Bodengesundheit, einem besseren Pflanzenschutz und damit höheren und stabileren Erträgen dient;
- besserer Naturschutz und ein vielgestaltiges Landschaftsbild, was für die öffentliche Akzeptanz moderner Landwirtschaft wichtig ist;
- die Entlastung überschüssiger Märkte bei den Massenprodukten mit dem Ziel, Marktordnungs-kosten zu sparen und das Einkommen der Anbauer zu sichern.

Die dafür in Frage kommenden Sonderfrüchte werden auch in naher Zukunft insgesamt nur einen relativ geringen Umfang annehmen. Umso wichtiger erscheint es, bei Anbau und Ernte vorhandene und bewährte Technik einzusetzen.

Im neuen KTBL-Arbeitspapier mit den Vorträgen eines KTBL-Fachgesprächs werden in insgesamt 14 Beiträgen von namhaften Fachleuten die Möglichkeiten der Mähdruschernte von Sonderfrüchten dargestellt. Detailliert und differenziert werden die Voraussetzungen des Mähdruscheinsatzes aufgezeigt; eventuell notwendig werdende An- und Umbauten werden ausführlich erläutert. Im einzelnen wird die Ernte von Erbsen und Bohnen, Sonnenblumen, Raps, Öllein, Grassamen, Ölrettich, Rüben, Senf, Arznei- und Gewürzpflanzen, Mariendisteln, Buchweizen, Kreuzblättriger Wolfsmilch sowie Zuckerhirse untersucht. Beiträge über die Marktchancen und die Trocknung von Sonderfrüchten sowie eine längere Darstellung von Mähdruscherbauarten runden die neue KTBL-Veröffentlichung ab.