

Beispiel Düngung: Mehr Umweltschutz durch intelligente Technik

Der Einsatz modernster Elektronik ist keine Vision

Hermann Auernhammer, Weihenstephan

Elektronik als neues Schlagwort unserer Zeit führt oft zu nicht näher beschreibbaren Ängsten oder aber zu sehr hoch gesteckten Hoffnungen und Erwartungen. Dabei ist für die meisten Elektronik als neue Technologie noch gar nicht einzuordnen, geschweige denn nach deren Möglichkeiten zu beurteilen oder vielleicht sogar einzusetzen. Wie Elektronik für mehr Umweltschutz künftig zu nutzen ist und welche technischen Konsequenzen dies hat, soll nachfolgend am Beispiel der Düngung aufgezeigt werden.

Elektronik ist miniaturisierte Elektrik mit der Möglichkeit, Informationen zu sammeln, zu speichern, zu verarbeiten und auszugeben. Die Informationen selbst sind jedoch nicht Worte oder gar Daten, vielmehr sind es definierte Spannungszustände.

Elektronik macht Technik intelligent

Wird nun mechanische Technik mit Elektronik verbunden, dann kann mit geeigneten Hilfen diese Mechanik bedient, ja sogar weitgehend selbstständig eingesetzt und betrieben werden. Benötigt werden Sensoren (Meßwertgeber), um Informationen aufzunehmen und benötigt werden Aktoren, um Informationen umzusetzen.

Elektronik ist demnach untrennbar mit diesen beiden Hilfen verbunden. Nicht die Elektronik, also Schaltkreise und Chips sind der Engpaß, sondern die Verfügbarkeit von geeigneten, zuverlässigen und preiswerten Sensoren und Aktoren.

Wenn aber Elektronik Informationen nicht nur erfassen und speichern, sondern auch weitergeben kann, dann führt mit Elektronik versehene Technik zur Kommunikation. Technik kann sich also untereinander verständigen ohne den Menschen zu benötigen. Zum Beispiel könnte der Schlepper auf Informationen aus dem Düngerstreuer reagieren, indem er mehr Gas gibt, das Hydraulikgestänge anhebt oder über eine Lastschaltstufe sogar die Geschwindigkeit wechselt. Und gleichzeitig kann der Zeitpunkt und die durchgeführte Reaktion gespeichert und an den PC im Betrieb weitergegeben wer-

den.

Intelligente Technik führt zum System

Technik in Verbindung mit Elektronik führt deshalb zum System. Man muß sich also rechtzeitig überlegen, wie solche intelligenten Systeme aussehen können. Weitsicht ist gefragt, auch wenn dies schwer ist, wie die Vergangenheit oft genug gezeigt hat. Wer hätte sich z.B. schon 1955 beim Übergang vom Pferd zum Schlepper einen Systemschlepper der 80er Jahre vorstellen können? Und dabei ging es damals nur um den Zugmittlersatz und um die Nutzung von nunmehr verfügbarer Drehleistung.

System bedeutet aber, daß alle mit der Technik in Berührung kommenden Bereiche berücksichtigt werden. Von all diesen Bereichen müssen die Informationen erfaßt und verarbeitet werden, damit daraus ein verbesserter Einsatz der Technik wird. Vor allem muß dabei die Umwelt weit stärker berücksichtigt werden, als dies in den zurückliegenden 40 bis 50 Jahren der Fall war. Intelligente Technik muß also vor allem umweltorientierte, besser vielleicht sogar umweltschützende Technik sein.

Düngung an die Umwelt anpassen

Betrachtet man die Entwicklung der Düngung (Abb. 1), dann zeigt sich ein nahezu linearer Zuwachs bei den Aufwendungen bis zum Beginn der 80er Jahre. Für die verschiedenen Nährstoffe ist dieser Zuwachs jedoch unterschiedlich.

Während Phosphat und Kali in etwa mit dem Ertragszuwachs parallel verliefen, war die Zunahme beim Stickstoffaufwand ungleich höher. Ertragszuwachs allgemein gesprochen war somit immer mit Überversorgung bei Stickstoff verbunden; das Nitratproblem im Trinkwasser wird dadurch verständlich. Insgesamt hat somit der Landwirt im Durchschnitt mit einem zu hohen Aufwand, sprich mit zu hohen Kosten gearbeitet. Hat er dies nicht erkannt oder waren diese Kosten eher unbedeutend?

Beides ist zu verneinen. Vielmehr hat der Landwirt so gehandelt, wie es mit seiner Technik möglich war und zugleich hat er die Empfehlungen der Wissenschaft und Beratung umgesetzt. Diese aber lauteten: Zur Erzielung eines höchstmöglichen Ertrages muß - nach LIEBIG - bis zum erwarteten Entzug aufgedüngt werden, damit im Hinblick auf den Bedarf kein Nährstoff im Minimum vorhanden ist. Da dies jedoch nur je Schlag, evtl. sogar nur für den gesamten Betrieb erfolgen konnte, waren Überdüngungen und Überdüngungskosten zwangsläufig vorgegeben.

Soll dieses Düngesystem in Anlehnung an mehr Umweltschutz verbessert werden, dann muß eben diese Umwelt in die Düngungsmaßnahmen einbezogen werden. Unterschiedliche Bodenarten, wechselnde Humusanteile und die durch die natürliche Wasserführung gegebene Bodenfruchtbarkeit sind kleinräumig zu beachten und von der Technik anzusprechen. Technik als intelligente Technik muß folglich nicht mehr den Schlag, sondern den Teilschlag bis hin zur Einzelpflanze ansprechen. Technik muß also immer über die Position im Feld Bescheid wissen, weshalb die Ortung zur Schlüsseltechnologie wird.

Ortung durch Satellitentechnik ist kostenfrei

Die Ortung kann über fahrzeugautonome Systeme oder über Sender-/ Empfänger-

gersysteme erfolgen.

Fahrzeugautonome Systeme erfassen mit geeigneten Sensoren die X- und die Y-Position auf dem Schlag.

Wegmessung an beiden Fahrzeugseiten, Einbeziehung eines Richtungsgebers oder zusätzliche Bestimmung der Beschleunigung sind mögliche Ansätze. Fahrzeugautonome Systeme besitzen jedoch Mindestfehler, welche nicht unterschritten, entsprechend den wechselnden Bedingungen im Feld aber leicht überschritten werden können.

Sender-/Empfängersysteme arbeiten über die Winkelbestimmung und einer bekannten Entfernung. Dazu können verschiedene Signale (Ultraschall, Radar, Telemetrie) verwendet werden, bei welchen jedoch immer deren konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit über die Signallaufzeit zur Entfernungsmessung verwendet wird. Spezielle Ortungssatelliten in 20000 km Höhe sorgen dafür, daß deren Signale weitgehend unbeeinträchtigt an jeden Punkt der Erde gelangen und mit geeigneten Empfängern zu empfangen sind (Abb. 2).

Als „Globales Positionierungssystem (GPS)“ werden derartige Systeme heute von den USA und von Rußland angeboten. Deren Nutzung wird von den jeweiligen Verteidigungsministerien für die nächsten 10, bzw. 15 Jahre ebenso garantiert, wie eine Ortungsgenauigkeit ≤ 100 m. Verbesserungsmöglichkeiten für die Ortung bestehen in der Nutzung einer zusätzlichen Fest- oder Referenzstation, welche ausschließlich der Fehlerbeseitigung dient (Abb. 3). Je nach Qualität dieser Feststation kann damit die Ortungsgenauigkeit bis in den Millimeterbereich gebracht werden.

Lokale Ertragsermittlung für die Entzugsbilanz

Über die Ortung können alle Feldarbeiten lokal zugeordnet werden. Dabei nimmt für den Landwirt der jeweilige Ertrag sicher die wichtigste Position ein. Ein technisches System für die umweltorientierte Düngung muß deshalb am Ertrag ansetzen.

Für den Mähdrescher sind derzeit zwei „online-Ertragsmeßsysteme“ verfügbar, ein drittes System soll in diesem Jahr in der breiten Praxis erprobt werden. Alle diese Systeme arbeiten entweder nach dem Volumen- oder dem Massenstrommeßprinzip (Abb. 4). Über nunmehr drei Jahre andauernde Versuche zeigten für beide Systeme relativ hohe Genauigkeiten, etwa 70 % der Meßfehler sind $\leq \pm 4\%$. Allerdings ist zu beachten, daß die Zuverlässigkeit des Volumenstrommeßprinzips

immer von der Zuverlässigkeit der damit arbeitenden Person abhängig ist. Führt diese die durch wechselnde spezifische Gewichte (hl-Gewichte) erforderlichen Kalibrierungen laufend durch, dann können weit bessere, im anderen Falle aber auch weit schlechtere Ergebnisse erreicht werden. Dagegen wird das Massestrommeßprinzip durch die Arbeitsperson nahezu nicht beeinflußt (Abb. 5).

Ertragsermittlungen in anderen Erntemaschinen können vermutlich nur durch Wiegen im Fahrzeug realisiert werden. Erste Untersuchungen an Ladewagen und an Rundballenpressen mit Wiegeeinrichtungen an der Deichsel und in den Achsen erbrachten überaus positive Ergebnisse.

Modelle und Simulationen für teilschlagspezifische Prognosen

Allerdings sind Ertragsdaten nur als „eine“ Ausgangsgröße für eine lokale Düngermaßnahme zu verstehen. Daten über die Bodenarten, Wetterdaten und Ergebnisse aus Bodenuntersuchungen stellen die weiteren Datengrundlagen dar. Beobachtungen des Aufwuchses und der Pflanzenentwicklung sind schließlich der dritte Datenblock (Abb. 6).

Die Zusammenführung dieser Daten obliegt jedoch der Betriebsführung und der gezielten Daten-, oder besser Informationsverarbeitung. Die Technik hat dazu schon ihren Beitrag erbracht oder wird ihn noch leisten.

Düngung ist organische und mineralische Düngung

Die größten Sünden der Düngung in der Vergangenheit bestanden in der ausschließlichen Betrachtung der mineralischen Nährstoffzufuhren. Betriebe mit Tierhaltung verabreichten deshalb nicht selten das Doppelte der benötigten Nährstoffe für den angestrebten Ertrag. Dies gilt sogar für ganze Landesteile, wie Statistiken für Bayern und für Niedersachsen beweisen. Jede Verbesserung in der Düngetechnik muß deshalb zwangsläufig auch beide Düngerformen einschließen und sie muß vor allem die gleichmäßige Zuteilung als absolutes „Muß“ ermöglichen.

Bei der mineralischen Düngung kann dies nur durch mehr Kontrolle während der Ausbringung erfolgen. Wiegeeinrichtungen in der Schlepperdreipunkthydraulik stellen dazu eine universelle Möglichkeit dar. Untersuchungen zeigen, daß damit Fehler $\leq 1\%$ im Stand und $\leq 3\%$ in der

Bewegung möglich sind. Universelle Sensoren stehen kurz vor der Markteinführung. Es liegt am einzelnen Landwirt, diese Hilfen zu nutzen und bei nur einmaligen Kosten ständige Kosteneinsparungen durch laufende Ausbringkontrollen zu erreichen.

Bei den organischen Düngern scheint die Trennung von Transport und Verteilung zur Vermeidung von Bodenschäden und zur Erhöhung der Ausbringleistung unumgänglich zu sein. Gülle als schnellwirkender Dünger kann jedoch nur dann seine volle Leistung erbringen, wenn er in den Bestand eingebracht wird. Exakte Verteilung vorausgesetzt, muß jedoch Technik noch die aktuelle Bestimmung der Nährstoffe in den organischen Düngern erbringen und in den Ausbringvorgang als Information einschleusen.

Künftige Düngung bitte nach Teilschlagtechnik

Umweltorientierte Düngung bedeutet immer Düngung nach Teilschlag. Dabei sind jedoch nicht die Größe des Teilschlages und die Gesamtgröße des Betriebes entscheidend, sondern ausschließlich die Variabilität innerhalb der Flächen. Daß diese mit größer werdenden Flächen zunimmt und daß damit der größere Betrieb zuerst die Teilschlagtechnik nutzen muß, versteht sich von selbst und soll nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

Teilschlagtechnik betrifft die Grunddüngung und die wachstumsorientierten Düngungen mit Stickstoff. In Konsequenz an die jeweilige Verfügbarkeit der einzelnen Nährstoffe muß Teilschlagtechnik den einzelnen Nährstoff berücksichtigen können. Gegenüber der herkömmlichen Düngungstechnik mit vorgefertigten Rezepturen, evtl. sogar für einzelne Schläge, erfährt diese Düngungstechnik nun die Erweiterung zur Erzeugung der benötigten Mixtur vor Ort. Untersuchungen an einem Mehrkammerdüngesystem haben gezeigt, daß damit die bei Mehrnährstoffdüngern üblichen Mischgenauigkeiten problemlos erreicht werden können. Allerdings werden diese Techniken teurer und können sinnvoll deshalb nur im größeren Betrieb oder in der überbetrieblichen Form eingesetzt werden. Die erforderliche Ortung muß deshalb unabhängig sein. Sie kann nachzeitigem Wissensstand nur über die Satellitenortung gewährleistet werden.

Teilschlagorientierung gilt darüberhinaus auch für die Stickstoffdüngungen und selbstverständlich auch für die in den Bestand gebrachten organischen Dünger. Generell liegen dann aber Fahrgassen vor. Somit kann nunmehr auf die einfa-

chere Form der Ortung im linearisierten Schlag zurückgegriffen werden. Heute schon verfügbare und in vielen Betrieben eingesetzte elektronische Steuer- und Regeleinrichtungen an Feldspritzen und Düngerstreuern können damit einfach und kostengünstig erweitert werden, sofern die dafür erforderliche Software in einfacher Bedienung und zu einem günstigen Preis als Zusatz zur Schlagkartei erhältlich ist.

Und wann kommt das alles?

Im Sinne der möglichen Kosteneinsparungen, sprich der damit in den Betrieben vorhandenen Gewinnreserven, aber auch im Sinne einer nur damit möglichen Umweltentlastung müßte diese Technik eigentlich umgehend in die Praxis eingeführt werden. Aktion durch den Landwirt und nicht durch den Gesetzgeber ist gefragt, letzterer wird vermutlich ohnehin zu früh reagieren.

Und in welchen Schritten soll in dieses System eingestiegen werden? Auch dazu ergibt sich eine relativ einfache Antwort: Mähdrusch ist Einsatz überbetrieblicher Technik. Diese Technik zeichnet sich durch großen Einsatzumfang aus. Zusätzliche Kosten für Ertragsermittlung und Ortung erhöhen die Stückkosten nur unwesentlich (10 - 15 DM/ha). Zudem wird diese Technik aufgrund des großen Einsatzumfanges relativ schnell verbraucht, weshalb damit der technische Fortschritt schnell in die breite Praxis einfließt.

Grunddüngung mit einem Mehrkamersystem und in jedem Falle Einbringung organischer Dünger in die Bestände ist wiederum dem Großbetrieb oder dem überbetrieblichen Einsatz vorbehalten. Damit gilt das schon Gesagte.

Bleibt schließlich die Düngung mit Stickstoff während der Vegetation. Viele Landwirte nutzen dazu schon heute elektronische Steuer- und Regeleinrichtungen. Diese könnten einfach und preiswert ergänzt werden, wenn, ja wenn die Software und wenn das Wissen der Pflanzenernährung und der Bodenkunde Schritt halten kann.

Insgesamt scheinen deshalb die Aussichten überaus positiv zu sein. Dabei sollte aber nicht übersehen werden, daß neben möglichen Senkungen des Aufwandes für Dünger um 100 DM, in Einzelfällen vielleicht sogar um bis zu 200 DM/ha die Umwelt diese Technik fordert. Nutzen wir sie so schnell wie möglich, damit auch morgen noch Wasser als „Quelle des Lebens“ in ausreichender Menge und zufriedenstellender Qualität verfügbar ist.
PD Dr. H. Auernhammer ist Abteilungsleiter für Arbeitslehre und Prozeßtech-

nik am Institut für Landtechnik der TU München-Weihenstephan und Autor des Buches: Elektronik in Traktoren und Maschinen, 2. Auflage 1991, BLV-Verlag München

Abbildung 2: Schematischer Aufbau des "Globalen Positionierungssystems (GPS)"

Abbildung 3: Mit einem „differentiellen GPS (GPS mit Feststation)“ können die Fahrspuren eines Mähdreschers mit einem Fehler $\leq \pm 2,5$ m ermittelt werden

Abbildung 4: Ertragsmeßeinheiten in Mähdreschern arbeiten nach dem Volumen- oder dem Massestrommeßprinzip

Abbildung 5: Die Ertragskartierung an einem Schlag zeigt über mehrere Jahre eine deutliche Stabilisierung hinsichtlich schlagspezifischer Gegebenheiten

Abbildung 6: Technik in einem „System umweltorientierter Düngung“ benötigt die Ortung und das rechnergestützte Betriebsmanagement

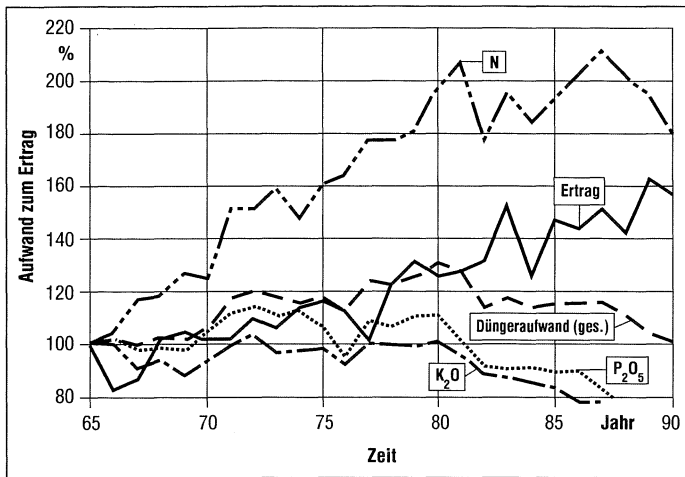


Abbildung 1:
 Relative Entwicklung
 von Ertrag und
 mineralischer
 Düngung in den
 zurückliegenden
 25 Jahren
 (1965 = 100%) Quelle:
 Stat. Jahrbücher
 für EL u.F