

# Parzellendüngerstreuer mit Computersteuerung für Exaktversuche

*Für Düngeversuche mit festen Mineraldüngern in Versuchspartzen werden die Düngemittel überwiegend manuell ausgebracht. Eine akzeptable mechanisierte Lösung, die sowohl die Anforderungen an Exaktheit als auch die Umgebungsbedingungen bei der Behandlung berücksichtigt, ist nicht vorhanden. Daher wurde ein Reihendüngerstreuer mit einer Arbeitsbreite von 1,5 m entwickelt, der aufgrund seiner mikroprozessorgesteuerten Dosiereinrichtung äußerst exakt appliziert. Er ist modular aufgebaut und kann auf verschiedene Trägereinheiten montiert sowie von verschiedenen Systemen angesteuert werden.*

Dr.-Ing. Georg Fröhlich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 85354 Freising; e-mail: [Georg.Froehlich@LfL.bayern.de](mailto:Georg.Froehlich@LfL.bayern.de).  
Dipl.-Ing.(FH) Heiner Link, S.g. ET Karl-Heinz Bröker, Dipl.-Ing.(FH) Gerhard Rödel und Dipl.-Ing.(FH) Franz Wendling sind technische Mitarbeiter, Dr. Georg Wendl ist Leiter des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung.

## Schlüsselwörter

Reihen-Mineraldüngerstreuer, Partzenversuche, Prozessrechner

## Keywords

Solid fertilizer line-distributors, experimental plots, process controller

Exaktversuche im Pflanzenbau finden zum großen Teil in Kleinpartzen mit 1,2 bis 1,5 m Breite und 5 bis 10 m Länge statt. Insbesondere für Steigerungsversuche der Aufwandmenge an Mineraldüngern in solchen Partzen wurde nach einer automatisierten Lösung zur exakten Düngeausbringung gesucht. Bisher erfolgte die Düngung meist manuell mit den für die Partzen ermittelten Aufwandmengen, oftmals bei Witterungsbedingungen, die ein Befahren der Versuchsflächen mit einem Traktor nicht erlauben. Nachteilig sind der hohe Personal- und Zeitaufwand sowie die durch Inhomogenitäten der Ausbringmenge auf der einzelnen Partze entstehenden subjektiven Fehler. Zur Verfügung stehende Mechanisierungsansätze konnten entweder nicht die schnellen Wechsel der Aufwandmengen in randomisierten Partzen realisieren, waren nicht ausreichend exakt oder für die Einsatzbedingungen nicht robust genug.

Aufgrund dieser Erfahrungen sollte ein exakt dosierender Düngerstreuer entwickelt werden, der sich insbesondere durch folgende Eigenschaften auszeichnet:

- Nutzung für breitflächige Düngung und Reihendüngung
- beliebiger Wechsel der Ausbringmenge zwischen Partzen
- Einsatz bei extremen Bodenbedingungen
- mögliche Kopplung mit elektronischen Versuchsplänen

## Material und Methode

Zur Realisierung kommen zwei verschiedene Ansätze in Frage:

- handgeführtes selbstfahrendes Gerät
- Anbaugerät für Traktoreinsatz

Da beide Ansätze Vor- und Nachteile besitzen, die je nach Einsatzbedingungen unterschiedlich wirken, sollen beide weiter verfolgt werden. Dazu wurde eine modulare Konstruktion gewählt, bei der das eigentliche Dosiersystem sowohl an ein kräftiges, elektrisch angetriebenes Fahrwerk als auch an ein Gestell für den Dreipunktanbau adaptiert werden kann.

Kernstück des Systems ist eine elektrisch angetriebene Dosierwelle, die pro Reihe ein

Auslasssystem mit Zellenrad antreibt (Bild 1). Die einzelnen Auslasssysteme können abgesperrt werden, so dass verschiedene Reihenzahlen und Teilbreiten realisiert werden können. An den Auslasssystemen können höhen- und seitenverstellbare Fallrohre angebracht werden, die eine Reihendüngung bewirken. Werden sie weggelassen, fällt der Dünger breitflächig zum Boden. Die Steuerung der Durchflussmenge erfolgt über die fahrgeschwindigkeitsabhängig geregelte Drehzahl der Dosierwelle. Die Dosierwelleldrehzahl kann bei bekannter Arbeitsbreite als Funktion der Durchflussmenge beschrieben werden:

$$U = F1 \cdot m + F2 \cdot m^2$$

Dabei ist U die Drehzahl in 1/min, m die Durchflussmenge in g/s, F1 und F2 Konstanten, die durch zwei Abdreihproben bei unterschiedlichen Drehzahlen für jeden verwendeten Dünger experimentell ermittelt werden müssen. Für granulierten oder körnigen Dünger, Vorfahrgeschwindigkeiten von bis zu 5 km/h und geforderte Ausbringmengen im Bereich von annähernd 0 bis 550 kg/ha (entspricht bei einem üblichen Stickstoffanteil von 27% etwa 150 kgN/ha) liegt der Systemfehler durch die Approximation unter 3%.

Die Vorgaben für die Durchflussmenge werden aus gewünschter Ausbringmenge, festgelegter Arbeitsbreite und aktueller

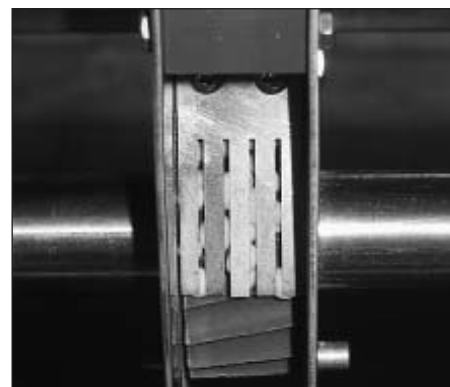


Bild 1: Dosierorgan (Zellenrad) mit Abstreifer

Fig. 1: Dosing unit (bucket wheel) with deflector

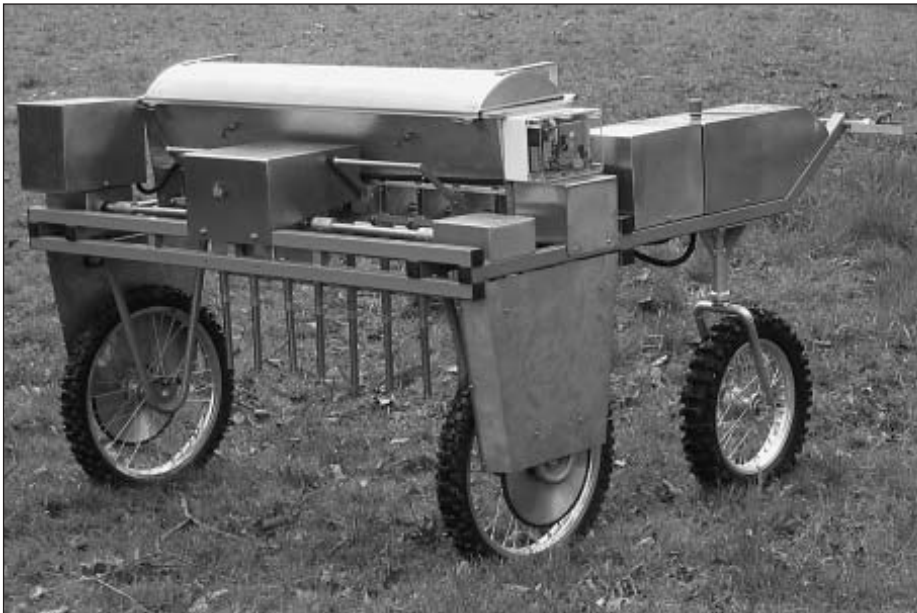


Bild 2: Handgeführter selbstfahrender Parzellendüngestreu

Fig. 2: Hand-operated self-propelled fertilizer distributors for experimental plots

Fahrgeschwindigkeit mit einer mikroprozessorbasierten Steuereinheit ermittelt und in die Drehzahl umgerechnet, mit der ein Schrittmotor die Dosierwelle antreibt. Das Dosiersystem mit zehn auf einer Welle verbundenen Auslasssystemen wurde als kompakte Einheit fest mit einem Vorratskasten für rund 50 kg Dünger verbunden.

### Ergebnisse

Bisher wurde eine selbstfahrende, handgeführte Version des Exaktdüngerstreuers mit elektrisch angetriebenem Fahrwerk entwickelt und erprobt. Damit ein schlupfarmes Befahren von aufgeweichten Böden im Frühjahr ohne großen Kraftaufwand des Bedieners möglich ist, wurde eine asymmetrische Dreiradgeometrie mit angetriebener Vorderachse angewendet (Bild 2). Die Fahrspurweite beträgt 1,5 m, die maximale Überfahrhöhe 70 cm, der Abstand der Vorderachse zum nachlaufenden Rad 80 cm. Angetrieben wird das Fahrzeug von einem handelsüblichen elektronisch gesteuerten 0,75 kW Elektromotor aus der Fahrzeugtechnik, der von zwei wartungsfreien, wiederaufladbaren Blei-Gel Batterien gespeist wird. Das Einsatzgewicht des Gerätes beträgt leer etwa 260 kg und kann durch die ausgeglichene Lastverteilung und den leistungsstarken Motor sowohl beim Düngen als auch beim Wenden und Verladen gut bewältigt werden. Die Fahrsteuerung erfolgt wie bei einem Kraftrad per Drehgriff, die optimale Arbeitsgeschwindigkeit liegt bei 3 bis 4 km/h. Die Steuerung der Ausbringmenge erfolgt mit sechs variabel zu belegenden Tas-

ten, so dass nach vorheriger Einstellung sechs unterschiedliche Düngestufen möglich sind. Vor dem Betrieb müssen Abdrehsproben bei zwei unterschiedlichen Dosierwellendrehzahlen ermittelt und ausgewogen werden. Die Unterstützung für diese Einstellaufgaben leistet derzeit ein PC-Programm.

Die Dosiergenauigkeit des Systems wurde unter Bedingungen analog DIN 13 740 [1] im Rahmen der Endkontrolle der bisher gefertigten Maschinen ermittelt. Die Reproduzierbarkeit der Ausbringmenge hat einen Variationskoeffizienten unter 3 %. Der Variationskoeffizient der Querverteilung wurde mit waagrecht aufgeböcktem Gerät bei drei unterschiedlichen Dosierwellendrehzahlen ermittelt und beträgt maximal 3,6 %. Die Abweichung der Ausbringmenge vom Sollwert in der Längsverteilung wurde auf abgemessenen Fahrstrecken ermittelt und liegt zwischen 2 % und 6 %. Der systematische Anteil, der durch die Geschwindigkeitsmessung über die Laufräder verursacht wird, kann jedoch bei definierten Fahrbahnverhältnissen im Feld je nach Bodenbeschaffenheit korrigiert werden, so dass nur noch ein Variationskoeffizient von etwa 2 % einen Fehlereinfluss ausübt [2].

Der resultierende Gesamtfehler liegt nach Praxismessungen unter 5 %.

Um empfindliche und komplexe Bedienelemente an der Maschine zu vermeiden, wird zur Einstellung der Parameter des Düngerstreuers eine Terminalsoftware verwendet, die über eine drahtgebundene Schnittstelle mit dem Düngerstreuer kommuniziert. Die derzeit im Praxisbetrieb befindlichen

Geräte verwenden die Terminalsoftware auf Notebook-PCs, eine Variante für PDA (Handheld) befindet sich im Test. Für das aufgesattelte Gerät bietet sich die Integration in das Traktorterminal an, idealerweise als ISOBUS Terminal. Mit der Terminal-Software können die Arbeitskennziffern (Breite, Raddimensionen, Grenzgeschwindigkeiten) eingegeben, der Abdrehvorgang gesteuert sowie die Kalibrierfaktoren F1 und F2 aus den Abdrehmengen bestimmt und an den Prozessrechner des Düngestreuers weitergegeben werden. Beim handgeführten Gerät werden mit Hilfe der Software die Dosiermengen entsprechend den mit den Tasten auszulösenden Düngestufen berechnet und eingestellt.

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem vorgestellten System wurde eine praxistaugliche, arbeitserleichternde, zeitsparende und sehr exakte Lösung zur Anwendung im Versuchswesen geschaffen. Derzeit werden von der Bayerischen Landwirtschaftsverwaltung und von Forschungsinstituten drei Geräte unter verschiedensten Bedingungen eingesetzt.

Auf der Basis des Fahrgestells wurde auch ein Trägersystem für N-Sensoren entwickelt. Eine Besonderheit dieses Gerätes war die stufenlose Einstellung der Arbeitsbreiten bis zu 3 m. Das Gerät war auch bei den großen Spurweiten in der Praxis zu beherrschen, was in Zukunft auf die Arbeitsbreite des Düngesystems zu übertragen wäre, da größere Arbeitsbreiten bei Versuchspartellen diskutiert werden.

Auf der Grundlage des Dosiermoduls wird zurzeit ein Dreipunktanbaugerät als weitere Ausbaustufe entwickelt. Dieses Gerät soll an einem mit Autoguidance-System ausgestatteten Traktor betrieben werden (Trimble AgGPS RTK Autopilot/Feldrechner AgGPS 170 mit spezieller Software zum Anlegen von Parzellenblöcken und Auslösen von Sävorgängen entsprechend eines vorher mit der Software PIAF erstellten Planes). Als Führungsgröße wird das Geschwindigkeitssignal des GPS-Empfängers genutzt, die gewünschte Ausbringmenge wird analog der Sävorgabe ausgelöst.

### Literatur

- [1] DIN/EN 13740 Reihen-Mineraldüngerstreuer – Umweltschutz. Teil 1: Anforderungen, Teil 2: Prüfverfahren. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2003
- [2] Fröhlich, G., und G. Rödel: Neukonzipierung eines Parzellendüngestreuers für das Feldversuchswesen. - In: 37. Arbeitstagung der AG Feldversuche. Beiträge der DLG Fachtagung am 30. und 31. Januar 2006. Hrsg.: FH Südwestfalen. Soest, 2006, S. 18-23