

Autonome Fahrzeugführung mit hochgenauen Navigationssystemen: Ökonomische Effekte einer verringerten Überlappung bei der Bodenbearbeitung

KLAUS HANK, WEIHENSTEPHAN
PETER WAGNER, WEIHENSTEPHAN

Abstract

Durch den Einsatz hochgenauer autonomer Navigationssysteme ist eine Verringerung der Überlappung bei der Bodenbearbeitung zu erwarten, die zu nennenswerten Einsparungen an Kosten für Arbeit, Treibstoffe, Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln führt. Schätzungen an Hand von KTBL-Daten weisen bei Anbauverfahren mit Pflug je nach Leistungsklasse auf ein Einsparpotenzial zwischen 28 und 42 DM/ha. Bei pfluglosem Anbau steigen die erwarteten Einsparungen auf Werte von 32 bis 46 DM/ha.

1 Einführung

In der Praxis der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung wird heute zur Vermeidung von Fehlstellen mit mehr oder weniger Überlappung gearbeitet. Eine nicht repräsentative Befragung von Landwirten und Lohnunternehmern ergab, dass bei Aussaat, Düngung und Pflanzenbehandlung von einer 5%igen Doppelbearbeitung ausgegangen werden kann. Dies bedeutet bei 3 m Arbeitsbreite 15 cm und bei 12 m Arbeitsbreite 60 cm Überlappung. Bei Arbeiten quer zum Hang müssen sogar teilweise noch größere Überschneidungen angenommen werden. Bei der Bodenbearbeitung (außer Pflügen) beträgt die Überlappung teilweise 10 % und mehr. Die Möglichkeit, mit hochgenauen Navigationssystemen die seitlichen Abweichungen unabhängig von der Arbeitsbreite in einen Bereich von maximal ± 5 cm zu bringen, was mit zunehmender Arbeitsbreite zu einem abnehmenden Anteil an Doppelbearbeitung führt, erlaubt es, eine Überlappung von 5 cm zu realisieren, so dass es zu keinen Fehlstellen und einer maximalen Überlappung von 10 cm kommt.

Eine Reduktion von Doppelbearbeitung ist ebenfalls bei Keilbearbeitung, beim Einsetzen und Ausheben am Vorgewende sowie bei Unterbrechungen mit anschließender Wiederaufnahme an der gleichen Stelle zu erwarten. Durch Einschränkung von Doppelbearbeitung ergeben sich entsprechende Einsparungen bei Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln aber auch bei Betriebsstoffen und Einsatzzeiten von Maschinen sowie Arbeitskräften. Daneben führt Überlappung bei Reihenkulturen zu geringeren Reihenabständen bei Anschlussfahrten. Dies kann sich etwa bei Körnermais in Mindererträgen durch Ausbildung zu kleiner Kolben in den betroffenen Reihen äußern.

2 Berechnungen

Zur exemplarischen Ermittlung der ökonomischen Effekte einer verminderten Doppelbearbeitung wird das Produktionsverfahren *Winterweizen* mit Pflügen und Kreisel-Drillen ausgewählt. Ernte und Abfuhr der Ernteprodukte bleiben unberücksichtigt. Ausgehend von den in der KTBL-Datensammlung Betriebsplanung zusammengestellten produktionstechnischen Daten für Wintergetreide ohne Ernte auf einer 5 ha-Parzelle können unter Unterstellung der obigen Annahmen bezüglich Überlappung die effektiven Arbeitsbreiten bei Arbeiten ohne und mit Navigationssystem abgeleitet werden (Tabelle 1, Zeilen B-D).

Zur Berechnung der möglichen Einsparungen an zu bearbeitender Fläche wird von den bei den geschätzten Arbeitsbreiten erforderlichen Vorfahrtstrecken zur Bearbeitung eines Hektars ausgegangen (Tabelle 1, Zeilen E-F). Danach können durch Einsatz eines hochgenauen Navigationssystems die bearbeiteten Flächen auf einem 5 ha-Schlag beim Pflügen

nicht, beim Grubbern um 8,2 %, bei der Aussaat um 3,4 % sowie bei Düngung und Pflanzenbehandlung um 4,7 % vermindert werden.

Zur Berechnung der ökonomischen Effekte, gilt es nun, die mit der Verringerung der Bearbeitungsfläche verbundenen Einsparungen abzuschätzen. Diese setzen sich aus den **Kosten der Arbeiterledigung**, den **variablen Maschinenkosten** (insbesondere Diesel) sowie den **Kosten für Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel** zusammen. Bezüglich der Arbeitszeit ist mit einer Einsparung in Höhe von 0,23 AKh/ha zu rechnen (Tabelle 1, Zeile I).

Für die einzelnen Arbeitsgänge können die ausgewiesenen Arbeitszeiten gleichzeitig als Maschinenlaufzeiten herangezogen und aus deren Verringerung eine proportionale Einsparung an Diesel erwartet werden. Werden für die in der KTBL Datensammlung angegebenen Motorleistungsansprüche entsprechende Schlepper ausgewählt, so sind laut KTBL-Taschenbuch durch den Einsatz eines hochgenauen Navigationssystems Einsparungen an Treibstoffen von knapp 2 Litern Diesel je Hektar (Tabelle 1, Zeile L) zu erwarten.

Tabelle 1: Produktionstechnische Daten und erwartete Einsparung an Arbeitszeit und Diesel im Wintergetreideanbau

| Zeile | Einheit | Pflügen | Grubbern | Aussaat | Düngung (4x) | Pflanzenschutz (4x) | Zusammen | Einsparung |
|-------------------------|------------------|---------|----------|---------|--------------|---------------------|----------|------------|
| A | Überlappung | 0% | 10% | 5% | 5% | 5% | | |
| Arbeitsbreiten | | | | | | | | |
| B | Gerätebreite | m | 1,75 | 2,5 | 3 | 15 | 15 | |
| C | ohne Nav.-System | m | 1,75 | 2,25 | 2,85 | 14,25 | 14,25 | |
| D | mit Nav.-System | m | 1,75 | 2,45 | 2,95 | 14,95 | 14,95 | |
| Fahrstrecken pro Hektar | | | | | | | | |
| E | ohne Nav.-System | m/ha | 5.714 | 4.444 | 3.509 | 702 | 702 | |
| F | mit Nav.-System | m/ha | 5.714 | 4.082 | 3.390 | 669 | 669 | |
| G | Einsparpotenzial | | 0,0% | 8,2% | 3,4% | 4,7% | 4,7% | |
| Arbeitszeit | | | | | | | | |
| H | ohne Nav.-System | Akh/ha | 1,30 | 0,72 | 1,00 | 1,42 | 1,48 | 5,92 |
| I | mit Nav.-System | Akh/ha | 1,30 | 0,66 | 0,97 | 1,35 | 1,41 | 5,69 0,23 |
| Dieselverbrauch | | | | | | | | |
| J | spez. Verbrauch | l/h | 10,20 | 10,20 | 10,20 | 6,50 | 6,50 | |
| K | ohne Nav.-System | l/ha | 13,26 | 7,34 | 10,20 | 9,23 | 9,62 | 49,65 |
| L | mit Nav.-System | l/ha | 13,26 | 6,74 | 9,85 | 8,80 | 9,17 | 47,83 1,83 |

Quellen: KTBL-Datensammlung Betriebsplanung 1997/98 (S. 18), KTBL-Taschenbuch 1996/97 (S. 10), eigene Erhebungen und Berechnungen

Bleibt schließlich die Einsparung an Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln. Hierzu finden sich in den aktuellen Standarddeckungsbeiträgen des KTBL (<http://www.dainet.de/ktbl>) bezüglich Winterweizen für die Leistungsklassen 1 (57 dt/ha Ertrag) und 5 (90 dt/ha Ertrag) die in Tabelle 2 (Zeilen "ohne Nav.-System") dargestellten Kosten für Saatgut, Handelsdünger und Pflanzenschutz. Werden diese mit den erwarteten Einsparpotenzialen verknüpft, so ergeben sich auf einer 5-ha-Parzelle Einsparungen zwischen 20 DM (Leistungsklasse 1) und 33 DM (Leistungsklasse 5).

Tabelle 2: Erwartete Einsparungen an Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln bei Winterweizen in DM/ha

| | Einheit | Saatgut | Dünger | Pflanzen- schutz | Zusammen | Einsparung |
|--------------------------|---------|---------|--------|---------------------|----------|------------|
| Leistungsklasse 1 | | | | | | |
| ohne Nav.-System | DM/ha | 133,57 | 157,81 | 176,00 | 467,38 | |
| mit Nav.-System | DM/ha | 129,05 | 150,42 | 167,76 | 447,23 | 20,16 |
| Leistungsklasse 5 | | | | | | |
| ohne Nav.-System | DM/ha | 133,57 | 303,25 | 306,00 | 742,82 | |
| mit Nav.-System | DM/ha | 129,05 | 289,05 | 291,67 | 709,77 | 33,05 |

Eine abschließende Zusammenfassung der möglichen Effekte einer verringerten Überlappung durch autonome Fahrzeugführung mit hochgenauen Navigationssystemen in den drei betrachteten Kostenkategorien unter Unterstellung von Preisen für Arbeitszeit von 30 DM/h und für Diesel von 0,85 DM/l führt in Abhängigkeit von der Leistungsklasse zu **Einsparungen zwischen 28,50 DM/ha und 41,50 DM/ha** (Tabelle 3).

Tabelle 3: Erwartete Einsparung durch verringerte Überlappung bei Winterweizen in DM/ha

| | Einheit | Arbeit (30 DM/h) | Diesel (0,85 DM/l) | Saatgut, Dünger, Pflanzen- schutz | Zusammen | Einsparung |
|--------------------------|---------|---------------------|--------------------------|--|----------|------------|
| Leistungsklasse 1 | | | | | | |
| ohne Nav.-System | DM/ha | 177,60 | 42,21 | 467,38 | 687,19 | |
| mit Nav.-System | DM/ha | 170,75 | 40,65 | 447,23 | 658,62 | 28,57 |
| Leistungsklasse 5 | | | | | | |
| ohne Nav.-System | DM/ha | 177,60 | 42,21 | 742,82 | 962,63 | |
| mit Nav.-System | DM/ha | 170,75 | 40,65 | 709,77 | 921,17 | 41,46 |

Die Ergebnisse werden wesentlich vom Einsatzniveau an Handelsdüngern und Pflanzenschutzmitteln beeinflusst. Diese tragen in Leistungsklasse 1 rund 55 % und in Leistungsklasse 5 gar knapp 70 % zur Gesamteinsparung bei. Die eingesparte Arbeitszeit von 0,23 AKh/ha sowie der eingesparte Treibstoff von knapp 2 l/ha führen auch bei Wahl anderer als der hier herangezogenen Preise nur zu geringfügigen Veränderungen der Ergebnisse.

Bei Ersatz des Pflügens durch zweimaliges Grubbern steigen in Anbetracht der beim Grubbern unterstellten 10%igen Überlappung die Einsparungen an Arbeitszeit und Diesel um 4,55 DM/ha. Beim pfluglosen Anbau sind damit **Einsparungen zwischen 33 DM/ha bei Leistungsklasse 1 und 46 DM/ha bei Leistungsklasse 5** zu erwarten.

Durchführen der Berechnungen mit den KTBL- Daten für eine 20-ha-Parzelle und entsprechend angepasster Mechanisierung zeigen nur geringe Unterschiede bezüglich der möglichen Einsparungen.

3 Ergebnisse

Durch die mit dem Einsatz hochgenauer autonomer Navigationssysteme verbundene erwartete Verringerung der Überlappung bei der Bodenbearbeitung können bei Winterweizen in Abhängigkeit von der Leistungsklasse bei Bodenbearbeitung mit Pflug Einsparungen an Kosten für Arbeit, Treibstoffe, Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zwischen 28 und

42 DM/ha erwartet werden. Bei Ersatz des Pflügens durch zweimaliges Grubbern steigen die erwarteten Einsparungen auf Werte von 32 bis 46 DM/ha. Diesen Einsparungen müssen allerdings die mit dem Einsatz eines hochgenauen Navigationssystems verbundenen Kosten gegenübergestellt werden um die ökonomische Vorteilhaftigkeit solcher Systeme zu ermitteln. Diese Kosten sind zum heutigen Zeitpunkt allerdings noch nicht abschließend zu beziffern.

4 Weitere erwartete Effekte

Daneben ergeben sich durch **höhere Präzision** und **erweiterte Arbeitszeiten** eine Reihe weiterer Effekte, die aber derzeit noch nicht quantifizierbar sind. Beispielsweise:

- ≡ geringere Überlappung/Fehlstellen auch auf Grünland,
- ≡ weniger Pflanzenverluste bei mechanischer Unkrautregulierung,
- ≡ planbare Bodenverdichtungen,
- ≡ Pflügen außerhalb der Furche,
- ≡ Arbeiten ohne Sicht (Gülle, Pflanzenschutz, Dünger bei Nebel und Nacht) und
- ≡ genaue Dokumentation des Geschehenen.

5 Literatur

KTBL-Datensammlung Betriebsplanung 1997/98, 15. Auflage, Darmstadt.

KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft 1996/97, 18. Auflage, Darmstadt.

KTBL-Standarddeckungsbeiträge 1997/98, <http://www.dainet.de/ktbl/manag/stdb/stdb98.htm>.