

Nutzung von Luftbildern und Elektronik zur Umsetzung eines Teilschlagkonzeptes im integrierten Pflanzenbau

Harald Amon, Weihenstephan
Klaus Majehrke, Weihenstephan
Ludwig Reiner, Weihenstephan

Zusammenfassung

Ziel des Teilschlagkonzeptes ist es, neue Wege einer umweltverträglicheren Landbewirtschaftung aufzuzeigen.

Die Auswertung von Luftbildern liefert Informationen zur Abgrenzung homogener Untereinheiten innerhalb eines heterogenen Feldes. Mit Hilfe geeigneter Software lassen sich pflanzenbauliche Maßnahmen (z.B. Düngung, Pflanzenschutz) teilschlagbezogen planen. Über mobile Datenträger werden diese anschließend in Form von Aufträgen an den Bordcomputer übertragen. Solche mobilen Agrarcomputer sind in der Lage, Aufwandmengen unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit stufenlos zu regeln. Teilschlagbezogene Ernteterminierungen und der Datenrückfluß vom Bordcomputer in den PC komplettieren dieses System zu einem geschlossenen Konzept.

Abstract

Aim of the small plot concept is to find new ways for ecological plant production.

The interpretation of areal photographs provides the borders of homogeneous small plots in a heterogenous field. A decent software is necessary to plan fertilizing and spraying based on specific needs of soil/crop of these plots. Transportable data loggers transmit the instructions from the personal computer to the tractor terminal. This tractor terminal is able to control the scale application independent of the speed. It captures data on the input of sprays and fertilizers, working hours, area determination, area performance etc.. These data together with the yield determination on the plots is retransmitted to the personal computer and analysed. The feed back is necessary to complete the concept.

1.0 Einleitung

Die Belastung der Umwelt durch den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln entwickelt sich zu einem immer dringlicheren Problem.

Man muß deshalb versuchen, durch neue Konzepte der Landbewirtschaftung diese Problematik zu entschärfen. Einen möglichen Ansatz stellt das Teilschlagkonzept dar.

2.0 Das Teilschlagkonzept

2.1 Unterteilung eines heterogenen Schlags in homogene Untereinheiten

Dem Landwirt sind ertragsbedingte Unterschiede innerhalb seines Ackers aus jahrelanger Beobachtung bekannt. Diese Differenzierungen entstehen durch die Anpassung der Pflanzen an standortbedingte natürliche Ressourcen, wie Boden, Wasser-, Nährstoff- und Lichtverhältnisse, als auch an kleinklimatische Gegebenheiten bedingt durch Waldschatten, Senken, Bestandesdichte usw. Die Kulturen reagieren darauf mit verändertem Wachstum. Dies äußert sich durch unterschiedliche Formen, Größen, Farben und Entwicklungsstadien der Pflanzen verschiedener Standorte. Auch Unkrautbesatz und parasitäre Krankheiten sind nicht über den Acker gleich verteilt. Epidemien haben ihren Ausgangspunkt an definierten Stellen im Bestand.

Das Problem besteht darin, das Wissen über feldinterne Differenzierungen für die Produktionstechnik nutzbar zu machen. Dazu ist es notwendig, den heterogenen Schlag in homogene Teilschläge aufzuteilen. Eine Teilparzelle ist dann homogen, wenn die Standortvoraussetzungen gleich sind. Sichtbares Kennzeichen dafür ist der Pflanzenbestand. Ändert dieser sein Aussehen, so ist ein neuer Teilschlag abzugrenzen.

2.2 Anpassung von Düngung und Pflanzenschutz an das Teilschlagkonzept

Düngung

Nachdem die Teilschläge abgesteckt und vermessen sind, gilt es herauszufinden, wie sich Teilschlagunterschiede äußern und worauf sie zurückzuführen sind. Bodenphysikalische Faktoren, wie nutzbare Feldkapazität, Bodenverdichtung, Durchwurzelungstiefe, Nährstoffgehalt und -verfügbarkeit sind hauptsächlich für das veränderte Pflanzenwachstum verantwortlich.

Mit der gezielt auf den Teilschlag bezogenen Bodenuntersuchung lassen sich Unterschiede in der Krumentiefe, der N/P/K-Versorgung, dem C/N-Verhältnis, dem S/U/T-Verhältnis, der Austauschkapazität und dem Steingehalt kartieren.

Die Pflanze reagiert darauf mit veränderten Pflanzen- und Triebzahlen, Wuchshöhen, Blattflächenindex, Andauerzeiten und Entwicklungsstadien. Als Summe aller Wachstumseinflüsse ist der Ertrag zu verstehen, der am Teilschlag zu ermitteln ist.

Ertragserwartung und Nährstoffversorgung des Bodens als Ausgangsbasis für die Düngeplanung orientieren sich bisher am Gesamtschlag. Das bedeutet bei unterschiedlichen Ertrags- und Versorgungsniveaus im Feld eine Über- oder Unterdüngung derjenigen Teilflächen, die von der durchschnittlichen Ertragserwartung und Nährstoffversorgung des Ackers abweichen. Mit Hilfe der teilschlagbezogenen Düngeplanung ist es möglich, die Düngung den Nährstoff- und Ertragsverhältnissen besser anzupassen und somit potentiell auswaschungsgefährdete Düngergaben zu vermeiden.

Pflanzenschutz

Das hohe Nährstoffniveau der Böden und der intensive Herbizideinsatz haben dazu geführt, daß Unkräuter mit Zeigerwert aus den Feldern verschwunden sind. An ihre Stelle treten Unkrautpflanzen mit vornehmlich nitrophilen und wirkstofftoleranten Eigenschaften. Sie haben bezüglich anderer Ressourcen wie Boden, Licht, Wasser, usw. eine breite ökologische Valenz. Ihre Verteilung ist damit nicht mehr so eng an den Standort gebunden. Dennoch ist sie nicht über den gesamten Acker gleich. Flächen mit hohem Besatz (Unkrautnester) wechseln mit Bereichen, die unterhalb der Schadschwelle liegen.

Für hohe Unkrautdichten kann charakteristisch sein:

- extreme Bodenverhältnisse wie Ton, pH-Wert, Wasser usw.,
- schwache Kulturpflanzenentwicklung,
- längere Überdauerungsrate der Unkrautsamen im Boden und damit höheres Samenpotential,
- verminderte Herbizidwirkung.

Hilfsmittel zur Kartierung von Unkräutern ist der Göttinger Unkraut-zählrahmen.

Nach der Bonitierung von Unkrautart, -dichte und -deckungsgrad erfolgt die Bekämpfungsentscheidung auf der Grundlage der wirtschaftlichen Schadschwelle. Die konventionelle Methode bezieht sich auf den Gesamtschlag. Die Bekämpfungsschwelle, am Teilschlag orientiert, hat folgende Vorteile:

- Das Risiko einer Fehlentscheidung ist geringer.
Aufgrund der Mittelwertbildung der einzelnen Bonituren auf dem Gesamtschlag kann es zur Ablehnung der Bekämpfung kommen, obwohl die Bekämpfungsschwelle in einigen Bereichen überschritten ist.
- Die Einsparungen sind größer.
Die Kostenersparnis bei Teilschlagbetrachtung ist wesentlich höher als bei alleiniger Anwendung der Schadschwelle für den Gesamtschlag.

Deshalb muß die Herbizidbehandlung teilschlagbezogen erfolgen.

3.0 Nutzung von Luftbildern im Teilschlagkonzept

Die Kulturpflanzen reagieren auf die verschiedenen Standortverhältnisse mit unterschiedlicher Form, Größe, Farbe und Masse. Dies bewirkt eine veränderte Reflexion des einfallenden Sonnenlichtes. Die sichtbaren Differenzierungen sind über Luftbilder festzuhalten.

3.1 Material und Methoden

Luftbilder sind nötig, um Teilschlaggrenzen, -größen und deren Lage im Feld vermessen zu können. Voraussetzung dafür sind Senkrechtaufnahmen, die aus einer Flughöhe von 500 - 800 m aufgenommen werden.

Um witterungs- und lichtbedingte Störungen beim Photographieren soweit wie möglich auszuschalten, ist es wichtig, daß bei wolkenlosem Himmel um die Mittagszeit geflogen wird. Derart ideale Bedingungen sind erfahrungsgemäß während der Vegetationszeit weniger häufig gegeben. Folge davon ist, daß die Aufnahmezeitpunkte nicht am Entwicklungsstadium orientierbar, sondern vor allem durch das Wetter bestimmt sind.

Die Auswahl des Filmtyps ist jedoch von der vegetativen Entwicklung abhängig. Bis zur vollständigen Bedeckung des Bodens durch Blätter kommt ein Naturfarbenfilm, nach diesem Zeitpunkt ein Falschfarbenfilm zur Anwendung. Zu klären ist, ob der Farbfilm nicht in vielen Fällen zur Teilschlagabgrenzung ausreicht, weil er billiger und leichter zu handhaben ist.

Von der Brennweite, dem Objektiv und der Flughöhe ist der Maßstab abhängig. Ein Maßstab von 1:5000 bis 1:10000 ist anzustreben. Bei kleineren Maßstäben sind die Teilschläge nur ungenau abgrenzbar, bei größeren benötigt man mehr Bilder für einen Schlag. Objektiv und Brennweite bestimmen auch die Verzerrung, die an den Bildrändern maximal ist. Bei einer Überfliegung entstehen deshalb Bildreihen von einem Schlag, wobei sich die Einzelaufnahmen zu 50% überlappen. Damit läßt sich stets dasjenige Bild verwenden, das die geringste Verzerrung aufweist.

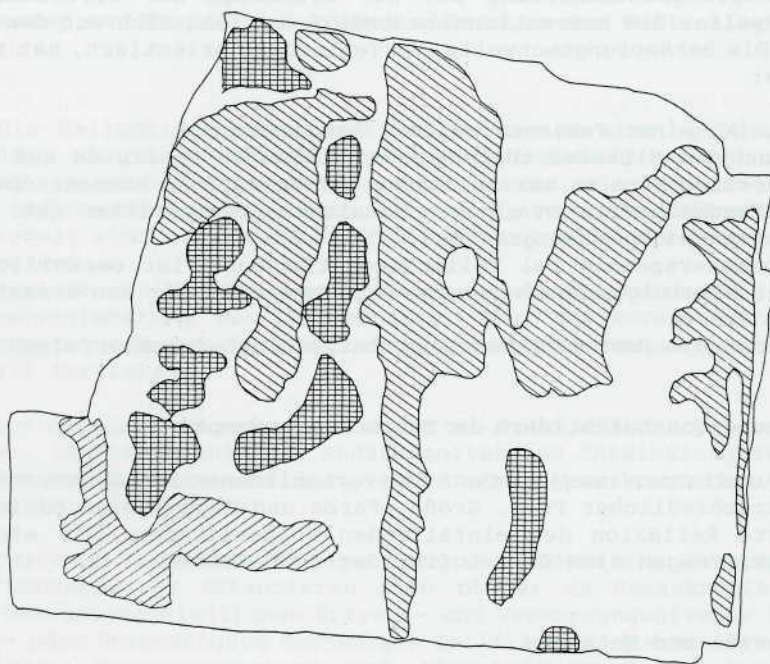


Abb. 1: Auswertung eines Luftbildes (Freigabe durch die Regierung von Oberbayern Nr. 300/99/90)

3.2 Luftbildauswertung und Interpretation

Von einer Senkrechtaufnahme ausgehend, lassen sich visuell zu unterscheidende Teilschläge abgrenzen. Ein Stereoskop mit Zeichenspiegel dient dazu, die Luftbilder auf eine maßstabsgetreue Flurkarte zu projizieren. Auf der Flurkarte zeichnet der Auswerter die Fahrgassen und die einzelnen Teilschläge ein.

Die Digitalisierung der Flurkarte mit den darauf eingezeichneten Informationen schließt sich an. Am Rechner lassen sich dann Flächen und Streckeninformationen bestimmen. Der Teilschlag ist durch die Fahrgassen, die ihn durchqueren, und die Strecke, mit der die Lichtschächte im Teilschlag liegen, eindeutig zu lokalisieren.

Ein Beispiel einer Luftbildauswertung zeigt Abbildung 1. In dieser Auswertung, vorgenommen durch das Sachverständigenbüro für Luftbildauswertung Martin in München, sind wesentlich mehr Teilschläge (umrandete Zonen in Abb. 1) als auf dem Originalbild erkennbar. Zusätzlich kann man verschiedene Kontrastklassen (Schraffierungen in Abb. 1) unterscheiden. Das liegt daran, daß das Stereoskop über die Vergrößerung genauere Informationen liefert. Die Zahl der erkennbaren Teilschläge ist so hoch, daß sie die Erfahrung des Landwirts übersteigt.

Folgende Vorteile ergeben sich aus dieser Art der Auswertung:

- vollständige Entzerrung durch Projektion,
- Plausibilitätskontrolle über die Informationen im Luftbild.

Eine andere Möglichkeit der Auswertung (s. Abb. 2) ist das Scannen des Luftbildes mit anschließender rechnergestützter Entzerrung. Dieses Entzerrungsverfahren ist sehr zeit- und kostenaufwendig. Beim Scannen erfolgt keine Plausibilitätskontrolle. Jeder Bildpunkt wird unabhängig davon digitalisiert, ob man die Information braucht oder nicht. Photographische Effekte, die auf Licht- oder Witterungseinflüsse beruhen, bleiben hierbei unberücksichtigt und führen zu Fehlinterpretationen.

Erst die Auswertung durch Ratiobildung, Histogrammstreckung und Lowpass-Filter weist die Teilschläge deutlich aus, wie es auch der Erfahrung des Landwirts entspricht.

Im nächsten Schritt gilt es zu erforschen, ob die kartierten Bodenunterschiede auch ertraglich relevant sind und eine hinreichend genaue Vermessung über das Luftbild möglich ist.

4.0 Einsatz von Software und Elektronik bei der Umsetzung des Teilschlagkonzeptes in die Praxis

4.1 Verfahrensbedingte Anforderungen an Software und Elektronik

Aus den bisherigen Ausführungen geht deutlich hervor, daß die Umsetzung des Teilschlagkonzeptes die Informationsdichte und die zu verarbeitende Datenmenge je Flächeneinheit um ein Vielfaches erhöht.

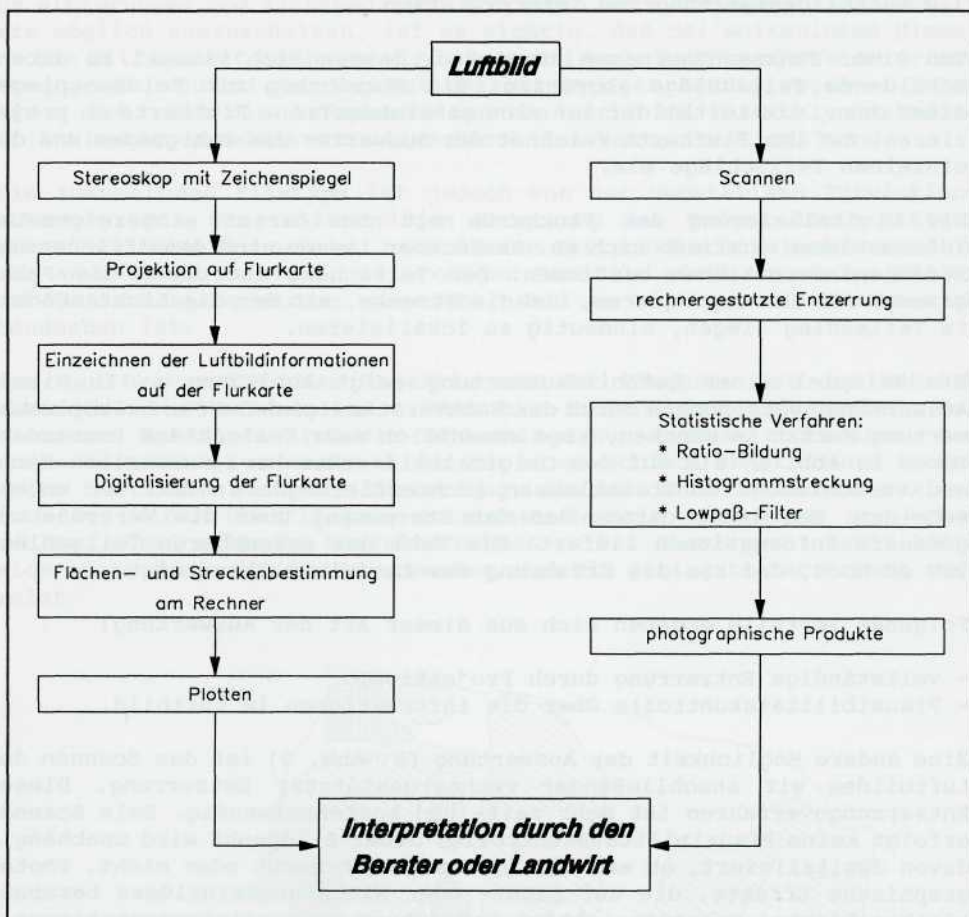


Abb. 2: Schematische Darstellung zweier Verfahren der Luftbildauswertung

Es ist deshalb zu prüfen, wie Betriebsmanagement und Produktionstechnik an die gestiegenen Anforderungen anzupassen sind. Dabei sollen zwei Komplexe näher betrachtet werden, die Informationsverarbeitung und die technische Realisierung.

In beiden Fällen ist davon auszugehen, daß der Mensch über seine Leistungsfähigkeit und -kapazität hinaus beansprucht wird. Deshalb beantwortet sich die Frage nach dem Sinn und der Notwendigkeit des Einsatzes von EDV und Elektronik bei der Teilschlagbetrachtung von selbst.

Es stellen sich konkret folgende Aufgaben, die es mit Hilfe geeigneter Software zu bewältigen gilt:

- Datenarchivierung,
- Datenaufbereitung,
- Datenverknüpfung,
- Simulation natürlicher Prozesse,
- Planung pflanzenbaulicher Maßnahmen (z.B. Düngung, Pflanzenschutz),
- Kommunikation mit peripheren Einheiten (z.B. Bordcomputer, Wetterstation, Großrechner) über definierte Schnittstellen und
- Erfolgskontrolle durch Auswertung abgeschlossener Maßnahmen.

Die hierbei eingesetzten Programme müssen in ein Gesamtsystem integriert werden. Dieses Gesamtsystem muß in der Lage sein, den Teilschlag über alle Stufen von der Planung bis hin zur Auswertung als Bezugs-, Basis- oder Kalkulationseinheit zu führen.

Durch Schematisierung und Automatisierung von Planungs- und Entscheidungsprozessen sollte es möglich sein, den Zeitbedarf im Teilschlagmanagement auf das Niveau herkömmlicher Produktionsmethoden zu beschränken.

Der Landwirt wäre überfordert, wenn er die teilschlagspezifisch geplanten Maßnahmen mit Hilfe herkömmlicher Technik in die Praxis umsetzen möchte.

Das heißt, zusätzlich zur EDV werden geeignete landtechnische Verfahren und Geräte in der Außenwirtschaft gebraucht, die folgende Kennzeichen haben:

- Schnittstelle zum Hof-PC,
- vielseitige Einsetzbarkeit und Ausbaumöglichkeiten,
- Fähigkeit zur Automatisierung des Arbeitsablaufes,
- ausreichende Speicher- und Arbeitskapazität,
- stufenlose Regulierbarkeit von Aufwandmengen und Mittelkonzentrationen,
- sowie Möglichkeit zur Lokalisierung und Positionierung innerhalb eines Feldes.

Im nächsten Abschnitt soll dargestellt werden, auf welchem Entwicklungsstand sich die Umsetzung dieses Konzeptes in der Praxis befindet.

4.2 Derzeitige Realisation der Teilschlagbetrachtung in der Praxis

Unter Praxis sind hierbei die Erfahrungen von zwölf Pilotbetrieben aus dem Forschungsvorhaben "Einführung der Elektronik für die Außenwirtschaft in die Praxis" zu verstehen. Auf einem Teil dieser Betriebe werden Luftbilder von Praxis schlägen aufgenommen, um sie - wie unter 3.0 beschrieben - auszuwerten. Parallel hierzu laufen Begleituntersuchungen wie Bestandesbonituren und Bodenanalysen.

Das hieraus resultierende Datenmaterial steht den Landwirten in Form von Plots, Bildern und Listen zur Weiterverarbeitung zur Verfügung.

Wie kann der Landwirt diese Einzelinformationen konkret verwerten?

Im ersten Schritt müssen Basisdaten wie Bodenuntersuchungsergebnisse, Fruchtfolgen, etc. in den einzelnen Programmen erfaßt werden. Dem Landwirt bleibt mühsame Doppelarbeit hierbei nicht erspart, da nur selten definierte Schnittstellen zwischen den einzelnen Programmen existieren. Die Vervielfachung des Datenmaterials durch die Untergliederung eines Schrages in Teileinheiten bereitet gerade bei der Datenerfassung momentan noch einen großen zeitlichen Mehraufwand, weil die Daten meist per Hand einzugeben sind und der direkte Datentransfer von Diskette eine noch seltene Ausnahme bildet.

Im zweiten Schritt geht es darum, die vorhandenen Daten über geeignete Programme bei der Planung pflanzenbaulicher Maßnahmen einzusetzen. Im Ackerbau gibt es derzeit drei Programmtypen, die schon eine breitere Anwendung in der Praxis gefunden haben,

- Ackerschlagkarteien,
- Düngeplanungs- und
- neuerdings auch Pflanzenschutzoptimierungsprogramme.

Allen drei Typen kommt eine wichtige Bedeutung in der Teilschlagbetrachtung zu, wobei die Schlagkartei als zentrales Element zu sehen ist. In der Schlagkartei wird der gesamte Betriebsablauf chronologisch erfaßt. Das ist auch der Grund dafür, daß die Schlagkarteien über eine Reihe von Schnittstellen zu anderen Programmen oder peripheren Einheiten verfügen. Es findet also eine zentrale Datensammlung statt.

Als Planungsinstrumente lassen sich Dünge- und Pflanzenschutzoptimierungsprogramme einsetzen. Hier wird konkret entschieden, wie auf die Heterogenität eines Schrages pflanzenbaulich und produktionstechnisch zu reagieren ist. Die Planungseinheit ist dabei der Teilschlag.

Planung eines Auftrages

Zuerst soll erklärt werden, wie der Landwirt in seiner Schlagkartei Teilschläge definieren und Arbeitsaufträge formulieren kann. Um einen Teilschlag im Feld wiederzufinden, muß dem Bordcomputer dessen Lage und Ausdehnung bekannt sein. Derzeit ist von einem Schlagkarteianbieter und einem Bordcomputerhersteller ein Ortungssystem auf dem Markt, das nach dem Prinzip der Schlaglinearisierung vorgeht. Das heißt, der Gesamtschlag wird entsprechend dem Fahrgassenraster und den Teilschlaggrenzen segmentiert (gepunktete Linien in Abb. 3). Bei der Schlaglinearisierung muß die Fläche ab einem definierten Startpunkt stets in der gleichen Fahrgassenfolge bearbeitet werden.

Jedes einzelne Segment läßt sich dann durch die Fahrgassennummer und die Entfernung vom Fahrgassenanfang bis zum Segmentbeginn eindeutig beschreiben.

Ein Flächensegment charakterisiert wiederum eine Untereinheit des Teilschlages. Alle Segmente innerhalb dieses Teilschlages erhalten die selben Arbeitsinformationen. EDV-technisch definiert man hierfür in der Schlagkartei Zonen. Zonen sind gekennzeichnet durch ein relatives Ab- und Zuschlagssystem. Das Verfahren sei an einem konkreten Düngungsbeispiel erläutert.

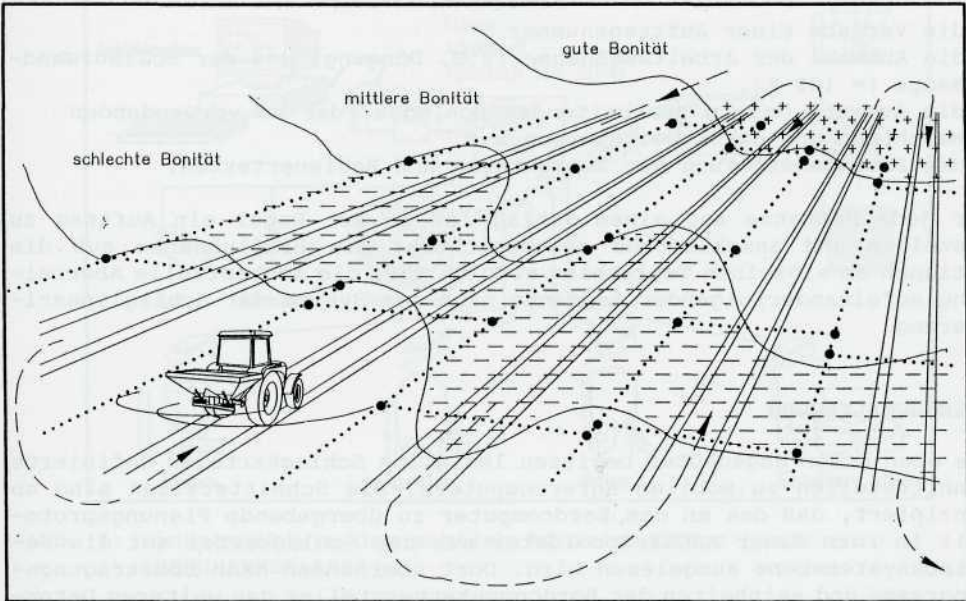


Abb. 3: Schlaglinearisierung in der Teilschlagbetrachtung (nach ESTLER/PEISL, Institut für Landtechnik, Weihenstephan)

Ein Landwirt möchte bezogen auf den Gesamtschlag 60 kg Rein-Stickstoff in Form von Kalkammonsalpeter ausbringen. Aufgrund teilschlagbezogener N_{min} -Untersuchungen kann er jedoch Parzellen abgrenzen, die sich durch z.B. drei Versorgungsstufen (gut, mittel, schlecht) klassifizieren lassen. Die mittlere Stufe erhält 60 kg N (= 100 %), auf die guten Flächen werden 40 kg N (= 67 %) ausgebracht und auf den höheren Bedarf der schlechteren Teilflächen reagiert der Landwirt mit einer N-Gabe von 80 kg (= 133 %). Im Beispiel ergeben sich drei verschiedene Zonen, die erste mit einem Abschlag von 33 %, die zweite entsprechend 100 % und die dritte mit einem N-Zuschlag von 33 % gegenüber der Referenzmenge von 60 kg Rein-N/ha.

Die Anzahl der Zonen entspricht also nicht unbedingt der Summe der einzelnen Teilschläge, sondern ist abhängig von der Anzahl der unterschiedlichen Düngungsalternativen.

Diese Betrachtungsweise läßt sich im Prinzip auch auf die Unkrautbekämpfung übertragen. Bei Anwendung des Schadschwellenprinzips ergeben sich konsequenterweise Segmente, in denen eine Unkrautbehandlung sinnvoll ist, aber auch Segmente, in denen nicht gespritzt werden muß. Im nächsten Schritt müssen den einzelnen Segmenten die zutreffenden Zonen zugewiesen werden. Damit endet die Definition der Teilschläge in der Schlagkartei.

Die eigentliche Planung eines Auftrages erfolgt im wesentlichen durch:

- die Vergabe einer Auftragsnummer,
- die Auswahl der Arbeitsmaßnahme (z.B. Düngung) und der Sollaufwandsmenge (= 100 %),
- die Auswahl des zu bearbeitenden Schlages, der zu verwendenden Maschinen und der Arbeitsperson und
- die Zusammenstellung von Kommentaren und Bedienertexten.

Für jede Maßnahme auf einem Schlag ist in der Regel ein Auftrag zu erstellen und anschließend abzuspeichern. Die Einflußnahme auf die Aktionen am einzelnen Teilschlag erfolgt über die sequentielle Abarbeitung aufeinanderfolgender Segmente nach dem System der Schlaglinearisierung.

Datenübertragung

Wie oben schon angedeutet besitzen lediglich Schlagkarteien definierte Schnittstellen zu mobilen Agrarcomputern. Die Schnittstellen sind so konzipiert, daß das an den Bordcomputer zu übergebende Planungsprotokoll in Form einer ASCII-Spooldatei aus der Schlagkartei auf die Betriebssystemebene ausgelesen wird. Dort übernehmen dann Übertragungsprogramme und -einheiten der Bordcomputerhersteller den weiteren Datentransfer in das Schlepperterminal. Über die asynchrone Schnittstelle des PC's gelangen die Daten mittels spezieller Kopplungsmodule oder Schreib-Lesestationen (ähnlich einem Diskettenlaufwerk) auf den mobilen Datenträger (Chipkarte, Datentransportmodul, RAM-Box). Der Bordcomputer liest dann vom Übertragungsmedium die einzelnen Aufträge in seinen Arbeitsspeicher ein. Im umgekehrten Sinne verläuft der Transfer des Arbeitsprotokolls vom Bordrechner zurück zum PC.

Elektronik am Schlepper und den Verteilgeräten

Für den bidirektionalen Datentransfer zwischen PC und Bordcomputer eignen sich nicht alle Systeme, die allgemein die Bezeichnung Bordcomputer tragen.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich deshalb auf die mobilen Agrarcomputer, die als einzige sowohl zur Kommunikation mit dem Hof-PC fähig sind, als auch den Leistungsanforderungen des Teilschlagkonzeptes (s. 4.1) gerecht werden.

Ein mobiler Agrarcomputer läßt sich erst in Verbindung mit zu ihm kompatibler Elektronik, Sensorik und Aktorik

- am Schlepper (Kardanwellensensor, Radarsensor, etc.)
- am Düngerstreuer (Bedienungsarmatur bzw. Jobrechner, Dosierwalzen, etc.) und
- an der Pflanzenschutzspritze (Bedienungsarmatur bzw. Jobrechner, Magnetventile, Durchflußmesser, etc.)

einsetzen (s. Abb. 4).

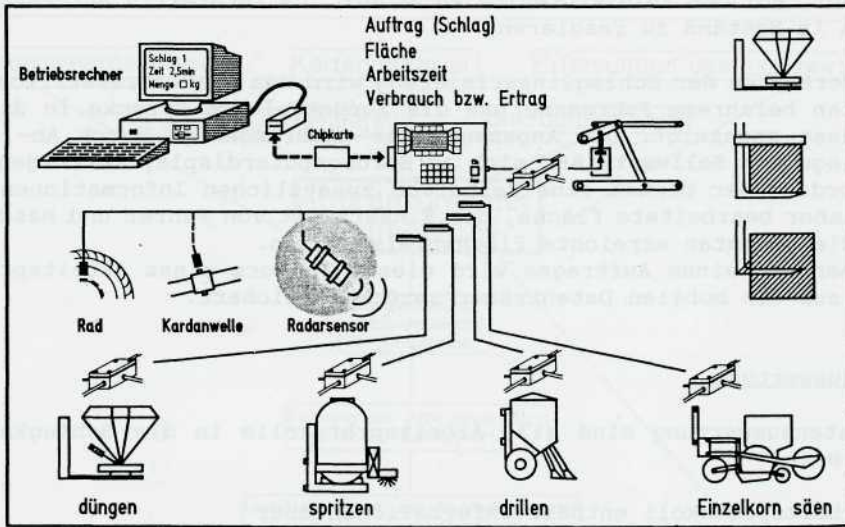


Abb. 4: Einsatzgebiete des mobilen Agrarcomputers (nach AUERNHAMMER, 1989)

Diese technische Mindestausstattung wird durch Elektronik am Mähdröschler, an der Sämaschine, am Güllefaß, durch eine elektronische Kleinwetterstation oder eine Wiegeeinrichtung mit Kopplung zum Betriebs-PC oder Bordrechner sinnvoll zu einem Gesamtsystem der Außenwirtschaft ergänzt.

Das obige Düngungsbeispiel soll nochmals dazu dienen, die Ausführung eines Auftrages zu veranschaulichen.

Beim Einschalten des Bordcomputers erkennt dieser die an ihn angeschlossenen Einheiten und aktiviert die zu diesen Einheiten gehörigen Programme. Anschließend stellt er die entsprechenden Stammdaten (Schläge, Maschinennamen, Maschinendaten, Kommentare, etc.) zur Verfügung. Der Landwirt wählt dann am Bordrechner den abzuarbeitenden Auftrag an und startet diesen. Fehlen zur Auftragsabarbeitung essentielle Daten, werden diese noch vor Arbeitsbeginn vom Benutzer abgefragt.

Wie gelingt es dem Bordrechner, die im Beispiel vorgegebene Sollmenge von 60 kg Rein-N, die bei Kalkammonsalpeter einer auszubringenden Düngermenge von 222 kg entspricht, exakt einzuhalten?

Dem Rechner müssen alle Daten bekannt sein, die zur Berechnung des aktuellen Düngerdurchflusses je Zeiteinheit erforderlich sind. Fixe Einflußfaktoren wie Arbeitsbreite oder Impulse je kg Dünger an der Dosierwalze sind vorher einzugeben oder in einem Kalibrierungsvorgang zu ermitteln. Variable Größen wie die aktuelle Schleppergeschwindigkeit werden durch die Sensorik während des Arbeitsprozesses laufend erfaßt, um die Streumenge dementsprechend anzupassen.

Durch dieses zeitkritische System ist die Elektronik in der Lage, die Ausbringmenge innerhalb von Sensorik und Aktorik bestimmter Grenzen stufenlos und geschwindigkeitsunabhängig auf einen vorgegebenen Sollwert zu regeln. So ist es auch jederzeit möglich, den Sollwert während

der Fahrt auf dem Feld stufenlos zu ändern, um interaktiv auf Veränderungen im Bestand zu reagieren.

Beim Verfahren der Schlaglinearisierung wird dem Fahrer zusätzlich die momentan befahrene Fahrgasse und die zurückgelegte Strecke in dieser Fahrgasse angezeigt. Die Anpassung der Ausbringmenge durch Ab- bzw. Zuschläge zum Sollwert läßt sich am Bordcomputerdisplay verfolgen. Der Bordrechner bietet eine Reihe von zusätzlichen Informationen wie die bisher bearbeitete Fläche, die Einsatzzeit von Fahrer und Maschine oder die momentan erreichte Flächenleistung an. Bei Beendigung eines Auftrages wird dieser in Form eines Arbeitsprotokolls auf den mobilen Datenträger zurückgespeichert.

Datenauswertung

Zur Datenauswertung sind alle Arbeitsprotokolle in die Schlagkartei einzulesen.

Das Arbeitsprotokoll enthält Informationen über

- die ermittelte bearbeitete Fläche,
- die Einsatzzeiten des Schleppers, der Maschine und der Arbeitsperson,
- die durchschnittlich ausgebrachte Menge je Hektar,
- sowie Kommentare und Texte.

Diese Daten können manuell korrigiert oder ergänzt werden und dienen neben der chronologischen Darstellung vor allem arbeitswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Auswertungen.

In Abbildung 5 ist das Teilschlagkonzept noch einmal im Überblick dargestellt.

4.3 Entwicklungsdefizite und Probleme bei der Realisierung des Teilschlagkonzeptes

Mittlerweile liegen erste Erfahrungen der Pilotbetriebe zum Einsatz von Software und Elektronik vor. Auf insgesamt sechs Schlägen kommt das oben beschriebene Teilschlagsystem in der Praxis zur Anwendung. Dabei ergeben sich folgende Probleme.

Luftbildauswertung

Die Verwendung von Luftbildern als Entscheidungshilfe im Pflanzenbau gewinnt im Teilschlagkonzept an Bedeutung. Es stehen einerseits bereits analytische Verfahren zur Auswertung und Aufbereitung des Luftbildes bis hin zur Abgrenzung von Teilschlägen zur Verfügung. Andererseits mangelt es jedoch am Wissen, pflanzenbauliche und bodenkundliche Parameter so mit den Informationen aus dem Luftbild zu verknüpfen, daß hieraus sichere Aussagen möglich sind.

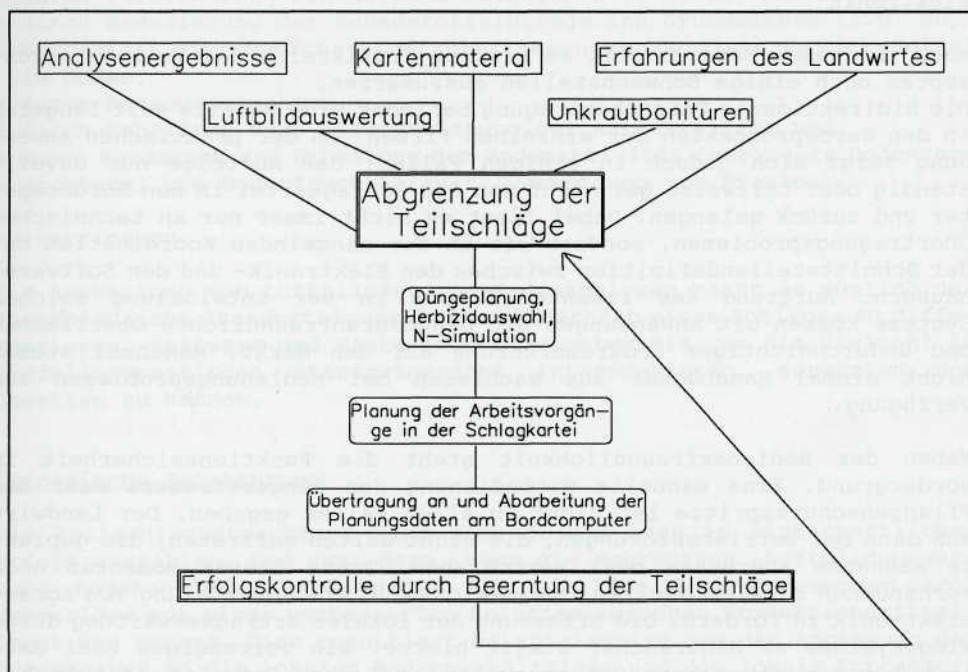


Abb. 5: Teilschlagkonzept

Die Luft-, wie übrigens auch die Satellitenbildauswertung, muß deshalb bis zur Anwendbarkeit in der breiten Praxis noch einem intensiven Untersuchungsprogramm und Eichprozess unterworfen werden.

Software

Betrachtet man nur den akerbaulichen Aspekt, so war es bei guter Betriebsführung bisher jederzeit möglich, auch ohne EDV auszukommen. Der Einstieg in die Teilschlagbetrachtung erfordert jedoch die Unterstützung durch EDV im Betriebsmanagement.

Der Landwirt wird auf dem Softwaremarkt jedoch vergebens nach einem Programmpaket suchen, das alle Anforderungen aus 4.1 erfüllt. Es existiert zwar eine Reihe von Programmen zur Lösung von Einzelproblemen (z.B. Düngeplanung, Herbizidauswahl, Buchführung) aber eben kein Gesamtpaket. Im Idealfall würde es sich dabei um eine zentrale Datenbank handeln, auf die Spezialprogramme zugreifen, die unter einer einheitlichen benutzerfreundlichen Oberfläche miteinander vernetzt sind. Zu diesem integrierten System gehört auch ein alle peripheren Einheiten umfassendes Schnittstellenmanagement. Bei der Organisation der Datenbank ist darauf zu achten, daß jederzeit Erweiterungen durch neu hinzukommende Programme möglich sind. An mehreren Stellen arbeitet man bereits an der Entwicklung und Programmierung integrierter EDV-Systeme in der Landwirtschaft.

Elektronik

Auch in diesem Bereich gilt es bis zur Praxisreife des Teilschlagkonzeptes noch einige Schwachstellen auszumerken.

Die bidirektionale Datenübertragung befindet sich bereits seit längerem in den Werbeprospekten der einzelnen Firmen. In der praktischen Anwendung zeigt sich jedoch in einigen Fällen, daß Aufträge nur unvollständig oder teilweise gar nicht von der Schlagkartei in den Bordcomputer und zurück gelangen. Dabei liegt es nicht immer nur an technischen Übertragungsproblemen, sondern oft an der mangelnden Koordination bei der Schnittstellendefinition zwischen den Elektronik- und den Softwarehäusern. Aufgrund des rasanten Tempos in der Entwicklung solcher Systeme kommen oft Anwendungen mit benutzerunfreundlichen Oberflächen und undurchsichtiger Programmführung auf den Markt. Manchmal stehen nicht einmal Handbücher zum Nachlesen bei Bedienungsproblemen zur Verfügung.

Neben der Bedienerfreundlichkeit steht die Funktionssicherheit im Vordergrund. Eine manuelle Notbedienung des Düngerstreuers oder der Pflanzenschutzspritze ist nicht in allen Fällen gegeben. Der Landwirt muß dann bei Betriebsstörungen, die nicht selten auftreten, die geplante Maßnahme abbrechen oder verschieben. Trotz dieser momentan noch vorhandenen Schwierigkeiten ist es sinnvoll, die Entwicklung von Agrar-elektronik zu fördern. Die Erfassung der lokalen Ertragserwartung durch Wiegesysteme am Mähdescher stellt hierbei ein vorrangiges Ziel dar. Auch könnten elegantere Ortungssysteme z.B. per Satellit oder Funk - ausreichende Genauigkeit vorausgesetzt - im Verbund mit Elektronik der Teilschlagbetrachtung schneller zum Durchbruch verhelfen.

Nicht zuletzt liegt es im Interesse des Landwirtes, daß Geräte mit elektronischen Bausteinen untereinander kompatibel, also beliebig kombinierbar sind. Das erfordert aber die Normung der Schnittstellen zwischen PC und Bordcomputer einerseits und Bordcomputer und Peripheriegerät andererseits.

5.0 Chancen der Verwirklichung des vorgestellten Teilschlagkonzeptes

5.1 Ökologische und ökonomische Rechtfertigung

Die volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der landwirtschaftlichen Produktion verändern sich zunehmend in Richtung einer umweltverträglichen Landbewirtschaftung. Es genügt nicht mehr, einen Betrieb ausschließlich aus dem Blickwinkel der Maximierung des ökonomischen Nutzens optimal zu führen.

Die Teilschlagbetrachtung soll einen Fortschritt in dieser Richtung bedeuten.

Ökologische Betrachtung

Ökologisch betrachtet ergibt das Teilschlagkonzept nur dann einen Sinn, wenn es mit seiner Hilfe gelingt, die Belastung der Umwelt

- durch Verminderung schädlicher Emissionen (z.B. NH₃-Verluste),
- durch Reduzierung der Schadstoffeinträge ins Grundwasser (z.B. NO₃, Herbizide) oder der Schadstoffanreicherungen (persistente Wirkstoffe) im Boden,
- durch Ressourcenschutz,
- durch Erhaltung oder Wiederbelebung der Artenvielfalt und
- durch Förderung und Erhaltung der Bodenaktivität (geringere Bodenverdichtung) und Bodenfruchtbarkeit (Vermeidung von Erosion)

zu verringern.

Die Auswertung von Luftbildern und Bodenanalysen macht es möglich, unterschiedliche Standorteigenschaften innerhalb eines Schrages zu differenzieren. Software und Elektronik sind notwendig, um die Vielzahl an Einzelinformationen standortgerecht interpretieren, auswerten und umsetzen zu können.

Ökonomische Betrachtung

Die Teilschlagbetrachtung kann sich jedoch auch im wirtschaftlichen Erfolg auszahlen. Und zwar dann, wenn die Mehrkosten (Luftbildauswertung, Bodenanalysen, Arbeitszeit, EDV, Elektronik) gedeckt werden durch Mehrerlöse aus einer verbesserten Relation zwischen Produktionsmittelinput und Ertrag. Dies resultiert beispielsweise aus der Anpassung der Düngergaben an die lokalen Bodenverhältnisse und die lokale Ertragserwartung oder aus der Reduzierung des Düngeraufwandes bei Verwendung eines Radarsensors durch Berücksichtigung des Schlupfeinflusses.

Genauere Ergebnisse sind jedoch erst im nächsten Jahr zu erwarten, wenn hierzu weitere Untersuchungen vorliegen.

5.2 Umsetzung in der Praxis

Der praktische Landwirt wird das Teilschlagkonzept nur dann verwirklichen, wenn ihm hieraus ein ökonomischer Nutzen erwächst oder wenn umweltpolitische Vorgaben ihn hierzu verpflichten.

Einer breiten Anwendung in der Praxis über das Versuchsstadium hinaus stehen weiterhin entgegen

- der immense zeitliche Mehraufwand,
- die hohen Anforderungen an die pflanzenbaulichen und produktionstechnischen Kenntnisse des Landwirtes,
- die Bereitschaft des Landwirtes, sich intensiv mit innovativen Methoden und Techniken zu befassen,
- seine Bereitschaft, finanzielle und funktionstechnische Risiken bei der Anschaffung von EDV und Elektronik zu tragen und
- die fehlende Praxisreife des Teilschlagkonzeptes.

Es ist zu erwarten, daß die Bereitschaft zur Umsetzung des Teilschlagkonzeptes in Zukunft steigt. Dafür sprechen mehrere Entwicklungen.

In der Bundesrepublik führt der Strukturwandel aus arbeits- und betriebswirtschaftlichen Gründen noch zu einem Anwachsen der Schlaggrößen. In der DDR hingegen sind Schlaggrößen und Produktionstechniken ökologisch bedenklich. Im ersten Fall wird es sinnvoll, Teilschläge zu bilden, im zweiten Fall ist es unbedingt erforderlich. Gleichzeitig wird die Industrie verbesserte technische Rahmenbedingungen schaffen. Von der politischen Seite ist zu erwarten, daß alle Konzepte gefördert und in Gesetzestexte eingebracht werden, die einerseits eine umweltverträglichere Landbewirtschaftung und andererseits eine Verbesserung des Images der Landwirtschaft in der Bevölkerung erwarten lassen. Es wird sich zeigen, ob das Teilschlagkonzept hierzu einen Beitrag leisten kann.

6.0 Literatur

AUERNHAMMER, H., (1989): Elektronik in Traktoren und Maschinen;
Frankfurt/Main, DLG-Verlag

KIRCHBERGER, F., (1987): Die mobile Maschinen-EDV und ihre Einbettung
in den integrierten Pflanzenbau; Agrarinformatik, Band 13, 292-309

RITTIG, F. R., SANWALD, E., (1983): Fernerkundung in der Landwirt-
schaft; Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, Kiel