

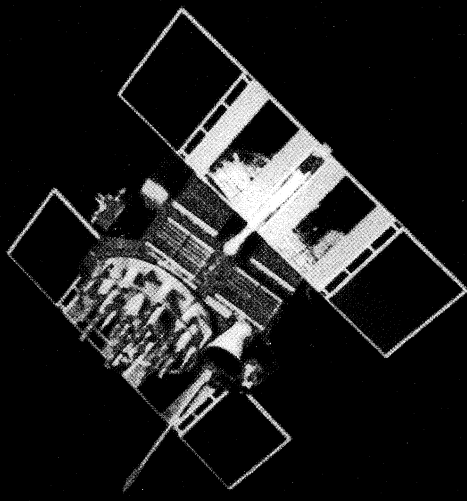
Die satellitengestützte Ortung ist eine Erfindung der Militärs. In der Landwirtschaft könnte GPS eine friedliche Nutzung finden, z. B. in der Bodenkartierung oder im integrierten Pflanzenschutz. Kann die Landwirtschaft daraus einen wirklichen Nutzen ziehen, oder ist es nur ein riesiger Flop?

Griff nach den Sternen oder nur ein Flop?

Von Hermann Auernhammer

Es war in den sechziger Jahren. Amerika stand im Vietnamkrieg. Im Verteidigungsministerium traten logistische Probleme der Truppenversorgung, des Suchen und Findens von Truppenteilen

oder einzelner Truppenangehöriger immer stärker in den Vordergrund der Diskussion. Diskutiert wurde aber in mehr als 15 000 km Entfernung zum eigentlichen Geschehen. Die Frage der



Fotos: Auernhammer, Aerodata

Ortung hatte eine neue Dimension erhalten, die Idee einer erdumfassenden, globalen Ortungsmöglichkeit für den militärischen und zivilen Gebrauch gleichermaßen, z. B. in der Landwirtschaft, wurde geboren.

Und schon 1971 wurde aus der Idee eine erste Wirklichkeit. Die Umsetzung war einfach und faszinierend zugleich. Künstliche Satelliten sollten die bisher zur Ortung und Navigation in der See- und Luftfahrt verwendeten Sterne ersetzen. Damit sollte die vollständige Unabhängigkeit vom Wetter gewährleistet werden. Und zugleich dachte man an ein ständig verfügbares, weltumspannendes einheitliches Zeitsystem. Die ersten Satelliten des GPS (Global Positioning System oder Globales Positionierungssystem) wurden gestartet und getestet.

GPS ist einfach. Das System arbeitet nach dem Einweg-Ortungsprinzip. Die Satelliten senden Informationen aus, und geeignete Empfänger auf dem Land, auf See oder in der Luft empfangen diese und werten sie aus.

Die Signale, die von den einzelnen Satelliten ausgesandt werden, enthalten die Weltzeit (in allen Satelliten immer gleich) und die jeweils exakte Position des einzelnen Satelliten in etwa 20 000 km Höhe im Weltraum. Da sich die Signale mit konstanter Geschwindigkeit ausbreiten, kann der Empfänger aus der Zeit des Signalabsetzens durch den Satelliten und der Empfangszeit die Entfernung zu den Satelliten er-

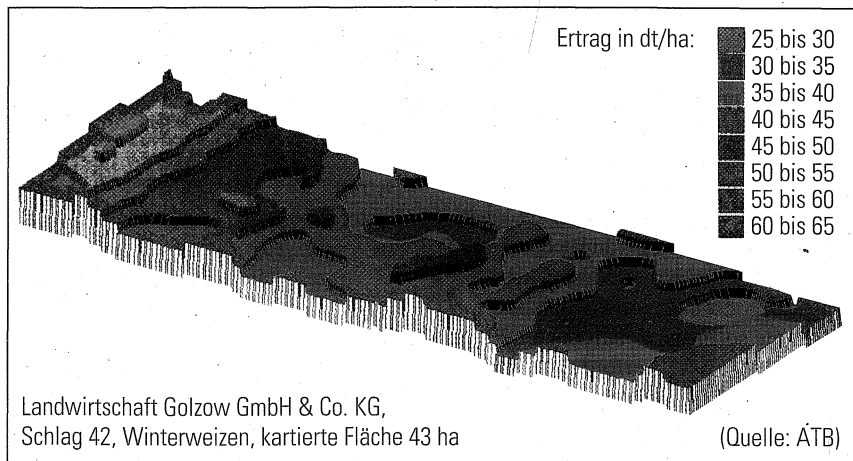
rechnen. Liegen die Signale von drei Satelliten vor, dann läßt sich daraus über trigonometrische Funktionen – d. h. über Dreiecksberechnung – die Position des Empfängers ermitteln. Steht auch das Signal eines vierten Satelliten zur Verfügung, dann ist neben dem Längen- und Breitengrad auch die Höhe über dem Meeresspiegel zu errechnen.

Die Tücke mit der Genauigkeit. Das GPS-System ist Eigentum des amerikanischen Verteidigungsministeriums. Es hat für die militärische Nutzung im sogenannten P-Kode (Präzisionskode) eine Genauigkeit der Positionierung von ± 10 m. Dafür ist jedoch ein besonderer – zivilen Nutzern nicht zugänglicher – Signaldecoder nötig. Für zivile Nutzer steht ein eigenes (al-

so zweites) Signal zur Verfügung. Dieses gewährleistet im sogenannten S-Kode (Standardkode) aber nur eine Genauigkeit von ± 100 m, wobei 99 Prozent aller Positionierungsfehler in einem Bereich von ± 300 m liegen und somit für die direkte Nutzung in der Landwirtschaft wenig hilfreich sind. Zusätzlich wird vom Betreiber die jeweilige Genauigkeit im S-Kode ständig verändert. Sie kann also über Stunden hinweg eine Genauigkeit von ± 1 bis 2 m haben, um danach z. B. für etwa zwei oder auch zehn Minuten ± 250 m oder vielleicht sogar ± 500 m im Extremfall zu haben.

DGPS korrigiert die Fehler. Doch haben scheinbar die Militärs in den sechziger und siebziger Jahren den Einfallsreichtum der Ingenieure unterschätzt. Die haben nämlich sehr schnell die Möglichkeit entdeckt, die im System absichtlich verschlechterte Positionsermittlung zu eliminieren. Auch dies funktioniert relativ einfach (Grafik Seite 28, Beispiel post processing). Empfängt nämlich ein beliebiger Empfänger die Signale von z. B. drei Satelliten und ein weiterer, neben ihm platzierter Empfänger tut dies zur gleichen Zeit, dann müssen beide zur gleichen Positionsbestimmung mit dem wirklichen Abstand zueinander kommen. Befindet sich aber nun einer der beiden Empfänger auf einer bekannten Position, dann kann direkt der Fehler der Positionierung ermittelt werden. Wird dieser Fehler auf dem anderen Empfänger zur Korrektur herangezogen, dann hat dieser eine absolut richtige

So kann eine Ertragskartierung aussehen



→ Griff nach den Sternen oder nur ein Flop?

Position ermittelt. Derartige Korrekturen über differenzielle Systeme (DGPS) führen heute zu Fehlern bei der Positionsbestimmung unterhalb von ± 1 bis ± 5 m (Grafik rechts).

In der Fachsprache wird der Empfänger auf der bekannten Position als Referenz- oder auch Feststation bezeichnet. Die von ihm ermittelten Fehler sind demnach die Referenz- bzw. Korrekturwerte. Sie werden – falls sie per Funk an andere Empfänger übertragen werden – auch als Referenz- oder Korrektursignale bezeichnet.

Korrektursignale über Verkehrsfunk.

Ein derartiges differentielles System kann also mit einer einzigen Referenzstation eine Fläche mit einem Durchmesser von 200-300 km abdecken. Südbayern bis zur Donau wäre also von einer Referenzstation zu bedienen, Nordbayern mit einer weiteren. Hessen bräuhete eine Station, Baden-Württemberg zwei usw. In Nordrhein-Westfalen werden z. B. heute schon Korrektursignale über WDR5, der Verkehrsfunkwelle des Westdeutschen Rundfunks, ausgesendet.

Doch differenzielles GPS muß nicht unbedingt direkt, also »on line« erfolgen. Die Korrekturrechnung kann vielmehr auch zeitlich versetzt (im sogenannten post processing) durchgeführt werden. Zwei Beispiele sollen diese Zusammenhänge verdeutlichen:

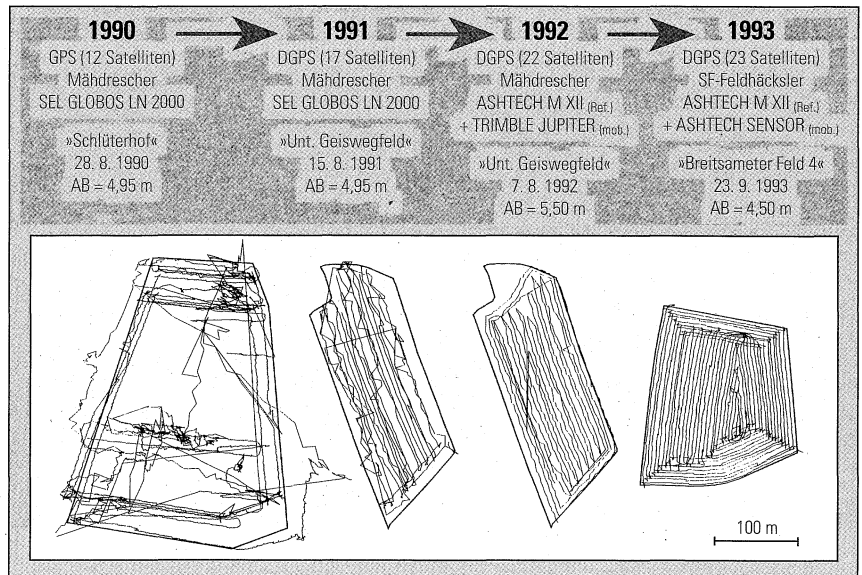
1. Ertragskartierung Mähdrusch

Will man beim Mähdrusch die Daten für eine Ertragskartierung erfassen, dann müssen während des Dreschens auf dem Mähdrusch nur die Meßwerte des Ertragssensors und die dazugehörigen GPS-Positionswerte mit der jeweiligen Uhrzeit auf einem Datenträger aufgezeichnet werden. Im Nachhinein kann die Korrektur in Verbindung mit den dazugehörigen Korrekturwerten der Referenzstation vorgenommen werden, wenn diese dort lückenlos aufgezeichnet wurden.

2. Düngerausbringung auf Teilschläge

Die Ertragskartierung könnte der Ausgangspunkt für eine Düngerausbringung auf Teilschläge sein. Dazu ist nun jedoch die sofortige Positionskorrektur während der Arbeit erforderlich, weil ja der Düngerstreuer sofort bei Überschreitung der Teilschlaggrenze reagieren soll.

Fahrspuraufzeichnungen mit GPS/DGPS bei Erntearbeiten



Dank DGPS liegen heute die Fehler bei der Positionsbestimmung unterhalb von ± 1 m bis ± 5 m.

Mittlerweile ist das System fertig und verfügbar.

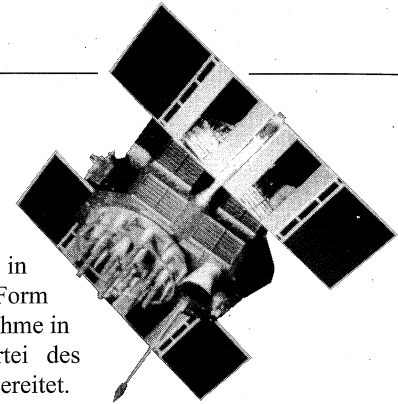
Inzwischen ist das gesamte System installiert. Von den USA befinden sich alle vorgesehenen 24 Satelliten auf den sechs Umlaufbahnen. Sie decken entsprechend der Philosophie des Systems vor allem mögliche Krisenherde der Erde ab, also die nördliche und südliche Erdhälfte. Keine Deckung ist über den Polkappen vorgesehen, und auch um den Äquator bestehen kleine Lücken. Hinzu kommt, daß in Krisenfällen die verfügbaren Satelliten vom Betreiber umnavigiert werden können. Dies führte zu Konzentrationen über der Golfregion während des Golfkrieges, zu ähnlichen Vorgängen zu Beginn des derzeit noch andauernden Krieges im ehemaligen Jugoslawien, zu den UNO-Aktivitäten in Somalia und erst kürzlich vor dem Einmarsch der Amerikaner in Haiti über dem jeweiligen Gebiet.

Trotz dieser mehr militärisch ausgerichteten Besonderheiten haben die Betreiber die kostenlose Nutzung des Systems über den S-Kode für die nächsten Jahre zugesagt. Jedermann kann somit weltweit dieses System nutzen, wobei er jedoch immer mit der absichtlichen Signalverschlechterung leben muß. In Krisenzeiten darf in den betreffenden Regionen keine Referenzstation betrieben werden; deren Zerstörung behalten sich die Betreiber vor.

Doch all dies stellt eigentlich keine Unsicherheit dar. Mittlerweile haben nämlich auch die Gemeinschaft Unabhängiger Staaten ein nahezu identisches System (GLONASS) installiert. Deren Ziel ist natürlich auch die zivile Nutzung, um dafür entsprechende Empfänger verkaufen zu können. Und hinzu kommt: Deren System besitzt per Konstruktion keine Verschlechterungsmöglichkeit für den zivilen Nutzer, weshalb damit immer eine Genauigkeit von ± 25 m erreichbar ist. Auch über Hybridempfänger, die DGPS- und GLONASS-Signale empfangen können, wird heute schon nachgedacht. Sie würden die Abhängigkeit von einem der beiden Systeme zusätzlich verringern und könnten somit eine weitere Alternative mit zudem höherer Genauigkeit eröffnen.

Ort und Zeit eröffnen vollständig neue Möglichkeiten.

Mit den aufgezeigten Beispielen wurden erste sinnvolle Anwendungen dieser neuen Technik angesprochen. Doch diese stellen eher noch Teillösungen und daran anknüpfende Wunschträume dar. Die ständige Verfügbarkeit von Ort und Zeit eröffnet grundsätzlich neue Möglichkeiten im Hinblick auf die Aufgaben der Ortung und der Navigation (Übersicht). Zuallererst erscheinen darin die Aufgaben einer ortsbezogenen Informations-



beschaffung und deren Dokumentation, also unverzichtbare Hilfsmittel einer verbesserten und zugleich »umweltfreundlichen Betriebsführung«. Danach folgt eine Gruppe mit lokal bezogenen Steuerungs- bzw. Warnmaßnahmen mit z. T. vollständig neuen Möglichkeiten zum Schutz für Mensch, Technik und Umwelt. Ihnen stehen die zielgerichteten Navigationsmaßnahmen gegenüber, die sich aus der Positionsbestimmung ableiten. Für Einzelfahrzeuge führen sie zur Fahrzeug- oder Geräteführung, wobei deren Anforderungen an die dafür benötigte Genauigkeit von DGPS alleine derzeit noch nicht erfüllt werden kann. Bei der Navigation von Fahrzeuggruppen nähert sich der landwirtschaftliche Einsatz dem Verkehrswesen der Gütertransporte. Neue Möglichkeiten entstehen durch den Einsatz landwirtschaftlicher Fahrzeuge in Verbänden aus bemannten Führungsfahrzeugen und fahrerlosen Trabanten, und schließlich rückt damit auch der fahrerlose Feldroboter in den Bereich des Machbaren. Nun soll niemand erschreckt werden. Vielmehr sind dies die neuen Möglichkeiten insgesamt. Sie sollten nach und nach umgesetzt werden, wobei die In-

formation und Dokumentation die größte Dringlichkeit und im Hinblick auf Natur- und Umweltschutz die größten Möglichkeiten besitzt.

Entscheidend ist der Nutzen. GPS-Empfänger kosten heute zwischen 2000 und 4000 DM. Dazu wird dann noch eine entsprechende Datenaufzeichnung benötigt. Diese erfordert sicher auch ihre 4000 bis 6000 DM, es sei denn, die Hersteller von mobilen Agrarcomputern erweitern ihre Produkte für diesen Einsatz. Und die neuen, georeferenzierten Daten und Informationen müssen verarbeitet und ausgewertet werden. Bestehende Programme der Betriebsführung sind damit überfordert. Schlagkarteien heutiger Art sammeln allenfalls; mit Ortsdaten können sie nahezu nichts mehr anfangen. Derzeit scheinen zusätzliche Dienstleistungsunternehmen erforderlich zu sein, welche derartige Daten im Auftrag gegen Entgelt verarbeiten. Für die Ertragsermittlung könnte dies z. B. ein Unternehmen sein, welches

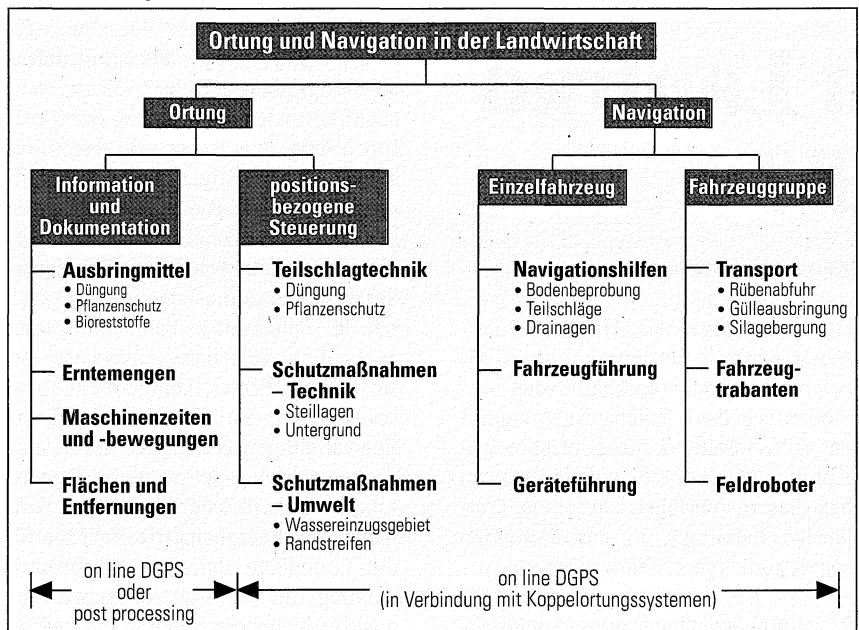
- die Aufzeichnungen der Ertrags- und Positionsdaten übernimmt,
- dafür die Korrekturrechnungen durchführt,
- die Ertragskartierung erstellt und

- die Daten in gewünschter Form für die Übernahme in die Schlagkartei des Betriebes aufbereitet. All dies könnte z. B. für einen festen Betrag pro Hektar geschehen, wobei eine zusätzliche Düngerberatung einen weiteren Dienst darstellen könnte. Dieser wäre dann vielleicht sogar noch um die Erstellung der benötigten Steuerdaten für die teilschlagorientierte Ausbringung zu erweitern.

Höhere Anforderungen an Umweltschutz nur mit GPS zu realisieren. All dies zeigt, daß die universelle Nutzung von GPS derzeit noch eingeschränkt ist. Es fehlen die genannten Dienstleistungsunternehmen (neudeutsch »service provider«). Und es fehlt für die Umsetzung das allgemein verfügbare Referenz- bzw. Korrektursignal. Keinem Landwirt ist ernsthaft zuzumuten, für viel Geld eine eigene Station zu erwerben, dafür Funkgebühren zu bezahlen und die Referenzstation bei der kurzen Reichweite der Funksignale auch noch von Feld zu Feld zu schleppen. Dies ist – wenn überhaupt – dann sicher die Aufgabe des überbetrieblichen Maschineneinsatzes (ÜMV) in Zusammenarbeit mit den genannten Dienstleistungsunternehmen. Gleichzeitig ist dieses Manko aber auch als ein Appell an die Landwirtschaft zu verstehen. Sie wird die höheren Anforderungen an mehr Umweltschutz nur in Verbindung mit dieser neuen Technik realisieren können. Deshalb sollte sie diese nicht ablehnen. Sie sollte vielmehr

- baldmöglichst in den Bereich der georeferenzierten Informationserfassung einsteigen,
- heute schon über die berufsständischen Vertretungen die flächendeckende Versorgung mit Referenzsignalen in die Wege leiten, sowie
- in ersten Pilotvorhaben nach einer praktischen Umsetzung trachten, damit die neuen Möglichkeiten, aber auch Schwächen schon frühzeitig erkannt werden.

Einsatzmöglichkeiten von GPS und DGPS in der Landwirtschaft



Information und Dokumentation besitzen die größte Dringlichkeit und im Hinblick auf Natur- und Umweltschutz die größten Möglichkeiten.

Dr. Hermann Auernhammer, Institut für Landtechnik, Technische Universität München-Weihenstephan.

