
Steinborn, W.: Weltraumtechnik in Land- und Forstwirtschaft: Beispiele - Potentiale. In:
Berg, E.; Henrichsmeyer, W.; Schiefer, G.: Agrarwirtschaft in der Informationsgesellschaft.
Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.,
Band 35, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1999), S.313-323.

WELTRAUMTECHNIKEN IN LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT: BEISPIELE - POTENTIALE

von

W. STEINBORN*

Die fernerkundliche Kontrolle der landwirtschaftlichen Anbauflächen in Europa im Rahmen von EAGFL/InVeKoS ist weit bekannt. Seit 1992 angewandt, spart sie dem europäischen Steuerzahler jährlich ca. 245 Mio ECU. Eine Reihe anderer inzwischen stattfindender oder erprobter Anwendungen der Weltraumtechnik ist weniger bekannt. Moderne Geo-Informationen, für die aktuelle, hochauflösende Satellitenbilder eine Datenquelle sind, zeigen den Landwirten die räumliche und zeitliche Entwicklung sowohl der Kulturpflanzen als auch der Konkurrenzflora (Unkraut). Mit Satellitennavigation ausgestattete Landmaschinen erlauben auf dieser Datengrundlage einen örtlich angepassten Chemikalieneinsatz statt der bisher üblichen Gleichverteilung und weitere Maßnahmen der Teilflächenbewirtschaftung. Abgesehen von der Entlastung der Umwelt, insbesondere der Trinkwasserversorgung, sind Ersparnisse bis 70 DM pro Hektar bei gleichzeitiger Ertragssteigerung um 30% bekannt geworden. In einem Beispiel aus Großbritannien führte frühzeitigere Disposition der Zuckerrüben Transporte zu 1.8 Mio Pfund jährlichen Kosteneinsparungen.

Nach einer Einführung zum Stand der Technik werden Beispiele neu entwickelter Anwendungen aus dem DLR-Weltraumförderprogramm gezeigt. Ein Ausblick auf das Potential für die Forstwirtschaft, das sich in jüngster Zeit zu erschließen beginnt, sowie auf die weitere Entwicklung im Satellitenangebot runden den Übersichtsbeitrag ab.

1 Einleitung

Satelliten bieten gegenüber erdgebundenen Methoden der Informationsgewinnung und -verbreitung einige generische *Vorteile*, vor allem

- * das große Blickfeld, das es erlaubt, große Flächen rationell zu überstreichen
- * berührungsfreien, von physischen und administrativen Hindernissen unabhängigen Zugang
- * weltweit einheitliche, objektive Information
- * sonnensynchrone Bahnen begünstigen automatisiertes „Change Detection“

Diese Vorteile gilt es, mit fortschreitender Technik im Weltraumsegment (bessere räumliche, spektrale und temporale Auflösung bei der Fernerkundung, genauere Positionierung bei der Navigation) und bei der informationsverarbeitenden Bodeninfrastruktur auch für die ökonomische und ökologische Optimierung der Nahrungsmittelerzeugung und Waldbewirtschaftung stärker zu nutzen. Das Potential ist in Publikationen der letzten Zeit aufgezeigt [1-3].

Seit etwa zehn Jahren kann mit dem amerikanischen Global Positioning System (GPS) und dem russischen Global Orbiting And Navigation Satellite System (GLONASS, noch nicht im vollen Ausbaustand) an jedem Ort der Erde eine *Positionsbestimmung* vorgenommen werden [4], wenn mit mindestens 4 von etwa 24, in 20000 km Höhe umlaufenden Satelliten Laufzeitsignale ausgetauscht werden können. Mit differentieller Korrekturtechnik kann die Genauigkeit bis in den Zentimeterbereich gesteigert werden [5,6]. Vor allem, seit die Referenz-

* Dr. Wolfgang Steinborn, verantwortlich für Angewandte Erdbeobachtung im Programmbereich Raumfahrt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR, Königswinterer Str. 522, 53227 Bonn, Schriftleiter der Fachzeitschrift GIS, Wichmann-Verlag, Heidelberg

signale von der Telekom-Tochter Detex auch auf Langwelle verbreitet werden und damit kaum reliefbedingten Abschattungen unterliegen, ist der praktische Einsatz zur quadratmetergenauen Verortung von Meßwerten in der Landwirtschaft (Ertrag, Bodenprobe etc.) in greifbarer Nähe gerückt. Dennoch sollen erst 1 bis 2 % der landwirtschaftlichen Schlepper in Deutschland mit GPS-Empfängern ausgerüstet sein. Folgt man allerdings den Entwicklungsplänen der großen Hersteller, dann dürfte die Zahl in Zukunft sprunghaft steigen.

Die weltraumgestützte *Beobachtung* der Erdoberfläche erfolgt nach dem Prinzip der Zeilenabtastung reflektierter Sonnenstrahlung incl. systembedingter Korrekturen mit elektronischen Kameras (oder alternativ durch Aussendung von Radarimpulsen im Seitensichtverfahren, Aufzeichnung der Rückstreusignale und anschließende Bildsynthese / Synthetischer Apertur-Radar, SAR). Im elektromagnetischen Spektrum, insbesondere im Infrarotbereich, haben verschiedene Oberflächenbestandteile charakteristische Signaturen. Typisch ist das Plateau der Vegetation im NIR. Bei gestresster, verwelkter oder unreifer Vegetation ändert sich die Signatur, wobei vor allem die Intensitätsdifferenz von NIR zu Rot abnimmt. Es ist daher üblich, den normierten differentiellen Vegetationsindex

$$NDVI = \frac{I(NIR) - I(R)}{I(NIR) + I(R)}$$

zu nutzen (es gibt auch andere, weniger etablierte Spektral-Indizes [7]). Bei den Satelliten haben sich dabei Bahnen bewährt, die in ca. 800 km Höhe über die Pole führen und bei geeigneter Wahl der Bahnparameter erlauben, daß sich die Erde bei immer gleichem Sonnenstand unter ihnen hinwegdreht (sonnensynchrone Bahn), was die multitemporale Vergleichbarkeit von Aufnahmen begünstigt („Change Detection“). Die Wiederholzyklen für gleiche Meridiane reichen von einigen Tagen bis zu einem Monat, wobei aber besonders in unseren Breiten bei den optischen Satelliten mit Aufnahmeverlusten durch Wolken zu rechnen ist. Dies mag der Hauptgrund dafür sein, daß für landwirtschaftliche Anwendungen und Informationssysteme erst ein geringer Grad an Operationalität erreicht wurde. Die operationelleren geostationären Wettersatelliten in 36000 km Bahnhöhe sind von ihrer geringen Auflösung her nur für agrarmeteorologische Vorhersagen und Statistiken verwendbar.

Im *Förderprogramm* der Bundesregierung und der EU werden modellhafte land- und forstwirtschaftliche Anwendungen entwickelt [8,9], aus denen im folgenden einige Beispiele vorgestellt werden.

2 Anwendungsbeispiele aus europäischen und deutschen Projekten

In diesem Zusammenhang soll die große Hilfe nicht unerwähnt bleiben, die das europäische Meteosat-Programm zusammen mit den polaren Wettersatelliten der amerikanischen Wetterbehörde NOAA der *afrikanischen Landwirtschaft* leistet. FAO und ESA haben im Rahmen des ARTEMIS-Programms (African Real-Time Environmental Monitoring using Imaging Satellites) einen GIS-basierten Informationsdienst für afrikanische Farmer aufgebaut, der Hilfestellungen für Aussaat, Bewässerung und Ernte bietet [10]. Auch die frühzeitige Ausweisung von Brutgebieten der Wanderheuschrecke aus Wettersatellitenbildern zur gezielten chemischen Bekämpfung gehört dazu [11]. Im vorliegenden Beitrag soll aber auf europäische Anwendungen hochauflösender Satelliten fokussiert werden.

2.1 Agrarstatistik

Schon früh wurde die Satellitenfernerkundung für die großflächige, landesweite Agrarstatistik empfohlen und mit Forschungen begonnen [12]. Der Durchbruch auf europäischer Ebene kam

mit einem Ratsbeschluß [13] unter deutscher EU-Präsidentschaft in der zweiten Hälfte 1994 zur Überführung zweier Aktionen

- * A: Regionale Flächenerfassung
- * B: Schätzungen nach einem europäischen Schnellverfahren

des MARS-Programms (Monitoring Agriculture with Remote Sensing) vom Forschungsstadium in der DG XII [14] in die operationelle Anwendung in der DG VI. Fig.1 zeigt die Lage der 60 statistisch verteilten, je 40x40 km² großen Testgebiete sowie die Anzahl der in der Wachstumssaison jeweils erhaltenen hochaufgelösten Satellitenaufnahmen.

Durch Flächenvergleich der Hauptkulturen mit dem Bild des Vorjahres (zumeist handelt es sich um Aufnahmen der französischen SPOT-Satelliten) wird hier bereits im Frühjahr eine Prognose erstellt. Zum Wesen des Schnellverfahrens (Aktion B) gehört es, daß durch Einsatz geübter Auswerter bereits 10 Tage nach der Aufnahme ein Infofax zu jeder der etwa 10 beobachteten Kulturen herausgegeben wird, und etwa einmal monatlich die gesamte Prognose in einem „MARS-Bulletin“ zusammengestellt wird (aus denen auch Fig. 2 stammt).

Erreicht wurde zunächst durch die Satellitenverfahren ein Angleich der erheblich divergierenden nationalen Statistiken der Mitgliedsländer. Im Einzelnen wurde zu den Ergebnissen in [14] berichtet, daß sich zum Zeitpunkt der Ernte im europäischen Durchschnitt die Schätzwerte für die meisten Kulturen auf unter 2% denen der offiziellen Statistik angenähert hatten, die erst im Oktober verfügbar ist. Größere Abweichungen bestanden bei Kartoffeln, Zuckerrüben und Sonnenblumen. Inzwischen wurden aber auch für Zuckerrüben für Ende August sehr zuverlässige Prognosen berichtet [15]. Dieses Beispiel führte in Großbritannien durch frühzeitigere Transportdisposition zu jährlichen Einsparungen von 1.8 Mio Pfund.

In Deutschland wird ein ähnliches Pilotprojekt mit einer großen Mälzerei in Bezug auf zu erwartende Braugersterenerträge durchgeführt. In einem anderen Projekt „EMAP“, das gemeinsam von BML und DLR gefördert wird, wird auf der Basis früherer Untersuchungen [16] die Eignung von Radarsatelliten für landwirtschaftliche Dokumentationszwecke untersucht. Diese haben zwar nur *eine* Wellenlänge (6 cm im Falle des europäischen ERS), entsprechend einer Farbe, können aber wegen ihrer Wetterunabhängigkeit auch bei Bewölkung zu vorbestimmten Zeitpunkten Bilder aufnehmen, was die Informationsdichte wiederum erhöht. Es wurden angepaßte Algorithmen entwickelt, die den spezifischen Informationsgehalt der Radarbilder besser ausnützen und so das Klassifizierungsergebnis für die Hauptkulturenflächen verbessern. Gleichzeitig wurden zeitlich variable Faktoren (die Bodenfeuchte ist dabei nur einer von vielen) untersucht, die die Interpretation erschweren und bis zum Abschluß derartiger Forschungen die Hinzunahme optischer Satellitenaufnahmen in jedem Fall angezeigt sein lassen.

2.2 Überprüfung von Flächenbeihilfen

Seit 1993 existiert das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS), das sämtliche Kontrollmaßnahmen zu den Angaben der Landwirte in ihren Beihilfeanträgen seitens der Verwaltung umfaßt. Im Zuge der reformierten Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) werden für bestimmte Maßnahmen flächenbezogene staatliche Beihilfen aus dem Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefond für die Landwirtschaft (EAGFL) gewährt. Die EU-Mitgliedsländer sind verpflichtet, mindestens 5% der Anträge zu überprüfen. Die personalintensive Kontrolle vor Ort, bei der Verwaltungsangestellte auf den Betrieben Flächengröße und Nutzung verifizieren, kann bis auf rechtlich zweifelhafte Fälle durch Fernerkundung mittels Satellit oder Flugzeug ersetzt werden [1,17,18]. Obwohl die Kommission den zuständigen regionalen Stellen nur noch bis Ende 1998 50% der hierfür anfallenden Kosten erstattet, gibt es bisher keine Anzeichen dafür, daß sich die Zahl der am Fernerkundungsverfahren teilnehmenden

deutschen Bundesländer 1999 verringert. Diese war in den Jahren seit 1993, als das Verfahren in Deutschland erstmalig angewandt wurde, kontinuierlich bis auf 10 (von 13 Flächenstaaten) angestiegen.

Zur Erreichung einer hohen Zuverlässigkeit werden 3 bis 5 Satellitenszenen einer Saison ausgewertet. Die beantragte Fläche wird als Vektorpolygon mit Schlagkennziffer in die digitale Satellitenszene, beide georeferenziert, eingepaßt. Zeigen sich in allen Aufnahmen innerhalb eines zu betrachtenden Polygons Inhomogenitäten, liegt der Verdacht einer weiteren als der beantragten Kultur nahe. In den meisten Übertretungsfällen werden in einem teilautomatisierbaren Verfahren aber zu hohe Flächenangaben festgestellt. Die Einstufung erfolgt in 3 Gruppen:

- r *richtig*, wenn eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Flächen- und Nutzungsangabe vorliegt
- f *falsch*, wenn unter Anwendung von Toleranzen offensichtliche Abweichungen zwischen beantragter Größe und/oder Nutzung und der Aussage des Satellitenbildes bestehen.
- z *zweifelhaft*, wenn größere größere Flächenanteile nicht kontrollierbar sind, z.B. wegen zu kleiner Flächengrößen, Lage außerhalb des Satellitenbildes, Bewölkung etc.

In den beiden letzten Fällen werden Vor-Ort-Inspektionen durchgeführt. Da das Verhältnis r : f : z sich aber im langjährigen Durchschnitt etwa wie 80 : 10 : 10 verhält, kann der Begehungsaufwand durch das „Filter“ der Fernerkundung um 80 % reduziert werden. Die Vor-Ort-Kontrolle bestätigt in der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle die Aussage der Fernerkundung [17]. Etwa 1 % der f- und z-Fälle werden nachträglich noch als richtig akzeptiert.

Mit Angaben für die gesamte EU aus den Jahren 1996 und 1997 soll hier eine quantitative Nutzenrechnung des Verfahrens versucht werden, allerdings wegen der nicht ganz vergleichbaren Zahlenquellen ohne Anspruch auf absolute Richtigkeit:

Beihilfeausgaben (1996):	17 000	Mio ECU
Zahl der Anträge:	3	Mio
Fläche:	74	Mio ha
☉ Beihilfe / ha:	230	ECU
Mit FE kontrollierte Anträge:	7.6	%
Mit FE kontrollierte Fläche	5.5	Mio ha
Kosten / ha (1997)	4.6	ECU (EU-Durchschnitt,
☉Kosten der Methode:	25.3	Mio ECU [D: 4 ECU)
Zurückweisungen durch FE (1997):	21.1	%
☉ Ersparnis:(0.211 x 0.076 x 17 000 Mio ECU)	= 273	Mio ECU
Abzüglich Kosten der Methode:	- 25	Mio ECU
☉ Netto-Ersparnis:	248	Mio ECU

Für einen Vergleich mit der herkömmlichen Vor-Ort-Kontrolle müßten deren Kosten ohne und mit Fernerkundung noch in die Rechnung einfließen. Hierfür sind kaum Werte bekannt; es kann aber vermutet werden, daß eine Vor-Ort-Kontrolle ohne Fernerkundung mehr kostet, als die eingesparten Beihilfen einbringen, so daß der reine Abschreckungseffekt wirksam ist. Die Zahlen vermitteln aber auch einen Eindruck von der Größe des Problems, das bei weiter wachsender Flächenzahl ohne automatisierte oder automatisierbare Verfahren langfristig überhaupt nicht mehr zu bewältigen ist. In diesem Sinne äußern sich Vertreter des Landwirtschaftsministeriums in [1]. Die Methode hat darüberhinaus einige qualitative Vorteile, wie z.B. den der Kompatibilität mit anderen geoinformatischen Bewirtschaftungsinstrumenten

(Düngepläne u.ä.) oder der Möglichkeit, historische Archivaufnahmen für Referenzbeurteilungen heranzuziehen.

Das größte, und in der Anfangsphase zu Mehrkosten führende Problem ist die Überführung der Antragsunterlagen in die digitale Form. Die Ausgangslage besteht darin, daß bisher nur ansatzweise digitale Flurkarten existieren, vorwiegend aber analoge, die in den neuen Bundesländern sind meist nicht georeferenziert sind. Hier ist in den nächsten Jahren, nicht nur zur besseren Anwendbarkeit der Fernerkundung, sondern auch für andere landwirtschaftliche Maßnahmen (etwa Flurbereinigung), erheblich aufzuholen, wobei auch wiederum Weltraumtechniken herangezogen werden können. Die gängigste, aber aufwendige Methode zur digitalen Aufnahme der Feldgrenzen ist die Umfahrung mit GPS; in einem DLR-Projekt in den neuen Ländern werden die Grenzen photogrammetrisch ermittelt aus hochaufgelösten (2 m) russischen Satellitendaten.

Das weiter kostenreduzierte und Fehler vermeidende Verfahren der Zukunft wird darin bestehen, daß der Landwirt seine Schläge digital im Rechner vorhält und per Mausklick mit einer im Thesaurus definierten Nutzungsart verbindet. Das Ergebnis, das mehreren Zwecken dienen kann (z.B. auch dem elektronischen Austausch mit einer landwirtschaftlichen Beratungsstelle) wird dem elektronischen Beihilfeantrag beigefügt und per Internet den Prüfbehörden übersandt. Diese können ebenfalls durch weitere Automatisierung Kosten sparen. Auch die Satellitendatenanbieter werden in Zukunft nicht mehr verlangen, daß ganze Szenen (im Falle des SPOT 60 x 60 km²) zum Preis mehrerer Tausend DM abgenommen werden, sondern die Information per km² verkaufen.

2.3 „Precision Farming“

Precision Farming beruht auf der Annahme, daß teilflächenspezifische Bewirtschaftung in Bezug auf Dünger, Herbizideinsatz, Bewässerung und evtl. die Ernte Ressourcen spart und darüberhinaus Umwelt und Trinkwassergewinnung entlastet. Kurz: die Produktivität wird gesteigert durch den Produktionsfaktor (raumbezogene) Information. Aus der mit GPS verordneten. Ertragsmessung entsteht die Ertragskarte, daraus eine Dünge- oder Sprühvorschrift, die wiederum den Maschinen elektronisch übermittelt wird.

Eine zielgenaue Bewirtschaftung, bei der dem Boden nur die entzogene Mineralmenge zurückgegeben wird, und die außerdem Kausalanalysen des Ertrags oder der Umweltbeeinflussung liefert, verlangt ein GIS. Layer in diesem GIS sollten sein (vergl. Beiträge von Kühbauch und Resch in [1]):

- * Topographie incl. metergenaues Digitales Geländemodell
- * Bodenkarte
- * Meteorologische Daten
- * Administrative und Eigentumsgrenzen
- * Grenzen von Wassereinzugsgebieten
- * Bewirtschaftungsgrenzen
- * historische Bewirtschaftungsdaten
- * Fernerkundungsdaten

Letztere sollten aktuell sein (Alter 2-4 Wochen), um Entscheidungen z.B. zur Unkrautbekämpfung, Düngung, Bewässerung bis hin zur Teilflächenernte zu unterstützen, falls etwa eine Gesamtflächenernte wegen Verunkrautung oder Vernässung ausscheidet.

Die fernerkundlich vor der Ernte bestimmte Vitalitätsverteilung eines Sommergerstenfeldes korreliert erstaunlich gut mit dem Ertragsmuster desselben Schläges bei Winterweizen zwei

Jahre vorher. Im gleichen von DLR geförderten Projekt in Trier wurden Korrelationen zwischen dem fernerkundlich gefundenen Muster von Flugafer in Öllein und der Topographie sowie der vorangegangenen Bearbeitung des Flurstücks festgestellt. Ähnliche Korrelationen wurden aus dem kalifornischen Weinbau berichtet [2]. Eine Übereinstimmung von spektraler Signatur des abgeernteten Bodens und seinem aus Proben ermittelten Humusgehalt wurde in einem weiteren DLR-Projekt erhalten.

Während in USA auf Fernerkundung basierte landwirtschaftliche Beratungsdienste schon seit Anfang der 90er Jahre bestehen, hat sich in Deutschland die Überführung in die Praxis, außer in Ansätzen wie beim Trierer Maschinenring, noch kaum vollzogen. Dies mag mit der noch zu geringen Bodenauflösung der Satelliten, gemessen an typischen Realteilungsfeldgrößen, zu tun haben und wird sich sicher mit größerem Angebot an meteregenauen Satellitendaten und speziell für die Landwirtschaft geplanten Satellitensystemen ändern.

Die Nutzungstechnologie ist jedenfalls vorhanden. Der wirtschaftliche Druck zur Modernisierung sollte es ebenfalls sein, denn in ersten Beispielen wurde das Einsparpotential allein durch GPS-Nutzung vorsichtig auf 20 bis 30 % der 200 bis 300 DM/ha geschätzt, die der Landwirt an Betriebsmitteln für Stickstoffdüngung und Pflanzenschutz jährlich einsetzt. Auf Deutschland hochgerechnet ergibt das Zahlen im dreistelligen Millionenbereich. Nochmals in der gleichen Größenordnung wären Einsparungen in der Trinkwasseraufbereitung zu erwarten, deren Hauptkostenanteil in der Nitrat- und Herbizidreduktion aus der Landwirtschaft liegt.

3 Ausblick

Während die satellitengestützte Erbeobachtung im Bereich der Landwirtschaft in einigen Fällen die Schwelle zur operationellen Anwendung bereits überschritten hat, befindet sie sich in Bezug auf

3.1 Forstwirtschaftliche Anwendungen

noch an dieser Schwelle. Zur fernerkundlichen Klassifikation von Waldflächen, -typen und -zustand bei Beständen unserer Breiten werden seit den 80er Jahren umfangreiche Forschungen durchgeführt [20]. Aber erst die Hinzunahme von GIS-Techniken, vor allem in Bezug auf topographische und Geländedaten, erlaubte die Trennung von Nadel-, Laub- und Mischwald oder verschiedener Schädigungs- und Altersklassen bei Reinbeständen, was den Anstoß zum Aufbau forstlicher Informationssysteme in mehreren Bundesländern gab [21].

In diesem Rahmen förderte das DLR 1992 bis 1996 die Erstellung einer flächendeckenden Waldzustandskarte für das zusammenhängende Waldgebiet des sächsischen Erzgebirges und des bayerischen Fichtelgebirges, anteilig mit den Partnern Sächsische Landesanstalt für Forsten und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Es war möglich, in den Fichtenbeständen 5 Nadelverlust- und (unterhalb 60 % Kronenschluß) 3 Beschirmungsgradklassen zu trennen. Im Schlußbericht der Partner heißt es [22]:

„...Alle Untersuchungen belegen, daß satellitengestützte Fernerkundungsauswertungen gegenüber terrestrischen oder luftbildgestützten Waldschadensinventuren, welche in den meisten Fällen auf Stichprobenerhebungen beruhen, den Vorteil der großräumigen, flächenhaften Darstellung des Schadensverteilungsmusters bieten. Während aus terrestrischen Stichproben lediglich stark generalisierte Waldschadenskarten abgeleitet werden können, ist die Satellitenfernerkundung in der Lage, auch bei eingeschränkter Aussagegenauigkeit bezgl. der Abgrenzung der Schadstufen für größere Gebiete ein wesentlich differenzierteres Bild zu liefern...“

„...Weiterhin können im Rahmen der Satellitendatenauswertung multitemporale Aspekte bearbeitet werden. So werden über den Vergleich zwischen aktuellen und historischen Daten der 70er und 80er Jahre in einem Verfahren rechnergestützter automatisierter Klassifizierung mit visueller Nach-Interpretation Bestockungsverluste für die Untersuchungsregion kartiert. Ausmaß und Entwicklung der Waldschäden sowie entspr. forstliche Maßnahmen können damit flächenmäßig thematisch dokumentiert werden... Grundsätzlich bleibt die Zuordnung kleinmaßstäbiger Verfahren wie der Satellitendatenauswertung zu vergleichsweise großflächigen, übersichtsartigen Erhebungen mit relativ grober thematischer und räumlicher Auflösung auch unter dem Gesichtspunkt der Kosteneffizienz bestehen. Der Vorteil der flächenhaften Auflösung des Klassifizierungsergebnisses (Kosten je nach Maßstab 2 bis 10 DM/km²) - bspw. gegenüber der terrestrischen, auf Stichprobenbasis beruhenden Waldzustandserfassung (Kosten 15 bis 35 DM/km²) - kann dabei besonders hervorgehoben werden...“

Im wesentlichen zur Eruiierung des Verbesserungspotentials neuer Satellitengenerationen mit Auflösungen im Meterbereich bezuschußt das DLR eine Reihe weiterer Pilotprojekte in 5 Bundesländern. In einem der Projekte wurde dabei auch der Vorteil der objektiven, geometrisch konsistenten Satellitendatenbasis bei der grenzüberschreitenden Verwaltung eines walдреichen Naturparks (Vogesen/Pfälzerwald) deutlich, wo die terrestrische Datenbasis durch abweichende nationale Standards erheblichen Anpassungsproblemen unterliegt.

Gleichzeitig wurde in NRW in einem Auftrag des Landesministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft an eine finnische Firma ein neues Auswerteverfahren vorgestellt, das durch statistische Verknüpfung der Stichprobenwerte mit den Satellitenbildern deren Aussagekraft im Hinblick auf Baumarten und Holzvorrat erhöht (KNN für K nächste Nachbarpixel), und sie damit auch für künftige Landes- und Bundeswaldinventuren geeignet erscheinen läßt [23]. Ein ähnliches statistisches Verfahren wurde jetzt von der Freiburger Gruppe für die BWI vorgeschlagen und vorbereitet [24].

Damit steht die Satellitenfernerkundung an der Schwelle zur Praxis für Landes- bis EU-weite Inventuren. Mit fortschreitender GIS-Ausstattung der zuständigen Verwaltung werden die Vorteile der Detektion gradueller räumlicher und zeitlicher Veränderungen im Satellitenbild, und damit der Möglichkeit kausaler Analysen und entspr. Fortseinerichtungsangaben, gegenüber der geometrisch groben, dazu subjektiven und teureren Stichprobenmethode immer ausschlaggebender.

3.2 Neue Satelliten und Anwendungen

In der Folge eines Liberalisierungsaktes des amerikanischen Präsidenten vom März 1994 in Bezug auf den zivilen Einsatz militärischer Aufklärungstechnologie [25] bildeteten sich mehrere private Konsortien, die für die Jahre 1998/99 Satellitenbilder mit Bodenauflösungen im Meterbereich ankündigten. Der „IKONOS-1“ der Lockheed-Tochter Spacelming/EOSAT steht angeblich kurz vor dem Start. Es werden auch eigene Systeme für die Landwirtschaft mit häufigeren Überflügen bei amerikanischen und deutschen Firmen geplant.

Eine weitere Instrumentenentwicklung für die Vegetationsbeobachtung bilden die sog. Hyperspektrometer, abbildende Sensoren, die das Spektrum zwischen sichtbarem und mittlerem IR-Bereich in einige Hundert fortlaufende, diskrete, schmalbandige Kanäle unterteilen. Mit diesen Informationen wird es möglich sein, etwa den Verlauf der Rot/NIR-Kante genau nachzuzeichnen und Pflanzen nach Typ, Alter, Zustand usw. besser zu klassifizieren. Es ist möglich, daß solche Sensoren, die es für den Flugzeugeinsatz schon gibt (vergl. [22]), in ca. 5 Jahren auch von Satelliten aus auf den Markt kommen.

Parallel zu diesen Entwicklungen im Weltraumsegment werden auch neue land- und forstwirtschaftliche Anwendungen diskutiert. Dazu gehört als Zukunftsvision die „Virtuelle Landwirtschaft“ mit der Modellierung von Effekten sämtlicher Maßnahmen und Subventionen ebenso wie handfeste Nutzungen im Versicherungswesen, z.B. bei Hagelschlag. Der Umsatz in diesem Bereich beträgt in Deutschland jährlich um die 400 Mio DM. Hauptproblem bei Schadensanträgen ist die Lokalisierung des betr. Flurstücks zur Verifikation der angegebenen Nutzung und Fläche sowie ihrer Lage im Sturmgebiet, wenn aus Kostengründen auf die Ortsbegehung verzichtet werden soll. In ersten Studien wurden Hagelschäden (vergl. [27]), mit Satellitenbildvergleich vor/nachher gut erkannt.

Im Bereich der Navigationssatelliten will Europa zunächst in einem GNSS-1 (Global Navigation Satellite System) unter Nutzung von GPS und GLONASS durch Zusatzkomponenten auf geostationären Satelliten (EGNOS = European Geostationary Navigation Overlay Service) die Positionierungsmöglichkeiten verbessern. Eine Entscheidung über ein eigenes europäisches Satellitensystem GNSS-2 soll 1999 fallen [28].

Unter den vielfältigen Anwendungen wird mit Sicherheit die Landwirtschaft in einem weiteren Schritt zur Automatisierung einen großen Anteil haben.

Literaturverzeichnis

- 1] Schwerpunktheft „Land- und forstwirtschaftliche Anwendungen“ der Zeitschrift GIS mit den Beiträgen Kühbauch et al., Resch et al., Kirst et al., Okoniewski et al. und Scheer et al., 3/1997.
- 2] L.LANG: „Geo technology use grows in California's ag. community“, Earth Observation Magazine, Oct.1996, 17-20.
- 3] R.D.SCHULMAN: „Modern technology meets traditional farm practices“, Geo Info Systems, Feb.1997, 33-37.
- 4] W.STEINBORN: „Wo bin ich?“, Die Zeit, 9.4.1998, 39-40.
- 5] U.MÜLLER, J.VAN BINSBERGEN: „Flächendeckende Submillimeter-Genauigkeit mit GPS“, Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 11/1997, 728-733.
- 6] P.HANKEMEIER, I.ENGEL, S.KOCH: „SAPOS, ein aktives Bezugssystem für multifunktionale Anwendungen“, Zeitschr. f. Vermessungswesen 5/1998, 149-156.
- 7] K.DOCKTER, W.KÜHBAUCH: „Reflexionsparameter aus dem optischen Spektralbereich zur Zustandsbeschreibung und Ertragsprognose von Zuckerrübenbeständen“, Ber. Ges. f. Informatik i.d. Land- und Forstwirtschaft. GIL, Bd.1 (Kühbauch Hrsg.), 9/1991, 35-44.
- 8] <http://www.ceo.org/infopapers/agri/monitor.html>
- 9] V.LIEBIG, W.STEINBORN: „Professionelle Überflieger - Neue Erkenntnisse über die Erde aus dem All“, Kultur & Technik 1/1999, 30-37.
- 10] F.VAN DER LAAN: „Raster GIS allows agricultural suitability modeling at a continental scale“, GIS World, Oct.1992, 42-50.
- 11] F.VOSS: „Massenschädlingsbekämpfung mit Satellitentechnologie in Afrika“, Proc. ILA-Kolloquium „Anwendungen der Weltraum-Fernerkundung in Verwaltung und Wirtschaft“ (Marek Hrsg.), Berlin/Potsdam, 5/1996.
- 12] R.STADLER: „Schritte zur operationellen Einbindung der Satellitenfernerkundung in die amtliche Statistik“, Ber. Ges. f. Informatik i.d. Land- und Forstwirtschaft. GIL, Bd.1 (Kühbauch Hrsg.), 9/1991, 17-25.
- 13] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften: „Beschluß des Rates zur Weiterführung des Einsatzes der Fernerkundung in der Agrarstatistik im Zeitraum 1994 bis 1998“, L 299, 14.11.1994, 27-30.
- 14] Bericht der Kommission: „Erste Bilanz der Phase 1 (1989-1993) des Pilotvorhabens für den Einsatz der Fernerkundung in der Agrarstatistik“, Kom(94)332, 19.9.1994

- 15] British consortium: „Predicting sugar beet yields using satellite data“, SPOT Magazine, 1997, 14-16.
- 16] Institut für Navigation der Uni Stuttgart: „Pilotprojekt zur Anwendung der SAR-Technik für die Agrarstatistik und die Inventur der Landnutzung (PASTA)“, Bericht für DARA, 50EE9315, Dez.1996.
- 17] J.OKONIEWSKI: „Erfahrungen mit der Kontrolle der flächengebundenen Beihilfen in Deutschland“, Proc. Niederländisch-deutsche Arbeitskreissitzung Photogrammetrie und Fernerkundung der DGPF, Wageningen, März 1996.
- 18] A.RELIEN, R.HAYDN: „Fernerkundungskontrolle landwirtschaftlich genutzter Flächen“, Geowissenschaften 4/1996, 98-102.
- 19] http://www.claas.com/claas_uk/precisio.html
- 20] OESTEN, KUNTZ, Gross (Hrsg.): „Fernerkundung in der Forstwirtschaft“, Wichmann-Verlag, 1991.
- 21] Schwerpunkttheft „GIS im Forstwesen“ der Zeitschrift GIS, mit den Beiträgen Bieberstein et al., Schiermeier, Sagischewski et al., Dahm et al., 5/1995.
- 22] M.REUTHER, T.HÄUSLER, E.AKGÖZ, K.HOFFMANN, R.STÄTTER: „Waldzustanderfassung im Fichtel- und Erzgebirge mit Hilfe der Fernerkundung“, Forstl. Forschungsberichte München, 160/1996.
- 23] E.TOMPPO, A.PEKKARINEN: „Methodenerprobung der Finnischen nationalen Multiquellen-Waldinventur in Nordrhein-Westfalen“ in „Testlauf zur Landeswaldinventur“, Heft 5 d. Schriftenreihe d. Landesforstverwaltung NRW, 1998, 52-67.
- 24] M.DEES, D.R.PELZ, B.KOCH: „Integrating satellite based forest mapping with Landsat TM in a concept of a large scale forest information system“, Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation 4/1998, 209-220.
- 25] US Dept. of Commerce: „US policy on foreign access to remote sensing space capabilities“, fact sheet, 10.3.1994.
- 26] KPMG: „The satellite remote sensing industry - a global review“, company report, June 1998.
- 27] <http://www.kayser-threde.de/hailws97/hailws.htm>
- 28] ESA/EC/EUROCONTROL: „Go-ahead for a European global navigation satellite system“, joint press release, 18.6.1998.

Bildüberschriften

Fig.1: Lage der 60 je 40x40 km² großen Testgebiete und jeweils erhaltene Satellitenbildzahl in der Wachstumsperiode bis 28.8.1997

Fig.2: Beispiel einer frühen länderspezifischen Gesamtprognose für 4 Fruchtarten

Fig 2: Crop Yield Forecast at National Level for EU-15 Countries - End of Marche 1998

Yield t/ha												
SOFT WHEAT			DURUM WHEAT			BARLEY			RAPE SEED			
	yield-97	yield-98	%98/97	yield-97	yield-98	%98/97	yield-97	yield-98	%98/97	yield-97	yield-98	%98/97
EU 15	6.24	6.4	2.7	2.3	2.6	13.6	4.4	4.4	-0.2	3.1	3.1	-1.5
Benelux	7.69	8.3	7.7	-	-	-	6.4	6.8	6.5	3.8	3.5	-7.3
DK	7.20	7.3	0.8	-	-	-	5.4	5.2	-3.3	2.8	2.4	-11.7
D	7.29	7.4	1.5	5.4	5.3	-3.4	5.9	5.7	-3.3	3.1	3.0	-3.1
GR	2.53	2.8	8.7	2.3	2.4	3.0	2.5	2.8	11.4	-	-	-
E	2.51	2.6	3.5	1.7	2.0	15.6	2.3	2.4	2.0	1.4	1.4	-1.0
F	6.81	7.0	2.8	3.3	4.1	24.2	6.0	6.0	0.1	3.5	3.5	-2.5
IRL	7.71	8.1	5.5	-	-	-	5.7	6.2	8.2	2.9	2.9	1.5
I	4.27	4.5	5.4	2.3	2.6	14.7	3.2	3.5	7.8	1.1	1.3	23.3
AT	5.26	5.3	0.8	4.1	4.8	17.4	4.8	4.8	-0.5	2.3	2.7	16.3
P	1.17	1.3	11.3	1.2	1.3	10.9	1.0	1.2	20.6	-	-	-
FI	3.72	3.8	2.2	-	-	-	3.4	3.5	1.8	1.5	1.6	4.4
SE	5.97	6.2	3.8	-	-	-	4.3	4.2	-2.5	2.0	2.2	8.1
UK	7.39	7.6	2.8	6.0	6.0	0.0	5.7	5.8	0.9	3.2	3.3	2.3

Note:

The national yield forecasts are still experimental and based on agro-meteorological model outputs and AVHRR indicators at NUTS 0 level in combination with time trend analysis. Rape yields do not include the areas planted for industrial uses.

Yield: figures are rounded to 100 kg