

Die Nutzung von MOMS-2P-Daten zur Waldzustandserfassung und Aktualisierung von Forsteinrichtungsdaten in Rheinland-Pfalz

J. Hill, H.G. Peerenboom, O. Stöver, C. Atzberger, M. Vohland, C. Diemer,
A. Blümel, H. Egidi und F. Engels

Kurzfassung des Schlussberichtes

Förderkennzeichen der DLR: AN - 50EE 9631 - ZA
Ausführende Stelle: Forsteinrichtung Koblenz; H.G. Peerenboom
Vertragspartner: Universität Trier, FB VI, Abt. Fernerkundung; J. Hill
Zuwendungsempfänger, Projektleitung: Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz; F. Engels
Juni 2000

Die Sicherstellung der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes in ihrer Gesamtheit erfordert detaillierte, im Idealfall „ganzheitliche“ Konzepte, zu deren Entwicklung es einer Fülle präziser und aktueller Informationen bedarf. Dieser bestehende Informationsbedarf im Forstbereich findet seinen Ausdruck in zahlreichen Waldinventuren, die bei spezifischer Schwerpunktsetzung in zum Teil regelmäßigen Zeitintervallen durchgeführt werden (z.B. Bundeswaldinventur, Forsteinrichtung, Waldschadenserhebungen, Waldfunktionskartierung, Waldbiotopkartierung, forstliche Standortskartierung, Bestandserhebungen von Tier- und Pflanzenarten, Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen). Bisherige Inventarisierungen stützen sich dabei neben terrestrischen Erhebungen vorwiegend auf aufwendige und zeitintensive Verfahren der analogen Luftbildinterpretation. Die Darstellung forstlicher Sachverhalte erfolgt mit Hilfe der manuellen Forst-Kartographie. Die moderne Forstwirtschaft sieht sich jedoch mit wachsenden Informationsbedürfnissen einerseits, mit geringerer Mittelausstattung andererseits konfrontiert. Geographische Informationssysteme und Verfahren der digitalen Bildverarbeitung bieten sich als zeitgerechte Alternativen der Informationsverarbeitung und –verwaltung an.

Das Ziel des Projektes bestand darin, die Eignung von räumlich hochaufgelösten, im wesentlichen von Satellitenplattformen erhobenen Fernerkundungsdaten zur Waldzustandserfassung und der Aktualisierung von Forsteinrichtungsdaten in Rheinland-Pfalz anhand verschiedener Fallstudien zu bewerten. Da nicht davon auszugehen ist, dass Fernerkundungsverfahren die traditionellen Erhebungsmethoden in vollem Umfang ersetzen können, lag das besondere Interesse in einer Verknüpfung der vorhandenen, in Geographischen Informationssystemen vorgehaltenen Informationen mit dem aktuellen Informationsstand der Satellitendaten.

Wegen der technischen Probleme während der Aufzeichnung von MOMS-2P-Daten musste für dieses Projekt auf Ersatzdaten zurückgegriffen werden, die einerseits von verfügbaren operationellen Aufnahmesystemen (IRS, SPOT und Landsat-TM), andererseits von speziell erhobenen Flugzeugsensoren (DPA) stammen.

1. GIS und Fernerkundung in der Forstwirtschaft

Im Rahmen dieses Projektteiles wurde die bestehende Situation in Rheinland-Pfalz analysiert. Zu Beginn des Projektzeitraumes war eine endgültige Entscheidung über die Spezifizierung eines Forstlich-Geographischen Informationssystems noch nicht getroffen. Geometrie- und Sachdaten lagen zu diesem Zeitpunkt in getrennten Informationssystemen vor. Daher war zunächst zu klären, ob eine Verknüpfung zwischen Geometrie- und Sachdatenebene auf der Basis marktverfügbarer Informationssysteme möglich ist. Im Rahmen einer entsprechenden Fallstudie (Entwicklung eines ARC/View-basierten Forstinformationssystems für das Forstamt Hillesheim, s. auch Abschlussbericht Kap. 3 - 5 und Anhang) konnte nachgewiesen werden, dass ein Transfer der vorliegenden Geometriedaten nach ARC/Info bzw. ARC/View ohne Verlust von Topologieinformationen operationell durchzuführen ist. In dieses System können auch die verfügbaren Sachdaten der Forsteinrichtungsdatenbank ohne größeren Aufwand integriert werden. Die Programmoberfläche von ARC/View wurde dabei an spezifische Anforderungen der forstlichen Betriebsführung so angepasst, dass die Bedienung auch Personen möglich ist, die nicht über Erfahrung mit Geographischen Informationssystemen verfügen. So ist auch die Auswahl eines bestimmten Kartentyps und Maßstabs menügeführt möglich; je nach gewähltem Maßstab werden verfügbare Bilddaten automatisch hinzugeladen. Eine direkte Abfrage von Bestandsdaten vor dem Hintergrund aktuellen Bildmaterials von hochauflösenden Satellitensensoren stellt eine effiziente Unterstützung bei der Aktualisierung von Forsteinrichtungsinformationen dar.

2. Aufbereitung der Satellitendaten

Um aktuelle Fernerkundungsdaten auch über die bereits erwähnte interaktive Bearbeitung im Rahmen der Forsteinrichtungsaktualisierung hinaus mit Verfahren der Digitalen Bildverarbeitung effizient bearbeiten zu können, sind spezielle Verfahren zur Datenaufbereitung erforderlich. Bezüglich der geometrischen Aufbereitung (die ja auch eine Voraussetzung zur Einbindung von aktuellem Bildmaterial als Informationsebene in Forstlich-Geographische Informationssysteme bildet) wurden Verfahrensschritte zur Geokodierung von Fernerkundungsdaten mit Hilfe digitaler Geländemodelle des Landesvermessungsamtes erfolgreich getestet (s. auch Abschlussbericht Kap. 6). Zur Nutzung eines breiten Methodenspektrums bei der thematischen Auswertung ist es darüber hinaus notwendig, die digitalen Bildwerte mit Hilfe radiometrischer Korrekturverfahren in physikalisch definierte Größen (Strahldichte bzw. bidirektionelle Reflexion) zu überführen. Im Rahmen des Projektes wurde ein operationell nutzbares Korrekturmodell erstellt und erfolgreich getestet, mit dessen Hilfe bei Einbeziehung digitaler Geländemodelle sowohl atmosphärische Effekte (Streuung und Absorption) als auch reliefbedingte Illuminationsunterschiede kompensiert werden können (s. auch Abschlussbericht Kap. 6). Damit sind wesentliche Voraussetzungen zur optimierten Inwertsetzung optischer Fernerkundungsdaten gegeben.

3. Die Erstellung höchstauflösender multispektraler Bilddatensätze über Verfahren der Datenfusion

Alle bereits und zukünftig verfügbaren Satellitensensoren zur Erhebung räumlich höchstauflösender Bilddaten sind dadurch charakterisiert, dass neben einem panchromatischen Referenzkanal mit der technisch machbaren Höchstauflösung weitere Spektralkanäle (zumeist aus dem sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich) mit einer geringeren räumlichen Auflösung bereitgestellt werden (z. B. SPOT, IRS, Landsat-ETM, Ikonos-2). Da eine Nutzung derartiger Daten für Zwecke der Waldzustandserfassung und Aktualisierung von Forsteinrichtungsdaten voraussetzt, dass auch die Multispektralinformation auf der höchstmöglichen räumlichen Auflösungsebene verfügbar ist, kommt der Entwicklung leistungsfähiger Algorithmen zur Datenfusion (Schärfung der niedriger aufgelösten Multispektralkanäle mit Hilfe der Detailinformation des panchromatischen Kanals) besondere Bedeutung zu. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein leistungsfähiges Fusionsverfahren (lokale Regressionsanalyse, LSM) entwickelt und im Vergleich zu bestehenden Methoden evaluiert. Dazu wurden im Zuge des Projektes mit der Digitalen Photogrammetrie-Ausstattung (DPA, ein dem MOMS-System auf Priroda entsprechendes System) erflogene Testdaten im Bereich des Forstamtes Hillesheim genutzt (s. auch Abschlussbericht Kap. 7.1). Als Ergebnis dieser Studie lässt sich zusammenfassend feststellen, dass sich das von der Abteilung Fernerkundung entwickelte Verfahren im Vergleich zu den 10 weiteren, in die Untersuchung einbezogenen Algorithmen als kompetitive, in den meisten Fällen sogar als überlegene Lösung etablieren konnte. Insbesondere bezüglich der radiometrischen Qualität der fusionierten Daten wurden substantielle Fortschritte erzielt. Dies ist vor allen Dingen im Hinblick auf die weitere thematische Bearbeitung von großer Bedeutung. Die Verfügbarkeit derartig leistungsfähiger Fusionsverfahren ermöglicht zukünftig die Bereitstellung höchstauflösender Multispektraldatensätze (bis zu 1×1 m² Pixelgröße), die für viele Anwendungszwecke den herkömmlich genutzten Farbinfrarotluftbildern gleichwertig, für spezielle Untersuchungen sogar überlegen sind. Damit dürfte es zukünftig marktbezogenen Überlegungen überlassen

sein, ob ein Teil der jährlich stattfindenden Luftbildbefliegungen durch die Nutzung höchstauflösender Satellitendaten ersetzt werden.

4. Die Erfassung und Analyse von Insektenkalamitäten

Neben den neuartigen Waldschäden stellt die räumlich differenzierte und zeitgerechte Erfassung von Insektenkalamitäten ein wichtiges Element der Waldzustandserfassung dar. Da mit zunehmender Verfügbarkeit verschiedener Satellitensensoren die Möglichkeiten einer zeitgerechten Aufnahme von Schadensphänomenen zugenommen hat, war auch hier zu prüfen, inwieweit Satellitendaten als Ergänzung oder Alternative zu Luftbildbefliegungen erfolgreich eingesetzt werden können. Im Rahmen des Projektes wurde eine Fallstudie zur Erfassung und Analyse einer Schwammspinner-Kalamität im rheinland-pfälzischen Bienwald bearbeitet. Diese Untersuchung erfolgte im Zusammenhang mit einer bei der forstlichen Versuchsanstalt durchgeführten Detailstudie zur GIS-gestützten Analyse der Folgeschäden dieses in den Jahren 1993 und 1994 aufgetretenen Befalls. Die satellitengestützte Erfassung der Fraßflächen wurde auf der Basis geometrisch und radiometrisch hochgenau aufbereiteter Landsat-TM-Daten aus den Jahren 1991, 1994 und 1995 durchgeführt. Unterstützend wurde auch für dieses Untersuchungsgebiet ein Prototyp eines Forstlich-Geographischen Informationssystems erstellt, in dem neben üblichen Bestandsinformationen auch Informationsebenen zur terrestrischen Schadenserhebung und verschiedenen Bekämpfungsmaßnahmen vorgehalten wurden. Die im wesentlichen auf der thematischen Bearbeitung mit Verfahren der spektralen Entmischung beruhende Auswertung der Satellitendaten zeigte sich in diesem Fall den terrestrischen Erhebungen als zumindest gleichwertig, in der räumlichen Differenzierung der befallenen Bestände vielfach sogar überlegen. Damit konnte nachgewiesen werden, dass Fernerkundungsdaten in Verbindung mit Forstlich-Geographischen Informationssystemen erfolgreich zur Erfassung großflächig auftretender Insektenkalamitäten eingesetzt werden können. Eine operationelle Nutzung zur Analyse derartiger oder ähnlicher Schadensphänomene (z. B. Sturmschäden) wird sich jedoch an der zeitgerechten Verfügbarkeit der Satellitendaten orientieren müssen. Diese war bei der vorliegenden Studie gegeben, durch die bereits erwähnte Zunahme alternativ einzusetzende Satellitensysteme werden sich die Möglichkeiten zukünftig weiter verbessern.

5. Die Nutzung von Reflexionsmodellen zur Bestimmung biophysikalischer Größen

Im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden war es von besonderem Interesse, die Eignung derzeit noch experimenteller Ansätze zur fernerkundlichen Charakterisierung biophysikalischer Bestandsmerkmale zu evaluieren. Im Rahmen des Projektes wurden entsprechende Untersuchungen im Gebiet des Forstamts Morbach, eines von neuartigen Waldschäden besonders stark betroffenen Gebiet, durchgeführt (s. Abschlussbericht Kap. 7.3). Eingesetzt wurden dabei Landsat-TM-Daten, die nach hochgenauer Geokodierung mit dem unter Absatz 2 dieser Kurzfassung geschriebenen Korrekturverfahren radiometrisch korrigiert und in bidirektionelle Reflexionswerte überführt wurden. Als Modellansatz lag dieser Studie das „Forest Light Interaction Modell (FLIM)“, ein hybrides Reflexionsmodell, zugrunde, das Waldbestände als horizontal stark strukturierte Vegetationsbestände mit unregelmäßiger Anordnung von schattenwerfenden Baumkronen und Bestandslücken auffasst. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass für Fichtenreinbestände unterschiedlichen Alters durchaus plausible Werte für Blattflächenindex (LAI) und Kronenschlussgrade aus Landsat-TM-Daten abgeleitet werden können. Ein im Modell errechneter Vergilbungsparameter (infinite Rotreflexion) gestattete jedoch, wie auch LAI und Kronenschlussgrad, keine eindeutige

Separierung von geschädigten und ungeschädigten Beständen. Aufbauend auf diesen Arbeiten wurde anschließend von der Abteilung Fernerkundung die Entwicklung eines weiterführenden Forstreflexionsmodells in Angriff genommen, das bereits verfügbare Blatt- und Bestandsreflexionsmodelle (Prospect, Sail) mit FLIM verknüpft. Erste Auswertergebnisse deuten darauf hin, dass mit diesem Modell über die ableitbaren Größen LAI der Krone, Blattchlorophyll- und -wassergehalt eine bessere Charakterisierung des Waldzustandes möglich ist; derzeit werden diese Vorarbeiten im Rahmen des an der Universität Trier etablierten Sonderforschungsbereiches 522 „Umwelt und Region“ weitergeführt. Zum derzeitigen Zeitpunkt ist festzustellen, dass derartige methodische Ansätze vielversprechend sind, eine operationelle Nutzung jedoch noch nicht möglich ist.

6. Kartierung von Bestandstypen als Unterstützung zur Forsteinrichtung

Die Zielsetzung dieser im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchung bestand in einer möglichst exakten Beschreibung der Bestockungsverhältnisse in drei Forstrevieren des Staatsforstes Morbach (Rheinland-Pfalz, westlicher Hunsrück) auf der Basis multitemporaler Landsat-TM-Daten. Da diese Reviere das für Rheinland-Pfalz typische Mittelgebirgsrelief aufweisen, war im Rahmen der radiometrischen Korrektur eine wirksame Kompensation der reliefbedingten Beleuchtungsverhältnisse von besonderer Bedeutung. Auch in dieser Studie wurden die vorliegenden Forsteinrichtungsdaten als Zusatzinformationen über ein Forstlich-Geographisches Informationssystem in die Datenbearbeitung einbezogen. Die optimal vorverarbeiteten Fernerkundungsdaten für die Jahre 1990 und 1995 wurden nach einer detaillierten Analyse der bestandstypischen Spektralsignaturen, die auf der Basis der verfügbaren Bestandsdaten (GIS) durchgeführt wurde, mit Hilfe einer konventionellen Multispektralklassifizierung in thematische Karten umgesetzt. Die dabei erzielten Genauigkeiten liegen mit Ausnahme von zwei Bestandsklassen (Birkenbrücher, Douglasiestangenholz) zumeist deutlich über 90%. Es ist zu erwarten, dass bei Nutzung multitemporaler Datensätze, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Wachstumsperiode aufgenommen werden, auch für diese Problemklassen bessere Ergebnisse zu erreichen sind. Das klassifizierte Ergebnisbild für die beiden bearbeiteten Aufnahmejahre liefert somit für die drei Untersuchungsreviere einen flächendeckenden Überblick über die zum Aufnahmezeitpunkt bestehenden Bestockungsverhältnisse. Die über Raster-/Vektorkonvertierung zu erstellenden Polygone einheitlicher Bestockung liefern aktuelle Informationen zur Bestandssituation, die im Vorlauf terrestrischer Inventuren (Forsteinrichtungsverfahren) deren Effizienz erheblich zu steigern vermögen. Im Vergleich der beiden Aufnahmejahre (1990, 1995) war es zudem möglich, Änderungen der Bestandssituation zu erfassen und damit innerhalb des normalen Aufnahmezyklus der Forsteinrichtung (10 Jahre) eine Aktualisierung der Bestandsdaten vorzunehmen. Im Hinblick auf eine zukünftig unvermeidliche Reduzierung der Kosten terrestrischer Erhebungsverfahren stellt die Einbeziehung operationell verfügbarer Satellitendaten eine wirksame Alternativlösung bereit. Allerdings ist die Operationalisierung der Auswertverfahren eine wichtige Voraussetzung zur Implementierung; in diesem Zusammenhang kommt selbstverständlich der mittlerweile in Angriff genommenen Erstellung eines Forstlichen Informationssystems (WÖFIS) in Rheinland-Pfalz besondere Bedeutung zu.