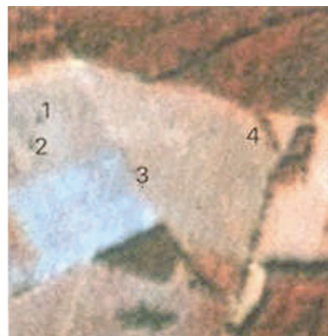




C. Hornfeck

Landschaftsplanungsrelevante Einsatzmöglichkeiten der Flugzeug- und Satellitenfernerkundung



Cornelia Hornfeck
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Rutherfordstraße 2
12489 Berlin

E-Mail: Cornelia.Hornfeck@dlr.de

1. Einleitung

Zu keiner Zeit hat der Mensch seine Umwelt so stark verändert wie im zurückliegenden Jahrhundert.

Aufgrund der technischen Möglichkeiten ist der Mensch heute in der Lage, die Natur mit all ihren Bestandteilen zu nutzen und für die Erfüllung seiner Bedürfnisse einzusetzen (ERDMANN & SPANAU 1999: 5). Neben allen positiven Errungenschaften entstanden in der Folge all dieser Aktivitäten auch weitreichende, z. T. irreversible Schäden an der Natur. Diese auszugleichen oder wenigstens abzumildern ist das Bestreben des Naturschutzes und der Landschaftspflege.

Das seit 1976 bestehende, wesentlichste Instrument des Naturschutzes und der Landschaftspflege ist die Landschaftsplanung. Sie ist in der Bundesrepublik Deutschland ein Teil der räumlichen Gesamtplanung und soll die örtlichen und überörtlichen Erfordernisse und Maßnahmen zur Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege darstellen (§§ 5, 6 BNatSchG).

Trotz der allgemeinen Erkenntnis, dass die natürlichen Ressourcen als Lebensgrundlage für den Menschen mehr denn je eines konsequenten Schutzes bedürfen, muss die Landschaftsplanung gegenüber anderen Flächennutzungsinteressen noch immer hart um die Akzeptanz der Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege ringen. Da im Planungsalltag dabei nicht selten unbefriedigende Kompromisse eingegangen werden mussten, hat das Ansehen der Landschaftsplanung in der Vergangenheit entsprechend gelitten.

Mögliche Ursachen für die bislang mangelnde Durchsetzungskraft der Landschaftsplanung werden unter anderem in einer schlechten Datenverfügbarkeit während des Planaufstellungsprozesses und unzureichenden Kontrollen der Umsetzung geplanter Maßnahmen gesehen (RSU 1996: 53).

Naturschutz und Landschaftspflege sind aufgrund ihres flächenhaften Bezugs in besonderem Maße auf effiziente Verfahren zur Erfassung und Aktualisierung raumbezogener Daten angewiesen. Obwohl Systeme zur sinnvollen Weiterverarbeitung und Verknüpfung umfangreicher Rauminformation längst in Form von Geographischen Informationssystemen

(GIS; siehe BILL & FRITSCH 1991: 5) zur Verfügung stehen, mangelt es an geeigneten, auf die jeweiligen Auswertungsziele hin abgestimmten und aufbereiteten Geodaten, mit denen derartige GIS gespeist und regelmäßig aktualisiert werden können.

Um die enormen Anforderungen, die angesichts wachsender Umweltprobleme und gleichzeitig immer knapper werdender öffentlicher Kassen an die Landschaftsplanung gestellt werden, erfolgreich meistern zu können, bedarf es neuer Impulse und Strategien. Ein Weg zur Beseitigung bestehender Engpässe an aktuellen, flächendeckenden Geodaten soll neben der Luftbilddauswertung zunehmend auch über die Satellitenfernerkundung besprochen werden. Während diese auf globaler Ebene z. B. für Aufgaben der Geologie, der Lagerstättenprospektion, der Hydrologie oder der Ozeanographie bereits seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt werden, wird deren Anwendung in größeren Maßstabebenen für den Bereich der Umweltplanung noch erprobt. Bislang arbeiten vor allem Forschungsprojekte an Wegen zur Operationalisierung des Einsatzes der Satellitendaten. Es werden Möglichkeiten gesucht, die vergleichsweise kostenintensive und deshalb nicht in hinreichend dichten Zeitabständen zu wiederholende Flugzeugfernerkundung schrittweise durch Methoden der Satellitenfernerkundung zu ersetzen. Das angestrebte Ziel ist eine Anwendung von Satellitendaten auf breiter Ebene, z. B. in Umwelt- und Naturschutzbehörden oder Planungsbüros. Bis es soweit ist, sind noch zahlreiche Hürden zu nehmen: Die Aufnahmesysteme und -parameter müssen noch gezielter auf die Auswertungsziele ausgerichtet werden. Auswertungsverfahren müssen effizienter werden, um die mit der Datennutzung zusammenhängenden Kosten senken zu können.

Neue Satellitensysteme, wie das indische Aufnahmesystem IRS (Indian Remote Sensing System), dessen Daten eine maximale Bodenauflösung von ca. 6 m x 6 m besitzen, kommen den längerfristig anvisierten Aufnahmeparametern bereits entgegen. Ein Vergleich mit der Bodenauflösung der bislang am häufigsten verwendeten Landsat-TM-Satellitenbilder von 30 m x 30 m zeigt, dass die modernen Aufnahmesysteme in dieser Hinsicht ein weitaus höheres Potential aufweisen und somit neue Aufgabenfelder für die Satellitenfernerkundung er-

schlossen werden können.

Das Ziel der im vorliegenden Artikel zusammengefassten Diplomarbeit war die Auslotung bestehender Einsatzmöglichkeiten der Flugzeug- und Satellitenfernerkundung für die Beantwortung landschaftsplanerisch relevanter Fragestellungen. Anhand von CIR-Luftbildern und IRS-1C-Satellitendaten sollte aufgezeigt werden, inwieweit die Fernerkundung über Methoden, die einen vergleichsweise geringen Arbeitsaufwand und realisierbares Vorwissen seitens der Anwender voraussetzen, nutzbar gemacht werden kann und - sinnvoll eingesetzt - zur Effizienzerhöhung beim Landschaftsmonitoring führen könnte. Das Untersuchungsgebiet war der Ostharz.

2. Ableitung grundlegender landschaftsplanerischer Untersuchungsschwerpunkte

Die Ableitung grundlegender landschaftsplanerischer Untersuchungsschwerpunkte erfolgte anhand der Zielbestimmungen übergeordneter Planungsebenen und der darauf ausgerichteten Maßnahmenplanungen der Planwerke untergeordneter Ebenen. Die Ziele und geplanten Maßnahmen spiegeln die für die jeweiligen Planungsebenen relevanten Aufgabenfelder und Einsatzbereiche der Landschaftsplanung wieder. Sie vermitteln einen Eindruck von den durch die Landschaftsplanung angestrebten Zuständen und können deshalb auch als Messlatte für eine Bestandsbewertung herangezogen werden. Darüber hinaus geben die geplanten Maßnahmen direkt die Untersuchungsschwerpunkte für spätere Monitoringaufgaben hinsichtlich der Maßnahmenumsetzung vor. Für die Ableitung grundlegender landschaftsplanerischer Fragestellungen wurden folgende Planwerke herangezogen:

- das Landschaftsprogramm für das Land Sachsen-Anhalt,
- der Landschaftsrahmenplan für den Landkreis Wernigerode,
- der Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet "Harzer Bachtäler" und
- der Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet "Albrechtshaus".

Die in den Beispielplänen genannten

Maßnahmen ließen sich zu verschiedenen, immer wieder auftretenden, grundlegenden landschaftsplanerischen Untersuchungsschwerpunkten zusammenfassen. Dabei wurde für die folgenden 5 Schwerpunkte vermutet, dass sie mittels geeigneter Fernerkundungsmethoden überwacht und eingeschätzt werden können:

- Abschätzung der vorhandenen Biotopverbundsituation,
- Wiedervernässung trockengefallener Grünlandflächen,
- Einschätzung der Intensität der Grünlandnutzung
- Stand der Waldumbaumaßnahmen bezüglich der Verringerung nicht standortgerechter
- Nadelwaldanteile,
- Vertikaler Waldaufbau und Zustand der Waldränder.

Für diese 5 Fragestellungen schien ein fernerkundliches Monitoring möglich, da sie sich entsprechend flächenintensiv auswirken, um sich mit entsprechenden Kenntnissen über Fernerkundungs- bzw. Bildverarbeitungsmethoden eindeutig von anderen Situationen abgrenzen zu lassen. In Kapitel 5 werden für diese 5 Untersuchungsschwerpunkte die Untersuchungsergebnisse zu den Erfassungs- und Monitoringmöglichkeiten zusammengefasst.

Vermutlich nicht über Fernerkundungsmethoden nachzuweisen sind hingegen folgende landschaftsplanerische Maßnahmschwerpunkte aus den untersuchten Beispielplanungen:

- Ausweisung von Schutzgebieten,
- Düngung oder Kalkung von Flächen,
- Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln,
- Lenkung der touristischen Nutzung bzw. der Erholungsnutzung (mit Ausnahme von Großprojekten).

Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie zu keinen entsprechend flächenintensiven Veränderungen der Gestalt der Erdoberfläche bzw. deren Nutzung führen. Aus diesem Grund wurde deren Nachvollziehbarkeit über Fernerkundungsmethoden nicht näher untersucht.

3. Untersuchungsgebiet

Der Harz erstreckt sich als nördlichstes deutsches Mittelgebirge mit rund 250.000 ha Fläche auf Teile Sachsen-An-



Abb. 3-1: Landschaftsgliederung des sachsen-anhaltinischen Harzes im Maßstab 1:600.000: Hochharz bzw. Mittel- und Unterharz Sachsen-Anhalts werden abgegrenzt durch die dicke schwarze Linie. Der Grenzverlauf zu Thüringen und Niedersachsen ist durch die dicke rote Linie gekennzeichnet. Waldgebiete sind grün dargestellt, Nicht-Waldgebiete sind nicht farbig unterlegt (verändert nach MUNLSA 1994: Karte 1).

	Landsat-5	ADEOS	IRS-1C	
Land	USA	Japan	Indien	
Start der Mission	31.03.1984	17.08.1996	28.12.1995	
Flughöhe	705 km	800 km	817 km	
Bahn	polar, sonnensynchron	sonnensynchron	polar, sonnensynchron	
Inclination	98,2	98,6°	98,7°	
Umlaufzeit	99 Minuten	101 Minuten	101 Minuten	
Repetitionsrate	16 Tage	41 Tage	24 Tage	
Sensoren	TM	AVNIR	Pan	LISS-III
Pixelgröße	30 x 30 m (Kanal 6: 120x120 m)	16 m (multispektral)	5,8 x 5,8 m	23 x 23 m
Szenengröße	185 x 170 km	80 x 80 km	70 x 70 km	142 x 142 km, im Kanal 4 148 x 148 km
Radio-metrische Auflösung	8 Bit (256 Grauwerte)	(Werte nicht bekannt)	6 Bit (64 Grauwerte)	7 Bit (128 Grauwerte)
Kanäle	1: 0,45-0,52 µm (VIS, blau) 2: 0,52-0,60 µm (VIS, grün) 3: 0,60-0,69 µm (VIS, rot) 4: 0,76-0,90 µm (nIR) 5: 1,55-1,75 µm (mIR) 6: 10,4-12,5 µm (tIR) 7: 2,08-2,35 µm (mIR)	1: 0,42-0,50 µm (VIS, blau) 2: 0,52-0,60 µm (VIS, grün) 3: 0,61-0,69 µm (VIS, rot) 4: 0,76-0,89 µm (nIR)	0,5-0,75 µm	1: 0,52-0,59 µm (VIS, grün) 2: 0,62-0,68 µm (VIS, rot) 3: 0,77-0,86 µm (nIR) 4: 1,55-1,70 µm (mIR)
Aufnahmedatum	02.06.1997	01.04.1997	01.09.1997	

Tab. 1: Überblick über die Satellitensysteme, Sensoren und Aufnahmedaten der für die Untersuchungen zur Verfügung stehenden Satellitenbilddaten (eigene Darstellung nach Jürgens 1998: 124 ff.).

halts, Thüringens und Niedersachsens. Er erreicht in der Längsachse von Nord-Nordwest nach Süd-Südost eine Ausdehnung von etwa 100 km und in Richtung Nord-Nordost bis Süd-Südwest etwa 30 km. Ein beträchtlicher Teil des Harzes ist der Ostharz auf dem Gebiet Sachsen-Anhalts.

Das Ostharzgebiet gliedert sich landschaftlich in den Hochharz, den Mittelharz und den Unterharz (Abbildung 3-1). Aufgrund der vorhandenen Datengrundlagen wurden Teile des Mittel- und Unterharzes als nähere Untersuchungsgebiete ausgewählt.

4. Zur Verfügung stehende Fernerkundungsdaten

Für die Untersuchungen konnten digitale Satellitenaufnahmen (Tabelle 1), analog vorliegende CIR-Luftbilder im Maßstab 1:10.000, die digitale CIR-Luftbildkartierung der Biotop- und Nutzungstypen des Landes Sachsen-Anhalt im Maßstab 1:10.000 und ein digitales Höhenmodell verwendet werden.

Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-4 zeigen für Luft- und Satellitendaten zum Vergleich einen jeweils das selbe Gebiet wiedergebenden Ausschnitt im Maßstab 10.000.

5. Nachvollziehbarkeit der landschaftsplanerischen Untersuchungsschwerpunkte mit Fernerkundungsmethoden

Für die in Kapitel 2 aufgeführten allgemeinen Untersuchungsschwerpunkte der Landschaftsplanung wurde anschließend geprüft, inwieweit deren Umsetzung mit Methoden der Fernerkundung überwacht werden kann. Die dabei erzielten Ergebnisse werden in den nun folgenden Abschnitten 5.1 bis 5.5 werden zusammengefasst.

5.1 Abschätzung der vorhandenen Biotopverbundsituation

Die Entstehungsgeschichte der heutigen Kulturlandschaft ist gekennzeichnet von stetig zunehmender Nutzungsintensivierung, Vergrößerung der Nutzungsstrukturen und damit einhergehender Standortnivellierung (Jedicke 1994: 15 ff.).



Abb. 4-1: Ausschnitt aus der Szene des Landsat TM (Kanäle 5-2-3 im RGB-Modus).

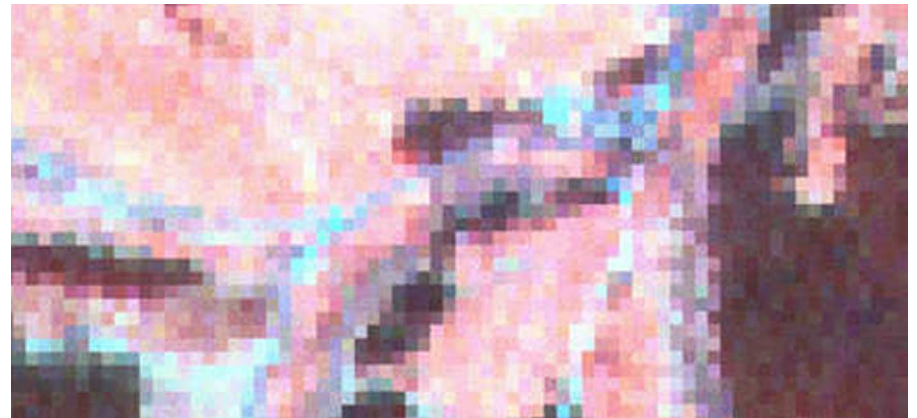


Abb. 4-2: Ausschnitt aus der Szene des ADEOS AVNIR (Kanäle 4-2-1 im RGB-Modus).



Abb. 4-3: Ausschnitt aus der Szene des IRS-1C (Kanäle 3-1-2 im RGB-Modus).



Abb. 4-4: Ausschnitt aus einem CIR-Luftbild

Durch diese Entwicklung wurden naturnahe Lebensräume für viele Arten nicht nur immer kleiner, die Entfernungen zwischen ihnen wurden auch stetig größer.

Die daraus schließlich resultierende Inselbildung der Lebensräume ist mit vielen Gefahren verbunden: "Die Populationen kleiner Lebensräume sind häufig so niedrig, dass sie langfristig nicht überleben können, bei Störungen erlöschen sie. Da ein Austausch mit Nachbarbiotopen unterbunden ist, besteht keine Chance für die Arten, den Lebensraum wieder zu besiedeln. Viele Arten mit einem größeren Aktionsradius benötigen unterschiedliche Lebensräume mit einer Nutzungs- und Struktur Mischung. Wenn die einzelnen Elemente zu weit auseinanderliegen, können die Individuen ihre Ansprüche nicht mehr abdecken" (Kaule 1986: 31).

Eine Abmilderung des Problems wird in der Schaffung weitreichender Biotopverbundsysteme gesehen. Diese sollen einerseits gerade im ländlichen Raum auf den dafür notwendigen Flächen entsprechende Nutzungen zulassen, andererseits aber auch ein hinreichend großes Netz qualitativ hochwertiger Lebensraumbiotope, insbesondere in Form von Schutzgebieten, und Wanderverbindungen berücksichtigen. Neben einer Vielzahl von Schutzgebietsausweisungen und Biotopverbundprojekten auf unterer räumlicher Ebene, z. B. innerhalb der Landkreise oder Bundesländer, existieren auch übergeordnete, bundesweite und europäische Bemühungen in dieser Richtung. Die Europäische Union (EU) rief 1992 mit der Verabschiedung der Fauna-Flora-Habitat-(FFH)-Richtlinie (92/43/EWG, Der Rat der Europäischen Gemeinschaften 1992) das wohl bedeutendste Projekt dieser Art ins Leben: "Natura 2000", ein europaweit geplantes Netzwerk von Schutzgebieten, das dauerhaft zum Schutz und zur Erhaltung der Biodiversität in Europa beitragen soll. Über die im Rahmen der FFH-Richtlinie in den einzelnen Natura-2000-Gebieten ergriffenen Maßnahmen sollen alle 6 Jahre Berichte durch die Mitgliedsstaaten verfasst werden. Angesichts der zu erwartenden Vielzahl von Natura-2000-Gebieten (ca. 800 bis 1200 allein in Deutschland) muss eine effektive, aber dennoch aussagekräftige Monitoring-Methode entwickelt werden, um die Berichterstattung mit vertretbarem Aufwand gewährleisten zu können (vgl. Rückriem & Ssymank 1997).

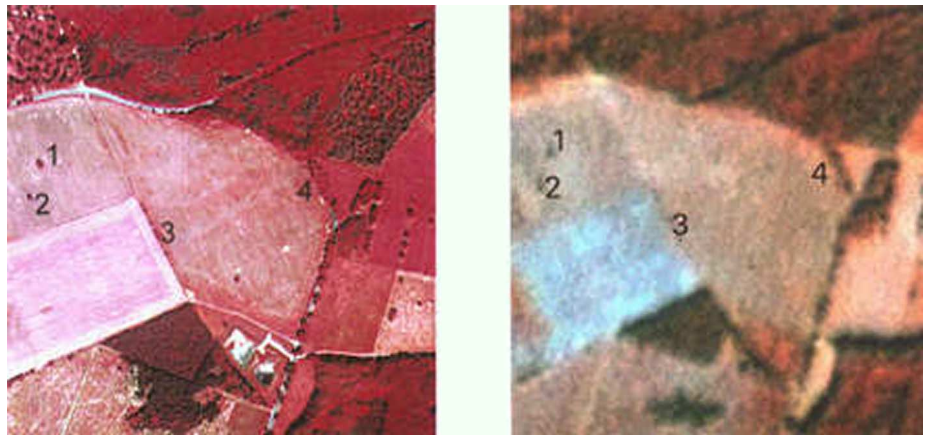


Abb. 5-1: Gezeigt wird jeweils der gleiche Ausschnitt im Maßstab 1:10.000 aus einem CIR-Luftbild von 1992/93 (links) und aus dem IRS-1C-Merge von September 1997 (rechts) mit einem Bereich zwischen Friedrichsbrunn und Allrode. Ein Kirschbaum von 10 m Kronendurchmesser (1), eine Birke von 7 m Kronendurchmesser (2) und eine Gehölzreihe mit Kronenbreiten von 4 bis 6 m (3) sind sowohl im Luftbild als auch im Satellitenbild erkennbar, wenn auch in deutlich unterschiedlicher Qualität und im Satellitenbild mit gewisser Unsicherheit. Die 20 m breite Gehölzreihe (4) hingegen ist auch im Satellitenbild als Laubgehölzreihe zu identifizieren.

Jedicke (1994: 5) und Kaule (1986: 32) beschreiben den Biotopverbund als ein Mosaik aus Vorrangflächen für den Naturschutz (Schutzgebiete) und Nutzflächen (z. B. Acker-, Grünland-, Siedlungsflächen), die über Ausgleichs- bzw. Verbundelemente (z. B. Feldgehölze, Kleingewässer, Gras- und Staudensäume) vernetzt sind. Daneben wurden in den letzten Jahrzehnten vermehrt auch solche Strukturen gefördert, die einen Biotopverbund erschweren. So sorgte gerade die Flurbereinigung für eine Erhöhung der Schlaggrößen der Felder und eine starke Dezimierung der Feldgehöl-

ze. Auch immer mehr Verkehrswege bilden unüberwindliche Barrieren und führen zur Zerschneidung wertvoller Landschaftselemente.

Abbildung 5-1 vermittelt beispielhaft die Nachvollziehbarkeit von Laubgehölzen innerhalb von Acker- und Grünlandflächen im Luft- und Satellitenbild. Die dabei angesprochenen Gehölze werden anschließend auch im Foto (Abbildung 5-2) gezeigt.

Die folgende Tabelle stellt sowohl wesentliche Biotopverbundelemente als



Abb. 5-2: Foto der in Abbildung 5-1 gezeigten Gehölze zwischen Friedrichsbrunn und Allrode: Kirschbaum (1), Birke (2), Gehölzreihe (3). Die kleinen Laubgehölze, rechts im Hintergrund, können im Satellitenbild nicht mehr ausgemacht werden (eigene Aufnahme vom 20.07.1999).

auch den Biotopverbund behindernde Elemente dar und fasst die jeweiligen Untersuchungsergebnisse zu deren Nachvollziehbarkeit im Luft- und Satellitenbild zusammen.

5.2 Wiedervernässung trockengefallener Offenlandbiotope

Die größte Gefahr für Feuchtgrünlandbereiche, Sümpfe und Moore geht von Entwässerungsmaßnahmen auf ihren Standorte aus: Um eine stärkere Nutzung zu ermöglichen, wurden in der Vergangenheit vielerorts vernässte Bereiche durch Meliorationsmaßnahmen entwässert.

Gerade die Moorkörper, die als Wasserspeicher, natürliche Primärbiotope und wertvolle Zeugen vergangener Jahrtausende (z.B. erhaltene Pollen und andere Pflanzenteile) anzusehen sind, wurden durch Entwässerungen empfindlich geschädigt oder unwiederbringlich zerstört, da eine Sauerstoffzufuhr Abbauprozesse im ehemals wassergesättigten Moorkörper in Gang setzt. Für derart gestörte Bereiche setzen Planungen Wiedervernässungsmaßnahmen an, um das für den Erhalt der Biotope notwendige Bodenmilieu wiederherzustellen.

Eine Wiedervernässung ist nach Knauer (1988, zit. in NNA 1995: 110) durch Wassereinstau und Unterbindung weiterer



Abb. 5-3: Ausschnitt aus der Septembereaufnahme des IRS-1C im IHS-Merge der Kanäle PAN (Intensity), LISS 2 (Hue) und LISS 3 (Saturation) in der Kanalkombination 3-1-2 (RGB-Modus), Maßstab 1:20.000. Die in der CIR-Luftbildkartierung erfassten Sumpf- und Moorbereiche (weiß umrandet) sind visuell deutlich von den mesophilen und intensiv genutzten Grünlandbereichen (schwarz umrandet) zu trennen.

Biotopverbundelement / Störfaktor	Minimumgröße der Teilareale für Biotopverbund	Minimumgröße visuell im CIR-Luftbild nachvollziehbar	Minimumgröße visuell im IRS-1C-Merge nachvollziehbar	Minimumgröße mittels digitaler Klassifizierung nachweisbar
Feldgehölze, Hecken	500 m ² (> 10 m x 50 m) für Feldgehölze und 10 m x 100 m für Hecken*	ja	ja (ab 8 m Breite sicher nachweisbar)	ja
Gras- und Staudensäume	1 m Breite für Grünlandsäume und 6 m Breite für Ackersäume**	nein (ab 10 m Breite sicher nachweisbar)	nein (ab 25 m Breite sicher nachweisbar)	nein (z. T. ab 20 m Breite nachgewiesen)
Straßen und Wege	Störwirkung in jedem Falle, unabhängig von der Straßen- oder Wegbreite, gegeben	sehr gute Wiedergabe aller Weg- und Straßenstrukturen, soweit nicht durch Gehölze oder Schatten verdeckt	ab 7 m Breite sicher nachweisbar; in Waldschneisen ohne Schatteneinfluss auch ab 3 m Breite	ähnlich visueller IRS-1C-Interpretation; Nachweisbarkeit hängt in starkem Maße von überhängenden Gehölzen ab
Kleingewässer	100 m ² für Stillgewässer*	ja (ab etwa 100 m ² sicher nachweisbar)	nein (ab 2.000 m ² sicher nachweisbar)	nein (ab 1.200 m ² bei guter Gewässerqualität nachgewiesen)
	5 bis 10 km Länge mit beidseitigem Uferstrandstreifen für Fließgewässer*	ja (ab 5 m Breite oder indirekt über Auwaldstruktur bzw. Uferstreifen)	ja (indirekt über Auwaldstruktur bzw. Uferstreifen)	nein, da zu schmal oder von Auwäldern überdeckt und folglich nur als Laubwald nachgewiesen

Tab. 2: Zusammenfassung der Möglichkeiten der Fernerkundung zur Erfassung von Biotopverbundstrukturen. Minimumgrößen für Teilareale nach ANL (1986: 105f.)* bzw. nach Kaule (1985, zit. in Jedicke 1994: 211)**.

Entwässerungen zu induzieren. Das Ziel solcher Wiedervernässungsmaßnahmen ist aber erst erreicht, wenn sich wieder typische Pflanzengesellschaften und

Nässezeiger angesiedelt haben (ebd.). Die Chancen auf eine gelungene Wiedervernässung sind gerade bei Mooren gering und hängen vom Grad der vorausge-

Untersuchte Fernerkundungsdaten	Identifizierbarkeit von vernässten Grünlandbereichen	
	Feucht- und Nasswiesen	Sümpfe/ Moore
CIR-Luftbilder im Maßstab 1:10.000 von Juni bzw. August 1992	ja, aber im Prinzip nur in Begleitung von Bach- und Flussläufen kartiert, also wissensbasierte und von Zusatzkenntnissen der Interpreten geleitete Kartierung	ja, aufgrund der hohen Oberflächenstrukturierung gut von anderen Grünlandbereichen zu trennen
ADEOS-AVNIR-Aufnahme von April 1997	nein	ja, wobei die tatsächliche Erfassung von hoher Bodenfeuchte zwar stark vermutet wird (im Frühjahr hohe Niederschlagsraten), mit dieser Einzelaufnahme aber nicht sicher bewiesen werden konnte
Landsat-TM-Aufnahme von Juni 1997	nein	nein
IRS-1C-Aufnahme von April 1997	nein	ja, wobei die Differenzierung von anderen Grünlandbereichen vermutlich weniger durch eine höhere Bodenvernässung als vielmehr durch die hohe Oberflächenstrukturierung der Sümpfe zu erklären ist (hohe geometrische PAN-Auflösung)

Tab. 3: Zusammenfassung der Ergebnisse zum Nachweis von vernässten Grünlandbereichen über Flugzeug- und Satellitenfernerkundung.

gangenen Schädigung ab. Hingegen ist der Erhalt oder die Entwicklung von Feucht- oder Nasswiesen durch Wiedervernässungsmaßnahmen auf grundwassernahen Standorten, Niedermooren oder in Flussniederungen mit höherer Wahrscheinlichkeit von Erfolg gekrönt.

Abbildung 5-3 zeigt ein Beispiel für die guten Voraussetzungen zur Trennung der Sumpf- und Moorbereiche von nicht vernässen Grünlandbereichen im Satellitenbild. Tabelle 3 fasst die Möglichkeiten zur Trennung von vernässen Gebieten und nicht vernässen Gebieten über Fernerkundungsmethoden zusammen. Daraus abzuleiten sind die entsprechenden Möglichkeiten für ein Monitoring von Wiedervernässungen über Flugzeug- und Satellitenfernerkundung.

5.3 Einschätzung der Intensität der Grünlandnutzung

Bunte, artenreiche Wiesen und Weiden, wie sie durch extensive landwirtschaftliche Nutzung in Mitteleuropa entstanden sind, zählen heute zu den attraktivsten Lebensräumen für zahlreiche Tiergruppen und zu den unverzichtbaren Elementen der Kulturlandschaft, die dem Menschen einen hohen Erholungswert garantieren. Ihre schleichende Artenverarmung durch Nutzungsintensivierungen (Tabelle 4) oder gar ihr Verlust sind für den Bürger weniger spektakulär verlaufen als beispielsweise das Waldsterben (Nitsche & Nitsche 1994: 5). Aufgrund der zu beklagenden Verluste setzen sich mittlerweile zahlreiche Förderprogramme für die Erhaltung der artenreichen Wiesenkomplexe ein (siehe Jedicke et al. 1993: 49 ff.). Von weitreichender Bedeutung sind EU-geförderte Maßnahmen (z.B. im Bereich des Vertrags-Naturschutzes zur Einhaltung bestimmter Nutzungszeitspannen und Nutzungsintensitäten). Die in diesem Zusammenhang bestehende regelmäßige Dokumentationspflicht bedingt ein hohes Interesse an einer rationellen und gleichzeitig sicheren Methode zur Überwachung der Grünlandnutzung. Während derzeit mit hohem Arbeitsaufwand nur etwa 5% der Gesamtfläche durch Vor-Ort-Aufnahmen stichprobenhaft kontrolliert werden (Rüsseler & Jakobs 1999: 35), kann mit der Erhebung und Auswertung flächendeckender Fernerkundungsdaten möglicherweise ein Durchbruch im Grünland-Monitoring erungen werden.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht

Maßnahmen intensiver Grünlandnutzung und deren Auswirkungen auf Flora und Fauna		
Herabsetzung der Bodenfeuchte / Melioration	<ul style="list-style-type: none"> •Wirkung indirekt, besonders durch Änderung des Feuchtegradienten •allein in Norddeutschland wurden 60 von 70 ehemals verbreitete, auf Nässe und Feuchtigkeit angewiesene Arten verdrängt 	Starker Rückgang zahlreicher Arten, die nicht zu den Rote-Liste-Arten gehören, z.B.
Stickstoffstarkdüngung, Phosphordüngung, Kaliumdüngung, Kalkgaben	<ul style="list-style-type: none"> •Wirkung indirekt durch Änderung der Trophie und des pH-Wertes •Förderung des Graswachstums und Reduzierung der Krautvegetation mit Ausnahme einiger Leguminosen •in Norddeutschland hat sich das Gras-Kraut-Verhältnis von 70:30 im Jahre 1950 auf heutige 85:15 verschoben; langsam-wachsende und lichtliebende Kräuter fallen aus 	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Betonica officinalis</i> , <i>Bryza media</i> , <i>Caltha palustris</i> , <i>Carex canescens</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Cirsium palustre</i> , <i>Potentilla palustris</i> , <i>Dianthus deltoides</i> , <i>Festuca ovina</i> , <i>Galium uliginosum</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Knautia avensis</i> , <i>Luzula campestris</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Prunella vulgaris</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Succisa pratensis</i> , <i>Trifolium campestre</i> , <i>Trifolium dubium</i> , <i>Valeriana dioica</i>
Biozideinsatz	<ul style="list-style-type: none"> •direkte und indirekte Wirkung •partieller oder totaler Ausfall von Populationen, von Wirtspflanzen und Beutetieren 	
Mehrschnittnutzung	<ul style="list-style-type: none"> •direkte und indirekte Wirkung •Förderung weniger Grasarten •erster Schnittermin bereits im Mai (vor Blütenbildung) 	
Umbruch von Grünland / Ansaatgrünland	<ul style="list-style-type: none"> •direkte Wirkung •der Umbruch von Grünland und die Ansaat von Hochleistungsgrasarten vernichtet praktisch die gesamte herkömmliche Wiesenflora 	
Intensiver Weidebetrieb	<ul style="list-style-type: none"> •direkte und indirekte Wirkung durch starke Über- oder Unterbeweidung (Tritt und Verbiss) •Umtriebsweiden mit hohem Besatz während schnell wechselnder Beweidungsphasen sind extrem artenarm 	

Tab. 4: Merkmale und Auswirkungen intensiver Grünlandnutzung (eigene Darstellung nach Meisel 1983, zit. in Kaule 1986: 173 und Schumacher 1992, zit. in Erdmann & Spandau 1997: 100).

scheint eine intensive Grünlandnutzung gerechtfertigt, ist doch der Futterwert hier wesentlich höher als jener artenreicher Ein- oder Zweischnittwiesen: Intensivgrünland bedeutet eine Einengung auf Pflanzen mit hoher Futterwertzahl (Jedicke et al. 1993: 48). Jedoch weist Extensivgrünland, das mit einem verringerten Einsatz "von mineralischen und organischen Düngemitteln, von Pflanzenschutzmitteln und von Maschinen je Hektar" (Köhne 1991, zit. in Erdmann &

Spandau 1997: 100) auskommt, bis zu 680 Blüten- und Farnpflanzenarten gegenüber nur 91 Arten bei hochintensiver Nutzung auf (RSU 1985, zit. in Jedicke et al. 1993: 49). Abbildung 5-4 zeigt eine beweidete Grünlandfläche. In Abbildung 5-5 ist diese auch im Luft- bzw. im Satellitenbild zu sehen.

Tabelle 5 gibt Aufschluss über die Nachvollziehbarkeit von Mahd, Beweidung und Grünlandumbruch im Luft- und Sa-

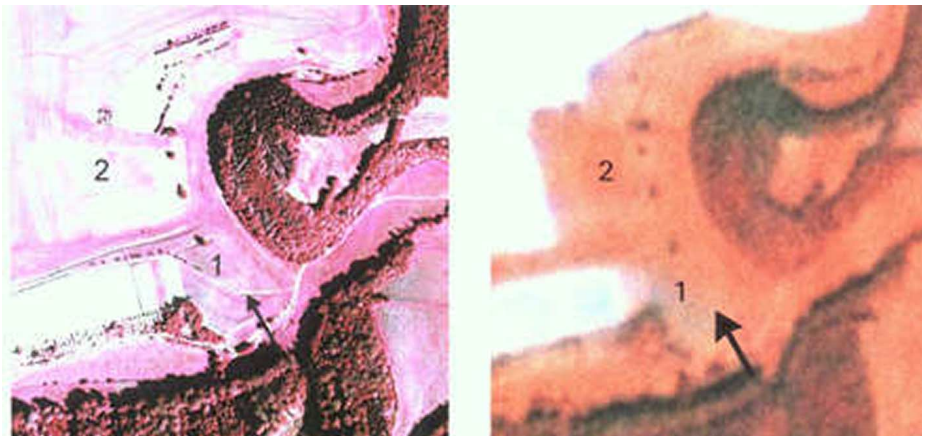


Abb. 5-4: Das Foto zeigt in seinem Vordergrund die in Abbildung 5-5 mit Ziffer 1 bezeichnete Weidefläche. Rechts schließt sich das NSG Clusberg an (eigene Aufnahme vom 20.05.1999).



Abb. 5-5: Das CIR-Luftbild (links, Aufnahme vom 28.08.1992) und das IRS-1C-Satellitenbild (rechts, Aufnahme vom 01.09.1999) zeigen im Maßstab 1:10.000 einen Ausschnitt des Leinertals: Beweidete Grünlandbereiche (1) sind im Luftbild infolge der Weidenutzung als inhomogen reflektierende Grünlandflächen zu erkennen, während im Satellitenbild nur in seiner Vitalität beeinträchtigtes Grünland identifiziert werden kann, ohne dass die Art der Nutzung näher zu bestimmen wäre. Ziffer 2 bezeichnet im Luftbild gemähtes und im Satellitenbild zum Aufnahmezeitpunkt ungenutztes Grünland. Der Pfeil verweist auf die Aufnahmerichtung des in Abbildung 5-4 gezeigten Fotos..

tellitenbild, da sie wesentliche Formen der Grünlandnutzung darstellen. Darüber hinaus werden auch Brache und Verbuschung als Merkmale der Nutzungsaufgabe berücksichtigt. Die in Tabelle 4 darüber hinaus aufgeführten Formen intensiver Grünlandnutzung, wie Düngung und Biozideinsatz wurden nicht auf ihre Nachvollziehbarkeit hin untersucht, da sie erwartungsgemäß keine hinreichend starken Veränderungen in der Rückstrahlung der Flächen bewirken dürften. Auch Meliorationsmaßnahmen dürften - ähnlich wie Wiedervernäsungsmaßnahmen - nur zu geeigneten Aufnahmezeitpunkten im Frühjahr und in multitemporaler Auswertung mit Fernerkundungsmethoden nachvollziehbar sein.

5.4 Stand der Waldumbaumaßnahmen bezüglich der Verringerung nicht standortgerechter Nadelwaldanteile

Das Erscheinungsbild unserer Landschaft wurde und wird in entscheidendem Maße durch die vielfältigen, vom Menschen initialisierten und kultivierten Nutzungsformen geprägt. Diese wirkten sich mit den aufkommenden Landnutzungsintensivierungen seit der Steinzeit (etwa 3.000 v. Chr.) und besonders intensiv seit der Zeit der Rodungen (Beginn etwa 800 n. Chr.) auf die Waldbereiche Mitteleuropas aus. Die ursprünglich bis auf wenige Standorte, wie Moore, Fels-

schraffen, Lawinenbahnen der Gebirgs-lagen oder Marschen, vollständig von Wald bedeckte Fläche Mitteleuropas wandelte sich so bis zum Mittelalter in weiten Teilen zu Viehweiden und Äckern (Hofmeister 1983: 13).

Das Holz erhielt außerordentliche Bedeutung als Baumaterial für Häuser und Werkzeuge sowie als Brennstoff. Bis in das industrielle Zeitalter wurde nicht für die Sicherstellung einer fortwährenden Waldnutzung gesorgt. Zunehmende Bodenerosion und immer noch wachsender Holzbedarf zur Zeit der Industrialisierung waren der Anlass zu planmäßigen Aufforstungsmaßnahmen seit dem 18. Jahrhundert. Dabei wurden auf sandigen Böden vor allem Kiefernwälder

und im Mittelgebirge Fichtenwälder bevorzugt, da man sich von diesen Baumarten eine besondere Wirtschaftlichkeit versprach (Hofmeister 1983: 13).

Es zeigte sich aber, dass die anfänglich erzielten Holzerträge auf Dauer nicht zu halten waren und dass die Anlage von Monokulturen und "Holzäckern" in einer einseitig auf Ertrag ausgelegten Waldbauwirtschaft zum Zusammenbruch des natürlichen Wirkungsgefüges des Waldes führten, was sich in Extremsituationen durch verheerenden Schädlingsbefall, Windbruch oder Brand rächte (Hofmeister 1983: 13).

Naturfernen Forsten mit nicht standortgerechtem, monotonem Kiefern- oder Fichtenanbau fehlen weitgehend die natürlichen Begleitarten (ebd.: 11). Das komplizierte Beziehungsgefüge aus Bäumen, Begleitflora und -fauna, Klima und Boden auf den Forststandorten wieder herzustellen ist das Hauptziel der heutigen waldbaulichen Tätigkeiten (ebd.: 14). Der unverzichtbare Nutzen standortgemäßer, gesunder Wälder, die dabei durchaus forstwirtschaftlich genutzt werden können, setzt sich zusammen aus Wasserrückhaltung und -filterung, Erosionsschutz, Luftfilterung, Lärminderung und der Bereitstellung von Naherholungsflächen (ebd.). Darum zeigen sich seit einigen Jahren Bemühungen um eine naturverträglichere Forstwirtschaft, die durch Waldumbaumaßnahmen, also die Verringerung nicht standortgerechter Nadelwaldanteile und naturverträglicher Betriebsarten, erreicht werden soll. Diese Bestrebungen werden auch in den Plänen der Landschaftsplanung, insbesondere im Bereich Naturschutz und in den Empfehlungen für die Forstwirtschaft, deutlich. Eine Inventur der Verringerung nicht standortgerech-

Nutzung	Visuelle Nachvollziehbarkeit im CIR-Luftbild (1:10.000)	Visuelle Nachvollziehbarkeit im IRS-1C-Satellitenbild (IHS-Merge)	Möglichkeiten des digitalen Nachweises im IRS-1C-Satellitenbild
Mahd	ja	ja	ja
Beweidung	ja	Art der Nutzung nur identifizierbar, wenn hinreichend intensiv beweidet wurde (größere Kahlstellen / Übernutzungserscheinungen)	nur indirekte Identifizierung möglich (über kahle oder vegetationsarme Stellen), falls Intensität der Beweidung hinreichend hoch war
Grünlandumbruch	ja	ja	ja
Brache / Verbuschung	ja	nein	nein

Tab. 5: Zusammenfassende Darstellung der Möglichkeiten des Nachweises der Intensität der Grünlandnutzung über multitemporale (!) Flugzeug- und Satellitenfernerkundung.

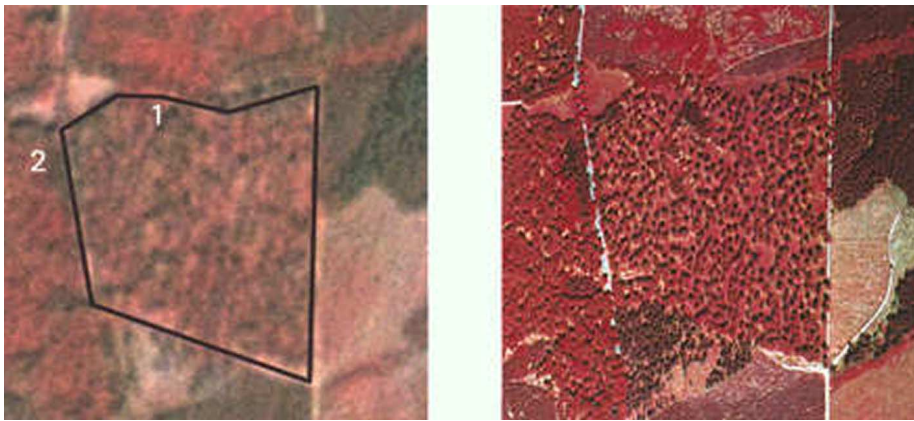


Abb. 5-6: Die südlich von Thale aufgenommenen Ausschnitte aus dem IRS-Merge (links) und dem CIR-Luftbild (rechts) zeigen einen lockeren Buchen-Altholzbestand mit Überhältern (Maßstab 1:10.000, im Satellitenbildausschnitt schwarz umrandet), in dem auch eine kleinflächige Fichtengruppe (1) steht. Der Schattenwurf der Buchen-Althölzer macht die sichere Identifizierung der Fichtengruppe innerhalb des Buchenbestandes allein als dem Satellitenbild unmöglich. Im westlich angrenzenden, dichten Laubmischwald (kräftiges Baumholz aus Buche und Eiche) ist eine Fichtengruppe (2) eindeutig nachweisbar.

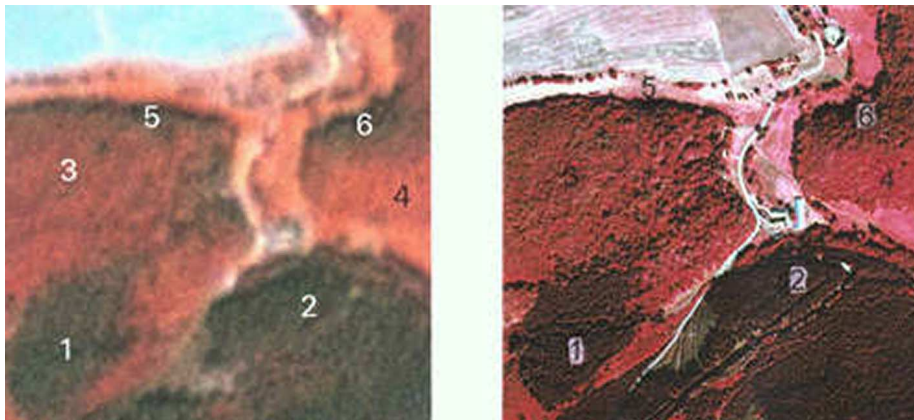


Abb. 5-7: Die Ausschnitte im Maßstab 1:10.000 aus dem IRS-Merge (links) und dem CIR-Luftbild (rechts) zeigen aus der Umgebung von Königeroode flächige Fichtenbestände (1, 2), Laubmischwald, vorrangig mit Buche (3) und eine Buchen-Dickung (4). Nördlich der Waldbereiche der Flächen 3 und 4 ist im Satellitenbild der Übergang zwischen vereinzelt Nadelbäumen und den Schlagschatten an den Waldrändern fließend (5, 6).

ter Nadelwaldanteile ist für diese immer wieder beschriebene landschaftsplanerische Zielsetzung in besonderem Maße gefragt. Die nachfolgenden Abbildungen geben einen kleinen Einblick von den Möglichkeiten und Problemen, die bei der Luft- und Satellitenbildinterpretation von Waldbeständen auftreten können.

In Tabelle 6 werden die Möglichkeiten der Flugzeug- und Satellitenfernerkundung zur fortlaufenden Erfassung der Nadelwaldanteile bzw. des Standes der Waldumbaumaßnahmen zusammengefasst.

5.5 Vertikaler Waldaufbau und Zustand der Waldränder

Eine weitere planungsrelevante Frage-

stellung bezieht sich auf die Naturnähe des vertikalen Waldaufbaus, weshalb abschließend die Möglichkeiten der Fernerkundung zur Erfassung von Altersklassen und Stufungen einerseits sowie von Waldrandstrukturen andererseits beleuchtet wurden.

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erläutert wurde, handelt es sich bei den heutigen Waldbeständen um das Ergebnis einer mehr als zwei Jahrtausende umfassenden Einwirkung des Menschen auf die natürliche Vegetation. Der Wald in Mitteleuropa wird bereits so lange und intensiv bewirtschaftet, dass es in diesem Raum heute praktisch nur noch Wirtschaftswald gibt (Burschel & Huss 1997: 19). Dieser ist im Vergleich zum Naturwald Ergebnis vielfältiger waldbaulicher Aktivitäten, welche in

entscheidender Weise den Waldaufbau prägen. Wirtschaftswälder sind durch eine bestimmte Art waldbaulicher Behandlung geprägt, die von der Bestandsbegründung, über die Erziehung bis zur Nutzung beibehalten wird. Nach Burschel & Huss (1997: 104 ff.) und nach Hofmeister (1983: 14 f.) werden dabei grundsätzlich die drei Wirtschaftsformen oder Waldbausysteme des Hoch-, Mittel- und Niederwaldes unterschieden, von denen der Hochwaldbetrieb in der modernen Forstwirtschaft Mitteleuropas eindeutigen Vorrang einnimmt. Etwa 94 % der Wirtschaftsfläche in der Bundesrepublik Deutschland sind mit Hochwald bestockt (Burschel & Huss 1997: 104). Die Bestände gehen aus Samen (Kernwüchse) durch natürliche Verjüngung oder Anpflanzung hervor. Das Holz der Hochwaldbewirtschaftung findet vorrangig als Bau- und Brennholz Verwendung.

Man unterscheidet innerhalb der Hochwald-Wirtschaftsform schlagweisen Hochwald und Plenterwald.

Schlagweiser Hochwald ist in Schläge unterteilt, innerhalb derer der Baumbestand besonders im Hinblick auf das Alter sehr einheitlich zusammengesetzt ist. Waldbauliche Maßnahmen wie Verjüngung, Pflege, Ästung und Durchforstungen finden zwischen den Schlägen isoliert voneinander statt. Schlagweise Bewirtschaftung, die zur Ausprägung sogenannter Altersklassenwälder (Richter 1995: 203) führt, betrifft etwa 99 % der Hochwaldfläche der BRD (ebd.: 105). Im Plenterwald verliert die räumliche Begrenzung des Schlages an Bedeutung, da die einzelnen waldbaulichen Aktivitäten wie Verjüngung, Erziehung und Endnutzung nicht mehr isoliert voneinander ausgeführt werden, sondern die gesamte Plenterwaldfläche die Grundlage für Planung und Ausführung waldbaulicher Maßnahmen bildet (ebd.). Somit existieren alle Altersstufen und Durchmesserklassen im Plenterwald auf jeder Flächeneinheit in unmittelbarem räumlichen Neben- und Untereinander (ebd.: 145).

Deshalb wirken sich auch waldbauliche Eingriffe meist zugleich als Ernte-, Verjüngungs- und Erziehungsmaßnahme aus. Jeder Plenterwald weist schon auf kleinen Flächen Heterogenitäten auf, die im Schlagwald nur innerhalb einer ganzen Betriebsklasse erreichbar sind (ebd.). "Aufgrund ihrer Struktur können Plenterwälder bei jährlichen Eingriffen

Altersstufen der Nadelwaldanteile	Erfassbarkeit und Trennbarkeit gegenüber Laubwaldbeständen im CIR-Luftbild (1:10.000)	Visuelle Erfassbarkeit und Trennbarkeit gegenüber Laubwaldbeständen im IRS-1C-Satellitenbild	Digitale Erfassbarkeit und Trennbarkeit gegenüber Laubwaldbeständen im IRS-1C-Satellitenbild
junge Aufforstung / Anwuchsphase	ja	nein, junge Aufforstungsflächen im Erscheinungsbild nicht sicher von krautigen Beständen zu trennen	nein, junge Aufforstungen werden nicht von krautiger Vegetation getrennt
Jungwuchsphase	ja	ja, ab Jungwuchsphase gegenüber krautigen Beständen durch Mischpixelbildung (Nadelwald und krautiger Bodenbewuchs) und eindeutige Lagebeziehungen zu anderen Waldbeständen differenzierbar	zum Teil ja: erst ab fortgeschrittener Jungwuchsphase, im Übergang zur Dichtung durch Mischpixelbildung (Nadelwald und krautiger Bodenbewuchs) gegenüber krautigen Beständen hinreichend differenzierbar
Dickungs- und Stangenholzphase	ja	ja	ja
mittleres Baumholz bis Altholzphase	ja	ja	ja

Tab. 6: Zusammenfassung der Eignung der CIR-Luftbilddauswertung und der IRS-1C-Satellitenfernerkundung zur Beurteilung des Standes der Waldumbaumaßnahmen bezüglich der Verringerung nicht standortgerechter Nadelwaldflächen.

auch dann nachhaltig bewirtschaftet werden, wenn sie nur wenige Hektar groß sind" (ebd.).

Zweifellos findet die Form des Plenterwaldes einen idealen Kompromiss zwischen ökonomischen und ökologischen Anforderungen, die ein Wirtschaftswald erfüllen soll. Andere Behandlungsformen des Waldbaus sind aus ökonomischer und ökologischer Sicht unterschiedlich zu beurteilen, was bei Burschel & Huss (1997: 106 ff.) ausführlich diskutiert wird. Fest steht, dass es nicht eine ideale, auf alle Standorteigenschaften und Nutzungsanforderungen gleichermaßen gewinnbringend anzuwendende Waldbauart gibt. Waldbau ist demzufolge eine aufgrund der langfristigen Auswirkungen einzelner waldbaulicher Eingriffe sorgfältig zu planende und doch aufgrund auch unvorhersehbarer Wechselwirkungen nicht vollends planbare Aufgabe, die - je nach Ausgangsbestand und angestrebtem Ziel - die Amtszeit eines Försters meist weit überschreitet.

Richter (1995: 214) verweist auf die nicht zu unterschätzende Schwierigkeit der Umstellung von Altersklassenwald zu Dauerwald (Plenter- und Femelwirtschaft), welche "leichter anzuordnen als durchzuführen" ist. Es gelten sowohl das "eiserne Gesetz des Örtlichen", wonach der Standort bestimmt, welche forstlichen Möglichkeiten dem Waldbauer Erfolg versprechen, als auch das "eiserne

Gesetz des Vorhandenen", wonach - abgesehen von totaler Neuaufforstung ehemals waldfreier Flächen - immer vorhandene Bestände einkalkuliert werden müssen (ebd. 216). Pauschale Entscheidungen sind hier ebenso wenig angebracht wie leichtfertige, vorzeitige Umwandlung von bereits vorhandenen, überkommenen Beständen, die zunächst nicht der Idealvorstellung entsprechen (ebd.).

Abgesehen von der hier nur angedeuteten Komplexität des Themas, zeichnen sich naturnahe Wirtschaftswälder in der Regel durch Mischbestände, die durch einen kleinräumigen Wechsel verschiedenen alter Einzelbäume gekennzeichnet sind und sich vorwiegend natürlich verjüngen, aus.

Die dadurch hervorgerufene Stufung der Bestände, welche auch in den untersuchten Plänen der Landschaftsplanung im Zusammenhang mit Waldumbaumaßnahmen immer wieder eingefordert wurde, wird durch ausgewählte Einzelstammwirtschaft bzw. gezielten Schirmschlag erreicht und aufrechterhalten.

Im Hinblick auf die Einschätzung der Altersklassen und Stufung der Wälder mit Hilfe der Fernerkundung wären in etwa anzustrebende Größenordnungen - sowohl für Höhendifferenzen als auch für die räumliche Ausdehnung einzelner Stufungs-Einheiten - von Nutzen. Diese sind jedoch nicht pauschal festzulegen und demzufolge auch nicht in der Literatur zu finden. Generell verbleibt mangels eindeutiger Definition für Stufigkeit eine gewisse Unsicherheit, wann ein Bestand im engen forstwirtschaftlichen Sinne als "stufig" zu bezeichnen ist. Durch Dritte, wie dies z. B. in der digitalen Biotop- und Nutzungstypenkartierung des Landes Sachsen-Anhalt zu beobachten ist, wird dieses Qualitätsmerkmal allgemein für Waldbestände verwendet, die sich aus ungleich hohen Ein-

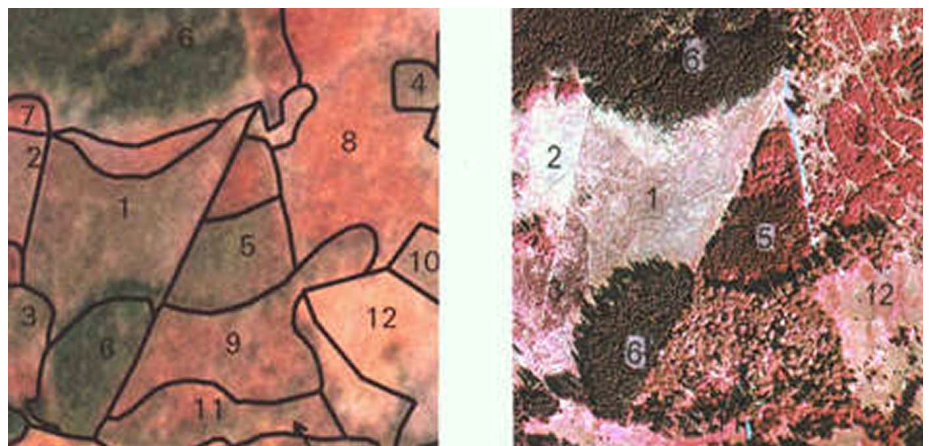


Abb. 5-8: Die sich entsprechenden Ausschnitte aus dem IRS-1C-Satellitenbild (links, IHS-Merge, Kanäle 3-1-2 im RGB-Modus, Maßstab 1:10.000) und dem CIR-Luftbild (rechts, Maßstab 1:10.000) zeigen Waldbestände verschiedener Altersklassen aus der Umgebung von Güntersberge. Dabei steht die Ziffer 1 für einen Fichten-Jungwuchsbestand, der zum Zeitpunkt der Luftbilddaufnahme (1992/93) noch als Aufforstungsfläche in Erscheinung trat. Ziffer 2 bezeichnet eine Fichten-Aufforstung, die zum Luftbild-Aufnahmezeitpunkt noch eine Schlagflur war. Weiterhin sind eine Fichtendichtung (3), Fichte-Stangenholz (4), Fichte, mittleres Baumholz (5), Fichte, kräftiges Baumholz mit Totholz (6), Buche, geringes Baumholz (7), eine Buchendichtung (8), Buchen-Altholz mit Totholz (9), ein Mischwaldbestand aus Fichten-Buchen-Jungwuchs (10) sowie ein Mischwald Buche-Fichte, kräftiges Baumholz (11) zu sehen. Die Ziffer 12 kennzeichnet mesophil genutztes Grünland mit Hochstauden und Einzelbäumen bzw. Einzelbäumen. Der Pfeil verweist auf die Aufnahme- und Auswertungsrichtung des in Abbildung 5-9 gezeigten Fotos.



Abb. 5-9: Das Foto zeigt einen lückigen Buchenbestand mit alten Einzelfichten, aufgenommen in der Nähe von Güntersberge (siehe auch Abbildung 5-8; eigene Aufnahme vom 15.09.1999).

Zustände des vertikalen Waldaufbaus	Zustände visuell sicher im CIR-Luftbild nachweisbar	Zustände visuell sicher im IRS-1C-Satellitenbild (IHS-Merge) nachweisbar	Zustände aus dem IRS-1C-Satellitenbild sicher digital nachweisbar
Altersklassen	ja	Nadelwaldaltersklassen: ja Laub- und Mischwaldaltersklassen nicht sicher identifizierbar	Nadelwaldaltersklassen: ja Laub- und Mischwaldaltersklassen nicht sicher identifizierbar
Stufungen	ja	nein; Stufungen sind nicht sichervon Altholzinseln oder Bestandslücken zu trennen	nein; Stufungen sind nicht sicher von Altholzinseln oder Bestandslücken zu trennen
Waldränder	ja	nein; bis zu 30 m breite Waldränder sind nicht sicher von krautiger Nachbarnutzung zu trennen; generell nicht identifizierbar sind Laubmäntel von Laub- oder Mischwaldbeständen	bedingt; nur Laubgehölzmäntel, die Nadelwaldbestände begrenzen, können als Laub- oder Mischwaldflächen klassifiziert werden

Tab. 7: Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse zum vertikalen Waldaufbau und zum Zustand der Waldränder.

zelbäumen zusammensetzen, weil die Einzelbäume oder Baumgruppen ungleichen Alters sind und/oder verschiedenen Baumarten unterschiedlicher Wuchshöhe zuzurechnen sind. Da sich dieses Verständnis von Wald-Stufung bereits im fernerkundlichen Prozess der vorliegenden CIR-Luftbildinterpretation durchgesetzt hat, sollte es auch für die hier unternommenen Bemühungen genügen.

Die folgende Abbildung zeigt Waldbestände verschiedener Altersklassen im Luft- und Satellitenbild. Die sich anschließende Tabelle fasst die Möglichkeiten der Flugzeug- und Satellitenfernerkundung zur Erfassung des vertikalen Waldaufbaus zusammen.

6. Beurteilung des Beitrages der Fernerkundung zum Landschaftsmonitoring

Abschließend wurde - über die bisher betrachtete bloße Nachvollziehbarkeit eines Zustandes im Luft- oder Satellitenbild hinausgehend - die Frage geklärt, inwieweit sich diese Medien für ein effizientes, in regelmäßigen Abständen durchzuführendes Landschaftsmonitoring bezüglich der untersuchten landschaftsplanerischen Fragestellungen eignen. Der Begriff des "Monitorings" wurde dabei vereinfachend verstanden werden als ein Vorgang, bei dem "zu einem Zeitpunkt t0 Daten zur Vegetationsdecke einer definierten Fläche mit einer

vorgegebenen Methodik erhoben [werden]. Zu einem späteren Zeitpunkt t1 wird mit der selben Methodik die Aufnahme wiederholt. Auf diese Weise soll die Bilanzierung von Veränderungen ermöglicht werden" (Kuhn 1999, in Blaschke 1999: 4).

Die Aussagekraft eines solchen Monitorings hinsichtlich der Art der Flächennutzung oder der attestierten Veränderungen ist natürlich abhängig von der Aussagefähigkeit der Informationsquelle, in diesem Falle der Fernerkundungsdaten. Da das Monitoring nach Kuhn (1999, ebd.) zu allen Aufnahmezeitpunkten nach einer einheitlichen Methode durchzuführen ist, wurde zunächst von folgenden zwei Ausgangssituationen ausgegangen:

1. Das Monitoring wird ausschließlich anhand von CIR-Luftbildern durchgeführt.
2. Das Monitoring wird ausschließlich anhand von IRS-1C-Satellitendaten durchgeführt.

Im ersten Fall können mit Hilfe der CIR-Luftbildinterpretationen die vorliegenden Biotoptypen ohne weitere Ortskenntnisse hinreichend gut kartiert und gegeneinander abgegrenzt werden. Die untersuchten landschaftsplanerisch relevanten Fragestellungen können innerhalb eines Monitoringprozesses zuverlässig überwacht werden. Veränderungen können qualitativ eingeschätzt werden. Das Hauptproblem des Monitorings über Luftbilddaten liegt jedoch in den enormen Kosten eines Bildfluges. Die für ein Monitoring erforderlichen dichten Wiederholungsraten der Aufnahmen sind gerade für größere Untersuchungsgebiete nicht tragbar. Für ein Schutzgebietsmonitoring, bei dem es um die Erfassung und Beobachtung oft kleinflächiger Biotope sowie von Rand- und Übergangsbereichen (Ökotone) mit besonders hohen ökologischen Wertigkeiten geht, sind Luftbilder prädestiniert. Aufgrund der in aller Regel sehr kleinflächigen Untersuchungsgebiete ist hier die Durchführung von Bildflügen auch in dichten Zeitabständen vorstellbar.

Ein Monitoring, das - wie im zweiten Fall vorausgesetzt wird - ausschließlich mit Satellitendaten arbeitet, hat demgegenüber nur begrenzte qualitative Aussagekraft. Andererseits ist ein Monitoring über Satellitendaten auch mit einer Reihe von Vorteilen gegenüber der Luftbilddatenauswertung verbunden. Die Vorteile der

Satellitendaten liegen

- in ihrer hohen Repetitionsrate durch einen engen Überflugturnus des Satelliten,
- ihrem vergleichsweise geringen Beschaffungspreis,
- der hohen Flächengröße des von einer Satellitenszene gleichzeitig abgedeckten Landschaftsausschnittes und
- in ihrer digitalen Ausgangsform, wodurch digitale Auswertungen (z. B. getrennte Betrachtung verschiedener Spektralkanäle, Überlagerungen unterschiedlicher Szenen, digitale Klassifizierungen) ermöglicht werden.

Im Rahmen eines allein mit IRS-1C-Satellitendaten arbeitenden Landschaftsmonitorings können folgende der untersuchten landschaftsplanerischen Fragestellungen sinnvoll abgedeckt werden (multitemporale Datenlage mit jeweils aussagekräftigen Aufnahmetermenin vorausgesetzt):

- Überwachung von Wiedervernäsungsmaßnahmen auf Grünlandstandorten
- Überwachung der Intensität der Grünlandnutzung: Mahd, intensive Beweidung, Grünlandumbruch
- Überwachung von Waldumbaumaßnahmen zur Verringerung nicht standortgerechter Nadelwaldanteile (nur Erfassung von Nadelwaldanteilen, keine Beurteilung der Standortgerechtigkeit)
- Überwachung der Entwicklung von Nadelholz-Altersklassenwäldern.

Selbst über multitemporale Vergleiche nicht sicher erfassbar bleiben hingegen folgende Punkte im Landschaftsmonitoring:

- Überwachung der Entwicklung von Biotopverbundelementen (Ausnahme: Hecken und Feldgehölze),
- Überwachung von Grünlandbeweidung geringer bis mittlerer Intensität,
- Überwachung früher Brache- und Laubgehölzverbuschungsstadien von Grünland,
- Überwachung der vertikalen Entwicklung von Laub- und Mischwaldbeständen sowie von Waldrändern.

Die Grenzen der Satellitenbilddauswertung sind erreicht, wenn eine eindeutige Kartierung verschiedener Biotoptypen

und deren räumliche Abgrenzung untereinander erfolgen soll.

Verantwortlich für diese beschränkten Einsatzmöglichkeiten ist die für derartige Qualitätsunterschiede noch zu geringe geometrische Auflösung der Satellitendaten. Für ein rein satellitenfernkundlich gestütztes Monitoring ist darum nur ein direkter Vergleich von Satellitendaten verschiedener, jedoch phänologisch vergleichbarer Aufnahmezeitpunkte denkbar. Dieses wäre in der Lage, Zustandsänderungen anzuzeigen. Nähere Details über die vorliegenden Biotoptypen oder über die Art der herausgefilterten Veränderungen könnte es aber nur in den wenigsten Fällen erbringen. Trotz alledem kann es eine Hilfe bei der Auswahl näher zu untersuchender Flächen sein. Strunz & Güls (1999: 69 ff.) erläutern einen möglichen Ablauf für ein solches Monitoring.

Da sich für großräumige Monitoringaufgaben weder Luft- noch Satellitenbilder allein eignen, wurde ein dritter, möglicher Monitoringansatz beleuchtet, der die Vorzüge der Flugzeug- und der Satellitenfernerkundung gewinnbringend zu verknüpfen sucht:

3. Das Monitoring arbeitet mit dem unmittelbaren Vergleich regelmäßig zu aktualisierender Satellitendaten, baut aber auf bereits vorliegenden, über Luftbildkartierung gewonnenen Rauminformationen über die Art und Abgrenzung der vorliegenden Biotoptypen auf.

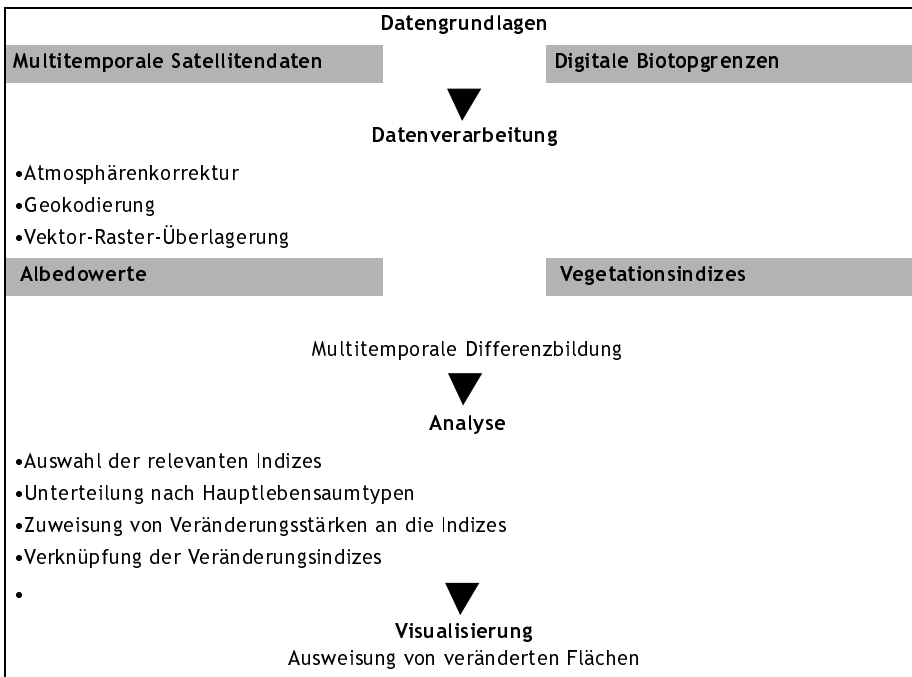
In diesem dritten Fall werden auch Satellitendaten erfolgreicher für Monitoringaufgaben einzusetzen sein. Die zu meist allein aus dem Satellitenbild nicht eindeutig zu bestimmenden Biotop- und Nutzungstypen wären in diesem Falle aus der Luftbildkartierung bekannt und könnten zu einer Eingrenzung der möglichen Nutzungen in der Satellitenbilddauswertung eingesetzt werden. Ohne die Informationen aus der Luftbildkartierung können mit Hilfe der Satellitenbilder lediglich Nutzungsänderungen oder Nutzungskonstanzen erfasst werden (siehe Fall 2). Das Wissen um die Art der Biotop- und Nutzungstypen aber vermittelt einen differenzierten, qualitativen Eindruck von den vorliegenden Untersuchungsgebieten. Besonders wertvolle Abschnitte können gezielt auf mögliche Veränderungen überwacht werden. Darüber hinaus können die Biotoptypen gegeneinander abgegrenzt werden, was anhand des Satellitenbildes

meist nicht gelingt. Diese Abgrenzung verhilft im Satellitenbild zu einer sicheren Orientierung und Übersicht in den oft visuell nur schlecht fassbaren Biotop- und Nutzungseinheiten.

Liegen dem Satellitenbildmonitoring digitale Luftbildkartierungen zugrunde, können die hier gewonnenen Abgrenzungen zwischen den einzelnen Biotoptypen als Vektordatensätze mit den Satellitenbilddaten (Rasterdaten) überlagert werden, so dass die Biotoptypen auch im Satellitenbild in den Grenzen der Luftbildkartierung zu erfassen sind. Über Vergleiche und digitale Verschneidungen der Ergebnisse von Luftbildkartierung und Satellitenbilddauswertungen können Veränderungsnachweise zwischen Luftbilddausnahmezeitpunkt und Satellitenbilddausnahmezeitpunkt erbracht werden. Bei diesen Veränderungsnachweisen ist - im Unterschied zu Fall 2 - bekannt, welcher Biototyp sich im einzelnen verändert hat. Einige Autoren, wie Kenneweg et al. (2000: 99 ff.) oder Ziemke & Güls (1999: 91 ff., Tabelle 8), erläutern Möglichkeiten, mit denen Monitoringabläufe über die Verknüpfung von Satellitendaten und Biotoptypen bzw. Biototypengrenzen aufgebessert werden können.

Die Kopplung zweier, nicht direkt vergleichbarer Aufnahmemethoden innerhalb des Monitoringprozesses, die mit einer gewissen Abkehr von der Definition eines Monitorings nach Kuhn (1999, in Blaschke 1999: 4) verbunden ist, führt aber auch zu neuen Problemen. So besteht zunächst keine direkte Vergleichbarkeit der Aufnahmedaten mehr, was über zusätzliche Bearbeitungsschritte erreicht werden muss. Gerade für die digitale Bearbeitung in Geographischen Informationssystemen müssen die aus den Luftbildern abgeleiteten Biotoptypen mit den aus den Satellitenbilddaten klassifizierten Vegetations- und Nutzungsklassen abgeglichen werden. Für automatische Veränderungsnachweise müssen die Interpretationsergebnisse der Luftbildkartierung, insbesondere die Geometrien der Biototypengrenzen und demzufolge auch die betreffenden Codierungen, auf einen an die Möglichkeiten der Satellitenbildinterpretation angepassten Detaillierungsgrad gebracht, also generalisiert werden.

Darüber hinaus ergeben sich Probleme durch die subjektiv sehr unterschiedliche Arbeitsweise unterschiedlicher Bearbeiter innerhalb einer großräumigen



Tab. 8: Ablauf beim fernerkundungsgestützten Monitoring (nach Ziemke & Güls 1999: 93).

Luftbild-Auswertung, z. B. durch unterschiedlich detaillierte Abgrenzung oder Zusammenfassung von Biotoptypen und entsprechend unterschiedliche Codierungen für vergleichbare Nutzungen und Biotope. Außerdem verbleiben Eingabefehler, die zwangsläufig während der Digitalisierung der Ergebnisse der Luftbildinterpretation entstehen. GIS-Verschneidungen von digitalisierten Luftbild-Kartierungsergebnissen und entzerrten Satellitenbilddaten oder -klassifizierungsergebnissen werden oft durch Lagedifferenzen innerhalb der Geometrien beider Datengrundlagen beeinträchtigt. Trotz einiger Probleme, die sich aus der Unterschiedlichkeit der Datengrundlagen ergeben, scheint eine Verknüpfung von Luft- und Satellitenbilddaten derzeit die beste Herangehensweise zu sein, um großräumige, aber dennoch qualitativ hinreichend aussagekräftige Monitoringaufgaben durchführen zu können.

Zusätzlich, z. B. in den Jahren zwischen den Luftbildflügen, kann auch jede weitere Art von Geoinformation für die Verbesserung der visuellen und digitalen Satellitenbilddaten nutzbar gemacht werden. Sind diese Zusatzinformationen, wie z. B. digitale Höhenmodelle, Informationen zur Bodenwasserverfügbarkeit, zur vorherrschenden Bodenart oder der Gründigkeit des Bodens, geeignet, in ein Geographisches Informationssystem eingespeist zu werden, können sie für eine wissenschaftliche Aufbesse-

rung auch großräumiger Satellitenbilddaten eingesetzt werden.

Aufgrund der Standorteigenschaften kann dann das Vorliegen bestimmter Nutzungen oder Biotoptypen von vornherein ausgeschlossen werden, während die Wahrscheinlichkeit für andere, auf diesen Standorten typische Nutzungsformen und Biotoptypen, steigt (Burger 1992: 111 ff.).

7. Ausblick

Die Suche nach operationell einsatzfähigen Methoden für eine möglichst flächendeckende und zuverlässige digitale Auswertung von Satellitendaten ist mit Sicherheit noch lange nicht abgeschlossen. Die gegenüber der Auswertung von Luftbildern oder gar gegenüber zeitaufwendigen Vor-Ort-Kartierungen bestehenden Vorteile der Satellitendaten können schon heute im Rahmen von Folgekartierungen, die auf den Informationen einer detaillierten Luftbildkartierung aufbauen, genutzt werden. Kostspielige Luftbildflüge und -auswertungen müssen nur noch bei Bedarf (je nach Untersuchungsgebietsgröße etwa im 10- bis 20-Jahres-Rhythmus) durchgeführt werden. In der Zwischenzeit kann die Qualität der visuellen und digitalen Satellitenbilddaten zusätzlich durch die Einbindung von Geodaten gesteigert werden.

Die Satellitenfernerkundung kann bereits heute zur Bereitstellung flächenhafter Daten in Maßstabebenen zwischen 1:50.000 bis maximal 1:10.000 eingesetzt werden. Um längerfristig auch in größeren Maßstabebenen, d. h. in Bereichen größer 1:10.000, Geodaten zur Verfügung stellen zu können und damit Monitoringaufgaben zur Lösung naturschutzrelevanter Fragestellungen befriedigend durchführen zu können, bedarf es jedoch einer noch weiter verfeinerten Auflösung der Satellitendaten, soweit gänzlich auf eine in mancher Hinsicht problematische Verknüpfung mit der Luftbilddatenauswertung verzichtet werden soll.

Neue Satellitensensoren, wie IKONOS, die sich einer für die Beantwortung ökologischer Fragestellungen notwendigen geometrischen Auflösung nähern, werden die Möglichkeiten der Satellitenfernerkundung weiter verbessern. Insbesondere die visuellen Interpretationen werden davon profitieren. Für die digitale Anwendung bedeuten neue Sensoren und neue Auflösungen zunächst auch eine notwendige Anpassung der Auswertungstechniken und -methoden an diese neuen Parameter. Diese nicht zu unterschätzende Aufgabe kann nur in Angriff genommen und gelöst werden, wenn möglichst alle potentiellen Anwendungsbereiche und alle Erwartungen seitens der Nutzer klar formuliert werden. Die schon jetzt in zahlreichen Forschungsprojekten gesammelten Erfahrungen müssen gebündelt und weitergeführt werden. Das Ziel all dieser Bemühungen muss eine - je nach Nutzungsebene - möglichst einheitliche digitale Auswertungsmethodik sein.

Weitgehend einheitliche Auswertungsstandards sind Voraussetzung dafür, dass die großen Satellitendatenmengen sinnvoll und effizient erfasst, ausgewertet und untereinander verglichen werden können. Auf Satellitendaten basierende Monitoringmethoden werden in der Folge kostengünstiger und können durch breitere Anwenderkreise erschlossen werden.

Prinzipiell unverzichtbar werden aber stets auch visuelle Auswertungsmethoden sein, die in einzigartiger Weise Hintergrundwissen in den Interpretationsprozess einbinden lassen. Ebenso notwendig bleiben die stichprobenhaften Kartierungen im Gelände, die der Aufnahme spezieller Standortverhältnisse und Pflanzengesellschaften und der

stichprobenhaften Überprüfung der fernerkundlichen Auswertungsergebnisse dienen.

Die innerhalb der Diplomarbeit näher bearbeiteten fünf Fragestellungen aus der landschaftsplanerischen Praxis sind sicherlich nur ein kleiner Ausschnitt aus dem umfangreichen Aufgabenspektrum dieser Planungsdisziplin. Jedoch konnte deutlich gemacht werden, dass die Flugzeug- und Satellitenfernerkundung gewinnbringend für einen Großteil der untersuchten Fragestellungen eingesetzt werden kann. Bleibt zu hoffen, dass über eine Bündelung der Kräfte aller Akteure und eine weitere Ausrichtung der Fernerkundungspraktiken auf die Bedürfnisse des Naturschutzes und der Landschaftspflege in naher Zukunft effiziente, operationell einsatzfähige Methoden zum Landschaftsmonitoring zur Verfügung stehen werden.

8. Quellen

- ANL (Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege) (Hrsg.) (1986): Biotopverbund in der Landschaft - Laufener Seminarbeiträge 10/86. - Laufen/Salzach
- Bill, R. & Fritsch, D. (1991): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1 - Hardware, Software und Daten. Herbert Wichmann Verlag GmbH. - Karlsruhe
- Blaschke, Dr. Th. (Hrsg.) (1999): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung - GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. 3-12. Verlag Wichmann. - Heidelberg
- BNatSchG (Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege - Bundesnaturschutzgesetz) vom 12.03.1987, letzte Änderung vom 30.04.1998. In: Umweltrecht. Beck-Texte 5533. 11., Neubearb. und erweiterte Aufl. 1998. Deutscher Taschenbuch Verlag. - München
- Burger, R. (1992): Einbeziehung von Geoinformation und Geowissen in die Klassifikation von Satellitenbildern mit Hilfe eines evidenztheoretischen Ansatzes. In: Günther, O. & Riekert, W.-F. (Hrsg.) (1992): Wissensbasierte Methoden zur Fernerkundung der Umwelt. 111-145. Verlag Wichmann. - Karlsruhe
- Burschel, P. & Huss, J. (1997): Grundriss des Waldbaus. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Blackwell Wissenschafts-Verlag. - Berlin, Wien
- Erdmann, K.-H. & Spandau, L. (Hrsg.) (1997): Naturschutz in Deutschland - Strategien, Lösungen, Perspektiven. Verlag Eugen Ulmer. - Stuttgart
- Hofmeister, Dr. H. (1983): Lebensraum Wald. Verlag Paul Parey. - Hamburg, Berlin
- Jedicke, E. (1994): Biotopverbund - Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. Verlag Eugen Ulmer. - Stuttgart
- Jedicke, E., Frey, W., Hundsdoerfer, M. & Steinbach, E. (1993): Praktische Landschaftspflege - Grundlagen und Maßnahmen. Verlag Eugen Ulmer. - Stuttgart
- Jürgens, C. (1998): Satellitenfernerkundung - Ein Überblick über derzeitige und zukünftige Aufnahmeinstrumente. In: Geoökodynamik, Band 19, 1998, Heft 1/2, 119-137
- Kaule, G. (1986): Arten- und Biotop-schutz. Verlag Eugen Ulmer. - Stuttgart
- MUNLSA (Ministerium für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt) 1994: Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt, Teil 3. Selbstverlag. - Magdeburg
- Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. Verlag Neumann. - Radebeul
- NNA (Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, vormals Norddeutsche Naturschutzakademie) (1995): Regeneration und Schutz von Feuchtgrünland - NNA-Berichte, 8. Jahrgang, Heft 2/95. - Schneverdingen
- Richter, J. (1995): Ahornlaub und Kiefernadeln. Landwirtschaftsverlag. - Münster/Hiltrup
- RSU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1996): Konzepte einer dauerhaft umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume. Sondergutachten. Verlag Metzler-Poeschel. - Stuttgart
- Rückriem, Chr. & Ssymank, A. (1997): Erfassung und Bewertung des Erhaltungszustandes schutzwürdiger Lebensraumtypen und Arten in Natura-2000-Gebieten - Ansätze und Perspektiven zur Umsetzung der Berichtspflicht gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie. In: Natur & Landschaft 72 (11): 467-473
- Rüsseler, Dr. H. & Jakobs, Dr. B. (1999): Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. In: DGLR (1999) (Hrsg.): Erdanwendungen der Weltraumtechnik - Geo-Informationen vom Satelliten zum Verbraucher. Ta-

gungsband der DGLR-Anwenderkonferenz vom 30.11.-01.12.1999 in Bonn. - Bonn

Strunz, G. & Güls, I. (1999): Einsatz von Fernerkundungsmethoden für das Monitoring im Naturschutz. In: Blaschke, Dr. Th. (Hrsg.) (1999): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung - GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. 69-81. Verlag Wichmann. - Heidelberg

Kenneweg, H., Lehnert, S., Michael, F., Schönfeld, R. & Werner, C. (2000): Der kombinierte Einsatz von multispektralen, hochauflösenden und stereoskopischen MOMS-2P-Daten zur Optimierung eines Landschaftsinformationssystems und zum Landnutzungsmonitoring. noch unveröffentlichter Forschungsbericht. - Berlin

Ziemke, K. & Güls, I. (1999): Monitoring von Biotopen durch Einsatz der Fernerkundung - Untersuchung im Rahmen des Arten- und Biotopschutzprogramms Bayern. In: Blaschke, Dr. Th. (Hrsg.) (1999): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung - GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. 91-98. Verlag Wichmann. - Heidelberg
Landschaftsplanung.NET
Informationen und Fachbeiträge für die Landschaftsplanung

Landschaftsplanung.NET

Informationen und Fachbeiträge für die Landschaftsplanung

Ausgabe 04/2000

ISSN 1439-9954

Beiträge in dieser Ausgabe:

C. Hornfeck:
Landschaftsplanungsrelevante Einsatzmöglichkeiten der Flugzeug- und Satellitenfernerkundung

P. Moser:
Strategien für eine Landschaftstransformation der altindustrialisierten Region "Südraum Leipzig" in eine nachhaltige Zukunftsregion

E. Schumacher:
Pferde als Landschaftspfleger

Herausgeber und Redaktion:

Dr. B. Demuth
Dipl.-Ing. R. Fünkner

Kontakt:

E-Mail: redaktion@lapla-net.de

Tel.: 030 / 39731 - 896

Fax: 030 / 39731 - 898

Redaktionsanschrift:

Landschaftsplanung.NET
- Redaktion -
B. Demuth
Ringbahnstraße 7
10711 Berlin

Grafik, Layout und technische Umsetzung:

cultconcept Berlin