

Möglichkeiten der Waldschadenserkennung mit multispektralen Scannerdaten

Gerd Landauer

Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland

Die neuartigen Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland haben im vergangenen Jahrzehnt ein Ausmaß angenommen, das entscheidende und vor allem schnelle Maßnahmen zum Aufhalten und möglichst zur Umkehr des Prozesses des Vitalitätsabbaus unserer Wälder fordert. Nach der Waldschadensstatistik von 1987 sind 52,3% der Wälder in der Bundesrepublik in den Schadstufen 1–4 (s. Bild 1) erkrankt, davon Fichte mit 49%, Kiefer 49,6%, Tanne 79%, Buche 65,7% und Eiche mit 64,5%. Allein in Schadstufe 1 befinden sich 35% der Bäume, ein kleiner Hoffnungsschimmer, da sich seit 1985 in einigen, begrenzten Gebieten eine Revitalisierung der Bäume von Schadstufe 1 zurück in die Stufe 0 vollzogen hat.

WALDSCHADENSSTUFEN

SCHADSTUFE 0 S0 : GESUND, 0-10% NADELVERLUST

SCHADSTUFE 1 S1 : LEICHT GESCHAEDIGT, 11-25% NADELVERLUST

SCHADSTUFE 2 S2 : MITTEL GESCHAEDIGT, 26-80% NADELVERLUST

SCHADSTUFE 3 S3 : STARK GESCHAEDIGT, UEBER 80% NADELVERLUST

Abbildung 1

Die Aktionskette, die Möglichkeiten zu Gegenmaßnahmen aufzeigen soll, führt über die Erkennung und Klassifizierung der Schäden („Schadenserhebung“) und die Ursachenforschung (s. Bild 2). Die Fernerkundung kann naturgemäß mehr zum Komplex der Schadenserhebung beitragen. Die Ursachenforschung beschäftigt sich mit einem breit gespannten Bogen von abiotischen (anthropogenen) und biotischen potentiellen Schadfaktoren. Wenn auch ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Faktoren anzunehmen ist, erscheint die maßgebliche Mitwirkung der atmosphärischen Schadgase SO₂, NO_x und O₃ am Schadensverhalten als gesichert.

Fernerkundung hilft Waldschäden erkennen

Vom Flugzeug aus oder gar vom Satelliten ist – verglichen mit den bisher üblichen Stichprobenverfahren vom Boden – eine großflächige Erfassung des Zustands der Wälder möglich. Flugzeug und Satellit haben Sensoren an Bord, die Teile der reflektierten Sonnenstrahlung aufnehmen. Dabei zeigt es sich, daß die von der Obergrenze des Waldes, also im wesentlichen von den Baumkronen reflektierten Anteile des Sonnenlichts unterschiedliche Werte zeigen können, und zwar je nach Schadstufe des Baumes, Baumart und Spektralbereich der reflektierten Strahlung. Dieser umfaßt nicht nur den sichtbaren Bereich (0,4 – 0,7 µm), sondern auch

das nahe Infrarot und – je nach Art des Sensors – Anteile des mittleren Infrarots (s. Bild 3). Allgemein läßt sich sagen, daß der Ansatz, mit Fernerkundungsmethoden von oben her den Vitalitätszustand eines Baumes zu erfassen, sicher der richtige ist, da ja auch das Sonnenlicht von oben einfällt und die Nutzung der Sonnenenergie zur Chlorophyllproduktion in den Blattorganen im oberen Baumbereich am intensivsten ist, beziehungsweise Störungen dort relativ am stärksten bemerkbar werden.

Der „klassischen“, seit 1–2 Jahrzehnten bereits erprobten Falschfarben-Infrarotfilm Technik steht die multispektrale Scannertechnik gegenüber (s. Bild 4). Diese ist noch weitestgehend Forschungsgegenstand und steht im Mittelpunkt des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) geförderten Projekts „Untersuchung und Kartierung von Waldschäden mit Methoden der Fernerkundung“, in dem die DFVLR partnerschaftlich mit Forstwissenschaftlern von 5 Universitätsinstituten und mit 2 Firmen zusammenarbeitet. Das Gesamtsystem „Fernerkundung Waldschäden“ ist in der Tabelle der Abbildung 5 in seinen wesentlichen Teilen skizziert.

Multispektrale Datenakquisition

Wie der Name dieser Technik andeutet, kommen Sensoren zum Einsatz, die die reflektierte Sonnenstrahlung in einer Vielzahl einzelner, diskreter Spektralkanäle empfangen und weiter verarbeiten. So befindet sich z. B. bei der DFVLR ein 11 Kanal-Scanner der Fa. Daedalus, U.S.A., an Bord eines Forschungsflugzeuges vom Typ Do 228 (s. Bild 6) in Einsatz. Das Prinzip des Scanners besagt, daß mechanisch mit periodisch schwenkbarem Spiegel

Multispektraler Scanner AADS 1268 ATM

Spektrale Kanäle (in µm)	Sichtbar	0.42 – 0.45
		0.45 – 0.52 1)
		0.52 – 0.60 1)
		0.605 – 0.625 1)
		0.63 – 0.69 1)
Nahes IR	0.695 – 0.75	
	0.76 – 0.90	
	0.91 – 1.05	
Mittleres IR	1.55 – 1.75 1)	
	2.08 – 2.35 1)	
Therm. IR	8.5 – 13	

1) Satelliten-Kompatible Kanäle

Abbildung 7

Spektralkanäle des Multispektral-Scanners AADS 1268.

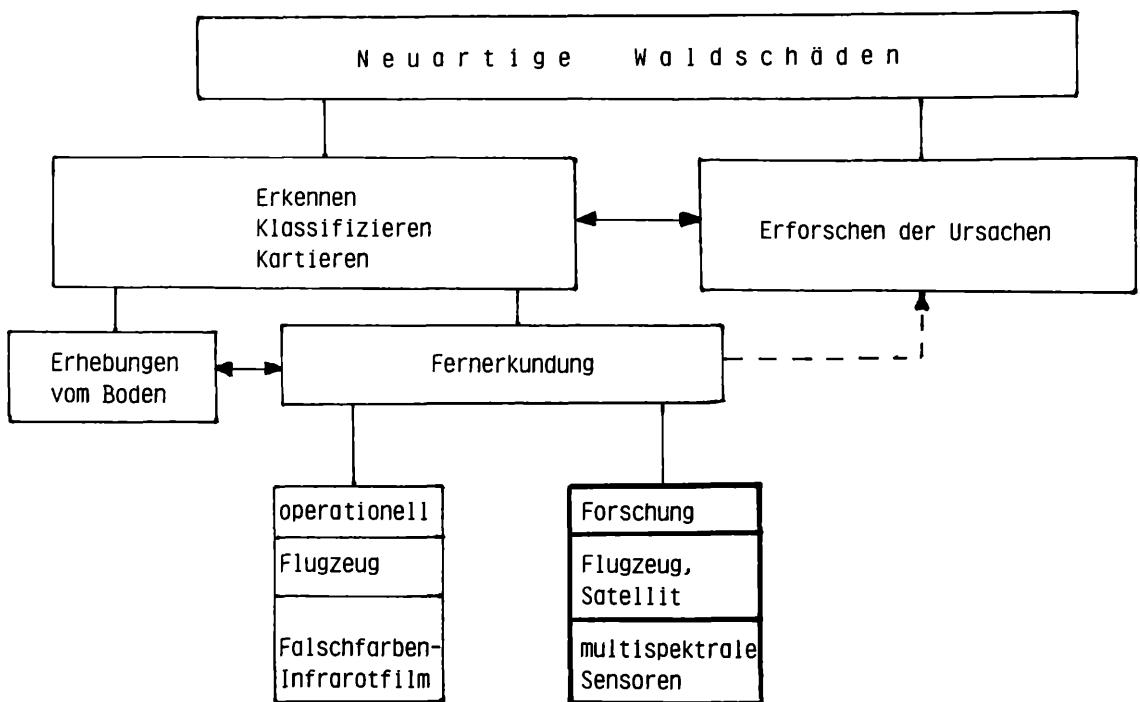


Abbildung 2

Multispektrale Sensoren helfen vor allem beim Erkennen, Klassifizieren und Kartieren der Waldschäden.

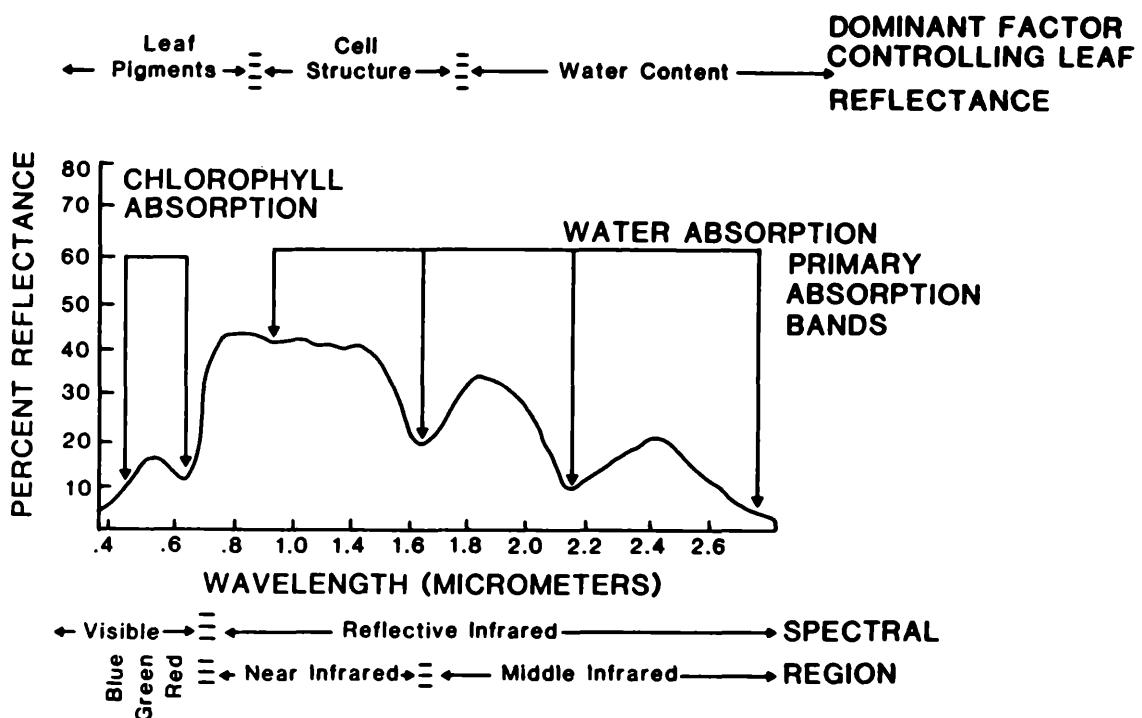


Abbildung 3

Spektraler Verlauf der Reflexion des Sonnenlichts bei Vegetation (nach Hoffer/Johannsen 1969).

Untersuchung und Kartierung von Waldschäden

mit Methoden der Fernerkundung

Multispektrale Verfahren

Infrarotfilmtechnik

Forschungsgegenstand	seit ca. 15 Jahren im Einsatz
Hohe spektrale Auflösung bis ins mittlere Infrarot	Hohe räumliche Auflösung Einfache und billige Technik
Radiometrische Stabilität	
Rechnergestützte Auswertung	Schwankungen der Empfindlichkeit und der Farbwiedergabe des Films
Räumliche Auflösung geringer	Nutzbarer Spektralbereich eingeschränkt auf das Sichtbare und nahe Infrarot mit geringer spektraler Auflösung
	personalintensive Auswertung

Abbildung 4

Gegenüberstellung der Eigenschaften der Multispektraltechnik und der Infrarottechnik.

	Flugzeug	Satellit
Datenakquisition	11-Kanal-Multispektralscanner Daedalus AADS 1268 Photogrammetrische Kamera Zeiss RMK A 30/23	LANDSAT-TM-Daten (30x30 m ²) SPOT-Daten
Bilddatenverarbeitung	Digitales Bildauswertesystem DIBIAS	Digitales Bildauswertesystem MIDAS
Bildinterpretation	Klassifizierung nach Schadstufen bei Fichte Zeitvergleiche der Schadenentwicklung Definition charakteristischer Signaturen bei Kiefer, Buche, Eiche	Waldbestandsklassifizierung Waldbestandskarten (Laub-, Nadel-, Mischwald, Nadelwald Fichte, Kiefer, junge Aufforstungen)

Abbildung 5

Schema des Gesamtsystems „Fernerkundung Waldschäden“.

**Abbildung 6**

Forschungsflugzeug Dornier 228-101 für Erkundungstechnik

Hauptdaten von Erkundungssatelliten

Satellit	Sensor	Start	Bahn	Flug- höhe (km)	Wieder- hol- rate	Ka- näle	Bezeich- nung	Wellenlänge (nm)	Bild- element im Nadir (m)	Streifen- breite (km)
Landsat 5	MSS Multi-Spectral Scanner	1984	polar sonnen-synchr.	705	16 Tage	4	grün rot nahes IR nahes IR	500-800 600-700 700-800 800-1100	79	185
Landsat 5	TM Thematic Mapper	1984	polar sonnen-synchr.	705	16 Tage	7	grün rot rot nahes IR nahes IR mittl. IR thermisch	450-520 520-600 630-690 760-900 1550-1750 2080-2350 10400-12500	30	185
SPOT	HRV Haute Résolution Visible	1986	polar sonnen-synchr.	832	1-4 Tage variabel	4	grün rot nahes IR panchrom.	500-590 610-680 790-890 510-730	20 20 20 10	117 oder 3x60

Abbildung 8

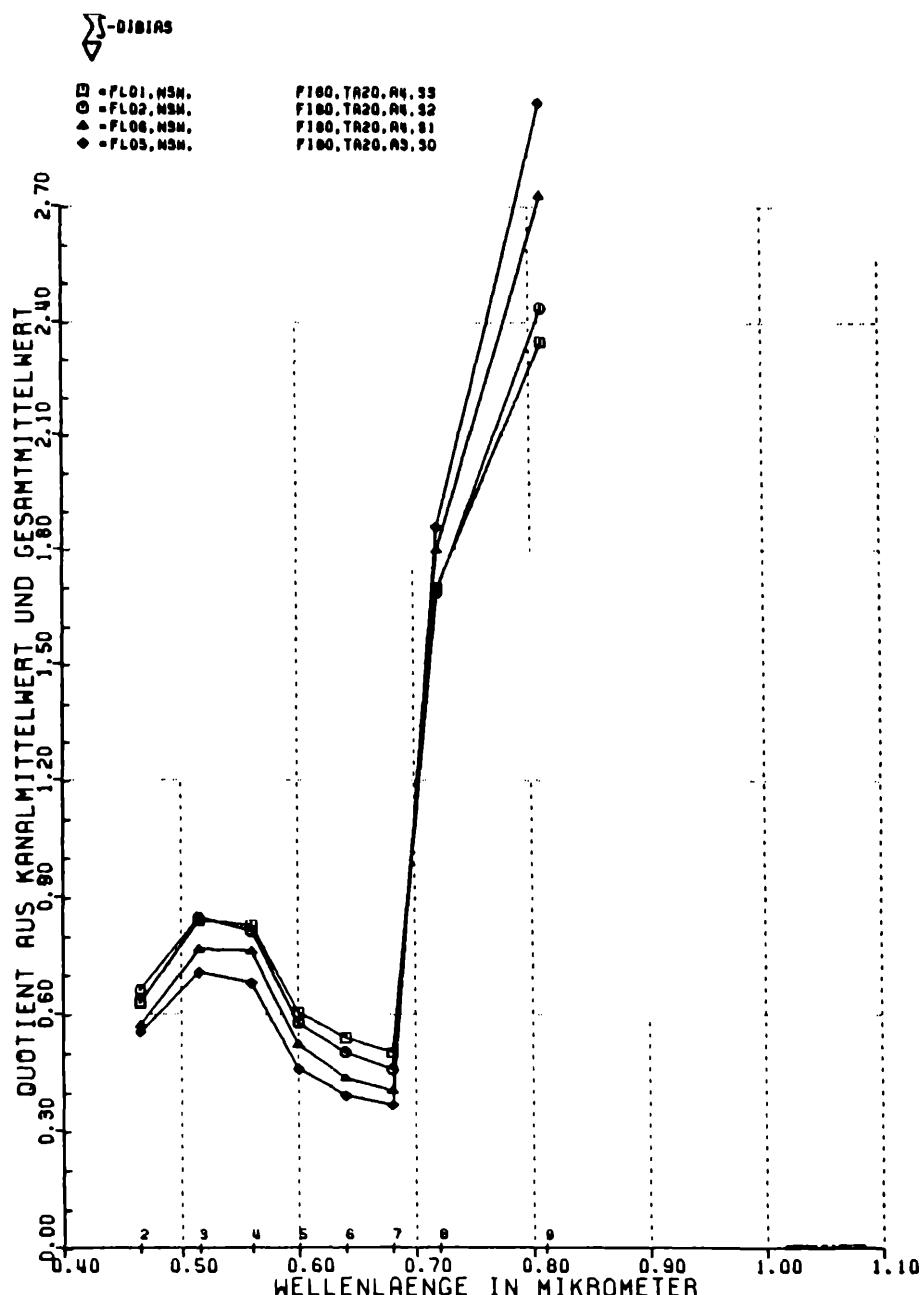


Abbildung 9

Typischer Signaturverlauf für Fichte. Unter Signatur versteht man das Reflexionsverhalten in Abhängigkeit von der Wellenlänge (s. auch Bild 3). Die Meßwerte wurden in den Spektralkanälen 2 bis 9 des Daedalus-Scanners gemessen. (Bearbeitet durch G. Kritikos, DFVLR)

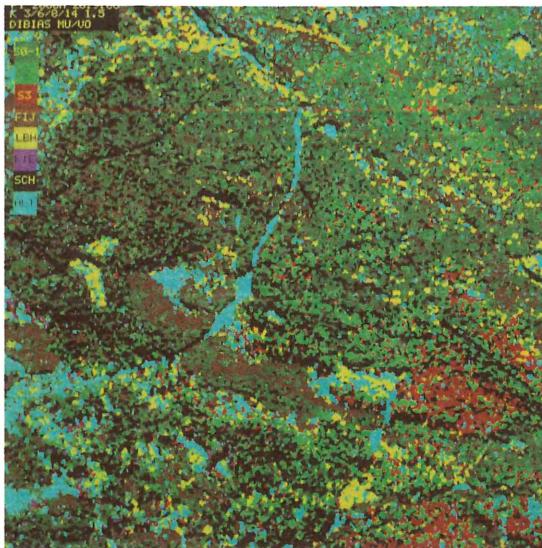
- ◊ Schadstufe 0
- △ 1
- 2
- 3

(oder auch elektronisch) das überflogene Gebiet „abgescannt“ wird. Die reflektierte Strahlung wird simultan in den 11 Spektralkanälen digital auf Band aufgezeichnet, wobei 5 Kanäle im Sichtbaren, 3 im nahen Infrarot, 2 im mittleren und einer im thermischen Infrarot liegen (s. Bild 7). Analog befinden sich an Bord von Fernerkundungssatelliten multispektrale Scanner. So werden von der DFVLR im Rahmen der Waldschadensuntersuchungen Daten des TM-Sensors des LANDSAT/5 verwendet (s. Bild 8).

Bilddatenverarbeitung und Klassifizierung

Die digital gespeicherten Scannerdaten werden anschließend im Labor der digitalen Bildverarbeitung zugeführt. Man erkennt, daß bis hin zur forstwissenschaftlichen Bildinterpretation und -bewertung alle Verarbeitungsschritte digital und autonom sind und damit (weitgehend) möglichen menschlichen Fehlerquellen entzogen sind.

Vorläufig sind die Ergebnisse bei der Beurteilung von Fichtenbeständen am vielversprechendsten: eine Klassifizierung nach den üblichen 4 Schad-

**Abbildung 10 a****Klassifiziertes Scannerbild - Testgebiet „Fichtelgebirge“**

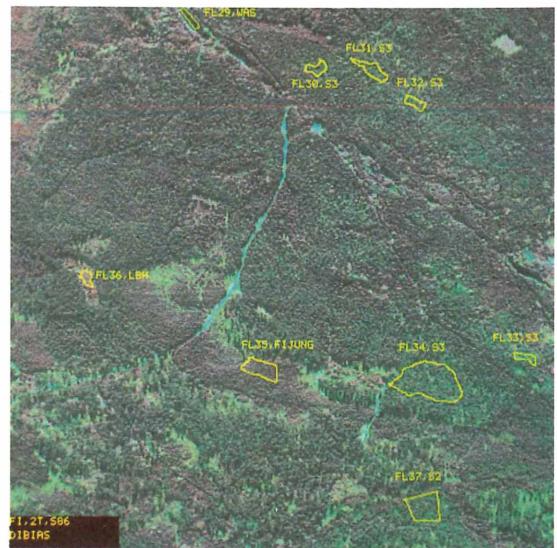
Flughöhe:	2000 m
Aufnahmedatum:	26.09.1986
dunkelgrün:	Fichte So - 1
hellgrün:	Fichte S2
rot:	Fichte S3
schwarz:	Schatten
gelb:	Laubholz
violett:	Kiefer
hellblau:	Nichtwaldfläche

stufen ist möglich (s. Bild 9, 10). Kiefer, Buche und Eiche sind dagegen in ihrem Signaturverhalten noch nicht eindeutig zu interpretieren. Die Untersuchungen werden in 10 verschiedenen Testgebieten in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Wie schon erwähnt, handelt es sich noch um Forschungsarbeiten, die zur Zeit kleinere, überschaubare Waldgebiete erfassen und noch keinen Beitrag zur jährlichen Waldschadensinventur des Bundes oder der Länder liefern. Jedoch ist das Ziel der Untersuchungen, die multispektrale Scannertechnik im Hinblick auf einen zukünftigen operationellen Einsatz weiterzuentwickeln.

Kartierung mit Satellitendaten

LANDSAT-TM Daten gestatten eine räumliche Auflösung auf der Erdoberfläche von 30 x 30 m². Einzelbaumauflösung ist also nicht möglich und damit sind der Verwendung von digitalen Satelliten-daten für die Waldschadenserkenntnung vorläufig noch Grenzen gesetzt. (Auch SPOT-Daten ermöglichen keine Einzelbaumauflösung.)

Der große Vorteil des Einsatzes von Satelliten liegt in der großräumigen Datenerfassung. Nur wenige Satellitenüberflüge auf der jeweils geforderten Bahn - gute Wetterbedingungen vorausgesetzt - würden theoretisch genügen, um das gesamte Bundesgebiet zu erfassen und hinsichtlich der Waldschäden zu kartieren. Diese heute noch als „Fernziel“ zu sehende Möglichkeit ist eine große Verlockung, intensiv die mit dem Satelliteneinsatz verbundenen Probleme zu bearbeiten. Schon heute kann man mit Satellitendaten Waldbestandsklassifizierung mit den Gruppen Nadel-

**Abbildung 10 b****Originalscannerbild mit einigen eingezeichneten Trainingsgebieten - Testgebiet „Fichtelgebirge“**

Flughöhe:	2000 m
Aufnahmedatum:	26.09.1986
Kanäle:	7, 5, 3 (R, G, B).
(Bearbeitet von R. Müller, H. H. Voß, DFVLR)	

wald (Fichte, Kiefer), Laubwald, Mischwald und junge Aufforstungen durchführen (s. Bild 11).

Ausblick

Die Entwicklung der multispektralen Fernerkundungsmethoden zur Waldschadenserkenntnung ist noch im vollen Gange. Man kann aber jetzt schon erkennen, daß die digitale und rechnergestützte Waldschadenserfassung aus der Luft und vom Satelliten in Zukunft von hoher Bedeutung sein wird. Die zukünftige Entwicklung wird auf der Sensorseite höhere spektrale Auflösung (mehr Spektralkanäle mit geringer Einzelbandbreite) sowie höhere geometrische Auflösung am Boden (im Bereich um ca. 5 x 5 m²) bringen.

Im Bereich der Datenauswertung wird intensiv an heute teilweise noch nicht beherrschten Problemen gearbeitet, wie atmosphärische Einflüsse, Korrektur von durch die Aufnahmetechnik bedingten geometrischen Verzerrungen und Beeinflussung der Schadenssignaturen durch andere Parameter (Bestandesdichte, Hangneigungen, Schattenwürfe etc.). Wenn man aber die Möglichkeiten der wiederholt durchgeführten flächendeckenden Erfassung dem Stichprobenverfahren mit begrenzten menschlichen Erkennungsvermögen vom Boden aus gegenüberstellt, so erkennt man den Einsatz der Fernerkundung als wichtige und notwendige Ergänzung im Kampf gegen die Waldschäden. Freilich werden auch die Bodenerhebungen ihre Bedeutung behalten, so daß man hoffen kann, daß der Verbund beider Verfahren in Zukunft schnelle und sichere Erfassung des Zustandes der Wälder ermöglichen.



**Fichtenbestände sowie
Fichten-Kiefern-Mischbestände
(bis ca. 20% Laubholzanteil)**

**Kiefernbestände sowie Kiefern
mit einzeln beigemischten Fichten,
teilw. mit Fichten im Unterstand
(bis ca. 20% Laubholzanteil)**

**Laubholzbestände
(bis ca. 20% Nadelholzanteil)**

Laub - Nadelholz - Mischbestände

**noch nicht geschlossene Kulturen
sowie unbestockte Waldflächen
und stark durchbrochene Bestände
(Schneebruch/Windwurf)**

Abbildung 11

**Topographische Übersichtskarte 1 : 200.000 Blatt CC
7134 Regensburg mit überlagerter Waldbestands-
klassifizierung, abgeleitet aus LANDSAT/5/TM-Daten
vom 20.04. und 09.07.1984.
(vgl. auch Titelfoto; entspricht der Kartenbeilage)**

Anschrift des Verfassers:
Dr. Gerd Landauer
Deutsche Forschungsanstalt
für Luft- und Raumfahrt e. V.
- Institut für Optoelektronik -
D-8031 Weßling - Oberpfaffenhofen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Landauer Gerd

Artikel/Article: [Möglichkeiten der Waldschadenserkennung mit multispektralen Scannerdaten 39-45](#)