

Kommission VII  
Arbeitsgruppe 2

Konrad L. Zirm

Österreichisches Bundesinstitut  
für Gesundheitswesen, Wien

Erfahrungen bei der Klassifikation geschädigter  
Vegetation mit Hilfe von multispektralen  
Scannerbildern

Im Rahmen der Untersuchung immissionsgeschädigter Bäume in der Umgebung eines industriellen Emittenten hat sich die computer-gestützte Klassifikation von multispektralen Scannerbildern bewährt. Die präsentierten Erfahrungen sind durch konventionelle Erhebungen untermauert. Das bei den Untersuchungen angewandte Verfahren der "Quader-Klassifikation" wird auf seine Brauchbarkeit hin untersucht.

The investigation of damaged trees affected by industrial air-pollution has shown good results using computerised classifications of multispectral scanner images. The results presented are controlled by ground truth data. The feasibility of the "Qader-Classification" - method was studied and further developed.

### 1. Einleitung

Unsere Umwelt ist sehr wesentlich durch die lebensnotwendige Vegetation gekennzeichnet. Erleidet diese durch Schwefeldioxid, Fluor oder andere Schadgasimmissionen und Stäube bewirkte

Schäden, so ist auch die in ihrer Umgebung lebende Bevölkerung gefährdet. Pflanzen können daher als Umweltqualitäts-Indikator herangezogen werden.

In Österreich ist die Fichte als Wirtschaftsbaum weit verbreitet, weshalb Schadenssymptome gerade an dieser Baumart relativ gut bekannt sind; Fichten werden häufig als "Indikator-Bäume" herangezogen. Zur Feststellung der Vitalität einzelner Fichten gibt es eine Vielzahl von Methoden.

In der Praxis sind Immissionsgebiete ausgedehnte Untersuchungsareale. Dort sind herkömmliche Methoden, selbst unter Anwendung statistischer Verfahren, sehr aufwendig. Man ist daher in Österreich dazu übergegangen, Fernerkundungsverfahren zur Immissions-Schadensuntersuchung heranzuziehen. Die Anwendung von Falschfarben Luftbildern hat hierzu erste brauchbare Ergebnisse erbracht (ZIRM, 1977).

## 2. Problemstellung

Der Grad der Schädigung eines einzelnen Baumes ist streng biophysikalisch nicht exakt bestimmbar. Dennoch ist es notwendig, Abstufungen des Schädigungsgrades von ausgewählten Vegetationsarten als Beurteilungsgrundlage zu definieren, wie dies bisher verschiedentlich versucht wurde (POLLANSCHÜTZ, 1973). Nach unseren Erfahrungen hat sich noch kein geeigneter Standard solcher Beurteilungskriterien längerfristig bewährt. Eine Ausnahme stellen die von MURTHA, 1972 publizierten Interpretationsschlüssel für Falschfarbenbilder dar.

Am Österreichischen Bundesinstitut für Gesundheitswesen wurden Fernerkundungsmethoden unter Anwendung multispektraler Scannermeßbilder entwickelt. Diese sollten in Verbindung mit herkömmlichen Verfahren und statistischen Methoden für praktische Anwendungen nutzbar gemacht werden.

## 3. Testgebiet

Zur Erprobung der von uns entwickelten Methoden wurde ein Test-

gebiet in der Nähe eines einzelnen industriellen Emittenten (Montanhütte mit  $\text{SO}_2$ , Staub und bedeutenden Schwermetall-emissionen) ausgewählt. Die Umgebung dieses Industriebetriebes bestand vorwiegend aus Nadelwald sowie aus homogenen Laubwäldchen und Wiesen. Innerhalb eines Gebietes von ca.  $20 \text{ km}^2$  waren alle Schädigungsgrade an der Vegetation feststellbar. Unser Testareal ist ein bereits seit Jahren gut untersuchtes Immissions-Schadensgebiet, das sich wegen geeigneter Kontrollmöglichkeiten bestens eignet. Erste Befliegungen mit Falschfarbfilm und eingehende Bodenuntersuchungen wurden dort bereits seit 1975 (KATZMANN et al., 1976) durchgeführt.

#### 4. Erfahrungen und Ergebnisse

1978 wurde das Testgebiet mit einem digitalen Multispektralscanner ( $\text{M}^2\text{S}$ ) der DFVLR befliegen. Das Datenmaterial wurde anschließend mit Hilfe der Rectifizierungs-Software von JANSKA, 1980 am Bildrechner unseres Instituts geometrisch korrigiert. Dies war eine Voraussetzung, um auch quantitativ brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Ebenfalls an diesem Rechner (PDP-11/23 samt Peripherie) wurde das hier besprochene Klassifikationsverfahren nach der Quader-Methode (HABERÄCKER, 1977) entwickelt. Nach kritischen Literaturstudien der Klassifikationstheorien und auf Grund der Aussagen von HABERÄCKER, 1977 wurde die "Maximum-Likelihood" - Methode für unsere Anwendungen vorerst fallengelassen.

Die Quader-Methode scheint folgende Vorteile bei der Vegetations-Schadensbeurteilung aufzuweisen:

- 1.) Bei der Erkennung geschädigter Bäume oder Baumteile sollen nur solche Vegetationsteile registriert werden, die den vorgegebenen spektralanalytischen Schadenssymptomen entsprechen. Die Einführung von Wahrscheinlichkeiten bei der Abgrenzung von Merkmalsräumen bzw. Musterklassen ist bei der Erkennung "homogener" Klassen sicher vorteilhaft, verzerrt jedoch die Verhältnisse bei der Suche nach konkret vorgegebenen Symptomen (Auswahlkriterien). Vergleichende Untersuchungen an einem praktischen Beispiel zu diesem Thema sind noch nicht

abgeschlossen.

- 2.) An kleinen Systemen ist der Rechenaufwand mit der Quader-Methode in Grenzen zu halten. Bei unseren Auswertungen wurden jeweils vier Multispektralkanäle im Standard-Bildformat von 512 x 512 Bildpunkten zu je 8 bit verarbeitet. Die Rechenzeit betrug dabei etwa 104 Minuten je Szene. Zur Durchführung derselben Auswertungen mit der Maximum-Likelyhood-Methode wurde eine Rechenzeit von ca. 3 Stunden je Bildszene abgeschätzt.

Bei der Projektdurchführung haben wir besonderes Augenmerk der Auswahl der verwendeten Spektralkanäle und der Feldarbeit bei der Erhebung von Testbäumen sowie der Kontrolle der Ergebnisse (Begehungen) gewidmet.

Die spektroskopische Untersuchung von Bäumen mit Hilfe von Strahlungsmeßgeräten wurde bewußt unterlassen; derartige Untersuchungen sind aus der Literatur (BOEHNEL, 1978 u. a.) hinlänglich bekannt.

Je 10 Fichten und Pappeln mit bekanntem Schädigungsgrad wurden ausgesucht und im Bildmaterial mit "gesunder" Vegetation verglichen. Die Sensibilität der spektralen Remissionseigenschaften bzw. deren Varianz in den einzelnen Scannerkanälen wurde untersucht. Die Wellenlängenbereiche um 465, 560, 640 und 720 Nanometer boten erwartungsgemäß die besten Differenzierungskriterien, der reine Thermalkanal (8 - 14  $\mu\text{m}$ ) schien vorerst nicht besonders signifikant zu sein. Dieser zeigte im Waldbereich rein visuell nur unbedeutende Strukturen. Nach zahlreichen Testläufen wurde schließlich auch der Thermalkanal bei der Klassifikation miteinbezogen. Gegen unsere Erwartungen konnte die Trefferwahrscheinlichkeit hiedurch, besonders bei der Auffindung totaler Vegetationsschäden (= teilweise Entlaubung) wesentlich verbessert werden.

Die zahlenmäßige Angabe über "richtig erkannte" Bäume scheint hier problematisch. In unserem Projekt konnte in dem 20 km<sup>2</sup> großen Testgebiet nur die Kernzone (ca. 1,5 km<sup>2</sup>) mit den meisten Totalschäden Baum für Baum untersucht werden.

Dort zeigte sich, daß bei der Erkennung graduell geschädigter Bäume durch den Computer meist nur der geschädigte Teil des Baumes in seiner Projektion markiert wurde. Die Summierung der Bildpunkte, die in einem Waldabschnitt als geschädigt erkannt werden, entspricht daher einem projizierten Flächenanteil "schadhafter" Vegetation.

Es lag schließlich auf der Hand, die oben beschriebenen "Schadensflächen" so auszuwerten, daß diese der "intakten" Vegetation flächlich gegenübergestellt wurden. Das Programm zur Klassifikation der gesunden Vegetation wurde so ausgelegt, daß eine Trennung der Nadelbäume (inclusive Kiefern) und der Laubbäume (hier Pappeln) optimal gegeben war. Das Bildmaterial wurde anschließend in einem Programmablauf in Rasterfelder mit den Naturmaßen 40 x 40 m unterteilt. Es wurde dadurch jedem Rasterelement, das Nadel- oder Laubbäume aufwies, eine (Verhältnis-) Schadensziffer zugeordnet. Elemente ohne entsprechende Vegetation blieben unbeurteilt.

Abb. 1 zeigt eine Auswertung von Schäden an verschiedenen Laubbäumen, die ohne Mitwirkung des Thermalkanals in einem frühen Stadium unserer Erfahrungen angefertigt wurde. Darin sind typische Fehlklassifikationen zu erkennen, die später durch verfeinerte Maßnahmen und die Hinzunahme des Thermalkanals weitgehend verhindert werden konnten. Im Zentrum von Abb. 1 ist ein gemähtes Wiesenstück zu erkennen. Das geschnittene Gras führt dort zu Fehlklassifikationen. Weitere Fehler entstehen in Schatten- und Halbschattenbereichen von Bäumen.

Abb. 2 zeigt den Kern des Totalschadensgebietes in unserer Pilotstudie. Diese Auswertung (im Original in Falschfarbendarstellung) bezieht sich auf Schäden an Fichten und Kiefern. Die hellen - im Farboriginal hellroten - Flächenstücke verkörpern zumeist Laubbäume, die in diesem Verfahren nicht beurteilt wurden. Bei so schweren Fällen von Vegetationsschädigungen sind zahlreiche Flächenbereiche mit praktisch entlaubten Bäumen vorhanden. Diese verhalten sich ähnlich wie Kahlstellen und entziehen sich daher der Beurteilung.

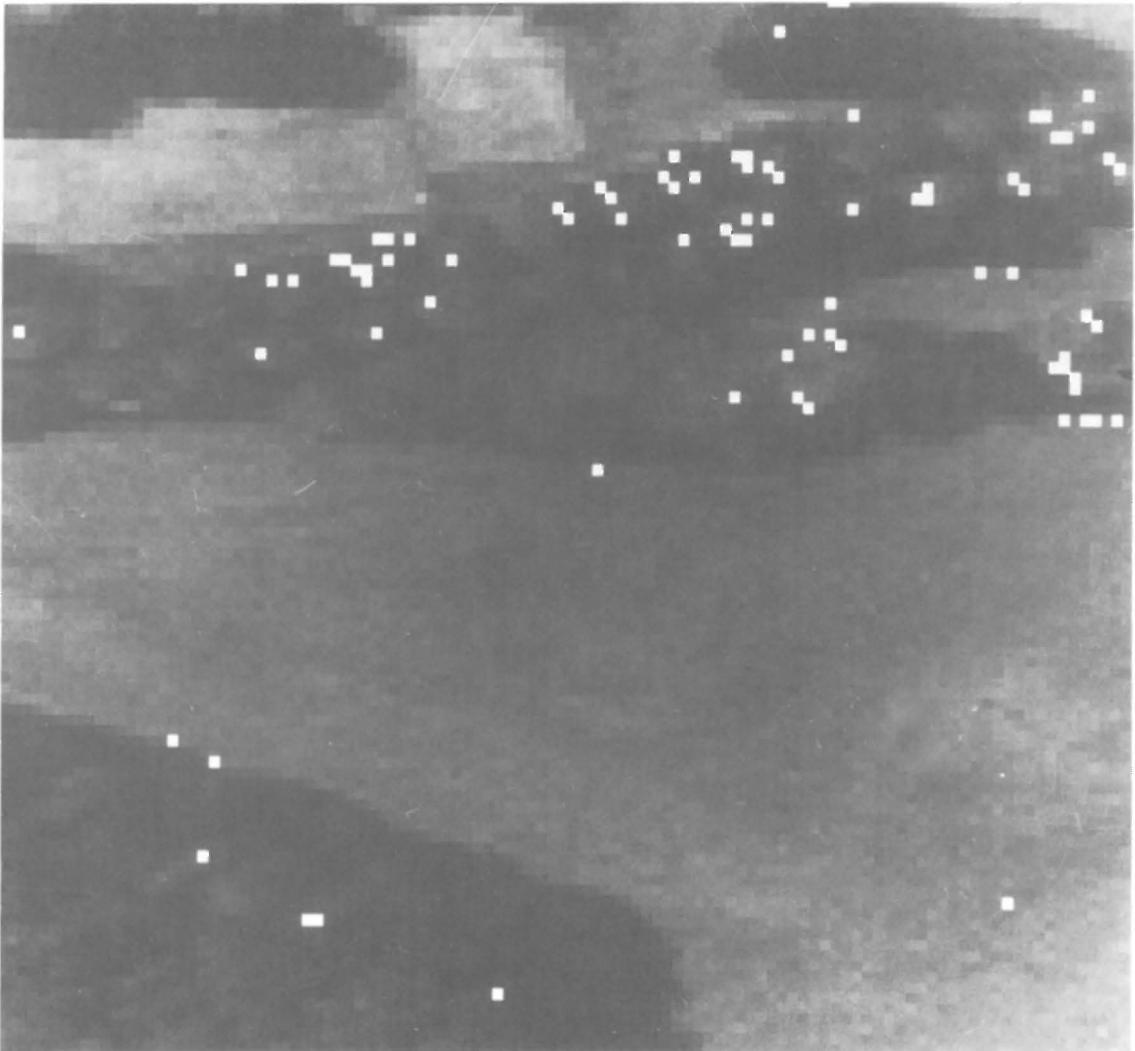


Abb. 1. Markierung schwer geschädigter Laubbäume in unmittelbarer Umgebung eines Industriebetriebes mit  $\text{SO}_2$ -, Staub- und Schwermetallemissionen. Durch frisch gemähtes Gras und Abschattungen kommt es gelegentlich zu Fehlklassifikationen. Eine später durchgeführte Verfeinerung der Methode hat diese weitgehend eliminiert.

Alle oberhalb der in Abb. 2 gelegenen Straße markierten Punkte sind ebenfalls geschädigte Nadelbäume (Ergebniskontrolle). Die Überprüfung der Ergebnisse zeigte, daß gelegentlich auch geschnittene Zierhecken Vegetationsschäden vortäuschen. Solcherlei Fehlinterpretationen sind jedoch anhand der immer gleichzeitig angefertigten Farb- oder Falschfarbenluftbilder leicht zu eliminieren.

Im Rahmen unserer Auswerteprogramme, die in dem Programmsystem UMIDAS (Umwelt Informations- und Daten Analyse System)

zusammengefaßt sind, wurde eine leicht überschaubare Form der Präsentation der Auswertergebnisse gewählt. Alle Rasterelemente, deren Größe frei wählbar ist, werden vom Rechner nach zwei Gesichtspunkten überprüft:

- a) Welcher Flächenanteil der gesuchten Vegetationsart befindet sich im jeweiligen Rasterelement und
- b) welcher Flächenanteil davon entspricht den Kriterien der Schadensbedingung

Das Verhältnis a) zu b) kann schließlich in Form einer Matrix (Zahlenwerte) am Drucker, oder durch einen färbigen Kartenüberleger dargestellt werden. Die einzelnen Verhältnisse werden in 10 Farb-Prozentabstufungen mittels eines Bildschreibgerätes (Optronics Colormation C-4500) auf Diapositivfilm ausgegeben.

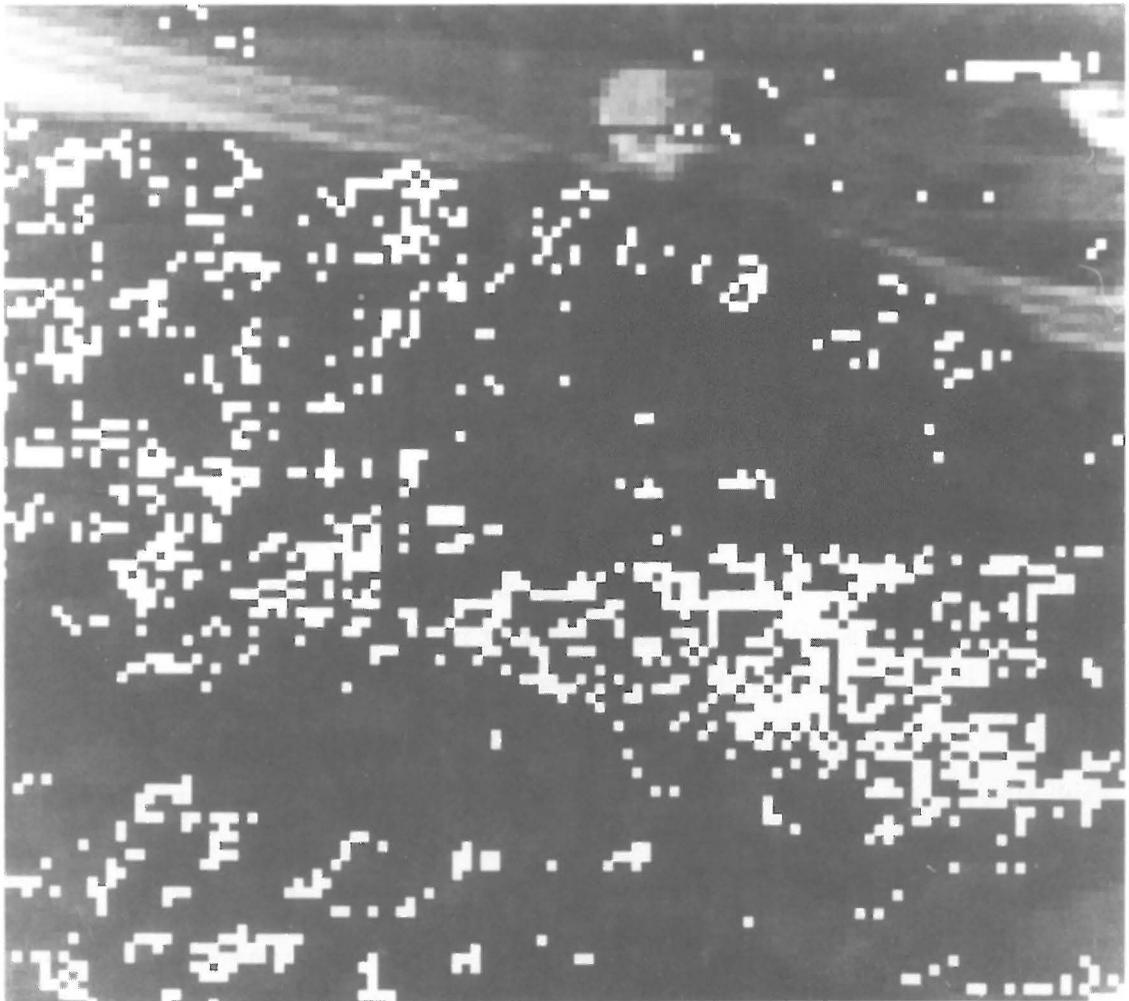


Abb. 2. Klassifikation schwerster Schäden an einem Nadelwaldbestand. Der Baumbestand (Pappeln) oberhalb der Stasse ist scheinbar nicht betroffen (separat beurteilt!)

## 5. Schlußbemerkung

Zur Beurteilung von Vegetationsschäden werden von uns vor einer Befliegung und Auswertung im allgemeinen zahlreiche, teils chemisch-analytische Untersuchungen an ausgewählten Pflanzen durchgeführt. Weiters empfehlen wir, im Falle von großflächigen Immissionschäden durch industrielle Abgase, meteorologische Untersuchungen, sowie Modellrechnungen zur Ermittlung der theoretisch besonders betroffenen Gebiete anzustellen. In Verbindung mit diesen begleitenden Untersuchungen ist die quantitative Auswertung von Vegetationsschäden mit Hilfe von Fernerkundungsmeßmethoden ein sehr wichtiges Instrument, das dann die größtmöglichen Sicherheiten bietet.

---

BOEHNEL, H.J.: Bestimmung spektraler Signaturen von bewachsenen Oberflächen durch radiometrische Bodenmessungen (Realisierung und Probleme). In: Symposium Flugzeugmeßprogramm. Berichte. Hrsg.: Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik. Eggenstein-Leopoldshafen 1978, S. 417-426, 9 Abb., Lit.

HABERÄCKER, P.: Untersuchungen zur Klassifizierung multispektraler Bilddaten aus der Fernerkundung. Hrsg.: Dt. Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V. Oberpfaffenhofen 1977, 134 S., 106 Abb., 42 Tab. Lit.

KATZMANN, W., STRUWE, W., ZIRM, K.: Umweltbestandsaufnahme durch Fernerkundung und Bodenmessung. Teilprojekt "Untersuchung der Umweltbelastungen im unteren Inntal durch Fernerkundung und vergleichende terrestrische Untersuchungen" Hrsg.: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien, 1978, S. 103, Abb., Tab., Lit.

MURTHA, P.A.: A Guide to Air Photo Interpretation of Forest Damage in Canada. Hrsg.: Canadian Forestry Service. Publication Nr. 1292. Ottawa 1972, S. 62, Abb. 25, Lit.

POLLANSCHÜTZ, J.: Luftbildinventur von Vegetationsschäden mit Infrarotfilm in der Steiermark. Allgemeine Forstzeitung. Wien, 1973, S. 1-5.

ZIRM, K.: Conference paper: Practical Application of Remote Sensing to Environmental Protection in Austria. International Symposium Image Processing (Interactions with Programmetry and Remote Sensing). Graz, 1977, S. 235-236

ZIRM, K.: Measurement of Environmental Stress in Mountain Areas Caused by Tourism. Conference paper. Int. Symposium on Remote Sensing for Observation und Inventory of Earth Resources and the Endangered Environment, 1979.

ZIRM, K.: Umweltbestandsaufnahme durch Fernerkundung und Bodenmessung. Teilprojekt "Registrierung von Vegetations-schäden im Umweltschutz" Hrsg.: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien 1979, S.90, Abb., Tab., (Ms., vervielfgt.)

---

Dieser Beitrag konnte dank der Erfahrungen in einem Forschungsprojekt des Österreichischen Bundesinstituts für Gesundheitswesen (Projektauftrag Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz) realisiert werden.