

FERNERKUNDUNGSVERFAHREN IM UMWELTSCHUTZ

von

Konrad L. ZIRM



Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen
Wien

1. EINLEITUNG

Der Begriff „Umweltschutz“ ist nicht, wie auf den ersten Blick vermutet werden kann, ohne Schwierigkeiten zu definieren, obzwar dieser seit etwa 15 Jahren ein Bestandteil unserer Alltagssprache geworden ist. Auch in der Rechtssprache der Gesetz- und Verordnungsgeber wird dieser Begriff oft in unterschiedlicher Bedeutung gebraucht und auch unterschiedlich definiert.

In Österreich ist der Umweltschutz verfassungsrechtlich noch nicht verankert, auch existiert noch keine bundeseinheitliche Umweltgesetzgebung. Bestimmungen, die „schädlichen Umwelteinwirkungen“ begegnen sollen, finden sich in Bundes- und Landesgesetzen verstreut, weshalb der Aufgabenbereich des Umweltschutzes in Österreich nur schwer abzugrenzen ist.

Fraglos sind die Bereiche

- Technischer Umweltschutz
- Naturschutz
- Raumordnung und Raumplanung

dem Umweltschutz zuzurechnen.

Beim Technischen Umweltschutz stehen vor allem Fragen der Verfahrenstechnik und der Meßtechnik im Vordergrund. Es werden physikalische und physikalisch-chemische Verfahren zur Lösung von Problemen herangezogen.

Im Gegensatz zum Technischen Umweltschutz spielen im Naturschutz und in der Raumplanung die zeitlichen Faktoren bei der Messung eine meist untergeordnete Rolle. Veränderungen der Landschaft finden gewöhnlich in größeren Zeiträumen (Tagen, Jahren, sogar Jahrzehnten) statt. Anders verhält es sich jedoch mit der räumlichen Auflösung, an die in Naturschutz und Raumplanung große Ansprüche gestellt werden. Diesen Anforderungen kommen die Methoden der Fernerkundung vielfach entgegen.

2. PRAXISORIENTIERTE FERNERKUNDUNG

Das Österreichische Bundesinstitut für Gesundheitswesen leistet seit seiner Gründung im Jahre 1973 in der Fachabteilung „Umweltschutz“ einschlägige Arbeiten zur Entwicklung und Anwendung neuer Meßverfahren. Dabei wurden die Methoden der Fernerkundung aufgegriffen und für den Umweltschutz adaptiert und weiterentwickelt.

2.1. Flugzeugfernerkundung

Wie in zahlreichen Publikationen nachzulesen ist, haben sich die Verfahren der Fernerkundung aus der Photogrammetrie beziehungsweise der Weltraumforschung und auch aus der militärischen Forschung entwickelt.

Das älteste und für den Umweltschutz derzeit bestgeeignete Fernerkundungsinstrument ist die Luftbildkamera. Sie wird mit verschiedenen, meist infrarotempfindlichen Filmen bestückt, eingesetzt. An den an sich „photogrammetrischen Kamerasystemen“ sind lediglich geringfügige Änderungen, wie das Anbringen spezieller Filter notwendig, will man mit ihnen Fernerkundung betreiben.

2.2. Aufnahmetechnik

2.2.1. Infrarotfilm

Der für Umweltschutzanwendungen bestgeeignete Infrarot-Farbfilm (Kodak Infrared Aerographic Type 2443) wurde in den Vereinigten Staaten speziell zur Beurteilung der Vegetation entwickelt. Dieser ist insbesondere im nahen Infrarot zwischen 700 und 900 nm sensibilisiert. Gerade in diesen Wellenlängenbereichen unterscheiden sich verschiedene Vegetationsarten, sowie gesunde (vitale) von defekter Vegetation deutlich.

Auf Grund produktionstechnischer Schwierigkeiten ist ein weiteres Eindringen photographischer Materialien in das nahe Infrarot nicht möglich, obzwar gerade diese Wellenlängenbereiche für Vegetationsuntersuchungen von Interesse sind. Mit speziellen, allerdings sehr unempfindlichen, und daher für die Fernerkundung ungeeigneten Filmemulsionen, ist es möglich, bis in Wellenlängenbereiche von maximal 1.500 nm vorzudringen. Die Entwicklung elektronischer Abtastsysteme hat eine weitere Entwicklung photographischer Filme in dieser Richtung erübrigt.

2.2.2. Multispektrale Scanner

Multispektrale Scanner sind Abtastsysteme, die weit außerhalb des menschlichen Sehbereiches bildfähige Aufzeichnungen gestatten. Bei den vom Österreichischen Bundesinstitut für Gesundheitswesen verwendeten digitalen Scannersystemen entstehen Bilder durch An-

einanderfügen einzelner kleinster digitaler Meßwerte – sogenannter Pixel – zu einem Bild. Die Daten werden im Flugzeug mittels Scanner auf Magnetbändern aufgezeichnet und erst im Bildanalyselabor mittels eines Prozeßrechners sichtbar gemacht (Monitor).

Die mit einem 11-kanaligen Scannersystem erfaßbaren Wellenlängenbereiche gibt Tabelle 1 wieder.

Tab. 1.: Spektralkanäle des Scanners (Bendix M²S); λ mittlere Wellenlänge, $\Delta\lambda$ Halbwertsbreite

KANAL	λ (μm)	$\Delta\lambda$ (μm)	FARBE
1	0.410	0.06	ultraviolett (UV)
2	0.465	0.05	blau
3	0.515	0.05	blaugrün
4	0.560	0.04	grün
5	0.600	0.04	gelb
6	0.640	0.04	orange
7	0.680	0.04	rot
8	0.720	0.04	nahes Infrarot
9	0.815	0.09	nahes Infrarot
10	1.015	0.09	nahes Infrarot
11	11.000	6.00	thermisches Infrarot

2.2.3. Bisherige Erfahrungen

Die Erfahrungen beim Einsatz der Fernerkundung im Umweltschutz haben gezeigt, daß sowohl die Infrarotphotographie mit Riehmesskameras als auch die Registrierung mit digitalen Scannersystemen von praktischer Bedeutung sind. Daher wurde in der Vergangenheit die Kombination Scanner/Luftbild besonders häufig angewandt.

Auf Grund des seit 1979 abgeschlossenen Kooperationsvertrages zwischen der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenenergie- und Weltraumfragen (ASSA) und der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) wurde die Zusammenarbeit mit der DFVLR wesentlich erleichtert. Die DFVLR ist gegenwärtig die einzige europäische Institution, die diese von uns bevorzugte Gerätekonfiguration anbietet.

Bei der Verwendung von Infrarotfarbfilmen hat sich im Laufe unserer Untersuchungen und Programme die Einhaltung folgender Regeln bewährt:

1. Das gegenüber Schwarzweißfilmen geringfügig kleinere Auflösungsvermögen des Infrarotfarbfilms (ca. 63 Linien je Millimeter bei einem Kontrast 1:1 000) zwingt zur Einhaltung größerer Maßstäbe als 1: 10 000, will man die Vitalität einzelner Bäume beurteilen. Zur Beurteilung etwa großflächiger Immissionsschäden sind auch kleinere Maßstäbe (bis ca. 1:30 000) brauchbar.

2. Allgemein haben sich Maßstäbe von 1:7 000 bewährt, dies gilt vor allem für die Beurteilung der Stadtvegetation.
3. In Stadt- und Gebirgsbereichen haben sich Brennweiten von 21 cm, bei sonstigen Anwendungen 15 cm Objektive, bei einem Bildformat von 23 x 23 cm bestens bewährt.
4. Um stereoskopische Auswertungen zu ermöglichen, sind Mindestüberdeckungen der Luftbilder von 60 % zu empfehlen. Will man Orthophotokarten anfertigen, so empfiehlt sich sogar eine Längsüberdeckung von 80 %.
5. Die sorgfältige Auswahl des Aufnahmezeitpunktes (Jahreszeit) ist zu beachten.

3. ERHEBUNGEN DER UMWELTSITUATION MIT HILFE DER FERNERKUNDUNG

Im Laufe der letzten Jahre wurden zahlreiche Umweltdokumentationen durch den Einsatz der Fernerkundung in Österreich geschaffen. Daran haben sich viele Institutionen beteiligt, die im Rahmen dieser Arbeit nicht aufgeführt werden können. Fallweise sind auch Daten, die nicht „a priori“ dem Umweltschutz gewidmet waren, zur Beweissicherung und Umweltdokumentation herangezogen worden. Abbildung 1 soll veranschaulichen, in welchen Bundesgebieten derartige Dokumente vorhanden sind. In dieser Darstellung sind allerdings die umfassenden Erhebungen des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, die zur Erfassung der österreichischen Weinanbauggebiete durchgeführt wurden (Sommer 1980) nicht enthalten. Diese stellen die bisher größte geschlossene Umweltdokumentation auf Infrarotfarbfilmen dar.

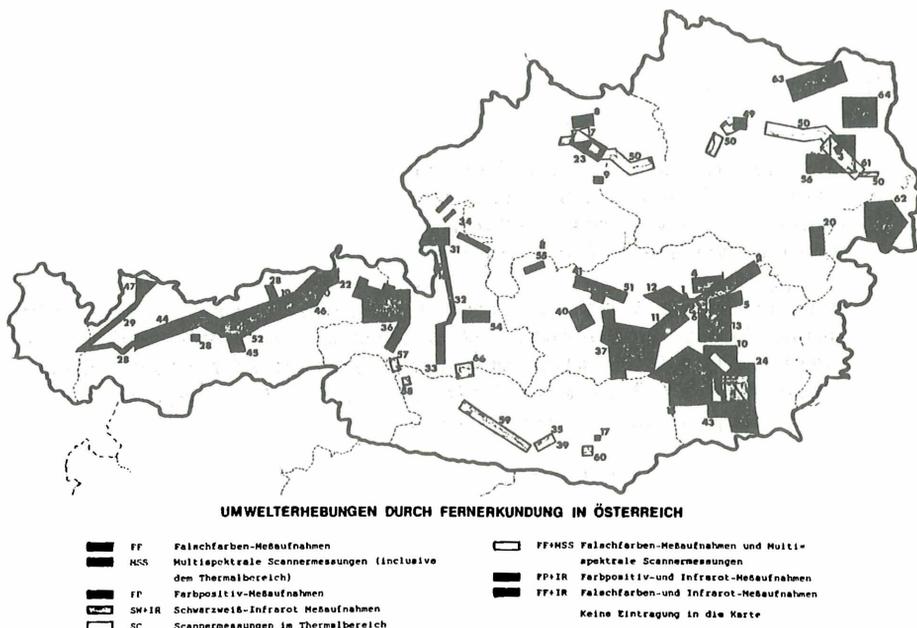


Abb. 1: Schwerpunktgebiete österreichischer Fernerkundungsuntersuchungen (1971 - 1979)

4. BEISPIELE DER FERNERKUNDUNGSANWENDUNG IM UMWELTSCHUTZ

Unsere praktischen Erfahrungen, sowie die Erfahrungen zahlreicher ausländischer Institute haben gezeigt, daß der Fernerkundung im Umweltschutz besondere Bedeutung zukommt.

Die durch Fernerkundung geschaffenen, weitgehend objektiven Daten besitzen fachüberschreitende Inhalte. So sind Fernerkundungsdaten für die Bearbeitung von Fragestellungen in den Bereichen

- Luft (Aerosole, Immissionswirkungen auf die Vegetation, mikroklimatische Untersuchungen)
- Vegetation (Bestandsaufnahmen, Artentrennung, Vitalitätsbeurteilungen)
- Wasser (Abwassereinleitungen, Überflutungen, Bodenfeuchten)
- Boden (Erosionen, Pistenschäden, Bodennutzungserhebungen etc.)

von Wichtigkeit.

Aus allen diesen „Umweltbereichen“ sollen in der Folge die Erhebung immissionsbedingter Vegetationsschäden mit modernsten Verfahren der Fernerkundung, sowie die Dokumentation von Pistenschäden gezeigt werden.

4.1. Klassifikation und Kartierung von Vegetationsschäden

Im Rahmen eines Projektauftrages des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz wurde das Immissionsschadensgebiet bei Brixlegg (Tirol) mittels Scanneraufnahmen in Verbindung mit interaktiven Bildverarbeitungsprogrammen nach einem weitgehend reproduzierbaren und objektiven Verfahren beurteilt.

Die Anwendung des Programmpaketes UMIDAS (Umwelt-Informations- und Daten-Analyse-System) ermöglichte die Klassifikation von Schadensgebieten nach einem modifizierten Quaderverfahren (siehe Literatur). Dabei wurden die bei terrestrischen Untersuchungen stichprobenartig ausgewählten geschädigten Bäume dem Bildrechner durch deren Koordinaten eingegeben. Dieser ist danach in die Lage versetzt, auf Grund der vorgegebenen spektralen Signaturen der geschädigten Testbäume, andere, gleichfalls geschädigte Bäume zu erkennen und aufzuzeigen.

Durch Zuhilfenahme weiterer Klassifikationen des übrigen Baumbestandes konnten diese Daten (gesunde – geschädigte Bäume) statistisch weiterverarbeitet werden. Abbildung 2 zeigt als Resultat unserer Untersuchungen die als geschädigt erkannten Bäume.

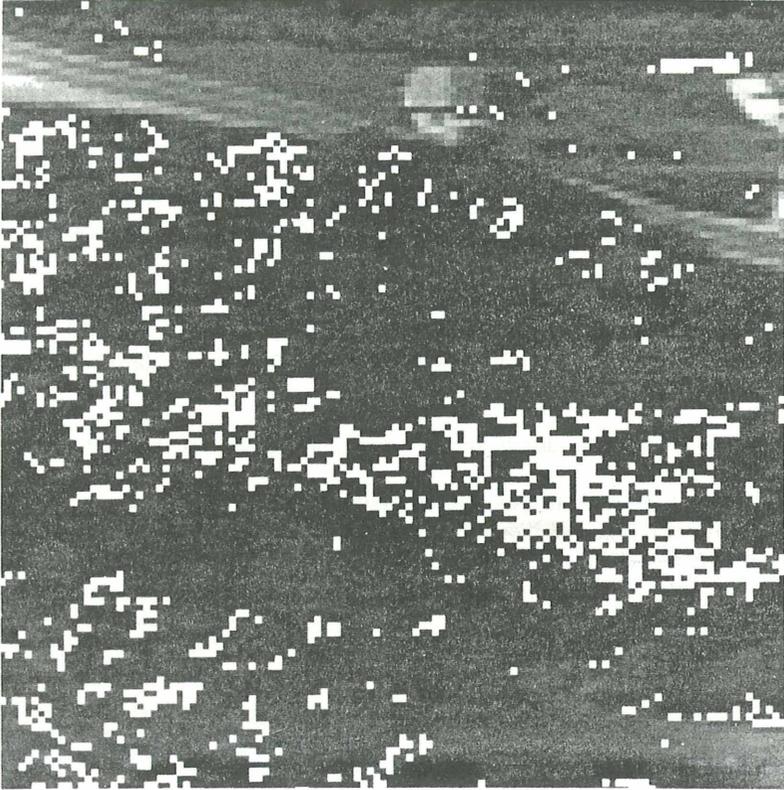


Abb.2: Markierung schwer geschädigter Bäume (weiße Bildpunkte) in unmittelbarer Umgebung eines Industriebetriebes mit SO_2 , Staub- und Schwermetallemissionen.
(Scanneraufnahme freigegeben durch das Bundesministerium für Bauten und Technik mit G.Z. 46 222/78 – IV/6/80)

Abbildung 3 zeigt schließlich die Weiterverarbeitung des Zwischenergebnisses (Abb. 2) in Form einer statistischen Auswertung.

Die hier präsentierten Daten sind flächengenau, da das angewandte Bildmaterial vor der Auswertung geometrisch korrigiert wurde. Die einzelnen (im Original färbigen) Flächenelemente geben über die jeweilige „Schadenzahl“ des betroffenen Gebietes Auskunft. Sie können in Form von Folien auch zusammen mit Strichkarten verwendet werden.

4.2. Erfassung von Pistenschäden

Die extensive Nutzung hochalpiner Regionen in Österreich hat vielfach zur Boden- und Vegetationsschädigung geführt. Oftmals wurden durch die unsachgemäße (übertriebene) Anlage von Pisten irreparable Umweltschäden hervorgerufen. Abbildung 3 zeigt hierzu

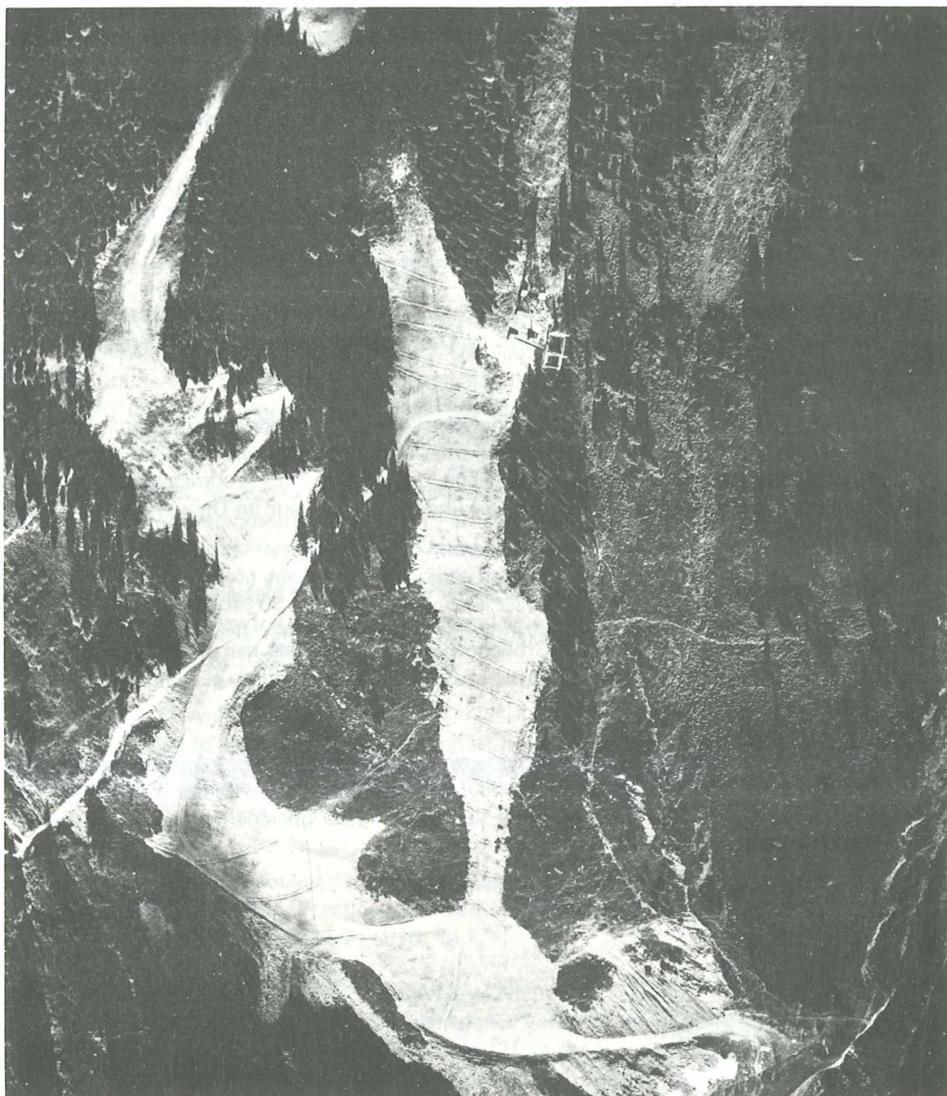


Abb. 3: Pistenschäden durch extensive Nutzung einer Bergregion.

Das im Original färbige Infrarotbild läßt den Eingriff des Menschen in die Natur schonungslos erkennen. Es handelt sich hierbei um den Nordhang des Schattberges bei Saalbach (Salzburg). Die grauen Flächen im Meßbild zeigen die ehemalige Vegetationsdecke, die hier vernichtet wurde. Da bei extremer Hangneigung derartige Flächen nicht mehr zu begrünen sind, stellen diese eine potentielle Gefahr u.a. für den Wasserhaushalt dar. Durch den Einfluß der Witterung sind dadurch hervorgerufene Erosionserscheinungen bereits irreparabel.

(Luftaufnahme freigegeben vom Bundesministerium für Bauten und Technik unter GZ 46222/280 – IV/6/77, aus Projektauftrag „Umwelterhebung Salzburg“ des Amtes der Salzburger Landesregierung)

ein markantes Beispiel einer Infrarot-Luftaufnahme (Original in Farbinfrarot). Besonders das Farbinfrarotbild ist geeignet, die Differenzierung zwischen Vegetation und Erosionsflächen zu verbessern. Mit Hilfe der geometrischen Korrektur solcher Meßaufnahmen wurde es uns möglich, durch zeitlich versetzte Aufnahmen bzw. Bilddokumente aus früheren Jahren exakte Messungen über das Fortschreiten der Bodenerosion durchzuführen.

5. SCHLUSSBETRACHTUNG

Die Kenntnisse, die am Österreichischen Bundesinstitut für Gesundheitswesen mit dem Einsatz von Fernerkundungsmethoden im Umweltschutz gewonnen wurden, sind vielversprechend.

Von der Weiterentwicklung der elektronischen Sensoren (Scanner, Pushbroom-Scanner, Radar) bzw. vom Einsatz Europäischer Fernerkundungssatelliten (SPOT etc.) werden in den nächsten Jahren neue Impulse ausgehen, die mit Sicherheit zu kostengünstigeren und operationellen Anwendungen der Fernerkundung – nicht nur im Umweltschutz – führen dürften.

Einen wesentlichen Beitrag leistet hierzu der von der Firma Messerschmitt Bölkow Blohm (MBB) entwickelte Scanner, der keine bewegten Teile mehr aufweist. Die geometrische Auflösung dieses Systems ist um Größenordnungen gegenüber den zur Zeit eingesetzten Scannertypen verbessert und reicht nahezu an die bei Luftbildern gewohnte Qualität heran.

Im Zuge der Steigerung des Auflösungsvermögens der Sensoren werden außerordentliche Datenmengen anfallen. Die Entwicklung der Elektronischen Datenverarbeitung läßt jedoch auf dem Sektor „Hardware“ eine Verbesserung der Speichermedien bei annähernd gleichbleibenden Kosten erwarten.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Aufgaben eines modernen Umweltschutzes sind sehr komplex und nur mit Schwierigkeiten abzugrenzen. In Ergänzung und Erweiterung zu den bisher im Umweltschutz praktizierten Meßverfahren haben sich die Verfahren der Fernerkundung als geeignet erwiesen. Dies haben Untersuchungen des Österreichischen Bundesinstituts für Gesundheitswesen gezeigt.

Besondere Bedeutung kommt in der Praxis dem Infrarotfarbluftbild zu, das in Österreich bereits als Grundlage zahlreicher Untersuchungen herangezogen wird. Die Anwendung multispektraler Scannersysteme bewährt sich bei der Gewässeruntersuchung und der Beurteilung von Immissionsschäden an der Vegetation sowie in den Bereichen Raumordnung und Naturschutz. Es wird ein Überblick über die bedeutendsten Umwelterhebungen mittels Fernerkundung in Österreich seit 1971 gegeben. An Hand zweier Beispiele werden praktische Anwendungen der Fernerkundung gezeigt.

LITERATUR

- (1) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abt. Photogrammetrie:
Amtliche Mitteilung über Bildflüge 1979
- (2) CERNUSCA, A.:
Ökologische Veränderungen durch Anlage von Skipisten.
SO aus: R. Sprung und B. König: Das österreichische Skirecht.
- Wien: Springer-Verlag 1977, 60 S., Anh.
- (3) DROBIL, M., KATZMANN, W., STRUWE, W., ZIRM, K.:
Fernerkundung im Umweltschutz. Die Anwendung des Thermalscanners.
Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz.
Hrsg. vom Österreichischen Bundesinstitut für Gesundheitswesen.
- Wien 1975, 52 S., Abb., Lit. (MS., vervielfältigt).
- (4) DROBIL, M., KATZMANN, W., STRUWE, W., ZIRM, K.:
Umweltbestandsaufnahme durch Fernerkundung und Bodenmessung.
Teilprojekt „Untersuchung der Umweltbelastung im Unteren Inntal durch
Fernerkundung und vergleichende terrestrische Untersuchung“.
Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz.
Hrsg. vom Österreichischen Bundesinstitut für Gesundheitswesen.
- Wien 1978, 103 S., Abb., Tab., Kt.
- (5) MURTHA, P.A.:
A Guide to Air Photo Interpretation of Forest Damage in Canada.
Hrsg.: Canadian Forestry Service. Ottawa 1972, 62 S., 25 Abb., Lit.
= Publikation Nr. 1292
- (6) ZIRM, K.:
Infrared Image Analysis and its Application to Environment Protection.
ASSA Publikation: Practical Application of Remote Sensing.
- Alpbach, Summer School, 1976
- (7) ZIRM, K., RASSAERTS, H., KATZMANN, W., SPATZ, G.:
Beurteilung anthropogen hervorgerufener Veränderung in der alpinen
Vegetationsdecke (Untersuchungen mit Hilfe des Infrarot-Luftbildes am
Beispiel des Stubnerkogels über Badgastein). In: Veröffentlichungen des
Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogrammes, Bd. 2: Ökologische Analysen
von Almflächen im Gasteiner Tal. - Innsbruck: Universitätsverlag Wagner 1978,
181 – 186, 3 Abb., 3 Tafeln
- (8) ZIRM, K.:
Umweltbestandsaufnahme durch Fernerkundung und Bodenmessung.
Teilprojekt „Registrierung von Vegetationsschäden im Umweltschutz“.
Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz.
- Wien 1979, 90 S., Abb., Tab. (unveröffentlicht)