

Anwendung von Fernerkundungsmethoden für eine Umweltkartierung auf
europäischer Ebene

von Reinhard Mößmer

Lehrstuhl für Landschaftstechnik an der Universität München

Zusammenfassung

Für das Gebiet der europäischen Gemeinschaft wird derzeit eine Methode der "ökologischen Kartierung" entwickelt, deren erste Phase den Aufbau eines Informationssystems vorsieht. Die dafür definierten Umweltindikatoren sind jedoch in den Mitgliedsländern der Europäischen Gemeinschaft in sehr unterschiedlicher Weise verfügbar.

Es wurde daher untersucht, in wieweit Methoden der Fernerkundung diese Umweltkartierungen auf europäischer Ebene unterstützen können.

Es hat sich gezeigt, daß die Fernerkundung einen wichtigen Beitrag zur Erfassung umweltrelevanter Verhältnisse leisten kann. Vor allem in Hinblick auf die praktische Durchführung wird unter den spezifischen Anforderungen einer Umweltkartierung für Europa den Satellitenaufnahmen als Informationsquelle generell der Vorzug gegeben. Die entscheidenden Vorteile bestehen in der synoptischen Großraumdarstellung bei genügender Aussage-schärfe, der laufenden Datenlieferung, den relativ geringen Kosten und der zielspezifisch guten Datengenauigkeit für eine Vielzahl wichtiger Indikatoren.

Ein Vorgehen, das auf einer Kombination aus Verfahren der digitalen Bildverarbeitung zur Optimierung der Daten und der konventionellen Bildinterpretation beruht, hat sich als besonders geeignet erwiesen. Dabei wird aber auch in Zukunft der Interpret mit regionalen Kenntnissen erforderlich sein, um zu guten Interpretationsergebnissen zu kommen.

1. Einleitung

Der Raumplaner benötigt als Grundlage für planerische Entscheidungen zunehmend ein breites Spektrum an flächenbezogenen Umweltdaten.

Er stützt sich bisher vor allem auf konventionelle Unterlagen, wie topographische und thematische Karten, Statistiken, Meßreihen und Auskünfte von Fachleuten.

Die Aktualität, Verfügbarkeit und Genauigkeit dieser Daten ist jedoch qualitativ wie quantitativ sehr unterschiedlich. So sind thematische und insbesondere topographische Karten oft veraltet, Umweltdaten häufig nur inselartig vorhanden, Statistiken nur schwer örtlich zuordenbar oder die spezifisch benötigten Daten sind noch nicht erhoben.

Eigene Felderhebungen kann der Raumplaner im regionalen und insbesondere im überregionalen Bereich in der Regel nur sehr begrenzt durchführen. Außerdem sind einige der Umweltdaten mit konventionellen terrestrischen Methoden überhaupt nicht erfaßbar.

Bei dieser Situation bieten sich die Methoden der Fernerkundung an, die zwar einen technisch hohen Reifegrad erreicht haben, im Vergleich dazu aber in die Praxis der Umweltplanung noch relativ wenig Eingang gefunden haben.

Im Rahmen einer Studie, die die Arbeitsgruppe Landschaftstechnik München zusammen mit der Zentralstelle für Geophotogrammetrie und Fernerkundung der DFG München, im Auftrag der Europäischen Kommission durchgeführt hat, wurde untersucht, in welchem Umfang Verfahren der Fernerkundung zu einer Umweltkartierung (der "ökologischen Kartierung der Europäischen Gemeinschaft") beitragen können, d. h. welche Verfahren geeignet sind, die bestehenden Datenlücken zu schließen und eine Aktualisierung vorhandener Daten zu ermöglichen.

Über die Erfahrungen die bei dieser Studie mit der Anwendung der Fernerkundungsmethoden im Rahmen der "ökologischen Kartierung" gesammelt wurden (AMMER, BODECHTEL, HAYDN, JASKOLLA, MÖSSMER 1979), soll im Folgenden berichtet werden.

Dabei standen folgende Fragen im Vordergrund:

- 1) Welche Anforderungen ergeben sich an die Fernerkundung aus der Sicht der "ökologischen Kartierung" auf europäischer Ebene
- 2) Mit welchen operationell anwendbaren Verfahren der Fernerkundung können welche Indikatoren erfaßt bzw. aktuell gehalten werden.

2. Die Methode der "ökologischen Kartierung der EG"

Bevor auf die Ergebnisse der Fernerkundungsstudie eingegangen wird, soll zunächst das Verfahren der "ökologischen Kartierung" kurz dargestellt werden.

Die Aufgabe der "ökologischen Kartierung" besteht darin, für das Gebiet der Europäischen Gemeinschaft (EG) die ökologischen Ressourcen aufzunehmen mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit und Belastung der natürlichen Güter vergleichbar darzustellen und so Gebiete zu verdeutlichen, in denen günstige, ausgewogene oder unausgewogene Umweltverhältnisse vorliegen. (SCHNEIDER 1978). Das Vorgehen erfolgt in drei Arbeitsschritten (AMMER, BECHET, KLEIN, 1979):

- 1) Aufbau eines Umweltinformationssystems. Mit Hilfe ausgewählter Indikatoren (ca. 90) wird der Zustand der Umweltbereiche "Luft", "Wasser" und "Boden" sowie des Komplexbereiches "Landschaft" flächenbezogen charakterisiert.

Die Informationen werden Absolutwerten gespeichert und über Bewertungsfunktionen in eine 9-stufige Relativskala umgesetzt (unausgewogene: Stufe 1 - 3, ausgewogene Stufe 4 - 6 und günstige Umweltverhältnisse: Stufe 7 - 9).

- 2) Die zahlreichen Einzelinformationen, die flächendeckend zur Verfügung stehen, werden in einem weiteren Schritt für die o. a. Umweltbereiche zu einer komplexen Aussage für die natürliche Leistungsfähigkeit und für die Belastung verknüpft.

- 3) Aus der Gegenüberstellung der Leistungsfähigkeit zur festgestellten Belastung ergibt sich in einer Art Bilanz die "Restleistungsfähigkeit" bzw. das Potential des jeweiligen Umweltbereiches. Auf diese Weise soll eine Einschätzung der aktuellen Umweltsituation in den einzelnen Regionen Europas ermöglicht werden, die - bezogen auf die Umweltbereiche - als eine Art "Frühwarnsystem" genutzt werden kann, das flächendeckend großräumige Informationen bereitstellt.

Erfassung, Bewertung und Darstellung der Daten erfolgt in allen drei Stufen in einem geometrischen Raster von 1 x 1 km.

3. Anforderungen an die Fernerkundung aus der Sicht der "ökologischen Kartierung"

Im Rahmen der Arbeiten für die "ökologische Kartierung" wurde unter anderem in den Mitgliedsländern die Frage der Datenverfügbarkeit geprüft. Dabei ergab sich, daß eine Menge von Daten zur Verfügung steht; zum Teil sind diese allerdings von der Entwicklung überholt, wobei dieser Trend auch in Zukunft für einige sich dynamisch entwickelnde Indikatoren besonders stark sein wird. Hinzu kommt, daß eine Reihe von Daten auch nach unterschiedlichen Kriterien erhoben wurden und somit nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Für einige andere Indikatoren fehlen Werte gänzlich oder sind nur inselartig vorhanden.

Die Situation wurde noch dadurch erschwert, daß diese Verhältnisse im Datenangebot zwischen den verschiedenen Ländern der Europäischen Gemeinschaft sehr unterschiedlich sind.

Ausgehend von dieser Situation und der Notwendigkeit einer vergleichbaren, flächendeckenden und großräumigen Aussage, sowie dem Zwang zur Praktikabilität ergeben sich folgende Wünsche an die Fernerkundung:

- 1) Das Verfahren soll operationell anwendbar sein und zeitlich wie finanziell überschaubar die laufende Kartierung unterstützen.
- 2) Da die Genauigkeit sich an der europäischen Dimension orientiert, bedeutet dies, daß großräumig bezogene Informationen bereitgestellt werden sollen. (Raster 1 x 1 km, dimensionslose 9-stufige Skala).
- 3) Das Verfahren der Fernerkundung sollte eine einheitliche Interpretationsgrundlage liefern, um die angestrebte Vergleichbarkeit innerhalb der Europäischen Gemeinschaft zu gewährleisten.
- 4) Das Informationskataster sollte auch in Zukunft einfach nachführbar sein und so eine Anpassung an sich ändernde Umweltverhältnisse ermöglichen.

4. Der Beitrag der Fernerkundung zur Datenerhebung (im Rahmen der "ökologischen Kartierung" der EG)

Operationell einsetzbare Verfahren der Fernerkundung

Folgende Verfahren der Fernerkundung bestehen generell für erdwissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung:

- 1) photographische Luftbilder
- 2) multispektrale Daten des Satellitenscanners
- 3) Multispektralscanner im Flugzeug
- 4) Radar- und Lasertechnologie

Die Aufnahme - und Interpretationstechnik der Luftbilddaufnahmen ist praxisreif entwickelt und vielfältig genutzt. Eine Prüfung der Datenverfügbarkeit im Rahmen einer europäischen Umweltkartierung zeigt jedoch folgendes:

Flugaufnahmen sind zwar von sehr vielen Gebieten der europäischen Gemeinschaft vorhanden, jedoch aus sehr unterschiedlichen Aufnahmejahren und überwiegend auf panchromatischen S/W-Film.

Um eine einheitliche und aktuelle Interpretationsgrundlage zu erhalten, sind zudem relativ teure und in der Flächenleistung vom Flugwetter abhängige Bildflüge erforderlich. Dies trifft vor allem auch für eine zukünftige Nachführung des Informationskatasters zu.

Die Aufnahme- und Interpretationstechnik hat bei Satellitenscannerdaten einen Stand erreicht, der den Einsatz in der Praxis möglich macht. Alle 18 bzw. 9 Tage überfliegen die erdwissenschaftlich konzipierten Satelliten LANDSAT 2 und 3 das gleiche Gebiet und übermitteln so laufend - außer bei Wolkenbedeckung - Daten der Erdoberfläche in spezifischen Spektralbereichen und in digitaler Form. Der Satellit liefert auf diese Weise für große Räume vergleichbare und aktuelle Interpretationsgrundlagen zu verschiedensten Jahreszeiten und zu einem relativ geringem Preis.

Das System des Multispektralscanners steht auch im Flugzeug zur Verfügung. Jedoch erscheint dieses Verfahren nach dem heutigen Stand der Entwicklung nur für gezielte kleinräumige Erhebungen geeignet; bei großflächigem Einsatz machen sich die Probleme der geometrischen Entzerrung und der störenden radiometrischen Erscheinungen besonders bemerkbar.

Neben diesen Systemen stehen dem Erdwissenschaftler auch aktive Verfahren wie Radar und Laser zur Verfügung. Beide Systeme befinden sich für erdwissenschaftliche Anwendung erst im experimentellen Stadium, sodaß noch keine hinreichenden Modellvorstellungen zur Verfügung stehen.

Beim Radar kommt hinzu, daß bei großflächigem Einsatz ähnliche Probleme der geometrischen Entzerrung und der radiometrischen Einflüsse ähnlich dem Flugzeugscanner auftreten.

Als Ergebnis erscheinen für europäische Umweltkartierung zwei Verfahren praktikabel:

Luftbildaufnahme und
Satellitenscannerdaten

Sie unterscheiden sich im wesentlichen folgendermaßen:

- die Auflösung ist beim Luftbild besser als beim Satellitenscanner
- der zeitliche und kostenmäßige Aufwand für Bereitstellung und Interpretation der Daten ist mit den heutigen Interpretationsmethoden bei Satellitendaten aber erheblich niedriger
- Satelliten liefern spektralspezifische Daten in digitalisierter und damit computercompatibler Form
- Satellitendaten stehen laufend auch in Zukunft zur Verfügung, um die Datenbasis den veränderten Verhältnissen anzupassen

Interpretation der Umweltdaten

Für die Interpretation der Umweltdaten wurden in vier für Europa repräsentativen Testgebieten folgende Fernerkundungsdaten bearbeitet:

- Luftbilder in verschiedenen Maßstäben auf Farbinfrarotfilm und panchromatischen S / W - Film
- Multispektraldaten der Satelliten LANDSAT 1 und 2 aus verschiedenen Jahreszeiten
- Flugzeugscanneraufnahmen

Aus dem Vergleich mit den Testkartierungen der "ökologischen Kartierung" in denselben Testgebieten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Mit Hilfe des Luftbildes läßt sich eine Vielzahl von Indikatoren differenziert interpretieren, wobei die Einbeziehung des Nahen Infrarot - Spektralbereiches (z. B. über Falschfarbenfilm) insbesondere zur Erhebung der Bodennutzung und der Gewässer eine wichtige Rolle spielt.

Die Detaillierkennbarkeit übertrifft selbst noch bei einem Bildmaßstab von 1 : 65 000 die Anforderung einer europäischen Umweltkartierung; z. B. ist eine Unterscheidung der Intensität der Weidenutzung oder der Waldtypen möglich. Auch Landstraßen, schmälere Flüsse und kleinere Siedlungen können kartiert werden.

Mit den heute zur Verfügung stehenden Multispektraldaten der Satellitenreihe LANDSAT können wichtige Indikatoren ausreichend genau erhoben wer-

den, wenn es auch nicht möglich ist, schmale Signaturen mit geringem Kontrast zur Umgebung wie Landstraßen und kleine Siedlungen und auch Höhenunterschiede zu interpretieren. Besondere Bedeutung für die Datenerhebung haben neben der multispektralen und multitemperalen Interpretation auch digitale Bildverbesserungsverfahren. Z. B. können durch Ratiobildungen Differenzierungen im Watt und durch Hauptkomponentenableitungen die Feuchtigkeitsverhältnisse der Vegetation gezielt erhoben werden. Dies wurde durch Ergebnisse aus einem Test mit Flugzeugscanner-aufnahmen unterstrichen.

In diesem Zusammenhang hat sich auch gezeigt, daß für gute Ergebnisse unterschiedliche Interpretationsgrundlagen (z.B. Zeitpunkt der Aufnahme, Bildverarbeitung) sowohl zur Interpretation der einzelnen Indikatoren, als auch der gleichen Indikatoren aber in unterschiedlichen Regionen erforderlich sind.

Für den Spektralbereich des Fernen Infrarot stehen noch keine Satelliten-scannerdaten mit zufriedenstellender Auflösung zur Verfügung.

Luftbildaufnahme oder Satellitendaten

Aus der Gegenüberstellung der beschriebenen Gesichtspunkte kommt man generell zu der Empfehlung, Satellitendaten für die praktische Durchführung der "ökologischen Kartierung" einzusetzen. Die Interpretation auf der Grundlage dieser Satellitendaten

- erfüllt für eine Vielzahl von Indikatoren die Anforderung der "ökologischen Kartierung" und ermöglicht die zusätzliche Erhebung wünschenswerter Indikatoren,
- stellt ein operationell einsatzfähiges Verfahren dar, das eine einheitliche Interpretationsgrundlage liefert und für das in Zukunft wesentliche Verbesserungen zu erwarten sind
- erfordert im Vergleich zum Luftbild wesentlich geringeren Zeit- und Kostenbedarf (Datenbereitstellung, Dateninterpretation)
- ermöglicht mit relativ geringem Aufwand eine laufende Fortführung des Informationssystems entsprechend den Veränderungen in unserer Umwelt.

Diese Empfehlung gilt umso mehr, als in Zukunft die neue Satellitengeneration Verbesserungen im Auflösungsvermögen, in der Wiederholungsrate und in der Interpretationstechnik (u. a. über eine spezifisch spektrale Bandverteilung) erwarten läßt.

Sollten Indikatoren erwünscht sein, die mittels bestehender Satellitendaten nicht erfaßbar sind, so muß geklärt werden, ob der Einsatz von Flugzeugdaten den enormen zeitlichen und finanziellen Aufwand rechtfertigt.

5. Anwendung der Satellitendaten bei der Durchführung der "ökologischen Kartierung"

Für die Nutzung der Satellitendaten im Rahmen der praktischen Durchführung einer derartigen europäischen Umweltkartierung ergibt sich, aufbauend auf den gesammelten Erfahrungen der Interpretationen in den Testgebieten, folgender Weg (Abb. 1):

Nach Auswahl geeigneter Satellitenaufnahmen führt der Interpret, der über Geländeerfahrung verfügen muß, zur Ermittlung der optimalen Datenaufbereitung auf der Basis der regionalen Anforderungen und fachspezifischer Aussagen anhand kleiner signifikanter Testbereiche die verschiedenen Verarbeitungsalgorithmen durch.

Entsprechend dieser Ergebnisse erhält der Nutzer nun durch Standardverfahren und digitale Bildverbesserungsverfahren aufbereitete Satellitendaten, die auf photographischem Weg unter Zugrundelegung topographischer Kartenauf den Auswertemaßstab von 1 : 100 000 bis 1 : 200 000 vergrößert werden. Anhand eines regionalen Interpretationsschlüssels werden die angesprochenen Phänomene auf Folien ausgewertet und anschließend kartographisch dargestellt.

Mit Hilfe von Bewertungsfunktionen erfolgt nun die Umsetzung in Rasterwerte und Rasterkarten.

Im Mittelpunkt steht also die konventionelle Photointerpretation, die unter Verwendung von Zusatzinformationen und unter Berücksichtigung der Wünsche und Anforderung der Experten die Aufbereitung der Satellitendaten beeinflusst.

Nicht in diesen Untersuchungen berücksichtigt wurden Verfahren der automatischen Klassifikation, da sich herausstellte, daß die vollautomatische Auswertung auf der Basis der derzeit verfügbaren Daten und entsprechend der heutigen Entwicklung noch nicht möglich ist (SCHNEIDER 1979).

Dies beruht sicher mit darauf, daß der erfahrene Interpret die regionalen und lokalen Besonderheiten in seiner Bearbeitung berücksichtigt, diese "Erfahrung" einem Rechensystem für den operationellen Einsatz wohl auch in näherer Zukunft begrenzt zu übermitteln ist.

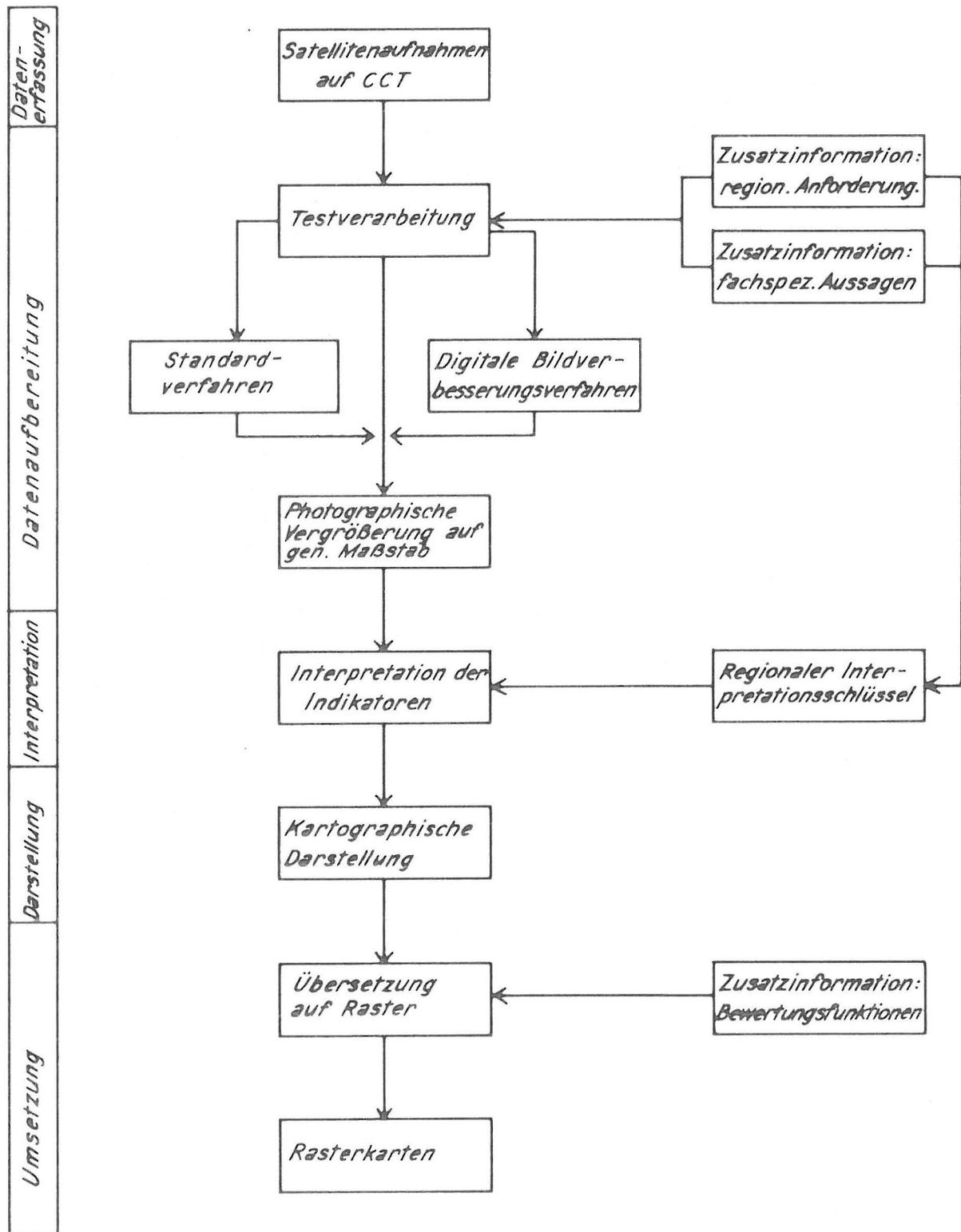


Abb.1 Ablaufschema zur Interpretation der Satellitendaten im Rahmen der „Ökologischen Kartierung“ der EG

Literatur

AMMER, U; BECHET, G; KLEIN, R; 1979: Zum Stand der ökologischen Kartierung der Europäischen Gemeinschaft. Forstwissenschaftliches Centralblatt 98, S. 18 - 33

AMMER, U; BODECHTEL, J; HAYDN, R; JASKOLLA, F; MÖSSMER, R; 1979: Anwendung von Fernerkundungsmethoden im Rahmen der "ökologischen Kartierung der EG". Studie im Auftrag der Europäischen Kommission, unveröffentlicht.

SCHNEIDER, G; 1978: Umweltvorsorge über den Tag hinaus. Forstwissenschaftliches Centralblatt 97, S. 185 - 192

SCHNEIDER, S; 1979: Zur Auswertung von Satellitenaufnahmen bei der Gewinnung von Flächennutzungsdaten für die räumliche Planung. Bildmessung und Luftbildwesen 47, S. 179 - 182