

Ulrich Honecker, Ernst-Wolfgang Löffler

Fernerkundung

S. 655 bis 660

URN: urn:nbn:de:0156-5599578



CC-Lizenz: BY-ND 3.0 Deutschland

In:

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.):
Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung

Hannover 2018

ISBN 978-3-88838-559-9 (PDF-Version)

Ulrich Honecker, Ernst-Wolfgang Löffler

Fernerkundung

Gliederung

- 1 Einführung
 - 2 Aufnahmetechnik
 - 3 Anwendung von Fernerkundungsdaten in der Stadt- und Raumentwicklung
- Literatur

Der vom englischen Ausdruck remote sensing abgeleitete Begriff Fernerkundung umschreibt die Gesamtheit aller Methoden, die das kontaktlose wissenschaftliche Beobachten und Erkunden eines Gebiets aus der Ferne erlauben.

1 Einführung

Bis Anfang der 1970er Jahre beschränkten sich Methoden zur Fernerkundung auf die Interpretation von Luftbildern. Mit dem Einsatz von Satelliten und elektronischen Sensoren, die das Gelände in einer bisher nicht gekannten Vielzahl von Wellenlängen im sichtbaren und nicht sichtbaren Bereich aufzeichnen, wurde dann eine neue Phase der Fernerkundung und damit auch der Raumforschung und Erderkundung eingeleitet. Eng verbunden ist diese Entwicklung mit den ebenfalls fast explosionsartigen Fortschritten in der elektronischen Datenverarbeitung, ohne die die moderne Fernerkundung nicht denkbar wäre.

Digitale Aufnahmesysteme stehen seit den 1980er Jahren im Mittelpunkt der Fernerkundung. Die Aufnahmesysteme der kommerziellen Satelliten „IKONOS“, „QuickBird“ oder „GeoEye“ erreichen räumliche Auflösungen von 1 m bis 0,42 m, und auch die neue Generation von Landnutzungsatelliten (SPOT, Landsat, Resourcesat) erzielen neuerdings Auflösungen von wenigen Metern.

2 Aufnahmetechnik

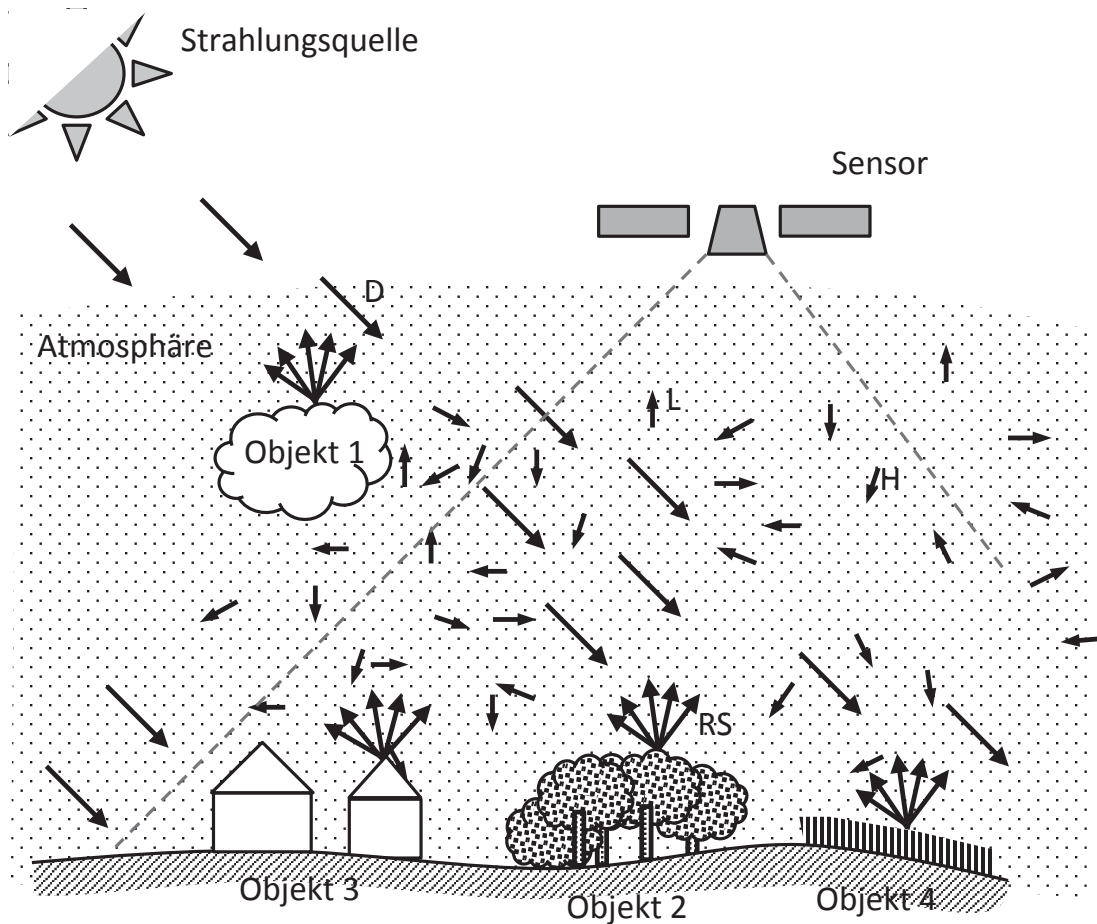
Für das Verständnis der Aufnahmen und die korrekte Interpretation des Bildinhalts sind sowohl Grundlagen der Satellitentechnologie und der Aufnahmeverfahren als auch der elektromagnetischen Wechselwirkungen zwischen Strahlungsquelle, Atmosphäre, Objekt und Empfänger notwendig. Hierzu wird auf gängige Literatur wie Albertz (2009), Löffler, Honecker und Stabel (2005), Taubenböck und Roth (2010), Jones und Vaughan (2010) oder Lillesand, Kiefer und Chipman (2008) verwiesen.

Neben den Wellenlängen des sichtbaren Lichts spielen in der Fernerkundung das nahe und das thermale Infrarot eine wichtige Rolle. Der Begriff *Infrarot* umschreibt zwei grundsätzlich verschiedene Wellenlängenbereiche. Das nahe Infrarot (0,7–3,0 μm) ist und verhält sich wie reflektiertes Sonnenlicht. Das zwischen 3 μm und 1.000 μm gelegene mittlere und ferne Infrarot dagegen wird als Wärmestrahlung (Wärmeemission) von der Erdoberfläche ausgestrahlt. Für die Fernerkundung ist in erster Linie der Bereich zwischen 8 μm und 14 μm von Bedeutung, da hier das Maximum der Wärmestrahlung der Erdoberfläche liegt.

Fernerkundungsplattform sind alle Träger, die für die Installation von Aufnahmegeräten geeignet sind und eine Fernsicht ermöglichen. In der Regel sind es Flugzeuge und Satelliten. Für Sonderanwendungen können auch ferngesteuerte Luftschiffe (Blimp) sowie neuerdings auch Quadro- und Oktokopter eingesetzt werden. Während Flugzeuge bei der Aufnahme vor allem von den Bedingungen der Atmosphäre abhängig sind, sind es bei Satelliten die Parameter der Umlaufbahnen, die Aufnahmegeometrie und -zeitpunkt beeinflussen.

Ein entscheidendes Kriterium für die Leistungsfähigkeit eines Aufnahmesystems ist sein Auflösungsvermögen, d. h. die Fähigkeit, Objekte, Punkte, Messwerte oder Wellenlängen zu trennen. In der Luftbildfotografie bezog sich das Auflösungsvermögen ausschließlich auf die durch Kameraoptik, Filmmaterial, Flughöhe etc. bestimmte räumliche Auflösung. Bei elektronischen Systemen sind neben der räumlichen auch die spektrale, radiometrische und thermale Auflösung sowie die Wiederholungsrate und die Schwadbreite (Breite des Aufnahmestreifens) von Bedeutung.

Abbildung 1: Wechselwirkungen Strahlungsquelle - Atmosphäre - Objekt - Sensor (D: Direkte Sonnenstrahlung, H: Himmelsstrahlung, L: Luftlicht, RS: Reflexion und Streuung)



Quelle: Eigene Darstellung nach Albertz (2009)

Die räumliche Auflösung gibt die durch das Aufnahmesystem und die Flughöhe bestimmte Ausdehnung des kleinsten erfassbaren Geländeausschnitts und damit auch die Größe eines Bildelements (Pixel) an; seine Fläche oder Kantenlänge wird als Maß der räumlichen Auflösung verwendet. Die spektrale Auflösung gibt die Fähigkeit an, Wellenlängenbereiche differenziert zu erfassen; sie wird durch die Anzahl der vorhandenen Kanäle (Bänder) festgelegt. Jeder Empfangskanal definiert einen Wellenlängenbereich durch eine untere und obere Wellenlänge. Die meisten Satelliten verfügen über drei oder vier Kanäle, die vom sichtbaren Spektrum bis zum nahen Infrarot reichen, man bezeichnet sie als Multispektralscanner. Die Bandbreite überschreitet in der Regel mehrere Deka-Nanometer. Für wissenschaftliche Zwecke kommen oftmals Hyperspektralsensoren zum Einsatz. Die spektrale Breite der Bänder erreicht bei diesen nur 10er Nanometer und die Anzahl der Bänder geht in die Hunderte.

Fernerkundung

Die radiometrische Auflösung wird durch die Kapazität der Detektoren bestimmt, Helligkeitswerte (Grauwerte) zu differenzieren; sie wird in Bits (Binärziffern) angegeben. Die radiometrische Auflösung der verwendeten Abtaster variiert von 6 Bit (2^6 Grauwerte) bis 11 Bit (2^{11} Grauwerte). Aufgrund der weitgehenden Linearität der Aufnahmekurve digitaler Sensoren können Details in gesonderten Bildbereichen gezielt hervorgehoben werden. Die thermale Auflösung gibt die Fähigkeit eines Systems an, Temperaturdifferenzen innerhalb eines Objekts gleichen Emissionsgrads zu erfassen.

Die Wiederholungsrate ist ein Maß dafür, in welchem Zeitintervall derselbe Ausschnitt der Erdoberfläche hintereinander aufgenommen werden kann. Viele Sensorsysteme (beispielsweise die Landsat-Reihe) verhalten sich dabei statisch, andere dynamisch (beispielsweise die SPOT-Reihe, Resourcesat) und können aufgrund eines seitlich schwenkbaren Aufnahmebereichs (off-nadir) in kürzeren zeitlichen Abständen Aufnahmen des gleichen Ausschnitts der Erdoberfläche tätigen. Diese Eigenschaft kann bei Naturkatastrophen oder zur Ausnutzung günstiger atmosphärischer Aufnahmebedingungen zeitliche Vorteile verschaffen. Mittels dieser Technik sind auch stereoskopische Betrachtungen möglich.

Mit dem im Februar 2013 erfolgreich in die Umlaufbahn gebrachten Landsat 8 wurde nicht nur ein Wechsel in der Landsat-Satellitenreihe von opto-mechanischen zu opto-elektronischen Abtastern vollzogen, sondern es wurden auch die für die Kontinuität der Erderkundung wichtigen, 1972 begonnenen systematischen Aufnahmen fortgesetzt. Diese Mission wird als Landsat-Data-Continuing Mission bezeichnet, um die Bedeutung dieser Aufnahmesysteme insbesondere für zivile Zwecke hervorzuheben. Mit der Sentinel-Mission der ESA soll zukünftig auch von europäischen Satelliten aus eine Vielzahl an Fernerkundungsmöglichkeiten (Radar, multispektral) geboten werden (Berger/Aschbacher 2012). Die Datenbank des Committee on Earth Observation Satellites (CEOS 2014) liefert eine gute Übersicht über mehr als 200 Satelliten-Sensor-Systeme.

Damit Aufnahmedaten auch genutzt und ggf. mit anderen Daten in einem Geoinformationssystem (▷ *Geoinformation/Geoinformationssysteme (GIS)*) verarbeitet werden können, müssen sie einer Vorbereitung unterzogen werden. Dazu sind eine geometrische (Orthorektifizierung) und/oder eine radiometrische (Atmosphären-, Topografie-)Korrektur erforderlich. Rechnerische Auswerteverfahren erlauben Informationsreduktion (z. B. Hauptkomponententransformation) und Informationsselektion (z. B. Vegetationsindices) bis hin zur statistikbasierten und/oder regelbasierten Klassifikation auf Pixel- oder Segmentebene. Im Falle einer automatisierten Prozesskette stellt sich die Fernerkundung als Teil der Geomatik dar.

Eine Sonderstellung nehmen die Radar- und Lidaraufnahmen ein. Die Radarerkundung basiert auf der Messung der Rückstreuung der erzeugten Mikrowellenstrahlung (Radarecho) und der Umsetzung in ein Radarbild. Bildherstellung und Signalauswertung sind kompliziert, sodass der Einsatz Spezialuntersuchungen vorbehalten ist. Der große Vorteil der Radarerkundung ist die Wetterunabhängigkeit, daher z. B. der Einsatz bei Katastrophenüberwachung wie bei Überschwemmungen und anderen Naturkatastrophen. Lidaraufnahmen sind eine flugzeugbasierte Anwendung, die es erlaubt, aufgrund der Rückstreuensignale des ausgesendeten Laser-Signals im optischen Bereich Distanzmessungen vorzunehmen. Die Erzeugung hochauflösender Digitaler Höhenmodelle, aber auch von Gebäude- und Waldstrukturen ist damit möglich.

3 Anwendung von Fernerkundungsdaten in der Stadt- und Raumentwicklung

Die Fernerkundung bietet der Stadt- und Raumplanung ein vielfältiges, inzwischen allerdings auch schwer überschaubares Spektrum an Datengrundlagen an. Nach wie vor sind Luftbilder für die detaillierte Raumgliederung und Raumbewertung unentbehrlich. Die wichtigsten natürlichen und anthropogenen Erscheinungen, die einen Raum charakterisieren, wie Oberflächenformen, Vegetation, Böden, Gewässer sowie kulturlandschaftliche Elemente wie Flur- und Siedlungsformen, sind praktisch auf allen Bildprodukten direkt oder indirekt zu erkennen; die Wahl des Bildprodukts wird von Aufgabenstellung und Maßstab abhängen. Luftbilder wurden schon früh in Arbeiten zur Erfassung von Naturräumen und Naturressourcen eingesetzt wie auch in Untersuchungen über historische Stadtentwicklungen oder funktionale Stadtgliederungen. Im ländlichen Raum (▷ *Ländliche Räume*) werden sie seit vielen Jahren zur Typisierung, Beschreibung und Inventarisierung von Siedlungstypen sowie deren Veränderungen über längere Zeitspannen eingesetzt, und in der Kommunalplanung dienen sie aufgrund ihrer Aktualität und des raschen Überblicks über siedlungsbildende Grundelemente als planerisches Hilfsmittel. Die Evaluierung von Dachflächen für die Errichtung von Fotovoltaikanlagen, die Beurteilung der Oberflächenversiegelung zur Bemessung der Regenwasserabgabe oder auch der Erfassung von Biotop- und Gewässerstrukturen und -entwicklungen sowie von Biomassepotenzialen (Straub 2010) können die ▷ *Stadtplanung* und die ▷ *Landschaftsplanung* unterstützen.

Mittels Farbinfrarotbild wird routinemäßig in der Waldschadenskartierung gearbeitet, denn der Vitalitätsgrad von Pflanzen ist im nahen Infrarotbereich wesentlich besser zu erkennen als im sichtbaren Bereich. Auch in Stadtgebieten findet das Farbinfrarotbild bei der Erfassung des Gesundheitszustandes der Straßen- und Parkbäume und in der schnellen Erfassung des städtischen Grünlands und seines Vitalitätsgrades Verwendung.

Der Anwendungsbereich von satellitenbasierten Multispektraldaten ist äußerst vielschichtig. ▷ *Raumwissenschaften*, Geo- und Umweltwissenschaften, Meteorologie und Klimatologie, Kartografie, ▷ *Forstwirtschaft* und ▷ *Landwirtschaft*, ▷ *Regionalplanung*, Landschaftsplanung und ▷ *Umweltplanung*, Archäologie, ▷ *Wasserwirtschaft* und Ozeanografie setzen verstärkt Satellitenbilder in ihren Untersuchungen ein. Großflächige Landnutzungskartierungen einschließlich Ermittlung des Nutzungspotenzials, von Erntevorhersagen und der Überwachung von Ökosystemen, vor allem auch der Entwaldung und Degradation von Wäldern, gehören zu den wichtigen Anwendungen. Für Fragen des „global change“ haben die Satellitenaufnahmen erstmals ein Instrument geliefert, das weltweit langfristige und systematische Beobachtungen und Analysen zulässt.

Thermale Infrarotaufnahmen finden eine relativ breite Anwendung. Im städtischen Bereich dienen sie zur Schätzung der Wärmeverteilung, der Erkennung von Wärmeinseln und Frischluftgassen. In der Geländeklimatologie können sie ein Abbild der räumlichen Verteilung der Temperaturen liefern. Ein wichtiges Einsatzgebiet ist auch die Gewässerüberwachung; Wärmeanomalien entlang Flussläufen und in Seen können verhältnismäßig schnell ermittelt werden. Auch in der Geologie wurden derartige Aufnahmen in beschränktem Umfang eingesetzt, wobei insbesondere die ausgeprägte Wärmeträgheit erzührender Gesteine ausgenutzt wurde.

Literatur

- Albertz, J. (2009): Einführung in die Fernerkundung – Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Darmstadt.
- Berger, M.; Aschbacher, J. (Hrsg.) (2012): The sentinel missions – new opportunities for science. Amsterdam. = Remote Sensing of Environment 120.
- CEOS – Committee on Earth Observation Satellites (ed.) (2014): The earth observation handbook. <http://database.eohandbook.com> (31.07.2014).
- Jones, H. G.; Vaughan, R. A. (2010): Remote sensing of vegetation: Principles, techniques, and applications. Oxford.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; Chipman, J. W. (2008): Remote sensing and image interpretation. Hoboken, NJ.
- Löffler, E.; Honecker, U.; Stabel, E. (2005): Geographie und Fernerkundung. Stuttgart.
- Straub, C. (2010): Erfassung des Energieholzpotentials und seiner Verfügbarkeit im Wald und im Offenland mit neuen Fernerkundungsmethoden. http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/7632/pdf/Straub_Dissertation.pdf (14.05.2014).
- Taubenböck, H.; Roth, A. (2010): Fernerkundung im urbanen Kontext. In: Taubenböck, H.; Dech, S. (Hrsg.): Fernerkundung im urbanen Raum – Erdbeobachtung auf dem Weg zur Planungspraxis. Darmstadt, 31-43.

Weiterführende Literatur

- Arbeitsgruppe forstlicher Luftbildinterpreten (Hrsg.) (2012): Das digitale Luftbild – Ein Praxisleitfaden für Anwender im Forst- und Umweltbereich. Göttingen. = Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt 7.
- Baldenhofer, K. G. (2014): Lexikon der Fernerkundung. <http://www.fe-lexikon.info> (30.07.2014).
- Pettorelli, N. (2013): The normalized difference vegetation index. Oxford.
- Taubenböck, H.; Dech, S. (Hrsg.) (2010): Fernerkundung im urbanen Raum – Erdbeobachtung auf dem Weg zur Planungspraxis. Darmstadt.

Bearbeitungsstand: 02/2017