

Fernerkundung – einfache Kartenerstellung mit Satellitenbildern

Karsten Jacobsen

Institut für Photogrammetrie und Geoinformation, Universität Hannover

Der Mensch strebt nach Ordnung und Information, um sich in einer für ihn schwer überschaubaren Welt zurechtzufinden. Früher schickten Könige todesmutige Abenteurer aus um die Welt zu erkunden. Heute haben wir es einfacher, wir können unsere Umgebung vom Flugzeug aus betrachten, womit wir uns in unsere nähere Nachbarschaft einordnen können. Noch besser ist es, wenn wir unseren Standpunkt in den Weltraum verlagern um damit einen größeren Überblick zu erhalten. Da nur wenige Menschen das Privileg haben, sich in den Weltraum zu begeben, können wir zumindest ihren Ausblick nachvollziehen und uns Bilder, die vom Weltraum aus aufgenommen wurden, ansehen und auch daraus Karten erstellen, in die wir unseren Lebensablauf räumlich einordnen können.

Täglich sehen wir von Wettersatelliten aus aufgenommene Bilder im Fernsehen, die uns helfen, zumindest den Wetterablauf etwas besser zu verstehen. Dabei konzentrieren wir uns aber meistens auf den Bereich, der uns direkt betrifft und ärgern uns, wenn der Meteorologe von schönem Wetter in Frankfurt spricht, über Hannover aber eine Regenwolke eingezeichnet ist. Nebenbei erhalten wir aber auch Informationen über die Lage unseres Standortes in Deutschland und auch Europa, der unseren normalen Bezug auf die nahe Umgebung erweitert. Wir sind damit wesentlich besser informiert als Menschen vor 200 Jahren, als Karten noch als Staatsgeheimnis galten und Kartenzimmer teilweise nur durch das Schlafzimmer des Königs erreichbar waren. Noch bis zum Zerfall der Sowjetunion waren in vielen Ländern Luft- und Satellitenbilder streng geheim, und Karten wurden gezielt verfälscht, um die eigene Bevölkerung über ihren Standort im Unklaren zu lassen.

Was können wir auf Satellitenbildern erkennen? Eine Antwort auf diese Frage ist nur möglich, nachdem wir die Eigenschaften und Charakteristika der Aufnahmen näher betrachtet haben. Es ist eine Vielzahl von die Erde abbildenden Satelliten vorhanden, und laufend erhöht sich ihre Anzahl. Für manche Staaten gehört der Kauf eines abbildenden Satelliten zur Reputation während andere, teilweise noch in der Entwicklung befindliche Länder hoch entwickelte Aufnahmesysteme konzipiert und entwickelt haben. So verfügte Indien bis zum Start des sehr hoch auflösenden Satellitensystems IKONOS im Jahr 1999 mit den Satelliten IRS-1C und IRS-1D über die detailliertesten Weltraumaufnahmen, die kommerziell vertrieben wurden, und hat in der Zwischenzeit bereits wieder aufgeholt.

Die Satellitensysteme arbeiten in verschiedenen Wellenbereichen des elektromagnetischen Spektrums. Dieses geht von dem für den Menschen sichtbaren Bereich über das nahe Infrarot und das thermale Infrarot bis hin zu Radarsystemen. Die optischen Systeme, die das sichtbare Licht bis zum Infrarot erfassen, brauchen freie Sicht, sie können Wolken nicht durchdringen. Diese stören dagegen nicht die abbildenden Radarsysteme, die allerdings den Nachteil nicht so klarer Abbildungen haben. Die erkennbaren Details sind von der so genannten Auflösung abhängig, sie wird durch die „Pixelgröße“ beschrieben. Unter Pixelgröße verstehen wir das Bodenelement, das als ein Grauwert abgebildet wird. Erst durch die Komposition einer größeren Anzahl von Pixeln können wir Objekte erkennen. Ein Pixel entspricht in der Aufnahmekamera einem Element, das die Energie der aufgenommenen Strahlung erfasst, ähnlich wie die Stäbchen und Zäpfchen in der Retina des menschlichen Auges. Die heute zivil verfügbaren Weltraumaufnahmesysteme haben Pixelgrößen auf dem Boden von bis zu 0,6 m. Damit kann aus einer Aufnahmehöhe von 450 km, entsprechend der Entfernung von Hannover bis Straßburg, die Anzahl von Personen auf einem Fußweg erkannt werden.

| | |
|--|--|
| | <p>Abbildung 1: Elbehochwasser Dresden aus einer Kombination von ERS-2- Aufnahmen Pixelgröße: 30m</p> <p>Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)</p> |
|--|--|

Der Vorteil von abbildenden Satellitenradaraufnahmen ist aus der Abbildung 1 ersichtlich. Während der Elbeflut im Jahr 2002 waren wegen der Wolken optische Satellitenaufnahmen nur selten möglich, während der Ablauf des Hochwassers sehr gut mit den Aufnahmen des European Remote-Sensing Satellite (ERS-2) dokumentiert werden konnte. Die Abbildung 1 ist aus drei verschiedenen Aufnahmen zusammengesetzt worden, wodurch Änderungen zwischen den Aufnahmezeitpunkten farbig erscheinen. Gleichzeitig zeigt sich aber auch der Nachteil der eingeschränkten Erkennbarkeit von Einzeldetails. Zwar werden zurzeit in Deutschland Radarsatelliten entwickelt, die eine Pixelgröße von bis zu 1 m haben werden, ein Radarbild enthält aber sehr viel weniger Informationen als ein optisches Bild mit gleicher Pixelgröße.

| | |
|---|--|
|  | <p>Abbildung 2: Falschfarbendarstellung Stadt Hannover - Landsat TM 7 - Satellit Pixelgröße 30m</p> |
|---|--|

Der direkte Vergleich der Abbildungen 1 und 2 zeigt die höhere Detailerkennbarkeit der optischen Landsat-Aufnahme, die die gleiche Pixelgröße wie der Radarsatellit ERS-2 aufweist. Das amerikanische Landsat-System erfasst das aufgenommene Objekt in 7 verschiedenen Spektralbereichen von Blau bis zum thermalen Infrarot. Durch den Vergleich der Abbildungen in den verschiedenen Wellenlängenbereichen können Rückschlüsse auf das Objekt gezogen werden. So sind mit einer „Klassifizierung“ die städtischen Bereiche und verschiedene Vegetationen automatisch identifizierbar. Zusammen mit einem zeitlichen Ablauf von Landsat-Bildern sind so auch Ernteprognosen möglich. Bei der Abbildung 2 handelt es sich

um eine Falschfarbendarstellung, die grüne Rückstrahlung wird blau wiedergegeben, rot wird grün, und das für das menschliche Auge nicht sichtbare nahe Infrarot wird rot dargestellt. So entsteht eine etwas ungewöhnliche Farbdarstellung, bei der der rote Farbton stark hervortritt. Die aktive Vegetation hat eine starke Rückstrahlung im infraroten Bereich. Die roten Flächen stellen hauptsächlich Rasen- und Wiesenflächen dar, während die weitgehend graue Eilenriede zum Zeitpunkt der Aufnahme unbelaubt war.

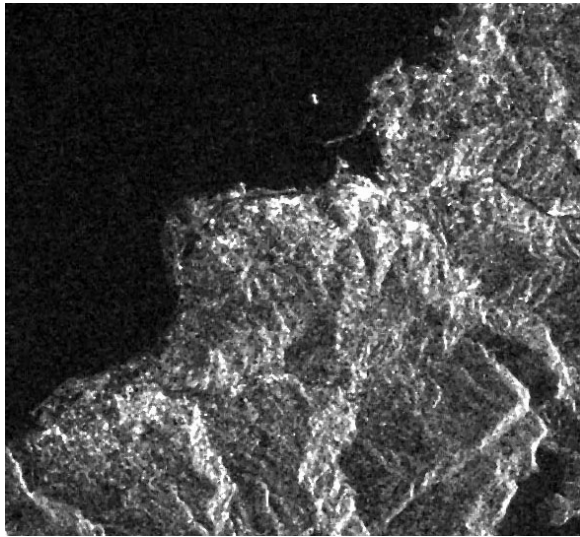


Abbildung 3: Zonguldak, Türkei
Radarsatellitenaufnahme JRES, 18 m Pixel



Abbildung 4: Zonguldak, Türkei -
Landsat TM 7, RGB-Darstellung, 30 m
Pixel

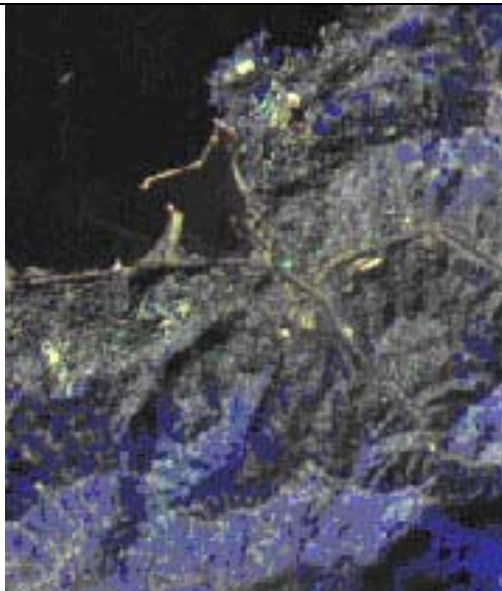


Abbildung 5: Zonguldak, Türkei
ASTER/TERRA, 15 m Pixel

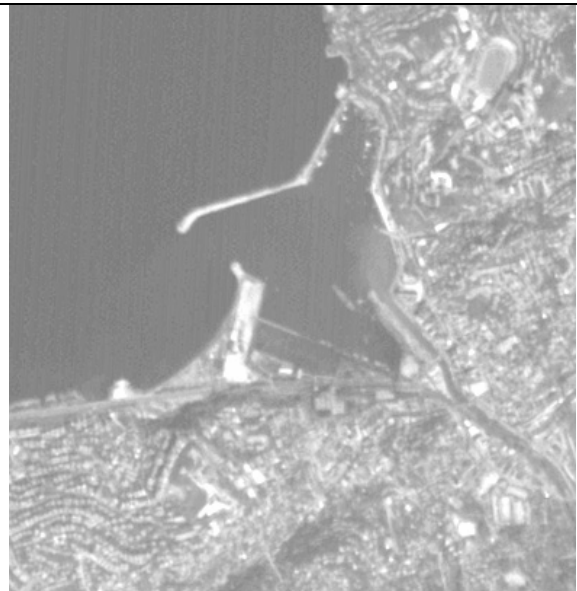


Abbildung 6: Zonguldak, Türkei
IRS-1C, 5,8 m Pixel

Der unterschiedliche Informationsgehalt verschiedener Weltraumaufnahmen ist aus dem direkten Vergleich der Abbildungen 3 bis 8 ersichtlich. Obwohl die Pixelgröße des japanischen Radarsatelliten JERS kleiner ist als die des Landsat, können nicht so viele Einzelheiten auf seinen Aufnahmen erkannt werden. Das Schiff vor der Hafeneinfahrt ist auf der JERS-Aufnahme allerdings klar zu sehen. Für die Erstellung topografischer Karten ist

der Informationsgehalt einer Landsat-Aufnahme nicht ausreichend. Zwar sind große Straßen zu erkennen, nicht aber die auch erforderlichen kleineren. Je kleiner die Pixelgröße wird, desto mehr Objekte treten hervor. Die Aufnahme des japanischen ASTER-Sensors auf der amerikanischen Terra-Plattform zeigt bereits deutlich mehr Einzelheiten als die vorher erwähnten. Noch besser wird es mit der nur schwarz-weißen Bild des indischen IRS-1C, es zeigt praktisch alle Straßen und die größeren Gebäudem



Abbildung 7: Zonguldak, Türkei
IKONOS-Farbaufnahme, 4m Pixel

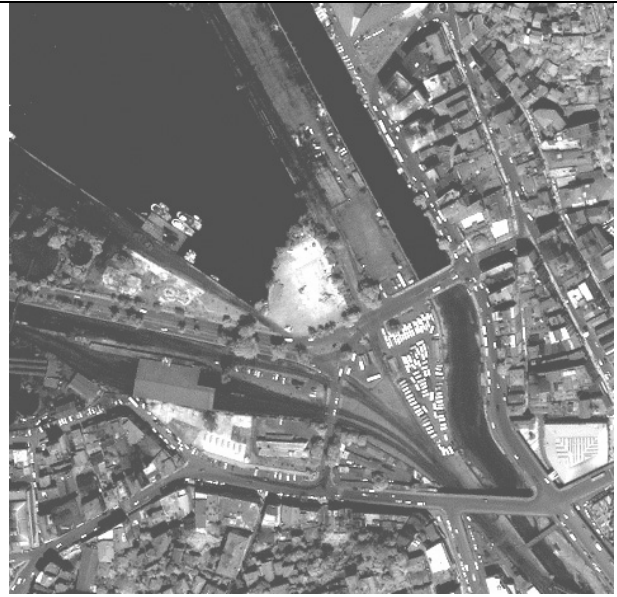


Abbildung 8: Zonguldak, Türkei
IKONOS-schwarz-weiß-Aufnahme, 1m
Pixel

Diese Details werden noch klarer mit Farbaufnahmen des kommerziellen, amerikanischen IKONOS-Satelliten. In seinen schwarz-weißen Bildern mit einer Pixelgröße von 1 m sind alle einzelnen Autos erkennbar und das aus einer Aufnahmehöhe von 680 km. Der Traum des Kartografen, Informationen von jeder Stelle der Welt erhalten zu können, ist damit wahr geworden. Diese Weltraumaufnahmen können von jedem erworben werden. Damit ist die Geheimhaltungspolitik mancher Staaten, die auch heute noch Luftbilder und großmaßstäbige Karten in ihren Archiven verschließen, ad absurdum geführt.

Zu einer Kartenerstellung gehört aber nicht nur die Information, was wir erkennen können, wir wollen auch wissen, wo die Objekte liegen. Früher war eine örtliche Einmessung erforderlich. Die ersten Forscher benutzten hierzu Sextanten für die Bestimmung der Breitengrade und Uhren in Verbindung mit Sonnen- oder Sternvermessungen für die Bestimmung der Längengrade. Wir haben es heute sehr viel einfacher – sogar ein vermessungstechnischer Laie kann mit einem Global Positioning System (GPS) seine Lage auf der Erde präzise bestimmen. Aber es ist noch einfacher geworden, wir können teilweise auch auf die Vermessung von Referenzpunkten verzichten. Die neueren Satellitenaufnahmesysteme verfügen über GPS oder ähnliche Verfahren, inertielle Messsysteme und Sternsensoren. Mit dieser Kombination können sowohl die Position des sich mit etwa 7 km/sec bewegenden Satelliten als auch die Aufnahmezeitpunkt bestimmt werden. Sind vom selben Gebiet zwei Aufnahmen, erstellt aus verschiedenen Richtungen, vorhanden, so lassen sich zum Beispiel mit IKONOS-Bildern ohne eine örtliche Referenzmessung Positionen mit einer Genauigkeit von etwa 12 m bestimmen. Dieses reicht für viele Anwendungen aus.

Ein praktisches Problem stellen die Kosten der Bilder dar. Herkömmliche Luftbilder sind in Deutschland noch günstiger zu erwerben als die hoch auflösenden Weltraumaufnahmen. Anders sieht es zum Beispiel in Afrika aus, wo Bildflugzeuge häufig noch weit anfliegen müssen. Je niedriger die Auflösung ist (größere Pixel), desto günstiger werden die Bilder je Flächeneinheit. Hier gibt es aber noch einige Ausnahmen. Der japanische ASTER-Sensor auf der TERRA-Plattform ist als Forschungssystem eingestuft. Seine Bilder sind per Internet für eine Bearbeitungsgebühr von nur etwa 60 US\$ erhältlich. Ähnlich sind die Verhältnisse für die alten amerikanischen Spionageaufnahmen der CORONA-Satelliten, die heute frei gegeben sind und über das Internet bestellt werden können. Landsat-Aufnahmen, die älter als 6 Monate sind, sind frei erhältlich.

Für die Erstellung von Karten sind alte Bilder aber nicht sehr interessant. In vielen Entwicklungsländern wächst die Bevölkerung in den Großstädten bis zu 5% je Jahr. 30 Jahre alte Bilder haben dann nur noch einen historischen Wert. Anders sieht es mit der Höheninformation aus. Die Geländestrukturen ändern sich nicht so stark, und so können auch alte Bilder herangezogen werden, um die Geländehöhen zu ermitteln. Dieses erfolgte zum Beispiel mit den über 30 Jahre alten CORONA-Satellitenaufnahmen im Rahmen eines Forschungsprojektes im Bereich des chinesischen Lössplateaus. Das automatisch abgeleitete Höhenmodell von mehr als 700 000 Punkten ist in der Abbildung 9 dargestellt.



Abbildung 9: grauwertkodierte digitales Höhenmodell erstellt aus CORONA-4B-Aufnahmen - Lössplateau in China mit starker Erosion hell = hoch, dunkel = tief

Heute müssen wir nicht mehr die Gefahren und das Mühsal der früheren Kartografen auf uns nehmen um aktuelle und detailreiche Karten zu erstellen. Die Satellitenbilder erleichtern und beschleunigen vieles. Erst heute haben wir eine richtige Chance, weltweit aktuelle Karten in dem für die ökonomische Entwicklung der Länder wichtigen Maßstab 1 : 50 000 zu erstellen.