

Bildaufklärung mit Satelliten

Autor(en): **Meier, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift**

Band (Jahr): **162 (1996)**

Heft 12

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-64435>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

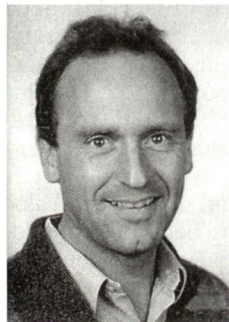
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

dass sie durch den Ebenen-Dialog einzeln oder in bestimmten Überlagerungen dem Kommandanten präsentiert werden können.

Es wird immer im Bezug zur effektiven Karte gearbeitet. Da sich die Karte aber abblenden, nur mit Grautönen oder ganz ausblenden lässt, kann auch eine Darstellung als Prinzipskizze er-

reicht werden. Hat der Kommandant die gefährlichste Feindannahme definiert, wird diese dargestellt und zentral gespeichert. Alle Stabsmitarbeiter können nun diese als Basislayer bei Planungen am eigenen Bildschirm öffnen, um eigene Möglichkeiten zu erarbeiten, Gefährdungen bestehender Logistikeinrichtungen abzuwägen oder Ar-

tillerie- und Sperrführungskonzepte zu erstellen. Somit ist die Abstützung auf eine einheitliche Feindauffassung – nämlich diejenige des Kommandanten – besser gewährleistet. Es lassen sich auch alle Konzepte für den Einsatz eigener Mittel an den Feindannahmen oder während der Operation an der konkreten Lage beurteilen. ■



Erich Meier

Bildaufklärung mit Satelliten

Seit dem Beginn der Raumfahrt Ende der 50er Jahre spielte die Informationsbeschaffung aus dem Weltraum in allen Konflikten eine wesentliche Rolle. Sie wird nicht nur im Kräftespiel der Grossmächte, sondern immer mehr auch bei regionalen Konflikten und sogar im Zusammenhang mit sozialen Unruhen eingesetzt.

Einleitung

Die Möglichkeit der militärischen Nutzung war einer der wichtigsten Driving Factors bei der Eroberung des Weltraums. Die Entdeckung des ersten sowjetischen, atomgetriebenen Flugzeugträgers auf der Werft von Nikolaev oder des Frühwarnradars von Krasnojarsk, welches ein klarer Verstoss gegen den ABM-Vertrag darstellte, zeigte, dass die Informationsgewinnung aus dem Weltraum eine wesentliche Rolle im globalen Kräftegleichgewicht spielte. Der Einsatz dieser Technologie im Golfkrieg sowie die Einbindung der gewonnenen Informationen in Führungs- und Informationssysteme hat angedeutet, in welche Richtung sich das Szenario zukünftiger Konflikte entwickeln kann.

Von den Satellitensystemen, welche eine unmittelbare Unterstützung der Boden-, See- und Luftstreitkräfte ermöglichen, sind zwei Kategorien hervorzuheben:

■ Kommunikationssatelliten zur Übertragung von Informationen (Bild, Ton, Daten) sowie

■ Navigationssatelliten zur präzisen Positionsbestimmung und Lenkung von Fahrzeugen, Schiffen sowie Flugzeugen und Flugkörpern. Dazu gehören das russische GLONASS-System sowie das amerikanische GPS (Global Positioning System), welches heute sowohl militärisch als auch zivil für die Navigation und sogar für die Präzisionsvermessung eingesetzt wird.

Satelliten für die Informationsgewinnung erfüllen zwei Aufgaben:

- Aufklärung (Reconnaissance) und
- Überwachung (Surveillance).

Sie lassen sich in drei Gruppen unterteilen:

■ Frühwarn-Satelliten zur Erkennung von Starts ballistischer Waffen. Zwar mit Bildsensoren ausgerüstet, verlangt ihr Auftrag jedoch nach einer spezifischen Missionsgestaltung, welche als «Überwachung» zu bezeichnen ist. Sie bilden deshalb eine eigene Gruppe, welcher u.a. die amerikanischen MIDAS-Satelliten (Missile Defense Alarm System) der 60er Jahre oder das nachfolgende DSP-647 (Defence Support Program) angehören.

■ Signal-Aufklärung oder Signal Intelligence (SIGINT). Dieser Bereich lässt sich weiter unterteilen in:

– Aufklärung von Funkverbindungen bzw. Communications Intelligence (COMINT).

– Erfassen von Informationen, welche zwischen Flugkörpern (Satelliten, Lenkwaffen, Drohnen) und Bodenstationen ausgetauscht werden, Telemetry Intelligence (TELINT).

– Aufzeichnung, militärisch verwendeter, elektromagnetischer Signale wie beispielsweise von Störsendern, Radarsignalen, u.a., auch als Electronic Intelligence (ELINT) bezeichnet.

Sensoren dieser Kategorie werden oft auf einer Plattform zusammengefasst, so z.B. auf den Satelliten des amerikanischen Rhyolite-Programmes seit 1973. Diese Systeme besitzen sowohl Aufklärungs- als auch Überwachungscharakter.

Die Bildaufklärung fällt in den klassischen Bereich der Reconnaissance

und wird auch als Image Intelligence (IMINT) oder Photo Intelligence (PHOTINT) bezeichnet. Neben den hochauflösenden Systemen fallen auch die militärischen Wettersatelliten-Programme darunter.

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die hochauflösenden Systeme des IMINT-Bereiches. Wie alle militärischen Weltraumprogramme untersteht auch er höchsten Geheimhaltungsstufen und fällt unter die sogenannten «National Technical Means». Entsprechend schwierig ist es, an detaillierte und zuverlässige Informationen heranzukommen. Mit den Erfahrungen aus der zivilen Erderkundung sowie den spärlichen zur Verfügung stehenden Fakten lässt sich aber ein Gesamtbild zeichnen, welches dem effektiven Sachverhalt wahrscheinlich sehr nahe kommt (s. Quellenverzeichnis).

Spätestens wenn es darum geht, abzuschätzen, über welche Informationen ein Gegner verfügt, was er daraus macht und wie dieses Wissen allenfalls beeinflusst werden kann, z.B. durch Tarnung oder Täuschung, rückt die Satellitenaufklärung auch ins Interesse eines Kleinstaates.

Dieser Artikel soll dazu beitragen, Beteiligte zu sensibilisieren und klar zu machen, dass wesentliche Elemente und Phasen eines Konfliktes und seiner Bewältigung sich heute schon im Weltraum abspielen.



Grundlagen

Bei der Abbildung von Objekten geht es darum, die von der Oberfläche reflektierte oder ausgestrahlte (emittierte) Energie zu messen bzw. aufzuzeichnen und daraus wieder ein Bild zu generieren. Diese Energie wird in Form von elektromagnetischer Strahlung mit unterschiedlichen Wellenlängen übertragen. Die Wellenlängen bzw. Frequenzen, welche dabei in Frage kommen, hängen von verschiedenen Faktoren ab, nämlich von der Art der Energiequelle, welche die abzubildenden Objekte «beleuchtet», sowie den Reflexionseigenschaften dieser Körper. Im Falle der Thermalstrahlung sind es die Temperatur sowie das Abstrahlverhalten der Oberflächen, welche diese Energieübertragung wesentlich beeinflussen. In jedem Falle aber spielen die Transmissionseigenschaften der Atmosphäre eine dominierende Rolle.

Im Verlaufe der Jahre haben sich sowohl für zivile als auch für militärische Anwendungen drei Spektralbereiche herauskristallisiert und die entsprechenden spezifischen Aufnahmetechniken entwickelt.

Sichtbarer und nah-infraroter Bereich (VIS-NIR)

Dieser Bereich des elektromagnetischen Spektrums mit Wellenlängen von ca. 0,1 bis 3 μm wird schon seit vielen Jahren mittels bekannter Phototechnik oder auch lichtempfindlicher Detektoren, sog. CCD-Arrays (Charge Coupled Device), genutzt. Letztere bieten den Vorteil, dass die aufgezeichnete Information unverzüglich in digitaler Form übermittelt und an die Auswertung weitergegeben werden kann. Sie eignen sich somit für den Einsatz in Echtzeit-Systemen. CCDs sind zudem wesentlich flexibler, wenn es darum geht, den registrierten Spektralbereich in verschiedene Unterbereiche, sog. Kanäle, zu unterteilen, um Farb- oder Falschfarbenbilder für die spektrale Untersuchung von Oberflächen herzustellen. Dies ist beispielsweise bei der Unterscheidung von Echt- und Falschzielen von Bedeutung.

Ein grosser Nachteil der in diesem Spektralbereich operierenden Systeme ist, dass sie in der Regel auf die Sonne als Beleuchtungsquelle angewiesen sind und somit für Nachteinsätze ungeeignet sind. Eine Ausnahme bilden jene Sensoren, welche über Restlichtverstärker genügender Empfindlichkeit verfügen. Der grösste Nachteil besteht allerdings in der Wetterabhängigkeit dieser Systeme, da das Licht im sichtbaren und nah-infraroten Bereich des

elektromagnetischen Spektrums weder Wolken noch Nebel oder starken Dunst zu durchdringen vermögen.

Thermaler Infrarotbereich (TIR)

Eine zweite Gruppe bilden die Wärmebildgeräte. Sie registrieren mittels Detektor-Arrays die langwellige Infrarotstrahlung im 8 bis 12 μm -Bereich, deren Intensität im Wesentlichen durch die Temperatur sowie die Abstrahlungseigenschaften des entsprechenden Körpers bestimmt wird¹. Diese Sensoren sind somit auf keine externe Beleuchtungsquelle angewiesen, da es sich bei diesem sog. fernen IR-Bereich um emittierte Strahlung handelt, im Gegensatz zum sichtbaren und nah-infraroten Licht, welches an den Oberflächen reflektiert wird. Diese Geräte sind somit auch während der Nacht einsetzbar. Wie im optischen Bereich bleibt das Grundproblem dieser Art Sensoren aber bestehen: Bei Wolken oder Nebel gibt es kein Durchdringen!

Mikrowellenbereich (MW)

Von der Tageszeit unabhängig einsetzbare und allwettertaugliche, abbildende Instrumente arbeiten im Mikrowellenbereich mit Wellenlängen von ca. 1 cm bis 1 m. Das einzige, hohe räumliche Auflösungen erzielende System dieses Bereiches ist das sog. Synthetic Aperture Radar (SAR). Dieser Sensor «beleuchtet» das abzubildende Gebiet aktiv mit Radarimpulsen, deren reflektierte Echos unter Einsatz grosser Übertragungs-, Speicher- und Verarbeitungskapazitäten wieder in ein Bild umgewandelt werden.

Die Nachteile dieser Abbildungstechnik liegen im Einfluss des Reliefs auf die Bildgeometrie: Eine ausgeprägte Topographie führt bei steilen oder flachen Blickwinkeln zu Bildverzerrungen und Artefakten, welche die Interpretierbarkeit beeinträchtigen. Ein weiterer Nachteil liegt in der Körnigkeit der Bilder, dem sog. Bildrauschen, welches sich allerdings durch gezielte Vorverarbeitung reduzieren lässt.

Auflösungsgrenzen

Die im Zusammenhang mit Satellitenaufklärung wohl am häufigsten gestellte Frage lautet: Welche Details las-

¹ Für die Abbildung von Objekten auf der Erdoberfläche wird der 3 – 5 μm -Bereich aufgrund der Temperatur- und Kontrastverhältnisse wahrscheinlich nicht verwendet.

sen sich auf Satellitenbildern noch erkennen?

Die Antwort auf diese Frage ist nicht einfach, da zahlreiche Faktoren die sog. Kontrastübertragung beim Abbildungsprozess beeinflussen. Neben der verwendeten Wellenlänge sind dies die Aperturdimension des Aufnahmesystems, die Qualität der Optik, die atmosphärische Transmission, die Abbildungsgeometrie und allfällige Bewegungseinflüsse sowie nicht zuletzt die Kontrasteigenschaften des Objektes selber. So dürfte es recht schwierig sein, ein 10x10 m grosses, grünes Tarnnetz auf einer grünen Wiese zu lokalisieren. Im Gegensatz dazu lässt sich ein weisser Gegenstand mit nur 30 cm Durchmesser vor demselben Hintergrund auch aus grosser Distanz leicht erkennen.

Der Vergleich zeigt, dass diese Faktoren sich gegenseitig beeinflussen und dass verschiedene Auflösungen zu berücksichtigen sind:

- Die geometrische oder räumliche Auflösung, oft auch als Bodenauflösung bezeichnet,
- Die radiometrische Auflösung, gegeben durch die Empfindlichkeit der Detektoren,
- die spektrale Auflösung, welche die Möglichkeit der Farb- bzw. Kanalseparation beschreibt sowie
- die zeitliche Auflösung, welche bei der kontinuierlichen Überwachung und somit vor allem bei militärischen Anwendungen zum Tragen kommt.

Wohl wissend, dass die geometrische Auflösung eng mit der radiometrischen und spektralen zusammenhängt, soll im folgenden vor allem der räumliche Aspekt behandelt werden.

Das unter optimalen Wetter- und Kontrastverhältnissen erzielbare maximale räumliche Auflösungsvermögen heutiger satellitengetragener Sensoren ist eines der am besten gehüteten Geheimnisse und somit nicht genau bekannt.

Bei optischen Geräten steht diese Grösse mit zwei wichtigen Faktoren in direktem Zusammenhang, nämlich mit

- den physikalischen Grenzen, welche durch die atmosphärischen Einflüsse und die Wellenlänge bestimmt werden, sowie mit
- der Sensorleistung, welche im wesentlichen durch die Qualität der Optik sowie durch die Filmqualität bzw. die Anzahl Detektoren pro Flächeneinheit auf dem CCD-Array gegeben ist.

Schon bei der Beurteilung des Einflusses der Atmosphäre und der daraus resultierenden physikalischen Grenze gehen die Meinungen in der Fachwelt auseinander.

Bestmögliche Auflösungen unter optimalen Bedingungen von «wenigen

Zentimetern» bis ca. 15 cm machen die Runde. Sie dürfte wahrscheinlich eher in der unteren Hälfte dieses Bereiches anzusiedeln sein.

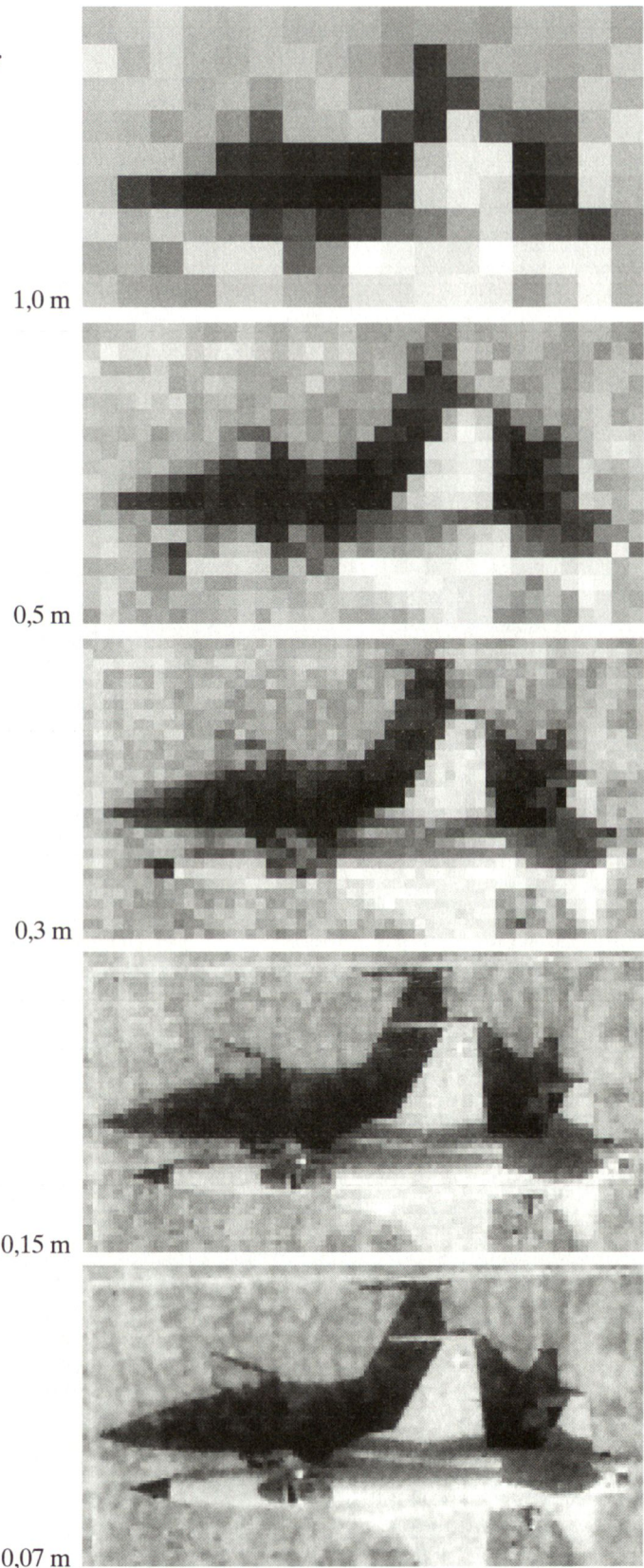
Was die Sensorleistung angeht ist es möglich, einen interessanten Vergleich anzustellen, nämlich mit dem Hubble Space Telescope, welches die National Aeronautics and Space Administration (NASA) im April 1990 in eine Erdumlaufbahn gebracht hat. Sowohl seine Grösse von 13 m als auch das Gewicht von über 11 t sind vergleichbar mit grossen militärischen Nutzlasten und kommen nahe an die Kapazitätsgrenzen der Trägersysteme heran. Das Teleskop wurde denn auch schon als «nicht-klassifizierte Version des KH-12», eines Aufklärungssatelliten neuester Generation, bezeichnet.

Das mit zwei Spiegeln nach dem Cassegrain-Prinzip gebaute Instrument kommt auf eine nutzbare Brennweite von 57,6 m. Mit einer CCD-Elementgrösse von 15 Mikron und einer bei Aufklärungssatelliten üblichen Flughöhe von 275 km ergibt sich eine Bodenauflösung von 7,16 cm! Dies liegt in der Grössenordnung, welche aufgrund des SALT-II-Abkommens überprüft werden musste. Dieser Vertrag verbietet nämlich u.a. Änderungen an Länge und Durchmesser ballistischer Waffen (Intercontinental Ballistic Missiles, ICBMs) um mehr als 5%. Die damals kleinste der sowjetischen ICBMs, die SS-11, verfügte über einen Durchmesser von 1,8 m. Mit 5% davon kommen wir ebenfalls in den Bereich unterhalb von 10 cm, welcher mit Satelliten zu überprüfen war. Eine Verifikation vor Ort sowie Flugzeugaufklärung wie im Rahmen von Open Skies waren damals noch nicht möglich. Die oben aufgeführten Werte erscheinen somit auch aus dieser Sicht als plausibel.

Neben physikalischen Grenzen, welche sich schon heute als limitierende Faktoren erweisen, kann auch die vom Sensor produzierte Informationsmenge zu einer erzwungenen Begrenzung der räumlichen Auflösung führen, um Engpässe in der Datenübertragung zu vermeiden. Nimmt man eine räumliche Auflösung von 15 cm sowie eine Bildstreifenbreite von 2 km an, so entsteht allein bei schwarzweisser, sprich 1-kanaliger Aufnahme, eine Datenrate von über 700 MByte/sec!

Trotz Datenkompression, welche in diesem Falle sehr vorsichtig und möglichst ohne Informationsverlust (lossless) anzuwenden ist, verbleibt eine Menge, welche heutige Kapazitätsgrenzen übersteigt. Dies umso mehr, als für die Beantwortung nachrichtendienstlicher Fragestellungen sehr oft farbige bzw. multispektrale Aufnahmen gefordert sind.

Abb. 1:
Auswirkungen unterschiedlicher räumlicher Auflösungen.
(Schweizer Luftwaffe)



Wohl aus diesem Grund gibt es Stimmen, welche die im operationellen Einsatz stehende räumliche Auflösung deutlich höher, nämlich bei ca. 15 bis 30 cm ansetzen. Abbildung 1 verdeutlicht den Informationsverlust, welcher dabei in Kauf genommen werden muss. Als Vergleich dazu sind noch 2 weitere redu-

zierte Auflösungen dargestellt, welche möglicherweise in naher Zukunft auch auf zivilen Plattformen zur Verfügung stehen werden.

Im thermalen IR-Bereich arbeitende Sensoren verfügen in der Regel über eine gegenüber dem sichtbaren Bereich reduzierte Bodenauflösung.

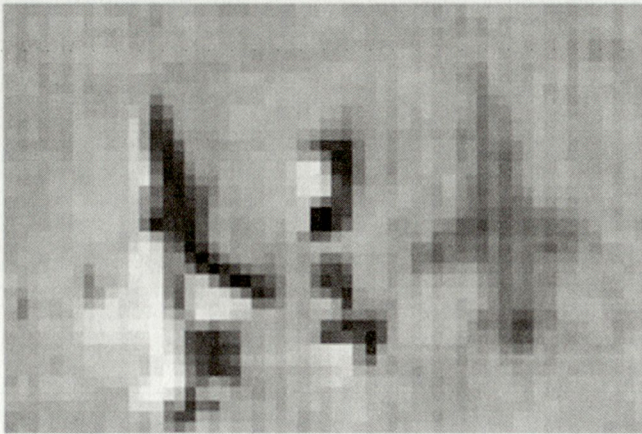


Abb. 2:
Thermal-IR-Aufnahme,
umgerechnet auf
eine Bodenauflösung
von 50 cm.
(Schweizer Luftwaffe)

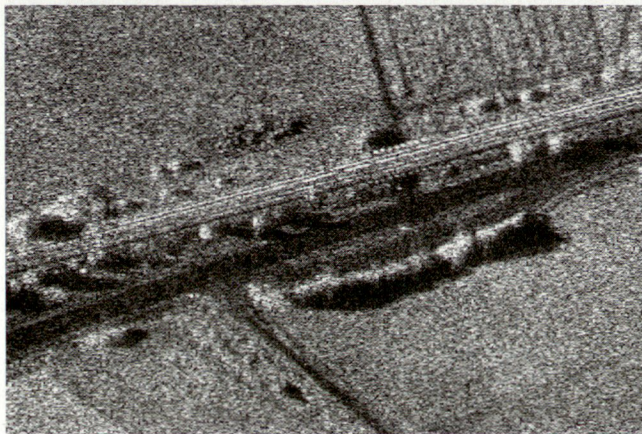


Abb. 3:
SAR-Aufnahme mit
einer Bodenauflösung
von 40 cm
in Flugrichtung und
2 m quer dazu.
(Dornier GmbH/RSL)

Sie dürfte bei ca. 0,5 m liegen. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt derselben Szenerie wie Abbildung 1, jedoch im thermalen IR aufgenommen und auf diese Auflösung umgerechnet. Links ist ein Flugzeug deutlich erkennbar, rechts der etwas kühlere Schatten eines anderen Flugzeuges, welches kurze Zeit vor der Aufnahme daneben stand; dazwischen ein grösseres und zwei kleinere Versorgungsfahrzeuge.

Im Gegensatz zu optischen oder IR-Bildern ist das räumliche Auflösungsvermögen eines SAR-Systems nicht von der Abbildungsdistanz abhängig. Dieses ist vielmehr eine Funktion verschiedener Sensor- und Verarbeitungsparameter, so dass sich auch mit Orbitgestützten SAR-Systemen Bodenaufösungen im Bereich von unter einem Meter erzielen lassen.

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt einer SAR-Aufnahme mit dem charakteristischen Bildrauschen und einer mittleren Bodenauflösung von ca. 1 m. Die einzelnen Schienenstränge der doppelspurigen Bahnlinie sind deutlich erkennbar, ebenso die vertikalen Streben des Geländers über der Strassenunterführung (rechts oberhalb der Bildmitte).

Abbildung 4 zeigt einen Überblick über das in Süddeutschland liegende Aufnahmegebiet.

Nachrichtendienstliche Bedürfnisse

Welches sind denn nachrichtendienstlich relevante, räumliche Auflösungsvermögen?

Bei der Bildauswertung unterscheidet man verschiedene Stufen. Diese reichen von der Entdeckung über die Erkennung, die Identifikation, die Beschreibung bis hin zur detaillierten technischen Analyse. Je nach Kategorie des erfassten Objektes und je nach geforderter Auswertungsstufe sind unterschiedliche Bodenaufösungen nötig. Die untenstehende Tabelle enthält eine Auswahl militärisch wichtiger Objekte sowie die für die Auswertekategorien benötigte räumliche Auflösung.

Objekt	Entdeckung	Erkennung	Identifikation	Beschreibung	Analyse
Bahnlinien	30,00	15,00	6,00	1,50	0,60
Strassen	9,00	6,00	1,80	0,60	0,15
Schiffe	7,60	4,60	0,60	0,30	0,08
Flugzeuge	4,50	1,50	0,90	0,15	0,03
Radaranlagen	3,00	0,90	0,30	0,15	0,04
Lenkwaffenstellungen	3,00	1,50	0,60	0,30	0,08
Kommandoposten	3,00	1,50	0,90	0,15	0,03
Fahrzeuge	1,50	0,60	0,30	0,05	0,03

Für die verschiedenen Auswertungsstufen benötigten räumlichen Auflösungsvermögen in Metern.

Darin erkennt man, dass für die Identifikation und Beschreibung einer Vielzahl von Objekten das Auflösungsvermögen satellitengestützter Sensoren vollauf genügt. Die technische Analyse von kleineren Objekten wie Flugzeugen, Radaranlagen, Fahrzeugen oder Kommandoposten hingegen ist kaum möglich.

Bleibt hinzuzufügen, dass als Resultat einer solchen «technischen Analyse» eine detaillierte Beschreibung der Funktionalität und Eigenschaften des Objekts erwartet wird.

Entwicklung der Satellitenaufklärung

Am 24. Februar 1995 unterzeichnete U.S.-Präsident Clinton eine Executive Order, welche die Freigabe von Bildern amerikanischer Aufklärungssatelliten aus dem Zeitraum von 1960 bis 1972 einleitete.

Die damit verbundene Veröffentlichung zahlreicher neuer Details soll zum Anlass genommen werden, einen kurzen Blick auf die Entwicklungsgeschichte der amerikanischen Bildaufklärung aus dem Weltraum zu werfen. Diese Geschichte zeigt nämlich einen äusserst mühsamen und von vielen Misserfolgen gekennzeichneten Weg, welcher beweist, dass der heutige, fast zur Selbstverständlichkeit gewordene hohe technologische Stand der Weltraumfahrt seinen Preis verlangte.

Während den 50er Jahren wurde durch die U.S. Air Force das erste Programm für die Satellitenaufklärung lanciert. Es trug die Bezeichnung CORONA und führte am 25. Juni 1959 – fast zwei Jahre nach Sputnik I – zum Start des ersten militärischen Aufklärungssensors an Bord von Discoverer IV. Die Nutzlast bestand aus einer Panorama-Kamera mit einer maximalen Bodenauflösung von ca. 8 m und wurde als KH-1 bezeichnet. KH steht für KEYHOLE und wird noch heute als Code-Name für Aufklärungssatelliten verwendet.

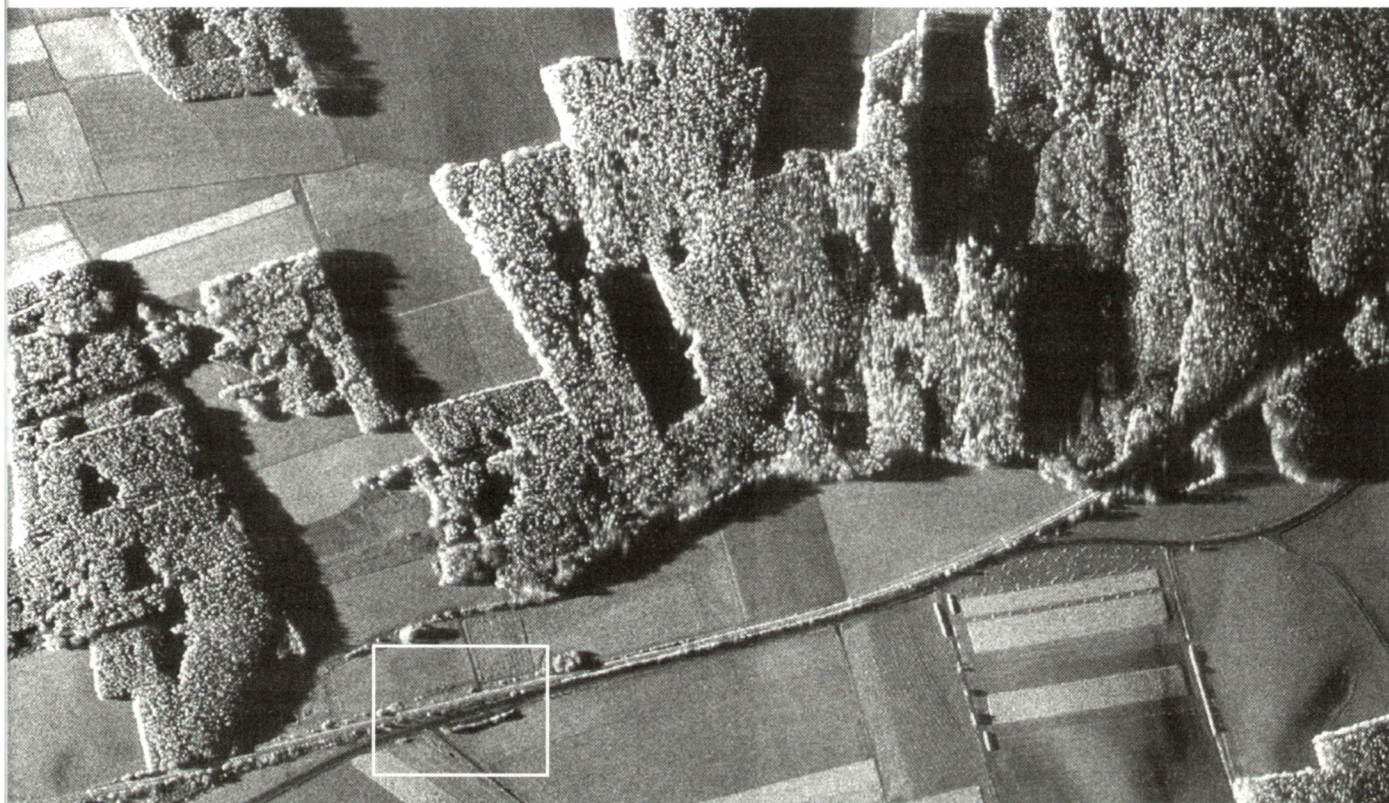


Abb. 4: SAR-Aufnahme mit einer Bodenauflösung von 3 m. Das Rechteck markiert den in Abb. 3 mit einer Auflösung von 1 m dargestellten Bildausschnitt. (Dornier GmbH/RSL)

Diese und auch viele der folgenden Missionen schlugen fehl. Die Gründe lagen vor allem in der Unzuverlässigkeit der Trägerraketen und der Kamerasysteme sowie bei der Bergung des belichteten Filmmaterials. Dieses wurde in Kapseln vom Satelliten abgekoppelt und nach dem Eintauchen in die Atmosphäre am Fallschirm hängend von einem Flugzeug aufgefangen. Bis zum 13. September 1960 erfolgten insgesamt zehn Missionen mit KH-1-Nutzlasten. Davon war lediglich eine erfolgreich mit einer Ausbeute von rund 1500 Bildern.

Dies änderte sich auch mit KH-2 und KH-3 trotz fünf- bis sechsmal grösserer Ausbeute nicht grundlegend. Die Ausfallrate lag bis Ende 1961 noch über 50 %, und die mittlere Lebensdauer der Systeme lag bei ca. fünf Tagen.

Erst mit KH-4, dessen Kameras von Februar 1962 bis Dezember 1963 während 20 Missionen über 100000 Bilder lieferten, trat eine Trendwende ein. Mit den Systemen KH-4A und -4B gelang es bis 1972 die räumliche Auflösung auf 2 m zu verbessern sowie mit zwei geeigneten Kameras Stereoaufnahmen für die dreidimensionale Erfassung von Objekten zu ermöglichen. Die Ausbeute lag bei über 800000 Aufnahmen bei einer mittleren Lebensdauer der Plattformen von 23 Tagen.

Die Programme LANYARD (KH-5) und ARGON (KH-6) dienten einerseits der Kartierung und andererseits

dem Versuch, die räumliche Auflösung auf 60 cm zu drücken, was aber offensichtlich misslang.

Auf einen Grossteil der Aufnahmen von KH-1 bis KH-6 kann heute über Internet zugegriffen werden². Lässt man sich alle im fraglichen Zeitraum über der Schweiz und angrenzenden Gebieten aufgenommenen Bilder auflisten, so erhält man rund 2000 Einträge; allerdings kein einziges Bild mit hoher Auflösung! Diese scheinen noch nicht in das Online-Informationssystem integriert zu sein.

Mit KH-7 und KH-8 (Programmname GAMBIT) war es erstmals möglich, die Kameras auf spezifische Ziele zu schwenken und sog. Close-Look-Aufnahmen mit einer Auflösung von ca. 50 cm zu machen. Daneben verfügten sie zum erstenmal über Thermal-Sensoren und Multispektral-Scanner, deren Bildinformation mittels Funk an Bodenstationen übermittelt wurde. Diese arbeiteten aber noch mit schlechter Auflösung und tiefen Übertragungsraten. Von 89 Missionen waren deren 86 erfolgreich, und die Lebensdauer konnte auf rund einen Monat erhöht werden.

Mit KH-9 (Programmname HEXAGON) – auch unter der Bezeichnung «Big Bird» – bekannt wurde diese nochmals verdreifacht. Das System

verfügte über drei Kameras und insgesamt vier abwerfbare Kapseln gegenüber deren zwei bei den Vorgängermodellen.

Von 1971 bis 1986 wurden 19 erfolgreiche Missionen lanciert, welche primär die Überwachung des sowjetischen Nuklearpotentials zum Ziel hatten.

Der Sechstagekrieg von 1967 sowie der Yom-Kippur-Krieg von 1973 zeigten auf eindrückliche Weise, dass die verfügbaren Mittel zwar für die Überwachung der (statischen) Waffenarsenale während Friedenszeiten geeignet waren. Der Dynamik in Krisen- oder Kriegssituationen waren sie aber in keiner Weise gewachsen. Aufbereitung an Bord, Auswurf, Bergung, Transport sowie Entwicklung und Auswertung der Filme dauerte im besten Fall vier bis fünf Tage, häufiger jedoch drei oder vier Wochen.

Beide Konflikte zeigten, dass ein ganzer Krieg ausgetragen werden konnte, ohne dass nur ein einziges Bild einen Entscheidungsträger erreichte.

Die Lösung dieses Problems erforderte ein Überdenken der gesamten Bildaufklärung, angefangen von der Informationsgewinnung bis zur Auswertung.

² URL: <http://edcwww.cr.usgs.gov/webglis>

Heutige Systeme

USA

Als Resultat dieser Neuorientierung entstanden zwei Aufklärungssysteme, welche sich vor allem durch wesentlich höhere Sensorleistung, ausschliesslich digitale Bildübertragung sowie massiv gesteigerte Lebensdauer auszeichnen. Am 19. Dezember 1976 erfolgte der Start des ersten KH-11 (Programmname KENNAN, später CRYSTAL) mit einer Titan 3D von Vandenberg AFB (Air Force Base) in Kalifornien. Mit einem Gewicht von 14 t, einer Länge von knapp 20 m und einem Durchmesser von über 3 m wurde der Satellit in eine deutlich höhere Umlaufbahn gebracht als seine Vorgänger. Dies war neben grösseren Treibstoffvorräten und der digitalen Bildübertragung eine Voraussetzung für die Erhöhung der Lebensdauer. Schon die erste Mission dauerte über zwei Jahre, heute werden über fünf Jahre erreicht.

Die annähernd polaren, sonnensynchronen Umlaufbahnen dieser Systeme mit einer Inklination von 97° garantieren die Erfassung praktisch der gesamten Erdoberfläche. Üblicherweise werden zwei Plattformen betrieben, die eine mit einer Umlaufbahn für Bildaufnahmen am späten Vormittag, die andere am frühen Nachmittag. Die 90-Minuten-Orbits ermöglichen es, zusammen mit der Option die Blickrichtung der Sensoren zu schwenken, Gebiete oder Objekte von besonderem Interesse alle zwölf Stunden aufzunehmen.

Kernstück der Instrumentierung ist ein mit dem Hubble Space Telescope vergleichbares Spiegelteleskop, dessen Brennweite eine maximale Auflösung im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums von 15 cm zulässt. Das gebündelte Licht kann aber auch spektral zerlegt und einem Multi-spektral-Scanner zugeführt werden oder aber mittels Restlichtverstärkung derart aufbereitet werden, dass das System auch nachts einsetzbar ist, allenfalls mit Einbussen bei der räumlichen Auflösung.

Die registrierte Bildinformation wird in digitaler Form über Relay-Satelliten des Satellite Data System (SDS), des Tracking and Data Relay Satellite System (TDRSS) oder des neuen MILSTAR-Systems (Military Strategic and Tactical Relay) an Bodenstationen übermittelt³. Ursprünglich liefen sämtliche Informationsströme in Fort Belvoir bei Washington zusammen. Heute stehen mehrere Empfangsstationen über die ganze Erde verteilt im Einsatz, eine davon in Deutschland. Während dem Golf-

krieg wurden auch mobile Empfangsanlagen direkt im Krisengebiet eingesetzt.

Die Auswertung der Bilder erfolgt computerunterstützt mit einer riesigen Auswahl an Algorithmen für die Bildverbesserung sowie Objekterkennung und -analyse. Die multitemporale Bildüberlagerung zum Erkennen von Veränderungen sowie zur Verbesserung der räumlichen Auflösung wird ebenfalls operationell eingesetzt. Anschliessend werden die Bilder mit all ihren technischen Parametern und den ausgewerteten Fakten in Datenbanken abgelegt, so dass sie jederzeit wieder abrufbar sind.

Am 8. August 1989 folgte der erste Nachfolger des KH-11. Zuerst als KH-12 bezeichnet, erhielten diese Satelliten später die Namen «Advanced KENNAN» und «Improved CRYSTAL». Sie verfügen über ähnliche elektro-optische Systeme und Echtzeit-Datenübertragung wie ihre Vorgänger. Hinzu kommt ein IR-Scanner für die Wärmebilderzeugung, dessen beste Bodenauflösung möglicherweise 50 cm erreicht.

Ebenfalls neu auf diesen Satelliten ist das Improved CRYSTAL Metric System. Es ermöglicht die Herstellung digitaler Karten und Geländemodelle aus den aufgenommenen Bildern, um daraus wiederum Referenzdatensätze für Cruise Missiles herzustellen. Eine deutlich höhere Treibstoffzuladung, welche das Gesamtgewicht auf ca. 16 t anhebt, verschiedene Defensivmassnahmen gegen NEMP-, Laser- und Mikrowelleneinwirkungen sowie ein Warnsystem vor Antisatellitenwaffen sind weitere Merkmale dieser Plattformen.

Trotz der mit KENNAN und CRYSTAL erzielten Fortschritte blieb ein Problem bestehen: die Bewölkung. Über einem Grossteil der strategisch wichtigen Gebiete der Erde fällt die mittlere monatliche Bewölkungsdauer nie unter 50%. Im Atomtestgebiet von Nowaja Semlja z.B. liegt sie zwischen 60% und 87%. Bei Tallin, wo ein CORONA-Satellit 1961 eine mögliche ABM-Stellung (Anti Ballistic Missile) entdeckte, dauerte es – im wesentlichen wegen der Bewölkung – acht Jahre, bis ein weiteres Bild für die Verifikation vorlag. Am deutlichsten aber wurde

³ SDS besteht aus zwei bis drei Satelliten in stark elliptischen, annähernd polaren Umlaufbahnen. Sie verweilen pro Umlauf ca. neun Stunden allein über Gebieten der ehemaligen Sowjetunion. Das von der NASA betriebene TDRSS, bestehend aus vier geostationären Satelliten, wird auch für zivile Zwecke verwendet. Vom MILSTAR-System – dem Nachfolger von SDS – wurde der zweite geostationäre Satellit am 4. November 1995 gestartet. Bis 2002 sollen vier weitere folgen, darunter solche in elliptischen Umlaufbahnen.

diese Schwachstelle durch den Falkland-Krieg aufgezeigt: Obwohl Big Bird- und KH-11-Satelliten das Krisengebiet überwachten, konnten aufgrund der permanenten Bewölkung über dem Südatlantik keine Bilder ausgewertet werden.

Eine Lösung dieses Problems brachte der Start des ersten LACROSSE-Satelliten mit einem Synthetic Aperture Radar, welcher nach über einjähriger Verzögerung wegen des Challenger-Unfalls erst am 2. Dezember 1988 erfolgte. Die Umlaufbahn dieses Satellitentyps ist deutlich höher als bei optischen Systemen und liegt bei ca. 700 km. Auch sein Gewicht hat gegenüber seinen Vorgängern nochmals zugenommen und dürfte bei ca. 18 t liegen.

Im Vergleich dazu bringen die zivilen, europäischen Erdkundungssatelliten ERS-1/2 – welche ebenfalls mit einem SAR ausgerüstet sind – ganze 2,4 t auf die Waage. Diese speisen mit einem Solar-Panel von 11,7 x 2,4 m Grösse ein SAR-System mit 4,6 kW Spitzenleistung. Bei LACROSSE sind es je zwei Panels von je 50 m Länge, welche den Betrieb des 10-kW-Radars sowie weiterer Systeme sicherstellen.

Die Daten dieses Sensors, welche eine Bildauflösung von ca. 0,6 bis 3 m zulassen, gelangen in digitaler Form über TDRSS-Satelliten z.B. nach White Sands, New Mexico. Über die Zeit, welche für die SAR-Bildprozessierung, d.h. die Umrechnung der Rohdaten in ein interpretierbares Bild, benötigt wird, gibt es keine Hinweise. Sie dürfte aber deutlich unter einer Stunde liegen oder gar in Echtzeit erfolgen.

Mit KENNAN/CRYSTAL und LACROSSE verfügen die Vereinigten Staaten heute über die Möglichkeit, von praktisch allen Gebieten der Erde innerhalb weniger Stunden und unabhängig von Wetter und Tageszeit Bilder mit hoher Auflösung aufzunehmen und annähernd in Echtzeit an die Auswertung zu übermitteln.

Russland

Die Entwicklung der russischen, weltraumgestützten Bildaufklärung begann mit dem Start von COSMOS 10 am 17. Oktober 1962.

Im Gegensatz zu den amerikanischen Systemen verbesserte sich die anfängliche Lebensdauer von wenigen Tagen nur sehr zögerlich auf etwa drei Wochen. Aus diesem Grund startete die Sowjetunion jährlich ca. 25 bis 30 Aufklärungssatelliten, in Krisenzeiten sogar einen pro Woche. So kommt allein die COSMOS-Serie bis heute auf die stolze Zahl von ca. 2300 Starts militärischer Nutzlasten.

Die Plattformen der russischen Aufklärungssysteme basieren auf der benannten Wostok-Kapsel, deren funktioneller Aufbau sich bis in die 90er Jahre kaum änderte.

Ab Mitte der 70er Jahre wird mit Bodenaufnahmen im sichtbaren Spektralbereich von unter 1 m gearbeitet. Mit Hilfe solcher ebenfalls mit Kapseln zur Erde zurückgebrachter Filme wurde 1977 das südafrikanische Atomtestzentrum in der Kalahari-Wüste entdeckt.

Heute sind diese hochauflösenden Kamerasysteme auch für zivile Applikationen freigegeben. Bilder mit einer Bodenaufklärung von 2 m und einem Aufnahmegebiet von 40x40 km pro Szene können bei der Firma SOVINFORMSPUTNIK in Moskau bestellt werden. Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt eines dieser sog. KVR-1000-Bilder. Die räumliche Auflösung wurde beim Scan-Prozess auf ca. 3 m reduziert (vgl. auch Detailvergrößerung in Abb. 6).

Es ist bekannt, dass Russland vor dem Einsatz rein digitaler Systeme während langer Zeit mit Hybridsystemen gearbeitet hat und diese möglicherweise heute noch einsetzt. Dabei wird wie gewohnt ein Film belichtet, dann aber im Orbit entwickelt, gescannt und die Information in digitaler Form zur Erde übermittelt.

Seit Mitte der 80er Jahre werden auch elektro-optische Sensoren sowie die Echtzeitübertragung eingesetzt. Bodenaufklärung und Datenrate sind jedoch nicht mit jenen amerikanischen Systeme vergleichbar und dürften ungefähr um einen Faktor 5 bis 10 tiefere Leistungen aufweisen. Ähnliches gilt auch für die Radarsatelliten, welche wahrscheinlich eher für die Schiffsüberwachung eingesetzt werden.

Andere Nationen

China startete den ersten Aufklärungssatelliten 1975. Die Lebensdauer von drei bis fünf Tagen sowie eine Filmkapsel, welche an einem Fallschirm auf die Erde zurückgebracht wurde, erinnern an die amerikanischen und russischen Systeme der frühen 60er Jahre.

1987 wurde mit einer neuen Serie die Lebensdauer auf ca. acht Tage erhöht. Janbing, der fünfte Satellit dieser Serie, startete am 8. Oktober 1993, und acht Tage später wurde die 1 t schwere Rückkehrkapsel abgetrennt. Aufgrund eines Fehlers geriet diese ausser Kontrolle und stürzte schliesslich Mitte März dieses Jahres ab.

Bis heute wurden ca. 15 Nutzlasten mit Aufklärungssensoren gestartet. Die

Abb. 5:
KVR-1000 Aufnahme
vom 19. Januar 1994
aus dem Raum Zürich-
Nord. Das Rechteck
markiert den in Abb. 6
vergrösserten Bild-
ausschnitt.
(SOVINFORM-
SPUTNIK)

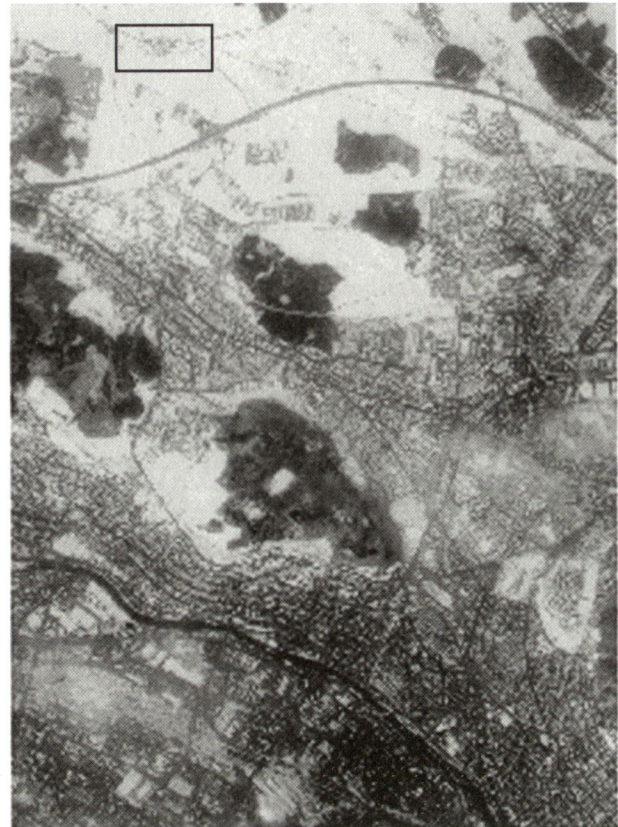
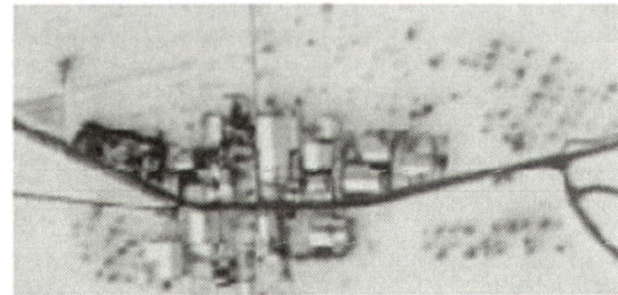


Abb. 6:
Detailvergrößerung
aus der KVR-1000-
Aufnahme von Abb. 5.
(SOVINFORM-
SPUTNIK)



wichtigsten Zielgebiete dürften im benachbarten Ausland, insbesondere in Russland und Indien liegen.

Der erste und bisher einzige europäische Aufklärungssatellit, HELIOS-1A, wurde am 7. Juli 1995 in Kourou, frz. Guayana, gestartet. Getragen wird dieses Projekt von Frankreich (79%), Italien (14%) und Spanien (7%). Die Plattform wurde vom zivilen Erderkundungssatelliten SPOT-4 (Satellite pour l'Observation de la Terre) übernommen. Aus der polnahen Umlaufbahn mit einer Höhe von 680 km erreicht der opto-elektronische Sensor im sichtbaren Spektralbereich eine räumliche Auflösung von 1 m.

Einsatzgebiete

Die stetige technische Weiterentwicklung der Aufklärungssysteme führte auch zu einer massiven Wand-

lung und Ausweitung ihres Einsatzspektrums. War es in den 60er und 70er Jahren vor allem die Überwachung statischer Anlagen von strategischer Bedeutung, besteht heute vor allem auf amerikanischer Seite die Möglichkeit, dynamische Aktionen auf taktischer Stufe zu erfassen.

Selbstverständlich verbleiben die schon früher überwachten Objekte weiterhin im Aufklärungskatalog. Schätzungen gehen von rund 20000 Objekten aus, welche vor 1980 regelmässig überwacht wurden. Davon befanden sich ca. 80% auf dem Gebiet damaliger kommunistischer Staaten.

Mit Beginn der Echtzeit-Datenübertragung Mitte der 80er Jahre schnellte die Anzahl überwachter Objekte auf rund 42000, wovon nur noch ca. 50% im Gebiet des ehemaligen Ostblocks lag. Die andere Hälfte war über die ganze Erde verteilt, mit Schwergewicht im Nahen Osten. Bis heute dürfte der Anteil dieser Länder noch weiter zugenommen haben.



Der Zielkatalog umfasst neben militärischen Installationen wie Startanlagen, Stützpunkten, Überwachungs- und Übermittlungsanlagen auch Industrie- und Bergbaugelände zum Abschätzen von strategisch wichtigen Produktions- und Förderkapazitäten. So werden in Ländern, welche über eigene Nuklearprogramme verfügen, regelmäßig Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren, Uranaufbereitungs- und Anreicherungsanlagen oder auch Uranminen überwacht. Zu ihnen gehören u.a. Israel, Indien, Pakistan und Südafrika.

Aber auch weitere Länder, welche über die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Bau von Atomwaffen verfügen, wie z.B. Argentinien, Brasilien, Libyen, Irak, Iran, Taiwan und Nordkorea, stehen auf der Liste. Neben dem nuklearen Potential werden auch Anlagen für die Entwicklung und Herstellung chemischer und biologischer Massenvernichtungswaffen im Auge behalten, was allerdings aufgrund der wesentlich kleineren Infrastruktur sehr schwierig sein dürfte.

In zahlreichen weiteren Ländern werden systematisch Flugplätze, Marinebasen und Truppenstützpunkte überwacht, um eine Übersicht über Stärke, Bereitschaft und Organisation dieser Streitkräfte zu erhalten. Durch die Erfassung einzelner kleinerer Objekte wird versucht, den Materialzustand sowie die Einführung neuer Systeme zu registrieren.

Mehr und mehr rücken auch ethnische Konflikte ins Zentrum des Interesses. So wurden Massendemonstrationen in Armenien ebenso wie gewalttätige Ausschreitungen in Usbekistan von KH-11 Sensoren erfasst. Und auch das Ausmass der Ereignisse auf dem Tiananmen-Platz in Peking oder die Grösse von Flüchtlingslagern in Ostafrika wurden mit Hilfe von hochauflösenden Satellitenbildern beurteilt.

Eine neue Dimension erhielt die Satellitenaufklärung im Zusammenhang mit dem Golfkrieg. In diesem Konflikt wurde die Bildaufklärung aus dem Weltraum zur wichtigsten nachrichtendienstlichen Quelle. Nicht zuletzt deshalb, weil die luftgestützte Aufklärung während den vorangegangenen Jahren sukzessive abgebaut wurde.

Die zur Verfügung stehenden sechs bis sieben Satelliten ermöglichten die Erfassung von Objekten innerhalb des Krisengebietes bei wolken- und rauchfreiem Himmel alle 2 bis 4 Stunden.

Die Tatsache aber, dass die Golfregion während rund 50% der Zeit unter einer Wolkendecke lag und nur ein LACROSSE-Satellit zur Verfügung stand, führte zu akuten Informationsdefiziten. Dies umso mehr, als mit diesen Bildern nicht nur sämtliche Truppenbewegungen der Iraker zu überwachen waren, sondern auch die Angriffsplanung, die Überprüfung der Wirkung eigener Aktionen (Battle Damage Assessment, BDA) und auch die Suche nach den hochmobilen SCUD-Abschussrampen durchgeführt wurde. Dass teilweise massive Kritik an die zuständigen Nachrichtendienste gerichtet wurde, lag weniger an der Informationsbeschaffung als vielmehr an deren Verarbeitung und Verbreitung.

Nicht zu vergessen ist der Einsatz von Daten operationeller, ziviler Systeme. So werden von amerikanischen Stellen seit Jahren Multi-Spectral-Scanner- (Auflösung 80 m) und Thematic Mapper-Bilder (Auflösung 30 m) der Landsat-Satelliten für Ernteprognosen verwendet, unter anderem im Gebiet der Ukraine.

Während des Golfkrieges setzten die Alliierten neben zivilen Wettersatellitenbildern auch Landsat- und SPOT-Bilder (bis 10 m Auflösung) ein, um Karten und andere «spezielle Produkte»⁵ herzustellen. Die Rede ist von mehreren hundert Bildprodukten, welche zusammen mit anderen Informationsquellen dazu verwendet wurden, über 10000 Karten aufzudatieren oder neu zu erstellen. Daraus wurden dann innerhalb von sechs Monaten über 100 Mio. Kartenblätter gedruckt!

Entwicklungstendenzen

Da im optischen und IR-Bereich des elektromagnetischen Spektrums die räumliche Auflösung schon relativ bald an physikalische Grenzen stösst, dürften heutige und zukünftige Anstrengungen eher in Richtung Steigerung der Sensorempfindlichkeit, Vergrößerung der Bildbereiche sowie Datenübermittlung und -verarbeitung gehen.

Im Mikrowellenbereich, welcher aufgrund seiner Allwetter- und Nachttauglichkeit ohnehin schon stark favorisiert wird, besteht noch ein riesiges Entwicklungspotential. Dieses reicht von der Verbesserung der räumlichen Auflösung über die Vergrößerung der Bildbereiche bis zur Erkennung bewegter Ziele mittels Moving Target Indication (MTI). Daneben aber existie-

ren schon heute Prototypen spezieller SAR-Sensoren, so z. B.:

■ Interferometrische SAR-Systeme zur dreidimensionalen Erfassung von Oberflächen und Objekten.

■ Ultra Wide Band- und Low Frequency-Radar um Vegetationsdecken und teilweise Böden zu durchdringen.

■ Polarimetrische SAR-Systeme, welche eine sehr detaillierte Analyse der Rückstreulflächen ermöglichen.

■ Spotlight Radars für die längere Beleuchtung ausgesuchter Objekte während des Vorbeifluges. Diese erreichen sehr feine Auflösungen und ermöglichen unter Umständen eine dreidimensionale Rekonstruktion.

■ Bi-statische Radars, bei denen Sender und Empfänger auf verschiedenen Plattformen montiert sind. Ein mögliches Szenario ist die Beleuchtung grosser Gebiete aus dem Weltraum in Kombination mit (rein passiver) flugzeuggestützter Signalerfassung und Umwandlung zu Bildern.

Über zukünftige Projekte der Grossmächte lässt sich nur spekulieren. Während für Russland und China diesbezüglich wenig Anhaltspunkte vorliegen, dürfte in den USA die Weiterentwicklung der KH-11- und LACROSSE-Reihen sowie eine Verbesserung des gesamten Information Management im Vordergrund stehen.

Konkrete Projekte sind aus Europa bekannt: Noch dieses Jahr soll HELIOS-1B gestartet werden.

Bis 2001 ist der Start des auf der SPOT-5-Plattform basierenden HELIOS-2 mit einem Thermal-IR-Sensor mit 50 cm Auflösung vorgesehen. Neben Frankreich, Italien und Spanien wird voraussichtlich auch Deutschland dieses Projekt mittragen. Ab 2005 ist der Einsatz des von Deutschland und Frankreich lancierten HORUS-Satelliten mit einem SAR-Sensor geplant.

Aufgrund der allgemeinen Budgetkürzungen im Militärsektor ist anzunehmen, dass auch diese Projekte Verzögerungen erfahren werden. Welche Bedeutung aber der Weltraum einnimmt, erkennt man daran, dass bei den geschrumpften Rüstungsbudgets der Anteil dieses Sektors stetig zunimmt und die «unsichtbare» Budgetpositionen sogar real wachsen.

Die Betrachtung der Zukunftsperspektiven wäre unvollständig, ohne die Entwicklungen im zivilen Bereich zu berücksichtigen. Denn diese werden dazu führen, dass schon in naher Zukunft auch kleinere Staaten in den Besitz hochauflösender Satellitenbilder kommen werden, welche über einen hohen nachrichtendienstlichen Wert verfügen. Im März 1994 wurde durch die Administration Clinton die Bodenaufklärung bis 1 m für zivile Zwecke

⁴ Drei konventionelle KH-11 (gestartet Dezember 1984, Oktober 1987 und November 1988), zwei bis drei Advanced KENNAN (August 1989 und März 1990) sowie ein LACROSSE (Dezember 1988).

⁵ Dabei dürfte es sich u.a. um Datenbanken für Simulatoren für die Missionsplanung und das Pilotentraining (Mission Rehearsal) gehandelt haben.

freigegeben. Wohl aus diesem Grund wurden vor allem in den USA verschiedene kommerzielle Projekte lanciert, welche diese Auflösung bei einer Wiederholrate von wenigen Tagen erreichen sollen.

Bestätigt durch verschiedene Technologieträger, welche in letzter Zeit gestartet wurden, lässt sich zusammenfassend festhalten, dass der Trend in Richtung Systeme geht, welche bei tieferen Kosten flexibler einsetzbar sind und eine wesentlich höhere Leistung erbringen. Dies ermöglicht den sukzessiven Übergang von der Aufklärung (Reconnaissance) zur Überwachung (Surveillance).

Konsequenzen

Schon heute spielt die satellitengestützte Bildaufklärung sowohl bei der Analyse und Bewältigung von Konflikten als auch bei friedenssichernden und vertrauensbildenden Massnahmen eine zentrale Rolle. Aufgrund der aufgezeigten Entwicklungen muss davon ausgegangen werden, dass diese Bedeutung in den kommenden Jahren noch zunehmen wird. Die Frage, ob sich aus all diesen Fakten für den Kleinstaat Schweiz ein Handlungsbedarf ergibt, ist somit von der militärischen wie auch von der politischen Seite her zu beleuchten.

Die von der Schweiz nicht beeinflussbaren, militärischen Aktivitäten über unserem Hoheitsgebiet erfordern eine sorgfältige Berücksichtigung bei der permanenten Lagebeurteilung. Die Beschaffung und Analyse der dazu benötigten Informationen, ihre Beurteilung sowie die Umsetzung der getroffenen Entscheide setzen ein immenses technisches Wissen und entsprechende Erfahrung voraus. Beides lässt sich nicht in kurzer Zeit und schon gar nicht während Krisen aneignen, sondern muss über Jahre hinweg sukzessive aufgebaut werden. Dies erfordert einen klaren Willen, schon in Friedenszeiten die nötigen Mittel für das

ständige Mitverfolgen der entsprechenden Technologien bereitzustellen.

Aus militärischer Sicht steht auch die Frage nach der Wirkung fremder Bildaufklärung aus dem Weltraum im Vordergrund. Wegen des Bewölkungsanteils über unserem Land von über 50% bleibt diese über weite Zeiträume auf den Mikrowellenbereich beschränkt. Letzterer aber wird durch die ausgeprägte Topographie z.T. beeinträchtigt.

Für die Beurteilung von Art und Umfang dieser Beeinträchtigung sowie die Beantwortung der Frage, wie durch geschicktes Verhalten defensive Massnahmen zu optimieren sind, braucht es Know-how und vor allem Konzepte und Strukturen, diese Erkenntnisse über den Weg der Ausbildung zur Wirkung zu bringen.

Ob die Schweiz in Zukunft ihre Sicherheitsinteressen in nationaler Eigenständigkeit oder in Zusammenarbeit mit befreundeten Nationen wahrnimmt, hat auf das Bedürfnis nach Kompetenz und Kapazitäten im Bereich der modernen Image Intelligence kaum Einfluss. Sowohl der Alleingang als auch eine internationale Partnerschaft verlangen nach entsprechender Kompetenz.

Im Gegenteil: Sollte die Entscheidung einmal für eine internationale Sicherheitskooperation ausfallen, wird diese Kompetenz darüber entscheiden, ob unser Land in diesem Bereich als vollwertiger Partner anerkannt wird oder nicht. Und dies hat seinen Preis.

Diese Überlegung trifft ebenso für die politische Betrachtungsrichtung zu: Will die Schweiz sich im Rahmen internationaler Übereinkommen an friedenssichernden Massnahmen beteiligen, so ist dieselbe Kompetenz sowie eine Infrastruktur verlangt, welche eine gegenseitige Überprüfung nachrichtendienstlicher Informationen ermöglicht. Offenheit und die Möglichkeit der Verifikation bilden die Grundlage der gegenseitigen Vertrauensbildung.

Eine aktive Beteiligung der Schweiz an den Bestrebungen der Organisation

für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa (OSZE) im Rahmen von Open Skies oder auch ein Engagement bei der NATO-Initiative Partnership for Peace verlangen eine gemeinsame Anstrengung aller Betroffenen. Dies sind neben dem Departement für auswärtige Angelegenheiten, dem eidgenössischen Militärdepartement und dem Departement des Innern auch die Industrie und die Hochschulen.

Verwendete Quellen:

Die folgende Liste umfasst die wichtigsten verwendeten Publikationen:

Adam, J.A.: **Counting the Weapons**, in: Special Report of IEEE Spectrum, July 1986.

Burrows, W.E.: **Deep Black**, Berkley Books, New York, 1988.

Itten K., Nüesch, D. und Meier, E.: **Beurteilung des Informationspotentials von Satellitenbildern für die Bedürfnisse des Nachrichtendienstes**, VSN-Bulletin 2/94.

McDonald, R.A.: **CORONA: Success for Space Reconnaissance, A Look into the Cold War, and a Revolution for Intelligence**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 61, No. 6, 1995.

Richelson, J.T.: **The Keyhole Satellite Program**, The Journal of Strategic Studies, Vol. 7, No. 2, 1984.

Richelson, J.T.: **America's Secret Eyes in Space**, Harper & Row, New York, 1990.

Ruffner, K.C.: **CORONA: America's First Satellite Program**, CIA History Staff, Center for the Study of Intelligence, Washington, 1995.

Swiss Federal Commission for Space Affairs, Swiss Remote Sensing Commission: **Significance of Earth Observation for Switzerland 1995**, Remote Sensing Laboratories, Department of Geography, University of Zürich-Irchel, Zürich, 1996.

Daneben wurden zahlreiche Artikel der folgenden Zeitschriften verwertet: Jane's Defence Weekly, Jane's World Defence, International Defence Review, Aviation Week and Space Technology, The Military Engineer, COSPAR Information Bulletin, Internationale Wehrrevue, Europäische Wehrkunde, Luftwaffenforum.

Im weiteren stützt sich der Artikel auf Informationen folgender World Wide Web Home Pages:

■ National Reconnaissance Office (NRO):

<http://www.nro.odci.gov/>

■ Jane's:

<http://www.thomson.com/janes/default.html>

■ Naval Research Laboratory (NRL):

<http://www.nrl.navy.mil/>

■ U.S. Geological Survey (Global Land Information System): <http://edcwww.cr.usgs.gov/webglis> ■