

ILR-RSN IB 04-02

**Das erste satellitengestützte
Aufklärungssystem Deutschlands
SAR-Lupe**

Ausarbeitung im Rahmen der Vorlesung Nutzlasten
Sommersemester 2004

Zhouwei Zhang
Matrikelnummer 2801753

Betreuer:

**Dr.-Ing. Christian Gritzner
Technische Universität Dresden
Institut für Luft- und Raumfahrttechnik
Professur für Raumfahrtsysteme und Raumfahrtnutzung**

Juli 2004

Das erste satellitengestützte Aufklärungssystem Deutschlands SAR-Lupe



Ausarbeitung im Rahmen der Vorlesung Nutzlasten
Sommersemester 2004

Zhouwei Zhang

Dresden, 08.07.2004

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Aufklärungsverbund	4
3. Begrifflichkeiten „Aufklärung“	5
4. Fähigkeiten Satellitengestützter Aufklärung	7
5. Das System SAR-Lupe	8
5.1 Aufgaben SAR-Lupe im Aufklärungsverbund	8
5.2 Systemkonfiguration SAR-Lupe	8
5.3 Charakteristische Merkmale SAR-Lupe	10
5.4 SAR-Lupe-Konstellation	11
6. Europäischer Aufklärungsverbund	12
7. Partner der Kooperation	12
8: Bedeutung SAR-Lupe	13
9. SAR-Lupe Hintergrund	14
10. Zusammenfassung	15
a. System Leistungen	16
b. SAR-Bildprodukte	16
c. Überblick Bodensegement	16
d. Haupteigenschaften eines SAR-Lupe Satelliten	17
e. Inverstest	17
f. Industrieteam	17
11. Quellen- und Literaturnachweise	18
a. Internet:	18

1. Einleitung

SAR-Lupe ist das erste satellitengestützte Aufklärungssystem Deutschlands. Es besteht aus fünf baugleichen Kleinsatelliten und einem Bodensegment. OHB-System AG entwickelt als Hauptauftragnehmer der deutschen Bundesregierung das Gesamtsystem und übernimmt dabei die Federführung für ein Konsortium bekannter europäischer Weltraumunternehmen. Die ersten der fünf Satelliten sollen Anfang 2005 mit einer russischen Rakete ins Weltall gebracht werden. Das Gesamtsystem wird 2007 betriebsbereit sein und für mindestens zehn Jahre Radar-Bilddaten an die Bundeswehr senden. Durch die intelligente Kombination vorhandener Technologien kann SAR-Lupe rund um die Uhr unabhängig von Wetterbedingungen arbeiten. Dabei werden zeitnah hoch auflösende Bilder aus nahezu allen Teilen der Welt geliefert.

Abkürzung:

SAR = Synthetic Aperture Radar (zu Deutsch: Radar mit einer synthetischen Bündelbreite)

Hauptkunden

Bundesministerium der Verteidigung, Berlin/Bonn
Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, Koblenz

Mission

Generierung hoch auflösender SAR-Bilder (Radar mit synthetischer Bündelbreite) für militärische Aufklärungszwecke

Leistungen der OHB

Hauptauftragnehmer für die Entwicklung, die Herstellung, die Systemimplementation und den Systembetrieb.

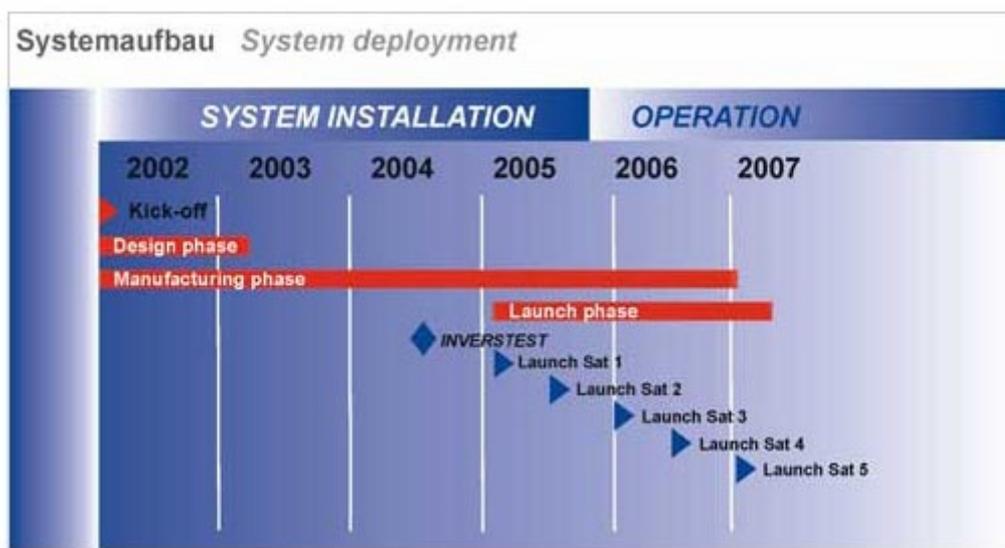


Bild 2: Systemaufbau (OHB 2004)

2. Aufklärungsverbund

Der Verbund der Aufklärungssysteme muss daher so ausgelegt sein, dass er die Informationsversorgung aller Bedarfsträger zeit- und bedarfsgerecht sicherstellen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es nicht nur der Überwindung von Einzelinteressen, sondern auch erheblicher Investitionen in die Informationstechnologie. Die Technische Aufklärung ist integraler Bestandteil des Aufklärungsverbundes aller entsprechenden Mittel und Kräfte des Militärischen Nachrichtenwesens.



Bild 3 Amerikanisches Aufklärungssystem KH-11

Der Informationsbedarf der Bedarfsträger im politischen und militärischen Bereich ist sehr unterschiedlich. Er hängt vor allem von der Führungsebene und dem jeweiligen Aufgabenbereich ab. Aus dem Informationsbedarf leiten sich spezifische Forderungen hinsichtlich des Detaillierungsgrades, der Aktualität und der Erneuerungsrate von Informationen ab.

3. Begrifflichkeiten „Aufklärung“

Im Konzept Ansatz hat man sich weitgehend von den Begriffen der „strategische“, „operative“ und „taktische“ Aufklärung getrennt, da sie einerseits irreführend, andererseits im Zusammenhang mit den erwähnten Forderungen mehrdeutig sind:

Ein Aufklärungsmittel, das im klassischen Sinne der taktischen Ebene zugeordnet ist, kann auch Informationen von strategischer Bedeutung gewinnen.

☐ Umgekehrt können Informationen der sogenannten strategischen Aufklärung auch die operative und sogar die taktische Führung unterstützen. Ein Satellitensystem, wie wir es mit SAR-Lupe realisieren, ist durchaus in der Lage, auch den taktischen Führer in einem Einsatzgebiet zeitgerecht mit Informationen zu versorgen, die für ihn relevant sind - aber natürlich nicht mit allen Informationen im Detail, die er benötigt.

Ferner beeinflussen die Rahmenbedingungen des Einsatzes die Auslegung eines Aufklärungsmittels weit mehr als die bloße Zuordnung zu einer Führungsebene.

Daher haben wir die Aufklärungsmittel folgenden drei Kategorien zugeordnet:

- ☐ Weltweite Aufklärung,
- ☐ Weiträumige Aufklärung und
- ☐ Aufklärung im Einsatzgebiet.



Bild 4 hoch auflösendes Satellitenbild

Die weltweite Aufklärung befähigt grundsätzlich zur Informationsgewinnung ohne geografische Beschränkungen. Sie wahrt die bestehenden staatlichen Hoheitsrechte, wirkt nicht intrusiv, folglich auch nicht eskalatorisch. Weltweite Aufklärung trägt zur Versorgung der politischen Leitung und militärischen Führung mit strategisch relevanten Informationen bei. Ihre Ergebnisse sind Voraussetzung für wirksame Krisenfrüherkennung, Krisenvorsorge und Krisenmanagement. Weltweite Aufklärung schafft ferner die notwendigen Grundlagen für die Einsatzplanung und Operationsführung von Streitkräften.

Die weiträumige Aufklärung dient primär der permanenten bzw. kontinuierlichen, großräumigen, echtzeitnahen Lagefeststellung. Sie ist auf Grund ihrer Abstandsfähigkeit prädestiniert für das Überwachen von Krisengebieten, auch bevor die rechtlichen und politischen Voraussetzungen für einen Streitkräfteeinsatz gegeben sind. In einem aktuellen Einsatzgebiet dient weiträumige Aufklärung vorrangig der Erstellung des Lagebildes und dient damit unmittelbar der mit der Einsatzführung beauftragten Führungsebene.

Beim Einsatz von militärischen Kräften steigt der Informationsbedarf auf allen Führungsebenen sprunghaft. Dies gilt vor allem für den Detaillierungsgrad und die Aktualität der benötigten Informationen. Es bedarf daher zusätzlich spezifischer Mittel für die Aufklärung im Einsatzgebiet. Die Ergebnisse dieser Aufklärungsmittel müssen dem taktischen Führer vor Ort unmittelbar zur Verfügung stehen. Mittel zur Aufklärung im Einsatzgebiet sind daher immer ergänzend zu den Mitteln der weltweiten und der weiträumigen Aufklärung zu betrachten.

Nur durch substantielle Fähigkeiten in allen drei Kategorien – durch einen strukturellen Mix bzw. ein kontinuierliches Fähigkeitsspektrum - können die benötigten Informationen für alle Bedarfsträger gewonnen werden, um anschließend über einen leistungsfähigen Aufklärungsverbund bedarfsgerecht verteilt zu werden.

Lassen Sie uns zur Klarstellung der Begrifflichkeiten und zur Einordnung der weltweiten Aufklärung zu meinem Thema zurückkehren.

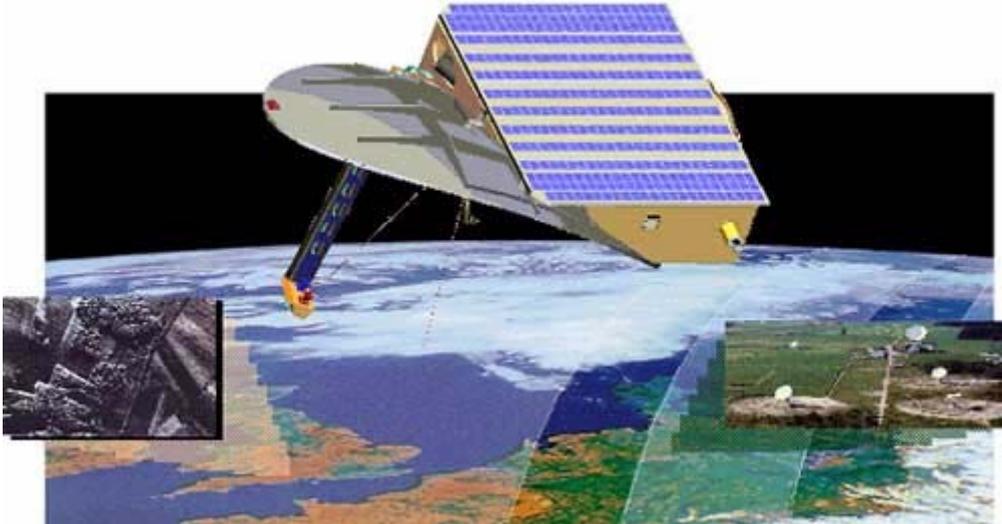


Bild 5 SAR-Lupe System und Bodensegmente

4. Fähigkeiten Satellitengestützter Aufklärung

Satelliten haben gegenüber allen anderen Aufklärungsplattformen den entscheidenden Vorteil, ohne rechtliche oder geografische Einschränkungen einsetzbar zu sein.

Der Weltraum ist für jedermann frei zugänglich, staatliche Hoheitsrechte und sonstige Einschränkungen im Einsatz entfallen. Die inzwischen erreichte hohe Leistungsfähigkeit der Sensorik und die präzise geografische Einordnung der mit Satelliten erzeugten Bilder ermöglichen eine nahezu universelle Verwendbarkeit von Satellitenbildmaterial sowohl für die aktuelle Lagefeststellung als auch für die Grundlagengewinnung einschließlich Kartografie.

Der Zugriff auf satellitengestützte Aufklärungssensoren trägt damit entscheidend zur Verbesserung der politischen und militärischen Urteils-, Handlungs- und Entscheidungsfähigkeit, aber auch zur Planung und Durchführung von Einsätzen der Streitkräfte bei.



Bild 6 Satellitenbild

5. Das System SAR-Lupe

5.1 Aufgaben SAR-Lupe im Aufklärungsverbund

Für die deutschen Streitkräfte ist nach den Einsatzerfahrungen der letzten Jahre - vor allem im Kosovo und in Afghanistan - der uneingeschränkte und unabhängige Zugriff auf ein Gesamtsystem der satellitengestützten Aufklärung unverzichtbar. Ein solches System dient, wie bereits erwähnt

- ☒• der politischen und militärischen Führung zur Krisenfrüherkennung, Krisenvorsorge und zu wirksamem Krisenmanagement,
- ☒• der obersten militärischen Führung zur Planung und Vorbereitung militärischer Einsätze,
- ☒• den Einsatzkräften zum zeitgerechten Gewinnen aktueller Lageinformationen.

Vor diesem Hintergrund fiel die Entscheidung zur Beschaffung des Satellitensystems SAR-Lupe. Mit diesem System erwirbt Deutschland eine nationale Kernfähigkeit zur satellitengestützten Aufklärung. Diese Kernfähigkeit wird nicht nur zur Deckung des nationalen Bedarfs beitragen. Sie wird zugleich der deutsche Beitrag zu einem künftigen europäischen Aufklärungsverbund sein und damit auch der Unterstützung der neuen sicherheitspolitischen und militärischen Strukturen der EU dienen.

5.2 Systemkonfiguration SAR-Lupe

SAR-Lupe ist ein leistungsfähiges Radarsatellitensystem, das auf hohe Auflösung und eine geringe Systemantwortzeit¹ hin optimiert ist. Die Konzentration auf diese Radarkomponente

¹ Systemantwortzeit ist definiert als die Zeit, die für die Erfüllung eines Auftrages bis zur Bereitstellung eines aufbereiteten Bildes für die Auswertung vergeht.

erfolgte, weil erkennbar war, dass ein solches System zumindest in Europa weder kommerziell noch militärisch im vorgesehenen Zeitrahmen anderweitig realisiert werden würde.

Komplementäre optische Systeme mit hoher Auflösung befanden sich als militärische Systeme bei potenziellen Partnern in Realisierung oder waren teilweise marktverfügbar. Radarsatellitensysteme mit geringerer Auflösung aber größerer Flächenabdeckung waren kommerziell verfügbar bzw. in Entwicklung. Zugleich wurde durch die Konzentration auf die militärischen Kernforderungen der Industrie der notwendige Freiraum für innovative Lösungsansätze geschaffen und damit Satellitenkonzepte ermöglicht, die kostengünstig zu realisieren waren. Aus heutiger Sicht kann man feststellen, dass dieser Ansatz, der zudem noch mit Wettbewerb zwischen zwei Konsortien verbunden wurde, erfolgreich war.

SAR-Lupe besteht aus 5 Einzelsatelliten, die ab März 2005 jeweils in einem Abstand von 6 Monaten gestartet werden. Da nach dem Start jeweils die Einsatzbereitschaft sichergestellt werden muss, wird eine erste nutzbare Kapazität Mitte 2005 und das Gesamtsystem Mitte 2007 zur Verfügung stehen.

Die Kosten für das Gesamtsystem liegen in einem beherrschbaren Rahmen und die verbindlich festgelegte Mindestbetriebsdauer von 10 Jahren ist mit weitreichenden Garantien verbunden. Dies und die erwartete Systemleistung versprechen einen höchst effizienten Nutzwert des Hochwertsensorsystems.

Die USA besitzen seit Jahrzehnten hochauflösende Foto-, Infrarotkontroversen sowie Radaraufklärungssatelliten, die – unter bestimmten Bedingungen – Objekte mit einer Größe von 5 bis 10 cm erkennen können, doch deren Ergebnisse werden an die Verbündeten entweder gar nicht oder selektiert, auf jeden Fall aber sehr restriktiv abgegeben. Zwischen der Alten und der Neuen Welt gab es darüber schon lange Zoff. So beginnt die Vorgeschichte von SAR-Lupe nach dem 2. Golfkrieg (1990). Europäische Emanzipationswünsche und amerikanische Informationsvorbehalte drifteten scherenartig auseinander. Um einen Ausgleich herzustellen, baute die Westeuropäische Union WEU im spanischen Torrejón – als Parallelstruktur zur NATO – ein eigenes Satellitenauswertungszentrum. Da sie aber über keine eigenen Satelliten verfügte, wurden in den Folgejahren Fernerkundungsaufnahmen französischer Satelliten der SPOT-Familie sowie des ersten optischen Aufklärers Helios 1A (1995) ausgewertet. Doch immer dann, wenn es irgendwo zur Krise kam, aufrechte sich Europas Generalstab zunehmend enttäuscht über die schlechte Qualität über der Bilder aus Torrejon.

Mitte der 90er-Jahre planten daher Helmut Kohl sowie Francois Mitterrand ein gemeinsames Nachfolgeprogramm Helios IB/Osiris mit mehreren Foto-, Infrarot- und Radarsatelliten. Der Plan platzte, ebenso das deutsch-französische Radar-Nachfolgeprojekt Horus (1998) sowie die noch im Sommer 2001 geplante Beteiligung der Grand Nation an einem SAR-Lupe-Projekt. Doch der Bedarf der Bundesregierung an einem eigenen satellitengestützten Aufklärungssystem wurde, nicht zuletzt durch die zunehmenden internationalen Einsätze, immer gravierender. Wiederholt beklagten sich deutsche Militärs sowie Sicherheitspolitiker über die äußerst unzureichende Versorgung mit Aufklärungsbildern seitens der USA. Spätestens nach den Einsatzerfahrungen im Kosovo sowie in Afghanistan unter UN-Flagge. „Der uneingeschränkte und unabhängige Zugriff auf ein Gesamtsystem der satellitengestützten Aufklärung“ ist „unverzichtbar geworden“, formulierte Oberst Friedrich Kriesel, Referatsleiter für Strategische Aufklärung im Juni 2002. Mit SAR-Lupe würde, so Kriesel, sowohl der Bundesregierung als auch der militärischen Führung ein geeignetes Mittel zur Krisenfrüherkennung, Krisenvorsorge und zum wirksamen Krisenmanagement zur Verfügung stehen. SAR-Lupe soll zusammen mit dem französischen optischen Satellitensystem Helios 2A (2004) sowie Helios 2B (2008) den Kern eines europäischen Aufklärungsverbundes im All bilden.



Bild 7: SAR-Lupe ist ein Radar-Allwetter-Aufklärungssystem für die Bundeswehr, das aus fünf Kleinsatelliten und einem entsprechenden Bodensegment zur Satellitenkontrolle sowie zum Empfang, zur Verarbeitung und Auswertung der Bilddaten besteht.

5.3 Charakteristische Merkmale SAR-Lupe

Für den Nutzer entscheidend sind die deutlich unter 1 m liegende **Auflösung**, die spezifischen **Vorteile eines Radarsensors** – wie Unabhängigkeit von Tageszeit und Witterung – und die hohe **Einsatzflexibilität** des Systems durch eine Kommunikationsverbindung zwischen den Satelliten, die es uns ermöglicht, jederzeit die Auftragsdurchführung unserem aktuellen Bedarf anzupassen. Dies gewährleistet eine durchschnittliche Systemantwortzeit von weniger als 11 Stunden, d. h. ein Bild eines beliebigen Punktes der Erde kann im Schnitt innerhalb eines Zeitraums von 11 Stunden nach Vorliegen des Auftrages in der Satellitenkontrolle gewonnen werden.

Wesentlich sind auch die getroffenen Vorkehrungen zur Einbindung von Partnern in die Nutzung. Hierzu gehört u.a. die Möglichkeit der individuellen Verschlüsselung der Bildrohdaten für bis zu 9 Systempartner.

SAR steht für synthetic Aperturradar und bezeichnet damit die genutzte Radartechnologie, die besonders hohe Auflösungen ermöglicht. Kehrseite der hohen Auflösung ist aus physikalischen Gründen eine vergleichsweise kleine Szenengröße. Wir werden künftig in der Lage sein, wie mit einer Lupe auf Gebiete von besonders hohem Interesse (Hot Spots) zu blicken.

SAR-Lupe wird trotz seiner wertvollen charakteristischen Merkmale nicht für alle Aufklärungszwecke als geeigneter Sensor eingesetzt werden können. Radarbilder unterliegen physikalischen Gesetzmäßigkeiten und haben neben vielen Vorteilen auch einige Nachteile². Es kommt deshalb darauf an, **komplementäre Fähigkeiten** zu nutzen, die durch Partner bereitgestellt werden, mit anderen Worten, ein **Gesamtsystem** der satellitengestützten Aufklärung zu schaffen, das sowohl über **optische** Sensoren verfügt, dabei den **Infrarotbereich** einschließt, als auch den **Radarbereich** abdeckt.

Erforderlich sind ferner – neben Sensoren höchster Auflösung – auch Sensoren mittlerer Auflösung, die größere Räume abdecken können. Je nach Bedarf besteht die Notwendigkeit Objekte oder Strukturen von Interesse **entdecken**, **erkennen** oder **identifizieren** zu können.

² Reflektion, Detailgenauigkeit, räumlicher Versatz von bewegten Objekten

5.4 SAR-Lupe-Konstellation

Der Start des ersten SAR-Lupe-Satelliten ist für März 2005 mit einer russischen Rakete vorgesehen. Ihm folgen im Abstand von jeweils sechs Monaten vier identische Satelliten. Als Träger stehen zur Auswahl: Kosmos 3M (Poljot), Rockot (Eurockot) und Dnepr (Kosmotras). Wie bereits erwähnt, schloss das Bremer Unternehmen im August auf dem Moskauer Aerosalon MAKS-2003 mit der russischen Waffenexportfirma Rosoboronexport eine diesbezügliche Rahmenvereinbarung ab. Die Auslegung der Satelliten ist mit jedem Träger kompatibel. Die endgültige Entscheidung steht jedoch noch aus, da für die Kosmos 3M sowie die Dnepr Qualifikationsflüge mit modifiziertem Fairing notwendig sind. Als Startort favorisiert OHB das nordrussische Kosmodrom Plessezk. Von dort heben aber nur die Kosmos 3M sowie die Rockot ab. Im Dreiervergleich ist Rockot am teuersten. Dnepr wiederum ist zwar deutlich preisgünstiger, aber durch den notwendigen Start von Baikonur aus würden die Fallgebiete der ausgebrannten Raketentufen in Turkmenistan liegen, was nicht unproblematisch ist. Aus diesen Gründen dürfte die Kosmos 3M die größten Chancen haben, zumal OHB ein neues Los über fünf Kosmos-3M-Trägerraketen bei Poljot geordert hat, die über die Bremer Tochtergesellschaft COSMOS International vermarktet werden. Da aber SAR-Lupe unter allen Umständen termingetreu abgesichert werden muss, braucht OHB Alternativen – und damit Rockot sowie Dnepr. Es galt, einen weiteren Knackpunkt zu lösen: Wie kann die sensible deutsche Militärtechnik in Russland absolut sicher geschützt werden? Hierzu existiert – auf der Grundlage gegenseitigen Vertrauens – ein deutsch-russisches Sicherheitsabkommen. Die Bundeswehr darf somit in Russland die Satelliten durch eigenes Sicherheitspersonal rund um die Uhr bewachen und überprüfen. Mit der Militärachse Deutschland – Russland demonstriert eine selbstbewusste Bundeswehr auch Unabhängigkeit von den USA.



Bild 8: Die Aufklärungssatelliten der Bundeswehr werden von den Russischen Weltraumstreitkräften ab 2005 ins All geschossen. Größte Chancen besitzt die Trägerrakete Kosmos 3M (Bild links) mit Starteinsätzen vom nordrussischen Kosmodrom Plessezk.

Bis zum Start des ersten deutschen Radar-Aufklärungssatelliten in Russland muss OHB in Gelsdorf bei Bonn noch eine SAR-Lupe-eigene Satellitenkontrollstation sowie ein dazugehöriges Datenauswertungszentrum errichten. Die Inbetriebnahme der Satelliten – die so genannte LEOP-Phase – übernimmt das Deutsche Satellitenkontrollzentrum GSOC des DLR in Oberpfaffenhofen. Sobald die Satelliten zuverlässig arbeiten, werden sie an das SAR-Lupe-Kontrollzentrum in Gelsdorf übergeben. Von Gelsdorf aus erfolgt dann die Inbetriebnahme und Nutzung der sensitiven Nutzlasten. Hierzu gehören der Empfang der verschlüsselten Daten, die Missionsplanung, Steuerung sowie Wartung der Satelliten. Die in drei Ebenen operierenden Radarsatelliten sind so verteilt, dass jeder beliebige Punkt auf der Erde zwischen 80 Grad nördlicher und 80 Grad südlicher Breite jederzeit aufgenommen und mit sehr geringer Systemantwortzeit von wenigen Stunden als ausgewertetes Bildmaterial zur Verfügung steht. Sämtliche Bilddaten, ob aktuell genutzt oder nicht, werden für Vergleichszwecke in einem riesigen Archiv in Gelsdorf abgespeichert.

6. Europäischer Aufklärungsverbund

Es ist offensichtlich, dass in Europa **kein Staat allein** ein solches Gesamtsystem realisieren kann. Es ist aber festzustellen, dass in Europa alle benötigten Fähigkeiten durch verschiedene nationale Programme ab 2003 beginnend aufwachsen. Hierzu zählen in erster Linie die militärischen Systeme SAR-Lupe und HELIOS II und darüber hinaus das dual use Programm COSMO SKYMED³/Pléiades⁴ sowie das kommerzielle Programm TERRA-SAR X⁵.

Es gilt nunmehr, zumindest die **militärischen Vorhaben** in einem multinationalen Ansatz so miteinander zu **verbinden**, dass sie im Sinne eines **Gesamtsystems** durch alle beteiligten Nationen - und möglicherweise auch Dritte - genutzt werden können. Dies ist unser pragmatischer Ansatz zur Realisierung einer umfassenden europäischen Fähigkeit der satellitengestützten Aufklärung.

Auf den deutsch-französischen Gipfeln von Mainz und Vittel haben die Regierungen beider Staaten erklärt, dass sie einen "unabhängigen europäischen satellitengestützten Aufklärungsverbund" aufbauen wollen. Sie werden dazu ihre Systeme SAR-Lupe und HELIOS II in der Nutzung zusammenführen. Mit diesem bilateralen Schritt soll der Kern eines europäischen Aufklärungsverbundes entstehen, der offen ist für den Beitritt weiterer europäischer Partner.

7. Partner der Kooperation

Diese Kooperation ist grundsätzlich offen für den Beitritt weiterer europäischer Nationen, die keine eigene Fähigkeit bereitstellen wollen oder können. Diese Nationen können gegen einen finanziellen Beitrag Partner in der Nutzung eines oder mehrerer Systeme werden. Sie benötigen hierzu ergänzend ein eigenes Bodensegment, um eigene Bildaufträge einsteuern und die empfangenen Bilddaten auswerten zu können.

³ COSMO SKYMED = ITA Radarsatellitensystem mit aktiver SAR-Antenne; Auflösung bis zu 0,75m im hochauflösenden Modus; Übersichtsmodus vorhanden; 4 Satelliten, Lebensdauer: 5 Jahre; Start ab Mitte 2005

⁴ PLEIADES = FRA opt. Dual use Satellitensystem; Auflösung ca. 1m im hochauflösenden Modus, ca. 3-4m im Übersichtsmodus; bestehend aus 2 Satelliten; Start ab 2007

⁵ TERRA SAR X = DEU Radarsatellitensystem mit aktiver SAR-Antenne; Auflösung bis 1m; Übersichtsmodus bis zu 300 x 1600 km; Realisierung durch Fa. Astrium; Finanzierung durch Astrium und DLR; Start Juli 2005

Deutschland bietet potenziellen Partnern allerdings auch an, einen oder sogar mehrere zusätzliche Satelliten SAR-Lupe und ein Bodensegment zu erwerben. Die zusätzlichen Satelliten würden in das von uns beschaffte System integriert werden und damit die Systemleistung analog zum zusätzlichen Bedarf erhöhen.

Der dargestellte Realisierungsansatz geht von einer multinationalen Kooperation zur Schaffung einer europäischen Fähigkeit der satellitengestützten Aufklärung aus. Wir sind davon überzeugt, dass dies ein pragmatischer und damit erfolgversprechender Weg zur Stärkung der europäischen Fähigkeiten ist und damit auch den Beschlüssen zum European Headline Goal im besonderen Maße entspricht.

In diesem Prozess gilt es natürlich, bestehende Strukturen und Verfahren der NATO zu berücksichtigen und diese nicht unnötig zu duplizieren. Für die satellitengestützte Aufklärung ist aber festzustellen, dass diese Gefahr nicht besteht, da vergleichbare NATO- Planungen nicht bekannt sind.

Lassen Sie mich nun, nachdem ich Ihnen die konzeptionellen Gedanken, die zur Realisierung von SAR-Lupe geführt haben, und die Vorstellungen zur Realisierung einer gemeinsamen europäischen Fähigkeit der satellitengestützten Aufklärung dargestellt habe, auf die Frage der „Bedeutung der satellitengestützten Aufklärung durch das System SAR-Lupe für die strategischen Aufklärungsfähigkeiten der Bundeswehr“ zurückkommen:



Bild 9: Die hochaufgelösten Aufklärungsbilder gibt in zwei Varianten: Beim so genannten Streifen-SAR („Standard“) bewegt sich der Radarstrahl mit der Fluggeschwindigkeit des Satelliten von etwa 7 km/s über der Erdoberfläche. Beim Spot-light-SAR („Lupe“) hingegen führt der Satellit entsprechende Flugmanöver aus, die die nominelle Geschwindigkeit des Radarstrahls über dem Erdboden auf etwa 2 km/s reduzieren und damit die Auflösung deutlich erhöhen. Mit diesem Modus lassen sich Extremvergrößerungen besonders interessierender Gebiete anfertigen.

8: Bedeutung SAR-Lupe

Mit der Realisierung des Systems SAR-Lupe leisten wir zunächst einen Beitrag zur Schließung der national und in Europa bestehenden Lücke zur weltweiten abbildenden Aufklärung zu jeder Tages- und Nachtzeit sowie unabhängig von Wetterbedingungen.

Aufgrund seiner Einzigartigkeit und seiner hohen Leistungsfähigkeit, wodurch im Übrigen das hohe Interesse anderer Nationen an SAR-Lupe begründet ist, stellt das System als Deutscher Beitrag gleichzeitig den Zugang zu anderen, komplementären Systemen

europäischer Partner sicher. Die **Kooperation** mit Frankreich ist hierzu ein erster wichtiger Schritt.

Und letztendlich schaffen wir im nationalen Aufklärungsverbund mit SAR-Lupe neben der signalerfassenden Aufklärung eine zweite, wesentliche Fähigkeit in der weltweiten Aufklärung. Der **Mehrwert**, der durch **kombinierte Nutzung** beider sich komplementär ergänzender Aufklärungsfähigkeiten – **SIGINT und IMINT** - erreicht werden kann, ist derzeit in seinem Umfang lediglich in ersten vielversprechenden Ansätzen abschätzbar. Wir erwarten hier noch ein erhebliches Aufwuchs- oder **Synergiepotenzial** hinsichtlich der Möglichkeiten zur Zusammenarbeit und wechselseitigen Ergänzung. So lassen sich z.B. Betriebszustände erkennen und ein bisher unerreichtes Maß an Anreicherung der inhaltlichen Aussagekraft von technischen Aufklärungsergebnissen erzielen.



Bild 10 SAR-Lupe System

9. SAR-Lupe Hintergrund

Mit SAR-Lupe verfügt die Bundeswehr in Zukunft über ein unabhängiges Aufklärungssystem.

SAR-Lupe wird:

- die kontinuierliche Aufklärung weltweit sicherstellen
- hohe Datenaktualität liefern
- wetterunabhängig zu jeder Tages- und Nachtzeit operieren
- höchste Auflösung und Bildqualität garantieren

SAR-Lupe als höchstauflösendes, satelliten-gestütztes Aufklärungssystem bietet der Bundeswehr das unverzichtbare Maß an Information.

Auszug aus der Rede von Oberst i. G. Friedrich W. Kriesel, Referatsleiter für Strategische Aufklärung des Bundesministeriums der Verteidigung, anlässlich der Konferenz „European Satellites for Security“, in Brüssel, Juni 2002:

„Für die deutschen Streitkräfte ist nach den Einsatzerfahrungen der letzten Jahre vor allem in Kosovo und in Afghanistan – der uneingeschränkte und unabhängige Zugriff auf ein Gesamtsystem der satellitengestützten Aufklärung unverzichtbar. Ein solches System

dient...der politischen und militärischen Führung zur Krisenfrüherkennung, Krisenvorsorge und zu wirksamem Krisenmanagement, der obersten militärischen Führung zur Planung und Vorbereitung militärischer Einsätze, den Einsatzkräften zum zeitgerechten Gewinnen aktueller Lageinformationen.

Vor diesem Hintergrund fiel die Entscheidung zur Beschaffung des Satellitensystems SAR-Lupe. Mit diesem System erwirbt Deutschland eine nationale Kernfähigkeit zur satellitengestützten Aufklärung. Diese Kernfähigkeit wird nicht nur zur Deckung des nationalen Bedarfs beitragen. Sie wird zugleich der deutsche Beitrag zu einem künftigen europäischen Aufklärungsverbund sein und damit auch der Unterstützung der neuen sicherheitspolitischen, und militärischen Strukturen der EU dienen. SAR- Lupe ist ein leistungsfähiges Radarsatellitensystem, das auf hohe Auflösung hin optimiert ist.“

„Deutschland leistet mit der Entscheidung zur Realisierung des Systems SAR-Lupe einen Beitrag zur Schließung der national und in Europa bestehenden Lücke zur weltweiten abbildenden Aufklärung. Deutschland geht dabei konsequent den Weg der Kooperation und bringt diese nationale Kernfähigkeit in eine europäische Gesamtfähigkeit ein. Die Kooperation mit Frankreich ist hierzu ein erster wichtiger Schritt. Sie steht allen interessierten europäischen Staaten offen. Gleichzeitig sind aller EU- Partner eingeladen, sich über eine ergänzende Kapazität am System SAR-Lupe zu beteiligen.“

10. Zusammenfassung

In der Ära der Sowjetunion wäre es undenkbar gewesen, heute ist es Business: Die Russischen Weltraumstreitkräfte werden ab 2005 in Halbjahresabständen insgesamt fünf Überwachungssatelliten der Bundeswehr mit russischen Trägerraketen ins All schießen. Für die in drei Ebenen und einer durchschnittlichen Höhe von 500 km operierenden Satelliten ist eine Einsatzdauer von mindestens zehn Jahren geplant. Im Jahre 2007 soll mit dem letzten Start von einem russischen Kosmodrom aus das erste deutsche Radar-Aufklärungssystem SAR-Lupe im Orbit komplett installiert sein. Eine entsprechende Rahmenvereinbarung schloss das Bremer Unternehmen OHB-System AG im August auf dem Moskauer Aerosalon MAKS-2003 mit der russischen Waffenexportfirma Rosoboronexport ab. Etwas außergewöhnlich wie diese Vereinbarung sind auch das Aufklärungssystem sowie die Firma, die der Bundeswehr das Sehen aus dem All beibringen will, die OHB-System AG. Hinter dem immer bekannter werdenden Kürzel verbirgt sich die „Orbitale Hochtechnologie Bremen System AG“. OHB ist 1981/82 durch Übernahme der damaligen Otto Hydraulik Bremen GmbH, einer kleinen Hydraulik- und Elektrikwerkstatt mit fünf Mitarbeitern entstanden. Christa Fuchs, die die kaufmännische Geschäftsführung übernahm sowie ihr Ehemann, Manfred Fuchs, ein begeisterter Flugzeugbau-Entwicklungsingenieur bauten die Firma zu einer Raumfahrt- und Technologieschmiede aus. So entstand aus dem Fünf-Mann-Betrieb binnen zweier Jahrzehnte ein mittelständisches Unternehmen mit nahezu einem Dutzend Tochtergesellschaften, die europaweit zusammen rund 450 Mitarbeiter beschäftigen. Die Zentrale der Fuchs-Gruppe befindet sich im Bremer Technologiepark. Allein hier arbeiten 160 hochkarätige Wissenschaftler und Ingenieure in den Bereichen Satellitenentwicklung, bemannte Raumfahrt, zukünftige Trägersysteme sowie Technologien für Sicherheit und Aufklärung. Eine Erfolgsgeschichte par Excellence. Zu der Fuchs-Gruppe gehört auch die OHB-Teledata AG, aus der zusammen mit der OHB-System AG der bislang einzige börsennotierte deutsche Raumfahrtkonzern entstand.

Das SAR-Lupe System ist ein satellitengestütztes Radar-Aufklärungssystem bestehend aus fünf Kleinsatelliten von ca. 770kg und einem entsprechenden Bodensegment zur Satellitenkontrolle und zum Empfang, zur Verarbeitung und Auswertung der Bilddaten. Das System arbeitet wetterunabhängig bei Tag und Nacht und liefert von praktisch allen Gebieten der Erde aktuelle und sehr detaillierte Bilder.

Ein spezielles Aufnahmeverfahren, das sogenannte Synthetic Aperture Radar-, oder kurz SAR-Verfahren, ermöglicht die Gewinnung hochaufgelöster Bilder aus einer Höhe von rund 500km. Dazu werden die Parabolantennen der baugleichen Satelliten mitsamt den Satelliten auf das Aufnahmeobjekt gerichtet.

Der erste von insgesamt fünf Satelliten soll bereits Anfang 2005 mit einer russischen Trägerrakete in seine Umlaufbahn geschossen werden. Das gesamte System soll bis 2007 fertiggestellt sein und bis 2015 Aufklärungsbilder an die Bundeswehr liefern.

a. System Leistungen

Spot-light Mode

Flugmanöver des Satelliten mit der fest installierten Antenne zur Erhöhung der Integrationszeit bei der SAR Datenaufnahme. Die nominelle Geschwindigkeit des Radarstrahls über dem Boden wird reduziert. Dadurch wird die Auflösung in Flugrichtung deutlich erhöht.

Strip-Map Mode

Feste Antennenausrichtung. Die Geschwindigkeit über dem Boden beträgt ca. 7km/s.

b. SAR-Bildprodukte

Geometrische Auflösung <1m

Mehr als 30 Bilder pro Tag im gesamten Interessengebiet

<11/19 Stunden

Architektur des Raumsegments

Anzahl der Satelliten: 5 identisch

Bahnebenen: 3

Mittlere Höhe: ca. 500km, optimiert für hohe Auflösung

Bahninklination: ca. Polar alle

Anzahl der Satelliten in den Bahnebenen: Orbit 1: 2 Satellites

Orbit 2: 1 Satellite

Orbit 3: 2 Satellites

Winkel zwischen den Bahnebenen und Phasenwinkel der Satelliten optimiert für eine kürzest mögliche Systemantwortzeit

c. Überblick Bodensegment

Das Bodensegment besteht aus zwei Teilen

Satellitenkontrolle

Satelliten-Bodensegment

- Kontrolle des Raumsegments
- Empfang und Verarbeitung der Rohdaten
- Automatischer Betrieb
- Betriebsüberwachung und Wartung durch die OHB System AG

Bildauswertezentrum

Nutzer Bodensegment

- Schnittstelle zum Kunden
- Datenverarbeitung- und Auswertung

- Archivierung
- Bedienung durch den Nutzer

d. Haupteigenschaften eines SAR-Lupe Satelliten

Größe	4m x 3m x 2m; Radarantenne –etwa 3m
Masse	etwa 770 kg
Lebensdauer	mindestens 10 Jahre
Datenübertragung	X-Band für Bildübertragung von Satellit an Bodenstation S-Band für Aufträge von Bodenstation an Satellit
Leistung	durchschnittlich 250 W

e. Inverstest

Vor dem Start der Flugmodelle wird mit dem Ingenieurmodell des Satelliten ein Inverstest durchgeführt, um die Qualität des SAR-Sensor zu demonstrieren.

f. Industrieteam

Die OHB-System AG führt als Hauptauftragnehmer für das SAR-Lupe System ein Industrieteam aus namhaften nationalen und internationalen Partnern:

Antennen von Saab Ericsson für SAR-Lupe ist Gegenstand eines Vertrages zwischen der OHB-System AG, Bremen, und Saab Ericsson Space, Göteborg. Saab Ericsson entwickelt und baut im Auftrag von OHB-System die kompletten SAR (Synthetic Aperture Radar) Antennen, jeweils bestehend aus einem Reflektor und einem Auslegerarm, der das Radar- und das Down-Link Feed Horn trägt. Saab Ericsson ist ein strategischer Partner, der europaweit führend ist auf dem Sektor der Reflektorantennen. Bisherige Einsätze auf den Satelliten Rosetta, Odin, Eutelsat W4 und Sirius.

SAR-Lupe und RSE

Die grundlegenden Ziele und Aktivitäten innerhalb des Projektes *Sicherheitsrelevante Erdbeobachtung* (RSE) sind: Satelliten- und systemtechnische Untersuchungen zu kostengünstigen Radarsatelliten; Entwicklung eines Missions- und Satellitensimulators; Entwicklung eines *Performance Estimators* zu Entwurf, Analyse und Optimierung neuartiger SAR-Systeme für höchste Auflösung (*Stripmap*, *Spotlight*-, Interferometrie-Mode); Ausbau des drei-dimensionalen SAR-System- und -Zielsimulators (SAR *End-to-End*-Simulator SETES) für Systeme mit höchster Auflösung; Aufbau eines vollpolarimetrischen SAR-Systems am Boden (MobiSAR) mit höchster Auflösung im X-Band; vollpolarimetrischer Ausbau des Radars für Turmdrehstandmessungen; Auswertung des RTO-SET(TG24)–Experiments bei SRTM; numerische Simulation von Radarsignaturen und deren experimentelle Verifizierung für Tarnzwecke; Detektion von Anti-Personenminen und Minenfeldern durch luft- und raumgestützte Sensoren; Beratung des BMVg/BWB im Hinblick auf raum- und luftgestützte Aufklärung; Teilnahme an den Technologieprogrammen EUCLID, RTO-SET(TG24) sowie an MOUs und DEAs.Im BMVg-Projekt *Radarsatellitensystem hoher Auflösung* (SAR-Lupe) führt die Abteilung Aufklärung und Sicherheit laufend wissenschaftlich-technische Unterstützungsleistungen durch, insbesondere bei den Hauptmeilensteinen und der Einsatzprüfung auf folgenden Gebieten: Raumsegment, Missionsanalysen und -simulation, SAR-Performance, SAR-*End-to-End*-Simulation, SAR-Prozessierung und Signaturuntersuchungen.

Mit TerraSAR-X und SAR-Lupe im militärischen Bereich wird die führende Position Deutschlands in Europa auf dem SAR-Gebiet erheblich ausgebaut.

11. Quellen- und Literaturnachweise

a. Internet:

OHB-System AG

<http://www.ohb-system.de/dt/Satellites/Missions/sarlupe.html>

(Zeitraum April – Juli 2004)

Flieger Revue - MAGAZIN FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

<http://www.fliegerrevue.de/>

heise online

<http://www.heise.de/tp/deutsch/special/raum/12298/1.html>

Bildnachweis:

OHB-System AG

1, 2,10

FLIEGERREVUE

5,7,8,9,

U.S. Air Force

3,4,6