

SAR-Lupe, de aarde onder een radarloep

Henk H.F. Smid
ribs SCEI / DB&C

SAR-Lupe die op 19 december 2006 in de ruimte werd gebracht, is Duitslands eerste satelliet radarverkenningssysteem en zal uiteindelijk bestaan uit vijf identieke satellieten en een grondsegment. OHB System AG ontwikkelt het systeem als hoofdaannemer voor de Duitse regering en geeft leiding aan een consortium van bekende Europese ruimtevaartbedrijven. Door toepassing van combinaties van bestaande technologieën kan SAR-Lupe, onafhankelijk van weersomstandigheden, op een 7/24 basis opereren. Zeer gedetailleerde radarbeelden van nagenoeg alle delen van de wereld zullen voor de Duitse militaire leiding ter beschikking komen.

Inleiding

Satellieten als dragers van optische of radarsensoren kunnen, anders dan (onbemande) vliegtuigen, altijd zonder schending van soevereine rechten inlichtingen vergaren. Ze zijn daarom bijzonder geschikt om, zonder escalatie, informatie beschikbaar te maken ten behoeve van vroegtijdige opsporing, het nemen van voorzorgsmaatregelen en management van crises. Bovendien hebben radarsensoren het voordeel dat ze onafhankelijk van de tijd van de dag of van het weer bruikbare inlichtingengegevens kunnen genereren.

Het concept van SAR-Lupe (*Synthetic Aperture Radar – loep*) is gebaseerd op vijf identieke radarsatellieten die met intervallen van zes maanden zullen

worden gelanceerd en in drie verschoven omloopbanen op ongeveer 500 km hoogte om de aarde gaan draaien. Ten gevolge van de fysieke werking van de SAR radars is ieder van de vijf satellieten in staat links en rechts schuin van de vluchtbaan zowel enkelvoudige als strookopnamen te maken. De constellatie van de vijf satellieten is zo gekozen dat de zichtbare bereiken naadloos aan elkaar aansluiten.

Het grondstation is verdeeld in een satelliet besturingsdeel en een gebruikersdeel. Het eerste omvat satellietcontrole, gegevensontvangst en beeldverwerking. Het gebruikersdeel omhelst de opdrachtsturing en –controle, beeldexploitatie en archivering.

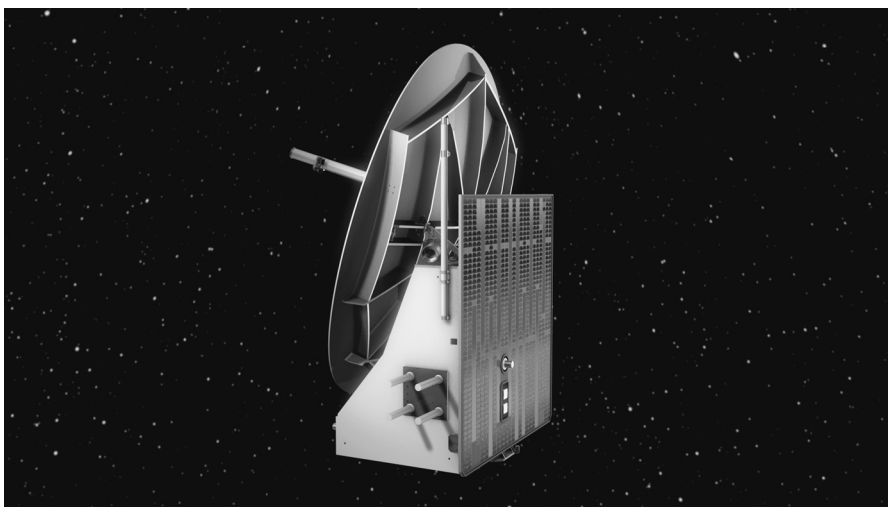
Duitsland en Frankrijk hebben inmiddels een overeenkomst gesloten om de

gegevens van de SAR-Lupe en Helios-II uit te wisselen. Uiteindelijk moet onder een GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) paraplu een Europese satelliet verkenningssysteem ontstaan die uit de volgende (deel)systemen zou kunnen gaan bestaan: SAR-Lupe, Helios-II, COSMO/Skymed, Pléades en TerraSAR-X. Het is niet zeker dat al deze systemen aan GMES gerelateerd zullen worden.

De constellatie

SAR-Lupe is een *Synthetic Aperture Radar* verkenning satellietconstellatie van het Duitse Ministerie van Defensie en het Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (BWB). BWB is verantwoordelijk voor de aanschaf van de grond en ruimtesegmenten. De doelstelling is om met ingang van eind 2007, het tien jaren lang voorzien van hoge resolutie radarbeelden. Feitelijk is SAR-Lupe het eerste verkenningssatelliet project van Duitsland. Meer specifiek zijn de doelstellingen:

- Het voorzien van een gebeurtenis observatiecapaciteit – onafhankelijk van meteorologische omstandigheden of belichtingcondities, in het bijzonder voor crises regio of rampensituaties – om het gouvernement te ondersteunen bij de inschatting van inlichtingeninformatie;
- Het assisteren bij militaire planning en bij het voorbereiden van operaties;



SAR-Lupe satelliet. [OHB-System AG]

- Het ondersteunen van uitgezonden militaire eenheden met regelmatige, gebeurtenisgevoelige, inlichtingeninformatie.

De constructie en het lanceercontract van de vijf identieke satellieten werd in 2001 vergeven aan een consortium met OHB-System AG uit Bremen als hoofdaannemer. Andere consortiumpartners in SAR-Lupe zijn onder meer: Alcatel Alenia Space (Toulouse); Saab (Göteborg) voor de SAR antennes; Carlo Gavazzi Space (Milaan); TESAT-Spacecom GmbH (Backnang) voor de ontwikkeling van elektronica; RST Radar Systemtechnik GmbH (Salem); Thales (Ulm); EADS voor het grondsegment en DLR voor de LEOP (*Launch and Early Orbit Phase*) en de operationele back-up functie.

De SAR-Lupe constellatie wordt gevolgd en gecontroleerd (TT&C functie) door OHB personeel in het militaire grondstation. Gebruikersdiensten van het grondstation, waaronder gegevensontvangst, -verwerking en -archivering en gebruikersinterface worden door een servicecentrum in Gelsdorf bij Bonn uitgevoerd.

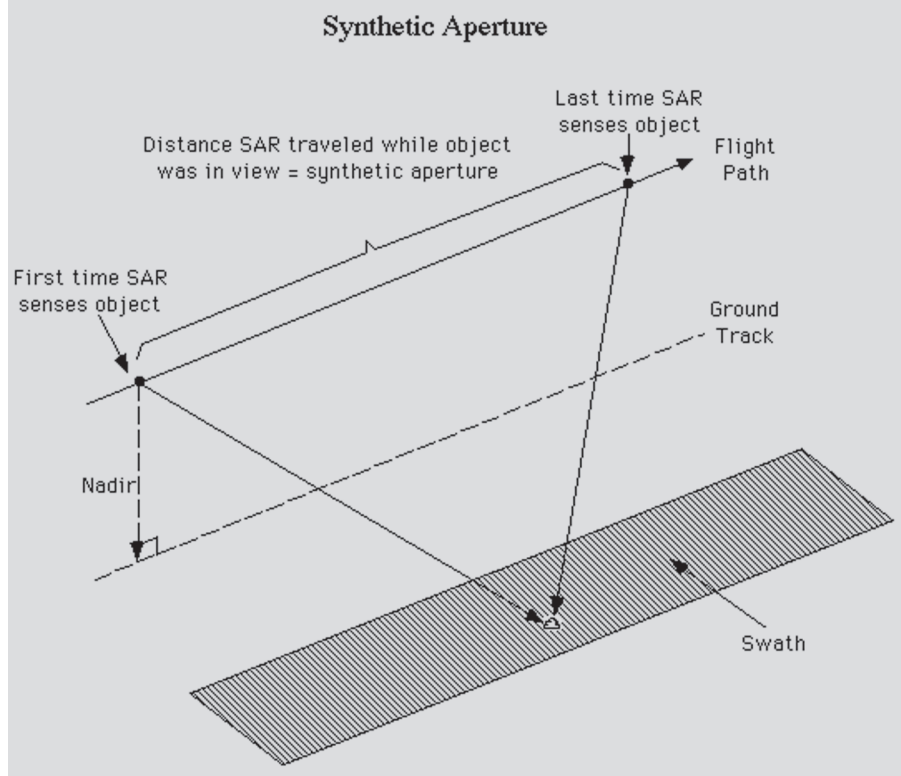
De vijf satellieten worden in drie omloopbaanvlakken gelanceerd met een gemiddelde hoogte van ongeveer 500 km en een inclinatie voor nagevoeg polaire omloopbanen. In baanvlak 1 komen twee ruimtevaartuigen, in baanvlak 2 één en in baanvlak 3 weer twee. De hoek tussen baanvlakken 1/2 is 64° en tussen 2/3 is deze hoek $65,6^\circ$. De fasehoeken van de ruimtevaartuigen zijn in baanvlak 1: 0° en 69° , baanvlak 2: $34,5^\circ$ en baanvlak 3: 0° en 69° . Deze constellatie van vijf ruimtevaartuigen in drie baanvlakken zorgt voor zeer korte reactietijden en een hoge systeemredundantie.

De lancering van de vijf ruimtevaartuigen is voorzien in de jaren 2006-2008 (enkelvoudige lanceringen met halfjaarlijkse tussenposen). Operaties kunnen aanvangen na de lance-

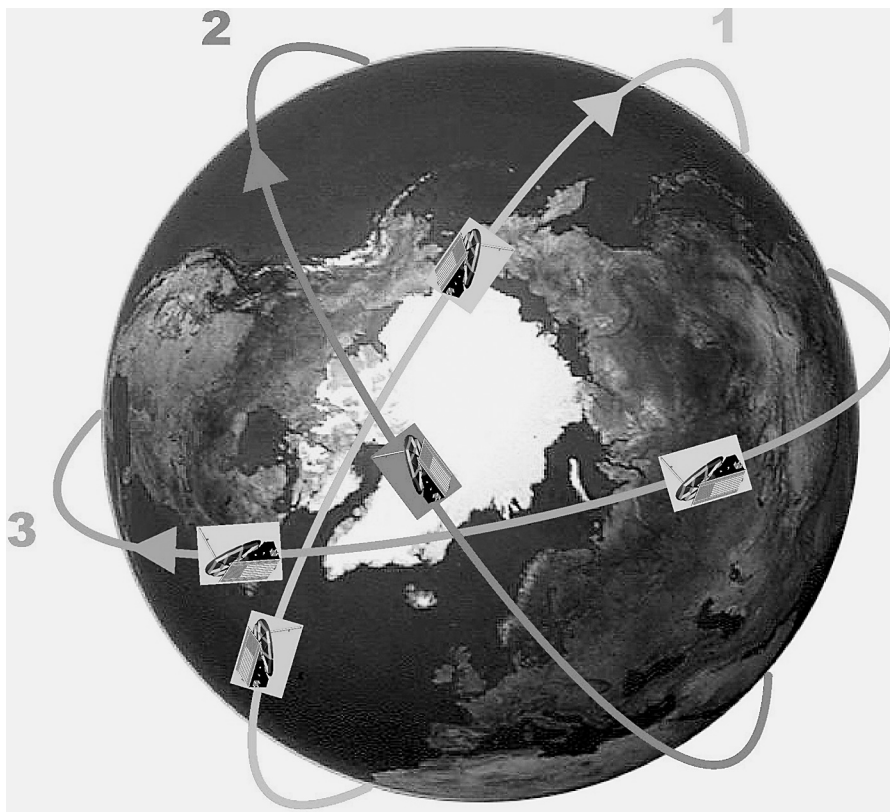
Synthetic Aperture Radar

Letterlijk vertaald: Radar met een Kunstmatige Opening. In het algemeen geldt dat hoe groter de radarantenne is, hoe meer unieke informatie men kan verkrijgen over het geobserveerde object. Met meer informatie kan een beter beeld van het object worden gecreëerd, wat resulteert in een verbeterde resolutie. Het is echter onbetaalbaar duur om zeer grote radarantennes in de ruimte te brengen, maar er is een andere manier gevonden om toch een goede resolutie te behalen met een relatief kleine antenne. Door gebruik te maken van de beweging van de antenne (aan de satelliet) en geavanceerde signaalverwerking kan een grote antenne worden gesimuleerd. Een SAR antenne zendt radarpulsen heel snel uit, tot honderden pulsen per object. Er komen zodoende veel teruggekaatste energiepulsen van dat object terug in de antenne. Na intensieve signaalverwerking kunnen al die pulsen zodanig worden gemanipuleerd dat het uiteindelijke resultaat lijkt alsof de gegevens zijn verkregen met een zeer grote, stationaire, antenne. De kunstmatige opening is de afstand die de satelliet heeft afgelegd terwijl informatie over het object wordt verzameld.

Voorbeeld: De ERS-1 SAR antenne zond het radarsignaal uit met 1700 pulsen per seconde en verzamelde ongeveer duizend teruggekaatste energiepulsen van een object. Na signaalverwerking ontstonden beelden met ongeveer 30 m resolutie. Het ruimtevaartuig legde ongeveer 4 km af met een object in het zicht van de radar. Het resultaat was dat met de antenne van ERS-1, die 10 bij 1 meter groot was, feitelijk een stationaire antenne van 4 km lang werd gesimuleerd.



Werking van een Synthetic Aperture Radar. [Onbekend]



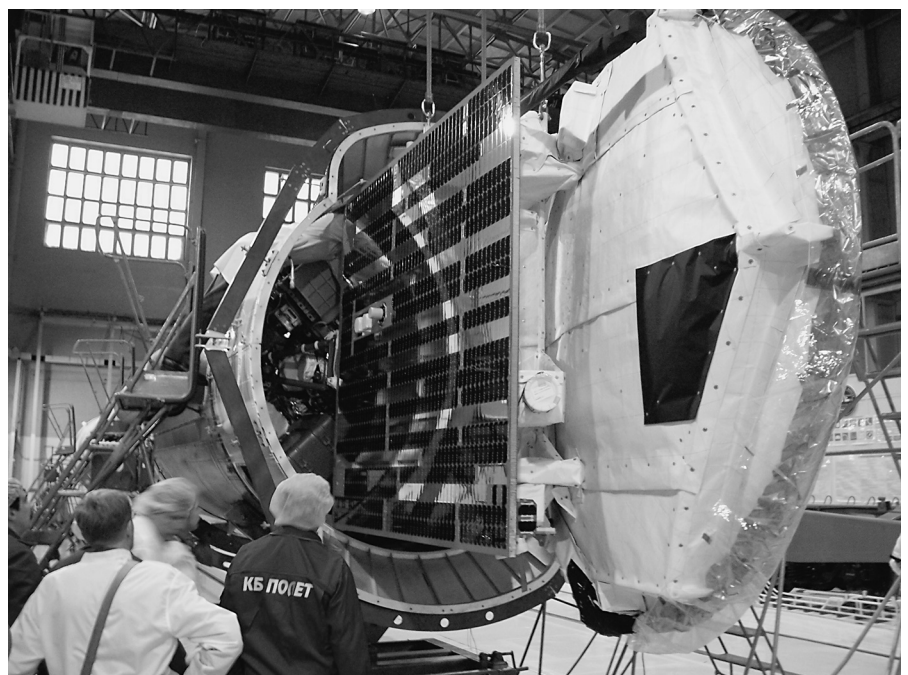
Illustratie van de drie ruimtebaanvlakken van de SAR-Lupe constellatie. [OHB-System AG]

ring van de eerste satelliet en volledig gebruik wordt al in 2007 verwacht. De lanceerleverancier is Cosmos International GmbH die de Russische Cosmos 3M draagraket zal gebruiken. De eerste lancering heeft inmiddels met succes plaatsgevonden op 19 december 2006 vanaf het Plesetsk ruimtevaartcentrum. De initiële ruimtevaartuig lanceer- en acquisitieoperaties werd verzorgd door DRL/GSOC (German Space Operations Centre).

Het ruimtevaartuig

Het ruimtevaartuig meet ongeveer 4 m x 3 m x 2 m met een vaste parabolische antenne (3,3 m x 2,7 m) voor tweevoudig gebruik (SAR en communicatie). Het ruimtevaartuig is op drie assen gestabiliseerd. Standregeling wordt gemeten met zon- en sterrensensoren en uitgevoerd met reactiewielen en magnetische torsiekoppels. Omloopcontrole wordt uitgevoerd met hydrazine stuwkaketjes. Met behulp van NiH₂ accu's voor energieopslag

en vaste zonepanelen kan een vermogensconsumptie van 250 W worden gerealiseerd. De massa van het ruimtevaartuig is 720 kg. De technische levensduur is minimaal tien jaren.

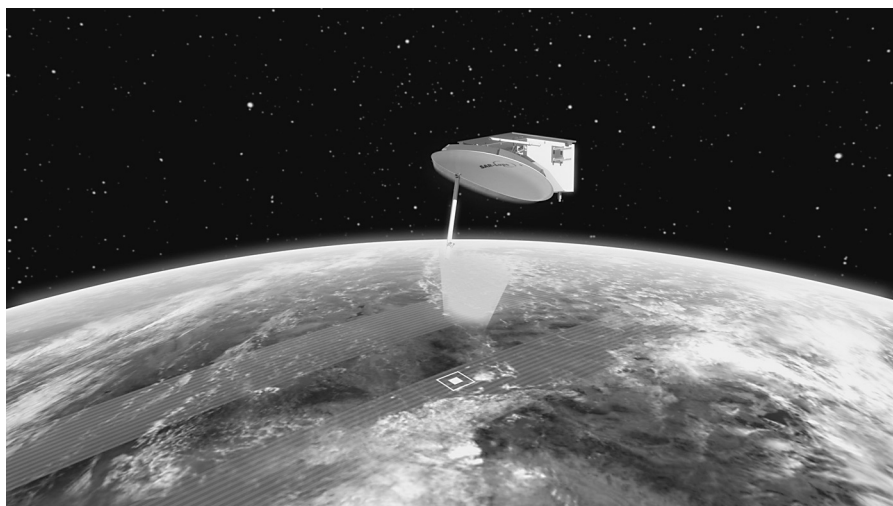


Integratie van de SAR-Lupe satelliet op de Russische Cosmos 3M draagraket. [OHB-System AG]

RF communicatie wordt verzorgd in X-band via een gecijferde downlink. De ruimtevaartuigen gebruiken dezelfde antenne voor beeldacquisitie en X-band downlink. Beide functies maken exclusief gebruik van de antenne. Als RF communicatie plaatsvindt, kan daarom niet tegelijkertijd aan beeldacquisitie worden gedaan. De gecijferde uplink gebeurt in S-band. Bovendien wordt voorzien in een S-band inter-satelliet verbinding voor gegevensoverdracht. Het routeren van satelliet controlegegevens kan worden geselecteerd via het grondstation of via de inter-satelliet verbinding.

Er bestaat geen uitgebreide sensorenbeschrijving voor de SAR-Lupe – de militaire missie is gerubriceerd – maar uit de beschikbare beschrijvingen/doelstellingen kan over de sensoren en capaciteiten het volgende worden afgeleid:

- XSAR. X-band Synthetic Aperture Radar. Centrumfrequentie is 9,65 GHz (golflengte 3,1 cm). Door het gebruik van vijf radars/satellieten ontstaat werelddekking. Er zijn twee modes van beeldacquisitie: Stripmap (8 km x 60 km) met een grondsnelheid van ongeveer



Illustratie van een SAR-Lupe satelliet die een spotlight radarbeeld opneemt. [OHB-System AG]

7 km/s, en spotlight (5,5 km x 5,5 km). Bij stripmap (strookopnamen) wordt de antenne in een vaste positie gebracht (normaal is dat *cross-track*);

- Resolutie: 50-100 cm in spotlight mode;
- Satelliet operaties staan spotlight beeldopnames toe van een object. Hiervoor moet het hele ruimtevaartuig om het object worden gedraaid om de integratie van de 'tijd op het object' te vergroten (de SAR radarbundel kan worden gericht). In SAR-Lupe terminologie wordt dit Slip-SAR genoemd;
- Parabolische antenne van 3,3 m bij 2,7 m die wordt gebruikt voor zowel beeld acquisitie als RF communicatie;
- Meer dan 30 beelden per dag van een interessegebied;
- Systeem reactietijd is minder dan 36 uur;
- Systeem beschikbaarheid is ongeveer 95%;
- Geautomatiseerde monitoring en controle van de constellatie via een grondstation;
- Geautomatiseerde gegevensontvangst en beeldverwerking;
- De beeldopslagcapaciteit aan boord van een SAR-Lupe satelliet is 128 Gbit;
- Additionele producten kunnen worden gegenereerd: stereoproducten

en hoogtemodellen uit interferometrische producten bij meerdere overvluchten van hetzelfde object; veranderingsdetectieproducten; producten met verbeterde radiometrische resolutie.

De gemiddelde reactietijd van het systeem ligt in de orde van tien uren. De hoge systeem beschikbaarheid wordt bereikt door de specifieke plaatsing van de ruimtevaartuigen in de verschillende ruimtebaanvlakken.

Het kalibratieconcept van de SAR is speciaal voor SAR-Lupe ontwikkeld en bestaat uit een interne kalibratie en een externe end-to-end kalibratie. De interne kalibratie wordt gebruikt voor een doorlopende kalibratie van de SAR antenne en de hoogvermogen versterker. De externe kalibratie wordt gebruikt voor het verzekeren van een hoge kwaliteit beeldvorming nadat de satelliet in gebruik is gesteld, en het verzekeren van een constante kwaliteit van de beelden in de routinematige fase van de satelliet door regelmatig (eens per jaar) te herkalibreren. Voor de kalibratie worden nieuwe ontwikkelingen op het gebied van Active Radar Targets in X-band en L-band toegepast die speciaal voor dit doel werden ontwikkeld.

Voor het uittesten van de capaciteit en geplande mogelijkheden is de satelliet op aarde in een bok gezet en is het internationale ruimtestation ISS met de radar bekeken en zijn daar opnames van gemaakt. De resultaten werden verbluffend goed genoemd. Deze test staat bekend onder de naam Inverse Test.



De Inverse Test met vluchtmodel 1 (degene die nu in de ruimte is) in de integratiefaciliteit in Bremen. [OHB-System AG]