

Hightech beugt dem Infarkt vor

Verkehrsbeobachtung mit Radar in Flugzeugen und Satelliten

Von Dr.-Ing. Karl-Heinz Bethke und Hartmut Runge

Immer öfter macht der „Infarkt“ Schlagzeilen und oft ist nicht der medizinische Befund gemeint. Es geht um den Verkehr, vorzugsweise den Straßenverkehr. Wie alle Vergleiche hinkt auch dieser, doch in einem Punkt gibt es Übereinstimmung: Um einem drohenden Infarkt begegnen zu können, müssen Alarmzeichen rechtzeitig erkannt werden: Engpässe, Schwächen des Gesamtsystems, Überlastungen. Die Beobachtung der Herzregion allein genügt nicht.

Informationen über den Verkehr werden heute in der Regel mit fest installierten Sensoren (Induktionsschleifen in der Fahrbahndecke) sowie Kameras an Brücken gewonnen. Eine großflächige und lückenlose Abdeckung des Straßennetzes ist damit aber nicht möglich. Das Bild der tatsächlichen Verkehrslage bleibt daher unscharf, Vorzeichen sich anbahnender Verkehrsstaus werden nicht erkannt. Gefährlich wird es, wenn bei Rettungseinsätzen keine ausreichenden Informationen über die Befahrbarkeit der Straßen vorliegen und es Probleme gibt, den Einsatzort zu erreichen. Nicht zu reden von den unnötigen Kosten, dem Zeitverlust und den Kohlendioxidemissionen, die von Staus verursacht werden.

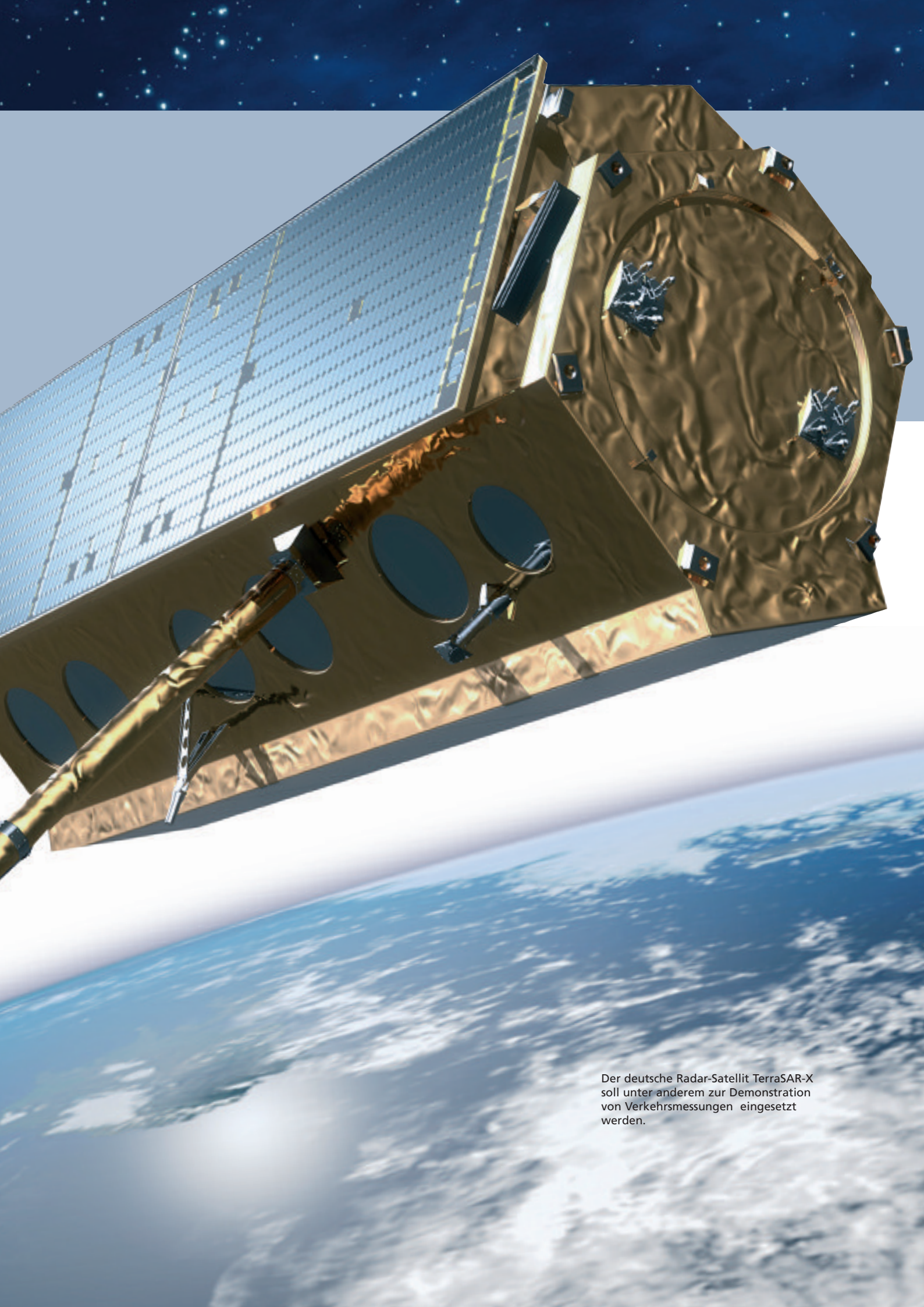
Eine aussichtsreiche Lösung besteht in der Nutzung von „Floating-Car-

Daten“, die aber nicht überall zur Verfügung stehen. Doch der komplette Überblick auf das Verkehrsgeschehen lässt sich nur aus großer Höhe gewinnen, also mittels Flugzeug oder Satellit. Über beides verfügt das DLR.

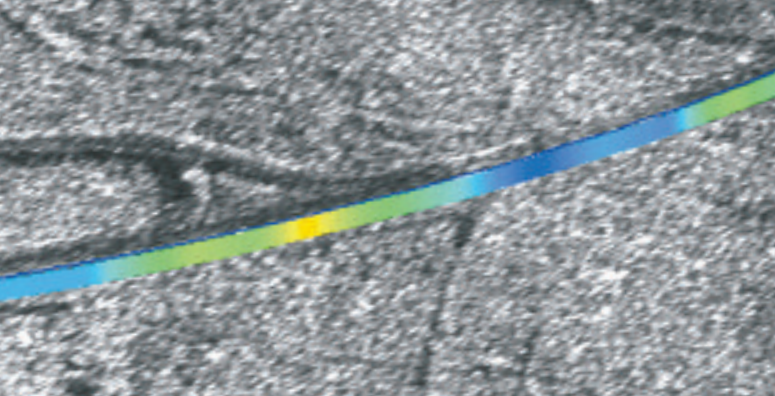
Doch mit zunehmender Höhe leidet die Sicht. Und was ist mit dem Verkehr bei Dunkelheit? Sensoren die im sichtbaren optischen Bereich arbeiten, sind vom Sonnenlicht abhängig. Infrarot-Systeme versagen bei Regen. Nur Radarverfahren können einen Betrieb unter allen Umweltbedingungen gewährleisten, ganz gleich ob bei Tag oder bei Nacht, bei Niederschlägen oder bei starker Bewölkung. Radar als aktiver Sensor beleuchtet die Szene mit Mikrowellen. Für großflächige und hoch aufgelöste Bild-Aufnahmen hat sich das so ge-

nannte Synthetische Apertur Radar (SAR) durchgesetzt. Dieser Sensortyp ist unter anderem auf dem DLR-Forschungsflugzeug Do 228 und auf dem deutschen Fernerkundungssatelliten TerraSAR-X verfügbar. Mit einem Radar-Sensor lassen sich bewegte Objekte detektieren und deren Richtung und Geschwindigkeit bestimmen. Durch den Vergleich mit einer früheren Aufnahme („Change Detection“-Verfahren) kann man gar Veränderungen





Der deutsche Radar-Satellit TerraSAR-X soll unter anderem zur Demonstration von Verkehrsmessungen eingesetzt werden.



Flugzeuggestützte Verkehrsmessung auf der A96 bei München mit Radar (links) und Kamera (rechts)

Die gleichzeitig aufgenommenen E-SAR-Radardaten und Serienbilder einer Digitalkamera zeigen einen Stau vor einem Baustellenbereich im morgendlichen Berufsverkehr. Mit beiden Systemen konnte die genaue Staulänge auf 1,3 Kilometer bestimmt werden und der Geschwindigkeitsverlauf über dem Stau aufgenommen werden. Obwohl das Radar- und das Kamerabild eine unterschiedliche Abbildungsgeometrie aufweisen, lässt sich gut die Übereinstimmung der Messungen verifizieren. Die aktuell notwendige Durchfahrzeit durch den Stau konnte auch aus den Radardaten mit 3 Minuten 53 Sekunden exakt abgeleitet werden. In dem Bild ist auch der für einen Stau typische „Ziehharmonika-Effekt“ zu erkennen: Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die an der Farbkodierung abgelesen werden kann, variiert wellenförmig.

in der Verkehrsinfrastruktur kartieren, wie etwa Straßen, die durch Schlammlawinen oder Überflutungen unpassierbar gewordenen sind.

Neben TerraSAR-X steht dem DLR zur Demonstration der neuen Techniken und Anwendungen für den Straßenverkehr derzeit das Flugzeugradarsystem E-SAR und demnächst die Neuentwicklung F-SAR zur Verfügung.

Bei beiden Systemen strahlt das Radar über seine Antenne seitlich zur Flugrichtung ab. Abhängig von der Flughöhe werden dabei Streifen auf dem Boden von mehreren Kilometern Breite vom Flugzeug aus und von bis zu mehreren hundert Kilometern Breite vom Satelliten aus ausgeleuchtet. Die vom Boden und von den Fahrzeugen reflektierte Strahlung wird über zwei bis vier Antennen empfangen. Sie sind hintereinander in Flugrichtung angeordnet und separaten Empfängerketten zugeordnet. Aus den Radardaten wird für jeden Empfangskanal eine zweidimensionale Abbildung einer örtlich beleuchteten Szene erstellt. Der fest stehende Bildhintergrund kann durch eine Differenzbildung der verschiedenen Kanäle ausgeblendet werden. So wird nur das bewegte Objekt detektiert. Stehen, wie beim F-SAR, mehr als zwei Kanäle zur Verfügung, kann neben der Ge-

schwindigkeit auch der exakte Ort des Fahrzeugs bestimmt werden und es kann der Verkehr in ganzen Straßennetzen dargestellt werden.

Das neu entwickelte Radar F-SAR fliegt auf einer Dornier Do 228 und ist ein experimentelles SAR. Die vielseitigen Einstellmöglichkeiten erfordern noch einen Radar-Operator, der die Radargeräte bedient. Die aufgezeichneten Messdaten müssen anschließend am Boden ausgelesen und bearbeitet werden, bevor sie für die Verkehrsauswertung zur Verfügung stehen. Im Rahmen des DLR-Projekts ARGOS soll aber die Weiterentwicklung von Hardware und Software soweit vorangetrieben werden, dass eine schnelle Datenbearbeitung bereits on-board und eine Datenübertragung aus dem Flugzeug an eine Bodenstation erfolgen kann.



Die Dornier Do 228 als Trägerplattform für das F-SAR: Das Antennensystem ist in einem Radom unter dem Flugzeugheck befestigt.

Mit den dabei gemachten Erfahrungen soll schließlich ein Konzept für einen kompakten, leichtgewichtigen und kostengünstigen Radarsensor entwickelt und mittelfristig in ein operationelles System umgesetzt werden. Echtzeitnah würden sich so die Messdaten verarbeiten und an eine Einsatzzentrale übertragen lassen. Das System könnte dann unabhängig von der Do 228 auch auf Kleinflugzeugen oder sogar auf hoch fliegenden, unbemannten Plattformen wie so genannten HALE-Flugzeugen (High Altitude Long Endurance) in 20 Kilometern Höhe eingesetzt werden.

Neue, leistungsfähige Auswerteverfahren befinden sich in der Entwicklung. Sie sollen die vielseitigen technischen Möglichkeiten, die das F-SAR bietet, nutzen, um zu präziseren Ergebnissen zu gelangen, als dies bisher möglich war. F-SAR wird demonstrieren, welches Potenzial flugzeuggetragenes SAR für Anwendungen im Verkehr und hier besonders in Krisen- und Katastrophenfällen haben wird. Am 15. Juni 2007 wurde erfolgreich der deutsche Radarsatellit TerraSAR-X gestartet. Und bereits wenige Tage danach konnten die ersten hoch aufgelösten Radarbilder ausgewertet werden. Alle bisherigen Ergebnisse bestätigen die hervorragende Qualität des Satelliten und des am DLR ent-



F-SAR-Radar und Operator im Einsatz auf der Dornier Do 228

wickelten Bodensegmentes. Obwohl der Satellit sich noch in der Testphase für die Standardmoden befindet, konnten bereits erste Aufnahmen im Spezialmodus für die Along-Track-Interferometrie (ATI) gemacht werden. In dieser können bewegte Objekte, wie Fahrzeuge, detektiert und ihre Geschwindigkeit gemessen werden. Im Gegensatz zu ortsgebundenen Sensoren am Boden werden mit dem Satelliten-Verfahren großflächige Geschwindigkeitsmessungen mit einer Szenenfläche von typischen 1500 Quadratkilometern möglich. Durch die hohe Fluggeschwindigkeit des Satelliten kann diese Fläche in nur sieben Sekunden erfasst werden.

Sobald die ATI-Aufnahmemoden für die Verkehrserfassung mit TerraSAR-X für den Betrieb freigegeben sind, werden die erreichbare Genauigkeit und die Detektionsrate durch weitere Experimente im Detail untersucht. Ziel ist die Generierung von Verkehrsparametern in naher Echtzeit für Verkehrsinformationssysteme, für die Verkehrsforschung und für den Katastrophenschutz. Neben genauen Staulängen sollen auch Reisezeiten in zählendem Verkehr auf ausgewählten Streckenabschnitten bestimmt werden. Dabei kann das System die gesamte Erdoberfläche abdecken, so dass die Messungen weltweit möglich

sind. In Mitteleuropa kann jedes Gebiet beinahe täglich, in Nordeuropa auch mehrmals täglich aufgenommen werden. Durch eine Kooperation mit der kanadischen Weltraumagentur CSA kann auch der Satellit Radarsat-2 genutzt werden, wodurch sich die zeitliche Abdeckrate mehr als verdoppelt. Durch eine Installation des Verkehrsrechners direkt in der TerraSAR-X-Bodenstation in Neustrelitz nördlich von Berlin kann gewährleistet werden, dass die Verkehrsinformationen in kurzer Zeit nach dem Überflug des Satelliten zur Verfügung stehen.

TerraSAR-X ist als Fernerkundungssatellit für eine Vielzahl von Anwendungen konzipiert worden und wurde nicht speziell für den Zweck der Verkehrsmessung ausgelegt. Er dient der Demonstration dieser neuen Anwendung. Mit Hilfe der gesammelten Erfahrungen werden zukünftige Radarsatelliten diese Aufgabe noch viel besser erfüllen können.

Für den großflächigen Überblick auf das Verkehrsgeschehen wäre dann gesorgt. Modernste Radartechnik, die gegenwärtig Eingang in die Verkehrsdaten-Erfassung findet, macht es möglich. Mit dem F-SAR steht dem DLR eine Plattform für die Entwicklung völlig neuer Radarkonzepte zur

Verfügung und mit dem TerraSAR-X-Satelliten können erstmals unter allen Witterungsbedingungen weltweit Verkehrsdaten erhoben werden. Die Herausforderung für die Zukunft liegt in der Entwicklung von leichten Radargeräten für hoch fliegende Stratosphären-Flugzeuge, die über Ballungsräumen oder Katastrophengebieten kontinuierlich den Verkehr und den Straßenzustand beobachten.

Damit würden aktuelle, präzise und verlässliche Verkehrsinformationen vorliegen, die den Verkehrsteilnehmern die Entscheidung erleichtern, ob sie den Stau passieren, eine Umgehungsstrecke wählen, auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen oder besser die Fahrt verschieben sollten. Welche Vorbeugemaßnahme auch gewählt wird, das Risiko für einen Verkehrsinfarkt kann jedenfalls reduziert werden.

Autoren:

Dr.-Ing. Karl-Heinz Bethke ist ARGOS-Teilprojektleiter im DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme in Oberpfaffenhofen, Hartmut Runge ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im DLR-Institut für Methodik der Fernerkundung in Oberpfaffenhofen und Leiter des TerraSAR-X-Verkehrsprojektes.