

TerraSAR-X Messungen von Windfeldern, Ozeanwellen und Strömungen

Susanne Lehner, DLR

Einleitung

TerraSAR-X ist eine neue deutsche Radarsatellitenmission, die am 15 Juni, 2007 erfolgreich gestartet wurde. Die erwartete Lebenszeit des Satelliten beträgt mindestens 5 Jahre. TerraSAR-X trägt ein X-Band Radar mit Synthetischer Apertur (SAR), das in verschiedenen Auflösungsstufen und Polarisationen betrieben werden kann. Die ersten Bilder waren bereits 4 Tage nach dem Start verfügbar.

Das Design des Satelliten basiert auf der Technologie und der Erfahrung mit den erfolgreichen Space Shuttle Missionen SIR-C/X und SRTM. Der Sensor verfügt über die folgenden Modi:

- Der "Spotlight" Mode liefert 10 km x 10 km große Szenen mit 1-2 m Auflösung
- Im "Stripmap" Mode werden 30 km breite Streifen mit einer Auflösung von 3 bis 6 m geliefert
- Der "ScanSAR" Modus liefert 100 km breite Bilder mit einer Auflösung von 16 m
- Zusätzlich verfügt TerraSAR-X über experimentelle Modi mit erweiterten polarimetrischen und interferometrischen Fähigkeiten.

Abbildung 1 zeigt eine künstlerische Darstellung des Satelliten im Stripmap Modus

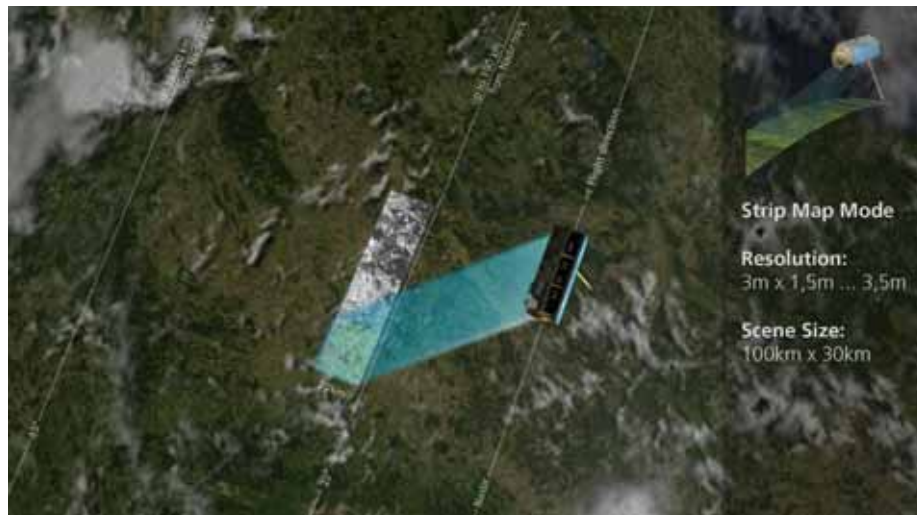


Figure 1: Künstlerische Darstellung von TerraSAR-X im Stripmap Modus, © DLR

TerraSAR-X Bilder des Ozeans

Radarbilder des Ozeans sind für Ozeanographen von besonderem Interesse, weil diese Aufnahmen unabhängig von Wolkenbedeckung und Tageslicht sind. Diese Daten sind daher insbesondere für die Untersuchung von extremen Wetterereignissen geeignet.

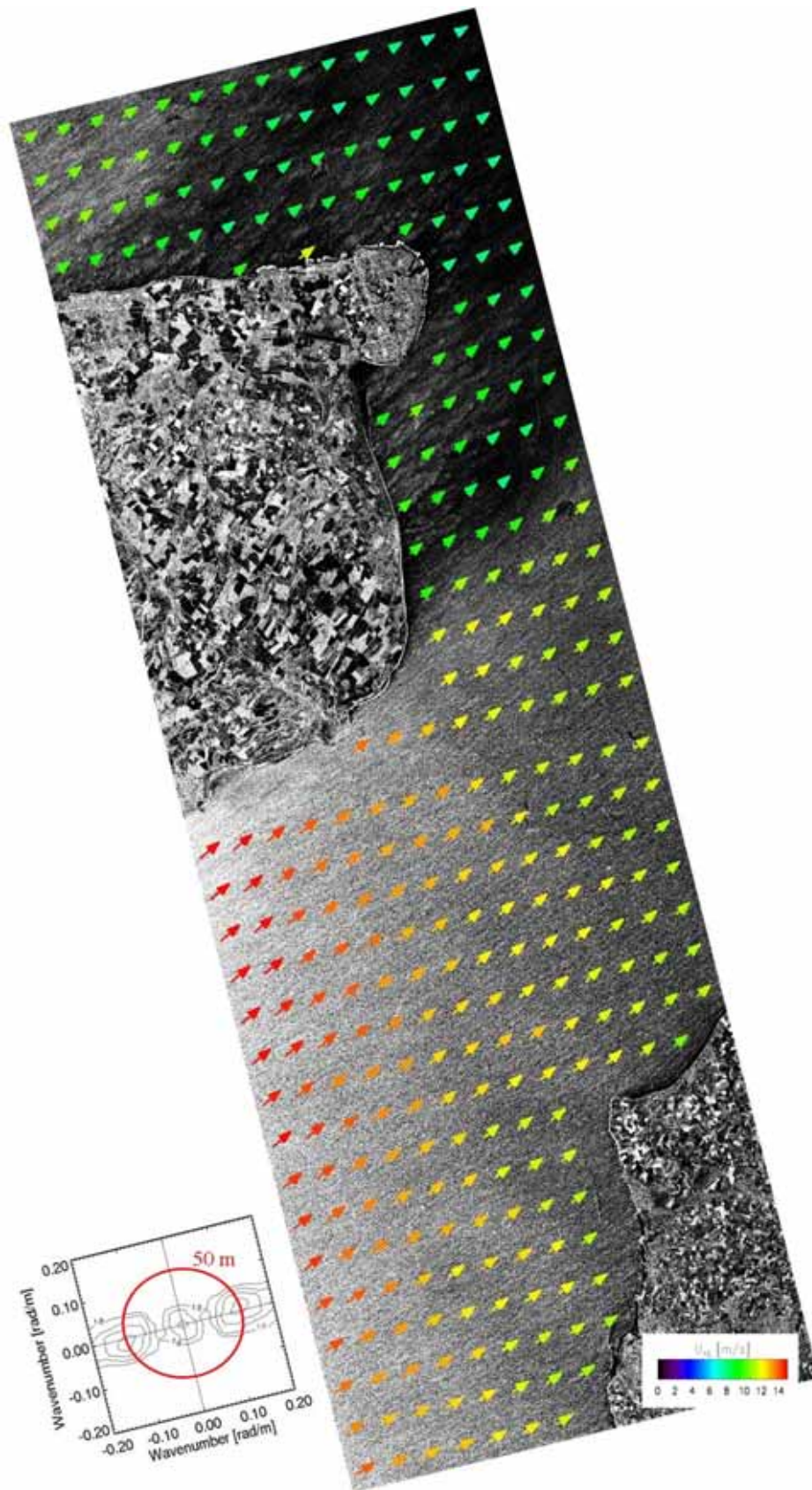


Figure 2: Stripmap TerraSAR-X Aufnahme, die am 2 Juli, 2007, 17:35 UTC über dem Englischen Kanal in VV-Polarisation aufgenommen wurde.

Die beiden ersten TerraSAR-X Bilder die von uns untersucht wurden, sind über dem Englischen Kanal und Sylt am 2. Juli bzw. am 5. Juli, 2007 aufgenommen worden. Quicklooks der beiden Szenen sind in den Abbildungen 2 und 5 gezeigt. Beide Bilder wurden im Stripmap Modus mit einer Streifenbreite von 30 km aufgenommen. Die Auflösung der Bilder beträgt ca. 3 m.

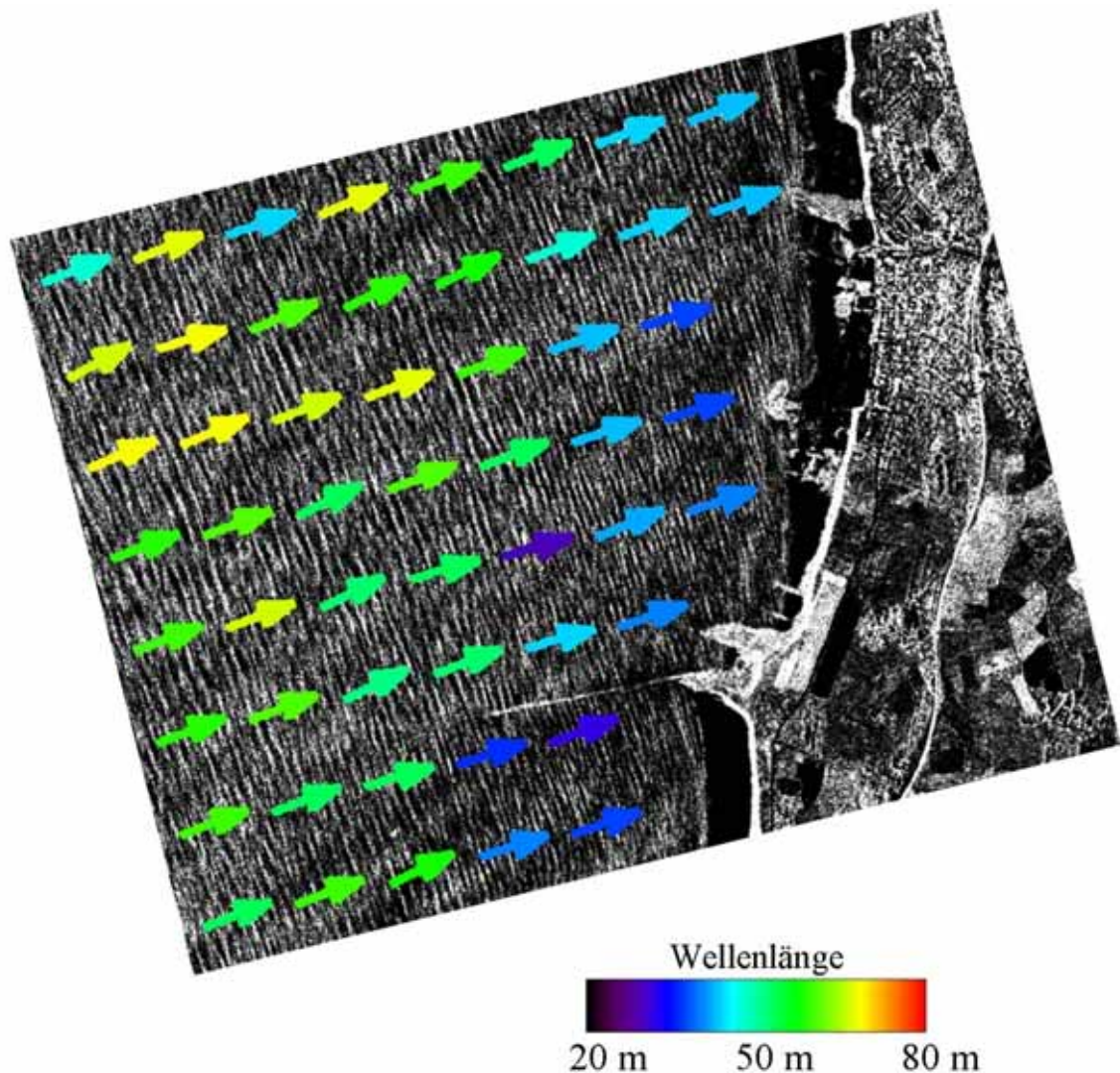


Abbildung 3: Ozeanwellen, die auf die Französische Küste zulaufen. Das Bild hat eine Größe von 5 km x 4 km und ist ein Ausschnitt der Aufnahme in Abbildung 2. Die Pfeile kennzeichnen die Längen und Ausbreitungsrichtung der Wellen.

TerraSAR-X Aufnahme des Englischen Kanals

Abbildung 2 zeigt den Englischen Kanal mit dem Eingang zur Themsemündung sowie die Häfen von Margate, Dover und Folkstone auf der Britischen Seite. Auf der Französischen Seite erkennt man die Häfen von Calais und St. Martin-Boulogne. Es sind einige Fähren auf der Kanalroute zu erkennen, insbesondere beim Verlassen des Hafens von Dover. Darüber hinaus ist der Offshore Windpark „Thanet“ zu erkennen. In Abbildung 4 sind einige Schiffe markiert, die mit einem sogenannten Constant False Alarm Rate (CFAR) Detektor automatisch erkannt wurden, der in der Toolbox SeaSAR des DLR implementiert ist.

Das Bild kann dazu benutzt werden das Windfeld sowie Seegangparameter im englischen Kanal abzuleiten. Kleinskalige Änderungen des Windfeldes innerhalb der Windfarm können ebenso beobachtet werden wie die Änderungen von Wellenlängen und Wellenrichtungen im küstennahen Seegangsfeld.

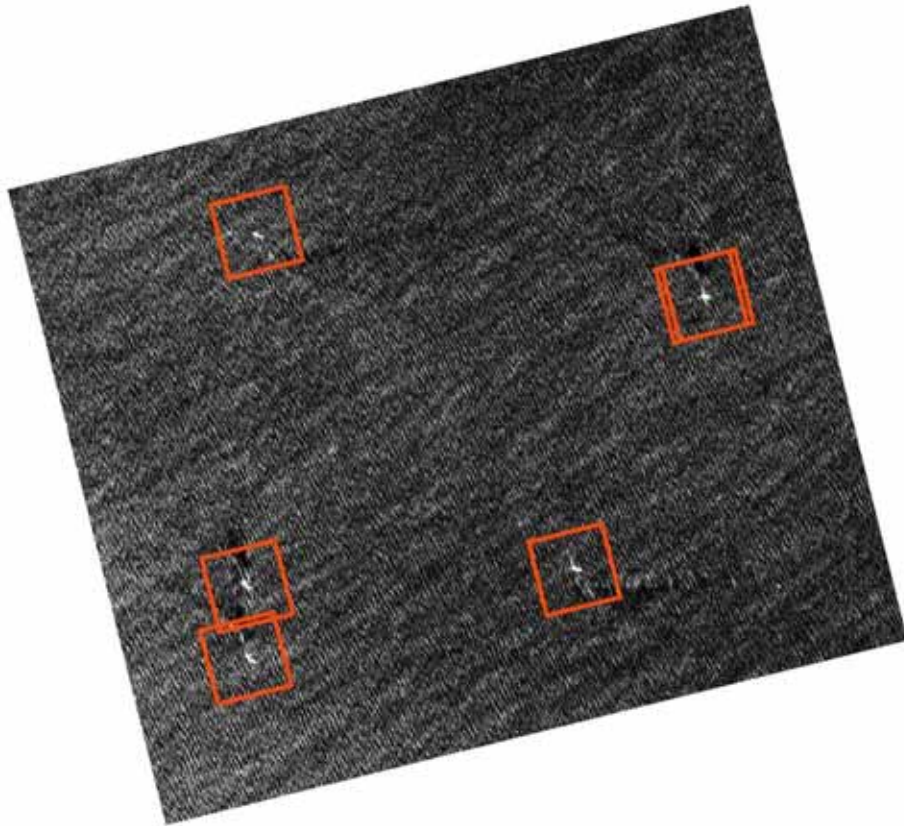


Abbildung 4: Auf einer TerraSAR-X Szene detektierte Schiffe im englischen Kanal am 2 Juli, 2007 um 17:35 UTC. Ein CFAR Detektor, der Bestandteil der DLR Toolboxc SeaSAR ist, wurde zur Detektion verwendet.

TerraSAR-X Bild von Sylt

Abbildung 5 zeigt die Dänische und Deutsche Nordseeküste mit den Nordfriesischen Inseln Romo, Sylt und Amrum. Windstreifen, die zur Bestimmung der Windrichtung verwendet werden können, sind ebenso erkennbar wie Strömungsstrukturen. Die Windstreifen deuten eine nordwestliche Windrichtung an. Es ist weiterhin eine Windabschattung hinter der Insel zu beobachten. Die Aufnahme wurde kurz nach der Flut gemacht, weswegen das Wattenmeer größtenteils mit Wasser bedeckt ist. An der Südspitze von Sylt sind starke Strömungsstrukturen zu erkennen, die durch die komplizierte Bathymetrie in diesem Gebiet verursacht sind.

Windfeld und Seegang

Radarbilder geben die Intensität der Radarrückstreuung in Form von Grauwerten an. Die Rückstreuung an der Wasseroberfläche ist durch die kleinskalige Rauigkeit des Ozeans bestimmt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit aus den radiometrisch kalibrierten Bildern Information über die Windgeschwindigkeit zu extrahieren.

Windfeld

Die Streifen auf dem Radarbild werden zur Bestimmung der Windrichtung verwendet. Die Abschattungseffekte hinter der Küste können benutzt werden um die verbleibende 180 Grad Zweideutigkeit der Windrichtung aufzulösen.

Die Bildintensitäten werden zur Bestimmung der Windgeschwindigkeiten verwendet. Höhere Windgeschwindigkeiten verursachen eine höhere Rauigkeit der Wasseroberfläche, was zu einer stärkeren Radarrückstreuung führt. Ein empirisches Modell (CMOD4/5) stellt den genauen Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Einfallswinkel und der zu erwartenden Radarrückstreuung her. Durch Invertierung dieses Modells wird ein Windvektor in 10 m Höhe über der Wasseroberfläche geschätzt.



Abbildung 5: TerraSAR-X Stripmap Szene, die die Nordseeinsel Sylt am 5 Juli, 2007 um 5:58 UTC zeigt.

Abbildung 2 zeigt das Windfeld über dem Englischen Kanal. Über dem offenen Wasser können Geschwindigkeiten bis zu 12 m/s beobachtet werden, was in guter Übereinstimmung mit Modelldaten ist. Die Stärke der SAR-Daten liegt in der Beobachtbarkeit von kleinskaligen Windänderungen insbesondere nahe der Küste.

Seegang

Aus den Radardaten können Informationen über die Wellenlänge, die Richtung sowie die Wellenhöhe gewonnen werden. Das Verhalten der Wellen, die sich der Küste nähern bis sie schliesslich brechen kann detailliert untersucht werden.

Abbildung 3 zeigt Wellenlängen von 80 m im küstenfernen Bereich. Die Wellen verkürzen sich bei Annäherung an die Küste bis auf 30 m. Die Wellenlängen wurden durch Anwendung einer zweidimensionalen Spektralanalyse berechnet, die Teil der DLR Toolbox SeaSAR ist. Wellen solcher kurzer Wellenlängen konnten mit den bisherigen zivilen Radarsatelliten nicht beobachtet werden. Mit TerraSAR-X kann insbesondere die Wellendynamik, die für den Schutz der Küste und von Offshore Bauwerken wichtig besser untersucht als es bisher möglich war.