

TerraSAR-X

Erfassung großflächiger Insektenfraßschäden an Kiefer durch Radardaten

Jörg Ackermann und Klaus Martin

Bestandesbedrohende Fraßschäden durch Kiefern großschädlinge sind in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt ein Dauerproblem und erfordern eine fortlaufende Überwachung. Diese basiert auf terrestrischen Arbeiten, ergänzt durch die Auswertung von Fernerkundungsdaten. Großflächig abbildende, optische Fernerkundungssensoren liefern durch ihre starke Abhängigkeit von Witterungsbedingungen häufig nicht rechtzeitig die benötigten Informationen. Radardaten sind dagegen weitgehend witterungsunabhängig einsetzbar. Doch eignen sie sich auch für die Erfassung großflächiger Nadelfraßschäden an Kiefer?

Warum Radardaten?

Fernerkundung erfährt eine hohe Wertschätzung in der Forstwirtschaft. Eine Einbindung in forstbetriebliche Diagnose, Entscheidungs- und Planungsprozesse hat, entgegen häufig anzutreffender Prognosen auf dem wissenschaftlichen Sektor, bisher allerdings nur bedingt und am ehesten im Umfeld der Forsteinrichtung stattgefunden.

In den letzten Jahren haben sich die Rahmenbedingungen jedoch stark verändert. Mehr Fernerkundungssensoren mit einer größeren Bandbreite an Eigenschaften sind verfügbar. Gleichzeitig sind Auswertungstechnik und -verfahren deutlich leistungsfähiger geworden. Dies trifft auf starke Veränderungen auch in den Forstbetrieben. Hier verlangt der stetige Rationalisierungsdruck fortlaufende Optimierungen im Streben nach schwarzen Zahlen. Insofern ist die verstärkte Nutzung von Fernerkundungsdaten nicht nur als

Chance zu verstehen, sondern stellt eine wachsende Notwendigkeit dar.

Das bisherige, analoge Luftbild wurde innerhalb der letzten 3 bis 4 Jahre durch digital angefertigte Luftbilder komplett vom Markt verdrängt. Trotz der eindeutigen Vorteile der Digitalbilder dürften diese nicht mehr die einstige beherrschende Stellung analoger Luftbilder erreichen. Die Anforderungen sind vielfältiger geworden. Kostengünstig in der großen Fläche sein zu können und schnell Auswertungsdaten liefern zu können, erfordert die Nutzung zusätzlicher Sensoren in einem flexiblen Kombisystem. Kern eines solchen Mehr-Sensor-Systems ist eine situationsangepasste Sensorwahl, bei der aufseiten der Anwender Zeit, Kosten und Informationsbedarf und auf der Sensorseite Verfügbarkeit, Informationsgehalt, Flächenleistung und Handhabbarkeit der Daten entscheidend sind.

Satellitengestützte Radarsensoren können hierbei eine gewisse Rolle übernehmen. Anders als bei großflächig einsetzbaren, von Flugzeugen oder Satelliten getragenen optischen Sensoren, können Radaraufnahmen weitgehend unabhängig von Tages- und Jahreszeit sowie von Witterungsbedingungen angefertigt werden. Hieraus ergibt sich eine hohe Aufnahmegarantie bei gleichzeitig hoher Flächenleistung. Das macht Radardaten besonders für Situationen interessant, in denen schnell reagiert werden muss, etwa bei manchen Waldschutzfragen.

Kiefern großschädlinge und deren Überwachung

Gradationen von Kiefern großschädlingen (Kiefernspinner, Kiefernspanner, Forleule, Nonne, Blattwespen) treten in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt in unregelmäßigen Abständen immer wieder auf. Der Gefährdungsraum erstreckt sich über das gesamte nordöstliche Niedersachsen sowie das mittlere und nördliche Sachsen-Anhalt (Abb. 1). Das Risiko ist dort besonders hoch, wo großflächig reine Kiefer mittlerer Altersklassen auf trockenen, armen Böden stockt. Fast 350 000 ha Kiefernbestände sind in dem genannten Raum betroffen.

Gradationen führen zu großflächigen, massiven Nadelverlusten, in deren Folge vielfach auch zu Bestandsschäden. Daher ist die Überwachung von Kiefern großschädlingen eine Daueraufgabe mit dem Ziel, frühzeitig auf Massenvermehrungen reagieren und Bestandsschäden vermeiden zu können. Die Überwachung findet in unterschiedlichen Intensitäten gradationsangepasst statt. Sie stützt sich auf terrestrische Arbeiten (Pheromonfallen, Winterbodensuchen, Eigelegesuchen). Zusätzlich dient die Auswertung von Fernerkundungsdaten der intensitätsabgestuften Kartierung frassbedingter Nadelverluste, um hierdurch die terrestrischen Arbeiten räumlich besser steuern und eventuell er-

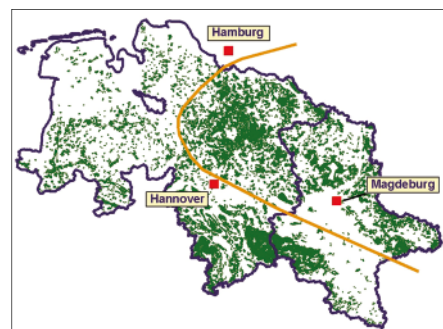


Abb. 1: Gefährdungsbereich durch Kiefern großschädlinge in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt

J. Ackermann ist Leiter des Sachgebietes Fernerkundung und GIS an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen. Dr. K. Martin ist Inhaber des Sachverständigenbüros für Luftbildauswertung und Umweltfragen (SLU) in München.

Jörg Ackermann

joerg.ackermann@nw-fva.de

Klaus Martin

klaus.martin.slu@t-online.de

forderliche Bekämpfungsmaßnahmen auf ein Minimum begrenzen zu können.

Bisher wurden ausschließlich analoge oder digitale Luftbilder für die Fraßflächenkartierung in fortgeschrittenen Progradationsphasen verwendet. Die Ausdehnung des Fernerkundungseinsatzes auf Latenzphasen und frühe Progradationsphasen ist erforderlich. Einerseits, um der abnehmenden försterlichen Präsenz in der Fläche Rechnung zu tragen, andererseits aber auch, um dem Fraßgeschehen zeitlich näher sein und beginnende Gradationen möglichst frühzeitig stoppen zu können. Dies um so mehr, als ein Anstieg des Gradationsrisikos durch klimatische Veränderungen zu erwarten ist und Sekundärschäden nach Nadelfraß an Bedeutung gewinnen, etwa durch *Sphaeropsis sapinea* [1].

Für die Anfertigung und Auswertung von Fernerkundungsdaten stehen durch die Verzahnung mit terrestrischen Arbeiten nur enge Zeitfenster zur Verfügung. Nach Abschluss des Fraßgeschehens im Sommer oder Herbst eines Jahres ist dies der Zeitraum bis zum darauffolgenden November/Dezember. In aktiven Fraßphasen sind es nur wenige Wochen während der älteren Larvenstadien. Daher ist ein Sensor erforderlich, der zeitlich flexibel verwendbar ist und eine hohe Aufnahmequalität bietet.

Fraßschäden 2009 im Raum Gardelegen

In Sachsen-Anhalt kam es 2009 südlich von Gardelegen in der Colbitz-Letzlinger Heide und angrenzenden Bereichen zu einer Massenvermehrung von Kiefernbuschhornblattwespen. Nadelfraßschäden traten mit unterschiedlichen Zentren über eine große Fläche verteilt auf (Abb. 2). Anfang Oktober 2009 wurden digitale Luftbilder der am stärksten betroffenen Bereiche mit einer Waldfläche von 32 000 ha angefertigt. Die interpretatorische Bildauswertung ergab Fraßschäden auf 4 700 ha mit mittleren bis starken Nadelverlusten (> 40 %) auf 1 800 ha.

Der TerraSAR-X Sensor

Die Eignung von Radardaten für die Fraßschadenskartierung wurde anhand einer TerraSAR-X-Aufnahme dieses Gebietes untersucht. Der deutsche Radarsatellit TerraSAR-X wurde am 15. Juni 2007 als Gemeinschaftsprojekt von DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) und EADS Astrium GmbH erfolgreich in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht. TerraSAR-X ist der erste Erdbeobachtungssatellit, der kontinuierlich globale SAR-Daten



Abb. 2: Fraßschäden durch Kiefernbuschhornblattwespen 2009 bei Gardelegen im Farbinfrarot-Luftbild (grau/grüne Bereiche)

im X-Band (9,65 GHz) für mindestens die nächsten fünf Jahre liefert. Die Wiederholungsrate der Aufnahmen beträgt 11 Tage. TerraSAR-X operiert in drei verschiedenen Basismodi. Im Spotlight-Modus wird ein 10 x 10 km großes Gebiet mit einer Bodenauflösung von 1 bis 2 m aufgenommen, im Stripmap-Modus ein 30 km breiter Streifen mit einer Auflösung von 3 bis 6 m sowie im ScanSAR-Modus ein 100 km breiter Streifen mit einer Bodenauflösung von 16 m. TerraSAR-X stellt wahlweise single oder dual polarisierte Daten zur Verfügung.

Die Mission liefert hochqualitative SAR-Daten für Forschung und Entwicklung sowie für wissenschaftliche Anwendungen, zusätzlich auch kommerzielle Datenprodukte, die durch die Firma Infoterra vertrieben werden.

 www.dlr.de/eo/
www.infoterra.com



Abb. 3: Sehr gute Einpassung der TerraSAR-X Daten in die Kartenprojektion, hier verdeutlicht in der Gegenüberstellung mit Orthofotos (oben)

Auswertung der TerraSAR-X-Daten

Die für den Eignungstest verwendeten TerraSAR-X-Daten wurden eigens für diesen Zweck am 30.11.2009 aufgenommen und von der Vertreiberfirma Infoterra zur Verfügung gestellt. Die Aufnahme erfolgte mit Dual-Polarisation HH/VV und einer Bodenauflösung von 2,75 x 2,75 m. Die Daten wurden per FTP-Zugriff vom Infoterra-Server zwei Tage nach der Aufnahme heruntergeladen. Die im tar-Format komprimierte Datei hatte eine Größe von 2 Gigabytes, weshalb eine schnelle Internetverbindung beim Download von großem Vorteil ist.

Die TerraSAR-X-Daten wurden bereits georeferenziert im UTM-Koordinatensystem geliefert. Die Lagequalität der Daten war so hoch, dass sie ohne weitere Korrekturen verwendet und sofort in ein Geografisches Informationssystem übernommen werden konnten (Abb. 3).

Aufgrund der für Radardaten typischen Salz- und Pfeffer-Textur (Speckle-Effekt) sind auf den ersten Blick nur wenige oder gar keine Objekte im Originalradarbild wiederzuerkennen. Deshalb müssen für eine weitere EDV-gestützte Auswertung die TerraSAR-X-Daten zunächst durch Filterung weiter aufbereitet werden. Hierbei werden verschiedene Filteralgorithmen verwendet. Die Filter bewirken, dass die Salz- und Pfeffer-Textur der Radardaten zu einem homogeneren Bildprodukt mit reduzierter Körnigkeit zusammengeführt wird. Die besten Ergebnisse hinsichtlich

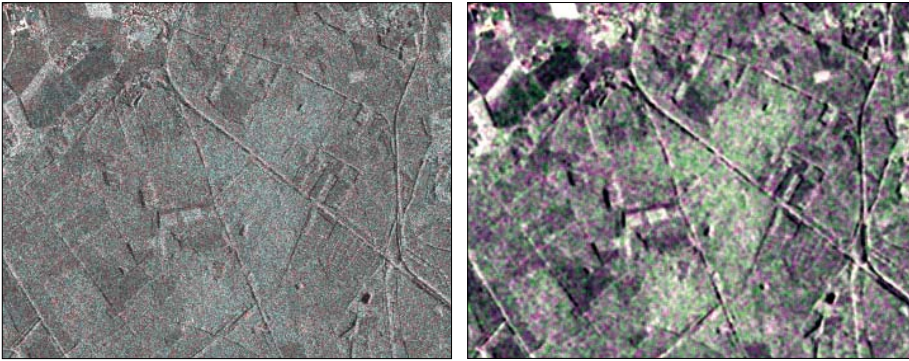


Abb. 4: Salz- und Pfeffer-Textur (sog. Speckle-Effekt) bei TerraSAR-X-Originaldaten (links) und Bildverbesserung durch Filterung (rechts)

Homogenisierung brachten der Median-, Lee-Sigma- und Gamma-Map-Filter, wobei jeder für sich wiederum unterschiedliche Differenzierungen von Landnutzungsklassen zulässt. Eine Kombination verschiedener Filter bringt einen weiteren Informationsgewinn (Abb. 4).

Die Abgrenzung von Kiefernflächen mit Fraßschäden durch die Kiefernbuschhornblattwespe erfolgte durch eine rechnerbasierte Klassifizierung der TerraSAR-X-Daten. Dabei wird grundlegend zwischen pixelbasierter und objektbasierter Klassifizierung unterschieden.

Bei den pixelbasierten Verfahren wird jedes einzelne Pixel analysiert und nach spektralen Ähnlichkeiten in Klassen sortiert. Die einzelnen Wald- oder Schädigungsklassen werden anhand der Grauwerte der im Objekt enthaltenen Pixel bzw. deren Grauwertverteilung einer Klasse zugeordnet. Diese Klassifizierungsmethode eignet sich vor allem bei Fernerkundungsdaten mit grober bis mittlerer Auflösung und mehr oder weniger homogenen Flächen. Radardaten und insbesondere TerraSAR-X-Daten mit sehr hohen Auflösungen weisen durch den „Speckle-Effekt“ eine sehr heterogene Grauwertstruktur auf,

was eine pixelbasierte Klassifizierung erschwert oder gar unmöglich macht.

Deshalb wurde eine objektbasierte Klassifizierung durchgeführt. Bei den objektbasierten Verfahren wird davon ausgegangen, dass ein Pixel mit einer hohen Wahrscheinlichkeit die gleiche Klassenzugehörigkeit hat wie sein Nachbarpixel. Zunächst wird der Bildraum in homogene Regionen, bestehend aus ähnlichen Pixeln, segmentiert. Das Ergebnis wird durch anschließende Klassifizierung über nutzerdefinierte Regeln zu homogenen Objekten zusammengefasst. Objektbasierte Verfahren eignen sich besonders für hochaufgelöste Fernerkundungsdaten mit heterogener Pixeltexur, so auch TerraSAR-X-Daten (Abb. 5).

Insgesamt ergibt die objektbasierte Klassifizierung eine sehr gute Übereinstimmung (über 95 %) zwischen den im Luftbild abgegrenzten Fraßstufen 2 und 3 (Nadelverlust > 40 %) und den aus den Radardaten klassifizierten Fraßflächen. Fehlklassifizierungen sind vor allem darauf zurückzuführen, dass die aus den Forsteinrichtungsdaten abgeleitete Kiefernbestandsmaske nicht die aktuelle Bestandessituation wiedergibt. Dadurch sind z.B. geräumte Flächen immer noch als Kie-

fernbestand in der Waldmaske enthalten und werden deshalb falsch klassifiziert.

Fazit und Ausblick

TerraSAR-X Daten sind für die Kartierung stärkerer Nadelfraßschäden durch Kiefernbuschhornblattwespen und damit auch andere Kieferngrößschädlinge geeignet. Darüber hinaus dürfte TerraSAR-X für forstbetriebliche Fragestellungen immer dann einsetzbar sein, wenn es um eine schnelle, großflächige Erhebung grobstruktureller Parameter unter ungünstigen äußeren Bedingungen geht, etwa die Erfassung großflächiger Sturmschäden. Der entscheidende Vorteil von TerraSAR-X gegenüber optischen Sensoren liegt in einer Unabhängigkeit von Tageszeit und weitgehend auch Witterungsbedingungen. Zusammen mit einer hohen Wiederholungsrate von 11 Tagen ist damit eine schnelle Verfügbarkeit aktuellen Datenmaterials erreichbar. Durch Nutzung weiterer Radarsensoren (RADARSAT, Cosmo-Skymed, ALOS) ergibt sich sogar eine theoretische Aufnahmehäufigkeit von weniger als drei Tagen. Grenzen erfährt der Einsatz von Radardaten, wenn räumlich und qualitativ höher aufgelöste Informationen benötigt werden. Hier macht sich besonders das Fehlen spektraler Informationen aus dem Bereich des sichtbaren Lichtes und des nahen Infrarot bemerkbar.

Insgesamt können Radardaten durchaus eine, wenn auch kleine, Nische in einem Multi-Sensor-Fernerkundungssystem zur Unterstützung forstbetrieblicher Prozesse einnehmen. Eine weitere Leistungssteigerung ist durch die Verwendung multitemporaler Radaraufnahmen zu erwarten.

Literaturhinweis:

[1] HABERMANN, M. (2010): Waldschutz: Gefahr für die Kiefer? Land&Forst, Nr. 52, S. 50-51.

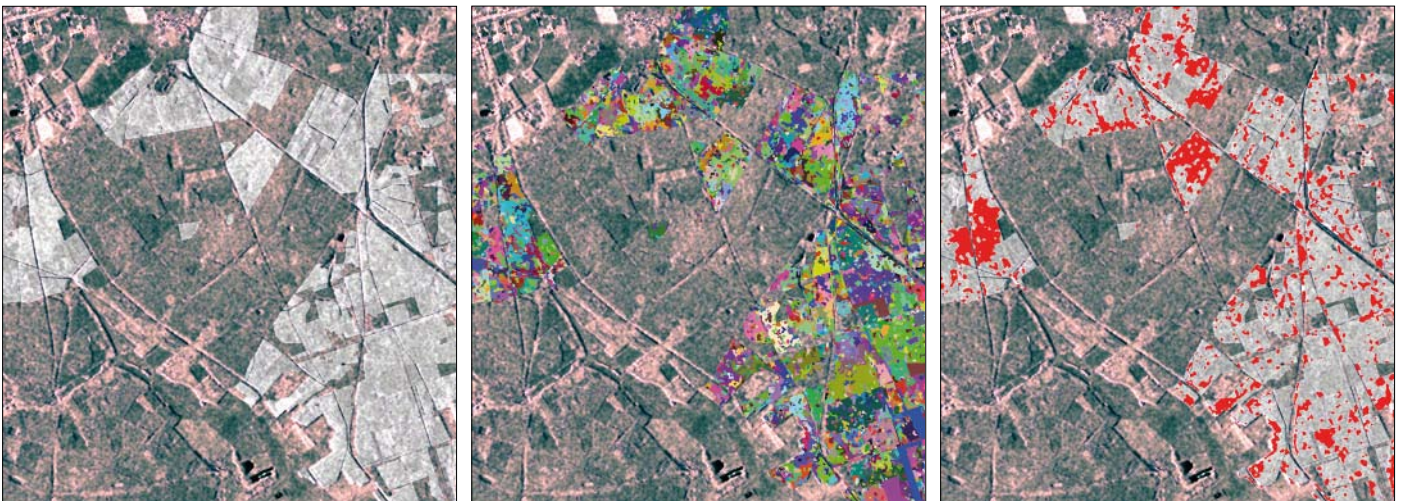


Abb. 5: Ergebnis der Segmentierung/objektbasierten Klassifizierung von TerraSAR-X-Daten, bezogen auf Kiefernbestände der Landeswaldflächen: links TerraSAR-X-Original, Kiefernbestände der Landeswaldflächen grau, Mitte Segmentierung, rechts objektbasierte Klassifikation