

nen Fichtenwäldern der Zwischenalpen die Waldverjüngung erfolgreich einleiten. Allerdings ist es im Hinblick auf den Wildverbiss unsicher, wie viele Bäumchen es schaffen werden, dem Äser des Wildes zu entweichen. Wir haben die untersuchten Transekte permanent markiert, um den Verjüngungserfolg in einem späteren Stadium nochmals beurteilen zu können. Dies wäre einen wichtiger Beitrag zur waldbaulichen Erfolgskontrolle in Schutzwäldern.

Literatur

- Eiberle, K.; Nigg, H., 1987: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz. Z. Forstwes. 138: 747–785.
- Imbeck, H.; Ott, E., 1987: Verjüngungsökologische Untersuchungen in einem hochstaudenreichen subalpinen Fichtenwald mit spezieller Berücksichtigung der Schneeeablagerung und der Lawinenbildung. Mitteilungen des Eidg. Institutes

für Schnee- und Lawinenforschung 42: 202 S.

- Schodterer, H., 1998: Herleitung von Sollpflanzenzahlen als Beurteilungskriterium für die Auswertung der Verjüngungs- und Verbißaufnahmen der österreichischen Waldinventur 1992–96. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur Wien 12: 281–287.
- Trepp, W., 1955: Subalpiner Fichtenwald. Beiheft zum Bündnerwald 5: 27–44.

Ersetzen Satellitenbilder die klassische Luftbildauswertung?

Die Windwürfe vom 26. Dezember 2000 boten die Gelegenheit, moderne Satellitendaten und neue Auswertemethoden zu testen. Der Vergleich der Kartierungen von Satellitenbildern mit denen von Luftbildern sollte zeigen, mit welchen Verfahren und Daten Sturmschäden im Wald erfasst werden können. Die Resultate der verschiedenen Satellitendaten liessen sich weder untereinander noch mit denjenigen der Luftbilder vergleichen. Jede Analysetechnik und jeder Datentyp hat Stärken und Schwächen. Die einzelnen Methoden können nun gezielter als bisher eingesetzt werden.

Charlotte Steinmeier

Im Rahmen des «Evaluations- und Grundlagenprogrammes Lothar» der Eidg. Forstdirektion war es möglich zu testen, wofür sich verschiedene moderne Fernerkundungsmethoden eignen, wie leistungsfähig diese sind, was sie jeweils kosten und welcher operative Aufwand mit ihnen verbunden ist (Steinmeier et al. 2002). Um die verschiedenen Systeme und Auswertemethoden optimal untersuchen zu können, entstand unter Federführung der WSL ein Konsortium mit drei externen Spezialisten (Sarnap S.A., Remote Sensing Laboratories der Universität Zürich, Scherrer Ingenieurbüro AG).

Die vergleichende Analyse von Bildmaterial aus den gleichen Regionen fusste auf mehreren Datensätzen der optischen Satelliten Landsat (30 m Auflösung), Spot (20 m; Abb. 1) und Ikonos (4 m bzw. 1 m) sowie der Radarsatelliten ERS-1/ERS-2. Zusätzlich liessen wir zwei Befliegungskampagnen durchführen, um Radar-

daten in unterschiedlichen Frequenzbereichen und Polarisationen untersuchen zu können¹. Mit Datensätzen aus dem Sommer- und dem Winterhalbjahr wollten wir untersuchen, wie sich die Jahreszeiten auf die Ergebnisse der Verfahren auswirken.

Die Analyse erfolgte in zwei Testgebieten im Mittelland und in den Voralpen. Für alle Auswertungen dienten die Echtfarben-Luftbilder als Referenz. In beiden Regionen interpretierten wir Totalschäden mit einer Mindestfläche von 0,2 Hektare und starke und leichte Streuschäden mit einer Mindestfläche von 0,5 Hektare.



Abb. 1: Spot Satellitenbild, 20.03.2000. Satellite Image: «CNES/Spot Image/Swisstopo, NPOC».

Glossar

Frequenzbereich:

als Radarsignale gelten Wellenlängen zwischen 1 cm und 1 m.

Interferometrie:

Vergleich von Bildpunkten zweier Radarbilder, die aus unterschiedlichen Blickwinkeln oder zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommen werden, um Entfernungsunterschiede vom Bruchteil einer Wellenlänge (cm) zu messen.

Polarisation:

Die ausgesendeten und empfangenen Radarsignale werden im Sinne eines Filters auf eine bestimmte Ausbreitungsrichtung beschränkt.

Die Ergebnisse verglichen wir, sofern dies möglich war, mit Hilfe von verschiedenen Genauigkeitsmassen und werteten diese räumlich aus.

Basierend auf den Daten der ERS-1/ERS-2 Satelliten (C-Band: Wellenlänge λ : 3,75 – 7,5 cm) lag bereits drei Wochen nach dem Sturm eine Schadenklassifikation über die gesamte Situation (100 km x 100 km) vor. Wir werteten die Daten interferometrisch (siehe Kasten) aus, da zu dieser Zeit beide Satelliten im Abstand von 24 Stunden auf derselben Umlaufbahn flogen. In den Testgebieten stellten wir auf diese Art keine Schäden fest. Die räumliche Auflösung der Satelliten war mit ca. 30 m zu grob und die Radarauswertungen waren in gebirgigem Gelände zu unsicher.

Eignung von Radardaten ist frequenzabhängig

Bei den Radar-Auswertungen interessierte uns in erster Linie, welches Frequenzband am geeignetsten ist und welchen Einfluss die Polarisation auf das Ergebnis hat. In allen Bändern und unabhängig von der Polarisation erkannten wir mit einfach prozessierten Daten keine Schadenflä-

¹ siehe: Steinmeier, C.; Schwarz, M.; Holecz, F.; Stebler, O.; Wagner, S., 2002: Evaluation moderner Fernerkundungsmethoden zur Sturmschadenerkennung im Wald. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 194 S.

chen. Die interferometrische Auswertung hingegen liess, mit Ausnahme der P-Band-Daten (λ : 30 – 100 cm), Schadenflächen erkennen.

Die Auswertung der X-Band Daten (λ : 2,4 – 3,75 cm) zeigte die Windwurfflächen deutlich. Verglichen mit den Luftbildern erkannten wir allerdings nicht alle geschädigten Gebiete. Die Datenaufnahme erfolgte erst im September 2000, also 9 Monate nach «Lothar» und etwa 3 Monate nach der Luftbildbefliegung. Da in diesem Gebiet schon früh und intensiv Räumungsarbeiten stattfanden, liess sich nachträglich nicht feststellen, ob die erkannten Flächen ausschliesslich geräumte Flächen waren oder ob diese auch unterschiedliche Schadentypen repräsentierten. Die Eignung dieses Frequenzbandes zur aktuellen Sturmschadenkartierung bleibt deshalb weiterhin ungeklärt.

Die L-Band Daten (λ : 15 – 30 cm) verwendeten wir nicht, um die Schäden im Wald flächenhaft zu kartieren, sondern um die Auswertemöglichkeiten langwelliger Radardaten abzuschätzen. Bei der Auswertung dieser Daten waren die Schadenflächen in diesem Frequenzbereich unabhängig von ihrem Erscheinungsbild deutlich sichtbar. Wir analysierten diese Daten auch, um neue Methoden und Simulationen zu testen. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass man aufgrund dieser Daten die Biomasse schätzen und Aussagen über die Vegetationshöhe oder über die Topografie unter einer Vegetationsschicht machen kann.

Optische Sensoren abhängig von Wetter und Jahreszeit

Für die Evaluation optischer Satellitensensoren bezogen wir die Bilder der drei erwähnten Satellitensysteme mit ein. Allen Datensätzen gemein ist der starke Einfluss von Wetter und Jahreszeit. Dieser Nachteil lässt sich teilweise dadurch kompensieren, dass man das Beobachtungsintervall durch Schwenken des Sensors verkleinert. Dieser Extrawunsch kostet zusätzliches Geld. Der Einfluss der Jahreszeit wirkt sich vor allem in den Bergregionen negativ aus. Die kaum auswertbaren Schlagschattengebiete können dort zwischen September und April 30 Prozent und mehr betragen. Weiterhin erschwert frisch gefallener Schnee die Auswertungen und winterkahle Wälder werden oft als Schaden klassiert.

Bessere Auflösung gleich besseres Ergebnis?

Bei der automatischen Klassifikation von optischen Satellitenbildern testeten wir einerseits Verfahren, welche die einzelnen Bildpunkte direkt einer Klasse zuweisen. Andererseits untersuchten wir auch automatische Verfahren, die das Bild zuerst in Objekte aufteilen, wobei auch Eigenschaften der umgebenden Bildpunkte mit beachtet werden. Lediglich bei den hoch aufgelösten Ikonos-Daten führte diese objektorientierte Methode zu einer genaueren Schadenkartierung. Die Genauigkeit lag jedoch immer noch leicht unter den Ergebnissen der Klassifikation mit den räumlich schlechter aufgelösten Daten des Spot-Satelliten. Die Erklärung hierfür liegt in dem einheitlicheren Erscheinungsbild der Schadenfläche bei schlechterer Auflösung.

Zusätzlich zu den automatischen Verfahren werteten wir den Winterdatensatz des Satelliten Ikonos auch manuell aus, entsprechend den Richtlinien der Luftbildinterpretation. Diese Methode war mit Abstand die zeitaufwändigste, erzielte jedoch die besten Resultate. Kein automatisches Verfahren ist so genau wie diese Methode und wie die manuelle Luftbildinterpretation. Bei der automatischen Auswertung kommt allerdings hinzu, dass die Anzahl der falsch bzw. nicht erkannten Gebiete mit den tatsächlichen Schadenflächen relativiert werden muss.

Fragestellung bestimmt Datenquelle und Methode

Die vielen unterschiedlichen Datensätze weisen verschiedene Vor- und Nachteile auf. Ein direkter Vergleich ist daher nur bedingt möglich. Abhängig von der Fragestellung ändern sich die Anforderungen an das Aufnahme-

Résumé

Les chablis dus à Lothar ont permis de tester des données satellites modernes et de nouvelles méthodes d'analyse. Une comparaison des cartes issues d'images satellites et de photos aériennes devait indiquer les méthodes et les données les mieux appropriées à la cartographie des dégâts dus aux tempêtes. Or les résultats des données satellites ne sont pas comparables entre eux ni avec ceux des données aériennes. Chaque technique d'analyse et type de données a ses avantages et ses inconvénients. Le choix d'une méthode appropriée sera donc désormais plus ciblé.

system. Abbildung 2 illustriert die sechs wichtigsten Faktoren, die bei der Wahl des Satelliten zu beachten sind.

Für allgemeingültige Empfehlungen muss zuerst das Ziel bekannt sein. Wer zum Beispiel die Total- und Streuschäden zwischen 0,5 und 1 Hektare Grösse eindeutig erkennen will, der wird sich weiterhin für die manuelle Interpretation von Luftbildern entscheiden. Wer hingegen ein bis vier Wochen nach einem Sturm den aktuelle Waldzustand festhalten und sofort analysieren will, der wählt eher langwellige Radardaten mit unterschiedlichen Polarisationen, vom Flugzeug aufgenommen. Dabei ist die Flächengenauigkeit sekundär, da die Abgrenzung der Windwurfflächen sich nicht an Einzelbäumen orientiert. Und wer in einem kleinen Massstab einen möglichst kostengünstigen Überblick über grosse Gebiete erhalten möchte, der wird am besten mit Landsat-Daten und einer automatischen Klassifikation arbeiten. Dabei müssen die wetterabhängige Verfügbarkeit der Daten und die jahreszeitlichen Restriktionen beachtet werden.

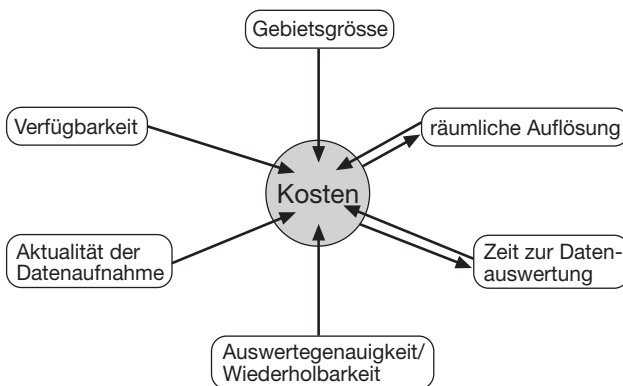


Abb. 2: Kostenbeeinflussende Faktoren für die Wahl eines Satellitenbildes. Diejenigen mit Pfeilen in beide Richtungen können durch höheren finanziellen Einsatz verändert werden, die anderen nicht.