

Fernerkundung mit RapidEye-Daten:

Altersschätzung von Waldbeständen mittels Texturmerkmalen

Christoph Stepper und Thomas Schneider

Eine Unterscheidung von Nadel-, Laub- und Mischwald anhand von RapidEye-Daten wurde bereits mehrfach beschrieben. Hier soll ein Ansatz vorgestellt werden, wie Texturparameter dazu verwendet werden können, um eine Abschätzung des Bestandesalters vorzunehmen und so zusätzliche Informationen zur Hauptbestandstypen-Beschreibung beizusteuern.

Detailgenauigkeit und Kosten für die Erhebung von Fernerkundungsdaten stehen in direkter Beziehung zur räumlichen, spektralen, radiometrischen und auch zeitlichen Auflösung der jeweiligen Systeme. Das hier verwendete System RapidEye (RE) ist mit fünf schmalen Spektralbändern ausgestattet (vgl. Beitrag ELAWATNEH et al. auf S. 17, [1]), die eine Aussage zu Baumarten-Gruppen (Laub/Nadel) erlauben. Die radiometrische Auflösung erlaubt die Unterscheidung von über 8 000 Grauwerten pro Spektralband (12 BIT). Durch fünf baugleiche Systeme im Umlauf wird eine hohe zeitliche Auflösung von wenigen Tagen erreicht. Bei einer räumlichen Auflösung von 6,5 m (die ausgelieferten Daten sind auf 5 m heruntergerechnet) gehört RE zu den hochauflösenden Systemen. Dieser Typ, der den Bereich zwischen 5 und 30 m abdeckt, erlaubt keine Einzelbaumerkennung, weshalb die Befundeinheit der Bestand ist. In der beschriebenen Untersuchung wurde eine RE-Aufnahme dazu verwendet, die Haupt-Waldtypen im Testgebiet zu klassifizieren. Es handelt sich somit um eine einmalige Untersuchung, die grundsätzlich die geringsten Kosten verursacht. Die abgeleiteten Klassen dienen für die anschließende Inventurauswertung als homogene Straten.

Klassifizierung der Waldfläche für stratifizierte Inventurauswertung

Verschiedene Untersuchungen zielten auf die Verwendung von RE-Daten zur Klassifizierung von Waldbeständen ab [z. B. 1, 2, 3, 4]. Dabei wurde ein objekt-orientierter Klassifikations-Ansatz verfolgt. Die Unterscheidung der Kategorien Nadel-, Laub- und Mischwald mit RE gilt als gelöst. Für eine weitere Untergliederung sollten Altersstufen aus den RE-Daten abgeleitet werden. Da keine Primärdaten zur Ableitung von Höheninformationen [1] zur Verfügung standen, wurde hier eine Klassifikation anhand von Texturparametern umgesetzt. Diese stellen die Variabilität der Bildinformation im räumlichen Kontext als Maßzahl dar. Der Ansatz baut auf die Grundannahme, dass die Oberflächenrauigkeit von Beständen direkt mit dem Bestandesalter korreliert ist.

Objektorientierte Bildanalyse: Wie groß sollen Segmente sein?

Die objektorientierte Bildanalyse gliedert sich in die zwei Hauptschritte Segmentierung und Klassifikation. Dabei werden im ers-

ten Schritt Pixel zu relativ homogenen Einheiten zusammengefasst. Diese Segmente werden im zweiten Schritt anhand festgelegter Zuordnungsalgorithmen bestimmten Klassen zugewiesen. Dabei werden die Segmente auf verschiedene Parameter (z.B. Mittelwerte in den Farbkanälen) untersucht und mittels Schwellwerten klassifiziert. Für die Altersunterscheidung werden nicht die Farbinformationen als solche verwendet, sondern die Variabilität der Farbinformation innerhalb der Segmente.

Deshalb ist es bei diesem Verfahren entscheidend, die Segmentierungseinstellungen so zu wählen, dass die Segmente diese Variabilität gut wiedergeben. D. h. die Segmentgröße muss größer sein als einzelne Baumkronen und kleiner als ganze Bestandesteile. In der Untersuchung wurden die Einstellungen so lange angepasst, bis die Segmentierung die oben beschriebenen Objekt-Kriterien erfüllte.

Klassifikation der Objekte: Auswahl geeigneter Parameter

Bei der Bildanalyse in dieser Studie wurde zunächst eine Wald-Nichtwald-Unterscheidung getroffen, anschließend trennte man die Waldfläche in die Klassen Nadelwald, Laubwald und Mischwald. Die letzte Hierarchieebene der Klassifikation war eine Aufteilung der Bestände innerhalb der drei Waldtypen nach jeweils jungen und alten Beständen. Um geeignete Parameter herauszufinden, anhand derer die Objekte

M.Sc. C. Stepper hat am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung seine Masterarbeit angefertigt. Dr. T. Schneider leitet dort die Arbeitsgruppe Fernerkundung.



Christoph Stepper
c.stepper@mytum.de

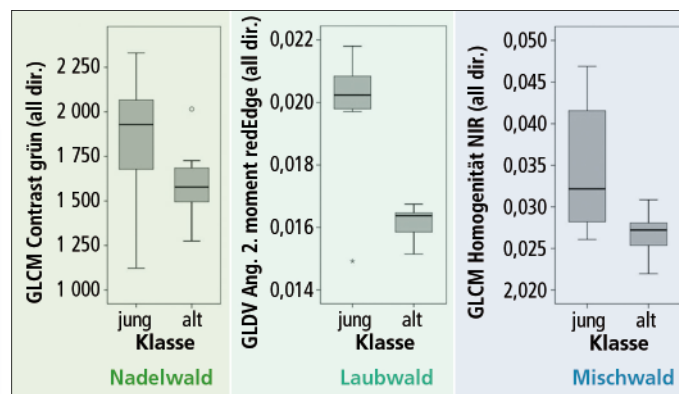


Abb. 1: Boxplots der Haralick-Features mit der besten Trennbarkeit für die Altersstufen. Für Nadelwald, Laubwald und Mischwald sind verschiedene Parameter ausgewählt worden.

gleichzeitig fielen mehrere ältere Bestände mit geschlossenem Kronendach in die Kategorie jung. Insgesamt kann man aber zusammenfassen, dass die Unterteilung nach Bestandesalter anhand der ausgewählten Texturparameter erfolgreich war.

Vorteile und Ausblick

In dieser Studie wurden die sechs unterschiedenen Klassen als Basis für eine stratifizierte Inventurauswertung verwendet. Dabei konnten erhebliche Effizienzsteigerungen gegenüber einer herkömmlichen Rasterinventur erreicht werden. Weitere Nutzungsmöglichkeiten der Klassifikationsergebnisse bestehen vor allem im weiteren Verlauf einer Forsteinrichtung, indem die erstellten Karten in die Forstbetriebsplanung integriert werden können.

Als Kritikpunkt der vorgestellten Methodik kann man das hohe Maß an Subjektivität anführen. Bei der Einstellung der Segmentationsparameter als auch bei der Festlegung der Kriterien für die Klassifikation erfolgte die Auswahl durch den Bearbeiter. Um hier objektivere und somit verlässlichere Ergebnisse zu erhalten, bieten neue Klassifikationsmethoden aus dem Bereich des „Data Minings“ gute Ansätze, die hier zum Einsatz kommen können [6,7]. Allerdings erfordern auch diese Methoden eine intensive Trainingsphase mit den spezifischen Systemdaten. Ob das Versprechen der Objektivität gehalten werden kann, müsste in einem direkten Methodenvergleich untersucht werden.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass eine Unterteilung von Waldbeständen in Hauptbestandstypen und jeweils zwei Altersstufen anhand von RE-Daten möglich ist. Damit steht eine kostengünstige Methode zur Verfügung, die eine zusätzliche Informationsgrundlage bei der Forstbetriebsplanung bietet.

Literaturhinweise:

[1] ELATAWNEH, A.; TIAN, J.; SCHNEIDER, T.; REINARTZ, P. (2012): Erkennen von Strukturveränderungen in heterogenen Waldgebiet: Welche Auflösung wird für Aussagen auf Betriebsebene benötigt? AFZ-Der Wald, Nr. 18/2012, S. 17-20. [2] OSSIG, B.; RAPPL, A.; SCHNEIDER, T. (2011): Verknüpfung von terrestrischen Inventuren und Fernerkundung; AFZ-DerWald; Nr. 19/2011, S. 15-17. [3] SCHNEIDER, T.; ELATAWNEH, A.; RAHLE, J.; KINDU, M.; RAPPL, A.; THIELE, A.; BOLDT, M.; HINZ, S. (2011): Parameter determination by RapidEye and TerraSAR-X data – a step toward a remote sensing based inventory, monitoring and fast reaction system on forest enterprise level. Proceedings of the 3rd Conference on Earth Observation of Global Changes, 13. bis 15. April, München. [4] ELATAWNEH, A.; RAPPL, A.; SCHNEIDER, T.; KNOKE, T. (2012): A semi-automated method of forest cover losses detection using RapidEye image; a case study in the Bavarian Forest National Park. Tagungsband zum 4. RESA Workshop, Neustrelitz, 21. bis 22. März 2012; ISBN 978-3-942183-61-1, S. 181-200. [5] HARALICK, R. M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, ITS'HAK (1973): Textural Features for Image Classification; IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. 3 (6), S. 610-621. [6] TZOTZOS, A. (2006): A Support Vector Machine Approach for Object Based Image Analysis. International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVI (4-C42). [7] MARX, A. (2010): Detection and Classification of Bark Beetle Infestation in Pure Norway Spruce Stands with Multi-temporal RapidEye Imagery and Data Mining Techniques. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation 2010 (4), S. 243-252.

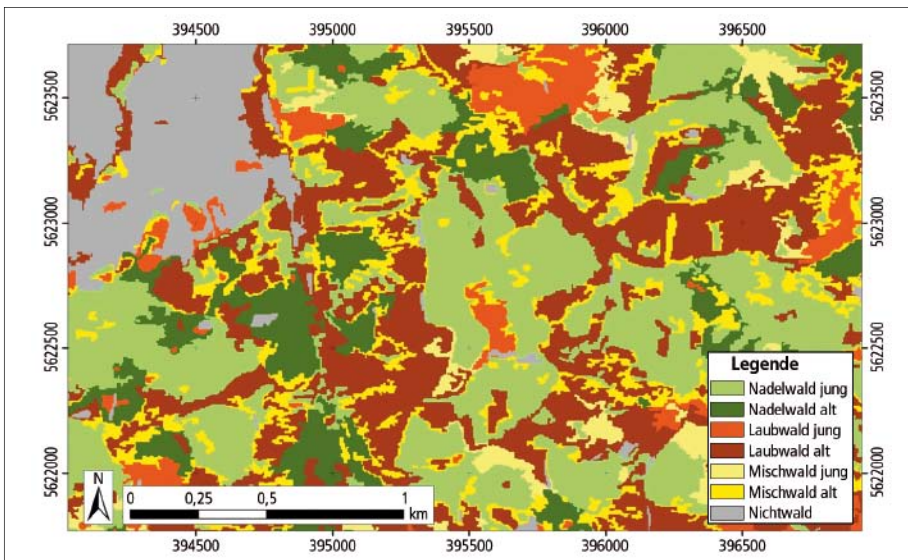


Abb. 2: Ausschnitt der erstellten Waldklassifikation mit den sechs unterschiedenen Waldtypen

den Klassen zugewiesen werden können, wurden zunächst manuell Testflächen für jede Klasse ausgewählt, die homogen über das Untersuchungsgebiet verteilt sind. Die Bildinformationen dieser Testflächen, d.h. sowohl die Farb- als auch die sekundären Texturkennzahlen der Objekte, wurden im nächsten Schritt hinsichtlich ihrer Trennschärfe zwischen jungen und alten Beständen untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass Texturparameter nach HARALICK et al. [5] hierfür am besten geeignet sind. Allerdings waren für Nadel-, Laub- und Mischwald unterschiedliche Parameter am aussagekräftigsten. Mithilfe der Quartilwerte der einzelnen Klassenverteilungen wurden für die ausgewählten HARALICK-Features Schwellwerte für die Klassenbeschreibung bestimmt, anhand derer sämtliche Waldobjekte als jung bzw. alt klassifiziert werden konnten (s. Abb. 1 und Tab. 1).

Klassifikationsergebnis: Wie gut ist die Unterscheidung gelungen?

Das Ergebnis der Klassifikation, bei der sechs unterschiedliche Klassen ausgewiesen wurden, ist als Ausschnitt der Untersuchungsfläche in Abb. 2 dargestellt. Die Genauigkeit der Analyse wurde mit einer Vielzahl von zufällig im Testgebiet verteilten Referenzpunkten überprüft. Dazu erfolgten für jeden Referenzpunkt eine visuelle Interpretation des Digitalen Orthophotos und ein Vergleich mit den Ergebnissen aus der Analyse des RE-Bildes. Mit der hier vorgestellten Methode konnte eine Gesamtgenauigkeit von 86 % erreicht

werden. Betrachtet man die erzielten Genauigkeiten getrennt nach Nadel-, Laub- und Mischwald, so kann festgestellt werden, dass bei Nadel- und Mischwald tendenziell zu viele Bestände als jung eingestuft wurden, bei Laubwald war eine Fehlzuzuweisung in beide Richtungen in etwa gleich häufig.

Wann wurden Bestände falsch zugewiesen?

Da sämtliche Referenzpunkte visuell begutachtet wurden, kann hier nicht nur eine Richtig-Falsch-Aussage bzgl. der Klassifikation gemacht werden. Vielmehr erlaubt die Überprüfung auch eine Einschätzung der Ursachen für die Fehlzuzuweisungen. Bei der Auswahl der Texturparameter nach HARALICK et al. [5] für die Altersunterscheidung der Waldbestände wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass die Heterogenität im Bestandaufbau mit zunehmendem Alter größer wird, was sich auch in der steigenden Varianz der Grauwerte zwischen den Pixeln im RE-Bild widerspiegelt. Mit Texturparametern kann diese Variabilität in den Objekten quantifiziert werden und als indirektes Maß für das Bestandesalter herangezogen werden. Die visuelle Überprüfung der Referenzpunkte zeigte, dass die Alterszuweisung immer dann fehlschlug, wenn die Prämisse „Steigende Oberflächen- bzw. Kronenrauigkeit mit zunehmendem Alter“ nicht zutraf. Dies war vor allem bei Laubwald auffällig. So wurden junge Buchenbestände, die stark durchforstet wurden, als alt klassifiziert,

Tab. 1: Schwellenwerte der ausgewählten HARALICK-Features für die Klassenbeschreibung von Nadelwald alt, Laubwald alt und Mischwald alt			
Klasse	HARALICK-Feature	unterer Grenzwert (100 % Zugehörigkeit)	oberer Grenzwert (0 % Zugehörigkeit)
Nadelwald alt	GLCM Contrast grün (all dir.)	1 660	1 665
Laubwald alt	GLDV Ang. 2nd moment redEdge (all dir.)	0,017	0,0175
Mischwald alt	GLCM Homogeneity NIR (all dir.)	0,0282	0,0284

Diejenigen Objekte, die durch diese Grenzwerte ausgeschlossen werden, fallen in die jeweiligen jungen Altersstufen.