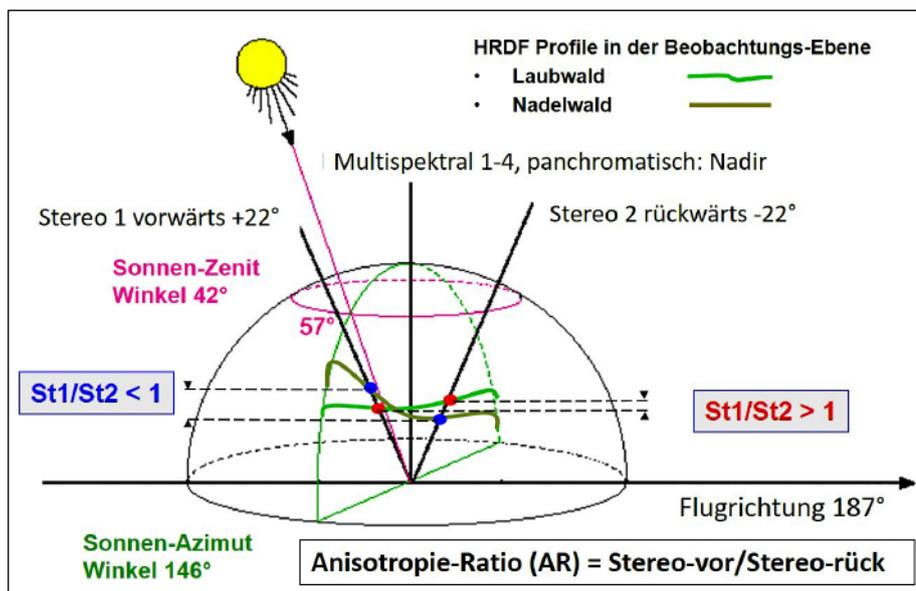




Bestandsaufnahmen mit 3D/ multispektralen Satelliten Daten

Geeignete Bewirtschaftungskonzepte für den Wald von morgen können durch Fernerkundungs-Daten ergänzt werden. Benötigt werden 3D-Daten zur Strukturabschätzung und multispektral Daten zur Baumarten Annäherung. Nur, „die“ Fernerkundung gibt es nicht, genauso wenig ein Universalrezept zur Bewirtschaftung von Nutzwäldern. Da viele in der Wissenschaft gängige Systeme wie LIDAR oder hyperspektrale Systeme aus Kostengründen für Forstbetriebe kaum infrage kommen, wird erläutert, ob und inwiefern Ergebnisse eines Zi Yuan 3 (ZY-3) Datensatzes für die forstliche Praxis Relevanz entwickeln kann.

TEXT: THOMAS SCHNEIDER, JIAOJIAO TIAN, THOMAS KNOKE



Quelle: T. Schneider

Abb. xx1: Schematische Darstellung des hemisphärischen Reflexionssignals in den beiden Stereo-Bändern.

Das chinesische ZY-3 Satellitensystem erfasst Daten anhand der Oberflächenmodelle mit +/- 2 m Höhen Genauigkeit und Bestandes Typen-Klassifikationen mit einer Pixelgröße von bis zu 2,1 m. Nicht spektakulär, aber jeder Aufnahmestreifen ist ca. 50 km breit und erfasst Deutschland in seiner gesamten N-S Längenausdehnung nominal mehrmals pro Jahr.

Untersucht wurde ein Datensatz des Satelliten-Systems Zi Yuan 3 A (ZY 3) (www.webcitation.org/64We7vwIH), erfasst am 14.09.2012. Ein ZY-3 Datensatz besteht aus einem panchromatischen „Drei-Zeilen“ Stereomodul mit einer Nadir-blickenden (Lotrichtung) und jeweils

einer vorwärts und rückwärts blickenden Kamera mit 2,1 m, bzw. 3,5 m Pixeln sowie einem Multispektral-Modul mit vier Bändern im blau, grün, rot und Nahen-Infrarot (NIR) Bereich des Sonnenspektrums und 6,5 m Pixeln.

In ersten Schritt wurden die ZY-3 Bänder in das Koordinatensystem der Geodaten des Untersuchungsgebietes (die Abteilung Bocksberg des Lehrwaldes der TU München bei Landshut) umgerechnet. Zwei Produkte wurden abgeleitet: ein digitales Oberflächen Modell (DOM) und einen Index, die sogenannte Anisotropie-Ratio (AR). Aus den Daten und mit einem Abgleich mit dem Geländemodell des Landsamtes für Di-

gitalisierung, Breitbandvernetzung und Vermessung (LDBV) wurde abschließend ein Objekthöhenmodell (OHM) generiert.

Ziel der Studie

Ziel der Studie war es, einen Computereffizienten (schnellen), -stabilen und übertragbaren Regelsatz zur Klassifikation der ZY-3 Daten aufzubauen. Dieser besteht aus drei hierarchischen Ebenen und mit einer Datenbank mit annähernd 200 Merkmalen für jedes Objekt. Die Klassifikation erfolgt anschließend durch Abfrage der Datenbank anhand von Schwellwerten geeigneter Merkmale, also vergleichbar einer GIS Abfrage. Im Ablauf wird auf der ersten Ebene Wald und Nicht-Wald unterschieden. Auf der zweiten Ebene wird über Spektralsignaturen Nadel und Laubwald klassifiziert und anhand der flächenmäßigen Anteile in Rein- oder Mischbestand unterschieden. Auf Ebene Drei schließlich werden die Nadel-, Laub- und Mischbestandsobjekte anhand der Höheninformation des OHMs in jeweils drei Höhenklassen unterteilt. Die Abstufung richtet sich nach den für die Bewirtschaftung relevanten Höhenstufen:

- 0 bis 11 m („Etablieren“),
- 11 bis 22 m („Stabilisieren“/„Qualifizieren“) und
- >22 m („Dimensionieren“) nach [5].

Ergebnisse

Gezeigt werden die Ergebnisse der

Auswertungen des „Anisotropie“-Ansatzes beruhend auf den Stereo-Bändern [6][7]. Dieser wertet die Reflexionsunterschiede in den Daten der vor- und rückblickenden Stereobänder aus, die auf die unterschiedlichen Blickwinkel der beiden Stereo-Kameras zur Sonneneinstrahlrichtung zurückzuführen sind.

Durch die Kegelform der Krone vor allem auch der Fichte ist der Schattenanteil in der Sonnenabgewandten Richtung bei Nadelwald deutlich höher, was zu höheren AR Werten gegenüber Laubwald führt (Abb. xx1). Ein recht sicheres Klassifikationsmerkmal!

Die Gesamtgenauigkeit auf Ebene Drei mit 9 Klassen liegt zwischen 54 % für die Mischwaldklasse < 10 m und 86 % für die Nadelwaldklasse > 22 m. Auf der zweiten hierarchischen Ebene, auf der kleine Objekte in Nadel-/Laubwald klassifiziert werden, liegt die Gesamtgenauigkeit bei 92 %. In Abb. xx2 ist das Endergebnis der Wald-Klassifikation des Bocksbergs über den Anisotropie-Ansatz dargestellt.

Fazit

Die Studie stellt die Möglichkeiten des ZY-3 Systems stellvertretend für die kombinierte Auswertung von zeitgleich erfassten Stereo- und Multispektraldaten vor. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl ein jährliches Monitoring, als auch eine Vorratsschätzung auf Betriebsebene möglich ist. Über die Option, Zwischeninventuren mit reduzierter Inventurpunktauswahl durchzuführen, kann das Ergebnis der Satellitengestützten Auswertung jederzeit abgesichert werden. Für den Privatwald ohne Dauerinventurpunkt-Netz kann mit dem Ansatz ein FE-gestütztes Inventur-Verfahren aufgebaut werden, das, wie von [1] vorgestellt, die Inventurpunkte nach Straten (abgeleiteten Klassen) verteilt. Für beide Fälle können die im Laufe des Jahres durchgeführten und im Betriebsbuch dokumentierten Maßnahmen mit den fernerkundlichen Flächeninformationen verknüpft und gegeneinander abgeglichen werden. Dieses kann bei der Forsteinrichtungs-Planung hilfreich sein ist aber v. a. bei auftretenden Kalamitäten von Vorteil.

Aus forstwirtschaftlicher Sicht ist offen, ob die +/- 3 m Höhengenaug-

„3D/Multi-spektral-Daten des ZY-3 Satellitensystem Typs sind geeignet Betriebsprozesse zu unterstützen. Dies gilt sowohl für ein jährliches Nachführen der Betriebsdatenbanken als auch für die Forsteinrichtungs-Unterstützung.“

THOMAS SCHNEIDER

keit des Objekt Höhen Modells für eine fachliche Einschätzung – etwa des Vorrates auf Bestandesebene – ausreichend

genau sind. Die neueren ZY-3 B, seit 2016, ZY-3C seit 2020 und ZY-3D (voraussichtlich ab 2022), sind, bzw. werden bereits mit 2,5 m Pixel Stereo Modul ausgestattet sein. Darüber ist dann eine ca. +/- 2 m Höhengenaugigkeit erreichbar. Das kommt der Vorratsschätzung zugute.

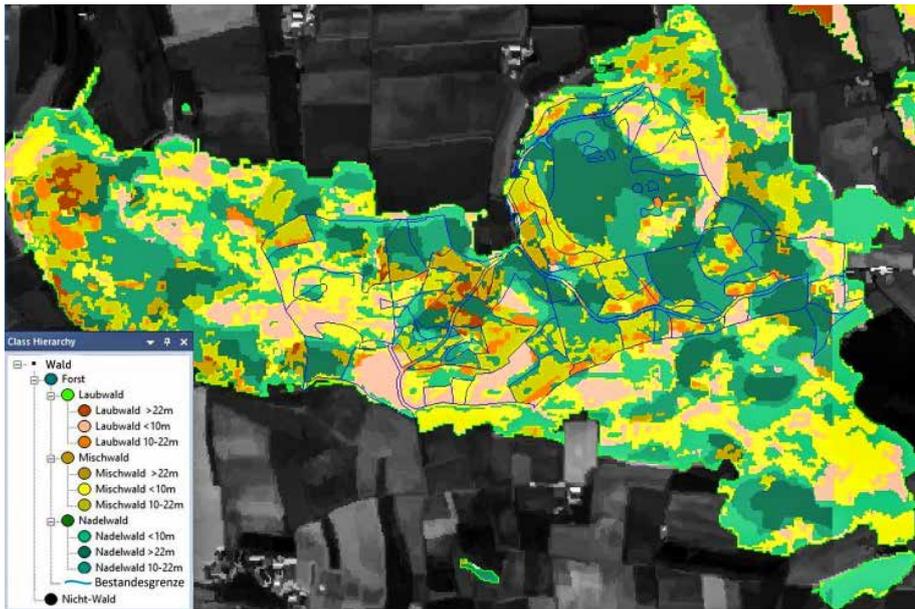
Die Auflösung des OHMs spielt auch bei der Einzelbaum-Erkennung eine entscheidende Rolle. Über OHM im Submeter-Bereich können Baumkronen freigestellt, der Einzelbaum wird identifiziert [7]. Bei einer Pixelauflösung von maximal 2,1 m (panchromatisches Nadir-Band, mit pan-sharpening Verfahren auch für die Umrechnung der MS Bänder auf 2,1 m Pixelgröße nutzbar) ist eine Einzelbaum-Erkennung allerdings nicht, oder nur eingeschränkt möglich. Damit ist auch eine Baumarten-Identifikation nicht gegeben. Für die Früherkennung von biotischen Kalamitäten, die ja Baumarten spezifisch auftreten, ist der hier vorgestellte Ansatz somit nur bedingt, bei flächigem Auftreten dagegen sehr wohl einsetzbar.

Letztendlich muss auch der Kosten-/Nutzenfaktor betrachtet werden. Bisher bietet allein die ZY-3 System-Familie 3D/multispektral Daten aus dem Weltraum in einem für den Forstbereich Mitteleuropas sinnvollen Kostenrahmen von ca. 10 Cent/ha an. Und dies gilt nur für ganze „Szenen“, d. h. einen ca. 50x50 km (ca. 2.500 km²) großen Ausschnitt aus dem Aufnahmestreifen. Bei kleineren Ausschnitten steigen auch hier die Kosten pro Hektar rapide. Somit erscheint das Verfahren aktuell eher für große Forstbetriebe, etwa die BaySF in Bayern oder große Privatwald-Betriebe und Waldbesitzerverbände von Interesse.

Das größte Manko von ZY-3 ist allerdings die geringe zeitliche Wiederholfrequenz. Diese beträgt bei ZY-3A ca. 50 Tage (Breitengrad abhängig). Sobald drei dieser Systeme, wie geplant ab 2022 Daten erfassen, reduziert sich die Wiederholfrequenz auf 16 bis 17 Tage, was in etwa den frühen Landsat TM Abdeckungen entspricht. Für Phänologie-orientierte Auswertungen in Richtung Baumartenerkennung, ist das nicht ausreichend, für ein jährliches Monitoring auf Bestandes-Typ und Struktur Basis jedoch vielversprechend!

Schneller ÜBERBLICK

- » **Das chinesische Zi Yuan 3 Satellitensystem** bietet kombinierte stereo- und multispektrale Datenerfassung im hochauflösenden Bereich von 2 bis 5 m
- » **Die Kombination mehrerer Datensätze** erlaubt eine Unterscheidung forstwirtschaftlich relevanter Höhenstufen
- » **Daten des ZY-3 Typs scheinen geeignet** für forstwirtschaftliche Parameter, aber auch für die schnelle Schadensaufnahme nach Kalamitäten wie Sturm, Feuer, Überschwemmung.
- » **Bei Kosten von ca. 10 Euro Cent/ha** erscheint ein jährliches Monitoring auf Betriebsebene wirtschaftlich umsetzbar



Quelle: T. Schneider

Abb. xx2: Endergebnis der Klassifikation des ZY-3 Datensatzes der Waldflächen des Bocksbergs über den „Anisotropie-Ansatz“. „Nicht-Wald“ ist als Hintergrund über die Grauwert-Darstellung des NIR Bandes dargestellt. Die Klassen Laubwald, Nadelwald und Mischwald sind jeweils in drei weitere „Höhenklassen“ unterteilt. Über das Verhältnis von Nadel- und Laubwald-Anteilen pro Bestand kann ausgesagt werden, ob es sich um einen Misch oder Reinbestand handelt.

Literaturhinweise:

[1] WALLNER, A., FRIEDRICH, S., GEIER, E., MEDER-HOKAMP, C., WEI, Z., KINDU, M., TIAN, J., DÖLLERER, M., SCHNEIDER, T., KNOKE, T. (eingereicht): A remote sensing-based inventory concept fusing multispectral 3D height information from ZiYuan-3 satellite data; *Forestry* [2] D'ANGELO, P. (2013): Evaluation of ZY-3 for DSM and ortho image generation. *International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, 57-61. [3] SCHNEIDER, T., BUCK, A., DEKOK, R., MANAKOS, I. (2000): Objektorientierte Bildanalyse - Paradigmenwechsel in der thematischen Bearbeitung von Erdbeobachtungsdaten? Festschrift zur Emeritierung von Prof. U. Ammer, Verlag W&T Berlin, ISBN 3-89685-564-6. [4] BENZ, U. C., HOFMANN, P., WILLHAUCK, G., LINGENFELDER, I., HEYNEN, M. (2004): Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information *ISPRS J. Photogrammetry Remote Sens.*, 58 (2004), pp. 239-258 [5] MOSANDL, R.; PAULUS, F. (2002): Rationelle Pflege junger Eichenbestände. *Allg. Forstz. Waldwirtschaft*, 581-584. [6] SCHNEIDER, TH, BUHK, R., AMMER, U. (1999): Investigations on synergy and complementarity of multispectral and anisotropy information from MOMS-02/D2-Mode 3-data for land use classification in the Sinaloa district of Mexico; *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 20, No. 8, pp1499-1526. [7] BUCHHORN, M. AND SCHNEIDER, T. (2009): Synergistic Use of Spectral and Angular Signatures from Proba/CHRIS Hyperspectral Images in a Temporal Context, *Imagin(e,g) Europe. Proceedings of the 29th symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories [EARSeL]*, Chania, Greece; [15th - 18th June, 2009], IOS Press, Amsterdam. [8] KEMPF, C., TIAN, J., KURZ, F., D'ANGELO, P., SCHNEIDER, T., REINARTZ, P. (2021): Oblique view individual tree crown delineation; *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 99.

Trotz aller Einschränkungen erscheint uns das Paket der Möglichkeiten von ZY-3 interessant für den Forstbereich. Dieses gilt insbesondere auch im Hinblick auf eine zunehmende Häufigkeit von Kalamitäten aber auch mit Perspektive auf den Strukturreichen und darüber resilienten „Wald der Zukunft“ mit Bäumen unterschiedlichster Altersklassen und damit Kronendurchmesser. Für beide Fälle sind kostengünstige, möglichst aktuelle Betriebsdaten gefragt.



Thomas Schneider
tomi.schneider@tum.de

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (TUM). **Dr. Jiaojiao Tian** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), **Prof. Dr. Thomas Knoke** leitet die Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der TUM.