

Abschätzung des Chlorophyllgehaltes von Pflanzenbeständen mit RapidEye Satellitenbilddaten

Schelling, K. und Schulthess, U.

Produktentwicklung
RapidEye AG
Molkenmarkt 30
14776 Brandenburg an der Havel
schelling@rapideye.de
schulthess@rapideye.de

Abstract: Die RapidEye Satellitenkonstellation wurde am 29. August 2008 gestartet und liefert seit Anfang 2009 Bilddaten von der Erdoberfläche. Das System besteht aus 5 baugleichen Satelliten, deren Multispektralsensoren großflächig und regelmäßig Aufnahmen in 5 Spektralbändern im optischen und nahinfraroten Bereich mit einer räumlichen Auflösung von 6.5 m liefern. Eine Besonderheit der RapidEye Daten im Vergleich zu anderen derzeit kommerziell verfügbaren Satellitenbilddaten ist das sogenannte Red-Edge Band. Dieses Spektralband hat einen hohen Informationsgehalt bezüglich des Chlorophyllgehaltes und dem damit zusammenhängenden Stickstoffversorgungszustand von Pflanzenbeständen. In verschiedenen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass Bilddaten mit einem Red-Edge Band aussagekräftiger in Bezug auf den Chlorophyllgehalt sind als Daten, die nur den roten und nahinfraroten Spektralbereich abdecken.

1 Das RapidEye Satellitensystem

Satellitenfernerkundungsdaten werden schon seit Jahrzehnten zur Beobachtung der Erdoberfläche genutzt. Zur großflächigen Zustands- und Veränderungserfassung der Landbedeckung und der Vegetation oder zur Erfassung der Landnutzung kommen oft Bilddaten mit räumlichen Auflösungen von 30m bis 1 km zur Anwendung. Operationelle Anwendungen, die hochauflösende Aufnahmen zur Gewinnung von Informationen auf Einzelschlagniveau erfordern, wie zum Beispiel zur Erfassung der Stickstoffversorgung von Pflanzenbeständen, scheitern aber oft an der regelmäßigen oder zeitkritischen Verfügbarkeit von geeigneten Bilddaten. Das RapidEye Satellitensystem wurde mit der Zielsetzung konzipiert, diese Daten bereitzustellen.

Die RapidEye Satellitenkonstellation aus 5 baugleichen Kleinsatelliten (Abbildung 1) wurde speziell im Hinblick auf die Bedürfnisse von Nutzern aus dem Bereich Landwirtschaft konzipiert. Die räumliche Auflösung von 6,5 m ermöglicht auch in kleinstrukturierten Gebieten Mitteleuropas Auswertungen auf Einzelschlagniveau. Mit einer Aufnahmekapazität des Systems von etwa 4 Mio. km² pro Tag können große Gebiete regelmäßig erfasst und operationell Dienstleistungen aus den Bilddaten und daraus abgeleiteten Informationen erstellt werden. Sofern die Satelliten mit den Sensoren in der Nadir-Richtung, d.h. senkrecht nach unten gerichtet, aufnehmen, kann unter wolkenfreien Bedingungen eine Gesamtabdeckung von Deutschland in 5 Tagen erreicht werden. In Abhängigkeit von den vorherrschenden Bewölkungsverhältnissen ergeben sich entsprechend längere Bildwiederholraten.

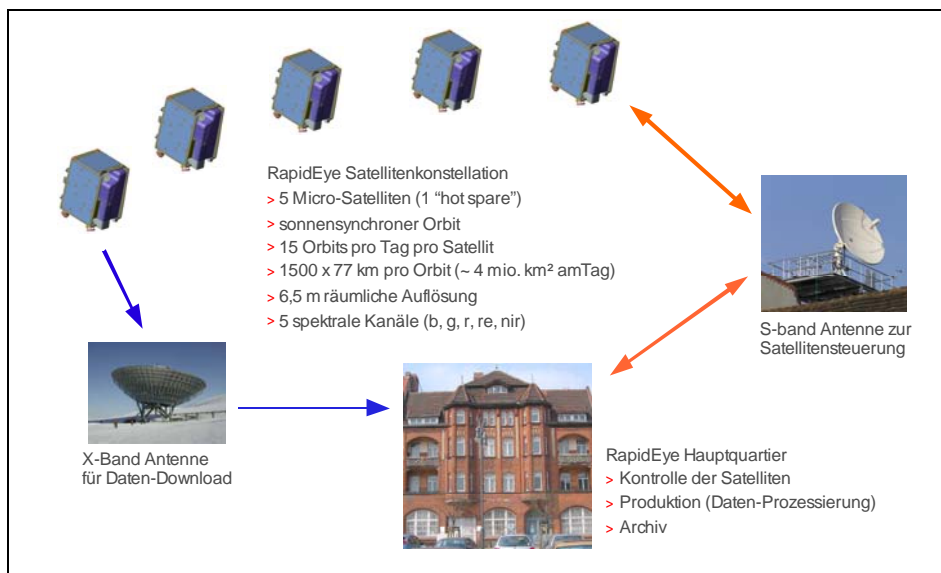


Abbildung 1: Merkmale des RapidEye Satellitensystems

2 Abschätzung des Chlorophyllgehaltes aus Fernerkundungsdaten

Das Reflexionsverhalten von grünen Pflanzenbeständen weist im optischen und nahinfraroten Wellenlängenbereich den in Abbildung 2 dargestellten Verlauf auf. Im Bereich des sichtbaren roten Wellenlängenbereichs wird der Großteil der einfallenden Sonnenstrahlung vom Chlorophyll in den Pflanzen absorbiert. Nahinfrarote Strahlung wird von grünem Pflanzenmaterial dagegen zu einem erheblichen Teil reflektiert. Der Bereich zwischen dem roten und nahinfraroten Wellenlängenbereich wird als Red-Edge bezeichnet. Pinar und Curran [PC96] sowie Filella und Penuelas [FP94] fanden heraus, daß dieser Spektralbereich einen hohen Informationsgehalt bezüglich des Chlorophyllgehaltes und dem Stickstoffversorgungszustand von Pflanzenbeständen hat. Die RapidEye Satelliten sind das erste kommerziell verfügbare Satellitensystem, das Bilddaten mit einem Red-Edge Spektralband liefert.

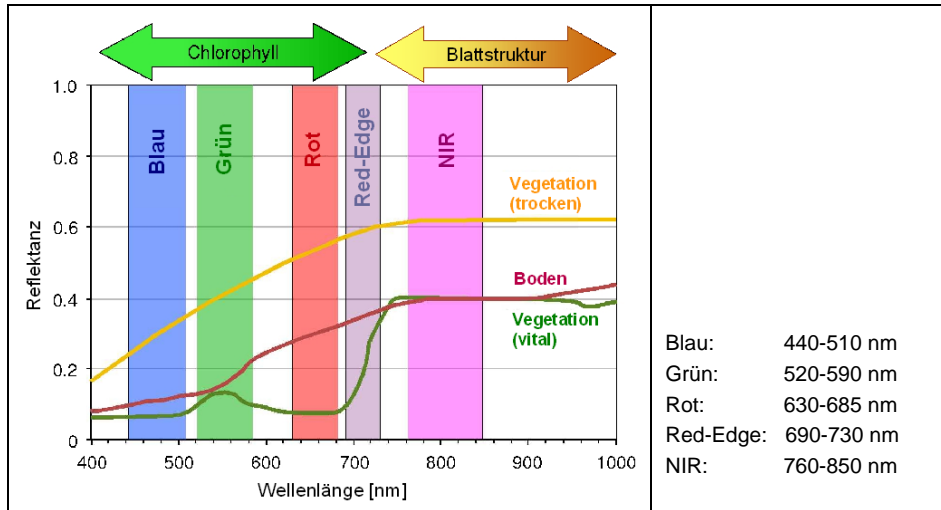


Abbildung 2: Von den Sensoren auf den RapidEye Satelliten erfasste Wellenlängenbereiche

Zwischen dem Reflexionsverhalten von Pflanzen im Red-Edge Bereich und dem Chlorophyllgehalt wurden von Filella und Penuelas [FP94] sowie von Pinar und Curran [PC96] enge Zusammenhänge nachgewiesen. Dabei wurde festgestellt, dass sich bei höheren Chlorophyllgehalten der pflanzentypische Anstieg der Reflektanz im Bereich des Red-Edge in Richtung des nahen Infrarot verschiebt. Da diese Verschiebung in einem relativ engen Spektralbereich stattfindet, wurden in entsprechenden Untersuchungen, z.B. von Baranoski und Rokne [BR05], Baret und Fourty [BF97] oder Haboudane et al. [HMTZD02], zur genauen Charakterisierung Parameter verwendet, zu deren Bestimmung Daten mit sehr schmalen Spektralbändern erforderlich sind. Räumlich hochauflösende satellitengestützte Sensoren, wie zum Beispiel SPOT, QUICKBIRD oder IKONOS, haben jedoch nicht das hierfür erforderliche spektrale Auflösungsvermögen im Bereich weniger Nanometer.

2.1 Informationsgehalt des RapidEye Red-Edge Bandes

Untersuchungen in der jüngeren Vergangenheit haben gezeigt, dass auch mit den vergleichsweise breiten Spektralbändern von Satellitendaten Aussagen in Bezug auf den Chlorophyllgehalt von Pflanzenbeständen gewonnen werden können. Eitel et al. [ELGS07] berichten, dass mit einer Kombination aus Vegetationsindices, zu deren Berechnung die Spektralbereiche der RapidEye Kanäle verwendet wurden, aussagekräftige Informationen zum Chlorophyllgehalt von Weizen gewonnen werden können. Dabei hat sich auch gezeigt, dass die spektrale Information des RapidEye Red-Edge Bandes einen deutlichen Informationszugewinn gegenüber Bilddaten bringt, die nur einen roten und einen nahinfraroten Spektralkanal besitzen. In Abbildung 3 sind Ergebnisse aus Feldversuchen der Firma RapidEye AG an Winterweizen in Südafrika dargestellt, bei denen Zusammenhänge zwischen Spektraldaten und dem Chlorophyllgehalt untersucht wurden.

Zur Beschreibung des Chlorophyllgehaltes wurden SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) Messwerte verwendet, die mit dem Minolta SPAD-502 Chlorophyll Meter gemessen wurden. Dabei zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen der Red-Edge Reflektanz, d.h. dem Anteil der von einem Pflanzenbestand reflektierten Sonneneinstrahlung im Wellenlängenbereich des Red-Edge, und SPAD-Werten deutlich besser ist als der Zusammenhang zwischen dem NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), zu dessen Berechnung nur Spektralinformation aus dem roten und nahinfraroten Wellenlängenbereich verwendet wird, und SPAD-Werten. Die gewonnenen Erkenntnisse aus diesem Feldversuch können in Kartenprodukte umgesetzt werden, die als Grundlage zur Planung von ortsspezifischen N-Düngungsmaßnahmen dienen.

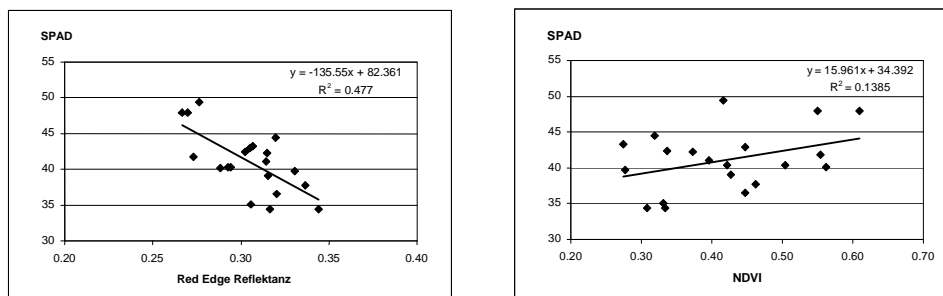


Abbildung 3: Zusammenhänge zwischen SPAD Werten und Red-Edge Reflektanzen sowie von SPAD Werten und NDVI von Winterweizen auf Praxisschlägen in Südafrika

Literaturverzeichnis

- [BR05] Baranoski, G.V.G., Rokne, J.G.: A practical approach for estimating the red edge position of plant leaf reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 26, S. 503-521, 2005.
- [BF97] Baret, F., Fourty, T.: Radiometric Estimates of Nitrogen Status of Leaves and Canopies. In (Lemaire, G., Hrsg.): *Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997; S. 201-227
- [ELGS07] Eitel, J.U.H., Long, D.S., Gessler, P.E., Smith, A.M.S.: Using in-situ measurements to evaluate the new Rapideye™ satellite series for prediction of wheat nitrogen status. *International Journal of Remote Sensing*, 28, S. 4183-4190, 2007.
- [FP94] Filella, I., Penuelas, J.: The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status. *International Journal of Remote Sensing*, 15, S. 1459-1470, 1994.
- [HMTZD02] Haboudane, D., Miller, J.R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P.J., Dextraze, L.: Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 81, S. 416-426, 2002.
- [PC96] Pinar, A., Curran, P.J.: Grass chlorophyll and the reflectance red edge. *International Journal of Remote Sensing*, 17, S. 351-357, 1996.