

SpectroAnalyst – Management von Hyperspektraldaten für die Grünlandforschung

SpectroAnalyst – Management of hyperspectral data for grassland research

Andreas Schaumberger* & Manuel Adelwöhre

Einleitung

Die Pflanzenbestände einer Grünlandfläche entwickeln sich in Abhängigkeit der Nutzungsintensität und der Standortbedingungen sehr unterschiedlich. Eine kontinuierliche, nicht destruktive Beobachtung während eines Aufwuchses ermöglicht im Gegensatz zur Ernte die Erfassung von Entwicklungsparametern. Neben traditionellen Pflanzenbestandsbeobachtungen liefert die Feldspektrometrie umfangreiche Daten zu den Eigenschaften eines Pflanzenbestandes, die unter anderem dazu genutzt werden, Modelle zur Ertrags- und Qualitätsschätzung zu entwickeln bzw. Vegetationskennwerte abzuleiten (vgl. BIEWER et al. 2009, KLINGLER et al. 2019, PUNALEKAR et al. 2018, THENKABAIL et al. 2014). Mit der Umformung von Hyperspektraldaten in Sentinel-2 entsprechende Multispektraldaten mit Hilfe von Spectral Response Functions (S2-SRF) besteht zudem die Möglichkeit, regional anwendbare Modelle zu entwickeln.

Ausgehend von den Rohdaten bis hin zur Anwendung von hyperspektralen Daten sind viele Arbeitsschritte notwendig, die ohne softwaretechnische Unterstützung und konsistentem Datenmanagement kaum zu bewältigen sind. Zudem können mit einem Feldspektrometer viele Beobachtungen innerhalb kürzester Zeit durchgeführt werden, da der Messaufwand bei günstigen Witterungsbedingungen vergleichsweise gering ist. Bei den dabei entstehenden großen Datenmengen, die einer persistenten Speicherung zugeführt werden, ist es hinsichtlich einer langfristigen Verwertbarkeit notwendig, die Spektren mit Metadaten zu verknüpfen. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung der Qualität von Spektren, indem sie Einblicke in die Entstehungsgeschichte geben (RASIAH et al. 2015).

Implementierung

Datenmodell

Um eine vollständige Verknüpfung zwischen Metadaten, Rohdaten, weiter verarbeiteten Daten und den daraus abgeleiteten Statistiken und Indizes zu realisieren, ist der Einsatz eines Datenbankmanagementsystems sinnvoll. Dazu wurde die Software SpectroAnalyst entwickelt, die neben der Schnittstelle zu einer relationalen Datenbank auch eine Oberfläche für Eingabe, Visualisierung und Management von Spektren bietet. Abbildung 1 zeigt das dafür konzipierte relationale Datenmodell.

Werden Spektren gemessen, ergeben sich für die Eingabe in die Datenbank folgende Arbeitsschritte: Zunächst wird ein neuer Datensatz in der Tabelle *PlotSpectralData* mit einer laufenden ID angelegt. Dieser Datensatz enthält eine Reihe von Fremdschlüsselattributen, die auf Tabelleneinträge verweisen, in denen Metadaten definiert sind (Wetter, Oberfläche, phänologische Phase, usw.). Ebenso wird auf die Parzellendefinition (*ExperimentalUnit*) mit der jeweiligen dort stattfindenden Behandlung (*Treatment*) verwiesen. Ein Tupel in *PlotSpectralData* bildet auf diese Weise die Klammer über Spektral- und Metainformationen. Um aus Messwiederholungen eine für die erfasste Versuchsfläche repräsentative Spektralsignatur zu generieren, werden die entsprechenden Spektren gemittelt und als Mittelwertsignatur in die Tabelle *PlotSpectrogram* gespeichert. Verschiebungen im Übergangsbereich zwischen verschiedenen Sensoren (z.B. VNIR/SWIR1) werden als Korrekturfaktoren in der Tabelle *PlotCorrection* gespeichert und über *PlotSpectralData* mit den betreffenden Spektren verknüpft.

In der Datenbank werden neben Spektren und Metadaten auch Index-Definitionen in der Tabelle *IndexDefinition* gespeichert. Sie enthält Formeln der erfassten Vegetationsindizes, die auf beliebige Spektren angewendet werden können. In der Tabelle *PlotIndexResult* werden die Berechnungsergebnisse abgelegt und auch hier besteht über die *PlotSpectralData*-Tabelle eine direkte Verknüpfung mit allen dazugehörigen Spektral- und Metainformationen. Die in Abbildung 1 in blauer Farbe markierten Relationen weisen die gleiche Funktionalität wie die grün markierte Plot-Struktur auf, beziehen sich jedoch auf Spektren, die zu Varianten zusammengefasst werden können.

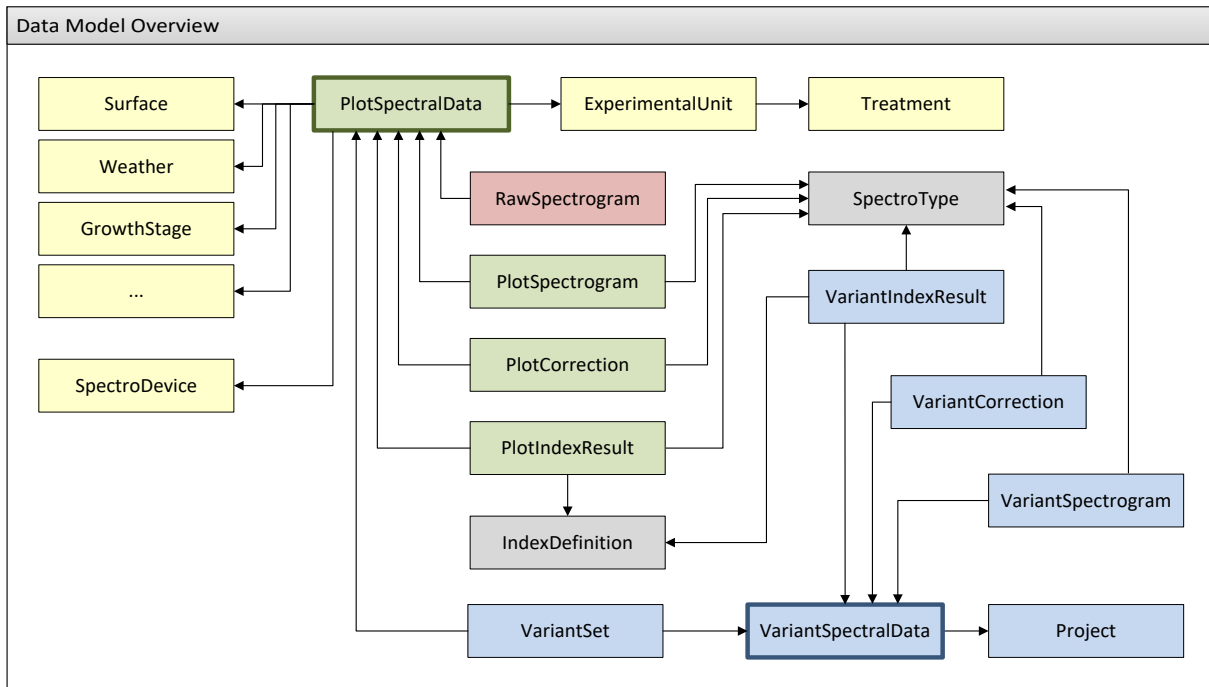


Abbildung 1: Vereinfachtes Datenmodell des SpectroAnalyst auf Relationenebene

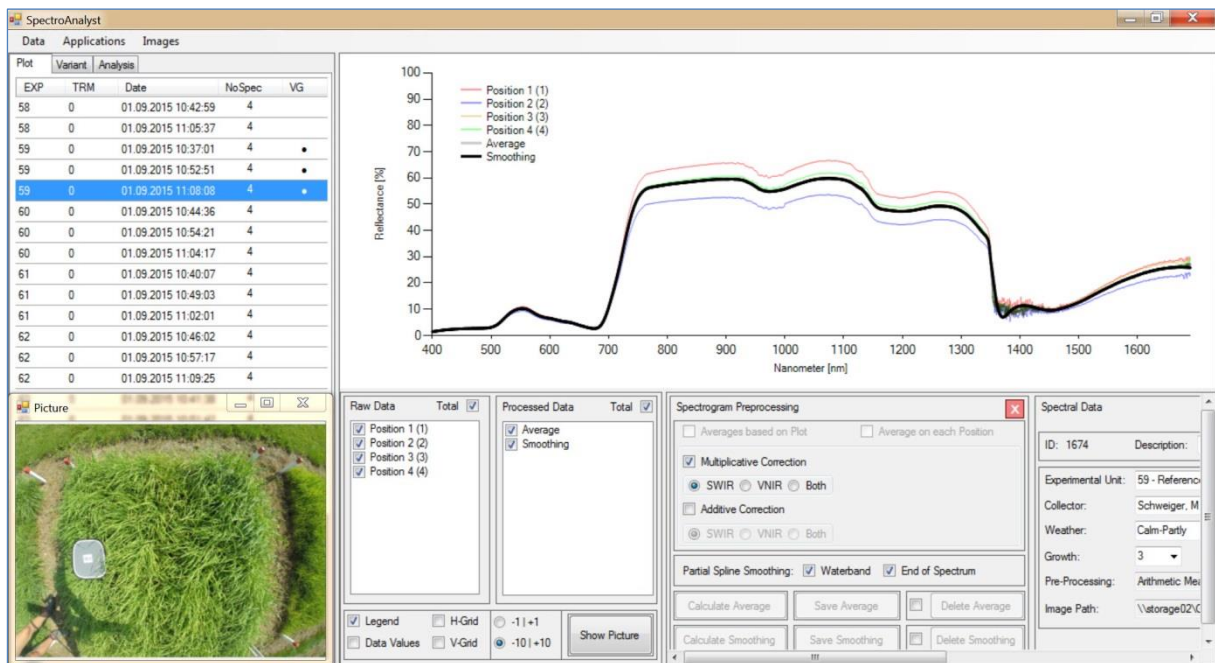


Abbildung 2: Benutzeroberfläche des SpectroAnalyst

Systemkomponenten

Das Softwaresystem des SpectroAnalyst entspricht dem Konzept einer Dreischichtenarchitektur. Auf Ebene der Datenhaltung wurde ein relationales Datenmodell im Datenbankmanagementsystem MS SQL Server implementiert. Die Anwendungslogik befindet sich in MS C# erstellten Klassen des .NET-Frameworks und ist über ADO.NET Data Provider Objects mit der Datenhaltungsebene verbunden. Neben den eigenen Klassen wird weitere Funktionalität über externe Prozesse (R, MATLAB) eingebunden. Die Präsentationsschicht als Benutzerschnittstelle wurde mit C#.NET GUI-Klassen erstellt und bietet dem Benutzer die Möglichkeit, Spektraldaten zusammen mit Metainformationen zu importieren bzw. einzugeben, aus der Datenbank nach Meta-Kriterien aufzurufen, zusammenzufassen, dynamisch zu visualisieren und zu exportieren (vgl. Abbildung 2).

Zielsetzungen

Der SpectroAnalyst wurde mit dem Anspruch entwickelt, ein offenes System zur Verwaltung von Hyperspektraldaten aus verschiedenen Quellen bereitzustellen. Im Laufe mehrerer Versuchsjahre sammeln sich viele tausend Spektren, deren systematische Bearbeitung ein Werkzeug erfordert, das den Benutzer bei allen Arbeitsschritten bestmöglich unterstützt und den dafür erforderlichen Zeitaufwand auf ein Mindestmaß beschränken kann. Die Metadateneingabe, die Korrektur, die Mittelwertbildung für Parzellen und Varianten sowie die gesamte statistische Auswertung inklusive der Berechnung von mehreren dutzend Vegetationsindizes kann für viele Spektren mit Stapelverarbeitung in wenigen Minuten vollständig und nachvollziehbar bewerkstelligt werden. Damit der SpectroAnalyst auch für künftige Forschungsprojekte und Anforderungen gerüstet bleibt, wurde zum einen die Erweiterbarkeit des Datenmodells durch die streng relationale Struktur sichergestellt und zum anderen Schnittstellen zu extern entwickelten Analysewerkzeuge, wie beispielsweise R-Packages oder MATLAB, implementiert.

Zusammenfassung

Die Messung der Entwicklung von Pflanzenbeständen setzt nicht destruktive Beobachtungen voraus. Dabei stellt die Reflexionsspektroskopie eine Methode dar, mit der viele Vegetationscharakteristiken aus dem elektromagnetischen Spektrum des sichtbaren und nahen Infrarotbereiches ausgewertet werden. Wirtschaftsgrünland entwickelt sich in mehreren, durch Schnitte voneinander getrennten, relativ kurzen Wuchsperioden, in denen die vertretenen Arten den Pflanzenbestand unterschiedlich stark dominieren. Für Grünland braucht es deshalb dichte Zeitreihen mit vielen Messwiederholungen. Schnell fallen dabei mehrere tausend Spektralsignaturen an. Das hier vorgestellte Werkzeug SpectroAnalyst unterstützt den gesamten Arbeitsprozess von der Speicherung in einer relationalen Datenbank über Rohdatenverarbeitung und Korrektur bis hin zur Berechnung von Vegetationsindizes.

Abstract

The measurement of plant stand development requires non-destructive observations. Here, reflectance spectroscopy represents a method for evaluating many vegetation characteristics from the electromagnetic spectrum of the visible and near-infrared range. Grassland develops in several relatively short growth periods, separated from each other by cuts. For grassland, therefore, dense time series with many repeated measurements are needed. This quickly results in several thousand spectral signatures. The SpectroAnalyst presented here supports the entire work process from storage in a relational database to raw data processing and correction to the calculation of vegetation indices.

Literatur

BIEWER, S., FRICKE, T., WACHENDORF, M., 2009: Determination of Dry Matter Yield from Legume–Grass Swards by Field Spectroscopy. *Crop Science* 49 (5), 1927-1936.
KLINGLER, A., SCHAUMBERGER, A., VUOLO, F., KALMÁR, L.B., PÖTSCH, E.M., 2020: Comparison of Direct and Indirect Determination of Leaf Area Index in Permanent Grassland. *PFJ – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* 88 (5), 369-378.
PUNALEKAR, S.M., VERHOEF, A., QUAIFFE, T.L., HUMPHRIES, D., BERMINGHAM, L., REYNOLDS, C.K., 2018: Application of Sentinel-2A data for pasture biomass monitoring using a physically based radiative transfer model. *Remote Sensing of Environment* 218, 207-220.
RASAIAH, B., JONES, S., BELLMAN, C., MALTHUS, T., HUENI, A., 2015: Assessing Field Spectroscopy Metadata Quality. *Remote Sensing* 7 (4), 4499-4526.
THENKABAIL, P.S., GUMMA, M.K., TELUGUNTLA, P., MOHAMMED, I.A., 2014: Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation and Agricultural Crops. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 80 (8), 697-709.

Adresse der Autoren

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Altirdning 11, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Andreas Schaumberger, andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at