

Gumpenstein, 1. Oktober 2015

20. Alpenländisches Expertenforum



Spektrometrie

Moderne, nicht-invasive Erfassungstechnik von Pflanzenbeständen

Andreas Schaumberger und Jürgen Schellberg

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Universität Bonn

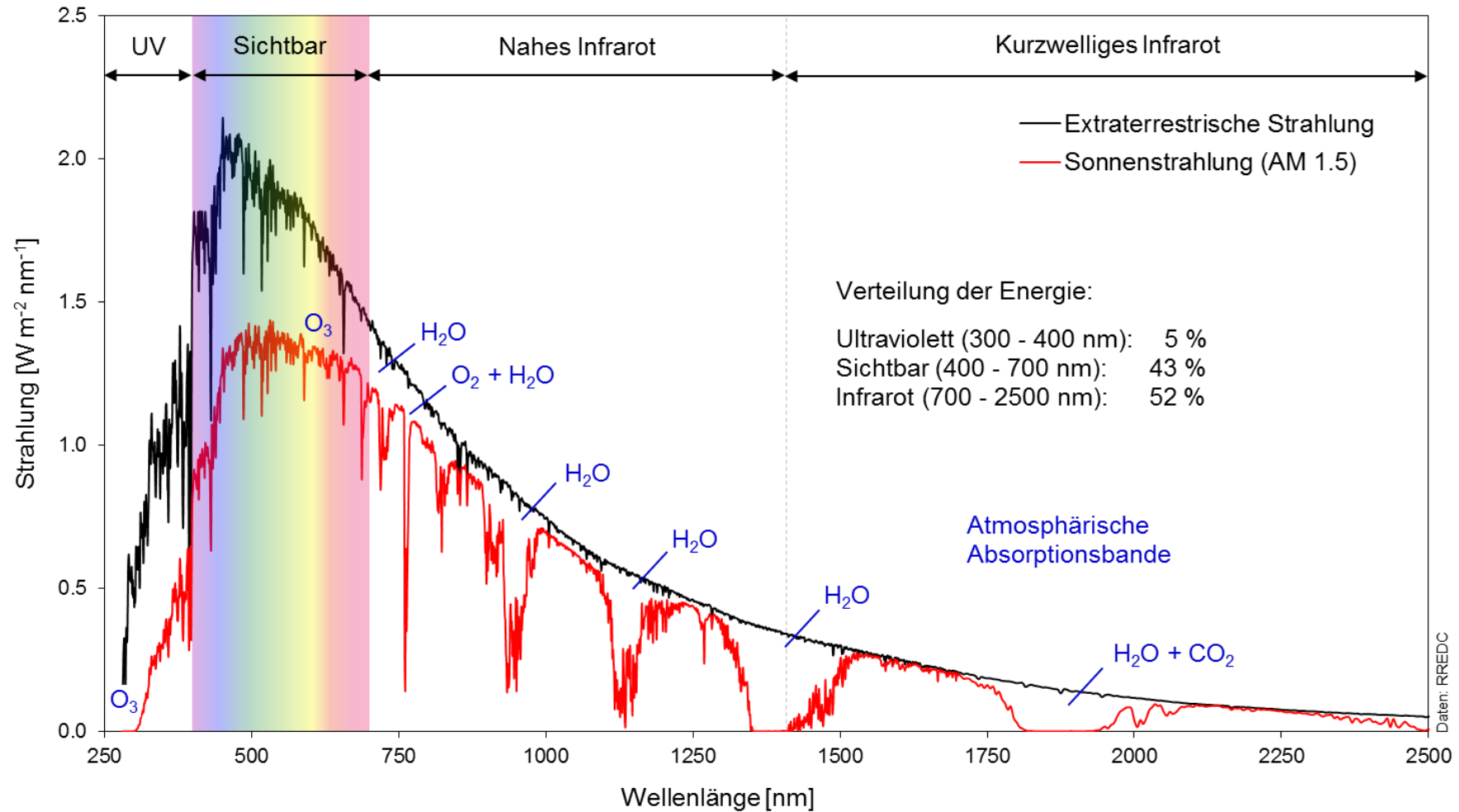


Schwerpunkte und Inhalt

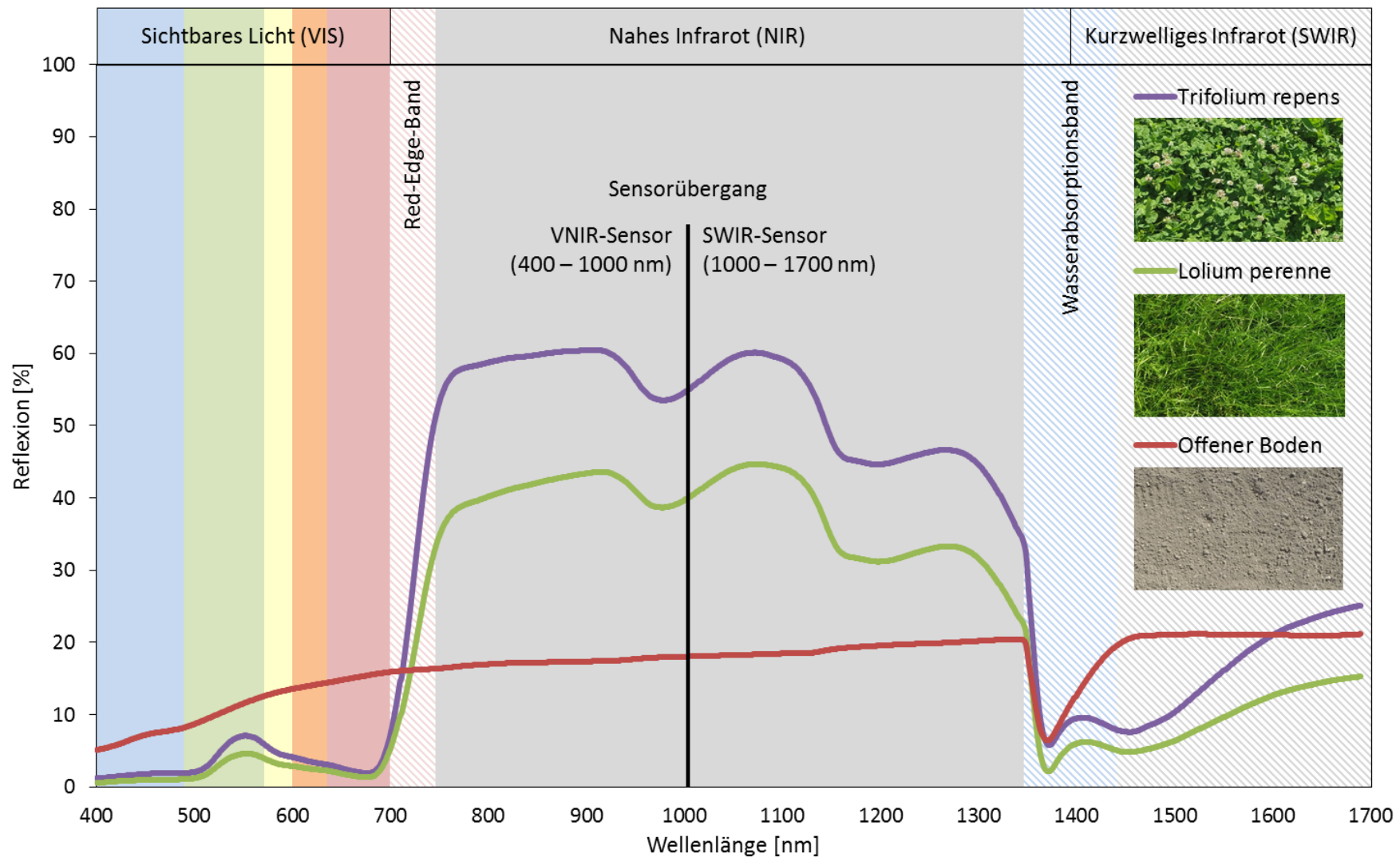
- Ausgewählte Grundlagen zur Spektroskopie
- Informationen aus Spektralsignaturen von Grünlandbeständen und Anwendungsbeispiele
- Feldspektroskopie an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein
- Datenmanagement und Verarbeitung von Spektren
- Perspektiven



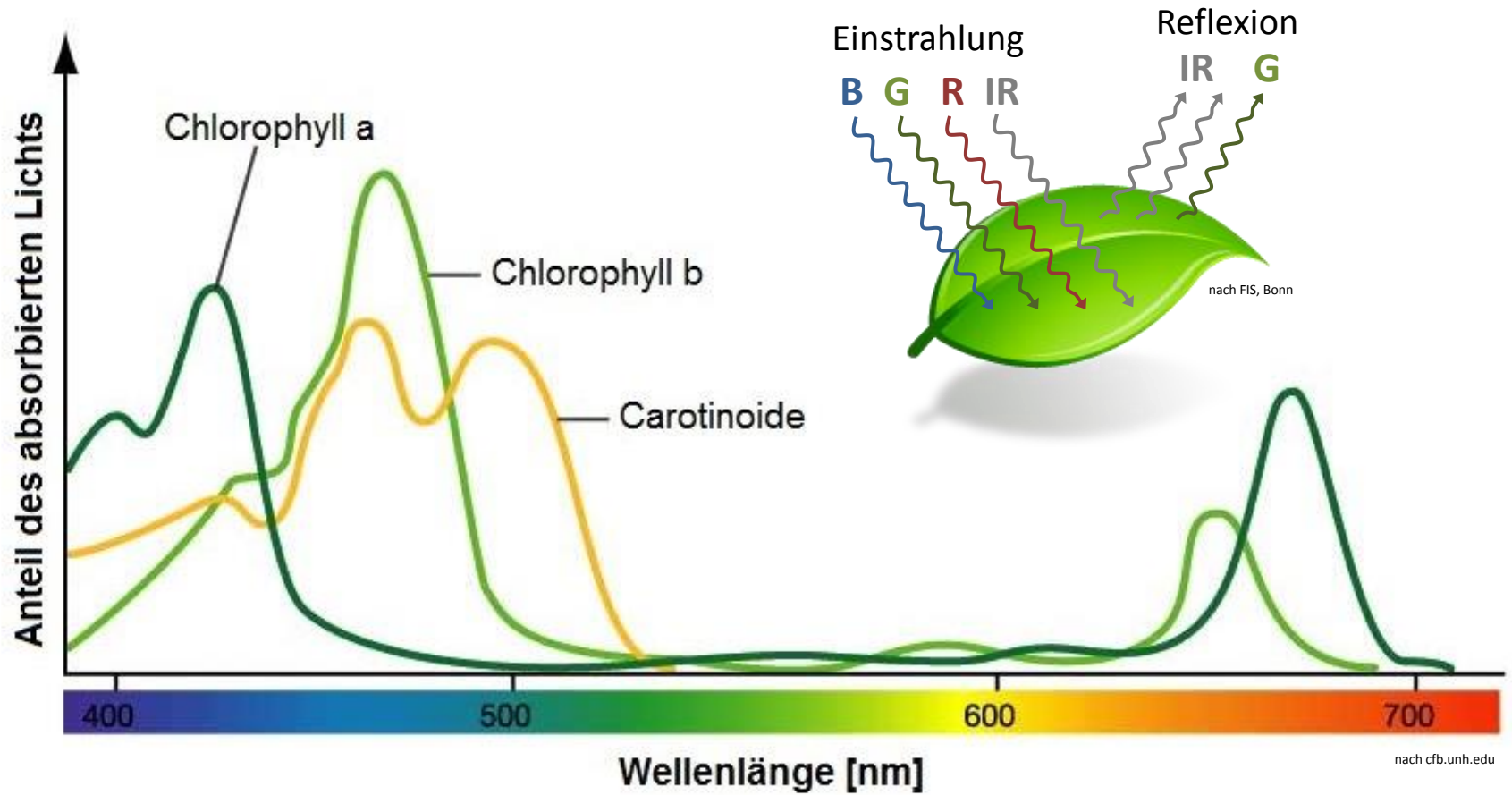
Grundlagen: Sonnenstrahlung und atmosphärische Absorption



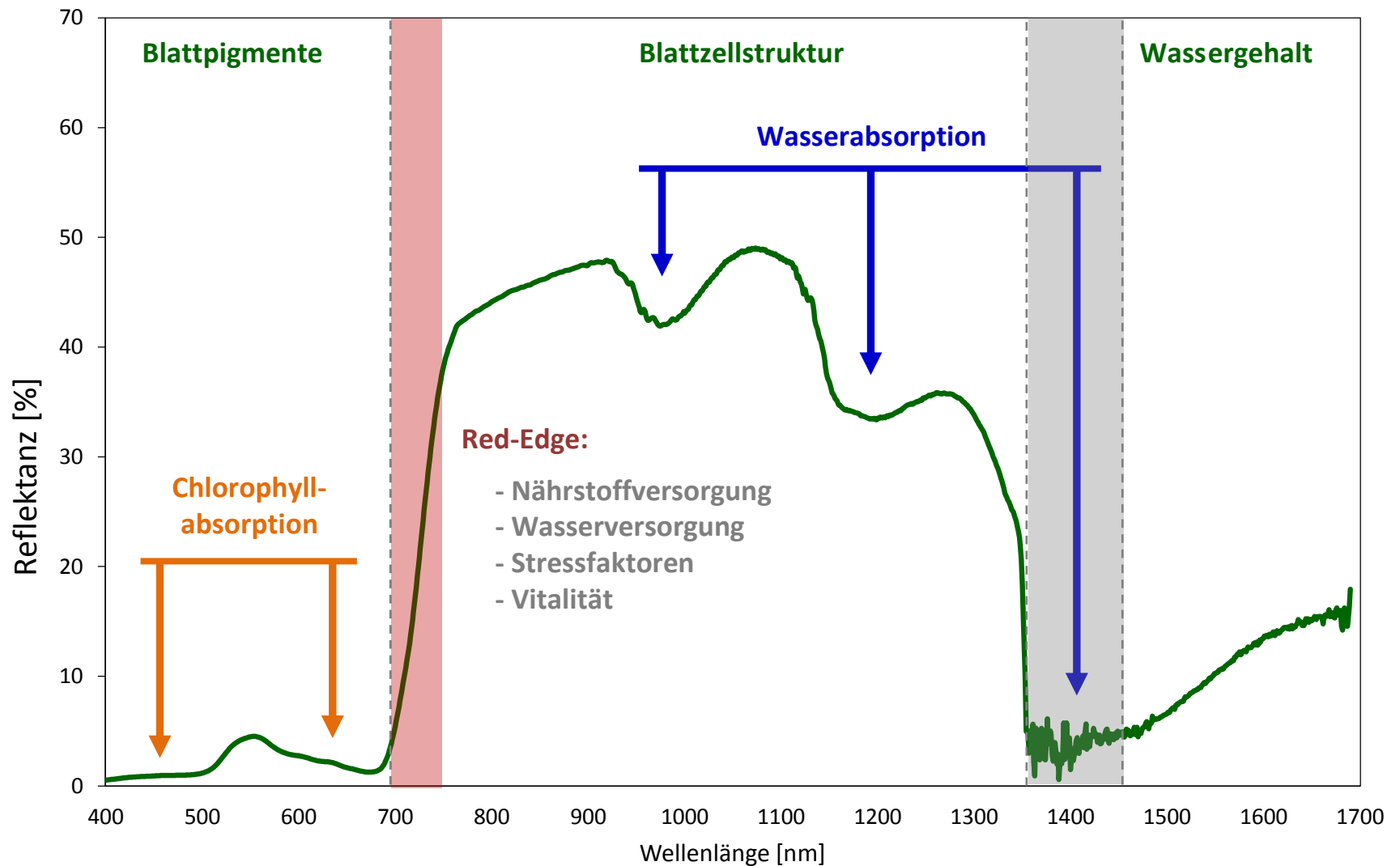
Grundlagen: Verlauf der Spektralsignatur von Vegetation und Boden



Vegetation: Absorption und Reflexion im sichtbaren Bereich



Spektralsignatur von grüner Vegetation



Frequenzbereiche und deren Bedeutung für die Vegetationsanalyse

Frequenzbereich	Bedeutung für die Untersuchung von Pflanzenbeständen
Sichtbares Licht: Blau	Stickstoff, Seneszenz, Carotinoide, Lichtnutzungseffizienz, Vegetationsstress
Sichtbares Licht: Grün	Pigmente (Carotinoide, Chlorophyll, Anthocyane), Stickstoff, Vitalität, Lichtnutzungseffizienz, Vegetationsstress, Schädlinge und Krankheiten
Sichtbares Licht: Rot	Blattflächenindex (LAI), Biomasse, Bestandeshöhe, Kulturart
Red-Edge-Band	Stickstoffstress, Chlorophyll, Seneszenz, Trockenstress
NIR (850-970 nm)	LAI, Biomasse, Bestandeshöhe, Kulturart, Feuchtegehalt, Protein
NIR (1070 -1250 nm)	LAI, Biomasse, Bestandeshöhe, Kulturart, Pigmente, Wassersensitivität
SWIR (1450 – 1650 nm)	Vegetationsklassifikation, Feuchtigkeitsgehalt, Feuchtigkeitssensitivität

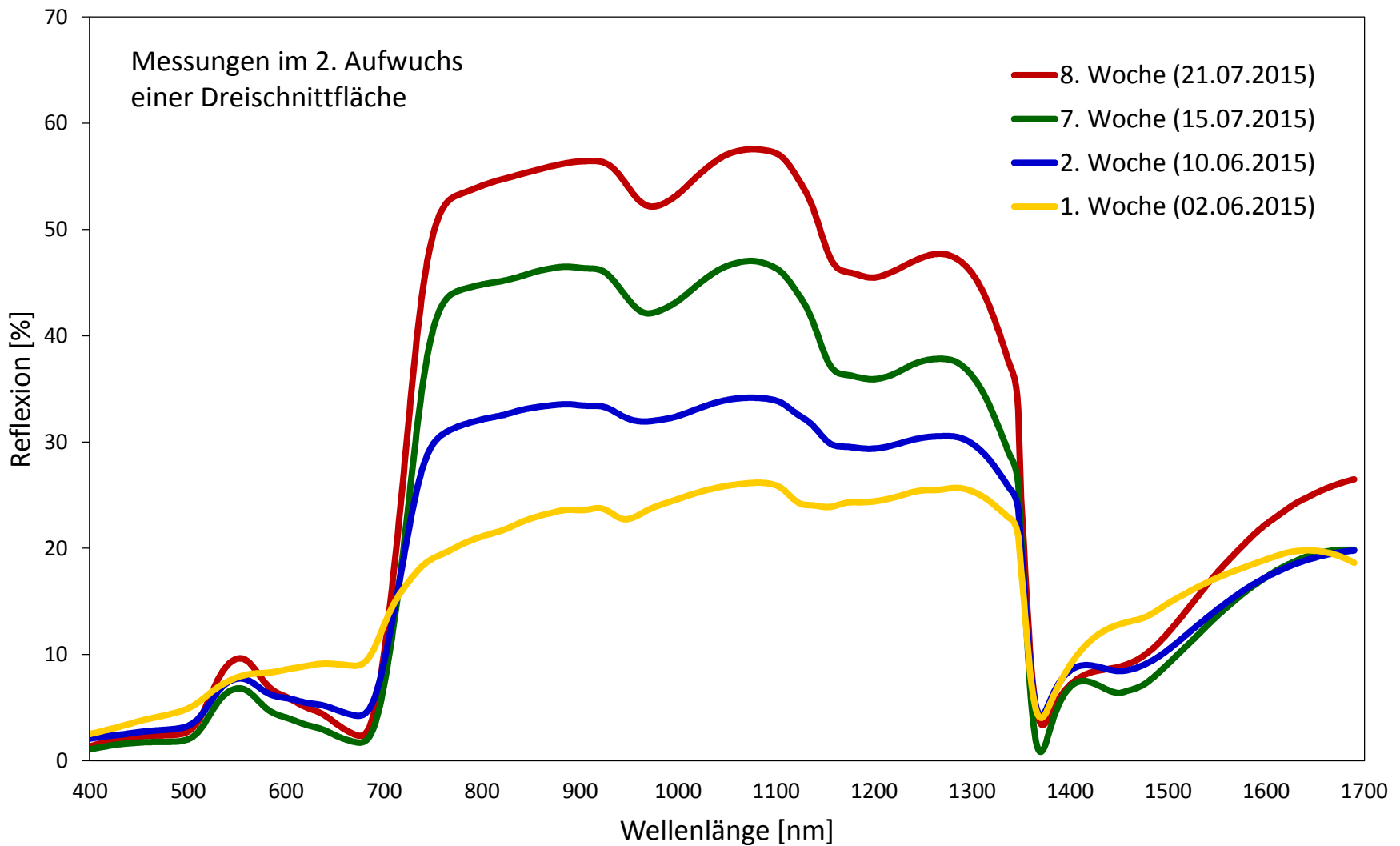
Quelle: Thenkabail *et al.* (2014)



Bilder unterschiedlicher Entwicklungsphasen im Grünland



Spektren unterschiedlicher Entwicklungsphasen im Grünland

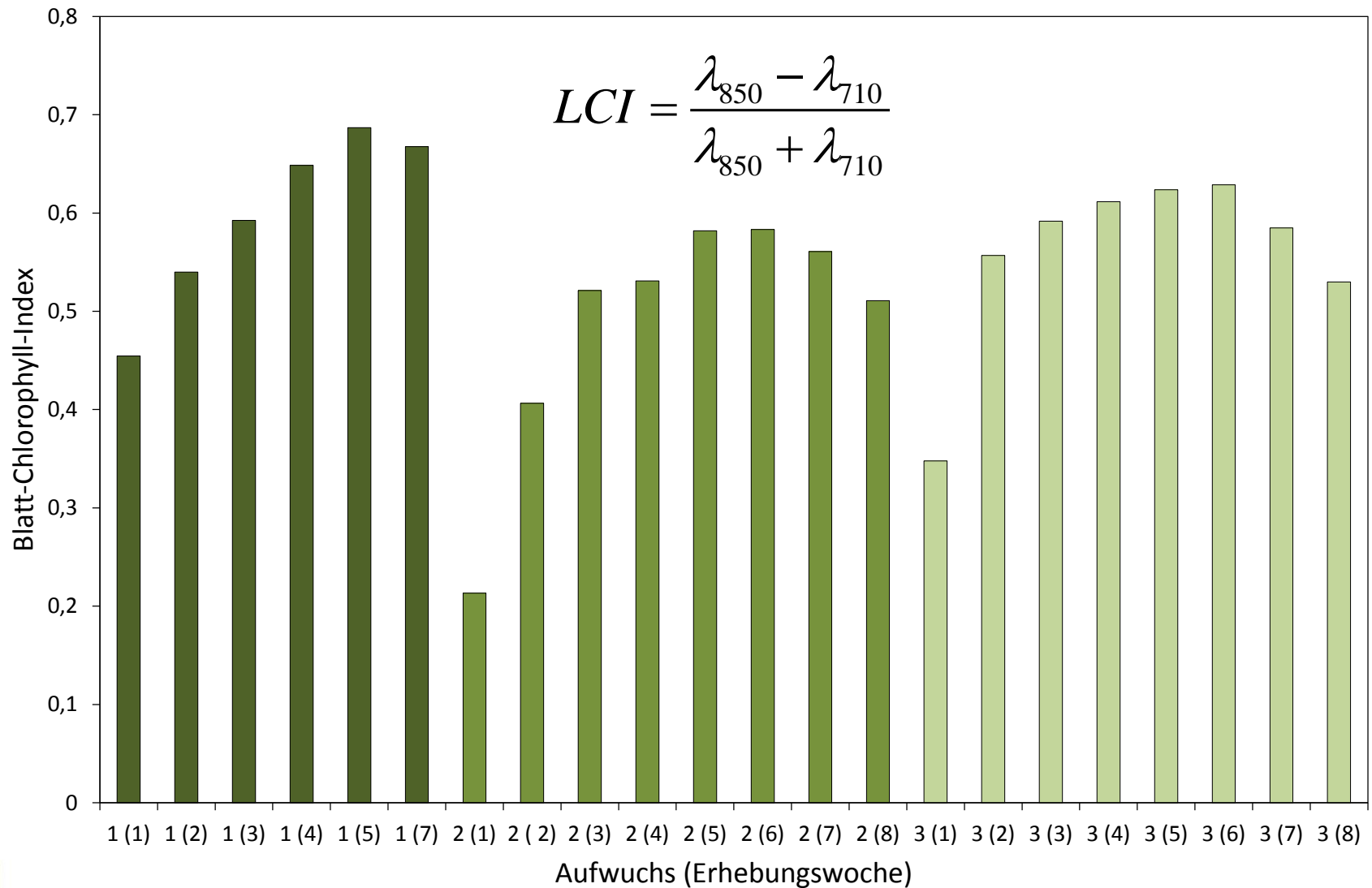


Auswertung auf Basis von Indizes

Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{\rho_{850} - \rho_{670}}{\rho_{850} + \rho_{670}}$	(Rouse et al., 1973)
Ratio Vegetation Index	$RVI = \frac{\rho_{850}}{\rho_{670}}$	(Pearson and Miller, 1972)
Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = \frac{(\rho_{850} - \rho_{670}) * (1 + L)}{(\rho_{850} + \rho_{670} + L)}$	(Huete, 1988)
Soil Adjusted Vegetation Index 2	$SAVI2 = \frac{\rho_{850}}{\rho_{670} + a^b / b^c}$	(Major et al., 1990)
Modified SAVI	$MSAVI = \frac{\rho_{850}}{\sqrt{(\rho_{850} + 0.5)^2 - 2(\rho_{850} - \rho_{670})}} + 0.5$	(Qi et al., 1994)
Optimized SAVI	$OSAVI = (1 + 0.16) * \frac{\rho_{850} - \rho_{670}}{\rho_{850} + \rho_{670} + 0.16}$	(Rondeaux et al., 1996)
Transformed SAVI	$TSAVI = a * \frac{\rho_{850} - a\rho_{670} - b}{a\rho_{850} + \rho_{670} - ab}$	(Baret et al., 1989)
Adjusted Transformed SAVI	$ATSAVI = a * \frac{\rho_{850} - a\rho_{670} - b}{a\rho_{850} + \rho_{670} - ab + X(1 + a^2)}$	(Baret and Guyot, 1991)
Soil and Atmospherically Resistant Index	$SARVI = \frac{(\rho_{850} - \rho_{RB})(1 + L)}{\rho_{850} + \rho_{RB} + L}$ $\rho_{RB} = \rho_{670} - \beta(\rho_{480} - \rho_{670})$	(Kaufman and Tanré, 1992)
Enhanced Vegetation Index or SARVI2	$EVI = \frac{2.5(\rho_{850} - \rho_{670})}{1 + \rho_{850} + 6\rho_{670} - 7.5/\rho_{480}}$	(Huete et al., 1997; Huete et al., 2002)
Ratio Difference Vegetation Index	$RDVI = \frac{\rho_{850} - \rho_{670}}{\sqrt{\rho_{850} + \rho_{670}}} = \sqrt{NDVI * RVI}$	(Roujean and Bréon, 1995)



Beispiel: Blatt-Chlorophyll-Index (LCI) für eine Dauergrünlandfläche



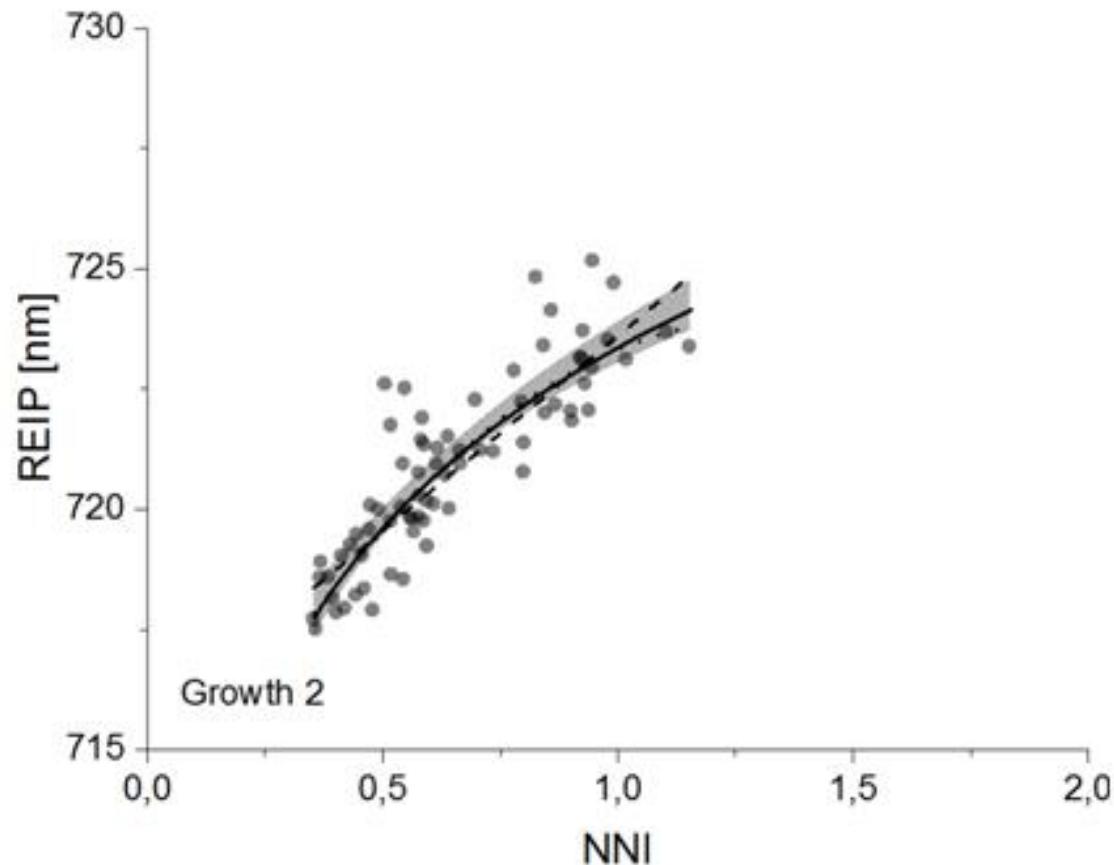
Auswertung von Spektraldaten

- Hohe Anzahl von Spektralsignaturen für statistische Auswertung notwendig
- Zielparameter (Biomasse, Bestandeshöhe, Pflanzeninhaltsstoffe) müssen parallel zu den Spektromessungen erhoben werden
- Entwicklung eines statistischen Modells zur Ableitung allgemeiner Aussagen auf Basis signifikanter Zusammenhänge



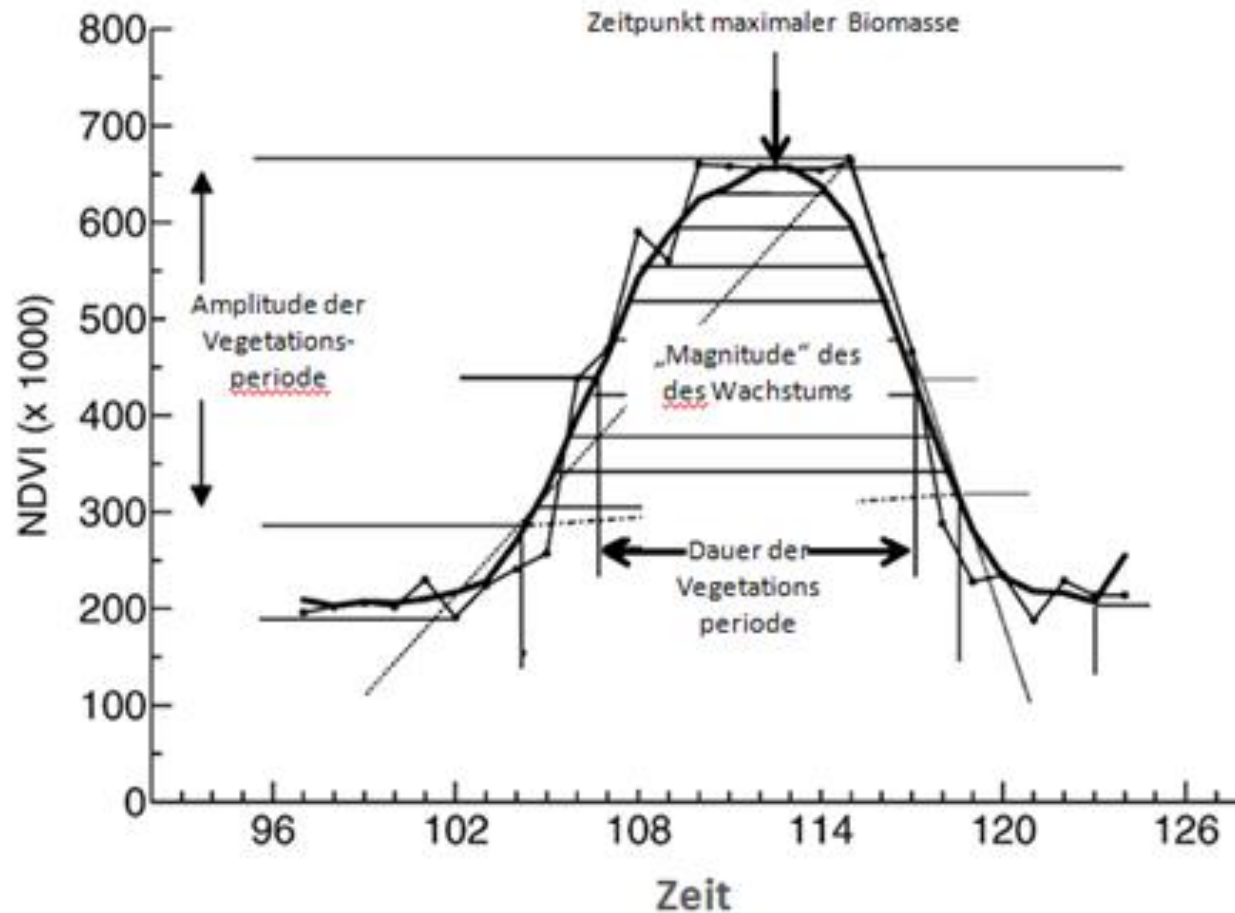
Anwendungsbeispiel 1

Vergleich des N-Ernährungsindex mit dem Wendepunkt der Rot-Infrarot-Flanke (Red Edge Inflection Point, REIP) der spektralen Signatur. Daten aus einem N-Steigerungsversuch auf Grünland, INRES, Universität Bonn, Standort Klein-Altendorf. (Voelzke, 2014, unveröffentlicht)



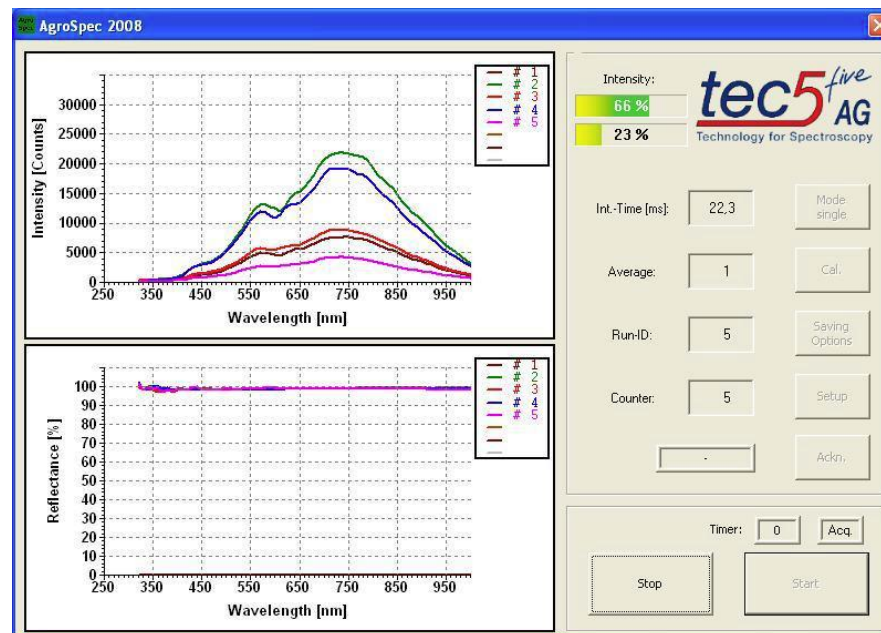
Anwendungsbeispiel 2

Ableitung phänometrischer Daten aus dem zeitlichen Verlauf des Vegetationsindex (NDVI) nach Reed *et al.* (1994)



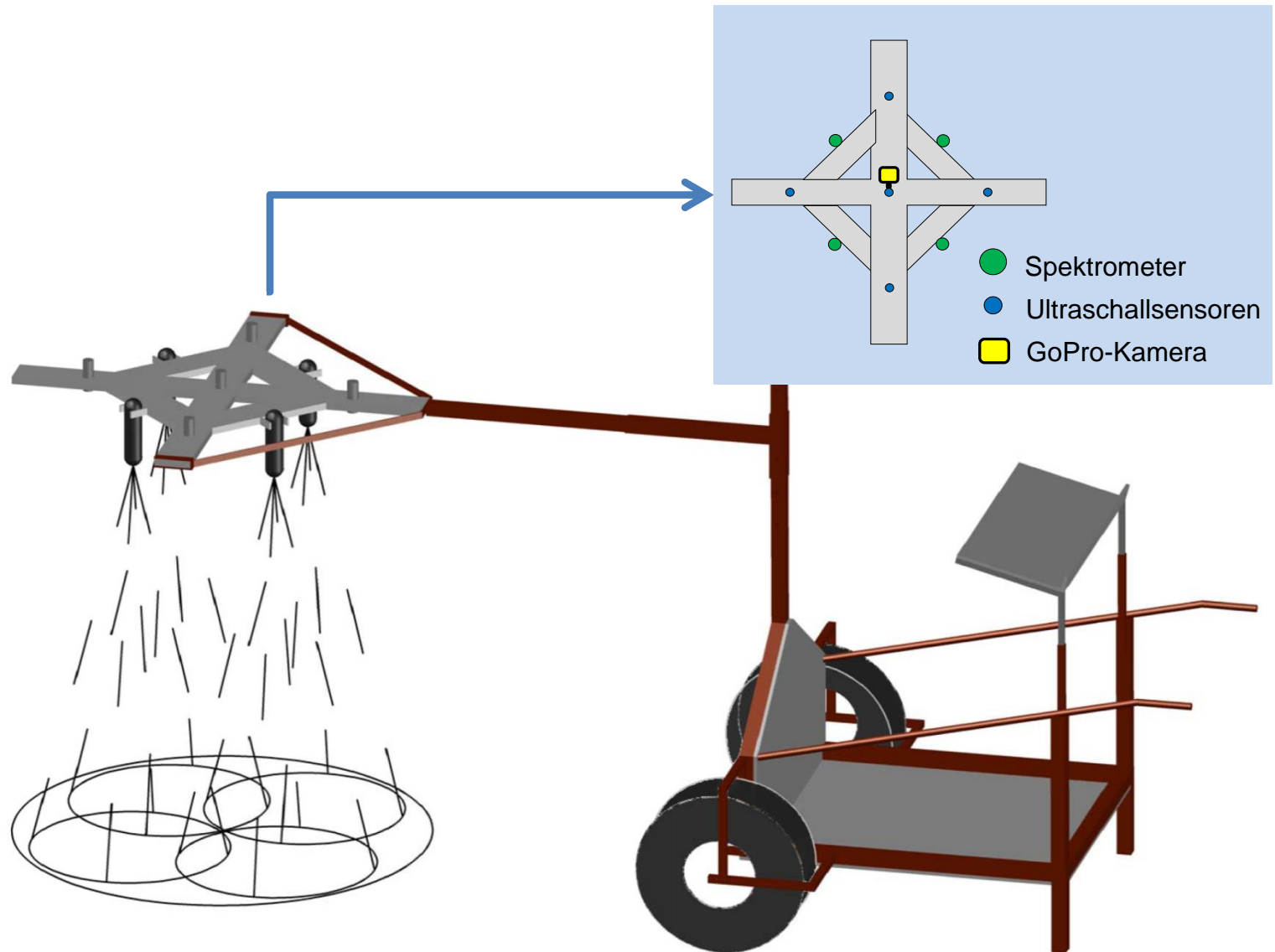
Spezifikationen des tec5-Feldspektrometers

Sensors:	1 pc. MMS1 NIR enh., 1 pc. PGS NIR 1.7
Spektralbereich:	360nm – 1.690 nm
Spektrale Auflösung:	10nm (3.3 nm Streuung für MMS1) 5nm (1.5 nm Streuung für PGS NIR 1.7)
Nutzungsbereich:	ca. 400 nm – 1.650 nm



- Großer Einfluss des Wetters bzw. Wolkenbedeckung (Verhältnis von direkter und diffuser Strahlung) – Optimal unter wolkenlose Bedingungen
- Strahlungsgeometrie von Sonne, Pflanzenbestand und Sensor: Messungen um die Tagesmitte (→ geringer Azimuthwinkel)
- Sorgfältige Kalibrierung mittels Referenzoberflächen
 - Dual-Field-of-View: Zwei Sensoren gleichzeitig
 - Single-Field-of-View: Referenz vor und nach jeder Messung
 - Zwei-Kanal-Messung mit Cosinus-Korrektur
- Gleiche Position und Messhöhe bei der Bildung von Zeitreihen (zur Beobachtung der Entwicklungsdynamik)
- Mehrfache Messung mit Pseudoreplikationen und echten Wiederholungen
- Möglichst umfangreiche Beprobung des gemessenen Pflanzenbestandes (Bestandeshöhe, Bestandszusammensetzung, Biomasse, Inhaltsstoffe, usw.)
- Fotografische Aufnahmen erleichtern die Auswertung

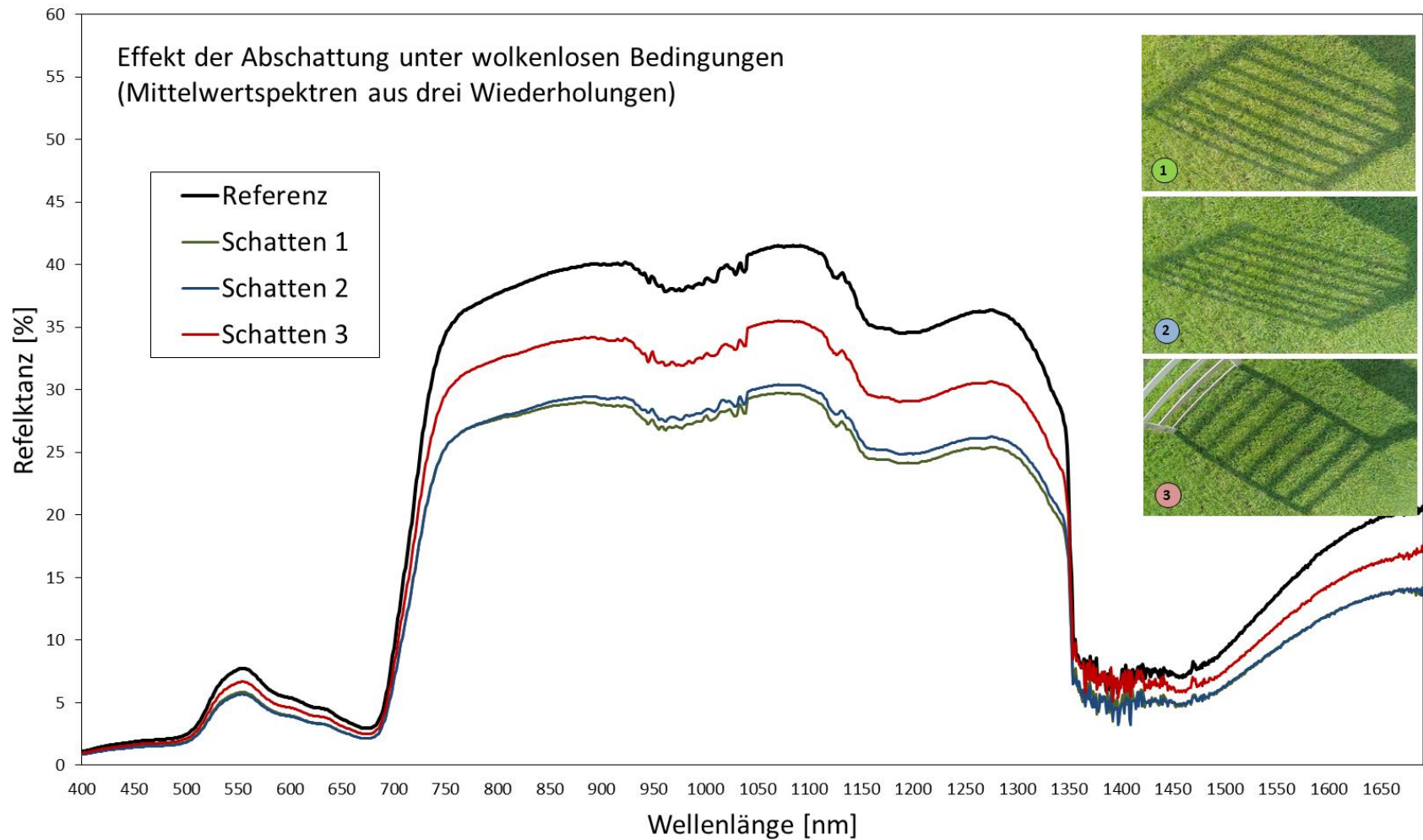
Mobiler Messwagen für Ultraschall und Feldspektroskopie



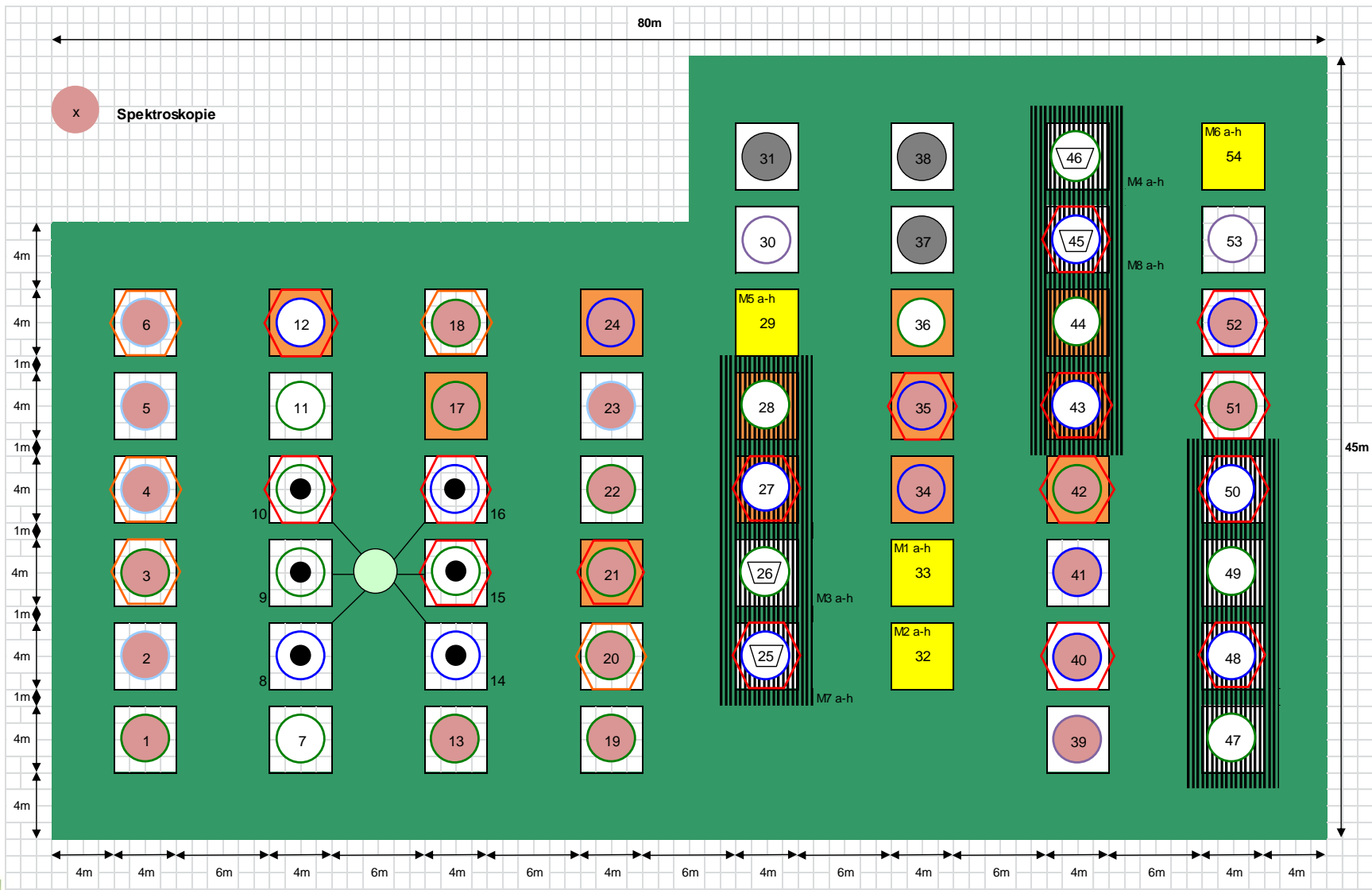
Direkte und diffuse Strahlung bei der Feldspektroskopie



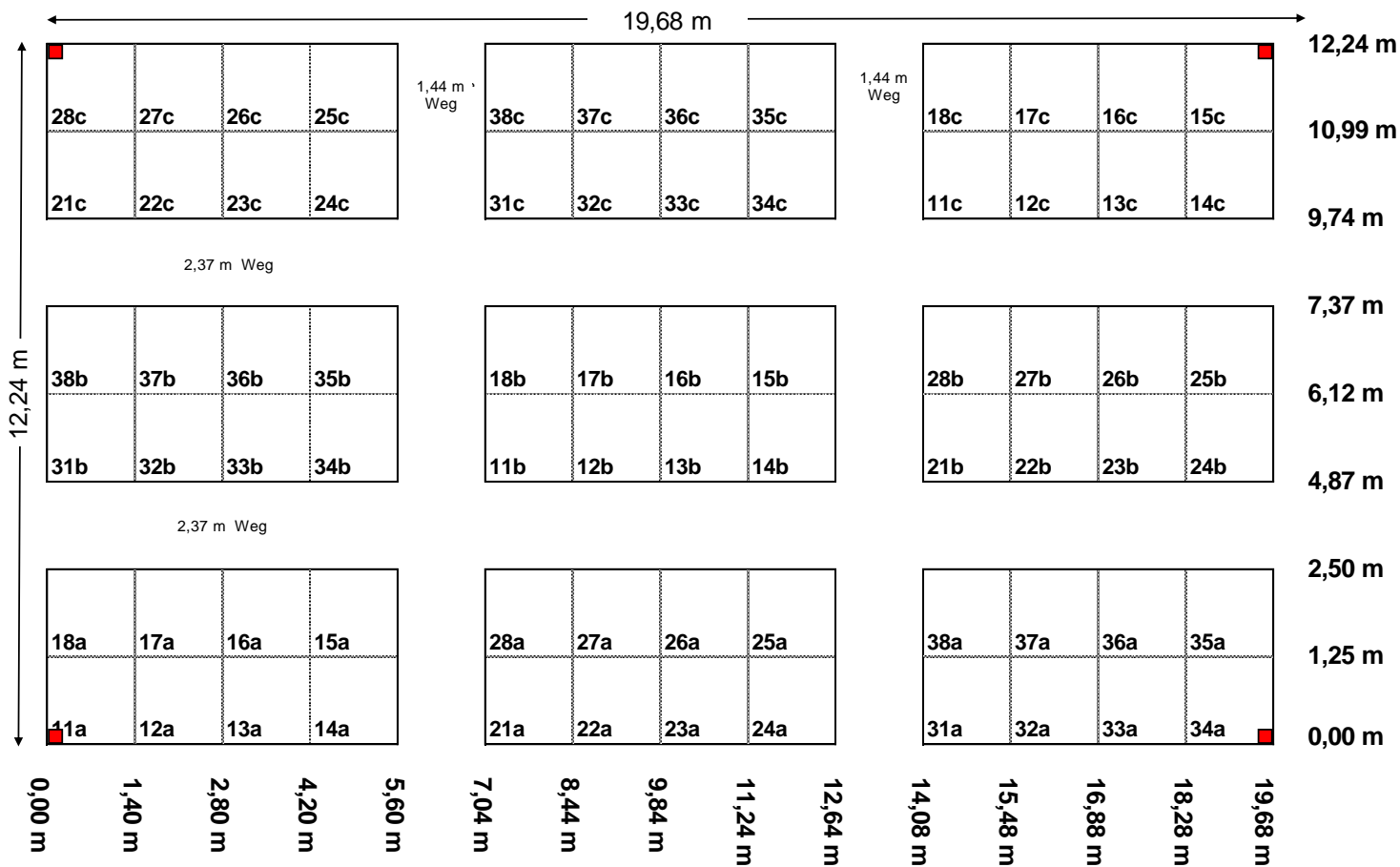
Einfluss der Schattenbildung auf die Spektren



Auswahl von Parzellen aus ClimGrass



Schnitt-Referenz mit wöchentlichen Ertragsmessungen



Parzellengröße: 1,25 m x 1,25 m = 1,56 m²

Nutzung:

1— Aufwuchs

Schnittzeitpunkt:

–1 bis –8 wöchentlich

Düngung: P_2O_5 65 kg/ha und Jahr (1/2 i. Herbst, 1/2 i. Frühjahr)

K₂O 170 kg/ha und Jahr (1/2 i. Herbst, 1/2 i. Frühjahr)

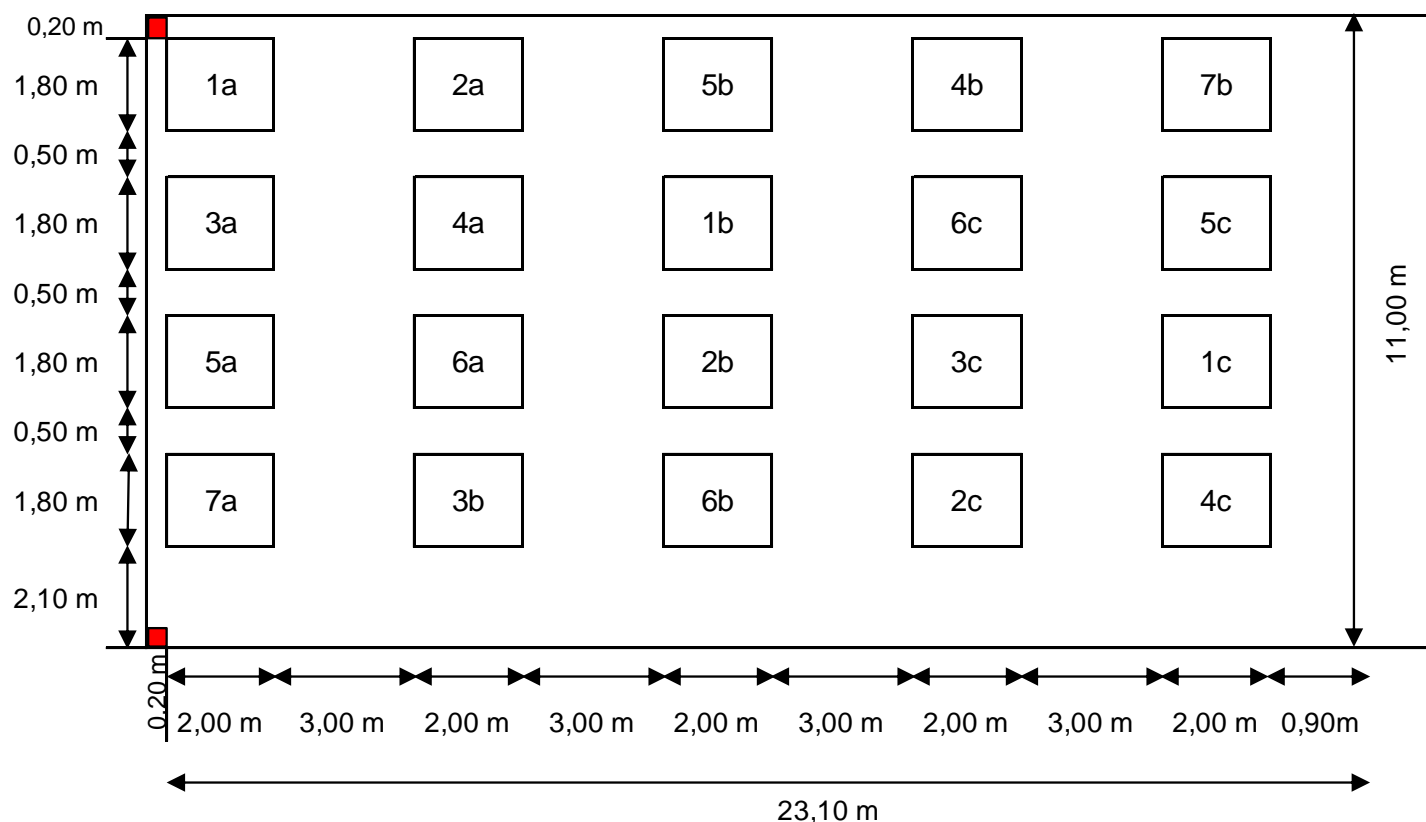
N 30 kg/ha je Aufwuchs

3— Aufwuchs

Aufwuchs



Reinkultur-Referenz mit wöchentlicher Beobachtung



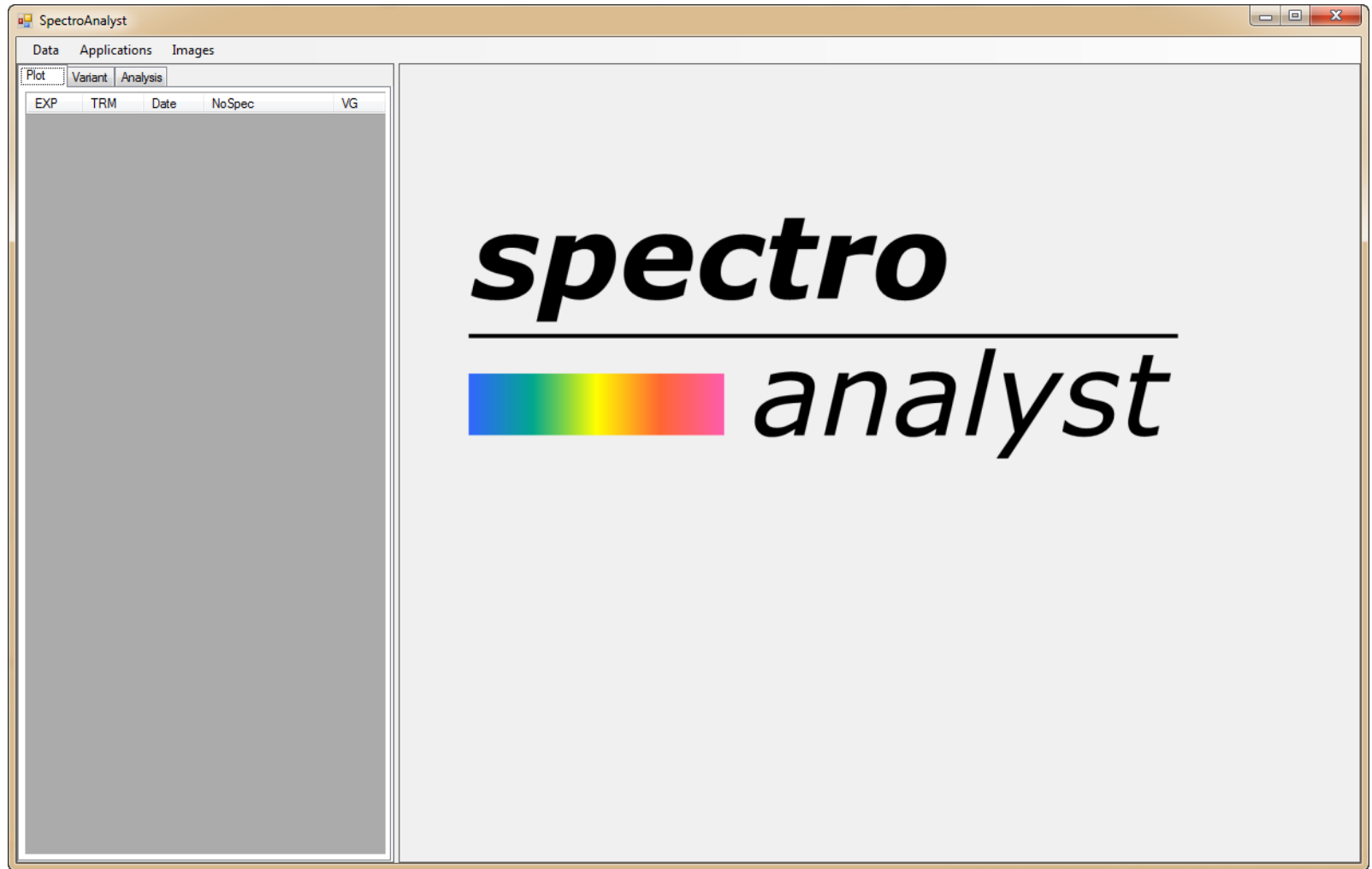
Varianten:

- 1 Knaulgras
- 2 Engl. Raygras
- 3 Goldhafer
- 4 Glatthafer
- 5 Timothe
- 6 Weißklee
- 7 Offener Boden

Parzellengröße: 1,80 x 2,00 m = 3,60 m² (Düngungsparzelle)
 1,40 x 2,00 m = 2,80 m² (Ernteparzelle)

Düngung: gleich wie UM-09
 Nutzung: 3 Schnitte/Jahr
 Erntezeitpunkte: gleich wie UM-09

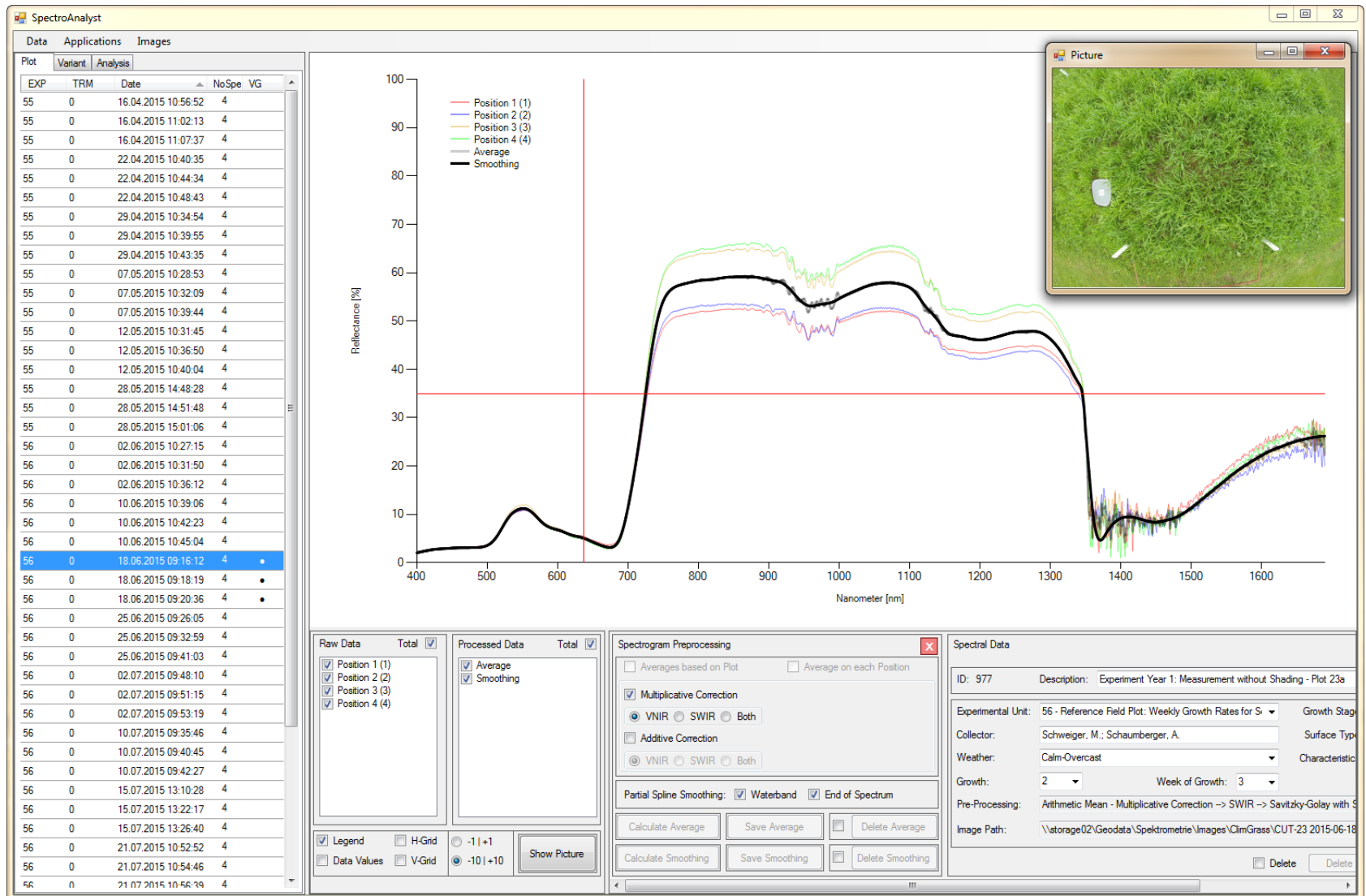




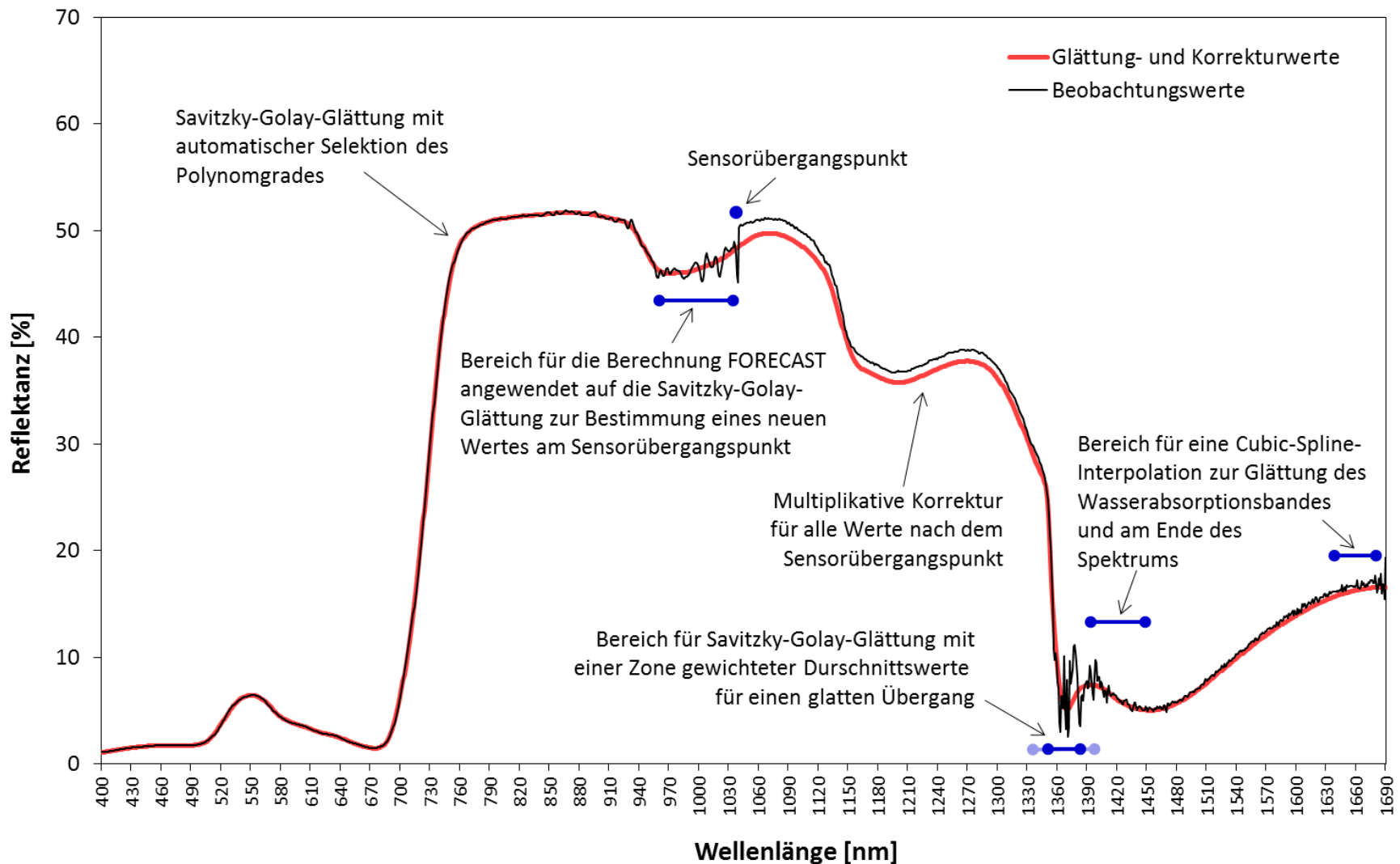
- Datenimport der Rohdaten mit Verknüpfung zu Parzellenfoto und Speicherung der Spektrogramme mit Metadaten
- Bildung eines Mittelwert-Spektrogramms mit Auswahl der Rohspektren
- Glättung des Mittelwert-Spektrogramms mit unterschiedlichen Einstellungen
- Automatische Zusammenfassung aller Parzellenspektren zu einer Variante beim Import
- Manuelle Änderungen bei der Zusammenstellung von Varianten und Anwendung der Mittelwert- und Glättungsfunktion auf alle Rohdaten einer Variante
- Definition von Indexformeln in einer eigenen Tabelle und automatische Ausgabe der Ergebnisse für alle gespeicherten Spektren
- Möglichkeit der Zusammenstellung von mehreren Varianten zu einem Analyse-Set mit statischer Auswertung



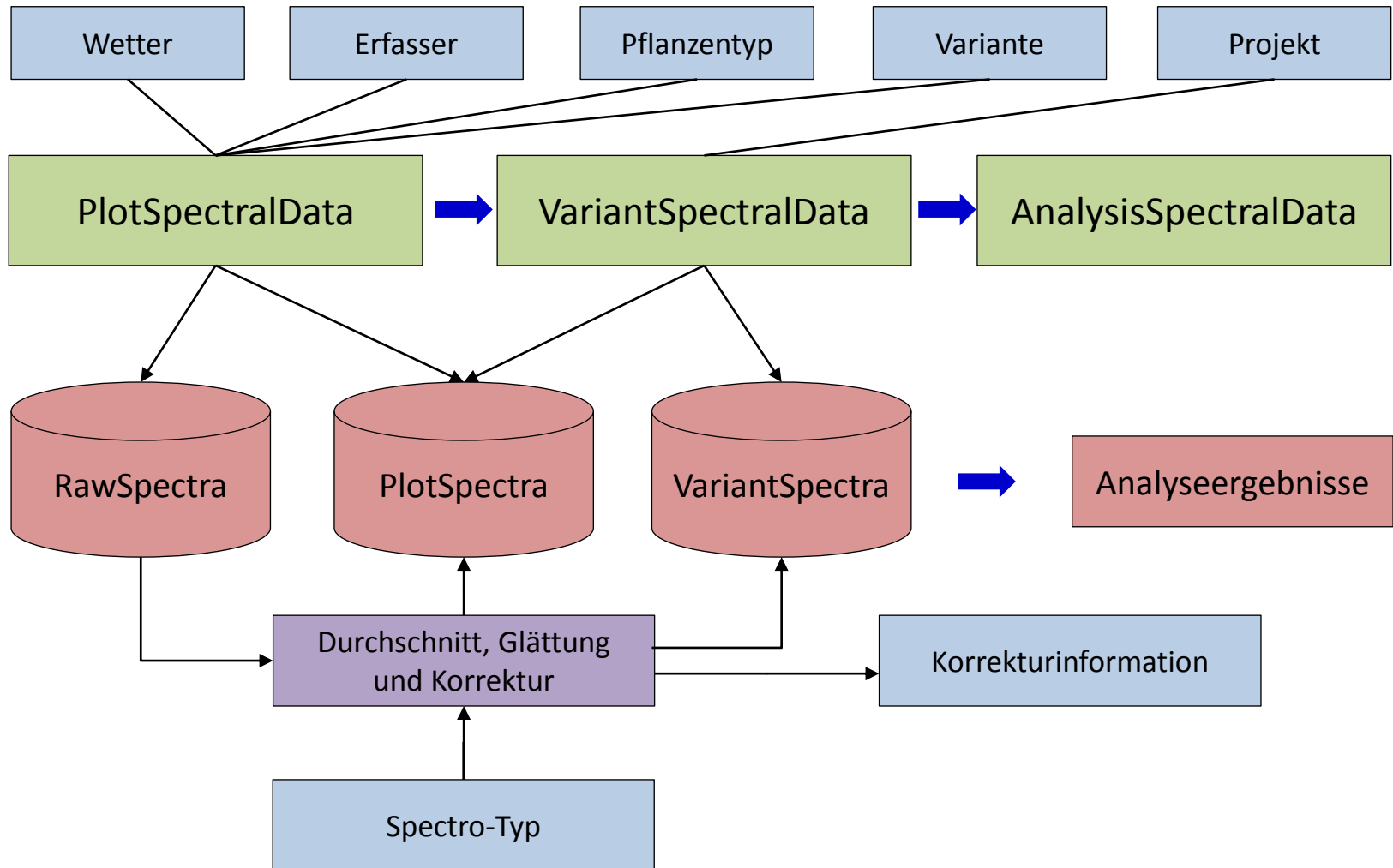
Datenmanagement mit SpectroAnalyst

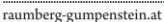


Rohdatenverarbeitung mit dem SpectroAnalyst



Datenmanagement mit dem SpectroAnalyst





- Beschreibung von Entwicklungsdynamiken in einem Grünlandbestand
 - Beziehung zu Wetter und Klima
 - Bildung von Modellen mit Klimaparametern
 - Anwendung der Modelle mit Klimaszenarien
 - Abschätzung von Klimafolgen im Grünland → Anpassungsstrategien
- Ausrichtung der Feldspektroskopie hin zu bildgebenden Sensoren
 - Bessere Differenzierung im heterogenen Grünlandmischbestand
 - Querverbindung zur satellitengestützten Fernerkundung
 - Übertragung lokal entwickelter Modelle auf großflächige Anwendungen (Satelliten- und Luftbilder mit hyperspektraler Auflösung)
- Methodische Weiterentwicklung im Rahmen der Forschung als Grundlage für den Einsatz der Spektroskopie in der landwirtschaftlichen Praxis