

## phenoSAT - alpha

Area-wide mapping of phenology using optical high resolution satellite imagery (pre-study)

<b>Programm / Ausschreibung</b>	ASAP, ASAP, ASAP 10 Projekte	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.04.2014	<b>Projektende</b>	30.06.2015
<b>Zeitraum</b>	2014 - 2015	<b>Projektlaufzeit</b>	15 Monate
<b>Keywords</b>	Phänologie, Vegetationsstruktur, Simulation, raum-zeitliches Monitoring		

### Projektbeschreibung

Die räumliche Verteilung des Leaf-Area-Index (LAI) und seine saisonale Variabilität in Waldbeständen ist von besonderem Interesse für phänologische Ökosystemuntersuchungen. Als eine Kenngröße für Energie-, Gas- und Wasseraustausch von Pflanzen, ist LAI eine Eingangsgröße für die Modellierung von Biomasse und Holzvolumen, Kohlenstofffixierung und Waldgesundheit. Die Saisonalität von LAI reagiert sehr sensibel auf Temperaturveränderungen und stellt daher einen adäquaten Deskriptor für die Charakteristika und die Stabilität des Regional- und Mikroklimas dar. Dies ist beispielsweise für sensible Ökosysteme von Bergwäldern von besonderem Interesse. LAI Kartierungen haben sich als grobmaßstäbliche Standardprodukte von satelliten- und flugzeuggestützten Sensoren etabliert, und werden mit Hilfe von Kombinationen spektraler Bändern (Vegetationsindices, z. B. NDVI) abgeleitet. Allerdings ist die Qualität von satellitengestützte LAI-Ableitungen in komplexen Bergregionen aufgrund von Topographie und starker struktureller Differenzierung der Waldbestände

minimiert. Zurzeit sind Genauigkeitslimitierungen vor allem auf Mischpixeleffekte zurückzuführen, bei denen die spektralen Eigenschaften verschiedenster Objekte in einem einzigen Pixelwert vereint werden. Weitere Limitierungen sind topographiebedingte und kronendachinterne Schatteneffekte. Um diese Einschränkungen zu kompensieren und zu minimieren, sind in komplexen bzw. inhomogenen Beständen neue Funktionen für verlässlichere LAI-Abschätzungen von Nöten. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von räumlich und zeitlich (Revisiting Time) hoch aufgelösten Satellitenszenen, wird die weltweite Erfassung und Charakterisierung von Waldstrukturen durch Textursignaturen unter der

Berücksichtigung räumlicher Variabilitäten der spektralen Bänder (Rot, NIR, panchromatisch) ermöglicht. Die Erweiterung der spektralen Auflösung, wie z.B. das Hinzufügen von Kanälen des mittleren Infrarots (MIR), führt ebenfalls zu differenzierteren Auswertemöglichkeiten. Zudem ermöglicht die zeitlich dynamische Erfassung von satellitengestützten Daten die Charakterisierung von hochfrequenten spektralen Signaturveränderungen (innerhalb von wenigen Tagen).

Das Projekt phenoSAT- $\alpha$  (Area-wide mapping of phenology using optical high resolution satellite imagery) zielt als Pilotstudie zunächst auf die Verknüpfung von Spektral- und Textursignaturen mit diskreten Waldgeometrien und räumlichen LAI-Verteilungen ab. Durch die Ableitung von neuen waldstrukturellen Indices sollen multivariate Beziehungen zwischen LAI, Vegetationsindices und Texturindices für eine Folgestudie vorgeschlagen werden. Durch diese Herangehensweise wird auf eine differenziertere LAI-Abschätzung bezüglich

individueller Arten-, Alters- und Dichtezusammensetzungen abgezielt. Die Beziehungen zwischen Spektral- und Textursignaturen sowie Waldstrukturen werden über Radiative Transfer Modelling (RTM) für ausgesuchte detaillierte Referenzstandorte abgeleitet, sowie kalibriert und validiert. Mit Hilfe von Punktwolken aus terrestrischem Laserscanning werden Baumarchitekturen rekonstruiert, die eine dynamische Modellierung von Belaubung für verschiedene Zeitschritte und Dichteverhältnisse ermöglichen. Die Verknüpfung von rekonstruierten Standortmodellen (Astsdichte, Überschirmungsgrad, usw.), simulierten Belaubungsdichten (LAI) und simulierten Spektral- und Textursignaturen wird tieferen Einblick in die Beziehungen zwischen Bildsignaturen und Waldstrukturen geben. Als objektbasierte Rekonstruktionen, die eine simulationsinterne Trennung von Laub/Nadeln und Ästen, sowie Unterholz erlaubt, wird ein detaillierteres Verständnis über die Abhängigkeiten von verschiedenen abgeleiteten Indices und einzelnen Bestandskomponenten gewährt.

## Abstract

The spatial distribution of the leaf-area-index (LAI) and its seasonality in forest stands is of special interest for phenological ecosystem studies. As a measure of energy, gas and water exchanges with plants it serves as surrogate for e.g. biomass and timber volume models, carbon sequestration, and forest health status. LAI is sensitively responding to seasonal temperature changes and acts as a suitable descriptor for the characteristics and stability of regional and micro climate. This is of particular interest for the highly sensitive ecosystems of mountain forests. LAI derived from vegetation indices (VI) computed by the combination of spectral bands (e.g. normalized differenced vegetation index, NDVI), has proven a standard product from space- and airborne optical sensors in various resolutions. However, in complex environments, such as mountainous regions, topography and structural differentiation of forest stands are diminishing the quality of LAI-estimations from optical remote sensing sensors. To date accuracy limitations are due to mixed pixel effects combining spectral properties of different objects and understory and shadowing effects of topography. Sensor-, sun- and ambient-occlusion effects within the canopy also lower the reliability of LAI-estimations. In order to compensate the current problems, multivariate relationships (including forest structure) are required for a more reliable LAI-estimation in complex forest stands. The increasing availability of spatial and temporal (in terms of revisiting time) high resolution satellite images allows the worldwide application of methods developed for airborne remote sensing sensors. This opens new possibilities for the detection and characterization of forest structure by texture signatures, considering spatial variations of relevant spectral bands (red, NIR, panchromatic). The extension of spectral resolution, adding e.g. middle infrared channel (MIR), is also adding further possibilities in analysis. Additionally, the dynamic acquisition of the space borne imagery allows the characterization of high frequent temporal spectral signatures (in the order of several days). The project phenoSAT- $\alpha$  (Area-wide mapping of phenology using optical high resolution satellite imagery) - as a feasibility study - aims at linking spectral and texture signatures to discrete forest geometries and spatial distributions of LAI. By deriving forest structure related indices, specific multivariate relationships between LAI, vegetation indices and texture indices are suggested. By texture and signature-based LAI-functions a more differentiated LAI-estimation is aimed in terms of tree species, tree age, spatial resolution and time resolution.

Relationships between textural and spectral signatures and forest structure will be derived, calibrated and validated using detailed Radiative Transfer Modelling (RTM) for a selected set of detailed ground plot reconstructions. Using terrestrial laser scanning point clouds for selected reference plots, tree architectures will be reconstructed, allowing a dynamic modelling of foliage for various time steps and densities. The coupling of reconstructed plot models (branch density, crown coverage, etc), simulated foliage densities (LAI) and simulated image textures will provide a deeper insight into texture structure relationships. As object-based reconstructions, the datasets include object classifications. This allows the separation of

respective classes such as foliage, branches and understory in the simulations, providing detailed insight into the dependencies between various indices and single stand components.

### **Projektkoordinator**

- Österreichische Akademie der Wissenschaften

### **Projektpartner**

- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) - Teilrechtsfähige Einrichtung des Bundes
- Universität Innsbruck