AustroSIF

Early stress detection in Austrian ecosystems with sun-induced chlorophyll fluorescence

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP, ASAP 16. Ausschreibung (2019)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2021	**Projektende**	31.12.2023
Zeitraum	2021 - 2023	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	sun-induced chlorophyll fluorescence; photochemical reflectance index; early stress detection; ESA Earth Explorer		

Projektbeschreibung

Dank der immer besser werdenden globalen räumlichen Abdeckung und zeitlichen Auflösung, stellen satelliten-basierte Fernerkundungsansätze eine zentrale Säule für die Überwachung der Integrität und Vitalität von Ökosystemen dar. Konventionelle Fernerkundung auf Basis optischer Signale bietet jedoch nur wenig Potential zur frühzeitigen Erkennung von sich entwickelnden Stresszuständen von Ökosystemen, da sich Veränderungen in der Reflexion im Bereich des sichtbaren und des naheninfrarot Lichts in der Regel erst messbar werden, wenn die mit dem Stress einhergehenden strukturellen und funktionellen Ökosystemveränderung schon weit fortgeschritten sind.
Hier zeigen Messungen der sonneninduzierten Chlorophyllfluoreszenz (SIF) ein wesentlich höheres Potenzial. Chlorophyllfluoreszenz entsteht wenn Sonnenenergie von Chlorophyllmolekülen im Inneren der Blätter von Pflanzen absorbiert, aber nicht für die Fotosynthese verwendet und auch nicht in Wärme umgewandelt wird, sondern bei einer etwas höheren Wellenlänge abgegeben wird. Veränderungen in der Chlorophyllfluoreszenz resultieren dabei aus fein regulierten Veränderungen in der Energienutzung der Pflanze und SIF ist daher ein höchst sensitives optisches Signal das Rückschlüsse auf den Stress von Pflanzen zulässt bevor dieser von konventionellen Fernerkundungsindices erfasst werden kann. Unsere bisherigen Arbeiten zu diesem Thema haben allerdings gezeigt dass neben SIF auch Veränderungen in der Abgabe von Wärme quantifiziert werden müssen, um tatsächlich festzustellen in wie weit Pflanzen Stress ausgesetzt sind und dass dies über Veränderungen in der Reflexion im Bereich des grünen Lichts, mittels des sog. photochemischen Reflexionsindex (PRI), möglich ist. Satelliten-basierte SIF Messungen wurden in den letzten Jahren von einigen Satellitenplattformen verfügbar, allerdings sind deren räumlich-zeitlich Auflösung und das Signal-Rausch-Verhältnis noch unbefriedigend - ein großer Sprung bezüglich Datenqualität ist von der ESA Earth Explorer Mission FLEX, deren Start für Mitte 2023 geplant ist, zu erwarten.
Das übergeordnete Ziel des beantragten Projektes ist es heutige und zukünftige satelliten-basierte Chlorophyllfluoreszenz Messungen zu einem sensitivem und zuverlässigen Werkzeug für die frühzeitige Erkennung von Stresszuständen in Ökosystemen zu machen. Im Rahmen des beantragten Projekts werden dazu satelliten-basierte Messungen durch bodengestützte Naherkundungsmessungen von aktiver und passiver Chlorophyllfluoreszenz und hyperspektraler Reflexion, aus welcher der PRI abgeleitet werden kann, simuliert. Diese Messungen werden an einer Reihe von für Österreich typischen Ökosystemen durchgeführt. Momentan verfügbarer Satellitenprodukte werden dazu verwendet, um diesen Ansatz auf größeren räumlichen-zeitlichen Skalen zu testen. Schließlich werden prozess-orientierte Modelle verwendet um die den

beobachteten Daten zugrunde liegenden Steuergrößen zu analysieren und Empfehlungen für den optimalen kombinierten Einsatz von SIF und PRI zur frühzeitigen Erkennung von Ökosystemstresszuständen entwickelt.

Abstract

When it comes to monitoring the health status of ecosystems, satellite-based remote sensing approaches hit a sweet spot in terms of global spatial coverage and temporal resolution. Conventional optical remote sensing approaches, however, offer limited potential for the early detection of ecosystem stress, as changes in ecosystem structure and function often need to be substantial in order to be detectable from the reflectance in the visible and near-infrared range of the energy spectrum. Satellite-based remote sensing of sun-induced chlorophyll fluorescence (SIF) offers much greater potential to that end. Chlorophyll fluorescence is generated when solar energy absorbed by chlorophyll inside plant leaves is not used for photosynthesis or dissipated as heat, but is instead emitted at a slightly higher wavelength. Chlorophyll fluorescence thus results from fine-tuned changes in chlorophyll energy partitioning and SIF provides a highly sensitive optical signal, which allows the early detection of plant stress before symptoms become apparent in classical optical remote sensing indices. Our previous work, however, has shown that in order to correctly diagnose whether or not plants are exposed to stress, SIF needs to be quantified jointly with the energy that is dissipated as heat and that this process can be accurately quantified on the basis of reflectance changes around the green peak, exploited by the so-called photochemical reflectance index (PRI).
SIF data have become available from a few satellite platforms during the past couple of years, however their spatio-temporal resolution and signal-to-noise ratio is still unsatisfactory. A major step forward in data quality is expected from the upcoming ESA Earth Explorer mission FLEX, scheduled to launch in mid-2023.
The overarching goal of the proposed project is to make present and future satellite-based sun-induced chlorophyll fluorescence measurements a sensitive and reliable means for the early detection of ecosystem stress by combining remotely sensed SIF and PRI. To that end we propose to simulate satellite measurements using ground-based, proximal sensing of active and passive chlorophyll fluorescence and hyperspectral reflectance. These measurements will be conducted in the field covering a wide range of ecosystems typical for Austria. Available satellite products will be used to test this approach at larger spatial and temporal scales. Process-based models will be used to disentangle the underlying drivers and will then be used together with the experimental data to derive best practise guidelines for diagnosing early ecosystem stress on the basis of combined SIF and PRI data.

Projektpartner

- Universität Innsbruck