

Schlussbericht BonaRes - Modul A: SUSALPS | Phase III



SUSALPS III – Nachhaltige Nutzung von alpinen und voralpinen Grünlandböden unter sich änderndem Klima; Teilprojekt F
(Sustainable use of alpine and pre-alpine grassland soils in a changing climate)

Teil I: Kurzbericht

Förderkennzeichen:	031B1067F
Zuwendungsempfänger:	Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU)/ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Ausführende Stelle:	Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Institut für Geographie und Geologie, Lehrstuhl für Fernerkundung, Am Hubland 97074 Würzburg
Projektleiter:	Prof. Stefan Dech, stefan.dech@dlr.de Prof. Claudia Künzer, claudia.kuenzer@dlr.de
Berichtszeitraum / Laufzeit:	01.02.2022 – 31.01.2025

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



BONARES

Teil I: Kurzbericht

I.1 Ursprüngliche Aufgabenstellung und State-of-the-art

Im Zentrum von SUSALPS stand die nachhaltige Nutzung von (vor)alpinen Grünlandböden unter sich ändernden Klimabedingungen. Bereits in den vorherigen Projektphasen wurden Modellierungsarbeiten begonnen, um die wesentlichen Ökosystemfunktionen von Grünland zu untersuchen. Diese behandelten, unter anderem, Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe, Erträge, sowie sozio-ökonomische Funktionen des Grünlands. Besonders die Grünlandbewirtschaftung und hierbei Schnitzeitpunkte und -häufigkeiten wirken sich stark auf die Funktionen dieser Ökosysteme aus. Doch sind diese auf Feldskala nicht flächendeckend vorhanden. Ein wichtiger Aspekt war deshalb, eine regionale Karte mit Schnittermen basierend auf Erdbeobachtungsverfahren zu erarbeiten und mehrjährig bereit zu stellen. Die Modelle sollten somit verbessert und für die Regionen optimiert werden. Ein weiterer Aspekt von JMU/DLR in SUSALPS war die Untersuchung weiterer Ökosystemfunktionen, welche sich mit Hilfe von Satellitendaten ableiten lassen. Hier stand die Abschätzung der Biomasse und Erträge, sowie der floristischen Artenvielfalt im Fokus. Ziel war die Weiterentwicklung der Prozessketten aus der vorherigen Projektphase beziehungsweise deren Neuaufbau, flächendeckende Analysen der raum-zeitlichen Muster sowie Vergleiche mit den Ergebnissen der Modellierungsarbeiten. Neben dem Ammer Einzugsgebiet als Untersuchungsgebiet wurden noch zwei weitere Fokusregionen in Bayern definiert, um ein vollumfänglicheres Gesamtbild von Bayern zu liefern. Das Rotmain/Weißmain Einzugsgebiet im Norden Bayerns, mit einem geringeren Grünlandanteil als in der Ammer Region (circa 40% anstatt circa 90%) und das Rott Einzugsgebiet im Osten Bayerns, mit einem relativ geringen Grünlandanteil (circa 20%). JMU/DLR war in zwei Arbeitspaketen beteiligt, in welchen jeweils Kartenprodukte generiert werden sollten, welche als Vergleichsprodukte beziehungsweise als Eingangsdatensätze in der Modellierung verwendet werden sollten. Hierbei umfasste Meilenstein (MS) 3-1 die regelmäßige Feldbeprobung zur Generierung von Kalibrierungs- und Validierungsdaten, MS 3-2 die Erstellung von Kartenprodukten zur Grünlandmhd, Biomasse und floristischer Vielfalt in den Untersuchungsgebieten, und MS 4-1 die Erstellung einer Karte zur optimierten Beprobungsstrategie für den Indikatorstest.

In den letzten fünf Jahren wurden einige neue Studien zur Grünland Schnittdetektion veröffentlicht. Dies hat einerseits mit der Verfügbarkeit dafür notwendiger hoch aufgelöster Satellitendaten (zeitlich und räumlich) der Sentinel Flotten zu tun, andererseits mit einer Zunahme an Interesse in Grünlandökosysteme, da diese wichtige Eigenschaften besitzen, wie Kohlenstoffspeicherkapazität und Biodiversität. Neben regelbasierten Ansätzen werden für die Schnittdetektion auch vermehrt Verfahren des maschinellen Lernens verwendet. Allerdings sind viele der Studien eher kleinräumig, d.h. Verfahren wurden nur an einzelnen Parzellen getestet. Die Genauigkeiten sind in einem ähnlichen Bereich wie die Genauigkeiten der hier präsentierten Schnittdetektionsmethode, welche auf ganz Deutschland angewandt wurde. Im Bereich der Biomasseabschätzung gibt es ein paar wenige Studien aus den letzten Jahren, in welchen empirische Modelle im europäischen Raum angewandt wurden, um Grünlandbiomasse zu ermitteln – mit vergleichbaren Ergebnissen. Eine flächendeckende, jährliche Ertragsabschätzung basierend auf Satellitendatenanalyse hatte in der Forschungslandschaft bisher gefehlt. Hinsichtlich der floristischen Artenvielfalt lag in der Vergangenheit ein Fokus auf der Analyse der sogenannten spektralen Diversität, welche einen Zusammenhang zwischen der spektralen Heterogenität der Satellitenreflektanzen und der Biodiversität auf der Erdoberfläche annimmt. Allerdings wird diese Annahme insbesondere im Bereich der alpha-Diversität im Grünland mehr und

mehr verworfen und stattdessen ein für Ökologen außerdem viel zugänglicherer Zusammenhang zwischen Reflektanzen und ökologischen Indices untersucht.

I.2 Ablauf des Vorhabens

Zu Beginn der Projektphase stand die Durchführung der Feldkampagnen zusammen mit Projektpartnern (KIT, WWL, BT-DE) im Vordergrund. Es wurden fünf Flächen aus dem Ammergebiet weiter beprobt, um die Zeitserien aus der vorherigen Projektphase fortzuführen, wobei in 2022 zweimal und in 2023 einmal gemessen wurde. Des Weiteren wurden in 2022 und 2023 jeweils 30 Plots in der Region Mistelgau/Hummelgau beprobt, um einen Datensatz für die neue Region im Norden Bayerns zu erstellen. Die Region Rott wurde weggelassen, da eine detaillierte Untersuchung einer weiteren Region (Rotmain/Weißmain) über die Hinzunahme einer zweiten weiteren Region mit wenig Grünlandflächen (Rott) gestellt wurde. Während der Feldmessungen wurde überirdische Biomasse gemessen, d.h. Vegetation abgeschnitten, getrocknet und gewogen. Außerdem wurden Vegetationshöhen gemessen und durch UBT-DE Artenlisten angefertigt und Abundanzen geschätzt. Diese Felddaten dienten zur Kalibrierung und Validierung der Satelliten-gestützten Produkte.

Ein Aspekt des Projekts war die Fortführung und Verbesserung der Schnittdetektion, sowie Bereitstellung mehrjährige Karten für die Untersuchungsgebiete. Der in der vorherigen Projektphase entwickelte Algorithmus wurde auf weitere Jahre und die Rotmain/Weißmain Region in Nordbayern angewandt und optimiert. Es wurden Sentinel-2 Zeitseriendaten der Jahre 2022-2024 prozessiert und analysiert. Zur Qualitätsüberprüfung wurden Informationen zu Schnittzeitpunkten oder der Nutzungsintensität durch Landwirte verwendet. Die Schnitttermine zeigten eine gute Übereinstimmung und plausible Muster in den Regionen Ammer und Rotmain/Weißmain. Die Schnitttermine, welche pro Pixel abgeleitet wurden, wurden anschließend auf Feldebene überführt, um Unsicherheiten und Ausreißer zu minimieren und die Daten für eine flüssige Überführung in die Modellierungsarbeiten vorzubereiten. Hierbei wurden Schnitttermine zusammengelegt, die nicht länger als drei Wochen auseinander lagen und Schnitttermine entfernt, die nur auf bis zu einem Fünftel des Feldes detektiert wurde. Die schlaggenauen Schnitttermine der Ammer und Rotmain/Weißmain Regionen wurden sowohl in das bio-geochemische Modell LandscapeDNDC (KIT), als auch das sozio-ökonomische ABM (UBT-ES) integriert.

Ein weiterer Aspekt war die Analyse der Biomasse und die Abschätzung jährlicher Erträge der Grünlandökosysteme. Hierfür wurden empirische Modelle basierend auf Satellitendaten und Felddaten erstellt, untersucht und optimiert. Mehrere Modelltypen, nämlich ANNs, Random Forests, Support Vector Machines, Multi-Linear Models und Extreme Gradient Boosting Algorithmen wurden hierfür zunächst getestet, wobei Extreme Gradient Boosting Modelle die besten Ergebnisse erzielten. Hinsichtlich der Satellitendaten wurden verschiedene Bänderkombinationen und Vegetationsindices getestet. Es stellte sich heraus, dass die Integration der Schnitttermine als Eingangsvariable in das empirische Biomassemodell zu einer erheblichen Verbesserung führt. Des Weiteren sind Reflektanzen im kurzwelligen Infrarotbereich und Feuchtigkeitsindices besonders wichtig für die Modellgenauigkeit. Das optimierte empirische Modell wurde im Anschluss auf alle verfügbaren Sentinel-2 Szenen in den Untersuchungsgebieten angewandt. Basierend auf den Biomassezeitreihen wurde daraufhin ein Verfahren entwickelt, um jährliche Grünlanderträge abzuleiten. Dies erfolgte durch eine Kombination der Biomasseseerien und der Schnitttermine auf Feldebene. Die Ertragsabschätzung im Ammer

Einzugsgebiet 2019 wurde daraufhin im Detail untersucht und mit Erträgen abgeleitet aus LandscapeDNDC und dem ABM verglichen.

Zur Untersuchung der floristischen Vielfalt wurden drei gängige Biodiversitätsindices aus der Ökologie berechnet und genauer untersucht: Artanzahl, Shannon Index und Simpson Index. Diese wurden mit Satellitendaten verknüpft und empirische Zusammenhänge untersucht. Es zeigte sich, dass durch die hohe zeitliche Dynamik der Grünlandplots, hervorgerufen durch Nutzungsaktivitäten wie Mahden, monatlich aggregierte Satellitendaten die beste Aussagekraft lieferten. Modellierungsergebnisse des Rotmain/Weißmain Einzugsgebiets, für welches viel mehr Datenpunkte vorhanden waren als in Ammer, zeigten gute Genauigkeiten zwischen monatlich aggregierten Reflektanzen und der Artanzahl.

Innerhalb der Projektlaufzeit wurde an jährlichen SUSALPS-Projekttreffen, sowie Bonares-Statusseminaren teilgenommen und Ergebnisse bei Konferenzen (eine bis zwei pro Jahr) präsentiert.

I.3 Wesentliche Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse von JMU/DLR ergeben sich aus der Bearbeitung der Meilensteine. Zum einen ist der umfangreiche Referenzdatensatz zu nennen (MS 3-1), ohne welchen die Kartenprodukte der anderen Meilensteine nicht erstellt hätten werden können. Der Referenzdatensatz umfasst Messungen der überirdischen Biomasse, Vegetationshöhen, sowie Artenlisten und -abundanzen für circa 65 Grünlandflächen in Nord- und Südbayern. Weitere wesentliche Ergebnisse von JMU/DLR sind die Kartenprodukte (MS 3-2, 4-1), welche bereitgestellt werden konnten, als auch die Prozessketten und Expertise, die durch deren Anfertigung erarbeitet und gewonnen werden konnten. Hierzu zählen mehrjährige Karten der Schnitttermine (Pixel und Parzellenebene), multi-temporal Biomasse und jährliche Ertragskarten, sowie Karten der Artenanzahl. Es wurden weitere Karten prozessiert und zur Verfügung gestellt, welche zum Beispiel für den Indikatorrest verwendet werden konnten, wie ein jährlicher Produktivitätsindikator. Weitere wesentliche Ergebnisse sind Konferenzvorträge sowie Publikationen, von welchen die gemeinsame Publikation, in welcher Grünlanderträge basierend auf Fernerkundung (JMU/DLR), LandscapeDNDC (KIT) und ABM (UBT-ES) analysiert und verglichen wurden, hervorzuheben ist (vgl Reinermann et al. in Review).

Weßling, 31.07.2025

Prof. Stefan Dech