



**Programm zur Innovationsförderung “Big Data in der Landwirtschaft” des
Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft**

Abschlussbericht

**Verbundprojekt “Aufbau eines Clusters zur Bereitstellung von aktuellen
Fernerkundungsprodukten für die Landwirtschaft” (AGRO-DE) – Teilprojekt 1**

Braunschweig, 19. März 2021

Zuwendungsempfänger Julius Kühn-Institut (JKI) · Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung (FLF) · Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde Bundesallee 69 · 38116 Braunschweig

Laufzeit 01.07.2016 bis 30.06.2020

Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (PT-BLE), Bonn

Förderkennzeichen 2815704815

Projektleitung Holger Lilienthal, Heike Gerighausen (ab 05/2020)

Mitarbeiter Marvin Dierks, Heike Gerighausen, Markus Möller, Nils Schön



In memoriam Dr. Holger Lilienthal (1972–2020)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	2
1 Kurze Darstellung	3
1.1 Aufgabenstellung	3
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
1.3 Planung und Ablauf des Projektes	4
1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	5
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	9
2 Eingehende Darstellung	10
2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	10
2.1.1 Infrastruktur (AP 1)	10
2.1.2 Vorprozessierung EO-Daten (AP 2)	10
2.1.3 Produkterstellung (AP 3)	13
2.1.4 Praxistests und <i>On Farm</i> -Versuche (AP 4)	21
2.1.5 Verwertung und Kommunikation (AP 5)	26
2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	27
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	27
2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	27
2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	27
2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6	28
Literatur	29

Abbildungsverzeichnis

1	Relationen zwischen den Arbeitspaketen des AGRO-DE-Projektvorhabens.	5
2	Überflugstreifen der Sentinel-1- und Sentinel-2-Satelliten für Deutschland	7
3	Spektralbänder der Sentinel-2- und Landsat 8-Sensoren.	8
4	Arbeitsschritte zur Vorprozessierung von Sentinel-1- und Sentinel-2-Bilddaten.	12
5	Sentinel-1- und Sentinel-2-Mosaik.	13
6	Pixelvergleich zwischen vorprozessierten Sentinel-2-Kanälen basierend auf dem JKI- und FORCE-Algorithmus.	14
7	Sentinel-1-Monatskomposit in RGB-Farbdarstellung und Untersuchungsgebiete in Niedersachsen.	16
8	Boxplots zur Charakterisierung der Bestandesparameter während der Feldkampagnen am 20.4 und 1.6.2017 auf dem Testschlag der Domäne Bahrdorf.	17
9	Streudiagramme von gemessenen und modellierten LAI- und FM-Werten für die Aufnahmetermine 27.5. (HySpex) bzw. 2.6.2017 (Sentinel-2).	17
10	Modell zur Ertragsschätzung basierend auf Feldspektroskopie und Vegetationsparametern.	18
11	Sentinel-2-Zeitserie und abgeleitete Bestandsparameter LAI (Blattflächenindex) und FM (Frischmasse) am Beispiel des Testschlages der Domäne Bahrdorf für das Jahr 2017.	18
12	Schätzung von FM (Frischmasse) und Blattflächenindex (LAI) auf dem Testschlag der Domäne Bahrdorf basierend auf Messungen sowie HySpex-Daten und atmosphärenkorrigierten Sentinel-2-Daten für die Aufnahmetermine 27.5. bzw. 2.6.2017.	19
13	Beispiel einer Ertragsschätzung (mittlerer sortenspezifischer Realertrag) basierend auf Sentinel-2-Daten für einen Winterweizenschlag auf der Domäne Bahrdorf für das Jahr 2017.	19
14	Ertragsschätzung für den Landkreis Helmstedt für das Erntejahr 2017 auf der Grundlage von Sentinel-2-Satellitenbildern.	20
15	Radar-Rückstreu-Signaturen von Mais, Zuckerrübe und Kartoffeln für den Inzidenzwinkel von 43° sowie Eintrittstermine phänologischer Phasen.	23
16	Erntetermine für verschiedene Ackerfrüchte auf der Grundlage der Analyse von Sentinel-1-Zeitserien.	24
17	Oberirdische grüne Frischmasse (FM) abgeleitet aus Sentinel-2-Daten vom 3.11. und 16.11.18 für einen aufgrund der Trockenheit schlecht aufgelaufenen Winterrapssbestand nahe der Domäne Bahrdorf sowie modellierte Stickstoff- bzw. N-Aufnahme im Herbst.	24
18	Stickstoffaufnahme und Abschätzung des Stickstoffdefizits bzw. Stickstoffüberschusses für Winterweizen zwischen 7.4. und 6.6.2018 geschätzt aus Sentinel-2-Daten.	25

Tabellenverzeichnis

1	Durch das JKI generierte AGRO-DE-Webdienste.	11
2	Übersicht über die Datenzusammenstellungen zur Fruchtartenklassifikation.	17
3	Ergebnisse verschiedener Datenzusammenstellungen und Fruchtartenklassifikationsvarianten.	22
4	Konfusionsmatrix der Klassifikationsvariante <i>RF-69p, Zone ADBU</i>	22

1 Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Eine Aufgabe des Julius Kühn-Institutes (JKI) ist die Politikberatung zur Klimaanpassung. Entsprechend der BMEL-Ackerbaustrategie 2035 (BMEL, 2019) ist die Digitalisierung ein Schlüssel zur Verknüpfung von Nachhaltigkeit, Klimaanpassung und Wirtschaftlichkeit in der pflanzlichen Produktion (Klerkx et al., 2019). Eine wichtige Rolle spielen dabei Geodaten, die sowohl lokale Beobachtungen, Messungen oder Betriebsdaten als auch Flächendatensätze zur Charakterisierung der historischen und aktuellen Wachstumsbedingungen umfassen.

Fernerkundungsdaten liefern Informationen über den aktuellen Zustand und die biophysikalischen Eigenschaften landwirtschaftlicher Flächen, die ein wichtiges Hilfsmittel für die praktische Landwirtschaft darstellen. Im Rahmen des Copernicus-Programms der EU wird seit 2014 eine neue Flotte von Erdbeobachtungssatelliten (Sentinels) bereitgestellt, die Satellitenbilddaten in hoher zeitlicher Auflösung und technischer Qualität liefern. Die dabei entstehenden Datenmengen (volle Ausbaustufe: Radardaten alle zwei Tage, optische Daten alle drei bis vier Tage) von bis zu mehreren Petabyte pro Tag stellen allerdings enorme Herausforderungen an die Datenzugangs-, Datenverarbeitungs- und Datenauswerteverfahren sowie Infrastrukturen. Es kann festgestellt werden, dass Sentinel-Datenströme für die landwirtschaftliche Praxis in nicht aufbereiteter Form faktisch nicht nutzbar sind.

Mit dem Projekt AGRO-DE sollen Möglichkeiten untersucht werden, wie landwirtschaftlichen Nutzern vorverarbeitete historische und aktuelle Fernerkundungsinformationen zeitnah in verschiedenen Formen bereitgestellt werden können. Das Projekt AGRO-DE fokussiert damit auf das Förderziel "Optimierung von satelliten-, sensorgestützten und anderen geodatengestützten agrartechnischen Lösungen ... mit Unterstützung von Copernicus-Daten und -Diensten ...". Das JKI entwickelt vor diesem Hintergrund verschiedene landwirtschaftliche Basisprodukte (Anbaukulturen, Zeitpunkte der Aussaat und Ernte, Biomasse, Blattflächenindex, Ertragsschätzung), die sich sowohl an behördliche Nutzer als auch landwirtschaftliche Praktiker richten.

Im Projekt AGRO-DE entsteht eine prototypische Infrastruktur zur Prozessierung großer Datenmengen, die die Bewertung des Potentials von Copernicus-Daten für landwirtschaftliche Fragestellungen ermöglicht. Durch den hohen Automatisierungsgrad wird die Nutzung von Fernerkundungsdaten und -produkten von fachfremden Nutzerkreisen stimuliert. Durch den Einsatz der Informationen aus dem Projekt AGRO-DE in der Beratung und landwirtschaftlichen Praxis ist mit einer Verbesserung der Ressourceneffizienz, insbesondere beim Einsatz von Produktionsmitteln (z.B. Düngung, Pflanzenschutz) zu rechnen.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

In der Vergangenheit sind Fernerkundungsprodukte in der praktischen Landwirtschaft nur exemplarisch meist in Großbetrieben genutzt worden. Hohe Kosten für die Daten und die Datenaufbe-

reitung einerseits bzw. eine ungewisse Datenverfügbarkeit aufgrund starker Bewölkungshäufigkeit in Deutschland andererseits und die damit verbundene Planungsunsicherheit für die aktuelle Bestandesführung haben den operationellen Einsatz von Fernerkundung in der Landwirtschaft bisher verhindert bzw. auf einige finanzstarke Betriebe beschränkt.

Mit dem **Copernicus-Programm** der EU steht seit 2016/2017 eine für die Landwirtschaft ein operationelle Satellitenkonstellation – bestehend aus zwei Radar- (**Sentinel-1 A+B**) und zwei optischen Satellitensysteme (**Sentinel-2 A+B**) – zur Verfügung. Damit können alle zwei Tage aktuelle Informationen über die Entwicklung der Vegetationsbestände mit Hilfe wolkenundurchdringender Radartechnik gewonnen werden. Alle fünf Tage werden die Flächen von den optischen Systemen überflogen, so dass die Chancen, eine wolkenfreie Aufnahme zu erhalten, deutlich gesteigert werden.

Die Satellitenbilddaten des Copernicus-Programms sind kostenfrei und in einer hohen räumlichen (10 bis 20 m), spektralen und zeitlichen Auflösung verfügbar, die neue Datenprodukte für die landwirtschaftliche Praxis ermöglichen. Die Strategie der EU, das Copernicus-Programm auch nach 2020 mit neuen Satelliten auszurüsten, macht die Entwicklung einer operationellen Vorverarbeitungskette auch mittelfristig sehr interessant. Aus diesem Grund haben sich die Verbundprojektpartner entschlossen, die abgeleiteten Informationen und Services der neuen Fernerkundungsdaten zur Unterstützung der Ressourcen-effizienten Landwirtschaft zu entwickeln und einzusetzen.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt AGRO-DE gliedert sich in fünf Arbeitspakete (Abb. 1). Im Arbeitspaket **Prozesskette/Infrastruktur** (AP 1) werden die technisch-infrastrukturellen Grundlagen geschaffen, um die Massendaten, die von den Satellitensystemen regelmäßig aufgenommen werden, automatisiert aufbereiten zu können. Die Projektpartner DLR, JKI und EOMAP haben Prozessketten entwickelt, um aus Satellitenbild-Rohdaten korrigierte Basisdaten und daraus abgeleitete Produkte für landwirtschaftliche Fragestellungen abzuleiten. Datenhaltung und -zugang der AP 1-Ergebnisse werden durch den Aufbau von Geodatenbanken sowie durch die Nutzung von OGC-konformen Schnittstellen gewährleistet (Kap. 2.1.1).

Im Rahmen des Arbeitspaketes **Vorprozessierung EO-Daten** (AP 2) findet die eigentliche Vorverarbeitung der Daten statt. Das betrifft die Schritte "Orthorektifizierung" sowie "Atmosphären- und Wolkenkorrektur", die "Validierung" und "Flächenextraktion/Maskenaktualisierung" (Kap. 2.1.2).

Im Arbeitspaket **Produkterstellung** (AP 3) werden die vorverarbeiteten Daten veredelt und neue Informationsprodukte erstellt. AP 3 basiert dabei maßgeblich auf den in den Arbeitspaketen AP 1 und AP 2 aufgebauten Prozessketten und entwickelten Methoden (Kap. 2.1.3).

Das Arbeitspaket **Praxistests und On-Farm-Versuche** (AP 4) widmet sich der Anwendung der abgeleiteten Satellitenbildinformationen in landwirtschaftlichen Betrieben sowie in der Beratung und im Versuchswesen (Kap. 2.1.4).

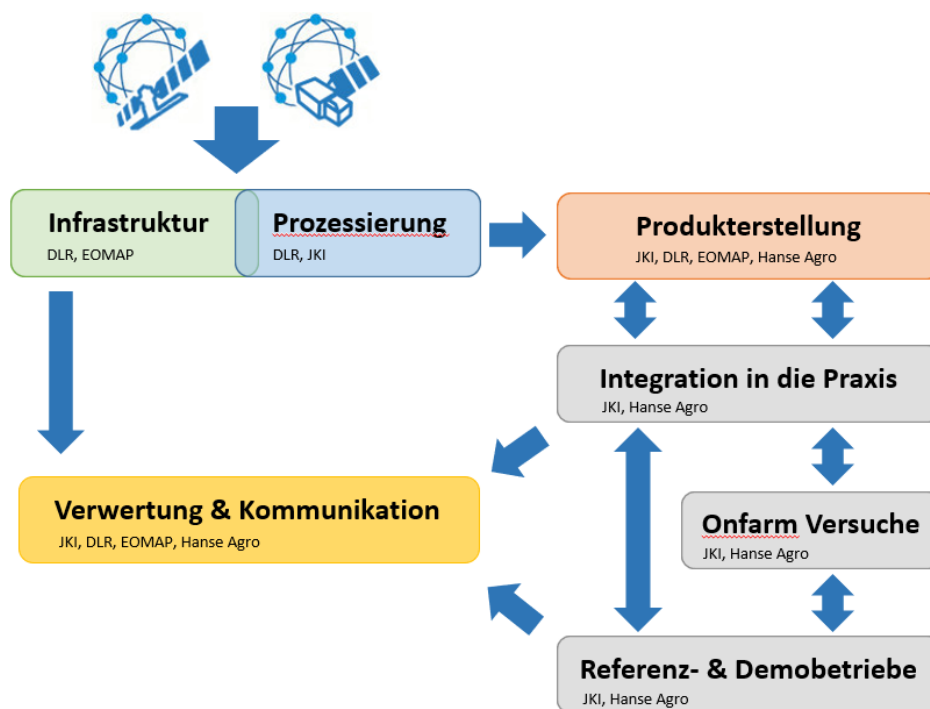


Abbildung 1: Relationen zwischen den Arbeitspaketen des AGRO-DE-Projektvorhabens.

Im Arbeitspaket **Verwertung und Kommunikation** (AP 5) werden die Ergebnisverwertung und die Kommunikation der Ergebnisse behandelt. Ein wichtiger Baustein ist der webbasierte Datenzugriff sowie die Datenvisualisierung mit mobilen Applikationen. Die Integration von Praxisbetrieben als Demonstratoren eröffnet die Möglichkeit, die praktische Nutzung der Daten zu veranschaulichen. Die Datenprodukte werden auf einer Projekt-Homepage, Fachtagungen, Feldtagen und in Publikationen präsentiert (Kap. 2.1.5).

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Satellitenbilddaten Seit dem 3. April 2013 ist die [Verordnung \(EU\) Nr. 377/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Einrichtung des Programms Copernicus](#) in Kraft getreten. Das Copernicus-Programm beinhaltet den Betrieb von sechs thematischen Diensten (Landüberwachung, Überwachung der Meeresumwelt, Katastrophen und Krisenmanagement, Überwachung der Atmosphäre, Überwachung des Klimawandels und Sicherheit) und der Copernicus-Weltraumkomponente, bestehend aus insgesamt 12 Fernerkundungssatelliten.

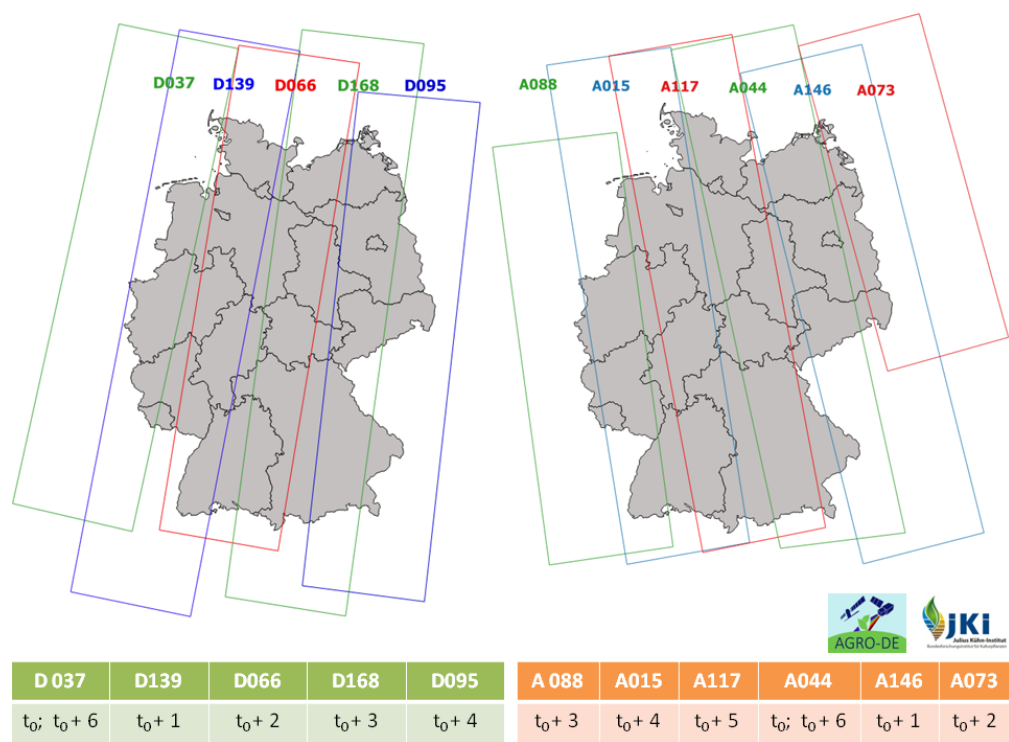
Seit Oktober 2014 bzw. Oktober 2016 liefern die Radarsatelliten [Sentinel-1 A+B](#) regelmäßig Bilddaten. Für Deutschland ergibt sich so eine Abdeckung mit elf Flugstreifen (Orbits), wobei fünf Orbits morgens (D = descending orbits) und sechs Orbits abends (A = ascending orbits) an verschiedenen Tagen Deutschland überfliegen (Abb. 2a). Durch die Überlappung der Flugstreifen werden die meisten Regionen Deutschlands etwa alle zwei Tage erfasst. Der aktive Radarsen-

sor ist beleuchtungsunabhängig und die ausgesendeten Mikrowellen können Wolken durchdringen, so dass das System weitgehend witterungsunabhängig aufzeichnet. Für die Landanwendungen stehen zwei Bildkanäle zur Verfügung, die sich in den Polarisationssebenen der ausgesendeten und empfangenden elektromagnetischen Wellen unterscheiden (VV: vertikal gesendet und empfangen, VH: vertikal gesendet, horizontal aufgezeichnet). Die technischen Eigenschaften des Sentinel-1-Satelliten erlauben eine verlässliche Datenverfügbarkeit in hoher zeitlicher und räumlicher (10 m) Auflösung.

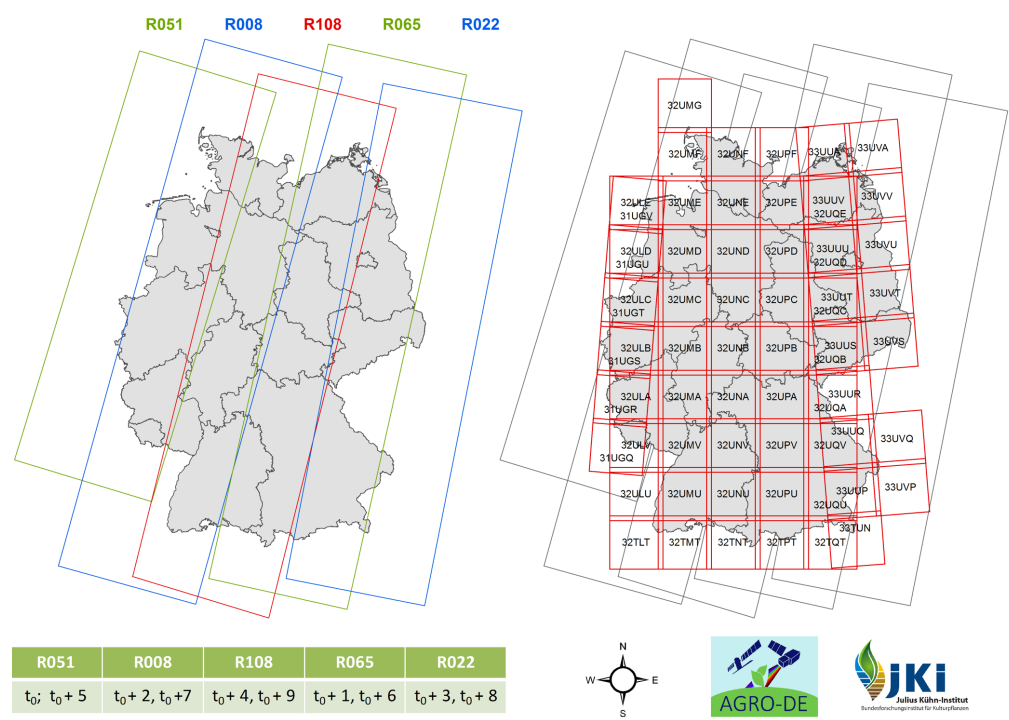
Seit Dezember 2015 bzw. März 2017 werden die Daten des optischen [Sentinel-2 A+B](#)-Satelliten bereitgestellt. Der Satellit überfliegt Deutschland mit sechs Flugstreifen (Abb. 2b). Auch diese Flugstreifen überlappen sich, so dass Deutschland dann etwa alle fünf Tage überflogen wird. Das optische System kann jedoch durch Bewölkung beeinflusst werden, so dass die tatsächlichen Aufzeichnungsraten geringer ausfallen. Der multi-spektrale Sensor zeichnet in 13 Kanälen mit geometrischen Auflösungen von 10, 20 und 60 m² auf. Hervorzuheben ist, dass der für landwirtschaftliche Fragestellungen wichtige Wellenlängenbereich des nahen Infrarots (NIR) sich insbesondere im Vergleich zum amerikanischen Sensor Landsat 8 durch eine höhere spektrale Auflösung auszeichnet (Abb. 3; [Song et al., 2021](#)).

Landwirtschaftliche Fernerkundung Landwirtschaftliche Fernerkundung zielt auf das Monitoring der Kulturpflanzenentwicklung in verschiedenen raum-zeitlichen Kontexten und Auflösungen ([Chen et al., 2008](#); [Nellis et al., 2009](#); [Karthikeyan et al., 2020](#); [Weiss et al., 2020](#)). Das betrifft beispielsweise die Ableitung von Vegetations- und Bodenparametern bzw. -klassen zur Fruchtartenerkennung, zum Biodiversitätsmonitoring, zur Beobachtung des Vegetationszustandes und Pflanzenstress, zur Nährstoffversorgung, aber auch zur räumlichen Variabilität und Abgrenzung von Managementzonen. Zeitreihendaten verschiedener Plattformen können auch für eine erweiterte Überwachung und Modellierung eingesetzt werden, so dass u.a. phänologische Zyklen einzelner Anbaufrüchte (z.B. [Esch et al., 2014](#)), Ertragsschätzungen und Ernteprognosen ([van Klompenburg et al., 2020](#)) abgeleitet oder Angaben zur Nettoprimärproduktion geschätzt werden können (z.B. [Wang et al., 2005](#); [Zhao & Running, 2008](#); [Song et al., 2013](#)). Die Verknüpfung von Fernerkundungsinformationen mit Daten aus anderen Quellen können für die Modellierung wichtige Eingangsgrößen darstellen. So kann z.B. die Verknüpfung des Bedeckungsgrades photosynthetisch aktiver Vegetation in Kombination mit abgestorbener Vegetation, Bodendaten und digitalen Höhenmodellen zur Ableitung einer Risikopotenzialkarte für Bodenerosion verwendet werden ([Möller et al., 2017](#); [Ayalew et al., 2020](#)).

Der Einsatz insbesondere optischer Satellitenbilder in der praktischen Landwirtschaft ist aufgrund der häufigen Bewölkung in Deutschland nur eingeschränkt möglich. Hinzu kommt, dass landwirtschaftliche Flächen innerhalb der Vegetationsperiode einem permanenten Wandel unterliegen (offener Boden, Vegetation, reife Vegetation, Zwischenfrucht etc.), so dass eine Fläche innerhalb eines Jahres mindestens drei verschiedene, dominierende Spektralinformationen liefert. Das bedeutet, dass viele Fernerkundungsdaten erst lange nach der eigentlichen Aufnahme



(a)



(b)

Abbildung 2: Überflugstreifen (Orbits) der Sentinel-1- (a) und Sentinel-2-Satelliten (b) für Deutschland.

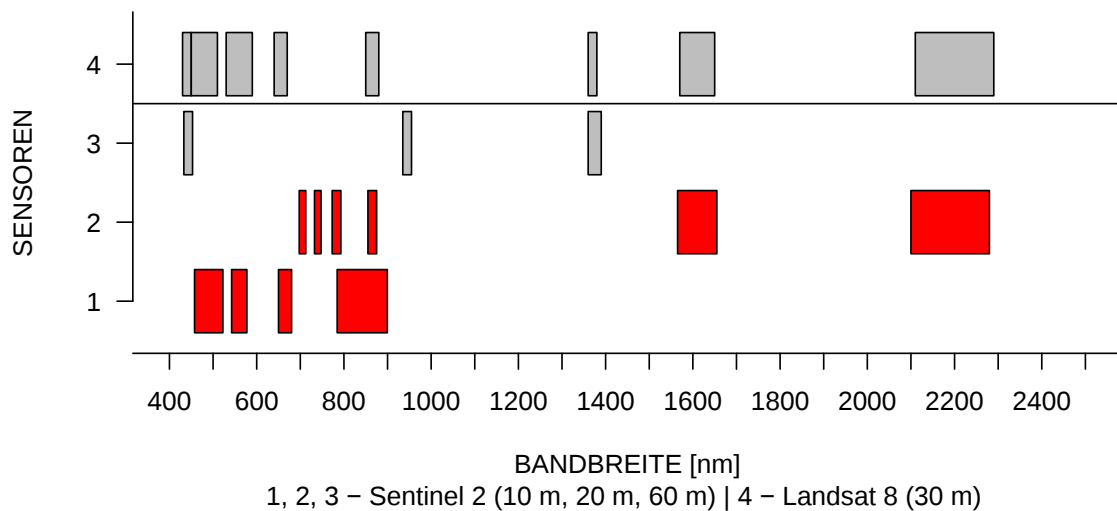


Abbildung 3: Spektralbänder der Sentinel-2- und Landsat-8-Sensoren.

me in Wert gesetzt werden können, da der Zustand von Flächen in der Vergangenheit aktuellen Veränderungen gegenübergestellt werden muss. Das erfordert einen langfristigen Zugang zu standardisierten Satellitenbildern und Datenprodukten sowie die Verknüpfung von aus der Fernerkundung abgeleiteten biophysikalischen Parametern mit agronomischen Größen (Nellis et al., 2009).

Im Gegensatz zu optischen Sensoren können SAR-Systeme bei nahezu allen Witterungsbedingungen unabhängig von Wolkenbedeckung, Niederschlag etc. eingesetzt werden. Weiterhin ermöglichen sie als aktive Sensoren die Akquise von Bilddaten bei Tag und Nacht. Die SAR-Technologie erlaubt somit die Aufnahme kontinuierlicher und zeitlich hochauflösender Zeitreihen, die insbesondere vor dem Hintergrund der häufigen Bewölkung in Mitteleuropa für ein operationelles landwirtschaftliches Monitoring unerlässlich sind (Weiss et al., 2020). Ein Meilenstein in der SAR-basierten Überwachung von Kulturpflanzen war deshalb der Start der Sentinel-1-Satelliten (Karthikeyan et al., 2020). Das Potential von SAR-Daten zur Bestandesparametererfassung (z.B. Phänologie, frische Biomasse, Pflanzenwassergehalt) wurde in zahlreichen wissenschaftlichen Studien demonstriert. Dabei hat sich für Sentinel-1-Daten insbesondere der Ratio aus kreuz- und ko-Polarisation als geeigneter Parameter erwiesen. Der Vorteil gegenüber der Nutzung der Rückstreu-Intensitäten ist dessen stärkere Robustheit gegenüber temporalen Effekten wie Bodenfeuchteschwankungen, Tau und Niederschlag. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass der VH/VV Ratio stark mit der Entwicklung wichtiger Bestandsparameter wie den Grünflächenindizes (GAI) und der frischen Biomasse korreliert (Veloso et al., 2017; Christiansen et al., 2019). Weiterhin kann die SAR-Technologie einen wichtigen Beitrag zur Identifikation von für die Bewirtschaftung relevanten Wachstumsstadien liefern (Nasrallah et al., 2019; Christiansen et al., 2019; Khabbazan et al., 2019; Schlund & Erasmí, 2020). Beispielsweise kann der Zeitpunkt der Blüte von Weizen und Raps erfasst werden. Da das Krankheitsrisiko während der Blüte besonders hoch

ist, können SAR-basierten Informationen einen wichtigen Beitrag in der Vermeidung von Pflanzenkrankheiten sowie der Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln leisten ([Vreugdenhil et al., 2018](#)).

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass Zeitreihen numerischer Parameter entscheidende Bausteine sind, um die raumzeitliche Dynamik biotischer Zustände von Ackerfrüchten zu erfassen. Erst die integrative Analyse der Geodatenzeitreihen ermöglicht fundierte agrarrelevante Bewertungen ("informed decisions"; [Kopp et al., 2019](#); [Filchev et al., 2020](#); [Giuliani et al., 2020](#); [Weiss et al., 2020](#)). Bei der Überführung der Geodaten in analysefertige Zeitreihenprodukte sind allerdings folgende Herausforderungen zu beachten ([Overpeck et al., 2011](#); [Weiss et al., 2020](#)):

- Langjährige Satellitenbilddaten können zwar über verschiedene Plattformen frei bezogen werden (z.B. [Justice et al., 1998](#); [Wulder et al., 2016](#); [Shang & Zhu, 2019](#); [Defourny et al., 2019](#)), die Ableitung deutschlandweiter Satellitenbild-basierter Parameterzeitreihen bedingt jedoch die Anwendung von umfangreichen und rechenintensiven Vorprozessierungsschritten (z.B. [Filipponi, 2019](#); [Ranghetti et al., 2020](#)).
- Aufgrund der hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung, der daraus resultierenden (zunehmenden) Dateigrößen und Geodatenheterogenität (Big Data) sowie der raum-zeitlichen Dynamik besteht die technologische Herausforderung in der Etablierung geeigneter Methoden der effizienten Datenhaltung sowie multiskalaren Datenintegration und -analyse bzw. in der Anpassung existierender Datenanalysealgorithmen ([Lewis et al., 2017](#); [Delgado et al., 2019](#); [Giuliani et al., 2019](#)).

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die [Domäne Bahrdorf](#) im niedersächsischen Landkreis Helmstedt diente im Projekt als primärer Demonstrationsbetrieb sowie als Standort für Feldversuche und Geländekampagnen. Darüber hinaus fungierten die Hessische Staatsdomäne Beberbeck nahe der nordhessischen Stadt Hofgeismar und die Herzogliche Gutsverwaltung Grünholz als Demonstrationsbetriebe.

Zusätzliche (kommerzielle) Satellitenbilder konnten über das [RapidEye Science Archive \(RESA\)](#) bezogen werden, das durch die Firma [Planet](#) im Auftrag des [DLR Raumfahrtmanagements](#) mit Mitteln des [BMW](#) betrieben wird.

Weiterhin wurde AGRO-DE als Pilotprojekt für das vom [BMW](#) geförderten Projekt [CODE-DE](#) ausgewählt, um die Funktionalitäten wie Datendownload, -prozessierung, -archivierung und -verteilung einrichten und nutzen zu können.

Mit dem [Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung Braunschweig \(ZAMF\)](#) des [Deutschen Wetterdienstes \(DWD\)](#) wurden eine Vereinbarung zur Nutzung agrarmeteorologischen Daten getroffen.

Schließlich erfolgte der Aufbau einer AGRO-DE-Geodateninfrastruktur in enger Zusammenarbeit mit dem Bereich [Datenverarbeitung und IT](#) sowie dem [Institut für Strategien und Folgenabschätzung](#) des JKI.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

2.1.1 Infrastruktur (AP 1)

2.1.1.1 Zielstellung Für den Projektpartner JKI bestand der Hauptgegenstand des Arbeitspaketes in der Etablierung von Webdiensten, um deutschlandweite agrarrelevante Rasterdatenzeitreihen zugänglich zu machen. Voraussetzung war der Aufbau einer Geodateninfrastruktur (GDI) unter dem Dach des JKI-Forschungszentrums für landwirtschaftliche Fernerkundung (FLF).

2.1.1.2 Methoden und Ergebnisse Die Struktur der AGRO-DE-GDI ist im Zuge der Projektlaufzeit in Zusammenarbeit mit dem Bereich [Datenverarbeitung und IT](#) des JKI aufgebaut und in Betrieb genommen worden. Die AGRO-DE-GDI besteht aus einem Netzwerk verschiedener Server, die 1. den Import, 2. die Prozessierung und Speicherung sowie 3. die Einrichtung standardisierter Webdienste erlauben:

1. Die importierten Geodaten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Herkunft. So werden beispielsweise langjährige Zeitreihen agrarmeteorologischer Parameter durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) entweder über das Portal [Climate Data Centre](#) (CDC; [Kaspar et al., 2019](#)) oder durch gesonderte Datenlieferungen im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen zwischen DWD und JKI bereitgestellt. Dagegen werden phänologische Parameter und Sentinel-1/2-Daten am JKI generiert (vgl. Kap. [2.1.2](#)).
2. Interne Prozessketten zur Generierung von Sentinel-1- und Sentinel-2-Mosaiken und -Indizes sowie phänologischen Flächendatensätze sind auf Servern des JKI-Standortes Bundesallee aufgebaut worden (Kap. [2.1.2](#)), wo auch die Speicherung der Datenprodukte erfolgt.
3. Am JKI-Standort Messeweg wurde ein Webserver aufgebaut, über den verschiedene [OGC](#)-konforme Datenabfragen über [WMS](#)-, [WFS](#)- und [WCS](#)-Standards realisiert worden sind. [Tabelle 1](#) fasst die im Zuge der Projektbearbeitung erstellten AGRO-DE-Webdienste zusammen.

2.1.2 Vorprozessierung EO-Daten (AP 2)

2.1.2.1 Zielstellung Ziel des Arbeitspaketes war die Entwicklung von automatischen Vorprozessierungsketten zur Generierung von analysefertigen Sentinel-1- und Sentinel-2-Mosaiken und -Indizes aus den im [Copernicus Open Access Hub](#) frei verfügbaren Rohdaten. [Abbildung 4](#) fasst die wichtigsten Vorprozessierungsschritte zusammen, die innerhalb der JKI-Geodateninfrastruktur umgesetzt worden sind (Kap. [2.1.1](#)).

Tabelle 1: Durch das JKI generierte AGRO-DE-Webdienste.

Bezeichnung	Dienst	Datengrundlage	Berechnungsmethode
Ertragsstatistik	WFS	Statistisches Bundesamt	
Exposition	WCS	DGM 10 (BKG)	Modul ta_morphometrie , SAGA-GIS
Hangneigung	WCS	DGM 10 (BKG)	Modul ta_morphometrie , SAGA-GIS
Topographischer Bodenfeuchteindex	WCS	DGM 10 (BKG)	Modul ta_hydrology_20 , SAGA-GIS
Höhe	WCS	DGM 10 (BKG)	
Tagesniederschlag	WCS	DWD-Open Data Server	Rauthe et al. (2013)
Jahresniederschlag	WCS	DWD-Open Data Server	Rauthe et al. (2013)
Wärmesummen	WCS	DWD-Open Data Server	
Phänologie	WFS	DWD-Open Data Server	Kaspar et al. (2015) ; Gerstmann et al. (2016) ; Möller et al. (2020)
Sentinel-1-Mosaik	WCS	Copernicus Open Access Hub	Kap. 2.1.2
Sentinel-2-Mosaik	WMS	Copernicus Open Access Hub	Kap. 2.1.2
Ertragsschätzung	WMS	Sentinel-2-Mosaik	Kap. 2.1.3

2.1.2.2 Methoden und Ergebnisse

2.1.2.2.1 Sentinel-1 Die Vorprozessierungskette zur Ableitung von Sentinel-1-Kompositen folgt der Vorgehensweise von [Filipponi \(2019\)](#) und beginnt mit dem Bezug von zeitlich benachbarten Orbitdatensätzen (Sentinel-1 L1 GRD). Abbildung [5a](#) zeigt die Sentinel-1-Orbit-Aufnahmen für den Zeitraum vom 30.9. bis 2.10.2016. Danach folgen die Schritte “border noise removal” (Beseitigung von Artefakten an Bildrändern) und “terrain correction” (reliefspezifische geometrische Anpassungen der Rasterzellen). Als Ergebnis entstehen radiometrisch kalibrierte Rückstreu-Datensätze, die in Abhängigkeit von ihrer Polarisierung mosaikiert werden.

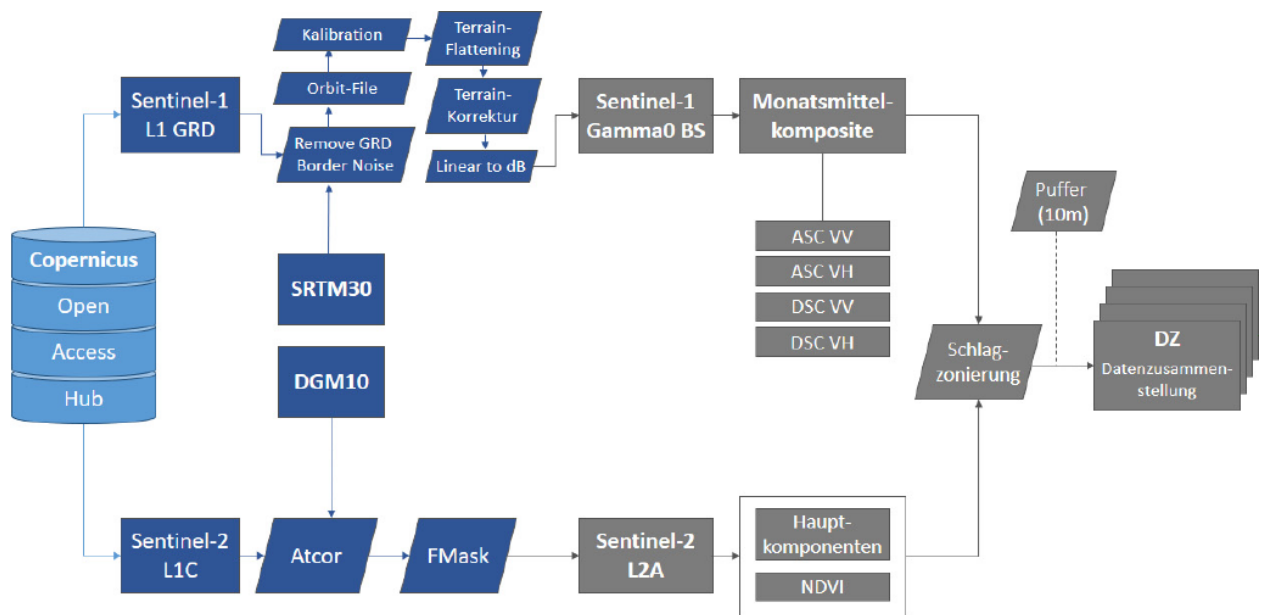
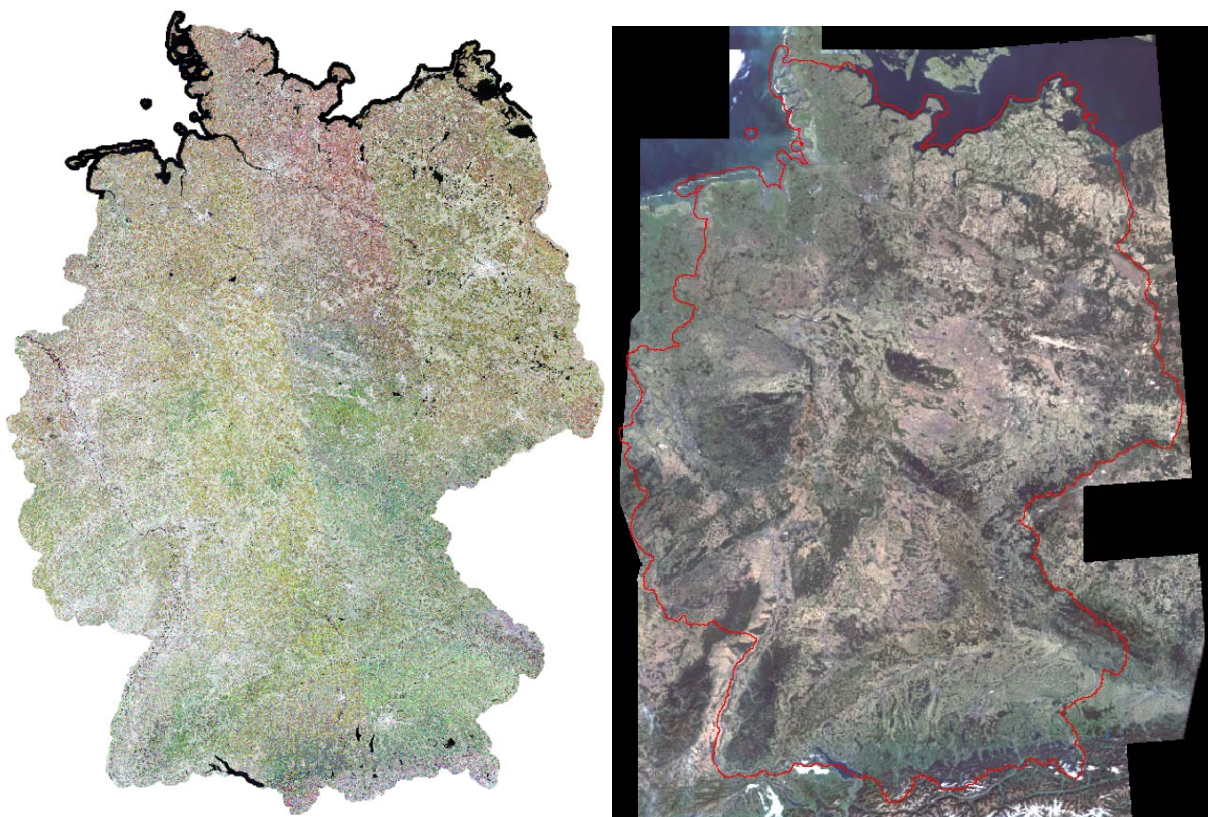


Abbildung 4: Arbeitsschritte zur Vorprozessierung zur Vorprozessierung von Sentinel-1- und Sentinel-2-Bilddaten.

2.1.2.2.2 Sentinel-2 Die Prozessierung der Sentinel-2-Daten startet mit dem Bezug von L1C-Aufnahmen mit einer Wolkenbedeckung $< 20\%$. Die Atmosphärenkorrektur der Bilddatensätze ist mit dem Modell ATCOR (Richter, 1996) und die Wolkendetektion mit dem Modell FMask (Zhu et al., 2015) realisiert worden. Als Ergebnis entstehen deutschlandweite Sentinel-2-Mosaik. Abbildung 5b zeigt ein Mosaik für den Aufnahmezeitraum 10. bis 15.10.2018.

Darüber hinaus wurden potenzielle Alternativen zur Prozessierung großer Fernerkundungsdatamengen getestet. FORCE (Framework of Operational Radiometric Correction for Environmental Monitoring) ist eine eigenständige Prozessierungskette (Frantz, 2019), die auf die Prozessierung großer Sentinel-2-Datenmengen ausgelegt ist. Die Sentinel-2-Produkte beider Prozessketten wurde auf Unterschiede hinsichtlich ihrer Radiometrie untersucht, da die Atmosphärenkorrektur von FORCE im Unterschied zur oben beschriebenen Vorgehensweise auf dem Modell HITRAN bzw. FLAASH basiert (Matthew et al., 2002). Zum Produktvergleich sind vor allem vegetationsbedeckte Oberflächen auf Unterschiede in den Kanälen 2,3,4 und 8 (vgl. Abb. 3) hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf landwirtschaftliche Datenprodukte untersucht worden. Abbildung 6 zufolge sind die einzelnen Kanäle insgesamt sehr ähnlich korrigiert worden. Einige Abweichungen, die vor allem in den Kanälen 2, 3 und 4 vier auftreten, sind nach einer direkten Pixelkontrolle im urbanen Raum zurückzuführen. Durch die sehr unterschiedliche Beschaffenheit der Oberflächen sind dort stärkere Unterschiede zwischen einzelnen Atmosphärenkorrekturen nicht unüblich. Insgesamt kann festgestellt, dass beide Prozessierungsmethoden vergleichbar sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Wahl der Prozessierungsmethode keine Auswirkungen auf potenzielle landwirtschaftliche Datenprodukte hat.



(a) Mosaik aus fünf Sentinel-1A-Orbitdatensätzen, Aufnahmezeitraum 30.9. bis 2.10.2016 (b) Reflektanz-Mosaik; Aufnahmezeitraum 10. bis 15.10.2018

Abbildung 5: Sentinel-1- (a) und Sentinel-2-Mosaik (b).

2.1.3 Produkterstellung (AP 3)

2.1.3.1 Zielstellung Gegenstand des Arbeitspaketes AP 3 ist die Ableitung von landwirtschaftlichen Informationsprodukten, die sich aus der Modellbildung zwischen Referenzinformationen und den vorprozessierten Sentinel-1- und Sentinel-2-Zeitreihen ergeben (vgl. Kap. 2.1.2). Dabei handelt es sich um Bestandesparameter und dynamische Ertragsschätzungen (Kap. 2.1.3.2.1), Fruchtartenklassifikationen (Kap. 2.1.3.2.2) sowie Ernteterminbestimmungen (Kap. 2.1.3.2.3).

2.1.3.2 Methoden und Ergebnisse

2.1.3.2.1 Bestandesparameter und Ertragsschätzungen Auf dem Demonstrations- und Praxisbetrieb Domäne Bahrdorf sind durch das JKI Feldversuche und Geländekampagnen durchgeführt worden. Für die Feldkampagnen wurde ein 30,4 ha großer Schlag mit Winterweizen ausgewählt. Die Probennahmen umfassten Messungen mit dem Spektrometer SVC HR1024 der Firma [Spectra Vista Cooperation](#) sowie die Erfassung von Bestandesparametern. Dazu zählen der Blattflächenindex (Leaf area index = LAI), die Bestandeshöhe, der Chlorophyllgehalt (SPAD-Wert)

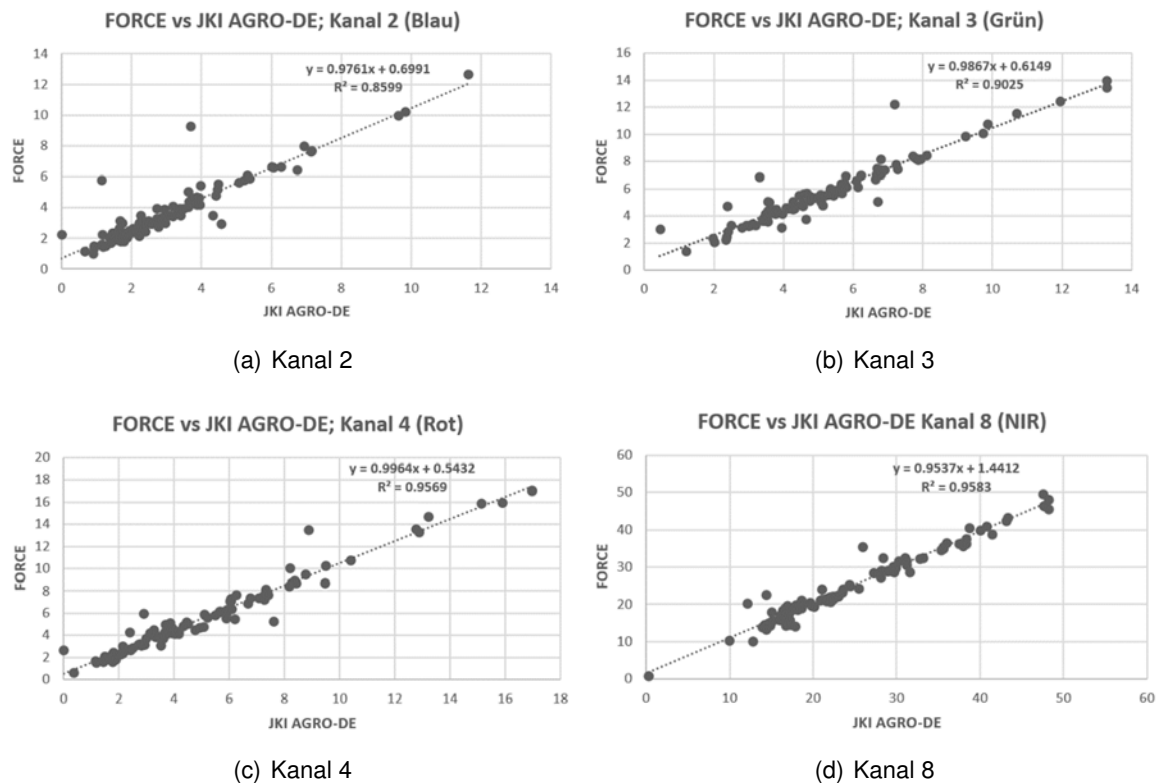


Abbildung 6: Pixelvergleich zwischen vorprozessierten Sentinel-2-Kanälen (vgl. Abb. 3) basierend auf dem JKI- (JKI-AGRO-DE) und FORCE-Algorithmus.

sowie das phänologische BBCH-Entwicklungsstadium (Bleiholder et al., 2001). Die Bestimmung des LAI erfolgte mittels LI-COR LAI-2200C. Der SPAD-Wert wurde mit einem Chlorophyll-Meter SPAD-502 bestimmt. Nach Abschluss der Messungen wurden die Plots zur Bestimmung der frischen und trockenen Biomasse geerntet. Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Charakteristik des Bestandes während der Feldkampagne im Jahr 2017. So befand sich der Winterweizenbestand am 20.4.2017 im Entwicklungsstadium "Schossen" (BBCH-Code 30 bis 32) und am 2.6.2017 im Entwicklungsstadium "Ährenscheiden bzw. -schieben" (BBCH-Code 49 bis 59).

Die Bestandesparameter dienen als Eingangsformationen für die Pflanzenwachstums- und Ernteertragsschätzung, wofür im Zuge der Projektlaufzeit ein Modell erarbeitet worden ist (Abb. 10). Pflanzenwachstumsmodelle benötigen eine Reihe von Zustandsvariablen (z.B. oberirdische Biomasse, Blattflächenindex und phänologisches Entwicklungsstadium), die mit Hilfe von Satellitenbilddaten gewonnen werden können. Damit ist es möglich, durch die Integration von Fernerkundungsdatenprodukten bzw. -derivaten Zeitserien und hochaktuelle Informationen über den Zustand der Bestände und die Ertragserwartungen zu gewinnen. Abbildung 11 zeigt eine Sentinel-2- und daraus abgeleitete Bestandesparameterzeitserie am Beispiel eines Ackerschläges der Domäne Bahrdorf für das Jahr 2017.

Zur Ableitung der Bestandesparameter sind Feldkampagnen durch Befliegungen mit einer Hyperspektralkamera (HySpex) an Bord einer DO-228 unter Leitung des Projektpartners DLR begleitet worden. Basierend auf den Feld- und Bilddaten erfolgten Arbeiten zur Produktentwicklung und -validation. Die Abbildungen 9 und 12 veranschaulichen die Vorgehensweise am Beispiel der Schätzung des Flattflächenindex (LAI) und der frischen Biomasse (FM) vom 20.4. und 2.6.2017 bzw. 27.5.2017 auf Basis von HySpex- und Sentinel-2-Daten.

Die Abbildungen 13 und 14 zeigen die Ergebnisse der Ertragsschätzungen für den Testschlag der Domäne Bahrndorf bzw. für den gesamten Landkreis Helmstedt am Beispiel von Winterweizen. Der Vergleich der Modellierungsergebnisse mit gewogenen Realerträgen ergab eine durchschnittliche Abweichung von zwischen 15 bis 20 %.

2.1.3.2.2 Fruchtartenklassifikation Im Zuge der Projektlaufzeit sind mit dem *Random Forest*- (RF) und *Maximum Likelihood*-Verfahren (ML) zwei methodische Ansätze der Fruchtartenklassifikation verglichen worden (Breiman, 2001; Sun et al., 2013), wobei die Auswirkungen der kombinierten Verwendung von Sentinel-1- und Sentinel-2-Parametern (vgl. Kap. 2.1.3.2.1) untersucht worden sind. Die beiden Ansätze sind mit Hilfe von Modulen innerhalb der QGIS-Programmumgebung umgesetzt worden (Congedo, 2014; Karasiak & Perbet, 2018; QGIS Development Team, 2018).

Die Klassifikation wurde am Beispiel von drei sogenannten Fernerkundungszonen im Bundesland Niedersachsen durchgeführt. Dabei handelt es sich um Kluse (KLUS), Bad Fallingbostel (BAFA) und Adenbüttel (ADBU) mit einer räumlichen Ausdehnung von ca. 3040 km² (Abb. 7). Die Nutzung der Landwirtschaftsfläche in diesen Zonen variiert boden- und witterungsbedingt teilweise stark. Während in der Zone ADBU Winterweizen (34 %) gefolgt von Zuckerrüben (20 %) und Mais (12 %) dominieren, bedecken Mais (41 %), Kartoffeln (23 %) und Triticale (9 %) in der Zone KLUS den größten Teil der Flächen. In der Zone BAFA werden vorwiegend Mais (34 %), Winterroggen (13 %) und Sommergerste (9 %) kultiviert. Die mittlere Schlaggröße beträgt in allen drei Zonen weniger als 3 ha (Median), das 0,75-Quantil beträgt 5 ha. Das entspricht ca. 41 % der Ackerfläche in den Zonen ADBU und BAFA sowie 53 % in der Zone KLUS. Alle Angaben beziehen sich auf das Erntejahr 2018.

Als Eingangsdaten sind jeweils 12 Sentinel-1-Monatskomposite für das Jahr 2018 in VV-, VH- und VV-Polarisation sowie Sentinel-2-Monatskomposite der Hauptkomponenten und des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) erstellt worden. Bei der Klassifikation sind drei verschiedene Datenzusammenstellungen getestet worden (Tab. 2). Vor der Klassifikation wurden alle Satellitendaten mit den Schlagvektoren der Antragsdaten aus der Agrarförderung Niedersachsen des Servicezentrums Landentwicklung und Agrarförderung maskiert. Für die verbleibenden Ackerflächen wurden für jeden Sentinel-1- und Sentinel-2-Datensatz der Mittelwert pro Schlag bestimmt. Jede Rasterzelle innerhalb eines Schlages ist anschließend mit dem entsprechenden Mittelwert belegt worden. Um den Einfluss von Randeffekten und Mischpixeln zu prüfen, wurde dieser Vorgang unter Verwendung eines Puffers von 10 m für alle Datensätze wiederholt.

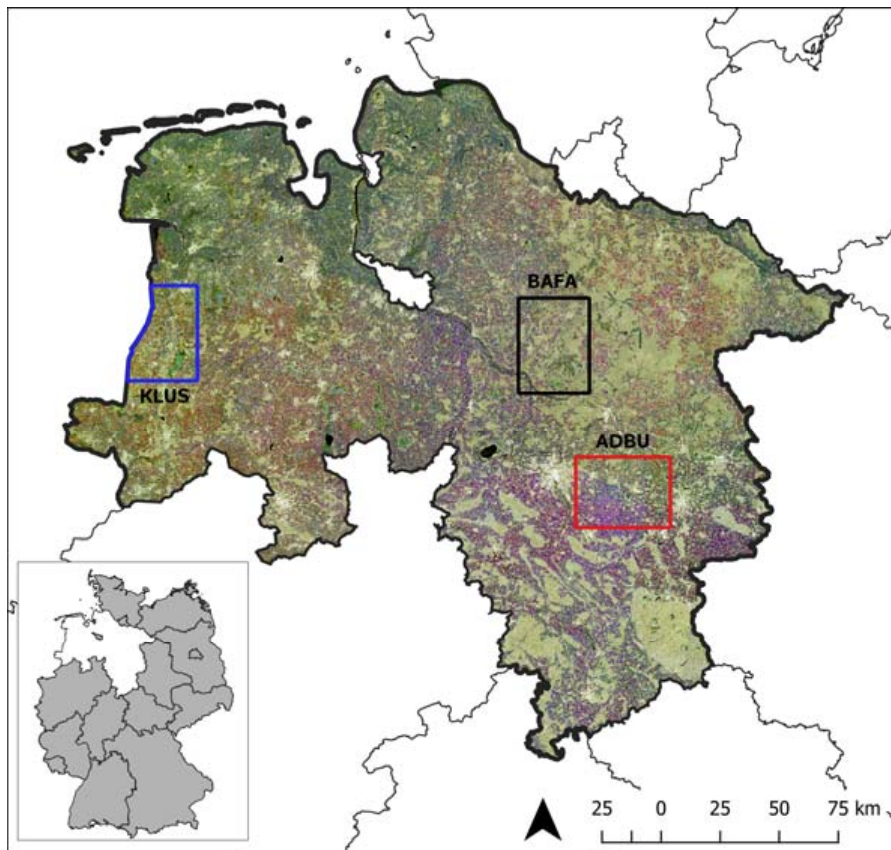


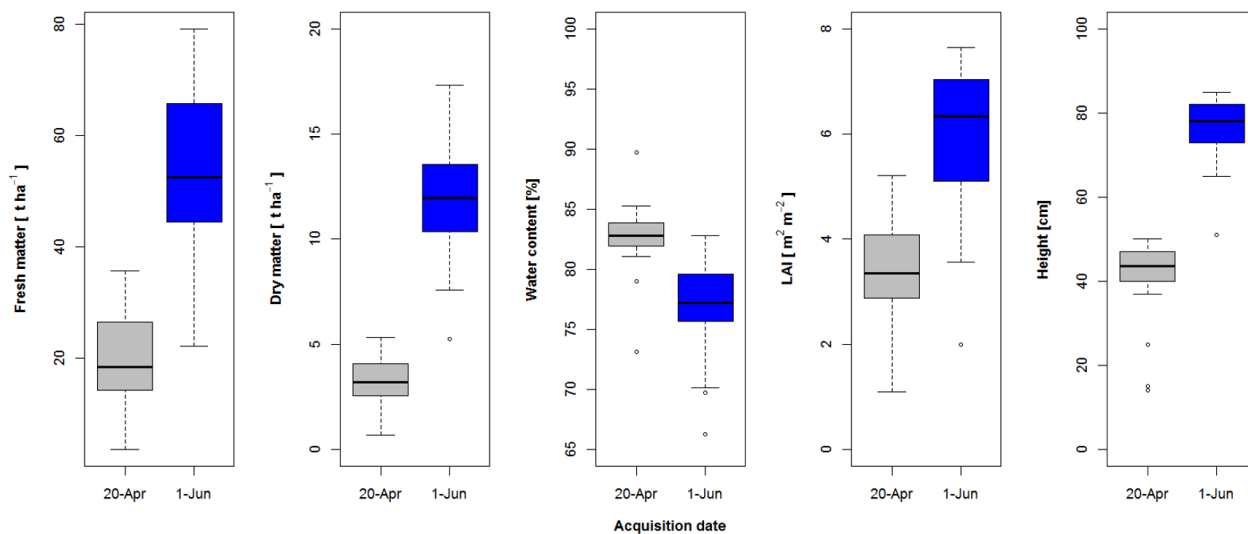
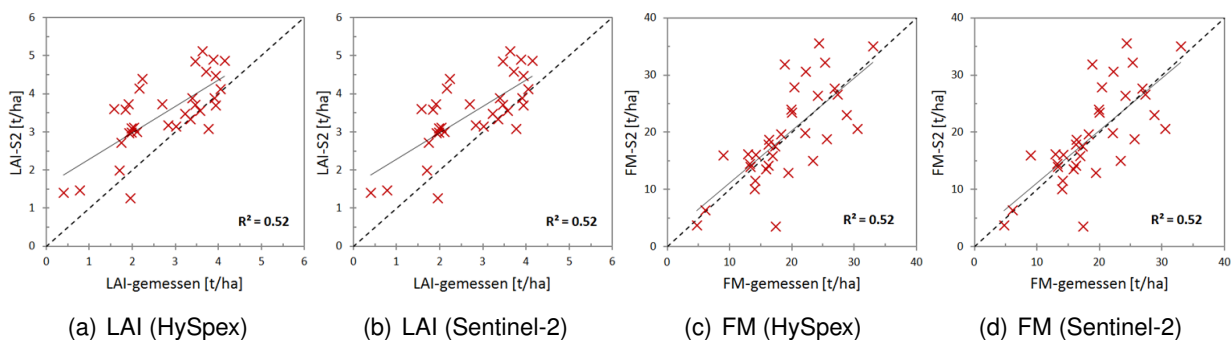
Abbildung 7: Sentinel-1-Monatskomposit in RGB-Farbdarstellung und Untersuchungsgebiete in Niedersachsen. Die RGB-Farbkanäle entsprechen den Monaten Juli, Mai, März des Jahres 2018.

Für die Fernerkundungszonen wurde mehrere Klassifikationen mit unterschiedlichen Datenzusammenstellungen entsprechend Tabelle 2 mit bis zu 69 Bändern durchgeführt. Unabhängig vom Eingangsdatensatz und der Vorverarbeitung erzielte die RF-Methode im Vergleich zum ML-Verfahren in allen Fällen eine etwas höhere Gesamtgüte. Der RF-Ansatz zeigte sich aber auch in Bezug auf die Prozessierungsdauer deutlich überlegen. Eine Klassifikation mit 69 Bändern war mit der ML-Methode nicht möglich, da der Prozess nach 38 Minuten durch das Programm abgebrochen wurde (Tab. 3).

Einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Klassifikationsgüte (Gesamtgüte) hatte die Art und die Anzahl der Eingangsdaten. Die besten Ergebnisse wurden bei der gemeinsamen Verwendung von Sentinel-1- und -2-Daten erzielt. Die separate Verwendung von Sentinel-1 oder Sentinel-2 resultierte in etwas besseren Ergebnissen bei Nutzung der Sentinel-1 Daten. Dabei erwies sich insbesondere eine Kombination von ASC-VH und DSC-VV als zielführend. Die Verwendung eines räumlichen Puffers führte nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Gesamtgüte. Sie verbesserte vor allem die Trefferquote der Klasse "Sonstiges". Flächen dieser Klasse wiesen eine mittlere Flächengröße von weniger als 0,7 ha auf.

Tabelle 2: Übersicht über die Datenzusammenstellungen (DZ) zur Fruchtartenklassifikation.

DZ	Anzahl Bänder	Daten
I	69	S-1 (48 Bänder): ASC-VV, ASC-VH, DSC-VV, DSC-VH S-2 (21 Bänder): 1. + 2. Hauptkomponente, NDVI
II	24	S-1 (24 Bänder): ASC-VH, DSC-VV
III	14	S-2 (14 Bänder): 1. + 2. Hauptkomponente

**Abbildung 8:** Boxplots zur Charakterisierung der Bestandesparameter während der Feldkampagnen am 20.4 und 1.6.2017 auf dem Testschlag der Domäne Bahrdorf (Fresh matter – Frischmasse, Dry matter – Trockenmasse, Water content – Wassergehalt, LAI – Blattflächenindex, Height – Bestandeshöhe).**Abbildung 9:** Streudiagramme von gemessenen und modellierten LAI- und FM-Werten für die Aufnahmetermine 27.5. (HySpex) bzw. 2.6.2017 (Sentinel-2) (LAI – Blattflächenindex, FM – Frischmasse).

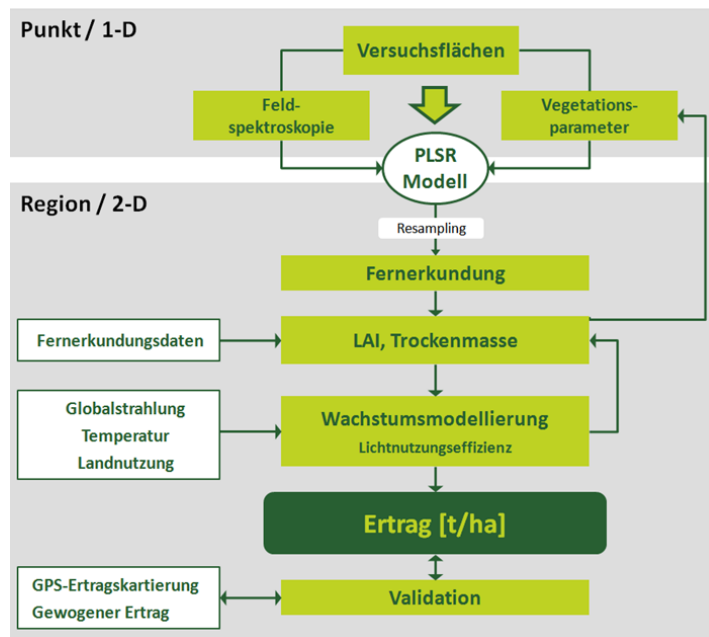


Abbildung 10: Modell zur Ertragsschätzung basierend auf Feldspektroskopie und Vegetationsparametern.

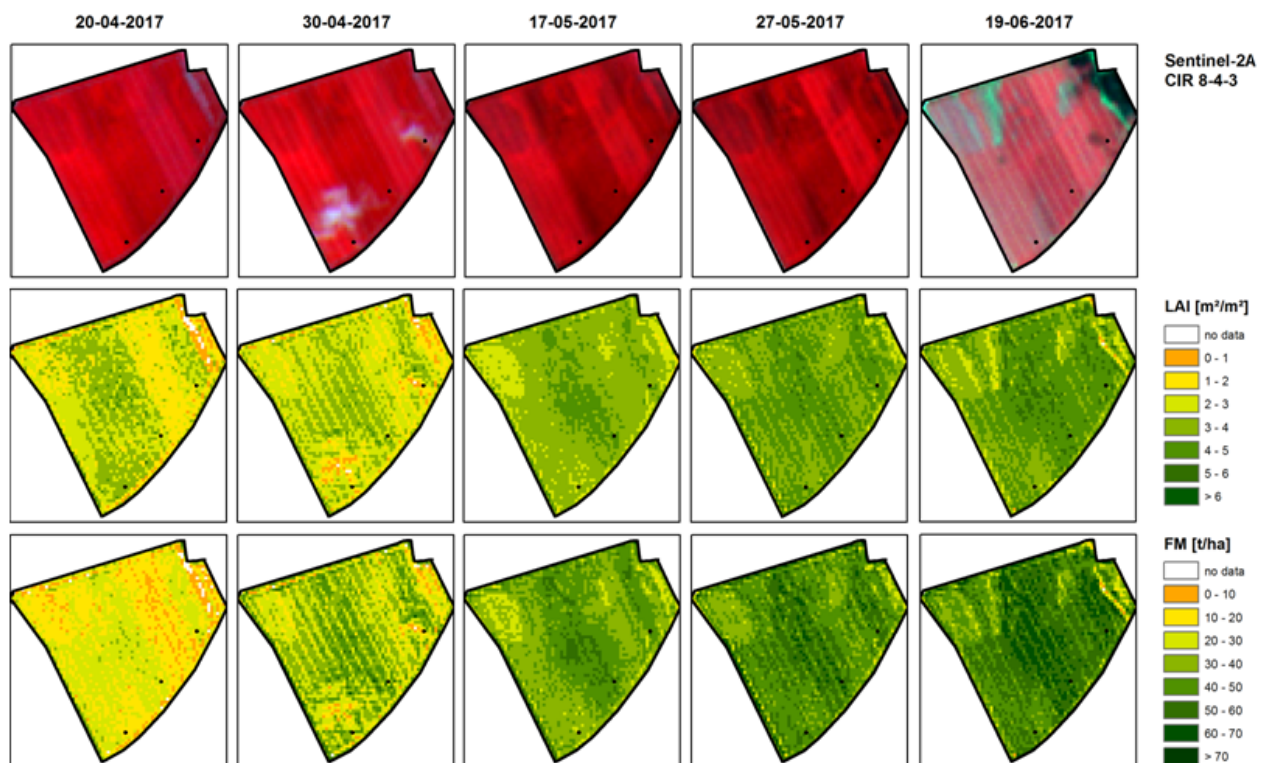


Abbildung 11: Sentinel-2-Zeitreihe und abgeleitete Bestandssparameter LAI (Blattflächenindex) und FM (Frischmasse) am Beispiel des Testschlages der Domäne Bahrdorf für das Jahr 2017 (Lage des Ackerschlaes: vgl. Abb. 14).

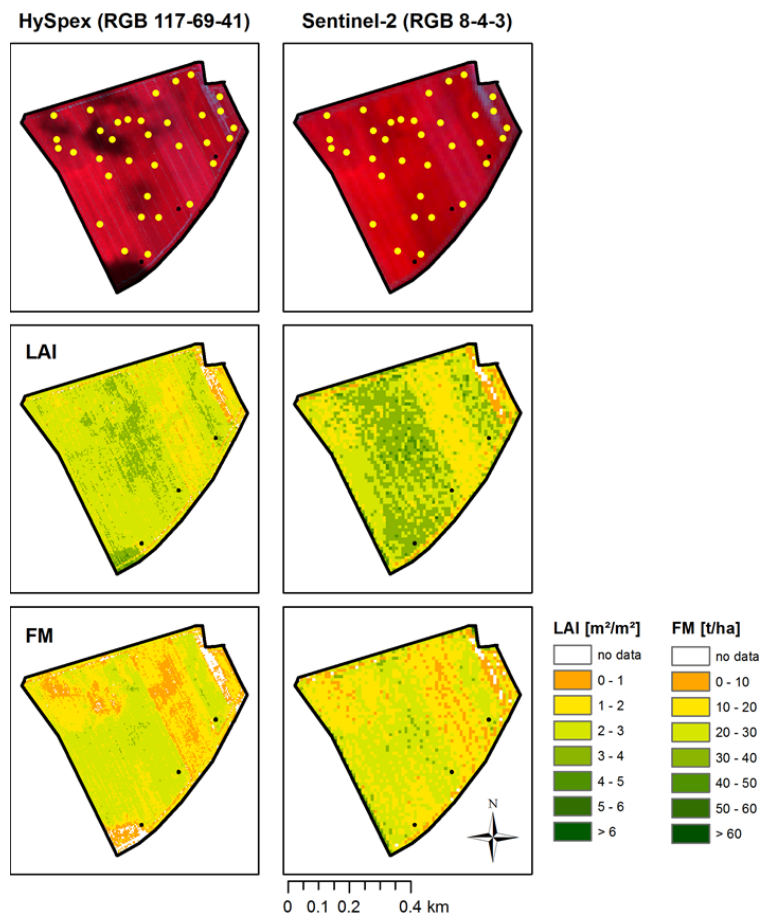


Abbildung 12: Schätzung von FM (Frischmasse) und LAI (Blattflächenindex) auf dem Testschlag der Domäne Bahrdorf basierend auf Messungen sowie HySpex-Daten und atmosphärenkorrigierten Sentinel-2-Daten (S2) für die Aufnahmetermine 27.5. (HySpex) bzw. 2.6.2017 (Sentinel-2; Lage des Ackerschlag: vgl. Abb. 14).

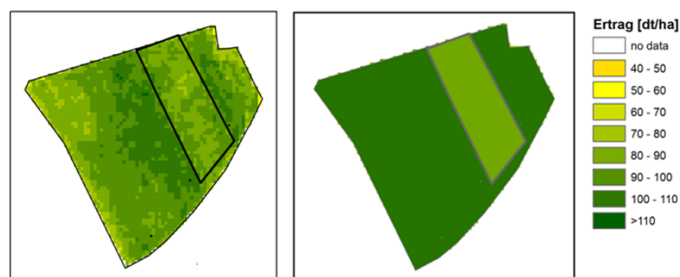
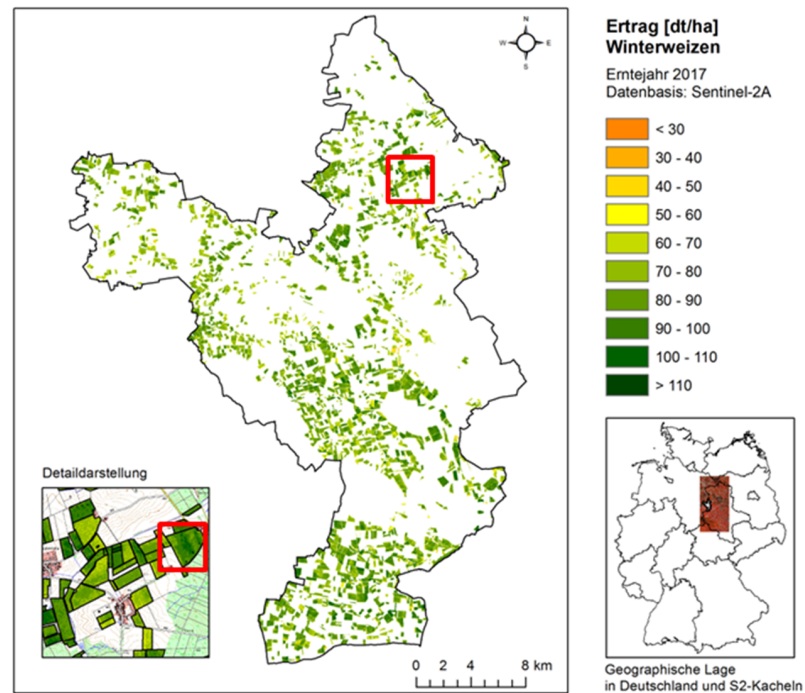


Abbildung 13: Beispiel einer Ertragsschätzung (mittlerer sortenspezifischer Realertrag) basierend auf Sentinel-2-Daten für einen Winterweizenschlag auf der Domäne Bahrdorf für das Jahr 2017 (Lage des Ackerschlag: vgl. Abb. 14).



(a)



(b)

Abbildung 14: Ertragsschätzung für den Landkreis Helmstedt für das Erntejahr 2017 (a) auf der Grundlage von Sentinel-2-Satellitenbildern (b). Die rot markierten Kartenbereiche zeigen die Lage es Testschlages der Domäne Bahrdorf (vgl. Abb. 11, 12 u. 13).

Die Nutzer- und Herstellergenauigkeiten variierten je nach Fruchtart. Für die Klassifikation mit der höchsten Gesamtgüte (RF-69p) wurden sehr gute Ergebnisse bei der Erkennung von Winterweizen, Winterraps und Hackfrüchten einschließlich Mais erzielt (Tab. 4). Schwierigkeiten traten bei der Identifikation von Sommerweizen auf, der in vielen Fällen der Klasse Winterweizen zugeordnet wurde. Außerdem kam es zu Fehlzuzuweisungen zwischen Winterroggen, Wintergerste und Winterweizen. In den Fernerkundungszonen KLUS und BAFA konnten mit dem RF-Verfahren und kombinierten Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten Gesamtgenauigkeiten von 94,8 % und 89,5 % erreicht werden, wobei die niedrigere Klassifikationsgüte für die Zone BAFA durch einen hohen Anteil der Klasse "Sonstiges" (12 %) zur erklären ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass für ein flächendeckendes Monitoring der Kulturarten die kombinierte Verwendung von Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten insbesondere im Hinblick auf die korrekte Erfassung kleiner Schläge (< 10 ha) anzustreben ist. Das RF-Verfahren erzielte generell eine etwas höhere Klassifikationsgüte als der ML-Ansatz, zeigte sich aber vor allem in Bezug auf die Prozessierungszeiten deutlich überlegen.

2.1.3.2.3 Ernteterminbestimmungen Auf der Grundlage von Sentinel-1-Zeitserien lassen sich für jedes Feld und jeden Aufnahmetermin mittlere Radar-Rückstreu-Werte bestimmen. Das Signal wird durch die rückstreuende Oberfläche beeinflusst. So zeigen Böden ohne Vegetationsbedeckung eine höhere Rückstreuung als Böden mit Vegetationsbedeckung. Daraus ergeben sich zeitliche Profile, die spezifischen Ackerkulturen zugeordnet werden können (Abb. 15) und die eine Abschätzung von Ernteterminen für verschiedene Ackerfrüchte erlauben (Abb. 16).

2.1.4 Praxistests und *On Farm*-Versuche (AP 4)

2.1.4.1 Zielstellung In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Hanse Agro GmbH sind für verschiedene Ackerfrüchte auf der Grundlage von Satellitenbild-basierten Bestandesparametern Karten der Teilflächen-spezifischen Stickstoff- bzw. N-Düngung abgeleitet worden.

2.1.4.2 Methoden und Ergebnisse Im Hinblick auf eine Unterstützung der Teilflächen-spezifischen N-Düngung von Winterraps durch Sentinel-2-Daten lag ein Schwerpunkt auf der Etablierung von Modellen zur Schätzung der oberirdischen Biomasse von Winterrapsbeständen vor Winter (Abb. 17; Sieling & Kage, 2010). Sie bilden die Grundlage für die Abschätzung der Stickstoff- bzw. N-Aufnahme der Bestände im Herbst und stellen eine wesentliche Größe bei der Ermittlung der auszubringenden Stickstoff- bzw. N-Menge im Frühjahr dar (vgl. auch Schlussbericht des Projektpartners Hanse Agro GmbH).

Etwas mehr als ein Viertel der ackerbaulich genutzten Fläche Deutschlands wird mit Winterweizen bestellt. Der Einsatz neuer satellitenbasierter Technologien zur Unterstützung der N-Bedarfsermittlung in Winterweizen ist daher für den praktischen Landwirt von ebenso großem Interesse wie die Teilflächen-spezifische N-Düngung im Raps. Im Projekt wurde deshalb ein Modell

Tabelle 3: Ergebnisse verschiedener Datenzusammenstellungen und Fruchtartenklassifikationsvarianten.

Name	DZ	FZ	Methode	Anzahl Bänder	Daten	Puffer (10m)	Gesamtgüte [%]	Zeit [min]
RF-69p	I	ADBU	RF	69	S1+S2	ja	95,7	8
ML-69p	I	ADBU	ML	69	S1+S2	ja	-	-
RF-69	I	ADBU	RF	69	S1+S2	nein	95,4	8
RF-69p	I	KLUS	RF	66	S1+S2	ja	94,8	n.a.
RF-69p	I	BAFA	RF	69	S1+S2	ja	89,5	n.a.
RF-24p	II	ADBU	RF	24	S1	ja	92,8	6
ML-24p	II	ADBU	ML	24	S1	ja	92,1	31
RF-14p	III	ADBU	RF	14	S2	ja	91,1	2
ML-14p	III	ADBU	ML	14	S2	ja	89,6	16

RF – Random Forest, ML – Maximum-Likelihood, S1 – Sentinel-1, S2 – Sentinel-2, DZ – Datenzusammenstellung (vgl. Tab. 2). Alle Zeitangaben in beziehen sich auf einen Arbeitsplatzrechner mit einem Intel Core TM i3-6100CPU, 3.7GHz mit 16Gb RAM und einen Windows 10/64bit-Betriebssystem.

Tabelle 4: Konfusionsmatrix der Klassifikationsvariante *RF-69p*, Zone *ADBU*. UA – Nutzergenauigkeit, PA – Herstellergenauigkeit.

Kultur	W.Weizen	Z.Rüben	Mais	S.Gerste	W.Raps	W.Gerste	Ka	W.Roggen	S.Weizen	Sonstiges	UA [%]
W.Weizen	1.608.970	1.815	720	3.842	86	4.243	15	5.120	17.952	7.652	97,8
Z.Rüben	490	997.658	4.224	18	4	17	3.438	-	-	3.152	98,9
Mais	681	443	569.748	4	13	14	13	-	-	8.563	98,3
S.Gerste	2.446	4	13	326.087	7	173	19	700	3.139	7.142	96,0
W.Raps	1	3	5	1	289.099	8	664	-	-	2.892	98,8
W.Gerste	8.137	9	-	5	6	260.922	-	2.346	-	730	95,9
Ka	10	11.395	6	19	3	6	241.226	-	1.729	2.050	94,7
W.Roggen	6.035	4	789	3	1	10.952	247	96.694	-	3.774	81,6
S.Weizen	11.089	9	71	12.214	-	-	-	-	81.549	8.771	71,7
Sonstiges	13.152	1.986	7.276	6.983	191	6.487	3.943	4.324	4.648	194.400	3,8
PA [%]	97,5	98,5	97,8	93,4	99,9	92,3	96,7	92,5	74,8	4,3	95,7

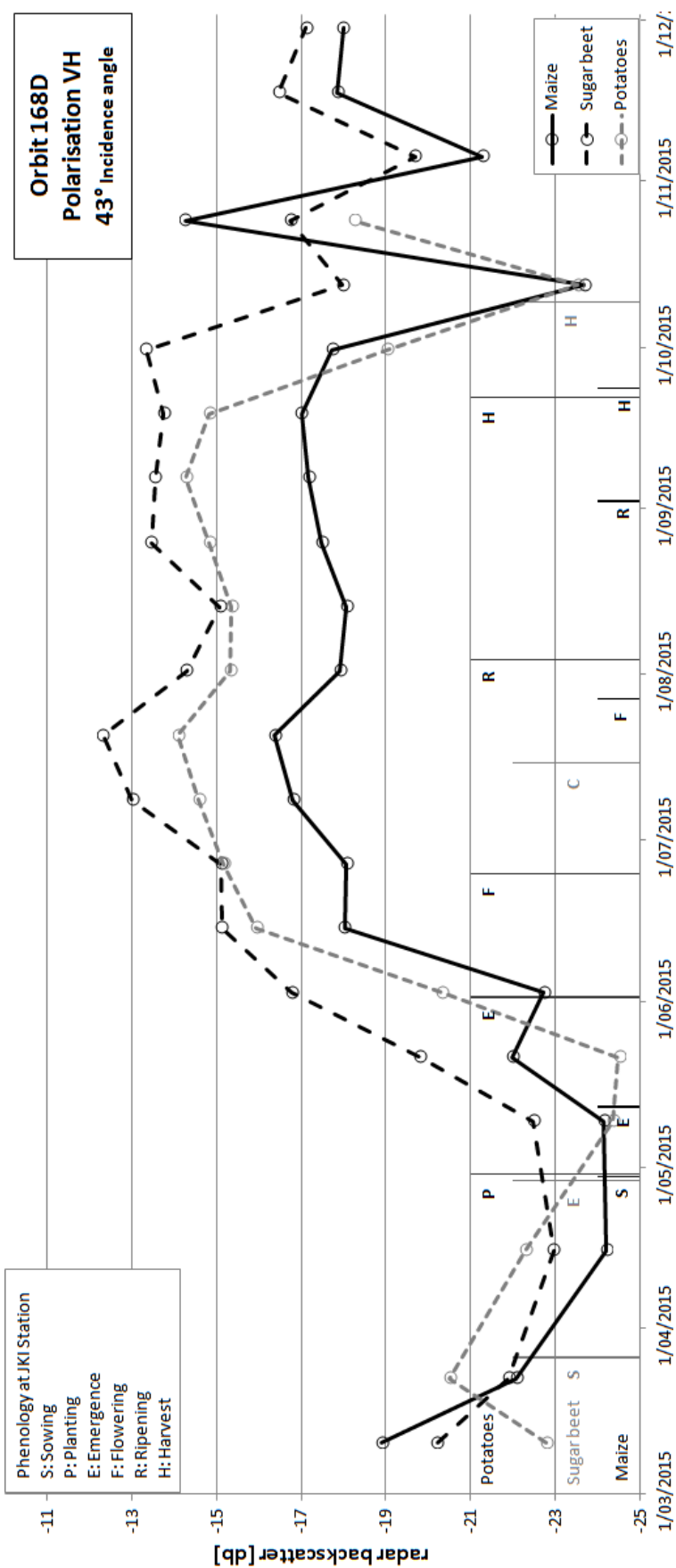


Abbildung 15: Radar-Rückstreu-Signaturen von Mais, Zuckerrübe und Kartoffeln für den Inzidenz-Winkel von 43° sowie Eintrittstermine phänologischer Phasen (Lilienthal et al., 2018).



Abbildung 16: Erntetermine für verschiedene Ackerfrüchte auf der Grundlage der Analyse von Sentinel-1-Zeitserien (Lilienthal et al., 2018).

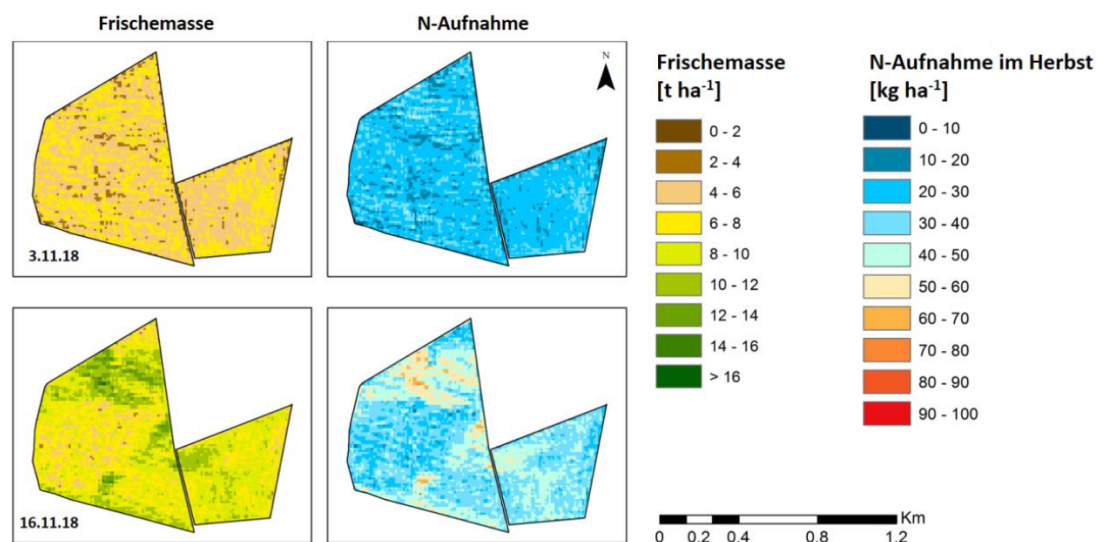
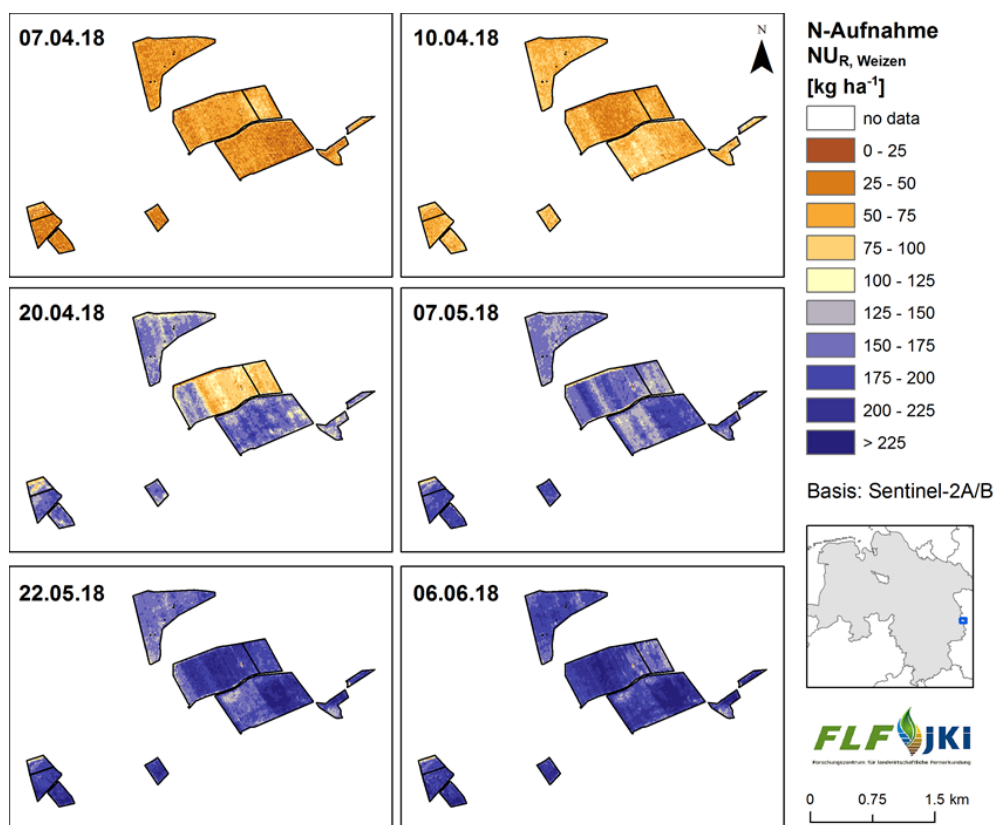
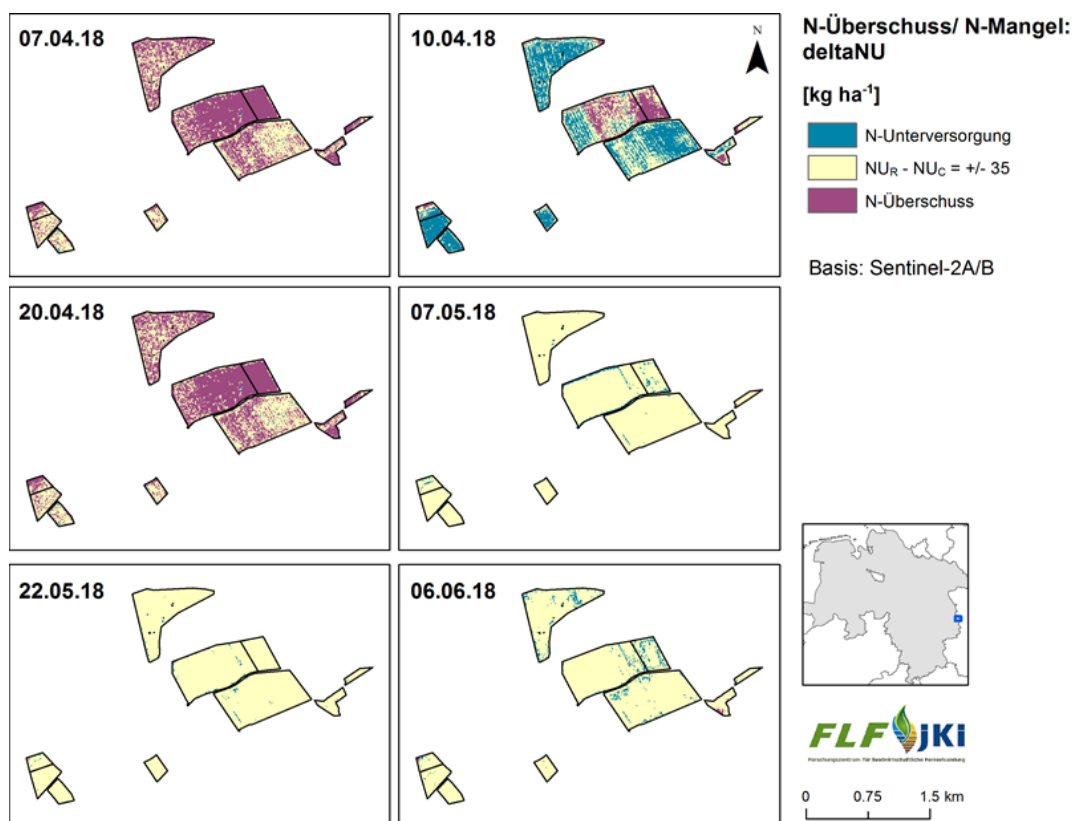


Abbildung 17: Oberirdische grüne Frischmasse (FM) abgeleitet aus Sentinel-2-Daten vom 3.11. und 16.11.18 für einen aufgrund der Trockenheit schlecht aufgelaufenen Wintererbsenbestand nahe der Domäne Bahrdorf (links) sowie modellierte Stickstoff- bzw. N-Aufnahme im Herbst ermittelt nach Sieling & Kage (2010, rechts).



(a)



(b)

Abbildung 18: Stickstoff- bzw. N-Aufnahme (a) und Abschätzung des Stickstoff- bzw. N-Defizits und -Überschusses (b) für Winterweizen zwischen 7.4. und 6.6.2018 geschätzt aus Sentinel-2-Daten.

zur Schätzung der N-Aufnahme von Winterweizen entwickelt sowie ein Verfahren zur Abschätzung des aktuellen N-Defizits bzw. N-Überschusses implementiert (Abb. 18; [Houlès et al., 2007](#)). Eine Validierung des Verfahrens konnte im Rahmen der Projektlaufzeit nicht umgesetzt werden. Eine Weiterentwicklung ist in Folgevorhaben vorgesehen.

2.1.5 Verwertung und Kommunikation (AP 5)

Aufgaben des JKI im Rahmen des Arbeitspaketes “Projektleitung und Koordinierung” waren:

- die Konzipierung, Entwicklung und Organisation der Strukturen und der Zusammenarbeit zwischen allen Projektpartnern,
- das Management des Projektprozesses,
- die Organisation von Projekttreffen, Nutzerworkshops und Öffentlichkeitsarbeit.

Für die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den Projektpartnern wurde zu Beginn des Projektes ein Managementplan in Anlehnung an die Vorhabenbeschreibung entwickelt. Dieser sah einen regelmäßigen Austausch aller Partner in zwei jährlichen Projekttreffen vor. Darüber hinaus gab es themenbezogene Arbeitsbesprechungen zwischen mehreren oder einzelnen Projektpartnern und Workshops mit den Testbetrieben. Neben den genannten Veranstaltungen erfolgte auch ein regelmäßiger telefonischer Austausch zwischen der Projektkoordinierung am JKI und allen Projektpartnern, bei dem stets alle aktuellen inhaltlichen und organisatorischen Aspekte besprochen wurden. Zur Öffentlichkeitsarbeit und projektinternen Dokumentation (interner Bereich) wurde unter Federführung des Projektpartners EOMAP eine Homepage und ein Webportal aufgesetzt. Dort finden sich allgemeine Hinweise zum Projekt, zu den Projektbearbeitern, zum Thema landwirtschaftliche Fernerkundung sowie zu aktuellen Aktivitäten oder [Projektflyer für Landwirte und Behörden](#). Die Projektergebnisse sind in verschiedenen angewandten und wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert (Kap. 2.6) sowie auf folgenden Tagungen, Workshops und Fachveranstaltungen vorgestellt worden:

- [International Conference for Precision Agriculture](#), St. Louis, USA, Juli 2016: Vortrag
- [Feldtag Domäne Bahrdorf](#) (Niedersachsen), 29.6.2017: Vortrag
- [Agritechnica](#), Hannover, 12. bis 18.11.2017: Informationsstand
- [Internationale Grüne Woche](#), Berlin, 19.1. bis 28.1.2018: Informationsstand
- [DLG-Feldtage](#), Bernburg, 12. bis 14.6.2018: Informationsstand und Poster
- [Innovationstage der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung](#) (BLE), Bonn, 23. bis 24.10.2018: Vortrag
- [Nutzergespräch zur Weiterentwicklung der nationalen Copernicus IT-Plattform](#) (CODE-DE), Bonn, 20.03.2018: Vortrag
- [International Conference for Precision Agriculture](#), St. Louis, USA, Juli 2018: Vortrag
- [Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus](#), Berlin, 27. bis 29.11.2018: Vortrag
- ARTE, 2018/2019: [Fernsehbeitrag “Die Vermessung der Erde”](#).

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die bewilligten Mittel wurden wie geplant für Personal, Dienstreisen, und Sachmittel verwendet.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Dem Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung (FLF) kommt innerhalb des JKI eine führende Rolle bei der operationellen Bereitstellung von historischen und aktuellen Analysefertigen Grundlagendaten für JKI-Fachinstitute zu. Das betrifft insbesondere Satellitenbildzeitreihen, die über das Europäische Copernicus-Programm frei bezogen werden können. Allerdings ist deren In-Wert-Setzung mit inhaltlichen und technischen Herausforderungen verbunden. Das betrifft vor allem die Entwicklung, Anwendung und Etablierung von umfangreichen und rechenintensiven Prozessketten zur Vorprozessierung sowie geeigneten Methoden der effizienten Datenhaltung, multiskalaren Datenintegration und -analyse zur Generierung landwirtschaftlich relevanter Produkte. Für beide Aspekte sind im Zuge der Projektlaufzeit unter Einsatz der beantragten Mittel entsprechend dem Arbeitsplan erfolgreich Lösungen erarbeitet worden.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das JKI verfolgt das Ziel, frei verfügbare Dienste für die gesamte Fläche von Deutschland für verschiedene Maßstabsebenen und Fragestellungen in operationeller Form dem öffentlichen Datenraum bereitzustellen. In diesem Kontext repräsentieren die Projektergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Frage, wie Bundesbehörden im Big Data-Kontext insbesondere Fernerkundungsinformationen für landwirtschaftliche Fragestellungen in Wert setzen und damit für verschiedene Akteure in den Handlungsfeldern "Precision Farming" sowie Klimaschutz und -anpassung nutzbar machen können. Eine wichtige Rolle nehmen dabei standardisierte Webdienste ein, über die die Ergebnisse Nutzern verfügbar gemacht werden. Durch die Überführung der in der Projektlaufzeit etablierten Geodateninfrastruktur und der entwickelten Prozessketten in den Regelbetrieb ergibt sich eine nachhaltige Nutzung der Projektergebnisse.

2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Parallel zum Projektvorhaben AGRO-DE wurde unter dem Dach des Projektpartners DLR mit der Plattform [CODE-DE](#) (Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland) ein behördlicher Cloud-Dienstleister aufgebaut, der sowohl den Zugang zu Satellitenbilddatenzeitreihen als auch deren Auswertung ermöglicht. Seit April 2020 und damit zum Ende der Projektlaufzeit hat das DLR die Betreuung der CODE-DE-Plattform an einen anderen Betreiber abgegeben. Im Vergleich zur

ersten CODE-DE-Phase sind veränderte und [neue Datenzugangs- und Datenanalysemöglichkeiten](#) entstanden, die während der AGRO-DE-Projektlaufzeit nicht mehr berücksichtigt werden konnten.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6

- Lilienthal, H., Gerighausen, H., Schnug, E. (2016). [First experiences with the European remote sensing satellites Sentinel-1A/-2A for agricultural research](#). Proceedings of the 13th International Conference on Precision Agriculture.
- Hartmann, K. (2017). [Smarter Farming: A new project hopes to offer German Farmers the benefits of the latest advances in satellite imagery](#). GeoConnexion International Magazine.
- Lilienthal, H., Gerighausen, H., Schnug, E. (2018). [Agricultural remote sensing information for farmers in Germany](#). Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture.
- Gerighausen, H. (2018): [Vom All ins Feld: Satellitendaten für die Landwirtschaft](#). Bauernblatt 27, 59-61.
- Braatz-Nebel, J.H., Gerighausen, H., Lilienthal, H. (2020). [Methodische Untersuchungen zum Einsatz von Copernicus-Daten für das Monitoring im Rahmen der EU-Agrarförderung](#), In: Publikationen Der Deutschen Gesellschaft Für Photogrammetrie, Fernerkundung Und Geoinformation (DGPF) e.V., 40. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Stuttgart, 462–468.

Literatur

- Ayalew, D. A., Deumlich, D., Šarapatka, B., & Doktor, D. (2020). Quantifying the Sensitivity of NDVI-Based C Factor Estimation and Potential Soil Erosion Prediction using Spaceborne Earth Observation Data. *Remote Sensing*, 12(7), 1136.
- Bleiholder, H., Weber, E., Feller, C., Hess, M., Wicke, H., Meier, U., Boom, T. v. d., Lancashire, P. D., Buhr, L., Hack, H., Hack, H., Stauss, R., & Meier, U. (2001). *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. Technical report, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Brunswick, Germany. Edition: 2.
- BMEL (2019). Ackerbaustrategie 2035: Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
- Chen, Z., Li, S., Ren, J., Gong, P., Zhang, M., Wang, L., Xiao, S., & Jiang, D. (2008). Monitoring and Management of Agriculture with Remote Sensing. In S. Liang (Ed.), *Advances in Land Remote Sensing: System, Modeling, Inversion and Application* (pp. 397–421). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Christiansen, M. P., Teimouri, N., Laursen, M. S., Mikkelsen, B. F., Jorgensen, R. N., & Sorensen, C. A. G. (2019). Preprocessed Sentinel-1 Data via a Web Service Focused on Agricultural Field Monitoring. *IEEE Access*, 7, 65139–65149.
- Congedo, L. (2014). Semi-Automatic Classification Plugin User Manual. Publisher: Unpublished.
- Defourny, P., Bontemps, S., Bellemans, N., Cara, C., Dedieu, G., Guzzonato, E., Hagolle, O., Inglada, J., Nicola, L., Rabaut, T., Savinaud, M., Udrou, C., Valero, S., Bégué, A., Dejoux, J.-F., El Harti, A., Ezzahar, J., Kussul, N., Labbassi, K., Lebourgeois, V., Miao, Z., Newby, T., Nyamugama, A., Salh, N., Shelestov, A., Simonneau, V., Traore, P. S., Traore, S. S., & Koetz, B. (2019). Near real-time agriculture monitoring at national scale at parcel resolution: Performance assessment of the Sen2-Agri automated system in various cropping systems around the world. *Remote Sensing of Environment*, 221, 551–568.
- Delgado, J. A., Short, N. M., Roberts, D. P., & Vandenberg, B. (2019). Big Data Analysis for Sustainable Agriculture on a Geospatial Cloud Framework. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3.
- Esch, T., Metz, A., Marconcini, M., & Keil, M. (2014). Combined use of multi-seasonal high and medium resolution satellite imagery for parcel-related mapping of cropland and grassland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 230–237.
- Filchev, L., Pashova, L., Kolev, V., & Frye, S. (2020). Surveys, Catalogues, Databases/Archives, and State-of-the-Art Methods for Geoscience Data Processing. In *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation* (pp. 103–136). Elsevier.
- Filippini, F. (2019). Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow. *Proceedings*, 18(1), 11.
- Frantz, D. (2019). FORCE—Landsat + Sentinel-2 Analysis Ready Data and Beyond. *Remote Sensing*, 11(9), 1124.

- Gerstmann, H., Doktor, D., Gläßer, C., & Möller, M. (2016). PHASE: A geostatistical model for the Kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 726–738.
- Giuliani, G., Camara, G., Killough, B., & Minchin, S. (2019). Earth Observation Open Science: Enhancing Reproducible Science Using Data Cubes. *Data*, 4(4), 147.
- Giuliani, G., Chatenoux, B., Piller, T., Moser, F., & Lacroix, P. (2020). Data Cube on Demand (DCoD): Generating an earth observation Data Cube anywhere in the world. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 87, 102035.
- Houlès, V., Guérif, M., & Mary, B. (2007). Elaboration of a nitrogen nutrition indicator for winter wheat based on leaf area index and chlorophyll content for making nitrogen recommendations. *European Journal of Agronomy*, 27(1), 1–11.
- Justice, C., Vermote, E., Townshend, J., Defries, R., Roy, D., Hall, D., Salomonson, V., Privette, J., Riggs, G., Strahler, A., Lucht, W., Myneni, R., Knyazikhin, Y., Running, S., Nemani, R., Zhengming Wan, Huete, A., van Leeuwen, W., Wolfe, R., Giglio, L., Muller, J., Lewis, P., & Barnsley, M. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1228–1249.
- Karasiak, N. & Perbet, P. (2018). Remote Sensing of Distinctive Vegetation in Guiana Amazonian Park. In N. Baghdadi, C. Mallet, & M. Zribi (Eds.), *QGIS and Applications in Agriculture and Forest* (pp. 215–245). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Karthikeyan, L., Chawla, I., & Mishra, A. K. (2020). A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *Journal of Hydrology*, 586, 124905.
- Kaspar, F., Kratzenstein, F., & Kaiser-Weiss, A. K. (2019). Interactive open access to climate observations from Germany. *Advances in Science and Research*, 16, 75–83.
- Kaspar, F., Zimmermann, K., & Polte-Rudolf, C. (2015). An overview of the phenological observation network and the phenological database of Germany's national meteorological service (Deutscher Wetterdienst). *Advances in Science and Research*, 11(1), 93–99.
- Khabbazan, S., Vermunt, P., Steele-Dunne, S., Ratering Arntz, L., Marinetti, C., van der Valk, D., Iannini, L., Molijn, R., Westerdijk, K., & van der Sande, C. (2019). Crop Monitoring Using Sentinel-1 Data: A Case Study from The Netherlands. *Remote Sensing*, 11(16), 1887.
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, 100315.
- Kopp, S., Becker, P., Doshi, A., Wright, D. J., Zhang, K., & Xu, H. (2019). Achieving the Full Vision of Earth Observation Data Cubes. *Data*, 4(3), 94.
- Lewis, A., Oliver, S., Lymburner, L., Evans, B., Wyborn, L., Mueller, N., Raevksi, G., Hooke, J., Woodcock, R., Sixsmith, J., Wu, W., Tan, P., Li, F., Killough, B., Minchin, S., Roberts, D., Ayers, D., Bala, B., Dwyer, J., Dekker, A., Dhu, T., Hicks, A., Ip, A., Purss, M., Richards, C., Sagar,

- S., Trenham, C., Wang, P., & Wang, L.-W. (2017). The Australian Geoscience Data Cube – Foundations and lessons learned. *Remote Sensing of Environment*, 202, 276–292.
- Lilienthal, H., Gerighausen, H., & Schnug, E. (2018). Agricultural remote sensing information for farmers in Germany.
- Matthew, M., Adler-Golden, S., Berk, A., Felde, G., Anderson, G., Gorodetzky, D., Paswaters, S., & Shippert, M. (2002). Atmospheric correction of spectral imagery: evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. In *Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2002. Proceedings*. (pp. 157–163). Washington, DC, USA: IEEE Comput. Soc.
- Möller, M., Boutarfa, L., & Strassemeyer, J. (2020). PhenoWin – An R Shiny application for visualization and extraction of phenological windows in Germany. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105534.
- Möller, M., Gerstmann, H., Gao, F., Dahms, T. C., & Förster, M. (2017). Coupling of phenological information and simulated vegetation index time series: Limitations and potentials for the assessment and monitoring of soil erosion risk. *CATENA*, 150, 192–205.
- Nasrallah, A., Baghdadi, N., El Hajj, M., Darwish, T., Belhouchette, H., Faour, G., Darwich, S., & Mhawej, M. (2019). Sentinel-1 Data for Winter Wheat Phenology Monitoring and Mapping. *Remote Sensing*, 11(19), 2228.
- Nellis, M. D., Price, K. P., & Rundquist, D. (2009). Remote Sensing of Cropland Agriculture. In *The SAGE Handbook of Remote Sensing* (pp. 368–380). 1 Oliver's Yard, 55 City Road London EC1Y 1SP: SAGE Publications, Inc.
- Overpeck, J. T., Meehl, G. A., Bony, S., & Easterling, D. R. (2011). Climate Data Challenges in the 21st Century. *Science*, 331(6018), 700–702.
- QGIS Development Team (2018). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation.
- Ranghetti, L., Boschetti, M., Nutini, F., & Busetto, L. (2020). “sen2r”: An R toolbox for automatically downloading and preprocessing Sentinel-2 satellite data. *Computers & Geosciences*, 139, 104473.
- Rauthe, M., Steiner, H., Riediger, U., Mazurkiewicz, A., & Gratzki, A. (2013). A Central European precipitation climatology Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded daily data set (HYRAS). *Meteorologische Zeitschrift*, 22(3), 235–256. Place: Stuttgart, Germany Publisher: Schweizerbart Science Publishers.
- Richter, R. (1996). A spatially adaptive fast atmospheric correction algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 17(6), 1201–1214.
- Schlund, M. & Erasmi, S. (2020). Sentinel-1 time series data for monitoring the phenology of winter wheat. *Remote Sensing of Environment*, 246, 111814.
- Shang, R. & Zhu, Z. (2019). Harmonizing Landsat 8 and Sentinel-2: A time-series-based reflectance adjustment approach. *Remote Sensing of Environment*, 235, 111439.
- Sieling, K. & Kage, H. (2010). Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agro-nomy for Sustainable Development*, 30(2), 271–279.

- Song, C., Dannenberg, M. P., & Hwang, T. (2013). Optical remote sensing of terrestrial ecosystem primary productivity. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 37(6), 834–854. [eprint: https://doi.org/10.1177/0309133313507944](https://doi.org/10.1177/0309133313507944).
- Song, X.-P., Huang, W., Hansen, M. C., & Potapov, P. (2021). An evaluation of Landsat, Sentinel-2, Sentinel-1 and MODIS data for crop type mapping. *Science of Remote Sensing*, 3, 100018.
- Sun, J., Yang, J., Zhang, C., Yun, W., & Qu, J. (2013). Automatic remotely sensed image classification in a grid environment based on the maximum likelihood method. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(3-4), 573–581.
- van Klompenburg, T., Kassahun, A., & Catal, C. (2020). Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177, 105709.
- Veloso, A., Mermoz, S., Bouvet, A., Le Toan, T., Planells, M., Dejoux, J.-F., & Ceschia, E. (2017). Understanding the temporal behavior of crops using Sentinel-1 and Sentinel-2-like data for agricultural applications. *Remote Sensing of Environment*, 199, 415–426.
- Vreugdenhil, M., Wagner, W., Bauer-Marschallinger, B., Pfeil, I., Teubner, I., Rüdiger, C., & Strauss, P. (2018). Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study. *Remote Sensing*, 10(9), 1396.
- Wang, J., Rich, P. M., Price, K. P., & Kettle, W. D. (2005). Relations between NDVI, Grassland Production, and Crop Yield in the Central Great Plains. *Geocarto International*, 20(3), 5–11.
- Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111402.
- Wulder, M. A., White, J. C., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Belward, A. S., Cohen, W. B., Fosnight, E. A., Shaw, J., Masek, J. G., & Roy, D. P. (2016). The global Landsat archive: Status, consolidation, and direction. *Remote Sensing of Environment*, 185, 271–283.
- Zhao, M. & Running, S. W. (2008). Remote Sensing of Terrestrial Primary Production and Carbon Cycle. In S. Liang (Ed.), *Advances in Land Remote Sensing: System, Modeling, Inversion and Application* (pp. 423–444). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Zhu, Z., Wang, S., & Woodcock, C. E. (2015). Improvement and expansion of the Fmask algorithm: cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8, and Sentinel 2 images. *Remote Sensing of Environment*, 159, 269–277.

Verbundprojekt “Aufbau eines Clusters zur Bereitstellung von aktuellen Fernerkundungsprodukten für die Landwirtschaft” (AGRO-DE) – Teilprojekt 1

Kurzzusammenfassung

Mit dem Verbundprojekt AGRO-DE sind auf der Grundlage von Satellitenbilddaten des Copernicus-Programms sowohl Produkte als auch Prinzipanwendungen für die Landwirtschaft entwickelt und damit Verfahren aus der Wissenschaft in die praktische Agrarwirtschaft übertragen worden. Vor dem Hintergrund der BMEL-Förderung von Innovationen in der Agrartechnik zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Landwirtschaft werden mit den Ergebnissen behördliche und kommerzielle Nutzer in die Lage versetzt, die landwirtschaftliche Beratung besser an Vor-Ort-Bedingungen anpassen und gleichzeitig Datenprodukte für eine weitere Vermarktung erstellen zu können. Die Ergebnisse lassen sich in die vier Kategorien gliedern: 1. Aufbau und Einrichtung einer AGRO-DE-Geodateninfrastruktur für den Import, die Prozessierung und Speicherung von deutschlandweiten agrarrelevanten Rasterdatenzeitreihen sowie von OGC-konformen Webdiensten, 2. Entwicklung von Prozessketten zur Generierung von analysefertigen Sentinel-1- und Sentinel-2-Mosaiken und -Indizes, 3. Etablierung von Algorithmen zur Ableitung von landwirtschaftlichen Informationsprodukten (Bestandesparameter und dynamische Ertragsschätzungen, Fruchtartenklassifikation, Ernteterminbestimmungen) sowie 4. Erstellung von Karten zur Abschätzung der Teilflächen-spezifischen Stickstoffaufnahme und -bilanz. Der mit dem AGRO-DE-Verbundprojekt verfolgte Ansatz der operationellen, dynamischen und dienstebasierten Bereitstellung von Satellitenbildprodukten kann als Blaupause für weitere Anwendungen im landwirtschaftlichen Kontext angesehen werden, die auf der Analyse von Parametern mit hoher raum-zeitlicher Dynamik basieren. Gleichzeitig repräsentieren die AGRO-DE-Produkte wichtige Parameter für Modelle, die einen Beitrag für die Beantwortung von aktuellen gesellschaftlich relevanten Fragen leisten.