



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Programm des BMEL zur Fernerkundung

Chancen für Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, Politik und Verwaltung





Liebe Leserinnen und Leser,

Fernerkundung ist für die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft von großem Nutzen. Ob über Flugzeuge, Satelliten oder Drohnen: Messinstrumente erfassen berührungslos den aktuellen Zustand von Meeren, Äckern oder Wäldern und liefern wichtige Informationen für die Bewirtschaftung. Zum Beispiel können mit Hilfe von Satellitendaten Ernteprognosen erstellt werden, die dazu beitragen, die weltweite Lage der Nahrungsmittelversorgung abzuschätzen.

Um dieses große Potenzial für die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft bestmöglich zu nutzen, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ein Programm zur Fernerkundung entwickelt. Es leistet einen Beitrag, die landwirtschaftliche Produktion, die Waldbewirtschaftung und die Fischerei effizienter und nachhaltiger zu gestalten.

Wie dies möglich ist, zeigt Ihnen die vorliegende Broschüre. Zudem erwartet Sie eine Übersicht aktueller Projekte in diesem Bereich.

Wir freuen uns über Ihr Interesse und wünschen Ihnen eine spannende Lektüre!

Ihr

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

INHALT

Grußwort 3

1 Einleitung 6

1.1 Anlass und Zielsetzung des Programms 8

1.2 Was ist eigentlich Fernerkundung? 8

2 Die Fernerkundung in Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft 10

2.1 Einsatz der Fernerkundung in der Landwirtschaft 12

2.1.1 Nutzung in der landwirtschaftlichen Praxis 12

2.1.2 Nutzung für Monitoring und Evaluierung der Agrarpolitik 14

2.1.3 Projekte zur Fernerkundung in der Landwirtschaft 15

2.2 Einsatz und Projekte der Fernerkundung in der Forstwirtschaft 42

2.3 Einsatz und Projekte der Fernerkundung in der Fischerei 53

2.4 Öffentliche Verwaltung 60

2.4.1 Das Copernicus-Programm der EU 60

2.4.2 IMAGI 62

3 Bedarf und Potenzial 64

3.1 Potenziale der Fernerkundung 65

3.2 Nutzungsanforderungen nach Aufgaben 68



4 Maßnahmen des BMEL 70

- 4.1 Bereitstellung von Fernerkundungsdaten 73**
- 4.2 Förderung von Projekten bzw. allgemein nutzbaren Dienstleistungen 75**
- 4.3 Zusammenstellung von Schulungs- und Informationsangeboten 76**
- 4.4 Kommunikation 77**
- 4.5 Förderung der Zusammenarbeit 77**
- 4.6 Internationale Aktivitäten 79**
- 4.7 Rechtliche Vorgaben rund um die Fernerkundung 79**

5 Zusammenfassung und Ausblick 80

6 Beschreibung der Methode 82

7 Anhang 86

- 7.1 Verzeichnis der Geodatenportale des Bundes und der Länder mit frei zugänglichen Daten und Themenkarten 87**
- 7.2 Glossar für die Fernerkundung 89**
- 7.3 Abkürzungsverzeichnis 96**
- 7.4 Abbildungsverzeichnis 99**

1

Einleitung



Die Ernährungssicherung der Weltbevölkerung im 21. Jahrhundert erfordert eine nachhaltige Transformation der globalen Agrar- und Ernährungssysteme. Dies umfasst nicht nur eine nachhaltige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion, sondern eine gerechte Verteilung und einen ganzheitlichen Ansatz, der die Qualität der Ernährung mit einbezieht. Der Schutz des Klimas sowie der Erhalt und die Förderung der Artenvielfalt sind auch für die Nahrungsmittel-erzeugung zentrale Zukunftsaufgaben. Vor diesem Hintergrund können Daten der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft für die Wirtschaftsteilnehmerinnen und -teilnehmer, aber auch für die Verwaltung und Politikberatung von enormem Nutzen sein.

Ein großes Entwicklungspotenzial für die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft bieten die Methoden der Fernerkundung. Es geht hierbei um die berührungslose Zustandserhebung von Objekten wie landwirtschaftlichen Flächen, Meeren oder Wäldern.

Fernerkundungsdaten können auf vielfältige Weise genutzt werden.

Landwirtinnen und Landwirte verwenden sie z. B.

- zur Abschätzung des Schädlingsbefalls,
- zum gezielteren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln,
- zur Unterstützung der Düngeplanung,
- zur Ertragsschätzung im Grünland,
- zum Auffinden von Rehkritzen vor der Mahd,
- zur besseren Planbarkeit der Bewirtschaftung aufgrund von exakteren Wettervorhersagen.

Forstwirtschaftliche Unternehmen nutzen Fernerkundungsdaten z. B.

- zur Kartierung von Baumarten,
- zur Erfassung von Waldschäden.

Das Fischereimanagement profitiert von Fernerkundungsdaten z. B. bei der Erfassung der Bewegungen von Fischereifahrzeugen zur Fangmengenüberwachung.

Auch in Behörden und Institutionen werden die Daten vielfach verwendet. Einsatzgebiete hier sind u. a.:

- Ernteprognosen zur Vermeidung von Preisschwankungen,
- eine Vereinfachung der Flächenkontrolle,
- eine Vereinfachung von statistischen Erhebungen zu landwirtschaftlichen Nutzflächen,
- Prävention und Umgang mit Waldbränden,
- Bekämpfung illegaler Fischereifangtätigkeiten.

Die Fernerkundung basiert überwiegend auf digitalen Techniken und Methoden. Die auf diese Weise gewonnenen Daten liefern wichtige Erkenntnisse für eine präzisere und effizientere Bewirtschaftung, Überwachung und Bewertung.

Das BMEL setzt sich dafür ein, dass Satellitendaten dazu beitragen, die Arbeit von Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft sowie Verwaltung nachhaltiger und effizienter zu gestalten. Das Programm zur Fernerkundung des BMEL gibt dazu die Richtung vor. Es soll Land-, Forst- und Fischereiwirtinnen und -wirten, Verbänden und Behörden eine Hilfestellung bieten.

Das BMEL und seine Einrichtungen des Geschäftsbereichs unterstützen in vielfältiger Weise die Veröffentlichung und Nutzung von Fernerkundungsdaten in der Landwirtschaft. Für das europäische Erdbeobachtungssystem Copernicus wurden im Haushalt der Europäischen Union (EU) im Zeitraum von 2014 bis 2020 insgesamt 4,3 Milliarden Euro aufgewendet. Es stellt u. a. für die Landwirtschaft Satellitendaten zeitnah, online und kostenlos zur Verfügung. Das BMEL unterstützt die nationale Copernicus-Strategie, die das Bundeskabinett im September 2017 beschlossen hat, und beteiligt sich mit Maßnahmen an deren Umsetzung. Damit richtet sich das Programm des BMEL auch an die Handlungsfelder der nationalen Copernicus-Strategie.

1.1 Anlass und Zielsetzung des Programms

Die Anwendung von Fernerkundung bleibt in einigen Bereichen derzeit noch hinter den Erwartungen zurück. Die Ursachen hierfür sind u. a. ein hoher Ressourcenaufwand sowie unzureichende Kenntnisse über Verfügbarkeit und Nutzungsmöglichkeiten.

Die EU hat mit dem Erdbeobachtungssystem Copernicus eine Möglichkeit für Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft geschaffen, Fernerkundungsdaten frei zu nutzen. Kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) können davon profitieren, vorausgesetzt, sie wissen, wo die Daten zu finden sind, und sofern sie über die entsprechenden Kenntnisse und die erforderliche technische Ausstattung zur Datennutzung und -auswertung verfügen.

Das vorliegende Programm zeigt deshalb das Potenzial der Fernerkundung im Ressortbereich des BMEL auf. Es beschreibt die existierenden Nutzungen von Fernerkundungsmethoden in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft und stellt Entwicklungspotenziale und Handlungsfelder dar.

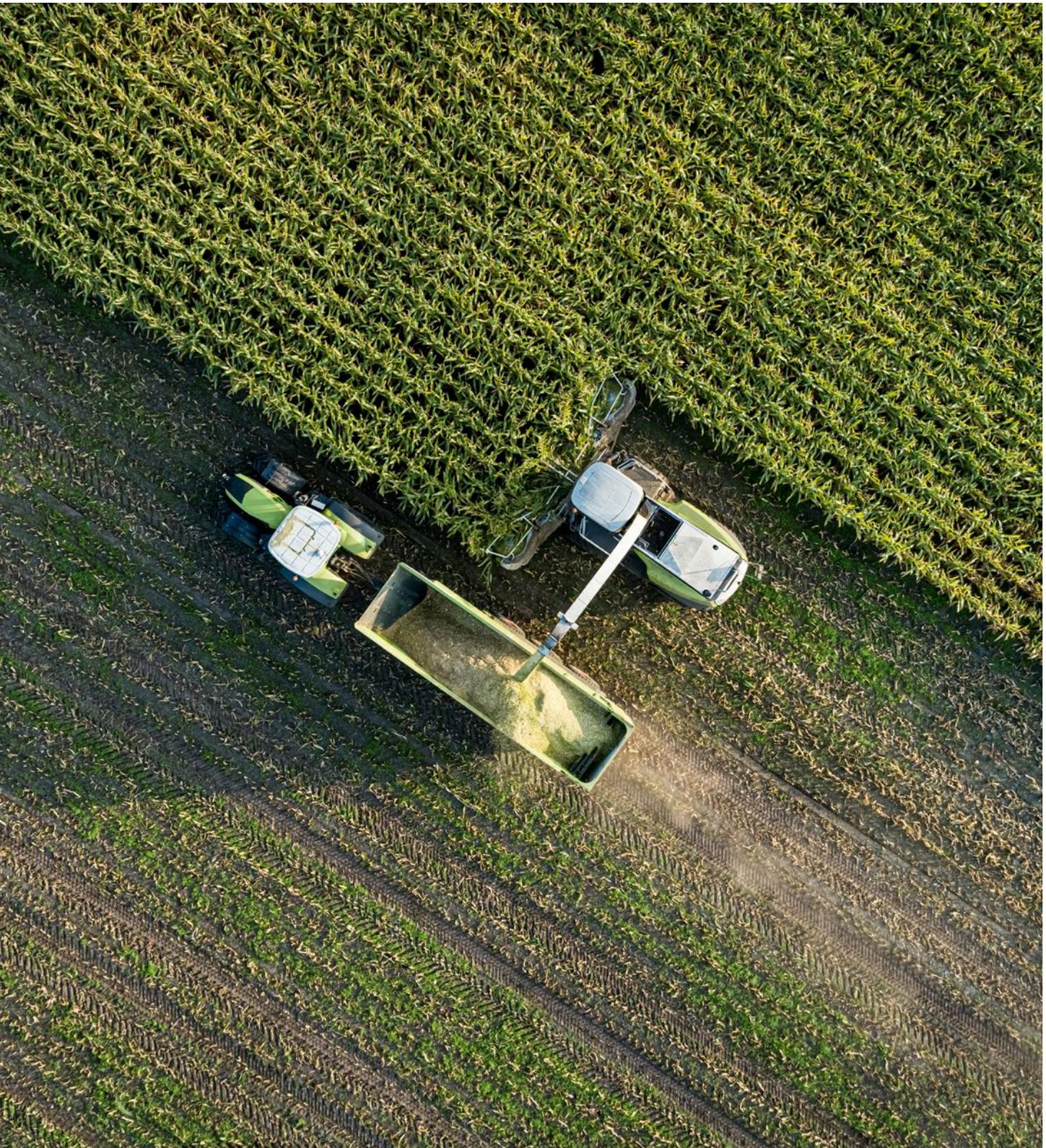
1.2 Was ist eigentlich Fernerkundung?

Als Fernerkundung wird die Messung von Objekten aus der Entfernung und ohne physischen Kontakt mit dem Zielgegenstand bezeichnet. Dafür werden Plattformen (z. B. Flugzeuge, Satelliten oder Drohnen) genutzt, die mit Abstand zur Erdoberfläche entweder aus dem All oder in großer oder geringerer Höhe über dem Boden mithilfe von speziell entwickelten Sensoren die Erde, ihre Landoberfläche, die Ozeane, die Atmosphäre sowie ihre Dynamik messen. Die Methodik der Fernerkundung wird ausführlich in Kapitel 6 beschrieben.

Je nach Parameter, der durch die Fernerkundung untersucht werden soll, werden Sensoren verwendet, die unterschiedliche Frequenzen bzw. Wellenlängen aufzeichnen. Für den Agrarbereich sind bei den aktiven Radarsystemen insbesondere Frequenzen im L-, C- und X-Band von Bedeutung. Sie ermöglichen Aussagen zu den Parametern Bodenfeuchte oder Bestandsstruktur. Bei den passiven Verfahren sind insbesondere verschiedene Bereiche des sichtbaren Lichts und des Infrarots interessant, um Parameter wie Chlorophyll-Absorption, Biomasse, Vitalität oder Trockenstress von Pflanzenbeständen zu erheben.

Entscheidend für die Nutzungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten sind die thematische Aufgabenstellung sowie die Auflösung der Daten. Wie groß die Fläche ist, die ein Pixel abdeckt (zwischen Zentimetern und Kilometern), welche Wellenlängenbereiche (z. B. sichtbares Licht, Infrarotbereich oder Radiowellenbereich) abgedeckt werden und wie häufig ein Parameter erhoben wird, bestimmt den Einsatzbereich der Daten. Es wird daher zwischen der geometrischen, der spektralen und der temporalen Auflösung unterschieden, die in Kapitel 6 genauer erläutert werden.

Mit steigenden Auflösungen ist auch eine steigende Datenmenge verbunden. Dies stellt zwar neue Anforderungen an die Datenhaltung, ist aber in der Regel insbesondere für die Nutzung in der Landwirtschaft von erheblichem Vorteil und eröffnet neue Nutzungsmöglichkeiten.



2

Die Fern- erkundung in Land-, Forst- und Fischerei- wirtschaft



Satellitenaufnahmen und Luftbilder via Flugzeug oder Drohne liefern ein präzises und aktuelles Abbild der Erdoberfläche. Die Informationen der verschiedenen Erdbeobachtungs-Systeme auf den verschiedenen Plattformen können genutzt werden, um eine Vielfalt von Aufgaben zu unterstützen, die auf der flächendeckenden Erfassung des Zustands und der Veränderung der Land- und Meeresoberfläche basieren. Die so erfassten Daten sind eine wichtige Grundlage für die Unterstützung von Bewirtschaftungsprozessen im Pflanzenbau, in der Waldbewirtschaftung und Ozeanographie, ebenso wie für die Politikberatung und Folgenabschätzung in der Agrarpolitik.

Mit dem Start des Copernicus-Programms der Europäischen Union hat eine neue Zeitrechnung für die Fernerkundung begonnen. Große Gebiete (Regionen, Staaten, Kontinente) können seither mit einer hohen räumlichen Auflösung und in Abständen von wenigen Tagen erfasst werden. Die Daten sind zeitnah und frei verfügbar. Gleichzeitig haben die sich rasant entwickelnden technischen Möglichkeiten von Luftaufnahmen (z. B. LiDAR, Drohnen) die Erhebung von Merkmalen bis auf die Individuen-Ebene verbessert. Dieser Fortschritt geht einher mit der Etablierung innovativer Verfahren (z. B. künstliche Intelligenz) zur digitalen Prozessierung und Auswertung der enormen Datenmengen.

Satellitenbild-basierte Zeitreihen von hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung ermöglichen es, zusammen mit weiteren Geodaten, die Dynamik der Erdoberfläche zu erfassen. Erst deren integrative Analyse führt zu „informierten Entscheidungen“ („informed decisions“) für verschiedene Aggregationsebenen (z. B. Ackerschlag, Waldparzelle, Landkreis). Die operative Nutzung der Zeitreihen ist mit technologischen, methodischen und gesellschaftlichen Herausforderungen verbunden, wobei vor allem das Datenvolumen einen Paradigmenwechsel in der Herangehensweise an Datenmanagement und -analyse nach sich zieht. So waren behördliche Geodateninfrastrukturen (GDI) in der Vergangenheit in erster Linie darauf ausgelegt, mit eigener Soft- und Hardware Produkte zu erstellen. Aufgrund zunehmender Speicherplatz- und Prozessierungsengpässe setzen sich zunehmend Cloud-basierte GDI durch. So bieten die von der Europäischen Kommission finanzierten **„Data and Information Access Services“ (DIAS)** einen zentralen Zugang zu Copernicus-Daten und -Informationen sowie zu Verarbeitungswerkzeugen. In Deutschland ist für behördliche Nutzer die Plattform **„Copernicus Data and Exploitation Plattform – DE“ (CODE-DE)** eingerichtet worden. Zurzeit entstehen dezentrale GDI-Landschaften, in denen lokale GDI und Cloud-Plattformen über Geostandards interoperabel und FAIR (Findable, Accessible, Interoperable und Reusable – also auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar) verbunden sind. Der dafür notwendige Rahmen wird in Initiativen der **Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI e. V.)** erarbeitet, an denen BMEL-Ressortforschungseinrichtungen über die Konsortien **NFDI4Agri** bzw. **FAIRagro** beteiligt sind.

→ <https://www.copernicus.eu/access-data/dias>

→ <https://code-de.org>

→ <https://www.nfdi.de>

→ <https://www.nfdi4agri.de>

→ <https://www.fairagro.net>

Die im Folgenden dargelegten Arbeiten zur Fernerkundung verfolgen das Ziel, die Daten von aktuellen und geplanten Erdbeobachtungs-Satellitenmissionen systematisch für die vielfältigen Aufgaben und Anforderungen im Ressortbereich des BMEL zu nutzen. Entsprechend der Breite und Schwerpunkte des Themenspektrums innerhalb des Ressorts erfolgt eine Einteilung in die drei Kernbereiche Landwirtschaft, Wald und Fischerei.

2.1 Einsatz der Fernerkundung in der Landwirtschaft

Landwirtschaftliche Fernerkundung zielt auf das Monitoring der Kulturpflanzenentwicklung in verschiedenen raum-zeitlichen Zusammenhängen und Auflösungen. Das betrifft beispielsweise die Ableitung von Vegetations- und Bodenparametern oder -klassen zur Fruchtartenenerkennung, zum Biodiversitätsmonitoring, zur Beobachtung des Vegetationszustands und Pflanzenstresses, zur Nährstoffversorgung, aber auch zur räumlichen Variabilität und Abgrenzung von Managementzonen für die landwirtschaftliche Produktion. Zeitreihendaten verschiedener Sensoren können auch für eine erweiterte Überwachung und Modellierung eingesetzt werden. So lassen sich beispielsweise phänologische Zyklen einzelner Anbaufrüchte, Ertragschätzungen und Ernteprognosen ableiten oder Angaben zur Nettoprimärproduktion schätzen.

2.1.1 Nutzung in der landwirtschaftlichen Praxis

Landwirtschaftliche Betriebe, Maschinenringe, Lohnunternehmerinnen und Lohnunternehmer sowie Beraterinnen und Berater können von Satelliteninformationen profitieren.

Betriebe, die bereits über weiterentwickelte Precision-Farming-Technologien verfügen, können die Satelliteninformationen zur Unterstützung der Bestandsführung heranziehen. Dabei ist es wichtig, dass die Daten zeitlich schnell verfügbar sind (z. B. zur Frühjahrsdüngung). Insbesondere zur Erfolgskontrolle von Managementmaßnahmen, z. B. im Bereich der Düngung oder des Pflanzenschutzes, eignen sich die Fernerkundungsinformationen. Um die Fernerkundung in der Praxis besser nutzen zu können, sollten aktuelle Daten so schnell aufbereitbar sein, dass sie im Betriebsablauf sofort zur Verfügung stehen.

Für eine flächendeckende Nutzung besteht noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Zum Beispiel müssen bereitgestellte Daten, die für die Steuerung von Landmaschinen eingesetzt werden sollen, in einem Format erstellt werden, das von Landmaschinen lesbar ist. Dafür sind leistungsfähige digitale Ökosysteme notwendig, die Dateninfrastrukturen der Wirtschaft sowie von staatlichen Einrichtungen und Wissenschaft verbinden. Das BMEL bringt sich deshalb zusammen mit dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) über die „Domäne Agrar“ in die **GAIA-X-Initiative** ein, die auf den Aufbau einer sicheren und vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur für Europa abzielt. Für Deutschland werden auf Basis der GAIA-X-Referenzarchitektur agrarrelevante Anwendungsfälle in den durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) finanzierten Verbundprojekten **Agri-Gaia** und **NaLamKI** erarbeitet.

Düngung

Allgemein zielt die Düngung darauf ab, Nährstoffe entsprechend dem Bedarf der Pflanzen optimal zu verteilen. Bei der herkömmlichen Düngung werden einheitliche Düngermengen innerhalb einer landwirtschaftlichen Fläche ausgebracht. In der Präzisionslandwirtschaft ermöglichen technologische Entwicklungen dagegen eine teilflächenspezifische Düngung. Die einzelne Ackerfläche wird als ein heterogenes System angesehen, in dem der Nährstoffgehalt des Bodens entsprechend der lokalen räumlichen Variabilität ausgeglichen wird. Ziel ist es, jeden Teil des Schlags möglichst bedarfsgerecht zu düngen und so eine Unter- oder Überversorgung einzelner Teilflächen zu vermeiden. So lassen sich Betriebsmittel einsparen, Ressourcen schonen, Umweltbelas-

→ <https://www.bmel.de/DE/themen/digitalisierung/gaia-x-domaene-agrar.html>

→ <https://www.data-infrastructure.eu>

→ <https://www.agri-gaia.de>

→ <https://nalamki.de>

tungen reduzieren und die Effizienz wird gesteigert. Die Düngung von landwirtschaftlichen Kulturen erfolgt in der Präzisionslandwirtschaft regelmäßig in mehreren Iterationen, die sich an dem aktuellen Wachstumsstadium der Pflanzen und der Durchführung von agrotechnischen Maßnahmen orientieren.

Fernerkundungsdaten und -methoden haben sich in der Präzisionslandwirtschaft bereits etabliert. Frei verfügbare oder kommerzielle Satellitenbilddatenzeitreihen ermöglichen die tägliche Überwachung des Zustands landwirtschaftlicher Kulturen. Endnutzerinnen und -nutzer ohne fortgeschrittene Fernerkundungskenntnisse erhalten von verschiedenen Anbietern Informationen beispielsweise zu Bestandsparametern (z. B. oberirdische Biomasse, Blattflächenindex) und zur phänologischen Pflanzenentwicklung automatisch und fast in Echtzeit. Zusammen mit Traktorgebundenen optischen Sensoren können während der Fahrt über das Feld Rückschlüsse auf die Bestandsdichte und den Chlorophyllgehalt der Pflanzen gezogen werden. Die abzugebende Düngermenge des Düngerstreuers lässt sich auf diese Weise unmittelbar regulieren.

Pflanzenschutz

Ernteverluste aufgrund biotischer Faktoren wie Schädlinge, Krankheiten und Unkraut können die landwirtschaftliche Produktivität beeinträchtigen. Informationen von multispektralen und hyperspektralen Satellitensensoren (Landsat, Sentinel-2, MODIS, Hyperion) haben sich als geeignet für die Detektion von biotisch verursachten Ernteverlusten erwiesen, wenn differenzierbare Spektralsignaturen und daraus abgeleitete Spektralindizes wie der „Disease Water Stress Index“, „Disease Index“ (DI) oder „Yellow Rust Index“ Pflanzenschädlingen oder Krankheiten zugeordnet werden können.

Bestimmte phänologische und meteorologische Bedingungen fördern das Wachstum von Schädlingen und Krankheiten. Zudem kann eine Kulturpflanze während ihres Wachstums verschiedenen Formen von Schädlingen und Krankheiten ausgesetzt sein. Die kombinierte Verwendung von Wetter- und Satellitenbildinformationen ermöglicht es, Schädlinge und Krankheiten genauer zu erkennen. Darüber hinaus helfen Satellitenbilddaten über Unterschiede in den Reflexionsmustern die räumliche Variabilität der Schädigung zu erfassen. Dadurch können Pflanzenschutzmaßnahmen im Feld angepasst und auf Befallsnester im Bestand beschränkt werden. In Kombination mit Satelliten- oder Drohnenbildern lässt sich der Erfolg der Maßnahmen überprüfen und die dynamische Ausbreitung des Erregers im Schlag oder in der Region vorhersagen.

Unkräuter sind Pflanzen, die mit Kulturpflanzen um Nährstoffe konkurrieren und für fast 34 Prozent der weltweiten Ernteverluste verantwortlich sind. Sie können entweder durch mechanische Behandlung oder durch den Einsatz von Herbiziden vernichtet werden. Eine wirksame Behandlung setzt die Lokalisierung der Unkrautstandorte voraus, wozu neben UAV- und Flugzeug-getragenen Sensoren zunehmend optische Satellitenbilder mit einer hohen räumlichen (≤ 10 m) und zeitlichen Auflösung eingesetzt werden.

Grünlandmanagement

Dauergrünland nimmt ca. 29 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands ein. Seine wichtigste Versorgungsleistung ist – über die Verwertung des Grünlandaufwuchses als hochwertiges Grundfutter – die Produktion von Milch und Fleisch. Zusätzlich trägt das Grünland als Lebensraum zahlreicher Pflanzen- und Tierarten aufgrund der Kohlenstoffsequestrierung im Boden, des Hochwasser- und Erosionsschutzes und der Filterfunktion für Niederschlagswasser dazu bei, den Naturhaushalt zu regulieren. Um grünlandbasierte Ökosystemleistungen dauerhaft sicherzustellen, ist eine kontinuierliche, standortangepasste, marktorientierte und gleichzeitig umweltverträgliche und zukunftsfähige Bewirtschaftung und Pflege notwendig. Die Entwicklung innovativer Produkte aus der Kombination von Satellitendaten und Simulationsmodellen kann das Grünlandmanagement unterstützen. Beispielsweise können Satellitenbilddaten zur Schätzung der Aufwuchsmasse verwendet werden. So lassen sich Mahdtermine, Düngung und andere Maßnahmen optimieren. Das kürzlich abgeschlossene Projekt „Satellitengestützte Information zur Grünlandbewirtschaftung – SattGrün“ hat Produkte aus Satellitendaten entwickelt, um Landwirtinnen und Landwirten aktuelle und maßgeschneiderte Informationen zur Verfügung zu stellen.

2.1.2 Nutzung für Monitoring und Evaluierung der Agrarpolitik

Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU-Mitgliedsstaaten fördert den Erhalt und die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft in Deutschland jährlich mit ca. 6 Mrd. Euro. Im Rahmen des GAP-Strategieplans für die Förderperiode 2023–2027 wird der Förderschwerpunkt im Bereich der Honorierung von Umwelt- und Klimaschutzleistungen weiter gestärkt, u. a. mit dem Ziel, die Fördermaßnahmen stärker ergebnisorientiert auszurichten. Die Satellitenfernerkundung ermöglicht es, die Nutzung und Umsetzung von flächenbezogenen Umwelt- und Klimamaßnahmen flächendeckend zu erfassen. Sie liefert somit ein Instrument, das die Zielsetzungen der GAP in wesentlichen Bereichen unterstützen kann.

Nutzung zur Abwicklung von EU-Agrarbeihilfezahlungen im Bereich des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS)

Anfang der 1990er Jahre erfolgte die EU-weite Einführung der Satellitenfernerkundung als Kontrollinstrument flächenbezogener EU-Agrarbeihilfezahlungen. Es entwickelte sich in wenigen Jahren zu einem bewährten und zuverlässigen Kontrollverfahren und gleichzeitig zum europaweit größten operationellen Anwendungsbereich von höchstauflösenden Satellitenbildern. Während zu Beginn Daten auf der Basis einer Zehn-Meter-Pixelgröße interpretiert wurden, liegt die Bodenauflösung von digitalen Orthofotos (DOPs) und höchstauflösenden Satellitenbildern (VHR) heute bei 0,2 bis 0,4 Metern. Fast alle Bundesländer setzen bis zum heutigen Tag Fernerkundung zur Durchführung von Vor-Ort-Kontrollen von landwirtschaftlichen Flächen ein.

Ab der Förderperiode beginnend mit dem Jahr 2023 kommt nunmehr als verpflichtendes Element des InVeKoS die Einführung eines „Flächenüberwachungssystems“ (AMS) hinzu.

Dieses Verfahren beinhaltet eine regelmäßige und systematische Beobachtung, Verfolgung und Bewertung landwirtschaftlicher Tätigkeiten und Methoden auf allen landwirtschaftlichen Flächen anhand von Sentinel-Satellitenbildern im Rahmen des Copernicus-Programms oder anderer zumindest gleichwertiger Bilddaten.

Auf Basis hierfür entwickelter Algorithmen werden ganzjährig aktuelle Sentinel-Satellitenbilder (alle 7 bis 10 Tage) über eine automatisierte Klassifizierung ausgewertet und über ein Ampelsystem der Verwaltung sowie den Landwirtinnen und Landwirten zur Verfügung gestellt. Damit ist der Bewirtschaftungsstand jeder landwirtschaftlichen Parzelle ganzjährig abrufbar. Ein weiterer Bestandteil des AMS wird neben dem ergänzenden Einsatz von Drohnen ein vollumfängliches System von georeferenzierten Fotos sein, mit Hilfe derer landwirtschaftliche Betriebe der Verwaltung über eine hierfür entwickelte App auf digitalem Wege erforderliche Nachweise zukommen lassen können.

Dieses neue Verfahren trägt damit zu einer weitergehenden Digitalisierung der Landwirtschaft unter Einsatz moderner Techniken bei. Zudem entspricht es auch dem Grundgedanken der GAP-Förderperiode ab 2023 hin zu weniger Kontrolle und mehr Zusammenarbeit zwischen Verwaltung und Landwirtinnen und Landwirten, um die mit der GAP angestrebten Ziele zu erreichen.

Bei der Konferenz der Agrarministerinnen und Agrarminister im September 2020 wurde darüber hinaus beschlossen, ein gemeinsames Kompetenzzentrum zur Umsetzung des Flächenüberwachungssystems (Zentrales Kompetenzzentrum Flächenmonitoring – ZKF) zur neuen Förderperiode einzurichten, um eine effiziente und bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Vorgaben zu erreichen.

Das BMEL und seine Beauftragten können die beim ZKF vorhandenen Kapazitäten zur Datenlieferung, Datenverarbeitung und -analyse nutzen. Die Nutzung der Kapazitäten ist beschränkt auf die Zwecke

- der Evaluation der Gemeinsamen Agrarpolitik,
- der Umwelt- und Klimaberichterstattung,
- des Biodiversitätsmonitorings,
- des Wirkungsmonitorings zur Düngeverordnung.

Evaluation der GAP

Die Bewertung der Leistung und des Erfolgs der geförderten und umgesetzten Maßnahmen im Rahmen der GAP stellt eine wesentliche Voraussetzung für die zukünftige Anpassung und Optimierung der Politikgestaltung dar. In Bezug auf die flächenbezogene Nutzung lässt sich die Leistung bzw. der Erfolg der Agrarpolitik im Hinblick auf Umwelt- und Klimaschutz in der Entwicklung und Veränderung der Landnutzung über den Förderzeitraum und in Bezug zu einem Referenzwert darstellen und „messen“ (z. B. die Veränderung in Landnutzungsstrukturen, Anbauvielfalt oder Nutzungszeiträumen). Die Satellitenfernerkundung ist in der Lage, solche Informationen zur Nutzung und Nutzungsänderung sowohl saisonal als auch über mehrere Jahre (z. B. eine GAP-Förderperiode) abzubilden und liefert somit die Grundlage für die Evaluation der Politikumsetzung auf nationaler Ebene.

Monitoring und Berichtspflichten

Neben der Nutzung im Rahmen der Aufgaben und Ziele der GAP liefern die Satellitendaten des Copernicus-Programms, die Daten weiterer Satelliten-Missionen der ESA und anderer Weltraumbehörden sowie kommerzieller Dienstleister im Bereich der Erdbeobachtung die Basis für eine Reihe weiterer **Monitoring-Vorhaben und Berichtspflichten im Landwirtschafts-Sektor**, z. B.:

- Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften Deutschlands (MonViA)
- Wirkungsmonitoring zur Düngeverordnung
- Bundesweites Moorbodenmonitoring für den Klimaschutz (MoMoK)
- Nationales Emissionsinventar für Treibhausgase und Luftschadstoffe im Rahmen der Klimaberichterstattung

2.1.3 Projekte zur Fernerkundung in der Landwirtschaft

Das Potenzial der Fernerkundung für die Landwirtschaft ist groß, die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in diesem Bereich ebenso. Die im Folgenden vorgestellten Projekte beinhalten zum einen die durch das BMEL geförderten Projekte unter Beteiligung von Forschungsinstitutionen, Universitäten und Unternehmen der freien Wirtschaft und zum anderen die Tätigkeiten der Ressortforschungseinrichtungen des BMEL (Julius-Kühn-Institut, Thünen-Institut, Friedrich-Löffler-Institut).

Projekte des BMEL

Das BMEL fördert zahlreiche Projekte in Projekträgerenschaft der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) insbesondere auch zu Themen der Digitalisierung. Nachfolgend finden Sie ausgewählte Vorhaben der Richtlinie „Förderung der Einrichtung von Experimentierfeldern zur Digitalisierung in der Landwirtschaft“, die Fernerkundungsmethoden einsetzen. Experimentierfelder sind digitale Testfelder auf landwirtschaftlichen Betrieben, bei denen beispielsweise untersucht wird, wie digitale Techniken der Fernerkundung optimal zum Schutz der Umwelt, zur Steigerung des Tierwohls und der Biodiversität sowie zur Arbeitserleichterung eingesetzt werden können.

→ <https://www.agrisens-demmin.de>

AgriSens – DEMMIN 4.0 – Fernerkundungstechnologien für die Digitalisierung im Pflanzenbau

AgriSens – DEMMIN 4.0 dient der Nutzung von Geoinformation im Pflanzenbau. Im Projekt werden konkrete Anwendungen für die Fernerkundung identifiziert, um Praxisfragen des Pflanzenbaus mit digitalen Verfahren zu beantworten. Dabei werden bewährte Methoden weiterentwickelt und neue Lösungsansätze verfolgt.

Der Bedarf an Nahrungsmitteln und Rohstoffen steigt aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung. Gleichzeitig werden landwirtschaftliche Nutzflächen knapper. Von zentraler Bedeutung sind effiziente, nachhaltige Lösungen, die der Landwirtschaft helfen, den Herausforderungen der Klimakrise (wie eine sich ändernde Wasserverfügbarkeit und -qualität) zu begegnen und dazu beitragen, Bodendegradation, Umweltverschmutzung sowie die Zerstörung von Ökosystemen und den Verlust der biologischen Vielfalt zu mindern. Die Digitalisierung bietet hier ein großes Potenzial, Prozesse zu optimieren und zu automatisieren.

AgriSens – DEMMIN 4.0 zielt auf die Identifikation praktischer Anwendungen für den Pflanzenbau auf Basis von Fernerkundungsdaten aus Satelliten-, Flugzeug- und UAV-gestützten Systemen ab. Es sollen neue Methoden entwickelt und davon abgeleitetes Wissen den Landwirtinnen und Landwirten und der Öffentlichkeit leicht zugänglich gemacht werden. Aktuell werden vier Anwendungsfälle umgesetzt. Dabei geht es darum, das Pflanzenwachstum zu überwachen, den Ertrag vorherzusagen, ertragsschwache Gebiete nachhaltig zu nutzen sowie die Bewässerung zu optimieren und Steine auf Feldern zu erkennen.

AgriSens – DEMMIN 4.0 ist in den einzigen deutschen Standort des Joint Experiment of Crop Assessment and Monitoring (JECAM), einer globalen Initiative zur Entwicklung und Validierung von Fernerkundungsprodukten, eingebunden. Diese Kombination von Infrastruktur und Zusammenarbeit von Landwirtschaft und Forschung ermöglicht es, die Entwicklung hochwertiger Methoden mit In situ-Daten und Expertise von Landwirtinnen und Landwirten qualitativ zu sichern. So kann Forschung direkt die Anforderungen der Landwirtschaft an fernerkundungsbasierte Informationsprodukte berücksichtigen. Der Austausch wird durch regelmäßige Workshops mit der Praxis gelebt und stellt ein wichtiges Schlüsselement dar.



Abbildung 1: Projektbild AgriSens – DEMMIN 4.0. © Maria Thiele

Projektpartner:	Helmholtz Zentrum Potsdam; Deutsches Geoforschungszentrum (Koordination); Deutscher Wetterdienst; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Friedrich-Schiller-Universität Jena; Julius-Maximilians-Universität Würzburg; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Hochschule Neubrandenburg; FLF Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI
Abgeleitete Parameter:	Vegetation: LAI, Biomasse, Vitalität, Anbaukultur, Evapotranspiration, Ertrag Boden: Bodentemperatur, Bodenmuster, Art, Lage und Ausdehnung von Minderertragsflächen, Position und Größe von Steinen
Verwendete (Satelliten-)Daten:	Sentinel-1, Sentinel-2, Planet, Landsat
Laufzeit:	03/2020–02/2023

→ <https://www.ef-sw.de>

Experimentierfeld Südwest – Förderung des branchenübergreifenden und überbetrieblichen Datenmanagements zur Unterstützung landwirtschaftlicher Wertschöpfungssysteme

Ziel des Experimentierfelds ist es, Fernerkundungsdaten in die Workflows der GeoBox-Infrastruktur (GBI) unter Berücksichtigung betrieblicher Sensordaten und öffentlicher Geodaten einzubinden. Zusätzlich sollen mittels der Fusion heterogener Geo- und Wetterdaten spezifische Simulationsmodelle standortspezifisch Entscheidungshilfen generieren. Dabei soll das im SoFI-Projekt implementierte Modell zur Befahrbarkeit landwirtschaftlicher Flächen zum Einsatz kommen. Als langfristiges Ziel gilt es, anderweitige Daten wie z.B. Sensordaten aus IoT-Netzwerken mit Fernerkundungsdaten und den simulierten Ergebnissen zu fusionieren und für den Boden- und Klimaschutz zu nutzen sowie eine KI-basierte Beratungsinfrastruktur vorzubereiten.

Zeitlich eng getaktete Informationen zum Vitalitäts- und Entwicklungsstatus von Feldfrüchten sind für die Landwirtschaft zu Überwachungs- und Planungszwecken von großem Nutzen. Vegetationsindizes (z. B. NDVI) liefern diese Information auf der Basis von Multispektraldaten der Sentinel-2-Missionen. Der Geobox-Viewer bietet flächendeckend für die Modellregion Rheinland-Pfalz jeweils hochaktuell berechnete NDVI-Daten, die Landwirtinnen und Landwirten die aktuelle, räumlich differenzierte Beurteilung jeder Fläche erlauben. Zudem ist geplant, Landwirtinnen und Landwirten über die Einbindung der CODE-DE-basierten Plattform timeStamp zu ermöglichen, zeitlich eng getaktete schlagbezogene Statistiken zum Vegetationsstatus von Flächen automatisiert zu berechnen. Mit diesen Informationen lassen sich Entwicklungen beobachten und räumliche und zeitliche Flächenvergleiche für die Planung und Kontrolle von Bewirtschaftungsmaßnahmen durchführen, z. B. um den Ressourceneinsatz zu optimieren oder Ernteziele abzuschätzen. Zusätzlich wird für den Anwendungsfall „Umsetzung eines überbetrieblich nutzbaren und ressourcenschonenden Wirtschaftsdüngermanagement-systems“ an der Umsetzung einer Beschreibung für die standortspezifische Befahrbarkeit landwirtschaftlicher Flächen gearbeitet. Auch eine rückwirkende Auswertung z. B. des NDVI-Status kann im Kontext mit anderen Daten wie z. B. Wetterdaten eine wichtige Unterstützung für Landwirtinnen und Landwirte sowie Beraterinnen und Berater sein. Denn so lässt sich abschätzen, wie sich acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen auf einem Schlag auf die Biomasseentwicklung ausgewirkt haben. Eine weitere Aufgabe des Vorhabens ist die Konzeption einer Kommunikations- und Kontextmanagementplattform für die Landwirtschaft. Die Kommunikationsplattform soll dabei alle in der Landwirtschaft eingesetzten Funktechnologien unterstützen können. Die Kontextmanagementplattform bildet die Schnittstelle für unterschiedliche landwirtschaftliche Dienstleistungen.



Abbildung 2: Logo Experimentierfeld Südwest.
© Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum
Rheinessen-Nahe-Hunsrück

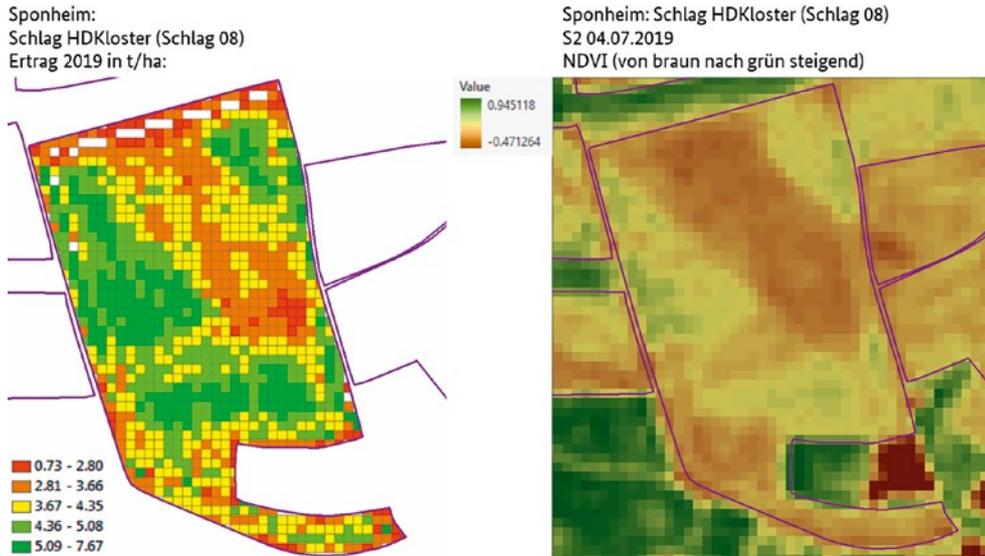


Abbildung 3: Ableitung von Zusammenhängen zwischen NDVI vor der Ernte und der Ertragsmessung. © Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück

ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUR ABBILDUNG:

NDVI steht für normalized difference vegetation index. Der Vegetationsindex wird auf der Basis von Satellitenbilddaten errechnet. Gesunde (grüne) Vegetation reflektiert im sichtbaren Spektralbereich (Wellenlänge 400 bis 700 nm) relativ wenig, im darauf folgenden Infrarot-Bereich (Wellenlänge 700 bis 1300 nm) dagegen relativ viel Strahlung. Messungen dieser Spektralbereiche mithilfe von Satelliten lassen es zu, mit Vegetation bedeckte Bereiche von unbedeckten Flächen zu unterscheiden sowie Rückschlüsse auf die Aktivität, Vitalität sowie die Dichte der Vegetationsdecke zu ziehen.

Die Abbildung auf der linken Seite stellt den vom Mährescher kartierten Weizenertrag in Tonnen pro ha dar. Der Ertrag nimmt von Rot nach Grün zu. Auf der Abbildung auf der rechten Seite ist der Winterweizenbestand 19 Tage vor der Ernte zu sehen. An den braunen Stellen ist der Weizen bereits weitgehend abgereift. Dies könnte z. B. auf eine schlechtere Wasserführung innerhalb des Schlags hindeuten. An den gelben bis grünen Stellen sind die Weizenpflanzen weniger abgereift.

Projektpartner:

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück Bad Kreuznach (DLR RNH); RLP AgroScience GmbH; Neustadt a. d. Weinstraße (AS); Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle; Münchweiler (LVAV); Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel; Bitburg (DLR Eifel); Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz Neustadt a.d. Weinstraße (DLR RP); TH Bingen; TU Kaiserslautern

Abgeleitete Parameter:

Vegetationsindizes/Status der Biomasseentwicklung und der Vegetationsbedeckung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (z. B. Sentinel-2), Feuchtestatus offener Böden und der Vegetation (z. B. Sentinel-1)

Verwendete (Satelliten-)Daten: Sentinel-2, Sentinel-1 (in Planung)

Laufzeit: 02/2020–01/2023

→ <https://www.farmerspace.uni-goettingen.de>

FarmerSpace – Experimentierfelder zur Implementierung digitaler Technologien für den Pflanzenschutz

Innovative digitale Technologien haben ein großes Potenzial, Prozesse für den Pflanzenschutz und die Pflanzengesundheit zu verbessern, Handlungen abzuleiten und nachhaltig durchzuführen. Ziel des Experimentierfeldes FarmerSpace ist die Evaluation, Implementierung und Weiterentwicklung digitaler Technologien des Pflanzenschutzes zur Zustandserkennung und Durchführung von Managementmaßnahmen. In FarmerSpace werden die Anforderungen der landwirtschaftlichen Praxis mit Erkenntnissen aus der Wissenschaft, der Industrie, der Beratung und Start-ups zusammengebracht. FarmerSpace versteht sich als neutrale Vergleichsplattform für digitale Anwendungen im Pflanzenschutz. Um möglichst breit zu informieren, werden Befunde und Erkenntnisse zielgruppengerecht aufbereitet und über eine Vielzahl an Kommunikationskanälen verbreitet.

Die Motivation des Vorhabens „FarmerSpace“ ist es daher,

1. das Potenzial digitaler Technologien für die pflanzliche Produktion zu erschließen,
2. basierend auf den Anforderungen der Praxis Zielgrößen zu definieren und
3. den Praxistransfer vorzubereiten.

FarmerSpace besteht aus einem bundesweiten Netzwerk, dem Vertreterinnen und Vertreter aus Landwirtschaft, Beratung, Industrie, Politik, fachlicher Presse und Wissenschaft angehören. Involvierte Testlandwirtinnen und -landwirte sorgen für den notwendigen Wissens- und Praxistransfer, indem sie neue Entscheidungshilfen und digitale Pflanzenschutztechnologien anwenden. Gemeinsam will das interdisziplinäre Konsortium Lösungen entwickeln, erproben, für die Praxis verfügbar machen und damit die Nachhaltigkeit in der Pflanzenproduktion fördern. Der Fokus liegt dabei auf der Erfassung und Kontrolle von Blattkrankheiten und Unkräutern. Konkret geht es beispielsweise darum, Sensordaten zur Prognose von Schaderregern und begünstigenden Faktoren, zur Konzeption von Entscheidungshilfemodellen und zur Durchführung von teilflächenspezifischen PSM-Applikationen zu nutzen. Für den Einsatz digitaler Technologien zur Erkennung und Kontrolle von Unkräutern werden Bilderkennungsverfahren und digitale Boniturverfahren von Unkräutern untersucht, sowie Robotik-Lösungen hinsichtlich ihrer Effizienz und Anwendungspotenziale erforscht. Zudem werden Übermittlungsmöglichkeiten dezentral anfallender Daten und Infrastrukturen zur Sensordatenübertragung geprüft und weiterentwickelt. Endanwenderinnen und Endanwender in den landwirtschaftlichen Betrieben erhalten so praxisnahe Entscheidungshilfen zum Pflanzenschutz. Der Transfer, der in FarmerSpace gewonnenen Erkenntnisse in die landwirtschaftliche Praxis und die breite Öffentlichkeit ist von großer Bedeutung, um die Potenziale der Digitalisierung aufzuzeigen und zu realisieren.



Abbildung 4: Ein Testfeld im Experimentierfeld FarmerSpace.
© Verein der Zuckerindustrie e.V. – Institut für Zuckerrübenforschung

Projektpartner:	Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen; Abteilung Agrartechnik, Georg-August-Universität Göttingen; Fraunhofer-Institut Optotronik; Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Ilmenau; Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hannover
Abgeleitete Parameter:	Reflektanzeigenschaften mittels RGB-Fotografie, Hyperspektralmessungen, Multispektralmessungen terrestrisch und luftgestützt, Transmissions- und Temperatureigenschaften mittels thermaler Sensorik, terrestrisch und luftgestützt, geometrische Eigenschaften mittels Photogrammetrie, 3D-Laserscanning, ergänzt durch IoT-Sensoren zur Erfassung von Temperatur, Feuchtigkeit, Gasdruck, Niederschlag
Verwendete (Satelliten-)Daten:	Sentinel-2, Sentinel-1, drohnengestützt: RGB, multispektral, hyperspektral, thermal
Laufzeit:	02/2020 – 02/2023

→ <https://www.diwakopter.de>

DIWAKOPTER – Digitalisierung im Wein- und Ackerbau mit Multikoptern

Ziel des Projekts ist die Etablierung neuer, digitaler Produktionstechniken und -methoden in der Landwirtschaft mit dem Schwerpunkt des UAV-Einsatzes in Sonder- und Feldkulturen. Im Rahmen des Experimentierfelds sollen verschiedene Akteure der Digitalisierung aufeinandertreffen, sich vernetzen und gemeinsam innovative Lösungen für eine anwenderorientierte, umweltschonende und konsumentenfreundliche Landwirtschaft der Zukunft aufzeigen.

Die steigenden Anforderungen im Bereich der Düngung und der Pflanzenschutzausbringung führen dazu, dass die momentan gängigen Verfahren überarbeitet sowie neue Verfahren entwickelt und etabliert werden müssen. Die Nutzung von verfügbarer vernetzter Sensorik und Aktorik in Verbindung mit einem Multikoptereinsatz wird als Verfahren getestet. Hierfür werden Sensornetzwerke auf Versuchsfeldern im Weizen und Wein aufgebaut. Diese sammeln Daten, die an einer zentralen Stelle erfasst werden und dazu dienen, Prognosemodelle für die Pflanzenschutzanwendung und die Düngung zu erstellen.

Eine sensorgestützte Bedarfsermittlung erfolgt auch mit Hilfe von Drohnen. Die Drohnen sollen außerdem autonom und bedarfsgerecht geringe Mengen an Wirkstoffen applizieren, um die Ressourceneffizienz zu steigern. Eine Präzisionsdüngung soll durch das Zusammenspiel der unterschiedlichen Techniken ermöglicht werden. Zudem ist dieses Verfahren bodenschonend und auch in Zeiten schlechter Befahrbarkeit der Flächen anwendbar.

Die Testung neuer Verfahren soll den Industriepartnern erleichtert werden, indem eine digitale und wissenschaftliche Infrastruktur bereitgestellt wird und eine wissenschaftliche und wirtschaftliche Beratung und Betreuung sowie eine enge Vernetzung mit den relevanten Behörden erfolgt. Parallel werden die Erwartungen und die Investitionsbereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte in die einzelnen Felder der Digitalisierung durch professionelle Studien ermittelt und an industrielle Stakeholder übermittelt. Zudem wird der ökonomische Nutzen der neuen Verfahren durch eingehende Wirtschaftlichkeitsanalysen beurteilt und an die Stakeholder der Digitalisierung kommuniziert.

An der Hochschule Geisenheim sind die Institute für Technik, allgemeinen und ökologischen Weinbau und Wein- und Getränkewirtschaft am Vorhaben beteiligt.



Abbildung 5: Abbildung der eingesetzten Drohnen.
© Anne-Kathrin Mahlein, Institut für Technik, Hochschule Geisenheim

- Projektpartner:** Hochschule Geisenheim; Hessische Staatsweingüter – Weingut Kloster Eberbach; Präzisionslandwirtschaft Zweilindenhof Reim; Telespazio VEGA Deutschland GmbH; agrotop GmbH; inovell GmbH; Droniq GmbH und weitere
- Abgeleitete Parameter:** Laubwandvolumen von Raumkulturen, verschiedene Indizes zur Pflanzengesundheit zum Beispiel zur Abbildung von Mangelzuständen durch Pilzbefall oder Trockenstress, räumlich aufgelöste Applikationskarten für die bedarfsgerechte Ausbringung von Düngemittel- oder Pflanzenschutzmitteln
- Verwendete (Satelliten-)Daten:** Zur Nutzung kommen Daten aus RGB-, Multi- und Hyperspektralkameras zur Diagnose von Stress und Mangelzuständen sowie zur Erstellung von Applikationskarten für Düngemittel- und Pflanzenschutzmittel. LiDAR-Sensoren werden zur Messung des Laubwandvolumens genutzt. Unterschiedliche Drohnen dienen hierbei als Trägerplattform, dies ermöglicht eine deutliche höhere Auflösung als bei Satellitenbildern.
- Laufzeit:** 03/2020 – 02/2023

Projekte des Julius Kühn-Instituts

→ <https://flf.julius-kuehn.de/>

Das Julius Kühn-Institut (JKI) hat mit dem Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung (FLF) eine Einheit geschaffen, die den Informationsbedarf aus Fernerkundungsdaten für das JKI, das BMEL und weitere Behörden unterstützt. Das FLF ist innerhalb des JKI das Kompetenzzentrum für Fernerkundung und Ansprechpartner für die Fachinstitute. Das FLF koordiniert Arbeitsgruppen für Fernerkundungsmethoden in den Bereichen Multispektral- und Hyperspektralsensorik sowie Radartechnologie. Dabei kommen flugzeug- und satellitengetragene Systeme, aber auch zunehmend Drohnen/Multikopter zum Einsatz. Das FLF ist ein Beitrag des JKI zur Digitalisierung in der Landwirtschaft.

Zu den Aufgaben des FLF zählt die Erstellung aktueller landwirtschaftlicher Geoinformationen für die Forschungsfragestellungen der Fachinstitute des JKI sowie für die Beratung und für Berichterstattungen an das BMEL. Dabei werden insbesondere auch die Ergebnisse und Methoden aus Drittmittelprojekten mit fernerkundlichem Bezug operationell verfügbar gemacht (vgl. Kap. 4.2).

Bereitstellung von zeitlich-räumlich hochaufgelösten und bundesweiten Informationen zur Landbedeckung

Ziel des Projekts ist es, Algorithmen zur Bereitstellung von bundesweiten schlagbezogenen Informationen über die Kulturarten auf Ackerland sowie Baumarten auf Wald- und Forstflächen weiterzuentwickeln und zu implementieren.

Die hohe zeitliche und räumliche Auflösung der Copernicus-Sentinel-1- und Sentinel-2-Satelliten sowie deren Sensortechnologien ermöglichen die Bereitstellung flächendeckender, thematisch detaillierter, aktueller, deutschlandweiter Informationen zur Landnutzung. Diese sind für zahlreiche Forschungsfragestellungen des Julius Kühn-Instituts (JKI) und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) von großer Bedeutung. Beispielsweise ist die Kenntnis über die Anbaufläche, die Verteilung und das Anbauspektrum der Kulturarten und Fruchtfolgen auf Ackerland ein wesentlicher Indikator für den Erhalt und die Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften. Die Baumartenzusammensetzung in Wäldern wiederum spielt eine entscheidende Rolle bei der Interzeption in Wäldern und steht in Zusammenhang mit Grundwasserneubildung und Trockenstress. Die Verknüpfung dieser Informationen mit öko-hydrologischen Modellen ermöglicht zusätzlich, Prozesse in Wasser- und Stoffhaushalt, z. B. von Nitrateinträgen in Gewässer oder Auswirkungen von hydro-meteorologischen Extremereignissen, zu simulieren.

Vor diesem Hintergrund fokussiert die Maßnahme folgende drei Arbeitsschwerpunkte:

- die Ableitung bundesweiter, jährlicher, räumlich expliziter Informationen zur Landbedeckung, im Besonderen zum Anbau der Kulturarten auf Ackerland,
- die Weiterentwicklung einer Methodik zur Identifikation von Baumarten in Wald- und Forstflächen,
- die Erarbeitung eines Konzepts zur intrasaisonalen Kulturartenklassifikation unter Nutzung multisensoraler Fernerkundungsdaten, das prototypisch in ausgewählten Regionen umgesetzt werden soll.

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung; FLF-Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI

Laufzeit: laufend

BeetScan

→ <https://flf.julius-kuehn.de/beetscan.html>

Im Verbundprojekt BeetScan wurden produktionstechnische Größen aus Fernerkundungsdaten für die Zuckerindustrie und deren Vertragsanbauer abgeleitet und verfügbar gemacht.

Als zweitgrößter Zuckererzeuger Europas kauft Nordzucker die Rübenmenge aus einer Anbaufläche von jährlich 250.000 ha. Dabei werden die Anbauenden aktiv unterstützt, um ihre Erträge qualitativ und quantitativ zu optimieren. Dies geschieht u. a. auf Grundlage diverser schlagspezifischer Daten, wie zum Beispiel Inhaltsstoffen, Erntemengen oder Probe- und Boniturergebnissen. Mit heutigen Technologien ist es möglich, weitere Wertschöpfungspotenziale zu heben, zusätzliche monetäre Optimierungen in Anbau, Logistik und Produktion zu realisieren und gleichzeitig nachhaltig zu produzieren. Daher ist es für Nordzucker wichtig, die Entwicklung der Zuckerrübenbestände in Echtzeit zu beobachten (Monitoring), um rechtzeitige Entscheidungen herbeizuführen, Krankheiten und Schäden entgegenzuwirken, Pflanzen standortspezifisch optimal zu versorgen und die verarbeitenden Werke bedarfsgerecht mit Zuckerrüben zu beschicken. Die Fernerkundung spielt dabei eine besondere Rolle, da sie zeitlich, räumlich und spektral hochauflösende Informationen über die Vegetationsbestände liefern kann. Die Sentinel-Daten des Europäischen Copernicus-Programms eignen sich hierfür besonders, da die Daten kostenfrei und mit einer langfristigen Perspektive verfügbar sind.

Das Projekt BeetScan hatte das Ziel, Satelliteninformationen in die Beratung und die Logistik der Produktionsprozesse einzubinden. Dabei stand ein Monitoring-Ansatz im Vordergrund, der es Anbauern ebenso wie der Nordzucker AG ermöglicht, sich leicht einen Überblick über den aktuellen Zustand der Zuckerrübenfelder zu verschaffen. Das betrifft vor allem die schlaggenaue Erfassung produktionstechnischer Zeitpunkte (Bodenbearbeitung, Bestandesschluss, Erntetermin), um die Zuckerproduktion und die Logistik der Anfuhr besser planen und optimieren zu können. Schließlich hilft eine frühzeitige Abschätzung der zu erwartenden Zuckererträge, die Auslastung der Zuckerfabriken zu verbessern.

Projektpartner: Nordzucker AG (Koordination); FLF-Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI; M2Xpert GmbH & Co. KG (m2X); Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland e.V. (ARGE NORD)

Laufzeit: bis 09/2021

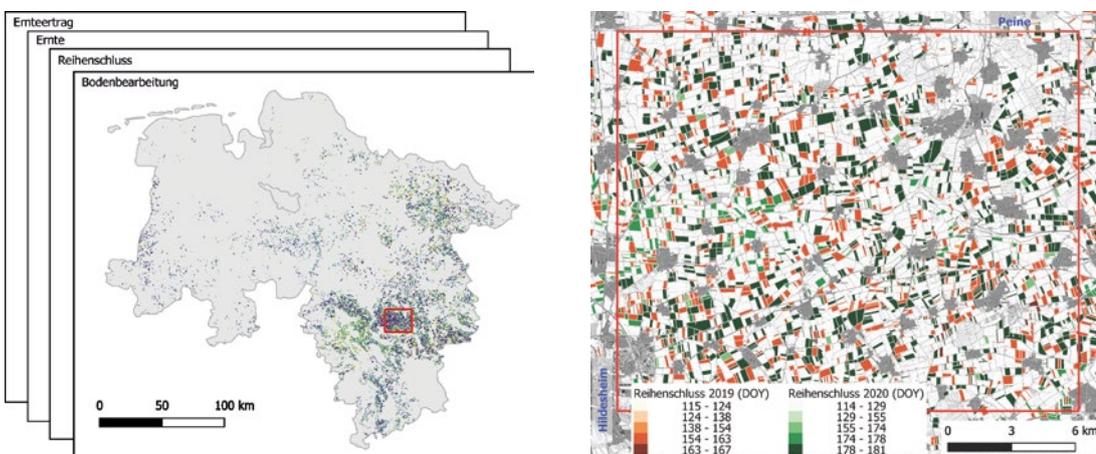


Abbildung 6: Ableitung von produktionstechnischen Zuckerrübenentenen der Jahre 2019 und 2020 für alle Zuckerrübenfelder in Niedersachsen (links) und Visualisierung von Reihenschlussergebnissen am Beispiel eines Ausschnitts (rechts) (Hintergrundkarte: BKG wms_dtk250).

© Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung/Julius Kühn-Institut

DynAWI – Dynamische Agrarwetterindikatoren zur Extremwetterprognose in der Landwirtschaft mit Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens (ML)

Um aktuelle, räumlich und zeitlich hochaufgelöste Karten zu Extremwettergefahren für die Landwirtschaft zu erstellen, verbindet das Projekt Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens mit Systemen zur Bereitstellung und Prozessierung von Geodaten. Die Agrarwetterindizes werden mit kontinuierlichen Messdaten aus dem Gelände validiert, um die Unsicherheiten der Indizes zu bestimmen. Zusätzlich werden die Vorteile der DataCube-Technologie für die Analyse von Big Data erprobt.

Die Landwirtschaft in Deutschland steht vor der Herausforderung, sich an ein verändertes Auftreten von Extremwettersituationen in Folge des fortschreitenden Klimawandels anzupassen. Das Projektvorhaben DynAWI (Dynamische Agrarwetterindikatoren zur Prognose der Auswirkungen von Extremwettersituationen in der Landwirtschaft mit Methoden der künstlichen Intelligenz) verfolgt das Ziel, eine Prozesskette zur Geodatenintegration und -analyse durch die Kopplung von skalierbaren Geodateninfrastrukturen (Data Cube) mit Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) zu entwickeln, um eine raum-zeitliche Vorhersage zu aktuellen Extremwettersituationen (z. B. Trockenheit, Dürre, Spätfrost, Starkregen, Hagel) in Deutschland geben zu können.

Mit DynAWI werden dazu erweiterbare Datenbanken zu Extremwettersituationen aufgebaut und daraus standardisierte Parameter abgeleitet. Die Daten, v. a. Geodatenzeitreihen (z. B. Wetter- und Satellitenbilddaten) werden in einer „Data-Cube“-Infrastruktur des Julius Kühn-Instituts verwaltet, die eine effiziente und maßstabsspezifische Datenintegration und -abfrage erlaubt. Aus den standardisierten Daten können mit einem Webdienst-basierten Konfigurator Agrarwetterindikatoren (AWI) für spezifische Jahre und Extremwetterphänomene abgeleitet werden. Parametrisierte Extremwettersituationen fungieren als KI-Trainingsdaten, um historische und aktuelle Extremwettersituation in Deutschland raum-zeitlich prognostizieren zu können.

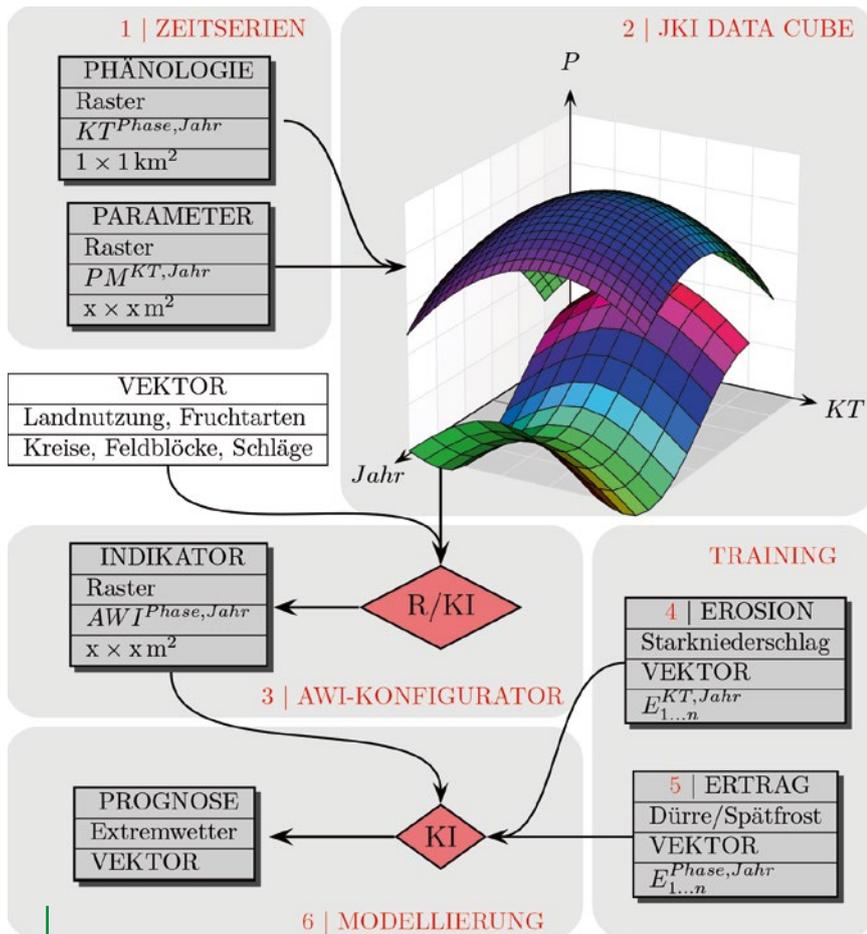


Abbildung 7: Fließschema zur dynamischen Ableitung von Agrarwetterindikatoren in der Landwirtschaft. © Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung/ Julius Kühn-Institut

**ERGÄNZENDE
INFORMATIONEN ZUM BILD:**

R – Regeln | KI – Künstliche Intelligenz/Maschinelles Lernen | KT – Kalendertag | P – Parameter | AWI – Agrarwetterindikator | E – Extremwittersituation (Erosion, Dürre/Trockenheit, Spätfrost)

Projektpartner:	FLF-Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI; Institut für Geographie der Universität Augsburg; rasdaman GmbH; Soilution GbR; Vereinigte Hagelversicherung VVa
Abgeleitete Parameter:	Bedeckungsgrad von landwirtschaftlichen Kulturen, Agrarwetterindizes für Erosion und Dürre, Ableitung von phänologischen Metriken und Phasen
Verwendete (Satelliten-)Daten:	Sentinel-2, Sentinel-3 MODIS
Laufzeit:	07/2021 – 07/2024

→ <https://www.unter-2-grad.de/projekte/soil-de>

SOIL-DE – Entwicklung von Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland

Der Schutz und die nachhaltige Nutzung der Ressource Boden sind wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Entwicklung der Zukunft. Um dies quantitativ wie qualitativ bewerten zu können, hat sich das Verbundvorhaben SOIL-DE die Entwicklung von Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, der Nutzungsintensität und der Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland zum Ziel gesetzt. Hierfür sollen neben existierenden thematischen Karteninformationen insbesondere neue Datenquellen aus der Erdbeobachtung in Wert gesetzt werden.

Im Projekt SOIL-DE werden Indikatoren zur Bewertung der Funktionalität, der Potenziale, der Nutzungsintensität und der Vulnerabilität von Böden entwickelt, um die Qualität und die Wertigkeit von Böden sowohl rückblickend als auch unter aktueller Nutzung bewerten zu können. Zusätzlich soll der Flächenverlust von Böden räumlich, zeitlich und qualitativ beurteilt werden. Datengrundlagen sind dabei verfügbare Basisdaten für Deutschland (z. B. Geländemodelle, Bodenkarten, Klima- und Wetterdaten), auszuwertende Daten der europäischen LUCAS-Erhebungen, historische Satellitendaten des Landsat-Archivs sowie aktuelle Satellitendaten des europäischen Copernicus-Programms. Die abgeleiteten Informationen sollen bestehende Bewertungssysteme erweitern und als Entscheidungshilfe in eine nachhaltige und langfristige Flächenentwicklung einfließen können. Die Auswertung von Zeitreihen hochauflöser Satellitenbilddaten (10–30 m Pixelauflösung) mit völlig neuen Methoden stellt außerdem einen neuartigen Weg für die Detaillierung bestehender Bodeninformationen dar.



Abbildung 8: Kartenausschnitt zum biotischen Ertragspotential landwirtschaftlich genutzter Böden in Niedersachsen nach Marks et al. (1992) im **SOIL-DE Webviewer**.
 © Screenshot von soil-de.eomap.de, gehostet von EOMAP GmbH & Co. KG, Daten und Karte: JKI (2020), Mapbox, OpenStreetMap

→ <https://www.soil-de.eomap.de/>

Projektpartner: FLF-Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR); Universität Osnabrück (UOS); EOMAP GmbH & Co. KG; terrasys.info (Unterauftrag); Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz (MISB) (Unterauftrag)

Laufzeit: 12/2022

ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUM BILD:

Die Berechnungen basieren auf der Bodenkundlichen Übersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK200), Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), dem Geländemodell DGM10 des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) sowie Landnutzungsinformationen des CORINE-CLC-Datensatzes von 2018. Die Integration schlagspezifischer Anbauinformationen (Fruchtart) aus Copernicus-Sentinel-Daten soll in einem nächsten Schritt vollzogen werden.

→ <https://nalamki.de>

NaLamKI – Nachhaltige Landwirtschaft mittels KI

Ziel ist die Entwicklung, Etablierung und Evaluierung praxisrelevanter Anwendungsfälle für den Einsatz von satelliten- und UAV-gestützten Systemen im praktischen Pflanzenbau und die Etablierung einer cloudbasierten SaaS(Software-as-a-Service)-Plattform mit offenen Schnittstellen für Anbieter aus der Landwirtschaft, der Industrie sowie für Serviceanbieter von Spezialanwendungen im Pflanzenbau und Bereitstellung GAIA-X-konformer Dienste, u. a. für ein verbessertes Nährstoff- und Pflanzenschutzmanagement durch geeignete KI-gestützte Analysen.

Im Teilvorhaben „Multiskalige und multisensorale Informationsgewinnung aus Fernerkundungsdaten“ (MussIF) des Julius Kühn-Instituts steht der operationelle Einsatz analysefertiger Satellitenbilddaten und -datenprodukte für das Monitoring landwirtschaftlicher Kulturpflanzenbestände als Grundlage einer nachhaltigen und ressourcen-effizienten Bewirtschaftung im Fokus. Hierfür werden Daten verschiedenartiger Fernerkundungssysteme (Radar, optische Sensoren) unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung verarbeitet, raum-zeitliche Fusionsprodukte generiert und das Potenzial KI-basierter Verfahren und Big Data für die Landwirtschaft analysiert. Die generierten Satellitenbilddaten und -datenprodukte (Bestandsparameter, phänologische Informationen) werden über standardisierte Schnittstellen (Web-Dienste) auf Basis der GAIA-X-Referenzarchitektur zur Verfügung gestellt. Die erarbeiteten Anwendungen werden in einem Demonstrator prototypisch auf Eignung und Praxistauglichkeit getestet.

Projektpartner: John Deere GmbH & Co. KG (Koordination); Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI); Neue Technologien AG (NT AG); Heinrich-Hertz-Institut (HHI); OptoPrecision GmbH; FLF-Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI; Planet Labs Germany GmbH; Robot Makers GmbH; TU Kaiserslautern; Universität Hohenheim

Laufzeit: bis 12/2023

PreciseNitrogen

→ https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/projekte/431_Precise_Nitrogen

Ziel des Projekts PreciseNitrogen ist die Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes und Erhöhung der Ressourceneffizienz bei der Stickstoffdüngung am Beispiel des Weizenanbaus.

Im Verbundvorhaben soll ein ressourceneffizientes, teilflächenspezifisches Düngesystem entwickelt werden, das den aktuellen Zustand des Bestands berücksichtigt und unnötige Nitrateinträge in das Ökosystem vermeidet. Hierzu soll ein kosteneffizientes In-situ-Sensornetzwerk (IoT) zur Erkennung des teilflächenspezifischen Mikroklimas im Bestand aufgebaut und zur Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen bei der Stickstoff-Düngerapplikation im Winterweizen angewendet werden. Über eine offene Schnittstelle sollen die Sensordaten mit Satellitenbildern und Bewirtschaftungsdaten innerhalb eines Farm-Management-Systems zusammengeführt werden. Meilensteine des Projekts PreciseNitrogen sind das Bewertungsschema zur Fernerkundung und das zur Praxisreife weiterentwickelte Feldsensornetzwerk und dessen Integration in das Düngemanagement. Das JKI ist für die Erarbeitung eines Bewertungsschemas zur fernerkundungs-basierten teilflächenspezifischen Stickstoffapplikation zuständig.

Projektpartner: Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Koordination); Georg-August-Universität Göttingen; Netzwerk Ackerbau Niedersachsen; Güterverwaltung Reinau; FLF-Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI

Laufzeit: bis 04/2023

SatAgrarStat/SatAgrarStat_Plus

Ziel des Projekts ist die Prüfung fernerkundungsbasierter Ertragsschätzungen am konkreten Anwendungsfall der amtlichen Erntestatistik im Statistischen Verbund.

Für die amtliche Statistik eröffnet sich durch das Projekt SatAgrarStat, seit 2020 SatAgrarStat_PLUS, die Möglichkeit, Copernicus-Satellitendaten als flächendeckende Informationsquelle im statistischen Aufbereitungsprozess zu testen. Im Projekt wird ein Verfahren zur fernerkundungsbasierten Ernteertragsschätzung für die Kulturarten Winterweizen, Wintergerste, Winterraps und Sommergerste weiterentwickelt bzw. neu etabliert. Auf Basis von Sentinel-2A/B-Bilddaten werden hierfür Erträge auf Schlägebene sowie auf unterschiedlichen räumlichen Aggregationsebenen (z. B. Landkreis, Gitterzelle) in ausgewählten Bundesländern geschätzt und validiert. Damit sollen Voraussetzungen geschaffen werden, die satellitengestützte Ernteertragsabschätzung im Prozess der Statistikproduktion zu verankern, um in Zukunft bei der Ernteerhebung nach dem Agrarstatistikgesetz eine hohe Flächendeckung und daraus resultierend eine größere regionale Tiefe zu erreichen.

Projektpartner: Statistisches Bundesamt (Destatis); Statistischer Verbund; FLF-Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI

Laufzeit: bis 12/2023

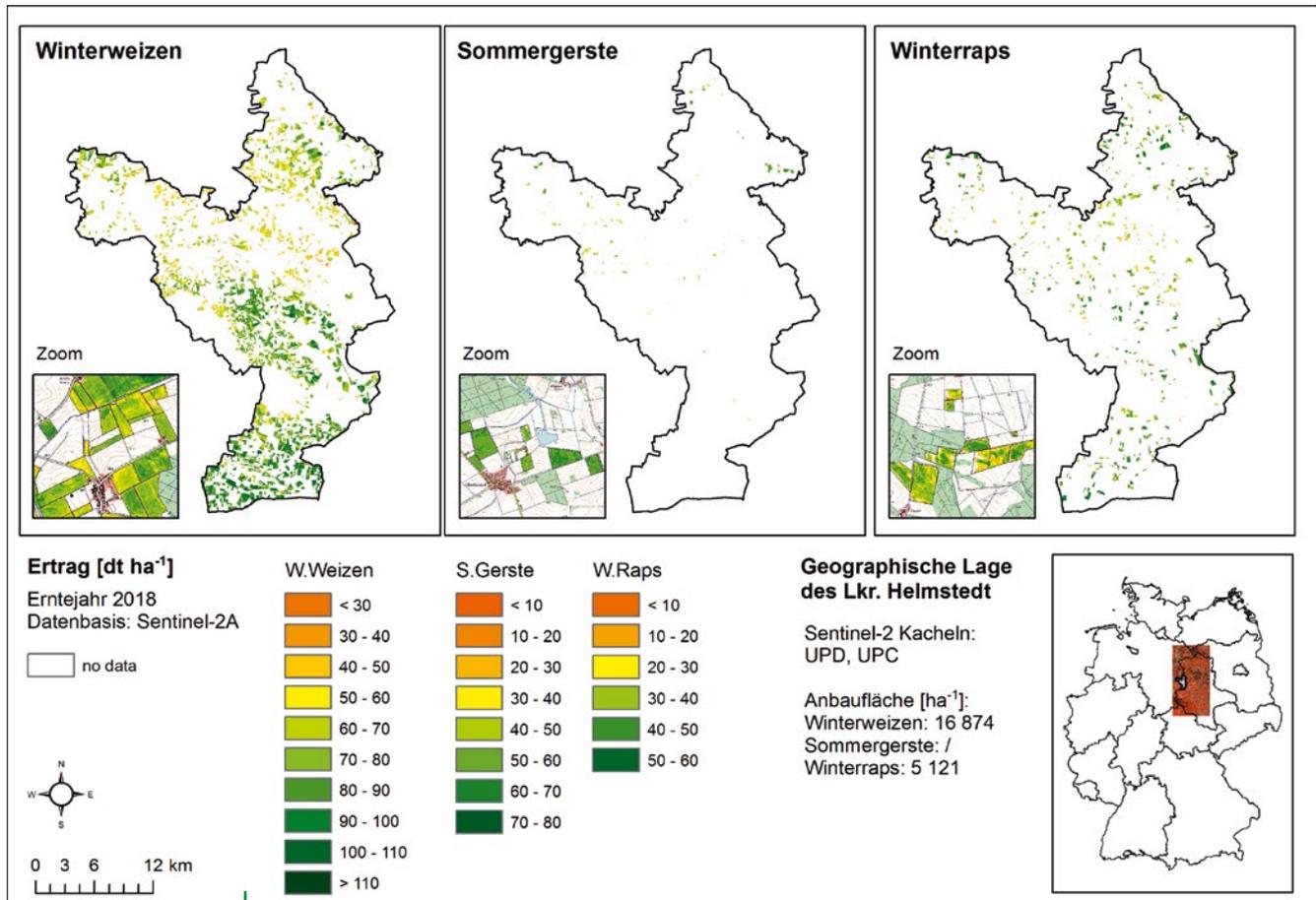


Abbildung 9: Satellitengestützte Ernteertragsabschätzung im Landkreis Helmstedt auf der Basis von Sentinel-2-Satellitenbilddaten für Winterweizen, Sommergerste und Winterraps im Erntejahr 2018. © Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung

Projekte des Thünen-Instituts

→ <https://www.thuenen.de/de/thuenen-institut/verbundstrukturen/thuenen-fernerkundung>

Am Thünen-Institut wurde 2019 die Arbeitsgruppe Thünen-Fernerkundung (**Thünen Earth Observation, kurz: ThEO**) gegründet. Sie verfolgt das Ziel, die Daten von aktuellen und geplanten Satellitenmissionen systematisch für Monitoring-Aufgaben, agrarpolitische Folgenabschätzung und andere Forschungstätigkeiten am Thünen-Institut in Wert zu setzen und damit die Politikberatung am Thünen-Institut zu unterstützen.

Entsprechend der Breite der Themenfelder am Thünen-Institut gliedern sich die Aktivitäten der Thünen-Fernerkundung in die folgenden Anwendungsbereiche.

Landnutzung: Wie werden landwirtschaftliche Flächen genutzt und wie verändert sich die Nutzung? Satelliten des Copernicus-Programms liefern die Basis für eine flächen-deckende und schlaggenaue Bestandsaufnahme für ganz Deutschland.

Klimaschutz und Klimafolgen: Beeinflusst die Klimakrise die landwirtschaftliche Nutzung und Wälder? Wie wirken sich Umwelt- und Klimamaßnahmen aus? Mit Hilfe von Satellitendaten lassen sich räumliche und zeitliche Muster von Klimafolgen und Bewirtschaftungsmaßnahmen sichtbar machen.

Biologische Vielfalt: Die Art und Intensität der Nutzung hat einen massiven Einfluss auf die Ökosystemfunktionen der Agrarlandschaften und Wälder. Die Auswertung von Fernerkundungsdaten über lange Zeiträume liefert Indikatoren über den Zustand und die Belastung der Ökosysteme.

Waldstruktur und Walddynamik: Um die Waldstruktur und die Bewirtschaftung von Wäldern zu erfassen, erprobt und analysiert das Thünen-Institut verschiedene skalenübergreifende Fernerkundungsdaten und neue Fernerkundungstechnologien.

Entwaldung und Restauration: Um Lösungsansätze für eine nachhaltige Waldentwicklung in den Tropen und Subtropen zu erarbeiten, werden mit Hilfe der Fernerkundung die Entwaldungsmuster, deren Treiber und Ursachen untersucht.

Fischerei: Fernerkundungsdaten liefern in der Ozeanographie großflächige Informationen über Umweltfaktoren wie z. B. Temperatur, Salzgehalt und Zirkulation bestimmter Meeresgebiete. Mit ihrer Hilfe wird die Verbreitung und Populationsdynamik der nordatlantischen Fischbestände untersucht.

Der folgende Überblick fasst die aktuellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten der Thünen-Fernerkundung in der Agrarlandschaft zusammen. Die Aktivitäten der Fernerkundung in den Bereichen Wald sind in Kap. 2.2.1 und für die Fischerei am Thünen-Institut in Kap. 2.3.1 zusammengefasst.

→ <https://www.thuenen.de/index.php?id=11754&L=0>

kliMAGS – Monitoring von klimawirksamen Maßnahmen in der Acker- und Grünlandbewirtschaftung mit Satellitendaten

Ziel des Projekts ist die Durchführung von Machbarkeitsstudien für die operationelle Erfassung von klimawirksamen Maßnahmen in der Landwirtschaft aus Copernicus-Satellitendaten als Beitrag zum Monitoring im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und der Klimaberichterstattung.

Mit dem 2021 novellierten Klimaschutzgesetz hat sich Deutschland verpflichtet, bis 2045 klimaneutral zu werden. Eine Erreichung dieses Ziels ist nicht möglich, ohne auch in der Landwirtschaft den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren und durch geeignete Maßnahmen zur Speicherung von Kohlenstoff und somit zu „negativen Emissionen“ beizutragen. Umwelt- und Klimaschutz stehen auch zunehmend im Fokus der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP). ECO-Schemes und Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen sollen zur Erhaltung von Ressourcen und zur Förderung einer emissionsarmen und klimaresistenten Landwirtschaft eingesetzt werden.

Die flächendeckende Erfassung der landwirtschaftlichen Nutzung mit Satellitendaten ermöglicht die Evaluierung der Effektivität solcher Umwelt- und Klimamaßnahmen in der Agrarlandschaft. Darüber hinaus kann die Fernerkundung eine wesentliche Datengrundlage für die Verbesserung der Berichterstattung im Rahmen der Zielerreichung des Klimaschutzgesetzes für den Sektor Landwirtschaft liefern. Dies umfasst sowohl langfristige Entwicklungen als auch kurzfristige Schwankungen von emissionsrelevanten Aktivitäten.

Der Mehrwert von Satellitendaten in diesem Kontext ist belegt, es mangelt aber an technischen Konzepten für eine großflächige, konsistente, zeitnahe und verlässliche Umsetzung. Im Rahmen des Projekts werden Methoden entwickelt, um die Indikatoren für klimawirksame Maßnahmen bzw. Aktivitäten in der Landwirtschaft aus Copernicus-Satellitendaten flächendeckend abzuleiten. Im Mittelpunkt stehen hierbei Parameter des Vegetationszustands, der Bewirtschaftung und Nutzungsintensität sowie des Ertrags auf Acker- und Grünlandflächen.

Laufzeit: bis 12/2024

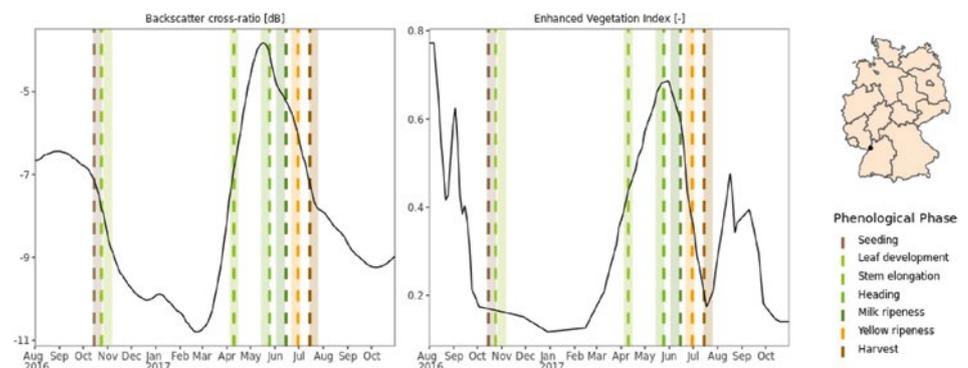


Abbildung 10: Beispielhafter zeitlicher Verlauf zweier Index-Werte über eine Anbauperiode (hier: Winterweizen), die aus der dichten Abfolge von Sentinel-1(links)- und Sentinel-2(rechts)-Aufnahmen für eine landwirtschaftliche Fläche in Südwestdeutschland erstellt wurden. Schattierte Bereiche stellen den erwarteten Zeitraum des Eintritts einer phänologischen Phase dar, gestrichelte Linien zeigen den aus der Zeitreihe mit Methoden der künstlichen Intelligenz detektierten Zeitpunkt der jeweiligen Phase an.

© Felix Lobert, erstellt aus ESA-Satellitendaten, prozessiert vom Thünen-Institut

FAMOS – Nutzung von Fernerkundungsdaten zur Verbesserung der flächenhaften Abschätzung von Moorbodensackung und Grundwasserflurabständen

→ <https://www.moorbodenmonitoring.de>

Als Teil des Projekts „Aufbau eines deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz“ (MoMoK) zielt das hier vorgestellte Teilprojekt auf die Entwicklung und Validierung einer Methode zur Abschätzung der Geländehöhenänderung organischer Böden aus Radarsatellitendaten. Mit der Auswertung interferometrischer Zeitreihen sollen Geländehöhenänderungen erkannt und für die Verbesserung der Abschätzung von Kohlendioxid(CO₂)-Emissionen organischer Böden genutzt werden.

Entwässerte organische Böden emittieren große Mengen an Kohlendioxid (CO₂) und tragen in Deutschland zu ungefähr 44 Prozent der Emissionen aus den Sektoren Landwirtschaft und Landwirtschaftliche Bodennutzung bei. Die CO₂-Emissionen machen sich als Absenkung der Geländeoberfläche bemerkbar, so dass langfristige Informationen über Geländehöhenänderungen der organischen Böden die räumlich differenzierte Abschätzung der CO₂-Emissionen verbessern können. Im Rahmen dieses Projekts soll getestet werden, inwieweit Radardaten (Sentinel-1) durch die Auswertung interferometrischer Zeitreihen zur Bestimmung der Geländehöhenänderung nutzbar sind. Zur Validierung der Ergebnisse werden an einer Auswahl von Untersuchungsstandorten Radarreflektoren installiert (Abb. 11) und In-situ-Messungen der Geländehöhenänderungen durchgeführt. Bei der Auswahl der Standorte werden verschiedene Bodeneigenschaften (z. B. Torfmächtigkeit), hydrologische Zustände (landwirtschaftlich genutzte vs. vernässte Standorte), Landnutzungstypen und Bewirtschaftungsintensitäten berücksichtigt. Die Auswertung der Satellitendaten erfolgt mittels bestehender Auswerterroutinen, die an die moortypischen Eigenschaften sowie an die sich an landwirtschaftlichen Standorten abrupt ändernden Vegetationshöhen angepasst werden. Somit wird geprüft, ob die Methode auch über die Grenzen einzelner Untersuchungsstandorte hinaus für die Regionalisierung von Geländehöhenänderungen und daraus abgeleiteten CO₂-Emissionen geeignet sein könnte.

Daneben ist die Abschätzung von Grundwasserflurabständen ein wichtiger Baustein für die Modellierung von Treibhausgasemissionen. Zur flächigen Abschätzung der Bodenfeuchte werden häufig Radardaten verwendet. Erste Ergebnisse zeigen jedoch noch Verbesserungsbedarf, um auf landwirtschaftlich genutzten Moorflächen verlässliche Informationen über Grundwasserflurabstände zu erhalten. Dazu fehlten bisher Wasserstands- und Bewirtschaftungsdaten insbesondere von Grünlandstandorten, so dass mit Hilfe der MoMoK-Standorte getestet werden soll, wie bisherige Ansätze verbessert werden können.

Laufzeit: bis 07/2024



Abbildung 11: „Schwimmender“ Radarreflektor zur Erfassung der Geländehöhenänderung an einem Moorgrünlandstandort (links), im Mineralbodenuntergrund fixierter Radarreflektor zur Korrektur atmosphärischer Einflüsse (rechts). © Arndt Piayda

→ <https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/copernicus-leuchtet-gruen>

Copernicus leuchtet Grün – Integration und Praxis-transfer von Copernicus-Aktivitäten für ein umfassendes behördliches Monitoring von Grünland (CopGrün)

Das Projekt „Copernicus leuchtet Grün (CopGrün)“ zielt als Verbundvorhaben mehrerer Landesumweltämter gemeinsam mit Partnern aus der Forschung und Entwicklung darauf ab, fernerkundungsbasierte Dienste für das behördliche Monitoring von Grünland in Deutschland zu entwickeln und bereitzustellen.

Ziel des Teilprojekts „Vegetation, Nutzung und Feuchte organischer Böden – Verbesserung der Grundlagen für eine Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen“ ist es, die Grundlagen für die Identifikation und Erfolgskontrolle von Klimaschutzmaßnahmen auf organischen Böden zu verbessern, also Vegetation, Nutzung und hydrologischen Zustand entlang eines Gradienten von intensiv landwirtschaftlich genutztem Grünland bis hin zu naturnahen Biotop- und Lebensraumtypen im Offenland zu erfassen. Die Ergebnisse sollen eine Grundlage für die Evaluierung von Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen auf organischen Böden bieten.

Während naturnahe Moor-Lebensraumtypen (LRT), Feuchtwiesen und verwandte Biotoptypen naturschutzfachlich äußerst wertvoll und im naturnahen Zustand weitgehend klimaneutral sind, stellen entwässerte Moor- und weitere organische Böden (zusammenfassend: organische Böden) eine erhebliche Quelle von Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden dar und stehen daher im Fokus von Klimaschutzmaßnahmen. Dabei können starke Synergien mit der Förderung oder Wiederherstellung standorttypischer Biodiversität entstehen. Dennoch können auch Zielkonflikte auftreten, wenn gesetzlich geschützte Biotope oder LRT auf entwässerten organischen Böden auftreten.

Die Klimawirksamkeit von Mooren hängt im Wesentlichen vom hydrologischen Zustand (d. h. vom Moorwasserstand, der intraannuellen Wasserstandsdynamik und von der Dauer eines möglichen Überstaus), von den Bodeneigenschaften und von der Nutzungsintensität ab. Diese Faktoren bestimmen auch die Vegetation, die wiederum insbesondere die Emissionen von Methan (CH₄) mitbestimmt und die Bodenfeuchte bzw. den Grundwasserflurabstand beeinflusst. Da der Moorwasserstand nicht unmittelbar durch satellitenbasierte Erdbeobachtungsverfahren messbar ist, werden Indikatoren getestet, die eine indirekte Aussage zum Moorwasserstand bzw. dessen Dynamik erlauben.

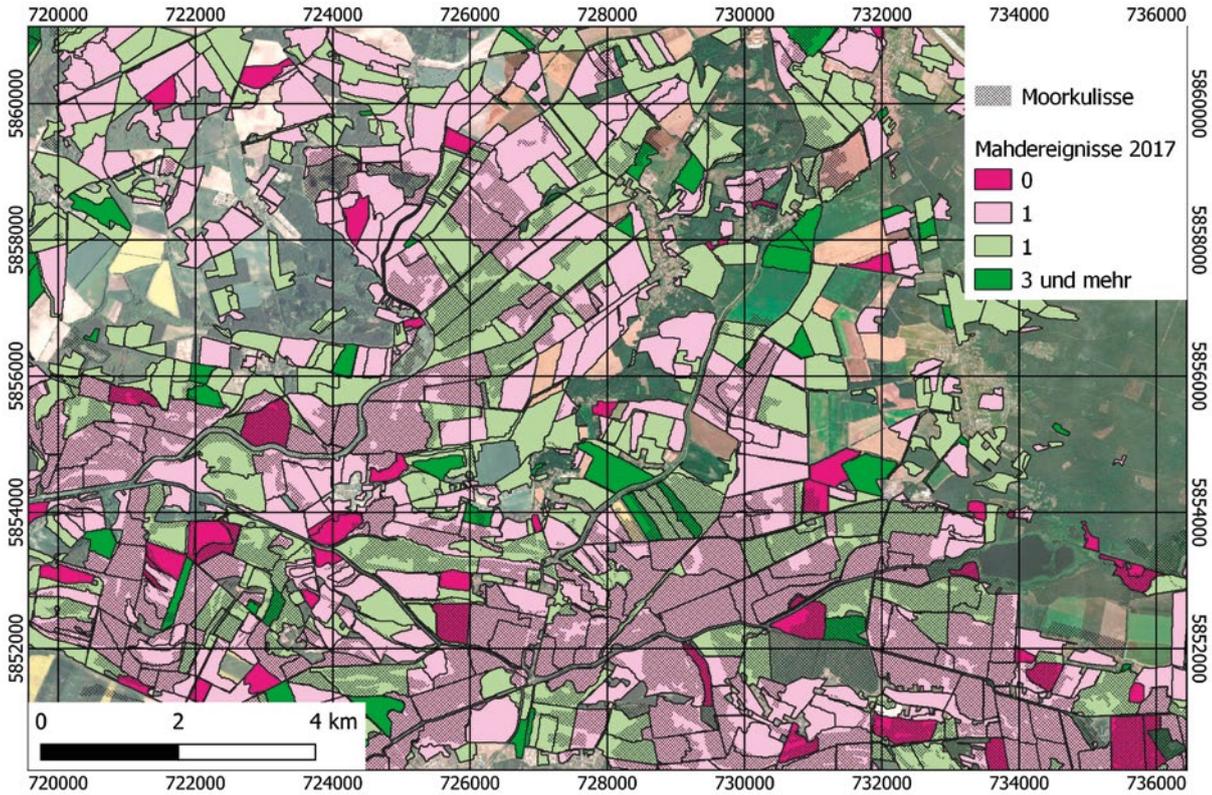


Abbildung 12: Anzahl der detektierten Maldereignisse auf Basis von dichten Zeitreihen von Sentinel-2- und Landsat-8-Satellitendaten für eine Region in Brandenburg.
© Erstellt aus ESA-Satellitendaten, prozessiert vom Thünen-Institut

Projektpartner: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV); Thünen Earth Observation (ThEO); Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Schleswig-Holstein (LLUR); Technische Universität Berlin; RLP Agrosience GmbH; Staatliche Betriebsgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt, Sachsen (BfUL)

Laufzeit: bis 08/2024

→ <https://www.thuenen.de/index.php?id=7477&L=0>

Ich sehe was, was Du nicht siehst – automatische Erkennung von Agrar- und Anbaustrukturen mittels Satellitenbildern

Dieses Projekt verfolgt

- die Entwicklung von Methoden und Diensten zur flächendeckenden Kartierung der landwirtschaftlichen Nutzung (Hauptnutzungsarten und Kulturarten) in Deutschland aus Sentinel-Satellitendaten,
- die Entwicklung von Methoden und Diensten zur deutschlandweiten Ableitung von Schlaggrenzen (Segmentierung) landwirtschaftlich genutzter Flächen,
- die Entwicklung von Verfahren zur räumlichen und zeitlichen Disaggregation des Thünen-Atlas/der Agrarstatistik durch Einbindung schlagbezogener Fernerkundungsinformationen über die Kulturarten.

Die Satellitendaten des Copernicus-Programms ermöglichen es, Landnutzung und Landnutzungsstruktur deutschlandweit hochaktuell und räumlich detailliert abzubilden. Diese Fernerkundungsdaten (Sentinel-1/-2) werden benutzt, um die Intensität der Landnutzung in der Agrarlandschaft und deren räumliche Verteilung (Landnutzungsstruktur) sowie zeitliche Dynamik (Veränderung, Fruchtwechsel) besser zu erklären.

Arbeitsschwerpunkt ist die Erstellung von bundesweit flächendeckenden Karten der Hauptnutzungsarten und Kulturarten in der Landwirtschaft in einem jährlichen Rhythmus seit 2017. Sie liefern die Grundlage für vielfältige Einsatzfelder, u. a. die Verfeinerung der Agrarstatistik sowie Monitoringaktivitäten auf nationaler Ebene (z. B. Bewertung der biologischen Vielfalt, der Maßnahmen der GAP und der Veränderung der Landnutzung als Faktor für die Treibhausgas-Berichterstattung).

Projektpartner: Thünen Earth Observation (ThEO); Humboldt-Universität zu Berlin; Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Laufzeit: bis 07/2026

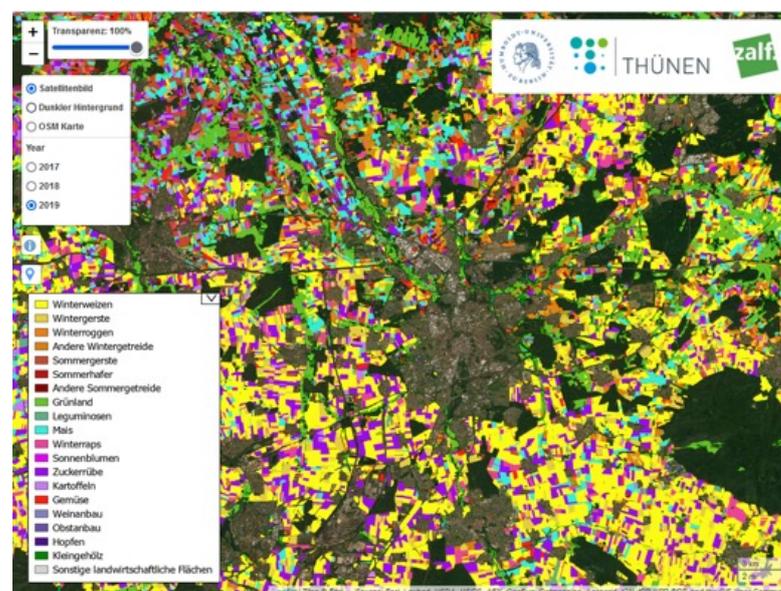


Abbildung 13: Kartenausschnitt der Kartierung der Hauptnutzungsklassen für die Jahre 2017 bis 2019. Die Karten wurden auf Basis von Sentinel-1-, Sentinel-2- und Landsat-8-Satellitendaten für die gesamte Agrarlandschaft Deutschlands erstellt.

© Thünen-Institut

→ <https://ows.geo.hu-berlin.de/webviewer/landwirtschaft/>

timeStamp – Entwicklung eines Hinweissystems für mehr Effizienz im Flächenmonitoring

→ <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/laendliche-raeume/lebensverhaeltnisse-in-laendlichen-raeumen/projekte/entwicklung-eines-automatisierten-hinweissystems-fuer-die-kontrolle-von-agrarfoerder-und-kompensationsflaechen-timestamp>

Das Projekt widmete sich der Entwicklung einer cloudbasierten Web-Anwendung, die basierend auf Copernicus-Satellitenbild-Zeitreihen Hinweise für Landnutzungsänderungen und das Flächenmonitoring (z. B. Gemeinsame Agrarpolitik oder Eingriffsregelung (BNatschG)) ausgibt. Indikatoren und Metriken sollten kontextabhängig interpretiert werden, um individuelle, modulare Lösungen für behördliche Aufgaben unterschiedlicher Bereiche bereitzustellen.

Die timeStamp Web-Anwendung stellt eine Infrastruktur für automatisierte Analysen von Satellitenbild-Zeitreihen bereit. Sie bietet eine Benutzeroberfläche für das Hoch- und Herunterladen von Geometrien der Prüfflächen, die Eingabe von Prüfparametern und -zeiträumen, die Darstellung von Prüfergebnissen, Zeitreihengrafiken und ein Web-GIS. Akquise und Auswertung der Copernicus-Daten erfolgen automatisch.

Die multifunktionale Basisfunktion stellt für Prüfflächen und -zeiträume Standardzeitreihen, Veränderungsindikatoren und Parameter zu Vegetation und Bodenfeuchte bereit. Sie unterstützt so das Monitoring von Nutzungsveränderungen oder Nutzungsintensitäten. Für den exemplarischen Anwendungsfall „Kontrolle von Greening-Zwischenfruchtflächen im Rahmen der Agrarförderung“ wurde ein Prüf- und Hinweissystem umgesetzt, das für Vor-Ort-Kontrollen Kontrollhinweise in Form eines Ampelsystems ausgibt. Dies ermöglicht ein flächendeckendes Basis-Monitoring und eine effizientere und zielgerichtetere Planung der Kontrollen. Der modulare Aufbau ermöglicht funktionale Erweiterungen, z. B. in Folgeprojekten, und die Einbindung in bestehende Infrastrukturen.

Projektpartner: Thünen-Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen; RLP Agrosience GmbH; Julius-Kühn-Institut; Technische Universität Berlin; Deutsches Geoforschungszentrum (GFZ); LUP – Luftbild Umwelt Planung GmbH; Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord RLP (SGD Nord); Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV)

Laufzeit: bis 04/2022

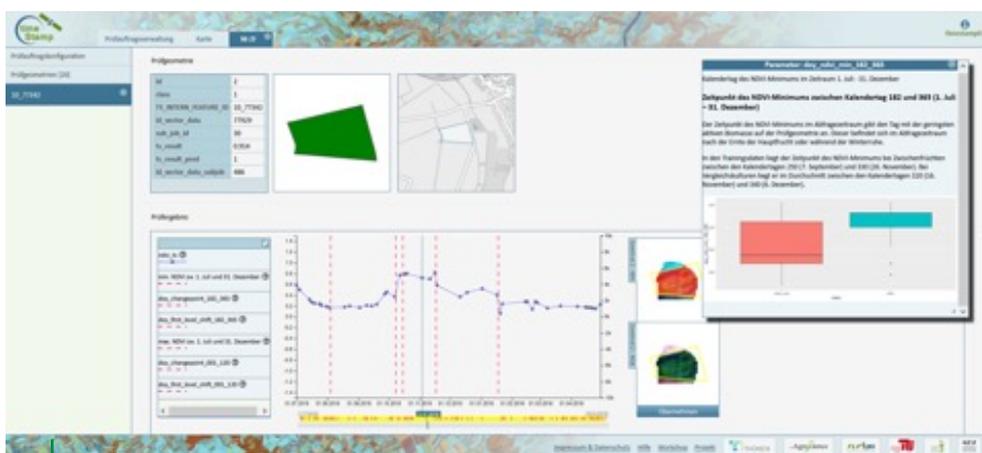


Abbildung 14: Einzelflächenbezogene Prüfergebnisse des Anwendungsfalls „Kontrolle von Greening-Zwischenfruchtflächen im Rahmen der Agrarförderung“. © Stefan Braumann, Luftbild Umwelt Planung GmbH, timeStamp-Webanwendung, erstellt unter Nutzung von CODE-DE- und OSM-Daten

Projekte des Friedrich-Löffler-Instituts

NASeR

Ziel des Projekts „Near-real-time Analyse von Satellitendaten zur Unterstützung von epidemiologischen Risikobewertungen“ (NASeR) ist die Bereitstellung eines Werkzeugs für die Erstellung von lokal angepassten Risikobewertungen für den Eintrag von Tierseuchen nach Deutschland beziehungsweise der (Weiter-)Verbreitung von Tierseuchen. Diese Risikobewertungen ermöglichen den Behörden, die Auswahl von Präventionsmaßnahmen (z. B. Einführung einer Impfpflicht oder Aufstallung von Tieren in Freilandhaltung) an die lokalen Gegebenheiten anzupassen, sodass eine hohe Akzeptanz bei der Bevölkerung sowie ein möglichst effektiver Einsatz der lokalen Ressourcen erreicht werden kann.

Derzeit stehen lediglich aggregierte statische Daten (z. B. durchschnittliche Ausdehnung von Feuchtgebieten, retrospektive Landnutzungsdaten) für die Risikobewertung zur Verfügung. Für die sinnvolle und effektive Anwendung der Präventionsmaßnahmen sind jedoch aktuelle Daten erforderlich. Dazu werden Fernerkundungsdaten verwendet, mit denen die statischen Daten angereichert werden. Basierend auf diesen Daten werden Modelle für die Abschätzung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Wildtieren in einem Gebiet entwickelt (Habitat-Modell). Durch die Integration der Habitat-Modelle mit lokalen Daten (z. B. Dichte von Tierbeständen) wird eine lokale Risikobewertung ermöglicht (Risikoanalyse-Modul).

Gemeinsame Projekte des Thünen-Instituts und Julius-Kühn-Instituts

→ <https://www.agrarmonitoring-monvia.de>

MonViA – Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften

Ziel des Projekts ist der Aufbau eines flächendeckenden Trendmonitorings auf nationaler Ebene zur Beschreibung von Zustand und Veränderung der Landschaftsstruktur, Nutzungsvielfalt und Nutzungsintensität in der Agrarlandschaft. Hierzu wird ein Indikatoren-Set entwickelt, das verschiedene Aspekte der Landschaft und der Nutzungsintensität in Grünlandbewirtschaftung und Ackerbau abdeckt.

Der Erhalt und die Steigerung der Biodiversität in Agrarlandschaften bilden ein wesentliches Ziel der Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) im Rahmen der GAP der EU. Die biologische Vielfalt ist eng verknüpft mit dem Vorhandensein von Lebensräumen, die den Anforderungen verschiedener Arten oder Artengruppen von Pflanzen und Tieren gerecht werden. Unterschiedliche Artengruppen haben hierbei oftmals verschiedene Habitatansprüche. Der Einfluss der Landschaftsstruktur, Landnutzung und Nutzungsintensität lässt sich andererseits aber durch eine Reihe von Zustands- und Belastungsindikatoren auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen übergreifend beschreiben.

Satellitendaten sind heute (noch) nicht in der Lage, Individuen von Arten zu detektieren.

Sie sind aber in der Lage, diese Indikatoren großflächig abzubilden, um Aussagen über den Zustand und die Veränderung möglicher Einflussfaktoren auf die biologische Vielfalt in einem Trendmonitoring abzuleiten.

Die Grundlage für die flächenhafte Modellierung solcher Indikatoren in einem bundesweiten Monitoring liefern die Sentinel-Satelliten (v.a. Sentinel-1 und -2) des Copernicus-Programms der Europäischen Weltraumbehörde (ESA). Als Ergebnisse sollen bundesweit flächendeckende Informationen in Form von Karten und Daten zu Zustands- und Belastungsindikatoren für die biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft Deutschlands generiert werden.

Projektpartner: Thünen-Institut; Julius-Kühn-Institut; Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Laufzeit: bis 12/2024

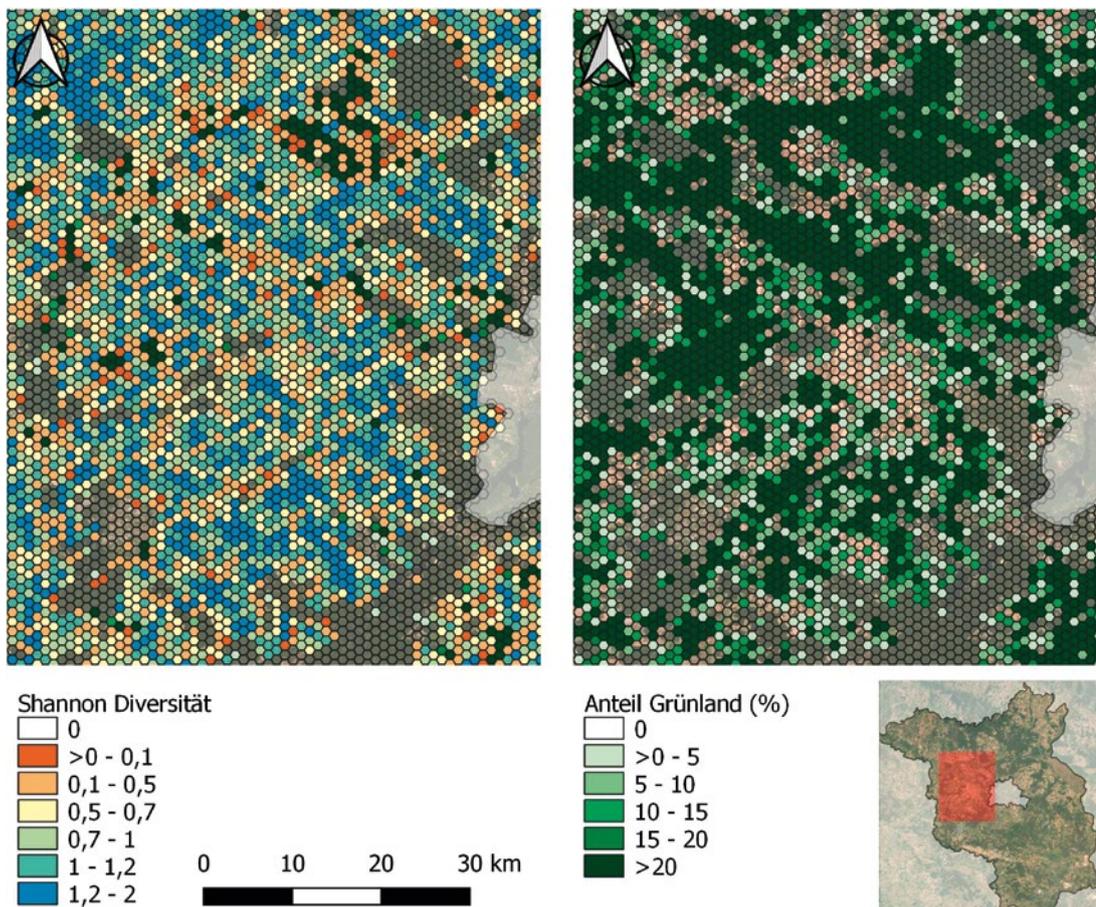


Abbildung 15: Exemplarische Darstellung von zwei Teil-Indikatoren der Landnutzungsvielfalt, die aus einer flächendeckenden Kartierung der Agrarlandschaft mit Hilfe von Sentinel-1- und Sentinel-2-Satellitendaten für das bundesweite Biodiversitätsmonitoring (MonViA) abgeleitet wurden. Links: Shannon-Diversität der Landnutzung; rechts: Anteil Grünland (dargestellt ist jeweils der Index-Wert für eine Hexagon-Zelle von 100 ha Größe).

© Erstellt aus ESA-Satellitendaten, prozessiert vom Thünen-Institut

2.2 Einsatz und Projekte der Fernerkundung in der Forstwirtschaft

Die Fernerkundung hat in Form der analogen Luftbildinterpretation eine lange Tradition in der Forstwirtschaft. In Deutschland werden Luftbilder seit den 1950er Jahren für forstliche Anwendungen eingesetzt.

Der Einsatz von Fernerkundung in der Forstwirtschaft bietet umfangreiche Möglichkeiten, bestehende Aufgaben zu unterstützen und detaillierte Informationen zeitnah zu liefern. Besonders im Bereich Waldinventur können die Fragen in hoher zeitlicher Frequenz und mit umfassender räumlicher Abdeckung beantwortet werden. Dies unterstützt damit vor allem die Bereiche Forsteinrichtung und Waldbau, aber auch Waldschutz. Im Weiteren werden mit Hilfe der Fernerkundung Entwaldungsmuster und deren Treiber und Ursachen vor allem in den Tropen und Subtropen untersucht und daraus Lösungsansätze für eine nachhaltige Landnutzung entwickelt. Bei der Auswertung der Fernerkundungsdaten sind terrestrisch erhobene Daten unabdingbar als Trainings-, Referenz- und Validierungsdaten. Die Kombination der bodenbasierten Datenerhebungen im Wald mit Fernerkundungsdaten verspricht ein großes Potenzial für ein zukünftiges Waldmonitoring. Für den Einsatz und die Anwendung der Fernerkundung besteht weiterhin Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Aus Fernerkundungsdaten werden digitale Landbedeckungsmodelle, Geländemodelle und Oberflächenmodelle hergeleitet. Aus diesen Daten können Vegetationshöhenmodelle generiert werden, die insbesondere für Auswertungen im Wald wertvolle Informationen zur Struktur und Waldveränderung liefern, aber auch zur Unterstützung von Landnutzungsklassifizierungen dienen. Auf Grundlage der Vegetationshöhenmodelle können Informationen für einzelne Bäume und Bestände generiert werden. Die Kombination dieser Daten mit terrestrischen Inventurdaten ermöglicht es, Karten zu Holzvorräten und Biomasse herzuleiten.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Erfassung von Waldflächen und deren Veränderungen. Fernerkundungssensoren bilden in aller Regel die Landbedeckung ab, z. B. mit Bäumen bewachsene Flächen. Daraus wird unter Verwendung einer Walddefinition und einer geeigneten Methodik eine Waldkarte erzeugt, aus der eine Waldfläche abgeleitet werden kann. Ebenso kann ein Überschirmungsgrad ausgewiesen werden. Die zeitliche Frequenz von Fernerkundungsaufnahmen ermöglicht Veränderungsanalysen, durch die neue Waldflächen und Umwandlungen von Wald in andere Landnutzungsklassen erkannt werden können. Die Trennung von planmäßigen Hiebsmaßnahmen im Wald, kalamitätsbedingten Hiebsmaßnahmen oder Waldumwandlungsflächen sowie die Identifizierung neuer Waldflächen, wenn die Bäume im Fernerkundungsmedium aufgrund ihrer geringen Höhe noch nicht erkannt werden können, erfordert weitere Informationsquellen.

Ein aktuelles Forschungsthema ist die Baumartenerkennung, die in verschiedenen Studien von lokaler bis hin zur bundesweiten Ebene untersucht wird. Weiterhin werden Fernerkundungsdaten zur Erfassung des Waldzustands und zunehmend zur Aufnahme und Bewertung von biotischen und abiotischen Schäden verwendet. Aufgrund der schnellen Verfügbarkeit dieser Daten sollen sie zur Detektion von Windwurfflächen oder anderen Kalamitätsflächen genutzt werden. Zudem können diese Informationen dazu dienen, die Aufarbeitung betroffener Flächen zu unterstützen.

Daneben gibt es Studien zur Beurteilung der Vitalität von Waldbeständen, um beispielsweise die Auswirkungen von Trockenstress zu untersuchen. Ein neues Forschungsfeld ist der Einsatz von Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens, um die enormen Datenmengen, die durch Fernerkundungssensoren und die zunehmend offene Datenpolitik verfügbar sind, für Einsatzmöglichkeiten im Wald zu analysieren. Dies ist u. a. durch cloudbasierte Anwendungen der Fernerkundung möglich, wodurch nicht mehr lokal gerechnet werden muss, sondern auf serverbasierten Rechensystemen gearbeitet werden kann.

In Deutschland beschäftigen sich seit längerem verschiedene Arbeitskreise, Institutionen und Einrichtungen mit der forstlichen Fernerkundung. Eine neue Austauschplattform zur weiteren Verbesserung der Zusammenarbeit von den Försterinnen und Förstern bis zum Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) wird mit dem Copernicus Netzbüro Wald am Thünen-Institut für Waldökosysteme aufgebaut. Dadurch, aber auch durch die Zusammenarbeit in zahlreichen Projekten mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und forstlichen Einrichtungen findet ein aktiver Wissens- und Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Fernerkundung im Wald statt. Aus diesen Arbeiten hat sich beispielsweise eine Arbeitsgruppe zum Datenmanagement und Harmonisierung von Drohnen gebildet. Explizit zu nennen ist weiterhin die Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten (AFL). Die AFL ist ein internationaler Zusammenschluss von Fachleuten für forstliche Fernerkundung aus dem deutschsprachigen Raum, die sich mit der Standardisierung, der Anwendung und der Qualitätskontrolle von Fernerkundungsauswertungen zu forstlichen Fragen beschäftigt. Hier sind Experten aus den forstlichen Versuchsanstalten der Länder, Universitäten sowie des Thünen-Instituts als Ressortforschungseinrichtung des Bundes vertreten.

Projekte des Thünen-Institutes für Waldökosysteme

Das Thünen-Institut für Waldökosysteme konzipiert, leitet und koordiniert bundesweit verschiedene Großrauminventuren im Wald. Dazu zählen die Bundeswaldinventur, die Bodenzustandserhebung und das forstliche Umweltmonitoring. Diese terrestrischen Inventuren werden mit verschiedenen Technologien und Daten aus dem Bereich der Fernerkundung unterstützt. So werden beispielsweise Luftbilder und Satellitendaten zur Vorklärung des Waldstatus für die Bundeswald- und Kohlenstoffinventuren verwendet.

Die im Feld erhobenen Daten der Großrauminventuren werden als Referenz- und Validierungsdaten für verschiedene interne und externe Fernerkundungsprojekte genutzt. Zukünftig wird die Verknüpfung bestehender terrestrischer Inventuren und geeigneter Verfahren der Fernerkundung angestrebt, um Verfahren zum Waldmonitoring in hoher zeitlicher Auflösung und Qualität zu entwickeln. Im Weiteren schafft die Ansiedlung des Copernicus Netzbüros Wald am Institut eine wichtige Schnittstelle zwischen den Akteuren und Experten im Bereich der Fernerkundung der Wälder.

→ <https://www.fnews-wald.de>

Fernerkundungsbasiertes Nationales Erfassungssystem Waldschäden (FNEWS)

Seit Beginn des Jahres 2018 sind in Deutschland erhebliche Waldschäden durch Stürme, extreme Dürre, Schadinsekten, insbesondere durch Borkenkäferbefall, und Waldbrand entstanden. Die Erhebung dieser Schäden gestaltet sich jedoch schwierig und ist mit zeitlichen Verzögerungen verbunden. Mit diesem Vorhaben soll ein fernerkundungsbasiertes Erfassungssystem für Waldschäden geschaffen und erprobt werden, das zeitnahe bundesweite Informationen zu den Waldschäden liefert.

Das Ziel des durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe geförderten Projekts ist der Aufbau eines Monitoringsystems zur Erfassung von Waldschäden. Die Umsetzung erfolgt durch ein internationales Projektkonsortium, an dem sieben Partner aus den Bereichen Forstwirtschaft, Wissenschaft und Technologie beteiligt sind. Mit dem System sollen nach Waldschadensereignissen zeitnah Daten zu geschädigten Waldflächen und Schadholzmengen zur Verfügung gestellt werden, die durch abiotische und biotische Schadereignisse abgestorben sind. Auf Basis frei verfügbarer Copernicus Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten werden auf Untersuchungsgebietsebene vorhandene Methoden der Waldschadenserkenung evaluiert und für ein nationales Erfassungssystem angepasst und weiterentwickelt. Die dazu erforderlichen Referenz- und Validierungsdaten historischer und aktueller Schadereignisse werden von den beteiligten Bundesländern zur Verfügung gestellt. Dazu werden auch räumlich hochauflösende Satellitendaten, Luftbilder und UAV-Aufnahmen verwendet. Das System soll aktuelle Hinweiskarten mit Hilfe einer weitgehend automatischen Schnelldetektion erzeugen und jährliche Berichte über den Umfang der Schäden ermöglichen. Darüber hinaus soll eine monetäre Bewertung der Waldschäden vorgenommen werden, wofür das Thünen-Institut für Waldwirtschaft zuständig ist. Ein weiterer Bestandteil des Vorhabens ist ein Technologie- und Wissenstransfer, sodass das Thünen-Institut nach Projektende ein entsprechendes Monitoring- und Berichtssystem mit Unterstützung der Bundesländer aufbauen und fortführen kann.

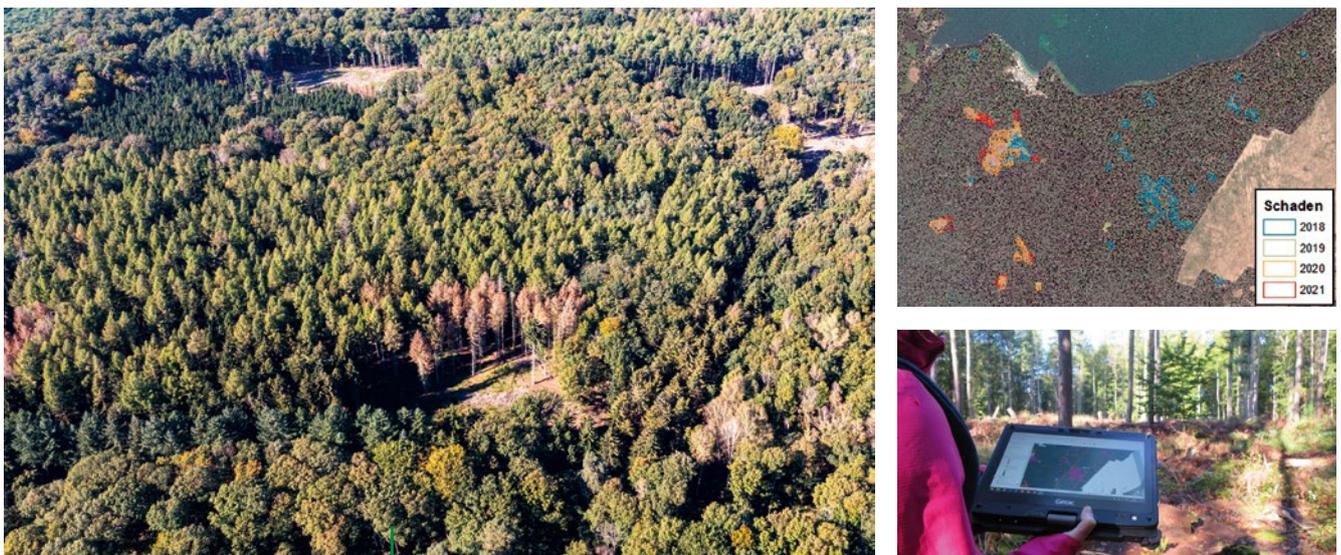


Abbildung 16: Ausweisung von Waldschäden am Beispiel einer Luftbild- und Satellitenbilddaufnahme für ein Schadgebiet am Werbellinsee.

© Thünen-Institut für Waldökonomie (links, rechts unten).

© modified Sentinel-2-Data, processed by ESA (rechts oben)

Bundesweite fernerkundungsbasierte Baumartenerkennung

Detaillierte und räumlich explizite Informationen über den Zustand der Wälder sind essenziell für Waldmanagement und Waldökosystemforschung. Dies beinhaltet auch die räumliche Verteilung von Baumartenzusammensetzungen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist diese Information zunehmend von Bedeutung. Karten der aktuellen Baumartenzusammensetzung werden beispielsweise in Waldschadensanalysen eingebunden oder fließen in Empfehlungen für die Baumartenauswahl der Wälder in Bezug auf aktuelle und zukünftige Klimaveränderungen ein. Im Projekt werden verschiedene methodische Ansätze entwickelt und getestet, um baumartenbezogene Informationen der terrestrischen Bundeswaldinventur in die Fernerkundungsanalyse zu integrieren. Die Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten des Copernicus-Programms stehen dabei im Fokus der Fernerkundungsanalyse. Aus diesen Satellitendaten werden Zeitreihen abgeleitet und in einem data-cube zusammengeführt. Durch die Einbindung der Bundeswaldinventurdaten als Referenzdaten werden Verfahren des maschinellen Lernens eingesetzt, um flächendeckende Informationen zur Baumartenerkennung herzuleiten. Im Weiteren werden die Herausforderungen untersucht, die sich durch die Größe des Untersuchungsgebiets ergeben. Hier spielt vor allem die erhöhte Varianz in den Fernerkundungsdaten, die durch unterschiedliche Umwelt- und Wachstumsbedingungen in Deutschland entsteht, eine entscheidende Rolle.

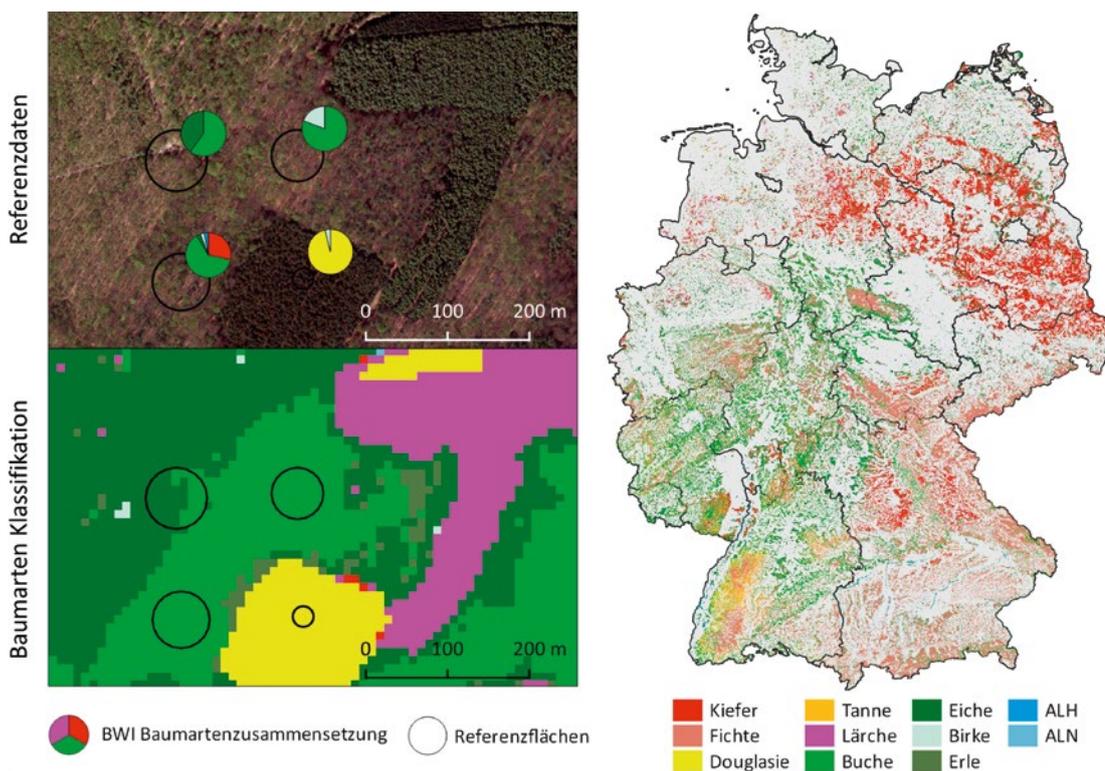


Abbildung 17: Erste nationale Baumartenerkennung (rechts) und Ableitung der Baumarten am Beispiel von Bundeswaldinventur-Punkten im Luftbild und der Karte (links).

© Thünen-Institut für Waldökosysteme, Luftbild: © GeoBasis-DE/BKG 2022

Integration von Fernerkundungsdaten in die Waldzustandserhebung (WZE)

Die WZE erfasst jährlich den Vitalitätszustand der Waldbäume. Die Datenerhebung erfolgt seit 1984 bundesweit auf einem repräsentativen Stichprobennetz (Level-I-Monitoring) und ermöglicht bisher die Auswertung der Kronenverlichtung sowie der Baummortalität auf Bundes- und Landesebene für die wichtigsten Baumarten in Deutschland. Fernerkundung eröffnet die Möglichkeit, die WZE zu regionalisieren und flächendeckende Karten des Waldzustands zu erstellen, mit denen sich Aussagen über einzelne Regionen und Waldbestände abseits der Stichprobenpunkte tätigen lassen. Dafür werden die Daten aus den Felderhebungen mit Methoden des maschinellen Lernens mit einer Reihe von fernerkundungsbasierten Geodatensätzen verknüpft, um Zusammenhänge zu identifizieren. Dies umfasst digitale Geländemodelle, regionalisierte Bodeneigenschaften, Klimazeitreihen und abgeleitete Produkte zum Bodenwasserhaushalt, Waldbedeckung (Copernicus) und Baumartenverbreitung. Insbesondere spielt das Bestandsalter eine wichtige Rolle für den Kronenzustand. Dieses wird auf Grundlage digitaler Vegetationsoberflächenmodelle (DOM1 des BKG) aus Waldstrukturparametern abgeleitet. Diverse Vitalitätsindizes lassen sich auch direkt aus Zeitreihen multispektraler Daten (z. B. Sentinel-2) ableiten. Ziel ist es, zu prüfen, welche dieser Indizes am besten mit der am Boden erfassten Kronenverlichtung übereinstimmen, und einen Regionalisierungsansatz für die WZE zu entwickeln.

Verwendung von Drohnen im forstlichen Umweltmonitoring

Wegen der hohen Kosten und begrenzten Auflösung von Bildern, die aus Satelliten-Fernerkundung oder bemannter Befliegung gewonnen bzw. aus Laser-Scanning-Methoden abgeleitet werden, bietet die unbemannte Flug-Photogrammetrie eine kostengünstige Alternative in der Fernerkundung. Drohnen ermöglichen die Aufnahme von qualitativ hochwertigen Daten. Dennoch sind weitere Forschungen zur Entwicklung und zum Einsatz notwendig, insbesondere beim Einsatz von Systemen mit geringen Kosten (< 30.000 Euro). Erfolgreich können mittlerweile Baumgeometrien erfasst (z. B. Baumhöhen (Krause et al. 2019)) sowie die automatisierte Standpunktbestimmung von Bäumen, der Vergleich von Baumspitzen und Standpunkten und die Kartierung von Kronenlücken durchgeführt werden. Weiterhin kann die Phänologie für größere Flächen auf Untersuchungsgebietsebene automatisiert erfasst werden. Im Bereich der Blattindizes wird an Methoden der Kalibrierung gearbeitet. Dies ermöglicht verbesserte und umfangreichere Aufnahmen im Bereich des intensiven forstlichen Monitorings und zur retrospektiven Analyse von Daten. Darüber hinaus werden automatisierte Arbeitsabläufe für großflächige Erhebungen und Dokumentationen von Felddaten erstellt.

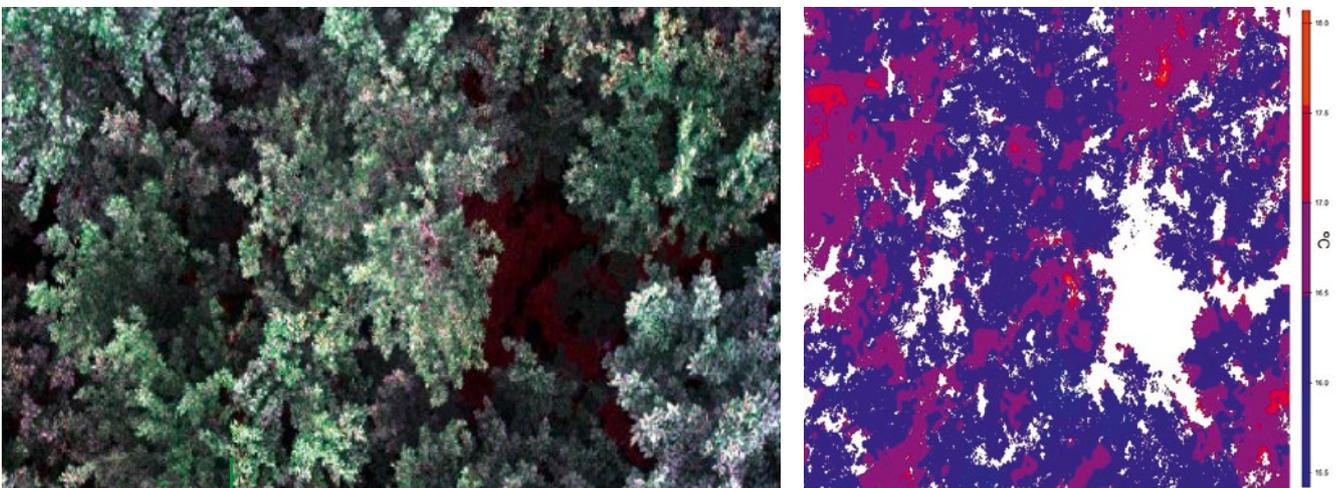


Abbildung 18: Parallele Aufnahmen von Echtfarben (links) und Thermalbildern (rechts) erlauben die Extraktion von Temperaturverteilungen und -werten im Kronenraum. © Stuart Krause, Thünen-Institut für Waldökosysteme

Copernicus Netzwerkbüro Wald

Das Copernicus Netzwerkbüro Wald hat die Aufgabe, ein fachliches Netzwerk für die genannten wald- und forstwirtschaftlichen Fernerkundungsexpertinnen und -experten aufzubauen. Es soll damit eine Schnittstelle zwischen Deutscher Raumfahrtagentur, Behörden, Naturschutzorganisationen, Waldbesitzerverbänden, Stiftungen, Firmen, Forschungseinrichtungen und relevanten Fördergebern schaffen. Über das Fachnetzwerk sollen die Nutzungsmöglichkeiten der Copernicus-Daten und -Dienste vorgestellt, vermittelt und vorangetrieben werden. Dies erfolgt u. a. über den Versand eines Newsletters, in dem aktuelle Projekte und Produkte vorgestellt werden. Für den fachlichen Austausch und die Diskussion werden verschiedene Veranstaltungen angeboten, z. B. Workshops und Online-Seminare. Damit sollen parallele Entwicklungen zusammengebracht, die Harmonisierung und Standardisierung von Daten und Erfassungsmethoden vorangetrieben sowie die Zusammenarbeit im Bereich der Open-Source-Werkzeuge angeregt werden. Durch eine Nutzerbefragung sollen Bedarfe zur Schließung von Lücken bzw. Entwicklung neuer Fernerkundungsprodukte aufgedeckt werden. Weiterhin steht das Netzwerk für Beratung in Fernerkundungsfragen zur Verfügung.

Modellierung einer klimaangepassten Baumartenverbreitung (KlimBa)

Im Mittelpunkt des Projekts steht die Erstellung einer nationalen Baumarten-Verbreitungskarte, die mit weiteren Standortdaten verschnitten wird, um Risikoanalysen und forstwirtschaftliche Handlungsempfehlungen zu entwickeln. Ziel dieses vom DLR geförderten Projekts ist es, Empfehlungen für die Baumartenwahl unter Berücksichtigung des Standorts und des sich ändernden Klimas zu geben. Dies umfasst das Erstellen einer nationalen Baumartenkarte, die Modellierung artspezifischer Standortansprüche, eine Bewertung der Anfälligkeit existierender Waldbestände für prognostizierte Klimabedingungen, die Abschätzung der Baumartenverbreitung in Abhängigkeit von Standort und zukünftigem Klima, das Erarbeiten von standortspezifischen Handlungsempfehlungen zur Etablierung widerstandsfähiger Bestände und das Bereitstellen öffentlich zugänglicher Trainingsdaten für weitere Fernerkundungsanwendungen. Als Datengrundlage dienen im Wesentlichen die Zeitreihen der Sentinel-1- und -2-Satelliten sowie Luftbilder der Landesvermessungsämter. Unter Verwendung von Deep-Learning-Verfahren (neuronalen Netze) werden die Luftbilder so klassifiziert, dass Baumarten auf Einzelbaumebene zugewiesen werden können. Die dazu notwendigen Felddaten stammen aus der Bundeswaldinventur. Die klassifizierten Luftbilder dienen dann der Generierung von Trainingsdaten für die bundesweite Klassifizierung der Sentinel-Daten. Der Zwischenschritt über die Luftbilder dient zum einen der Anonymisierung der Feldstandorte der Bundeswaldinventur und zum anderen der Erweiterung der Referenzdaten über die räumlich begrenzten Felderhebungen hinaus, um bessere Ergebnisse mit den gröber aufgelösten Sentinel-Daten erzielen zu können. Die Prozessierung der Daten und die Bereitstellung der Ergebnisse erfolgen auf der CODE-DE-Plattform. Die fernerkundlichen Aufgaben liegen im Verantwortungsbereich des Verbundpartners, der Abteilung für Waldinventur und Fernerkundung an der Universität Göttingen.

→ <https://www.treespecies.uni-goettingen.de>

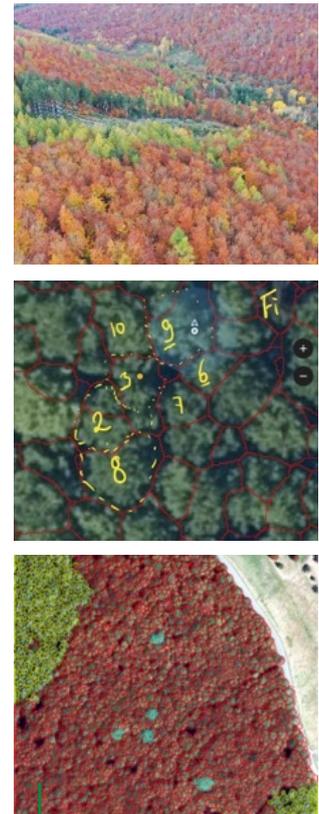


Abbildung 19: Kronensegmentierung aus dem Luftbild mittels Deep-Learning-Verfahren.
© Max Freudenberg, Paul Magdon, Abteilung für Waldinventur und Fernerkundung

Integration von Fernerkundungsdaten in die Bundeswaldinventur

Das Copernicus-Satelliten-Programm der EU stellt Fernerkundungsdaten in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung kostenfrei zur Verfügung. Daneben haben auch einige Landesvermessungsämter begonnen, ihre Geodaten kostenfrei bereitzustellen. Für die Bundeswaldinventur ergeben sich daraus ergänzende Auswertungsmöglichkeiten, die mit einer rein auf Felddaten basierenden Inventur nicht möglich sind oder nur unter hohem Ressourceneinsatz bewerkstelligt werden könnten.

Nach Abschluss der Feldkampagne der vierten Bundeswaldinventur (Ende 2022) werden radiometrische (Sentinel-1-), optische (Sentinel-2-) und dreidimensionale (LiDAR-)Daten in die Auswertung der Bundeswaldinventur integriert, um flächendeckende Ergebnisse für bestimmte forstliche Basismerkmale zu ermöglichen. Die operative Tauglichkeit wurde bereits am Beispiel des Landes Thüringen erprobt. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Schätzung von Waldfläche, der Baumartenzusammensetzung, der Höhe des Baumbestands und seiner Vorräte. Durch Einsatz von sogenannten Kleingebietsschätzern soll eine Verbesserung der Schätzgenauigkeit dieser Variablen insbesondere für kleinere räumliche Einheiten auf Landkreisebene erreicht werden.

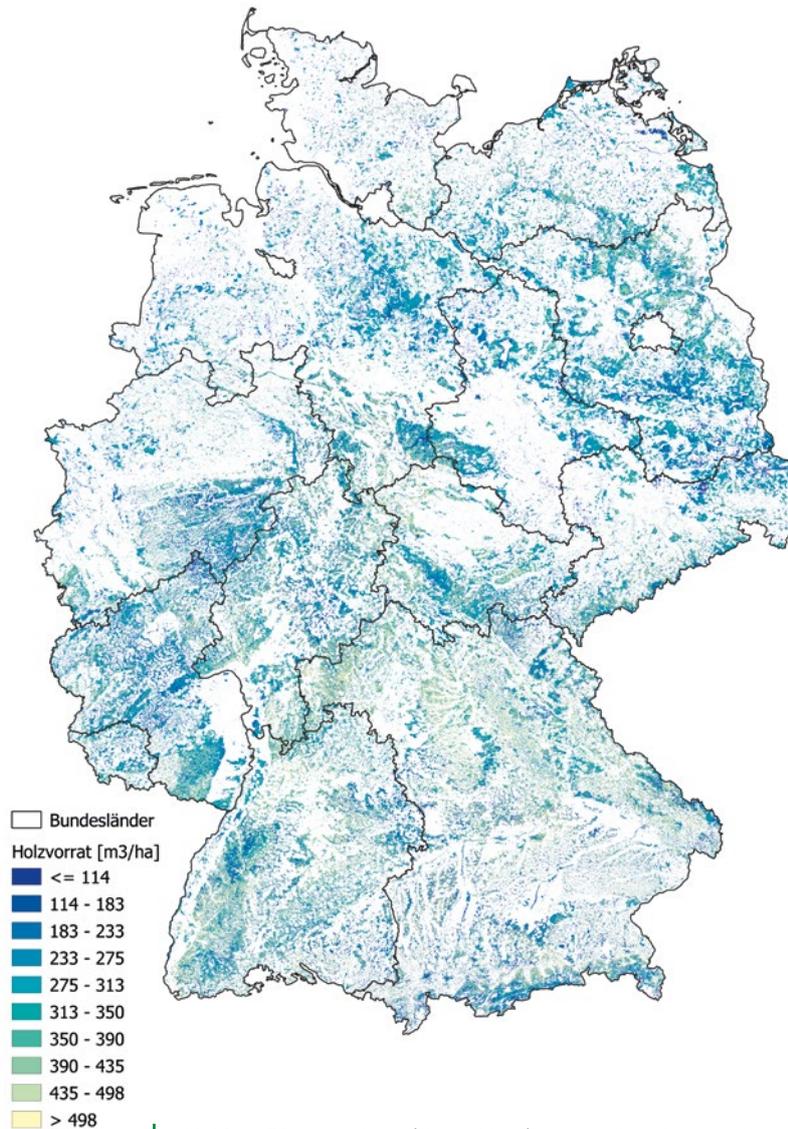


Abbildung 20: Vorratskarte (Deutschland) aus Verschneidung von BWI- und LiDAR-Daten, die für die Kleingebietsschätzung benötigt wird.
© Sebastian Schnell, Thünen-Institut für Waldökosysteme

Landnutzungsmatrix für die Klimaberichterstattung

Deutschland hat sich durch die Unterzeichnung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) und des Paris-Abkommens verpflichtet, jährlich u. a. über die Auswirkungen von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Waldbewirtschaftung (LULUCF) auf die Treibhausgas-Bilanz zu berichten. Die Berichterstattung für den Bereich LULUCF wird von den Thünen-Instituten für Agrarklimaschutz, Waldökosysteme und Holzphysik in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt durchgeführt. Für die Treibhausgasberichterstattung sind alle Landnutzungen und Landnutzungsänderungen zu erfassen. Dazu wird eine Rasterstichprobe mit einem Abstand von 100 m x 100 m über Deutschland gelegt. Als wichtigste Datengrundlagen dienen bisher das Digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) und eine Karte der organischen Böden von Deutschland. Die Landnutzungsinformationen der verschiedenen Datensätze werden durch die geografische Lage den Stichprobenpunkten zugeordnet. Aus diesen Informationen wird für Deutschland eine jährliche flächendeckende Landnutzungsmatrix ab 1990 hergeleitet. Aktuell wird am Thünen-Institut daran gearbeitet, die Datengrundlage für die Berichterstattung durch die Einbeziehung von Daten der Satelliten-Fernerkundung (v.a. Copernicus-Daten) zu erweitern und zu verbessern.



Erweiterung des ökologischen, waldbaulichen und technischen Wissens zu Waldbränden (ErWiN)

Langanhaltende Hitzeperioden und Trockenheit führten in den vergangenen Jahren immer wieder zu einer verschärften Waldbrandgefahr in Deutschland. Zusätzlich beeinflussen Wald- und Standorteigenschaften das Waldbrandrisiko. Dieser steigenden Gefahr steht sowohl in der Forstpraxis als auch bei Feuerwehr und anderen Organisationen der Gefahrenabwehr ein Mangel an Wissen gegenüber. Das FNR-Verbundvorhaben ErWiN schafft wichtige Grundlagen für den wissensbasierten Umgang mit Waldbränden in den Bereichen Waldbau und Waldbrandbekämpfung. Am Thünen-Institut für Waldökosysteme werden kleinräumige, dynamische Vulnerabilitätskarten entwickelt, die neben den witterungsbasierten Waldbrandgefahrenindizes auch relevante Waldstrukturparameter berücksichtigen. Durch Szenarienanalysen lässt sich die Risikoabschätzung auch auf Klimaszenarien und waldbauliche Maßnahmen erweitern. In Zusammenarbeit mit dem Institut der Feuerwehr NRW wird ein Geoinformationssystem entwickelt und getestet, um mit Hilfe digitaler Karten und Anwendungen bestehende Informationslücken zu schließen und somit die Einsatzplanung, Lageerfassung und -darstellung sowie die Bewältigung von Waldbränden zu optimieren. Das Projekt umspannt Untersuchungen zu den Teilaspekten der waldbaulichen Prävention, der akuten Waldbrandbekämpfung sowie der Regeneration von Waldbrandflächen.

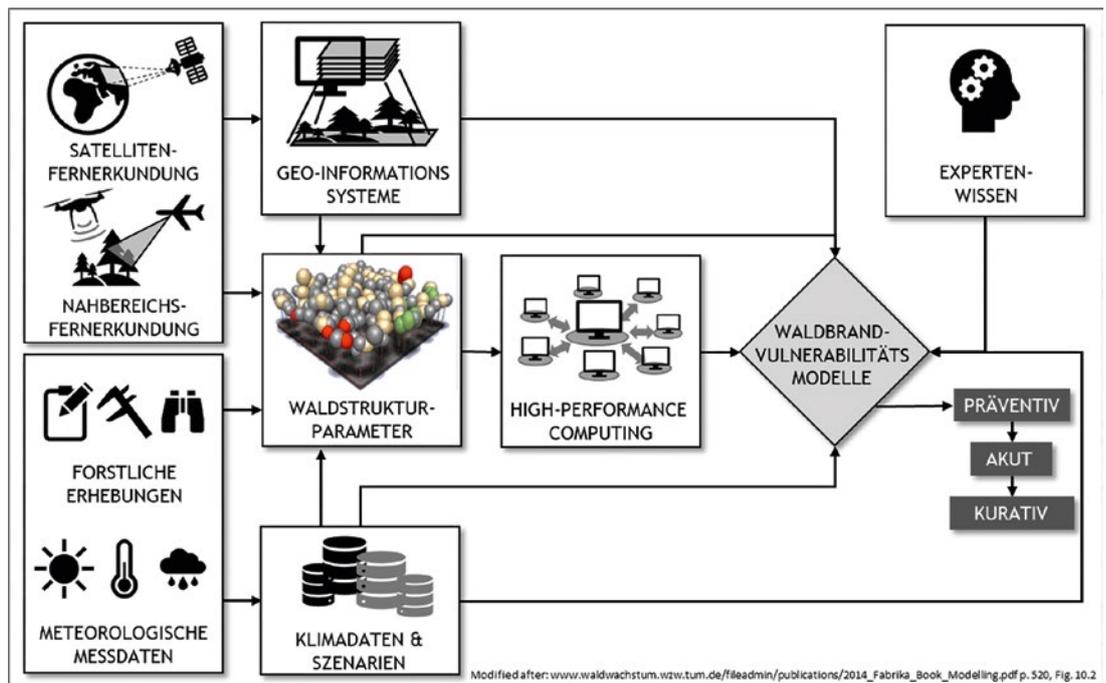


Abbildung 21: Konzept zur Erstellung hochauflösender Waldbrand-Vulnerabilitätskarten.
 © ErWiN Teilvorhaben 2 (TI-WO) nach einer Idee von FABRIKA, Marek; PRETZSCH, Hans (2013):
 Forest ecosystem analysis and modelling. Zvolen: Technical University of Zvolen. S. 520 Abb. 10.2



WINMOL: Erfassung und Vorhersagemöglichkeiten von Sturmschäden im Forst

→ <https://winmol.thuenen.de>

Im Projekt WINMOL werden Aspekte der Sturmschadenvermeidung, -erfassung und -bewältigung untersucht und weiterentwickelt. WINMOL ist ein FNR-gefördertes Kooperationsprojekt des Thünen-Instituts für Waldökosysteme und der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Am Thünen-Institut wird eine Anpassung und Optimierung von Sturmschadensmodellen auf unterschiedlichen Skalenebenen für deutsche Wälder vorgenommen. Zur Weiterentwicklung der Modelle zur Sturmschadenrisikobewertung werden u. a. Einzelbaumdaten auf Basis frei verfügbarer LiDAR-Daten auf Bundesländerebene generiert. Als Kalibrierungsdaten dienen dabei u. a. Daten der Kohlenstoffinventur 2017.

Projekte des Thünen-Instituts für Waldwirtschaft

Das Institut untersucht die nationalen und internationalen Rahmenbedingungen für die Forst- und Holzwirtschaft sowie für waldbasierte Lebensgrundlagen. Darauf aufbauend werden die vielfältigen Leistungen der Wälder bewertet, um daraus politische und wirtschaftliche Handlungsoptionen abzuleiten. Das Institut ist an diversen Projekten mit Komponenten der Fernerkundung beteiligt und untersucht dabei den Einfluss von Treibern auf Entwaldung und Wiederaufforstung und dessen Folgen für LULUCF und REDD+. Neben der Erhebung von Ground Truthing Information auf Landschaftsebene und der räumlich-expliziten Beschreibung von Waldtypen, Landnutzungsmustern und Ökosystemdienstleistungen mittels partizipativer und softwarebasierter Klassifizierungsmethoden baut das Institut ebenso auf der Analyse und Interpretation von Fernerkundungsdaten von Projektpartnern auf, um ökonomische Bewertungen vorzunehmen. Das übergeordnete Ziel ist, die nachhaltige Bewirtschaftung und Nutzung von Wäldern in Deutschland und weltweit zum Nutzen der Menschen einzuführen und zu verbessern.



©ErWiN Projektverbund

Abbildung 22: Geländeaufnahmen der Brandschäden in Kiefernbeständen bei Treuenbrietzen und in der Lieberoser Heide.

© Anne Gnilke (TI-WO), Jakob Liesegang, ErWiN Logo: ErWiN Projektverbund

→ <http://la-foret.org>

Landscape Forestry in the Tropics (LaForeT)

In vielen tropischen Regionen sind Wälder bedroht und müssen oftmals Agrar- und Siedlungsflächen weichen. Dieser Landnutzungswandel hat große Auswirkungen auf das Klima, die Biodiversität und die Entwicklungsperspektiven für die lokale Bevölkerung. Um politische Instrumente zu entwickeln, müssen zunächst die Ursachen von Entwaldung und Degradierung sowie deren Auswirkungen auf Ökosystemdienstleistungen und Lebensgrundlagen untersucht werden – sowohl auf lokaler als auch auf überregionaler Ebene. Dafür setzen wir im Projekt Landscape Forestry in the Tropics (LaForeT) Methoden der Fernerkundung, zusammen mit empirischen biophysikalischen und sozioökonomischen Erhebungen auf Landschaftsebene sowie auch überregionaler Ebene ein. Der Schwerpunkt von LaForeT liegt dabei auf den Untersuchungsländern Ecuador, Philippinen und Sambia. Das übergeordnete Ziel des Projekts ist es, der Entwaldung und Degradierung tropischer und subtropischer Wälder entgegenzuwirken und Wiederaufforstungsprozesse zu fördern. Dies beinhaltet die Analyse des Landnutzungswandels, insbesondere Entwaldung und Wiederaufforstung, sowie Bewertung des Restaurationspotenzials zur Unterstützung von politischen Entscheidungsprozessen wie REDD+ oder der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) zu Landnutzung, Landnutzungsänderung und Waldbewirtschaftung (LULUCF). Zu diesem Zweck werden Zeitreihen von Satellitenbildern (Landsat, Sentinel-1 und -2) mit hochauflösenden Bildern (Planet, GeoEye, Worldview, SPOT) kombiniert, um die wichtigsten forst- und agroforstwirtschaftlichen sowie landwirtschaftlichen Landnutzungstypen in Kontext eines Untersuchungsgebiets zu unterscheiden.

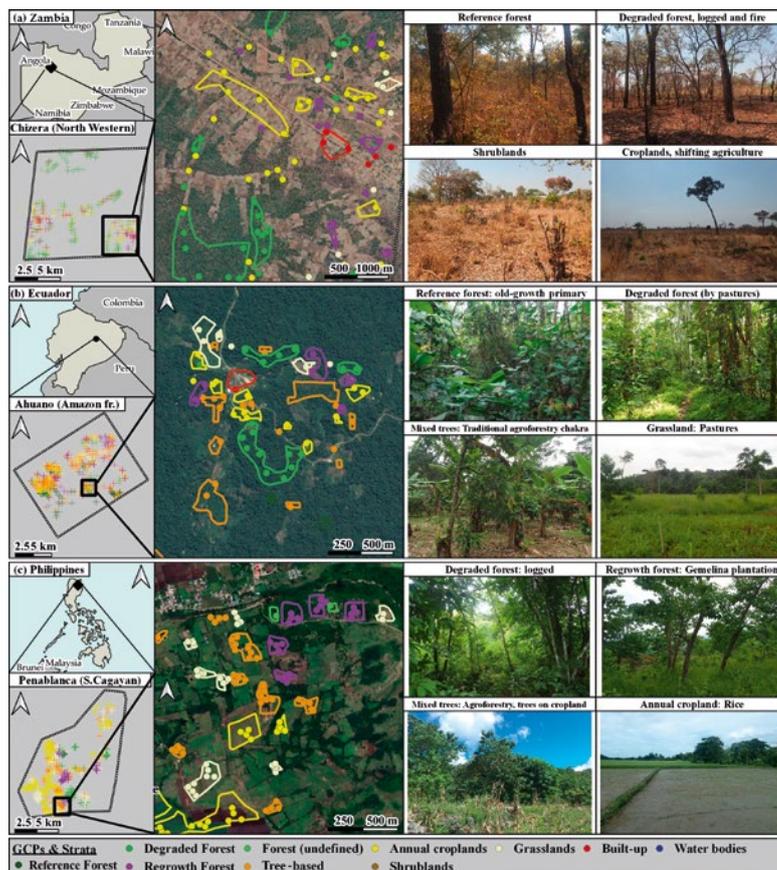


Abbildung 23: Kontext der Studienggebiete von LaForeT in Ecuador, Philippinen und Sambia.
 © Rubén Ferrer Velasca, Melvin Lippe, Fabián Tamayo, Tiza Mfuni, Renezita Sales-Come, Cecilia Mangabat, Thomas Schneider, Sven Günter (2022) *Towards accurate mapping of forest in tropical landscapes: a comparison of datasets on how forest transition matters; Remote Sensing of the Environment* 274 (2022) 112997



Abbildung 24: Landschaftsmosaik Nordluzon (Philippinen).
© Melvin Lippe, Thünen-Institut für Waldwirtschaft

2.3 Einsatz und Projekte der Fernerkundung in der Fischerei

Ozeane und die darin vorkommenden biologischen Meeresschätze stellen die Grundlage für Fischerei und Aquakultur dar. Fisch ist eine wichtige Lebensgrundlage der Menschen und dient als Nahrungs- und Einkommensquelle. Weltweit werden rund drei Milliarden Menschen durch die Fischereiwirtschaft mit etwa 20 Prozent der von ihnen durchschnittlich konsumierten Menge an tierischen Eiweißen versorgt. Allerdings werden die marinen Ökosysteme zunehmend durch die Folgen des Klimawandels sowie durch andere Faktoren wie z. B. Überfischung und Einleitungen von Schad- und Nährstoffen gefährdet.

Ökosysteme sind dynamische Systeme, die sich unter dem Einfluss verschiedener äußerer Faktoren kontinuierlich verändern. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Meeres bestimmen maßgeblich, wie sich Fische und andere lebende Meeresressourcen verteilen und entwickeln. Im Meer variiert die Verteilung von Zooplankton und Nekton über einen großen Bereich von räumlichen und zeitlichen Skalen infolge verschiedener Prozesse. Diese regulierenden Prozesse der Verteilung in Zeit und Raum sind von zentraler Bedeutung, um auf Zusammenhänge von Fischverteilungen mit biotischen und abiotischen Veränderungen zu schließen und Aussagen über das gesamte Ökosystem zu treffen. Die zugrundeliegenden physikalischen Prozesse im Ozean finden auf horizontalen und vertikalen Skalen von Millimetern bis zu tausenden von Kilometern und auf Zeitskalen von Millisekunden bis zu mehreren Jahrzehnten und darüber hinaus statt. Damit sie hinreichend genau untersucht werden können, ist es notwendig, Erhebungsplan und Untersuchungsmethoden so auszuwählen, dass die relevanten Skalen räumlich und zeitlich aufgelöst werden können. Um unterscheiden zu können, ob Klimaveränderungen vom Menschen verursacht oder auf natürliche Variabilität zurückzuführen sind, und um deren Einfluss auf Fischarten und ihre Lebensstadien zu untersuchen, werden am Thünen-Institut für Seefischerei (TI-SF) direkte Beobachtungen, Ergebnisse von regionalen sowie globalen Zirkulationsmodellen und Fernerkundungsdaten verwendet.

Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts stützte sich die Ozeanographie fast ausschließlich auf in situ bzw. direkt gemessene Daten, die zum Teil mit großem logistischen Aufwand kostenintensiv gewonnen wurden. Die auf diese Weise erhaltenen wissenschaftlichen Einblicke in die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse der Ozeane waren aufgrund der durchgeführten Punktmessungen und der Kürze der Schiffszeit häufig regional stark begrenzt. Dies änderte sich jedoch seit den 1950er-Jahren, als die ersten Fernerkundungsverfahren entwickelt worden sind. Die Satellitenfernerkundung hat in den letzten vier Jahrzehnten in der Meeresforschung große Bedeutung erlangt, weil sie großflächige, weltweite Messungen einer Vielzahl von ozeanographischen Parametern ermöglicht, die die schiffsgestützten (Profil-)Messungen ergänzen. Während für eine quasi-synoptische Vermessung eines bestimmten Meeresgebiets je nach Stationsabstand mehrere Wochen kostenintensiver Schiffszeit eingeplant werden müssen, liefern die satellitengestützten Sensoren zum Teil mehrmals täglich eine großflächige Aufnahme des entsprechenden Parameters mit einer räumlichen Auflösung von 1 bis 20 Quadratkilometern. Die zur Fernerkundung verwendeten Anteile des elektromagnetischen Spektrums beginnen mit Wellenlängen ab 100 Nanometern. Zu den physikalischen Messgrößen, die routinemäßig von Satelliten erfasst und hauptsächlich in der Meereskunde verwendet werden, gehören die Temperaturen der obersten Wasserschichten, die Rauigkeit und Neigung der Meeresoberfläche, die abgeleiteten effektiven Wellenhöhen und das Strömungsfeld, die Meereisbedeckung sowie die aus der Meeresfarbe abgeleiteten Wasserinhaltsstoffe wie z. B. Chlorophyll, aber auch Algenarten.

Hinsichtlich der Fischerei kann die Fernerkundung die Erfassung und das Monitoring von Aquakulturen unterstützen, deren Auswirkungen auf die Umgebung sowie die Zertifizierung entsprechender Anlagen. Auch die Einhaltung der Schutzzonen für Fischbestände kann mit Fernerkundungsverfahren unterstützt werden. Dabei kommt mit dem sogenannten Vessel Monitoring System (VMS) ein satellitengestütztes Überwachungssystem für Fischereischiffe zum Einsatz. Mit dessen Hilfe können die Überwachungsbehörden überprüfen, ob sich ein bestimmtes Fischereifahrzeug in dem ihm zugewiesenen Fanggebiet aufhält. Diese Methode dient der Kontrolle der Fischerei und der Bekämpfung illegaler Fangtätigkeiten.

Ein weiterer Aspekt der Nutzung von Fernerkundungsdaten in der Fischereiforschung sind diverse an den Thünen-Instituten durchgeführte Telemetriestudien an verschiedenen Meeresorganismen. Bei diesen Studien werden Satellitensender, sogenannte Pop-Up Satellite Archival Tags, an Fischen angebracht, um deren Wanderungsbewegungen und Verhalten zu erforschen. Die Datensammlung erfolgt über einen vor dem Anbringen des Senders programmierten Zeitraum mit einer ebenfalls in Abhängigkeit von der benötigten Datendichte festgelegten Sampling-Rate. Nach dem Ablösen der Tags vom Fisch – in der Regel nach Ablauf der vorprogrammierten Einsatzdauer – steigt der Sender an die Wasseroberfläche und beginnt, die Messdaten via Satelliten zu übertragen. In den vorliegenden Fällen erfolgt eine Geolokalisierung der Aufenthaltsbereiche und Wanderbewegungen der markierten Fische nach Abschluss der Übertragungen der Messdaten. Entsprechende Sender wurden bzw. werden am Thünen-Institut zur Erforschung des Wanderverhaltens von Aalen (*Anguilla anguilla*) und Hundshaien (*Galeorhinus galeus*) eingesetzt.

Operationelle Nutzung von Fernerkundungsprodukten am Thünen-Institut

Im folgenden Abschnitt werden die relevanten Messgrößen und zugrundeliegenden Fernerkundungsprodukte vorgestellt, die aktuell von den Meeresbiologinnen und -biologen und Ozeanografinnen und -grafen des Thünen-Instituts für die Analysen verwendet werden.

Die durch den Klimawandel verursachte Erwärmung der Ozeane hat weitreichende Folgen für die marinen Ökosysteme. Global gesehen sind z. B. die obersten 75 Meter im Zeitraum von 1971 bis 2010 um 0,11 °C pro Jahrzehnt wärmer geworden. Die Modell-Szenarien, die im Fünften Sachstandsbericht (AR5) des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen der UN (IPCC) aufgeführt werden, zeigen, dass aufgrund des bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts und darüber hinaus projizierten Klimawandels eine globale Neuverteilung der marinen Arten und ein Rückgang der meeresbiologischen Vielfalt in sensiblen Regionen zu erwarten ist. Die räumlichen Verlagerungen

von marinen Arten infolge der fortschreitenden Erwärmung der Ozeane könnten demnach zu Invasionen in hohen Breiten und hohen lokalen Aussterberaten in den Tropen und in relativ geschlossenen Meeren führen. Um die zukünftige Temperaturentwicklung besser mit Hilfe von Modellen vorhersagen zu können, ist es notwendig, die zumeist punktuell durchgeführten direkten Profilmessungen mit den täglich verfügbaren großflächigen Satellitenaufnahmen der Meeresoberflächentemperatur zu kombinieren. Darüber hinaus können anhand der Meeresoberflächentemperatur auch besondere Strukturen wie Meeresströmungen, Wirbel sowie küstennahe Auftriebsgebiete (Abbildung 25) erkannt und genauer analysiert werden.

Parameter	Meeresoberflächentemperatur
Sensorname	Advanced very high resolution radiometers (AVHRR)
Sensortyp	Infrarot-Radiometer (passiv) → http://marine.copernicus.eu/
Datenanbieter	Copernicus Marine environment monitoring service (CMEMS)

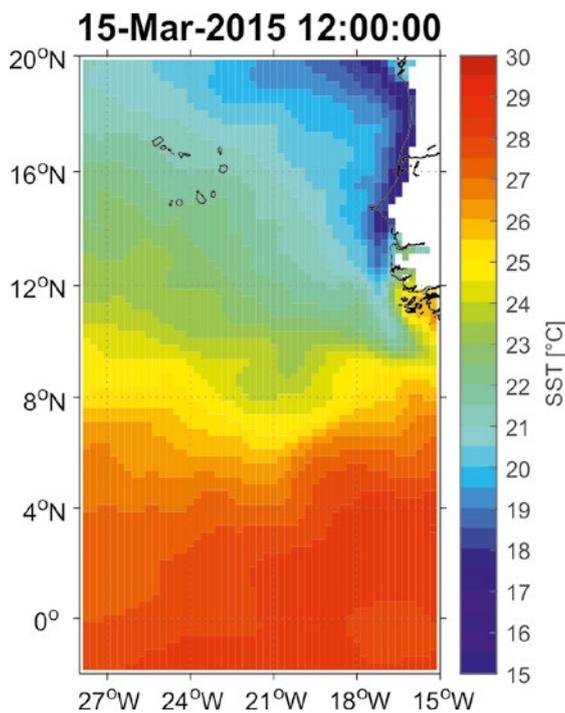


Abbildung 25: Die tägliche Meeresoberflächentemperaturverteilung (aus AVHRR-Daten abgeleitet), aufgenommen am 15.03.2015, zeigt die starke Ausprägung des Küstenauftriebsgebiets vor Westafrika. Dieses Gebiet wird durch das Aufsteigen kälterer und nährstoffreicherer Wassermassen geprägt. Die Oberflächentemperaturen liegen direkt an der Küste bei etwa 15 °C, während die Werte im äquatorialen Bereich bei über 29 °C liegen.
© Copernicus Marine environment monitoring service (CMEMS, <http://marine.copernicus.eu/>)

Das Phytoplankton, winzige, im Meer schwebende Algen, bildet die Grundlage für alle Nahrungsketten im Weltozean. Im Frühling vermehrt es sich aufgrund der stärkeren Sonneneinstrahlung rasch und ist anhand seines Chlorophyllgehalts vom Satelliten aus häufig als großflächige Algenblüte zu erkennen. Diese „Algentepiche“, die sich zum Teil über hunderte von Quadratkilometern erstrecken können, dienen dem Zooplankton (z. B. Kleinkrebsen) als wichtige Nahrungsgrundlage, das wiederum die Grundnahrung von Fischen und Walen bildet. Da jedoch das Phytoplankton in seinem Wachstum neben der Verfügbarkeit von Nährstoffen auch sehr stark von der umgebenden Wassertemperatur abhängt, verändert die Erwärmung der Ozeane infolge des Klimawandels auch das Gleichgewicht der marinen Ökosysteme. Es wird erwartet, dass die nachlassende Phyto-

plankton-Produktion nicht nur die marinen Ökosysteme verändert, sondern auch die Erträge der Fischereiwirtschaft. Um die Nahrungsgrundlage der Fische in die weiteren Analysen miteinbeziehen zu können, werden am TI Satellitenmessungen der Oberflächenchlorophyll-Konzentration ausgewählter Meeresregionen verwendet. Als Beispiel sind in der Abbildung 26 die monatlich gemittelten Chlorophyll-Konzentrationen für die Monate März bis Mai für die Keltische See dargestellt.

Parameter	Chlorophyll-a-Konzentration
Sensorname	ENVISAT Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS), Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS), Sea-Viewing Wide Field of View Sensor (SeaWiFS) and Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)
Sensortyp	Ocean colour Sensor (passiv)
Datenanbieter	ACRI-ST GlobColour service, supported by EU FP7 MyOcean & ESA GlobColour Projects

→ <http://hermes.acri.fr/>

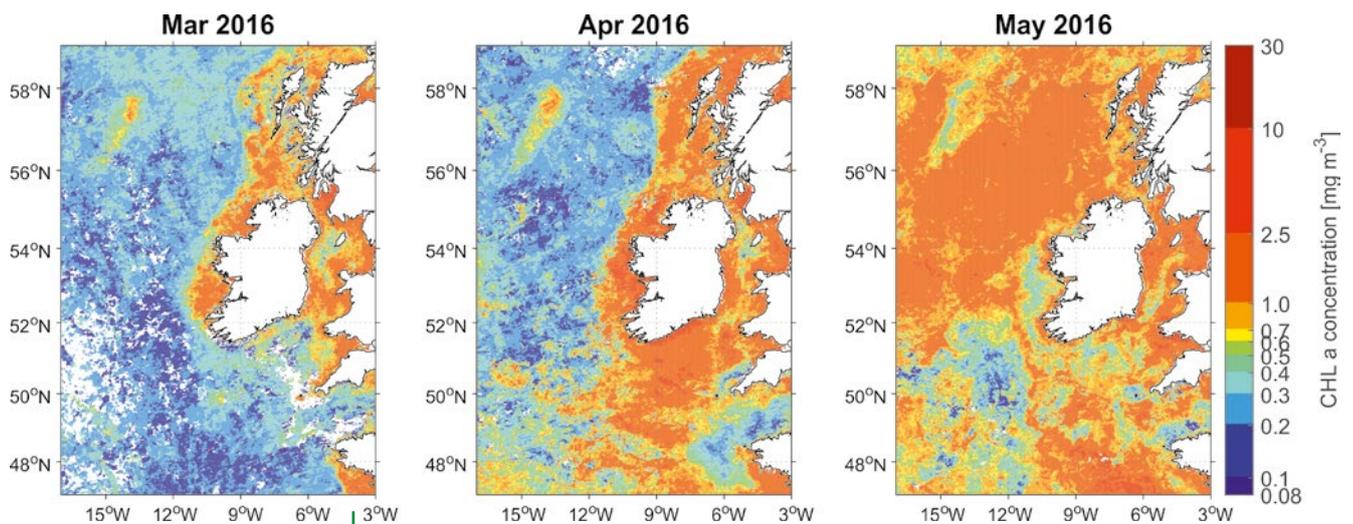


Abbildung 26: Die obere Abbildung zeigt die monatlich gemittelten Chlorophyllkonzentrationen in der Keltischen See für die Monate März, April und Mai für das Jahr 2016, die aus den verfügbaren MODIS- und VIIR-Daten berechnet worden sind. Diese Karten illustrieren die Entwicklung der Frühjahrsblüte im Untersuchungsgebiet.
© ACRI-ST GlobColour service, supported by EU FP7 MyOcean & ESA GlobColour Projects, <http://hermes.acri.fr/>

Die Farbe des Wassers, von schlammigem Braun bis zu Grün oder klarem Blau, spiegelt eine Reihe von Informationen über seinen Ursprung und seine Eigenschaften wider. Beispielsweise können Rückschlüsse auf die Menge an Sedimenten oder die Konzentration und Zusammensetzung der Algengemeinschaft (Phytoplankton) gezogen werden. Letztere bilden die Grundlage des Nahrungsnetzes in vielen Meeresökosystemen. Anhand von Farbmessungen aus historischen Satellitenbildern (1997–2019) wurden in einer aktuell veröffentlichten Studie Nordsee-Wassertypen definiert (Abbildung 27), die sich durch eine Reihe von Parametern, wie z.B. Salzgehalt, Phytoplanktonkonzentration und der damit verbundenen Zooplanktongemeinschaft, voneinander unterscheiden. Von besonderem Interesse sind die klareren, bläulichen Wassertypen (hellblau gefärbt in der rechten Abbildung), die mit Wasser atlantischen Ursprungs assoziiert werden, das im Gebiet der Shetlandinseln in die Nordsee eindringt. Variabilität in der Stärke des Einstroms kann ein wichtiger Treiber für Veränderungen im Meeresökosystem der Nordsee sein. Insbesondere kann das Wissen um die Einstromdynamik zukünftig dazu beitragen, die zwischenjährige Variabilität bei der Rekrutierung von Fischbeständen zu erklären. Das einströmende Wasser kann z.B. Quelle bevorzugter Zooplanktonbeute für sich entwickelnde Fischlarven sein oder den physischen Transport von Fischeiern und -larven zu wichtigen Aufwuchsgebieten ermöglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Ausbreitung von Wasser atlantischen Ursprungs innerhalb der Nordsee über saisonale und langfristige Zeitskalen ändert. Neben dem Einblick in historische Veränderungen macht die Verwendung frei verfügbarer Satellitenbilder die Methode zu einem attraktiven Ansatz für die zukünftige Fernerkundung des Ökosystems Nordsee.

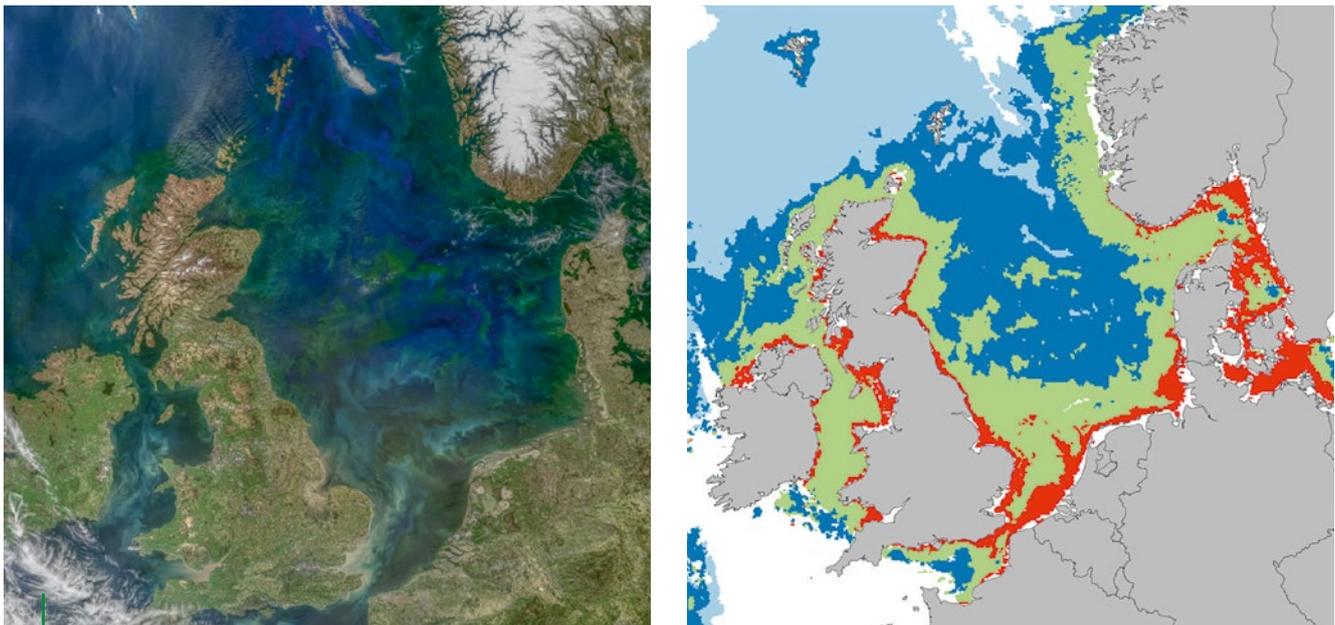


Abbildung 27: Beispiel eines Fernerkundungsbilds der Nordsee (links), das anhand der Wasserfarbe in vier Typen (rechts) eingeteilt wurde (Taylor et al. 2021). Die Satellitenaufnahme stammt von MODIS-AQUA.

© Flight Center, <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/aqua/>

Die Meeresströmungen, Fronten und Wirbel üben einen entscheidenden Einfluss auf die Produktivität der Meeresökosysteme und die Verteilungsgebiete der Fischarten aus. Um die zugrundeliegenden Prozesse zu verstehen, wird am TI die Oberflächenzirkulation ausgewählter Meeresgebiete anhand von Satellitenaltimeterdaten (Abbildung 28) genauer analysiert. Die satellitengestützte Radaraltimetrie misst die zeitlichen Veränderungen der Ozeanoberflächen, wie sie z. B. als Folge der Ausdehnung durch Wärme, Gezeiten oder auch durch Veränderungen der Strömungsfronten entstehen, global mit höchster Präzision über einen langen Zeitraum.

→ <https://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>

Parameter **Absolute dynamische Topographie und absolute geostrophische Geschwindigkeiten**

Sensorname TOPEX/Poseidon, Poseidon-2, Poseidon-3

Sensortyp Altimeter (aktiv)

Datenanbieter Aviso

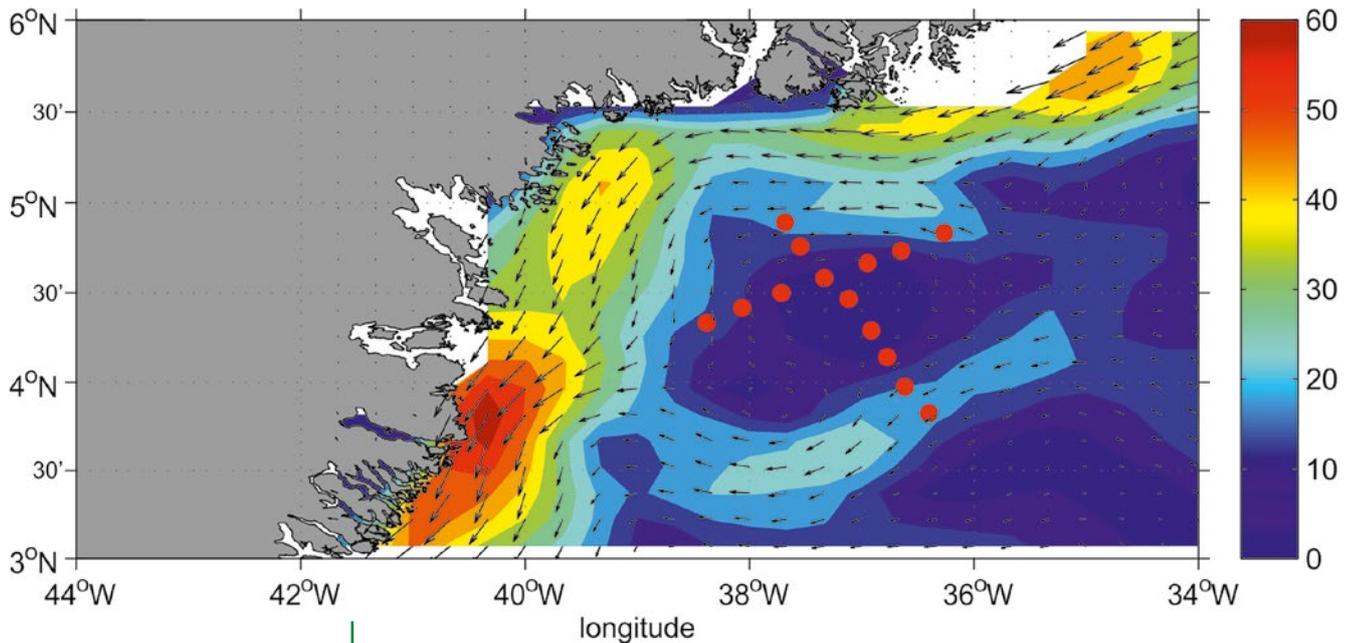


Abbildung 28: Die aus der Altimetrie abgeleiteten absoluten geostrophischen Oberflächenströmungen vor der Ostküste Grönlands zeigen eine Wirbelstruktur auf der „Kleinen Bank“, die zusätzlich während der 359. Reise der Walther Herwig im Herbst 2012 mit einem hydrographischen Stationsnetz (rote Punkte) beprobt worden ist. © AVISO, <https://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>

Das nationale BMBF-Verbundprojekt LAKRIS (Lazarev Sea krill study), an dem auch das TI beteiligt war, hatte zum Ziel, die Populationsdynamik und physiologische Kondition des antarktischen Krills im Jahresverlauf in der Lasarew-See zu erfassen. Die saisonale Meereisbedeckung rund um die Antarktis beträgt etwa 5 Millionen Quadratkilometer während des Südsommers und vergrößert sich im Laufe des Süd winters auf rund 20 Millionen Quadratkilometer. Da das Meereis eine große Bedeutung für den Lebenszyklus des antarktischen Krills hat, wurde während des Projekts die saisonale Meereiskonzentration anhand von SSM/I-Daten analysiert (Abbildung 29).

Parameter	Meereiskonzentration
Sensorname	Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SSMR), Special Sensor Microwave Imager (SSM/I)
Sensortyp	Mikrowellen-Radiometer (passiv)
Datenanbieter	National Snow & Ice Data Center University of Colorado

→ <http://nsidc.org/data/nsidc-0079>

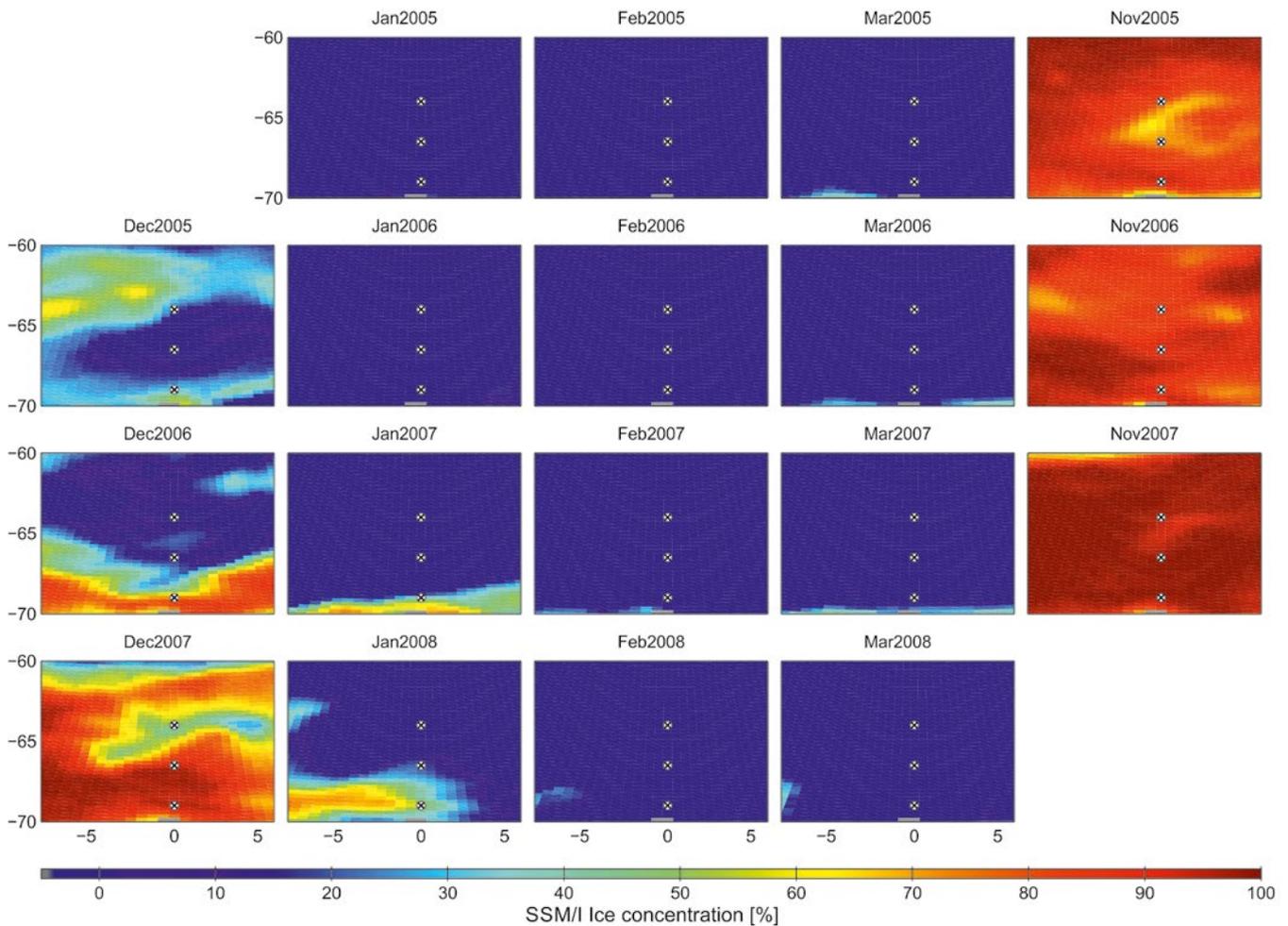


Abbildung 29: Die obere Abbildung zeigt die monatlichen Meereiskonzentrationen für die Monate Januar, Februar, März, November und Dezember für die aufeinander folgenden Jahre 2005–2008, die aus den SSM/I-Daten berechnet worden sind (National Snow & Ice Data Center University of Colorado, Cisewski and Strass, 2016). Diese Karten illustrieren die saisonale und zwischenjährliche Variabilität der Meereisbedeckung im Untersuchungsgebiet der Lasarew-See und dokumentieren den Rückgang und die Neubildung des Meereises während der Projektphase.

© National Snow & Ice Data Center University of Colorado, <http://nsidc.org/data/nsidc-0079>

Referenzen zu Kapitel 2.3:

- Cisewski, B., Strass V.H., 2016. Acoustic insights into the zooplankton dynamics of the eastern Weddell Sea. Progress in Oceanography.
- Taylor, M.H., Akimova, A., Bracher, A., Kempf, A., Kühn, B., Hélaouët, P., 2021. Using Dynamic Ocean Color Provinces to Elucidate Drivers of North Sea Hydrography and Ecology. Journal of Geophysical Research Oceans 126. cus.

→ <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2016.03.005>

→ <https://doi.org/10.1029/2021JC017686>

2.4 Öffentliche Verwaltung

Die öffentliche Verwaltung bietet einerseits Fernerkundungsdaten an und nutzt sie andererseits auch.

Der vermehrte Einsatz von Geodaten aus der Fernerkundung in der Verwaltung kann die Entscheidungsgrundlagen verbessern. Zudem lassen sich Aufgaben schneller erledigen, wenn Daten einfacher zwischen öffentlichen Verwaltungen ausgetauscht werden. Fernerkundungsdaten können eine einheitliche technische Basis zur Erfüllung von Berichtspflichten bieten und ein schnelleres Sichten und Finden von planungsrelevanten Fachdaten ermöglichen. Sie ermöglichen in manchen Fällen sogar eine Verbesserung der Rechtssicherheit, da die Aktualität der Unterlagen auf allen Verwaltungsebenen gleich ist. Fernerkundungsprodukte können umfangreiche Informationen für die Behörde, aber auch für die Öffentlichkeit liefern. Sofern sich die Daten (unter Beachtung des Datenschutzes) veröffentlichen lassen, kann dies die Transparenz der Verwaltung erhöhen.

2.4.1 Das Copernicus-Programm der EU

Die EU hat gemeinsam mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) im Jahr 1998 die GMES-Initiative (Global Monitoring for Environment and Security: Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung) gegründet. Ziel war es, ein langfristig agierendes europäisches Erdbeobachtungszentrum zu entwickeln.

Die Initiative wurde fortwährend weiterentwickelt und im Jahr 2012 dann in Copernicus umbenannt und mit einem Programm zur Umsetzung auf EU-Ebene ausgestattet. Von 2014 bis 2022 sind acht eigene Satelliten in Betrieb genommen worden. Weitere Satellitenstarts sind geplant.

Copernicus gewinnt Informationen im Wesentlichen über zwei Wege:

- weltraumgestützte Beobachtungssysteme (eigene Sentinel-Satelliten sowie Mitnutzung vorhandener Erdbeobachtungssysteme)
- boden-, see- und luftgestützte Beobachtungssysteme (Flugzeuge, Drohnen, Messbojen)

Das Ziel von Copernicus ist es, umfassende und aktuelle Informationen über den Zustand der Erde zu liefern. Die Potenziale sind sehr vielseitig. Die Auswertung der Copernicus-Daten generiert Nutzen für die verschiedensten Bereiche, u. a. bei der Überwachung des Klimawandels, der Städteplanung, der Früherkennung von Naturkatastrophen oder auch der Abschätzung des Ertragspotenzials land- und forstwirtschaftlicher Flächen und Veränderungen der Flächennutzung.

Copernicus stellt insbesondere für die Aufgaben der Europäischen Institute Informationen bereit. Von zentraler Bedeutung sind folgende Kerndienste:

1. Landüberwachung
2. Überwachung der Meeresumwelt
3. Katastrophen- und Krisenmanagement
4. Sicherheitsanwendungen
5. Überwachung der Atmosphäre
6. Überwachung des Klimawandels

Die gewonnenen Daten, Analysen, Vorhersagen und Karten werden der Öffentlichkeit größtenteils kostenlos zur Verfügung gestellt.

Auf der Website von **CODE-DE** kann die interessierte Öffentlichkeit in Deutschland auf die Daten und Dienste von Copernicus zugreifen. Darüber hinaus bietet CODE-DE auch die Möglichkeit zur Online-Verarbeitung der Copernicus-Daten.

→ <https://code-de.org/>

Im September 2017 hat die Bundesregierung ihre eigene Copernicus-Strategie veröffentlicht. Sie formuliert die Ziele Deutschlands für Copernicus und identifiziert Handlungsfelder. Die Strategie dient als Orientierung bei der Gestaltung nationaler und internationaler Maßnahmen. Das BMEL trägt mit verschiedenen Maßnahmen substantiell zur Umsetzung der Strategie bei.

Mit dem Copernicus-Programm steht eine für die Landwirtschaft interessante Satellitenkonstellation aus einem Radar- und einem optischen System bereit. Sie bestehen aus jeweils zwei baugleichen Satelliten. Damit können alle sechs Tage aktuelle Informationen über die Entwicklung der Vegetationsbestände mit Hilfe wolkendurchdringender Radartechnik gewonnen werden. Alle fünf Tage werden die Flächen von den optischen Systemen (Sentinel-2) überflogen, sodass die Chancen, eine wolkenfreie Aufnahme zu erhalten, deutlich gesteigert werden. Sentinel-2 ist damit für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Im Rahmen des Copernicus-Programms wurden auch zwei Satellitensysteme entwickelt, die speziell auf die Erkundung der Ozeane ausgerichtet sind. Die beiden baugleichen Satelliten Sentinel-3A und -3B erfassen kontinuierlich die Höhe des Meeresspiegels, die Temperatur der Land- und Meeresoberflächen sowie die unterschiedlichen Chlorophyll- und Schwebstoffgehalte der Meere. Die Messergebnisse dienen sowohl maritimen Vorhersagediensten, der Überwachung der Umwelt sowie der Gewinnung von Klimadaten und werden für weitergehende Analysen hinsichtlich der klimatischen Einflüsse auf die Fischbestände vom Thünen-Institut verwendet.

Anders als bei den meisten existierenden Fernerkundungsmissionen sind die Daten kostenfrei und in einer hohen räumlichen (10 bis 20 m), spektralen und zeitlichen Auflösung verfügbar. Das ermöglicht neuartige Datenprodukte, die auch und insbesondere für kleinstrukturierte landwirtschaftliche Betriebe interessant sein können.

2.4.2 IMAGI

Der Interministerielle Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI) ist ein Arbeitskreis der Bundesregierung, der seit 1998 eine ressortübergreifende Koordinierung des Geoinformationswesens entwickelt. Er trägt dafür Sorge, dass die Belange des Geoinformationswesens bei politischen Entscheidungen berücksichtigt werden. Das BMEL ist Mitglied im IMAGI.

→ <https://www.geoportal.de>

Die Federführung liegt beim Bundesministerium des Innern. Der IMAGI hat die Aufgabe, die Bundesverwaltung bei der Bereitstellung und Nutzung von Geodaten zu unterstützen. Dazu verbessert er den Zugang zu Geoinformationen über das **Geodatenportal**. Zudem bringt er gemeinsam mit Ländern und Kommunen den Aufbau der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) voran.

Eine weitere zentrale Aufgabe besteht darin, die Position des Bundes im Geoinformationsbereich in Ressort- und Verwaltungsebenen-übergreifenden Gremien abzustimmen. Im IMAGI werden beispielsweise Positionen des Bundes im Lenkungsgremium GDI-DE abgestimmt (s. Glossar). Darüber hinaus wirkt der Ausschuss gemeinsam mit allen Beteiligten bei der Umsetzung der nationalen Geoinformationsprogramme mit.

Der Ausschuss stellt zudem sicher, dass die nationalen und grenzüberschreitenden Bedarfe beim Geoinformationswesen berücksichtigt werden.

INSPIRE-Richtlinie

→ <http://inspire.ec.europa.eu/>

Eine weitere Aufgabe des IMAGI ist die einheitliche Umsetzung der europäischen Richtlinie **IN**frastructure for **S**patial **I**nfo**R**mation in **E**urope (**INSPIRE**) der **EU** und der daraus folgenden nationalen Gesetze (GeoNutzV, GeoZG) in der Bundesverwaltung. Hiermit werden Chancen für die gesamte Wirtschaft eröffnet. So kann der IMAGI die Rahmenbedingungen für den Zugang der Wirtschaft und der Wissenschaft zu Geoinformationen des Bundes verbessern. Ebenso wird die Entwicklung neuer Dienste und Technologien erleichtert. Ein weiteres Ziel ist es, die Transparenz über Geoinformationen und -dienste zu erhöhen.



3

Bedarf und Potenzial



3.1 Potenziale der Fernerkundung

Fernerkundungsinformationen haben in der Land- und Forstwirtschaft mindestens zwei wichtige Nutzergruppen:

- Betriebe/Dienstleistende, die aktuelle Informationen zur Unterstützung der Bestandsführung einsetzen wollen
- Behörden und Institutionen, die an großräumigen Informationen und der Veränderung von Zuständen (Monitoring) und historischen Informationen interessiert sind.

Fernerkundungsinformationen können auch einen Schub für die Digitalisierung in der Landwirtschaft leisten. Während in der Praxis die Technik für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung in vielen Bereichen verfügbar ist, fehlt es an den Basisinformationen, die die Unterschiede im Bestand visualisieren und lokalisierbar machen. Durch die Copernicus-Daten können diese Basisinformationen nun bereitgestellt werden. Dadurch können Betriebe, die bisher Investitionen in Precision Agriculture vermieden haben, Vor- und Nachteile der Technologie besser erkennen und nutzen.

Ein Bedarf für eine Weiter- oder Neuentwicklung von fernerkundungsbasierten Diensten zur Landwirtschaft für die öffentliche Verwaltung besteht insbesondere in den Bereichen

- staatliches Monitoring,
- hochaufgelöste Flächenstatistik (Gemeindeebene und höher),
- Etablierung von Prognose- und Frühwarnsystemen (z. B. bei Pilzkrankheiten, Hochwasser und Trockenheit).

Ackerbau/Grünland

Die Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungsinformationen in der praktischen Landwirtschaft sind an die analysefertige Verfügbarkeit von historischen und aktuellen sowie optischen und radarbasierten Satellitenbildinformationen gebunden.

Für behördliche und institutionelle Anwendungen sind Fernerkundungsdaten besonders geeignet, um die Flächenstatistik zu unterstützen. Dabei lassen sich mit den Fernerkundungsdaten die angebauten Kulturen (in Anlehnung an die Agrarstatistik) bis auf Schlagebene erfassen und über die Jahre Informationen zur flächenscharfen Fruchtfolge ermitteln.

Im Bereich Pflanzenschutz können insbesondere optische Fernerkundungsinformationen eingesetzt werden, um die aktuelle Blattfläche zu ermitteln, das Pflanzenwachstum räumlich differenziert zu überwachen und so die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln teilflächenspezifisch anzupassen.

Für den Bereich des Grünlands lassen sich aus den Fernerkundungsdaten die Häufigkeiten von Schnitten und die Mahdtermine besser ableiten. Daraus können indirekt Aussagen zur Nutzungsintensität und Qualität des Grünlandes entwickelt sowie Schätzungen zu Feldfuttererträgen abgeleitet werden.

Die Ableitungen von Nutzungsart (Wiese oder Weide) und -intensität (Schnitthäufigkeit bzw. Weidetage) im Grünland können dazu beitragen, den aktuellen Zustand des Grünlands besser zu beschreiben. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Fernerkundungsinformationen für

- eine Identifizierung von naturschutzfachlich wertvollen Grünlandbeständen,
- die Unterstützung der Kontrolle von Agrarumweltprogrammen und
- die gezielte Förderung von biologischer Vielfalt (Biodiversität) zu nutzen.

Für die öffentliche Verwaltung kommt eine Nutzung für die Ernteertragsüberwachung bzw. Überwachung des Ernährungszustands und des Gesundheitszustands der Pflanzenbestände in Betracht. Wasserstress, Krankheits- und Schädlingsbefall können identifiziert und dadurch die Entwicklung der Erträge besser überwacht werden. Im Rahmen einer Open-Data-Politik ist geplant, den Landwirtinnen und Landwirten betriebsspezifische Karten bereitzustellen. Damit könnten sie Nährstoffe effizienter einsetzen, somit Nährstoffüberschüsse verringern und letztlich dazu beitragen, weniger Treibhausgase freizusetzen.

Die Überwachung von Extremwetterlagen und dadurch auftretende Schäden in der Landwirtschaft und im Forst wie beispielsweise Hagel, Überflutung, Dürren, Frostschäden oder Windschaden mittels standardisierter Indikatoren kann hilfreich sein, um betroffene Flächen gezielt zu identifizieren und gegebenenfalls die Bewirtschaftenden zu unterstützen. Entschädigungsleistungen durch die Versicherungen oder die Verwaltung wären besser nachvollziehbar und Auszahlungen schneller möglich.

Daten aus der Fernerkundung könnten langfristig auch der Kontrolle und Beratung von landwirtschaftlichen Betrieben dienen. Hierzu wären z. B. Daten zur Bearbeitungsrichtung und zu Ernteterminen bei Ackerkulturen sowie Hinweise auf Veränderungen der Bodenoberfläche hilfreich, z. B. bei gepflügten Böden oder eingesättem Grünland.

Tierhaltung

Der Einsatz von Fernerkundung in der Tierhaltung ist indirekt möglich. Ausschlaggebend hierfür ist eine Mindestauflösung. Die Auflösung beträgt etwa das Dreifache der Pixelgröße, also im Fall von Sentinel-2 30 x 30 m bzw. 900 m².

Eine Einzeltierfassung scheidet daher mit Satellitendaten aus. Auch herkömmliche Luftbilder sind nicht geeignet, da sie nur eine Momentaufnahme für begrenzte Gebiete liefern können.

Über Informationen zur Bewirtschaftung bzw. Beweidung können jedoch indirekt Aussagen zu Viehbeständen möglich sein. Durch ein zeitlich hochaufgelöstes Monitoring der Weideflächen (z. B. mit Sentinel-1) lässt sich die Veränderung der Biomasse ermitteln. Damit sind möglicherweise

Weidegänge erfassbar oder die Termine und Häufigkeit von Mahdereignissen detektierbar. Beide Parameter können – durch Kombination mit anderen Informationen, z.B. über Tierbesatzstärken aus der Agrarstatistik – helfen, die raum-zeitlichen Muster der Tierhaltung zu erklären.

Der Einsatz von Fernerkundungsaufnahmen zur Erkennung von baulichen Anlagen (Biogas, Silos, Ställe) ist bereits mit Mitteln der herkömmlichen Luftbildfernerkundung sowie sehr hochauflösenden Fernerkundungsdaten möglich. Biogasanlagen sind auch auf Satellitenbildern erkennbar (Abbildung 30 und 31). Somit könnten automatisierte Verfahren zur Erkennung von Biogasanlagen etabliert werden.



Abbildung 30: Biogasanlage Hillerse.
© Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung



Abbildung 31: Digitales Orthophoto in 20 cm Bodenauflösung (DOP20), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).
© Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung

Wald- und Forstwirtschaft

Das Thünen-Institut erprobt und analysiert verschiedene skalenübergreifende Fernerkundungsdaten und neue Fernerkundungstechnologien, um den Wald in seiner Struktur und dynamischen Entwicklung zu erfassen und zu überwachen. Zur Unterstützung des terrestrischen Waldmonitorings durch Fernerkundungsdaten und -technologien sind folgende Themen von Bedeutung:

- Erfassung von Waldschäden und Waldflächenänderungen
- Erkennung und flächendeckende Kartierung der Baumarten
- Verbesserte Schätzung von forstlichen Basisdaten (Kleingebietsschätzer)
- Erfassung von Struktur und Biodiversität
- Erfassung von Vitalität und Waldzustand
- Verknüpfung der Fernerkundung mit terrestrischen Waldinventuren
- Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Drohnen für das Waldmonitoring

Im Bereich der tropischen und subtropischen Wälder wird die Fernerkundung eingesetzt, um der Entwaldung und Degradierung entgegenzuwirken und Wiederaufforstungsprozesse zu fördern. Dazu werden folgende Einzelmaßnahmen durchgeführt:

- Analyse des Landnutzungswandels, insbesondere Entwaldung und Wiederaufforstung, sowie Bewertung des Restaurationspotenzials der Wälder in den Tropen und Subtropen
- Unterstützung von politischen Entscheidungsprozessen wie REDD+
- Unterstützung des Monitorings von entwaldungsfreien Lieferketten

Der Einsatz von Fernerkundungstechnologien in den bundesweiten Inventuren stellt eine Herausforderung dar. Neben der entsprechenden fachlichen Expertise erfordern die Verarbeitung und Auswertung dieser Daten personelle und finanzielle Ressourcen. Außerdem ist eine geeignete Infrastruktur in Form von spezialisierter Software und leistungsfähigen Hardwaresystemen erforderlich.

Fischerei

Im Bereich der Fischerei wären sehr hoch aufgelöste Daten über das Raum-Zeit-Verhalten von Fischereifahrzeugen (kommerzielle und Nebenerwerbsfischerei) in den Küstengewässern der Ostsee relevant, beispielsweise für die Fangmengenüberwachung. Dabei ist die Anzahl der Fischereifahrzeuge sowie die Anzahl gesetzter Stellnetze (evtl. sichtbar über die Netzbojen) von Bedeutung.

Die Entwicklung der Fernerkundungsmethoden wird auch in Zukunft weiter voranschreiten (siehe z. B. aktuelles Copernicus-Programm der ESA). Die einzelnen Produkte sind weltweit über das Internet frei verfügbar. Damit ergeben sich auch für klimarelevante Fragestellungen in der Fischerei eine ganze Reihe neuer Nutzungsmöglichkeiten.

So werden aktuell z. B. sogenannte Hyperspektral-Sensoren entwickelt. Diese können das gesamte sichtbare Strahlungsspektrum abtasten und ermöglichen es, die unterschiedlichen Typen des Phytoplanktons zu identifizieren. Eine mögliche Erkennung schädlicher Algenblüten könnte künftig der Fischereiwirtschaft und insbesondere der Aquakultur helfen, frühzeitig Maßnahmen zur Schadensbegrenzung zu treffen.

3.2 Nutzungsanforderungen nach Aufgaben

Bedarf

Es besteht u. a. im Bereich der Landwirtschaft der Bedarf, das Thema Fernerkundung im Rahmen der Ausbildung stärker zu berücksichtigen. Angehende Landwirtinnen und Landwirte sollten einen Überblick bekommen, welche Optionen sie für ihren Betrieb nutzen und dann auch effizient einsetzen können. Auch praktizierende Landwirtinnen und Landwirte sollten durch Schulungen oder ihre Beraterinnen und Berater über die Möglichkeiten der Digitalisierung der Landwirtschaft informiert werden. Ziel dieses Programms ist es u. a., die Interpretation und Nutzung von Fernerkundungsdaten zum Nutzen der Landwirtschaft zu ermöglichen und zu steigern.

Andererseits gibt es auch in der Verwaltung einen Bedarf an Schulungen zum Umgang mit Software zur Verarbeitung von Fernerkundungsdaten. Außerdem besteht ein erheblicher Nachholbedarf, die Kenntnis über die kostenlose Verfügbarkeit und über mögliche Nutzungsvorteile von Fernerkundungsdaten, beispielsweise Copernicus-Daten, zu verbessern.

Möglichkeiten

Über die Servicestelle Fernerkundung des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) können Bundesbehörden Schulungen zur Anwendung von Fernerkundungstechnologien durchführen und fortlaufende Informationen über die technologischen Neuerungen erlangen.

Die Europäische Kommission hat mit der Copernicus Academy ein Netzwerk von Bildungs- und Forschungseinrichtungen etabliert, die Copernicus-relevante Aus- und Weiterbildungsaktivitäten durchführen. Die Schulung und Ausbildung im Bereich der Fernerkundung findet derzeit insbesondere an den Hochschulen statt.

Für Deutschland sind u. a. die Universitäten Bochum, Bonn, Jena und Würzburg sowie die PH Heidelberg und die HFT Stuttgart Mitglieder der Copernicus Academy.

Darüber hinaus gibt es einige andere Universitäten, die Erfahrung im Bereich Fernerkundung haben. Beispielsweise wird in Freiburg die Fernerkundung schwerpunktmäßig in der Forstwirtschaft erforscht, an der Ludwig-Maximilians-Universität München steht die geographische Fernerkundung zur Landwirtschaft und Hydrologie im Fokus und auch die Universität Trier und die Humboldt-Universität zu Berlin haben eine lange Tradition im Bereich Fernerkundung und Geographie.

Besonders erwähnenswert ist die englischsprachige Plattform **EO-College der Universität Jena**, die einen sehr umfangreichen Einblick in die Möglichkeiten der Radarfernerkundung bietet. Schulungsmaterial sowie Auswertetools und -software zur Hyperspektralfernerkundung sind u. a. im Zusammenhang mit der **Satellitenerdbeobachtungsmission EnMAP** entstanden und über die Webseite zugänglich.

→ <https://eo-college.org/>

→ www.enmap.org

Fernerkundung in Schulen (**FIS der Uni Bonn**) ist ein Projekt, das vom DLR gefördert wird. Das FIS-Team hat inzwischen schon einige Schulungen auch an Behörden durchgeführt. Schulungen zu Copernicus-Daten und -Diensten sowie zum Datenzugang werden regelmäßig bei Veranstaltungen mit angeboten.

→ <https://fis.rub.de/>

4

Maßnahmen des BMEL



Ziel des BMEL ist es, darauf hinzuwirken, dass Methoden der Fernerkundung verstärkt eingesetzt werden, damit die landwirtschaftliche Produktion, die Waldbewirtschaftung sowie die Fischerei effizienter gestaltet werden können. Die Gesellschaft erwartet von der Landwirtschaft, die Umwelt möglichst wenig zu belasten. Eine weitestgehend freie Verfügbarkeit von Geodaten aus der Fernerkundung kann Betrieben helfen, ihre Standortbedingungen besser einzuschätzen. Dadurch entsteht in den Betrieben die Möglichkeit, Betriebsmittel wie z. B. Treibstoffe, Düngemittel oder Pflanzenschutzmittel einzusparen. Die digitale Fernerkundung kann somit in Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft dazu beitragen, die Umwelt zu schützen. Darüber hinaus kann ein Betrieb durch Einsparungen auch wirtschaftliche Vorteile generieren.

Das BMEL veröffentlicht bereits jetzt kostenfrei auf der Internetseite **GDI-BMEL** Geodaten aus der Land- und Forstwirtschaft. Zu finden sind derzeit beispielsweise die Anbaubereiche des ökologischen und konventionellen Landbaus, die Naturwaldreservate in Deutschland, einheimische Geflügelrassen (Gänse, Puten, Enten), reben genetische Ressourcen und verschiedene Baumarten und ihre Herkunftsgebiete.

→ <https://gdi.bmel.de>

Die Daten können über den **Geodatenviewer** der GDI-BMEL direkt betrachtet werden. Darüber hinaus gibt es aus dem Geschäftsbereich des BMEL den **Thünen-Atlas**, der umfangreiche Karten über Felder, Wälder und Meere enthält. Das FLF des JKI stellt mit seinen **Webdiensten** und einem **Webclient** den Zugang zu ausgewählten landwirtschaftlichen Datenprodukten bereit.

→ https://gdi-viewer.bmel.de/application/GDI_BMEL_Geodatenviewer

→ <https://atlas.thuenen.de/>

Die Geodateninfrastruktur (GDI) des BMEL informiert im Bereich „Fernerkundung“ über Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung in der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei. Sie bietet Hilfestellungen bei der Suche nach verfügbaren Daten und Diensten und verknüpft bestehende Informationsplattformen anderer Institute und Einrichtungen. Auch die verstärkte behördeninterne Nutzung von Geodaten wird angestrebt. Ein Beispiel ist die Ausweitung der bereits erfolgenden Verwendung der Fernerkundung zur effizienteren Flächenkontrolle.

→ <https://flf.julius-kuehn.de/webdienste/webdienste-des-flf.html>

→ <https://flf.julius-kuehn.de/webdienste/web-client.html>

Parallel zur Datenbereitstellung fördert das BMEL auch innovative Projekte zum Einsatz verschiedener Fernerkundungskonzepte in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft. Ziel ist es, Produktion und Betriebsabläufe zu verbessern und einen Nutzen für die Gesellschaft z. B. durch Umweltentlastung zu generieren.

Im Hinblick auf die bereits jetzt kostenlos zur Verfügung stehenden Daten durch das europäische Satellitensystem Copernicus setzt sich das BMEL für eine optimale Verwertung dieser Daten in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft ein. Auf den Nationalen Foren für Fernerkundung und Copernicus spiegelt sich das Interesse am Thema wider. In den immer gut besuchten Vorträgen und Workshops wird über die neuesten Entwicklungen und über aktuelle Projekte zur Fernerkundung in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft informiert.

Um die veröffentlichten Fernerkundungsdaten auch nutzen zu können, fehlt es potenziellen Anwenderinnen und Anwendern aus Landwirtschaft und Behörden oft noch an Fachkenntnis. Das BMEL wird daher Schulungen zur Nutzung von Fernerkundungsdaten anregen.

Mit einer Kombination aus der Förderung von innovativen Projekten zur Fernerkundung, der Bereitstellung von aufbereiteten Fernerkundungsdaten, der Schulung von Multiplikatoren und der Koordination nationaler und internationaler Aktivitäten zur Fernerkundung möchte das BMEL zusammen mit seinem Geschäftsbereich die Nutzung von Fernerkundungsmethoden in Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei voranbringen.

Tabelle 1. Übersicht über Ziele und Maßnahmen des BMEL zum Einsatz von Fernerkundung

Ziel	Maßnahmen	Stand
1. Bereitstellung von Fernerkundungsdaten	<ul style="list-style-type: none"> → Fortlaufende Aktualisierung Info-Plattform auf GDI-BMEL → Forschungszentrum des JKI (FLF) → Thünen Earth Observation (ThEO) 	laufend
2. Förderung von Projekten bzw. allgemein nutzbaren Dienstleistungen zur verbesserten/effizienteren/vermehrten Nutzung von Fernerkundungsdaten	Forschungsförderung, Stärkung der Forschung im Geschäftsbereich, Begleitforschung	z. T. laufend, z. T. in Planung
4. Zusammenstellung von Schulungs- und Informationsangeboten	<ul style="list-style-type: none"> → Beratung, Information und Bildung → Schulungen für Multiplikatoren zur Einbindung und Interpretation von Fernerkundungsdaten 	z. T. laufend, z. T. in Planung
5. Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> → BReg Copernicus, Broschüren, Vorträge → Nationales Copernicus-Fachnetzwerk (Ansprechpartner für den Bereich Landwirtschaft (FLF des JKI)) 	laufend
6. Förderung der Zusammenarbeit	<p>U. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Beteiligung Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus → Fortführung des Austausches in der AG Fernerkundung (Ebene Geschäftsbereich) → Experimentierfelder zur Digitalisierung der Landwirtschaft → Mitarbeit im IMAGI sowie der Zentralen Arbeitsgruppe (ZAG IMAGI) → Kooperationsvereinbarung zwischen BMEL und BMI 	laufend
7. Internationale Aktivitäten	→ u. a. Group on Earth Observations, insb. GEOGLAM	laufend
9. Rechtliche Vorgaben rund um die Fernerkundung	<p>Beteiligungen an nationalen und internationalen Abstimmungen zur Gesetzgebung im Bereich Fernerkundung, damit Belange von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei berücksichtigt werden, z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> → INSPIRE-Richtlinie (indirekt) → EU-Verordnungen zu Copernicus 	laufend

Quelle: BMEL

4.1 Bereitstellung von Fernerkundungsdaten

Durch die kostenlose Bereitstellung von Fernerkundungsdaten wird ein wirtschaftlicher Nutzen für die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft erwartet. Komplette frei zugängliche Informationen beispielsweise zum Wetter, aber auch zum Zustand der Pflanzen auf dem Feld, können Landwirtinnen und Landwirten eine wichtige Entscheidungshilfe sein. Voraussetzung ist, dass diese Daten aktuell, zuverlässig und in einer gut nutzbaren Form vorliegen. Die kostenlose Bereitstellung der Copernicus-Daten durch die ESA und das DLR ermöglicht es Dienstleistenden sowie Nutzerinnen und Nutzern, von den Investitionen Europas in die Satellitensysteme zu profitieren. Für die meisten Nutzerinnen und Nutzer in Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei müssen die Daten vor der Verwendung aufbereitet werden (sogenannte prozessierte Daten).

Des Weiteren müssen Kenntnisse für den sinnvollen Einsatz von Fernerkundungsdaten im eigenen Betrieb vorhanden sein. Das BMEL hat hierzu auf der Website der GDI-BMEL eine Vielzahl an Informationen veröffentlicht und stellt dort aktuelle Projekte der Fernerkundung vor. So fördert das BMEL beispielsweise derzeit das Experimentierfeld AgriSens – DEMMIN (s. Kapitel 2.1.3) zur Entwicklung, Etablierung und Evaluierung praxisrelevanter Anwendungsfälle für den Einsatz von satelliten- und UAV-gestützten Systemen im praktischen Pflanzenbau.

Infoplattform auf der GDI-BMEL

Die Geodateninfrastruktur des BMEL (GDI-BMEL) ist eine Informationsplattform, die derzeit neben Nachrichten und Veranstaltungsterminen zu den Themen Geoinformationen und Fernerkundung auch Informationen über verschiedene Institute und Behörden des BMEL-Geschäftsbereichs mit ihren jeweiligen Fernerkundungs- und GIS-Schwerpunkten sowie ihren diesbezüglich durchgeführten Projekten liefert. Ein wichtiger Zweck der Plattform besteht vor allem darin, einen Beitrag zur Umsetzung der europäischen INSPIRE-Richtlinie und zur GDI-DE zu liefern. Über einen Metadatenkatalog sind Informationen zu den in Behörden, Forschungsinstituten und sonstigen Einrichtungen des Geschäftsbereichs vorhandenen Geodaten recherchierbar. Durch die Anbindung an den Geodatenkatalog-DE können die Metadaten, sofern sie INSPIRE-relevant sind, auch über die INSPIRE-Infrastruktur gefunden werden. Zur Anzeige von Darstellungsdiensten wird ein Geodatenviewer verwendet. Diese Plattform wird vom Fachzentrum für Geoinformation und Fernerkundung der BLE betreut und aktualisiert. Das Fachzentrum dient hierbei als erster Ansprechpartner für Fragen rund um die Fernerkundung.

Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung des JKI

Das Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung (FLF) ist eine institutsübergreifende Einheit des JKI, die sich seit 2017 mit den Nutzungsmöglichkeiten und Anwendungsfeldern von Fernerkundungsdaten aktueller und künftiger Erdbeobachtungsmissionen sowie UAV-gestützter Sensorik für landwirtschaftliche Fragestellungen beschäftigt. Im Fokus stehen Anwendungen für eine nachhaltige, ressourcenschonende und zukunftsfähige Landnutzung im Kontext politischer Leitlinien (z. B. Ackerbaustrategie, Biodiversitätsstrategie).



→ Auf der GDI-BMEL <https://gdi.bmel.de/> werden Informationen zum Thema „Fernerkundung in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft“ gebündelt.

→ Schulungsmöglichkeiten für Multiplikatoren werden aufgezeigt.

→ Zu weiterführenden anderen Informations- oder Datenbeschaffungsplattformen wird verlinkt.

Ein zentrales Element des FLF stellt der Aufbau und die Weiterentwicklung einer leistungsfähigen Geodateninfrastruktur dar, die die Basis für die operationelle Bereitstellung von historischen und aktuellen analysefertigen Geodatenzeitreihen bildet. Das FLF erforscht und erprobt hierfür innovative Konzepte, um den gewachsenen Anforderungen im Kontext von Big Data, Künstlicher Intelligenz und standardisierten Datenzugängen begegnen zu können.

Ein weiterer, zentraler Arbeitsschwerpunkt liegt auf der Erstellung von Geoinformationsprodukten für die spezifischen Forschungsfragestellungen des Instituts für Pflanzenbau und Bodenkunde, aber auch anderer Fachinstitute des JKI sowie des BMEL. Zu den Themenschwerpunkten zählen die Entwicklung ressourcenschonender, nachhaltiger Pflanzenbausysteme, die Förderung von Kulturartenvielfalt und Biodiversität in landwirtschaftlichen Produktionssystemen sowie die Unterstützung von Klimaanpassungsstrategien und Klimaschutz. In diesem Kontext beschäftigt sich das FLF u. a. mit

- der Entwicklung satellitenbasierter Informationsprodukte zur Landnutzung und Nutzungsintensität in Ackerbau und Grünland (Fruchtarten/Fruchtfolgen, Mahdhäufigkeiten im Grünland),
- der Entwicklung fernerkundungsbasierter Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität, Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland sowie
- Untersuchungen zur Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes bei der Stickstoffdüngung oder
- der Bereitstellung von Indikatoren im Extremwetterkontext (Trockenheit/Dürre, Bodenerosion).

Themenübergreifend werden hierfür Verfahren und Methoden aus den Bereichen Fernerkundung, Sensorik und Geoinformationssysteme eingesetzt, weiterentwickelt und auf Praxistauglichkeit im realen Umfeld (Living Labs, Leitbetriebe) getestet. Im Mittelpunkt zukünftiger Arbeiten steht in dem Zusammenhang der Einsatz von Verfahren der Künstlichen Intelligenz, die verstärkte Wertschöpfung von Radarsystemen, die Fusion verschiedener Sensorsysteme (Optik, Radar) sowie die Verknüpfung von Fernerkundung und Modellierung (z. B. Extremwetter, Ertrag).



Thünen Earth Observation – ThEO

Die Arbeitsgruppe Thünen-Fernerkundung (Thünen Earth Observation, kurz: ThEO) verfolgt das Ziel, die Daten von aktuellen und geplanten Satellitenmissionen systematisch für Monitoring-Aufgaben und andere Forschungstätigkeiten am Thünen-Institut in Wert zu setzen.

Hierzu wurde unter Einbeziehung der technischen Ressourcen am Thünen-Institut sowie der durch die Plattform CODE-DE verfügbaren Cloud-basierten Dienste eine verteilte Dateninfrastruktur geschaffen, die einen Zugriff auf sämtliche für Deutschland vorliegende Satellitendaten der Copernicus-Satelliten Sentinel-1 und Sentinel-2 sowie der Landsat-Daten des USGS ermöglicht.

Die Thünen-Fernerkundung schafft hiermit die Basis für eine flächendeckende, bundesweite Erfassung und Evaluierung von Prozessen der Landnutzung und deren Veränderung im ländlichen Raum und in den Wäldern Deutschlands. Die Daten sollen langfristig zu einer Verbesserung der Datengrundlage im Rahmen von Monitoring- und Berichtspflichten am Thünen-Institut beitragen. Im Rahmen von Forschungsk Kooperationen können die Daten auch Partnern aus der Wissenschaft verfügbar gemacht werden.

Zusätzlich zu der Bereitstellung von reinen Satellitendaten bietet die Thünen-Fernerkundung eine Auswahl von aus Satellitendaten abgeleiteten Produkten für die freie Nutzung zum direkten Download an. Derzeit sind dies zum einen Karten der Hauptnutzungsklassen in der Agrarlandschaft und Karten der Mahdtermine auf Grünlandflächen in Deutschland für ausgewählte Jahre (bisher: 2017 bis 2019). Eine jährliche Fortführung der Produkte ist in Planung.

4.2 Förderung von Projekten bzw. allgemein nutzbaren Dienstleistungen

Fernerkundung bietet Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei die Möglichkeit, durch präzisere Informationen effizienter zu wirtschaften. Innovative Systeme können Betriebsmitteleinsparungen und damit positive Auswirkungen auf die Umwelt bewirken.

Förderung von Projekten rund um den Einsatz von Fernerkundungsmethoden in Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft

Derzeit werden beim BMEL im Bereich der Landwirtschaft über den Projektträger BLE zahlreiche Projekte gefördert, in denen die Methoden der Fernerkundung essenzieller Bestandteil sind. Eine wichtige Fragestellung ist es, Möglichkeiten zu entwickeln, wie ein Monitoring von Boden und Pflanze Bewirtschaftungsmaßnahmen optimieren kann. Sowohl der Einsatz von Satelliten als auch Drohnen zur Datengewinnung wird je nach benötigter Auflösung der Daten untersucht. So wird beispielsweise mit dem Projekt „Standards4DroPhe“ eine Softwarelösung für die digitale qualitative Beurteilung landwirtschaftlicher Zuchtpflanzen mithilfe von Drohnen entwickelt.

Im Bereich Forstwirtschaft werden vom BMEL mehrere Projekte zum Einsatz der Fernerkundung gefördert. So soll mithilfe von Fernerkundung die Kartierung von Waldschichten ermöglicht werden. In einem weiteren Projekt (ErWiN, s. Kapitel 2.2.1) sollen sowohl klimatische als auch in der Natur eines Waldes liegende Voraussetzungen für die Entstehung von Waldbränden erfasst werden, um in Zukunft drohende Waldbrände vorhersagen zu können. Diese Daten werden u. a. durch die Auswertung von Copernicus-Satellitendaten generiert. Aus den gewonnenen Informationen soll für die Feuerwehren und den Katastrophenschutz eine digitale Anwendung entwickelt werden, mit deren Hilfe sie erkennen können, wo Wasser zur Löschung bereitsteht, wie hoch die einzelnen Bäume an welcher Stelle stehen und wie die möglicherweise vom Waldbrand betroffenen Gebiete mit Löschfahrzeugen erreichbar sind.

In der Fischerei werden im operationellen Betrieb von den Ozeanographen und Ozeanographinnen Satellitenprodukte in die aktuellen Analysen und Publikationen miteinbezogen.

In Kapitel 2 sind einzelne Projekte im Geschäftsbereich des BMEL ausführlich dargestellt.

Weitere Planungen

Im Bereich der Fernerkundung wurde bereits viel geforscht. Um herauszuarbeiten, in welchen speziellen Themen der landwirtschaftlichen Fernerkundung noch Entwicklungs- oder Forschungsbedarf besteht, sollten Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam das bisher Erreichte analysieren und die nächsten Schritte festlegen. BMEL plant hier den Austausch mit allen beteiligten Akteuren.

Eine Förderung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren auch für Behörden und zugehörige Einrichtungen ist empfehlenswert. Es gibt schon eine ganze Reihe von kommerziellen Diensten, die landwirtschaftliche Betriebe nutzen können oder auch schon nutzen. Durch das FLF (JKI) werden sogar kostenfrei Fernerkundungsprodukte für die Landwirtschaft zur Verfügung gestellt.

4.3 Zusammenstellung von Schulungs- und Informationsangeboten

Das BMEL hat das Ziel, Fernerkundung möglichst effizient zu nutzen und für Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei einfach verfügbar zu gestalten.

Neben einer Bereitstellung von Daten und Anwendungen ist es daher wichtig, dass alle potenziellen Nutzerinnen und Nutzer auch mit den Informationen umgehen können. Ein Pflichtinhalt in der Qualifizierung von Behördenvertreterinnen und Behördenvertretern, Berufs- und Fachschullehrerinnen und -lehrern sowie Landwirtinnen und Landwirten sollte daher das Thema digitale Fernerkundung sein.

Für andere Nutzerinnen und Nutzer von Daten aus der Fernerkundung ist es wichtig, ein jeweils auf die Bedürfnisse zugeschnittenes Weiterbildungsangebot anzubieten.

Über die Servicestelle Fernerkundung werden Bundesbehörden Schulungen zur Nutzung von Fernerkundung angeboten, beispielsweise Workshops zur Einbindung von Sentinel-Daten in QGIS.

4.4 Kommunikation

Auf Grundlage der Erfahrungen mit den Multiplikatorenschulungen soll auch geprüft werden, inwieweit z. B. neue Materialien für Schulungen in Form von Broschüren oder per Software (e-Learning) erforderlich sind.

Im Juli 2021 wurde das **Datenportal für die Landwirtschaft** als eine zentrale Datenplattform vom BMEL eingerichtet. Das Datenportal ist ein zentraler Zugangspunkt zu allen offenen Daten des Geschäftsbereichs und ausgewählten Daten anderer Ressorts. Daten aus den Themenbereichen Pflanzenbau, Tierhaltung, Fischerei und Forstwirtschaft sowie Umwelt-, Geo- und statistische Daten werden nutzerfreundlich bereitgestellt. Das Datenportal für die Landwirtschaft richtet sich in erster Linie an Landwirtinnen und Landwirte, die Forschung sowie Entwicklerinnen und Entwickler in Unternehmen. Auf diese Weise sollen innovative Ideen für den gesamten Agrarbereich gefördert werden. Die Auswahl an Daten und genauso auch deren Qualität und Maschinenlesbarkeit wird dabei stetig erweitert und verbessert. Auch die Funktionalitäten der Plattform werden schrittweise ausgebaut.

→ [https://
www.landwirtschaftsdaten.de](https://www.landwirtschaftsdaten.de)

4.5 Förderung der Zusammenarbeit

Beteiligung „Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus“

Das BMEL beteiligte sich wiederholt am regelmäßig vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) veranstalteten „Nationalen Forum für Fernerkundung und Copernicus“. Das Nationale Forum ermöglicht zum einen den verschiedenen Nutzerinnen und Nutzern sowie Anbieterinnen und Anbietern von Fernerkundung, miteinander in den Dialog zu treten. Zum anderen lotet es Potenziale und Grenzen der Erdbeobachtung aus. Dies gilt auch im Hinblick auf die nationalen Nutzeranforderungen.

Des Weiteren unterstützt das BMEL das nationale Copernicus-Programm der Bundesregierung und trägt mit Projekten rund um die Bereiche Land-, Forst- sowie Fischereiwirtschaft zu einer effizienten Nutzung der Daten von Copernicus in Deutschland bei.

Arbeitsgruppe Fernerkundung (Ebene Geschäftsbereich)

In der Arbeitsgruppe Fernerkundung treffen sich die Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner aus dem Geschäftsbereich im Fachgebiet der Fernerkundung. In den jährlichen Sitzungen werden aktuelle Projekte vorgestellt und über die Weiterentwicklung der Fernerkundung im Geschäftsbereich beraten. Das Fachzentrum für Geoinformation und Fernerkundung der BLE unterstützt das BMEL bei fachlichen und organisatorischen Aufgaben im Rahmen der Arbeitsgruppe.

Experimentierfelder zur Digitalisierung in der Landwirtschaft

In den vergangenen Jahrzehnten wurde die Präzision in der Landwirtschaft durch technische Entwicklungen bereits gesteigert. Teilweise liefen diese Entwicklungen wenig koordiniert nebeneinander her. Ein wesentlicher Aspekt für die Zukunft ist ein koordiniertes Vorgehen zwischen verschiedenen Akteuren und Techniken. Letztendlich sollen dadurch die vielfältigen Interaktionen zwischen Landwirtschaft, Umwelt und der Gesellschaft nachhaltiger gestaltet werden. Um die zahlreichen Entwicklungen auf dem Gebiet der Fernerkundung und Digitalisierung der Landwirtschaft, der Ernährung und der ländlichen Räume zusammenzuführen, wurden 14 Experimentierfelder in unterschiedlichen Regionen Deutschlands vom BMEL eingerichtet. In diesem Rahmen wurde u. a. das Experimentierfeld AgriSens – DEMMIN 4.0 (siehe Kapitel 2.1.3) mit dem Schwerpunkt Fernerkundung bewilligt, um Systeme für die Landwirtschaft in der Praxis zu erproben und weiterzuentwickeln.

Mitarbeit im IMAGI

Das BMEL arbeitet permanent im Interministeriellen Ausschuss für Geoinformationswesen mit daran, Regelungen zu Geodaten und damit auch zu Fernerkundungsdaten im Sinne von Gesellschaft und Landwirtschaft vorzubereiten.

Kooperationsvereinbarung zwischen BMEL und BMI

Im Juli 2022 wurde eine Kooperationsvereinbarung zwischen dem Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) und dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Zusammenarbeit des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) mit dem Geschäftsbereich des BMEL geschlossen. Damit wird die Kooperation zwischen dem BKG und dem BMEL-Geschäftsbereich insbesondere im Bereich der Fernerkundung im Rahmen ihrer rechtlichen Zuständigkeiten geregelt. Zweck dieser Vereinbarung ist es, vorhandene Expertisen, insbesondere aus dem Fachzentrum und der Ressortforschung, zusammenzuführen und durch konkrete Kooperationen die Aktivitäten in der Fernerkundung und der dazugehörigen Anwendungen auf beiden Seiten auszubauen.



4.6 Internationale Aktivitäten

GEOGLAM

Die GEO Global Agricultural Monitoring Initiative (GEOGLAM) wurde 2011 durch die G20-Agrarminister ins Leben gerufen. Sie ist ein Bestandteil der Group on Earth Observations (GEO), einer zwischenstaatlichen internationalen Organisation zur globalen Koordinierung in der Erdbeobachtung, deren Sekretariat bei der World Meteorological Organization (WMO) in Genf angesiedelt ist. GEOGLAM ist innerhalb von GEO für die Fernerkundung im Bereich der Landwirtschaft zuständig.

Die Initiative bündelt globale Erdbeobachtungsdaten insbesondere zur satellitengestützten Vegetationsbeobachtung zur Ertragsprognose. Sie erarbeitet Richtlinien zur Anwendung dieser Daten für nationale und regionale Bedarfe und koordiniert Capacity-Building-Aktivitäten. Ein Produkt von GEOGLAM ist der Crop-Monitor, der aus den weltweit verfügbaren Daten Informationen zum Status der Hauptanbaufrüchte in den Hauptproduktionsgebieten der Erde zusammenführt und aufbereitet. Die Informationen werden an das bei der Food and Agriculture Organization (FAO) angesiedelte Agrarmarktinformationssystem AMIS weitergegeben. Ziel ist es, die Markttransparenz zu erhöhen und Spekulationen auf Nahrungsmittel zu verringern. Der Early-Warning-Crop-Monitor soll insbesondere in Ländern mit problematischer Ernährungssicherheit frühzeitig auf mögliche Krisen in der Pflanzenproduktion aufmerksam machen.

Das BMEL unterstützt derzeit den Aufbau von GEOGLAM durch finanzielle Mittel für die GEOGLAM-Programmkoordination.

4.7 Rechtliche Vorgaben rund um die Fernerkundung

Daten aus dem EU-Programm Copernicus zur Fernerkundung sind kostenlos, frei verfügbar und können von jedem genutzt werden (open data). Die Erhebung und Bereitstellung von Fernerkundungsdaten und deren Aufarbeitung, Nutzung und Veröffentlichung (z. B. auch bei personenbezogenen Daten) sind in unterschiedlichen rechtlichen Vorgaben (z. B. Datenschutz) geregelt. Es besteht hierbei die Herausforderung, den Anforderungen an den Datenschutz von personenbezogenen Daten gerecht zu werden. Diese sind in Einklang mit dem Bestreben des BMEL zu bringen, möglichst viele Daten frei zur Verfügung zu stellen.

Das BMEL beteiligt sich an den nationalen und internationalen Abstimmungen zur Gesetzgebung im Bereich Fernerkundung, damit die Belange von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei berücksichtigt werden.

Relevante rechtliche Regelungen sind auf EU-Ebene die Verordnungen rund um das Thema Copernicus sowie die INSPIRE-Verordnung.

5

Zusammenfassung und Ausblick



Fernerkundung ist ein erheblicher und bedeutender Wachstumsbereich, auch wenn er als solcher in der öffentlichen Wahrnehmung vergleichsweise wenig beachtet wird. Aber viele Dinge des Alltags wie die Wettervorhersage hängen elementar von Satellitendaten ab. Allein das Copernicus-Programm der EU hatte ein Budget von rund 4,3 Milliarden Euro bis zum Jahr 2020. Es wird zum Teil aus dem EU-Haushalt und zum Teil von der ESA finanziert. Eine möglichst breite Nutzung der vom Copernicus-Programm kostenlos zur Verfügung gestellten Daten ist daher ein wichtiger Ansatzpunkt für eine effiziente Nutzung und bedarfsgerechte Weiterentwicklung.

Die Fernerkundungstechnologie von Satelliten über Flugzeuge bis hin zu Drohnen hat eine hohe und rasant wachsende Bedeutung für verschiedene Bereiche. Grundsätzlich sind Daten zum Beispiel über das Wetter und die Wettervorhersage oder zum Zustand der Vegetation auf den Feldern auch für die Landwirtschaft von erheblicher Bedeutung. Sie beeinflussen die Planung und das Management für Arbeiten in dieser umweltrelevanten Branche in hohem Maße. Zunehmend setzen Landwirtinnen und Landwirte auch Drohnen selber ein, um entsprechende Daten über den Pflanzenbestand zu gewinnen oder Betriebsmittel, wie z. B. Pflanzenschutzmittel im Steillagenweinbau, auszubringen.

Für die Landwirtschaft, Forst- und Fischereiwirtschaft bietet die Fernerkundung großes Potenzial. Die damit verbundenen Möglichkeiten zur Erkennung von Wachstum, Nährstoffbedarf oder Schädlingen sind bei Weitem noch nicht ausgeschöpft und Gegenstand zahlreicher Forschungsprojekte.

Das Potenzial der Fernerkundung weiter zu heben, ist eine wichtige Aufgabe und zugleich von großem Interesse für die öffentliche Hand. Fernerkundungsdaten liefern Daten für Statistiken, sie vereinfachen Kontrollen, tragen zur Warnung vor Extremwetterereignissen oder zur Abschätzung von Nahrungsmittelknappheit weltweit bei.

Um all diese Daten optimal zugänglich zu machen und auch selbst zu nutzen, laufen unterschiedliche Maßnahmen und Maßnahmenkonzepte bereits oder sind in Planung. Neben der Förderung der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren rund um Fernerkundung in Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei setzt sich das BMEL für eine Verbesserung von Schulungs- und Informationsangeboten zum Thema ein und wird gemeinsam mit den Ländern die Umsetzung in der landwirtschaftlichen Ausbildung sowie den weiterführenden Schulungsbedarf prüfen.

6

Beschreibung der Methode



Unter dem Begriff Fernerkundung werden gemäß DIN 187161 alle Verfahren zusammengefasst, die Informationen über die Erdoberfläche aus der Messung elektromagnetischer Energie gewinnen, ohne dabei mit dem Objekt in Berührung zu kommen. Neben den bildgebenden Verfahren wie Luft- und Satellitenbilder werden auch Punktmessungen von Online-Sensoren (z. B. Spektrometer, N-Sensoren, EM-38-Messsysteme) als Fernerkundungstechniken verstanden. Diese berührungslosen Messverfahren erlauben eine nahezu unbegrenzte Wiederholung der Datenerhebung, ohne das Objekt zu beeinflussen.

Die Fernerkundung unterteilt sich in aktive und passive Messverfahren. Die aktive Fernerkundung sendet Energie aus und misst das reflektierte Signal (z. B. Radar, Laserscanning). Die passiven Verfahren dagegen messen die reflektierte Sonnenenergie. Die passiven Methoden lassen sich weiter untergliedern in die optische (Wellenlängenbereich von 350 bis 2500 nm) und die thermale/emissive (Wellenlängenbereich von 3000 bis 12500 nm, Wärmestrahlung) Fernerkundung.

Die Eindringtiefe der elektromagnetischen Wellen entspricht ungefähr der halben Wellenlänge. Optische Systeme liefern somit Informationen über den obersten Millimeter der Oberfläche. Eine Ausnahme stellt die Reflexion von Vegetation im nahen Infrarot (circa 800–1100 nm) dar. Blätter sind bei dieser Methode zu etwa 50 Prozent transparent, sodass die Reflexion im nahen Infrarot auch Aussagen über den Pflanzenbestand und tiefere Blattebenen ermöglicht.

Die Eindringtiefe von Radarsystemen ist im Vergleich zu optischen Systemen höher. Das sogenannte C-Band (Wellenlänge ~ 5 cm) kann in Bestände eindringen und aufgrund der Streuung des Lichts (Volumenstreuung) Aussagen zur Bestandsmorphologie ermöglichen. Mit L-Band (Wellenlänge ~ 15–30 cm) können auch Informationen über die oberste Bodenschicht gewonnen werden (z. B. Bodenfeuchte).

In der Satelliten-Fernerkundung mit Radar werden insbesondere L-, C- und X-Band-Systeme eingesetzt.

Bezeichnung FE	Bezeichnung EU	Frequenz [GHz]	Wellenlänge [cm]	Anwendungsbereich
L	D	1–2	15–30	Bodenfeuchte
C	G	4–8	3,75–7,5	Vegetationskartierung
X	H	8,0–12,5	2,4–3,75	Bestandsstruktur

Das Radarsignal ist ein komplexes Summensignal, das von sensorspezifischen Eigenschaften, wie zum Beispiel Frequenz, Polarisation und Einfallswinkel, abhängig ist. Hinzu kommt die Interaktion mit der Vegetation und dem Boden. Eine eindeutige Zuordnung eines Radarsystems bzw. einer Frequenz zu einem landwirtschaftlichen Parameter ist komplex und nicht direkt möglich. Generell gilt: Je kleiner die Frequenz, desto höher die Eindringtiefe in den Bestand bzw. den Boden. Gleichzeitig gilt: Je höher der Wassergehalt, desto stärker das Rückstreusignal. Eine Ausnahme stellen Wasserflächen dar, da diese spiegelnd reflektieren und somit ein sehr geringes Rückstreusignal liefern.

In der optischen Fernerkundung wurden in der Vergangenheit gerne Wellenlängen Vegetationsparametern und Eigenschaften zugeordnet. Da jedoch heute die Zahl der Wellenlängen bei Hyperspektralsystemen schnell einige hundert erreichen kann und zudem auch eher die komplette Spektralsignatur ausgewertet wird, ist die Betrachtung von Wellenlängenbereichen zielführender. Im Gegensatz zu Radarsystemen werden optische Systeme eher nach der Wellenlänge charakterisiert, die Angabe der Frequenz ist eher unüblich.

Bezeichnung	Kurzform	Wellenlänge [nm]	Anwendungsbereich in der Landwirtschaft
Sichtbares Licht (visible light)	VIS	400–700	Chlorophyll-Absorption
Nahes Infrarot (near infrared)	NIR	700–1400	Biomasse, Vitalität
Mittleres Infrarot (shortwave infrared)	SWIR	1400–3000	Bestandeswasser, Vitalität
Thermales Infrarot (longwave infrared)	LWIR	8000–15000	Wärmestrahlung, Transpiration, Trockenstress

Eine quantitative Interpretation von Fernerkundungsdaten ohne In situ-Referenzdaten ist nicht möglich, da Fernerkundungsinformationen nur einen Zustand beschreiben, die kausalen Zusammenhänge aber nur mit Hintergrundwissen erklärt werden können.

Die Eigenschaften eines Fernerkundungssystems werden durch drei Auflösungen charakterisiert:

- Die geometrische Auflösung gibt an, welche Fläche maximal am Boden dargestellt werden kann. Ein System mit einer Pixelauflösung von 10 Metern (10 m x 10 m) kann also eine Fläche von 100 Quadratmetern abbilden. Objekte, die kleiner sind als die Pixelauflösung, können im Bild nicht direkt erkannt werden, außer, wenn sie sich sehr stark im Kontrast unterscheiden. So ist es beispielsweise möglich, Straßen in der Wüste deutlich in Satellitenbildern zu erkennen, obwohl die Objektgröße kleiner als die Pixelauflösung ist.
- Die spektrale Auflösung gibt an, wie gut die Reflexion oder Rückstreuung eines Sensors abgebildet werden kann. Bei optischen Systemen entspricht z. B. ein Farbfoto den drei Farbkanälen Rot, Grün und Blau. Multispektralsysteme können zusätzlich noch die nicht sichtbaren Bereiche des nahen und mittleren Infrarots abdecken. Hyperspektralsysteme können die Reflexion in hunderten kleinen Kanälen sehr fein auflösen, sodass die Signatur sich einer Labormessung annähern kann. Bei Radarsystemen bestimmt einerseits die Frequenz die Eindringtiefe, andererseits können die elektromagnetischen Wellen noch in zwei verschiedenen Polarisationen gesendet und empfangen werden.

- Die temporale Auflösung gibt an, wie viele Tage vergehen, bis der Satellit wieder an der gleichen Position in seiner Umlaufbahn ist und die betreffende Region auf der Erde erneut aufzeichnen kann. Dabei spielt die Breite des Aufnahmestreifens eine Rolle. Je größer er ist, desto besser ist die temporale Auflösung. Die temporale Auflösung kann auch verbessert werden, indem man weitere identische Satelliten auf verschiedene Umlaufbahnen platziert, sodass die Regionen häufiger von mehreren baugleichen Satelliten erfasst werden können.

Die Eigenschaften eines Satellitensystems ergeben sich aus der Kombination der drei unterschiedlichen Auflösungen. Die Begrenzung liegt in der Datenmenge, die in einer Bodenstation aufgenommen werden kann. Eine verbesserte Auflösung führt zu einer Erhöhung der Datenmenge. Daher kann die Auflösung nur in begrenztem Rahmen verbessert werden. Bei der Konzeption von Fernerkundungssensoren muss immer ein Kompromiss gefunden werden, der je nach Fragestellung die optimale Auflösung findet. In dieser Broschüre wird unter Fernerkundung die inhaltliche Auswertung von bildgebenden Sensordaten verstanden, ohne auf die verwendeten Methoden und Algorithmen genauer einzugehen.



7

Anhang



7.1 Verzeichnis der Geodatenportale des Bundes und der Länder mit frei zugänglichen Daten und Themenkarten

Geoportal	Themenkarten u. a.	Link
Geoportal Deutschland	Ackerbauliches Ertragspotenzial, Feldkapazität bis ein Meter Profiltiefe (FK10dm), Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums (nFKWe), Pflanzenverfügbares Wasser im Sommerhalbjahr, Tiefe des effektiven Wurzelraums, Erosionsgefahr Ackerböden durch Wasser	https://www.geoportal.de
Geoportal des BMEL	Anbauggebiete des ökologischen und konventionellen Anbaus, Naturwaldreservate in Deutschland, Einheimische Geflügelrassen (Gänse, Puten, Enten), Rebgenetische Ressourcen und verschiedene Baumarten und ihre Herkunftsgebiete	https://gdi-viewer.bmel.de/application/GDI_BMEL_Geodatenviewer
Baden-Württemberg	Streuobsterhebung, Verbreitung der Hauptbaumarten unter Klimawandel, Auerhuhnrelevante Flächen	https://www.geoportal-bw.de/startseite
Bayern	Naturwälder	https://geoportal.bayern.de/bayernatlas
Berlin	Forstflächen	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp
Brandenburg	Digitales Feldblockkataster, Pufferzonen entlang von Wasserläufen, Eintragsgefährdung von Oberflächengewässer	https://maps.brandenburg.de/WebOffice/?project=DFBK_www_CORE
Bremen	Jagdbezirke, Befriedete Flächen ohne Erlaubnis zur Jagdausübung, Befriedete Flächen mit Erlaubnis zur beschränkten Jagd	https://geoportal.bremen.de/geoportal
Hamburg	Biotopkataster, Forstkarten	https://geoportal-hamburg.de/geo-online

Hessen	Eutrophierte Gebiete nach Düngeverordnung, Mit Nitrat belastete Gebiete nach Düngeverordnung	https://www.geoportal.hessen.de
Mecklenburg-Vorpommern	Feldblockkataster, Landschaftselemente, Nichtbeihilfefähige Flächen, Ökologische Vorrangflächen	https://www.geoportal-mv.de/gaia/gaia.php
Niedersachsen	Schläge 2021, Teilschläge 2021, Feldblockkataster, Landschaftselemente, Düngeverordnung	https://sla.niedersachsen.de/agrarfoerderung/schlaginfo/
Nordrhein-Westfalen	Einrichtungen Wald und Holz, Forstamtsgrenzen, Forstbetriebsgrenzen, Landeseigener Forstbetrieb Staatswald, Waldbedeckung, Forstliche Wuchsbezirke	https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/
Rheinland-Pfalz	Waldflächen	https://www.geoportal.rlp.de
Saarland	Nitratkulisse, Fachanwendung Agrarstruktureller Entwicklungsplan	https://geoportal.saarland.de
Sachsen	Waldfunktionen	https://geoportal.sachsen.de/cps/index.html
Sachsen-Anhalt	Ämter für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten, InVeKoS Feldblockkataster, Rodentizide, Düngeverordnung, Ländliches Wegekonzept, Weinbergsrolle, Flurneuordnung	https://www.lverm-geo.sachsen-anhalt.de/de/startseite_viewer.html
Schleswig-Holstein	Nitratbelastete Gebiete nach LDüV, Erosionsgefährdung Feldblöcke, Landschaftselemente, nicht beihilfefähige Flächen	https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/feldblockfinder/index.html?lang=-de#/
Thüringen	Bewirtschaftungsauflagen an Gewässern, Nitratkulisse, Phosphatkulisse, Feldblöcke	https://thueringen-viewer.thueringen.de/thviewer/

7.2 Glossar für die Fernerkundung

AdV

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland.

ALKIS

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS wurde von der AdV entwickelt. Es soll die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) und das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) in einem einheitlichen System vereinen. Damit wird ein bundeseinheitlicher Standard geschaffen.

ATKIS

Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS). Es handelt sich um einen Basisdatenbestand, der digitale topographische Geodaten in einem bundesweit einheitlichen Format führt. Es wurde auf Empfehlung der AdV, der Landesvermessungsämter und des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) aufgebaut.

Amtliches Festpunktinformationssystem (AFIS)

Das Amtliche Festpunktinformationssystem ist ein im Rahmen der Neumodellierung der Geoinformationen des Amtlichen Vermessungswesens in Deutschland konzipiertes Informationssystem, das Informationen des geodätischen Raumbezugs enthält.

AAA®-Datenmodell

Das AAA-Datenmodell soll dazu dienen, die Grunddatenbestände von ATKIS, ALKIS und AFIS zu einem Grunddatenbestand der Geodaten des amtlichen Vermessungswesens zusammenzuführen.

Amtliches Bezugssystem

Das amtliche Bezugssystem bildet die Grundlage für alle raumbezogenen Informationssysteme und alle öffentlichen Vermessungen. Es wird durch landesweite Lage-, Höhen- und Schwerefestpunktfelder realisiert.

Basiskarte

Basiskarten dienen zur Orientierung und liegen bei thematischen Karten im Hintergrund. Meistens beschränken sie sich auf wenige inhaltliche Angaben wie Grenzen und Flüsse. Häufig handelt es sich dabei auch um Luft- oder Satellitenbilder.

BGeoRG

Gesetz über die geodätischen Referenzsysteme, -netze und geotopographischen Referenzdaten des Bundes (Bundesgeoreferenzdatengesetz) (Fundstelle BMJ: <http://www.gesetze-im-internet.de/bgeorg/>).

CAD(-System)

Computer Aided Design (CAD), rechnerunterstützte Konstruktion. CAD bezeichnet das elektronische Zeichnen mithilfe speziell dafür angelegter Software. Wird aufgrund der guten Darstellbarkeit der Erdoberfläche häufig in der Kartographie eingesetzt.

Cascading Map Server

Ein Cascading Map Server verbindet die Inhalte verschiedener WebMapService(WMS)-Dienste, indem er selber andere WMS-Dienste anfragt und zu einem einzigen Dienst bündelt.

Copernicus

Die EU hat gemeinsam mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) im Jahr 1998 eine Initiative gestartet mit dem Ziel, ein langfristig agierendes europäisches Erdbeobachtungszentrum zu entwickeln. Seit 2012 wird die Initiative unter dem Namen Copernicus weiterentwickelt. Von 2014 bis 2022 sind acht eigene Satelliten in Betrieb genommen worden und weitere Satellitenstarts sind geplant. Ein Großteil der Erdbeobachtungsdaten wird der Allgemeinheit kostenlos zur Verfügung gestellt.

CORINE Landcover

Das europaweite Projekt CORINE Land Cover (CLC) hat die Bereitstellung von einheitlichen und damit vergleichbaren Daten der Bodenbedeckung für Europa zum Ziel. Es ist Teil des Programms CORINE (Coordination of Information on the Environment) der Europäischen Union.

Creative Commons

Creative Commons ist eine gemeinnützige Gesellschaft, die im Internet verschiedene Standard-Lizenzverträge veröffentlicht, mittels derer Autorinnen und Autoren der Öffentlichkeit Nutzungsrechte an ihren Werken einräumen können.

D-GEO

D-GEO ist das nationale GEO-Sekretariat, dessen Hauptaufgaben die Koordination und administrative Unterstützung der deutschen GEO-Delegation für die GEO-Gremien und die europäischen Konsultationen in der EU GEO High Level Working Group (HLWG) sind. Außerdem zählen die Bündelung und Verteilung relevanter Informationen, die Kommunikation mit dem GEO-Sekretariat in Genf und die allgemeine Kontaktstelle für deutsche Interessenten und Beteiligte zu den Aufgaben.

DGM

Digitales Geländemodell (DGM, auch DEM: Digital Elevation Model). Digitale Darstellung einer Geländeoberfläche, die durch Rastergitter oder Dreiecksnetze erzeugt wird.

Digitale Topographische Karte (DTK)

Digitale Topographische Karten (DTK) stehen bundesweit in den Maßstäben 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:250.000, 1:1.000.000 und sowohl im Vektor- als auch im Rasterformat zur Verfügung.

Digitales Kartographisches Modell (DKM)

Das Digitale Kartographische Modell (DKM) ist ein Bestandteil von ATKIS und zeigt ein zweidimensionales Sekundär-Kartenmodell in digitaler Vektor- oder Rasterform.

Digitales Landschaftsmodell (DLM)

Beim Digitalen Landschaftsmodell (DLM) handelt es sich um ein numerisches Modell aus topographischen Vektordaten. Es besteht i. d. R. aus einem Situationsmodell und einem DGM. Es ist ein Bestandteil von ATKIS, es umfasst mehrere Landschaftsmodelle mit unterschiedlichen Maßstäben: 1:25.000 (Digitales Basis-Landschaftsmodell), 1:50.000, 1:250.000 und 1:1000.000.

Ellipsoid

Ein Ellipsoid ist eine dreidimensionale Form, deren Oberfläche mathematisch beschrieben werden kann, sodass Koordinaten für Positionen auf der Oberfläche angegeben werden können.

EnMAP

Das Environmental Mapping and Analysis Program (EnMAP) ist die erste deutsche hyperspektrale Satellitenmission. Die neue Technik erlaubt es, spektral-diagnostische, quantitative Daten zum

Monitoring geo- und biochemischer Parameter der Erdoberfläche aufzuzeichnen. Vorrangiges Ziel der Mission ist es, einen signifikanten Beitrag zum Verständnis klimarelevanter Prozesse zu leisten.

Feature

Als Feature wird die kleinste fachlich sinnvolle Einheit in einem Geoinformationssystem (GIS) bezeichnet, oft auch Objekt genannt, die eine Einheit der realen Welt darstellt. Feature kann in diesem Kontext am einfachsten mit Fachobjekt oder Merkmal übersetzt werden.

Fernerkundung

Die Fernerkundung ist die Gesamtheit aller Verfahren zur berührungsfreien Erkundung der Erdoberfläche. Sie wird meistens durch Flugzeuge oder Satelliten durchgeführt. Es werden z. B. Infrarotbilder, Luftbilder oder Orthophotos aufgenommen (passive Fernerkundung) oder auch Strahlen wie Laser oder Radar eingesetzt (aktive Fernerkundung).

GAIA-X

GAIA-X ist ein Projekt für den Aufbau einer vernetzten, offenen, sicheren Dateninfrastruktur zur Stärkung der Datensouveränität für Wirtschaft, Wissenschaft, Staat und Gesellschaft.

GALILEO

GALILEO ist ein globales Satellitennavigationssystem, das von der Europäischen Union betrieben wird. Es bietet einen hochpräzisen, garantierten, weltumspannenden Ortungsdienst und ist mit bereits vorhandenen Systemen wie GPS und GLONASS verbundfähig.

Gauß-Krüger

Gauß-Krüger ist eines von vielen Koordinatensystemen bzw. Projektionen, das es ermöglicht, jeden Punkt der Erde mit einer Koordinate (Rechts- und Hochwert) eindeutig zu verorten.

GCOS

Das Global Climate Observing System (GCOS) ist eine weltweite Einrichtung/System zur Klimabeobachtung.

GDI

Als Geodateninfrastruktur (GDI) wird ein komplexes Netzwerk zum Austausch von Geodaten bezeichnet. Es besteht aus Geodaten, Metadaten, Geodatendiensten, Netzdiensten und -technologien sowie Koordinierungs- und Überwachungsmechanismen, um Geodaten interoperabel verfügbar zu machen.

GDI-DE

Die Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) wird von Bund, Ländern und Kommunen seit 2003 aufgebaut. In der GDI-DE werden raumbezogene Daten (Geodaten) vernetzt über das Internet zur Verfügung gestellt. Das Geoportal ist der Einstieg in die GDI-DE, um Geodaten von Bund, Ländern und Kommunen zu suchen, zu finden und zu nutzen.

GDI-BMEL

Im Rahmen ihrer Zuständigkeit hat das Fachzentrum für Fernerkundung und Geoinformation der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) die Aufgabe, eine Geodateninfrastruktur für den Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (GDI-BMEL) zu betreiben. Vor dem Hintergrund der Richtlinie EU 2007/2/EG vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE) stehen die ersten Meta- und zugehörige Geodaten von den Mitgliedsstaaten seit Mitte 2011 online bereit.

GEO

Die zwischenstaatliche Group on Earth Observations (GEO) soll globale Erdbeobachtungs-Infrastruktur und daraus gewonnene Daten besser koordinieren und verfügbar machen. Eine Initiative von GEO ist ein umfassendes, nachhaltiges, verteiltes globales Erdbeobachtungssystem der Systeme (siehe GEOSS).

GeoBox-Infrastruktur

Bei der GeoBox-Infrastruktur handelt es sich um eine digitale Infrastruktur zur Darstellung von karten- und tabellenbasierten Betriebsdaten aus der Landwirtschaft. Über die Infrastruktur ist zudem eine verschlüsselte Kommunikation mit Nutzenden als auch die Einreichung von Anträgen möglich. Landwirtschaftliche Betriebe haben die Möglichkeit über die GeoBox Geodatendienste kostenfrei, on- und offline auf mobilen Endgeräten zu nutzen.

Geodaten

Geodaten umfassen alle digitalen Informationen mit Raumbezug, d. h. Daten, die durch eine bestimmte Position im Raum referenzierbar sind. Dazu zählen auch Daten, die einer Adresse oder geographischen Namen zugeordnet werden können.

Geodatendienste

Unter Geodatendiensten versteht man vernetzbare Anwendungen, die Geodaten und Metadaten zugänglich machen. Darunter fallen Suchdienste, Darstellungsdienste, Downloaddienste und Transformationsdienste.

Geoinformationssystem (GIS)

Ein Geoinformationssystem (GIS) ist ein raumbezogenes Informationssystem, das raumbezogene Daten erfassen, aktualisieren, verwalten, analysieren und kartographisch darstellen kann.

GeoMIS

Geomatik-Metadaten-Informationen-System (GeoMIS) ist eine Plattform, die Geodaten, Geodienste und Geonanwendungen katalogisiert und zur Verfügung stellt.

GeoMIS.Bund

Das Geomatik-Metadaten-Informationen-System des Bundes (GeoMIS.Bund) soll den Zugang zu den Datenbeständen ermöglichen und deren Nutzung wesentlich erleichtern.

Georeferenzierung

Unter Georeferenzierung oder auch Geokodierung versteht man die Umrechnung von Geodaten in ein Referenzsystem bzw. die Zuordnung von Daten zu einer räumlichen Koordinate.

GEOSS

Das Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) ist eine Initiative der ad hoc intergovernmental Group on Earth Observations (ad hoc GEO), um bei der Erdbeobachtung enger miteinander zu kooperieren. Dabei sollen die verschiedenen GDIs miteinander verknüpft werden bzw. global verfügbar gemacht werden. Das Programm wurde 2005 in Brüssel von etwa 40 Staaten beschlossen und hat eine Laufzeit von zehn Jahren.

GEO ZG

Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten (Geodatenzugangsgesetz).
(Fundstelle BMJ: <https://www.gesetze-im-internet.de/geozg/>)

GGIM

Das United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM) ist ein Expertenkomitee der Vereinten Nationen für globales Geoinformationswesen. Das Komitee verfolgt das Ziel, globale Herausforderungen im Zusammenhang mit der Nutzung von Geoinformationen zu bewältigen, und dient zudem als internationaler Ansprechpartner und Berater für die Politik (GDI der UN).

GLONASS

Das Global Navigation Satellite System (GLONASS) ist ein russisches satellitengestütztes Navigationssystem, das neben dem Global Positioning System (GPS) arbeitet, um eine Positionsbestimmung mittels Navigationssatelliten zu ermöglichen.

GPS

Das globale Satellitennavigationssystem (Global Positioning Service) (GPS) wurde zur Positionsbestimmung mittels Navigationssatelliten vom US-amerikanischen Verteidigungsministerium entwickelt.

Höhenlinien

Höhenlinien dienen dazu, das Relief eines Gebiets sichtbar zu machen. Eine Höhenlinie verbindet Punkte gleicher Höhe miteinander.

Hyperion

Hyperion ist ein Sensorsystem auf dem Satelliten EO-1 (Earth Observing-1), um Bilder in sehr vielen, eng beieinanderliegenden Wellenlängen aufzuzeichnen.

iGreen

iGreen sind intelligente Wissenstechnologien für das öffentlich-private Wissensmanagement im Agrarbereich.

IMAGI/ZAG IMAGI

Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI). Aufgabe des IMAGI ist die Koordination des Geoinformationswesens innerhalb der Bundesverwaltung. Die zentrale Arbeitsgruppe (ZAG) des IMAGI ist die fachliche Ausführungsebene des IMAGI. Sie ist den konkreten Beschlüssen und Aufträgen des IMAGI verpflichtet.

INSPIRE

Die Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) ist eine Initiative der Europäischen Kommission, um eine europäische interoperable Geodateninfrastruktur mit integrierten raumbezogenen Informationsdiensten zu schaffen. Die Verordnung verpflichtet die Mitgliedsstaaten, stufenweise interoperable Geobasisdaten sowie Geofachdaten bereitzustellen. Die Verpflichtung, Daten verfügbar zu machen, gilt nur für bereits vorhandene und in digitaler Form vorliegende Geodaten. Die Datenthemen werden in den Anhängen I bis III benannt.

Landsat

Landsat sind zivile Erdbeobachtungssatelliten der National Aeronautics and Space Administration (NASA) zur Fernerkundung der Erdoberfläche und Küstenregionen.

Layer

Als Layer bezeichnet man die unterschiedlichen Ebenen in einem GIS. Ein Layer besteht meist aus einer Karte oder aus raumbezogenen Informationen, die auf einer Karte abgebildet sind. Durch das Übereinanderlegen verschiedener Layer ist es dem Anwender möglich, innerhalb des GIS neue Interpretationen und Vergleiche durchzuführen.

Metadaten

Metadaten sind Informationen über Datenbestände. Zum Beispiel, von wem sie wann erhoben wurden, wie lange ihre Gültigkeit ist und in welcher Form sie wo abgelegt sind.

MDI-DE

Das Ziel der Marinen Dateninfrastruktur Deutschlands (MDI-DE) ist es, Daten und Informationen aus dem Küsteningenieurwesen, dem Küstengewässerschutz, dem Meeresumweltschutz und dem Meeresnaturschutz über ein gemeinsames Internetportal nachzuweisen. Mithilfe von Metadaten und Webservices werden die Suche nach Daten und deren Nutzung unterstützt. Die MDI-DE hilft den Behörden in der Küstenzone bei der Erfüllung ihrer Berichtspflichten für EU-Rahmenrichtlinien wie MSRL und INSPIRE.

Nationale Geodatenbasis (NGDB)

Die NGDB ist ein Kernbestandteil der Geodateninfrastruktur in Deutschland. Sie besteht aus den Geodaten, die für die Erledigung gesetzlich vorgeschriebener Aufgaben, zur Unterstützung modernen Verwaltungshandelns und der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Forschung benötigt werden.

OGC (Open Geospatial Consortium)

Das OGC ist eine im Jahre 1994 gegründete Organisation. Ihr Ziel ist es, Standards zu entwickeln und festzulegen, um den Austausch und das Arbeiten mit raumbezogenen Daten im Internet zu standardisieren und damit eine Interoperabilität zu erlangen.

Open Source

Bei Open-Source-Produkten ist der Quellcode nicht verschlüsselt und für jeden sowohl lesbar als auch veränderbar. Man bezeichnet Open-Source-Software deshalb auch als freie Software.

Projektion

Die Projektion ist eine von vielen verschiedenen Methoden in der Kartographie, mit der man die gekrümmte Oberfläche der (dreidimensionalen) Erde auf die flache (zweidimensionale) Karte überträgt.

RapidEye

Das Erdbeobachtungssystem RapidEye umfasst fünf Satelliten, die mit optischen Kameras ausgestattet sind und zeitnah Aufnahmen von jedem Punkt der Erde liefern können.

Rasterdaten

Bei Rasterdaten liegen digitale Daten in einer Matrixform, in einem Zeilen- und Spaltensystem, vor, womit eine implizite räumliche Positionsangabe einhergeht. Diese Datenstruktur nutzt i.d.R. quadratische Zellen gleicher Größe. In einem GIS sind das in der Regel Bilddaten mit geografischem Bezug. Die einzelnen Bildelemente heißen Pixel, die die Bildinformation tragen. Es kann sich jedoch auch um beliebige andere numerische Informationen handeln (z. B. Messwerte), die einer Rasterfläche zugeordnet sind. Hauptanwendungen liegen in der digitalen Photogrammetrie, der Fernerkundung und der thematischen Kartographie.

Raumbezug

Ein Raumbezug oder auch Georeferenz beschreibt die Lage eines Objekts in einem Bezugssystem. Einfache Daten werden durch ihren Raumbezug zu Geodaten. Dabei wird eine Unterscheidung zwischen direktem und indirektem Raumbezug vorgenommen. Von direktem Raumbezug spricht man, wenn Daten bestimmten Koordinaten zugeordnet werden können. Unter indirektem Raumbezug versteht man hingegen Informationen die keine dauerhaft festgelegten Koordinaten haben, wie z. B. Postleitzahlen.

Referenzellipsoid

Ein Referenzellipsoid ist ein an den Polen abgeplattetes Ellipsoid, meist ein Rotationsellipsoid, das als Bezugssystem zur Konstruktion von Vermessungsnetzen oder der direkten Angabe geografischer Koordinaten dient.

Räumliches Bezugssystem

Damit die räumliche Lage von Objekten in einem GIS geordnet werden kann, muss ein System vorhanden sein, um diese in Beziehung zu setzen. Dafür werden eine Reihe von Definitionen festgelegt wie das Koordinatensystem oder bestimmte Passpunkte. Die Summe dieser Definitionen wird dann als räumliches Bezugssystem bezeichnet.

Sentinel

Die Satelliten des Copernicus-Programms der EU werden als Sentinels bezeichnet. Die verschiedenen Satellitensysteme werden durchnummeriert, baugleiche Satelliten werden mit fortlaufenden Buchstaben versehen. Bsp. Sentinel-1A = Radarsatellit Sentinel-1, Modell A (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>).

Spatial Reference System (SRS)

Das Spatial Reference System ist ein spezielles Koordinatensystem der Erde.

TerraSAR X / TanDEM-X

TerraSAR-X und TanDEM-X bilden das erste konfigurierbare SAR-Interferometer (SAR = Synthetic Aperture Radar) im Weltall. Über die Erstellung des globalen Höhenmodells hinaus werden damit neue Techniken der sogenannten SAR-Interferometrie getestet sowie weitere Anwendungsmöglichkeiten erschlossen. Der Satellit TanDEM-X ist ein Nachbau von TerraSAR-X mit geringfügigen Erweiterungen. Ziel ist die Erstellung eines globalen digitalen Geländemodells mit einer bisher nicht erreichten Genauigkeit.

Topographische Karte

Eine topographische Karte stellt die Erdoberfläche geometrisch und vollständig in mittel- bis Großmaßstäben dar. Dabei werden durch ein System kartographischer Zeichen Objekte wie Gewässer, Siedlungen etc. lagerichtig und in dem entsprechenden Maßstab wiedergegeben.

UTM (Universale Transversale Mercator)

Bei UTM handelt es sich um ein Koordinatensystem zur Einteilung der Erde. Es gilt als bestangepasstes Referenzellipsoid und kommt somit der Struktur der Erde näher als das momentan noch vorherrschende Gauß-Krüger-System.

Vektordaten

Vektordaten sind unabdinglich bei der Erstellung von Vektorgrafiken. Sie geben die nötigen Informationen über die Position, Richtung, Farbe und Stärke einer Linie oder die Position und Farbe einer Fläche an.

Viewer

Ein Viewer ist ein Kartenbetrachter/-darsteller. Abgelegte Daten können mit seiner Hilfe visuell dargestellt werden. Neben einfacher Darstellung von Daten sind auch Generierungen von Karten und 3D-Modellen durch spezielle Programme möglich.

WCS

Der Web Coverage Service (WCS) ist ein vom Open Geospatial Consortium entwickelter Geoservice-Standard, der den Zugriff auf große, multidimensionale Rasterarchive normiert.

WFS

Der Web Feature Service (WFS) erlaubt den Benutzerinnen und Benutzern den Zugriff auf Geodaten, die durch einen Server zur Verfügung gestellt werden. Diese können im Folgenden visualisiert, bearbeitet oder ergänzt werden.

WMS

Der Web Map Service (WMS) ist eine Schnittstelle zum Abrufen von Auszügen aus Landkarten über das World Wide Web. Es ist eine Spezifikation des OGC und dient der Visualisierung von Geodaten, die online abrufbar sind.

7.3 Abkürzungsverzeichnis

AFL	<i>Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten</i>
AMIS	<i>Agricultural Market Information System</i>
AUKM	<i>Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen</i>
Basis-DLM	<i>Digitales Basis-Landschaftsmodell</i>
BKG	<i>Bundesamt für Kartographie und Geodäsie</i>
BLE	<i>Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung</i>
BMEL	<i>Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft</i>
BMI	<i>Bundesministerium des Innern und für Heimat</i>
BMDV	<i>Bundesministerium für Digitales und Verkehr</i>
BMJ	<i>Bundesministerium der Justiz</i>
BMWK	<i>Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz</i>
BWI	<i>Bundeswaldinventur</i>
CLC	<i>Das Projekt „Corine Land Cover“ s. Glossar</i>
CODE-DE	<i>Copernicus Data and Exploitation Plattform – Deutschland</i>
DEMMIN	<i>Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network</i>
DI	<i>Disease Index</i>
DIAS	<i>Data and Information Access Services</i>
DLR	<i>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt</i>
DOM1	<i>Digitales Oberflächenmodell, Gitterweite ein Meter</i>
DOP	<i>Digitale Orthofotos</i>
DWD	<i>Deutscher Wetterdienst</i>
FNR	<i>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.</i>
ESA	<i>European Space Agency</i>
EU	<i>Europäische Union</i>

FAIR	<i>Findable, Accessible, Interoperable und Reusable</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FLF	<i>Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung am JKI</i>
GAP	<i>Gemeinsame Agrarpolitik der EU</i>
GDI-DE	<i>Geodateninfrastruktur Deutschland</i>
GDI-BMEL	<i>Geodateninfrastruktur des BMEL und dessen Geschäftsbereichs</i>
GEO	<i>Group on Earth Observations</i>
GEOGLAM	<i>Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring</i>
GMES	<i>Global Monitoring for Environment and Security</i>
IMAGI	<i>Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen</i>
in situ	<i>„Unmittelbar am Ort“ oder „in der ursprünglichen Position“</i>
IoT	<i>Internet of Things, Netzwerk physischer Objekte ausgestattet mit Software und Sensoren</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change, im Deutschen oft als Weltklimarat bezeichnet.</i>
JECAM	<i>Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring</i>
JKI	<i>Julius Kühn-Institut</i>
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NFDI	<i>Nationale Forschungsdateninfrastruktur</i>
KMU	<i>Kleinere und mittlere Unternehmen</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
LRT	<i>Moor-Lebensraumtypen</i>
LUCAS	<i>Land Use and Coverage Area frame Survey – europaweite Flächenstichprobe zur Erhebung von Landnutzung und Landbedeckung</i>
LULUCF	<i>Landnutzung, Landnutzungsänderung und Waldbewirtschaftung (englisch Land Use, Land-Use Change and Forestry)</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
N-Sensoren	<i>Stickstoffsensoren</i>

QGIS	<i>Freie Geoinformationssoftware (englisch Open Source Geographic Information System)</i>
REDD+	<i>Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the Role of Conservation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest Carbon Stocks in Developing Countries, finanzielles Anreizkonzept der UNFCCC zum Schutz von Wäldern als Kohlenstoffspeicher zur Verringerung von Emissionen aus Entwaldung und Waldschädigung</i>
SSM/I	<i>Special Sensor Microwave/Imager, abbildender/s Sensor/Instrument an Bord von Satelliten</i>
ThEO	<i>Thünen Earth Observation, Arbeitsgruppe-Thünen-Fernerkundung</i>
TI	<i>Thünen-Institut</i>
UAV	<i>Unbemanntes Luftfahrzeug (englisch unmanned aerial vehicle)</i>
UFZ	<i>Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung</i>
UN	<i>Vereinte Nationen (englisch: United Nations)</i>
UNFCCC	<i>Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (englisch: The United Nations Framework Convention on Climate Change)</i>
USGS	<i>United States Geological Survey, US-Behörde für amtliche Kartografie</i>
VMS	<i>Vessel Monitoring System</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>
ZKF	<i>Zentrales Kompetenzzentrum Flächenmonitoring</i>

7.4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Projektbild Agrisens – DEMMIN 4.0. © Maria Thiele	16
Abbildung 2:	Logo Experimentierfeld Südwest. © Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück	18
Abbildung 3:	Ableitung von Zusammenhängen zwischen NDVI vor der Ernte und der Ertragsmessung. © Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück	19
Abbildung 4:	Ein Testfeld im Experimentierfeld Farmerspace. © Verein der Zuckerindustrie e. V. – Institut für Zuckerrübenforschung	21
Abbildung 5:	Abbildung der eingesetzten Drohnen. © Anne-Kathrin Mahlein, Institut für Technik, Hochschule Geisenheim	23
Abbildung 6:	Ableitung von produktionstechnischen Zuckerrübenterminen der Jahre 2019 und 2020 für alle Zuckerrübenfelder in Niedersachsen (links) und Visualisierung von Reihenschlussergebnissen am Beispiel eines Ausschnitts (rechts) (Hintergrundkarte: bkg Wms_dtk250). © Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung/Julius Kühn-Institut	25
Abbildung 7:	Fließschema zur dynamischen Ableitung von Agrarwetterindikatoren in der Landwirtschaft. © Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung/Julius Kühn-Institut	27
Abbildung 8:	Kartenausschnitt zum biotischen Ertragspotenzial landwirtschaftlich genutzter Böden in Niedersachsen nach Marks Et Al. (1992) im Soil-De Webviewer (https://www.soil-de.eomap.de/). © Screenshot von soil-de.eomap.de, gehostet von EOMAP GmbH & Co KG, Daten und Karte: JKI (2020), Mapbox, OpenStreetMap	29
Abbildung 9:	Satellitengestützte Ernteertragsabschätzung im Landkreis Helmstedt auf der Basis von Sentinel-2-Satellitenbilddaten für Winterweizen, Sommergerste und Winterraps im Erntejahr 2018. © Forschungszentrum für Landwirtschaftliche Fernerkundung/Julius-Kühn-Institut	32
Abbildung 10:	Beispielhafter zeitlicher Verlauf zweier Index-Werte über eine Anbauperiode (hier: Winterweizen), die aus der dichten Abfolge von Sentinel-1(links)- und Sentinel-2(rechts)-Aufnahmen für eine landwirtschaftliche Fläche in Südwestdeutschland erstellt wurden. Schattierte Bereiche stellen den erwarteten Zeitraum des Eintritts einer phänologischen Phase dar, gestrichelte Linien zeigen den aus der Zeitreihe mit Methoden der künstlichen Intelligenz detektierten Zeitpunkt der jeweiligen Phase an. © Felix Lobert, erstellt aus ESA-Satellitendaten, prozessiert vom Thünen-Institut	34

Abbildung 11:	<i>„Schwimmender“ Radarreflektor zur Erfassung der Geländehöhenänderung an einem Moorgrünlandstandort (links), im Mineralbodenuntergrund fixierter Radarreflektor zur Korrektur atmosphärischer Einflüsse (rechts). © Arndt Piayda</i>	35
Abbildung 12:	<i>Anzahl der detektierten Mahdereignisse auf Basis von dichten Zeitreihen von Sentinel-2- und Landsat-8-Satellitendaten für eine Region in Brandenburg (schraffiert: bundesweite Moorkulisse). © Erstellt aus ESA-Satellitendaten, prozessiert vom Thünen-Institut</i>	37
Abbildung 13:	<i>Kartenausschnitt der Kartierung der Hauptnutzungsklassen für die Jahre 2017 bis 2019. Die Karten wurden auf Basis von Sentinel-1-, Sentinel-2- und Landsat-8-Satellitendaten für die gesamte Agrarlandschaft Deutschlands erstellt. © Thünen-Institut</i>	38
Abbildung 14:	<i>Einzelflächenbezogene Prüfergebnisse des Anwendungsfalls „Kontrolle von Greening-Zwischenfruchtflächen im Rahmen der Agrarförderung. © Stefan Braumann, Luftbild Umwelt Planung GmbH, Timestamp-Webanwendung, erstellt unter Nutzung von CODE-DE- und OSM-Daten</i>	39
Abbildung 15:	<i>Exemplarische Darstellung von zwei Teil-Indikatoren der Landnutzungsvielfalt, die aus einer flächendeckenden Kartierung der Agrarlandschaft mit Hilfe von Sentinel-1- und Sentinel-2-Satellitendaten für das Bundesweite Biodiversitätsmonitoring (Monvia) abgeleitet wurden. Links: Shannon-Diversität der Landnutzung; rechts: Anteil Grünland (dargestellt ist jeweils der Index-Wert für eine Hexagon-Zelle von 100 ha Größe. © Erstellt aus ESA-Satellitendaten, prozessiert vom Thünen-Institut</i>	41
Abbildung 16:	<i>Ausweisung von Waldschäden am Beispiel einer Luftbild- und Satellitenbildaufnahme für ein Schadgebiet am Werbellinsee. © Thünen-Institut für Waldökonomie (links, rechts unten). © modified Sentinel-2-Data, processed by ESA (rechts oben)</i>	44
Abbildung 17:	<i>Erste nationale Baumartenkarte (rechts) und Ableitung der Baumarten am Beispiel von Bundeswaldinventur-Punkten im Luftbild und der Karte (links). © Thünen-Institut für Waldökosysteme, Luftbild: © Geobasis-De/BKG 2022</i>	45
Abbildung 18:	<i>Parallele Aufnahmen von Echtfarben (links) und Thermalbildern (rechts) erlauben die Extraktion von Temperaturverteilungen und -werten im Kronenraum. © Stuart Krause, Thünen-Institut für Waldökosysteme</i>	46
Abbildung 19:	<i>Kronensegmentierung aus dem Luftbild mittels Deep-Learning-Verfahren. © Max Freudenberg, Paul Magdon, Abteilung für Waldinventur und Fernerkundung</i>	47

Abbildung 20:	<i>Vorratskarte (Deutschland) aus Verschneidung von BWI- und LiDAR-Daten, die für die Kleingebietsschätzung benötigt wird. © Sebastian Schnell, Thünen-Institut für Waldökosysteme</i>	48
Abbildung 21:	<i>Konzept zur Erstellung hochauflösender Waldbrand-Vulnerabilitätskarten. © ErWiN Teilvorhaben 2 (TI-WO) nach einer Idee von FABRIKA, Marek; PRETZSCH, Hans (2013): Forest ecosystem analysis and modelling. Zvolen: Technical University of Zvolen. S. 520 Abb. 10.2</i>	50
Abbildung 22:	<i>Geländeaufnahmen der Brandschäden in Kiefernbeständen bei Treuenbrietzen und in der Lieberoser Heide. © Anne Gnilke (TI-WO), Jakob Liesegang, ErWIN Logo: ErWiN Projektverbund</i>	50
Abbildung 23:	<i>Kontext der Studiengebiete von Laforet in Ecuador, Philippinen und Sambia. © Rubén Ferrer Velasca, Melvin Lippe, Fabián Tamayo, Tiza Mfuni, Renezita Sales-Come, Cecilia Mangabat, Thomas Schneider, Sven Günter (2022) Towards accurate mapping of forest in tropical landscapes: A comparison of datasets on how forest transition matters; Remote sensing of the environment 274 (2022) 112997</i>	52
Abbildung 24:	<i>Landschaftsmosaik Nordluzon (Philippinen). © Melvin Lippe, Thünen-Institut für Waldwirtschaft</i>	53
Abbildung 25:	<i>Die tägliche Meeresoberflächentemperaturverteilung (aus AAVHRR-Daten abgeleitet) aufgenommen am 15.03.2015 zeigt die starke Ausprägung des Küstenauftriebsgebiets vor Westafrika. Dieses Gebiet wird durch das Aufsteigen kälterer und Nährstoffreicherer Wassermassen geprägt. Die Oberflächentemperaturen liegen direkt an der Küste bei etwa 15 °C, während die Werte im äquatorialen Bereich bei über 29 °C liegen. © Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, http://marine.copernicus.eu/)</i>	55
Abbildung 26:	<i>Die obere Abbildung zeigt die monatlich gemittelten Chlorophyllkonzentrationen in der Keltischen See für die Monate März, April und Mai für das Jahr 2016, die aus den verfügbaren MODIS- und VIIR-Daten berechnet worden sind. Diese Karten illustrieren die Entwicklung der Frühjahrsblüte im Untersuchungsgebiet. © ACRI-ST GlobColour service, supported by EU FP7 MyOcean & ESA GlobColour Projects, http://hermes.acri.fr/</i>	56
Abbildung 27:	<i>Beispiel eines Fernerkundungsbilds der Nordsee (links), das anhand der Wasserfarbe in vier Typen (rechts) eingeteilt wurde (Taylor et al. 2021). Die Satellitenaufnahme stammt von MODIS-AQUA. © Ocean Biology Processing Group, NASA Goddard Space Flight Center, http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/aqua/</i>	57

- Abbildung 28:** Die aus der Altimetrie abgeleiteten absoluten geostrophischen Oberflächenströmungen vor der Ostküste Grönlands zeigen eine Wirbelstruktur auf der „Kleinen Bank“, die zusätzlich während der 359. Reise der Walther Herwig im Herbst 2012 mit einem hydrographischen Stationsnetz (Rote Punkte) beprobt worden ist. © Aviso, <http://www.aviso.altimetry.fr/en/my-aviso.html> 58
- Abbildung 29:** Die obere Abbildung zeigt die monatlichen Meereiskonzentrationen für die Monate Januar, Februar, März, November und Dezember für die aufeinander folgenden Jahre 2005–2008, die aus den SSM/I-Daten berechnet worden sind (National Snow & Ice Data Center University of Colorado, Cisewski and Strass., 2016). Diese Karten illustrieren die saisonale und zwischenjährliche Variabilität der Meereisbedeckung im Untersuchungsgebiet der asarew-See und dokumentieren den Rückgang und die Neubildung des Meereises während der Projektphase. © National Snow & Ice Data Center University of Colorado, <http://nsidc.org/data/nsidc-007> 59
- Abbildung 30:** Biogasanlage Hillerse. © Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung 67
- Abbildung 31:** Digitales Orthophoto in 20 cm Bodenauflösung (DOP20), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). © Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung 67



HERAUSGEBER

Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft (BMEL)
Referat 725
Tier und Technik,
Digitalisierung in Abteilung 7
Rochusstraße 1,
53123 Bonn

BEZUGSQUELLE ANSPRECHPARTNER

Dr. Bernhard Polten
Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft (BMEL)
Referat 725
Tier und Technik,
Digitalisierung in Abteilung 7
Rochusstraße 1,
53123 Bonn

STAND

April 2023 (Projektstatus: Sommer 2022)

GESTALTUNG

Serviceplan Make GmbH & Co. KG, München

TEXT

BMEL

BILDNACHWEISE

Titelseite: aldorado/stock.adobe.com
Seite 6: byjeng/stock.adobe.com
Seite 9: Countrypixel/stock.adobe.com
Seite 10: UbjsP/stock.adobe.com
Seite 49: nblxer/stock.adobe.com
Seite 63: shaiith/stock.adobe.com
Seite 64: Leonid Tit/stock.adobe.com
Seite 70: Rafael Navarro Matilla/stock.adobe.com
Seite 74: Peter Engelke/stock.adobe.com
Seite 78: Ruud Morijn/stock.adobe.com
Seite 80: Stefan Körber/stock.adobe.com
Seite 82: Joachim Berninger/stock.adobe.com
Seite 85: carl/stock.adobe.com
Seite 86: Reiner/stock.adobe.com

BESTELLINFORMATIONEN

Diese Broschüre können Sie herunterladen



[https://www.bmel.de/
broschuere-fernerkundung](https://www.bmel.de/broschuere-fernerkundung)

Diese Publikation wird vom BMEL
unentgeltlich abgegeben. Die Publikation ist
nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht
im Rahmen von Wahlwerbung politischer
Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Weitere Informationen unter

www.bmel.de

 @bmel

 @Lebensministerium

