

Gefördert vom



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

wir! Wandel durch
Innovation
in der Region

IL Land-Innovation-Lausitz

Landschaftsinnovationen in der Lausitz für eine klimaangepasste Bioökonomie und naturnahen Bioökonomie-Tourismus: Arbeitspaket (AP) 1 Analyse der aktuellen Landschaft und Landnutzung

Kurztitel und Logo:



Schlussbericht für Forschungsvorhaben mit FKZ 03WIR3017A

Projektleitung:

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e.V.)

Prof. Dr. Sonoko Bellingrath-Kimura

Arbeitsgruppe Bereitstellung von Ökosystemleistungen

Projektpartner:

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e.V.)

Prof. Dr. Masahiro Ryo

Arbeitsgruppe Künstliche Intelligenz

Laufzeit des Vorhabens: 36 Monate (01.11.2022-31.10.2025)

Autor:innen des Berichts: K. Mengsuwan, M. Ryo, T. Krachunova

Stand des Berichts: 13.04.2026

IMPRESSUM

© Titelbild: Prof. Frank Wätzold, BTU Cottbus

**Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e.V.
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg**

**ZALF-Projektpartner und wissenschaftlicher Mitarbeiter in
AP1:**

Programmbereich 4: Simulations- und Datenwissenschaften
Prof. Dr. Masahiro Ryo
Konlavach Mengsuwan
Arbeitsgruppe Künstliche Intelligenz

E-Mails: Masahiro.Ryo@zalf.de
Konlavach.Mengsuwan@zalf.de



Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e.V.

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. Frank Ewert
Administrativer Direktor: Martin Jank
Eingetragen im Vereinsregister VR 3535, Amtsgericht
Frankfurt/Oder
Umsatzsteuernummer: DE811417184

Web: www.zalf.de

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) oder seine Mitglieder und Projektträger Jülich (PtJ) oder seine Mitglieder waren an der Konzeption dieser Studie nicht beteiligt. Die in diesem Manuskript dargelegten Ergebnisse, Interpretationen und Schlussfolgerungen spiegeln nicht unbedingt die Ansicht des BMFTR oder des PtJ oder ihre Mitglieder wider.

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele – kurze Darstellung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Voraussetzungen, unter denen die APs durchgeführt wurden	2
1.3	Planung und Ablauf des AP 1	2
1.4	Wissenschaftlichem und technischem Stand, an dem angeknüpft wurde	3
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Seiten	3
2	Eingehende Darstellung	4
2.1	Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen	4
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	6
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	6
2.4	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	6
2.5	Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger (ZE) bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	7
2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen und Ergebnisse	8

1 Ziele – kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Ziel des gesamten Projekts war die Entwicklung einer fundierten Strategie zur Anpassung der Landnutzung in der Lausitz an den Klimawandel mit besonderem Fokus auf die agrarbasierte Bioökonomie sowie den naturbasierten (Fahrrad-) Tourismus. Dieser Ansatz wurde durch die Kombination KI-gestützter Datenanalyse, agrarwissenschaftlicher und ökonomischer Analysen sowie durch die Einbindung relevanter Akteur:innen verfolgt. Insbesondere wurden folgende drei Teilziele bearbeitet:

(1) Unterstützung der Anpassung der Bioökonomie und des Fahrradtourismus an ein sich änderndes Klima durch konkrete Empfehlungen zur agrarischen Landnutzung, der Ausgestaltung von klimawandelangepassten Radwegen, und der Verbreitung der Informationen mit Hilfe von Apps. Diese Empfehlungen basierten auf der Landschaftsanalyse mit Hilfe von maschinellem Lernen (Machine Learning) und Deep Learning (auf der Grundlage der Analyse von Drohnen- und Satellitenbildern sowie vor Ort erfassten Informationen) sowie der Bewertung von Nutzen und Kosten der klimawandelangepassten Landnutzungsoptionen.

(2) Einbeziehung regionaler Akteur:innen in den Prozess als Beirat, Durchführung von Stakeholderworkshops und Befragungen von Landwirt:innen und Tourist:innen, wodurch sichergestellt wurde, dass die vorgeschlagene Strategie regional relevant war und vor Ort akzeptiert wurde.

(3) Nutzung der Fallstudie “Lausitz” als Beispiel zur Entwicklung allgemeiner neuer wissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse zur Klimaanpassung in multifunktionalen Landschaften in den Bereichen der Umweltdatenwissenschaft, der Agrarwissenschaft, der ökonomischen Kostenabschätzung von Klimaanpassungsmaßnahmen und der ökonomischen Bewertung von Präferenzen von Landwirt:innen und Tourist:innen. Darüber hinaus wurden neue Ansätze entwickelt und getestet, um diese Disziplinen methodisch in die Datenanalyse zu integrieren. Beispielsweise wurde maschinelles Lernen auf die Interview-Rohdaten angewendet, um Muster zu erkennen, wie Bürger:innen und Stakeholder über die Bioökonomie und den Tourismus in der Zielregion denken (z. B., um die relative Bedeutung von Faktoren für die Entscheidungsfindung zu clustern und zu bewerten).

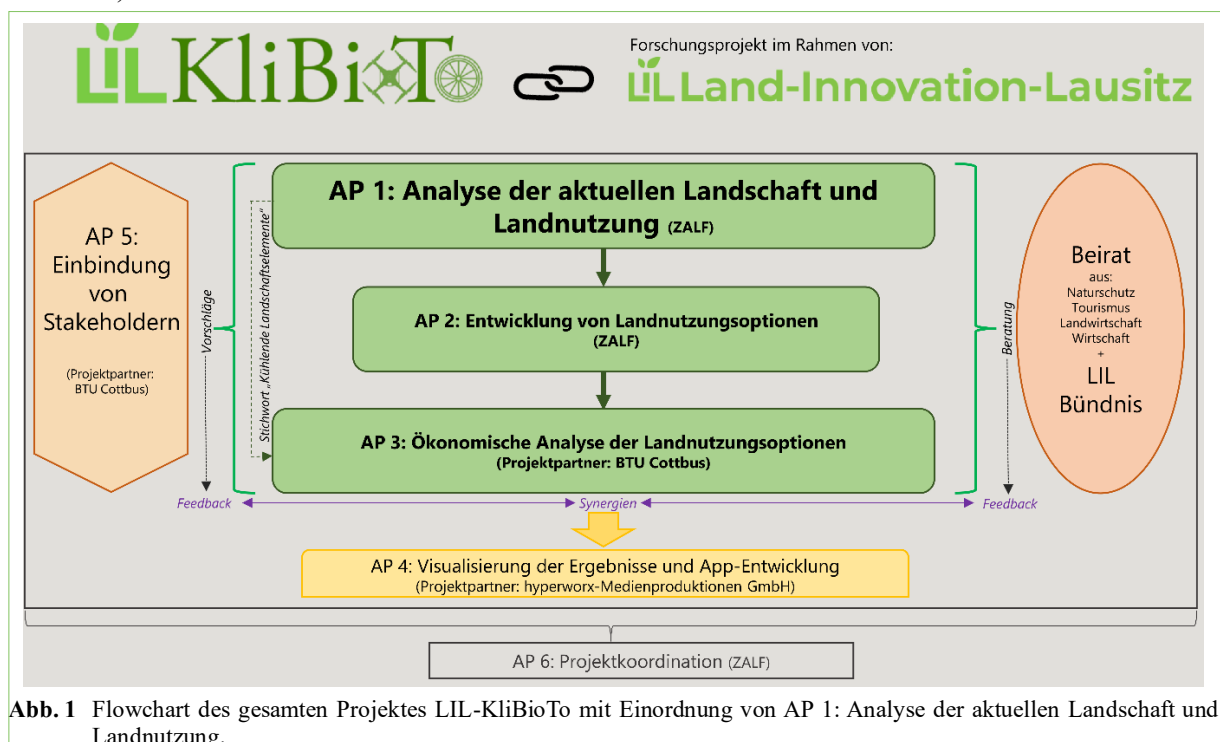


Abb. 1 Flowchart des gesamten Projektes LIL-KliBioTo mit Einordnung von AP 1: Analyse der aktuellen Landschaft und Landnutzung.

In **AP 1 – Analyse der aktuellen Landschaft und Landnutzung** – lag der Schwerpunkt auf einer multifunktionale Datenanalyse der Landschaft und der Landnutzung in der Lausitz, um trotz der regionalen Heterogenität Landschaftsstrukturen mit hohem Kühlungspotential zu differenzieren und darzustellen. **AP 1** agierte eng zusammen mit den anderen APs im Projekt (**Abb. 1**). **AP 1** wurde in den folgenden 2 Analysebereichen unterteilt:

(1) Analyse von Temperatur-Hot- und Cold-Spots (TA1.1)

Die Analyse von Temperatur-Hot- und Cool-Spots wurde an vier ausgewählten lokalen Standorten (Cottbuser Ostsee, Cottbus, Sedlitz und Peickwitz) mit Drohnen-Wärmebildkameras und Hand-Wärmebildkameras am 15.08.2023 und 09.07.2024 durchgeführt. Die Befliegung mit Drohnen wurde als Unterauftrag durchgeführt. Die Untersuchung mit mehreren Drohnen fand an zwei Tagen mit Lufttemperaturen von mehr als 30°C in der Zeit von 11:30-14:30 Uhr statt, um zu erfassen, wie stark sich Landschaftselemente während einer extremen Hitzewelle aufheizen (10 cm Auflösung). Der Multiskalen- und Multiauflösungsansatz zur Anpassung an den Klimawandel ist ein wissenschaftliches Novum in der Landschaftsforschung. Die erfassten Daten und das Bildmaterial wurden in **AP 1** benutzt, um zu analysieren, wo sich die Hot- und Cold-Spots in der Region befinden und welche Faktoren die Wärme der einzelnen Landschaftselemente beeinflusst haben. Insbesondere wurde erwartet, dass die Analyse die Abkühlungseffekte von Landschaftselementen wie Wäldern, Alleen oder einzelne Bäume festhalten wird, um deren Nutzen für den naturnahen Fahrradtourismus empirisch zu untermauern. **AP 1** hat den Temperaturreduzierungseffekt durch diese Elemente genauer quantitativ bewertet, um zu zeigen, inwieweit sie sich für die zukünftige Anpassung an den Klimawandel in der Lausitz eignen. Diese Ergebnisse aus **AP 1** stellen eine Grundlage für die Erstellung der Choice-Experiment-Umfragen in AP 3 sowie für die Diskussionsgespräche in AP 4 und AP 5 dar.

(2) KI-basierte räumliche Clusteranalyse (TA1.2)

Auf regionaler Ebene nutzten wir öffentlich zugängliche Temperaturdaten der letzten zehn Jahre, um heiße und kühle Teilregionen zu identifizieren. Zudem ermittelten wir die Faktoren, die die Wärme der Landschaft beeinflussen. In Kombination mit **TA1.1** bestätigten wir, dass die Luftbilder des Satelliten Landsat-8 im Nahinfrarotbereich (30 m Auflösung) die Intensität der von uns lokal untersuchten Hitzewellen unterschätzen. Dies unterstreicht die Bedeutung von jährlichen lokalen Felduntersuchungen für das Verständnis der Belastung durch Hitzeeinwirkung. Außerdem nutzten wir mehrere GIS-Karten mit Höhenangaben, Bodentypen und Landnutzungstypen, um folgende Fragen zu beantworten: (1) Warum waren einige Teilregionen kühler als andere? (2) Warum war der Schatten von Bäumen an einigen Standorten kühler als an anderen? Wir benutzten Methoden des Machine Learning, um diese zwei Fragen zu beantworten. Auf der Grundlage dieser Analyse wurde in Zusammenarbeit mit AP 2 und AP 3 eine Fahrradrouten identifiziert, die attraktive Orte in relativ kühlen Gebieten miteinander verbindet. Das Kartenmaterial wurde in AP 4 zur Visualisierung von Hot- und Cool-Spots sowie zur Identifizierung von Radwegen und für die Öffentlichkeit in Kartenform bereitgestellt¹.

1.2 Voraussetzungen, unter denen die APs durchgeführt wurden

Die Aufgaben in **AP 1** wurden in erster Linie von dem Doktoranden Konlavach Mengsuwan, unter der Betreuung von Prof. Masahiro Ryo durchgeführt. Für die UAV-Felddatenerhebungen wurde ein Auftrag an das externe Unternehmen Robopics GmbH vergeben, nachdem im Vergabeverfahren dieses Unternehmen die notwendige Expertise für die Datenerhebung im Feld aufwies.

1.3 Planung und Ablauf des AP 1

Die Arbeiten in **AP 1** wurden in folgenden Schritten durchgeführt:

¹ Das Kartenmaterial ist auf Deutsch und Englisch auf der Projektwebsite verfügbar: <https://lil-klibioto.zalf.de/>, <https://lil-klibioto.zalf.de/en/>
Vorgehensweise und Ergebnisse aus AP 1 sind auf Deutsch und Englisch hier verfügbar: <https://lil-klibioto.zalf.de/de/das-projekt>, <https://lil-klibioto.zalf.de/en/the-project>

(1) Planung und Koordination: Festlegung des räumlichen Umfangs, der Ergebnisanforderungen und der Abstimmung mit anderen APs, dem Beirat und dem LIL-Bündnis. Es erfolgten monatliche Arbeitstreffen mit den anderen APs.

(2) Datenaufbereitung: Erfassung und Vorverarbeitung von Satelliten-LST-Produkten und ESRI-LULC-Datensätzen (einschließlich harmonisierter Verarbeitungsroutinen und Dokumentation).

(3) Analyse und Kartenerstellung: Ableitung von Hot- und Cool-Spots-Ebenen und LULC-/LULC-Change-Kartenprodukten, einschließlich interaktiver Visualisierung, wo dies angemessen war.

(4) Ergebnisdarstellung und Berichterstattung: Erstellung von Meilenstein-Kartenmaterialien und Integration der AP 1-Ebenen in die Kommunikationsergebnisse des Projekts.

1.4 Wissenschaftlichem und technischem Stand, an dem angeknüpft wurde

Es ist bekannt, dass Intensität, Häufigkeit und Dauer regionaler Hitzewellen in Deutschland und weltweit zunehmen. Während sich dieser Trend anhand von Lufttemperaturaufzeichnungen und jahrzehntelanger Erdbeobachtung deutlich abzeichnete, blieb das tatsächliche Ausmaß der lokalen Hitzebelastung während sommerlicher Hitzewellen weitgehend unbekannt. Diese Wissenslücke hat uns bisher daran gehindert, beispielsweise zu erklären, wie heiß der Asphalt während der Spitzenzeiten (etwa zwischen 14:00 und 17:00 Uhr) an einem sehr heißen Tag (über 30 °C) werden kann. Oder umgekehrt: Welche Orte und Bedingungen könnten für die thermische Anpassung relativ kühler sein?

Unser Projekt begann mit der Untersuchung des Potentials kostengünstiger, handgeführter/tragbarer Wärmebildkameras im Rahmen eines partizipativen Feldüberwachungsansatzes. Diese Kameras sind zeitlich und örtlich flexibel einsetzbar und können Temperaturverläufe in sehr hoher Auflösung aus der Perspektive des menschlichen Auges erfassen. Wenn hunderte bis tausende Bürger:innen dazu beitragen würden, die Hitzeintensität selbst an nur zwei Tagen mit einer solchen kostengünstigen Vorgehensweise in der Lausitz, in Deutschland und sogar darüber hinaus zu überwachen, könnte dieser partizipative Ansatz das Klimabewusstsein erheblich stärken und umfangreiche Aufzeichnungen über die Intensität von Hitzewellen für die menschliche Gesundheit bei Hitzeeinwirkung sowie für die Landschaftsplanung zur Wärmeregulierung liefern. Dennoch blieb der Einsatz von Hand-Wärmebildkameras in der strukturierten Umweltüberwachung bisher stark begrenzt, da die Datenanalyse eine große Herausforderung darstellt.

Die bisherigen Analyseverfahren stützten sich häufig auf einfache Punktmessungen, Sichtprüfungen sowie manuelle Datenextraktion und interpretierende Zusammenfassungen. Diese Einschränkungen können zu einer uneinheitlichen Überwachung zwischen Beobachtern und Standorten führen. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, den Datenanalyseprozess zu automatisieren.

Was die Landschaftsanalyse betrifft, ist die Lausitz dafür bekannt, dass sie dynamischen großräumigen Landnutzungsänderungen ausgesetzt ist, die durch die Umgestaltung ehemaliger Kohleabbau Standorte gekennzeichnet sind. Es existierte jedoch keine Karte, die die detaillierten dynamischen Landveränderungen in Raum und Zeit über die Lausitz hinweg darstellte. Für die Lausitz und Brandenburg standen bereits hochauflösende Geodatensätze und digitale Infrastrukturen (z. B. Landnutzung, Straßen, Böden, Höhenangaben; regionale EO-Portale) zur Verfügung, die eine regionale Charakterisierung der Landschaftsstruktur und potentieller Vulnerabilitätsmuster ermöglichten. Durch die Nutzung dieser Produkte in Verbindung mit KI-basierten Analysen wollten wir in **AP 1** dominante Landschaftstypen in der Lausitz identifizieren, insbesondere Schwerpunktgebiete für die Klimaanpassung.

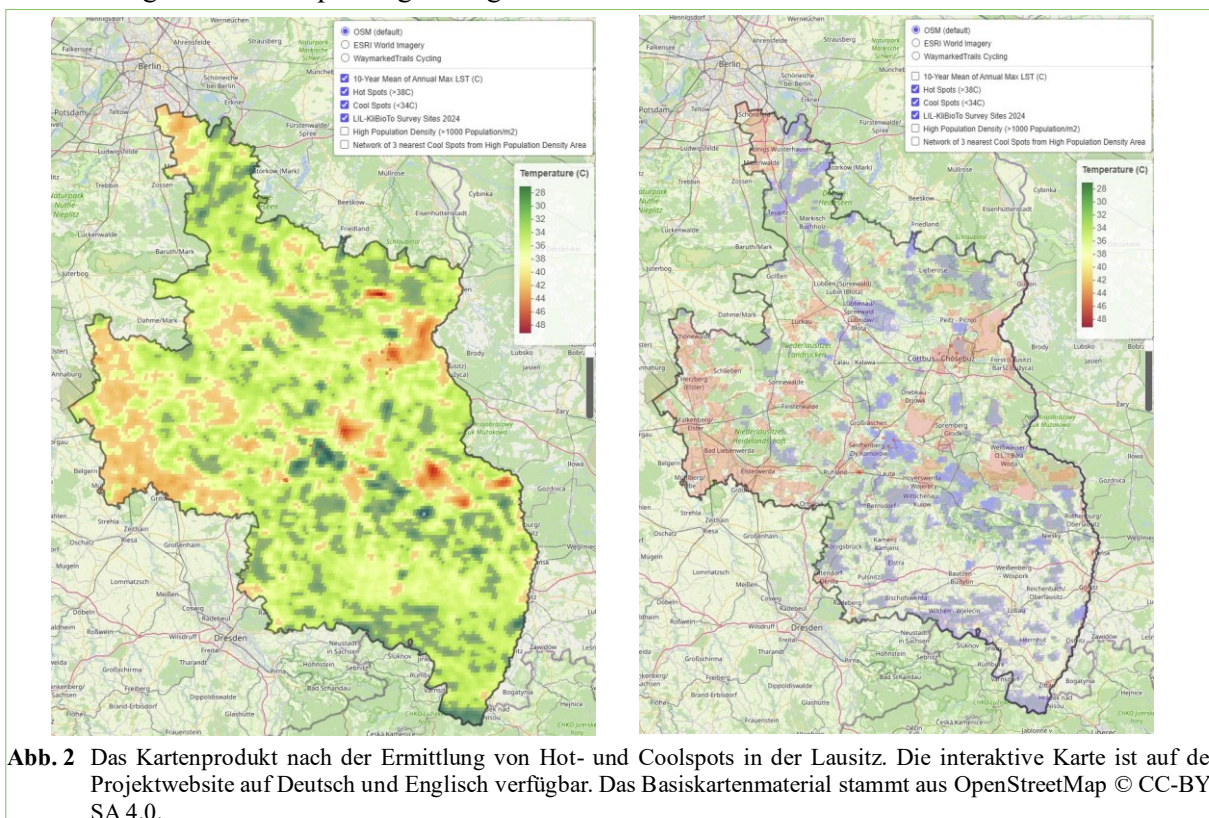
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Seiten

Nichtzutreffend.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen

In **TA1.1** wurden für die gesamte Lausitz Kartenprodukte erstellt, die räumliche Muster von Extremwerten der Oberflächentemperatur auf der Grundlage der aus Satellitendaten abgeleiteten MODIS-Landoberflächentemperatur und Emissivität (MOD11) beschreiben. Der Kernindikator dafür war der 10-Jahresmittelwert der jährlichen maximalen Landoberflächentemperatur (LST), der für den Zeitraum von 2014 bis 2023 für die Lausitz berechnet wurde. Für jedes Jahr wurde die jährliche maximale Landoberflächentemperatur pro Pixel ermittelt. Die sich daraus ergebenden Maximalwerte wurden schrittweise über den 10-Jahreszeitraum gemittelt, um den 10-Jahresmittelwert der jährlichen maximalen Landoberflächentemperatur zu erhalten. Auf der Grundlage der entstandenen Karte wurden thermische Zonen anhand fester Schwellenwerte wie folgend klassifiziert: heiße Punkte (Hotspots) mit $>38\text{ }^{\circ}\text{C}$ und kühle Punkte (Coolspots) mit $<34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Somit wurde eine robuste und vergleichbare Basislinie geschaffen, die dazu diente, Standorte mit konsistent hohen Oberflächentemperaturwerten aufzuzeigen. Mit der Veröffentlichung des Kartenprodukts in **Abb. 2** wurde **TA1.1** mit Meilenstein I erfolgreich abgeschlossen. Die interaktive Karte in **Abb. 2** unterstützte nachfolgende Projektaktivitäten, u.a. die Kommunikation mit Interessengruppen, die Einordnung von Feldbeobachtungen sowie die weitere Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien in der Lausitz.



In **TA1.2** wurden Clusteranalysen zur Veränderungserkennung der Landnutzung in der Lausitz durchgeführt. Dafür wurden Satellitendaten aus dem Datensatz Land use/Land cover (LULC) von ESRI verwendet. Die Bezeichnung Cluster bezog sich dabei auf räumliche Konzentrationen (Gebiete mit hoher Dichte) von Landnutzungsänderungen. Dadurch wurden Zonen identifiziert, in denen über den Zeitraum von 2017 bis 2023 besonders viele Landschaftstransformationen stattgefunden haben. Die drei Schlüsselkategorien dafür waren Wasser, Bäume und Nutzpflanzen (**Abb. 3**). In diesen Zonen ist die Planung und Kommunikation der Klimaanpassung besonders relevant. Alle Karten sind auf der Projektwebsite für die öffentliche Nutzung verfügbar. Mit diesen Outputs (u.a. **Abb. 3** und **Abb. 4**) wurde Meilenstein II in **TA1.2** erfolgreich abgeschlossen.

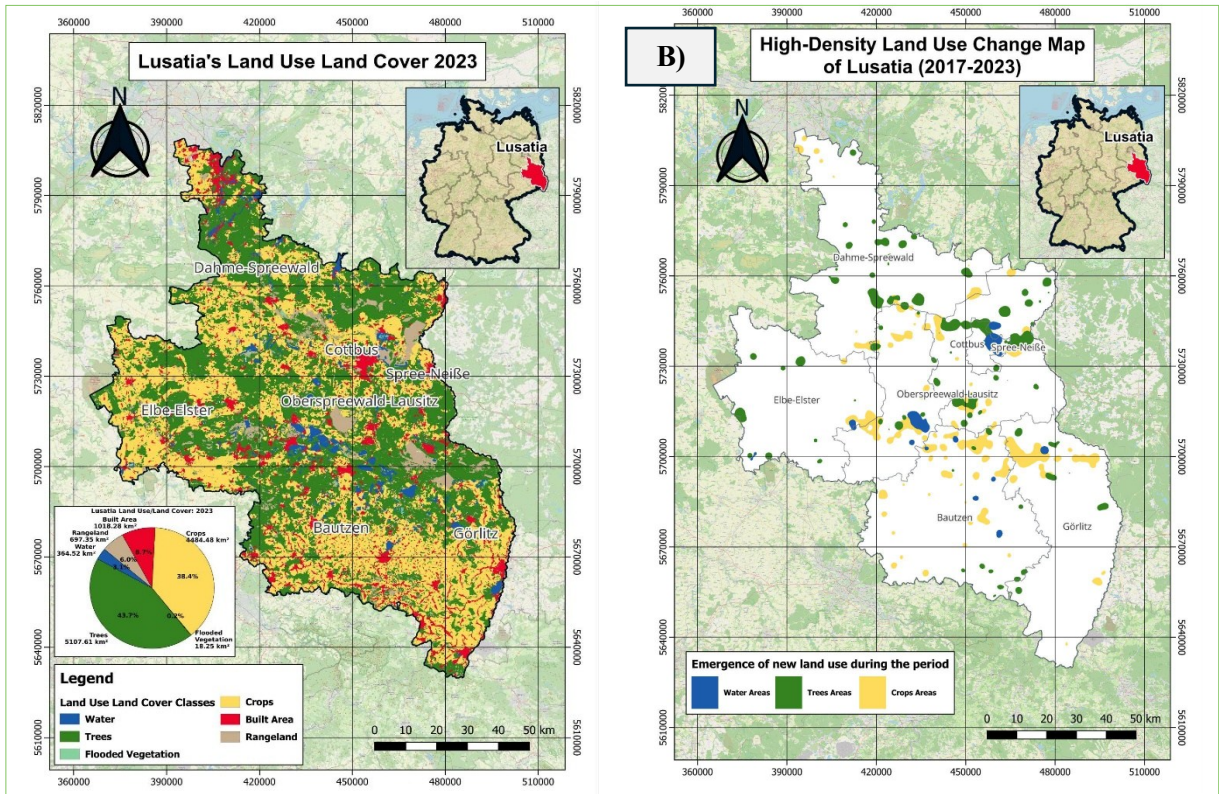


Abb. 3 Statische Kartenprodukte über: A) die Landnutzung in der Lausitz in 2023. Die Karte zeigt folgende Landschaftselemente: Wasser, Bäume, überflutete Vegetation, Nutzpflanzen, versiegelte Flächen, Weideland; B) Cluster mit räumlichen Konzentrationen der Kategorien Wasser, Bäume und Nutzpflanzen. Datenquelle: ESRI LULC (© Esri, Impact Observatory, Microsoft). Basiskarte: OpenStreetMap © OSM contributors, CC BY-SA 4.0. Gebietsgrenze: eigene Erstellung.

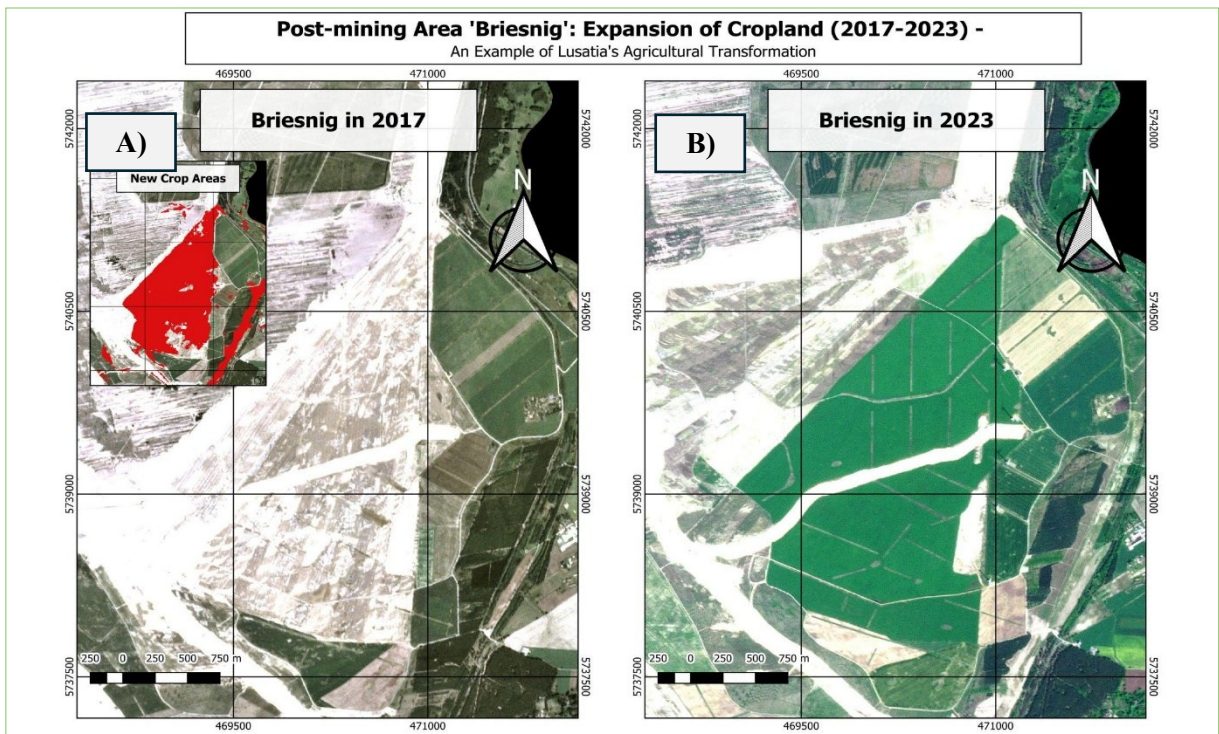


Abb. 4 Landnutzungs-/ Landbedeckungskarte von Briesnig in der Lausitz nach LULC-Daten aus ESRI für A) 2017 inklusive dynamisch veränderte Flächenanteile und B) für 2023. Datenquelle: ESRI Land Use/Land Cover (© Esri, Impact Observatory, Microsoft). Basiskartenmaterial: PlanetScope-Satellitenbilddaten © Planet Labs PBC (Nutzung im Rahmen einer akademischen Lizenz / Education & Research Program).

In **TA1.2** wurde zusätzlich in Zusammenarbeit mit **AP3** und BTU Cottbus eine interaktive Routenkarte entwickelt, um eine Fahrradrouten darzustellen, die attraktive Orte und tourismusrelevante Infrastruktur in der Lausitz miteinander verbindet. Die Route, die offiziell den Namen „Kühle Spur“ trägt, wurde als erstes Konzept in **AP3** und im gesamten Projekt entwickelt (mehr Informationen dazu befinden sich im Schlussbericht von **AP3**). Die Arbeit von **AP1** bei der Entwicklung der „Kühlen Spur“ bestand darin, die thematischen Ebenen und einzelne Kartenkomponenten nach den Analysen in **TA1.2** und Meilenstein I und in **TA1.2** für Meilenstein II in das Konzept einfließen zu lassen. Die Interpretation der Klimaanpassung wurde insbesondere durch die Integration von Informationen zu thermischen Hot- und Coolspots von **AP1** unterstützt. Die interaktive Karte der „Kühlen Spur“ lässt nicht nur für den Fahrradtourismus relevante Infrastrukturelemente (u.a. Trinkwasserstellen, Gewässer, Cafés, öffentliche Toiletten, Fahrradabstellplätze), sondern auch Hot- und Coolspots einblenden. Hiermit wurde Meilenstein III erfolgreich abgeschlossen.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Alle Ausgaben in **AP 1** waren direkt mit dem Projekt LIL-KliBioTo verbunden und unabdingbar, um die Ziele des Projektes zu verwirklichen. Die Personalkosten wurden für den Doktoranden Konlavach Mengsuwan verwendet, der alle Aufgaben in **AP 1** koordinierte und durchführte. Diese Aufgaben umfassten u.a. die Organisation und Durchführung von Felduntersuchungen, Datenerhebungen, Analysen und Interpretationen sowie die Erstellung von kartografischen Ergebnissen. Im Rahmen des Projektes wurden drei Hand-Wärmebildkameras für die thermische Überwachung der Bodenoberfläche auf Augenhöhe beschafft. Für die Durchführung von Datenerfassungen im Feld in den Jahren 2023 und 2024 wurden Drohnen und Expert:innen eines externen Dienstleisters verwendet (Robopics GmbH), die thermische/RGB-hochauflösende Aufnahmen von der Oberfläche erfasst haben. Ein weiterer Auftrag an Robopics GmbH wurde im Sommer 2024 vergeben, um die thermischen Bedingungen entlang verschiedener Radwegtypen in der Lausitz auf die gleiche Weise wie in **1.3** und **2.1** aufzunehmen. Ausgaben in **AP 1** wurden außerdem für die Teilnahme an der EGU-Konferenz (European Geosciences General Assembly) im Frühjahr 2025 getätigt (siehe **2.6**). Weitere Ausgaben wurden für Dienstreisekosten für die Teilnahme an Projektmeetings, Projektworkshops sowie Fahrten im Rahmen der Feldkampagnen getätigt.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das ZALF, vertreten durch Konlavach Mengsuwan und Prof. Masahiro Ryo in **AP 1**, planten, koordinierten, führten durch und analysierten alle Daten nach dem ursprünglich Projektantrag. **AP 1** nahm regelmäßig an den monatlichen Projekttreffen teil und war aktiv beteiligt an allen Treffen mit Stakeholdern, dem Beirat sowie an LIL-Vollversammlungen und der Öffentlichkeitsarbeit im gesamten Projekt. Aus der geleisteten Arbeit in AP entstand eine solide wissenschaftliche Grundlage für mehrere peer-reviewed Publikationen (siehe **2.6**).

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

AP 1 leistete Innovationsarbeit im Feld der Datensammlung, -aufarbeitung und -nutzung für die Lausitz. Die in **AP 1** erzielten wissenschaftlichen Erkenntnisse (siehe **2.6**) sind mittel- bis langfristig eine Grundlage für die Bioökonomie in der Lausitz. Die Identifizierung von Hot- und Coolspots dient der Landwirtschaft und dem Tourismus als Grundlage, anhand derer z. B. Standorte ausgemacht werden, die für eine landwirtschaftliche Produktion oder naturnahen Fahrradtourismus ökonomisch nachteilig sind. Andersherum verbindet die Karte Standorte, die eine Tourismusattraktivität im Sommer aufzeigen. Die interaktive Karte der Fahrradrouten „Kühle Spur“ vereinbart zudem die Aufnahme von landwirtschaftlichen Betrieben mit eigenem Hofladen und ggf. einer Besenwirtschaft sowie anderen touristischen Attraktionen.

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

Während der Projektdurchführung beobachteten wir an anderen Institutionen in den für AP 1 relevanten Fachbereichen kontinuierliche methodische Fortschritte, vor allem durch wissenschaftliche Literatur, Konferenzbeiträge und den Austausch innerhalb der breiteren Innovationslandschaft der Lausitz (LIL-Netzwerk). Diese Entwicklungen bestimmten zwar nicht direkt unseren Arbeitsablauf, flossen jedoch in die Gestaltung unserer methodischen Entscheidungen und die Bewertung der Durchführbarkeit verschiedener Analyseoptionen ein.

Erstens hat sich die thermische Multiskalen-Überwachung zunehmend als Standardansatz etabliert: Satellitengestützte Produkte zur Landoberflächentemperatur (LST) werden häufig für regionale Screenings genutzt, während thermische drohnengestützte Aufnahmen zunehmend eingesetzt werden, um lokalisierte thermische Heterogenität auf der Ebene einzelner Landschaftselemente zu erfassen (Li *et al.* 2023). Diese Entwicklung stärkte das Multi-Plattform-Konzept des Projekts, hob aber gleichzeitig typische praktische Einschränkungen von Drohnenkampagnen hervor (z. B. Logistik, Wetterabhängigkeit, begrenzte zeitliche Wiederholbarkeit) (Mohsan *et al.* 2023). Zweitens wurde uns bewusst, dass das Interesse an der Einbeziehung von Baumkronenstruktur- und Baumschattenparametern in die Bewertung des Mikroklimas und der Hitzeexposition zunimmt. Es wird zunehmend über Ansätze berichtet, die LiDAR-basierte Daten zur Kronenhöhe/-bedeckung und/oder bildbasierte Interpretationen von Schattenmustern nutzen, um die Kühlwirkung von Bäumen, Hecken und linearer grüner Infrastruktur zu quantifizieren (Qin *et al.* 2022, Ibsen *et al.* 2024, Bas 2025). Diese Ausrichtung steht im Einklang mit unserem eigenen Schwerpunkt auf baumbedingten Kühl- und Schatteneffekten entlang von Radwegen und untermauert die Relevanz eines segmentationsbasierten Arbeitsablaufs für Vergleiche der Oberflächentemperaturen in schattigen und nicht schattigen Bereichen. Drittens baut die breitere Fernerkundungsgemeinschaft die Nutzung hochdimensionaler Erdbeobachtungsdaten (z. B. hyperspektrale Missionen und zugehörige Produkte) zur Charakterisierung des Vegetationszustands und der Bodenbedeckung weiter aus (Zeng *et al.* 2022, Juola *et al.* 2024). Innerhalb des LIL-Bündnisses tauschten wir Informationen mit monitoringorientierten Initiativen (z. B. Projekt LauMon) über potentielle künftige EO-Produkte und laufende drohnenbasierte Erhebungen (einschließlich hyperspektraler Drohnenkampagnen) aus. Dieser Austausch diente hauptsächlich der kontextuellen Orientierung; eine direkte operative Zusammenarbeit wurde nicht etabliert, da unsere Standortauswahl für AP 1 und der Zeitpunkt der Erhebungen in erster Linie von der Vielfalt der Landschaftstypen bestimmt wurden. Viertens wurden erhebliche Fortschritte bei der KI-basierten Geodatenanalyse verzeichnet, darunter (1) verbesserte Arbeitsabläufe für die Kartierung der Landnutzung und Bodenbedeckung sowie für die Erkennung von Veränderungen und (2) leichter zugängliche Segmentierungsmethoden für die Bildauswertung (Digra *et al.* 2022, Bai *et al.* 2023). Insbesondere das Aufkommen und die rasche Verbreitung von universellen Basis-Segmentierungsmodellen hat die Machbarkeit einer halbautomatischen Extraktion von Landschaftskomponenten aus Bilddaten erhöht (Carion *et al.* 2025, Xiao *et al.* 2025). Gleichzeitig betonen Literatur und Praxis, dass eine robuste Anwendung in neuen Domänen in der Regel zusätzliche Validierung und Qualitätskontrolle erfordert (z. B. Genauigkeitsbewertung und Konsistenzprüfungen), was eine relevante Überlegung für operative Projektabläufe darstellt (Lyu *et al.* 2025).

Insgesamt bestätigten die an anderen Institutionen beobachteten Entwicklungen die allgemeine Ausrichtung des Projekts – thermische Multiskalen-Überwachung, auf Baumkronen und Baumschatten basierende Abkühlungsbewertung sowie KI-gestützte räumliche Analyse – und unterstrichen zugleich die Notwendigkeit pragmatischer, qualitätskontrollierter Arbeitsabläufe und einer realistischen Abgrenzung bei der Anwendung fortschrittlicher Methoden auf anwendungsbezogene Planungsfragen.

Verwendete Literatur:

- Bai, T., Wang, L., Yin, D., Sun, K., Chen, Y., Li, W., and Li, D., 2023. Deep learning for change detection in remote sensing: a review. *Geo-spatial Information Science*, 26 (3), 262–288.
- Bas, N., 2025. Developing Scenario Model to Create Thermal Comfort City Using LiDAR Data. *Russian Meteorology and Hydrology*, 50 (10), 894–909.
- Carion, N., Gustafson, L., Hu, Y.-T., Debnath, S., Hu, R., Suris, D., Ryali, C., Alwala, K.V., Khedr, H., Huang, A., Lei, J., Ma, T., Guo, B., Kalla, A., Marks, M., Greer, J., Wang, M., Sun, P., Rädle, R., Afouras, T., Mavroudi, E., Xu, K., Wu, T.-H., Zhou, Y., Momeni, L., Hazra, R., Ding, S., Vaze, S., Porcher, F., Li, F., Li, S., Kamath, A., Cheng, H.K., Dollár, P., Ravi, N., Saenko, K., Zhang, P., and Feichtenhofer, C., 2025. SAM 3: Segment Anything with Concepts.
- Digra, M., Dhir, R., and Sharma, N., 2022. Land use land cover classification of remote sensing images based on the deep learning approaches: a statistical analysis and review. *Arabian Journal of Geosciences*, 15 (10), 1003.
- Ibsen, P.C., Crawford, B.R., Corro, L.M., Bagstad, K.J., McNellis, B.E., Jenerette, G.D., and Diffendorfer, J.E., 2024. Urban tree cover provides consistent mitigation of extreme heat in arid but not humid cities. *Sustainable Cities and Society*, 113, 105677.
- Juola, J., Hovi, A., and Rautiainen, M., 2024. Comparison of contemporaneous Sentinel-2 and EnMAP data for vegetation index-based estimation of leaf area index and canopy closure of a boreal forest. *European Journal of Remote Sensing*, 57 (1), 2432975.
- Li, Z., Wu, H., Duan, S., Zhao, W., Ren, H., Liu, X., Leng, P., Tang, R., Ye, X., Zhu, J., Sun, Y., Si, M., Liu, M., Li, J., Zhang, X., Shang, G., Tang, B., Yan, G., and Zhou, C., 2023. Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition, Methods, Products, and Applications. *Reviews of Geophysics*, 61 (1), e2022RG000777.
- Lyu, S., Zhao, Q., Zhou, Z., Li, M., Zhou, Y., Yao, D., Cheng, G., Zhou, H., and Shi, Z., 2025. Deep Learning Based Domain Adaptation Methods in Remote Sensing: A Comprehensive Survey.
- Mohsan, S.A.H., Othman, N.Q.H., Li, Y., Alsharif, M.H., and Khan, M.A., 2023. Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*, 16 (1), 109–137.
- Qin, Y., Zhang, X., Tan, K., and Wang, J., 2022. A review on the influencing factors of pavement surface temperature. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (45), 67659–67674.
- Xiao, A., Xuan, W., Wang, J., Huang, J., Tao, D., Lu, S., and Yokoya, N., 2025. Foundation Models for Remote Sensing and Earth Observation: A survey. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 13 (4), 297–324.
- Zeng, Y., Hao, D., Huete, A., Dechant, B., Berry, J., Chen, J.M., Joiner, J., Frankenberg, C., Bond-Lamberty, B., Ryu, Y., Xiao, J., Asrar, G.R., and Chen, M., 2022. Optical vegetation indices for monitoring terrestrial ecosystems globally. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3 (7), 477–493.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen und Ergebnisse

Veröffentlichte Open-Access peer-reviewed Manuskripte im Rahmen von AP 1:

- I. **Ryo, M.**, Schiller, J., Stiller, S., Rivera-Palacio, J. C., **Mengsuwan, K.**, Safonova, A., & Wei, Y. (2022). Deep learning for sustainable agriculture needs ecology and human involvement. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. <https://doi.org/10.1002/sae2.12036>
- II. **Mengsuwan, K.**, Rivera-Palacio, J. C., & **Ryo, M.** (2024). ChatGPT and general-purpose AI count fruits in pictures surprisingly well without programming or training. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100688. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100688>
- III. Roy, A., Thielemann, L., **Ryo, M.**, Rivera-Palacio, J. C., **Mengsuwan, K.**, & Grahmann, K. (2026). Scalable computer vision-based assessment of bait lamina sticks to quantify soil fauna activity. *Ecological Indicators*, 182, 114593. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114593>

Veröffentlichte Konferenzbeiträge im Rahmen von AP 1:

- IV. **Mengsuwan, K.**, & **Ryo, M.** (2025). *Ground-level land surface classification and thermal analysis using foundation models*. EGU General Assembly 2025, EGU25-7220 (updated 14 Mar 2025). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-7220>
- V. **Mengsuwan, K.**, & **Ryo, M.** (2024). *ChatGPT and general-purpose AI count fruits in pictures surprisingly well without programming or training*. KIDA-KON 2024: AI for Research in Food, Agriculture and Environment (poster presentation). (*related methodological contribution*)