
Internationales Forschungsprojekt GeoSen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil I: Kurzbericht

Zuwendungsempfänger: CORAmaps GmbH	Förderkennzeichen: 01DS22003B
Vorhabenbezeichnung: Verbundvorhaben: Künstliche Intelligenz und Geodaten zur Sensibilisierung für eine zukunftsfähige räumliche Entwicklung (GeoSen) Teilvorhaben: Entwicklung von Algorithmen zur Analyse von Fernerkundungsdaten mittels KI-Methoden	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2022 – 30.06.2024	

1. Aufgabenstellung sowie wissenschaftlich und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Die CORAmaps GmbH entwickelt in ihrem Teilvorhaben eine KI-basierte Methode zur Analyse planungsrelevanter Landbedeckungsinformationen aus Fernerkundungsdaten. Neben der Programmierung ist sie für die Datenprozessierung, -speicherung und -bereitstellung verantwortlich und beteiligt sich am fachlichen Austausch im Projekt und in Workshops. Das Projekt umfasst fünf Arbeitspakete: Zunächst werden in Hessen und Rheinland-Pfalz räumliche Validierungsdaten erfasst (AP 1), während CORAmaps KI-Algorithmen zur Analyse der Fernerkundungsdaten entwickelt und validiert (AP 2). Auf Basis dieser Ergebnisse werden Fokusgebiete identifiziert, in denen mit regionalen Partnern konkrete Anforderungen an ein WebGIS festgelegt werden (AP 3). Diese Anforderungen fließen in die Entwicklung eines WebGIS (AP 4), das in Planspielworkshops getestet und weiterentwickelt wird (AP 5).

CORAmaps übernimmt die technische Umsetzung, insbesondere die Vorprozessierung der Fernerkundungsdaten und die Entwicklung spezialisierter KI-Methoden zur automatisierten Landbedeckungsdetektion und -veränderung. Fortschritte in der Fernerkundung und KI eröffnen neue Möglichkeiten für die Raumbewertung (BMEL 2020: 6; Eichfuss et al. 2021: 28) insbesondere hinsichtlich der Erfassung dynamischer Entwicklungen, doch aktuelle Monitoring-Systeme erfassen Veränderungen oft nur grob und mit Verzögerung (IÖR o.J.). Automatisierte Auswertungen öffentlicher und kommerzieller Satellitendaten könnten Planungsprozesse in Zukunft effizienter gestalten (Eichfuss et al. 2021: 28-30). KI-basierte Verfahren werden zunehmend als wertvolles Instrument zur Handhabung großer Datenmengen in der räumlichen Planung betrachtet, obwohl ihr Einsatz in Deutschland noch am Anfang steht (Güleş und Schweitzer 2021: 12,17, 22). Insbesondere im Bereich der Stadtentwicklung und des Monitorings könnte KI zukünftig eine zentrale Rolle spielen (Dettweiler et al. 2021).

2. Ablauf des Vorhabens

Das Projekt GeoSen zielte auf die Entwicklung intelligenter Standortanalysen und die Überwachung des Naturschutzes durch den Einsatz von KI und digitalen Tools ab.

In Arbeitspaket 1 (AP 1) führte CORAmaps erste Analysen zur Automatisierung von Standortfaktoren durch und bewertete die Machbarkeit großflächiger Analysen. Optische und Radarsatellitendaten

wurden auf ihre Eignung getestet und als geeignet für die automatisierte Datenerfassung bestätigt. Zudem wurde die Erfassung von Naturschutzthemen wie Mähereignissen auf Grünlandflächen und Trockenheitsphasen durch Fernerkundungsdaten präzisiert.

Arbeitspaket 2 (AP 2) konzentrierte sich auf die technische Implementierung und Aufbereitung der Daten für maschinelle Verarbeitung. Satellitendaten der Missionen „Landsat“ und „Sentinel“ sowie hochauflösende kommerzielle Daten wurden bezogen und auf einem dedizierten Prozessierungsserver gespeichert. Umfangreiche Vorprozessierungsschritte wie „Apply Orbit File“ und „Thermal Noise Removal“ wurden durchgeführt, um die Daten als „Analysis-Ready-Data“ für KI-basierte Analysen vorzubereiten. CORAmaps führte erste maschinelle Analysen in Untersuchungsgebieten in Deutschland und Polen durch, wobei die KI weiter angepasst wurde, um eine effektive Nutzung der zusätzlichen hochauflösenden Daten sicherzustellen. Als Ergebnis konnte die Landbedeckungsklassifikation erfolgreich durchgeführt werden.

In Arbeitspaket 3 (AP 3) unterstützte CORAmaps die Festlegung von Fokusgebieten und die Definition von Anforderungsprofilen. Erfahrungen aus vorhergehenden Datenanalysen und technische Machbarkeitsstudien flossen in die Auswahl geeigneter Analysetools ein. Marktstudien und Workshops dienten zur Prüfung der wirtschaftlichen Verwertbarkeit und zur präzisen Definition der spezifischen Anforderungen an die Tools.

In Arbeitspaket 4 (AP 4) wurde auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse ein Konzept für ein Web-GIS zur nutzerfreundlichen Visualisierung der Analyseergebnisse erstellt. CORAmaps setzte dies durch die Entwicklung von Tools zur Detektion verschiedener Landnutzungsformen um. Diese Tools, etwa zur Erkennung von Grünland und Anbauintensität, wurden intern validiert und für die externe Erprobung in Workshops im Rahmen von AP 5 vorbereitet. Parallel dazu wurden entgegen der ursprünglichen Arbeitsplanung ein Web-GIS entwickelt um die Durchführung der Workshops zu gewährleisten.

In Arbeitspaket 5 stand die Testphase der Tools im Vordergrund, in der die entwickelten Analysetools mit externen Nutzergruppen validiert und abschließend optimiert wurden.

3. Wesentliche Ergebnisse

Das Vorhaben zeigte, dass KI-Technologien und digitale Tools entscheidende Beiträge zur ländlichen Entwicklung leisten können. Ein Abgleich der Anforderungen durch Planungsbehörden mit den technischen Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz und der genutzten Satellitendaten bildete die Basis für die Projektausrichtung. CORAmaps überführte definierte Indikatoren in maschinenlesbare Datenformate und identifizierte die notwendigen Fernerkundungsdaten. Mithilfe einer eigens entwickelten KI wurden Satellitendaten zur Klassifikation von Landbedeckung erfolgreich ausgewertet und Algorithmen zur Analyse der Fernerkundungsdaten programmiert. Die experimentelle Analyse dieser Datenquellen und Algorithmen ermöglichte eine automatisierte und präzise Landnutzungsanalyse und -überwachung.

Ein Web-GIS wurde entwickelt, um die Monitoring-Tools für Endanwender zugänglich zu machen, die damit eine datenbasierte und kontinuierliche Beobachtung ländlicher Veränderungen durchführen können. Die Plattform und Monitoring-Tools wurden in Workshops in Deutschland und Polen vorgestellt, erfolgreich getestet und weiter optimiert. Damit erhielten KMUs und regionale Planungsakteure eine effiziente Grundlage für Entscheidungen in der Raumplanung. Die Ergebnisse zeigen, dass eine kontinuierliche, KI-gestützte Analyse von Fernerkundungsdaten nachhaltige Entwicklungsprozesse in ländlichen Gebieten datenbasiert unterstützen und verbessern kann.

Internationales Forschungsprojekt GeoSen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil II: Eingehende Darstellungen

Zuwendungsempfänger: CORAmaps GmbH	Förderkennzeichen: 01DS22003B
Vorhabenbezeichnung: Verbundvorhaben: Künstliche Intelligenz und Geodaten zur Sensibilisierung für eine zukunftsfähige räumliche Entwicklung (GeoSen) Teilvorhaben: Entwicklung von Algorithmen zur Analyse von Fernerkundungsdaten mittels KI-Methoden	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2022 – 30.06.2024	

1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

- Radarsatelliten- und optische Daten ermöglichten eine großflächige, automatische Merkmalsidentifikation. Radardaten bieten den Vorteil, wetterunabhängig zu arbeiten, und optische Daten von kommerziellen Anbietern liefern besonders detaillierte Informationen.
- Künstliche Intelligenz wurde erfolgreich zur Erkennung von Mähereignissen und Trockenheit auf Grünflächen eingesetzt, wodurch landwirtschaftliche Einflüsse auf geschützte Flächen überwacht und naturschonende Maßnahmen unterstützt werden können.
- Die Entwicklung einer skalierbaren Serverarchitektur ermöglichte eine effiziente Verarbeitung umfangreicher Datenmengen und stellte eine hohe Verarbeitungsleistung zur Verfügung, die künftige Anforderungen und erweiterte Datennutzungen abdeckt.
- Daten aus verschiedenen Satelliten wurden zu „Analysis-Ready-Data“ harmonisiert und mosaikiert, was die Datennutzung für Analysen optimierte und damit eine Grundlage für präzise maschinelle Lernprozesse schuf.
- Die entwickelten Algorithmen ermöglichten die präzise Klassifikation und Erkennung von Landnutzungsformen sowie die Identifizierung spezifischer Vegetations- und Bebauungstypen, was eine detaillierte Landnutzungsüberwachung unterstützt.
- Ein modular aufgebautes Web-GIS wurde entwickelt, das verschiedene Analysewerkzeuge integriert und die Nutzerbedürfnisse abdeckt. Interaktive Karten und Diagramme bieten vielfältige Visualisierungsmöglichkeiten.
- Rückmeldungen aus Workshops mit verschiedenen Planungsakteuren führten zu Verbesserungen der Benutzerfreundlichkeit und Funktionalität der Tools, wodurch die praktische Relevanz und langfristige Nutzbarkeit der entwickelten Werkzeuge sichergestellt wurde.

2. Ausgangslage und Forschungsstand im Kontext von GeoSen

Das Projekt GeoSen befasste sich mit der Entwicklung und Anwendung von Algorithmen zur Landbedeckungsklassifikation aus Satellitendaten, um verschiedene landwirtschaftliche und ökologische Fragestellungen zu adressieren. Insbesondere sollte die Klassifikation von

Landbedeckung und deren zeitliche Veränderungen durch die Nutzung von Fernerkundungsdaten automatisiert und präzise erfolgen, um den Bedarf an aktuellen und verlässlichen Daten für Kreise und Gemeinden zu decken. Die Anwendung dieser Technologien ist von zentraler Bedeutung, um naturräumliche Flächen zu evaluieren und zu optimieren, und dabei gleichzeitig eine nachhaltige Landnutzung zu fördern.

Ein relevanter Forschungsbereich, der als Grundlage für GeoSen diene, ist das Projekt Most 3D, das von der Universität Gießen in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) durchgeführt wurde. In diesem Projekt wurde ein Monitoring-System entwickelt, das mithilfe von 3D-Laserscanningdaten den Zustand von Streuobstwiesen bewertet. Diese Technologie hat sich als nützlich erwiesen, um detaillierte Informationen über die Vegetation und den Zustand von spezifischen Landschaftsformen zu gewinnen. Für GeoSen war eine ähnliche Technologie denkbar, jedoch zielt das Projekt auf die Nutzung von Satellitendaten ab, die in regelmäßigen Intervallen verfügbar sind und eine flächendeckende Analyse ermöglichen. Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von Fernerkundungstechnologien ist die Entwicklung des Solarkatasters Hessen, einer interaktiven GIS-Anwendung zur Identifikation geeigneter Flächen für Photovoltaikanlagen. Hier wird ebenfalls Fernerkundung genutzt, um die Eignung von Dachflächen für Solarinstallationen zu bewerten. Allerdings wurde der Fokus von GeoSen auf die Analyse des ländlichen Bereichs gelegt und daher spielte die Erkennung von Gebäudestrukturen und technischen Bauteilen nur eine untergeordnete Rolle.

Ein zentrales Thema in der Fernerkundung ist die Landbedeckungsklassifikation. Diese umfasst die Kategorisierung von Landflächen in verschiedene Landnutzungsklassen wie Wald, Landwirtschaftsflächen, Gewässer oder städtische Gebiete. Die Ableitung solcher Klassifikationen aus Fernerkundungsdaten stellt ein etabliertes Forschungsthema dar, das in vielen Projekten untersucht wurde, wie beispielsweise im DeCover-Projekt, einer Erweiterung des GMES-Systems, oder im Landbedeckungsmodell des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG). Diese Systeme bieten eine grundlegende Klassifikation der Landbedeckung, die jedoch in der Regel statisch ist und keine zeitlichen Veränderungen berücksichtigt. Das Projekt GeoSen ging einen Schritt weiter, indem es sich nicht nur auf die Klassifikation von Landbedeckung konzentrierte, sondern auch die zeitlichen Veränderungen der Landnutzung und -bedeckung mithilfe von Fernerkundungsdaten erfasste. Hierfür kamen Methoden des maschinellen Lernens und der Bildanalyse zum Einsatz, die es ermöglichen, aus Satellitenbildern präzise und automatisierte Klassifikationen zu erzeugen.

Ein weiterer relevanter Forschungskontext für GeoSen ist das Projekt FernVE (Fernvermessung für die landesweite Erfassung von Geotopographieveränderungen), das sich mit der Nutzung von Fernerkundungsdaten zur Aktualisierung von Geotopographiedaten beschäftigt. Dieses Projekt zeigt, wie Fernerkundungstechnologien für die Aktualisierung von amtlichen Geodaten verwendet werden können, was auch für GeoSen von Interesse war, um beispielsweise Veränderungen in der Landnutzung zu überwachen. Jedoch verfolgt GeoSen einen engeren, regionalen Ansatz und konzentriert sich auf die Entwicklung von Anwendungen, die gezielt für Kreise und Gemeinden genutzt werden können.

Die Kombination dieser verschiedenen Ansätze und Technologien bildete die Grundlage für das Projekt GeoSen. Die Ergebnisse bieten die Möglichkeit, eine Vielzahl von ökologischen und landwirtschaftlichen Fragestellungen zu beantworten und gleichzeitig die effiziente Nutzung von Fernerkundungsdaten zur Unterstützung der kommunalen und regionalen Planung zu fördern. Die

Implementierung solcher Technologien und Algorithmen hat das Potenzial, zur nachhaltigen Nutzung von Flächen und zur Förderung innovativer Projekte und des ländlichen Raums beizutragen.

3. Durchgeführte Arbeiten

AP 1: In Bezug auf die durch Deep-Learning-Modelle (DLM) erkannten Anwendungsbereiche in der Standortanalyse von Agri-PV-Anlagen wurde eine Vielzahl relevanter Faktoren als entscheidend identifiziert, darunter Feldschlagsgeometrien, Flächengrößen und -ausrichtungen sowie die Historie der angebauten Feldfrüchte. Diese Faktoren spielen eine zentrale Rolle in der Planung und Effizienzsteigerung von Agri-PV-Anlagen, da sie die optimale Platzierung und Anordnung der Paneele in Abhängigkeit von landwirtschaftlichen Gegebenheiten bestimmen können. Das Unternehmen CM unterstützte das Forschungsprojekt durch die Durchführung erster Analysen im Hinblick auf die Automatisierung mittels Künstlicher Intelligenz (KI) zur Erfassung dieser Standortfaktoren und eine Einschätzung zur Durchführbarkeit einer großflächigen Analyse.

Eine wesentliche Rolle spielte dabei der Einsatz von Satellitendaten, um eine flächendeckende und automatisierte Erfassung der Merkmale zu gewährleisten. Hierbei wurden sowohl Radarsatellitendaten als auch optische Satellitendaten auf ihre Eignung getestet. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass beide Datentypen für die automatische Merkmalsidentifikation geeignet sind und großflächig angewendet werden können. Ein Vorteil der Radardaten liegt darin, dass sie wetterunabhängig arbeiten, während optische Satellitendaten, die hochauflösende kommerzielle Anbieter oft täglich bereitstellen können, eine ebenfalls wertvolle Informationsquelle bieten. Da die Flächenmerkmale wie Geometrie und Größe sich über längere Zeiträume kaum verändern, ist eine regelmäßige Aktualisierung meist nicht notwendig, was wiederum den Einsatz dieser Daten aus wirtschaftlicher Sicht attraktiv macht.

Ein weiteres zentrales Thema in der Analyse war der Natur- und Artenschutz, speziell im Hinblick auf mögliche Veränderungen in der Nutzungsintensität von Landschaftsschutzflächen, der Biodiversität in Naturschutzgebieten sowie der Beeinträchtigung von Lebensräumen geschützter Tierarten. CM führte hierbei eingehende Recherchen durch, um Möglichkeiten zur Erfassung und Auswertung dieser Umweltfaktoren mittels Fernerkundungsdaten zu identifizieren. Insbesondere der Einsatz von KI zur Erkennung von Mähereignissen auf Grünlandflächen sowie die Analyse von Trockenheitsereignissen erwies sich als vielversprechend. Durch präzise Detektion von Mähintervallen und Trockenzuständen kann der Einfluss landwirtschaftlicher Praktiken auf Naturschutzflächen überwacht werden, was zur Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft beiträgt.

Im Bereich der Siedlungserweiterungen und -entwicklung wurden ebenfalls neue Erfassungsmethoden geprüft. Hierbei konnte CM potenzielle Erfassungsobjekte wie einzelne Gebäude, Verkehrsflächen und ganze Siedlungsbereiche identifizieren und hinsichtlich ihrer Detektierbarkeit durch Satellitendaten analysieren. Ein klarer Vorteil ergibt sich durch die Möglichkeit, Veränderungen in der Siedlungsstruktur zu erfassen und in Planungsprozesse zu integrieren. Da die Auflösung handelsüblicher Satellitendaten jedoch begrenzt ist, sind großflächige Standortanalysen vor allem für größere Bauprojekte und infrastrukturelle Entwicklungen geeignet. Hochauflösende kommerzielle Daten können jedoch zusätzliche Details liefern, um auch kleinteilige Veränderungen sichtbar zu machen.

AP 2: Arbeitspaket 2 des Projekts hat das Ziel, zentrale Daten bereitzustellen sowie Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) auf die in Arbeitspaket 1 identifizierten Themenfelder und Entwicklungspotenziale anzuwenden und zu validieren. Dies umfasst nicht nur die Erhebung und Bereitstellung der notwendigen Datenquellen, sondern auch die Installation und Konfiguration der Infrastruktur für deren Analyse und Verarbeitung. Die Arbeiten begannen mit der Einrichtung eines leistungsstarken Prozessierungsservers, der in Kombination mit einem großvolumigen Speicherbereich alle für die Standortanalyse und Auswertung relevanten Daten aufnimmt. Diese Serverstruktur wurde so eingerichtet, dass sie flexibel skaliert werden kann, um den variierenden technischen Anforderungen der KI-Anwendungen gerecht zu werden. Die Spezifikationen des Prozessierungsservers wurden initial ermittelt, bleiben jedoch flexibel anpassbar, um das System an künftige Erweiterungen und Datenaufkommen anzupassen.

Auf dem Prozessierungsserver wurden zunächst verschiedene Datenquellen hinterlegt, die eine umfassende Abdeckung des Projektgebietes und der zu untersuchenden Parameter bieten. Dazu gehören Satellitendaten der Missionen „Landsat“, „Sentinel-1“ und „Sentinel-2“, die großflächig und wiederkehrend Bilddaten der Erdoberfläche liefern. Zusätzlich wurden hochauflösende digitale Orthophotos der jeweiligen nationalen Vermessungsbehörden integriert, die besonders detaillierte Informationen zur Oberflächenbeschaffenheit bieten. Zudem lieferte der polnische Projektpartner Geomatic vorprozessierte Datensätze der Landsat- und Sentinel-2-Missionen, die eine verbesserte räumliche Auflösung von 7,5 bzw. 2,5 Metern aufweisen. Diese hochauflösenden Daten wurden über das Internet übertragen, was eine anschließende Integritätsprüfung erforderlich machte, um potenzielle Übertragungsfehler zu identifizieren und auszuschließen.

Ergänzend zu den kostenlosen Satellitendaten aus der Copernicus-Mission und den vorprozessierten Daten des Partners Geomatic wurden hochauflösende kommerzielle Satellitendaten erworben, um spezifische Anwendungsfälle in den definierten Fokusgebieten abzudecken.

Die Verarbeitung der Satellitendaten erforderte spezifische Vorprozessierungsschritte, insbesondere bei der Nutzung von Radardaten aus der Sentinel-1-Mission. Im Gegensatz zu multispektralen optischen Daten, die in der Regel nur minimale Nachbearbeitung benötigen, ist die Verarbeitung von Radardaten komplexer und umfasst mehrere Vorprozessierungsschritte. Auf dem Prozessierungsserver wurden die Radardaten mithilfe der Open-Source-Software ESA Sentinel Application Platform (SNAP) bearbeitet. Hierbei wurden Schritte wie „Apply Orbit File“, „Remove GRD Border Noise“, „Thermal Noise Removal“, „Calibration“ und „Terrain Correction“ angewendet, um geometrische und spektrale Verzerrungen zu korrigieren. Diese Maßnahmen sind notwendig, um die Radardaten in eine georeferenzierte und spektral kalibrierte Form zu bringen, die sich für die anschließende Analyse und die Anwendung von KI-Algorithmen eignet.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Datenaufbereitung war die Harmonisierung der verschiedenen Datensätze. Durch Mosaikbildung zusammengehörender Daten eines Aufnahmezeitpunktes und die Standardisierung auf ein einheitliches Koordinatensystem wurden die Daten in ein Format überführt, das als „Analysis-Ready-Data“ bezeichnet wird. Dies erleichterte die Weiterverarbeitung und erlaubte eine direkte Anwendung auf die Daten in den Analyseprozessen. Die Verfügbarkeit dieser harmonisierten Daten bildete somit die Grundlage für alle weiteren Arbeitsschritte und die erfolgreiche Anwendung der maschinellen Lernverfahren.

Ein Schwerpunkt des Arbeitspakets 2 war die Implementierung und Validierung von KI-Algorithmen zur Analyse der aufbereiteten Datenbasis. Diese Algorithmen wurden entwickelt, um eine automatisierte Klassifikation der Landbedeckung und ihrer Veränderungen zu ermöglichen, was für

eine Vielzahl der im Projekt bearbeiteten Fragestellungen von zentraler Bedeutung ist. Die im ersten Arbeitspaket identifizierten aktuellen Themenfelder der räumlichen Entwicklung in den Untersuchungsregionen wurden in einem iterativen Prozess aufgegriffen und die Anwendbarkeit der KI-Methoden auf die jeweiligen räumlichen Auflösungsgrade evaluiert. Die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse flossen in die Verbesserung und Anpassung der Algorithmen ein, um eine möglichst hohe Präzision und Effizienz der Detektionsmethoden sicherzustellen.

Parallel zur Anpassung und Optimierung der KI-Algorithmen wurde eine umfassende Integration der neu erworbenen hochauflösenden optischen Daten von Planet Lab PBC vorgenommen. Diese Daten bieten eine besonders hohe räumliche Auflösung und wurden auf dem Prozessierungsserver für spezifische Anwendungen in den Untersuchungsregionen integriert. Die zusätzliche Verfügbarkeit dieser detaillierten Bilddaten ermöglichte eine feinere Analyse und erlaubte es, spezifische Gebiete sowohl in Deutschland als auch in Polen mit höherer Genauigkeit zu untersuchen. Um die Analyseergebnisse zwischen den Regionen vergleichen zu können, wurde die KI für jede Region entsprechend der dort vorliegenden Daten und deren spezifischen Charakteristika kalibriert.

Die Validierung der entwickelten Klassifikationsalgorithmen nahm anschließend einen erheblichen Teil der Arbeiten ein. Die Klassifikationsalgorithmen wurden auf verschiedene Landbedeckungstypen und deren zeitliche Veränderungen angewendet, um eine konsistente und robuste Detektion zu ermöglichen. Die Validierungsprozesse brachten zahlreiche Erkenntnisse über die technischen Randbedingungen des Systems, insbesondere in Bezug auf Datenverarbeitungskapazitäten und die Optimierung der Prozesseffizienz. Trotz der erfolgreichen Implementierung führte der Validierungsprozess zu einer zeitlichen Verzögerung im Projektplan, da die Algorithmen mehrfach an die unterschiedlichen Erfassungsbedingungen angepasst werden mussten, um eine hohe Genauigkeit zu gewährleisten. Dank dieser Anpassungen und Verbesserungen konnte jedoch die Genauigkeit der Landbedeckungsklassifikation erheblich gesteigert werden, was letztlich den Gesamtfortschritt des Projekts positiv beeinflusste.

Ein weiterer Meilenstein von Arbeitspaket 2, die Entwicklung einer funktionstüchtigen KI-Detektionsmethode, konnte erfolgreich erreicht werden. Durch die umfassende Validierung und darauf aufbauende Anpassungen der Algorithmen wurde ein System geschaffen, das in der Lage ist, verschiedene Landbedeckungsklassen präzise zu erkennen und zu unterscheiden. Die implementierten Detektionsmethoden erlauben die Identifizierung spezifischer Vegetationstypen, baulicher Strukturen und anderer landschaftlicher Merkmale über mehrere Zeiträume hinweg, was wertvolle Einblicke in die Entwicklung der Landnutzung und die Dynamik der untersuchten Regionen ermöglicht.

Zusammenfassend bietet Arbeitspaket 2 somit eine umfassende Grundlage für die weitere Nutzung und Auswertung der Daten im Projektkontext. Die Verfügbarkeit einer harmonisierten Datenbasis in Kombination mit den validierten KI-Methoden stellte sicher, dass nachfolgende Analysen effizient und genau durchgeführt werden konnten. Die erreichten Fortschritte in der KI-gestützten Landbedeckungsklassifikation und deren Validierung ermöglichten eine automatisierte, großflächige Überwachung und Analyse, die als wertvolles Werkzeug für die räumliche Entwicklung, die Landnutzungsplanung und den Naturschutz eingesetzt werden kann.

AP 3: Im Rahmen des Arbeitspakets 3 (AP 3) unterstützte CORAmaps die präzise Festlegung der Fokusgebiete durch eine detaillierte Bewertung der technischen Umsetzbarkeit und Datenverfügbarkeit. Dabei wurden nicht nur Erfahrungswerte aus früheren Projekten und der Erhebung von Trainingsdaten herangezogen, sondern auch aktuelle Satellitendaten eingehend analysiert. Diese Daten waren jedoch teilweise witterungsabhängig, was eine kontinuierliche

Qualitätsbewertung erforderte, um die Analysen robust zu gestalten. Die Einbindung dieser Informationen half, realistische Erwartungen bezüglich der Datenqualität und der potenziellen Nutzung in den Fokusgebieten zu formulieren.

Zusätzlich half CORAmaps bei der Definition von Anforderungsprofilen durch die Erstellung von umfassenden Visualisierungen und die Durchführung von sowohl technischen als auch wirtschaftlichen Machbarkeitsstudien. In diesen Studien wurde neben der technischen Realisierbarkeit auch die wirtschaftliche Verwertbarkeit der entwickelten Methoden und Analysen untersucht, um sicherzustellen, dass das Projekt langfristig Nutzen generiert. Im Rahmen von Workshops bot CORAmaps zudem gezielte Unterstützung an, in denen Anwendungsbeispiele präsentiert und erste Analyseergebnisse als Demonstratoren visualisiert wurden. Dadurch konnten Projektpartner und weitere Stakeholder konkrete Eindrücke der geplanten Lösungen gewinnen, was die Entscheidungsfindung erleichterte und die weitere Ausrichtung des Projekts schärfte.

Beim Erreichen des Meilensteins 3 konnten die Fokusgebiete erfolgreich festgelegt und die Anforderungen an die benötigten Analysetools konkretisiert werden. Durch die frühzeitige Definition dieser Anforderungen wurde das Risiko einer zeitlichen Verzögerung minimiert. Besonders wertvoll war dabei die Expertise von CORAmaps in der Landnutzungsklassifizierung sowie in der Beurteilung der Durchführbarkeit satellitengestützter Analysen. Zusätzlich stellte CORAmaps technische Machbarkeitsstudien bereit, die als Entscheidungsgrundlage für die weiteren Projektschritte dienten.

AP 4: Im Rahmen von Arbeitspaket 4 wurde zunächst ein Konzept entwickelt, das die in den vorherigen Arbeitspaketen 2 und 3 gewonnenen Erkenntnisse aufgreift. Ziel war es, eine nutzerfreundliche Oberfläche für die Darstellung der Analyseergebnisse zu schaffen, die sowohl den Anforderungen der Nutzer als auch den technisch durchführbaren Analysen gerecht wird. Zu Beginn dieser Phase wurde eine umfangreiche Anforderungsanalyse durchgeführt, bei der Nutzergruppen befragt wurden, um deren spezifische Bedürfnisse zu verstehen. Diese Anforderungsanalyse half dabei, die Prioritäten zu setzen und die Entwicklung auf Funktionen zu fokussieren, die für den Arbeitsalltag der Nutzer besonders relevant sind.

Ein zentraler Bestandteil von AP 4 war die Konzeption und anschließende Entwicklung eines Web-GIS, das die maschinellen Detektionen der verschiedenen Analysen klar und intuitiv visualisiert. Hierbei musste intensiv abgewogen werden, welche Daten und Analyseergebnisse nutzerfreundlich dargestellt werden können, ohne die technische Leistungsfähigkeit des Systems zu beeinträchtigen. So entstand die Idee, die Benutzeroberfläche modular aufzubauen, sodass je nach Bedarf verschiedene Analyse-Tools aktiviert oder deaktiviert werden können. Diese Flexibilität erleichtert die Bedienung und ermöglicht es, den Fokus auf spezifische Anwendungsfälle zu legen.

Der Hauptschwerpunkt der Arbeiten lag insgesamt in diesem Arbeitspaket auf der eigentlichen Entwicklung einzelner Tools für die maschinelle Detektion und Analyse von Landnutzungsformen. Hierzu zählten die Entwicklung von Algorithmen zur KI-gestützten Erkennung von Grünlandflächen, Obstbäumen sowie die Analyse der Anbauintensität. Diese Analysen wurden gezielt daraufhin entwickelt, auch feingranulare Unterschiede erkennen zu können, wie etwa die Differenzierung zwischen extensiv und intensiv genutztem Grünland. Für die interne Validierung wurden Testdaten verwendet, die eigens hierfür generiert wurden, um die Robustheit der Algorithmen in unterschiedlichen geografischen und klimatischen Kontexten zu gewährleisten.

Zusätzlich zur Detektion und Visualisierung der Landnutzungsformen wurde weiterhin ein Tool entwickelt, das historische Daten zu Landnutzungsänderungen integriert. Dieses Tool ermöglicht es den Nutzern, Trends und Veränderungen über mehrere Jahre hinweg zu analysieren, was für Planungsprozesse und die Bewertung von Umweltveränderungen von entscheidender Bedeutung ist.

Die Visualisierungen wurden als interaktive Karten und Diagramme konzipiert, die den Anwendern eine intuitive Interpretation der Ergebnisse ermöglichen. Zu den Visualisierungsoptionen gehören beispielsweise Farbverläufe zur Anzeige der Anbauintensität, Symbolindikatoren zur Darstellung von Obstbaumvorkommen sowie Heatmaps für Gebiete mit besonders intensiver Nutzung. Diese Darstellungen ermöglichen es, potenzielle Problemzonen auf einen Blick zu erkennen und die Ergebnisse aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten.

Im Rahmen der Entwicklung des Web-GIS wurde entgegen der ursprünglichen Arbeitsplanung ein zusätzlicher Schwerpunkt auf die technische Infrastruktur gelegt, um die spätere Durchführung der Workshops (geplant im Rahmen von AP 5) zu unterstützen. Hierfür wurde die Plattform so entwickelt, dass sie auch eine größere Benutzerlast bewältigen kann, was besonders für die externe Erprobung in den Workshops wichtig ist und auch die Basis für einen späteren Produktbetrieb legt. Parallel dazu wurde ein Hilfesystem integriert, das durch Tutorials und Erläuterungen zu den Analysewerkzeugen die Einführung neuer Benutzer in die Bedienung des Systems erleichtert.

Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Integration der Analysetools in das Web-GIS. Die erfolgreiche Implementierung dieser Tools bildet die Grundlage für die bevorstehenden Workshops, in denen die Tools von externen Nutzergruppen getestet und validiert werden sollen. Die Umsetzung erforderte jedoch eine umfassende Qualitätssicherung, da die Algorithmen durch vielfältige Szenarien geprüft wurden, um ihre allgemeine Anwendbarkeit sicherzustellen. Die Tests und die ersten internen Rückmeldungen zeigten, dass die Tools in ihrer Form robust sind, wenngleich nach den durchgeführten Workshops weitere Anpassungen auf Basis des Nutzerfeedbacks erfolgten.

Um den Entwicklungsprozess reibungsloser zu gestalten, wurden agile Arbeitsmethoden angewandt. In wöchentlichen Meetings wurde die aktuelle Entwicklungsphase überprüft, auftretende Probleme wurden gemeinsam gelöst, und die nächsten Schritte wurden flexibel angepasst. Besonders hilfreich war die enge Zusammenarbeit zwischen den Entwicklern und den Fachexperten, die den Algorithmen ihre spezifischen Fachkenntnisse zur Verfügung stellten und somit maßgeblich zur Verbesserung der Detektionsergebnisse beitrugen.

Da der Meilenstein 4 die Fertigstellung der wichtigsten Analysetools und ihre Implementierung in das Web-GIS vorsieht, konnte dieser mit leichter Verzögerung im März 2024 erfolgreich erreicht werden. Diese Verzögerung war vor allem darauf zurückzuführen, dass zusätzliche Optimierungen an den Analysetools vorgenommen wurden, um die Effizienz der Algorithmen zu verbessern und sicherzustellen, dass die Daten in Echtzeit verarbeitet werden können. Dies ist besonders wichtig, um den Nutzern eine reibungslose und schnelle Datenanalyse zu ermöglichen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Arbeitspaket 4 eine Vielzahl an innovativen Tools und Visualisierungen hervorgebracht hat, die in den Workshops umfassend getestet wurden. Die entwickelten Tools bieten eine hohe Flexibilität und ermöglichen den Nutzern, detaillierte Einblicke in die Landnutzung und die Umweltveränderungen zu gewinnen. Insbesondere die interaktive Benutzeroberfläche und die vielfältigen Visualisierungsmöglichkeiten schaffen eine Plattform, die für eine breite Palette an Anwendungsszenarien geeignet ist. Durch die intensive Zusammenarbeit aller

Beteiligten und die umfassenden Validierungen der entwickelten Tools konnte die Basis für eine erfolgreiche Implementierung und spätere Nutzung der Ergebnisse gelegt werden.

AP 5: In Arbeitspaket 5 lag der Fokus auf der praktischen Erprobung der entwickelten Analysetools. In enger Abstimmung mit der DLM wurden Workshops geplant, in denen externe Nutzergruppen die Tools testen konnten. CORAmaps spielte hierbei eine entscheidende Rolle und übernahm die technische Unterstützung der Workshops, die sowohl in Deutschland als auch in Polen stattfanden. Die Workshops waren so gestaltet, dass verschiedene Benutzergruppen – darunter Raumplaner, Stadtplaner und regionale Umweltbehörden – die Anwendungen aus der Praxis heraus bewerten konnten.

Die Rückmeldungen aus diesen Workshops waren für die Weiterentwicklung der WebGIS-Plattform von zentraler Bedeutung. Die Nutzer identifizierten mehrere Optimierungsbedarfe, die sowohl die Benutzerfreundlichkeit als auch die technische Funktionalität betrafen. Hierzu gehörten Anpassungen der Benutzeroberfläche, die Integration zusätzlicher Filterfunktionen und die Verbesserung der Ladezeiten bei der Datenvisualisierung. CORAmaps unterstützte die Implementierung dieser Anpassungen und stellte sicher, dass alle identifizierten Anforderungen vollumfänglich umgesetzt wurden, um die Tools optimal an die Bedürfnisse der Anwender anzupassen.

Ein zentrales Ziel von AP 5 war es, die entwickelten Tools so zu gestalten, dass sie langfristig nicht nur das Produktportfolio der beteiligten kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) erweitern, sondern auch weiteren lokalen und regionalen Planungsakteuren zur Verfügung stehen. Mit einer ausreichend großen und vielseitigen Datenbasis bieten die Tools wertvolle Unterstützung für die räumliche Planung und tragen dazu bei, fundierte Entscheidungen auf lokaler und regionaler Ebene zu treffen, was die räumliche Entwicklung nachhaltig beeinflusst.

4. Schlussbetrachtung

Die abschließende Betrachtung des Projekts verdeutlicht die bemerkenswerten Fortschritte und die vielseitige Anwendung von Deep-Learning-Modellen (DLM) und Künstlicher Intelligenz (KI) in der modernen Landnutzungsanalyse. Die Erkenntnisse aus den ersten Arbeitspaketen, insbesondere der Einsatz von Satellitendaten zur Erfassung von Standortfaktoren und landwirtschaftlichen Praktiken, zeigen das große Potenzial für eine effizientere Planung. Durch den gezielten Einsatz von KI konnten wesentliche Parameter von landwirtschaftlichen Flächen und naturräumlichen Gebieten automatisiert erfasst und ausgewertet werden, was zu einer optimierten Nutzung der Flächen führt.

Die Integration von Satellitendaten und die damit verbundene Nutzung von Radardaten sowie hochauflösenden optischen Daten aus verschiedenen Missionen wie Sentinel-1 und Sentinel-2 haben sich als äußerst wertvoll herausgestellt. Insbesondere die Möglichkeit, Natur- und Artenschutzaspekte mithilfe von KI und Fernerkundung zu überwachen, stellt einen bedeutenden Fortschritt dar, der die nachhaltige Entwicklung von landwirtschaftlichen und naturschutzrelevanten Flächen fördert.

Die Entwicklung eines Web-GIS-Systems in Arbeitspaket 4, das benutzerfreundlich und flexibel gestaltet wurde, bietet den Nutzern eine intuitive Plattform zur Visualisierung und Analyse von Landnutzungsdaten. Die durchgeführten Workshops haben gezeigt, dass das System gut auf die

Bedürfnisse der Endanwender abgestimmt werden kann, was durch die direkte Integration von Feedback und die kontinuierliche Optimierung der Analysetools unterstrichen wird.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Projekt wertvolle Instrumente zur räumlichen Analyse und Planung geschaffen hat, die sowohl die Landnutzungseffizienz steigern als auch eine nachhaltige Entwicklung fördern. Die erfolgreiche Implementierung und Erprobung der entwickelten Analysetools bietet eine solide Grundlage für die zukünftige Nutzung und Anwendung in der regionalen und lokalen Planung.

5. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse des beschriebenen Forschungsprojekts eröffnen vielfältige Möglichkeiten für die Verwertung und wirtschaftliche Nutzung, da sie innovative Verfahren und Produkte für die KI-gestützte Analyse und Visualisierung großflächiger Geodaten hervorbringen. Im Folgenden wird dargestellt, wie diese Ergebnisse gewinnbringend eingesetzt werden können und welchen Nutzen sie den Anwendergruppen und der Gesellschaft bieten.

Nutzen der Forschungsergebnisse

Die entwickelten Verfahren und Produkte ermöglichen es, planungsrelevante Informationen automatisiert und in Echtzeit aus aktuellen Fernerkundungsdaten zu generieren. Dies hat mehrere Vorteile:

- **Effizienzsteigerung:** Planungsprozesse werden durch die automatisierte Datenanalyse erheblich beschleunigt. Behörden und Unternehmen können zeitnah fundierte Entscheidungen treffen.
- **Flexibilität und Skalierbarkeit:** Die modularen Informationsschichten (Layer) lassen sich je nach Bedarf an- und ausschalten, wodurch die Produkte flexibel auf verschiedene Anwendungsfälle zugeschnitten werden können.
- **Nachhaltigkeit und Aktualität:** Die kontinuierliche Aktualisierung der Daten stellt sicher, dass Entscheidungen auf der Basis stets aktueller Informationen getroffen werden können.
- **Breiter Einsatzbereich:** Von der Stadtplanung bis zur Standortanalyse im Handel decken die Produkte eine Vielzahl von Anwendungsfeldern ab.
- **Durch die Erstellung des Web-GIS können auch Nutzer ohne tiefgehende Kenntnisse von Geoinformationssystemen die Analysemethoden nutzen.**

Kommerzielle Verwertung

Das Projekt bietet erhebliches Potenzial für eine erfolgreiche Marktpositionierung im wachsenden Segment der privatwirtschaftlichen Erdbeobachtung. Folgende Schritte sichern die kommerzielle Verwertung:

-
- **Markteinführung und Zielgruppen:** Die Produkte richten sich an verschiedene Nutzergruppen. Dazu gehören öffentliche Behörden im Bereich der Stadt- und Regionalplanung, Landesvermessung und Kartographie, sowie privatwirtschaftliche Akteure wie Architektur- und Planungsbüros.
 - **Plattform für Stadt- und Landbeobachtung:** Die langfristige Entwicklung einer digitalen Plattform durch die CORAmaps GmbH ermöglicht es, sämtliche Produkte und Dienstleistungen zentral bereitzustellen. Dadurch wird die Nutzung für Stakeholder erleichtert, und die Marktakzeptanz wird erhöht.
 - **Wettbewerbspositionierung:** Obwohl Konkurrenzprodukte existieren, hebt sich der Ansatz durch die Kombination von KI, Fernerkundung und modularer Visualisierung ab.
 - **Skalierbarkeit:** Die Möglichkeit, Daten für unterschiedliche Regionen und in regelmäßigen Intervallen zu aktualisieren, erlaubt eine wirtschaftliche Skalierung. Dies fördert nicht nur die Marktdurchdringung, sondern unterstützt auch die nachhaltige Weiterentwicklung des Geschäftsmodells.

Zukunftsperspektiven und gesellschaftlicher Mehrwert

Die Projektergebnisse tragen zur Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung bei und unterstützen das E-Government. Der steigende Bedarf an digitalen Lösungen wird durch die entwickelten und zukünftig weiterzuentwickelnden Lösungen im Bereich des naturschutzrelevanten Monitorings gedeckt, was sowohl Effizienzgewinne als auch Kostensenkungen für die öffentlichen Verwaltungen ermöglicht. Perspektivisch werden die Entwicklungen mit einer klassischen Produktentwicklung als Produkte definiert und sollen zunächst Behörden zum Erwerb bereitgestellt werden. Hierzu laufen aktuell Gespräche mit verschiedenen Vertretern von Kommunen und Regionalplanungen hinsichtlich der Bereitstellung und Nutzung für unterschiedliche Nutzergruppen mit unterschiedlichem technischem Hintergrund. Zudem wird aktuell die Fusion mit behördenintern angestoßenen technischen Entwicklungen und bereits etablierten Workflows diskutiert.

Darüber hinaus wird die wissenschaftliche Weiterentwicklung des Forschungsfeldes durch die CORAmaps GmbH vorangetrieben, wodurch langfristig Innovationen im Bereich der Geodatenanalyse und -visualisierung entstehen können. Die Integration aktueller technologischer Trends und Nutzerbedarfe stellt sicher, dass das Unternehmen auf künftige Herausforderungen vorbereitet ist.

6. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Nachfolgend werden die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises der finanziellen Mittel dargestellt, die im Rahmen des Projekts verwendet wurden:

1. Personalkosten

- Position 0837: € 182.356,79

2. Sachkosten:

- Position 0813: Kauf von hochaufgelösten Satellitendaten: € 11.914,88

3. Reisekosten:

-
- Position 0838: € 651,22

7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Das Projekt **GeoSen** hat innovative Ansätze zur Überwachung und Analyse von Umwelt- und Landnutzungsdaten erfolgreich umgesetzt. Sämtliche durchgeführten Arbeiten waren notwendig, um die anspruchsvollen Ziele zu erreichen, und wurden in angemessener Weise durchgeführt.

Notwendigkeit der Projektarbeiten:

Die Kombination von Radarsatelliten- und optischen Daten ermöglichte eine großflächige, automatische Merkmalsidentifikation. Die wetterunabhängigen Radardaten und die hochdetaillierten Informationen der optischen Daten erwiesen sich als essenziell, um präzise und verlässliche Analysen zu gewährleisten. Ohne diese Technologien wäre die großräumige Erfassung relevanter Umweltdaten nicht möglich gewesen.

Die Anwendung von künstlicher Intelligenz (KI) zur Erkennung von Mähereignissen und Trockenheit auf Grünflächen war ebenfalls unverzichtbar. Dadurch konnten landwirtschaftliche Aktivitäten überwacht und Maßnahmen zum Schutz empfindlicher Flächen unterstützt werden. Diese Arbeiten boten einen konkreten Mehrwert für nachhaltige Naturnutzung und Schutz.

Die Entwicklung einer skalierbaren Serverarchitektur war notwendig, um die enormen Datenmengen effizient zu verarbeiten und zukünftige Anforderungen abzudecken. Ebenso war die Harmonisierung und Mosaikbildung von Satellitendaten ein zentraler Schritt, der präzise maschinelle Lernprozesse und belastbare Analysen ermöglichte.

Angemessenheit der Projektarbeiten:

Die Arbeiten wurden zielgerichtet und effizient umgesetzt. Die entwickelten Algorithmen zur Klassifikation von Landnutzungsformen und Vegetationstypen lieferten präzise Ergebnisse und unterstützten eine detaillierte Überwachung. Die Integration dieser Ergebnisse in ein modular aufgebautes Web-GIS mit interaktiven Karten und Analysewerkzeugen war optimal auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmt.

Durch Workshops mit Planungsakteuren konnten benutzerfreundliche und praxisnahe Tools realisiert werden, was die langfristige Nutzbarkeit sicherstellt. Insgesamt waren die Projektarbeiten nicht nur notwendig, sondern auch von höchster wissenschaftlicher und praktischer Relevanz und wurden mit optimalem Ressourceneinsatz umgesetzt.

8. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Rahmen des Projekts wurden bedeutende Fortschritte in der Auswertung von Satellitendaten zur Analyse von Stadtstrukturen und Landbedeckung gemacht. Zwei weitere Projekte, die während der Projektlaufzeit ebenfalls Fortschritte im Bereich der Landnutzungsanalyse mittels Satellitendaten verzeichnen konnten, sind "KLIPS" und "Land Use Efficiency across the Philippines".

Das Projekt "KLIPS" (Künstliche Intelligenz für die Prävention von Hitzeinseln in Städten) wurde im März 2024 erfolgreich abgeschlossen. Ziel war es, den Zusammenhang zwischen städtischen Strukturen wie Bebauung, Bodenbedeckung und Grünflächen sowie der Entstehung von Hitzeinseln

zu modellieren. Durch den Einsatz von KI-basierten Verfahren und die Analyse von Satellitendaten konnten Modelle entwickelt werden, die Stadtplanern ermöglichen, die Auswirkungen baulicher Veränderungen auf die Hitzeentwicklung präzise zu erfassen und in Planungsstrategien zu integrieren.

Ein weiteres bedeutendes Projekt ist "Land Use Efficiency across the Philippines", das seit 2023 läuft. Dieses Projekt zielt darauf ab, Muster und Trends der Urbanisierung sowie die Effizienz der Landnutzung auf den Philippinen zu bewerten. Durch die Nutzung globaler Erdbeobachtungsdaten und Indikatoren des SDG 11.3.1 werden umfassende Analysen durchgeführt, um die nachhaltige Entwicklung urbaner Räume zu fördern. Die Ergebnisse tragen dazu bei, die Landnutzungseffizienz zu verbessern und die Urbanisierungsprozesse in Einklang mit den Zielen der nachhaltigen Entwicklung zu bringen.

9. Geplante Veröffentlichungen

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts sind zwei Veröffentlichungen der Projektergebnisse in Fachzeitschriften geplant:

- Artikel gemeinsam mit der TU Darmstadt in der Fachzeitschrift: „Natur und Landschaft“ des Bundesamts für Naturschutz in 3/2025
- Artikel gemeinsam mit der TU Darmstadt in der Fachzeitschrift: Flächenmanagement und Bodenordnung (FuB), Verlag Chmielorz GmbH in 1/2025