

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 121 (2023)

**Heft:** 3-4

**Artikel:** Einblicke in die angewandte KI-Forschung am Institut Geomatik der  
FHNW

**Autor:** Nebiker, Stephan / Nebiker, Stephan / Meyer, Jonas / Meyer, Adrian

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1037043>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Einblicke in die angewandte KI-Forschung am Institut Geomatik der FHNW

Die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung (aF&E) wurde mit dem eidgenössischen Fachhochschulgesetz (FHSZ) vom 6. Oktober 1995 als Teil des Leistungsauftrags der zukünftigen Schweizer Fachhochschulen verankert. Die aF&E soll die Verbindung von Wissenschaft und Praxis sicherstellen und deren Ergebnisse sollen in die Lehre integriert werden. Besondere Synergien bieten sich durch eine enge Kopplung der Forschung mit dem Masterstudium (siehe Beitrag «15 Jahre meisterhaft» von S. Bleisch in dieser Ausgabe). Die anwendungsorientierte Forschung am Institut Geomatik wurde in den letzten Jahren kontinuierlich ausgebaut. Anfänglich war sie auf ausgewählte Fragestellungen wie etwa 3D-Geoinformationstechnologien oder Mobile Mapping fokussiert. Heute deckt sie ein zunehmend breites Spektrum an Forschungsthemen ab mit einer Vielzahl an Praxispartnern aus der Privatwirtschaft und der öffentlichen Hand.

In den letzten Jahren sind insbesondere die Einsatzmöglichkeiten von künstlicher Intelligenz (KI) und maschinellem Lernen in der Geomatik in den Fokus gerückt. Verwandte KI-Technologien wie etwa der Chatbot ChatGPT sind aktuell regelmässig in den Schlagzeilen und beschäftigen mit ihren teils verblüffenden Fähigkeiten auch die Schulen und Hochschulen. Zum Nutzen der KI für die Geomatik-Branche befragt, liefert ChatGPT die folgende Antwort: «KI kann der Geomatik-Branche helfen, grosse Datenmengen schnell und effektiv zu analysieren, um wertvolle Einblicke in geografische Zusammenhänge zu gewinnen. Sie kann auch bei der Automatisierung von Aufgaben wie Bilderkennung und Datenverarbeitung helfen, um Zeit und Ressourcen zu sparen.» Eine solche Zusammenfassung von existierendem Wissen in Sekundenschnelle zu erhalten, ist beeindruckend. Jedoch werden unsere Fähigkeiten, Wissen neu und anders zu kombinieren und anzuwenden noch nicht so schnell durch KI ersetzt werden. KI-Algorithmen unterstützen uns jedoch schon in vielen konkreten Projekten.

Die folgenden Kurzbeiträge über aktuelle Forschungsprojekte am Institut Geomatik sollen einen Eindruck vom Einsatzpotenzial und der Leistungsfähigkeit maschineller Lernverfahren zur Lösung konkreter Fragestellungen im Geomatik-Umfeld geben.

*Sur la base de la Loi sur les hautes écoles spécialisées (LHES), Recherche appliquée & Développement (R&D) a été ancré le 6 octobre 1995 comme partie du mandat de prestation des futures hautes écoles spécialisées de Suisse. R&D doit assurer la liaison entre science et pratique et les résultats en découlant devront être intégrés dans l'enseignement. Des synergies particulières se présentent sous forme d'un couplage étroit de la recherche avec les études master (voir l'article de cette édition «15 Jahre meisterhaft/15 ans de maîtrise» de S. Bleisch). La recherche appliquée à l'Institut de géomatique (IGEO) a été accrue continuellement ces dernières années. Au début elle était dirigée sur des problématiques sélectionnées comme par exemple les techniques de géoinformatin 3D ou le Mobile Mapping. Aujourd'hui elle recouvre un spectre élargi de thèmes de recherche avec un grand nombre de partenaires de l'économie privée et des pouvoirs publics.*

---

*Stephan Nebiker, Jonas Meyer, Adrian Meyer, Denis Jordan, Elia Ferrari, Matus Gasparik, Susanne Bleisch (\* in chronologischer Reihenfolge)*

---

## KI-basierte 3D-Fahrzeugdetektion mittels Edge Computing für die effiziente Erstellung von Parkstatistiken

---

*Jonas Meyer*

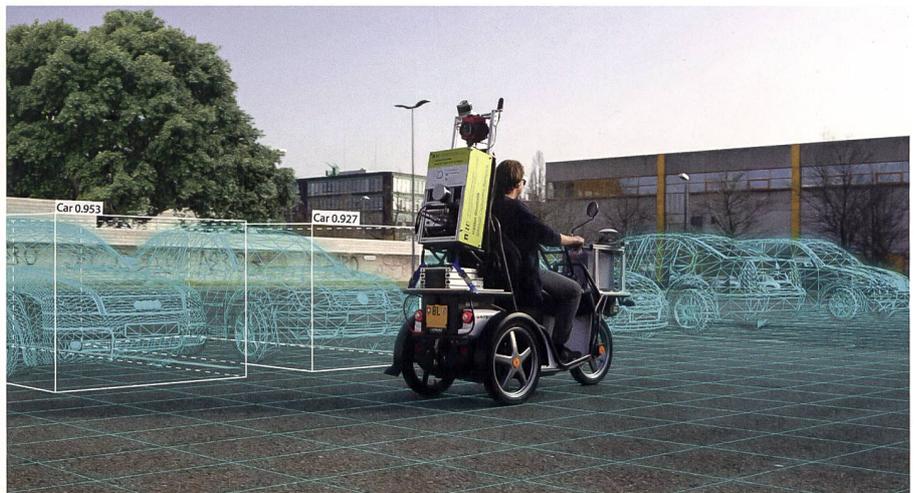
---

Städtische Behörden sind für die Definition und Anpassung ihrer Parkpolitik auf Grundlagedaten in Form von Parkstatistiken angewiesen. Parkstatistiken werden gegenwärtig jedoch weitestgehend manuell erstellt. Um diesen Prozess zu automatisieren, wurde am Institut Geomatik im Rahmen eines Forschungsprojekts ein kostengünstiges Mobile Mapping System (MMS) und die dazugehörigen Auswerteschritte erfolgreich entwickelt und getestet (Nebiker et al., 2021). Das System besteht aus einem elektrischen Dreirad, zwei RGB-D-Kameras, einer Navigationseinheit und einem Embedded-System Modul. Mithilfe künstlicher Intelligenz werden parkierte Autos, in den aus Tiefenkarten gewonnenen Punktwolken, dreidimensional detektiert und daraus Parkstatistiken abgeleitet (Abb. 1). Der entwickelte Auswerteworkflow beruht jedoch vollständig auf zeit- und rechenintensiven Nachbearbeitungsschritten, die die Erfassung, Übertragung und Anonymisierung grosser Datenmengen erfordern. Um die Übertragung grosser Datenmengen zu reduzieren, Einschränkungen aufgrund von Datenschutzbestimmungen zu beseitigen und geringe Latenzzeiten zu ermöglichen, werden Daten zunehmend in der Nähe der Erfassungsgeräte – an der Edge – verarbeitet. In den letzten Jahren wurden eigens dafür spezielle Hardware-Module mit einem geringen Energiebedarf entwickelt. Die Integration der 3D-Fahrzeugdetektion in das Erfassungssystem setzt nebst

einer hohen Detektionsgenauigkeit eine tiefe Inferenzzeit voraus. Aktuelle KI-basierte 3D-Objektdetektionsalgorithmen erfüllen beide Voraussetzungen, sofern Daten ohne Domain Gap (Charakteristiken der zu verarbeitenden Daten entsprechen jenen der Trainingsdaten) vorliegen und performante Grafik-Hardware zur Verfügung steht. Die Punktwolken aus den verbauten RGB-D-Kameras weisen allerdings signifikante Unterschiede bezüglich Punktdichte und Rauschen verglichen mit den üblicherweise für das Training von 3D-Objektdetektoren verwendeten Punktwolken auf. Des Weiteren sind die Rechenressourcen des verbauten Hardware-Moduls aufgrund des geringen Energiebedarfs stark eingeschränkt.

Um die Unterschiede zwischen unseren eigenen Punktwolken und den Trainingsdaten zu reduzieren, wurde ein Datenvorverarbeitungsworkflow entwickelt und getestet, welcher die Charakteristiken der Trainingsdaten auf unsere Punktwolken adaptiert (Meyer, 2022). Anschliessend wurden sieben verschiedenen 3D-Objektdetektionsmethoden mit eigenen aufbereiteten Punktwolken evaluiert und die beste Methode hinsichtlich Detektionsgenauigkeit und Inferenzzeit für die Integration in das Erfassungssystem selektiert. Um nebst Autos auch alle weiteren Fahrzeuge detektieren zu können, wurde der ausgewählte 3D-Objektdetektor nachtrainiert. Anschliessend wurden sowohl der Datenaufbereitungsworkflow wie auch der nachtrainierte 3D-Objektdetektor in die bestehende Erfassungssoftware integriert (Meyer, 2022).

Ausführliche Untersuchungen der neuen Erfassungssoftware zeigten, dass Fahrzeuge mit der erwarteten Detektionsgenauigkeit des verwendeten Objektdetektors detektiert werden. Die Parkstatistik von Nebiker et al. (2021) wurde mit dem neutrainierten 3D-Objektdetektor wiederholt und übertraf diese mit einer Erkennungsrate von 98 % um 11 %, bei gleichbleibender Präzision (Meyer, 2022). Allerdings ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit mit 2 Punktwolken pro Sekunde zu tief, um das System effizient zu nutzen. Die Verwendung eines aktuellen Hard-



**Abb. 1: Schematische Darstellung der 3D-Detektion von Fahrzeugen mit dem Mobile Mapping System des Instituts Geomatik.**

ware-Moduls mit grösserer Rechenleistung würde jedoch eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit von 5–10 Punktwolken pro Sekunde ermöglichen. Darüber hinaus eliminiert die weiterentwickelte Erfassungssoftware sämtliche Einschränkungen bezüglich des Datenschutzes, beseitigt die rechen- und zeitintensiven Nachbearbeitungsschritte und reduziert das generierte Datenvolumen pro Punktwolke um Faktor 60 000 von 15 MB auf 0.25 KB (Meyer, 2022).

## Maschinelles Lernen und Fernerkundung

*Adrian Meyer, Denis Jordan*

Das Institut Geomatik der FHNW hat sich zu einer schweizweit anerkannten Einrichtung für innovative Objekterkennung und Bildklassifikation auf Fernerkundungsdaten mittels Machine Learning (ML) etabliert.

Digitale Datenprodukte wie SWISSIMAGE (swisstopo), UAV- oder Satelliten-basierter Bilder führen in ihrer Anwendbarkeit mit Deep Neural Networks (DNN) als moderne Implementierung des ML zu einer neuen Qualität der skalierbaren und hochgenauen semantischen Informationsgewinnung. So lassen sich aus Fernerkundungsdaten automatisiert vielfältige

und komplexe Zusammenhänge in der echten Welt beschreiben und daraus wertvolle Erkenntnisse ableiten.

Durch den Zugang zur leistungsfähigen akademischen Infrastruktur der FHNW können prototypische Anwendungen effizient realisiert, ihr Anwendungspotenzial untersucht und die implementierten Algorithmen auf Reproduzierbarkeit hin optimiert werden. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auch auf der Implementierung von frei verfügbarer Open-Source-Software (FOSS), wodurch ein reibungsloser Übergang vom Prototyp-Stadium zur angewandten Produktionsumgebung erleichtert wird.

Aktuell setzt das Institut Geomatik eine Vielzahl von praxisnahen Projekten in diesem Kontext um, mit welchen bereits jetzt kommunale, kantonale und Bundesbehörden von effizienteren Arbeitsabläufen und aktualisierten Datensätzen profitieren. Im Folgenden stellen wir einige am Institut Geomatik umgesetzte und DNN basierte Lösungen der Bildklassifikation zusammenfassend vor.

### Aktualisierung der landwirtschaftlichen Nutzfläche

Einige agrarische Landnutzungen wie etwa Materiallager (z.B. Siloballenstapel), Hofräume oder ungemähte Alpweiden sind regulatorisch von Direktzahlungen ausgeschlossen. Das Auffinden solcher Objekte aus Luftbildern ist ein arbeitsin-



Abb. 2: Automatische Detektionen von Siloballenstapeln (rot umrandet) im Kontext der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (grün schraffiert). Dargestellte Ziffern entsprechen der Detektionssicherheit in Prozent.

tensiver Prozess, der von den kantonalen Landwirtschaftsämtern für die periodische Nachführung der Landwirtschaftlichen Nutzfläche durchgeführt wird. Die automatische Erkennung von relevanten Objekten wie Siloballenstapeln reduziert den manuellen Arbeitsaufwand der zuständigen Experten, indem der Blick auf die relevanten Hotspots gelenkt wird. Das für den Kanton Thurgau umgesetzte DNN-Framework verwendet ein Modell zur semantischen Segmentierung (Abb. 2), welches auf 10 cm SWISSIMAGE Orthofoto-Datensätzen trainiert und mit dem eine hohe und robuste Erkennungsgenauigkeit von 92 % auf unabhängigen Testdaten erreicht wurde (Meyer & Jordan, 2022).

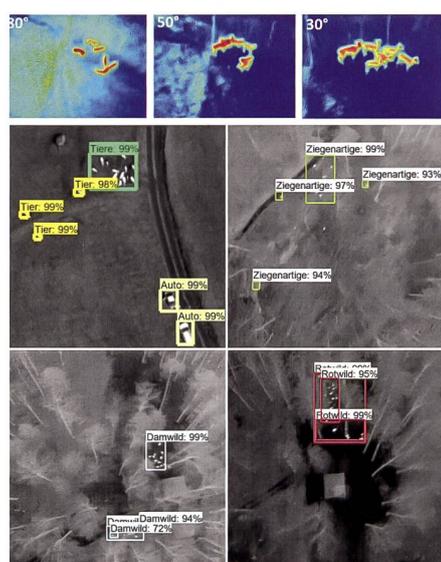


Abb. 3: Wärmebild-Signaturen von UAVs (oben) und Beispieldetektionen von Wildtiergruppen im Live-Überflug von Mischwald (unten).

### Erkennung von Wildtieren

Die Erfassung von Wildtierbeständen ist ein wichtiges Monitoring-Instrument für Ökologie, Jagd, Forstwirtschaft und Landwirtschaft. Die derzeitigen Methoden sind oft arbeitsintensiv oder beruhen auf indirekten Nachweisen. In Zusammenarbeit mit der Stiftung Wildtiere des Aargauischen Jagdverbandes führt das Institut Geomatik ein Projekt zur Automatisierung des Prozesses durch.

In zahlreichen UAV-Flügen über Wildgehegen im Schwarzwald und der Nordwestschweiz erfolgte zunächst eine aufwändige Erhebung von Referenzdaten. Für das ML basierte Training der Wildtierdetektion wurden Wärmebilddaten einem für die spezifische Aufgabenstellung implementierten DNN-Workflow präsentiert (Abb. 3). Die prototypische Realisierung der Echtzeitanalyse von Live-Videobildern unter Feldbedingungen zeigte eine Erkennungsrate von 93 % pro Tier und 89 % bei der Klassifi-

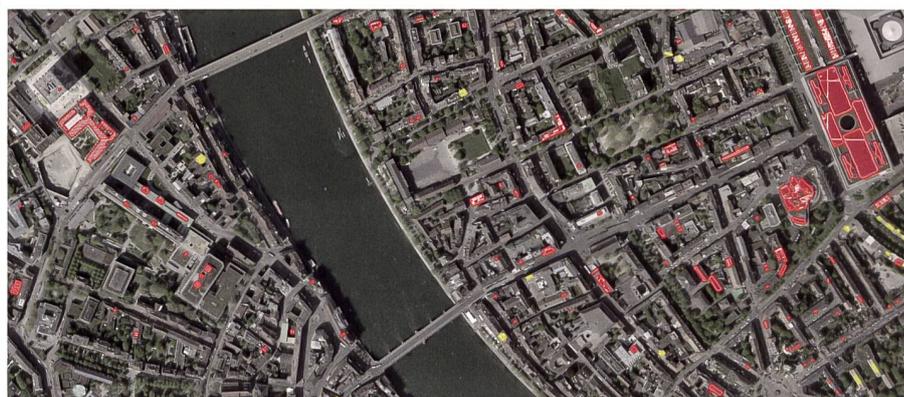


Abb. 4: Grossflächige automatische Solarpanel-Detektionen (Photovoltaik rot, Solarthermie gelb) in Basel.

zierung nach Arten – ein Studienergebnis, das auf das Nutzungspotenzial der Technologie für die künftige Überwachung von Wildtieren hinweist (Meyer et al., 2019).

### Solarpanel-Detektion als Monitoring-Instrument in der Energiewende

In Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Energie untersuchte das Institut Geomatik die Machbarkeit einer automatisierten Erkennung und Flächenabschätzung bestehender Solaranlagen in der Schweiz. Ziel des Ansatzes ist es, mit Hilfe einer zuverlässigen Datenerhebung die Standortbestimmung für die Umsetzung der Energiestrategie 2050 zu unterstützen und dabei den Ausbau erneuerbarer Energien in der Schweiz gezielt zu motivieren und voranzutreiben.

Die umfangreichen Trainingsdaten (30 000 Solaranlagen auf 8000 SWISSIMAGE-Kacheln) wurden mit Hilfe eines DNN-Modells (Mask-R-CNN) auf einem eigens für das Projekt ausgebauten High Performance Computing Cluster prozessiert. Photovoltaik-Anlagen konnten mit einer hohen Gesamtgenauigkeit von 90 % und Solarthermie-Anlagen mit 85 % Genauigkeit erkannt werden, wie Abb. 4 exemplarisch illustriert (Meyer et al., 2021).

### Maschinelles Lernen für die Arealstatistik der Schweiz

In der Schweiz werden Landnutzung und -bedeckung (LU/LC) vom Bundesamt für Statistik mit über 4,1 Millionen Probenpunkten manuell durch Experten in einer

komplexen und detaillierten Klassenstruktur erfasst. Die resultierende Arealstatistik stellt die Datengrundlage für viele öffentliche Planungsentscheidungen dar. Im Rahmen des Bundesprojekts ADELE erfolgte am Institut Geomatik und in Zusammenarbeit mit der Geotech Firma Exolabs GmbH die Konzeption, Entwicklung und Untersuchung eines ambitionierten multimodalen und -temporalen ML-Prototypen auf Basis mehrerer DNN-Pipelines und eines Random Forest Post-Klassifikators.

Die Datenfusion von RGB- und FCIR-Luftbildern, GIS-Daten, Höhenmodellen und Satelliten-basierten Zeitreihen mit multispektralen Inhalten führte bezüglich 46 LU und 27 LC Klassen zu stabilen Gesamtgenauigkeiten von 83 % für LU und 86 % für LC (Abb. 5). Klassen mit vergleichsweise grosser Stichprobenanzahl wie «Wald» erreichten eine Genauigkeit um bis zu 95 %, wodurch für solche Klassen bereits in der aktuellen Erfassungsperiode repetitive manuelle Klassifikationsaufgaben durch das ML teilweise abgelöst werden. Dadurch lässt sich zukünftig für die Arealstatistik eine Beschleunigung des Prozesses und eine Erhöhung der räumlichen Auflösung anstreben (Jordan et al., 2019; Schär, 2018).

## Monokulare Tiefenschätzung für den Hochbau

Elia Ferrari

Seit dem Beginn des digitalen Zeitalters hat die Bedeutung der dritten Dimension in der Geomatik sukzessive zugenommen und ist zu einer wesentlichen Information für die meisten Anwendungen geworden. Zahlreiche innovative Ansätze wurden entwickelt, um die dritte Dimension in die Bilderfassung zu integrieren, mit dem Ziel, 2D-Bilder unter Verwendung von Tiefeninformationen in 3D-Darstellungen umzuwandeln. Die Tiefenkarte, welche sämtliche Tiefeninformationen eines Bildes umfasst, stellt ein entscheidendes Element



Abb. 5: Beispielkartenausschnitt mit korrekt (hellblau) und inkorrekt (rot) klassifizierten Stichprobenpunkten der Arealstatistik mit Hilfe von ML.

bei dieser Konversion dar. Tiefenkarten können mithilfe aktiver Verfahren wie Time-of-Flight-Sensoren, LiDAR-Sensoren und Streifenprojektion erfasst oder durch bildbasierte Verfahren wie Stereomatching extrapoliert werden. In beiden Fällen sind zusätzliche Tiefensensoren oder Aufnahmen erforderlich, um die Tiefeninformationen zu erhalten, was diese Verfahren weniger flexibel und weniger allgegenwärtig als herkömmliche RGB-Kameras macht. In anderen Bereichen wie autonome Fahrzeuge und Robotik konzentrieren sich Studien, die sich mit dieser Herausforderung befassen, auf die monokulare Tiefenschätzung ausgehend von einem einzigen RGB-Bild und nutzen die grossen Vorteile, die Deep Learning (DL) für die Bildverarbeitung gebracht hat.

Im Rahmen einer Masterthesis von Ferrari (2022) am Institut Geomatik wurde das Ziel verfolgt, eine universellere Lösung zur direkten Tiefenschätzung aus einem einzelnen RGB-Bild mittels künstlicher neuronaler DL-Netzwerke zu entwickeln. Da der Fokus dieser Forschungsarbeit auf der Anwendung auf Baustellen lag, aber keine Datensätze zum Thema öffentlich verfügbar waren, wurden eigene Daten aufgenommen. Um einen robusten Datensatz für das Training der neuronalen Netzwerke zu erstellen, wurden verschiedene Datenerfassungsmethoden verwen-

det, um Bilder und Tiefeninformationen auf verschiedenen Baustellen zu sammeln. Die Daten wurden für ein optimales Training der neuronalen Netzwerke vorverarbeitet und veredelt, während die Struktur der Netzwerke auf dem Prinzip von Generative Adversarial Networks aufgebaut wurde. Diese Netzwerkarchitektur besteht aus zwei konkurrierenden neuronalen Netzwerken, die gleichzeitig trainiert werden. Das erste trainiert ein generatives Modell, das die Datenverteilung verwendet, um Stichproben zu generieren. Das andere trainiert ein diskriminatives Modell, das die Wahrscheinlichkeit schätzt, dass eine Stichprobe eher aus den Trainingsdaten als aus dem generativen Modell stammt. Diese Struktur ermöglicht es, das generative Modell automatisch zu verfeinern, bis es den Diskriminator täuschen kann und er die erzeugten Muster nicht mehr von den ursprünglichen unterscheiden kann (Goodfellow, 2020).

Um den Trainingsprozess zu beschleunigen, wurde die sogenannte Transfer-Learning-Methode angewendet. Diese ermöglicht die Übertragung von Parametern aus einem neuronalen Netzwerk, das für eine ähnliche Aufgabe trainiert wurde. Der kleine Datensatz wurde mit Hilfe der Datenervielfältigung optimiert. Diese erweitert durch Rotation und Spiegelung der

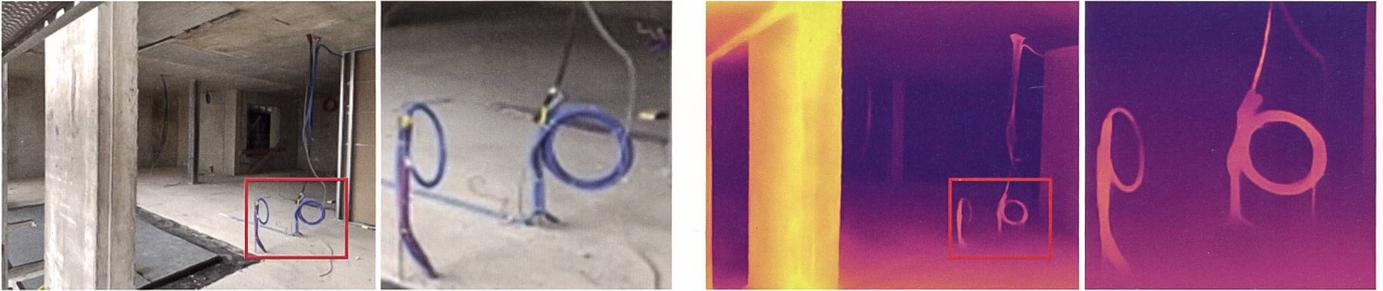


Abb. 6: (a) Originalbild und (b) resultierende Tiefenkarte des implementierten Workflows zur monokularen Tiefenschätzung.

Bilder die Trainingsdaten virtuell und gewährleistet so robustere Ergebnisse. Da die Netzwerkarchitektur für jede Tiefenschätzung nur eine Bildauflösung zulässt, wurde ein zusätzliches Zusammenführungsnetzwerk implementiert. Dieses neurale Netzwerk kann zwei verschiedene Tiefenkarten fusionieren, indem es den hohen Detaillierungsgrad des hochauflösenden Bildes mit der strukturellen Konsistenz des niedrig aufgelösten Bildes kombiniert. Dank des entwickelten Workflows war es möglich, Tiefenkarten mit einer Genauigkeit von 98 % und einem Fehler von 5.7 % auf dem Testdatensatz zu erzeugen. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass dieser Ansatz eine hochpräzise Tiefenschätzung mit einer normalen Kamera auch auf Baustellen ermöglicht. Die generierten Tiefenkarten können als Grundlage für As-built-Verifikationen durch Punktwolken oder zur Verbesserung von Augmented-Reality-Erfahrungen verwendet werden.

## Automatische Gleis-Detektion mittels Deep Learning

*Matus Gasparik*

Die Baubranche steht heute vor vielen Herausforderungen in Bezug auf die Produktivität und Effizienz beim Ausführen von Bauprojekten, den Mangel an Arbeitskräften und die steigenden Anforderungen an Umwelt und nachhaltige Praktiken. Während die digitale Transformation und insbesondere der Einsatz von KI nur langsam Einzug in das Tagesgeschäft der Baubranche halten, bieten genau diese Technologien Lösungen für etliche Probleme, mit denen die Branche heute konfrontiert ist. Der Trend zu BIM und cloudbasiertem Digital Asset Management im Bauwesen verändert bereits die Art und Weise, wie Bauprojekte

heutzutage durchgeführt werden. In Kombination mit GIS- und Vermessungstechnologien wie 3D-LiDAR-Scanning und Photogrammetrie unter Einsatz von autonomen Robotern oder UAVs (Drohnen) ist es heutzutage möglich, Feedback in Nah-Echtzeit über den Baufortschritt in verschiedenen Phasen des Projektlebenszyklus zu erhalten.

Bei Infrastrukturprojekten wie z. B. dem Eisenbahnbau bieten Bilddatenerhebungen mittels Drohnen eine kostengünstige Informationsgewinnung, die in Kombination mit KI-basierten Methoden im Bereich Computer Vision und Deep Learning neue Arten von qualitativen und quantitativen Analysen in Echtzeit ermöglichen. Ein solcher Anwendungsfall war auch Gegenstand einer Machbarkeitsstudie in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen in-Terra GmbH, um das Potenzial für das Echtzeit-Monitoring vom Baufortschritt bei Gleisbau und -abbau anhand von Drohnenbildern zu untersuchen. Das Ziel

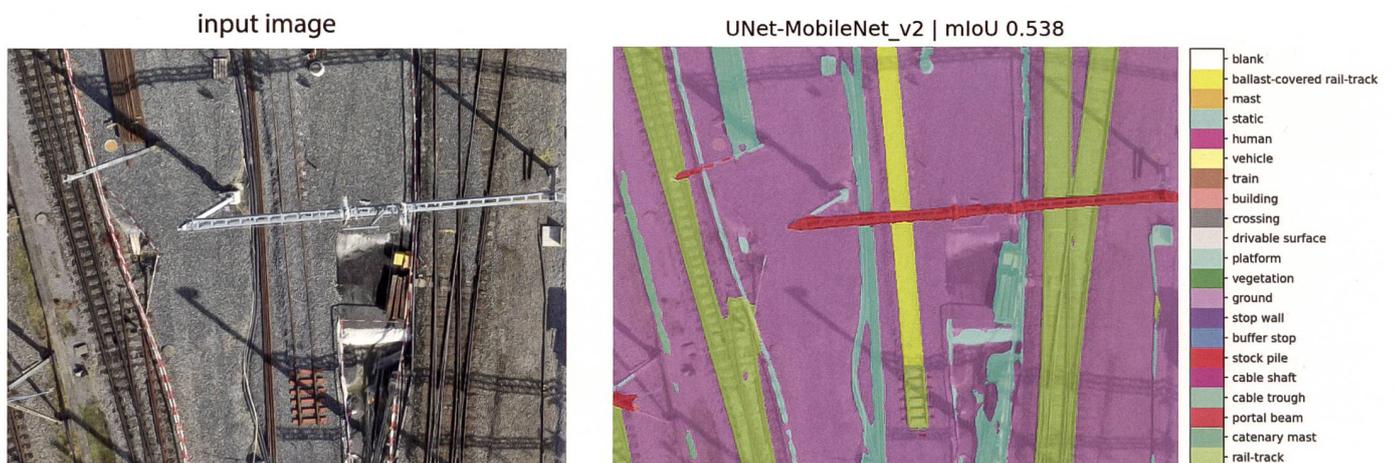


Abb. 7: Beispiel für eine semantische Segmentierung von Drohnen-Orthofotos.

des Projekts war eine automatische Erkennung von Gleisen in Drohnenbildern und Orthofotos, die später als ein Bestandteil einer End-to-End (E2E) Anwendung in einer digitalen Lösungsplattform für das operative Baustellenmanagement integriert werden soll.

Um die Gleisgeometrie (Gleisachse) aus den georeferenzierten Orthofotos zu extrahieren, verwendeten wir eine Deep Learning-basierte semantische Segmentierung aus den RGB-Bildern. Ein eigens dafür spezialisiertes Modell basierend auf der U-Net Architektur wurde mittels Transfer-Learning mit der FHNW HPC-Infrastruktur (HPE Apollo 6500 HPC mit Nvidia Tesla V100 GPUs) trainiert. Nach mehreren Iterationen erreichten wir für die Gleis-Detektion ein sehr zufriedenstellendes Resultat mit einer Genauigkeit (per-class intersection-over-union, IoU) von 0.9.

## Messung und Visualisierung des nonverbalen Verhaltens bei Gruppen-Lernaktivitäten

*Matus Gasparik, Susanne Bleisch*

Die Digitalisierung hat das Potenzial, den Bildungssektor zu revolutionieren, indem sie neue, den aktuellen digitalen Technologien angemessene Lehrmittel hervorbringt und ein personalisiertes Lernen mit mehr Engagement seitens der Schülerin-

nen und Schüler und besseren Lernergebnissen ermöglicht. In diesem Zusammenhang werden in der Fachliteratur aktuell viele neuartige Anwendungen und Einsatzszenarien der KI untersucht, die es einerseits erlauben, auf die individuelle Bedürfnisse der Lernenden einzugehen oder massgeschneiderte «Lernpfade» basierend auf den Empfehlungssystemen zu erstellen. Andererseits können KI-unterstützte Systeme den Lehrkräften ein individuelles Echtzeit-Feedback zu potenziellen Schwierigkeiten der Lernenden bei der Bewältigung der Lernaufgaben geben (Lernanalytik) oder als ein assistierendes Werkzeug für diverse Aufgaben mit didaktischem Charakter dienen. Insbesondere der Einblick in das qualitative Engagement der Studierenden und dessen Dynamik in der Gruppe während einer Lernaktivität könnte den Lehrkräften helfen, gezielt zu intervenieren und gegebenenfalls bessere Lehrmittel und -strategien zu entwickeln. Im Projekt «Collaborative Group Engagement (CoGE)» untersuchen wir in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Angewandte Psychologie der FHNW das Gruppenengagement in computergestützten kollaborativen Lernumgebungen, in denen Studierende versuchen, unstrukturierte Probleme zu lösen. Für dieses Projekt im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP77 «Digitale Transformation» entwickeln wir neue methodische Ansätze, um die Dynamik des nonverbalen Verhaltens während einer Lernaktivität auf Basis von visuellen «Körper-Signalen» zu analysieren, die wir

aus Video-Aufzeichnungen extrahieren. Im ersten Schritt werden mit state-of-the-art Techniken des maschinellen Lernens hochauflösende Zeitreihendaten von 3D-Landmarks des Körpers, des Gesichts und der Hände aus den Video-Frames extrahiert (Lugaresi, 2019). Anders als in manchen anderen Studien in der Fachliteratur wird in diesem Projekt jedoch kein «Blackbox» Modell für die Vorhersage des Engagements angestrebt. Vielmehr fokussieren wir uns darauf, unter dem Paradigma von Visual Analytics neuartige und interaktive visuelle Darstellungen der aus den Videos extrahierten Daten und daraus abgeleiteter Informationen (z.B. Blickrichtung) zu explorieren. Die interaktiven Visualisierungen erlauben es dem menschlichen Betrachter, den gesamten Datensatz in verschiedenen Darstellungsformen und mittels interaktiver Widgets zu explorieren. Die daraus gewonnenen Informationen und Erkenntnisse sind erklär- und nachvollziehbar und schaffen dadurch mehr Vertrauen in die Resultate, ein wichtiger Aspekt für den späteren Einsatz der Methoden.

### Literatur:

Ferrari E. (2022). Monocular Depth Estimation with Generative Adversarial Networks. Masterthesis. FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Geomatik, Muttenz, Schweiz (unveröffentlicht).

Goodfellow, I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., & Bengio Y. (2020). Generative Adversarial Net-

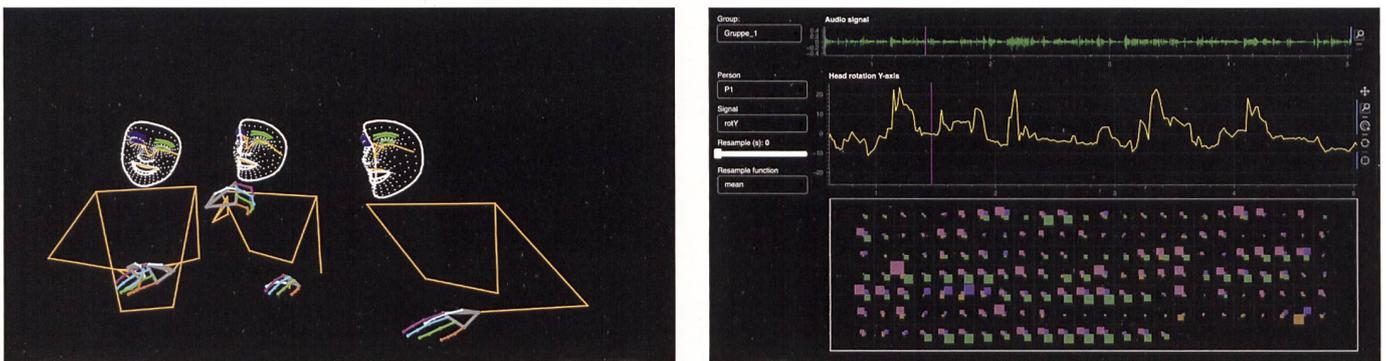


Abb. 8: 3D-Landmarks von Körper-, Hand- und Gesichtselementen extrahiert aus den Videoframes (links) werden in einer interaktiven Visual Analytics Web-App explorativ im zeitlichen Ablauf und bezüglich nonverbaler Interaktionen der Gruppenmitglieder untersucht.

works. *Communications of the ACM* 63(11): 139–44. doi: 10.1145/3422622.

Jordan, D., Lack, N., Hochuli, S., Meyer, A., Schär, M. (2019). Automatisierte Klassifizierung der Landnutzung: Deep Learning basierter Ansatz für die Arealstatistik der Schweiz. *Geomatik Schweiz* 9, 260.

Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C.-L., Yong, M. G., Lee, J., Chang, W.-T., Hua, W., Georg, M., & Grundmann, M. (2019). MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines (arXiv:1906.08172). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08172>

Meyer, A., Jordan, D. (2022). Silage Bale Detection for the «Cultivable Area» Update of the Cantonal Agricultural Office, Thurgau, in: *Proceedings of the 4th Upper Rhine Artificial Intelligence Symposium, Furtwangen, Deutschland*, pp. 66–73.

Meyer, A., Jordan, D., Christen, M. (2021). SolAI – Automatische Erkennung von Solaranlagen mit Deep Convolutional Neural Networks (Final Report). Fachhochschule

Nordwestschweiz FHNW, Muttenz/Bundesamt für Energie BFE, Bern.

Meyer, A.F., Lack, N., Jordan, D. (2019). Wildtier-Monitoring mit UAVs – Künstliche Intelligenz zur automatisierten Detektion von Infrarot-Signaturen, in: *Dreiländertagung der DGPF, der ÖVG und der SGPF*, in: *Publikationen der DGPF, Wien, Österreich*, pp. 647–653.

Meyer, J. (2022). AI-Based 3D-Detection of parked Vehicles on a Mobile Mapping Platform using Edge computing. Masterthesis. FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Geomatik, Muttenz, Schweiz (unveröffentlicht).

Nebiker, S., Meyer, J., Blaser, S., Ammann, M., & Rhyner, S. (2021). Outdoor Mobile Mapping and AI-Based 3D Object Detection with Low-Cost RGB-D Cameras: The Use Case of On-Street Parking Statistics. *Remote Sensing*, 13(16), 3099. <https://doi.org/10.3390/rs13163099>

Schär, M. (2018). Einsatz von Deep Learning zur Aktualisierung der Arealstatistik der Schweiz – erste Untersuchungen., in: *Taungsband der 38. Wissenschaftlich-Techni-*

*schen Jahrestagung der DGPF und PFGK18, München, Deutschland*, pp. 761–766.

Autor:innen in alphabetischer Reihenfolge:

Susanne Bleisch

([susanne.bleisch@fhnw.ch](mailto:susanne.bleisch@fhnw.ch))

Elia Ferrari ([elia.ferrari@fhnw.ch](mailto:elia.ferrari@fhnw.ch))

Matus Gasparik

([matus.gasparik@fhnw.ch](mailto:matus.gasparik@fhnw.ch))

Denis Jordan ([denis.jordan@fhnw.ch](mailto:denis.jordan@fhnw.ch))

Adrian Meyer ([adrian.meyer@fhnw.ch](mailto:adrian.meyer@fhnw.ch))

Jonas Meyer ([jonas.meyer@fhnw.ch](mailto:jonas.meyer@fhnw.ch))

Stephan Nebiker

([stephan.nebiker@fhnw.ch](mailto:stephan.nebiker@fhnw.ch))

Institut Geomatik, Hochschule für

Architektur, Bau und Geomatik,

Fachhochschule Nordwestschweiz,

Hofackerstrasse 30, CH-4132 Muttenz





**GEO BOX**  
Together

9. Mai 2023



**n | w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

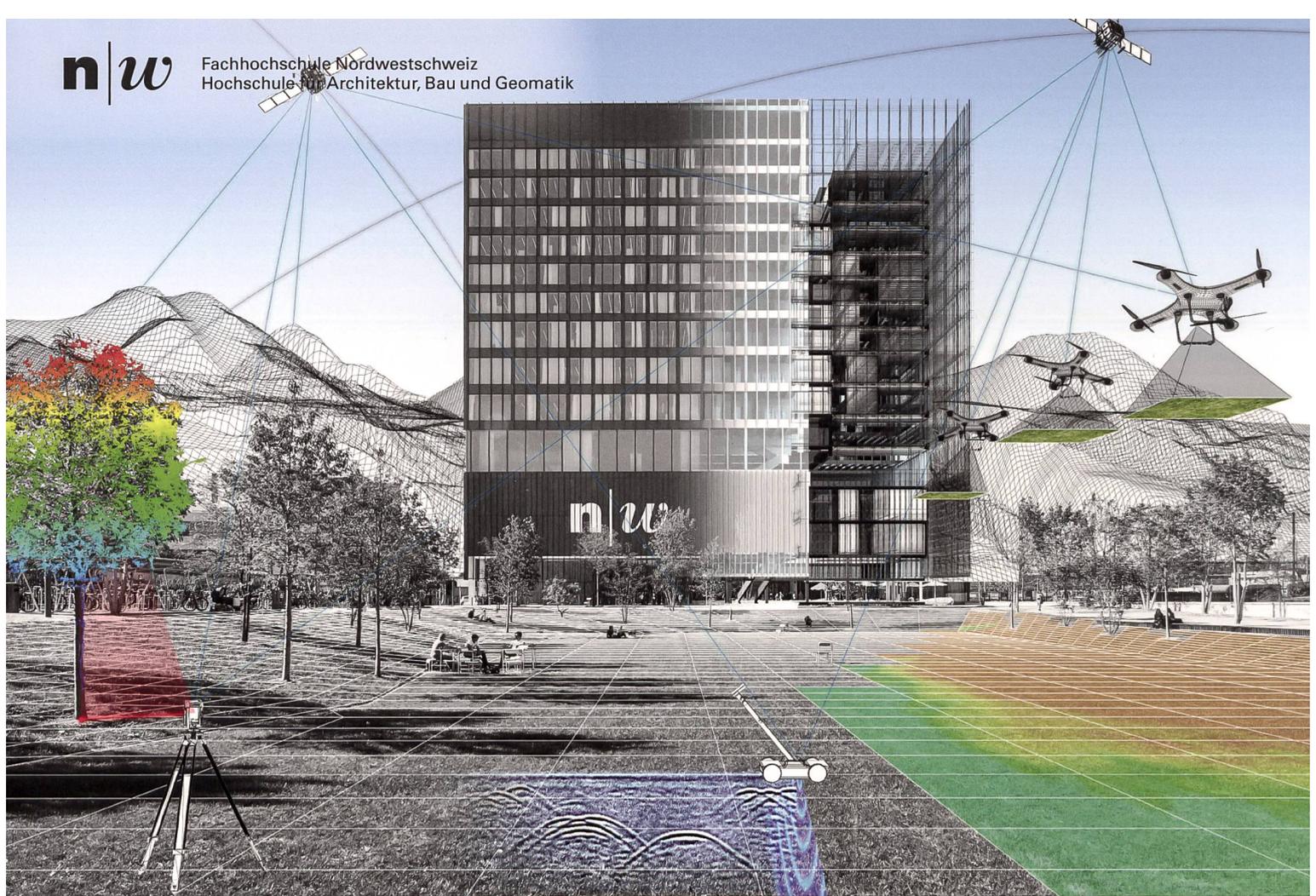


**Unsere Angebote für Lernende:**

Bachelor of Science (FHNW) in Geomatik  
Informationsanlass am 19.04.2023 (online)  
[www.fhnw.ch/bachelor-geomatik](http://www.fhnw.ch/bachelor-geomatik)

Geomatik Summer School  
09.08.2023 - 11.08.2023  
[www.fhnw.ch/gss](http://www.fhnw.ch/gss)





## G60MATIK@FHNW

### 60 Jahre Ausbildung und Innovation

13. Juni 2023, FHNW Campus Muttenz

Das Institut Geomatik der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik FHNW lädt Sie herzlich ein zum Jubiläum anlässlich des 60-jährigen Bestehens des Instituts. Wir freuen uns, mit Ihnen 60 Jahre Ausbildung und Innovation zu feiern. Unsere Studierenden präsentieren an diesem Tag ihre Master- und Bachelor-Thesen. Sie sind eingeladen, die neuesten Geomatik-Technologien am FHNW Campus Muttenz zu besichtigen, den Festakt und die Podiumsdiskussion zu verfolgen, alte Bekanntschaften aufzufrischen und Neue zu schliessen.

Eine Anmeldung ist möglich auf: [www.fhnw.ch/geomatik60](http://www.fhnw.ch/geomatik60)

#### Programm:

ab 09.45h	Empfang geöffnet
10.15h - 11.45h	<b>G60MATIK.Master</b> Präsentationen der Master-Thesen
12.00h - 13.00h	Mittagessen (individuell)
13.30h - 14.15h	<b>G60MATIK.Bachelor</b> Kurzpräsentationen der Bachelor-Thesen
14.15h - 16.15h	<b>G60MATIK.Forum</b> Interaktive Ausstellung der Bachelor- und Master-Thesen
14.30h - 16.15h	<b>G60MATIK.Technologie</b> (Platzzahl beschränkt) Trimble Technology Lab (TTL), Photogrammetrie Labor IGEO und Messlabor IGEO
16.30h - 18.00h	<b>G60MATIK.Festakt</b> mit Grussbotschaften und <b>G60MATIK.Podium</b> Wohin geht die Reise?
18.00h - 20.00h	<b>G60MATIK.Networking</b> Apéro
19.00h - 23.00h	<b>G60MATIK.Party</b>



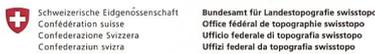
## Sponsoren

Wir bedanken uns bei den folgenden Firmen, die unseren Jubiläumsanlass sponsern:

### Gold Sponsoren:



### Silber Sponsoren:



PLANUNG. VERMESSUNG. GEOINFORMATION.

