



Künstliche Intelligenz zur automatisierten Erkennung von Fahrbahnschäden aus LiDAR Daten



- + Kurzvorstellung
 - + Technologie: Mobile Laserscanning
 - + Datenanalyse: autom. Erkennung von Straßenschäden
 - + Zusammenfassung

- Maximilian Sesselmann
 - seit 2013 Mitarbeiter im Team Forschung & Entwicklung bei LEHMANN+PARTNER
 - Schwerpunkte: Mobile Laserscanning, GIS, Geländeanalyse, Machine Learning

- LEHMANN+PARTNER
 - 1990 als mittelständisches Ingenieurbüro gegründet
 - Niederlassungen in Erfurt, Dresden und Konstanz (70 Mitarbeiter)
 - seit 2017 Teil der französischen GINGER Gruppe (1500 Mitarbeiter)

- Geschäftsfelder von LEHMANN+PARTNER:
 - Messtechnische Zustandserfassung von Verkehrsinfrastruktur (ZEB)
 - Bauabnahmen mit schnellfahrenden Messsystemen
 - Erfassung und Modellierung von 3D Straßendaten (z.B. OpenCRG)
 - Datenerhebung für Straßeninformationsbanken (SIB)
 - Aufbau eines kommunalen Straßenkatasters und Ermittlung des -vermögens
 - Consulting im Bereich Erhaltungsmanagement / PPP
 - Kartierung von Infrastruktur: HD-Mapping (GIS)
 - Forschung und Entwicklung : Sensorik, Systeme, Datenanalyse

Technologie: Mobile Mapping / Mobile Laserscanning

Schnellfahrende Multisensorsysteme (Messung im fließenden Verkehr)

■ Mobile Mapping System S.T.I.E.R

- hochauflösende Oberflächen-Kameras
- Fraunhofer Pavement Profile Scanner
- Szenerie-Kameras
- HRM-Balken
- Applanix Positionierungssystem

■ Mobile Mapping System I.R.I.S

- Fraunhofer Pavement Profile Scanner
- Fraunhofer Clearance Profile Scanner
- Szenerie-Kameras
- Applanix Positionierungssystem



Fraunhofer Pavement Profile Scanner (1/2)

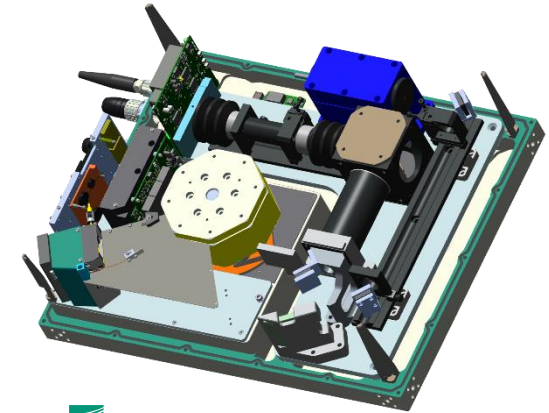
- Hersteller: Fraunhofer IPM Freiburg
 - zeitbetr. Zulassung durch die BASt seit 2012 (TP1)
 - Eigenschaften:
 - Messgenauigkeit und Wiederholbarkeit
 - Messgeschwindigkeit und Augensicherheit
 - Robustheit/ Zuverlässigkeit und kompakte Gerätegröße
- kein anderes LiDAR-System ist bislang BASt-zertifiziert



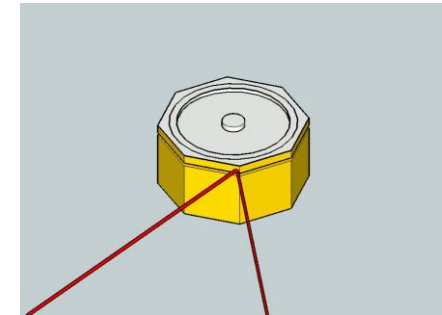
Fraunhofer
IPM

Fraunhofer Pavement Profile Scanner (2/2)

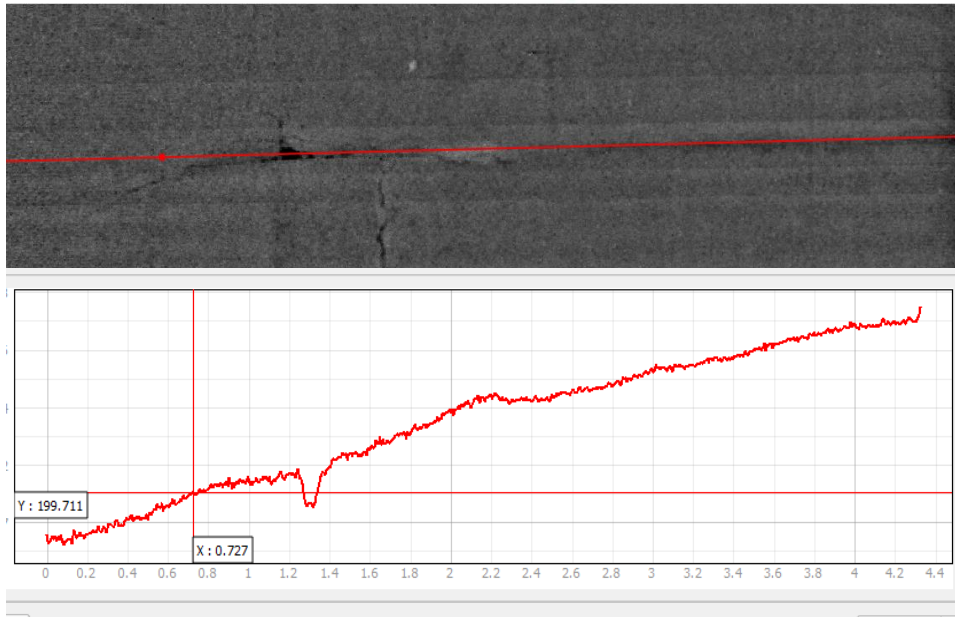
- Laserklasse 1 (augensicher)
- IP 67 sowie Wasserkühlung/-heizung
- Entfernungsmessung: < 0,15 mm (@ 90 % Reflexion)
< 0,30 mm (@ 20 % Reflexion)
- Messfrequenz (3D): 1 - 2 MHz
- Scanwinkel: 70 – 75°
- Messpunkte pro Querprofil (3D): ca. 900 (bei 1 MHz)
- erfassbares Profil: > 4 m (bei 3 m Montagehöhe)
- Messung von Entfernung und Reflexionsintensität



 **Fraunhofer**
IPM



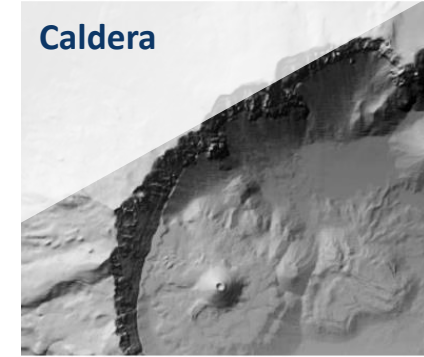
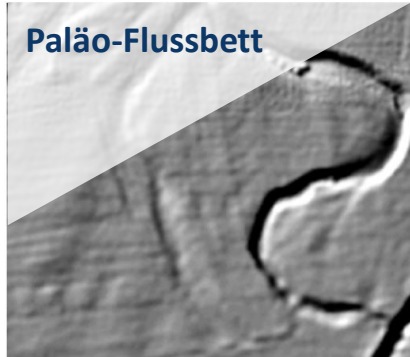
Datenprodukte: 3D-Punktwolken und 2.5D-Oberflächenmodelle



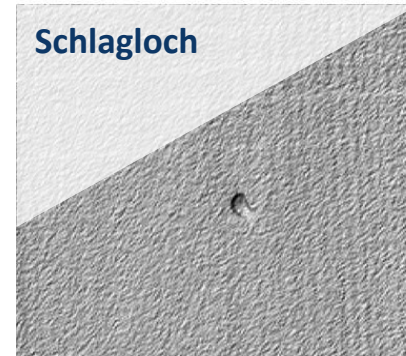
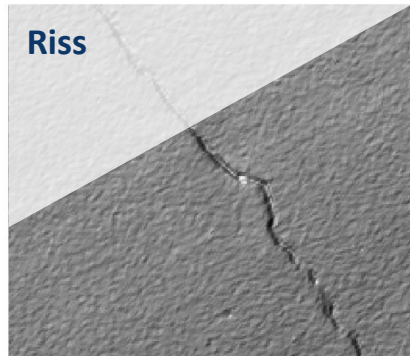
- durch die Bewegung des Fahrzeuges und die Zeitsynchronisation von Scannerdaten und Positionsdaten können 3D-Punktwolken als Basis-Datenprodukt erzeugt werden
- Weiterverarbeitung zu GIS-konformen Oberflächenmodellen

Datenanalyse: Automatische Erkennung von Fahrbahnschäden

Airborne Laserscan

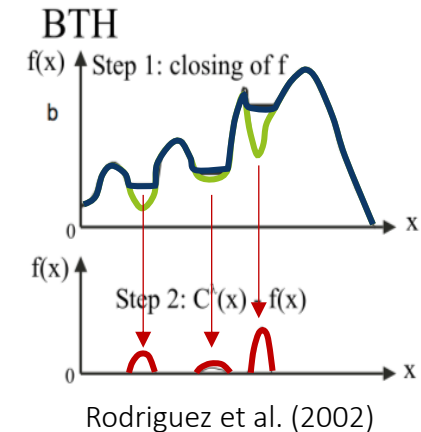


Mobile Laserscan



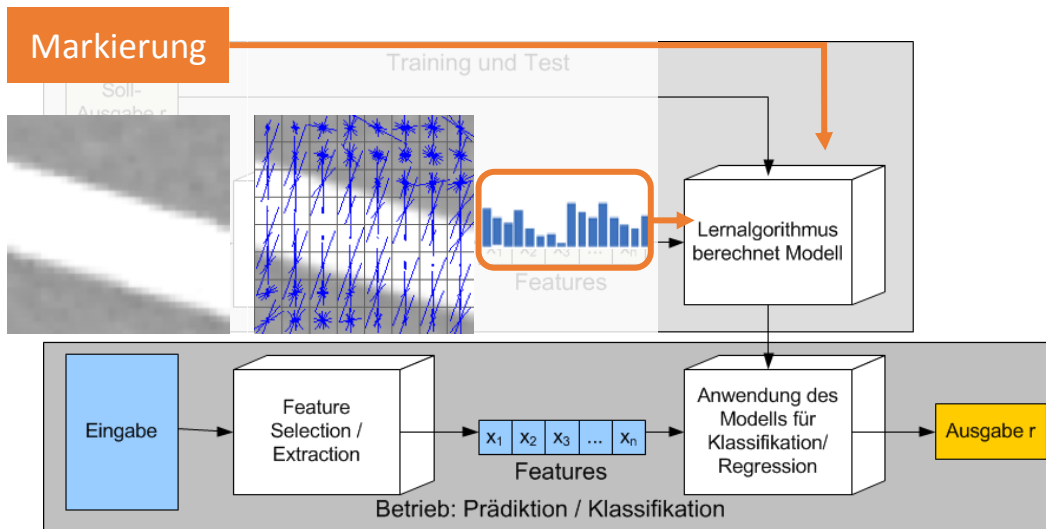
Möglichkeiten der automatisierten Analyse (1/3)

- etablierte Methoden der digitalen Geländeanalyse
 - Geomorphometrie: Extraktion von Oberflächenparametern und -objekten aus digitalen Höhenmodellen mithilfe mathematischer Funktionen
 - i.d.R. Filter-Operationen (z.B. Black Top Hat Transformation)
 - Problem: Parametersensitivität (z.B. Größe des Strukturelements bei morphologischen Filtern)



Möglichkeiten der automatisierten Analyse (2/3)

- Konventionelle überwachte Lernverfahren: Trainings- und Prädiktionsphase

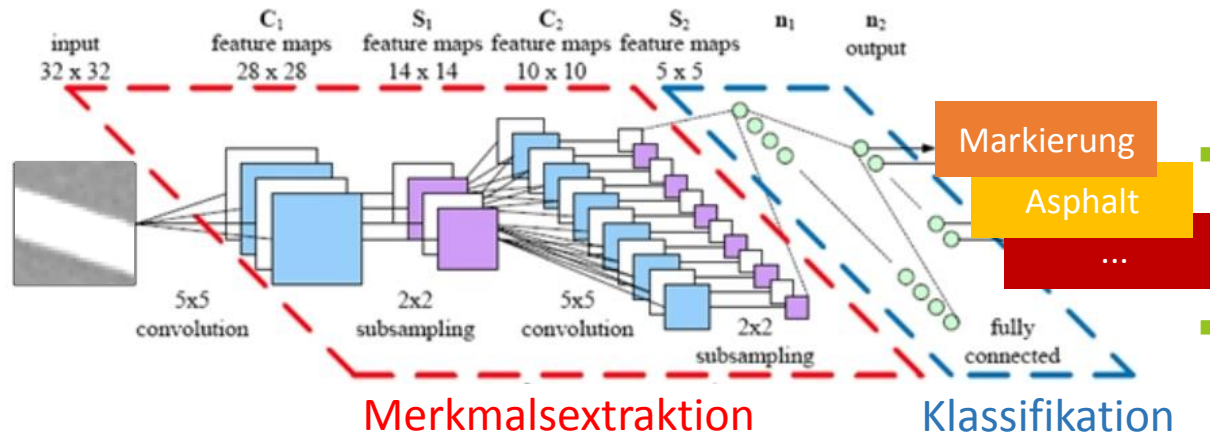


<https://www.hdm-stuttgart.de/~maucher/Python/SklearnIntro/html/dataminingSklearn.html>

- Verbreitet in Fernerkundungs- und GIS-Anwendungen
- i.d.R. Merkmal (z.B. Gradienten) + Klassifikator (z.B. SVM)
- Problem: Identifikation und Kombination geeigneter Merkmale

Möglichkeiten der automatisierten Analyse (3/3)

- künstliche neuronale Faltungsnetze (CNN's)



<http://parse.ele.tue.nl/education/cluster2>

- State-of-the-art im Bereich visueller Detektions- und Klassifikationsanwendungen
- Keine „handgefertigten“ Merkmale
- inspiriert von Funktionsweise des menschlichen Gehirns

Deep Learning: der ASINVOS-Ansatz (1/4)

- Deep Learning:
 - Teilbereich des maschinellen Lernens
 - nutzt neuronale Netze (für visuelle Aufgaben i.d.R. CNN's) und große Datenmengen
 - Unterschied zu "normalen" neuronalen Netzen: tiefe Staffelung von Schichten
- ASINVOS ist ein 2018 abgeschlossenes Forschungsprojekt (BMBF)
 - Forschungspartner: TU Ilmenau (Neuroinformatik und Robotik)
 - Ziel: automatisches Assistenzsystem zur Inspektion von Bilddaten am Beispiel von
Fahrbahnen und Rohrleitungen unter Nutzung modernster Methoden aus dem
Bereich Deep Learning



Deep Learning: der ASINVOS-Ansatz (3/4)

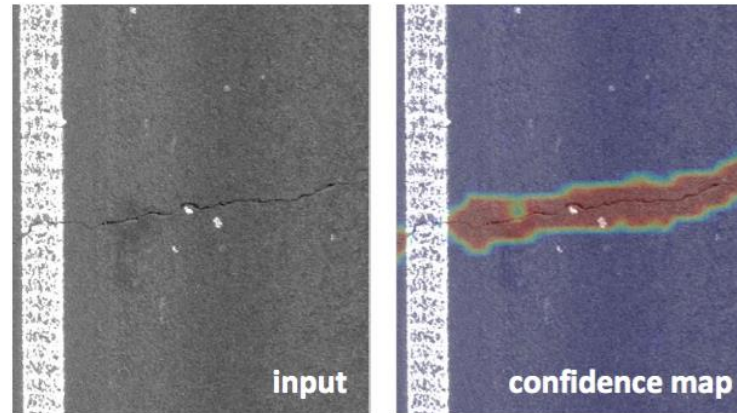
- Aufbau eines für Wissenschaftler frei verfügbaren Benchmark Datensatzes („GAPs“)
- Experimente:
 - Vergleich konventioneller Analysemethoden mit Deep Learning Ansätzen
 - Vergleich diverser Netzwerkarchitekturen
 - intelligente Auswahl von Beispielen, die dem Lernerfolg zuträglich sind

Deep Learning: der ASINVOS-Ansatz (4/4)

- Finale Netzarchitektur: ResNet18

Test - F1 0.957

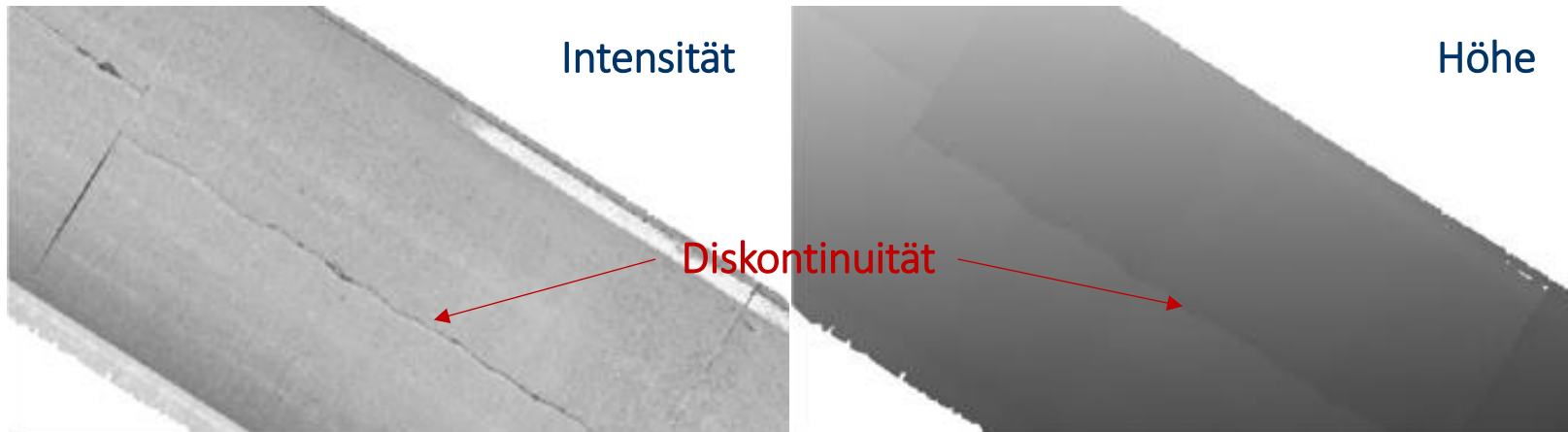
True label	NORM	98.00	2.00
	DISTRESS	4.61	95.39
		NORM	DISTRESS
		Predicted label	



- ausschließlich radiometrische Information genutzt (Grauwertunterschiede)
- kein Einbezug von geometrischen Informationen (Reliefdiskontinuitäten)

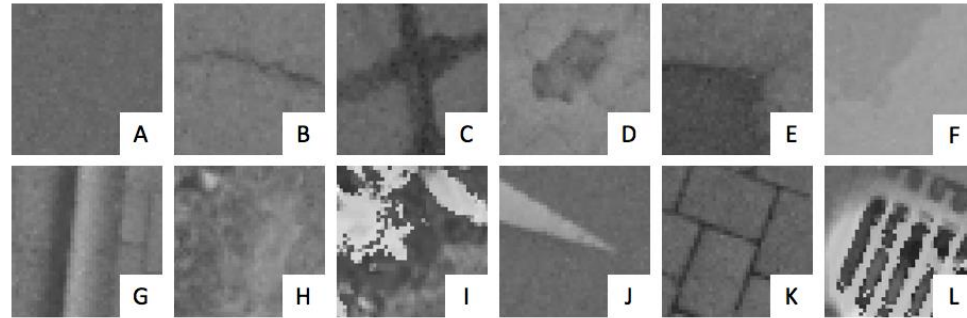
Adaption des ASINVOS-Ansatzes auf 2.5D-Oberflächenmodelle

- 2.5D-Oberflächenmodelle des Pavement Profile Scanners erlauben die räumlich synchronisierte Betrachtung von radiometrischer und geometrischer Information



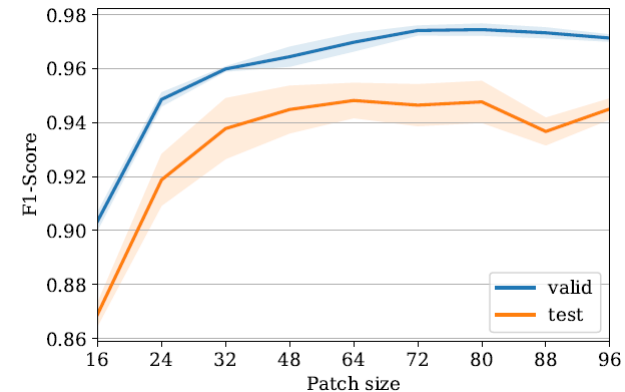
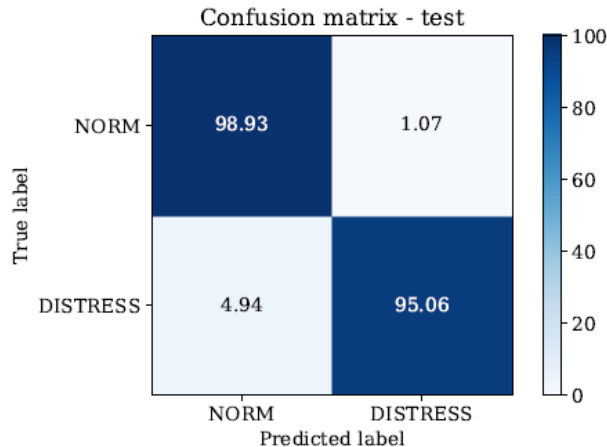
Adaption des ASINVOS-Ansatzes auf 2.5D-Oberflächenmodelle

- Datensatz
 - LiDAR Daten aus 10 kommunalen Messkampagnen (ca. 75k Patches)
 - Erzeugung von 2.5D Oberflächenmodellen: Komposit aus Intensität und Höhe
 - Labelling von Schad- und Objektklassen in GIS



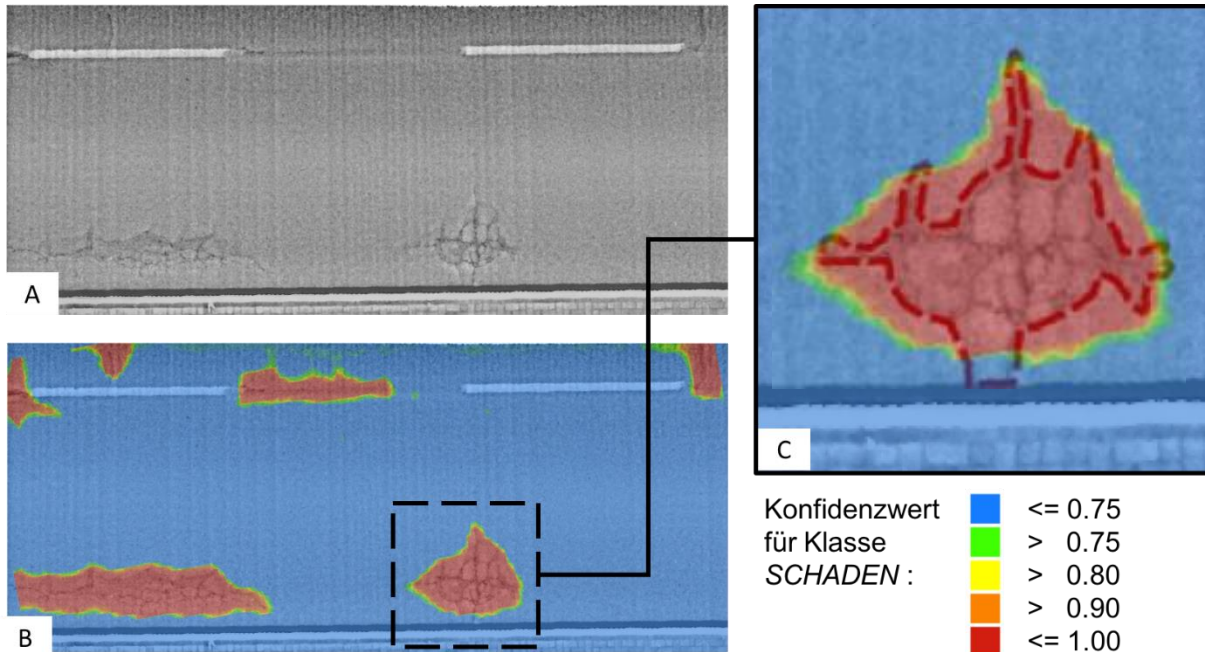
Adaption des ASINVOS-Ansatzes auf 2.5D-Oberflächenmodelle

- Evaluierung des Detektors: F1-Score von 0.95 (Kombination von Höhe und Intensität)
 - Nur auf Intensität: 0.78
 - Nur auf Höhe: 0.93

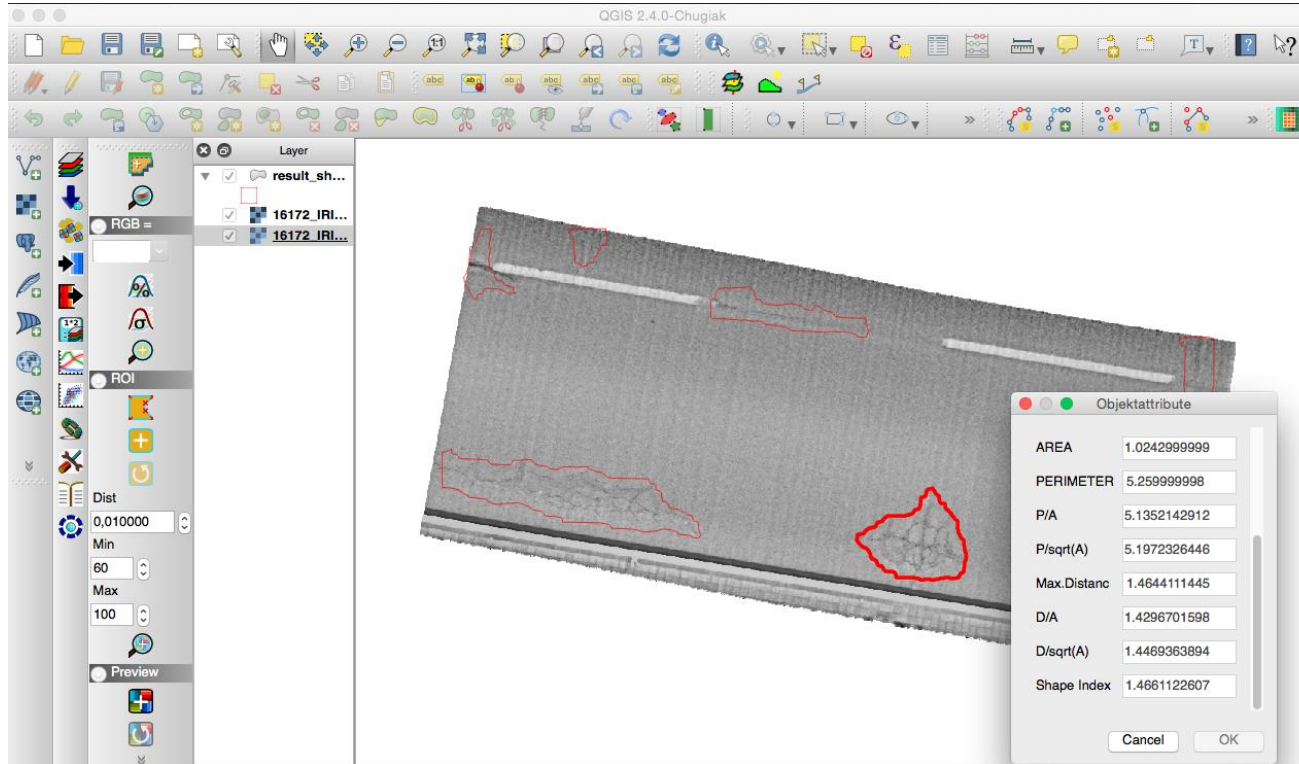


Adaption des ASINVOS-Ansatzes auf 2.5D-Oberflächenmodelle

- Visualisierung: Konfidenzkarten als GeoTIFFs



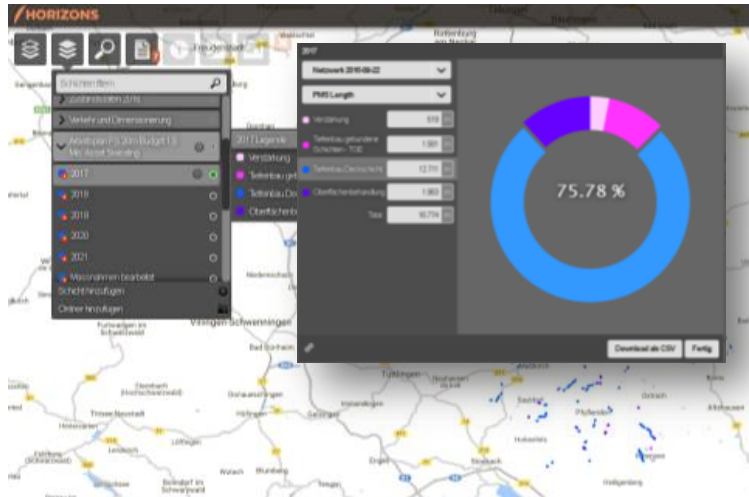
Adaption des ASINVOS-Ansatzes auf 2.5D-Oberflächenmodelle



- Vektorisierung der Konfidenz-Raster mit Standard GIS-Tools
- Berechnung von Deskriptoren, z.B. Fläche, Umfang, Shape Index, ...

Anwendung: Nutzung für kommunale Zustandserfassung und –bewertung

- in Anlehnung an ZTV ZEB Stb (Autobahnen/Fernstraßen): 1*1m Zellen



- Zustandsnoten analog ZTV ZEB Stb
- Pavement Management Systeme:
 - Zustandsprognosen
 - Budgetplanung
 - Priorisierungslisten
 - ...

Fazit

Zusammenfassung

- schnelle, hochgenaue und automatisierte Erfassung digitaler Topographien von Fahrbahnoberflächen mit Mobile Mapping Systemen (**S.T.I.E.R, I.R.I.S**)
- konkurrenzlos präziser Laserscanner (Fraunhofer **Pavement Profile Scanner**):
- präzise Georeferenzierung der LiDAR-Messungen in Form von **2.5D-Oberflächenmodellen** (Geländemodelle, Intensitätsbilder)
- moderne **Deep Learning** Ansätze ermöglichen **automatische Schadensdetektion** auf dem Niveau der menschlichen Fehlerrate
- Ergebnisse als **GIS-Geometrien**: Basis für **Pavement Management Systeme**

Vielen Dank!