

Substring - The Data Company

Deep Learning Lösungen für kosteneffiziente Tunnelwartung
Dataholics #14 Webinar-Reihe

14. Januar 2025



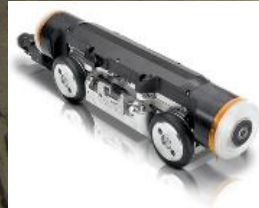
Joël Zbinden

Data Scientist & Machine Learning Engineer

j.zbinden@substring.ch

Teilnehmen unter
attend.sl/4xyp





KI in Tunnels



KI in Kanalisationen

Basler & Hofmann

KI an Brücken



Basler & Hofmann



Hes-so



**Tunnelinspektion, Prozess und
Amberg Plattform**



**Methodik zur erfolgreichen
«Vision» ML-Entwicklung**



Qualitätsaspekte und Resultate



Zusammenfassung und Fazit

Agenda



Tunnelinspektion, Prozess und Amberg Plattform



Methodik zur erfolgreichen
«Vision» ML-Entwicklung



Qualitätsaspekte und Resultate



Zusammenfassung und Fazit

Agenda



57 km

Welt längster Bahntunnel

7%

des globalen
Infrastrukturbau-Marktes

5'000 km

Tunnels pro Jahr gebaut

7%

Jährliches Wachstum

10Mia €

Europäischer
Tunnelmarkt pro Jahr

Alte Lötschberg Linie, ca. Mitternacht



Objekte des Interesses



Tunnel Inspektionsprozess

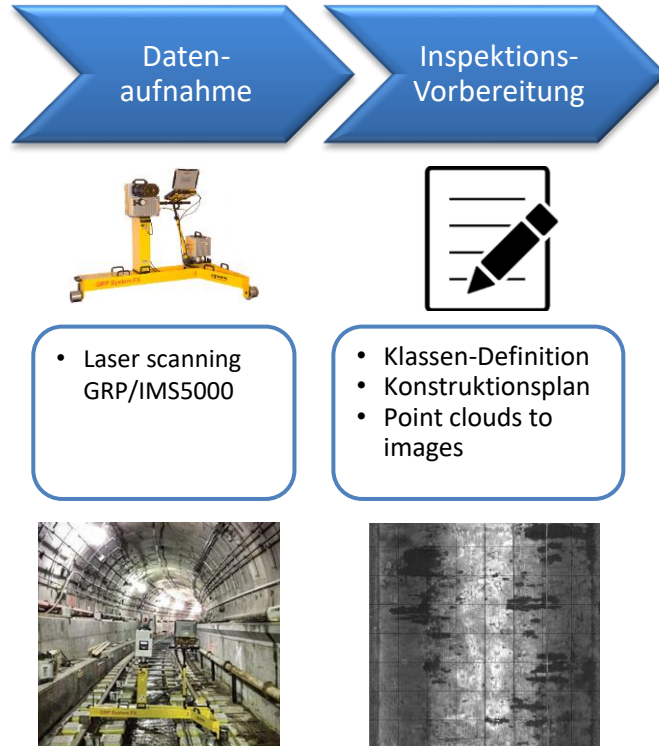
Daten-
aufnahme



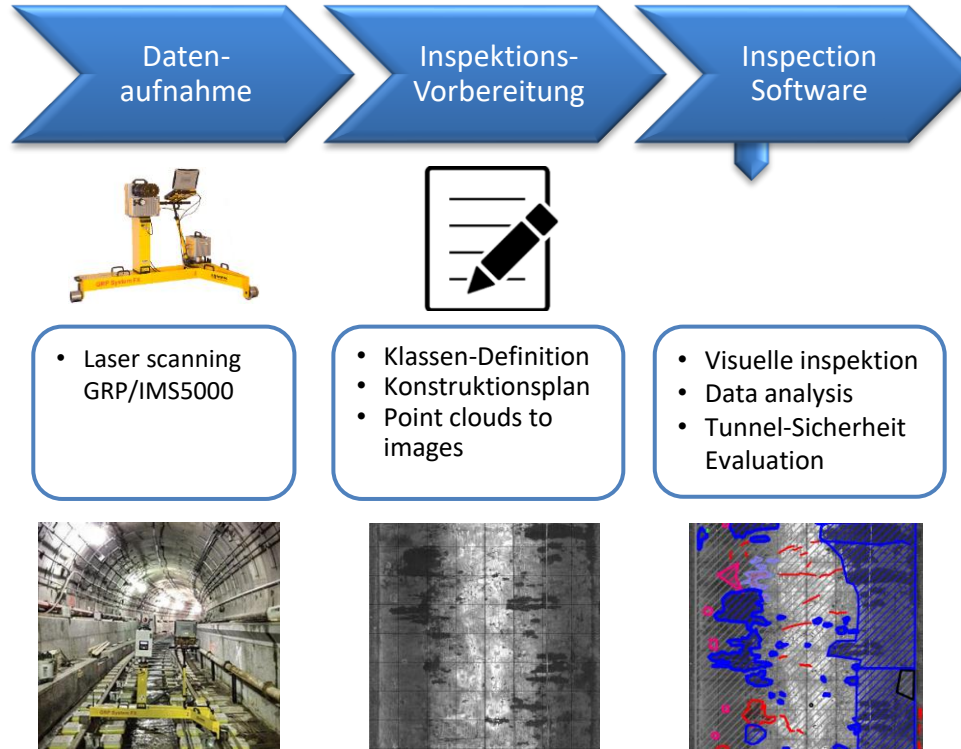
- Laser scanning
GRP/IMS5000



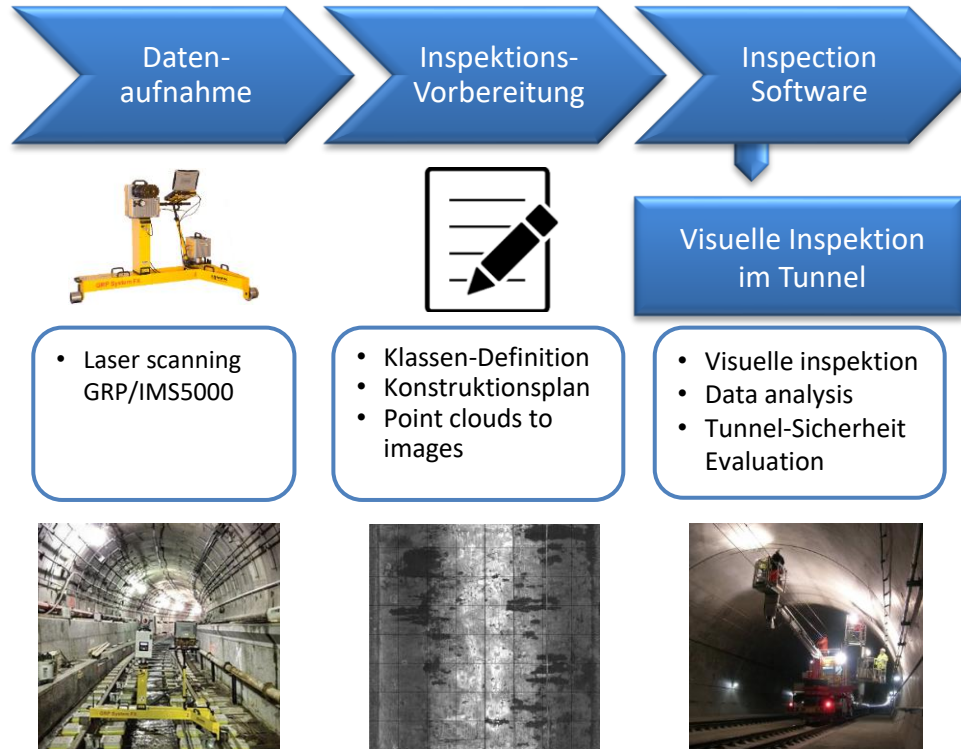
Tunnel Inspektionsprozess



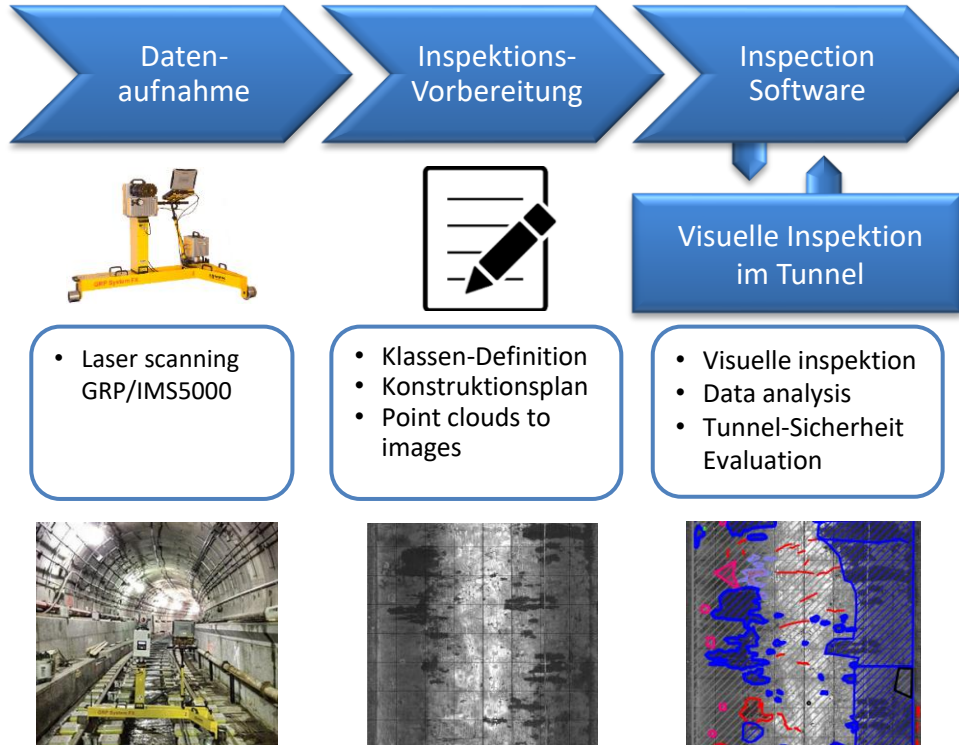
Tunnel Inspektionsprozess



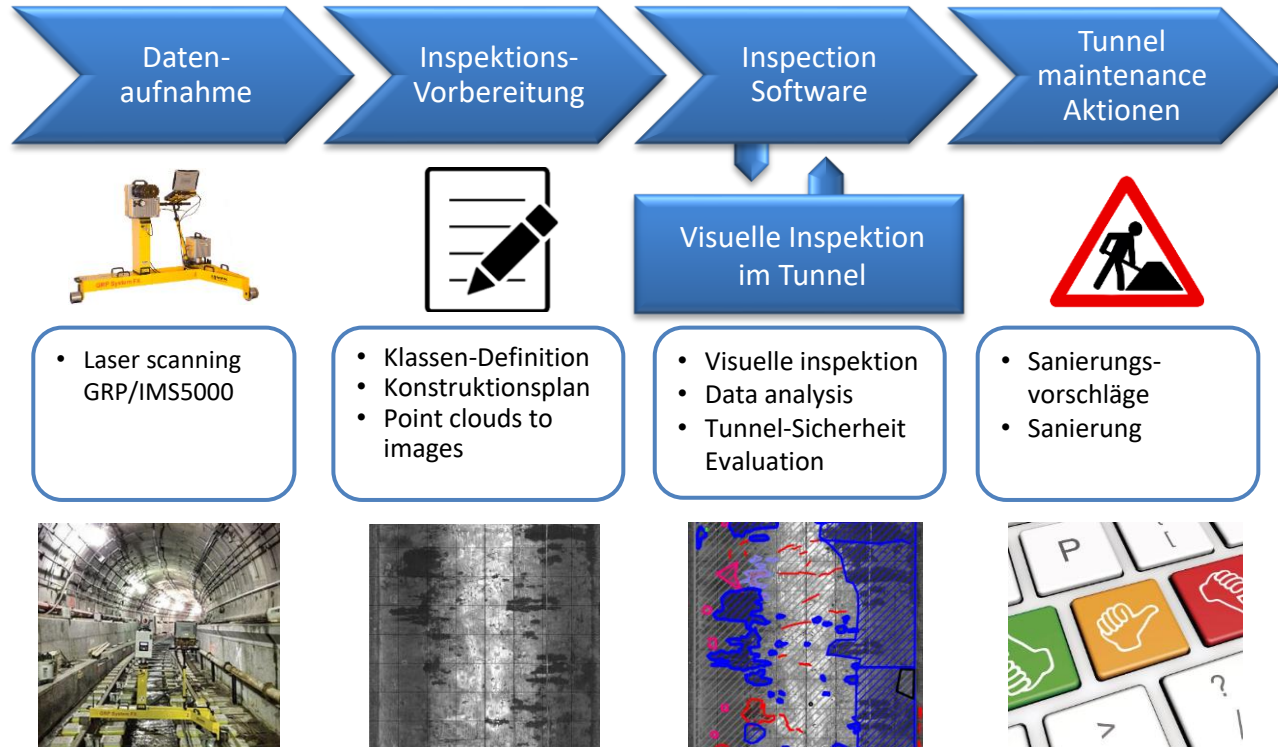
Tunnel Inspektionsprozess



Tunnel Inspektionsprozess



Tunnel Inspektionsprozess



Amberg Inspektionsplattform

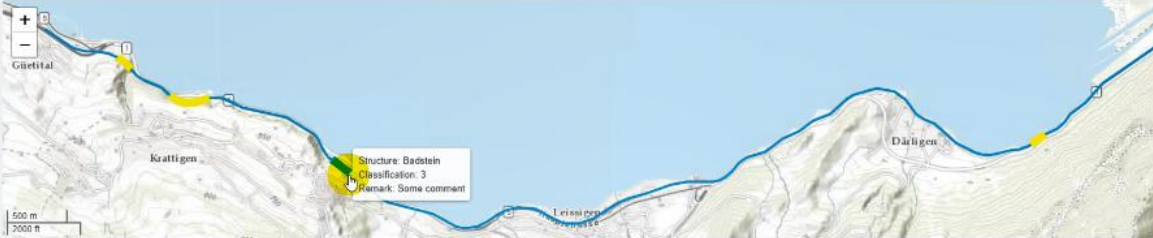
Amberg Tunnel Cloud

https://ambergtunnelwebclient-prod.azurewebsites.net/project/6FAFED4C-1B01-43DB-999E-766E4BF27EE7

EN-Private Railway

Tunnel Cloud / Projekt EN-Private Railway

Projektübersicht

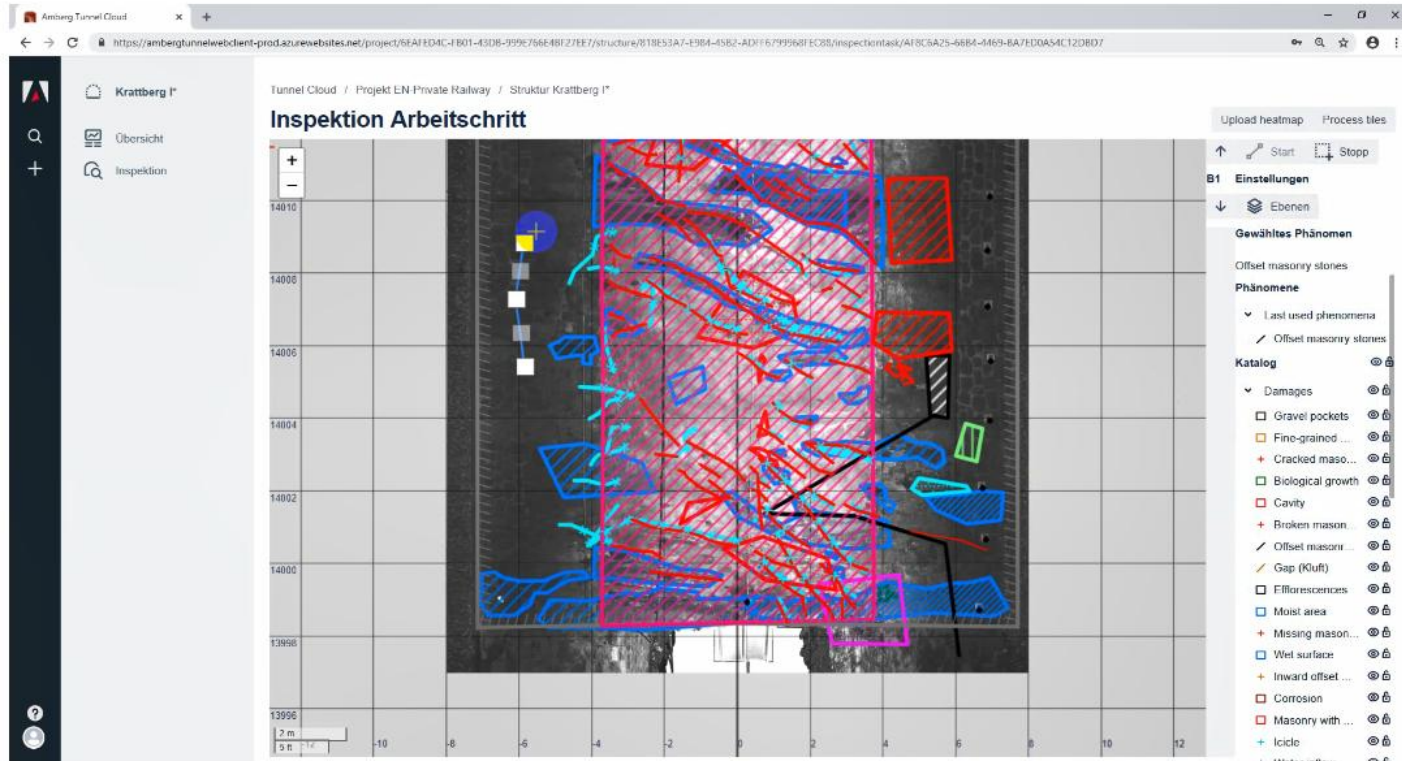


Strukturen

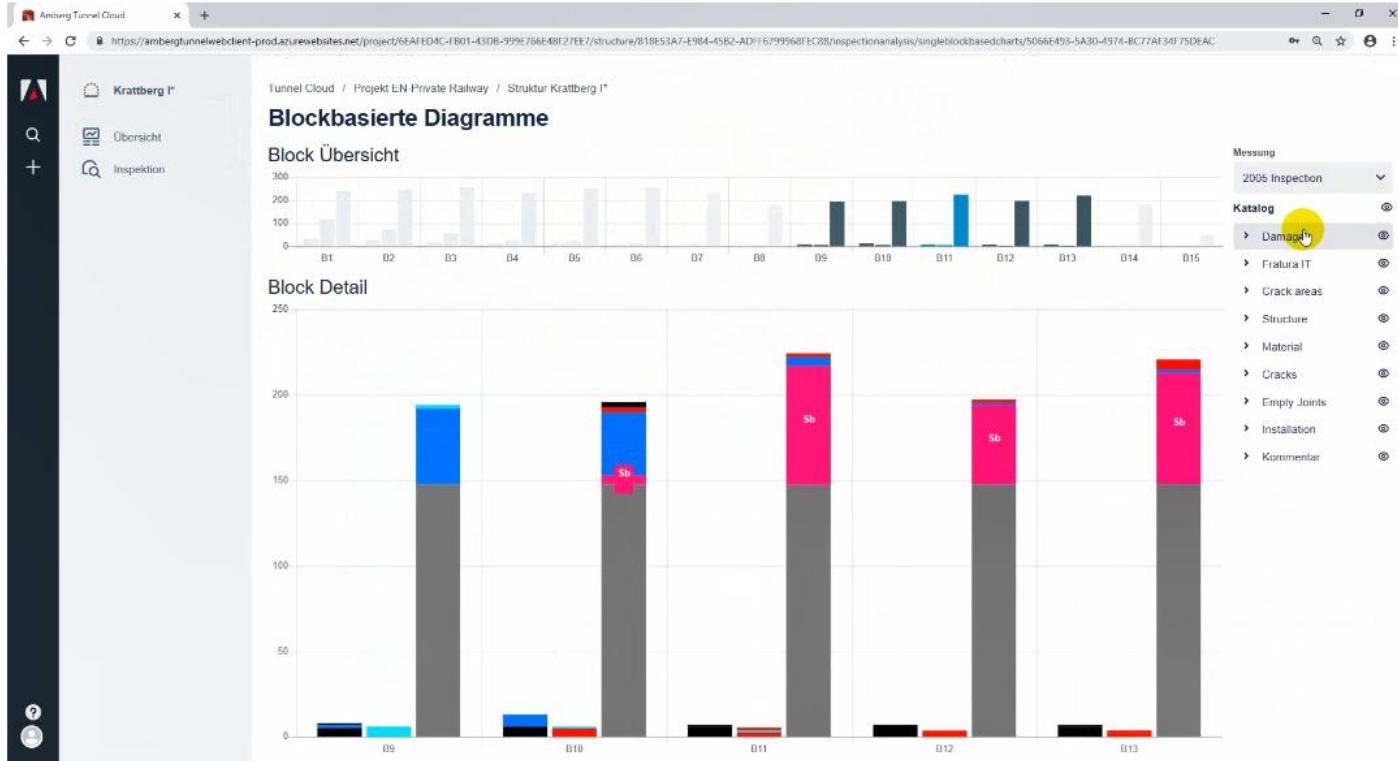
Struktur Name	Inspektion Arbeitsschritte	Inspektion Analysen	Aktualisiert
Badstein	4	7	15.1.2019
Därhusen	2	0	15.1.2019
Halden	2	0	15.1.2019
Krattberg I*	10	7	15.1.2019

Zurück 1 Weiter

Amberg Inspektionsplattform



Amberg Inspektionsplattform





Tunnelinspektion, Prozess und
Amberg Plattform



**Methodik zur erfolgreichen
«Vision» ML-Entwicklung**



Qualitätsaspekte und Resultate

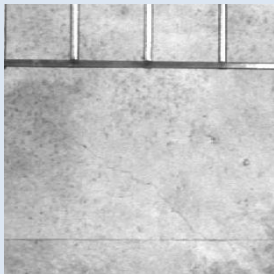


Zusammenfassung und Fazit

Agenda

Welcher Deep Learning Typ?

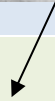
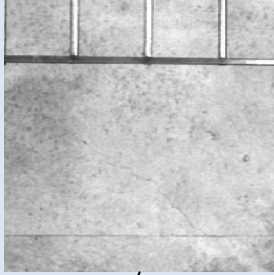
Input



Potential Output

Welcher Deep Learning Typ?

Input



Classification

“There is a
crack!”

Potential Output

“There is no
crack!”

Welcher Deep Learning Typ?

Input



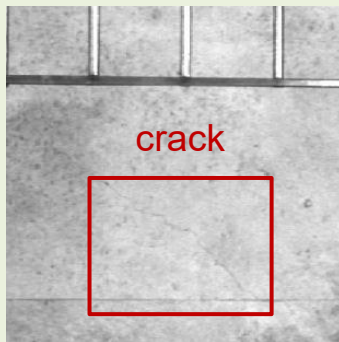
Potential Output

Classification

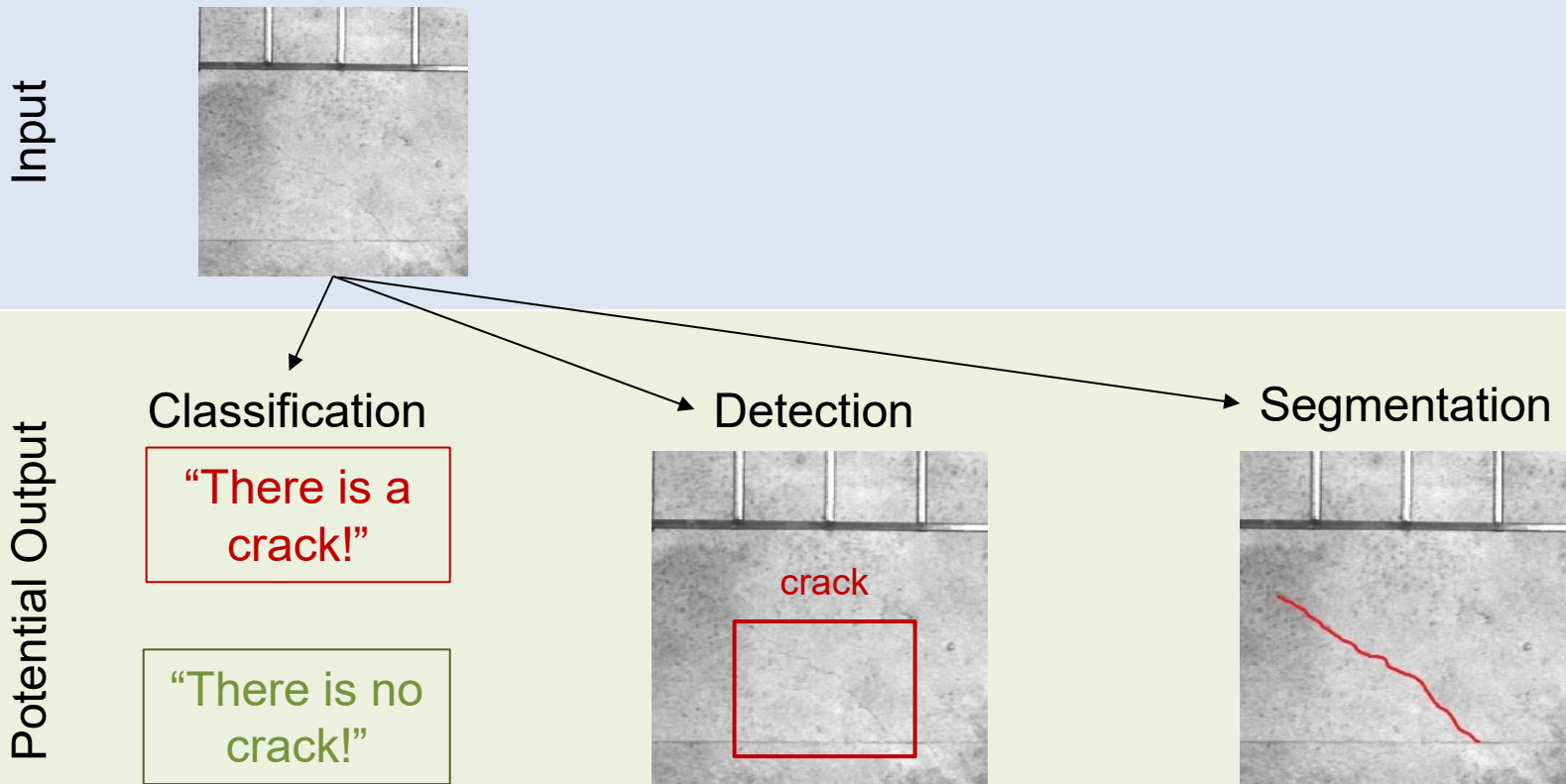
“There is a
crack!”

“There is no
crack!”

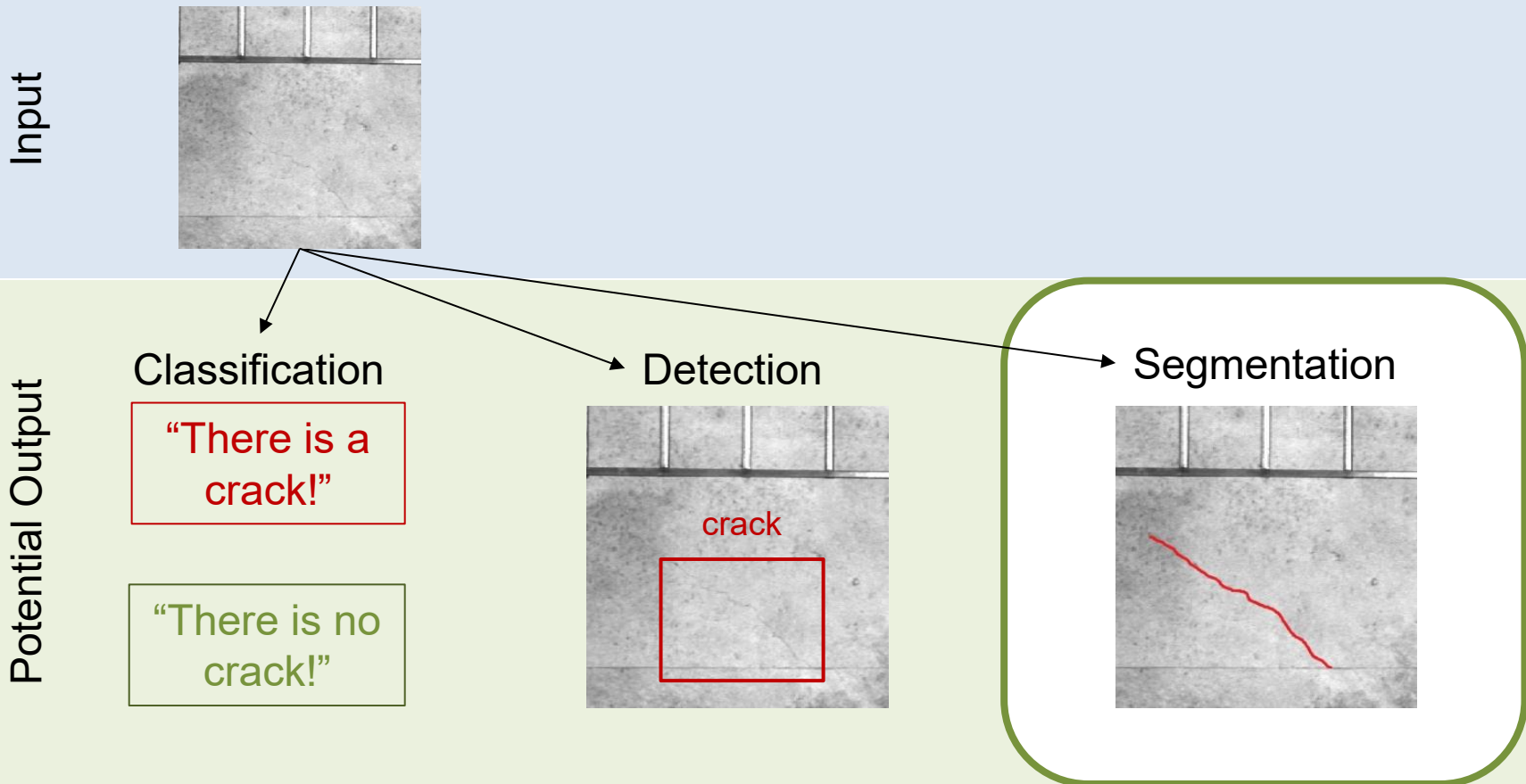
Detection



Welcher Deep Learning Typ?



Welcher Deep Learning Typ?



Wie sehen die Daten aus?

Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

	Tunnel type	Length	# cracks
Tunnel 1	Concrete	1,000 m	41
Tunnel 2	Brick	800 m	153
Tunnel 3	Brick	2,500 m	478
Tunnel 4	Concrete	3,200 m	83
Tunnel 5	Segmented	2,100 m	68
Tunnel 6	Brick	1,300 m	326
...

Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

	Tunnel type	Length	# cracks
Tunnel 1	Concrete	1,000 m	41
Tunnel 2	Brick	800 m	153
Tunnel 3	Brick	2,500 m	478
Tunnel 4	Concrete	3,200 m	83
Tunnel 5	Segmented	2,100 m	68
Tunnel 6	Brick	1,300 m	326
...



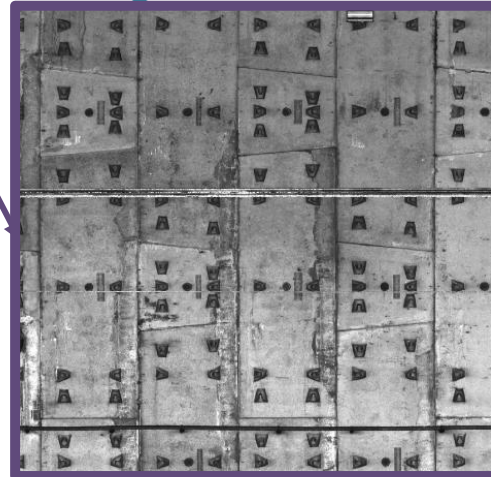
Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

	Tunnel type	Length	# cracks
Tunnel 1	Concrete	1,000 m	41
Tunnel 2	Brick	800 m	153
Tunnel 3	Brick	2,500 m	478
Tunnel 4	Concrete	3,200 m	83
Tunnel 5	Segmented	2,100 m	68
Tunnel 6	Brick	1,300 m	326
...



Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

	Tunnel type	Length	# cracks
Tunnel 1	Concrete	1,000 m	41
Tunnel 2	Brick	800 m	153
Tunnel 3	Brick	2,500 m	478
Tunnel 4	Concrete	3,200 m	83
Tunnel 5	Segmented	2,100 m	68
Tunnel 6	Brick	1,300 m	326
...

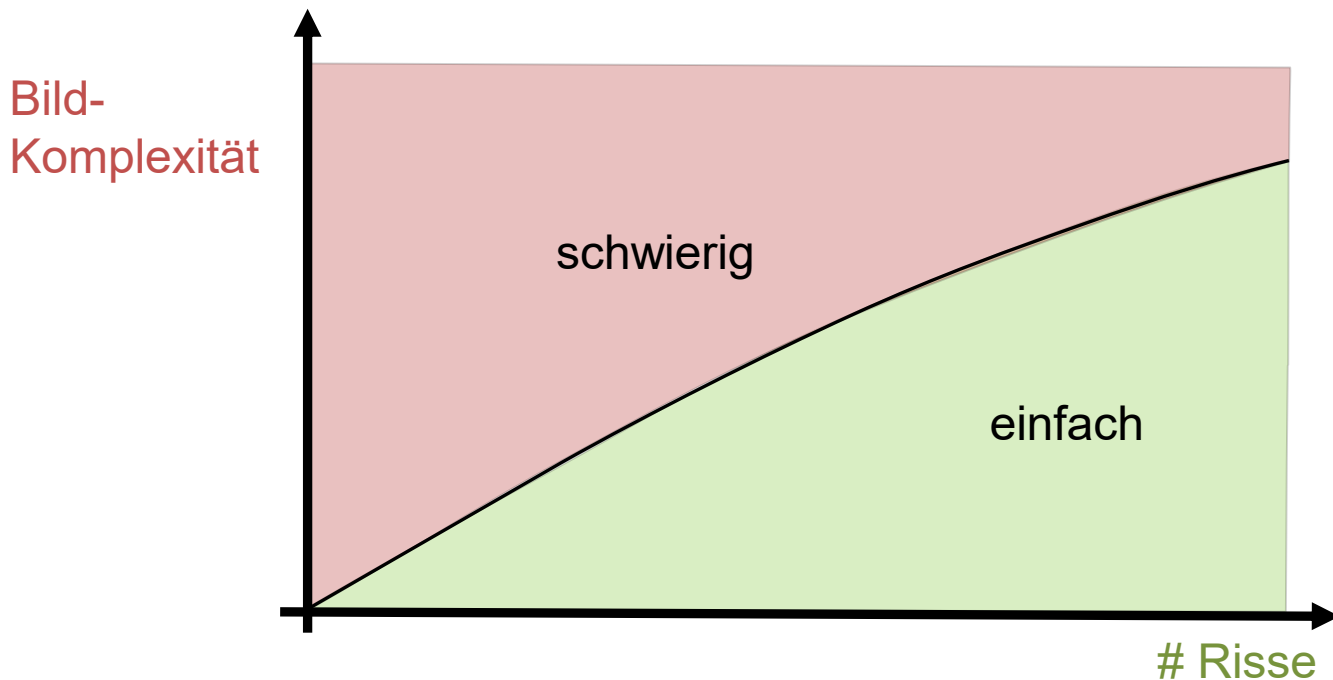


Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

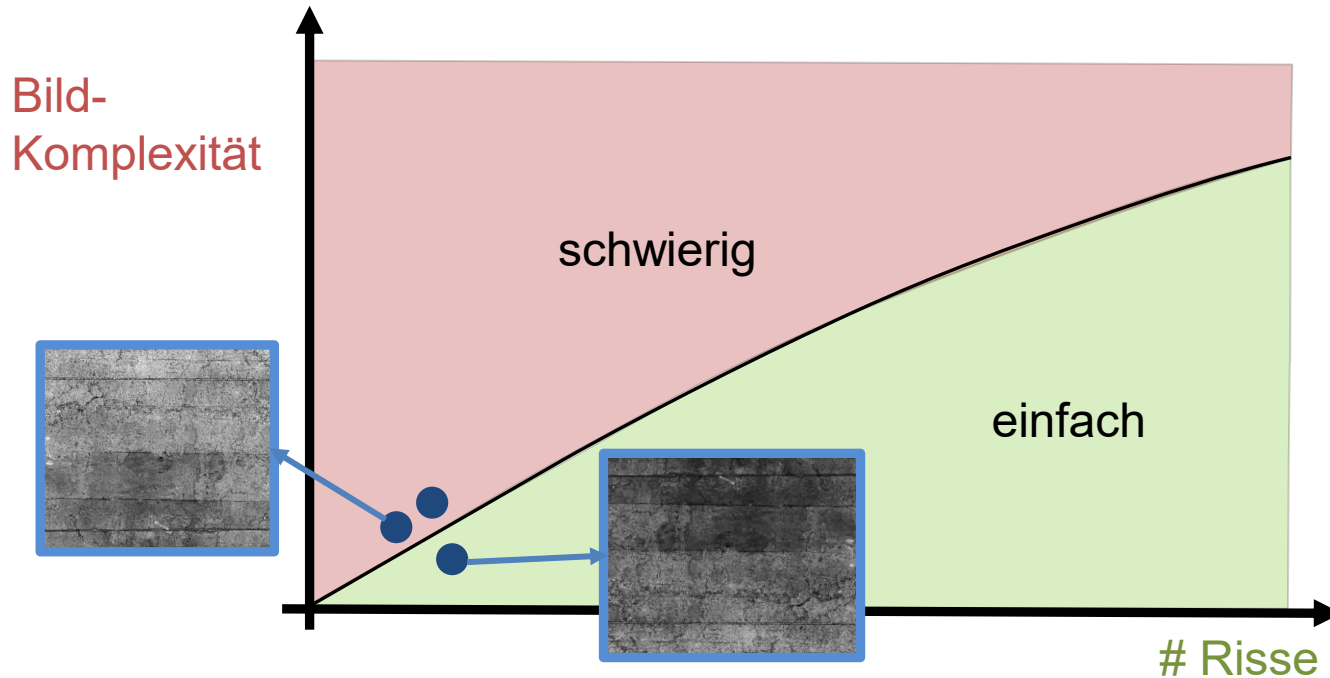
	Tunnel type	Length	# cracks
Tunnel 1	Concrete	1,000 m	41
Tunnel 2	Brick	800 m	153
Tunnel 3	Brick	2,500 m	478
Tunnel 4	Concrete	3,200 m	83
Tunnel 5	Segmented	2,100 m	68
Tunnel 6	Brick	1,300 m	326
...

Wie kann man die Datenquantität erhöhen?

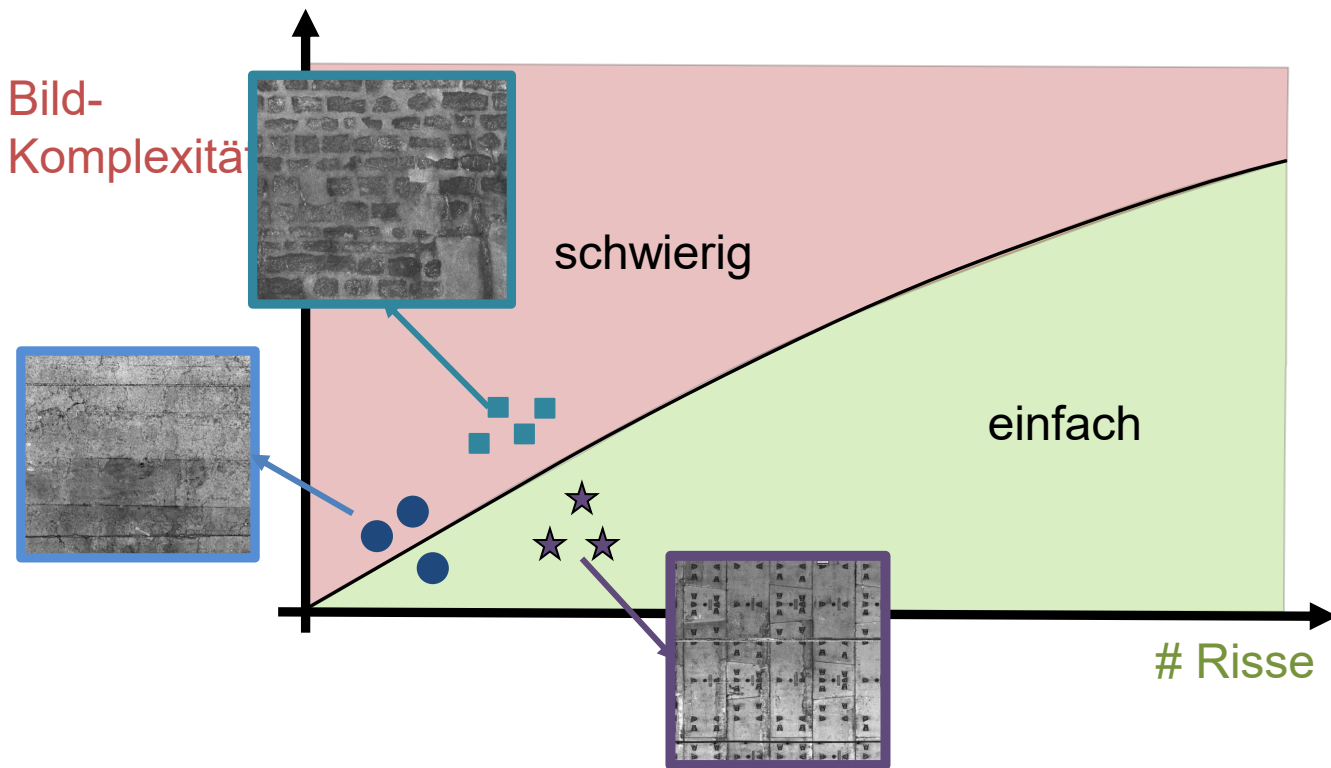
Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?



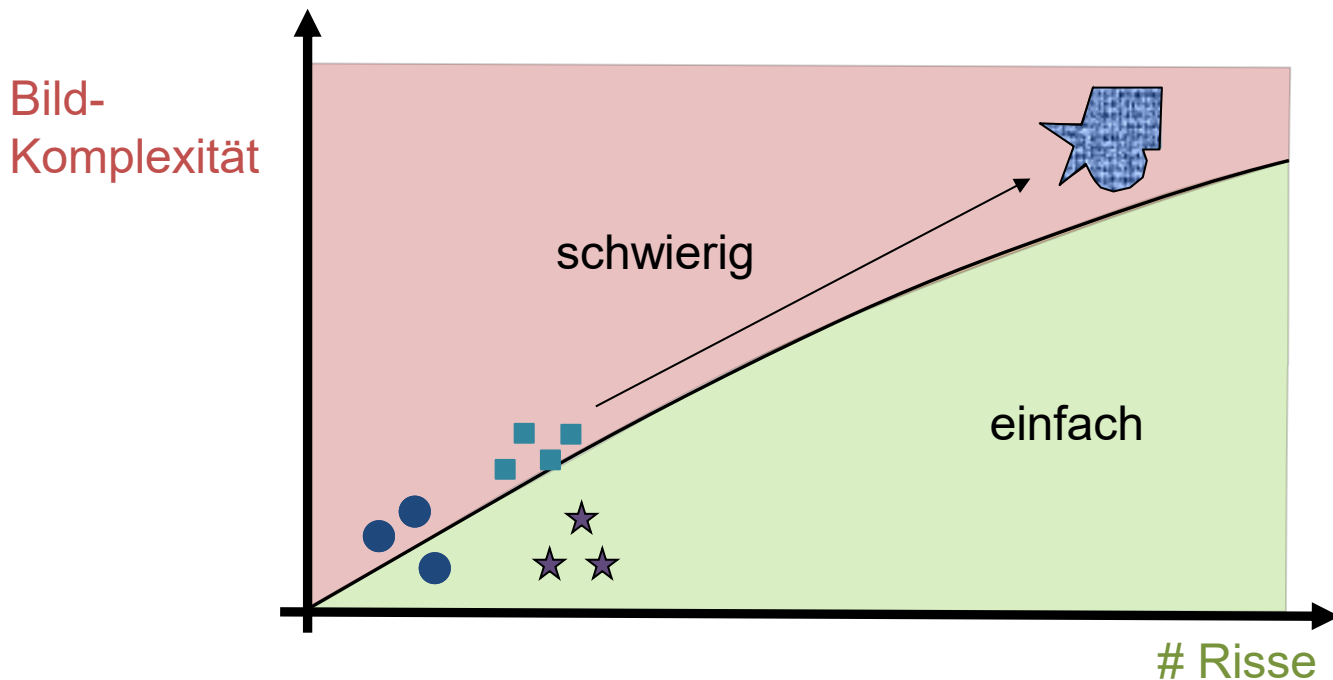
Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?



Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

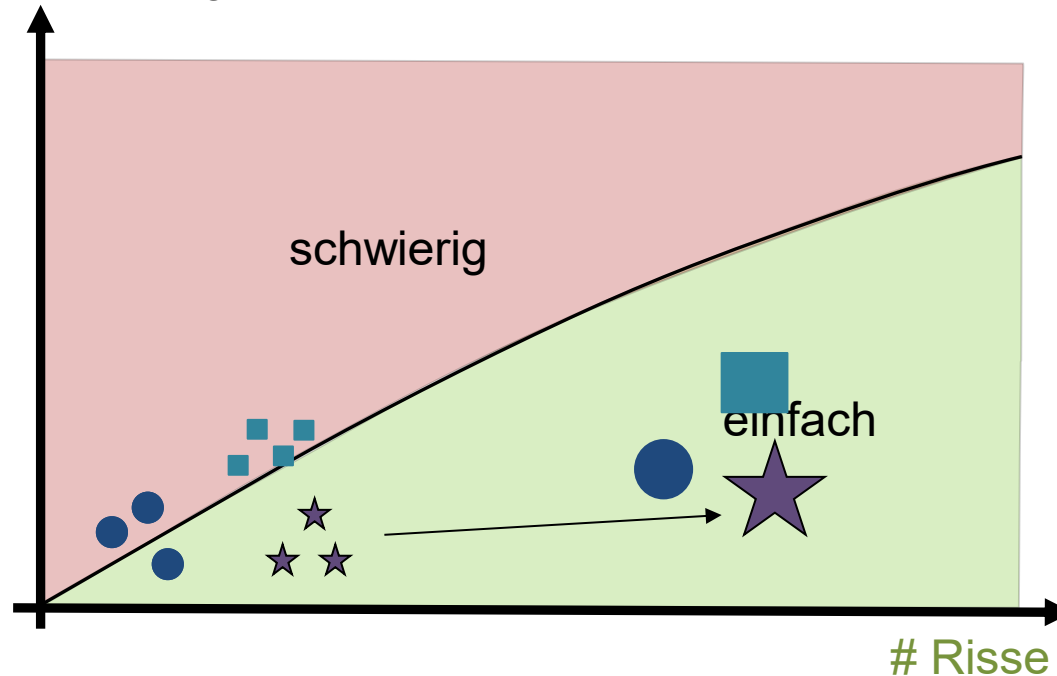


Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?



Daten Quantität: Tunneltypen kombinieren?

Training separater Modelle ist einfacher



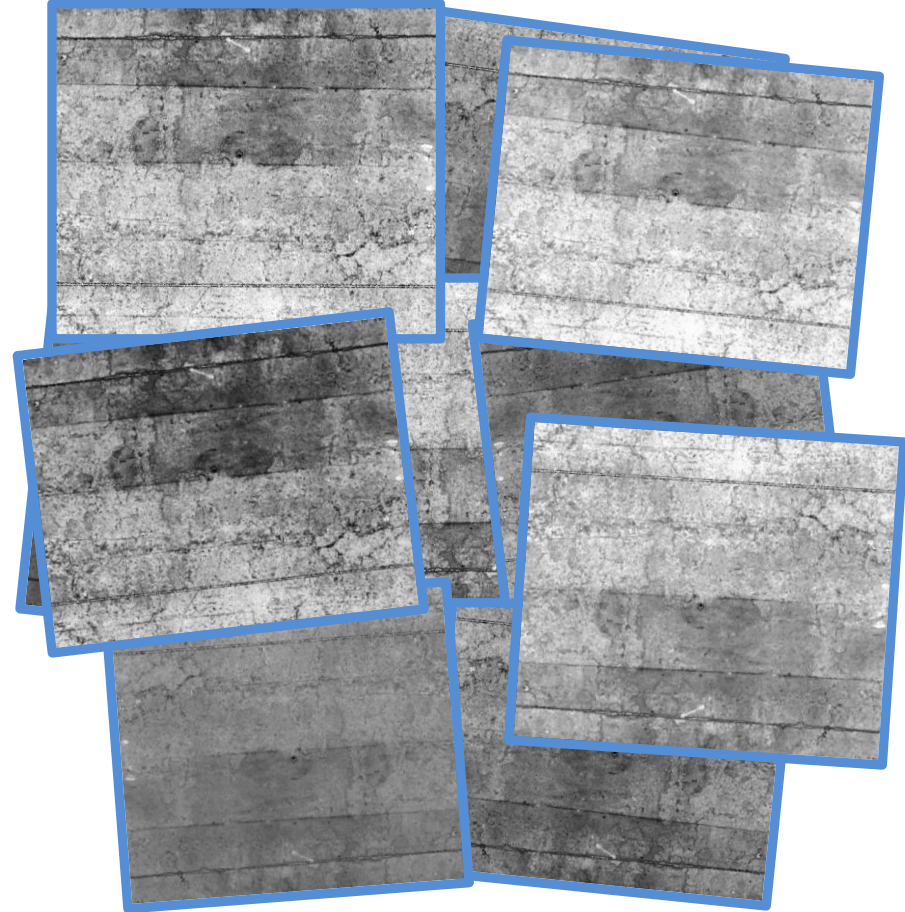
Data augmentation



Data augmentation



- Drehung
- Zoom
- Spiegelung vertikal
- Spiegelung horizontal
- Helligkeit ändern
- Kontrast ändern
- ...





Tunnelinspektion, Prozess und
Amberg Plattform



Methodik zur erfolgreichen
«Vision» ML-Entwicklung



Qualitätsaspekte und Resultate

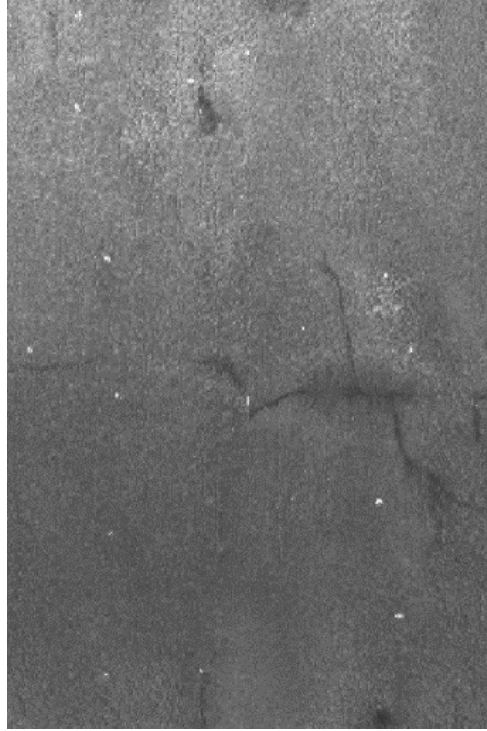


Zusammenfassung und Fazit

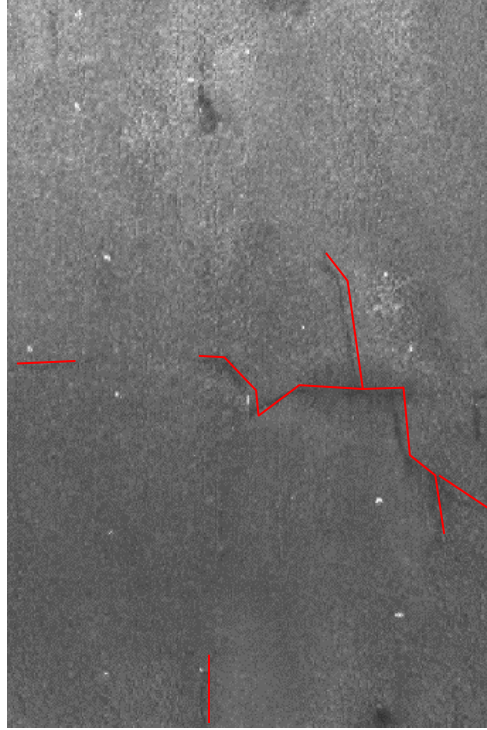
Agenda

Und die Datenqualität?

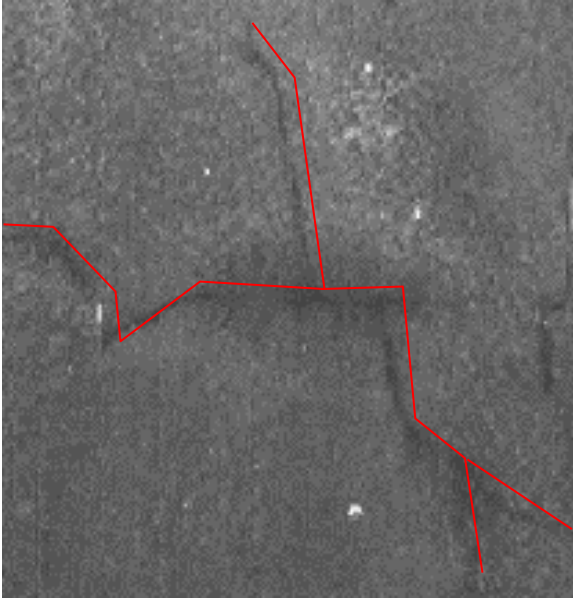
Datenqualität



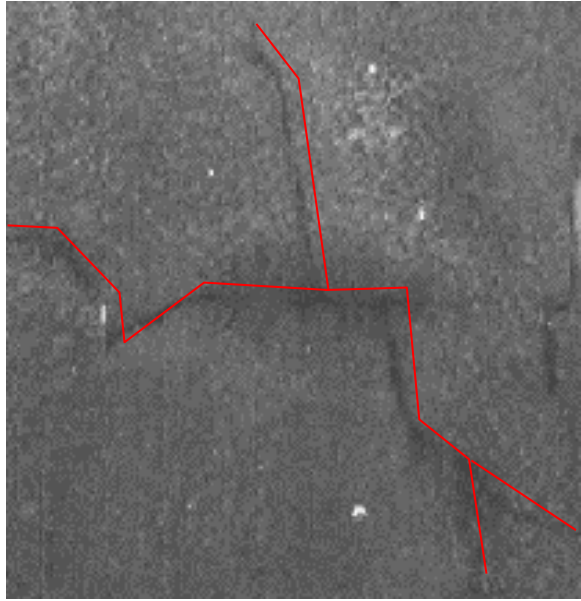
Datenqualität der Annotierungen



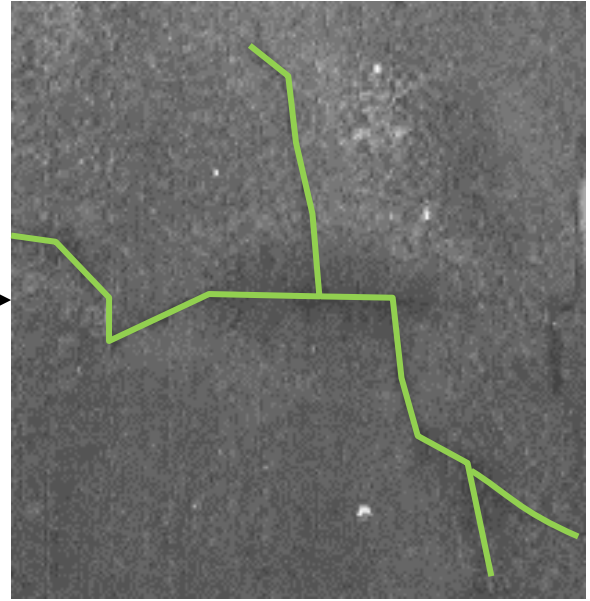
Datenqualität der Annotierungen



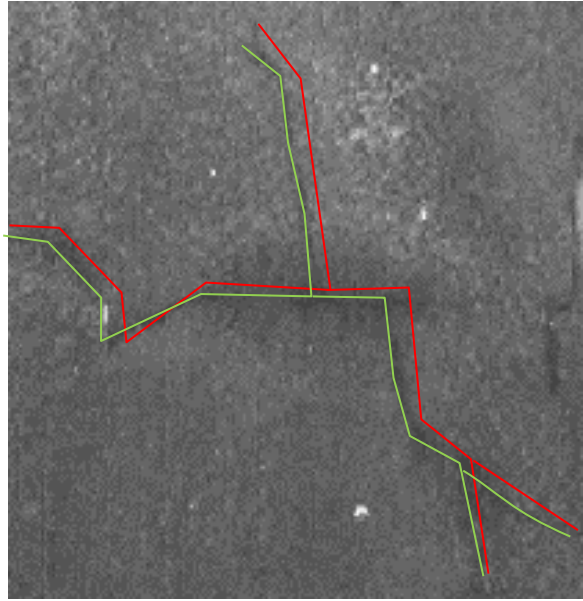
Datenqualität der Annotierungen



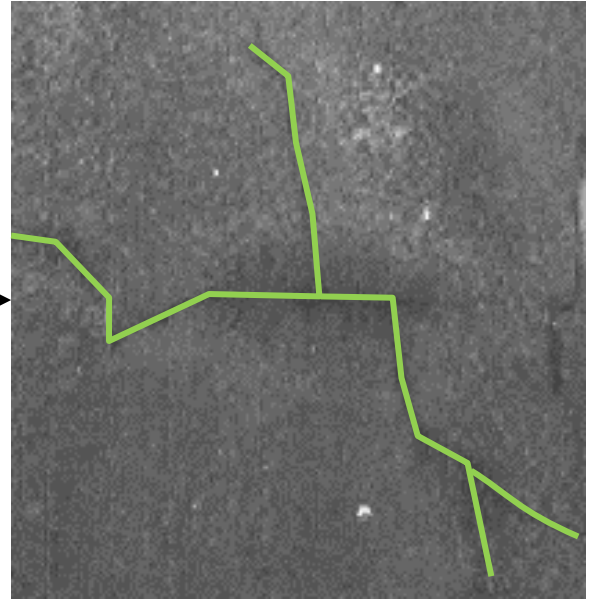
Korrekte
labels



Datenqualität: Verbesserung training «labels»



Korrekte
labels

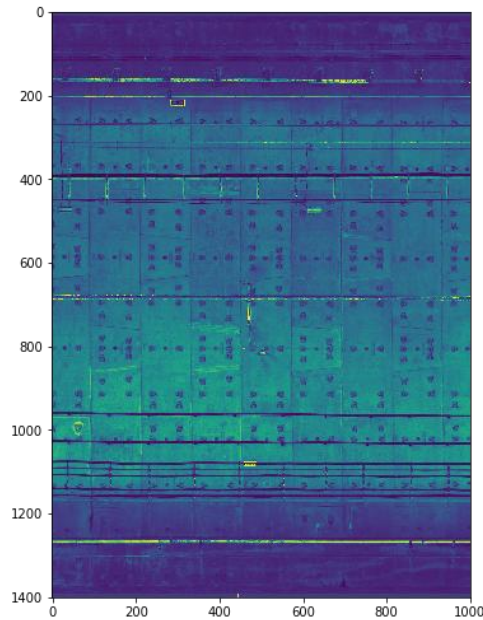


+50% mehr richtig erkannte Schäden
dank korrigierten Trainingslabels!

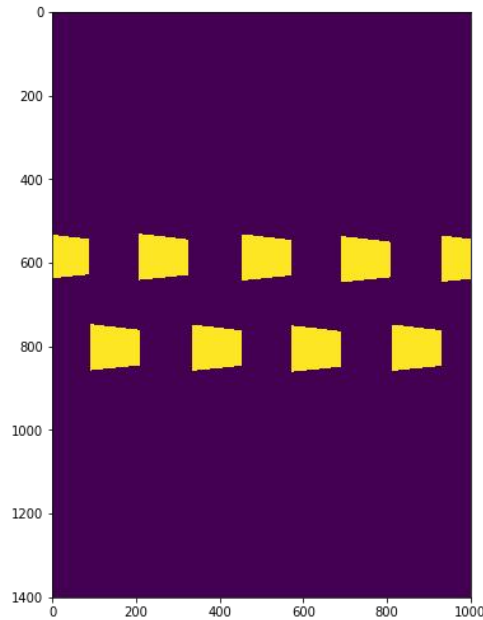
Resultate

Verstärkungen - "Keystones"

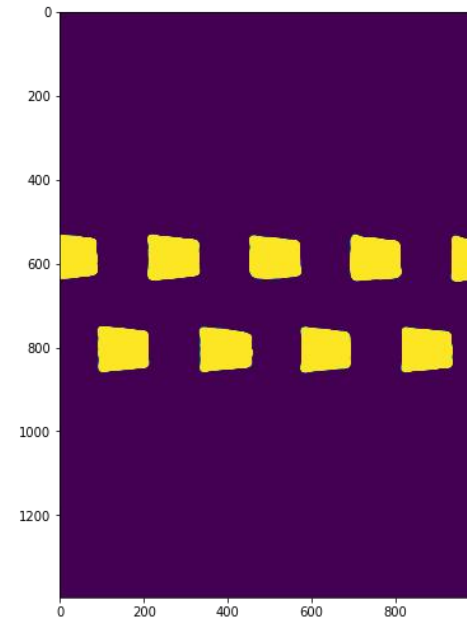
Quellbild



Manuelle Inspektion

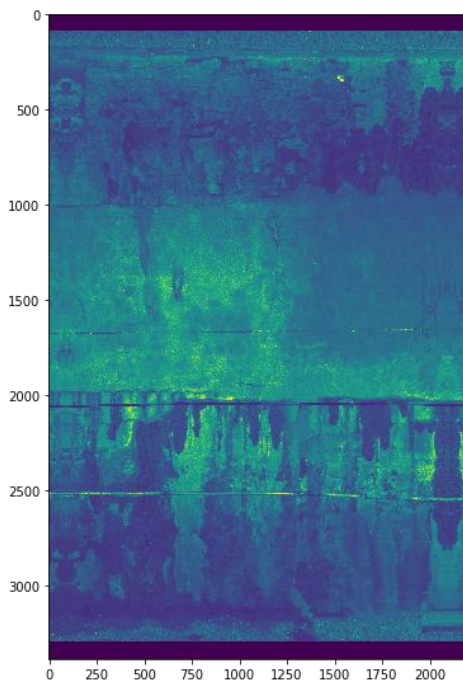


Automatische Inspektion
(deep learning)

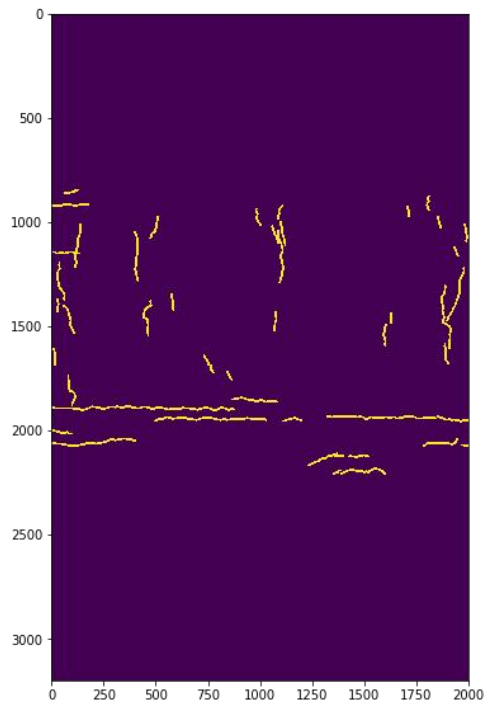


Risse

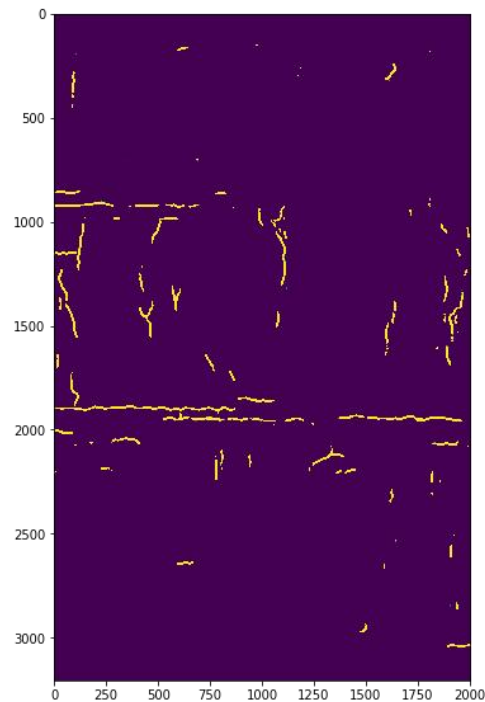
Quellbild



Manuelle Inspektion

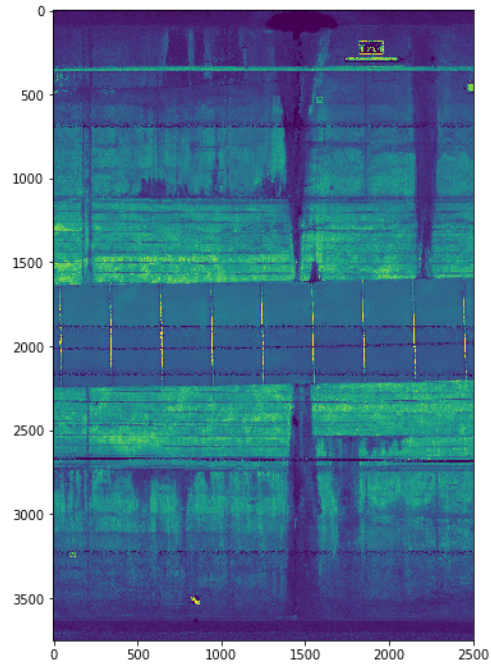


Automatische Inspektion
(deep learning)

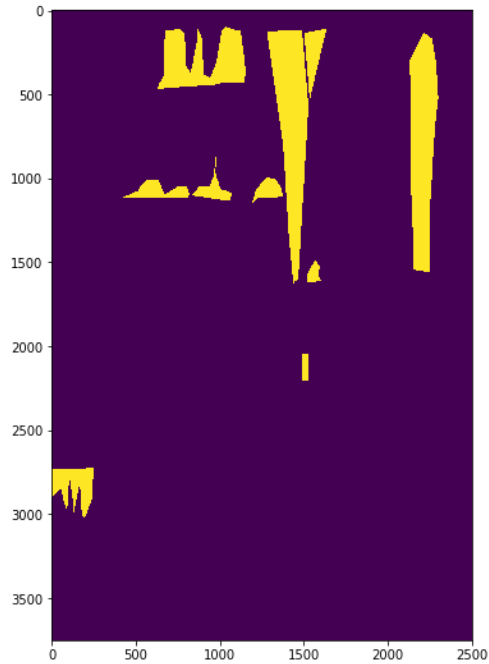


Nassstellen

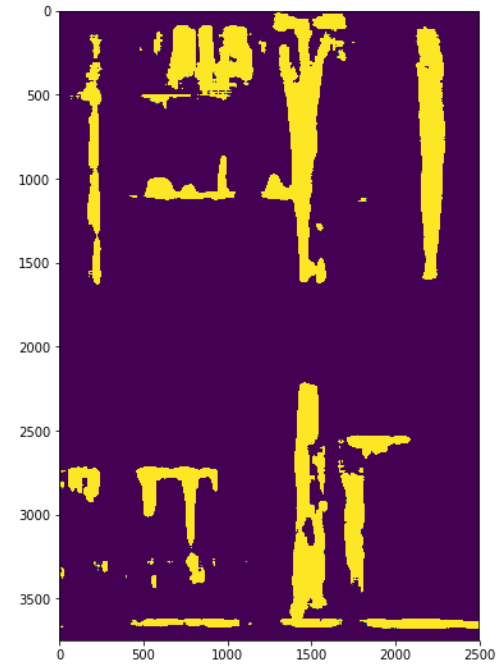
Quellbild



Manuelle Inspektion

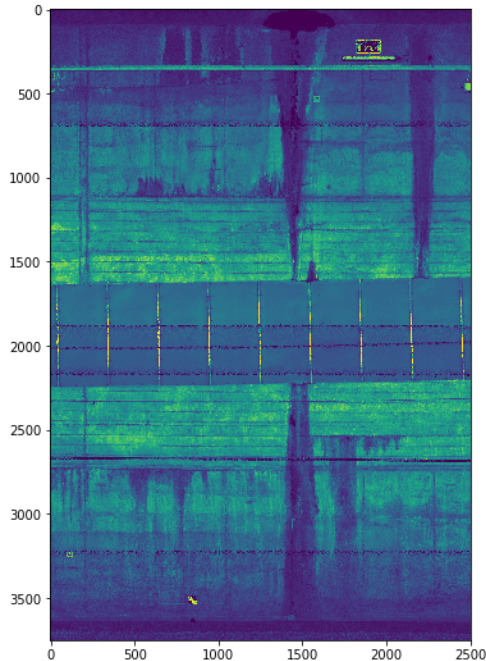


Automatische Inspektion
(deep learning)

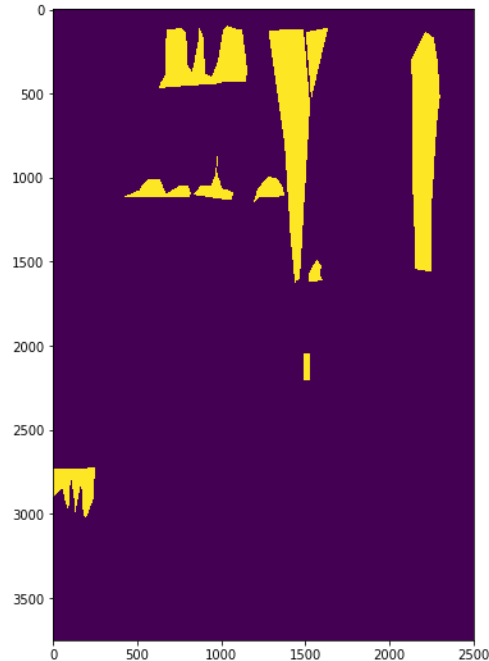


Nassstellen

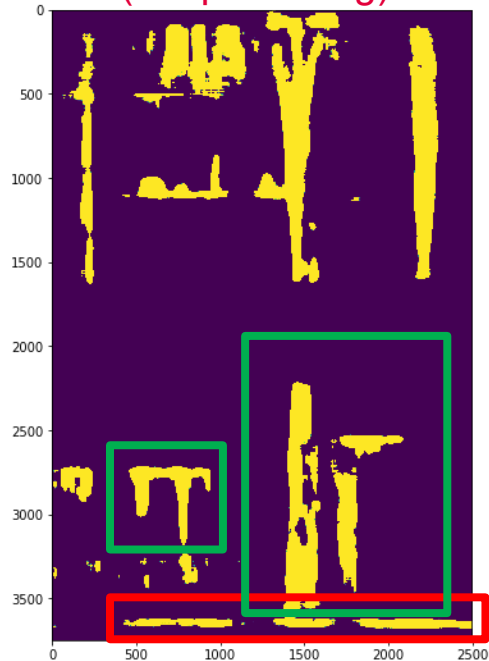
Quellbild



Manuelle Inspektion



Automatische Inspektion
(deep learning)

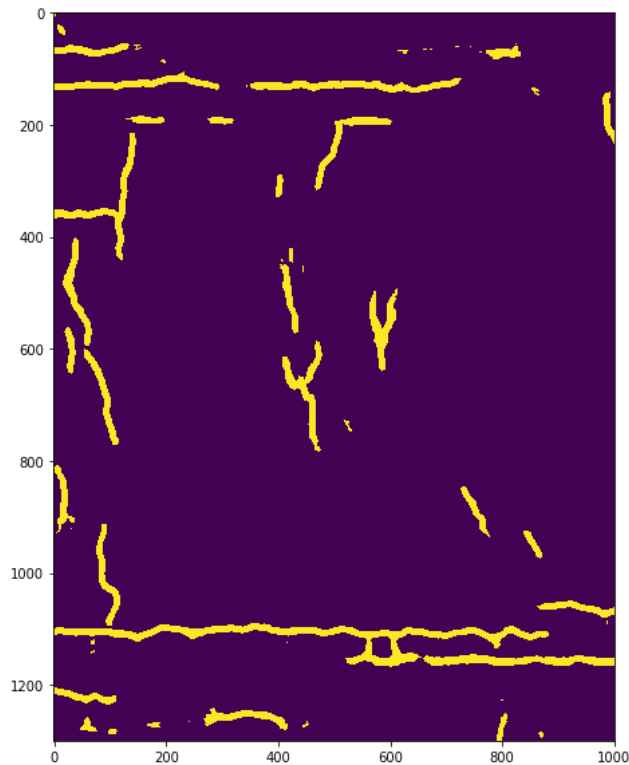


Wurde durch
Mensch
vergessen

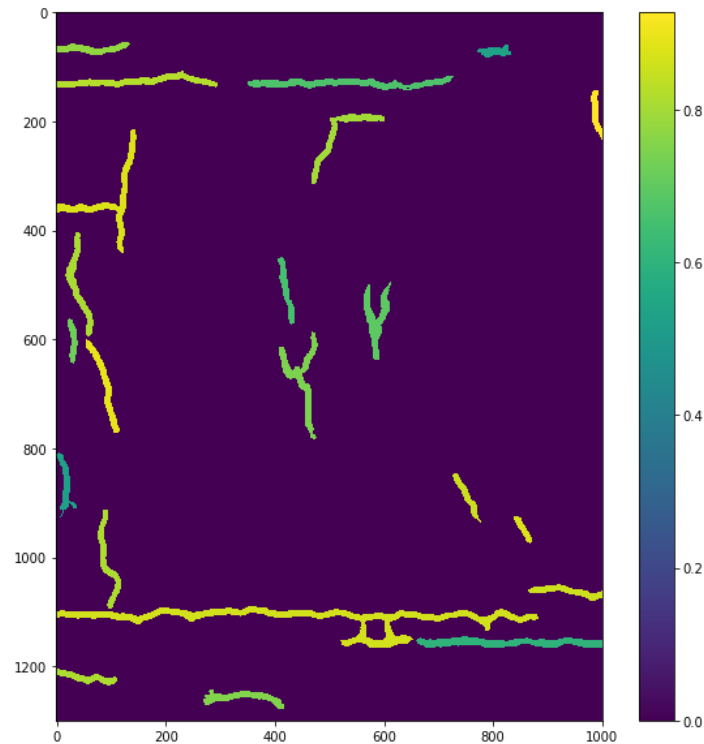
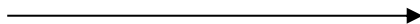
Fehler: keine Nassstelle

Verbesserungen: Unsicherheiten quantifizieren

Post-processing

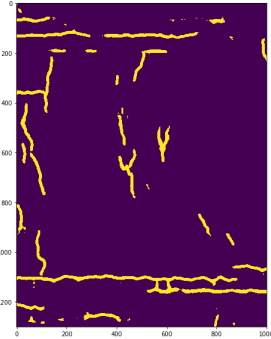


Post-processing mit
Wahrscheinlichkeiten



Nutzen messen!

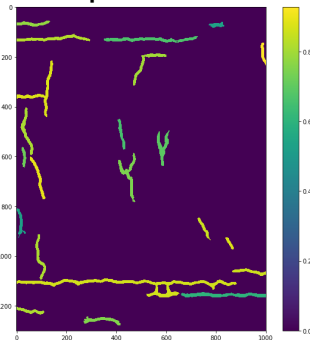
Raw



62 Risse gefunden!
38% precision

→ Aufwandreduktion: 5x

Postprocessed



22 Risse gefunden!
86% precision

→ Aufwandreduktion: 10x



Tunnelinspektion, Prozess und Amberg Plattform



Methodik zur erfolgreichen «Vision» ML-Entwicklung



Qualitätsaspekte und Resultate



Zusammenfassung und Fazit

Agenda

Zusammenfassung Resultate

1. Reduzieren Sie die Zeit vor dem Bildschirm um 90% + oder vollständig eliminieren
2. Qualität so gut wie beim Menschen oder besser + nicht abhängig von menschlicher / mentaler Ermüdung => Konsistent durch den Tunnel
3. Bekannte Unsicherheit

Fazit technisch

1. Den richtigen Modelltyp finden → dann ändern
2. Datenqualität > Quantität
3. Postprocessing > Rohmodellausgabe
4. Erfolg in menschlichen Metriken messen (+ geschäftliche Auswirkungen!)

Fazit overall

1. KI-Technologie bringt eine massive Effizienzsteigerung bei Inspektionen von Ingenieurbauwerken und CO₂-Ausstoss wird stark reduziert.
2. KI-Technologie für die Schadenserkennung ist vorhanden und praktisch einsetzbar. Bildqualität und Annotationen treiben die KI.
3. Auch wenn die Technologie da ist, wird der Wandel hin zu KI unterschiedlich lange dauern (Change Management). Service-Plattformen mit KI werden helfen, den Wandel zu beschleunigen.

Substring

Ihr Data Partner



**Langjährige
Erfahrung und
breites Know-
How**



**Ganzheitliche,
langfristige
und
partnerschaftl
iche
Zusammenar
beit**



**Vielseitige
Kompetenzen**



**Offenheit,
Transparenz und
Ehrlichkeit**



**Nachhaltige
Verbesserung
von in Richtung
Data-Driven**



**Agil,
kundenorientiert
& flexibel**

Substring

Nächster Dataholics Termin

Erfahrungsbericht: Erfahrungen aus Data Maturity Analysen & Datenlandkarten und Ableitungen für die Data-Driven Transformation

Wann: Dienstag, 18. März 2025

Uhrzeit: 11:15 Uhr - 12:00 Uhr

Anmeldung: https://share.hsforms.com/1NVSKJK6STMW2D_RvOCVew5mdeq





substring - the data company

This wasn't very data-driven of you!