



Digitaler Fingerabdruck:

Markierungsfreie Rückverfolgung vom gefällten
Baumstamm bis ins Sägewerk

Dr. Udo H. Sauter

Catherine Last

1

Projekthintergrund



Motivation

Problemstellung:

Es existiert keine konsistente, fälschungssichere Rückverfolgungsmethode für Rundholz entlang der Holz-Wertschöpfungskette.

Notwendigkeit:

- Lückenlose „Chain of Custody“
- Eindeutige Zuordnung zu Waldbesitzenden
- Herkunftsnachweis
- Transparente Abrechnung
- Daten für nachhaltige Waldbewirtschaftung

Kriterien:

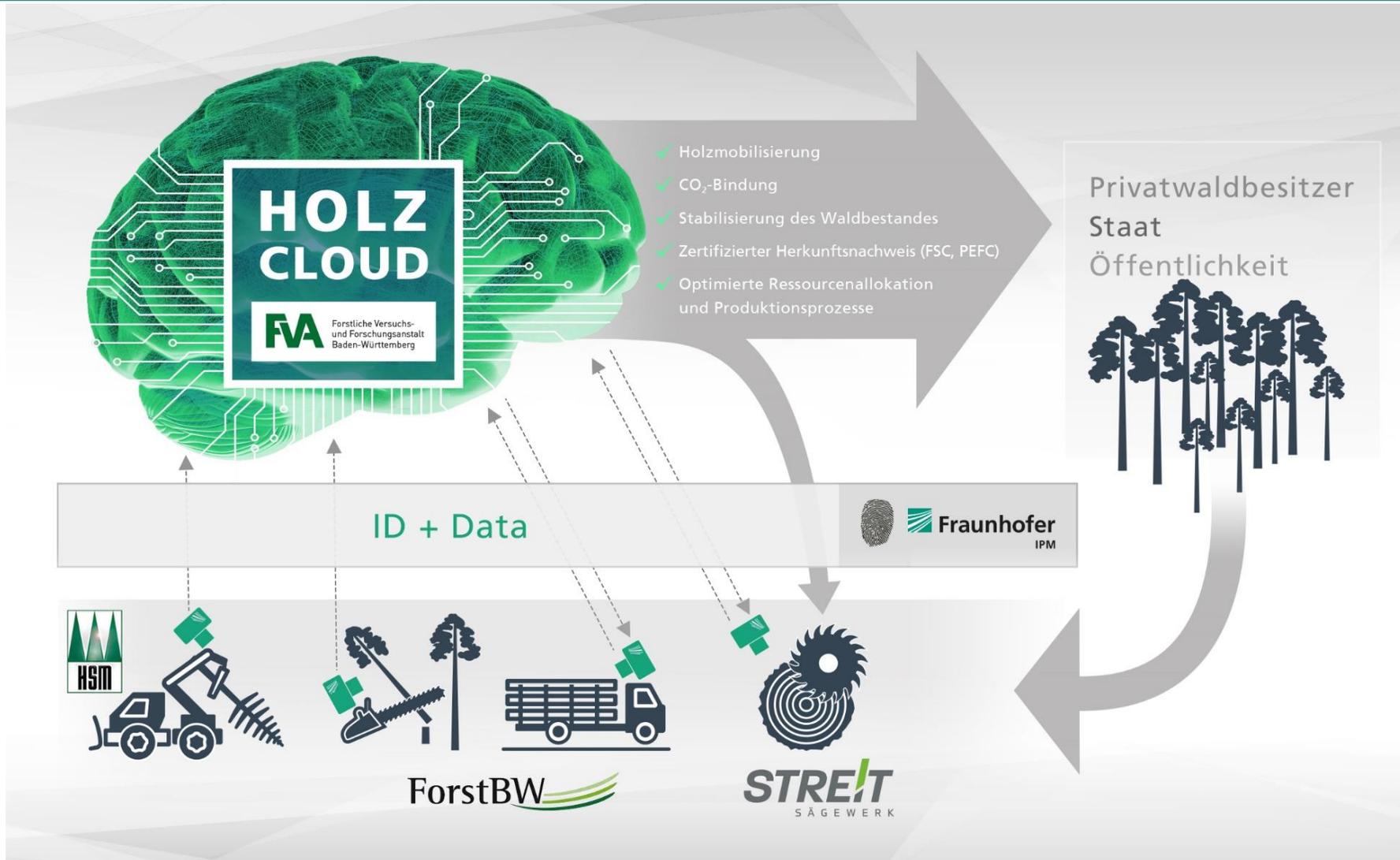
- Fälschungssicher
- Geringer zeitlicher und finanzieller Aufwand
- Zuverlässig

Ziel:

Entwicklung einer markierungsfreien Rückverfolgungsmethode



Verbundprojekt



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Digital GreenTech

Zeitraum:
01.04.2021 -
30.06.2023

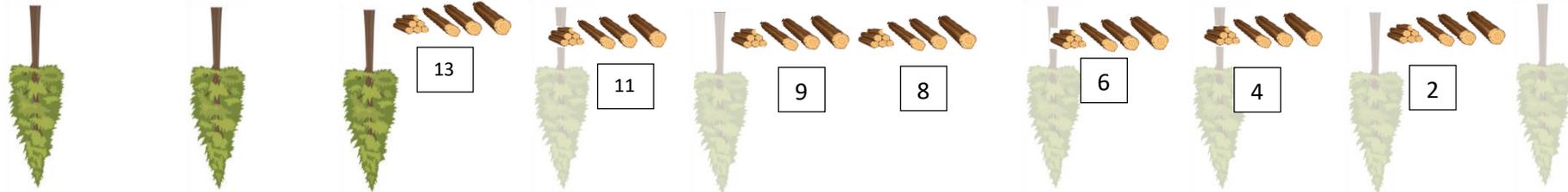
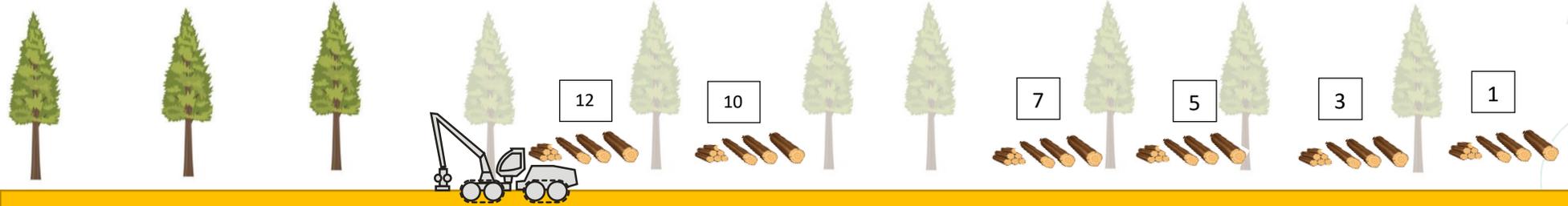
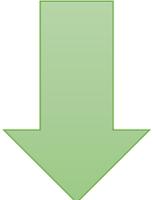
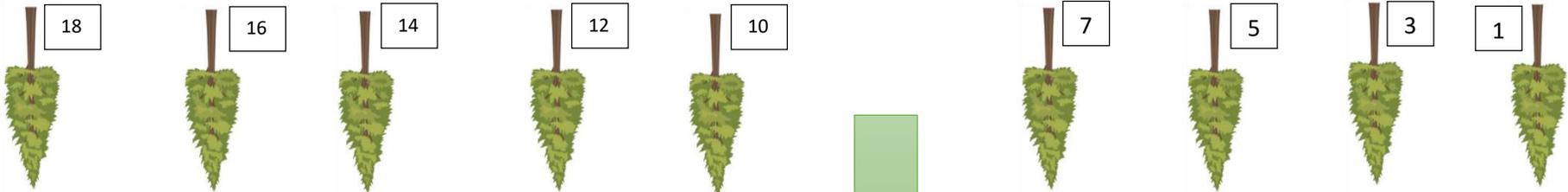
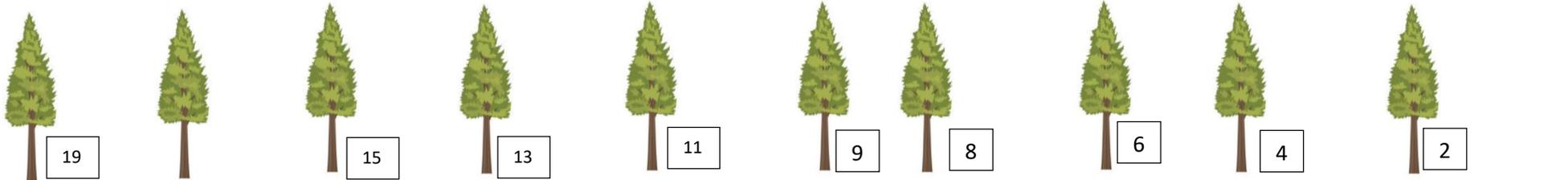
2

Versuchsreihe





220 Fichten



Gesamt-Datenmenge:

659 Stammabschnitte (5 m)

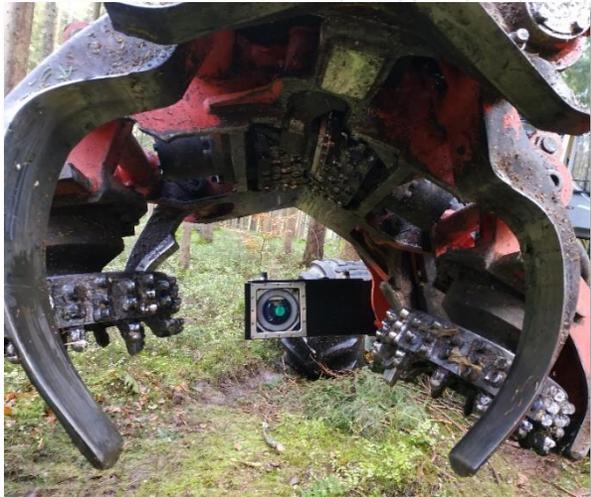
Messkampagne: fotooptischen Aufnahmen an 3 Stationen

Bei Fällung und Aufbereitung mit Lesesystem im Vollernter-Aggregat

1.



Messkampagne: fotooptischen Aufnahmen am Vollernter



Messkampagne: fotooptischen Aufnahmen an 3 Stationen

Bei Fällung und Aufbereitung mit Lesesystem im Vollernter-Aggregat

1.



Bei Zwischenlagerung auf Polter mit handgehaltenem Lesesystem

2.



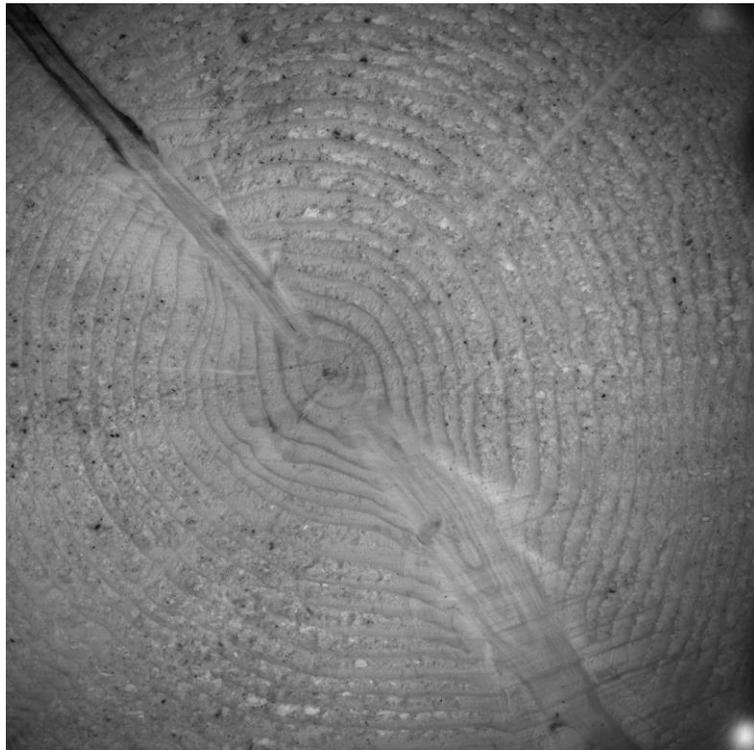
Beim Eingang ins Sägewerk vor und nach Kappschnitt

3.

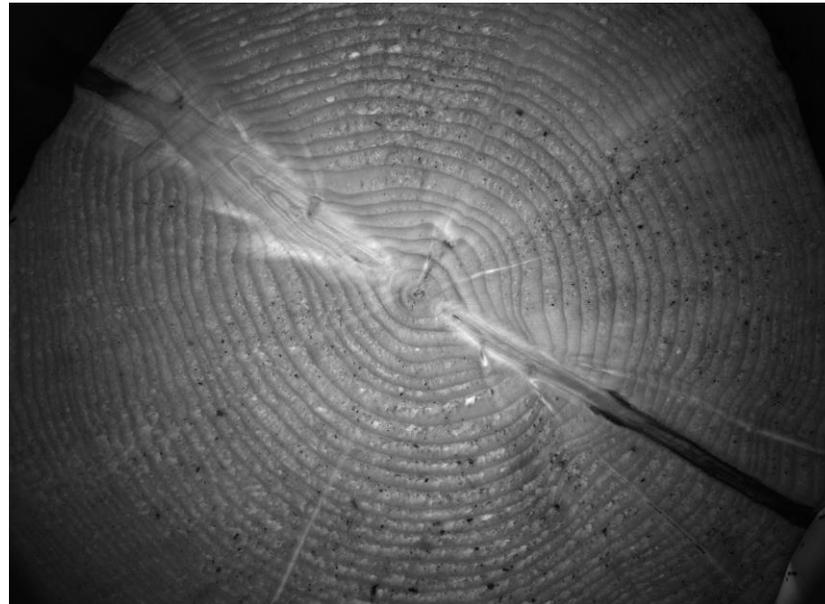


Aufnahmen an den 3 Stationen

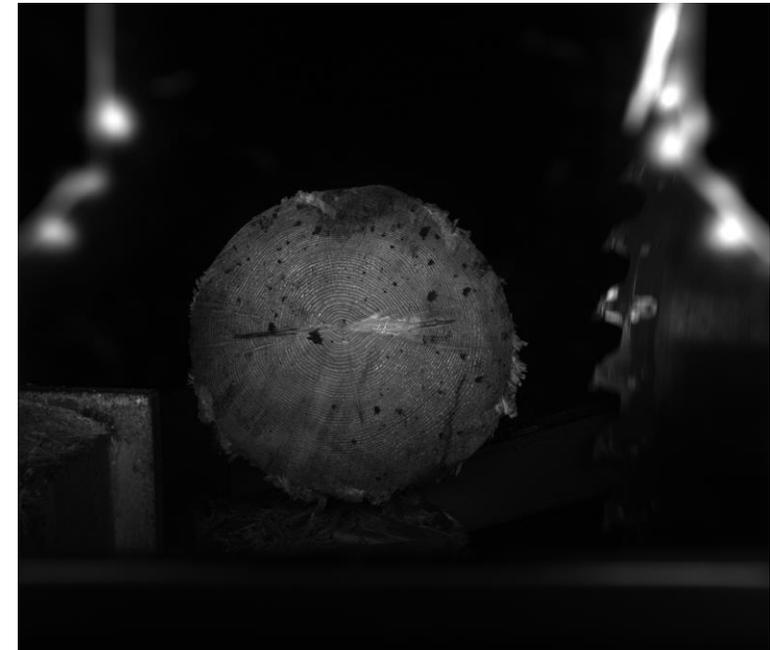
1. Vollernter



2. Polter



3. Sägewerk



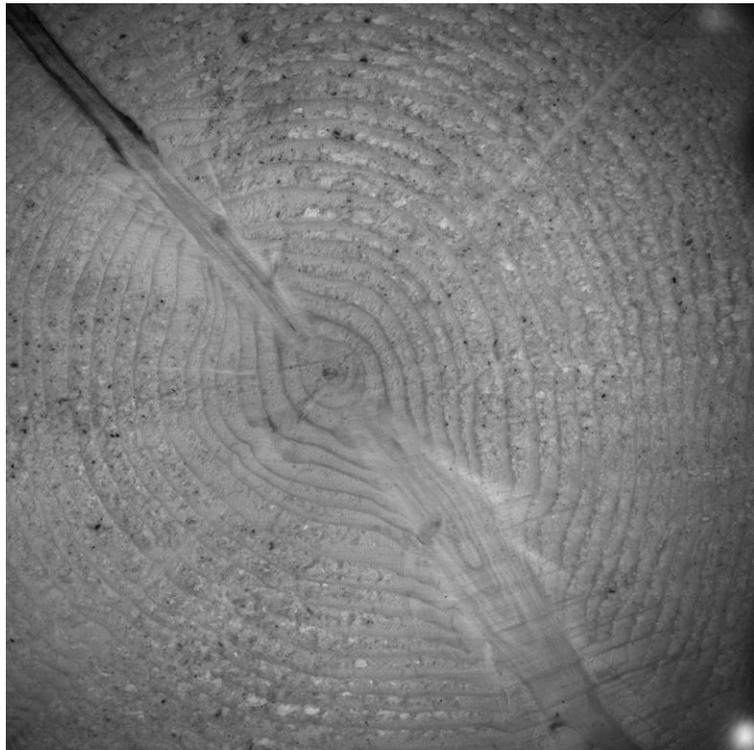
3

Vorverarbeitung der Bilder

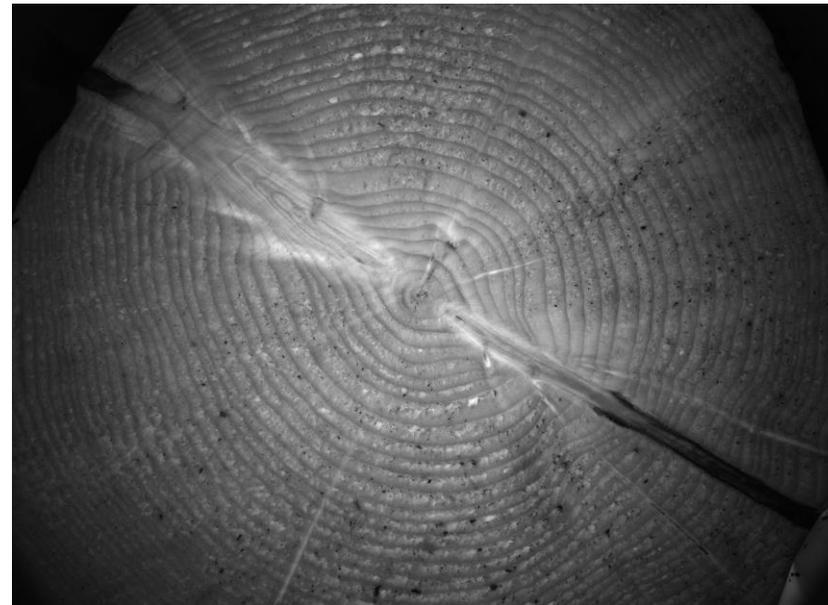


Vorverarbeitung der Bilder

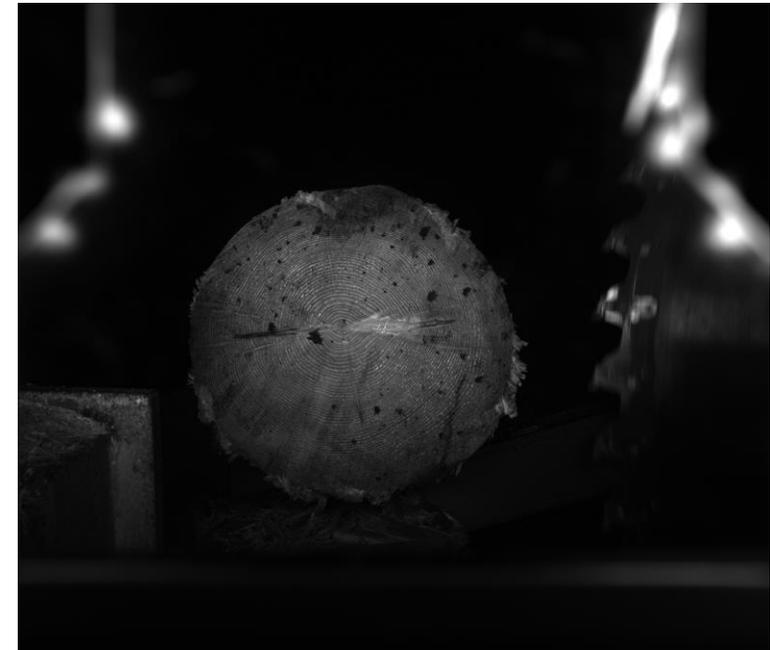
1. Vollernter



2. Polter



3. Sägewerk



- Anpassung der Skalierung
- Auswahl des Ausschnitts



Orientierung an der Markröhre

Markröhrenfindung mittels KI

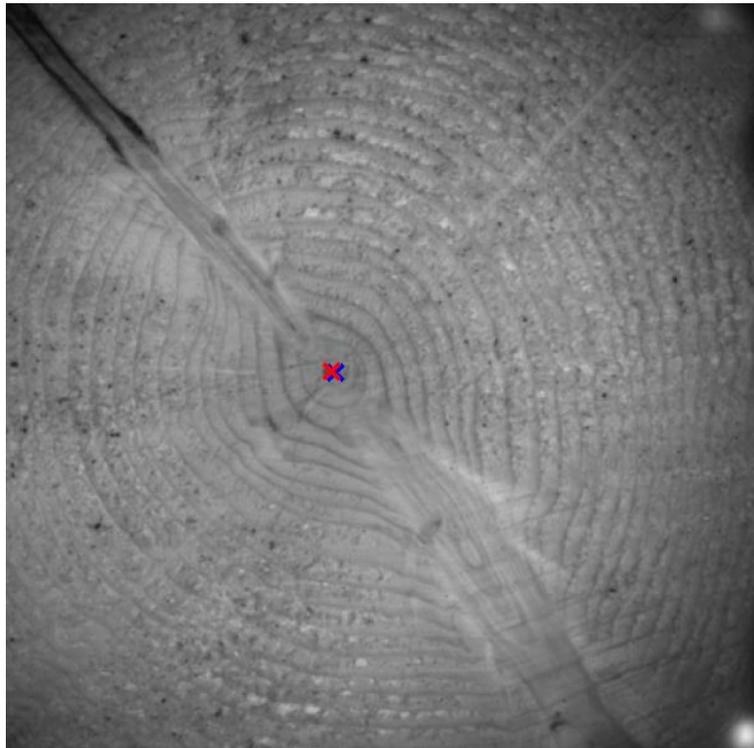
Bisher beste Ergebnisse:

- Neuronales Netz (Convolutional Neural Network (CNN)) basierend auf ResNet-50
- Vortrainiert mit ImageNet-Daten
- 2 Datensätze
 - Sägewerksaufnahmen (ca. 2000 Aufnahmen)
 - Vollernter- und Polteraufnahmen (ca. 5000 Aufnahmen)
- Aufteilung der Datensätze
 - 70% Trainingsdaten
 - 15% Validierungsdaten
 - 15% Testdaten
- Erweiterung der Datensätze durch Transformationen (z.B. Drehungen, Spiegelungen)
- Reduktion der Bildauflösung

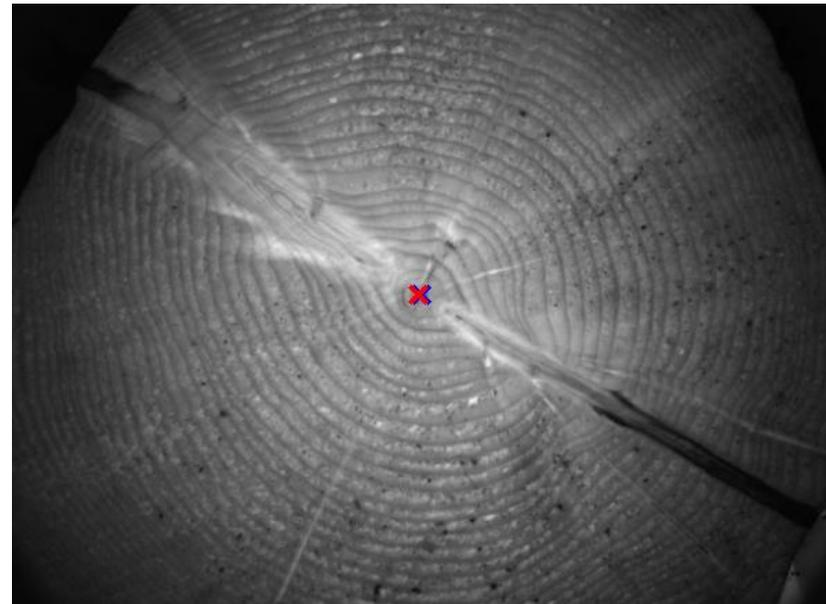


Markröhrenfindung mittels KI

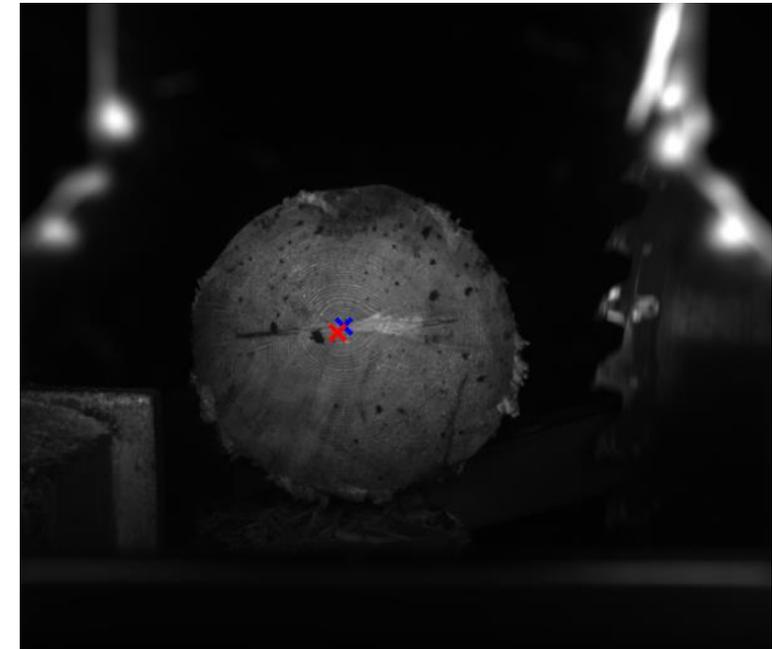
1. Vollernter



2. Polter



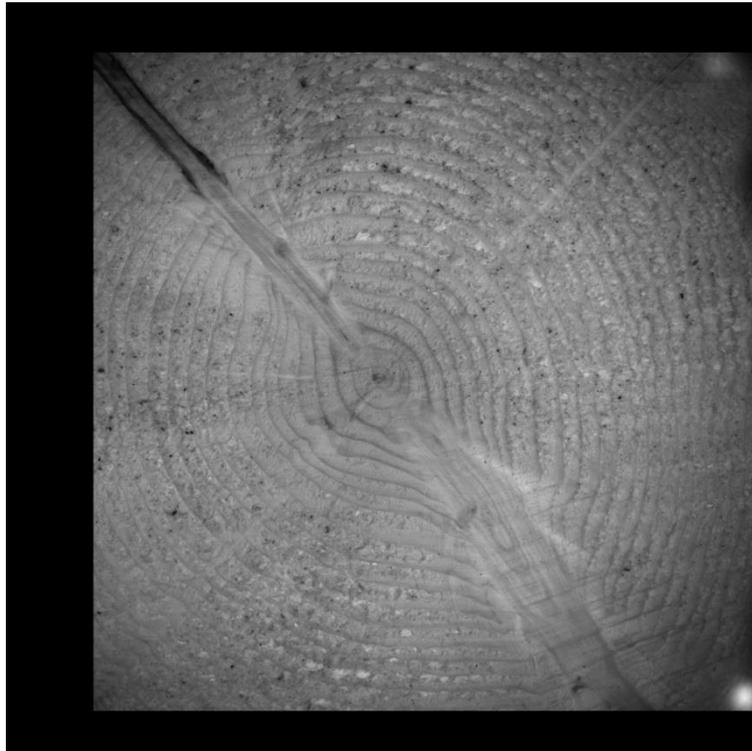
3. Sägewerk



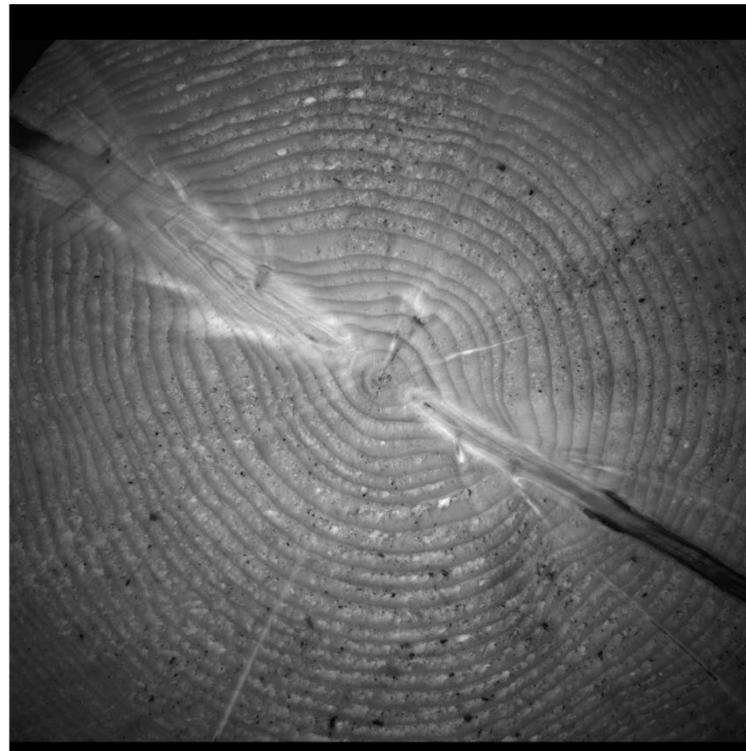
- Gute bis sehr gute Resultate für Vollernter- und Polteraufnahmen
- Qualität der Resultate für Sägewerksaufnahmen noch nicht ausreichend

Aufnahmen an den 3 Stationen

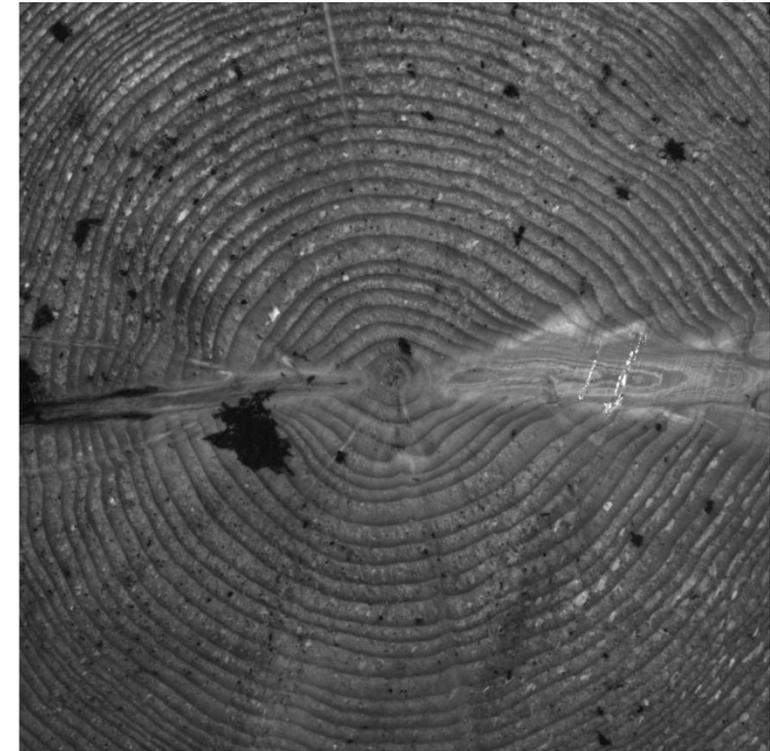
1. Vollernter



2. Polter



3. Sägewerk



Vorverarbeitung der Bilder:

- Ausrichtung an Markröhre

- Anpassung der Skalierung

- Auswahl des Ausschnitts

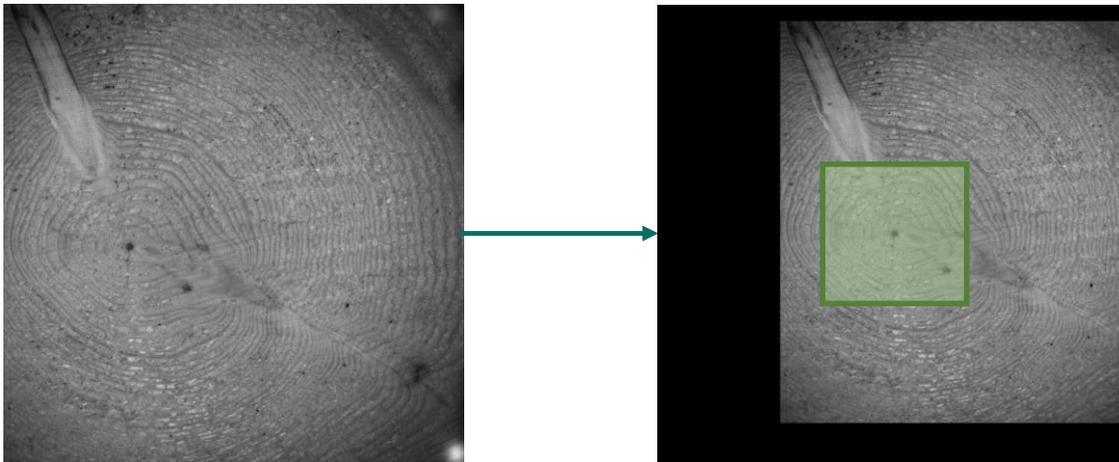
4

Wiedererkennung der Stirnflächen

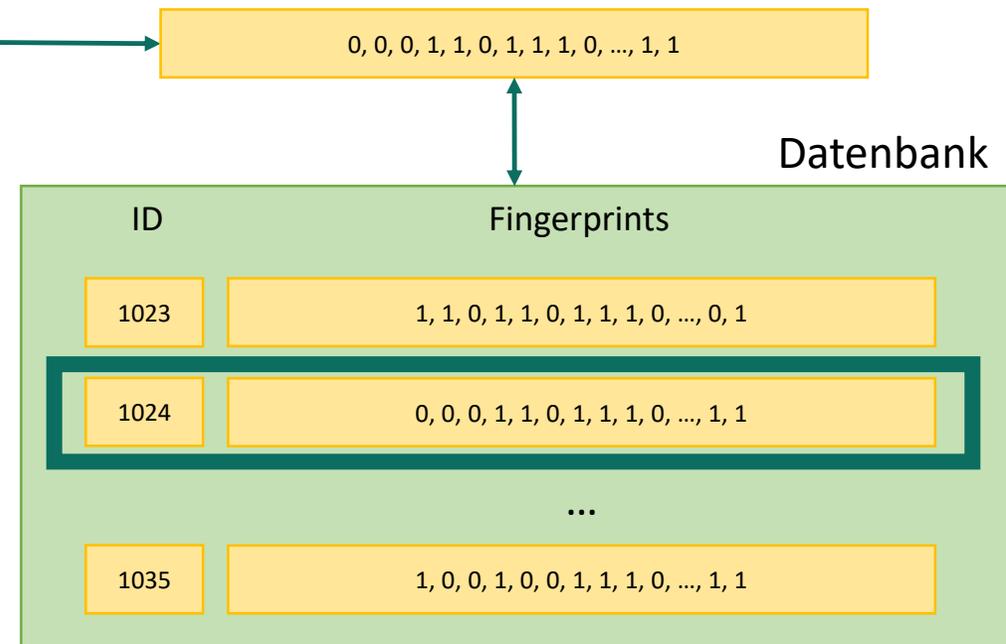


Track & Trace Fingerprint

- Analyse der Mikrostrukturen der Oberflächen
- Objekte als Bit-Vektoren („Fingerprints“) repräsentiert

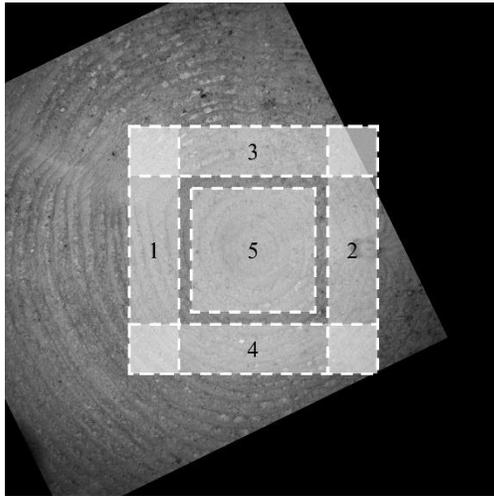


- Identifizierung durch Abgleich der Fingerprints



Kombination aus CNN und Fingerprint

- Verwendung von jeweils fünf „Fingerprints“ für mehrere Drehungen des Bildes um die Markröhre



Problem: Hohes Datenaufkommen

Idee: Vorselektion durch Convolutional Neural Network (CNN)

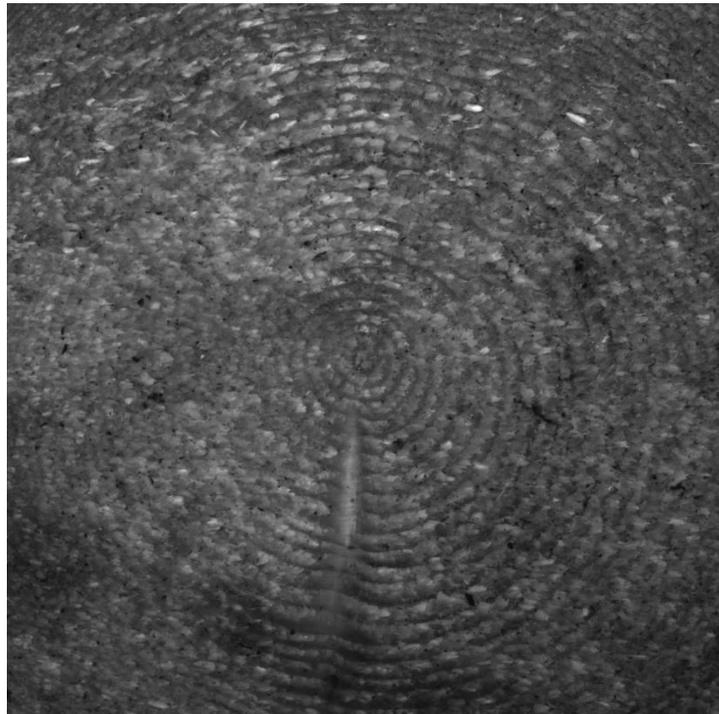
- Hoher Einfluss großflächiger Merkmale
- Selektiert die 10 besten Kandidaten (potentiell in Frage kommende Stirnflächen)

CNN zur Vorselektion

- Neuronales Netz basierend auf Inception V3 Klassifizierungsnetzwerk
- Vortrainiert mit ImageNet-Daten
- 2 zusätzliche Schichten
- Erzeugung eines Feature-Vektors mit 128 Float-Werten
- Konzipiert als Zwillingnetzwerk
 - Gleichzeitiges Training mit zwei Bildern
 - Input-Information: Gleiche Schnittfläche ja oder nein
- Betrachtung der euklidischen Distanz der Feature-Vektoren
- Korrelation der Feature-Vektoren mit groben Strukturen
- Selektiert die 10 besten Kandidaten

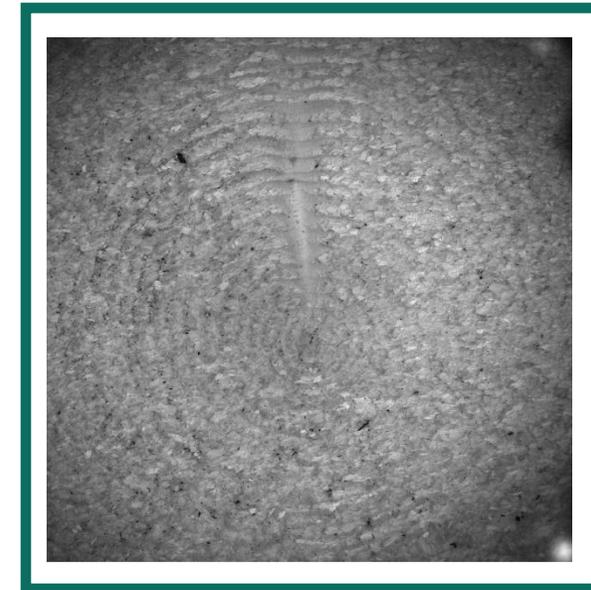
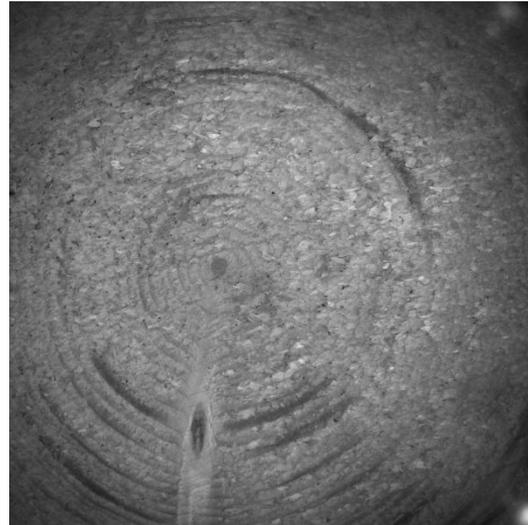
Beispiel

Gesuchte Stirnfläche:



Sägewerksaufnahme

Mögliche vorselektierte Kandidaten:



Vollernteraufnahmen

5

Ergebnisse



Ergebnisse der Messkampagne

- Aufteilung von 639 Stirnflächen

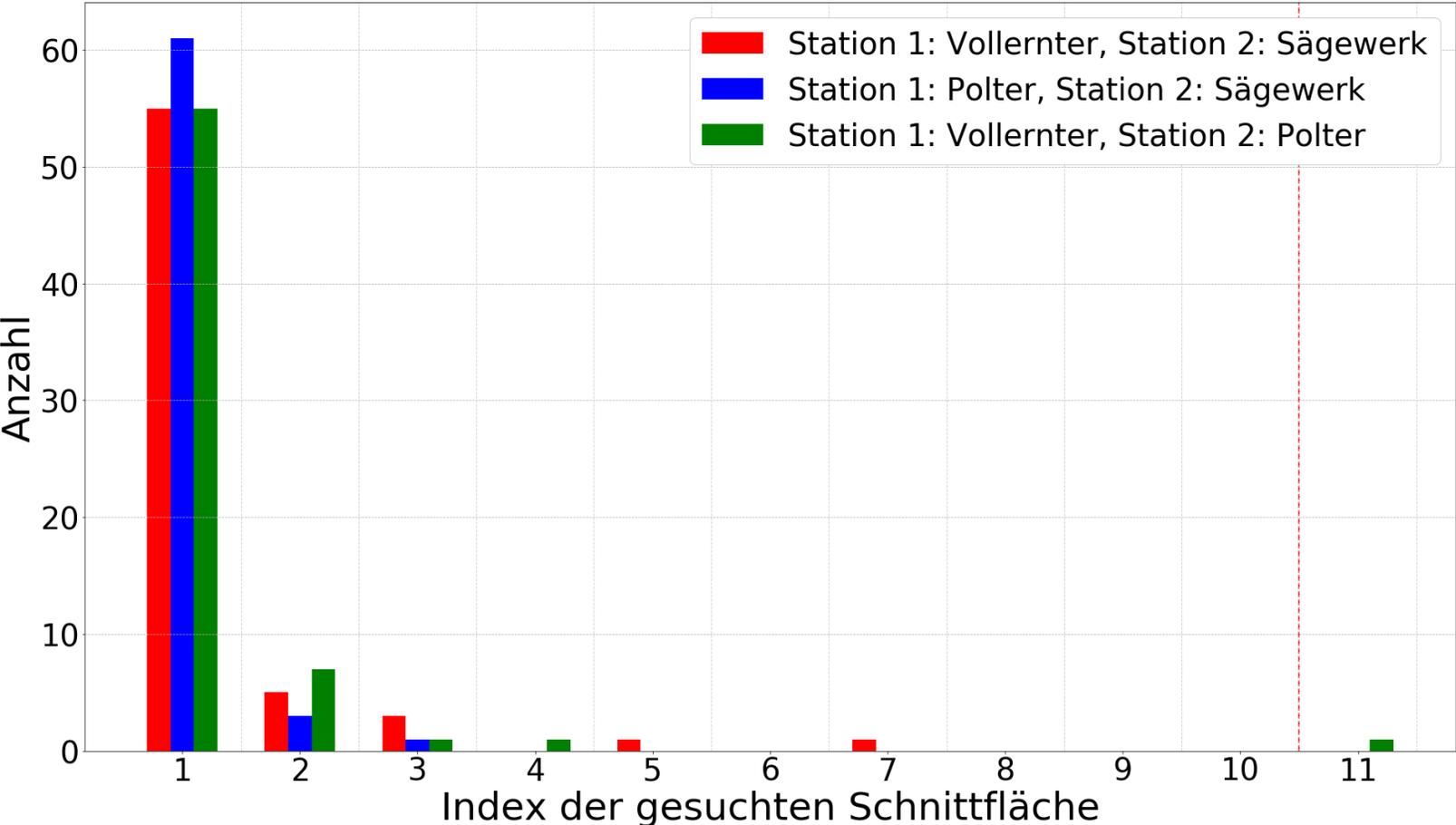


- Vorselektion von 10 Stirnflächen aus 65 Kandidaten per CNN
- Fingerprintabgleich der vorselektierten Stirnflächen

Station 1	Station 2	Anzahl Nichterkennungen	Anzahl Fehlerkennungen	Wiedererkennungsrate
Vollernter	Sägewerk	0	0	100%
Polter	Sägewerk	0	0	100%
Vollernter	Polter	1	0	98,46%

Ergebnisse der Messkampagne

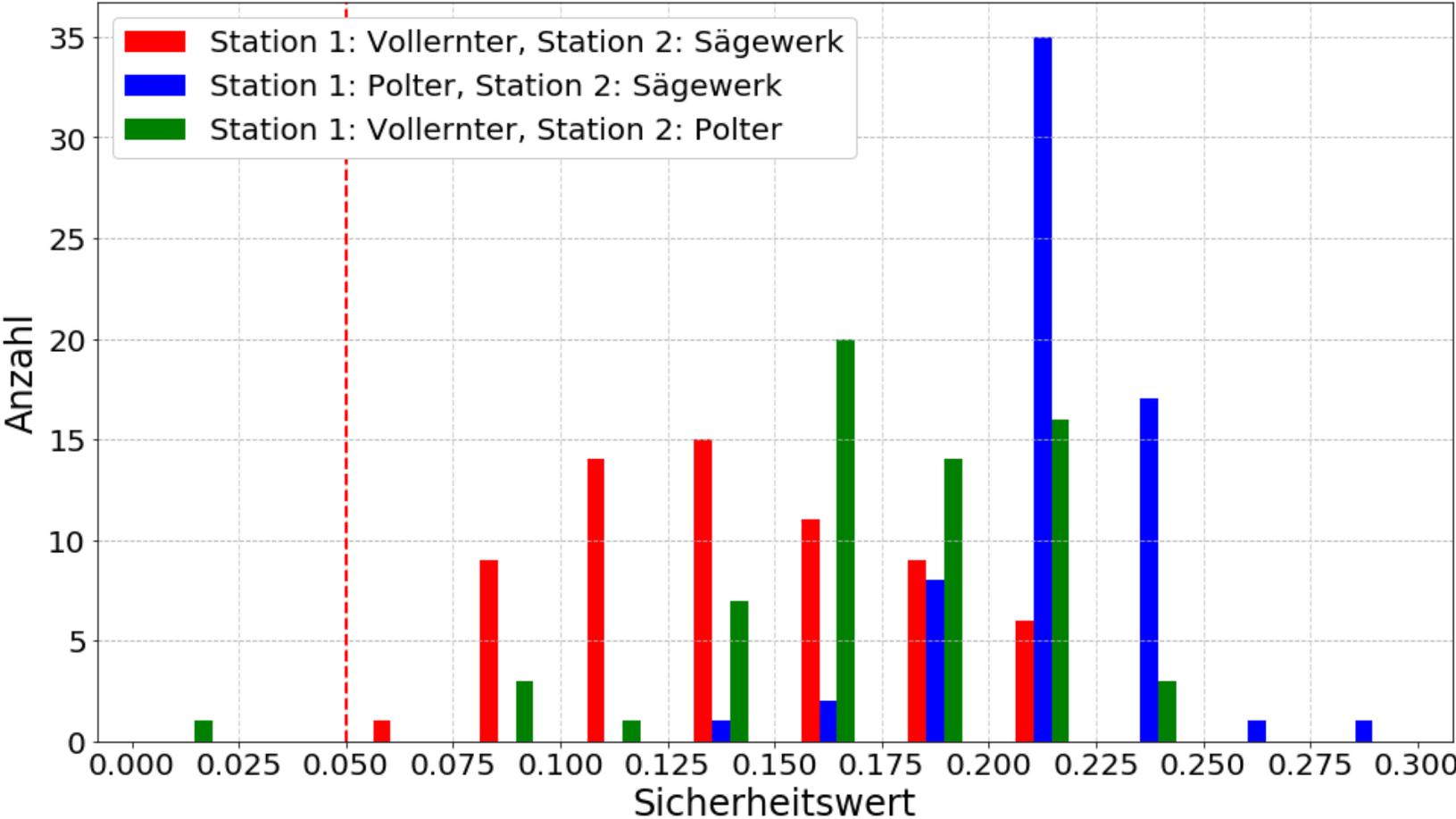
■ Histogramm der CNN-Indizes der gesuchten Stirnflächen bei 65 Abgleichen



- CNN findet Stirnfläche bereits In 88% der Fälle
- Stirnfläche in einem Fall nicht in Vorselektion

Ergebnisse der Messkampagne

- Histogramm der Sicherheitswerte bei 65 Abgleichen



- Keine Falscherkennung
- Eine Nicht-Erkennung

6

Fazit und Ausblick



Fazit

Messkampagne

- Wiedererkennung mit prozessintegrierten Lesesystemen möglich
- Teilausschnitt der Stirnfläche ausreichend
- Zweistufiger Abgleich (CNN und Track and Trace Fingerprint)
- Kriterium für Vorselektion nicht optimal
- CNN erkennt bereits 88% der Stirnflächen



Ausblick

Hardware

- Weiterentwicklung des Lesesystems am Vollernter-Aggregat
- Reinigungsverfahren für stark verschmutzte Stirnflächen

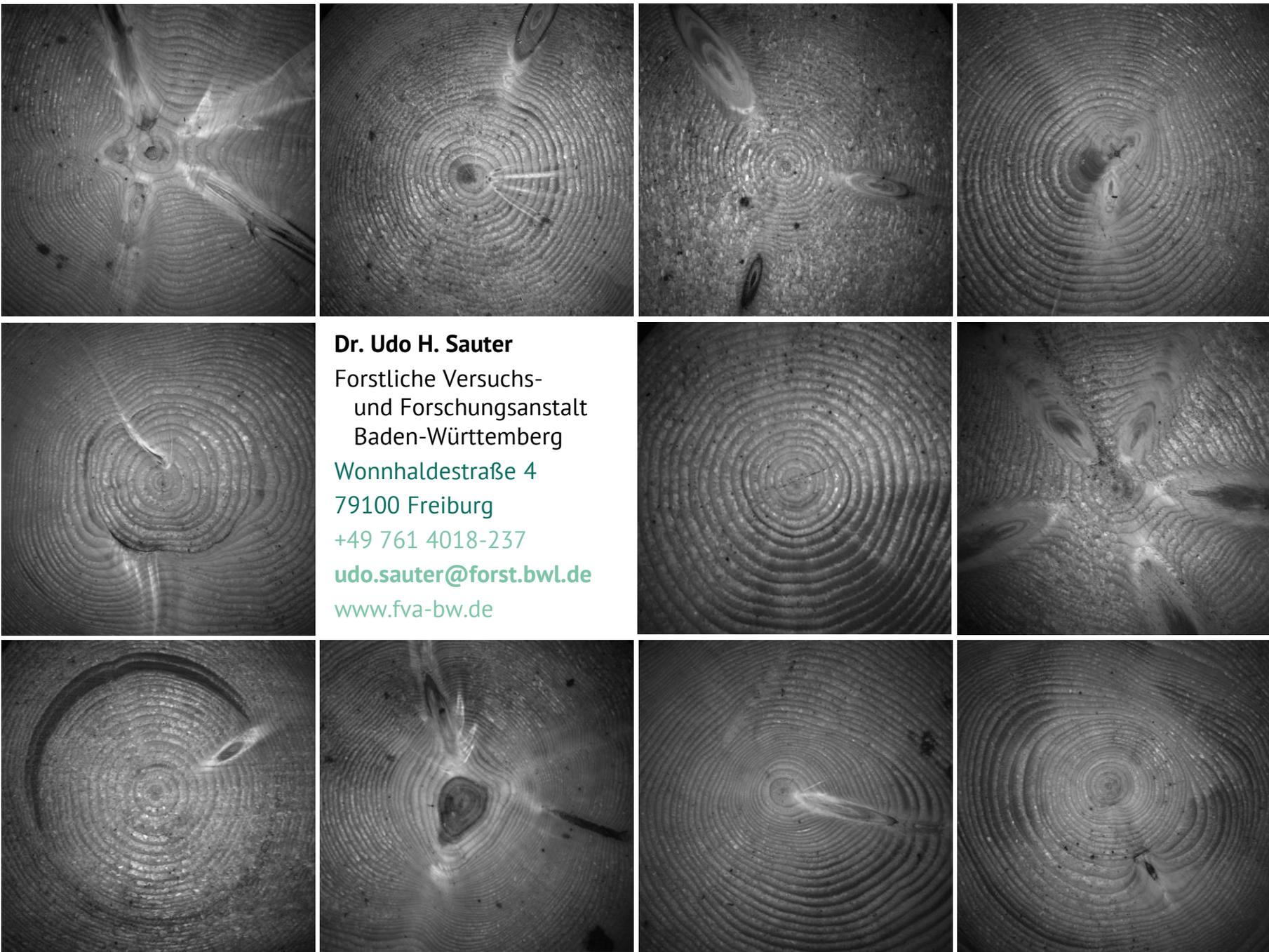
Software

- Automatisierte Bildauswahl am Vollernter
- Verbesserung der Markröhrenerkennung
- Umgang mit Nichterkennungen
- Training des CNN mit größerem Datensatz

Allgemein

- Validierung der Technologie an größerem Datensatz
- Verknüpfung mit weiteren Daten





Dr. Udo H. Sauter
 Forstliche Versuchs-
 und Forschungsanstalt
 Baden-Württemberg
 Wonnhaldestraße 4
 79100 Freiburg
 +49 761 4018-237
udo.sauter@forst.bwl.de
www.fva-bw.de



GEFÖRDERT VOM



*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!*