



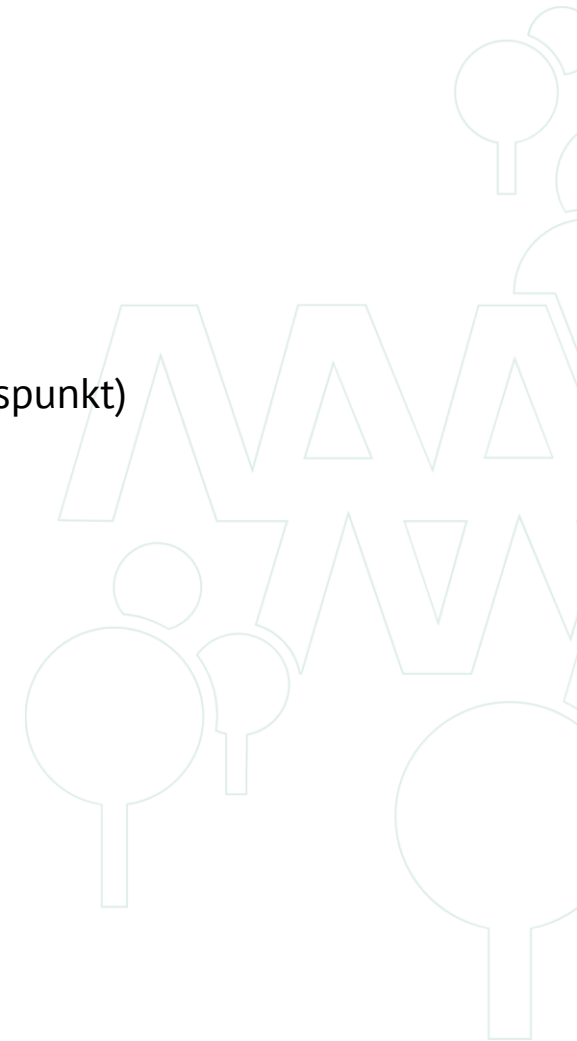
Digitaler Fingerabdruck:

Markierungsfreie Rückverfolgung vom gefällten
Baumstamm bis ins Sägewerk

Catherine Last, Christoph Eberz

Gliederung der Präsentation

1. Projekthintergrund und Ziele
 - Verbundprojekt
 - Motivation und Projektziele
2. Methoden
 - Aufbau des Wiedererkennungssystems (Anforderungen an Praxisbedingungen als Ausgangspunkt)
 - Funktionsweise der Wiedererkennung und Informationstechnische Aspekte
3. Messkampagne
4. Empirische Ergebnisse
5. Nachhaltigkeitspotenziale
6. Fazit



1

Projekthintergrund



Motivation

Rückverfolgbarkeit in der Holz-Wertschöpfungskette

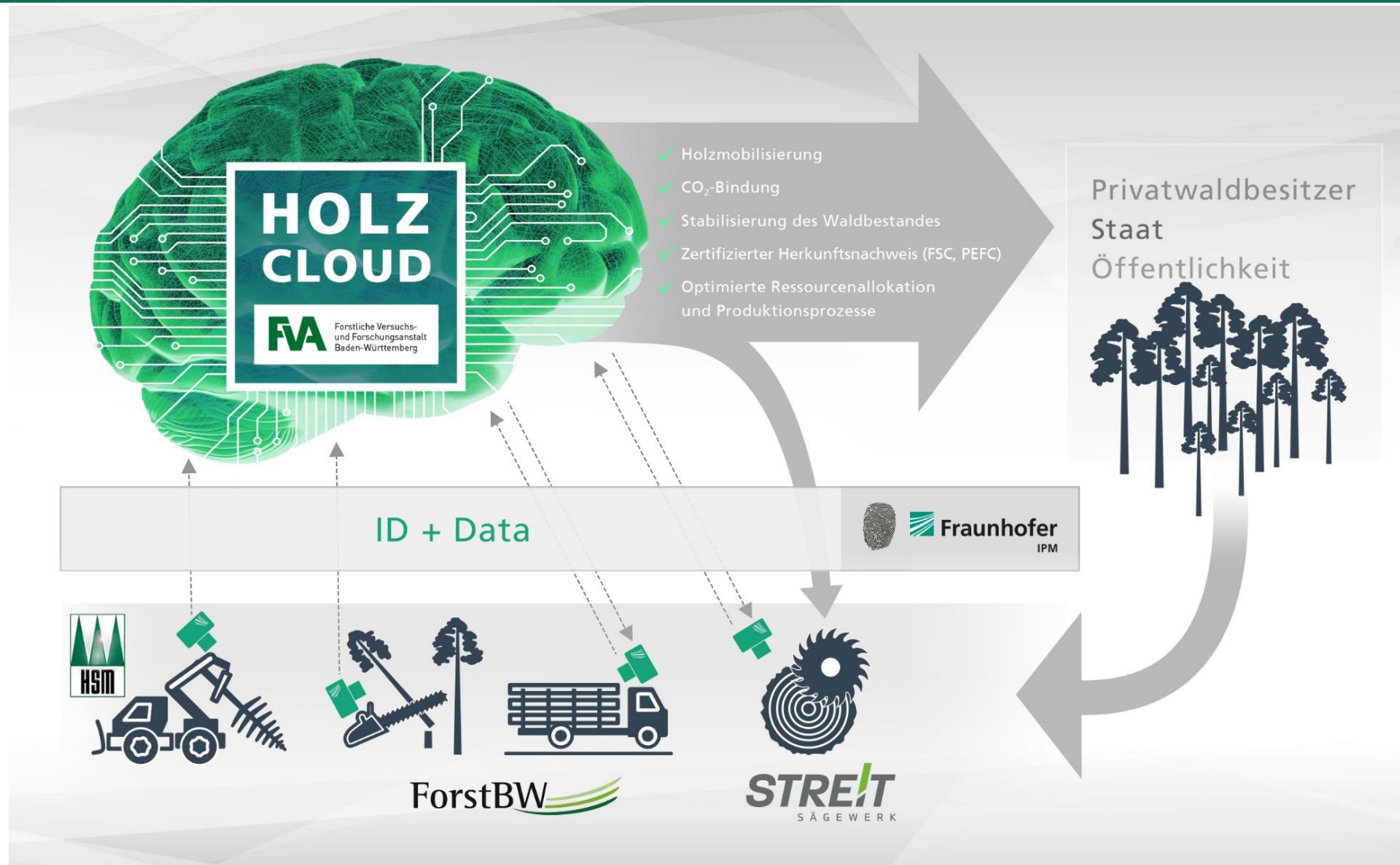
- Keine konsistente Rückverfolgungsmethode für Rundholz in Baden-Württemberg, Deutschland, oder international
- Ausnahme: Markierung der Polter mit Nummerierungsplättchen, Sprayfarbe, oder RFID
- Abrechnung des Handelsguts basierend auf Volumen
- Kein fälschungssicherer Herkunftsnachweis

Fälschungssicheres Verfahren durch Verzicht auf Markierung ?

- ✓ Lückenlose „Chain of custody“ vom Ort der Holzernte bis zur Verarbeitung
- ✓ Transparente Abrechnung von geerntetem Holz
- ✓ Eindeutige Zuordnung von gelagertem Holz zu Waldbesitzenden
- ✓ Daten für nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder



Verbundprojekt



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Digital
GreenTech

Zeitraum:
01.04.2021 -
31.06.2023



Digitaler Fingerabdruck

Markierungsfreie Rückverfolgung vom Ort der Ernte bis ins Sägewerk

Lesesysteme

Fotooptische Aufnahme
der Stammstirnflächen an
mehreren Stationen:
Vollernter, Polter, Sägewerk

Wiedererkennung

Erkennung einzelner
Stammabschnitte basierend
auf „Fingerprints“

Messkampagne

Demonstration der
Technologie unter
Echtbedingungen

2

Methoden

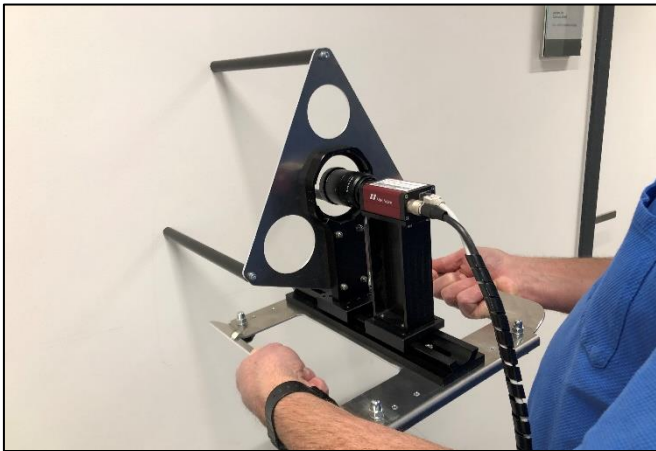


Entwicklung der Lesesysteme

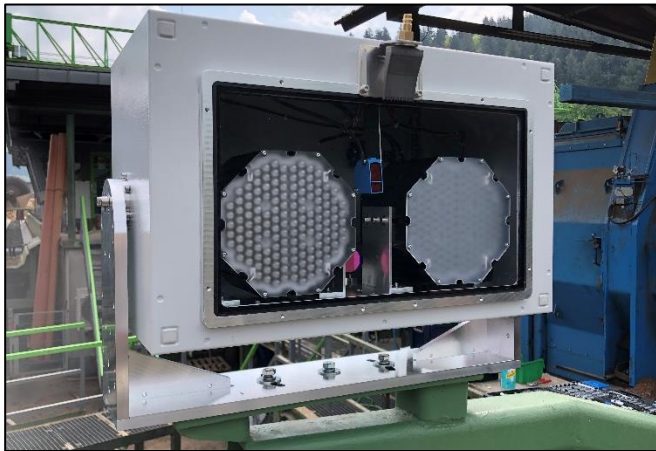
Vollernter



Polter

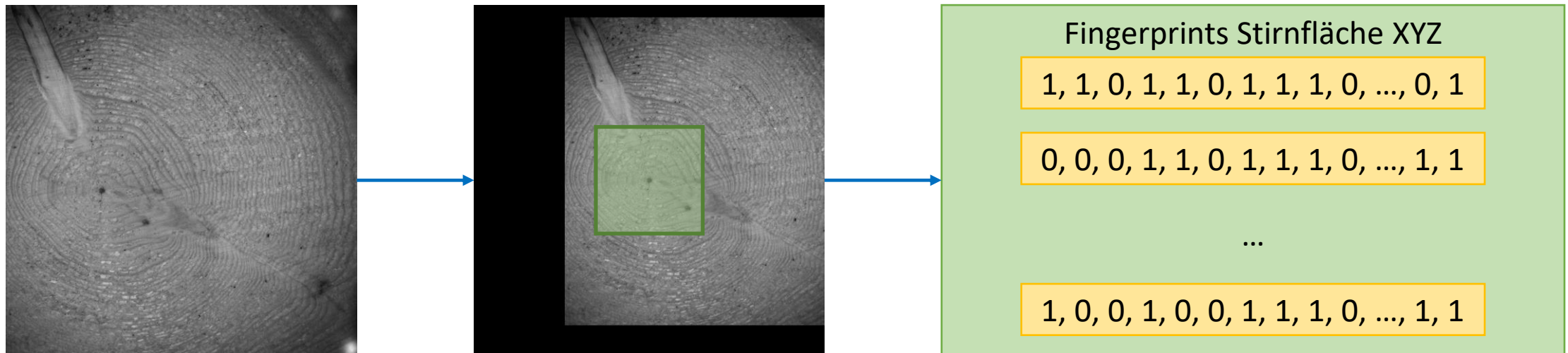


Sägewerk



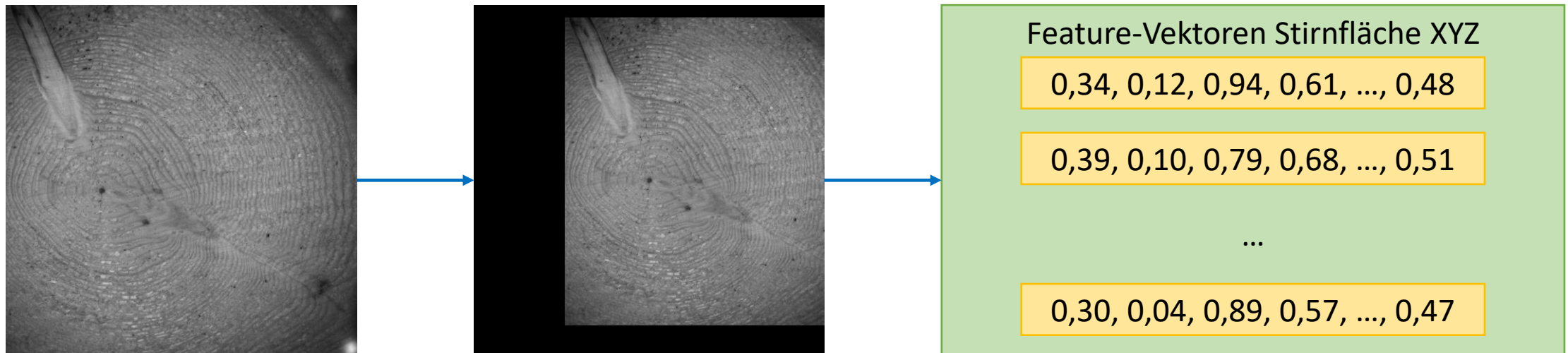
Track & Trace Fingerprint

- Regelbasierte Analyse der Mikrostruktur der Oberfläche
- Objekte werden als Bit-Vektoren („Fingerprints“) repräsentiert
- Hohes Datenaufkommen („viele Fingerprints“) nötig aufgrund
 - des breiten Spektrums der Veränderung der Stirnflächen
 - der anspruchsvollen Positionierung der Stirnflächen

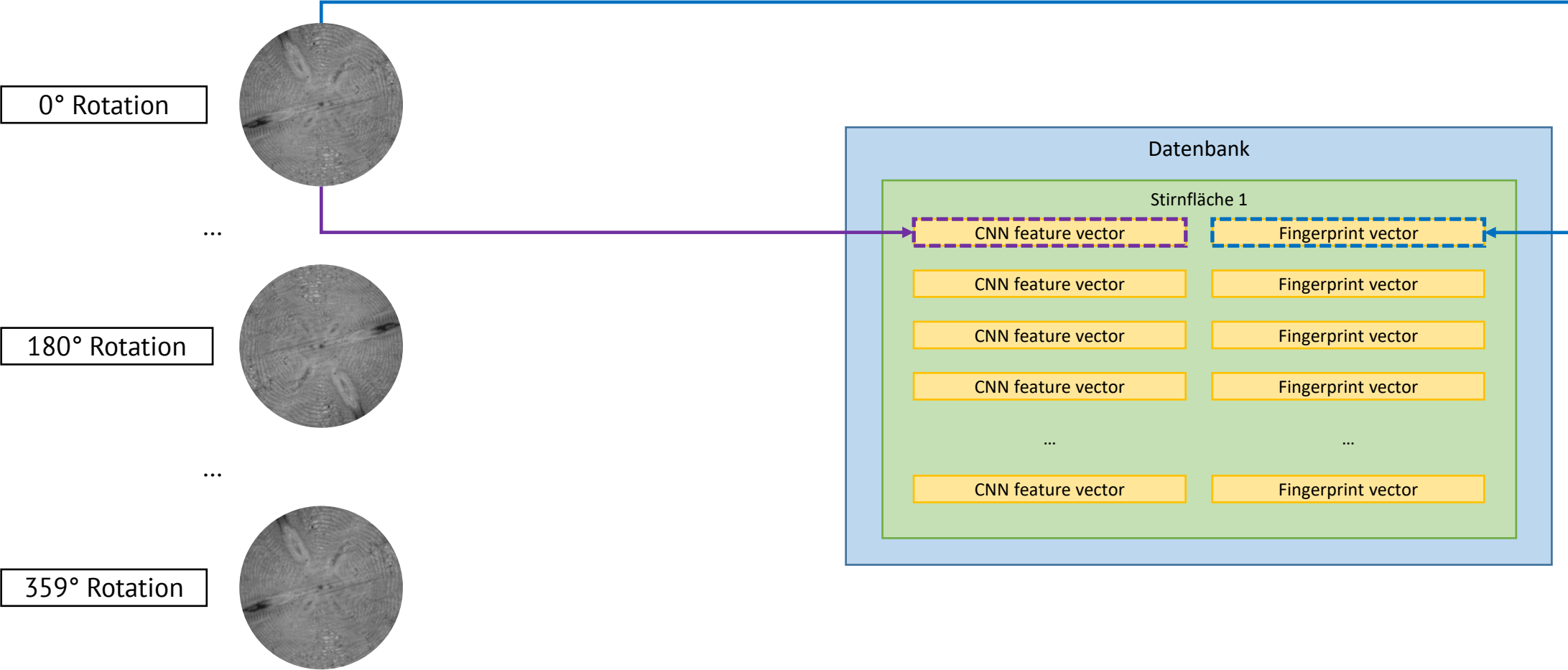


Convolutional Neural Network

- Basiert auf Klassifizierungsnetzwerk Inception V3
- Aufnahme der Stirnfläche erzeugt Feature-Vektor mit 128 Float-Werten
- Stirnflächen mit ähnlichen Merkmalen erzeugen ähnliche Vektoren
 - Astansätze, Jahresringmuster, Rauigkeit
- Netzwerk wird zur Vorselektion für den Fingerprint-Abgleich verwendet



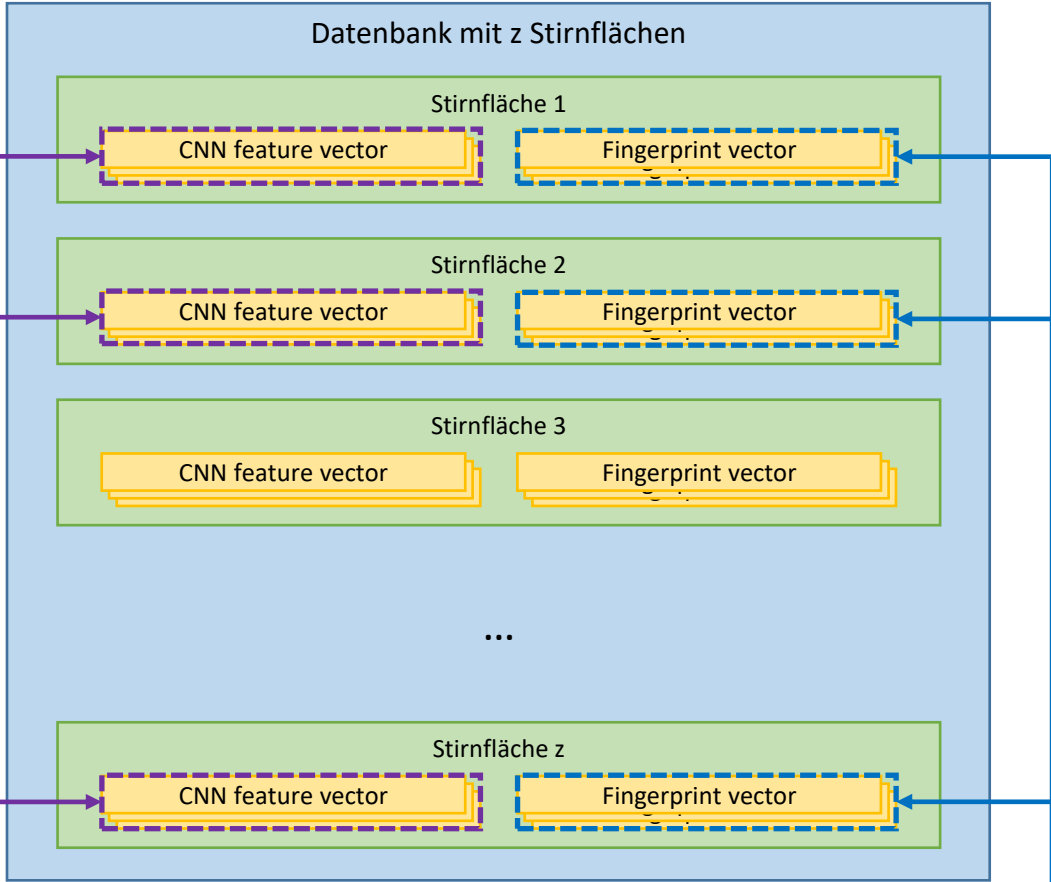
Erfassung einer Stirnfläche



Zwei-stufiger Abgleich

Stufe 1: CNN
Vorselektion von n Stirnflächen per CNN-feature-vector-Distanzen.

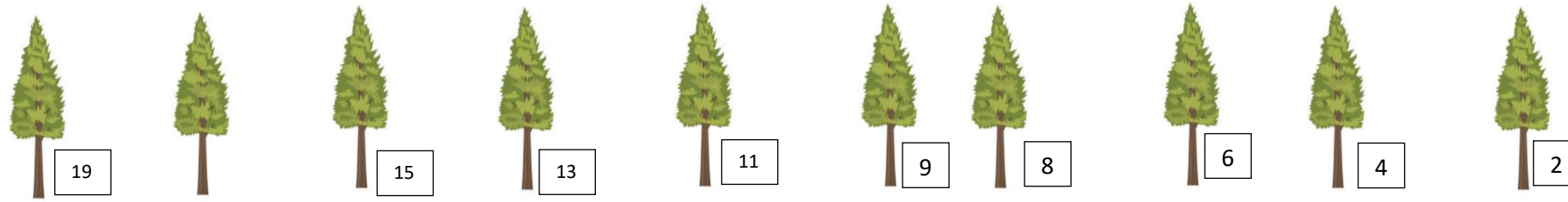
Stufe 2: Fingerprint
Führe Fingerprint-Abgleich mit den per CNN n vor-selektierten Stirnflächen aus.



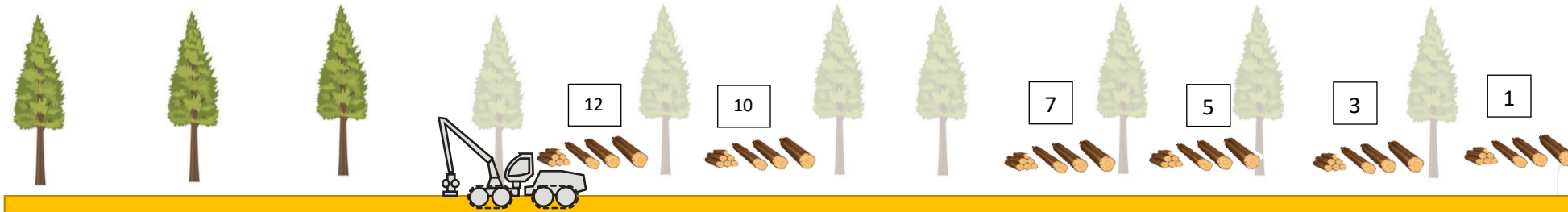
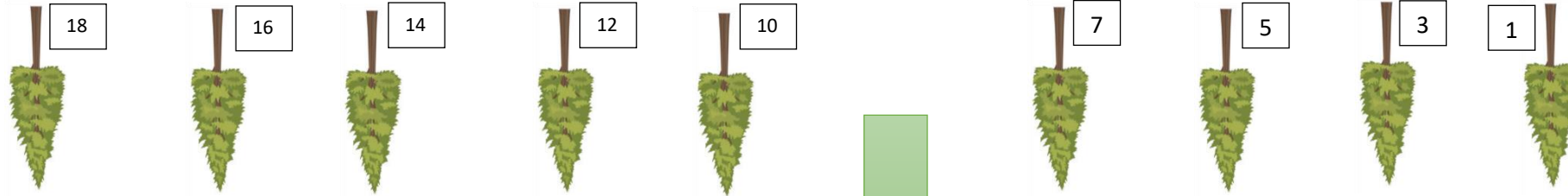
3

Versuchsreihen





220 Fichten



Gesamt-Datenmenge:

659 Stammabschnitte
(5 m)

Messkampagne: fotooptischen Aufnahmen an 3 Stationen

Bei Fällung und Aufbereitung mit Lesesystem im Vollernter-Aggregat

1.



Bei Zwischenlagerung auf Polter mit hangehaltenem Lesesystem

2.



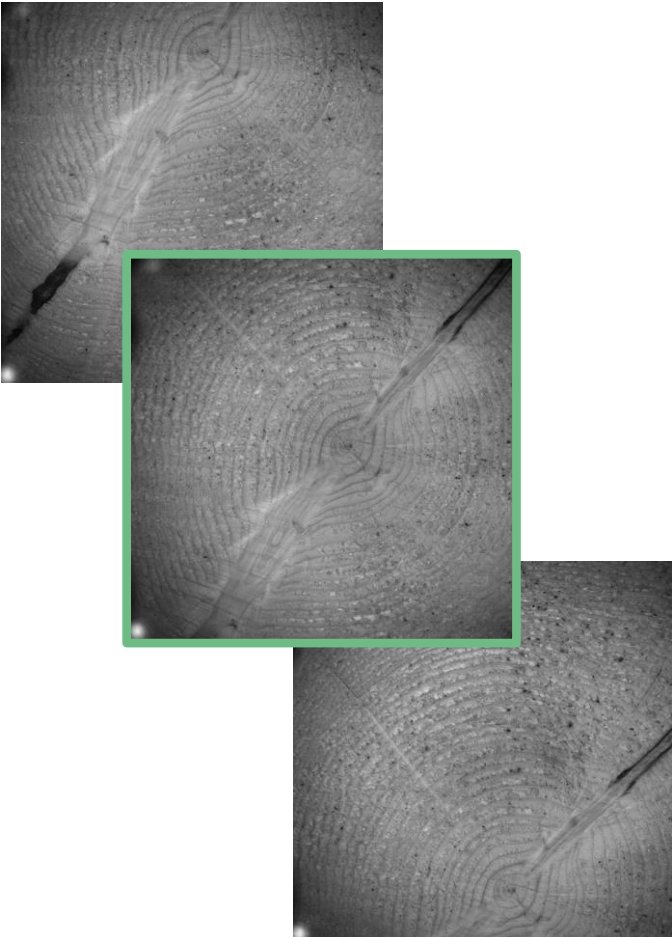
Beim Eingang ins Sägewerk vor und nach Kappschnitt

3.



Aufnahmen an den 3 Stationen

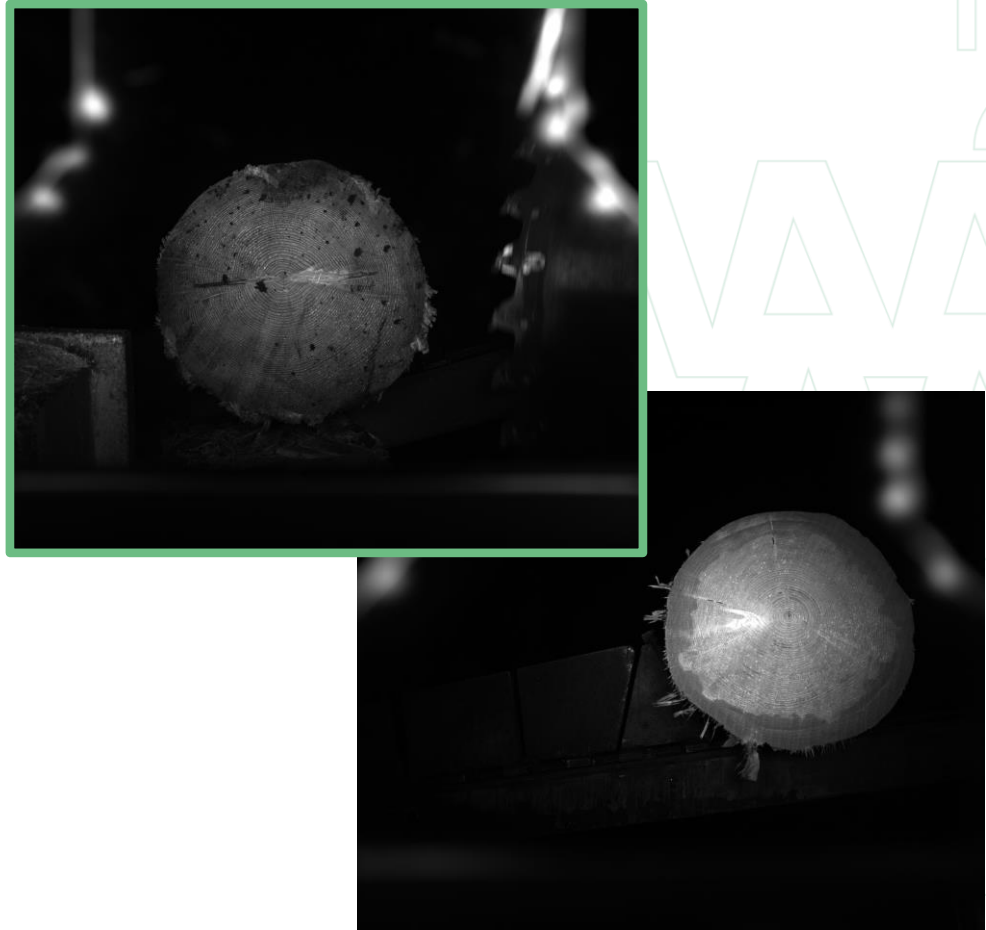
1. Vollernter



2. Polter



3. Sägewerk



4

Ergebnisse



Ergebnisse der Messkampagne

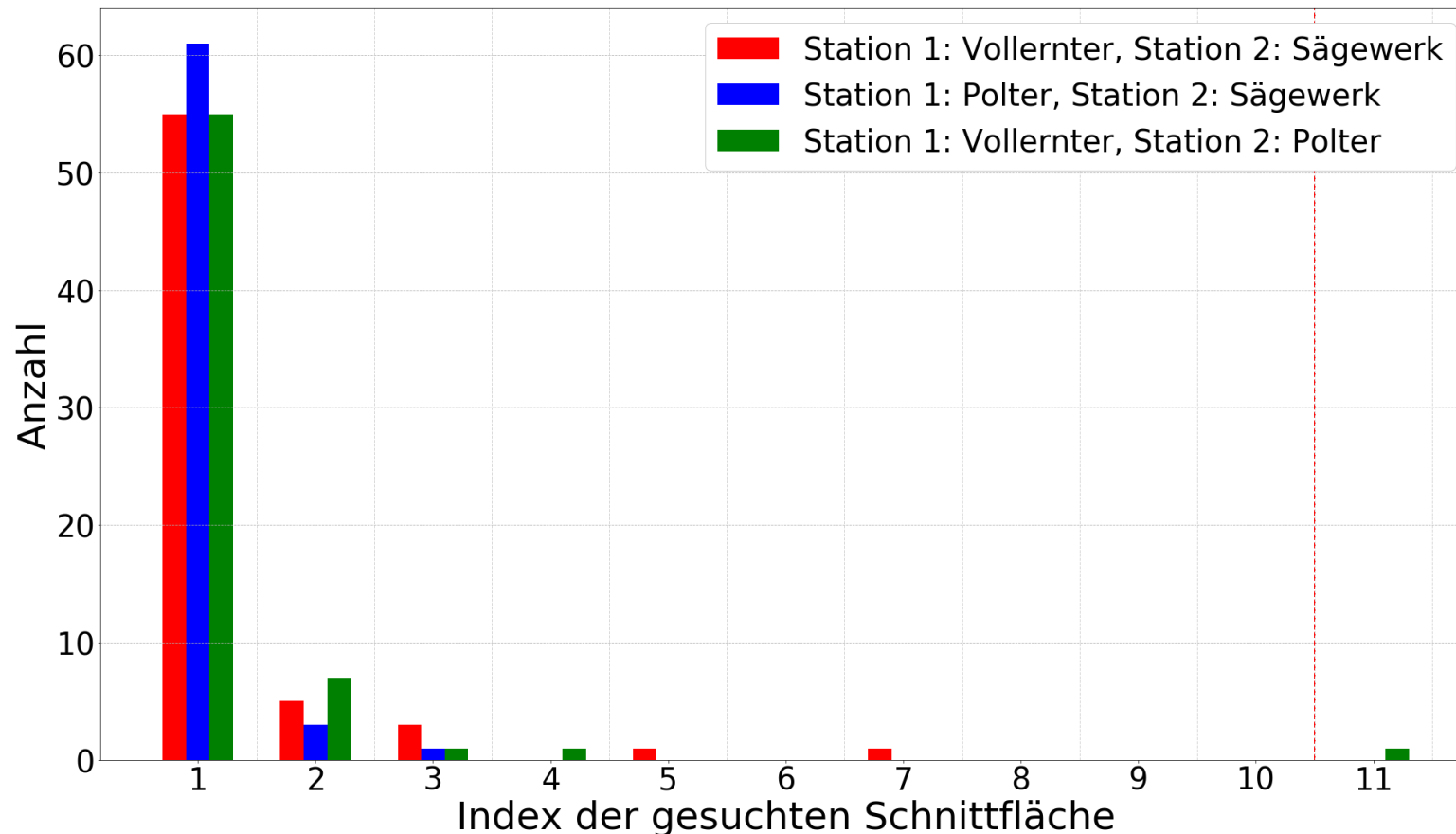
- Aufteilung von 639 Stirnflächen



- Vorselektion von 10 Stirnflächen aus 65 Kandidaten per CNN

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

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



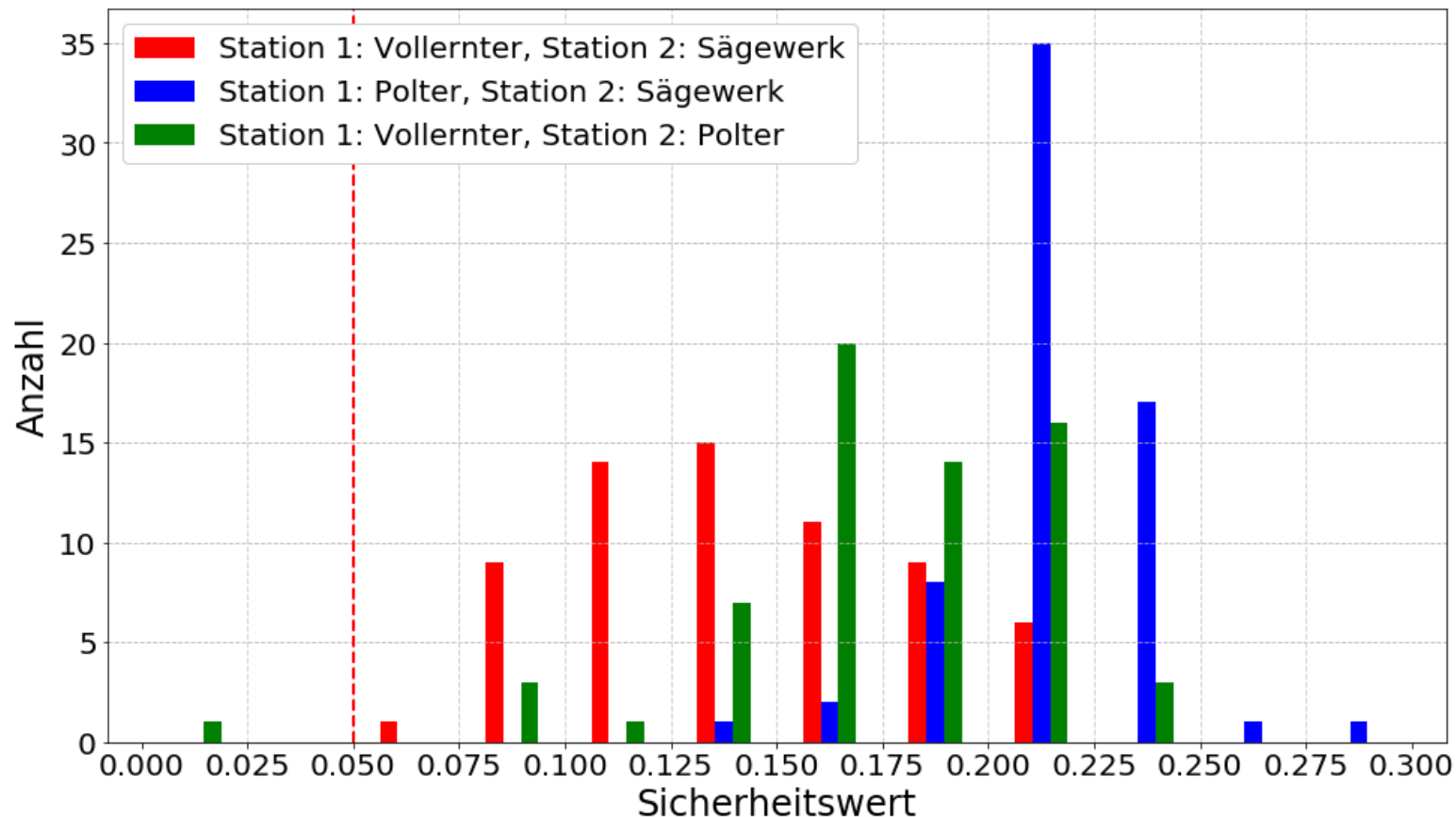
Das dargestellte Histogramm zeigt die Indizes der gesuchten Stirnflächen innerhalb der Vorselektion durch das CNN.

Index 1 bedeutet, dass das CNN den gesuchten Kandidaten bereits als den ähnlichsten erkannte. Dies traf in 171 von 195 Fällen zu.

In 23 weiteren Fällen erreichte der gesuchte Kandidat einen Index zwischen 2 und 7.

Ein Kandidat erreichte nur Index 11 und kam daher nicht in die Vorselektion. Daraus resultierte die einzige Nichterkennung.

■ Histogramm der Sicherheitswerte bei 65 Abgleichen



Das dargestellte Histogramm zeigt die Sicherheitswerte der Fingerprint-Abgleiche innerhalb der CNN-Vorselektion.

Der Schwellwert liegt bei 0,05. Ist der Sicherheitswert eines Fingerprint-Abgleichs größer/gleich diesem Wert, wird der Abgleich als sichere Erkennung gewertet. Dies geschah in 194 von 195 Fällen. Eine Falscherkennung trat dabei **nicht** auf.

In einem Fall lag der Sicherheitswert unter 0,05. Dabei handelte es sich um den Abgleich, bei dem die gesuchte Stirnfläche nicht in die CNN-Vorselektion aufgenommen wurde.

5

Nachhaltigkeitspotenziale



Nachhaltigkeitspotenziale

- “Traceability”: Identifizierung von Baumstammabschnitten ermöglicht Datenverknüpfung von Baumstamm-Parametern und Prozessdaten
 - Transparente Abrechnung
 - Aufdeckung von Produktionsfehlern & Eingrenzung von Reklamationen
 - Schlüssel für Qualitätsgarantie und Prozessoptimierung
 - Daten für nachhaltigen Waldbau
- Verbesserte Logistik und Kontrollmechanismus
- Fälschungssicherer Herkunftsnachweis
- Geschlossene Holz-Wertschöpfungskette von der Ernte bis ins Sägewerk



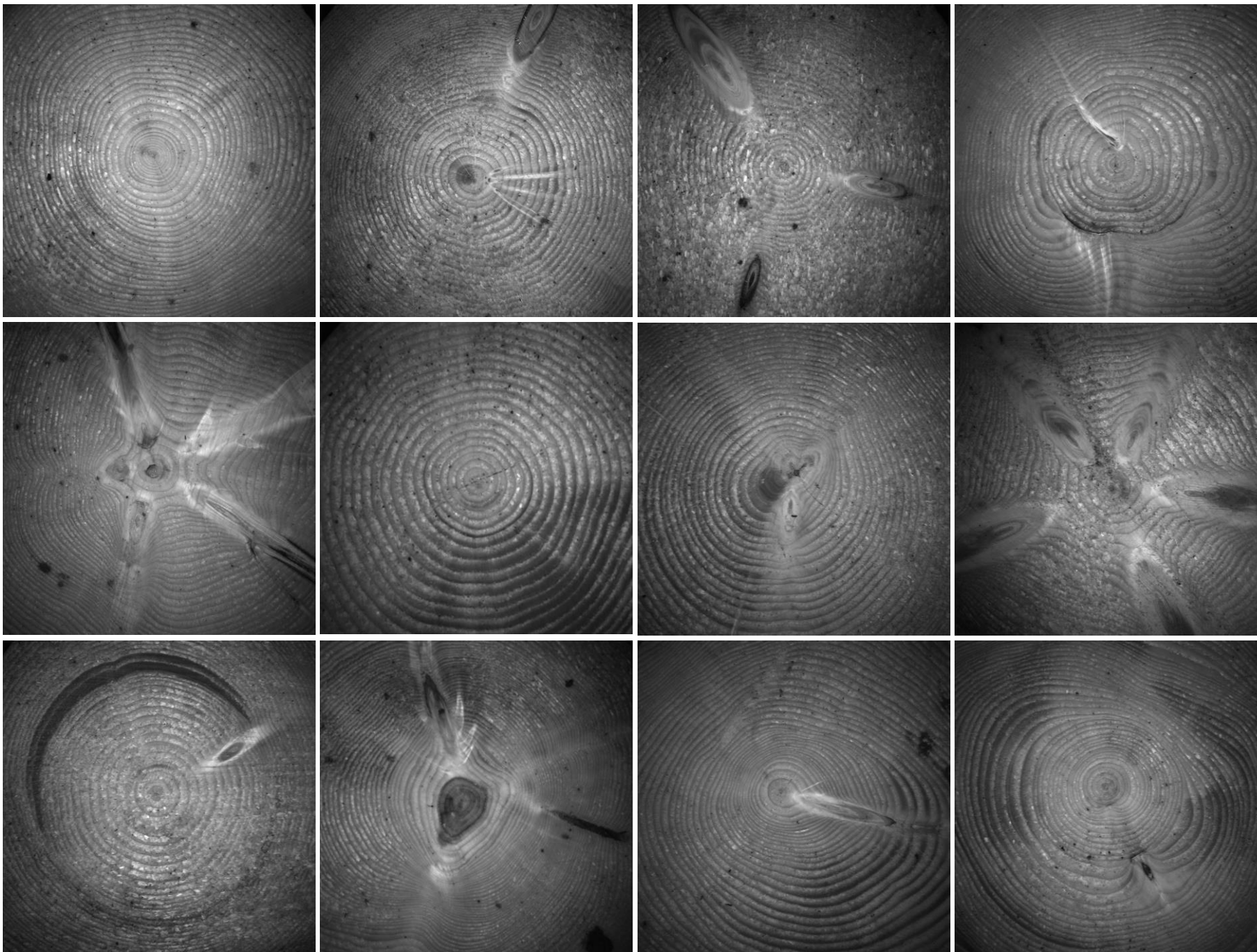
6

Fazit



- Wiedererkennung mit prozessintegrierten Lesesystemen möglich, auch mit limitiertem Bildausschnitt
- System für den Einsatz für Fichten-Sägeholz getestet
- Voraussetzung für Automatisierung:
 - Automatisierte Bildauswahl vom Vollernter
 - Automatisierte Markröhrenerkennung
 - Reinigungsverfahren für stark verschmutzte Stirnflächen
 - Weiterentwicklung des Lesesystems am Vollernter-Aggregat





*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!*