



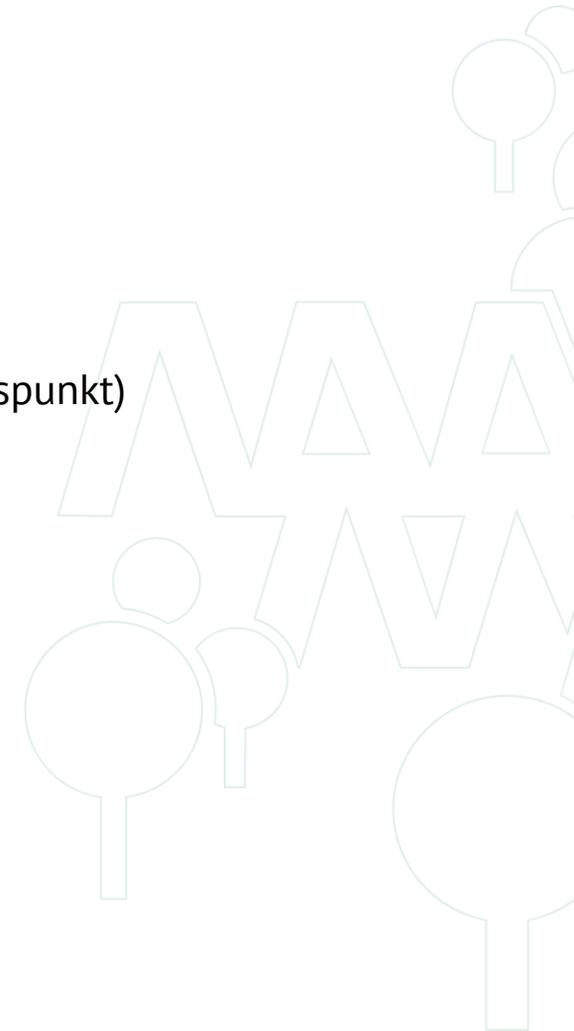
Digitaler Fingerabdruck:

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

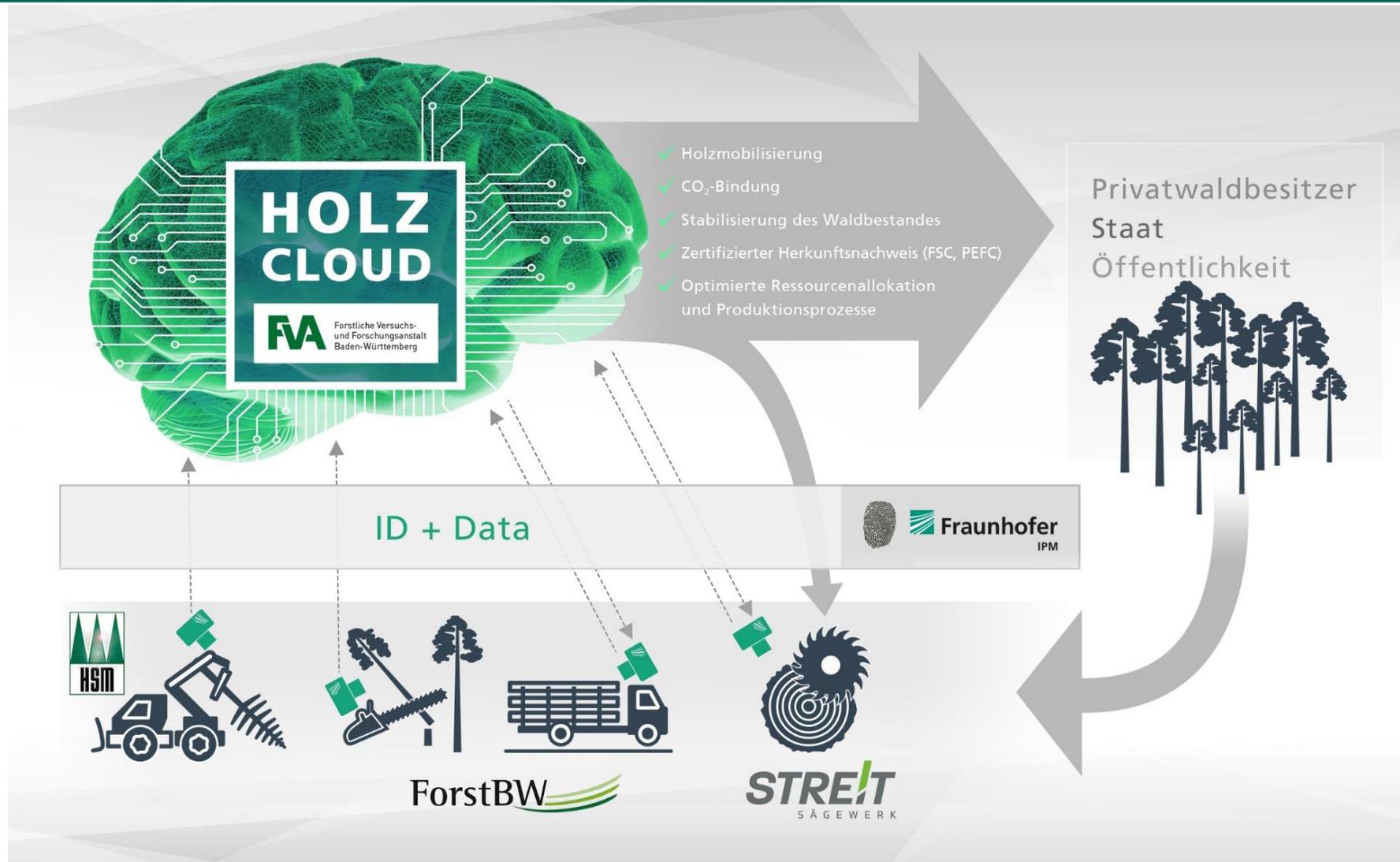
- Keine konsistente Rückverfolgungsmethode für Rundholz in Baden-Württemberg, Deutschland, oder international
- Ausnahme: Markierung der Polter mit Nummerierungsplättchen, Sprayfarbe, oder RFID
- Abrechnung des Handelsguts basierend auf Volumen
- Kein fälschungssicherer Herkunftsnachweis

## 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

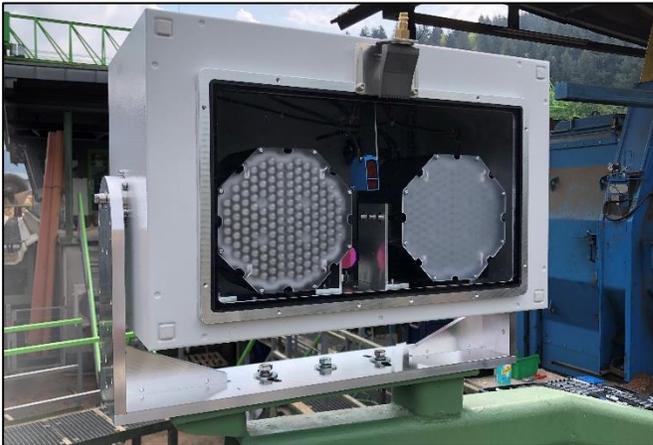
Vollernter



Polter

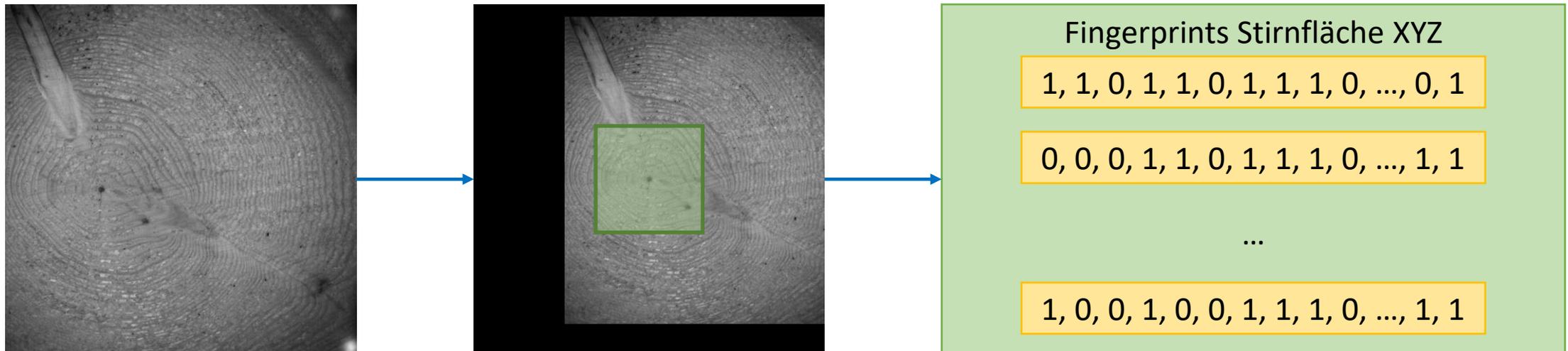


Sägewerk



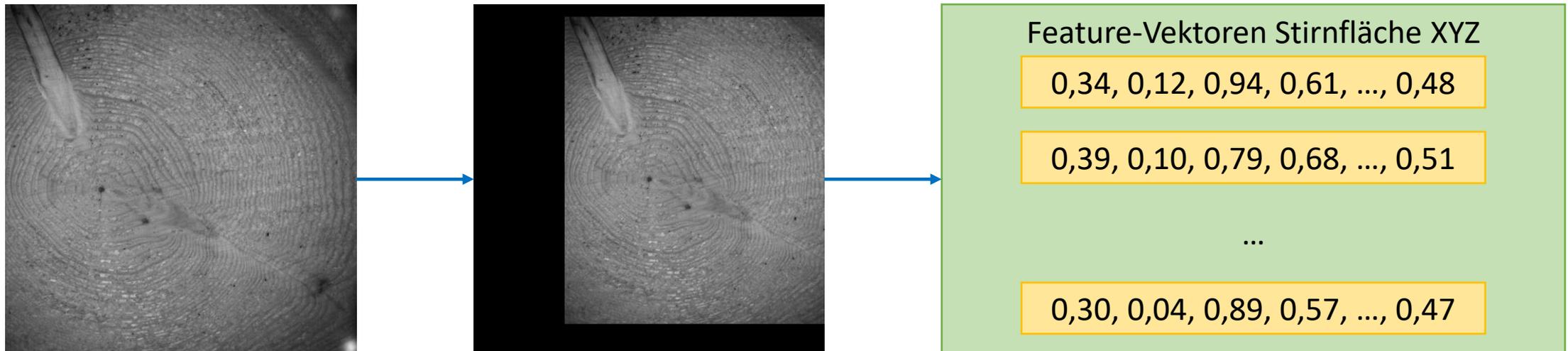
# Track & Trace Fingerprint

- 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

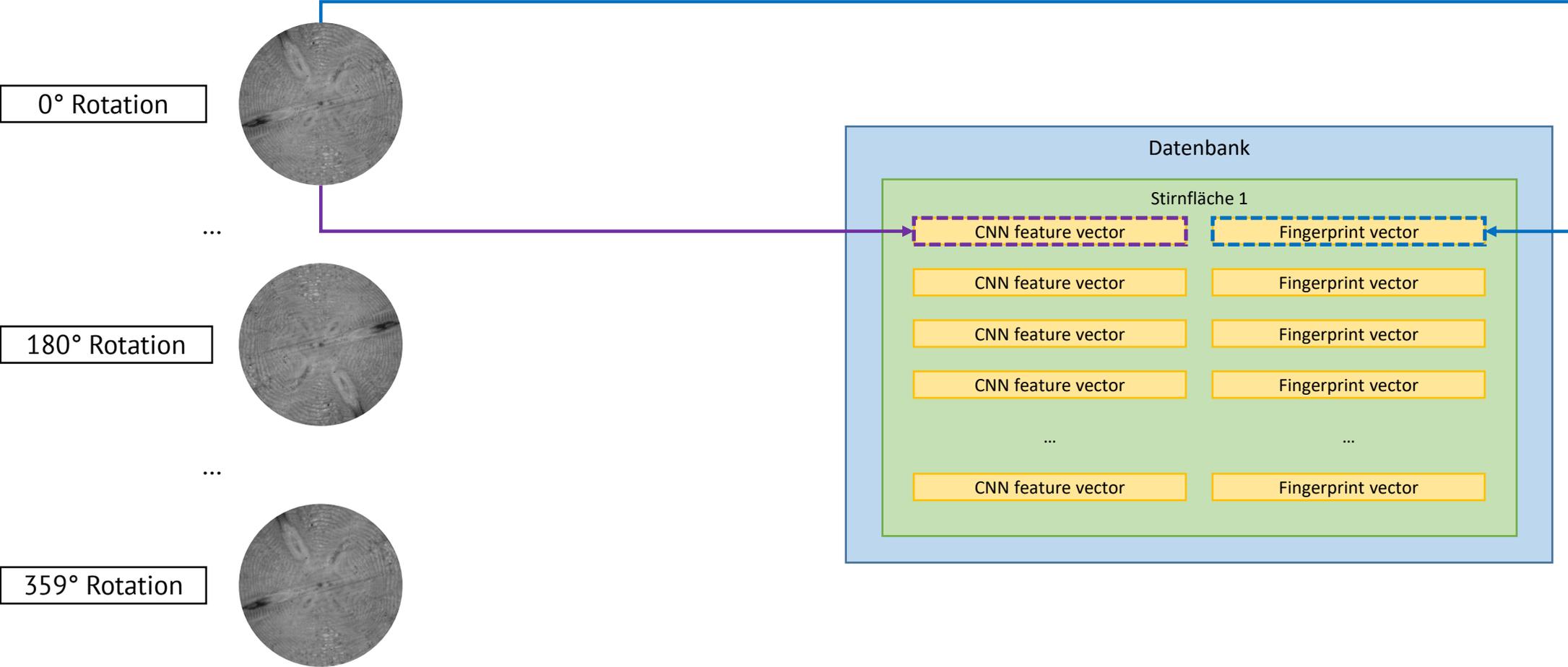


# Convolutional Neural Network

- 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



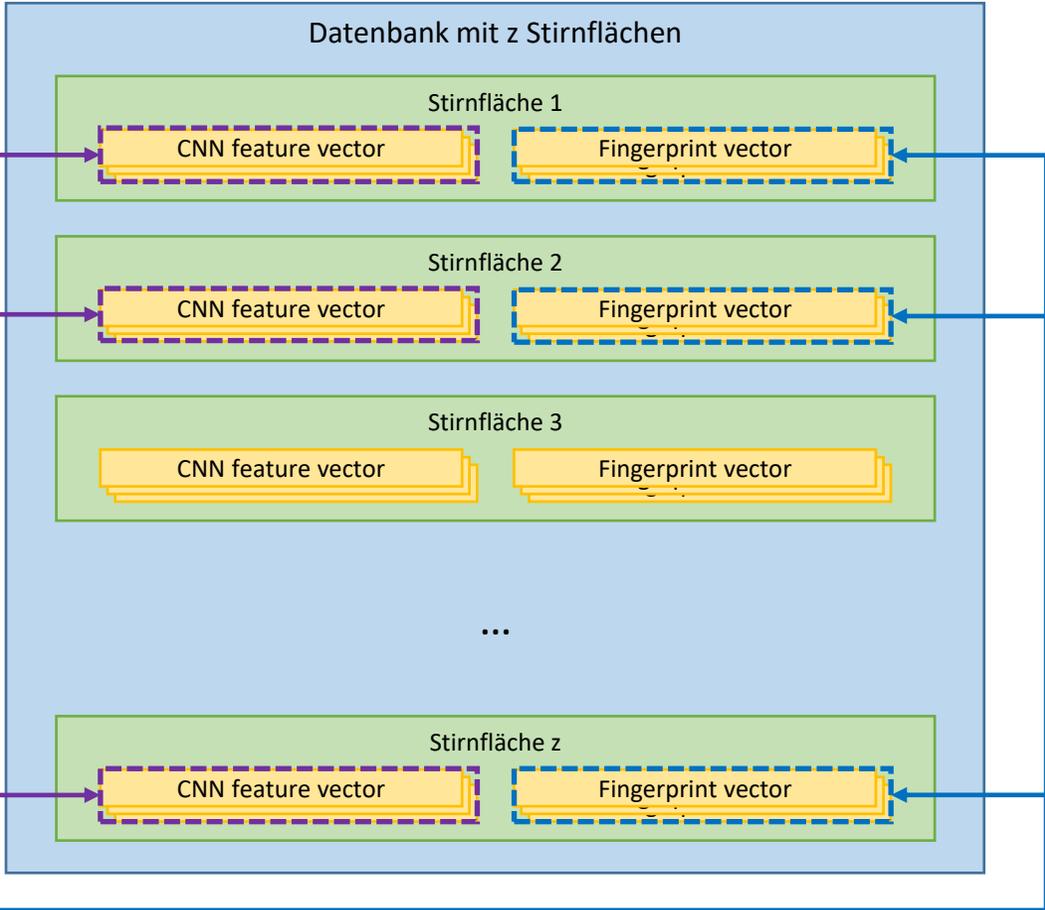
# Erfassung einer Stirnfläche



# 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.

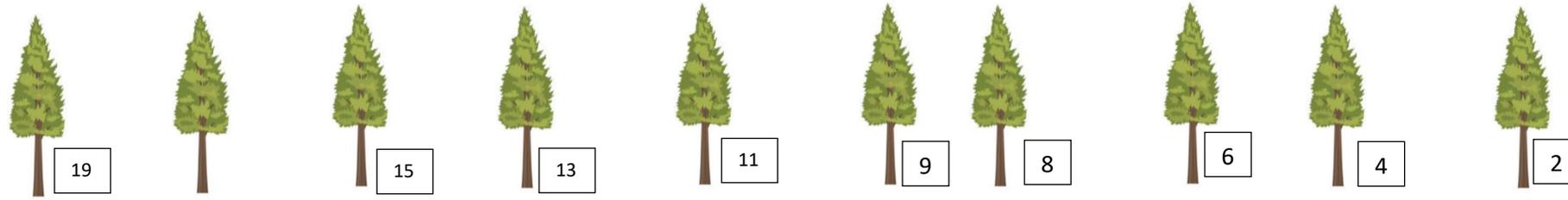


# 3

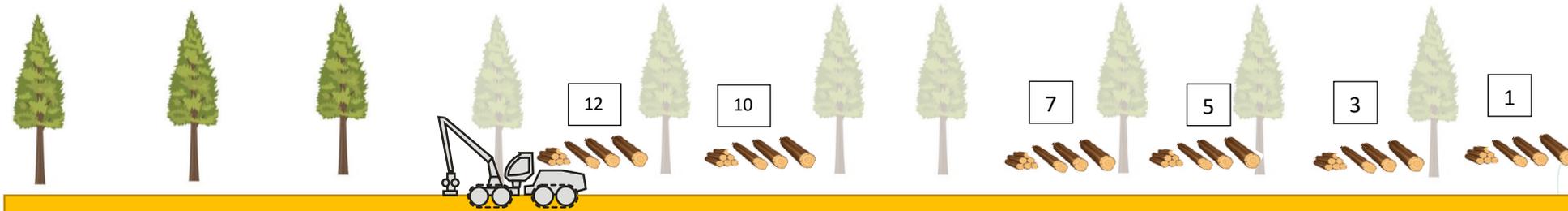
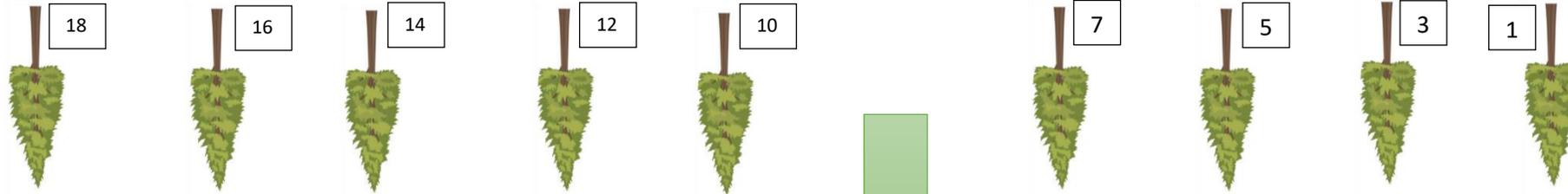
Versuchsreihen

---





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.



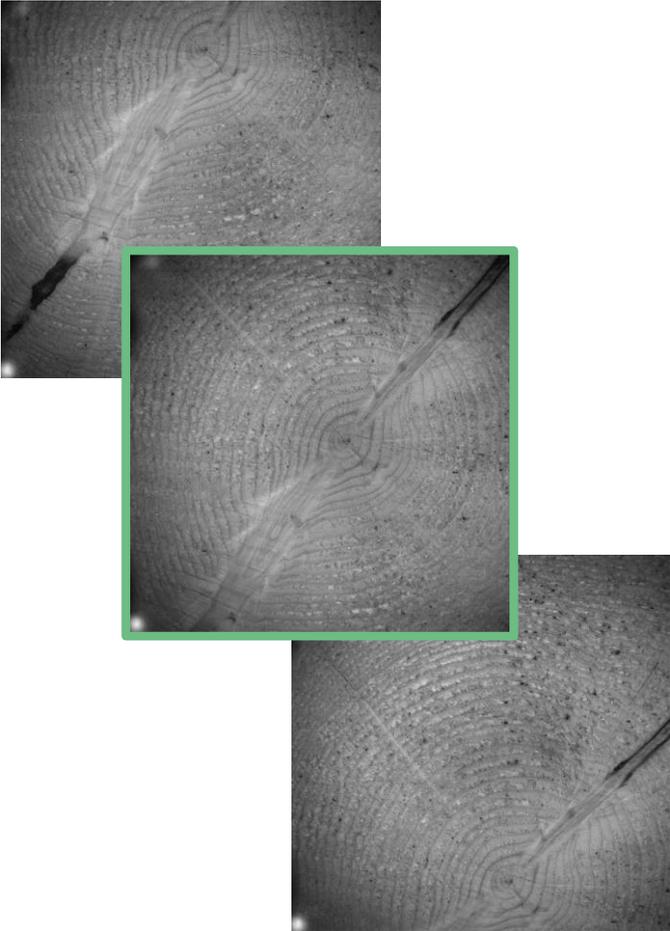
Beim Eingang ins Sägewerk vor und nach Kappschnitt

3.



# Aufnahmen an den 3 Stationen

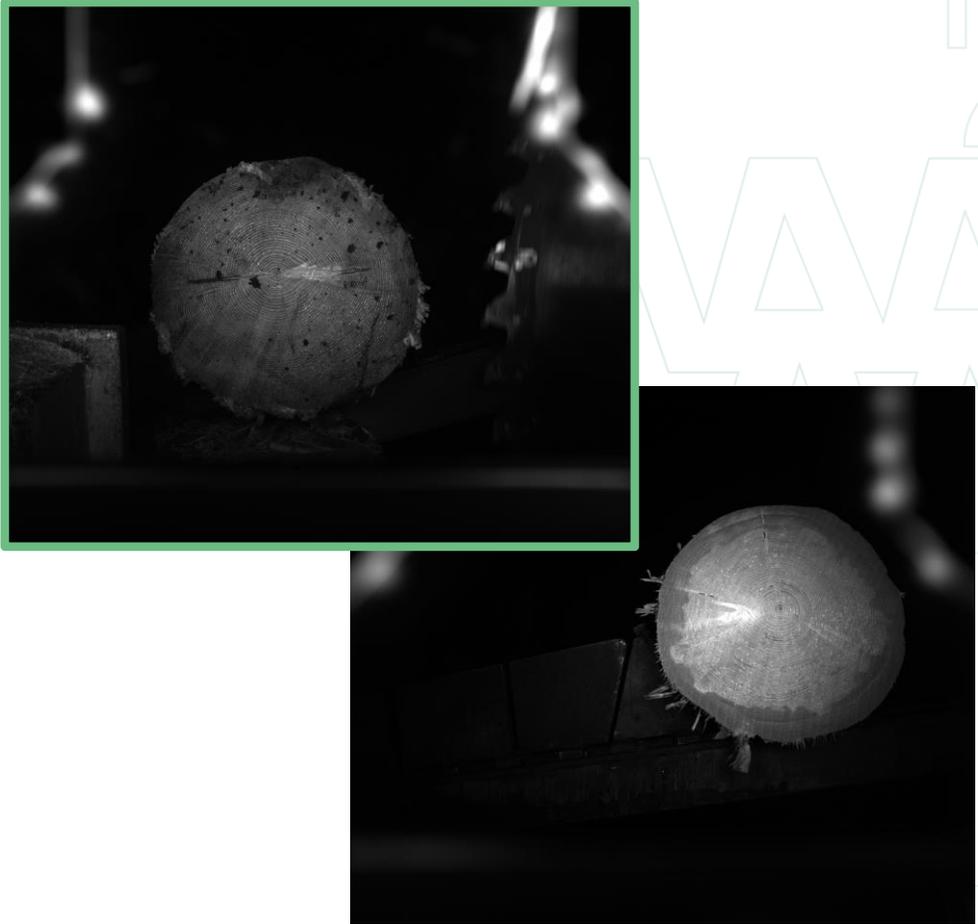
1. Vollernter



2. Polter



3. Sägewerk



# 4

Ergebnisse



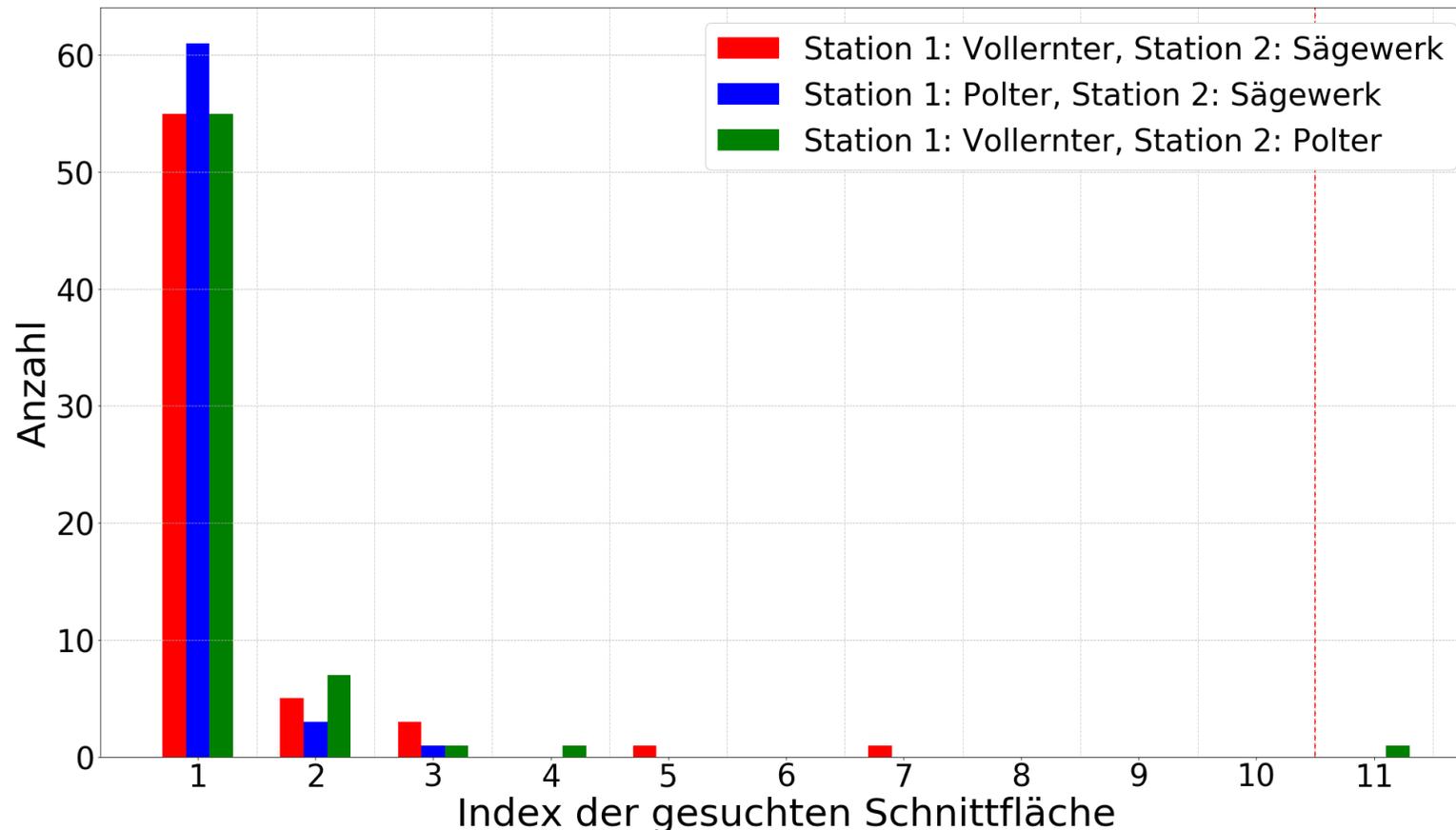
- Aufteilung von 639 Stirnflächen



- 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



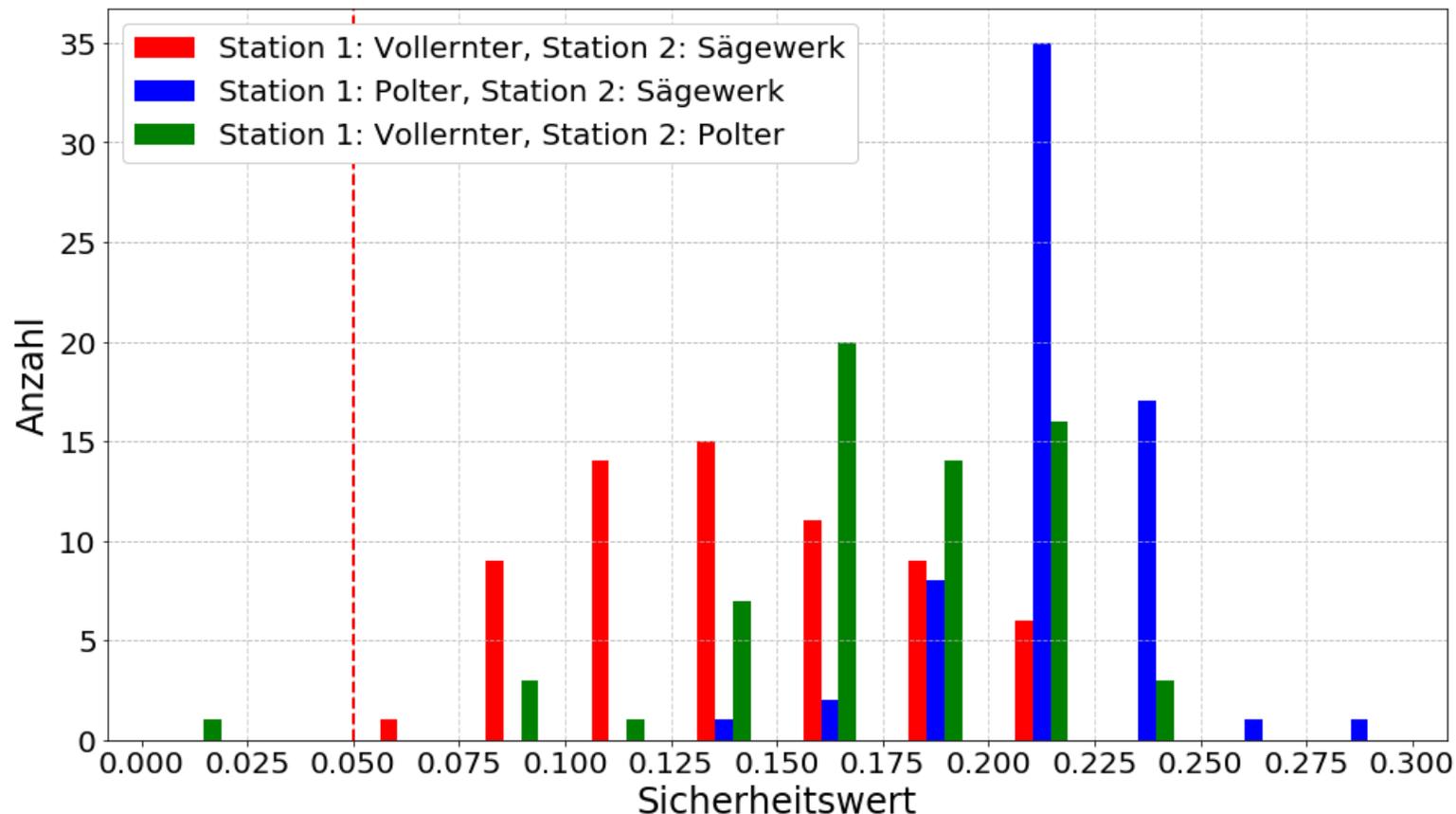
Das dargestellte Histogramm zeigt die Indizes der gesuchten Stirnflächen innerhalb der Vorselektion durch das CNN.

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

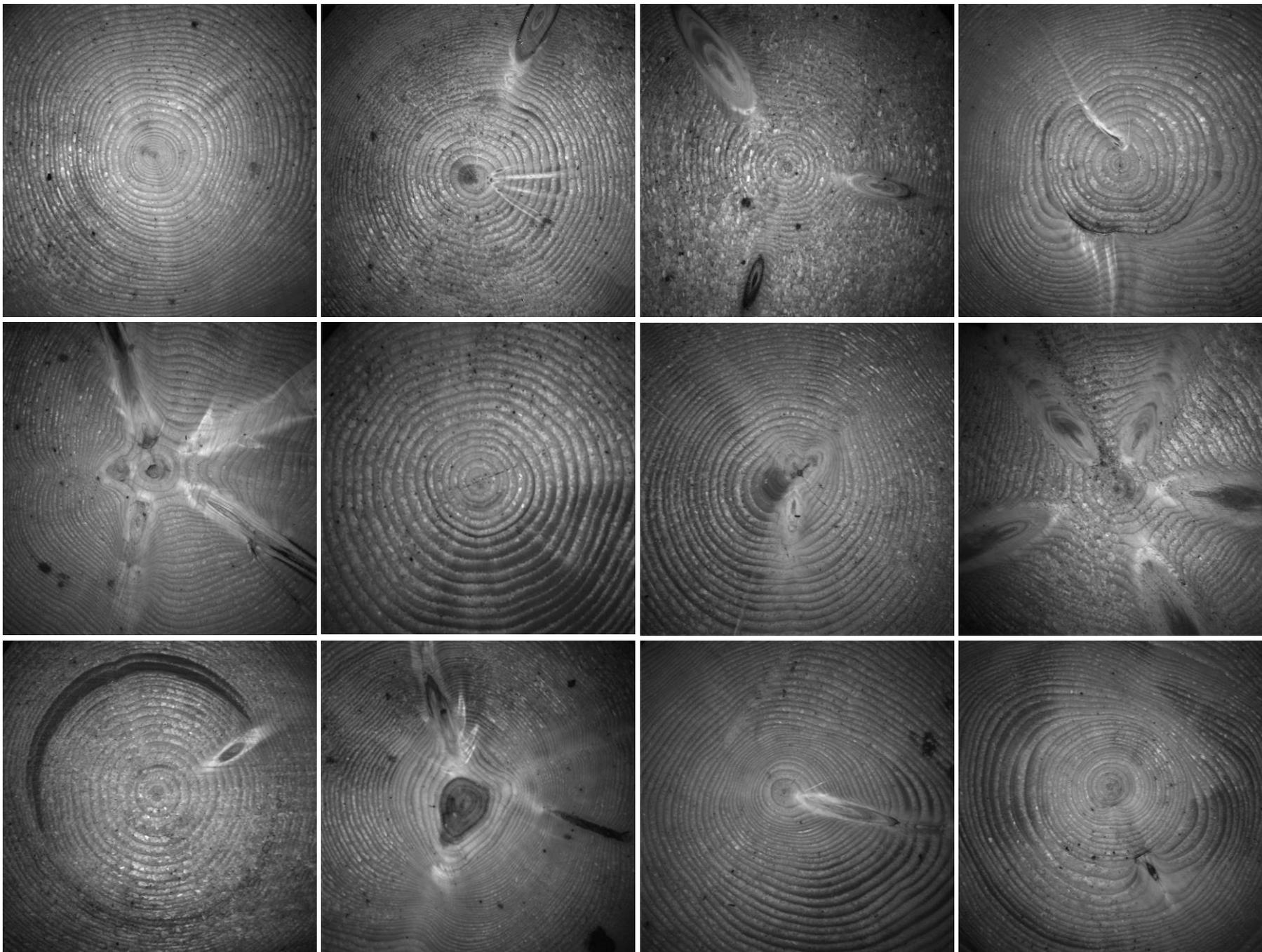
Fazit

---



- 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!*