

Automatisierte Merkmalerkennung von Rundholz: Ein Blick in die Zukunft der Holzverarbeitung

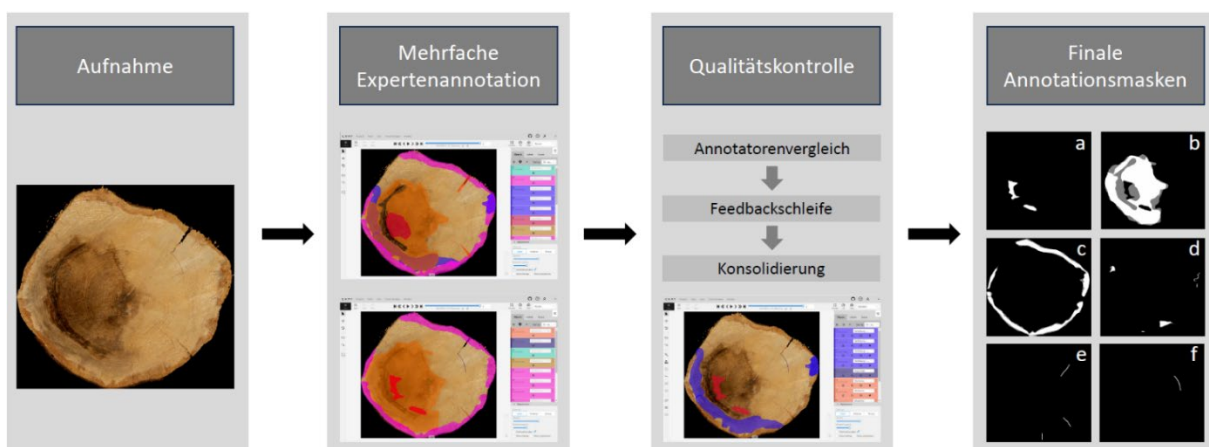
Lukas Bednar, Daniel Soukup

In der Holzindustrie spielt die Qualität von Rundholz eine entscheidende Rolle, da sie maßgeblich den wirtschaftlichen Wert des Holzes bestimmt. Die genaue Beurteilung der Holzqualität ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die derzeit noch manuell von erfahrenem Personal unter hohem Zeitdruck durchgeführt wird. Dabei ist dieses für die Erkennung verschiedener Merkmale auf der Oberfläche und den Schnittflächen der Baumstämme verantwortlich. Um die Belastung der Mitarbeiter zu reduzieren und die Effizienz zu steigern, wird verstärkt an automatisierten Systemen gearbeitet, die diese Aufgabe übernehmen können.

Ein zentraler Bestandteil dieser Bemühungen ist das Projekt „Merkmalerkennung Rundholz (MeRu)“ und die Entwicklung des MeRu-Datensatzes, eines umfangreichen und standardisierten Bilddatensatzes, der zum Training und zur Weiterentwicklung von KI-Systemen dient. Der MeRu-Datensatz besteht aus 5.625 hochauflösenden Bildern von 1.875 Baumstämmen sowie 17.584 annotierten Bildmasken, die von Experten erstellt wurden. Jeder Baumstamm wurde dabei aus drei Perspektiven aufgenommen: von der Mantelfläche (der Außenseite) und den beiden Stirnseiten (den Schnittflächen). Die Experten haben auf den Bildern insgesamt 14 verschiedene Merkmale wie Äste, Risse, Verfärbungen und andere sortierrelevante Besonderheiten markiert, die für die Qualitätsbewertung wichtig sind. Ein Beispiel für die Bildaufnahmen und Annotationen eines Stammes ist in folgender Abbildung zu sehen, wo Äste (grün) und Teilentrindung (rot) auf der Mantelfläche und die Markröhre (grün), Bläue (blau), Rotstreif (violett), Hartbräune (orange) und Buchs (rot) eingezeichnet wurden.



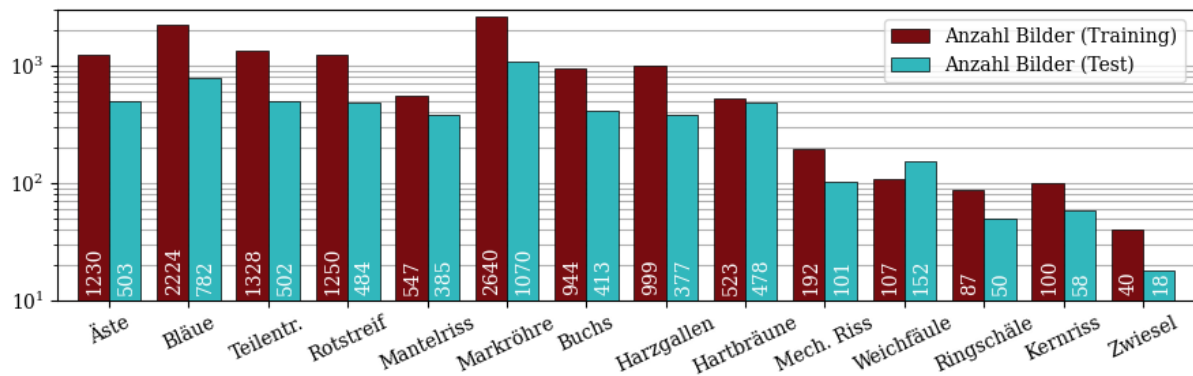
Vom gesamten Datensatz wurden 1.611 Bildaufnahmen von 537 Rundhölzern zumindest von zwei Experten begutachtet und alle relevanten Merkmale eingezeichnet. Anschließend wurden die eingezeichneten Merkmale der beiden Experten algorithmisch miteinander abgeglichen und bei Unstimmigkeiten noch einmal manuell überprüft. Durch dieses Prozedere wurden Annotationsfehler und -ungenauigkeiten reduziert und es ist ein objektiver in der Branche anerkannter Teildatensatz mit 5.373 Annotationsmasken entstanden, der als Referenzdatensatz für Merkmalsbestimmung dienen kann. Der gesamte Ablauf von der Aufnahme der Baumstämme, über die mehrfache Expertenannotation und Qualitätskontrolle, bis zum finalen Datensatz ist im Folgenden schematisch dargestellt.



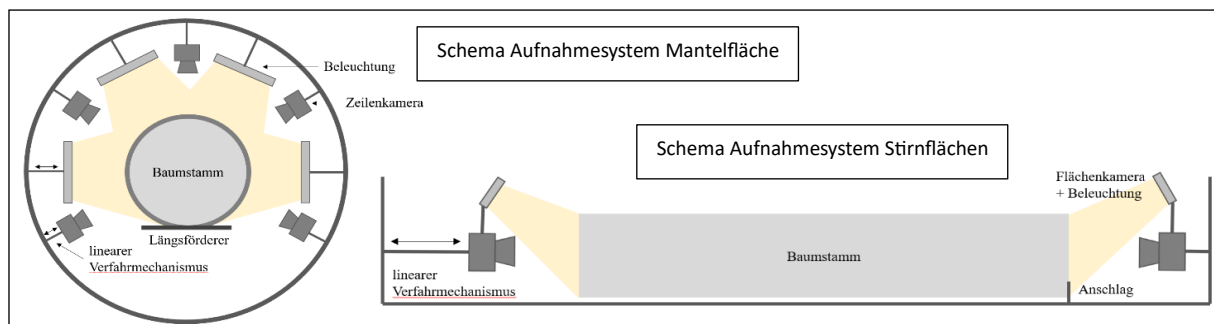
Der MeRu-Datensatz wird in Zukunft als Grundlage für die Entwicklung von Künstlicher Intelligenz (KI) dienen, die in der Lage sein soll, diese Merkmale selbstständig zu erkennen. Langfristig soll ein vollständig automatisiertes Bewertungssystem entstehen, das die menschlichen Prüfer:innen ersetzt. In einer Übergangsphase ist jedoch

geplant, hybride Systeme einzusetzen, bei denen Mensch und Maschine zusammenarbeiten. Ein solches System könnte die Effizienz der Holzverarbeitung erheblich steigern und Fehlerquellen minimieren.

Zur KI-Entwicklung braucht es einen möglichst ausgewogenen und realitätsgetreuen, aber vor allem auch einen ausreichend großen Datensatz, der das Trainieren der KI sowie das darauffolgende objektive Testen der durch das Training erlangten Fähigkeiten möglich macht. Dazu wird der Datensatz für gewöhnlich in einen Trainings- und einen Testdatensatz getrennt. Folgendes Diagramm zeigt eine Übersicht, welche Merkmale in wie vielen Bildern des jeweiligen Teildatensatzes vorhanden sind.



Neben der KI-Entwicklung spielt auch die Gestaltung der Aufnahmetechnik eine wichtige Rolle. Während in den Testphasen des MeRu-Projekts ein hochauflösendes Photogrammetrie-System verwendet wurde, das eine präzise 3D-Rekonstruktion der Baumstämme ermöglicht, muss das zukünftige System für den Einsatz in Sägewerken kostengünstig, robust und einfach zu bedienen sein. In den Sägewerken werden die Baumstämme in verschiedenen Bereichen bearbeitet und transportiert, was eine räumliche Trennung der Bildaufnahmen der Mantelflächen und der Stirnflächen nahelegt. Die Mantelfläche könnte während des Längstransports und die Stirnseiten während des Quertransports aufgenommen werden. Diese Trennung entspricht den gängigen Abläufen in Sägewerken und erleichtert die Integration der neuen Technik. Um den unterschiedlichen Anforderungen in den Sägewerken gerecht zu werden, sind flexible und standardisierte Aufnahmesysteme notwendig. Die im MeRu-Projekt gewonnenen Erkenntnisse über die Anforderungen an die Kamera- und Beleuchtungstechnik fließen in die Entwicklung solcher Systeme ein. So sollen Komponenten verwendet werden, die auch in unterschiedlichen Umgebungen zuverlässig funktionieren. Im Folgenden sind mögliche zukünftige Aufnahmesysteme skizziert, die im Sägewerk in Betriebsgeschwindigkeit eingesetzt werden können.



Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Entwicklung automatisierter Systeme zur Rundholzerkennung ein vielversprechender Schritt in Richtung einer effizienteren und weniger fehleranfälligen Holzverarbeitung ist. Der MeRu-Datensatz spielt dabei eine Schlüsselrolle, indem er als Trainings- und Referenzdatensatz für verschiedene KI-Systeme dienen wird. Diese Systeme könnten in Zukunft nicht nur die Qualitätserkennung automatisieren, sondern auch neue Standards in der Holzindustrie setzen.