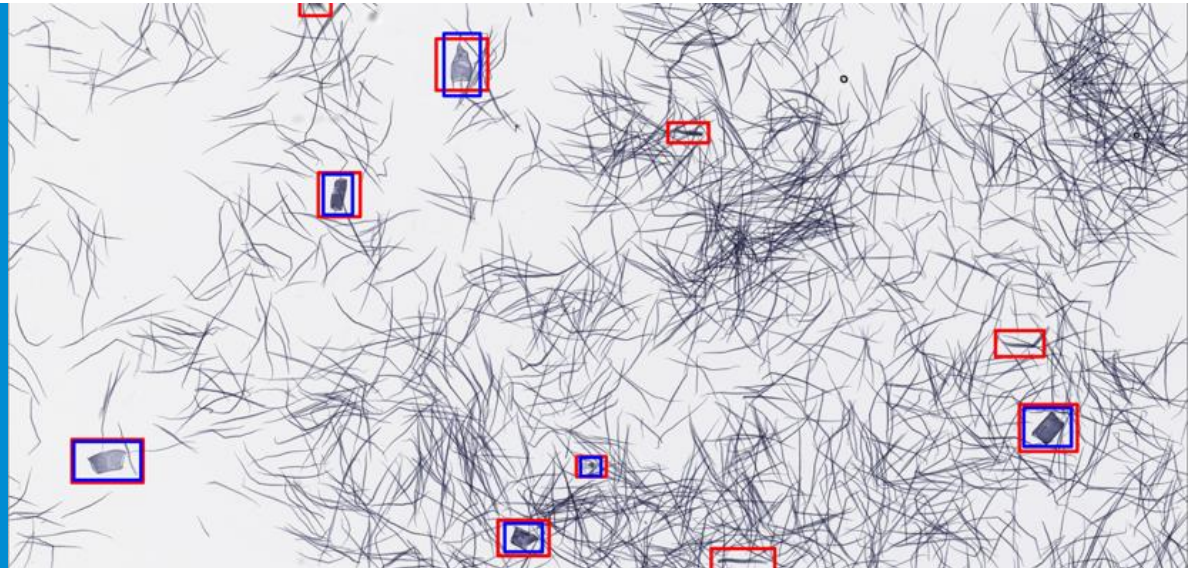


Automatisierte Holzartenidentifizierung in mikroskopischen Bildern von Fasermaterialien mit Hilfe von maschinellem Lernen / KI

TI: Stephanie Helmling, Jördis Sieburg-Rockel, Stephanie Wrage, Andrea Olbrich

ITWM: Lars Nieradzik, Henrike Stephani, Thomas Weibel, Petra Gospodnetić, Markus Rauhut

Thünen-Institut für Holzforschung, Fraunhofer-Institut für Techno-und Wirtschaftsmathematik ITWM



Gesetzliche Grundlage zum Schutz der Wälder



(1973)



(2023)



(1900)



(2012)

EU-Verordnung für entwaldungsfreie Produkte (EUDR)

Rohstoffe und Erzeugnisse, die mit Entwaldung und Waldschädigung in Verbindung stehen

- **Rinder**
 - **Kakao**
 - **Kaffee**
 - **Ölpalme**
 - **Kautschuk**
 - **Soja**
 - **Holz**
- Unternehmer und Händler müssen ein **Legalitätskontrollsystem** einführen, indem sie eine **Risikobewertung** durchführen und die geografischen Koordinaten, die Produktionsdaten oder den Zeitraum der Erzeugung ermitteln.
- Wichtige Informations- und Sorgfaltspflichten**
- Beschreibung der Erzeugnisse sowie der relevanten Rohstoffe
 - Geolokalisierung der Herkünfte
 - Rohstoffe / Erzeugnisse sind entwaldungsfrei
 - Rohstoffe / Erzeugnisse wurden gemäß den einschlägigen Rechtsvorschriften des Erzeugerlandes produziert

EU-Verordnung für entwaldungsfreie Produkte (EUDR)

Anwendungsbereich: Holz und Holzprodukte

▪ Komplettes KN-Kapitel 44 (vgl. EUTR)

Zusätzliche Produkte:

- 4402 Holzkohle
 - 4404 Holzpfähle
 - 4405 Holzwohle, Holzmehl
 - 4417 Werkzeuge, Werkzeugstiele
 - 4420 Hölzer mit Einlegearbeit, Kästchen etc.
 - 4421 Sonstiges (inkl. Fensterkanteln, BSH, Massivholzplatten)
 - 9401 Sitzmöbel
 - 4900 Bedrucktes Papier
- Die Sorgfaltserklärungen sind innerhalb der gesamten Lieferkette weiterzugeben, d.h. die Dokumentationskette reicht bis zum Betrieb, der das Produkt an den Endkunden abgibt.

Hinweis auf Publikation: Köthke et al. 2023 „Comparing the former EUTR and upcoming EUDR: Some implications for private sector and authorities”

Forest Policy and Economics 157 (2023) 103079



Contents lists available at ScienceDirect

Forest Policy and Economics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/forpol



Comparing the former EUTR and upcoming EUDR: Some implications for private sector and authorities

Margret Köthke^{*}, Melvin Lippe, Peter Elsasser

Thünen Institute of Forestry, Germany

ARTICLE INFO

Keywords

Deforestation-free value chains
Timber regulation
Deforestation
Forest degradation
EU policy

ABSTRACT

The EU recently adopted the regulation on deforestation-free supply chains (EUDR) to reduce its influence on global deforestation and forest degradation. The EUDR prohibits certain forest risk commodities and products made thereof on the EU market unless they are deforestation-free and legal under the legislation of the producer countries. The EUDR will replace the EU Timber Regulation (EUTR) which only covers the illegality of timber products. The EUDR concept adopts the basic approach of the EUTR, but aims to overcome weaknesses that left loopholes for non-compliant enterprises.

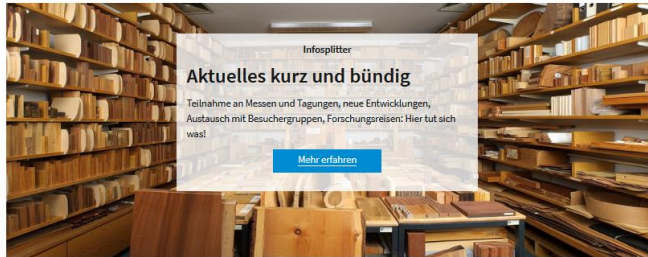
Focusing on impacts related to enterprises in the wood sector and control authorities in the EU, we compare the specifications of both regulations, to examine whether and how weaknesses of the EUTR have been addressed by its successor regulation. It can be concluded that the EUDR closes some important loopholes that existed before, notably by introducing mandatory digital registration combined with control options for customs authorities; by increasing liability obligations for EU domestic trade; and by reducing the leeway for EU member states in the design of national legislation and enforcement. However, the EUDR creates considerable additional burdens for enterprises and control authorities through significantly expanded reporting requirements, combined with an enormous extension of the scope of application. It remains open how strongly the EUDR will affect the procurement costs of EU enterprises and subsequently their product prices – and to what extent this may trigger trade shifts in favor of less regulated countries.

Margret Köthke, Melvin Lippe, Peter Elsasser, Comparing the former EUTR and upcoming EUDR: Some implications for private sector and authorities, Forest Policy and Economics, Volume 157, 2023, 103079, ISSN 1389-9341

Thünen-Kompetenzzentrum Holzherkünfte

Thünen-Kompetenzzentrum Holzherkünfte

Das Kompetenzzentrum ist zentrale Anlaufstelle für Behörden, Holzhandel, Verbraucher und Verbände bei Fragen des Art- und Herkunftsnachweises von Holz und Holzprodukten. Hier können Holzproben zweifelfrei auf Gattungs- bzw. Artniveau bestimmt werden, und für zahlreiche Baumarten können Angaben zur geographischen Herkunft des Holzes überprüft werden. Daneben werden Zertifizierungssysteme zur Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung weiterentwickelt und Holzhandelsströme analysiert.



Über das Kompetenzzentrum

Serviceleistungen, Gebühren, Kontakt

FAQ

www.thuenen.de

Beteiligte Institute und Dienstleistungen:

- Thünen-Institut für **Holzforschung**
Makro- und mikroskopische Holzartenbestimmung
- Thünen-Institut für **Forstgenetik**
Genetischer Art- und Herkunftsnachweis
- Thünen-Institut für **Waldwirtschaft**
Bewertung von Zertifikaten und Holzmarktanalysen

Artenbestimmung – Papier



Wissenschaftliche Holzsammlung (Xylothek)

Ca. 35.000 Muster repräsentieren

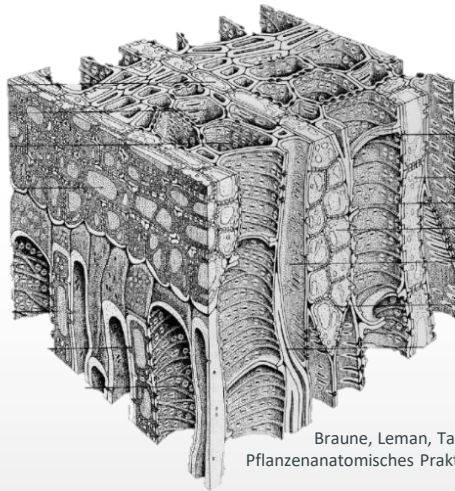
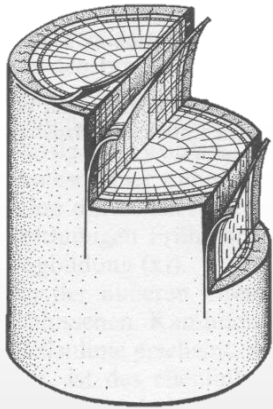
- ca. 245 Familien
- ca. 2400 Gattungen
- ca. 11.500 Arten



Foto: Ilja Hendel

Artbestimmung - Massivholz - Mikroskopisch

- Dünnschnitte der 3 anatomischen Schnittrichtungen
- 3D-Information
- 80 - 100 Merkmale



Braune, Leman, Taubert
Pflanzenanatomisches Praktikum

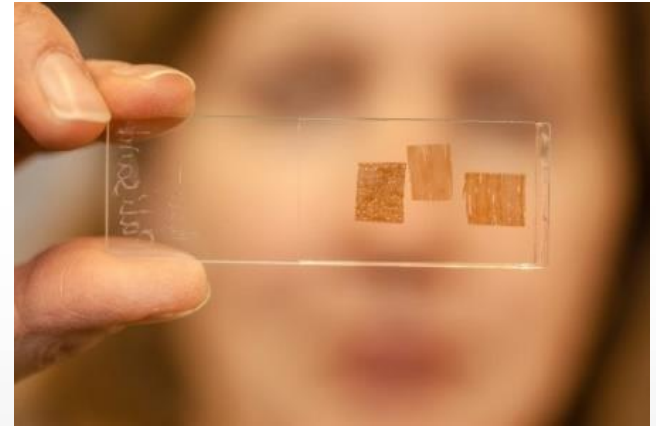


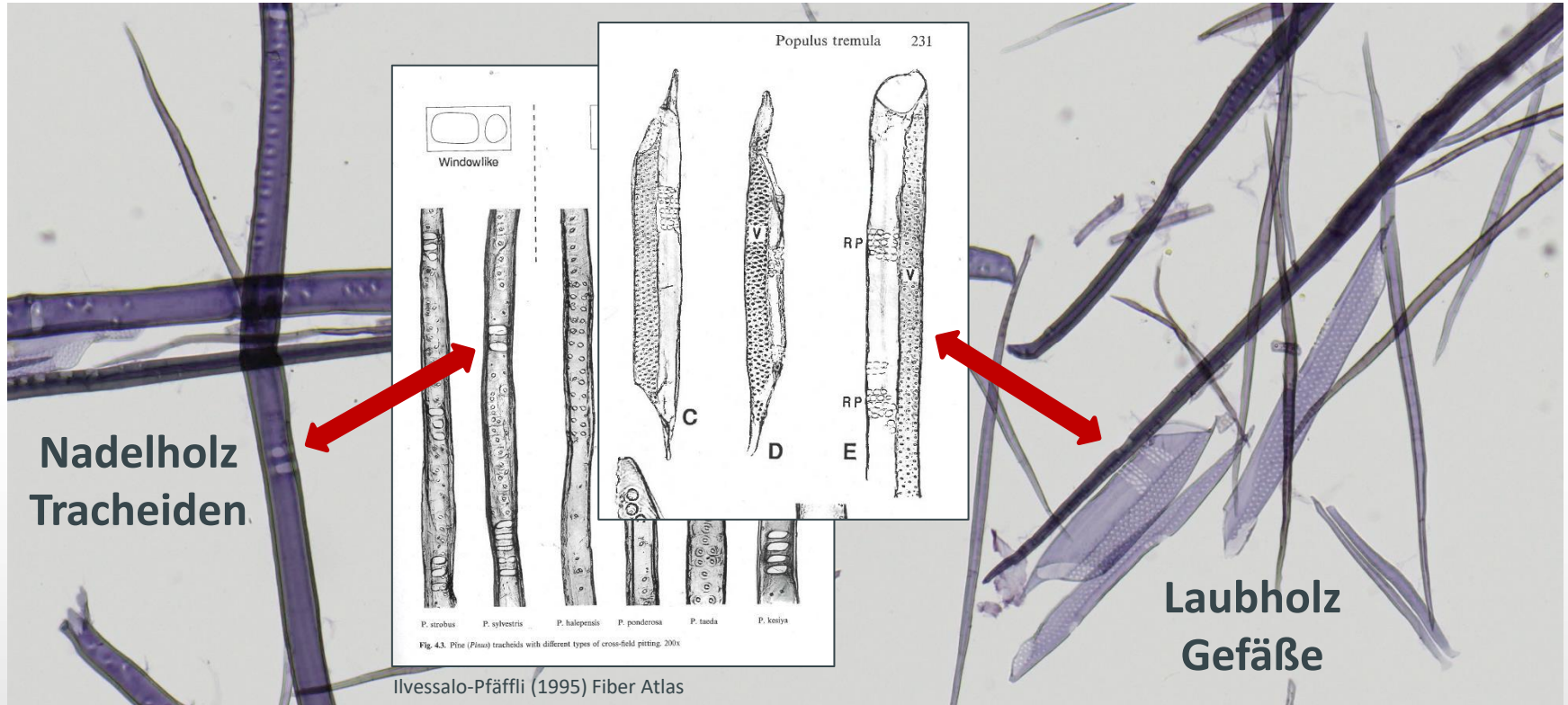
Foto: Ilja Hendel

Artbestimmung – Papier

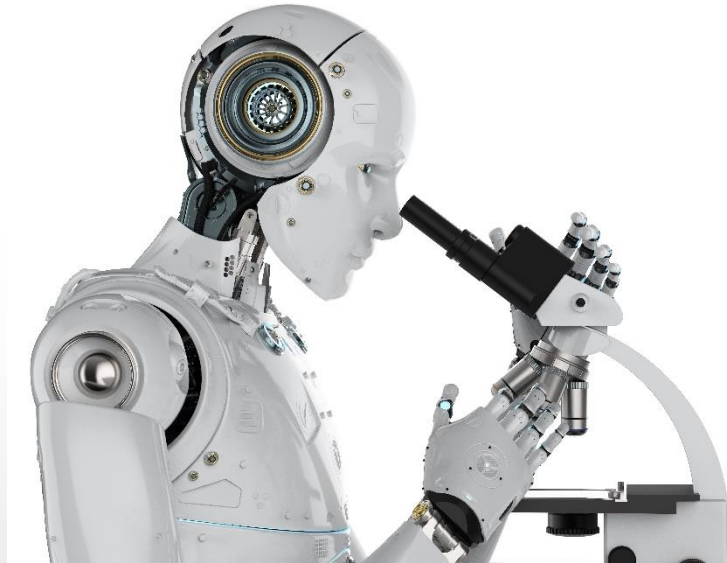


- Keine makroskopische Einschätzung möglich
- Gewebeverbund ist aufgelöst
- Meist Mischpräparate
- DNA zerstört und ausgewaschen

Artbestimmung – Papier



Können wir diese Analyse automatisieren?



© phonlamaiphot – stock.adobe.com

Projektpartner



Gefördert durch



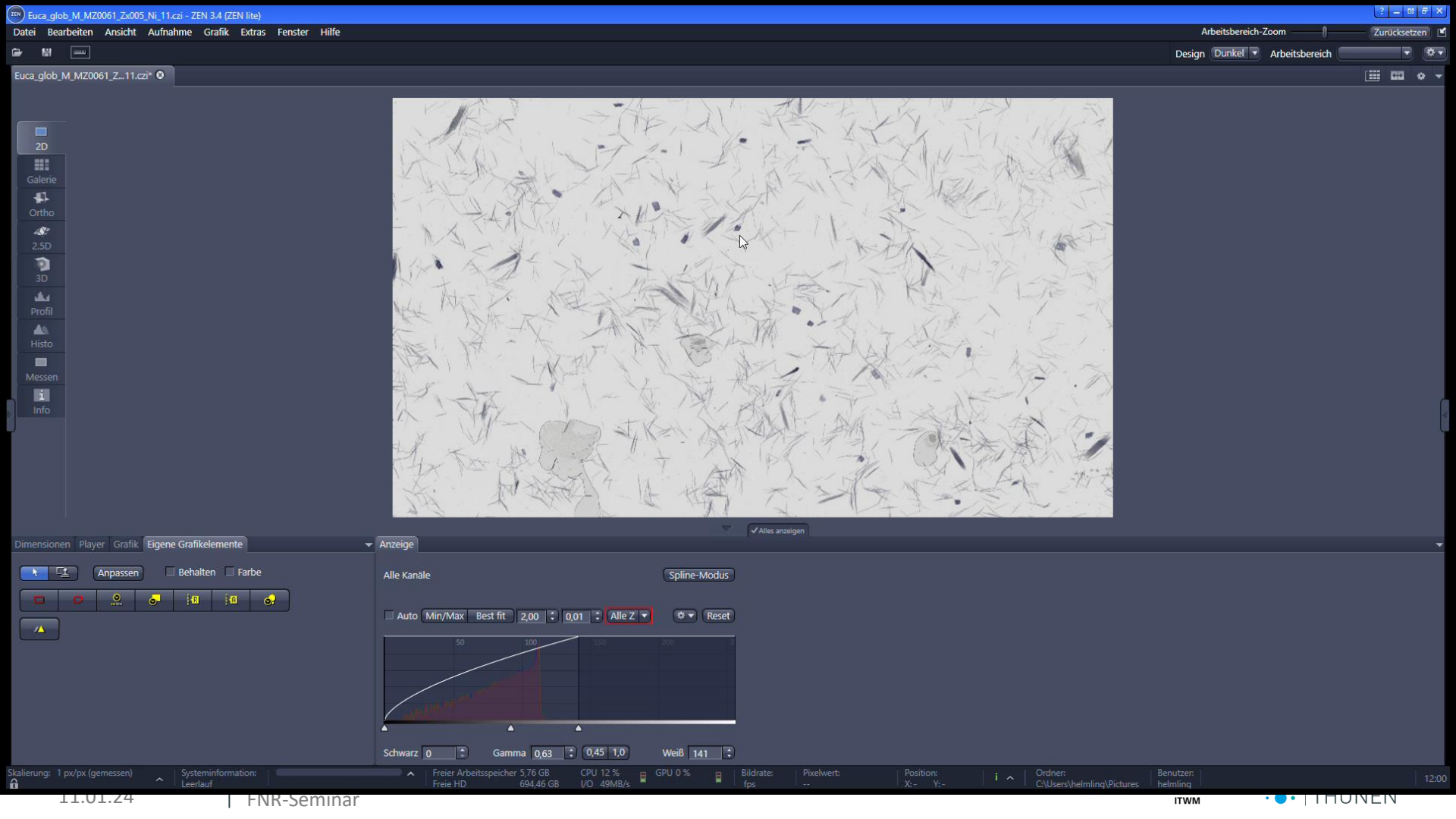
Gefördert durch:



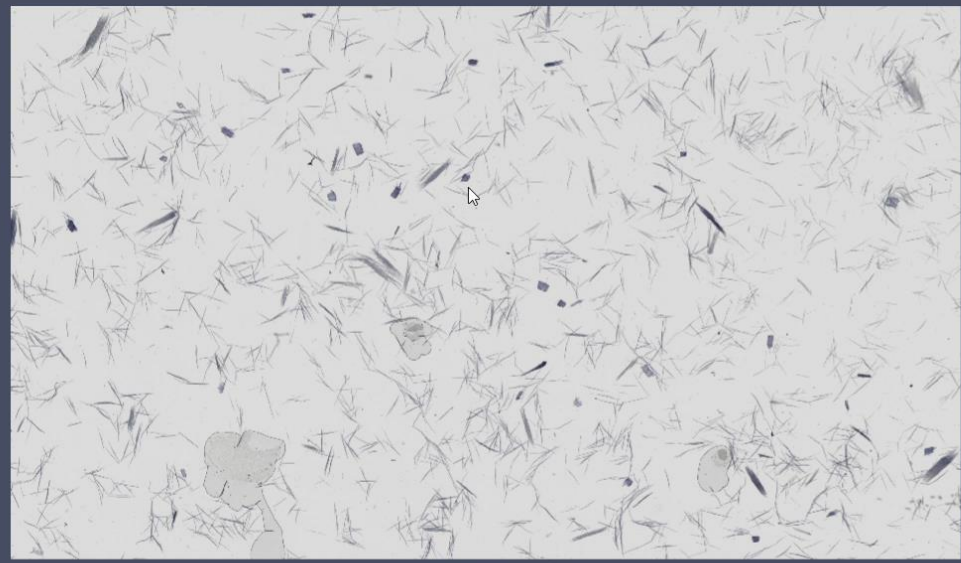
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Datensatz generieren





- 2D
- Galerie
- Ortho
- 2.5D
- 3D
- Profil
- Histo
- Messen
- Info



Dimensionen Player Grafik Eigene Grafikelemente

Anpassen Behalten Farbe

Auto Min/Max Best fit 2,00 0,01 Alle Z Reset



- 2D
- Galerie
- Ortho
- 2.5D
- 3D
- Profil
- Histo
- Messen
- Info



✓ Alles anzeigen

Format

Behalten
 Farbe
 Pixelgenau

Ebenen

Typ	ID	A	M	Name
Rechteck	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechteck
Rechteck	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechteck
Rechteck	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechteck
Rechteck	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechteck
Rechteck	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechteck
Rechteck	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rechteck

Dimensionen

Scaled μm

X

Y

W

H

\angle

Alle Kanäle

Spline-Modus

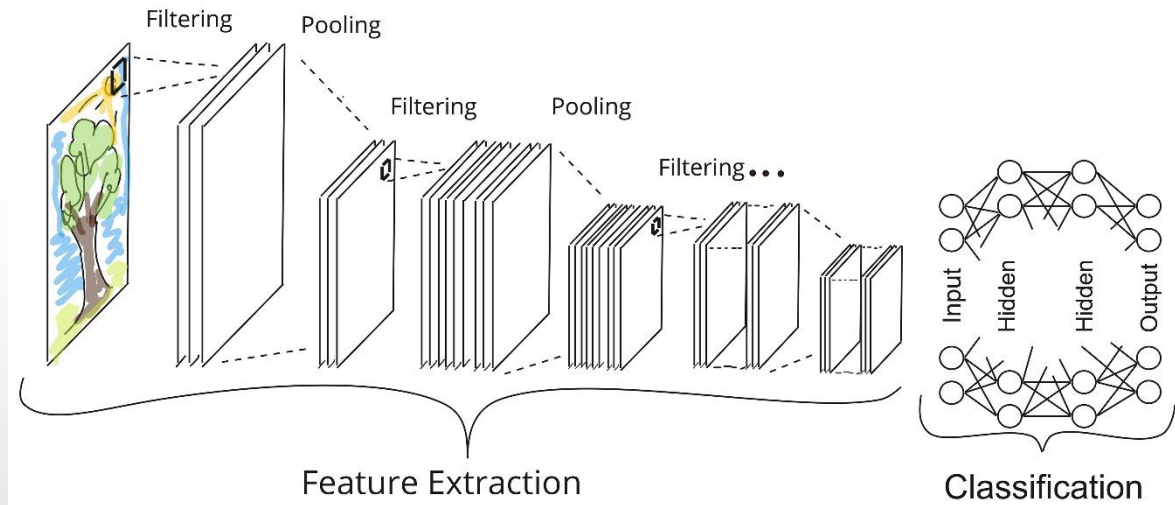
Auto Mini/Max Best fit

Schwarz Gamma Weiß

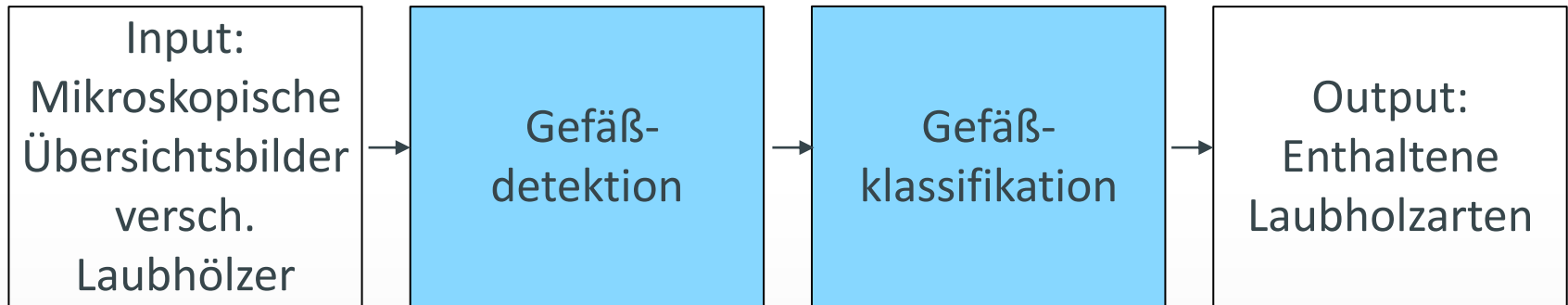
Wie funktioniert ein neuronales Netz auf Bildern?

Lernen nur auf der Basis von Daten! Problem: sehr viele „annotierte“ Daten notwendig

→ Erstes Ziel: schnell viele annotierte Daten erzeugen

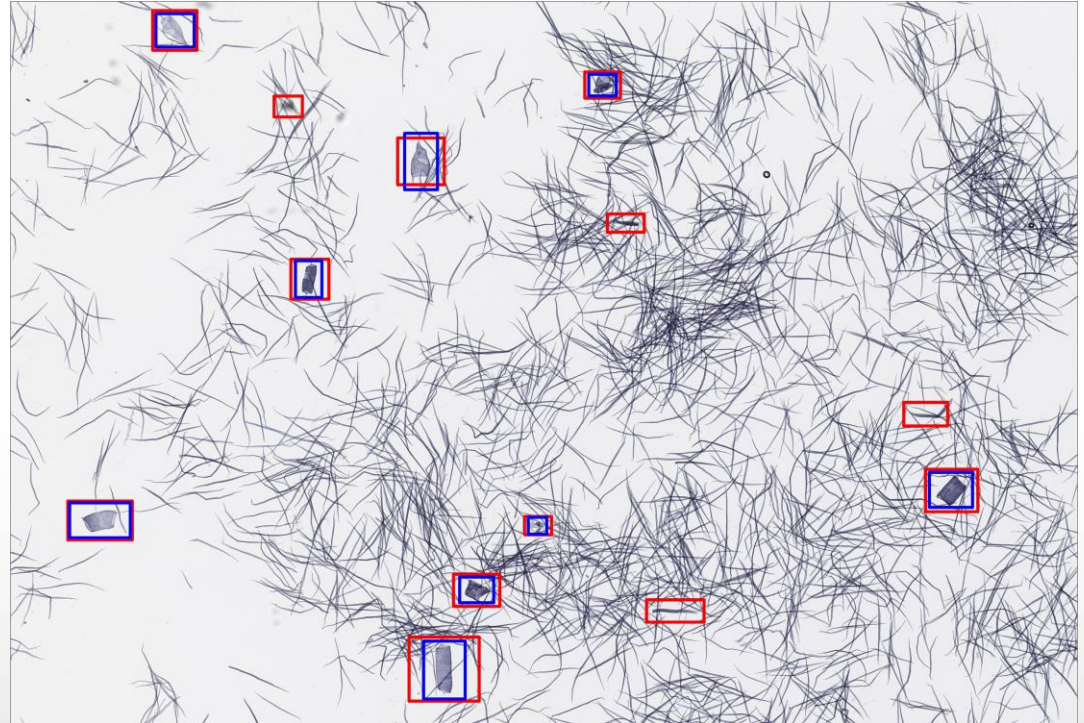


KI-Pipeline in der Ausführung



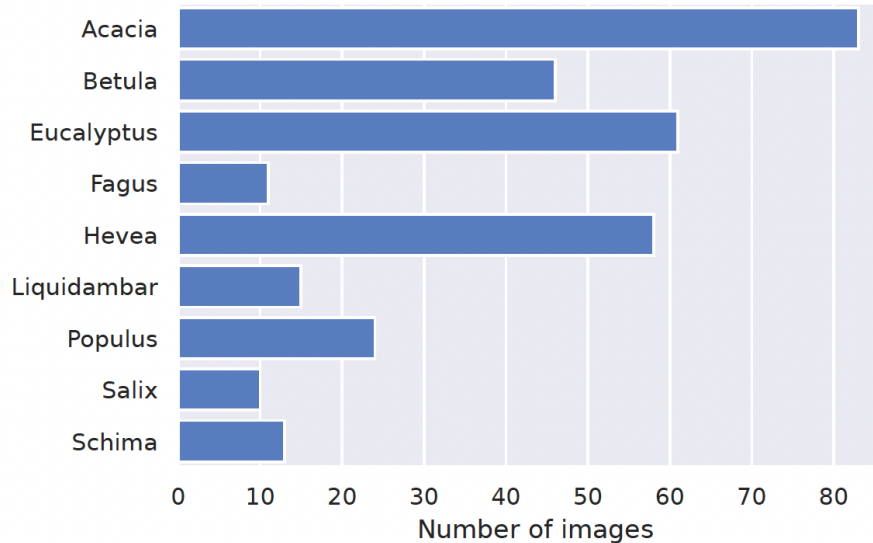
Resultate: Detektion der Gefäßelemente

1. Annotation (manuell)
2. Erster Detektor
3. KI-Vorhersagen (rot)
4. Korrektur (blau)
5. Detektor

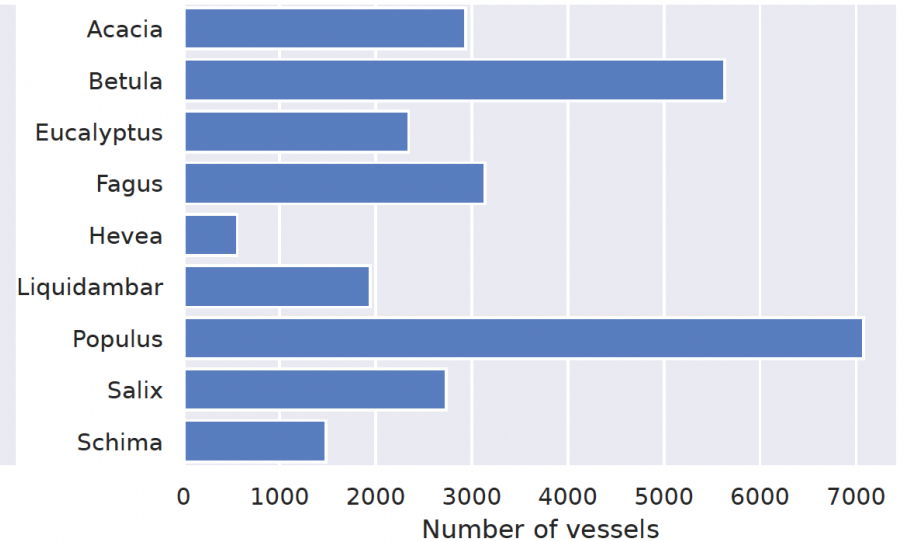


Resultate: Kontinuierlich wachsende Datenmenge

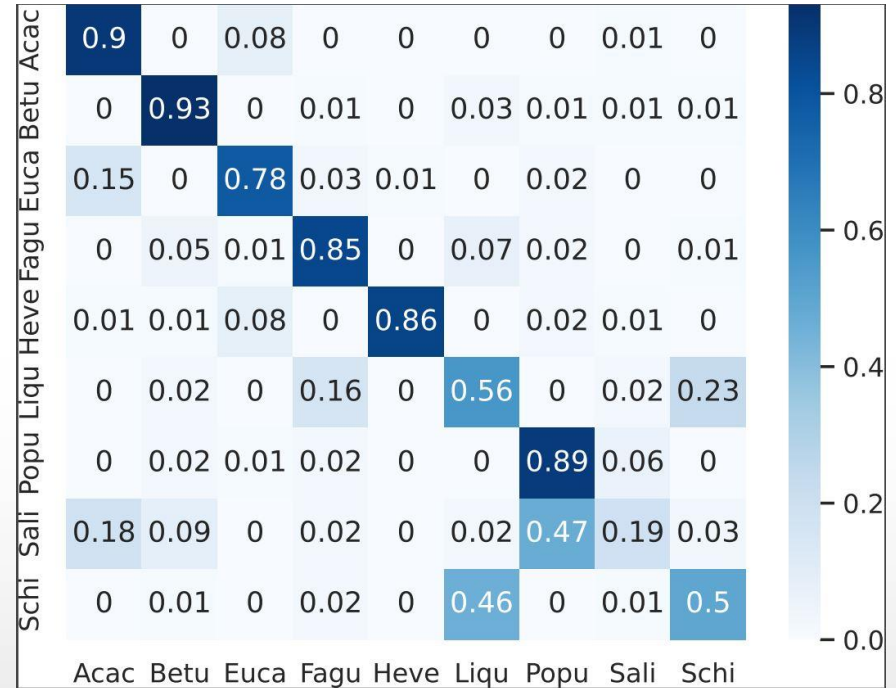
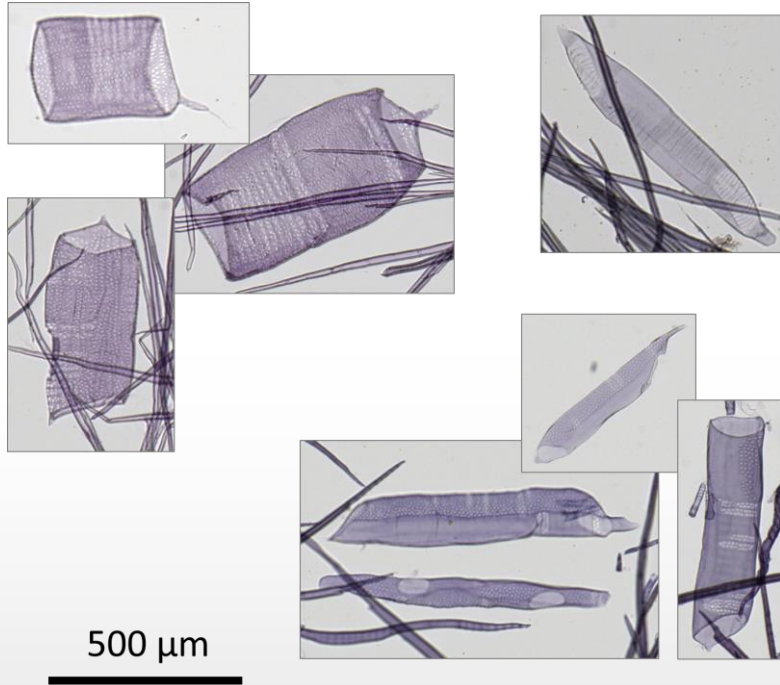
321 images in total



27842 vessels in total



Resultate: Klassifikation der Gefäßelemente



Resultate und Feinheiten

Neuronale Netze:

- Detektion: Yolo7
- Klassifikation: ConvNeXt-tiny

Problem „Data leakage“:

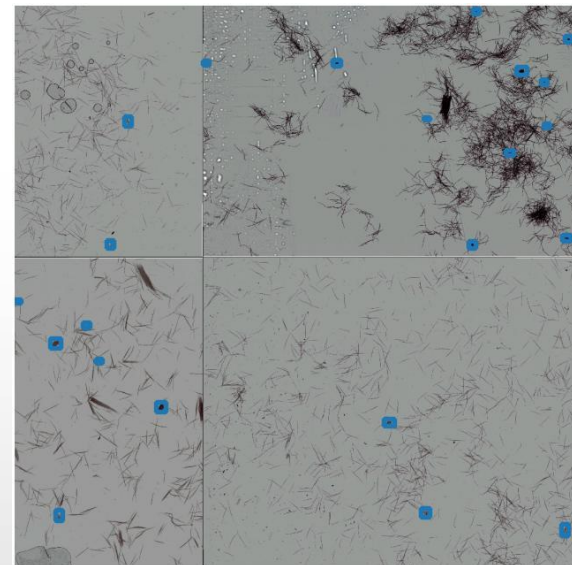
- Training/Validierung/Testen mit drei unabhängigen Proben unterschiedlicher Hölzer je Gattung-Training
- Klassenerhaltende Augmentierung (Transformationen, Mosaiking (rechts))

Mittelwert über alle Messebenen detektiert am besten

(<https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.09588>)

Genus	Precision	Recall	F2
Liquidambar	0.8885	0.6145	0.6549
Salix	0.9109	0.6317	0.6730
Fagus	0.9357	0.6799	0.7192
Populus	0.9578	0.6855	0.7268
Eucalyptus	0.8125	0.7629	0.7723
Hevea	0.5060	0.9037	0.7809
Schima	0.8736	0.8537	0.8576
Betula	0.8961	0.8581	0.8654
Acacia	0.8753	0.8950	0.8910

Architecture	Macro F1
ConvNeXt-tiny	0.7017
DenseNet-121	0.6441
ResNet-34	0.5958
EfficientNet-B0	0.6472
EfficientNet-B1	0.6698
EfficientNet-B2	0.6632



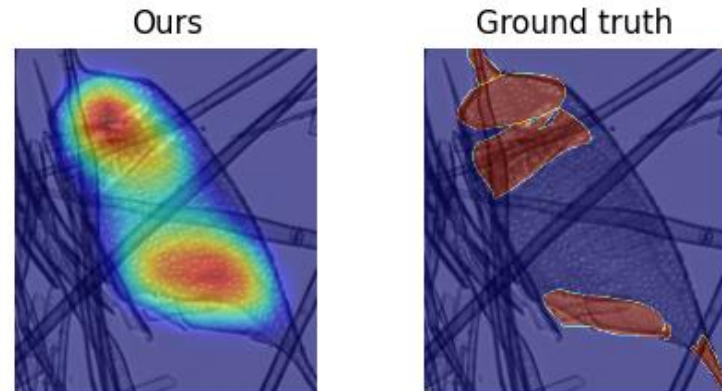
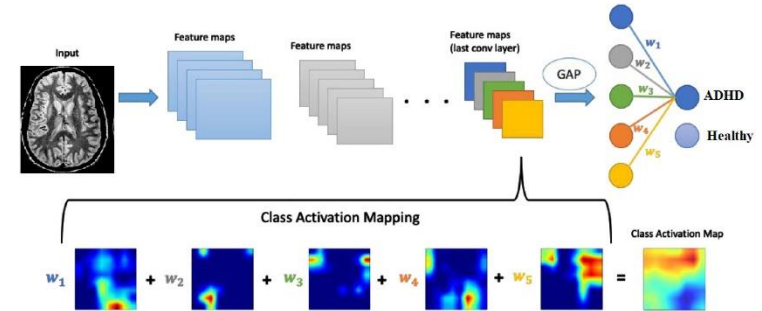
Erklärbarkeit – Saliency Maps

Experimente mit sogenannten Saliency Maps

- Welche Features haben großen Einfluss auf die Klassifikation, welche geringeren?
- Aktuelle Forschung im Bereich Erklärbarkeit

Conference Paper:

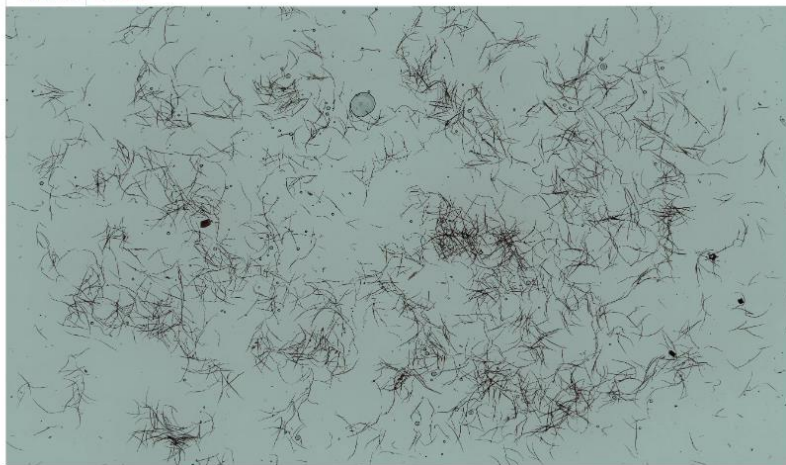
Nieradzik, L., Stephani, H., Sieburg-Rockel, J., Helmling, S., Olbrich, A. and Keuper, J. Challenging the Black Box: A Comprehensive Evaluation of Attribution Maps of CNN Applications in Agriculture and Forestry. In Proceedings of the 19th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2024)



1. Mpro_0009_M_301200_Zx005_AH_01.czi
2. Mpro_0008_M_201199321_Zx005_AH_01.czi
3. Mpro_0007_M_302317_Zx005_AH_01.czi
4. Mpro_0006_M_224312_Zx005_AH_01.czi
5. Mpro_0005_M_244285316_Zx005_AH_01.czi
6. Mpro_0004_M_232202_Zx005_AH_01.czi
7. Mpro_0002_M_212249287_Zx005_AH_01.czi
8. Mpro_0001_M_126295_Zx005_Ni_04.czi
9. Mpro_0001_M_126295_Zx005_Ni_03.czi
10. Mpro_0001_M_126295_Zx005_AH_02.czi
11. Mpro_0001_M_126295_Zx005_AH_01.czi
12. J_MDF_B.czi
13. J_MDF_A.czi
14. Gutachten_MDF_B.czi
15. Gutachten_MDF_A.czi
16. Euca_glob_M_MZ0061_Zx005_Ni_20.czi
17. Euca_glob_M_MZ0061_Zx005_AH_01.czi
18. Betu_sppp_M_MZ0292_Zx005_AH_01.czi
19. Betu_pend_M_MZ0222_Zx005_Ni_20.czi
20. Betu_pend_M_MZ0222_Zx005_Ni_19.czi

coloring	Ni
czi_file	/home/workspace/holzartist_test_data/Mpro_0001_M_126295_Zx005_Ni_04.czi
detection_image	/home/workspace/test_holzartist/db/2023/12/20/10/20231220-10-24-01-349112_detection.jpg
genus	Mpro
id	71
inserted_at	2023-12-20T09:13:43.171012Z

Hardwood Softwood

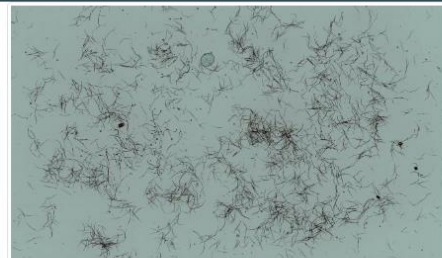


Detection confidence threshold 0.5

Detect

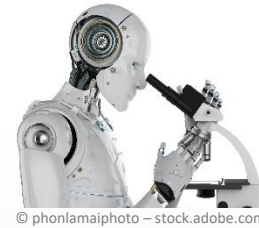
Classify

Reset Analysis



Zusammenfassung und Ausblick

- Detektion der Gefäße sehr gut
- Klassifizierung für 9 Laubhölzer trainiert
- GUI in der Entwicklung
- Nadelhölzer im Prozess
- Systemerweiterung durch neue Laubholzgattungen
- Blindtest (KI vs. Holzanatomen)



Lars Nieradzik, Janis Keuper, Henrike Stephani,
Thomas Weibel, Petra Gospodnetić, Markus Rauhut

Stephanie Helmling, Jördis Sieburg-Rockel,
Stephanie Wrage, Andrea Olbrich
Lars Gradert, Doris Helm, Sergej Kaschuro, Claudia
Piehl, Anne Wettich, Jonas Heddier, Lukas Wenrich

Gefördert durch



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

