



Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin

## **Automatische Erkennung, Auszählung und Klassifizierung von Asbest-Fasern**

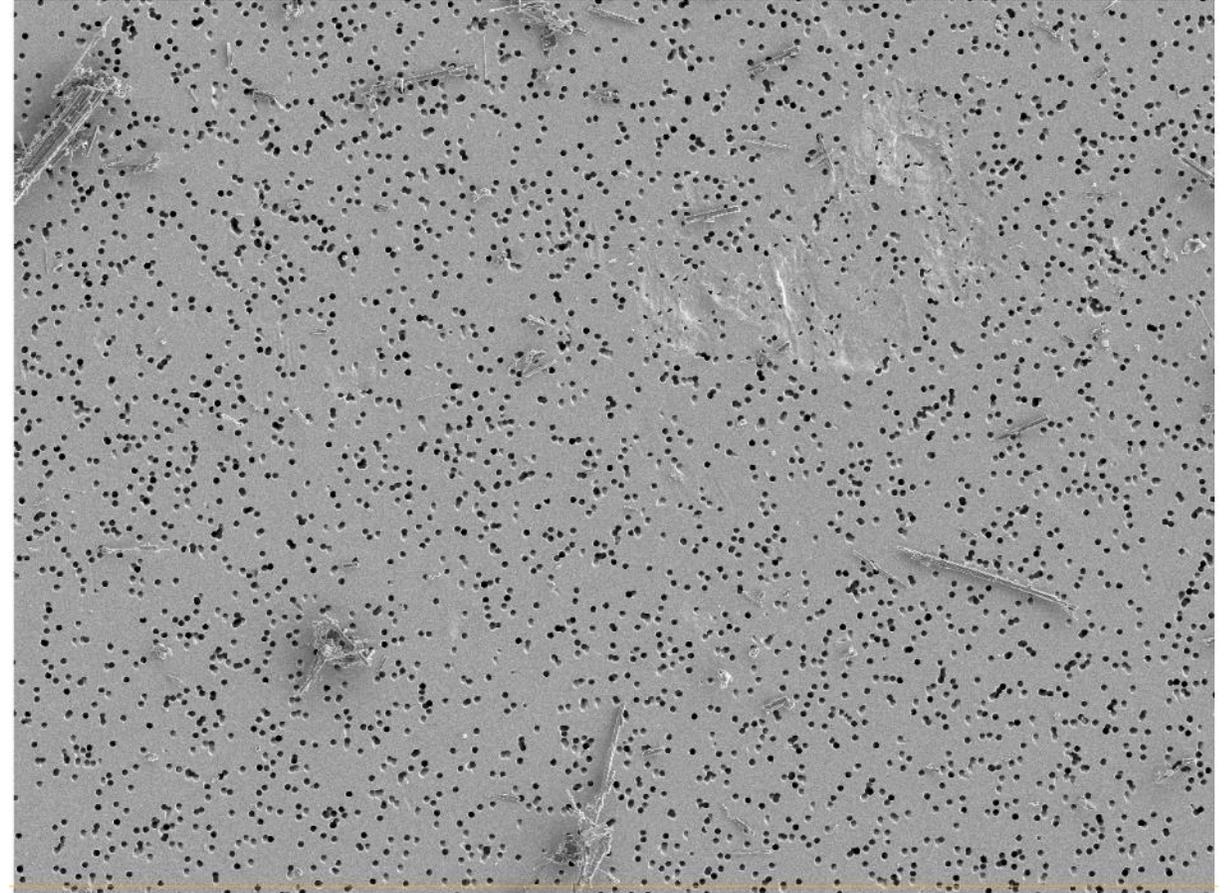
John Schumann, Asmus Meyer Plath, Torben Peters, Hannes Schiweg, Carmen Thim,  
Nico Dziurowitz, Kerstin Kämpf  
unterstützt von Bianca Gasse, Dennis Kaiser und Markus Mattenklott

# Luftgetragene Asbestfasern am Arbeitsplatz

Geltender Expositionshöchstwert am Arbeitsplatz: 10.000 Fasern/m<sup>3</sup>.

Auszählung erfolgt nach der DGUV Information 213-546 mittels REM-EDX.

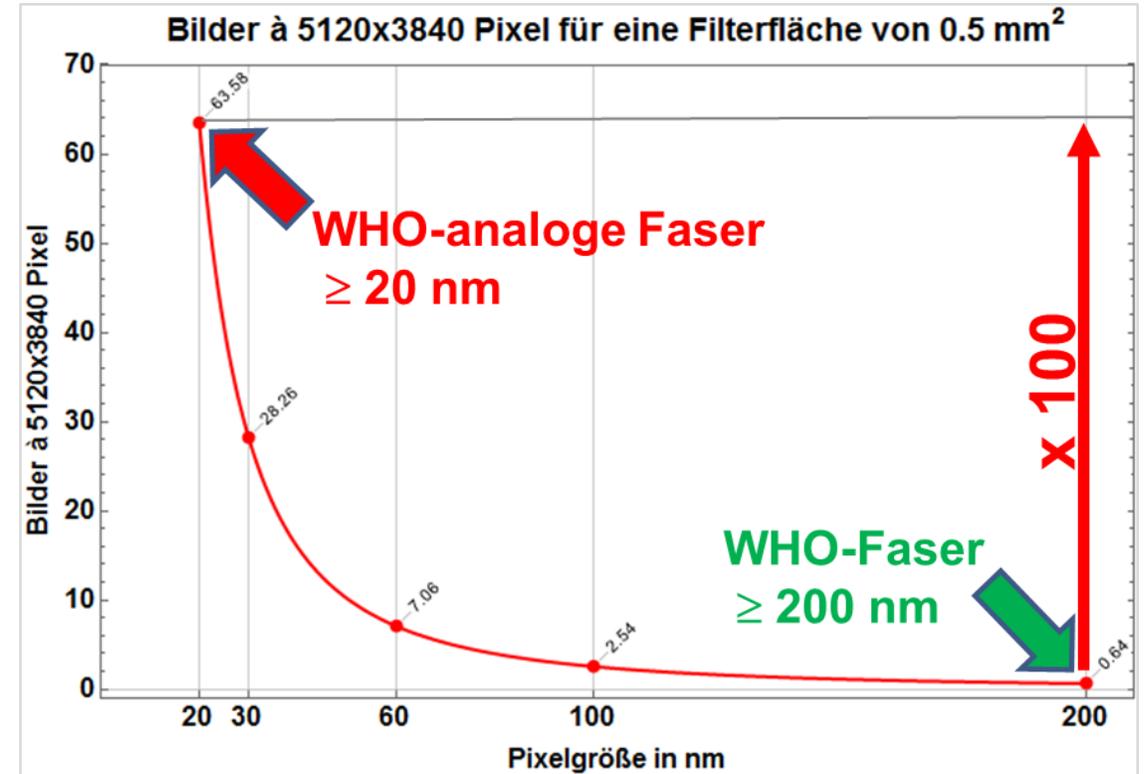
Neue Asbest-Richtlinie der EU (2023/2668) ab 2029: 2.000 Fasern/m<sup>3</sup> oder Beibehaltung von 10.000 Fasern/m<sup>3</sup> unter Einbezug von dünneren als 0,2 µm



# Höherer Analyseaufwand

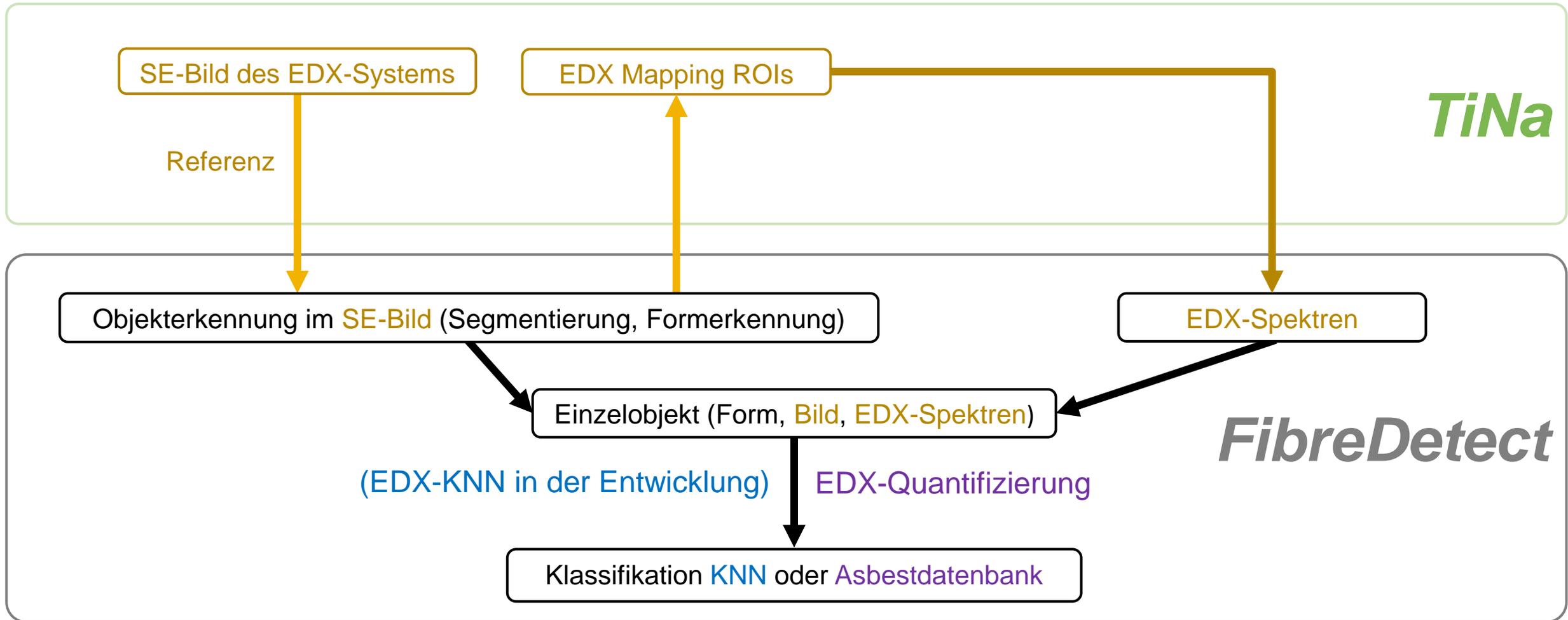
Zur Erkennung von dünneren Fasern müssen mehr Bilder als zuvor ausgewertet werden.

Pixelgröße	Notwendige Bildanzahl für 0,5 mm <sup>2</sup> Filterfläche	
	2 MPixel	20 MPixel
1 nm	420 000	25 400
3 nm	46 700	2 825
6 nm	11 700	707
12 nm	2 920	177
25 nm	670	41
50 nm	168	10
100 nm	42	3



Automatisierung sinnvoll

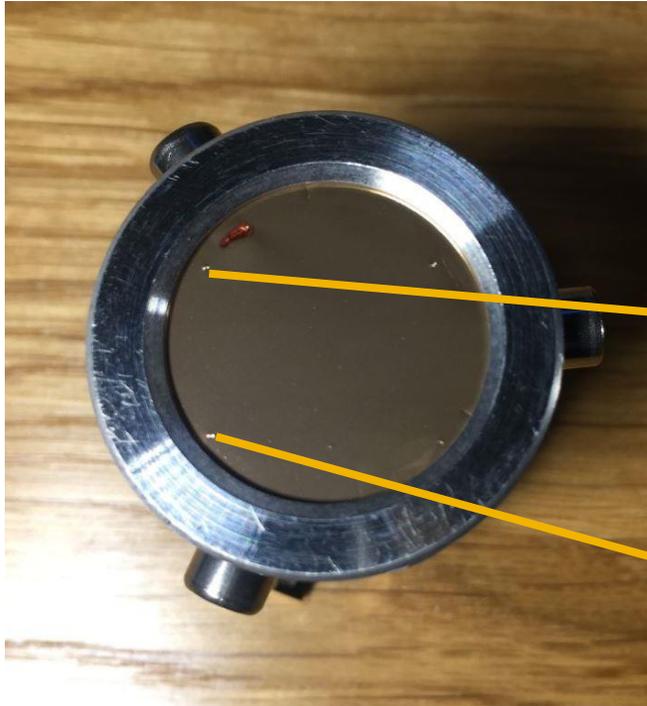
# AsbestosDetect



TiNa: Automatische Bild- und Spektrenerfassung

FibreDetect: Erkennung von Objekten und Klassifizierung mit KI basierten Methoden

# Automatisierte Bildaufnahme am REM/EDX (TiNa)



Punktinformationen

Projektname: AID / TiNa Ablaufsteuerung, Hitachi  
Bilddatei: AID\_2024\_06\_19\_006.tip  
Kameramodell: AID\_2024\_06\_19\_006

TiNa 2.4.1 - Tischnavigation - AID\_2024\_06\_19\_006 Prj02\_Hitachi\_Bruker\_Ablaufsteuerung.tin

Übersicht

Projekt: AID\_2024\_06\_19\_006 / AID / TiNa Ablaufsteuerung, Hitachi, Br

Steuerung: Hitachi SEM SU8200,8600,8700,5000

Probenorientierung: Referenzpunkt 1

Punktmessung: An Aus 5 von 5

Automatischer Bildeinzug ab Position: Start

Protokoll

2024-07-18 09:15:03 - Projekt beendet  
2024-07-18 09:17:21 - Probe >AID\_2024\_06\_19\_...  
2024-07-18 09:17:52 - Neues Projekt angelegt  
2024-07-18 09:17:54 - Projekt gespeichert in Date  
2024-07-18 09:18:44 - Orientierung: Messung Pur  
2024-07-18 09:18:47 - SetRef: Näherung Oriente

Ablauf:	Keine externe Verbindung nötig	Mikroskop	Tisch	Segmentierung
5	Datenerfassung	Hitachi SEM SU8200/SE(U...	Motor/Spielsteuerung/Keine Korrektur	händisch/keine
6	Übersicht/Mapping Bild/Parameter/V...	Hitachi SEM SU8200/SE(U...	Motor/Spielsteuerung/Konstellations...	händisch/keine
7	Detail/Mapping Bild/Parameter/Vergr...	Hitachi SEM SU8200/SE(U...	Motor/Spielsteuerung/Konstellations...	händisch/keine
8	EDX-Mapping/EDX-Mapping/Paramet...	Bruker Esprit/FlatQUAD/...	Motor/Spielsteuerung/Konstellations...	händisch/keine

Orientierung der Probe

Zufällige Positionen

Ein Bild / EDX-Mapping für jede Position

# Objekterkennung und Klassifizierung (FibreDetect)

Manuelle und/oder automatische Erkennung von Objekten  
Formerkennung und Größenvermessung  
Berichterstellung von Objekten und Objektpositionen

The screenshot displays the FibreDetect CNN 1.5.1 software interface. The main window is titled "FibreDetect CNN 1.5.1 - MTP\_2022\_11\_02\_002\_Pos\_7.fib - Bearbeiter: FibreDetect". The interface is divided into several panels:

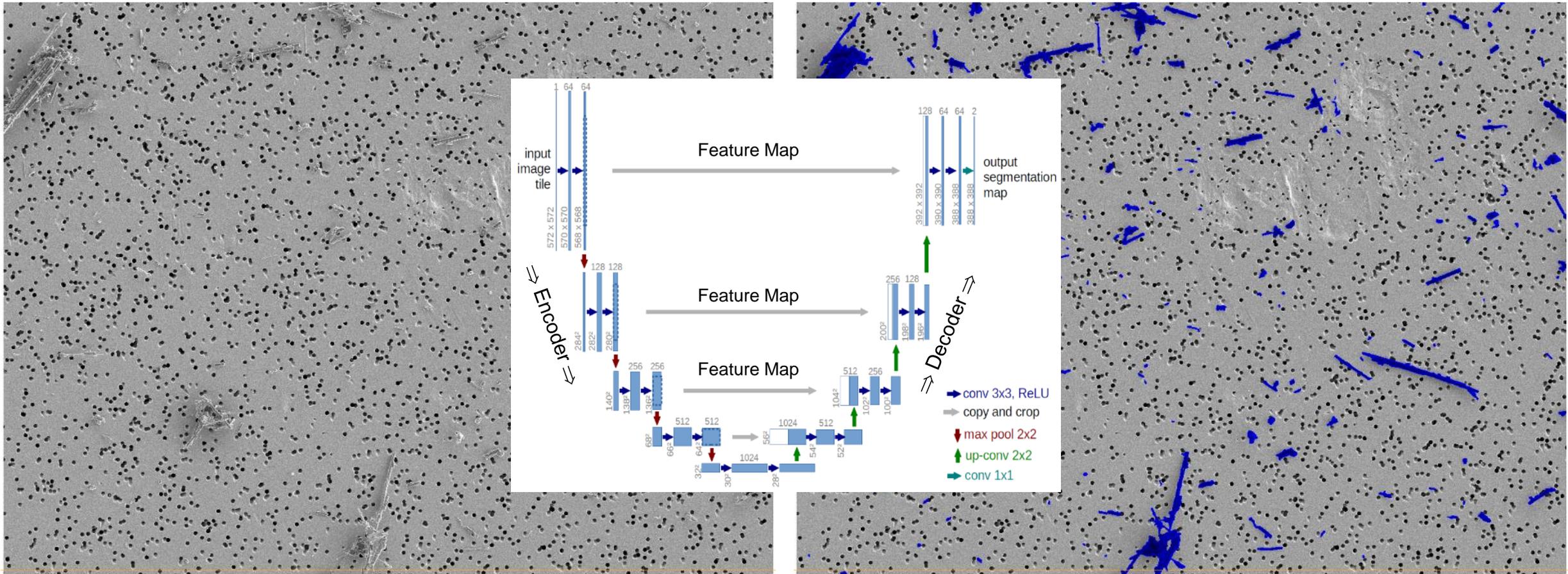
- Bilderliste:** A table listing images with columns for 'S', 'Bildnr.', and 'Ursprung'. The first entry is highlighted: S: 0001, Bildnr.: 2302070905\_7.mult.
- Bildansicht:** A central image showing a grayscale SEM image of a fiber. A red box highlights a specific fiber, and a green line indicates its orientation. Below the image, the pixel size is 24.805 nm, and the 'Autokontrast' checkbox is checked.
- Objektklassifizierung:** A table listing detected objects with columns for 'Kl.', 'Typ', 'Status', 'Länge/...', and 'Fläche'. The table contains four entries, all marked as 'Hand' (manual) and 'unbekannt' (unknown).
- Ausschnitt:** A zoomed-in view of the selected fiber, showing its length and width. The length is 12.6 µm.

Kl.	Typ	Status	Länge/...	Fläche
unbekannt	Hand	0/0	23066	
unbekannt	Hand	0/0	15547	
unbekannt	Hand	0/0	76256	
unbekannt	Hand	0/0	82015	

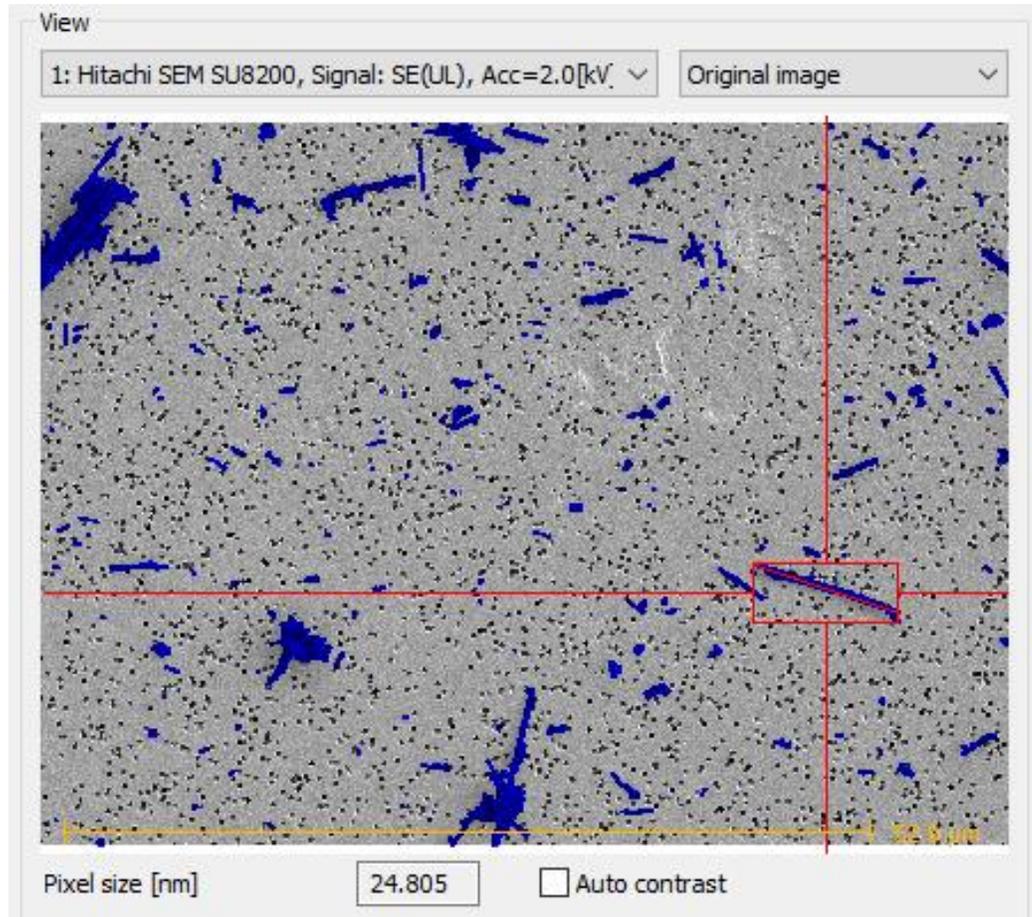
# Segmentierung mit KNN

Traditionell: Manuelle Erkennung (Visual Cortex)

Neu: Künstliches Neuronales Netz (Convolutional NN - UNet)



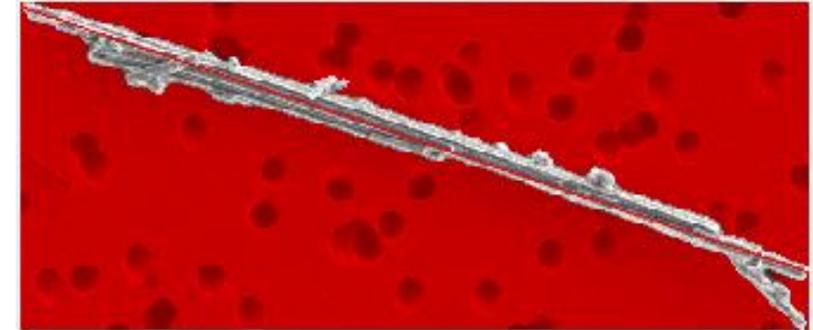
# Erkennung von Objekten



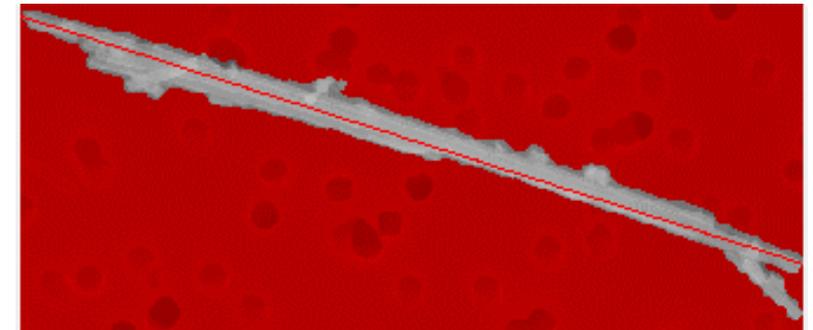
Objekt als  
WHO-Faser  
erkannt



REM Bild bei 2 kV



REM Bild bei 12 kV



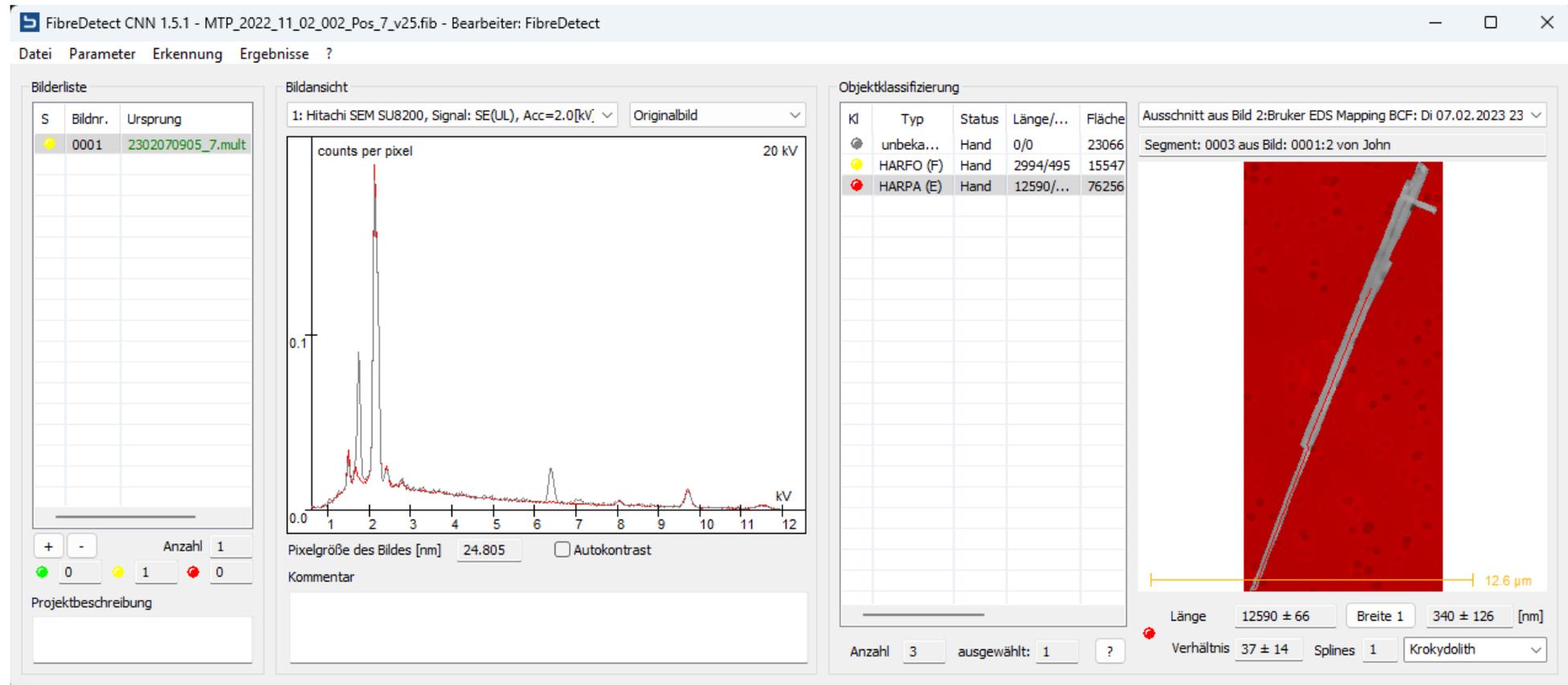
Pixelbasierte Berechnung der Faserlänge und mittleren Faserbreite

# EDX-Elementerkennung

Quantifizierung von EDX-Spektren

KI-basierter Algorithmus zur Elementerkennung (in Entwicklung)

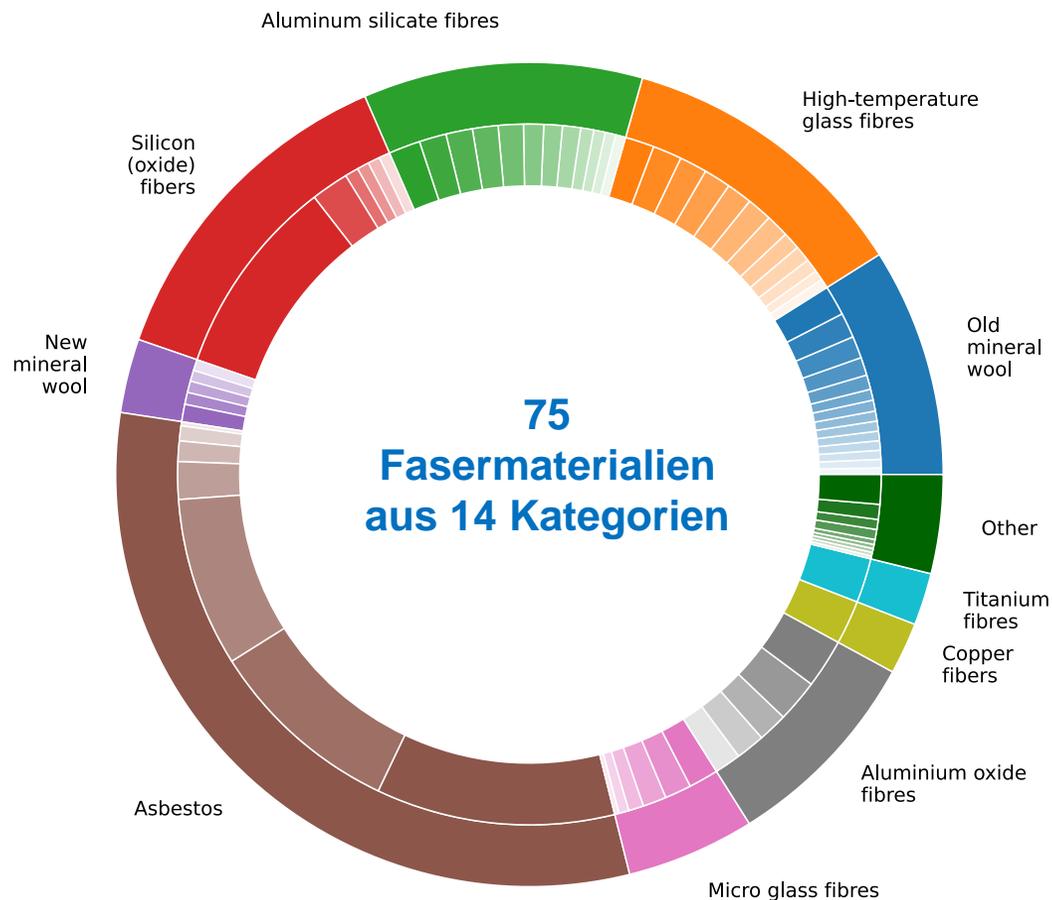
Erkennung des Materials / Typ des Asbests



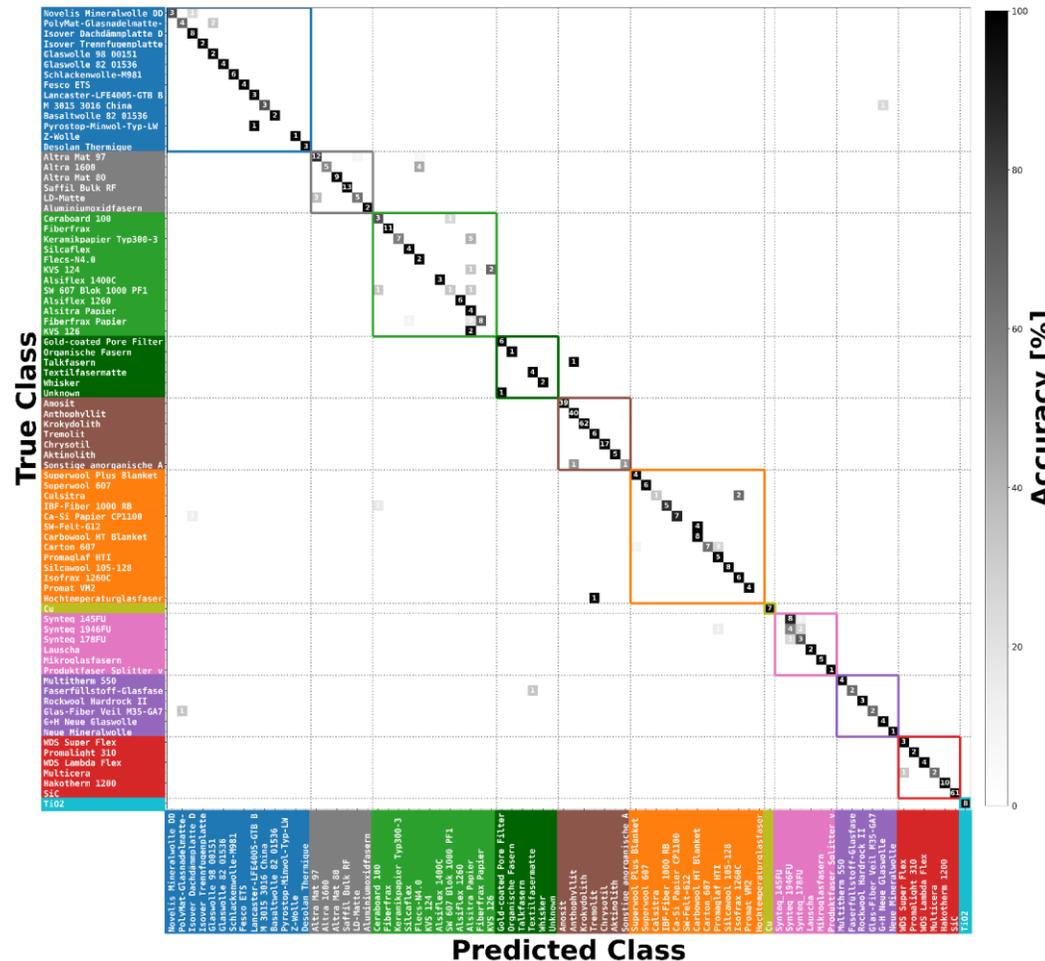


# EDX-Klassifizierung durch Neuronales Netz

## Direkte Interpretation von EDX-Rohspektren

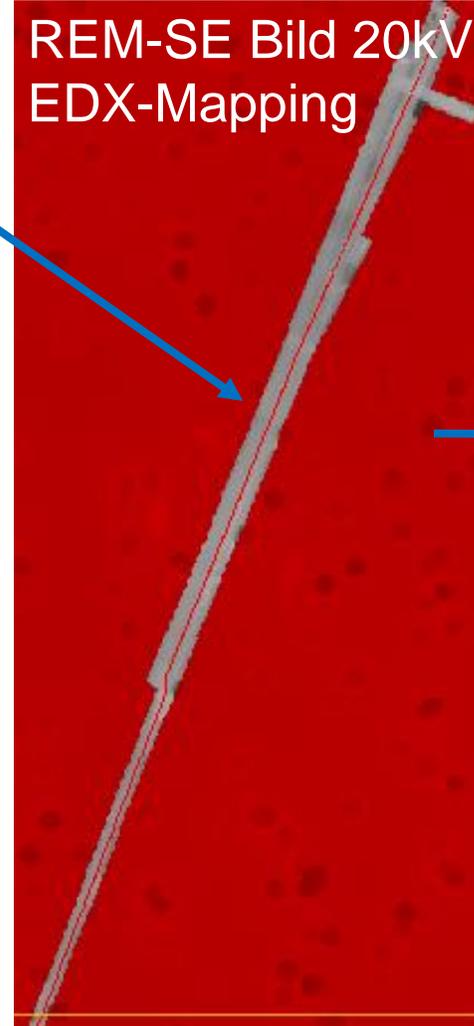
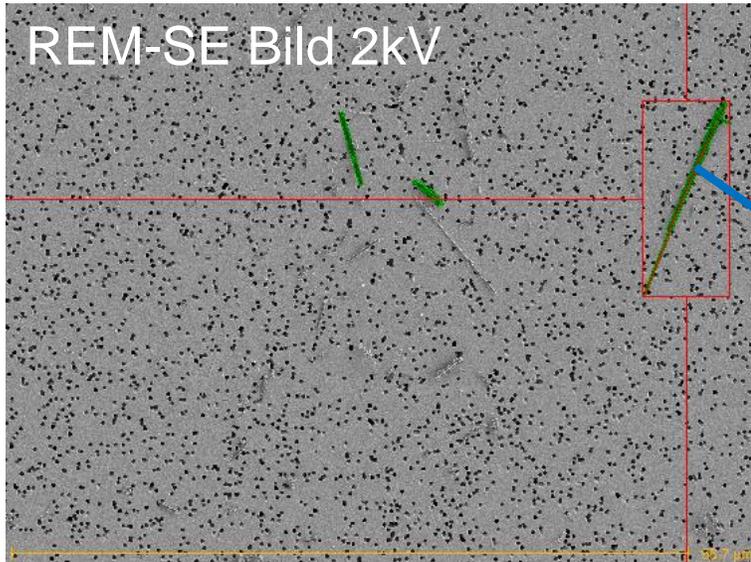


## Confusion Matrix



KNN-Training mit derzeit etwa 4.400 EDX-Spektren von IFA und BAuA

# Fasermaterialerkennung mit KNN



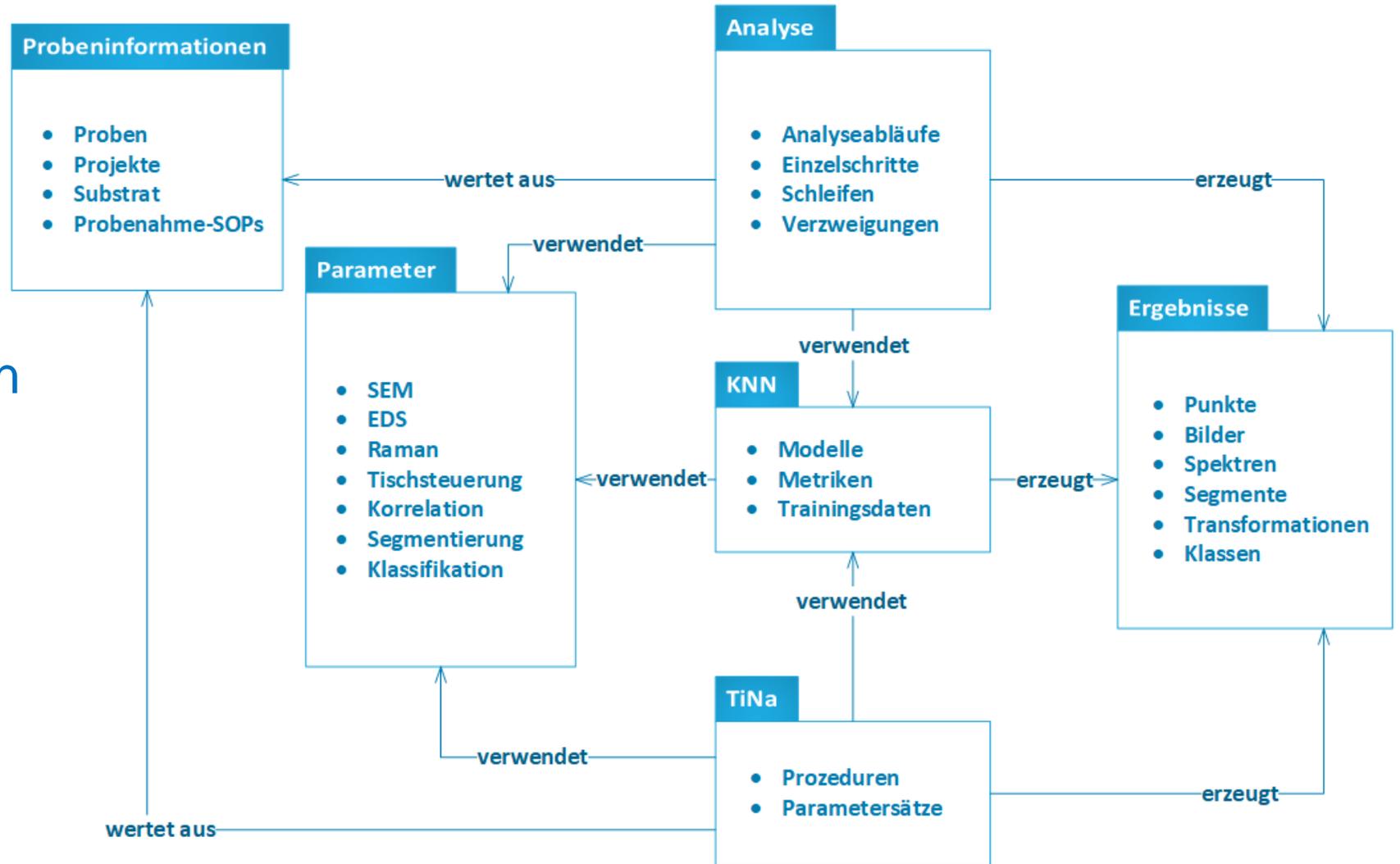
Automatische Erkennung  
und Klassifizierung des  
Materials

KNN

Asbest - Krokydolith

# Ergebnisse, Faserdatenbank

Messergebnisse zu erkannten Asbestfasern werden als PDF-Steckbrief und in einer Faserdatenbank abgelegt.



## Aufbau der Faserdatenbank

# Unterstützte Mikroskope

REMs, die TiNa unterstützt:

- Hitachi SU5000/SU8xxx
- point electronic DISS5-Upgrade

In Vorbereitung:

- Thermo Fisher Phenom XL
- point electronic DISS6-Upgrade

EDX-Systeme, die TiNa unterstützt:

- Bruker XFlash und FlatQUAD

In Vorbereitung:

- Oxford EDX System



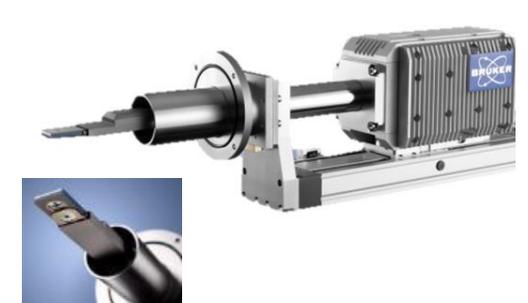
Hitachi SU8xxx



Phenom XL

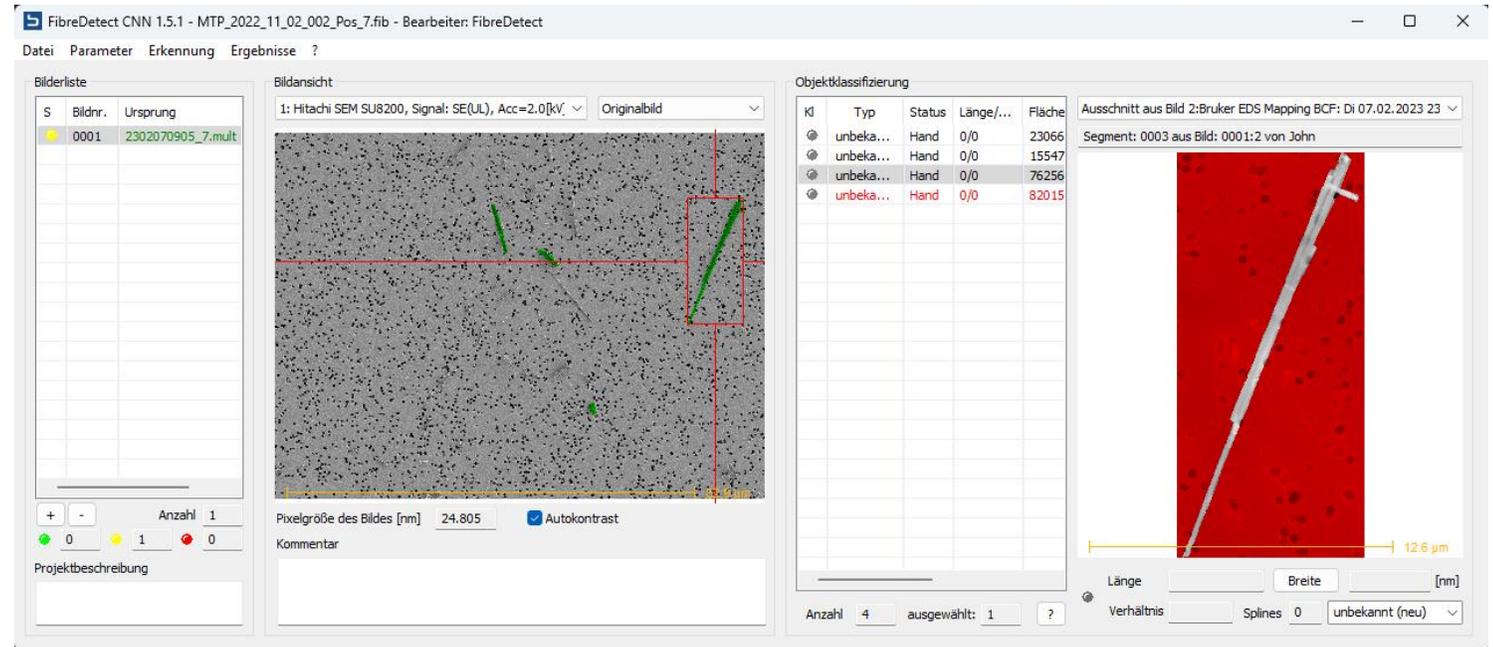
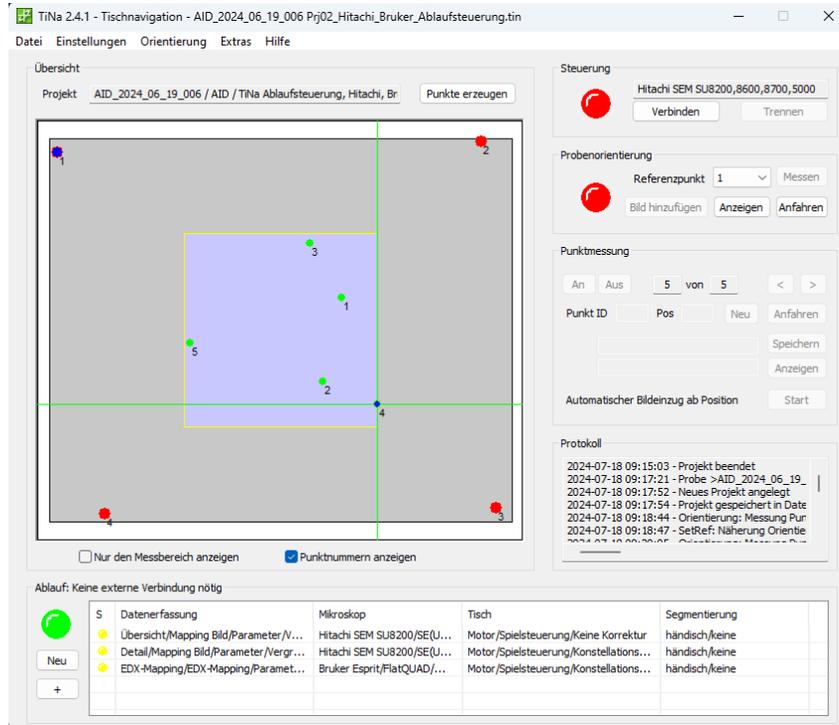


Bruker XFlash



Bruker FlatQUAD

# Verfügbarkeit von AsbestosDetect



AsbestosDetect (TiNa + FibreDetect) ist demnächst über die BAuA erhältlich.  
Bruker, DISS gegen Lizenzgebühr  
Training von KNNs bisher noch offen

# Akzeptanz von computerunterstützten Asbestauswertungen

- Dokumentation der für das KNN-Training verwendeten Daten
- Definition von Analysevorschriften als Algorithmus
- Speicherung und Verknüpfung aller bei der Analyse anfallenden Daten
- Validierungsexperimente
  - Menschliche vs. künstliche Intelligenz
  - Teilnahme an Ringversuchen
- Optimierung der KNNs unter Einbeziehung von Ringversuch-Ergebnissen
- Menschliche Experten als letzte Entscheidungsinstanz

# Perspektive

- Gesucht: Entwicklungspartnerschaften für weitere Hardware-Kombination
- Erwünscht: Einladungen zu Laborvergleichen und Ringversuchen
- Geplant: Bereitstellung der Software über die Website der BAuA
- Geplant: Bereitstellung der Faserdatenbank über Server der BAuA
- Geplant: Etablierung der Faserdatenbank als Repositoryum für hochqualitativ annotierte Trainingsdaten für die KI