

John Schumann<sup>1</sup>, Torben Peters<sup>1</sup>, Nico Dziurawitz<sup>1</sup>, Markus Mattenklott<sup>2</sup>, Carmen Thim<sup>1</sup>, Bianca Gasse<sup>2</sup>, Dennis Kaiser<sup>2</sup>, Asmus Meyer-Plath<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

markus.mattenklott@dguv.de

www.dguv.de

www.baua.de

<sup>2</sup> Institut für Arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung

## Ziel des Projekts

Die Ermittlung der Asbestfaserkonzentration wird derzeit noch zeitaufwändig manuell am Rasterelektronenmikroskop (REM) durchgeführt. Die Kontrolle der Einhaltung zukünftig noch niedrigerer Grenzwerte wird damit nicht mehr mit einem noch vertretbaren Aufwand durchführbar sein. Mit einer (Teil-) Automatisierung der Asbestfaserzählung kann dies kompensiert und eine signifikante Effizienzsteigerung erreicht werden. Zudem würde durch eine Automatisierung die Qualität der Ergebnisse verbessert werden können, da ein größerer Auswerteaufwand deren Vertrauensbereich reduziert (siehe Abb. 1).

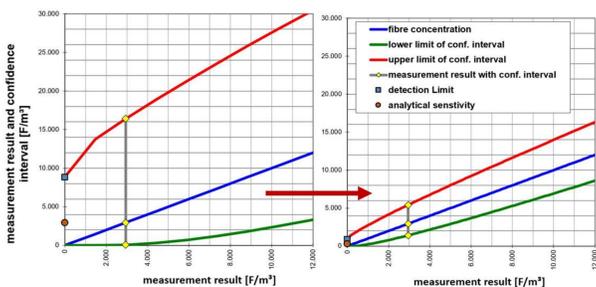


Abb. 1: Reduzierung des Vertrauensbereichs von Messergebnissen bei Verzehnfachung des Auswerteaufwands

Ein von der DGUV finanziertes Projekt einer Fachgruppe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat in den letzten drei Jahren zentrale Funktionen einer Automatisierung der REM-Analysen erfolgreich implementiert. Das IFA unterstützt das Projekt durch Proben, Fachinformationen und Datengrundlagen für die Schulung künstlicher neuronaler Netze.

## Gesamtkonzept

Die Bestimmung der Asbestfaserkonzentration vollzieht sich in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten, die sehr unterschiedliche Automatisierungsansätze erfordern. Daher besteht der Kern des Automatisierungsprojekts nicht aus einer geschlossenen, sondern modular aufgebauten Software. So müssen sowohl bildgebende Funktionen des REM als auch die der EDX-Analyse zur Lokalisierung, Vermessung und stofflichen Identifizierung von Fasern, über separate Programmmodule gesteuert, ineinandergreifend arbeiten.

## Automatische Navigation des Elektronenmikroskops (TiNa)

Eine wesentliche Zeitersparnis erwächst in der automatischen Aufnahme von Bildfeldern und deren Absuchen nach faserförmigen Objekten.

Über eine softwaregestützte sogenannte Tischnavigation kann eine Vielzahl von Bildfeldern angefahren werden, eine automatische Schärf- und Kontrastkorrektur erfolgen und das Bild zusammen mit seiner genauen Position auf dem Filter zum späteren Anfahren gespeichert und dokumentiert werden. Die Koordination aller dieser Aufgaben erfolgt durch das Softwaremodul TiNa (Tischnavigation; siehe Abb. 2).

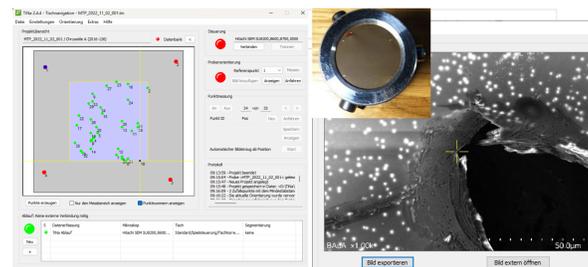


Abb. 2: Oberfläche der Software TiNa mit markierten Bildflächen-Positionen, sowie Filter mit notwendigen Markierungen zur Anwendung der Tischnavigation

## Neuronales Netz zur Objektsuche (FibreDetect)

In einem nächsten Schritt muss die bisher zeitintensive Suche nach Objekten auf dem Filter erfolgen. Im Unterschied zu traditionellen automatischen Bilderkennungsverfahren, die i.d.R. auf dem Prinzip der Graustufendiskriminierung basieren, ist die Erkennung von Fasern, Partikeln und ihren Agglomeraten/Aggregaten auf der Oberfläche von Kernporenfiltern komplexer als auf homogenen Substraten. Als Lösung bieten sich hier künstliche neuronale Netze (KNN) an, die geeignet sind, Objekte von der Filterfläche zu unterscheiden. Entscheidend für die Vollständigkeit der Suche auf Bildflächen ist dabei das mit großem Aufwand verbundene fachgerechte Training des KNN. Die Koordination der Objektsuche wird von der Software FibreDetect übernommen. In Abb. 3 ist die erfolgreiche Suche

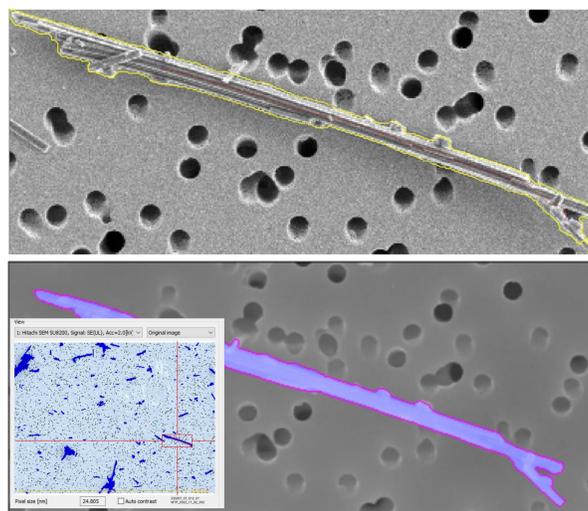


Bild 3: Die auf einer Auswertefläche mittels KNN und FibreDetect registrierten Partikelstrukturen.

beispielhaft dargestellt. Mit FibreDetect erfolgt auch die selektive Zerlegung der Objekte in einzelne Partikel und Fasern (siehe Abb. 4) sowie die Durchführung der EDX-Analyse zur Bestimmung der chem. Zusammensetzung der Fasern.

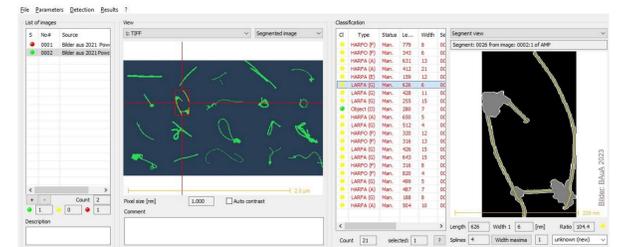


Abb. 4: Zusammenstellung der mittels FibreDetect ermittelten Objekte auf einem Auswertebild und deren beispielhafte Zerlegung zur folgenden Identifizierung von Fasern.

## Faseridentifizierung mittels Elementanalyse (EDX)

Die Unterscheidung verschiedener Faserarten erfolgt anhand ihrer chemischen Zusammensetzung, die semiquantitativ mittels EDX-Analyse bestimmt wird. Zum Teil werden auch morphologische Charakteristika bestimmter Faserarten berücksichtigt.

### - Traditionelle Identifizierungsschema

Zurzeit ist eine Zuordnung von Fasern zur Gruppe der Asbeste mit der auf bestimmte Elemente normierten abgegrenzten chemischen Zusammensetzung und der Einhaltung bestimmter Elementverhältnisse verbunden. Die chemische Variabilität der Asbeste und anderer ähnlicher Minerale führt jedoch zu einem recht groben Zuordnungsraster, um Asbest sicher klassieren zu können.

### - Neuronales Netz zur Asbestidentifizierung (Konfusionsmatrix)

Im Unterschied zu den starren Grenzen der Sollzusammensetzung bestimmter Faserarten, zeigt die bisherige Erfahrung, dass die Nutzung spezifisch geschulter KNN eine bessere Berücksichtigung der chemischen Variabilität von Fasern unterschiedlicher Arten erlaubt (siehe Abb. 5). Erste Tests zeigen die erfolgreiche Identifizierung sowohl von Asbest als auch zahlreicher Arten anderer anorganischer Fasern.

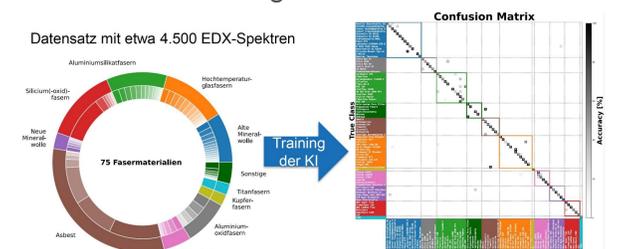


Abb. 5: Spezifisch geschultes KNN zur Identifizierung von Asbest und anderen anorganischen Fasern