

# Automatische Bilderfassung und -erkennung von faserförmigen Nanomaterialien aus REM Bildern

J. Moré, A. Meyer-Plath, N. Dziurawitz, B.K. Simonow

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)  
Nöldnerstraße 40 - 42, 10317 Berlin



## Motivation

Bei der Bewertung der Wirkrelevanz partikelförmiger Nanomaterialien ist die Form und Größe eines Partikels von entscheidender Bedeutung. Große und knäufelförmige Partikel (Agglomerate) gelten als toxikologisch unbedenklicher als vereinzelte und rigide Fasern, da sie von den Makrophagen gut abtransportiert werden können. Einzelfasern, die den WHO Kriterien genügen (Durchmesser  $< 3 \mu\text{m}$ , Länge  $> 5 \mu\text{m}$  und Länge, Durchmesser Verhältnis  $> 3:1$ ) und eine gewisse Steifigkeit aufweisen, können ähnliche gesundheitliche Gefährdungen verursachen wie Asbestfasern und zu Krebs führen. Die morphologische Erkennung dieser Partikel ist somit für weitere Untersuchungen unerlässlich.

## Probennahme

Um die Freisetzung von partikelförmigen Nanomaterialien in die Umgebung zu bestimmen, werden Arbeitsplatzproben mit speziell hierfür entwickelten Sammelsystemen genommen. Die in der Luft gesammelten Partikel werden entweder auf einen Silizium Wafer oder Goldfilter abgeschieden. Es werden sowohl personen-gebundene Geräte verwendet, die die Luft im Atembereich des Arbeiters sammeln, als auch stationäre Geräte, die die Belastung von Nanomaterialien an einem festen Punkt im Raum messen.



Abb. 1: links stationäre Sammelsysteme (z.B. SMSP, CPC, NAS, OPC), rechts ein mobiles Sammelsystem (z.B. DiSCmini und PGP-FAP)

## Bildaufnahme

Die gesammelten Proben werden nun in ein Rasterelektronenmikroskop (REM) eingeschleust und Bilder an zufälligen Stellen aufgenommen. Da das manuelle Anfahren von bis zu 100 zufällig gewählten Bildbereichen sehr viel Zeit kostet und fehleranfällig ist, wurde die Software TiNa (TischNavigation) entwickelt. Mit TiNa wird die Probe zuerst orientiert und dann ein zufälliges Muster erzeugt. Der Probenstisch des REMs wird nun an diese Stellen verfahren und ein Bild aufgenommen. Ein weiterer Vorteil von TiNa ist auch, dass zu einem späteren Zeitpunkt durch die vorhergehende Probenorientierung jede angefahrte Stelle wiedergefunden werden kann, falls weitere Aufnahmen von diesem Bildausschnitt, beispielsweise eine EDX Analyse, vorgenommen werden soll.

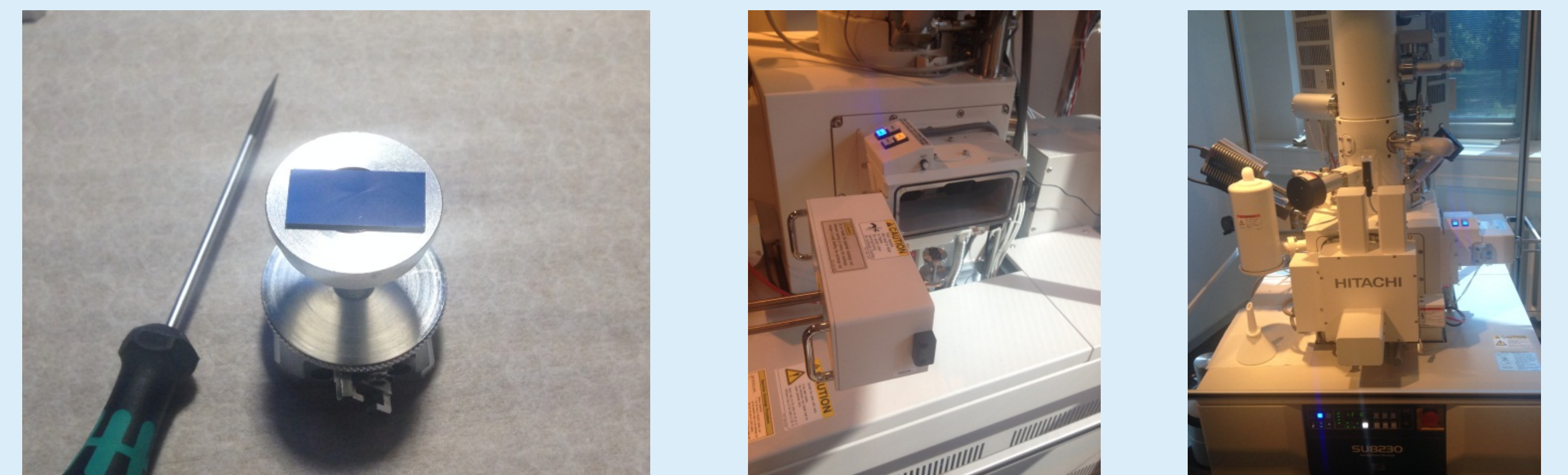


Abb. 2: links Probe auf Probenhalter, Mitte Einschleusen in das REM, rechts SEM Hitachi SU8230

## Automatische Erkennung der Morphologie

Zur automatischen Erkennung faserförmiger Objekte wurde das Programm „FibreDetect“ entwickelt. Dies erfolgt in mehreren Stufen:

### Bildsegmentierung

- Erkennung mehrerer Objekte in einem Bild (Schwellenwertverfahren nach Zack)
- Separation aller Segmente durch Einfärben und Ausschnitt aller Segmente aus dem Originalbild.
- Umringpolygon von jedem Segment finden (Contour Tracing nach Moore)

### Faserbreite berechnen

- Berechnung aller orthogonalen Strecken benachbarter Polygonpunkte zum gegenüberliegenden Rand (Streckenhistogramm).
- Maximum des Streckenhistogramms ergibt die mittlere Faserbreite

### Faserlänge, Faser-Spline berechnen

- Pixelkette der Faserachse finden (halber orthogonaler Abstand von Rand zu Rand)
- Zusammenhängende Pixelketten als ausgleichenden B-Spline erstellen und Längen berechnen.

### Klassifizierung der Faser-Splines

- In jedem Punkt des Splines wird die Krümmung berechnet (gekrümmt oder rigide?).
- Sind die meisten Abstände gleich der Faserbreite (Faser), gibt es Verzweigungen oder ist es ein Agglomerat?
- Gilt die Faser als potentiell gesundheitsschädlich?

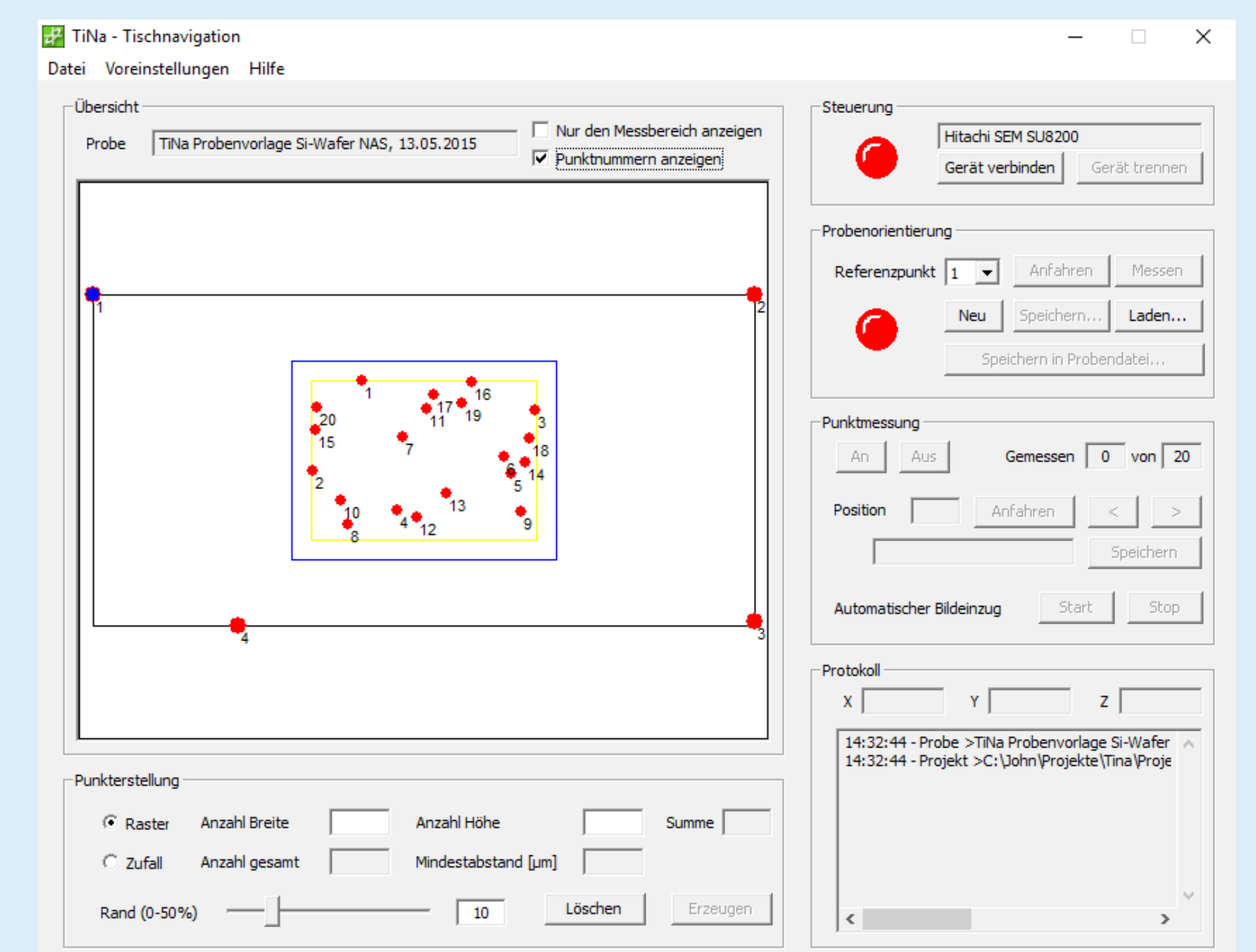


Abb. 3: Screenshot TiNa, TischNavigation des REM Hitachi SU8230

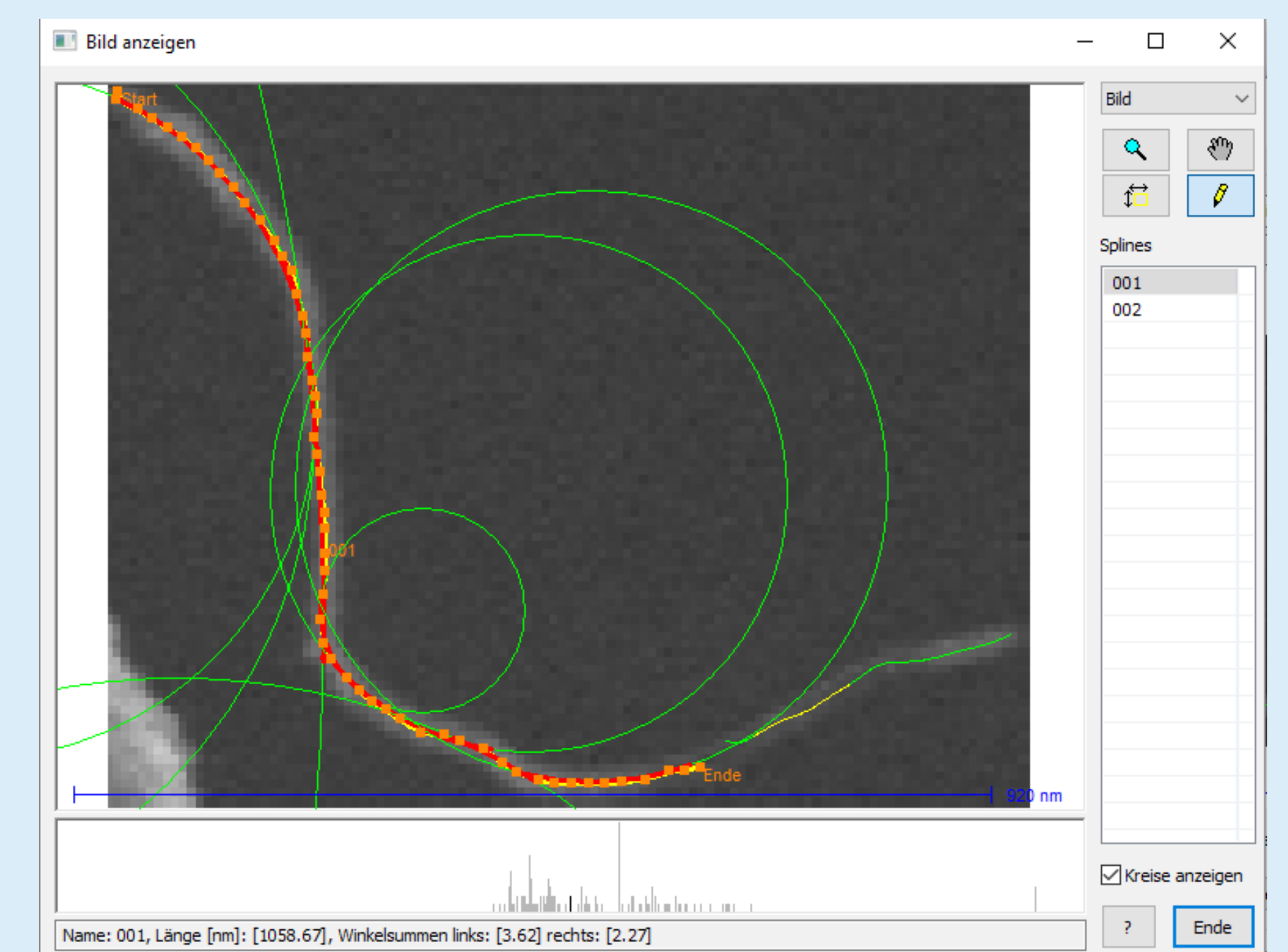


Abb. 5: Screenshot FibreDetect, Krümmungskreise eines Splines

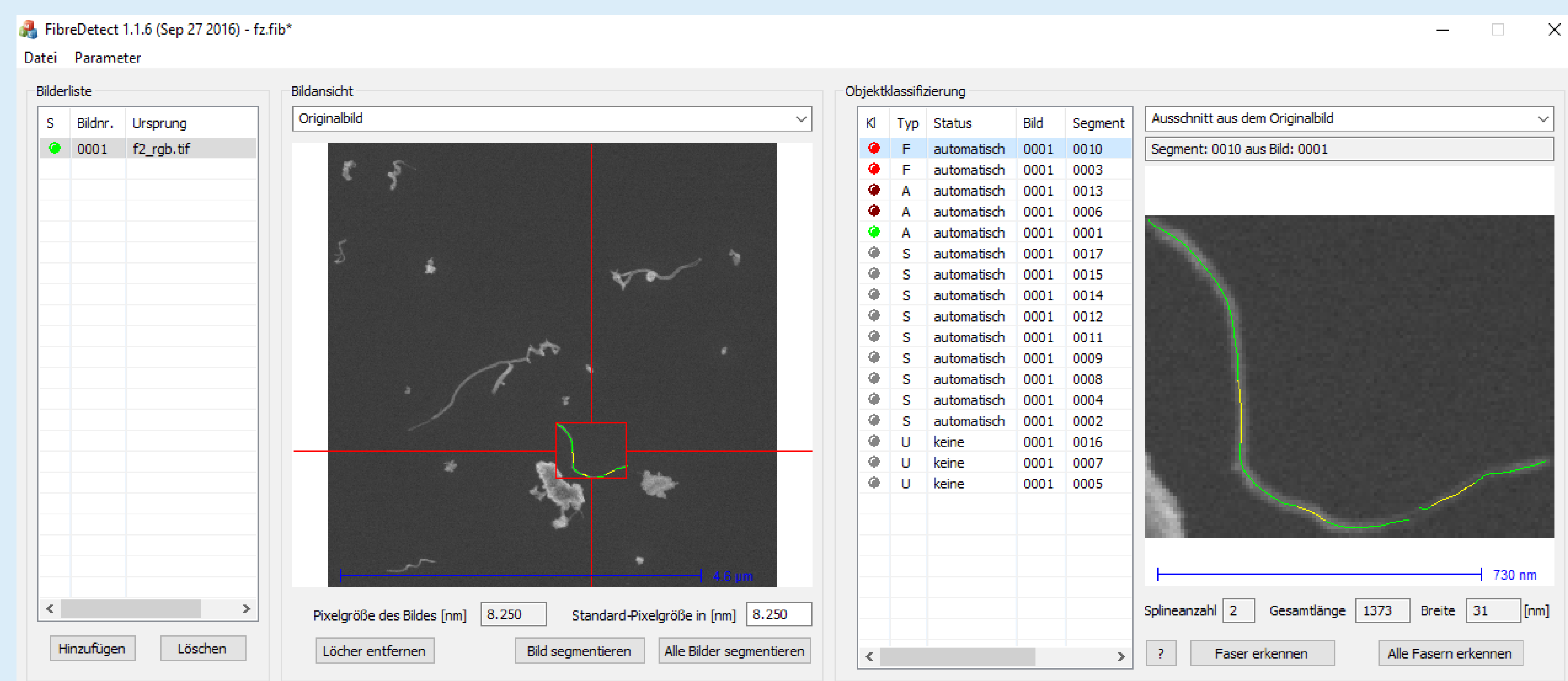


Abb. 4: Screenshot FibreDetect, automatische Fasererkennung

## Danksagung

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU, Grant Agreement No. 310584, „NANoREG“ durchgeführt.

