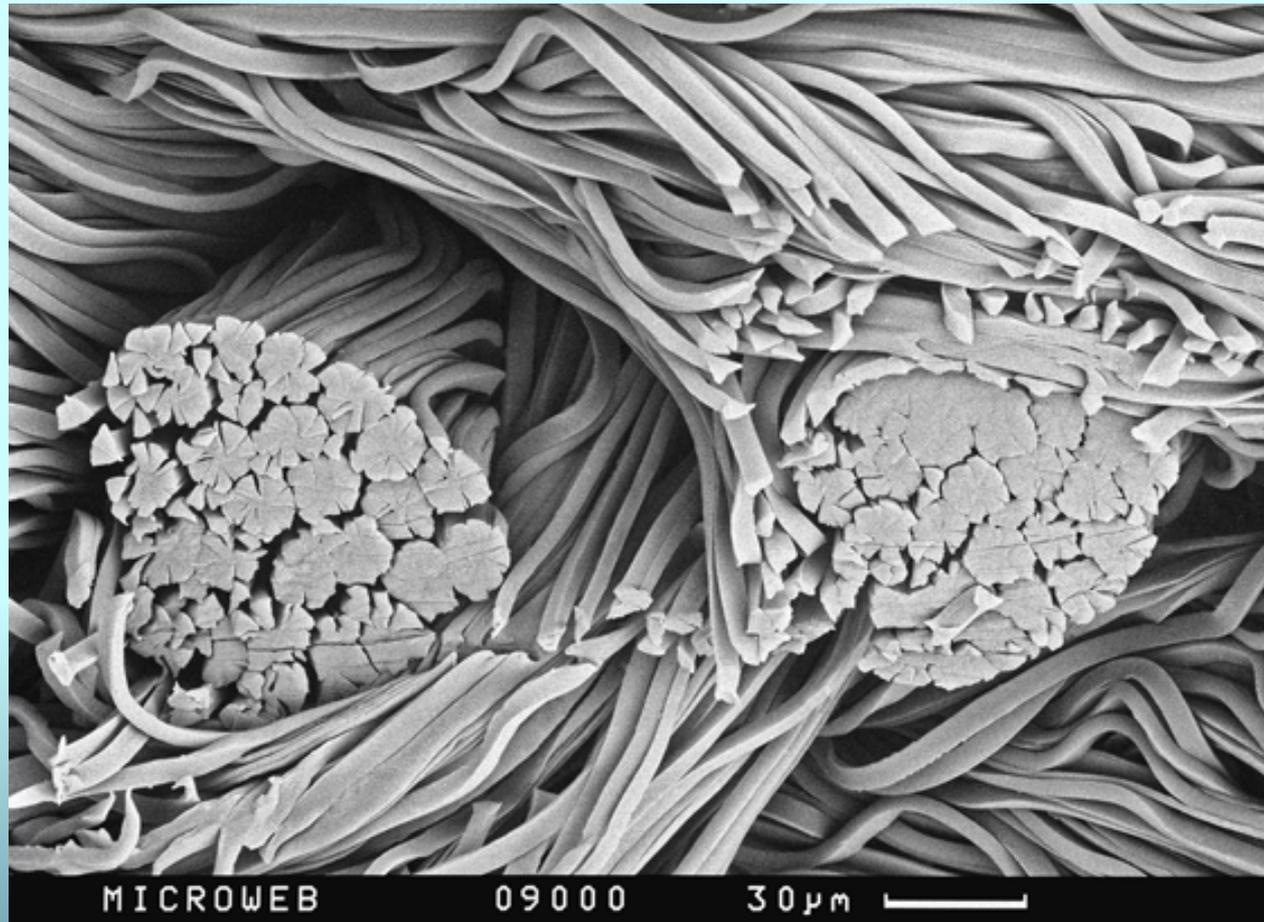


Das wischende Entfernen nanoskaliger Verunreinigungen

Ein Vortrag von Win Labuda



I – Einführung

Tücherstruktur - Handhabung - Größenverhältnisse

II – Partikel

Instrumentarium, Vier Reinigungsbeispiele, Visualisierung mit AFM-Mikroskop
Oligomere aus Polyester matrix

III – Filme

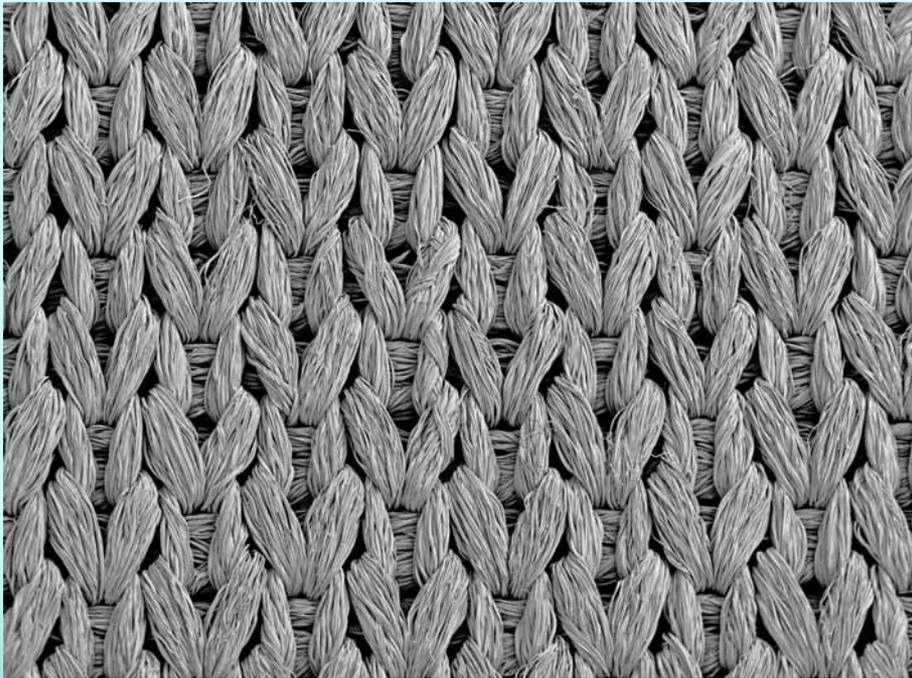
Massezunahme durch Wischvorgang, Schichtabtrag durch trockenes Wischen,
Ellipsometer, chemische Rückstände im Tuch, Indikatorplatte

IV – Partikel + Filme

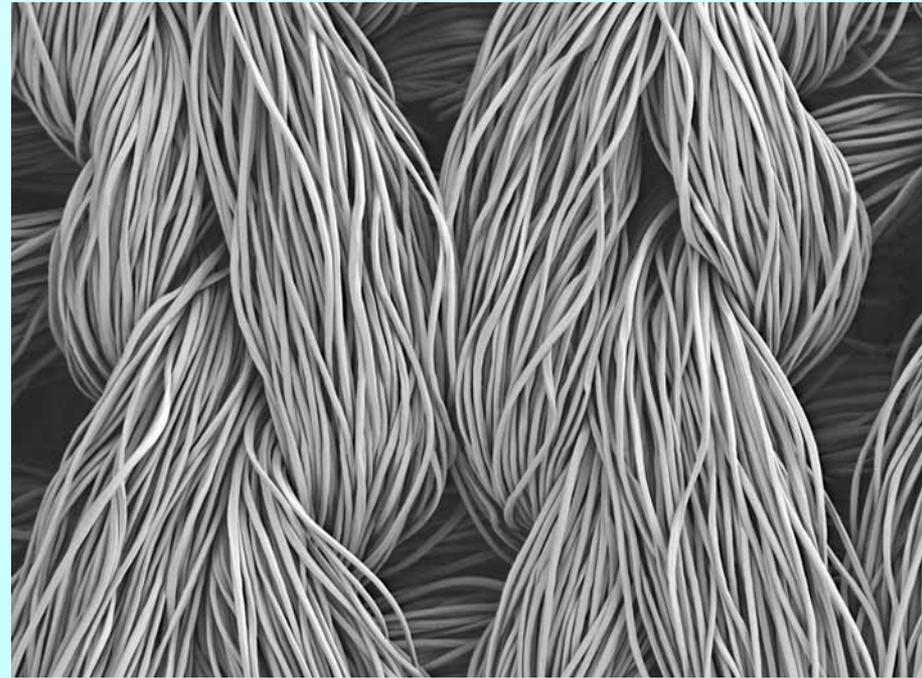
Kristallpartikel - mögliche Filmbildner, Filmeinbettung von 13 nm-Partikeln,
Kristallisation nach Feuchtreinigung, Kristallisation nach Temperierung

IV – Untersuchungsergebnisse

Maschengebilde Reinraumtuch



30-fach



160-fach

REM-Fotos Yuko Labuda

Reinraum-Tücher

diverse Arten handgerechter Formung



Knautschball-Formung



Tampon 1-Formung

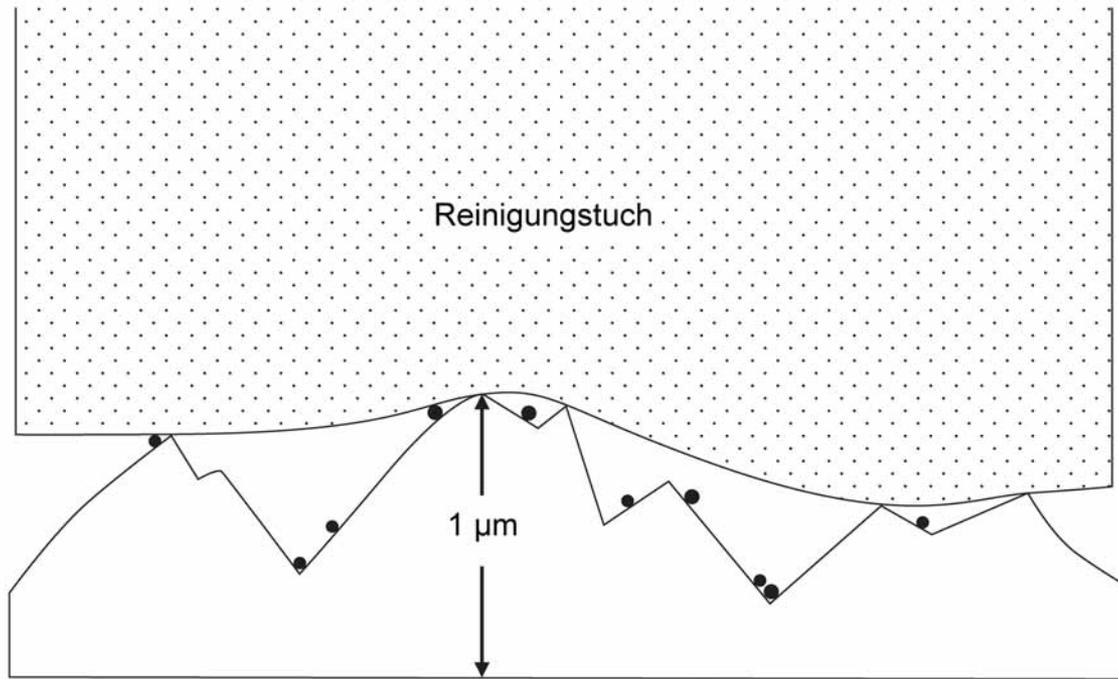


Tampon 2-Formung



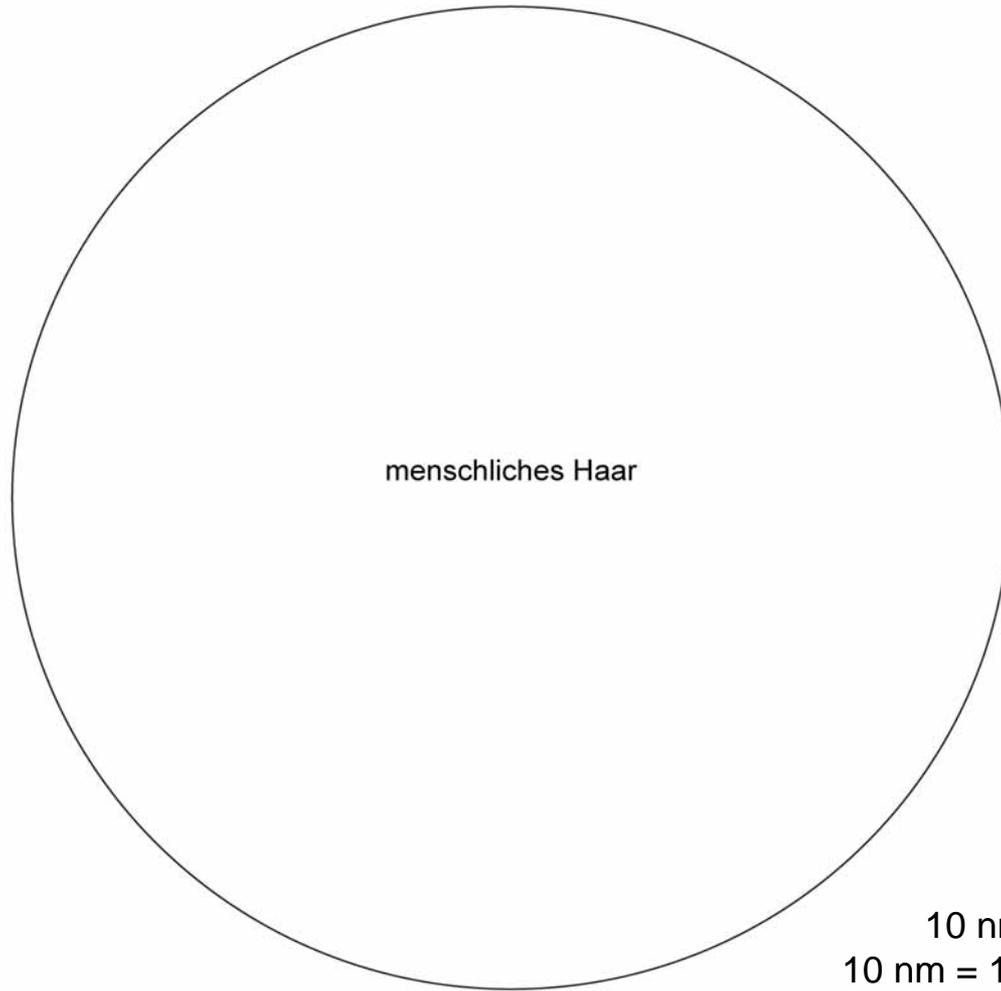
Lagen-Formung

Oberflächentopografie



1 μm Topografie im Vergleich zu Nanopartikeln von 50 nm \varnothing

menschliches Haar neben Nanopartikel



Nanopartikel



10 nm = 44 Kalium-Atomlagen
10 nm = 168 Wasserstoff-Atomlagen

I – Einführung

Tücherstruktur - Handhabung - Größenverhältnisse

II – Partikel

Instrumentarium, Vier Reinigungsbeispiele, Visualisierung mit AFM-Mikroskop
Oligomere aus Polyester matrix

III – Filme

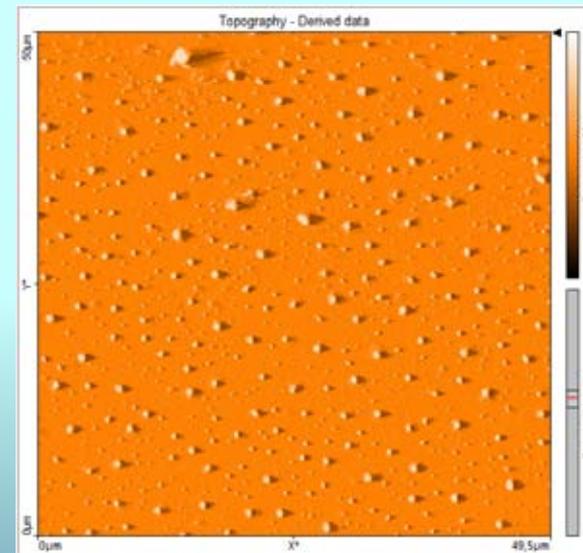
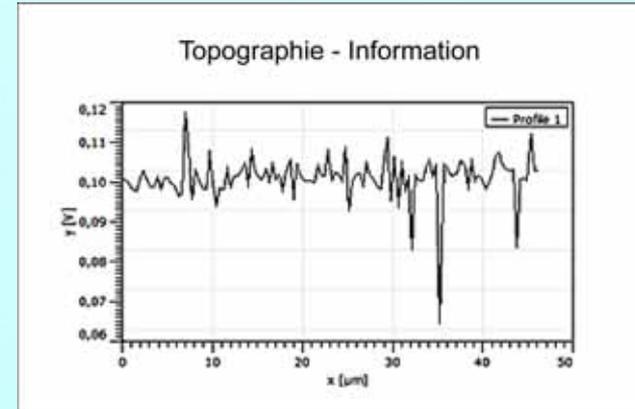
Massezunahme durch Wischvorgang, Schichtabtrag durch trockenes Wischen,
Ellipsometer, chemische Rückstände im Tuch, Indikatorplatte

IV – Partikel + Filme

Kristallpartikel - mögliche Filmbildner, Filmeinbettung von 13 nm-Partikeln,
Kristallisation nach Feuchtreinigung, Kristallisation nach Temperierung

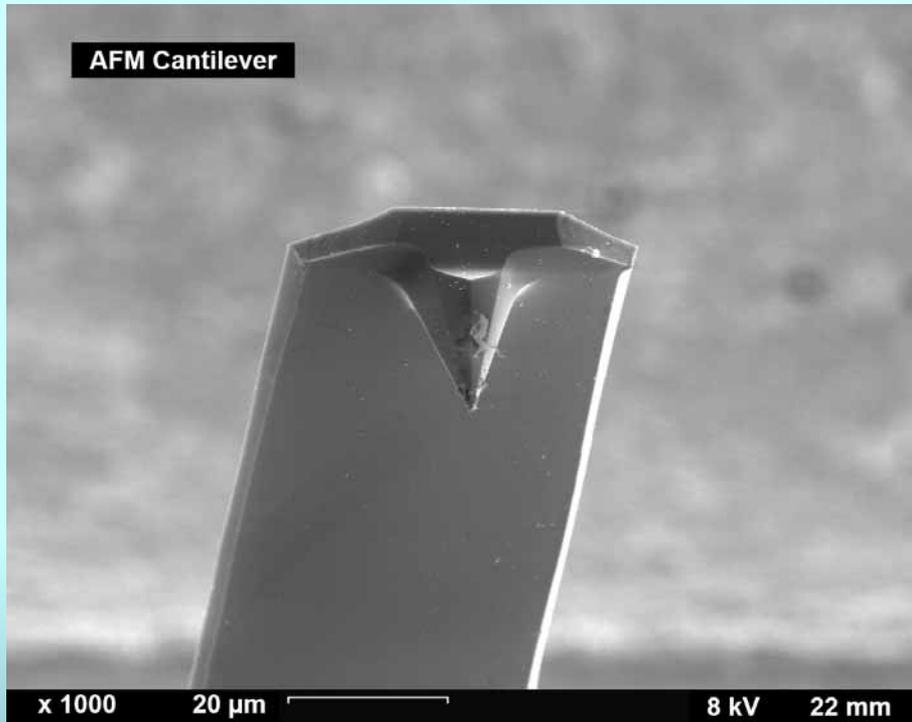
IV – Untersuchungsergebnisse

NanoSurf AFM - Atomkraft Mikroskop

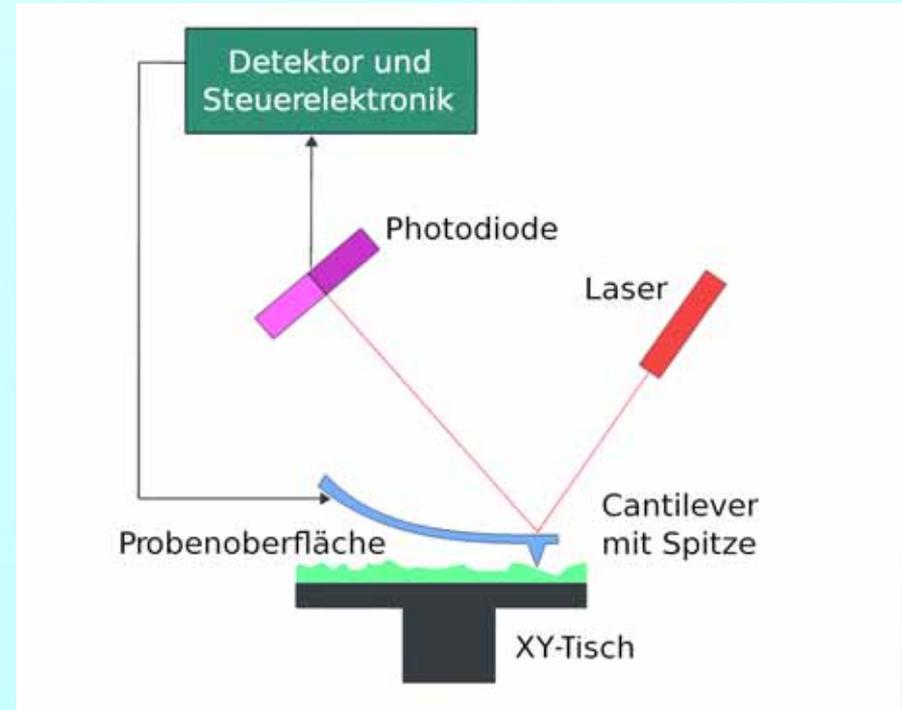


AFM – Atomkraft - Mikroskop

Cantilever-Spitze und Funktion



Cantilever-Spitze



Funktion des AFM

Flüssigkeits-Partikelzähler Vasco II

Erfassungsbereich 0,3...6000 Nanometer

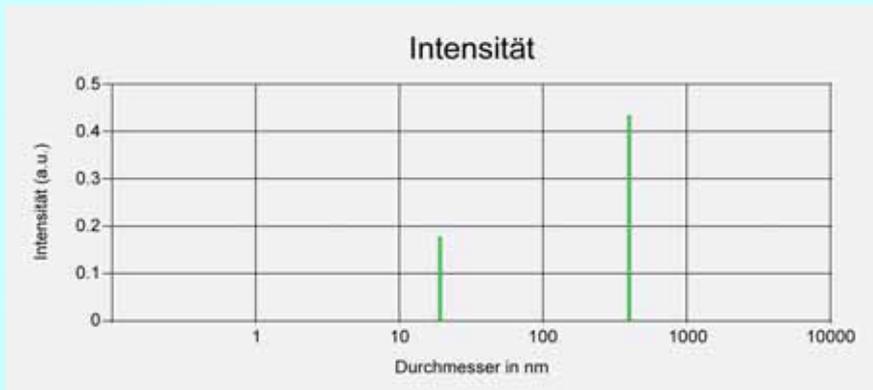


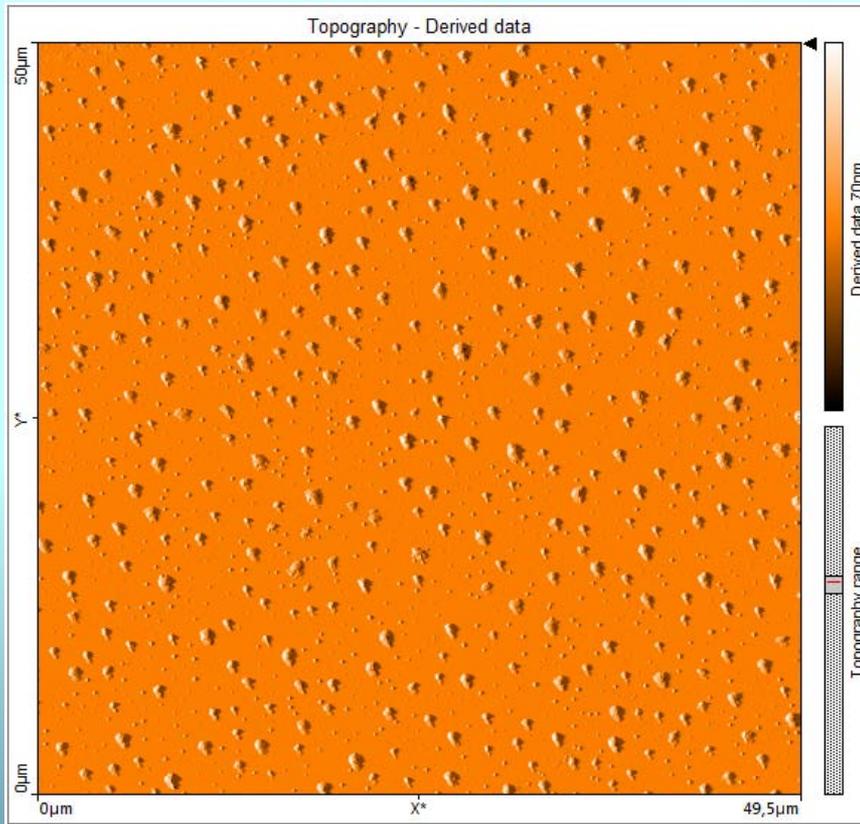
Diagramm: 13 nm Gold-Sphären in 0,5 ml DI-Wasser -
Prüfung der für diese Messung verwendeten
Goldpartikel auf Einhaltung der Angaben.



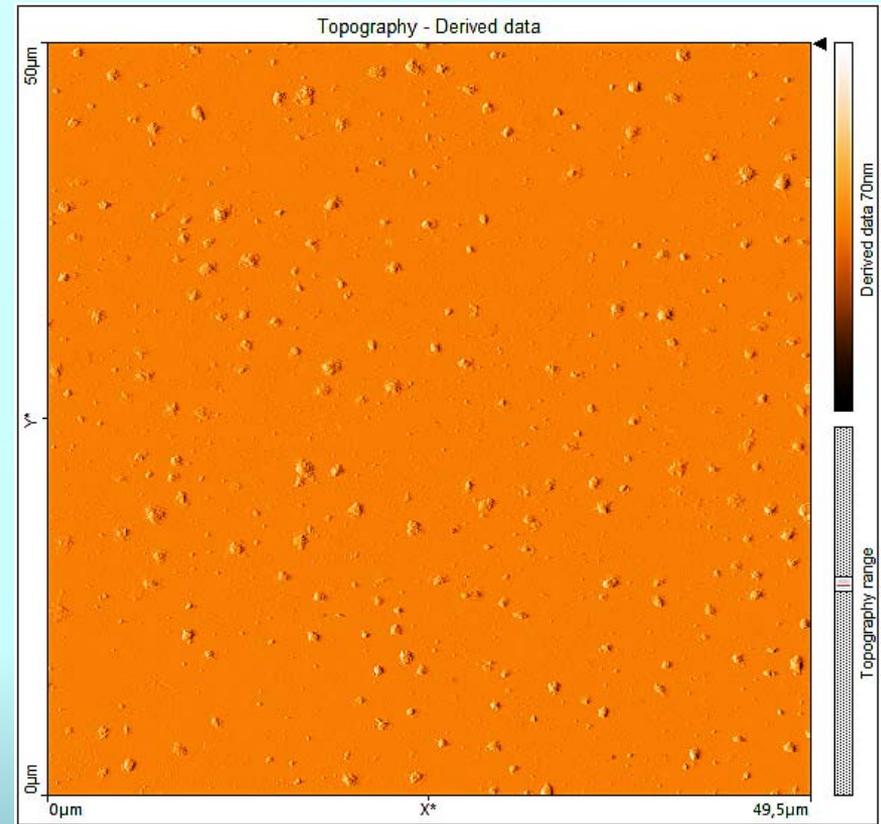
trockenes Wischen 1

AFM: Reinraumtuch 357 Maschen / cm²

Silikatglas, Spincoater - Auftrag



Nach trockenem Wischvorgang

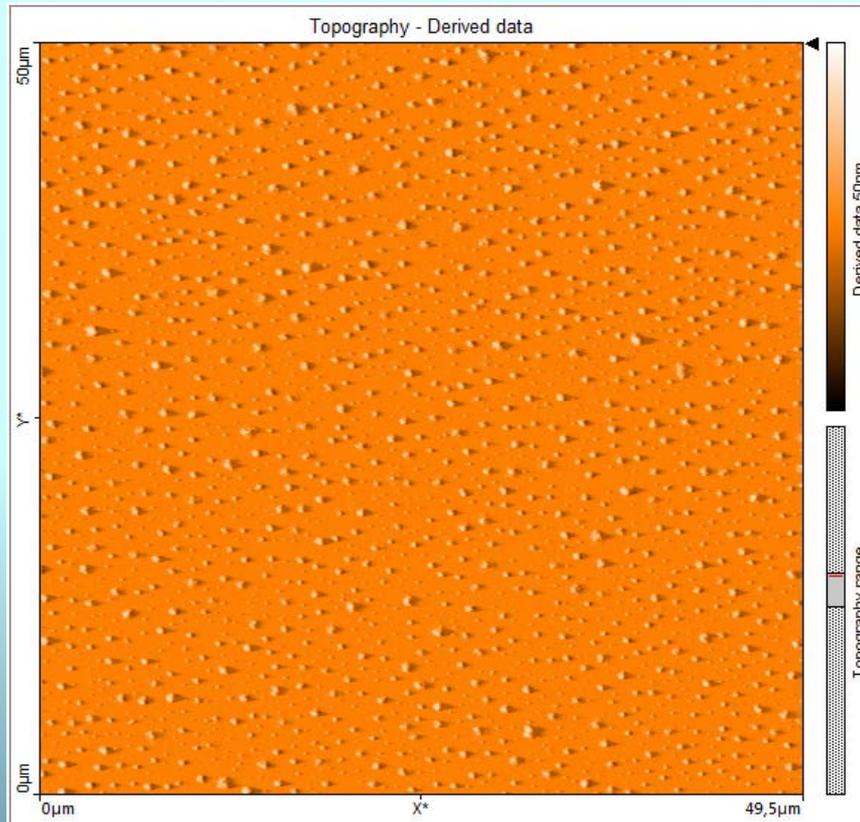


Gold-Sphären 50 nm

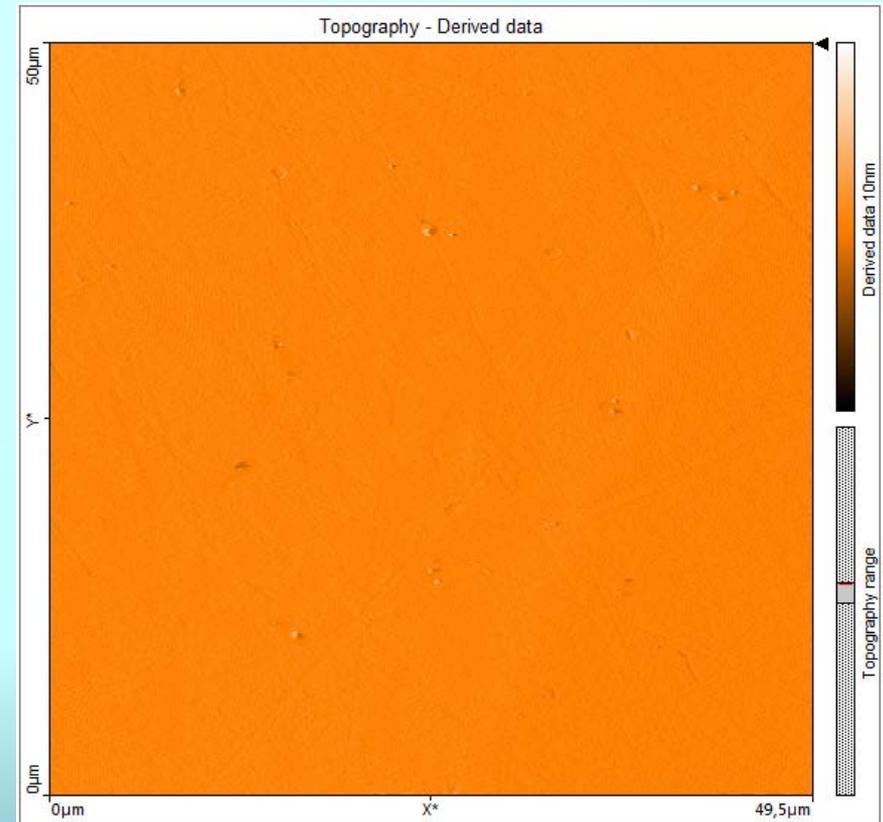
trockenes Wischen 2

AFM: Reinraumtuch 1056 Maschen / cm²

Silikatglas, Spincoater-Auftrag



nach trockenem Wischvorgang

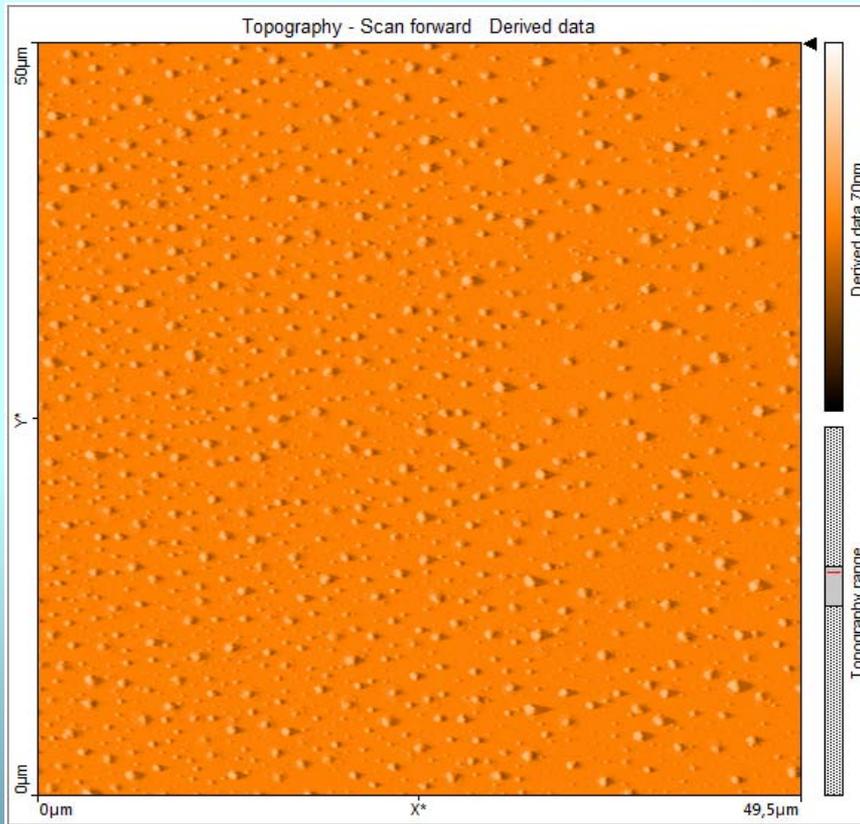


Gold-Sphären 50 nm

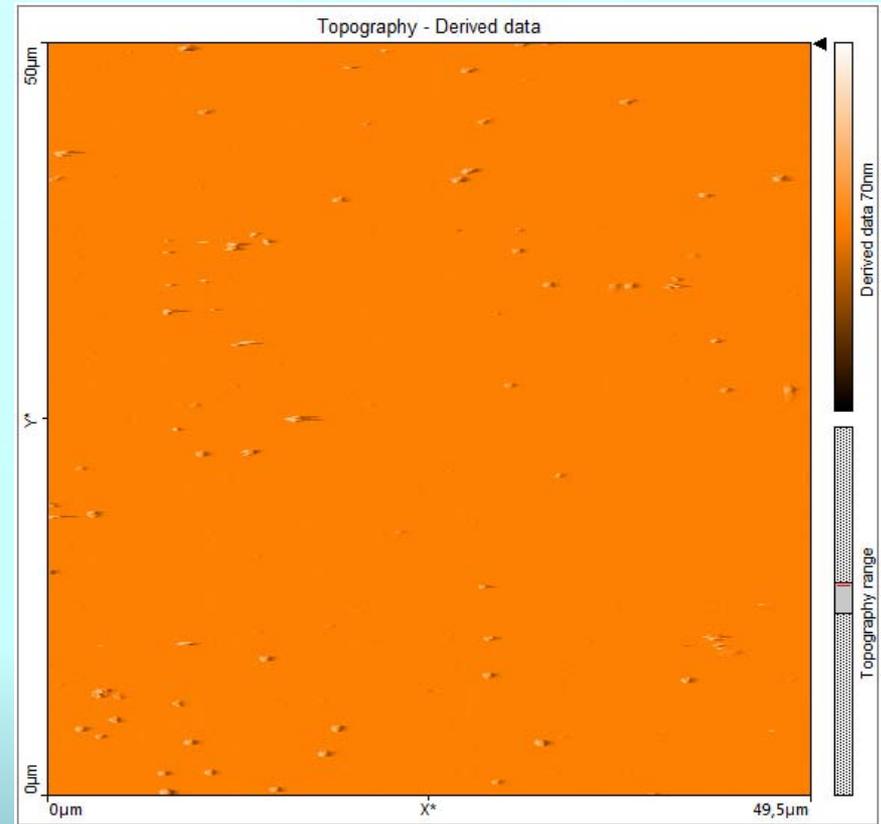
feuchtes Wischen 1

AFM: Reinraumtuch 357 Maschen / cm²

Silikatglas, Spincoater-Auftrag



nach feuchtem Wischvorgang

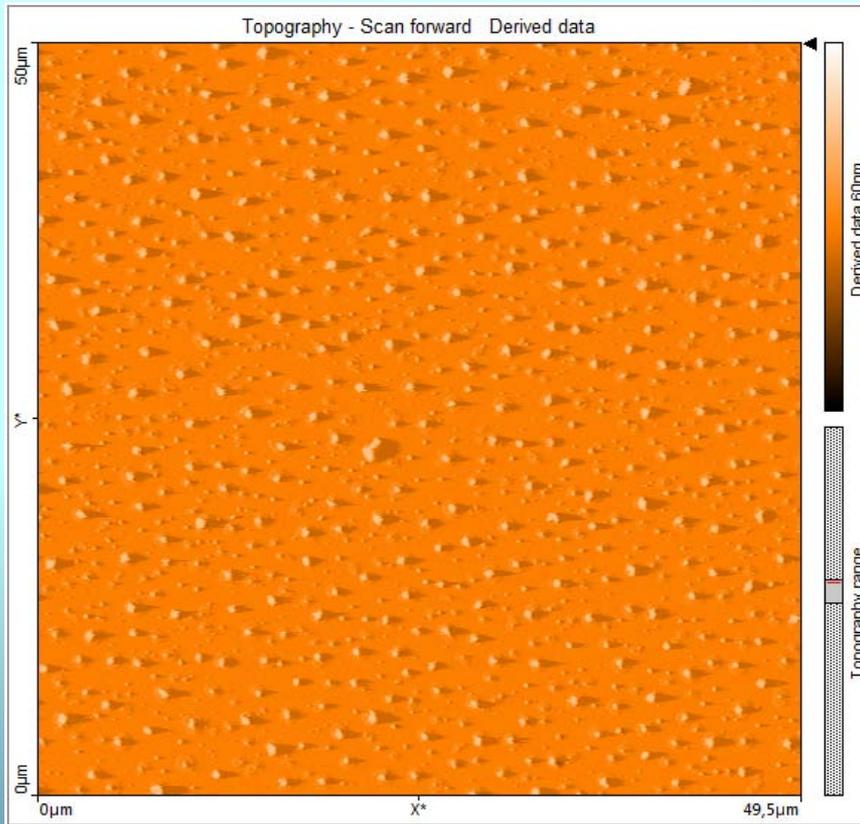


Gold-Sphären 50 nm

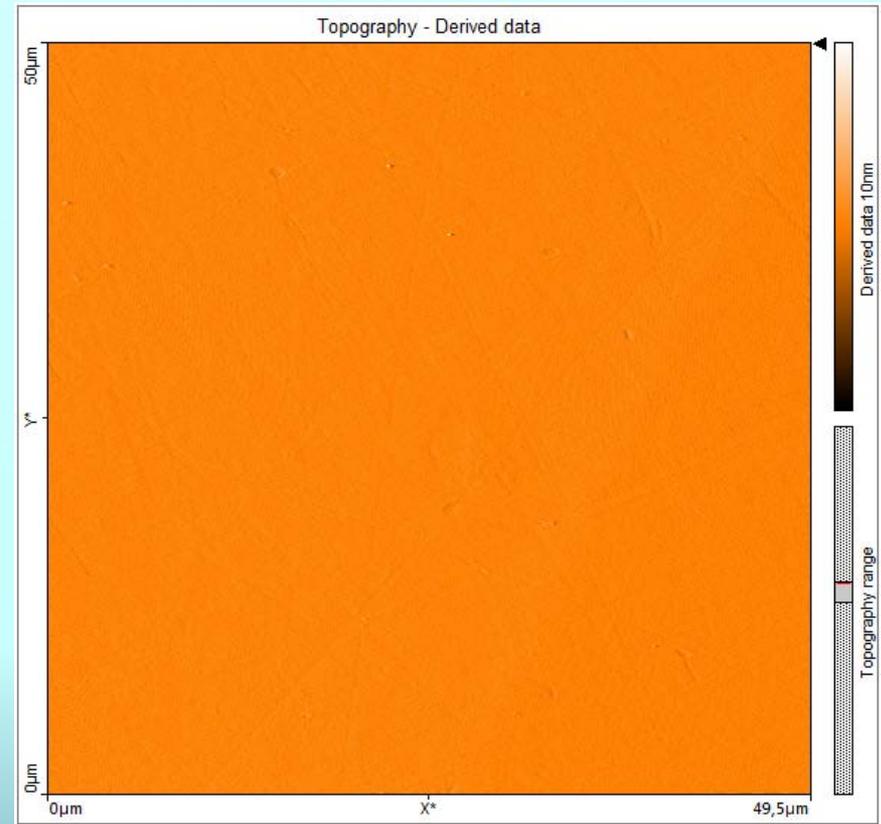
feuchtes Wischen 2

AFM: Reinraumtuch 1056 Maschen / cm²

Silikatglas-Oberfläche mit Partikeln



Nach feuchtem Wischvorgang

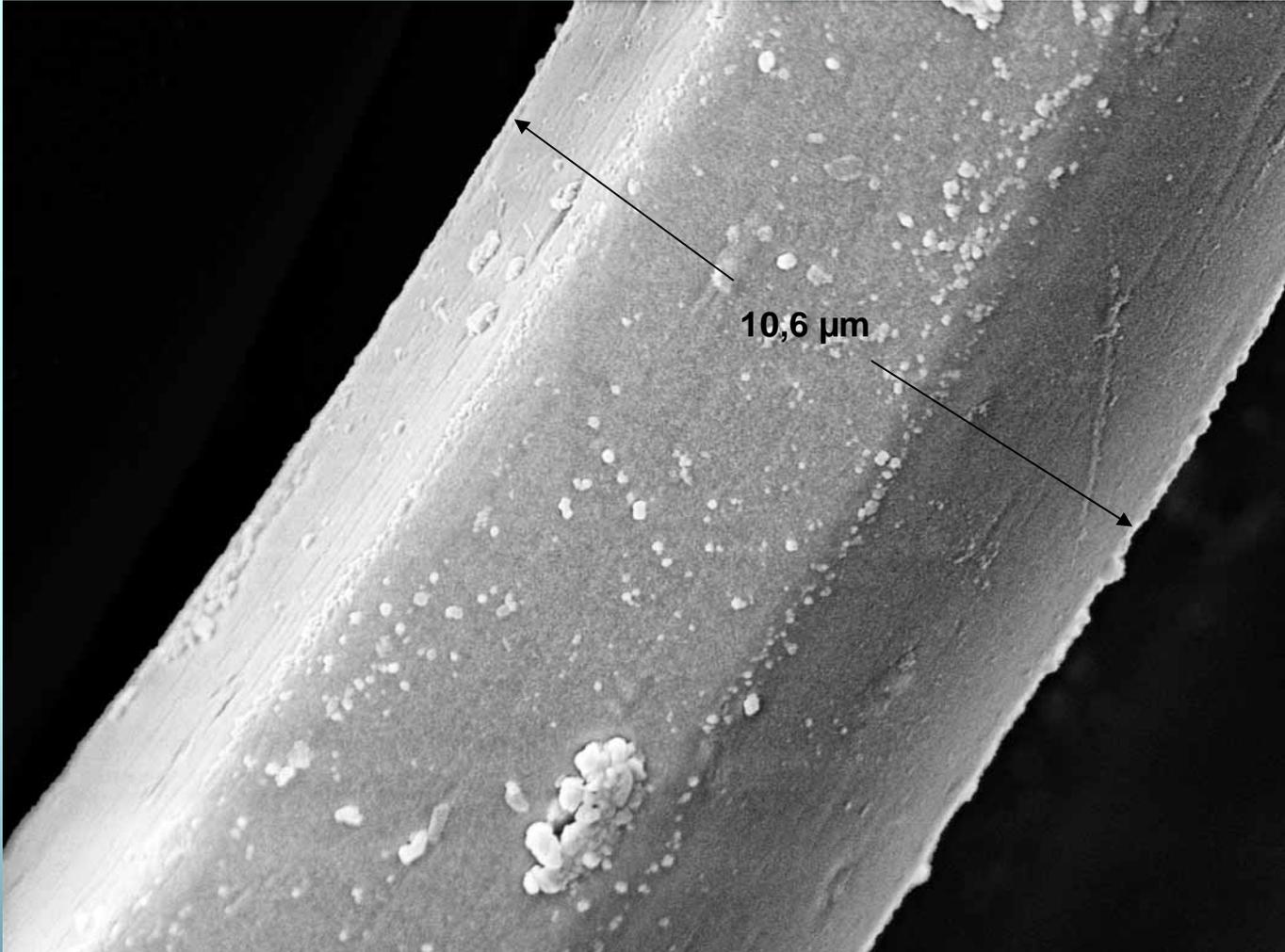


Gold-Sphären 50 nm

Oligomere auf Polyestermatrix

Einzelfilament aus Garnstrang

REM-Foto Yuko Labuda



I – Einführung

Tücherstruktur - Handhabung - Größenverhältnisse

II – Partikel

Instrumentarium, Vier Reinigungsbeispiele, Visualisierung mit AFM-Mikroskop
Oligomere aus Polyester matrix

III – Filme

chemische Rückstände auf Indikatorplatte, Massezunahme durch Wischvorgang,
Schichtabtrag durch trockenes Wischen, Verunreinigungsrest nach Wischen

IV – Partikel + Filme

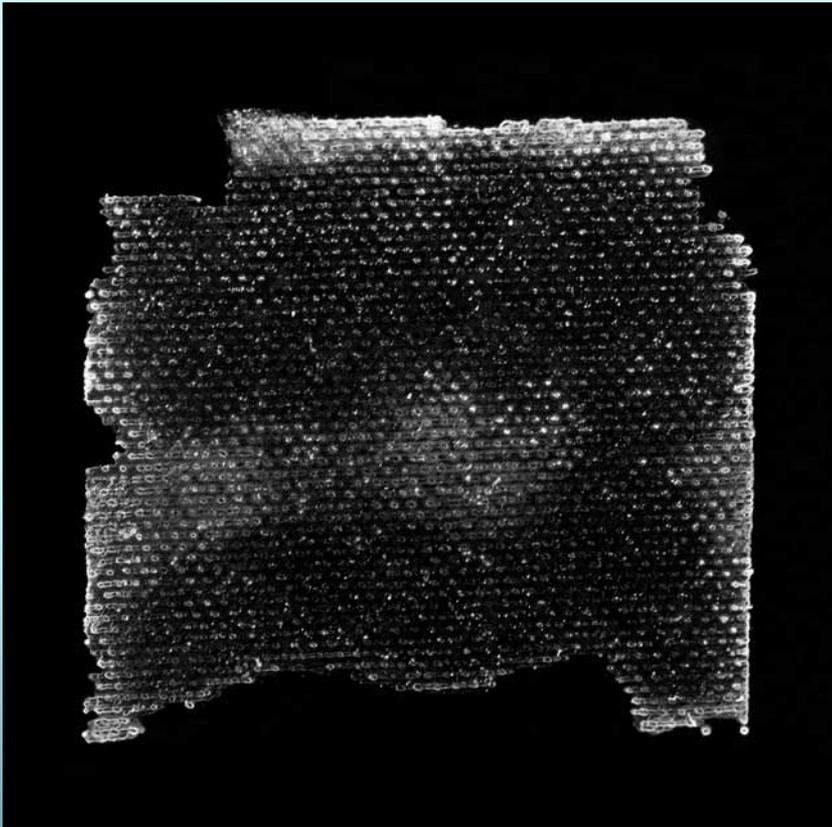
Kristallpartikel - mögliche Filmbildner, Filmeinbettung von 13 nm-Partikeln,
Kristallisation nach Feuchtreinigung, Kristallisation nach Temperierung

IV – Untersuchungsergebnisse

Chemikalien-Rückstand auf Indikatorplatte

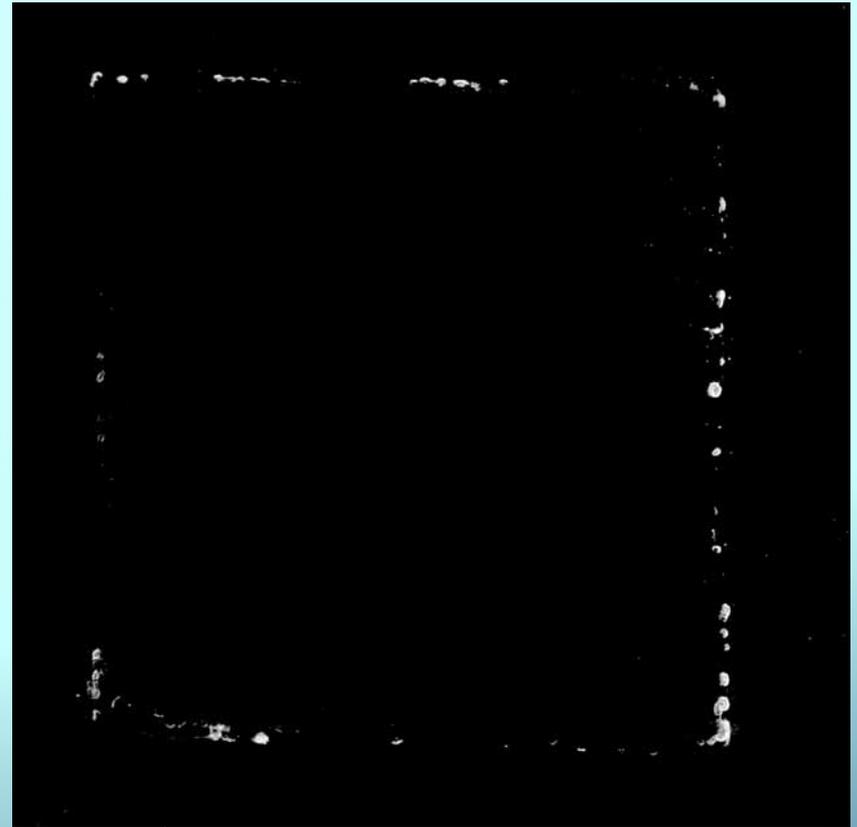
Oligomere, Tenside, Spinn- und Stricköl

nach Aceton-Tränkung



Versuch: Oligomer-Darstellung

nach 2-Propanol-Tränkung



Versuch: Tensid-Darstellung

Piezelektrische Waage - Stanford

Wägebereich 0,5 - 1000 ng



Übertragung von Strick- und Spinnölresten aus einem Reinraumtuch auf die Quarzwaage

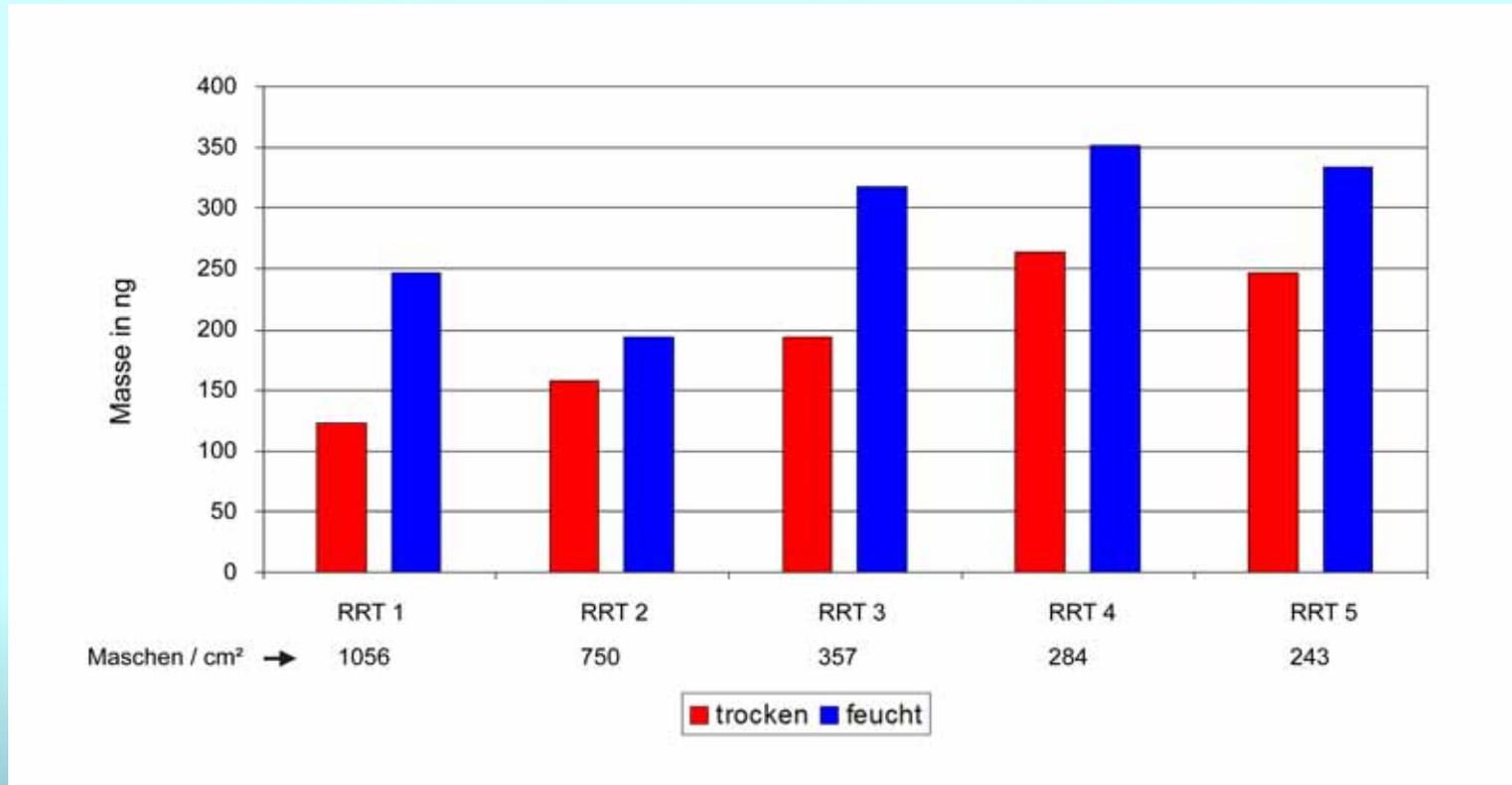
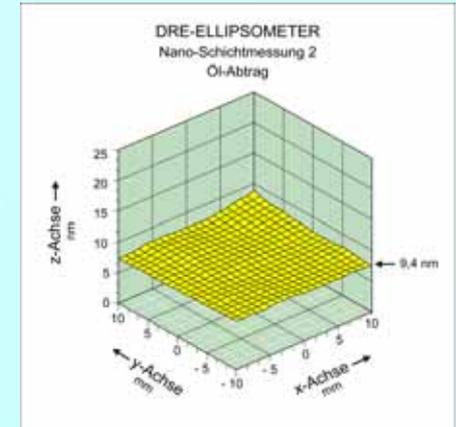
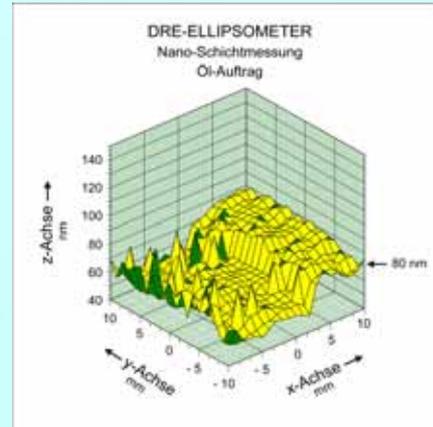
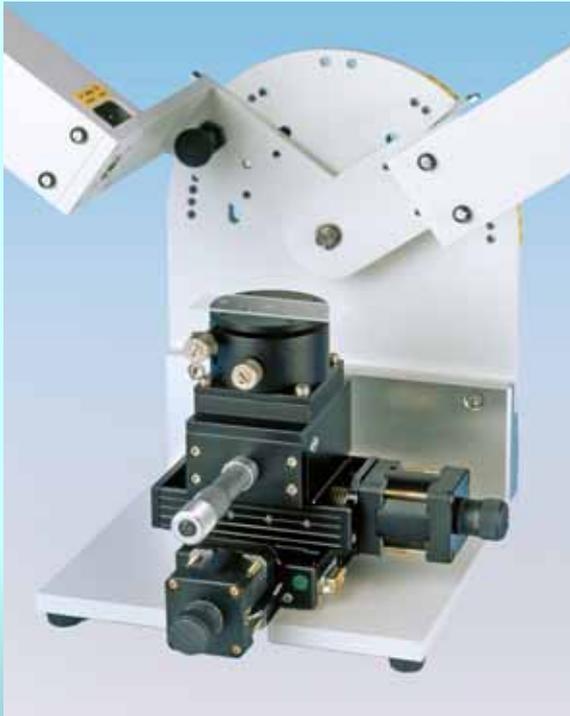


Diagramm: Gewichtszunahme eines Quarz-Kristalls nach trockenem / feuchtem Wischvorgang, Auswahl: 5 Reinraumtücher, RRT 1 - RRT 5 (Klammerwert = Maschen / cm²)

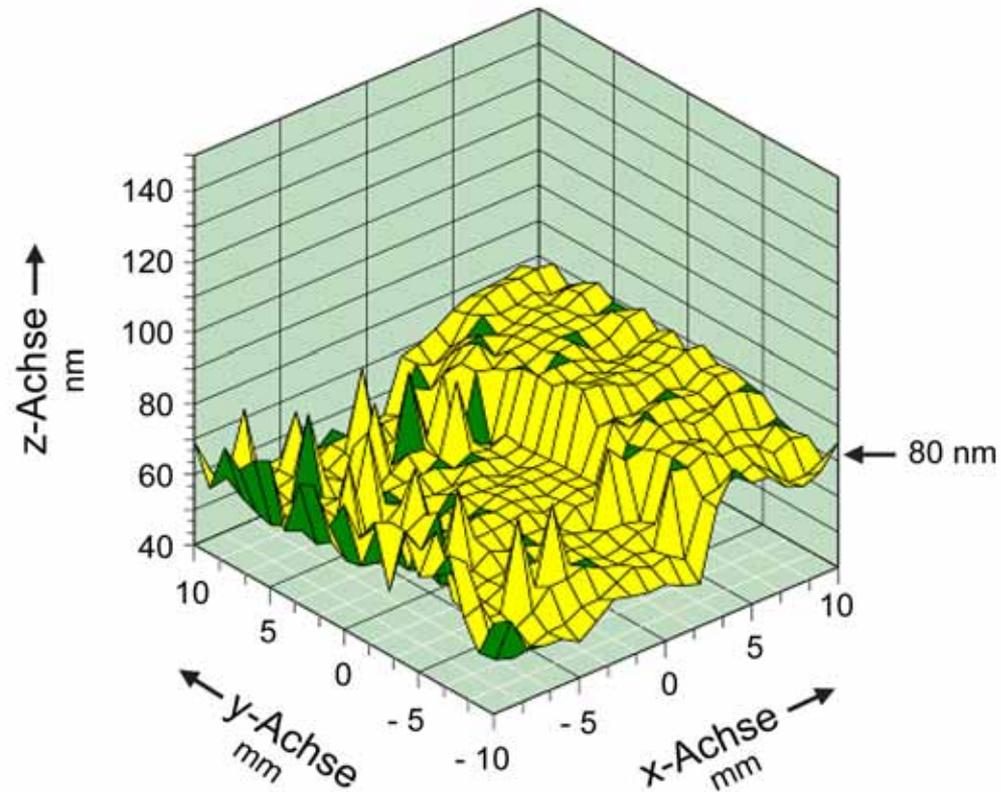
Mapping - Ellipsometer

Verunreinigungsschicht vor und nach Wischvorgang



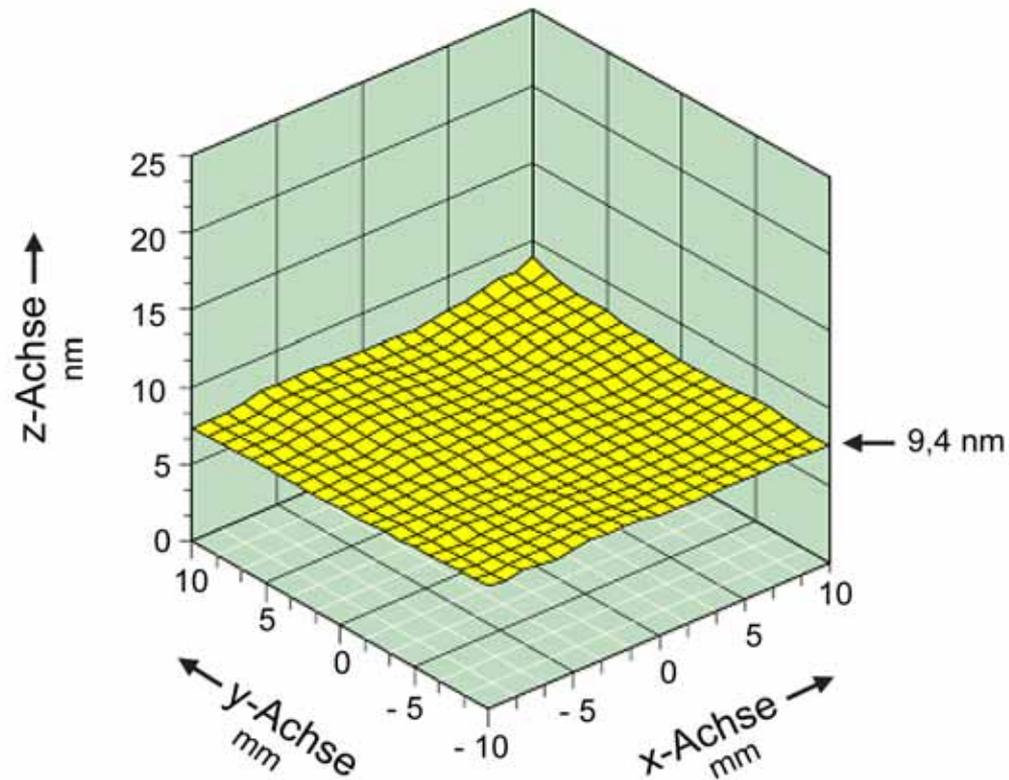
Dr. Riss – Ellipsometer

DRE-ELLIPSOMETER
Nano-Schichtmessung
Öl-Auftrag



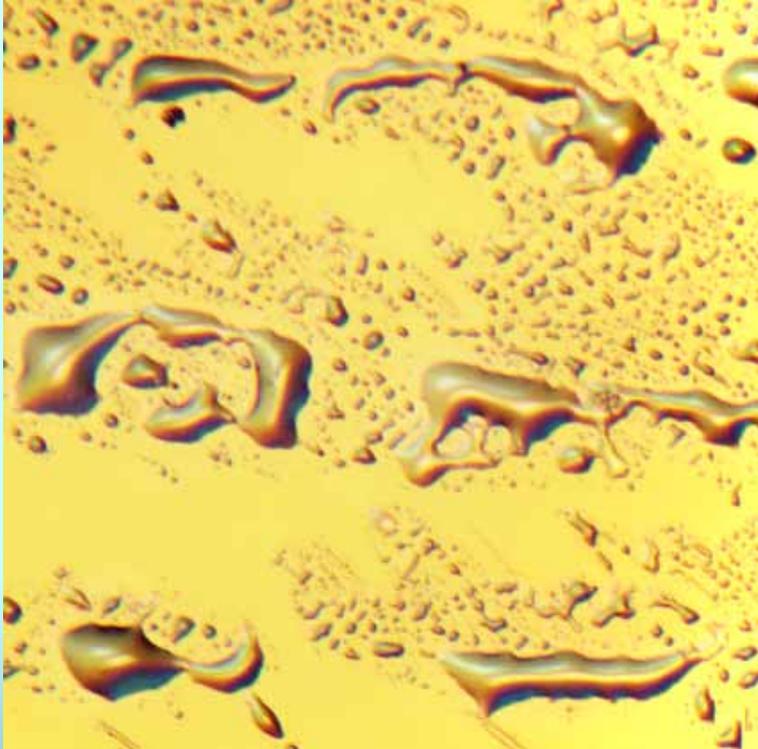
Substrat: beschichtetes Silikatglas - Walz-Auftrag einer Öl-Schicht

DRE-ELLIPSOMETER
Nano-Schichtmessung 2
nach Öl-Abtrag durch Wischen



Substrat: beschichtetes Silikatglas - Reinigung trockenes Reinraum-Tuch

wischendes Entfernen eines Fingerabdrucks vor und nach Abwischen



Fingerabdruck im Differential-
Interferenz-Kontrast (Ausschnitt)



Im DIC-Kontrast noch Rückstände im
Spurenbereich sichtbar

I – Einführung

Tücherstruktur - Handhabung - Größenverhältnisse

II – Partikel

Instrumentarium, Vier Reinigungsbeispiele, Visualisierung mit AFM-Mikroskop
Oligomere aus Polyester matrix

III – Filme

chemische Rückstände auf Indikatorplatte, Massezunahme durch Wischvorgang,
Schichtabtrag durch trockenes Wischen, Verunreinigungsrest nach Wischen

IV – Partikel + Filme

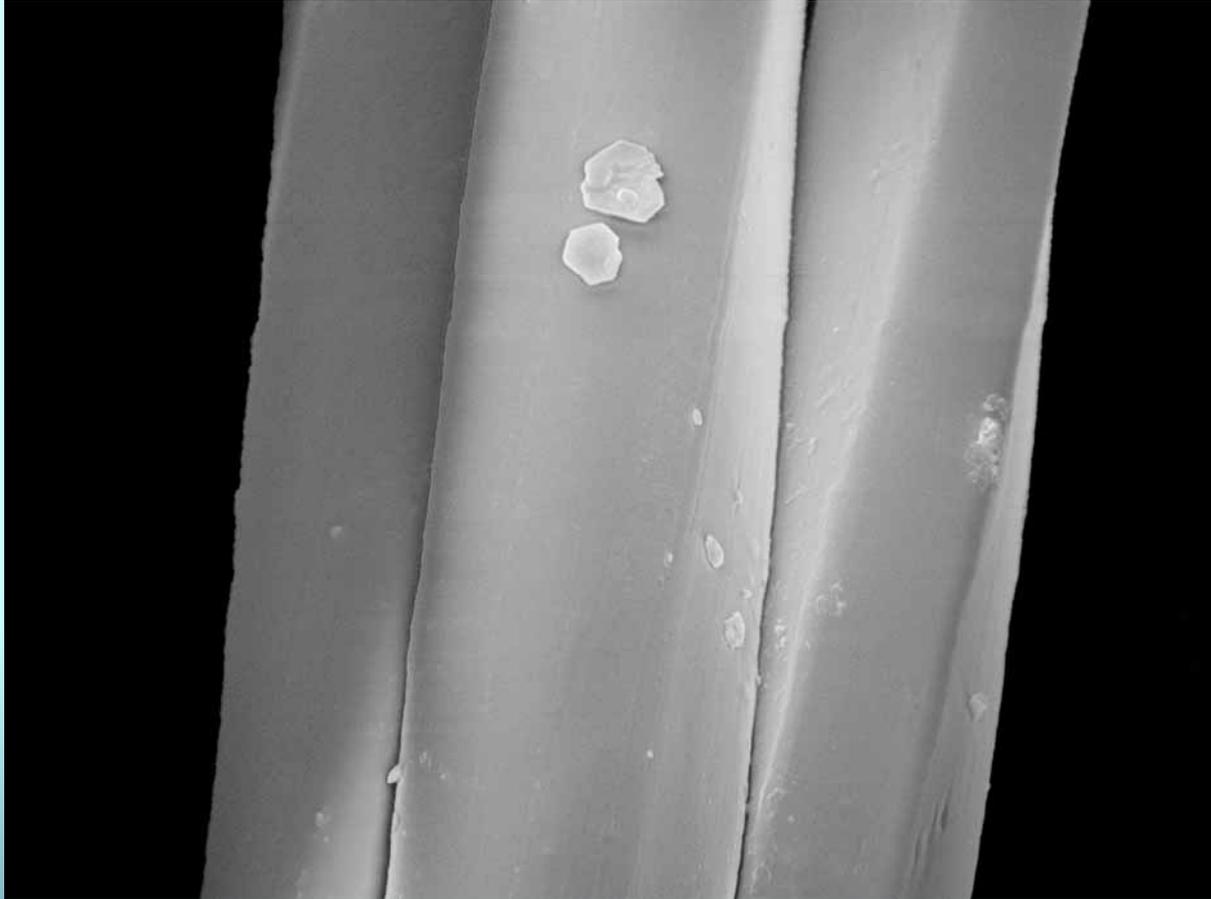
Kristallpartikel - mögliche Filmbildner, Filmeinbettung von 13 nm-Partikeln,
Kristallisationen und Tröpfchenbildung

IV – Untersuchungsergebnisse

Polyester-Filamente nach Dekontamination

Tensid-Rückstände in kristalliner Form

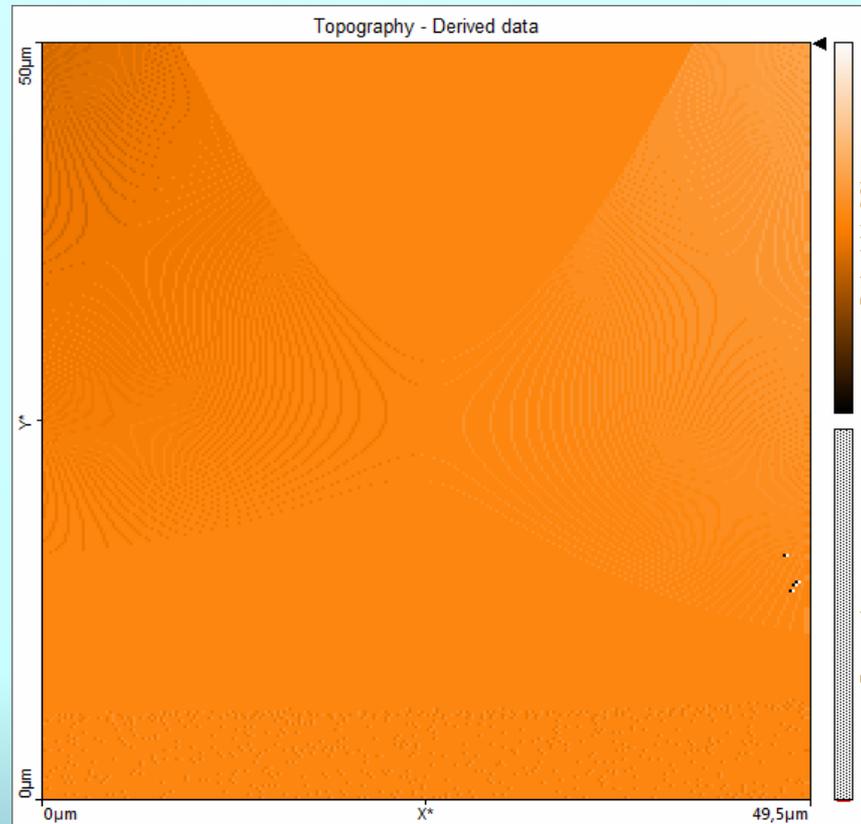
REM-Foto Yuko Labuda



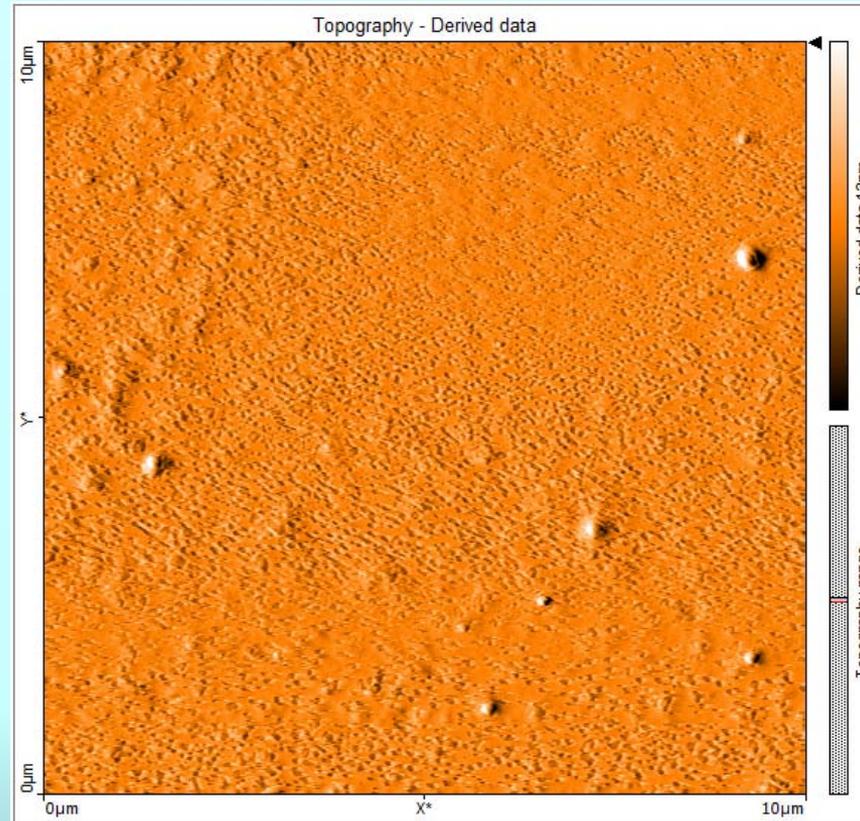
—| 6,2 μm |—

AFM-Scan – nach Ultra-Reinigung

z.B Piranha etch und O₂-Plasma

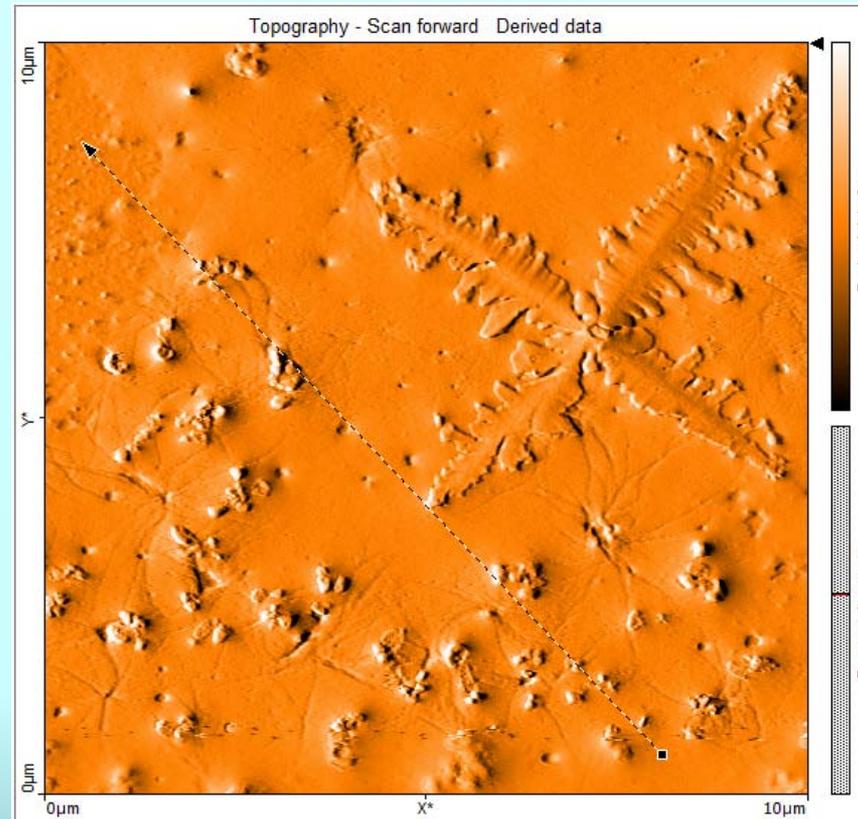


AFM-Scan - nach feuchtem Wischen mit Reinraumtuch



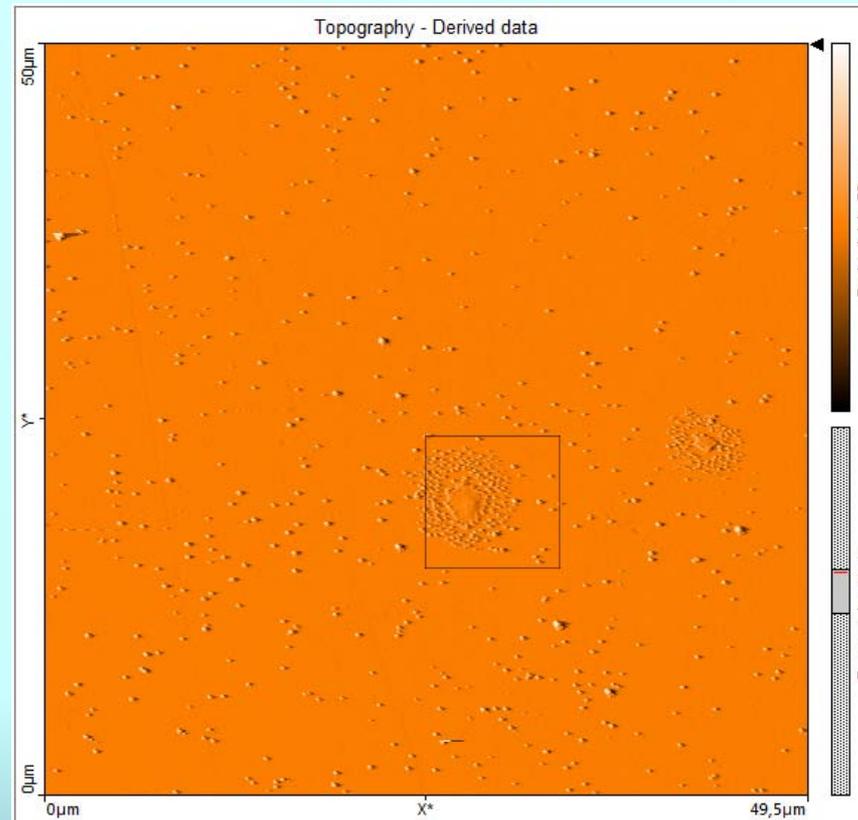
Die 13 nm-Gold-Sphären sind deutlich eingebettet in eine organische Schicht.

AFM-Scan - nach feuchtem Wischen mit Reinraumtuch und 30 min Wärmebehandlung



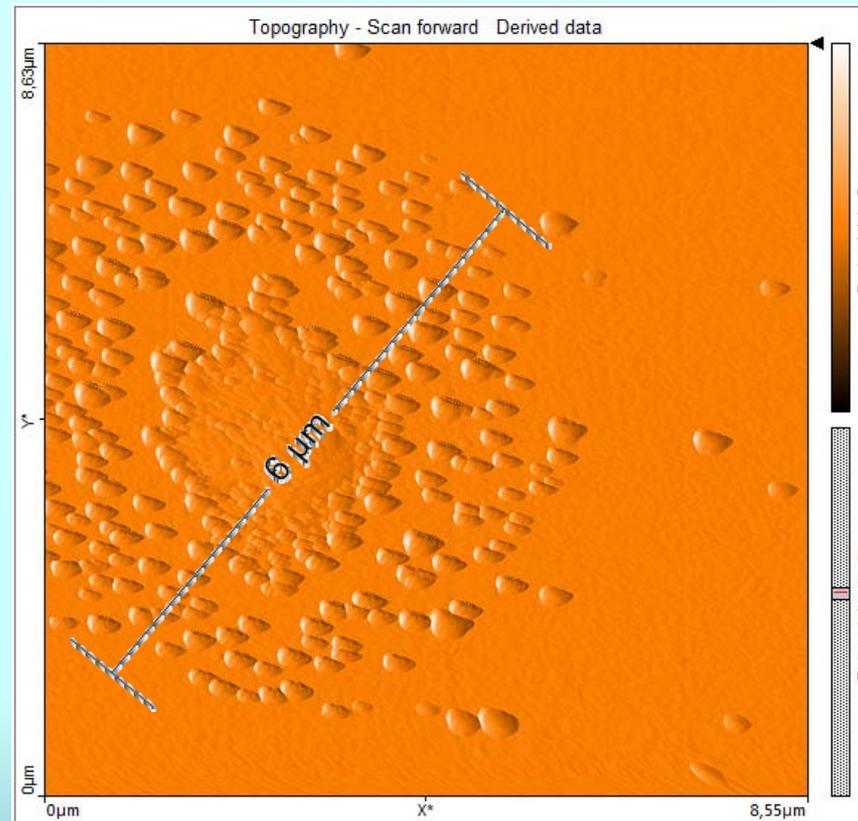
Die 13 nm Gold-Sphären sind eingebettet in eine organische Schicht
mit deutlichen Kristallfiguren oben rechts.

AFM-Scan - feuchtes Wischen mit Reinraumentuch der Maschenzahl 1056



Tröpfchenbildung auf der Oberfläche

AFM-Scan nach feuchtem Wischen mit Reinraumtuch der Maschenzahl 1056



Kristallisation von etwa 6 μm Durchmesser,
Vergrößerung = 10.000-fach

I – Einführung

Tücherstruktur - Handhabung - Größenverhältnisse

II – Partikel

Instrumentarium, Vier Reinigungsbeispiele, Visualisierung mit AFM-Mikroskop
Oligomere aus Polyester matrix

III – Filme

chemische Rückstände auf Indikatorplatte, Massezunahme durch Wischvorgang,
Schichtabtrag durch trockenes Wischen, Verunreinigungsrest nach Wischen

IV – Partikel + Filme

Kristallpartikel - mögliche Filmbildner, Filmeinbettung von 13 nm-Partikeln,
Kristallisationen und Tröpfchenbildung

IV – Untersuchungsergebnisse

Untersuchungs-Ergebnisse

- 50 nm – Partikel durch Reinraumbücher effizient entfernenbar.
- 10 nm – Partikel durch Reinraumbücher nur begrenzt entfernenbar.
- Zunehmende Oberflächenrauigkeit ergibt abnehmender Reinigungseffizienz.
- Oligomere = Aus der Polyestermatrix ausgelöste Nanopartikel.
- Ölschichten bis zu etwa 5 nm Dicke durch Reinraumbücher entfernenbar.
- feuchte Bücher haben im Nanobereich ein hohes Verunreinigungs-Potenzial.
- Feuchtreinigung führt evtl. zu Mikro – Kristallisationen auf der Oberfläche.
- Die Abreinigung von Nanopartikeln und Schichten erfordert spezielle Bücher.

Instrumentarium und Hilfsmittel

- Atomkraft-Mikroskop Naio-AFM
- Gold-Sphären 13 und 50 nm, Quantum dots
- Dr.-Riss-Ellipsometer
- Nano-Partikel-Zähler

- Picogramm-Quarzwaage

Nanosurf GmbH - Langen
CAN GmbH - Hamburg
Dr. Riss Ellipsometerbau GmbH - Ratzeburg
Cordouan Technologies, Pessac, France
(Schäfer-Technologie GmbH - Langen)
Stanford Research Systems Inc., USA

Dank

- Wir danken den jeweiligen Beratungs-Ingenieuren der o.g. Hersteller für ihre Beratung: Herrn Dr. Marcus Weth (Nanosurf), Frau Katja Werner (CAN), Herrn Dr. Udo Riss (DRE) , Herrn Dr. Lars Jansen (Schäfer) und Mr. Dave Ames (Stanford)

- Für die Beratung im Bereich der Laboranalytik und der Oligomerenbildung danken wir Herrn Dr. Dierck Knittel. Für die grafische Gestaltung Dank an Frau Cora Ipsen, für die REM-Bilder an Frau Yuko Labuda.

- Unser größter Dank gilt jedoch Herrn Martin Gerstmann vom Clear & Clean - Forschungslabor. Ohne seine engagierte Laborarbeit würde die vorliegende Arbeit nicht in dieser detaillierten Form vorliegen.