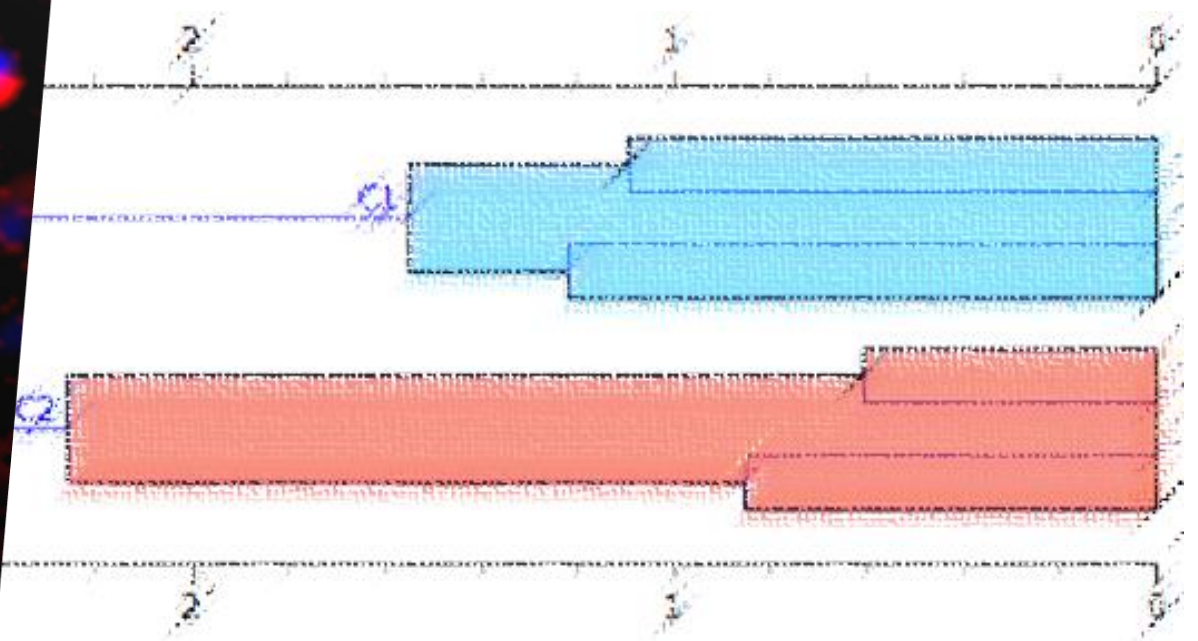
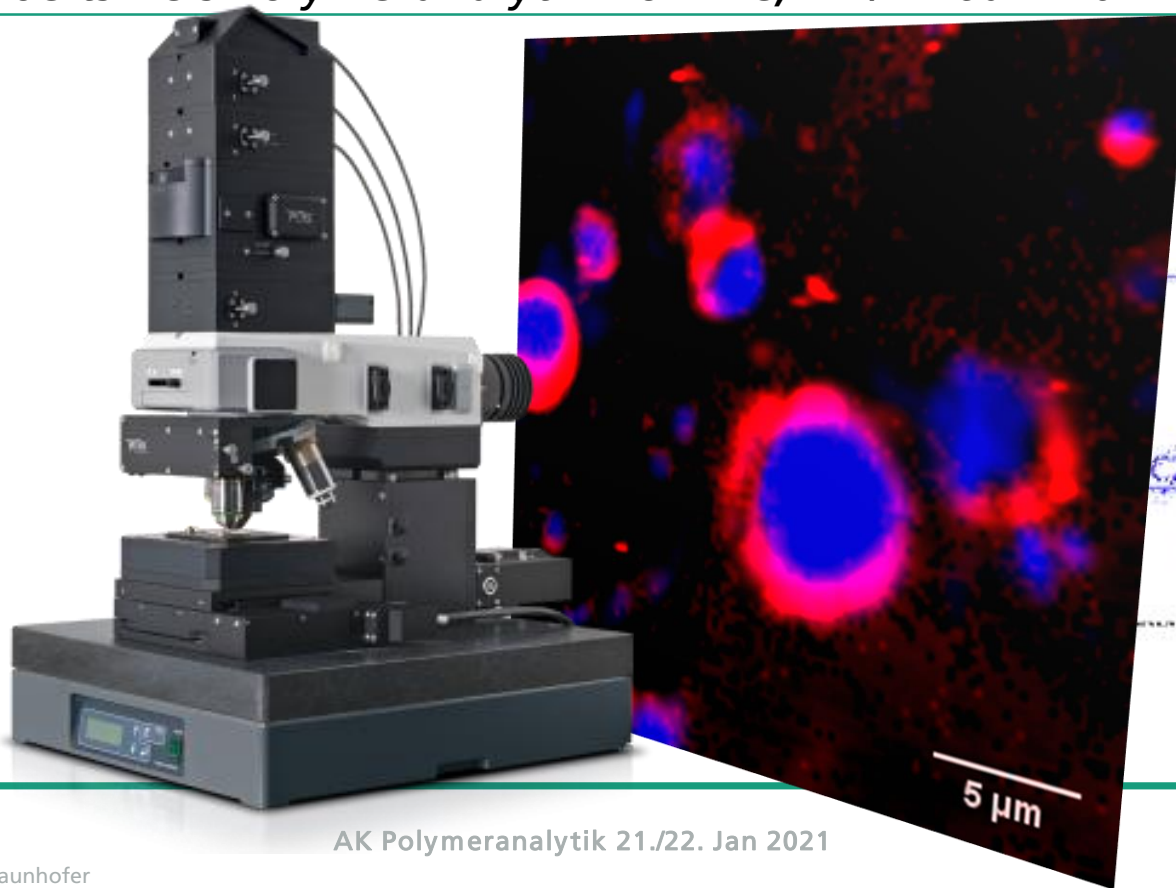


RAMAN-MIKROSKOPIE ALS TEIL DER CHEMOMETRISCHEN KUNSTSTOFF-ANALYTIK AM FRAUNHOFER LBF

[Bastian Barton](#), [Guru Geertz](#), [Jan-Hendrik Arndt](#) und [Robert Brüll](#)

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt

Arbeitskreis Polymeranalytik - online, 21./22. Jan. 2021

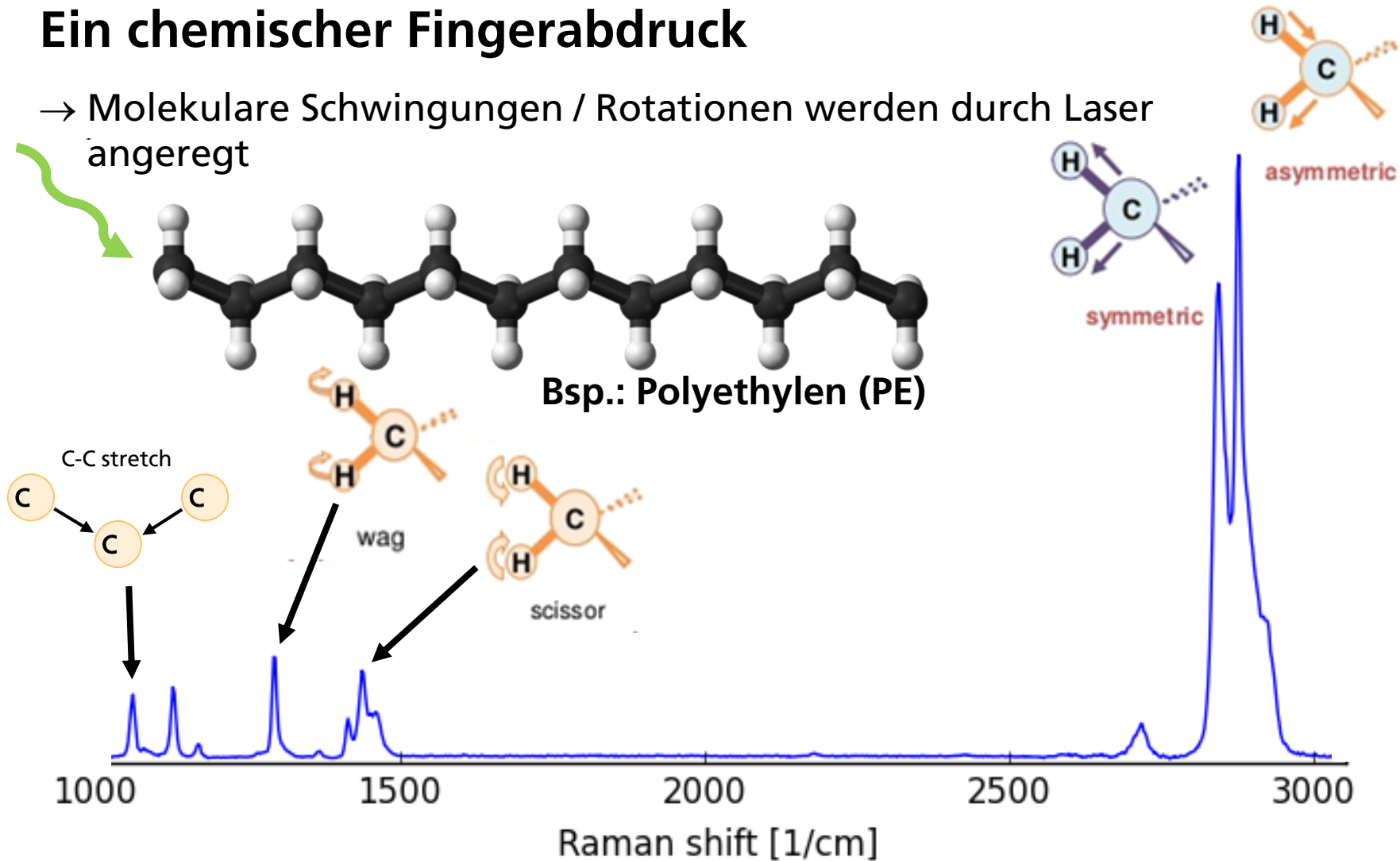


RAMAN-MIRKOSKOPIE ALS TEIL DER CHEMOMETRISCHEN KUNSTSTOFF-ANALYTIK AM FRAUNHOFER LBF

- Was ist Raman-Mikroskopie ?
- Beispiele aus Industrie-Anwendungen:
 - Flammschutz-Additive
 - Medical Devices
 - Mehrschicht-Folien im Agrar- und Verpackungsbereich
 - Tribologische Beschichtungen
 - Mikro-Additive mit Core-shell-Struktur
- Fraunhofer *analytics*: Materialeigenschaften verstehen durch Kombination verschiedener Analysetechniken
- Chemometrie: Ein deutlicher Mehrwert für Optimierung von Materialien & Produkten

Das Raman-Spektrum: Ein chemischer Fingerabdruck

→ Molekulare Schwingungen / Rotationen werden durch Laser
angeregt



Von der Raman-Spektroskopie zur hochauflösenden, konfokalen Raman-Mikroskopie

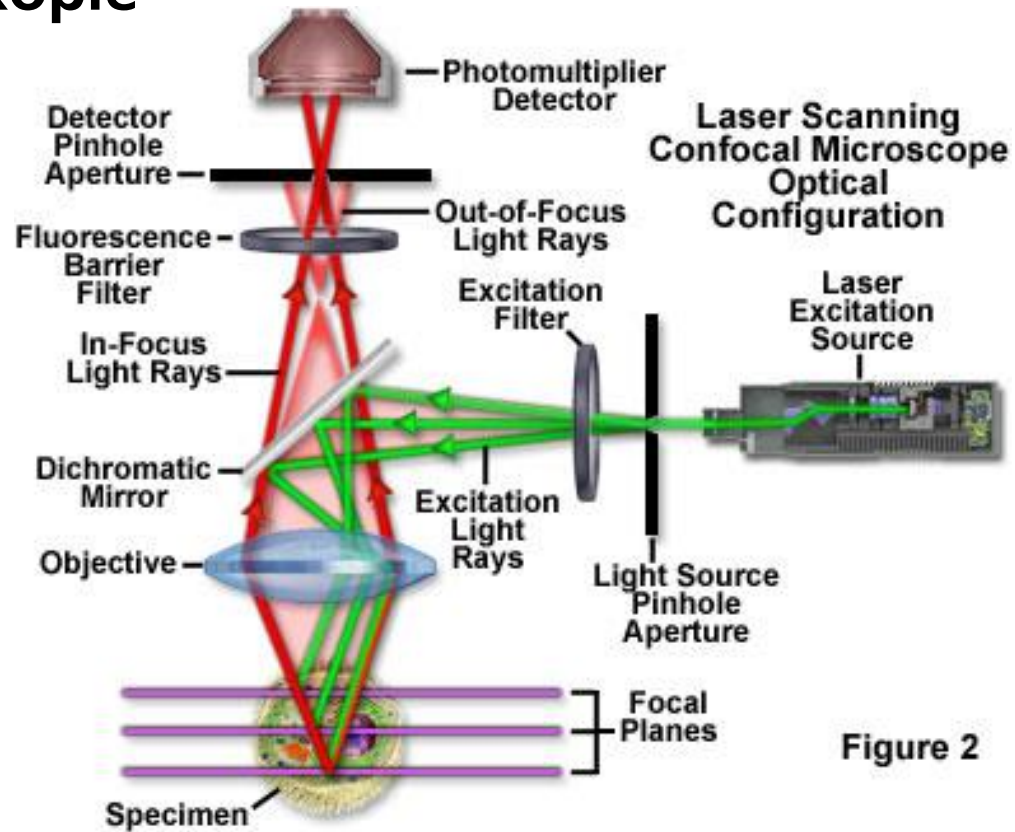
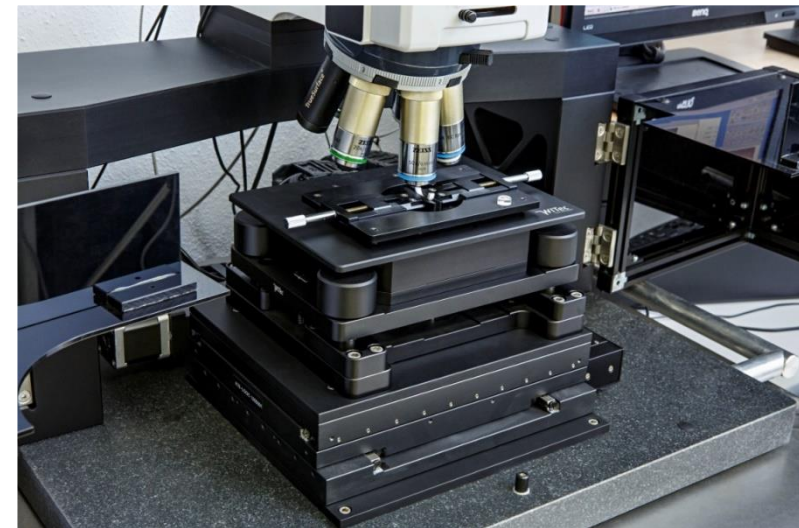
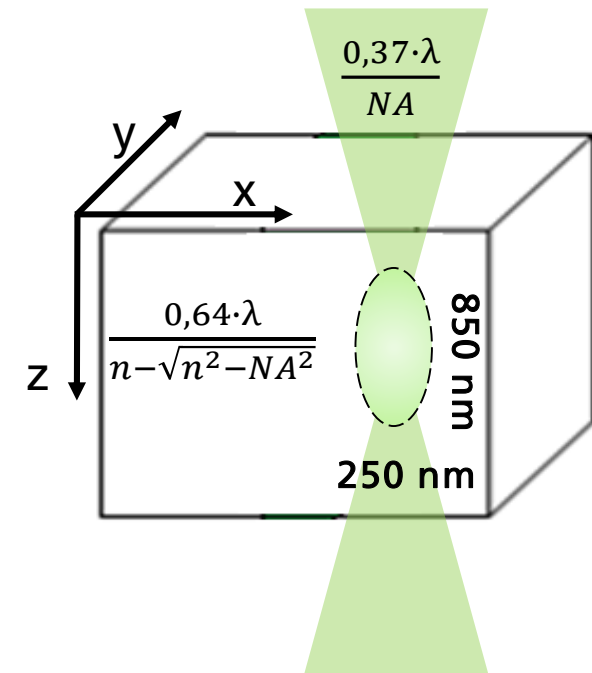
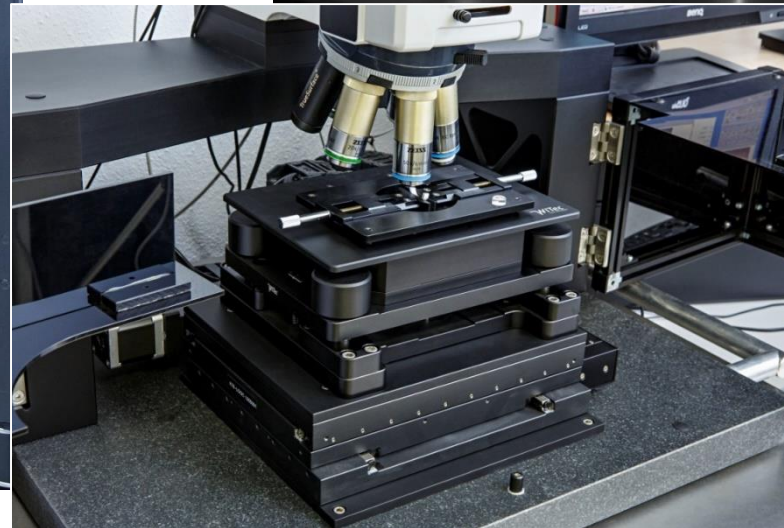
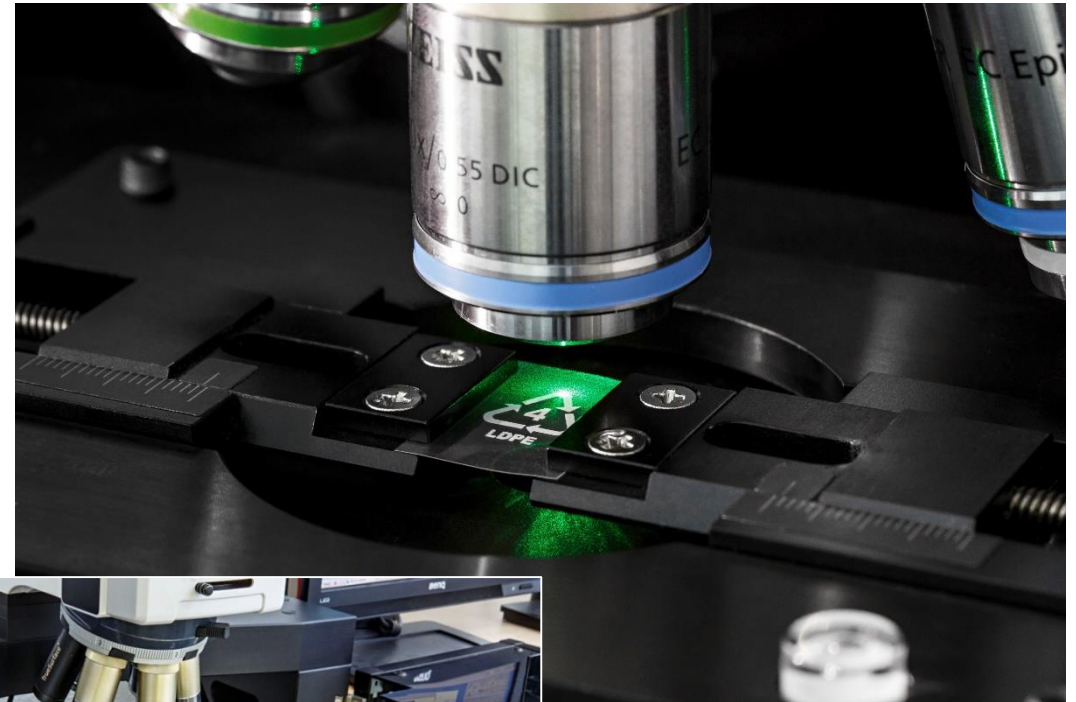
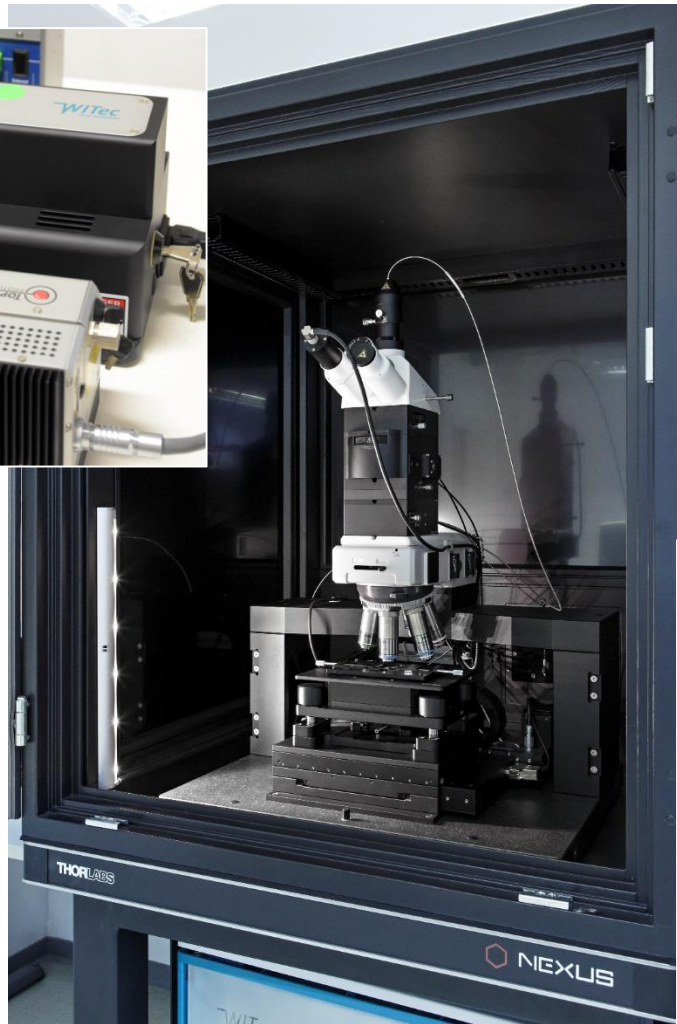
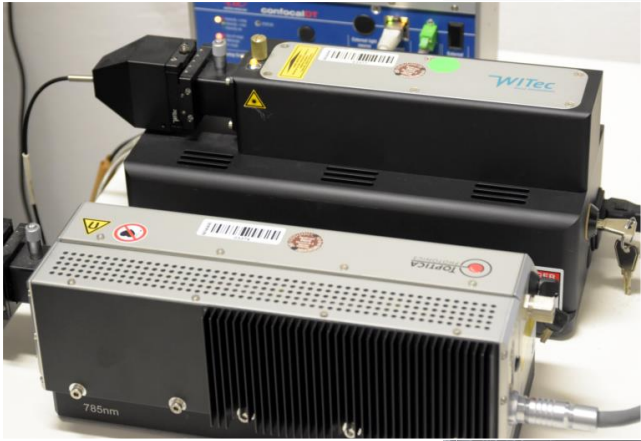


Figure 2



High-end-Raman-Mikroskopie am Fraunhofer LBF: Das WITec Alpha 500



DAS TYPISCHE PROBLEM DER INDUSTRIELLEN POLYMER-ANALYTIK

- Wie viele Komponenten sind enthalten ?
- Welches sind diese ?
- Wie ist ihre räumliche Verteilung ?

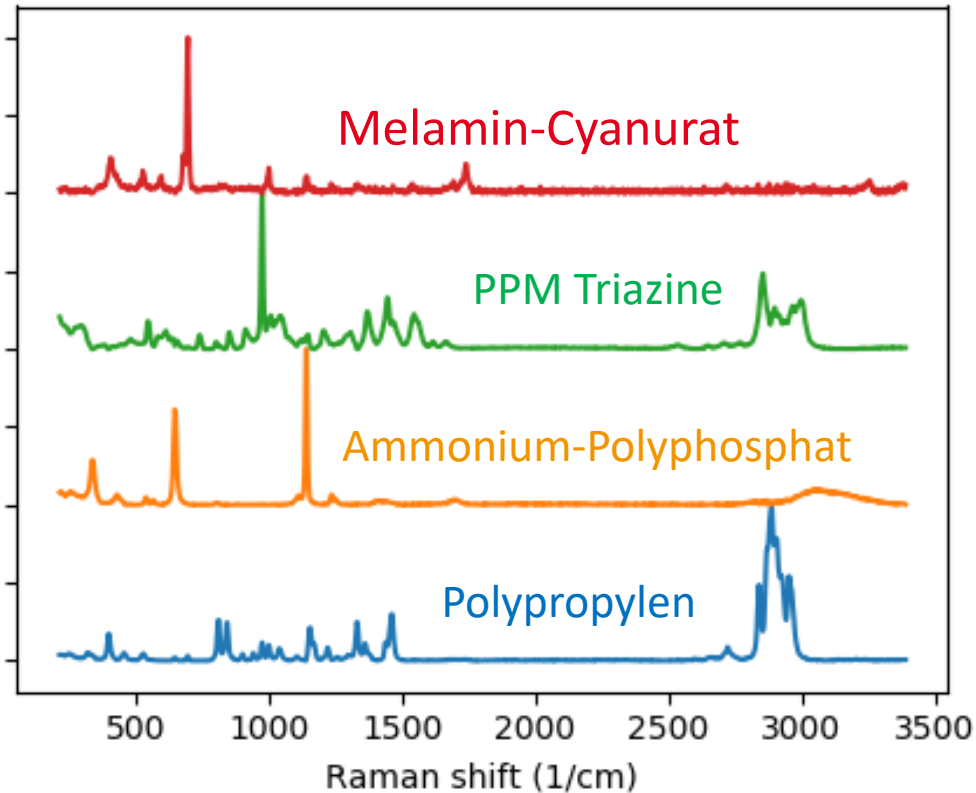
Multivariate Raman-Mikroskopie gibt die Antwort !



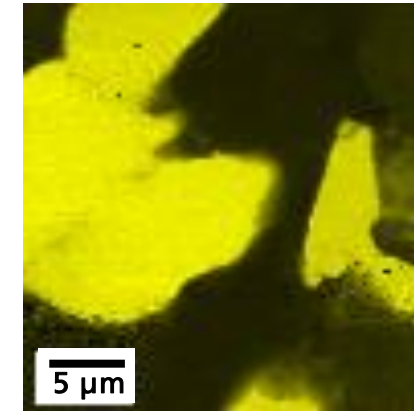
Chemische Raman-Bildgebung: Flammschutz-Additive in Poly- Propylen identifiziert & aufgelöst



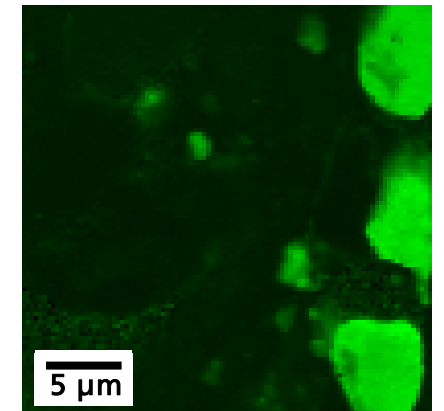
Raman Oberflächen-Scan
+ Entmischung



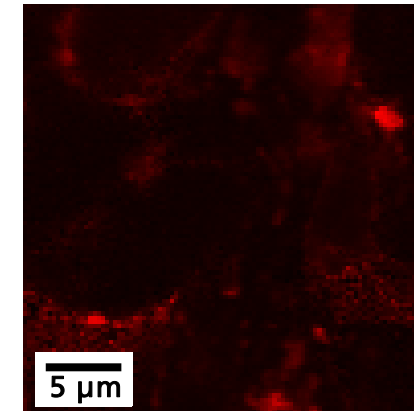
Ammonium-
Polyphosphat



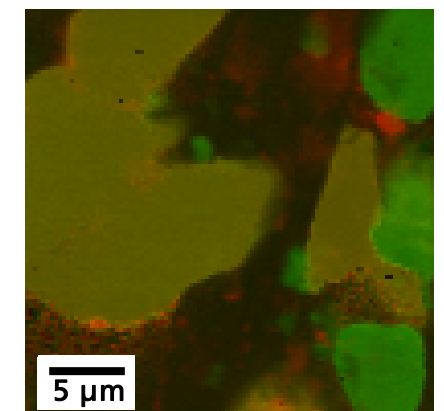
PPM Triazine



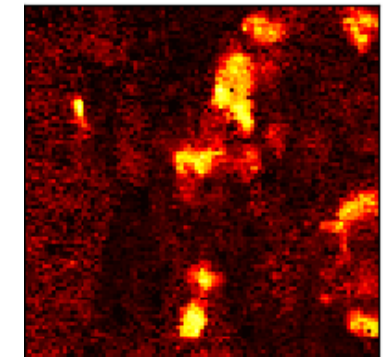
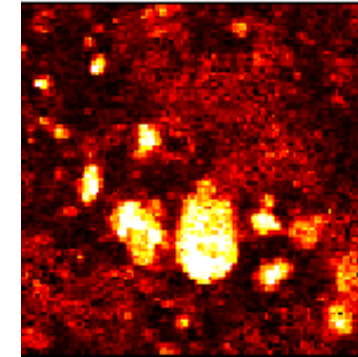
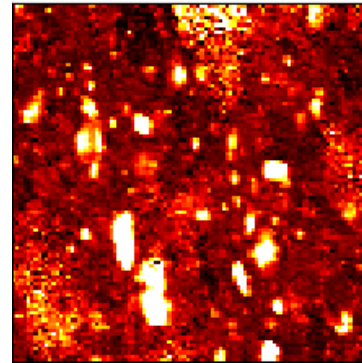
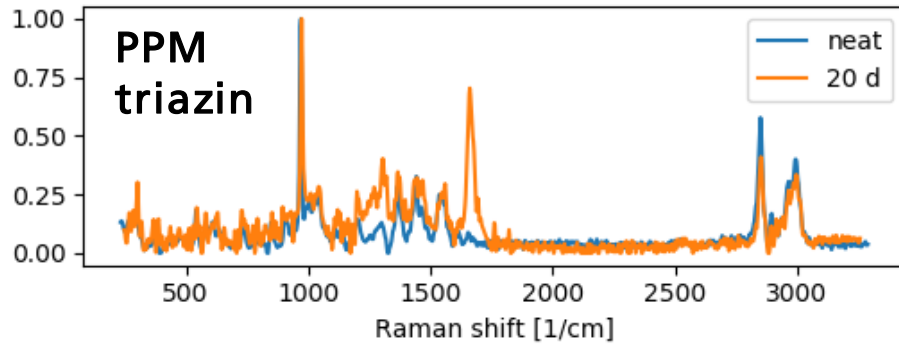
Melamin-Cyanurat



OVERLAY



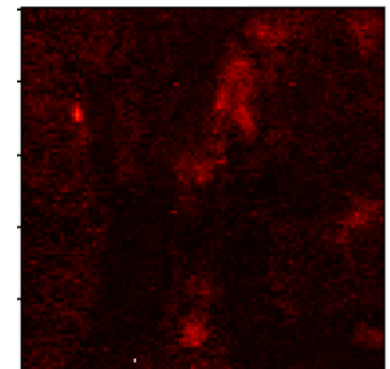
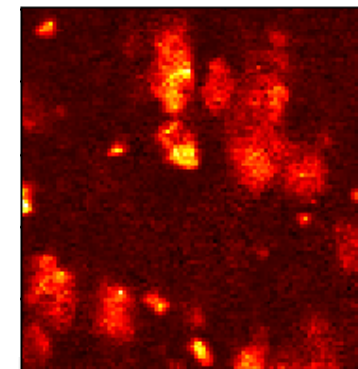
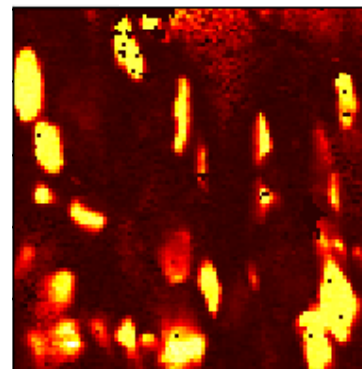
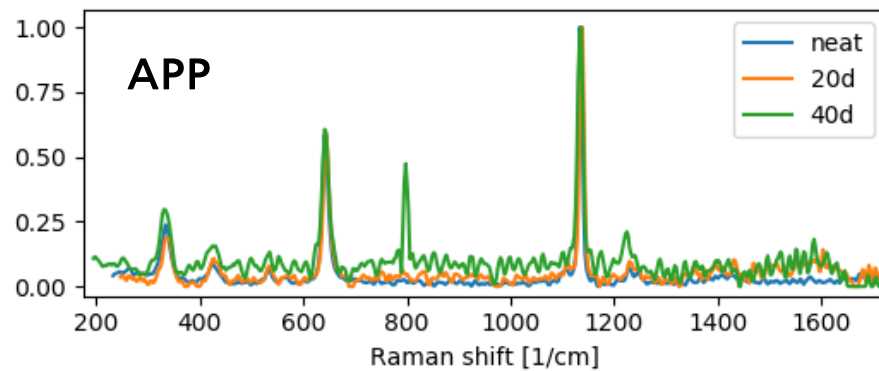
Raman-Mikroskopie zeigt Verbrauch von Flammenschutzmitteln bei thermischer Alterung (60°C)



frisch

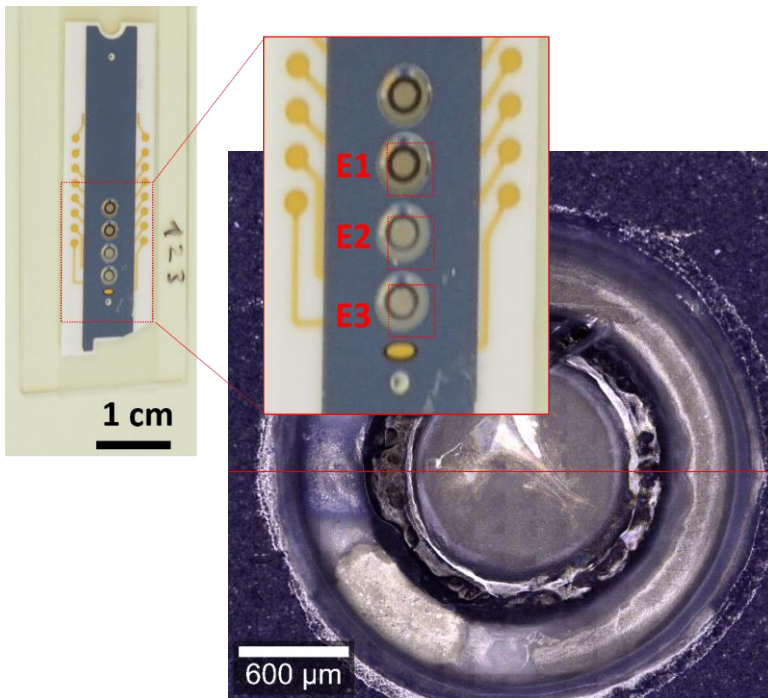
20 d

40 d

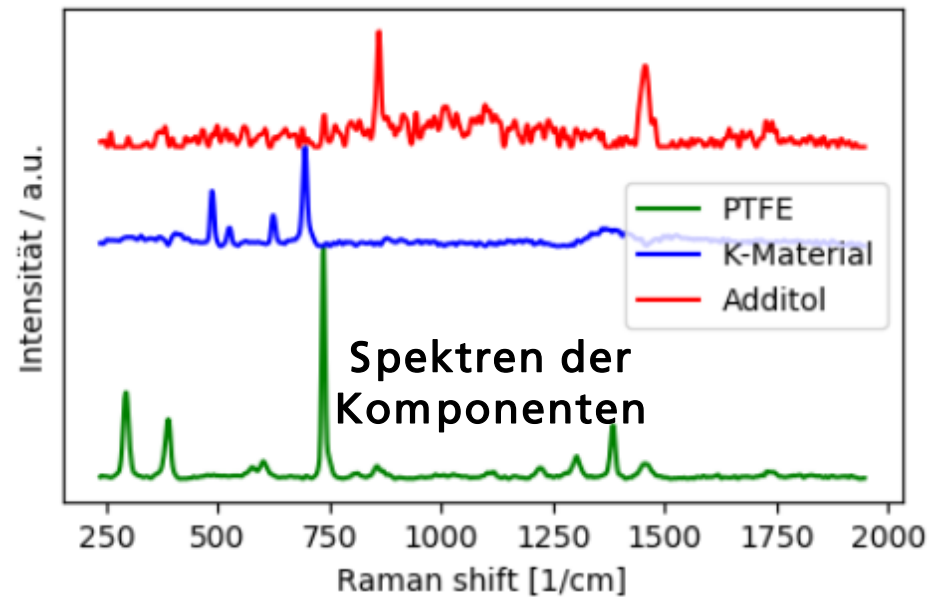


SCHICHTSTRUKTUR MEDIZINISCHER SENSOREN

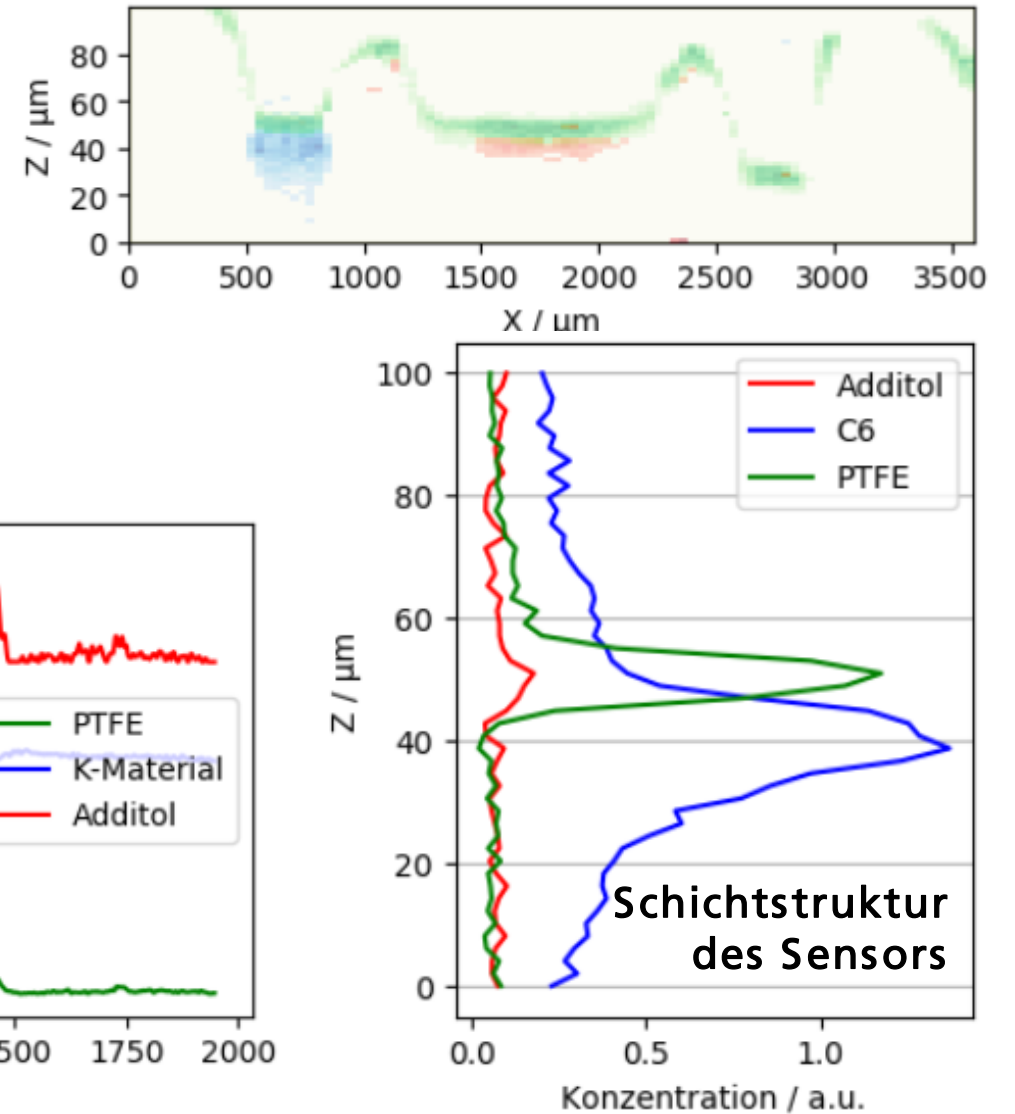
- Zerstörungsfreier, optischer Querschnitt durch Sensor-Elektrode



Raman-Mikroskopie liefert Struktur & Identität der Beschichtungen auf der Mikrometer-Skala



Querschnitt mit chemischem Kontrast

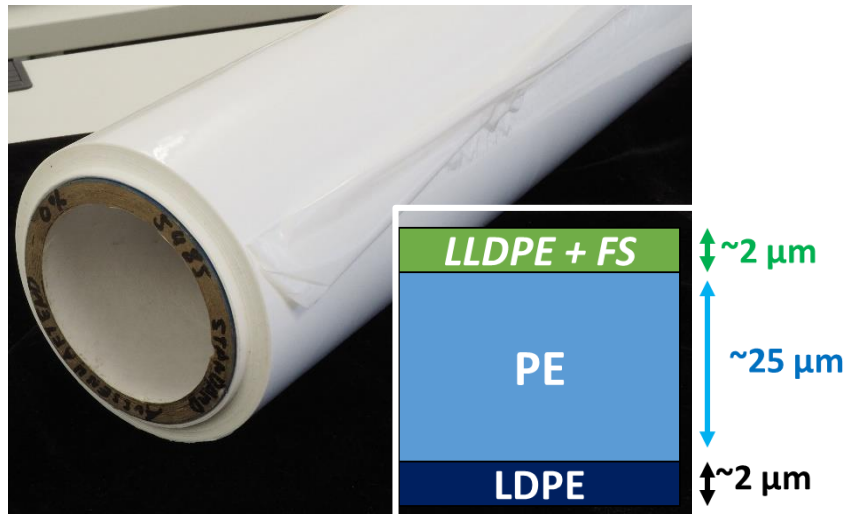


STRUKTUR DÜNNER FOLIEN

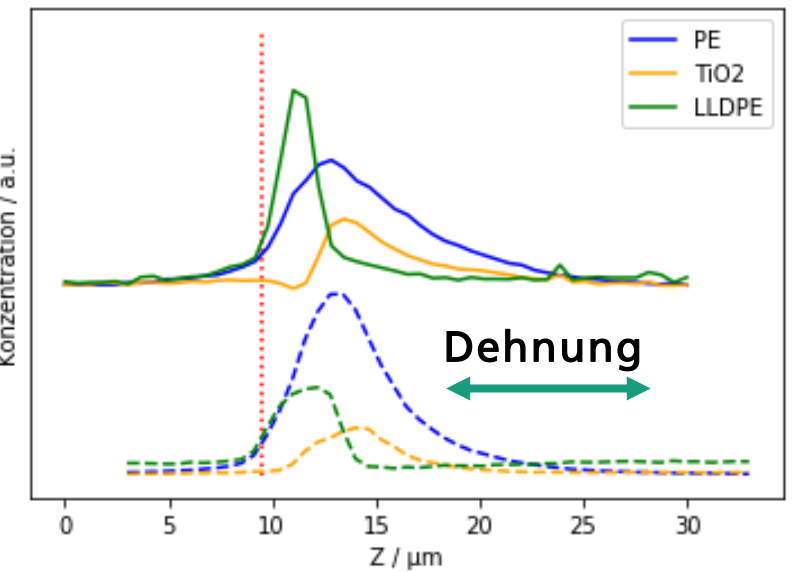
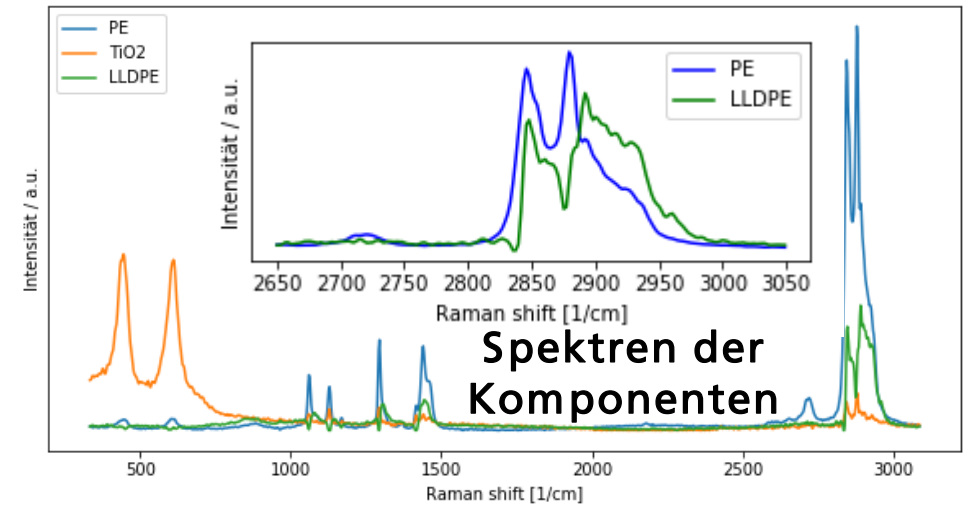
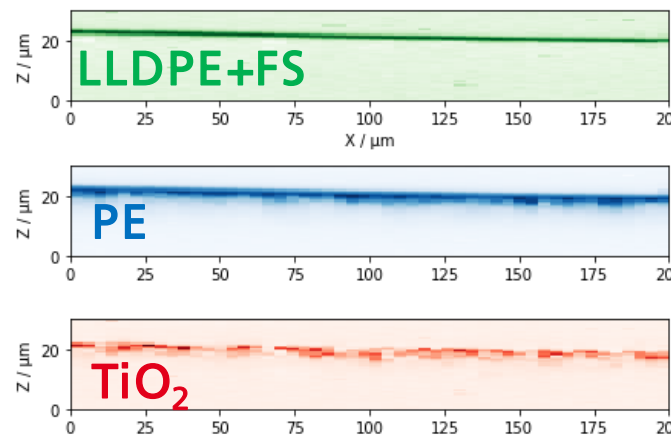
- Zerstörungsfreier, optischer Querschnitt durch dünne Stretch-Cling-Folien aus PE
- Vermischung der PE- und Gleitmittel-Schichten bei Dehnung der Folie

Raman-Mikroskopie macht μm -dünne Gleitmittel-Schicht auf der Oberfläche sichtbar

➤ Optimieren von Produktionsprozessen



Schichtstruktur der Folie



TRIBOLOGISCHE BESCHICHTUNGEN

DIAMOND-LIKE CARBON (DLC)



DLC coated piston & cylinder after engine firing test
2000rpmx5min., 5000rpmx5min., 12000rpmx3min , Motorcycle gasoline engine oil 0W-20



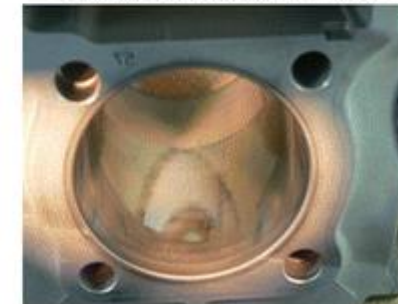
DLC(a-C:H) coated piston



DLC(a-C:H) coated piston



DLC(a-C:H) coated cylinder



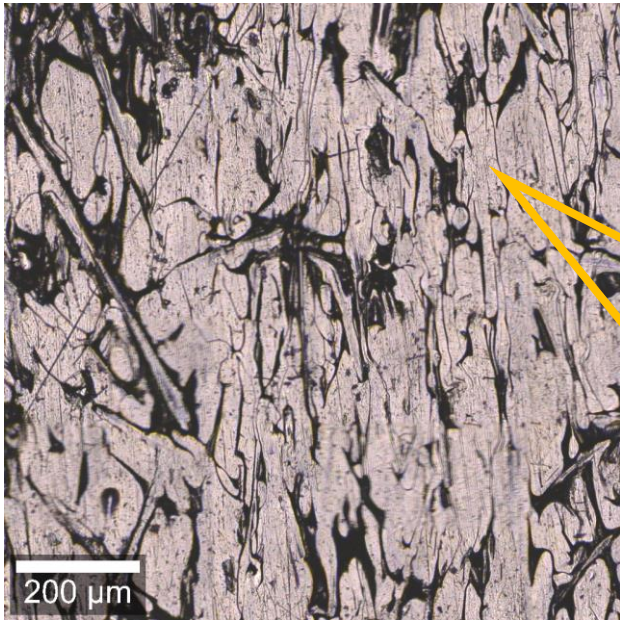
Tungsten shot-peened cylinder

TRIBOLOGISCHE BESCHICHTUNGEN

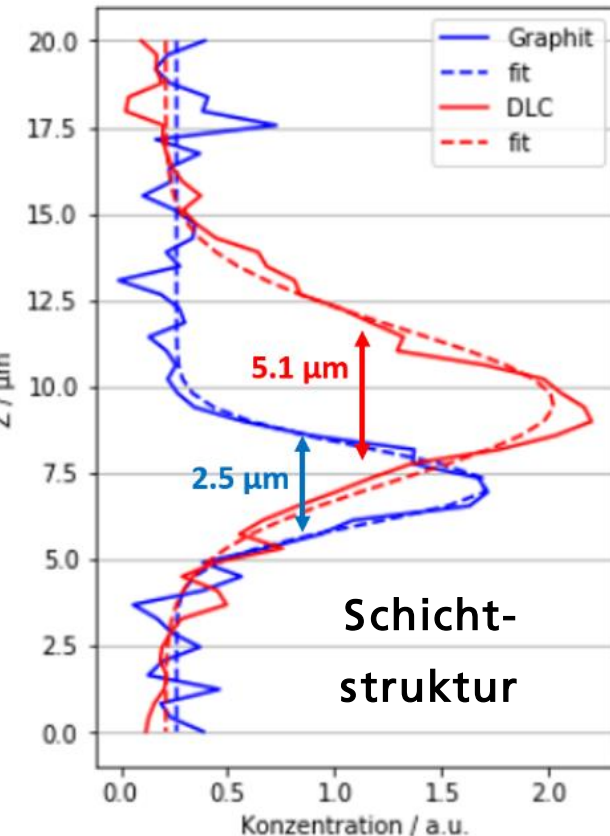
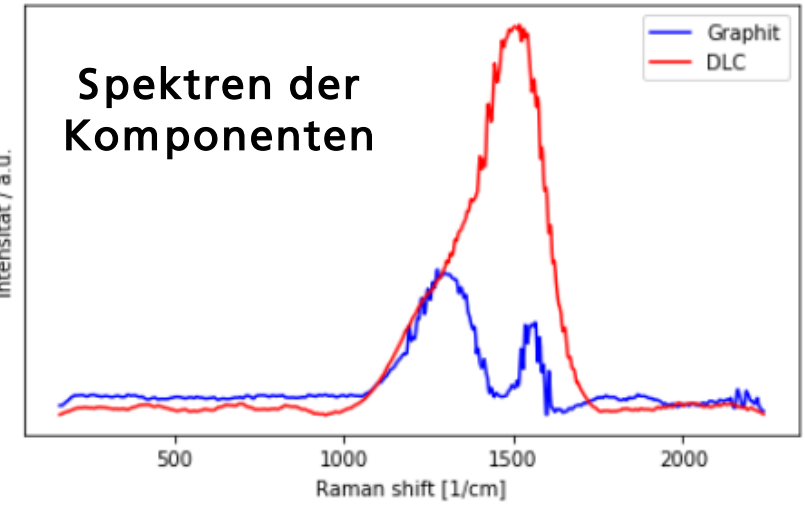
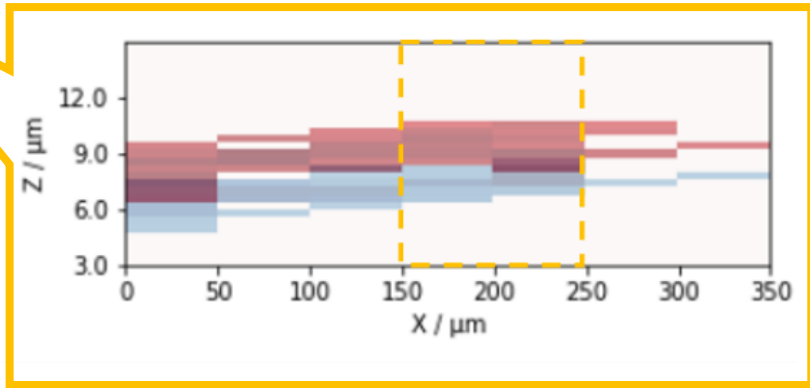
- Aufklärung der Modifikationen einer dünnen Kohlenstoff-Beschichtung auf Metall-Blechen
 - Graphit und Diamond-like Carbon (DLC)
- Schichtstruktur mit Dicken von wenigen Mikrometern

Raman-Mikroskopie liefert Direkte Rückschlüsse auf tribologische Eigenschaften

➤ **Optimieren von Produktionsprozessen**



Querschnitt der Oberfläche mit chemischem Kontrast



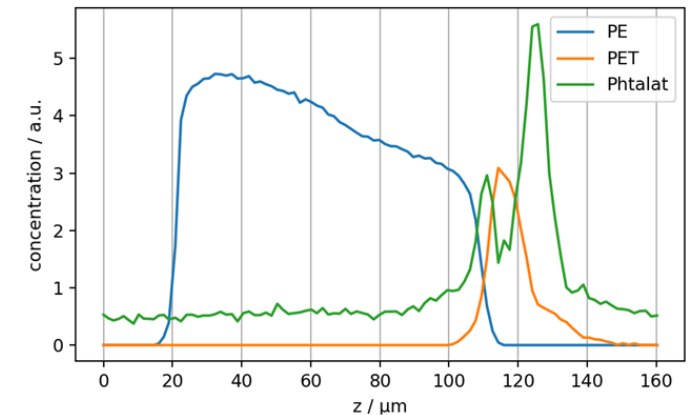
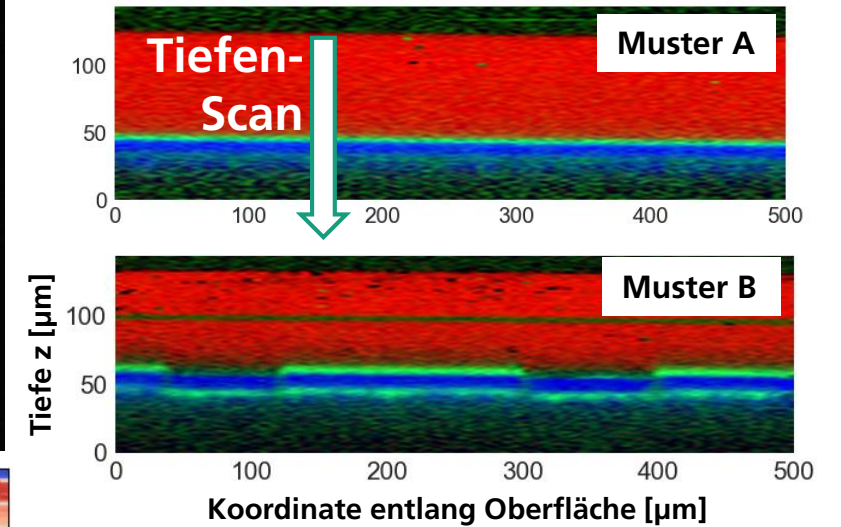
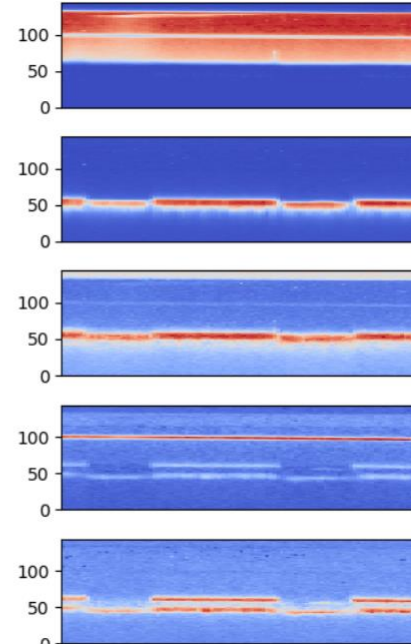
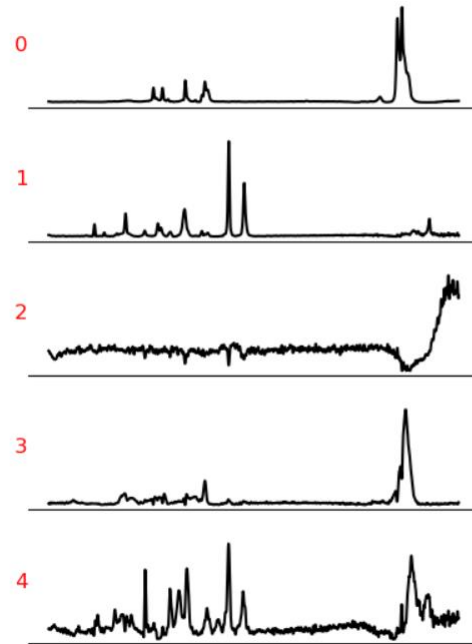
Schadensanalytik an Schichtstrukturen durch Raman-Mikroskopie

Multivariate CRM liefert

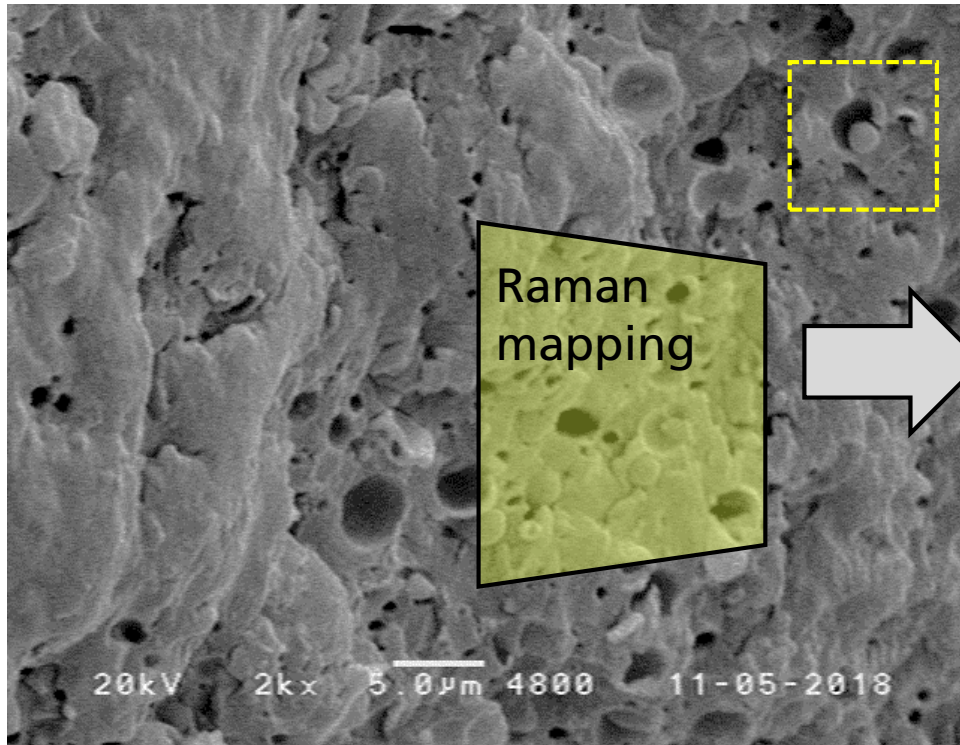
- Anzahl & Identität der Schichten
- Schichtdicken + Art und Form von Defekten

Raman-Mikroskopie ermöglicht Schadensanalytik an komplexen Materialien

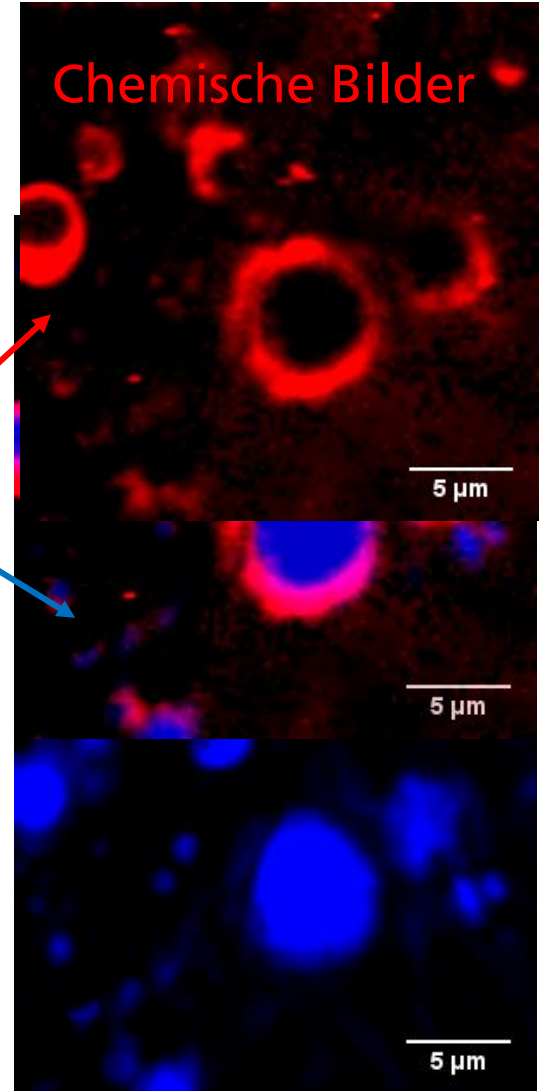
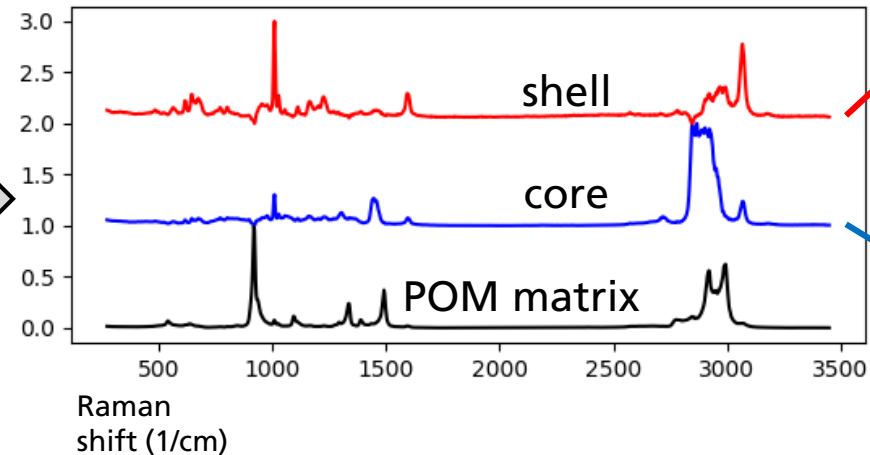
- Schnell
- Präzise
- zerstörungsfrei



Raman-Imaging mit chemischem Kontrast offenbart Core-shell-Struktur von Mikrokapseln

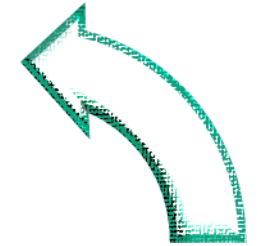
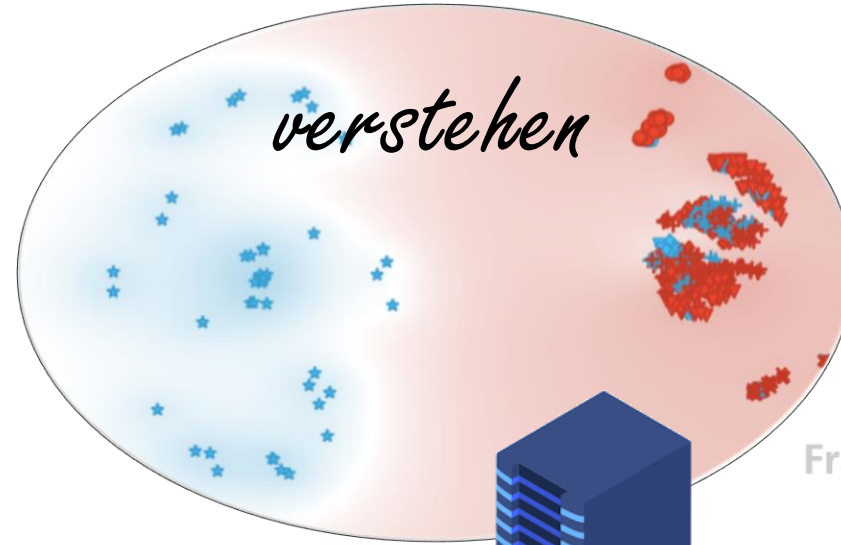
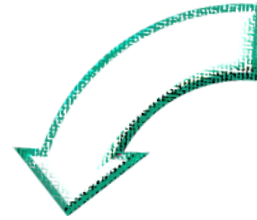
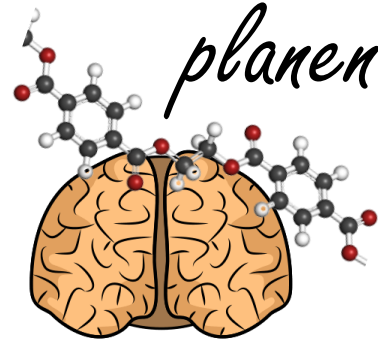
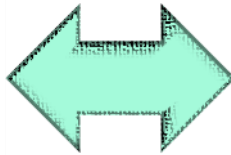


Multivariate Entmischung



Raman-Mikroskopie ist eine vielseitige, zerstörungsfreie Analytik mit starkem Kontrast und hoher Auflösung

Chemometrie in der analytischen Auftragsforschung



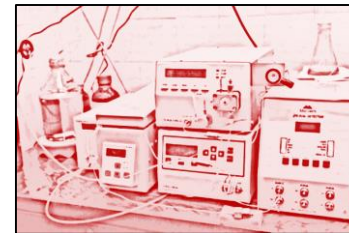
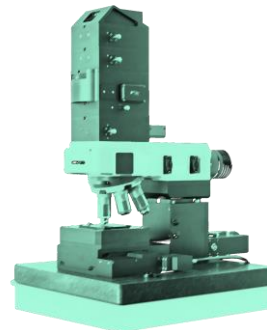
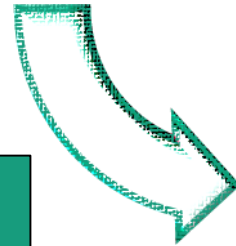
Fraunhofer
analytics
understand materials



Partner

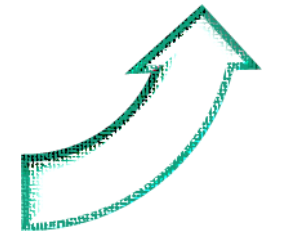
Fraunhofer *analytics*:

*Planen – Analysieren –
Zusammenführen - Verstehen*



analysieren

zusammenführen



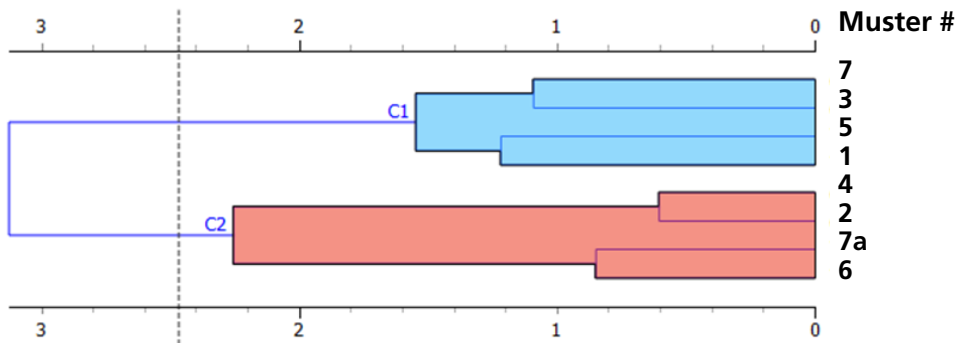
Chemometrie ermöglicht das Verstehen und Optimieren von Materialeigenschaften

Beispiel:

Finden der kritischen Materialeigenschaften durch multivariate Analyse

Beispiel:

Klassifikation durch Hierarchical Clustering



Chemometrische Zusammenführung von Analysedaten

- deutlichen Mehrwert durch systematisches Verständnis der Materialien.
- Hochkomplexe Fragestellungen können gelöst werden.

← T steigt

