

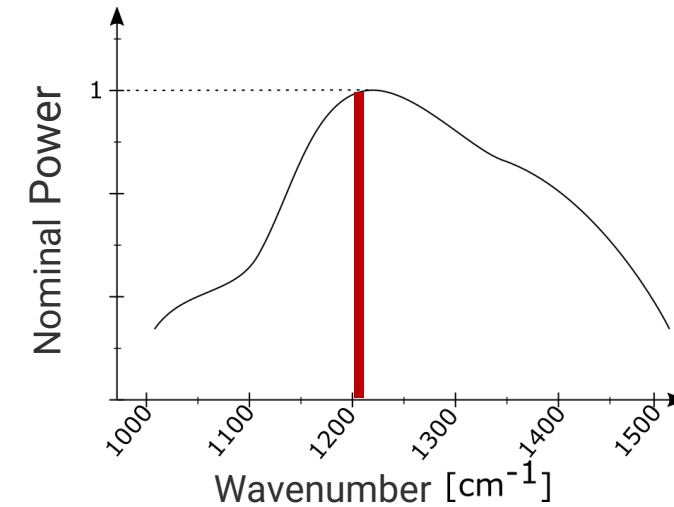
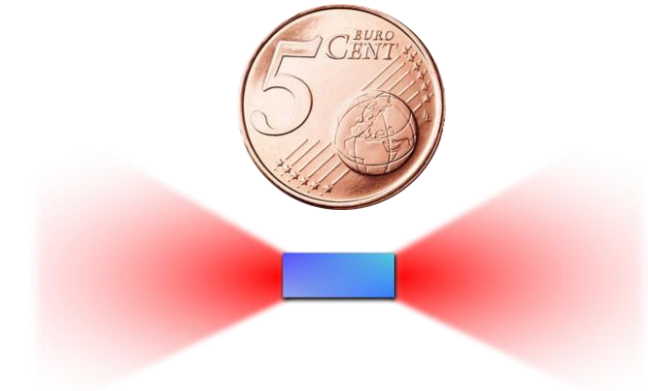
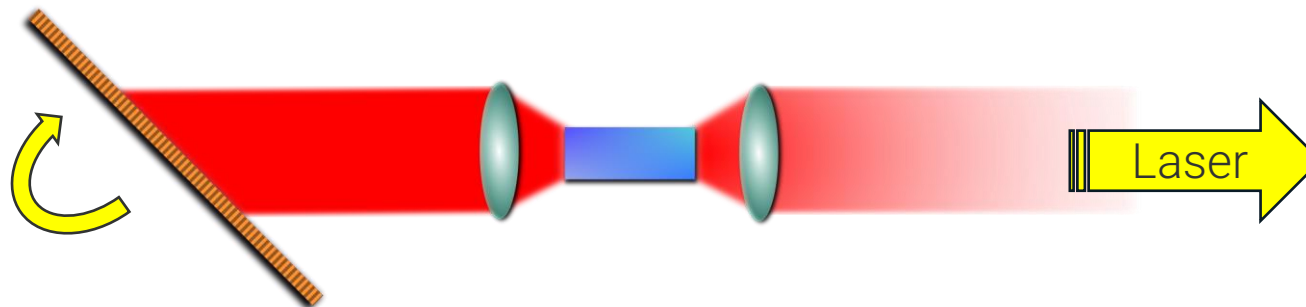
ANWENDERTREFFEN 2023

# QCL-Mikroskopie: Warum und wofür?

---

# Was ist QCL?

- Quantenkaskadenlaser
- Halbleiterlaser, einige mm groß
- Zusammensetzung bestimmt Emissionsbereich
- Laser im Fokus zwischen zwei Linsen, Gitter selektiert Wellenzahl
- Eine Wellenzahl emittiert mit hoher Leistung



## Durchstimmbarer QCL

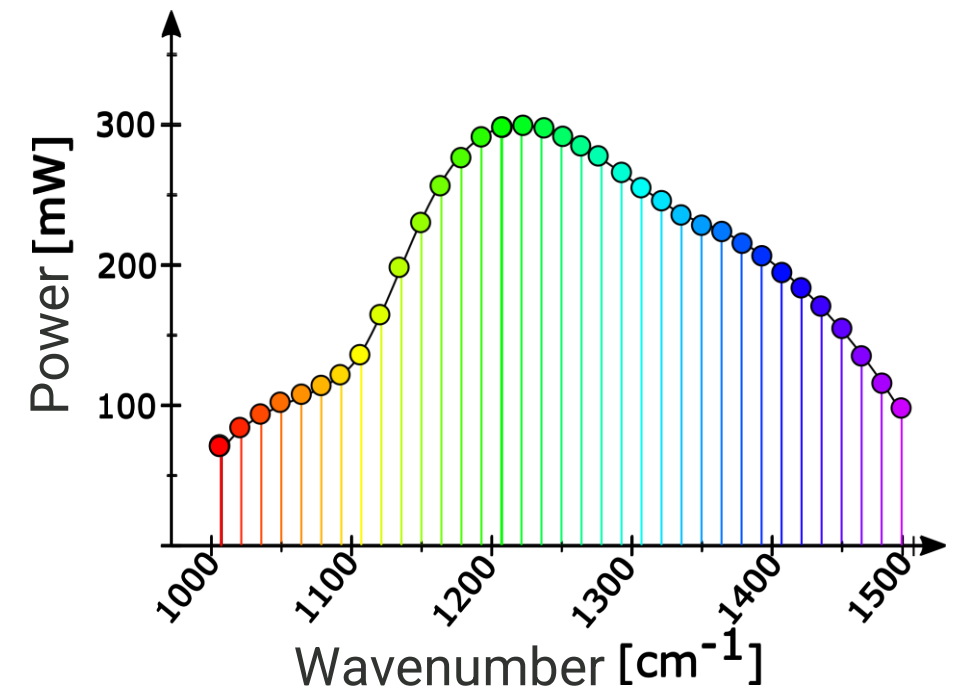
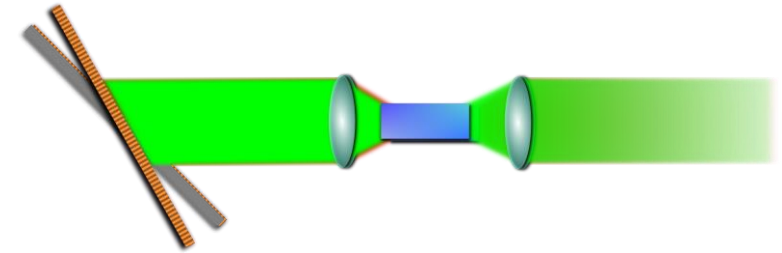
- Drehung des Gitters bestimmt Laserwellenzahl
- Schrittweises Durchstimmen des kompletten Spektralbereichs



Exzellente Energiedichte

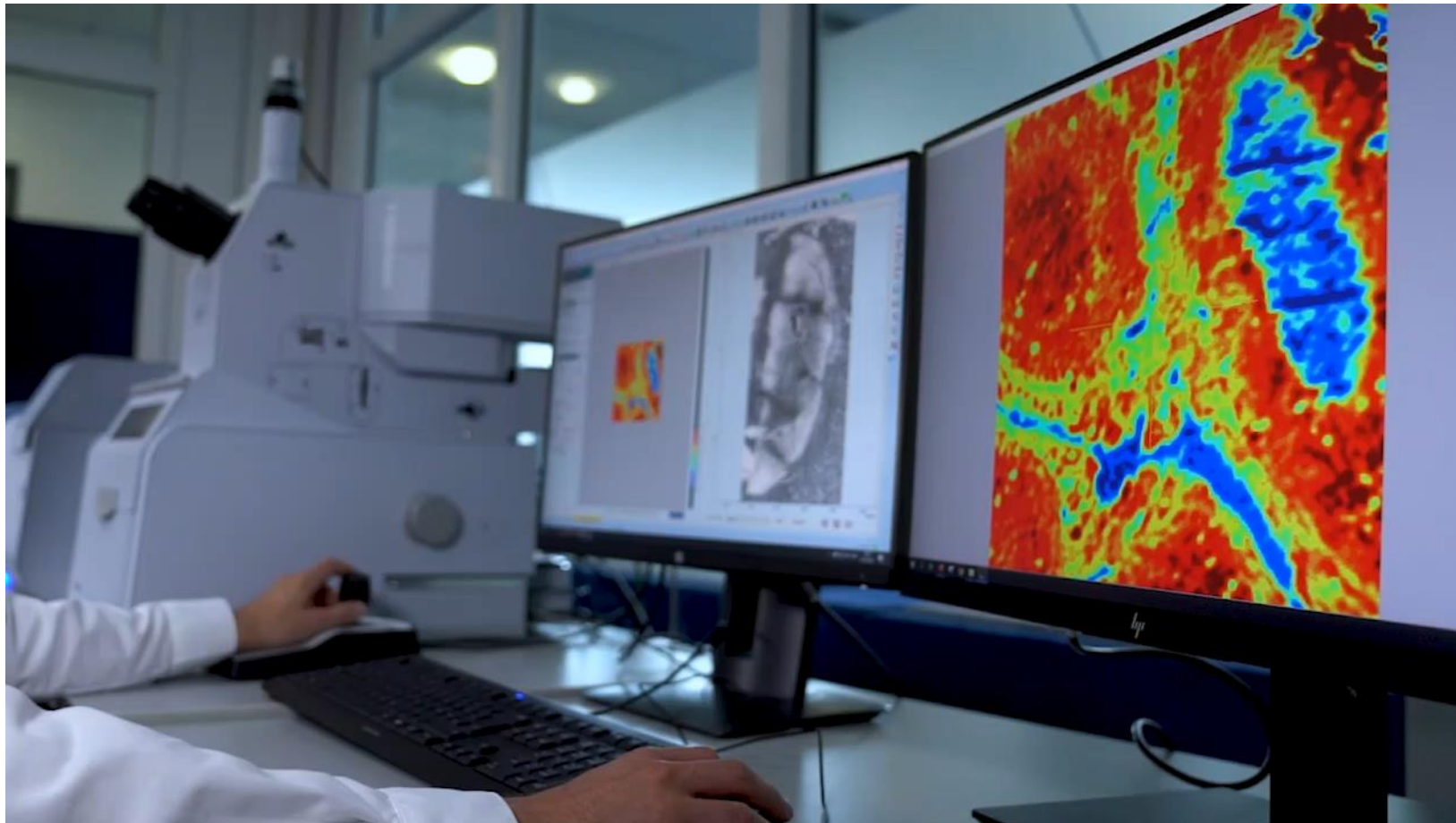


Mikroskopie mit IR-Kameras!



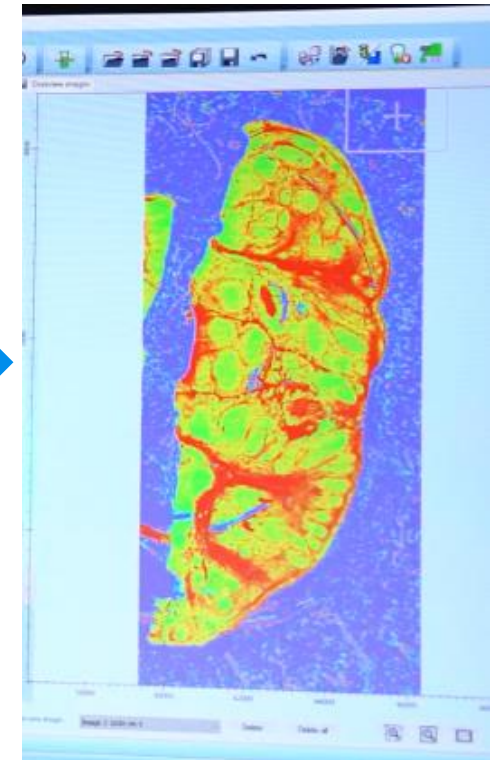
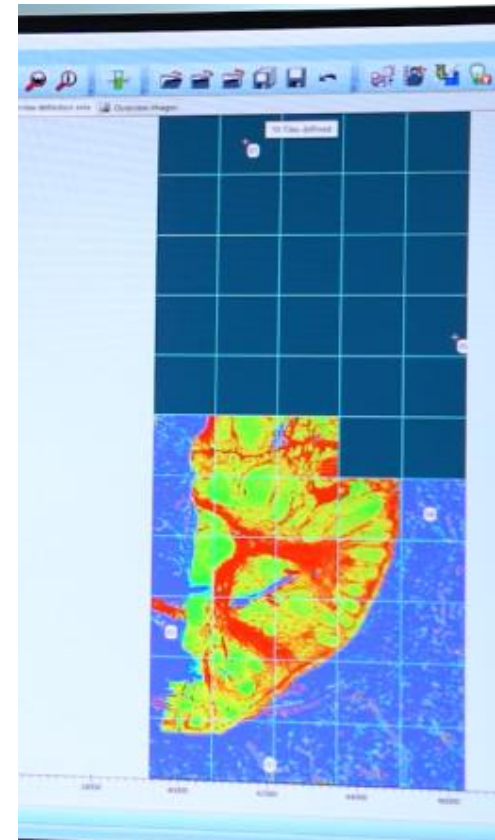
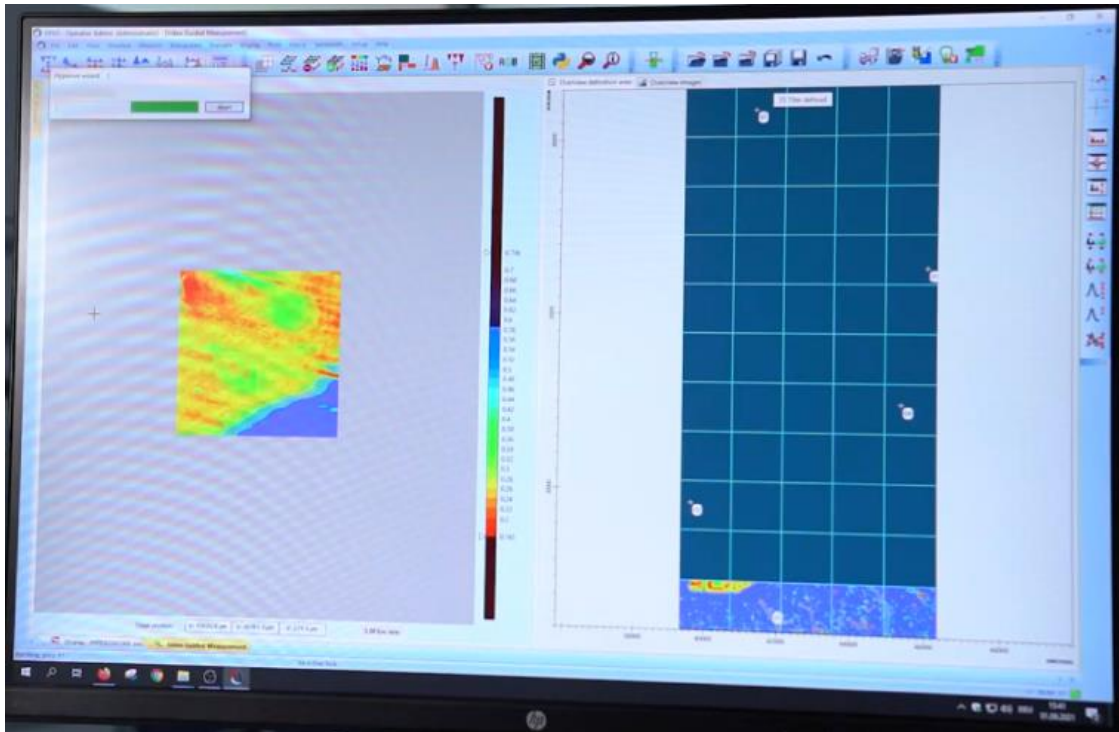
## IR Kamera – Echtzeitbildgebung

- Chemisches Livebild bei einer Wellenzahl
- Die Probe durch die Augen des Spektrometers sehen!



# IR Kamera – IR Bildaufnahme

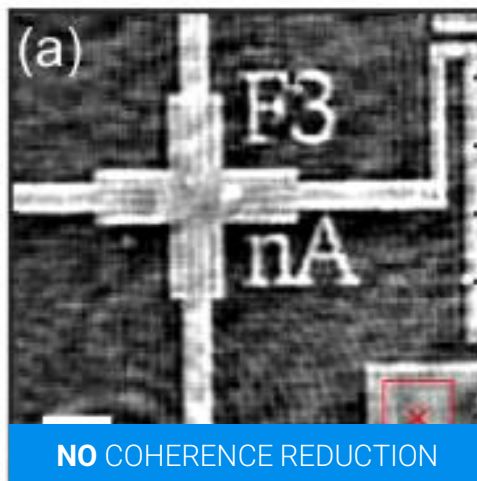
- Schnelles Aufnehmen von Bildern bei einer Wellenzahl
- Visualisierung von Verteilung in wenigen Sekunden!



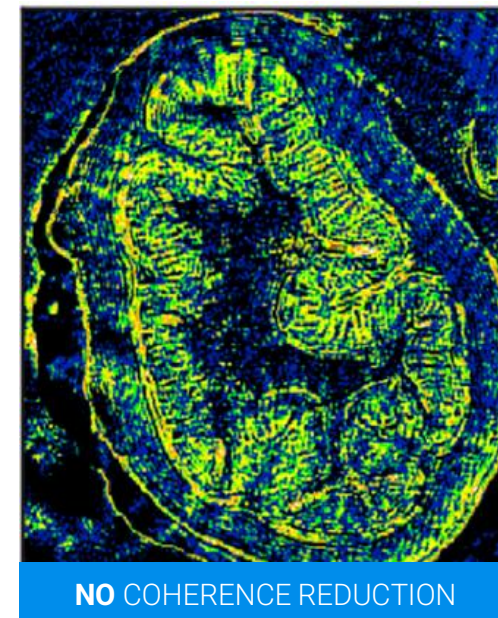
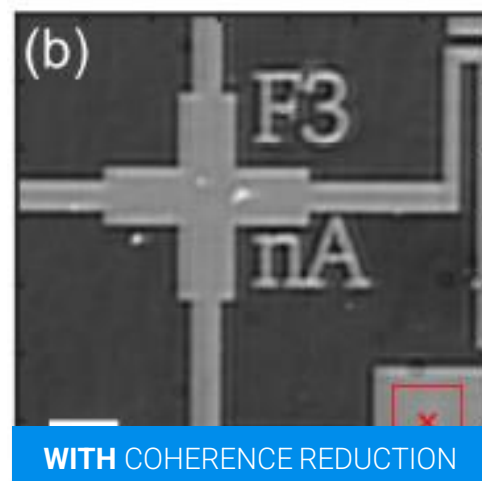


# Artefaktfreie IR Laser Bildgebung

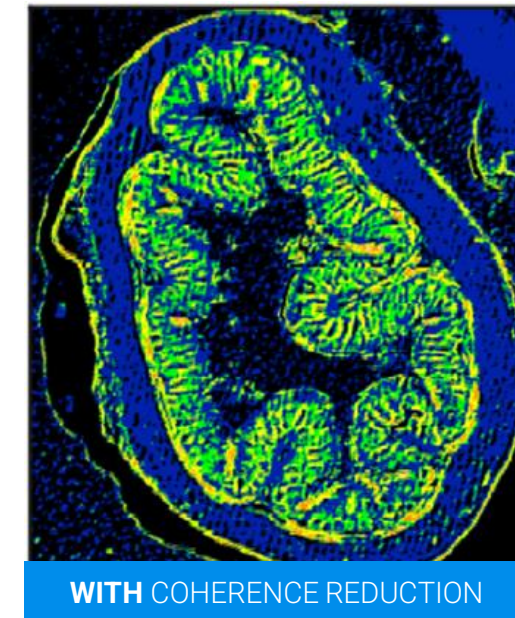
- Kohärente Strahlung erzeugt Artefakte, wenn sie gestreut wird
- Brukers patentierte\* Kohärenzreduktion beseitigt diese Artefakte
  - Hardware-basiert → entfernt Kohärenz **vor** der Messung



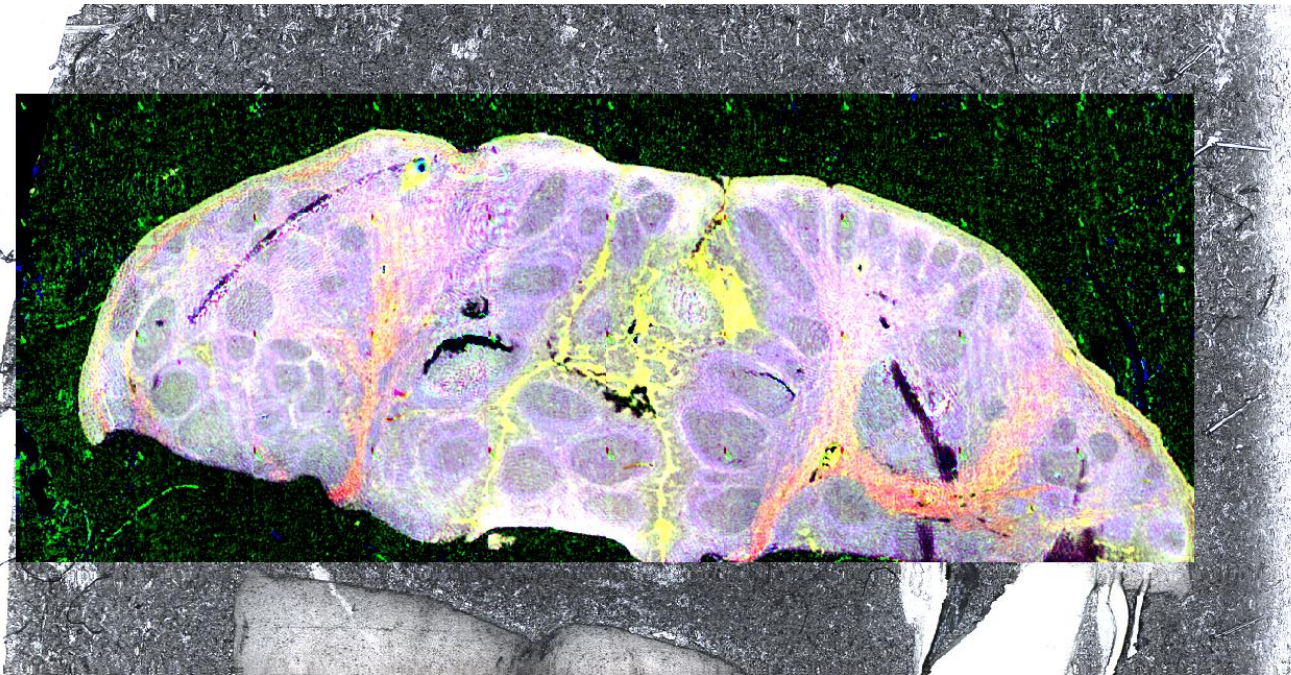
*IR Bild in Reflexion*



*IR Bild in Transmission*



# Geschwindigkeitsvorteil - Spektralmessung



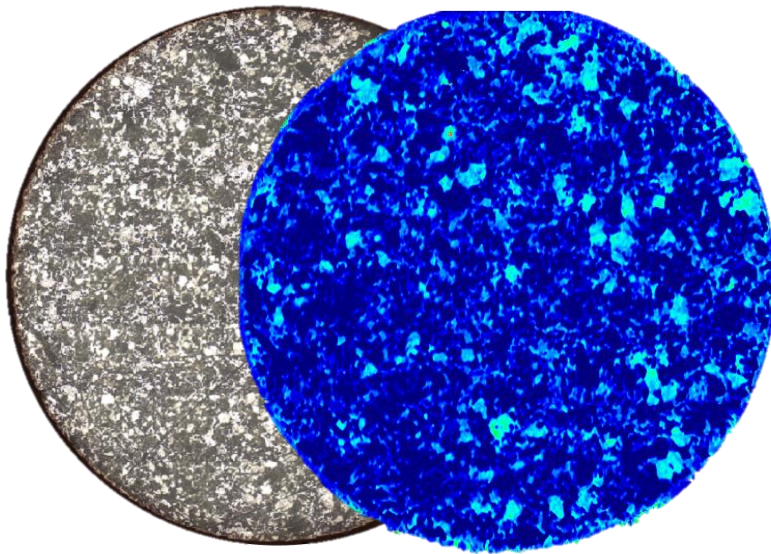
Sweepscan	
Fläche	15 x 6 mm
Pixelgröße	4.9 $\mu\text{m}$
Spektralbereich	1800 – 950 $\text{cm}^{-1}$
Spektrale Auflösung	4 $\text{cm}^{-1}$
Messdauer Kachel	13 Sekunden / 90.000 Spektren
Messdauer	8 Minuten
Vergleich FT-IR	<b>14x schneller</b>



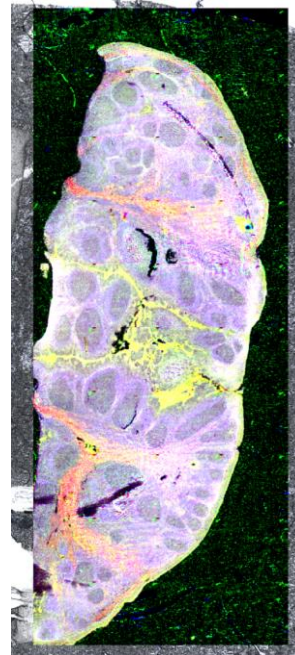
# HYPERION II – ILIM | Anwendungsbeispiele

- Ideal für hohe Ortsauflösung mit hoher Geschwindigkeit und große Proben
- Reflexionsmessung an Proben mit niedriger Reflektivität (anstelle von ATR)

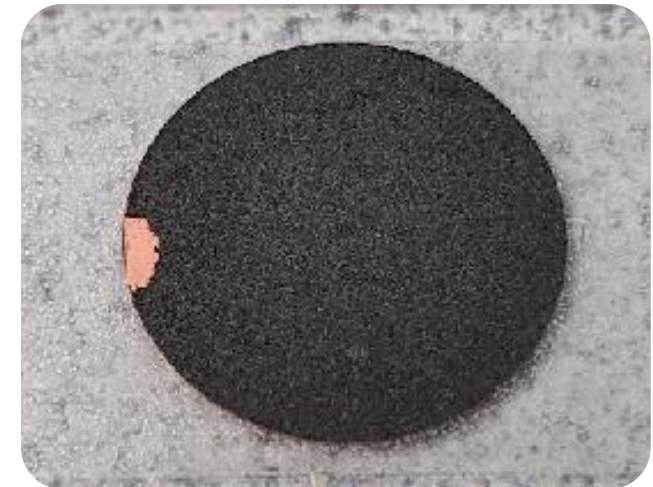
Pharmazeutische Tabletten



Gewebeimaging



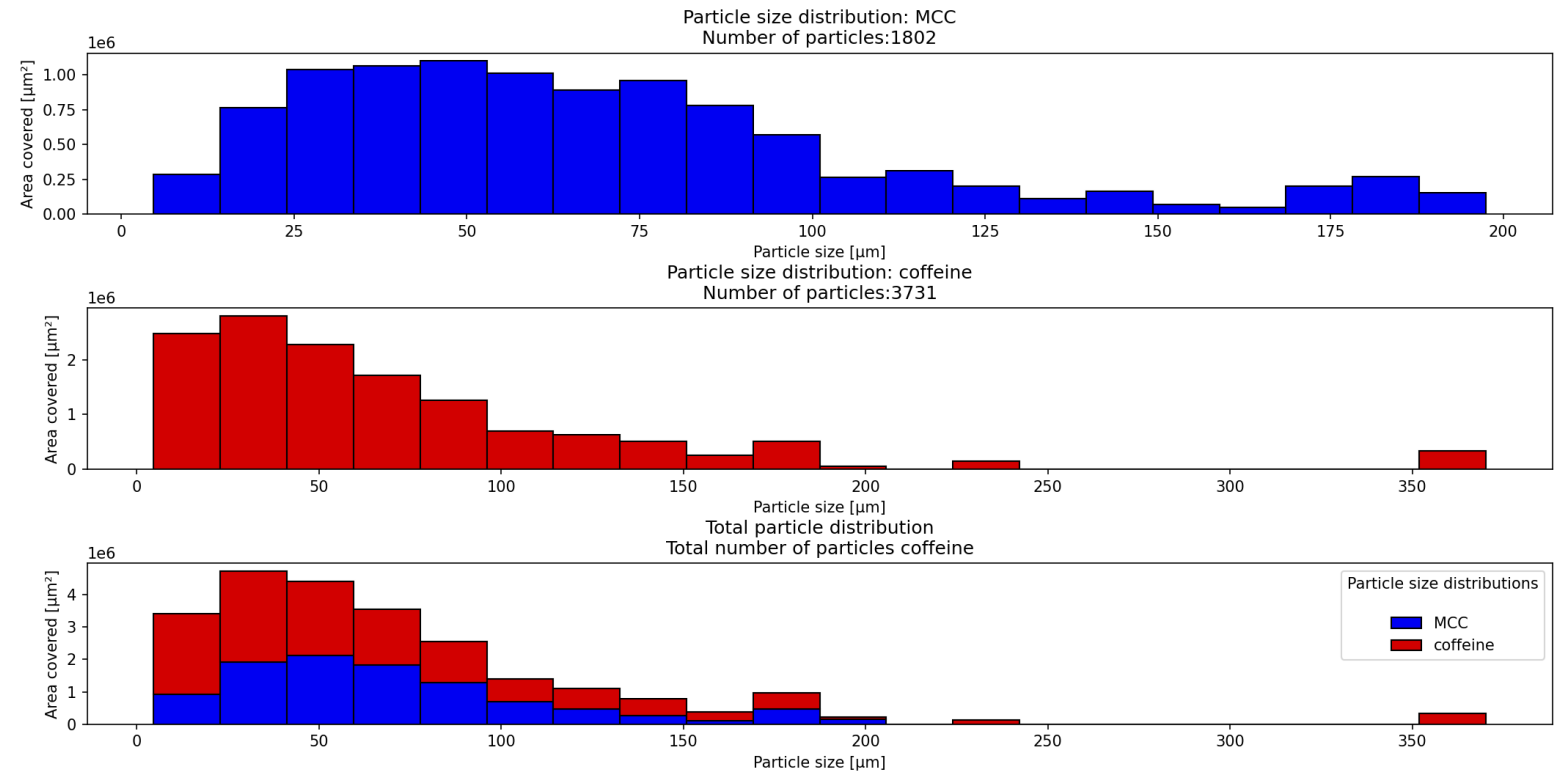
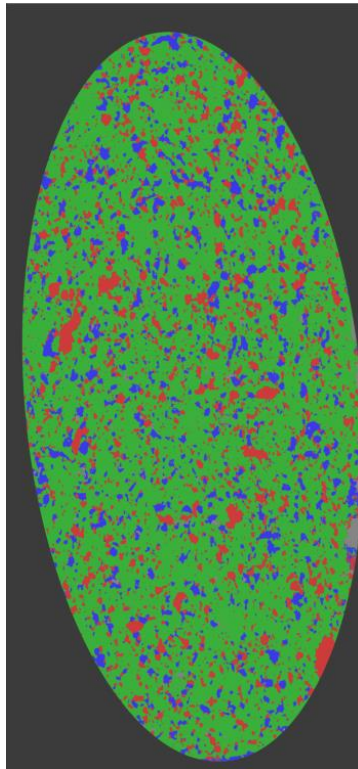
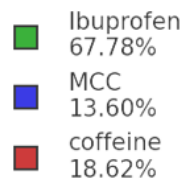
Materialforschung





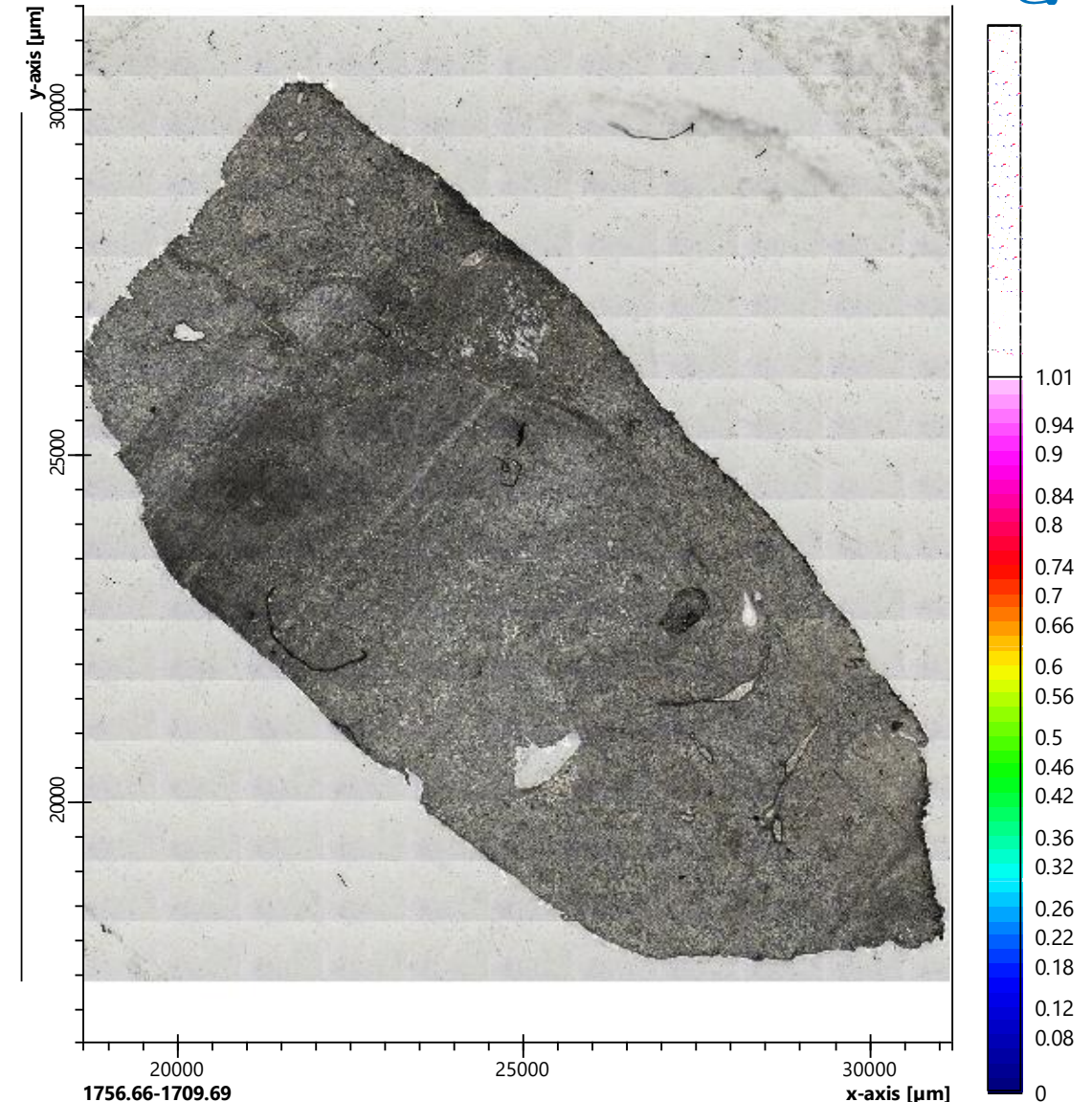
# Bruker Tablettenanalysator

- Messung einer Tablette in Reflexion unter 10 Minuten
- Machine-learning basierter Klassifikator
- Datensätze ~ 3 - 5 GB → Auswertung in 20 Sekunden



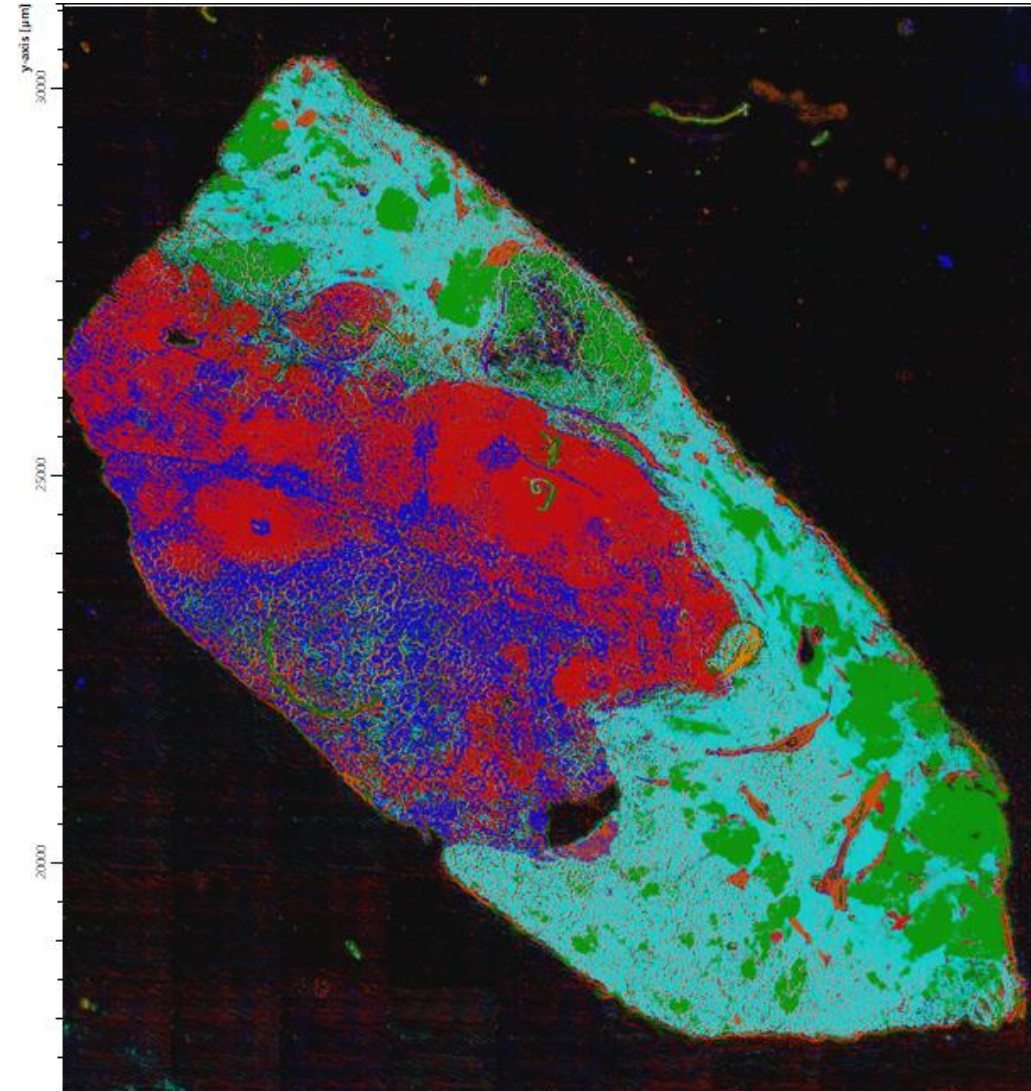
# Gewebeimaging

- Identifikation von Tumorregionen
- 1800 -950  $\text{cm}^{-1}$
- 15 x 7 mm Area  $\rightarrow$  ~5 Mio Spektren
- ~8 Minuten für komplettes Gewebe
- Einfache Integration von Lipidbande
- Chemisches Bild dem visuellen überlagert
- Messung in Transmission oder Reflexion
- Voruntersuchung für MALD-MS Bildgebung
- Messung direkt auf ITO Slides



# Bruker's Adaptive Chemical Imaging

- Große Datenmengen brauche schlaue Auswertung
  - Unsupervised k-means cluster Algorithmus
    - Keine Nutzereingabe erforderlich
    - Jede Farbe repräsentiert eine spektrale Klasse
  - Blau & rot → Tumor
  - Türkis → gesundes Gewebe
  - Grün → Läsionen
  - Orange → Arterien
- 
- ROI-Findung für MALDI-MS
  - Komplimentärmethode





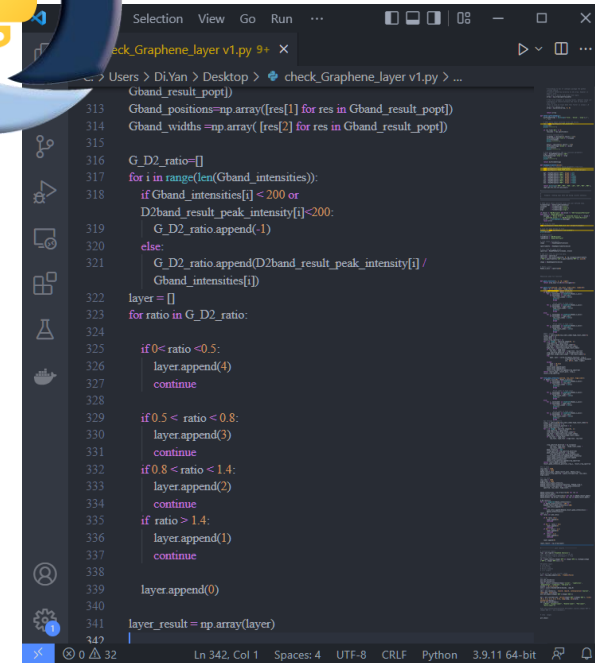
# OPUS| Python

## Eigene Methoden in Python

- Python Skripts in OPUS
- Einfache Implementierung mit Beispielcode
- Bereit für Machine Learning ohne Datenexport
- Auswerteroutinen als Button in Menüleiste

## Typische Anwendungen

- One-click Datenverarbeitung/ QC / Reporterstellung
- Individuelle Datenvisualisierung & Animation
- Auswertung mittels Machine-learning Modell

```

check_Graphene_layer v1.py 9+ x
Users > Di.Yan > Desktop > check_Graphene_layer v1.py > ...
Gband_result_popt1)
313 Gband_positions=np.array([res[1] for res in Gband_result_popt1])
314 Gband_widths=np.array([res[2] for res in Gband_result_popt1])
315
316 G_D2_ratio=[]
317 for i in range(len(Gband_intensities)):
318     if Gband_intensities[i] < 200 or
319     D2band_result_peak_intensity[i]<200:
320         G_D2_ratio.append(-1)
321     else:
322         G_D2_ratio.append(D2band_result_peak_intensity[i] /
323         Gband_intensities[i])
324
325 layer = []
326 for ratio in G_D2_ratio:
327     if 0 < ratio < 0.5:
328         layer.append(4)
329         continue
330     if 0.5 < ratio < 0.8:
331         layer.append(3)
332         continue
333     if 0.8 < ratio < 1.4:
334         layer.append(2)
335         continue
336     if ratio > 1.4:
337         layer.append(1)
338         continue
339
340 layer.append(0)
341
342 layer_result = np.array(layer)
447
  
```

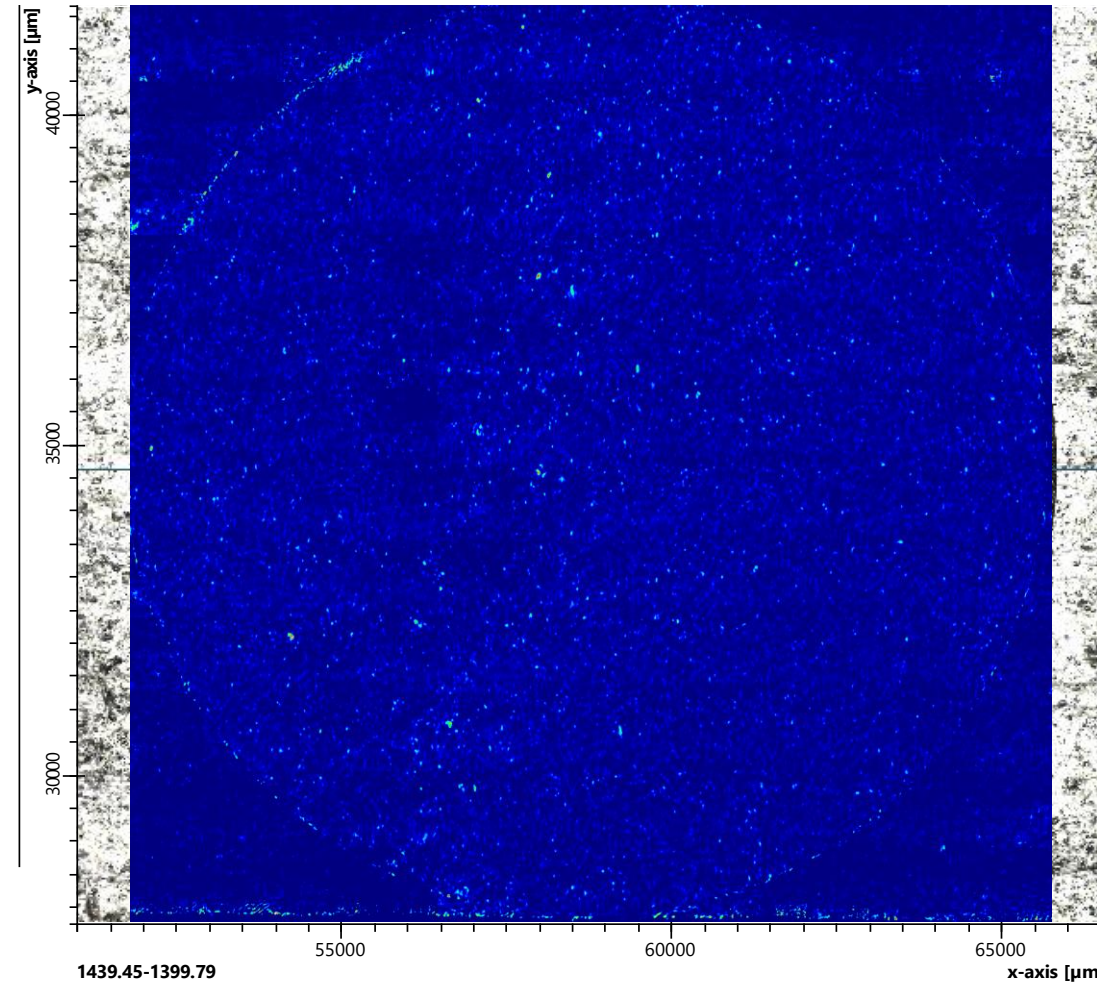
Pythonskript in OPUS



Platz für Skripte

# Polymerverteilung in Anodenmaterial

- Ist die Polymerverteilung homogen?
- Reflexionsmessung – 2 Wellenzahlen
- 15x15 mm in 2,5 Minuten

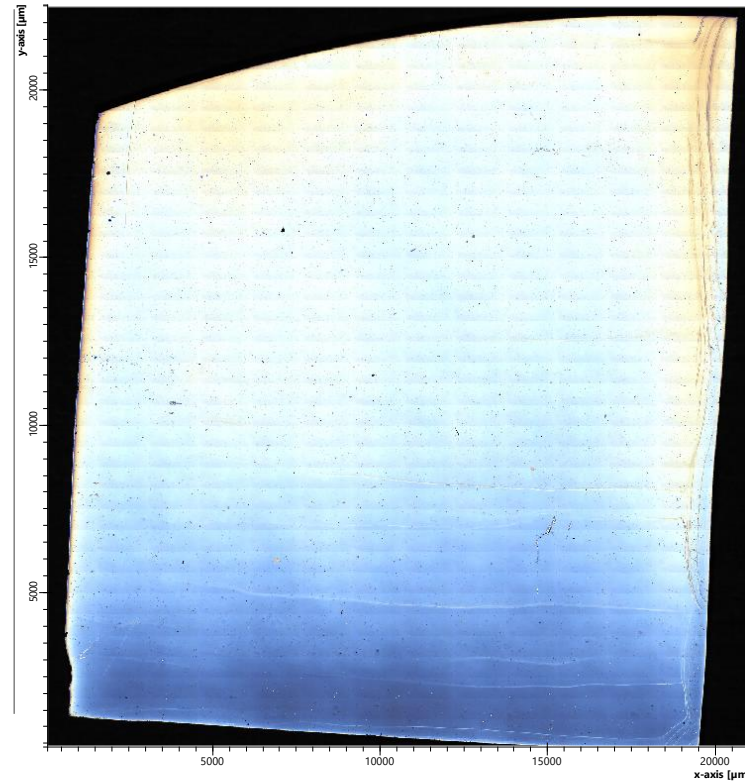


*Chemisches Bild – Polymerverteilung*  
Helle Punkte = Polymeransammlung

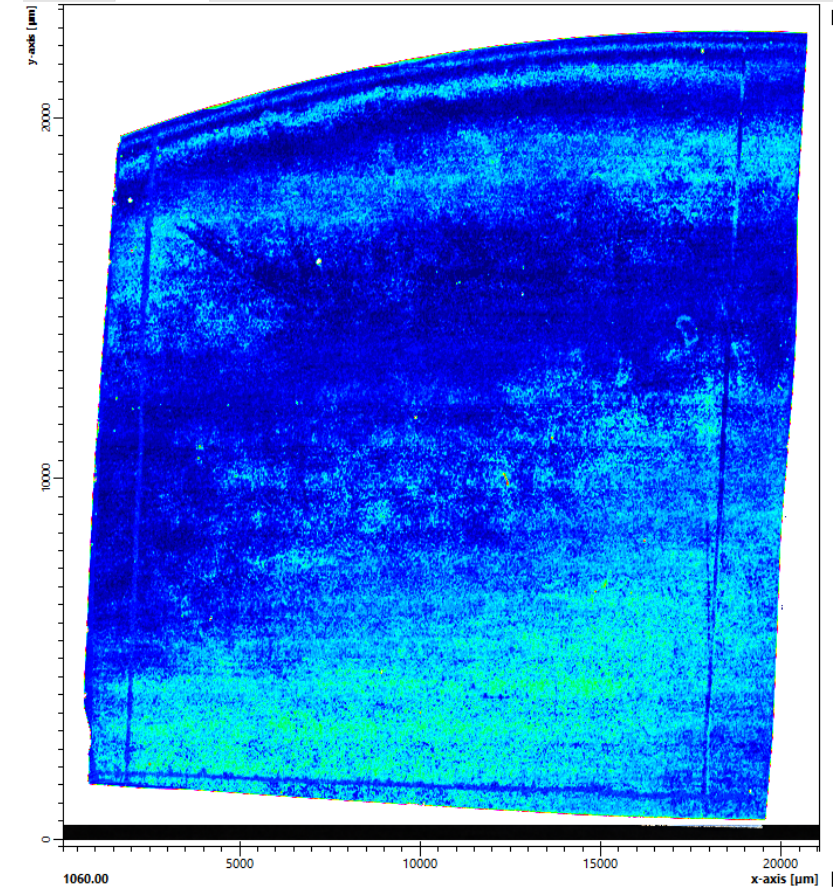
# Beschichtungsqualität

## Wafer, plasmabeschichtet

- Homogenität der Beschichtung
- Kontaklose Messung in Reflexion
- Einzelwellenzahlmessung
- Fläche 24 x 22 mm
- Messzeit: 2.5 Minuten



*Visuelles mikroskopisches Bild*



*IR Laser Image bei 1060 cm<sup>-1</sup>*



# HYPERION II – IR Laser Imaging Mikroskop

- Weiterentwicklung des HYPERION I
- Voller Funktionsempfang bleibt erhalten → Emission, Multispektrale Messungen,.....
- Nahtlose Integration von QCL und klassischer FT-IR Mikroskopie

- Spektralbereich 1800 – 950  $\text{cm}^{-1}$
- Sichtfeld bis zu 1.5x1.5 mm ( 300x300 pixel)
- 90.000 Spektren simultan in 4 Sekunden!
- 6  $\text{mm}^2/\text{s}$  bei einer Wellenzahl
- Patentierte Kohärenzreduktion



# Bruker Optik Mikroskopie Portfolio

- Komplettes Portfolio der Schwingungsspektroskopie → Beste Lösung für jede Anwendung

## FT-IR Mikroskopie & Imaging



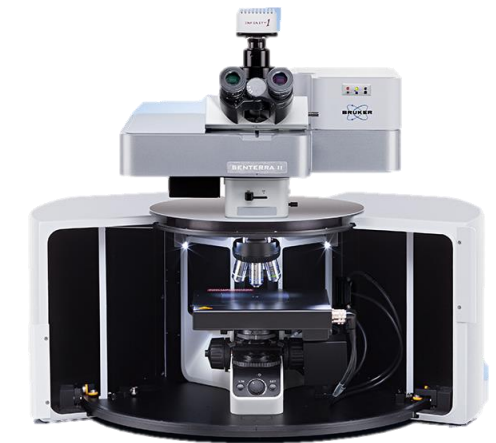
LUMOS II  
Routine Mid-IR Bildgebung

## IR Imaging, QCL & FPA

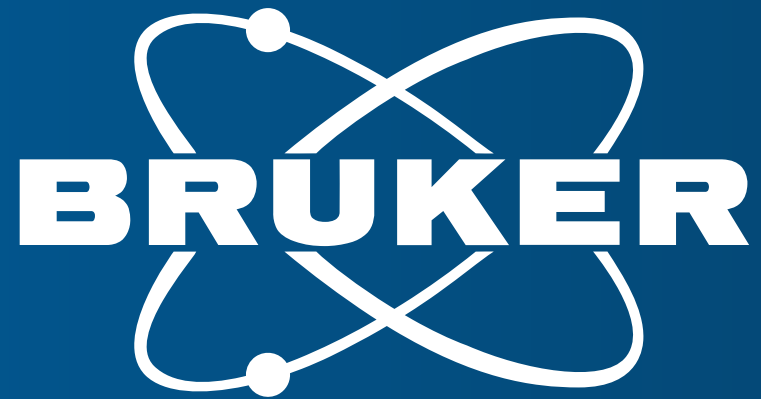


HYPERION II  
Forschung – IR Bildgebung

## Raman microscopy



SENTERRA II  
Raman microscopy made easy



Innovation with Integrity