



Oberflächendiagnostik von synthetischen Polymerproben in einem Niedertemperaturplasma

Jan Schäfer, Jürgen Meichsner
Mühlleithen, Sächsisches Erzgebirge 2004



Motivation

(Was und warum?)

Niedertemperaturplasma

*(RF Reaktor,
Plasmarandschicht)*



Polymeroberfläche

*(Dispersionskräfte,
Schwingungen)*



Diagnostische
Methoden *(FTIR, SC)*

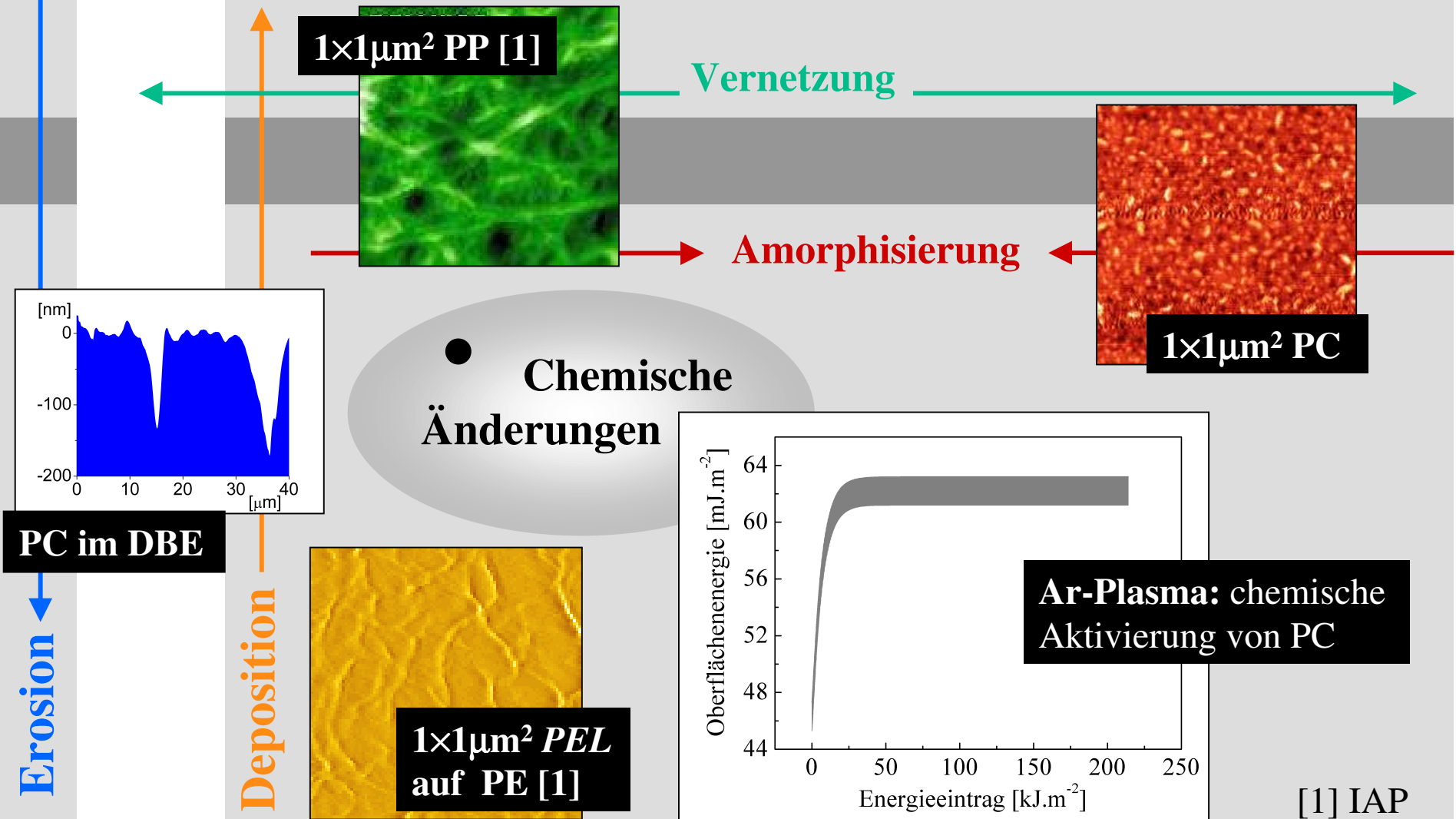


Ein neuer Reaktor

(Uni Greifswald)



Die plasma-induzierten Prozesse auf der Polymeroberfläche



Methoden zur Untersuchung fundamentaler Prozesse

Oberflächenkalorimetrie

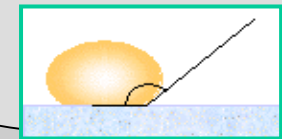
FTIR-RA Spektroskopie

in situ

Thermodynamisches Verhalten
und **molekulare** Änderungen
der Polymeroberfläche

ex situ

Randwinkelgoniometrie



Niedertemperaturplasma

*(RF Reaktor,
Plasmarandschicht)*



Diagnostische
Methoden *(FTIR, SC)*



Motivation

(Was und warum?)

Polymeroberfläche

*(Dispersionskräfte,
Schwingungen)*



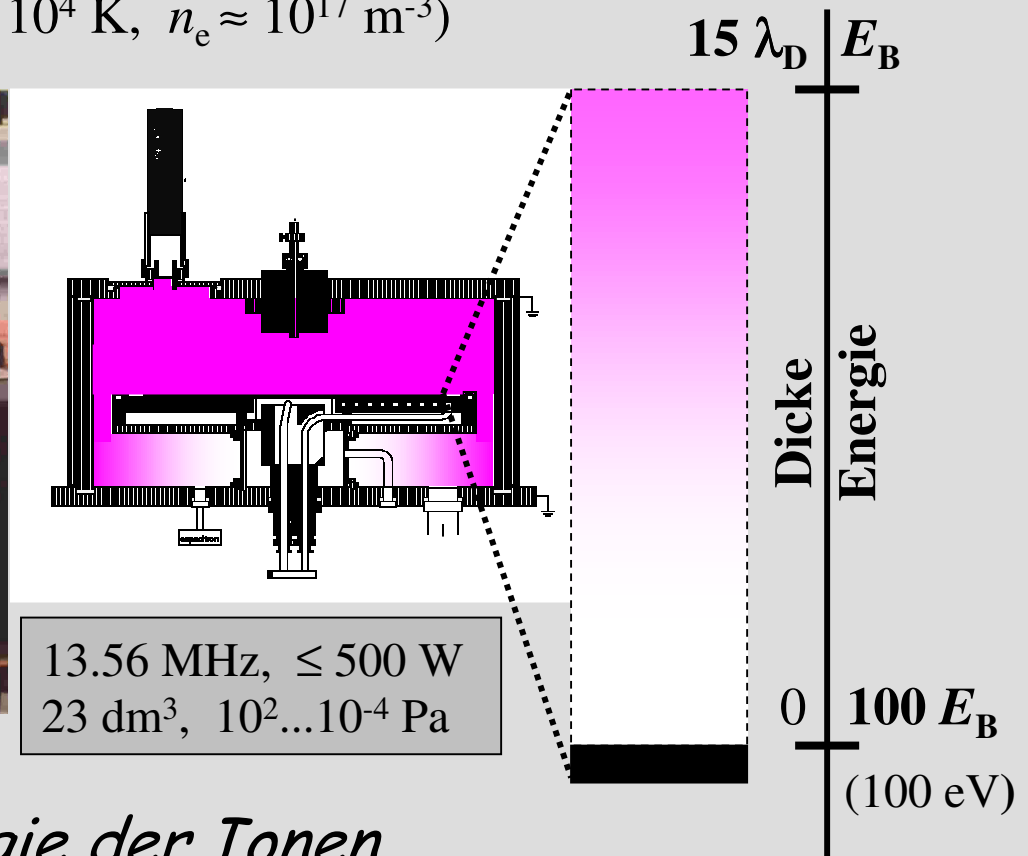
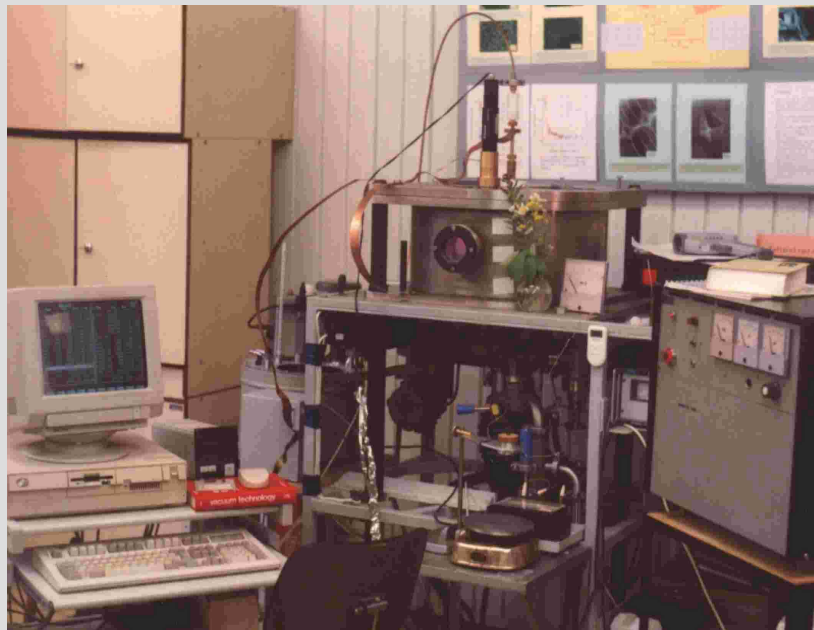
Ein neuer Reaktor

(Uni Greifswald)



Die kapazitiv gekoppelte RF-Entladung

- Der Plasma-Reaktor “R2” ($T_e \approx 10^4$ K, $n_e \approx 10^{17}$ m⁻³)



*Plasmarandschicht \Rightarrow Energie der Ionen
 \Rightarrow Oberflächeneigenschaften*

● Motivation
(Was und warum?)

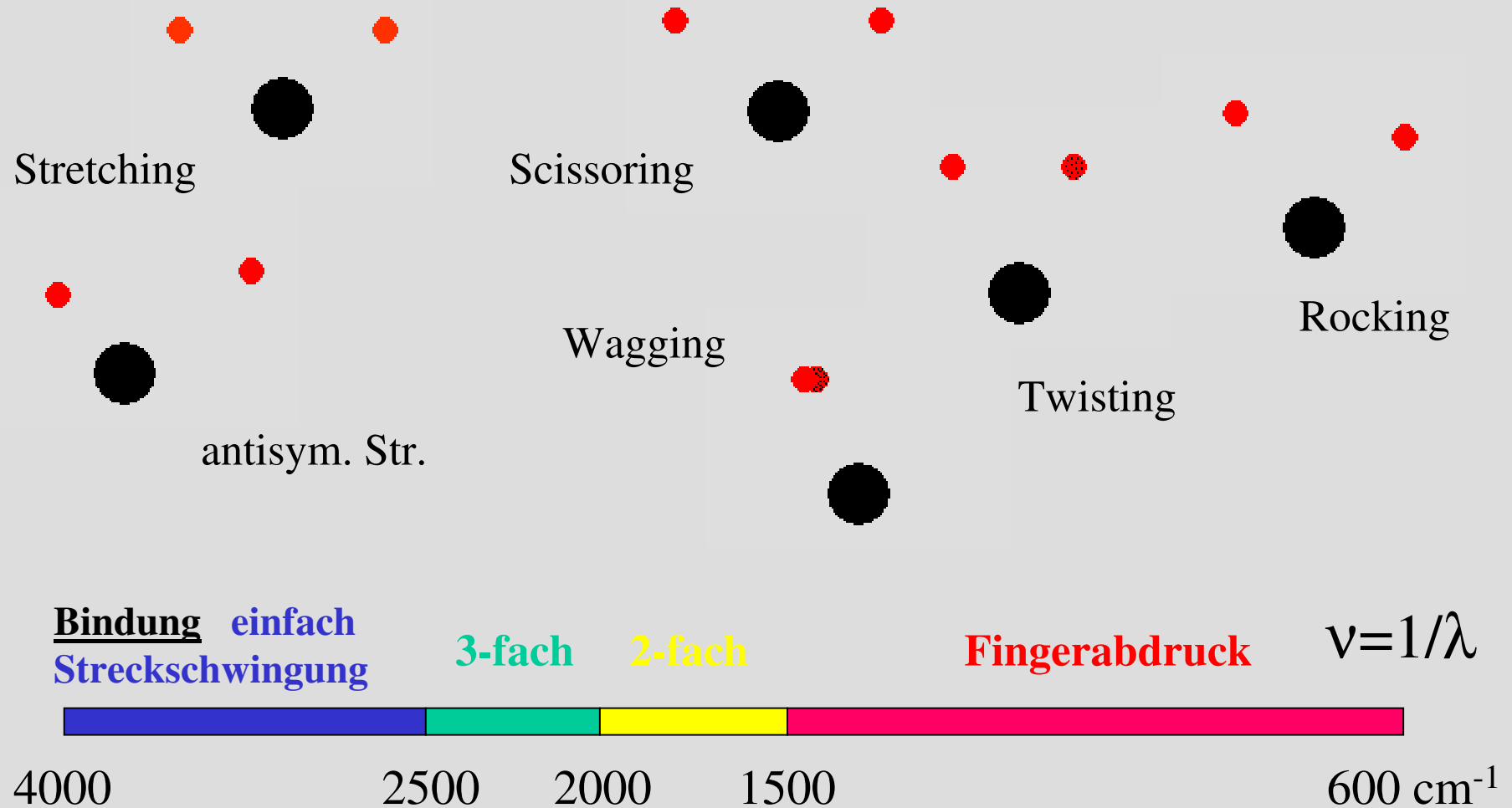
Niedertemperaturplasma
*(RF Reaktor,
Plasmarandschicht)* ●

Polymeroberfläche
*(Dispersionskräfte,
Schwingungen)* ○

●
Diagnostische
Methoden *(FTIR, SC)*

Ein neuer Reaktor
(Uni Greifswald) ●

6 elementare Schwingungsarten der Oberflächenmoleküle (z.B. $\{\text{CH}_2\}_n$)



● Motivation
(Was und warum?)

Niedertemperaturplasma
*(RF Reaktor,
Plasmarandschicht)* ●

Polymeroberfläche
*(Dispersionskräfte,
Schwingungen)* ●

●
Diagnostische
Methoden *(FTIR, SC)*

Ein neuer Reaktor
(Uni Greifswald) ●

Messbare Effekte durch Streck- u. Deformationsschwingungen

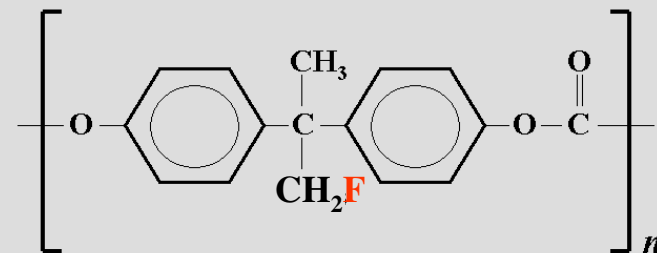
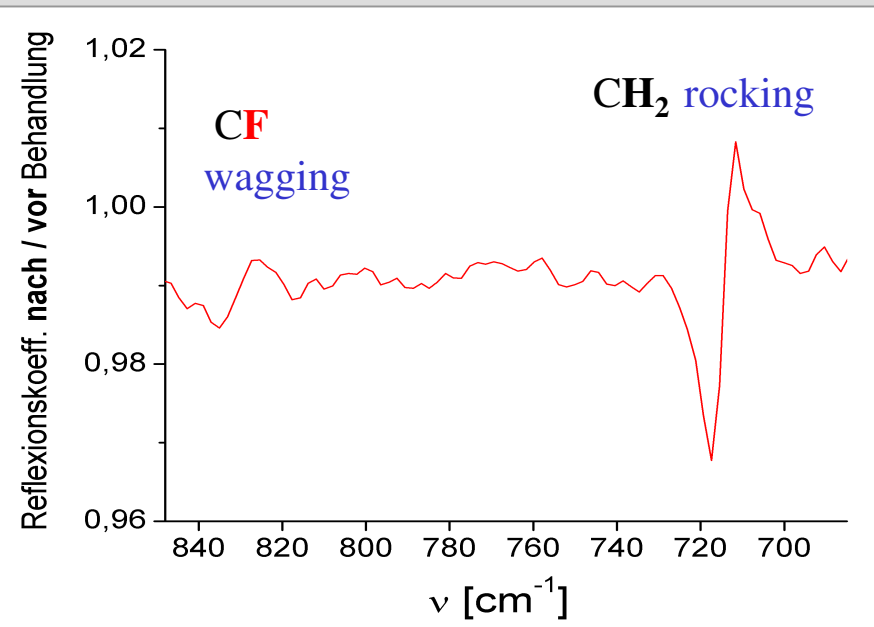
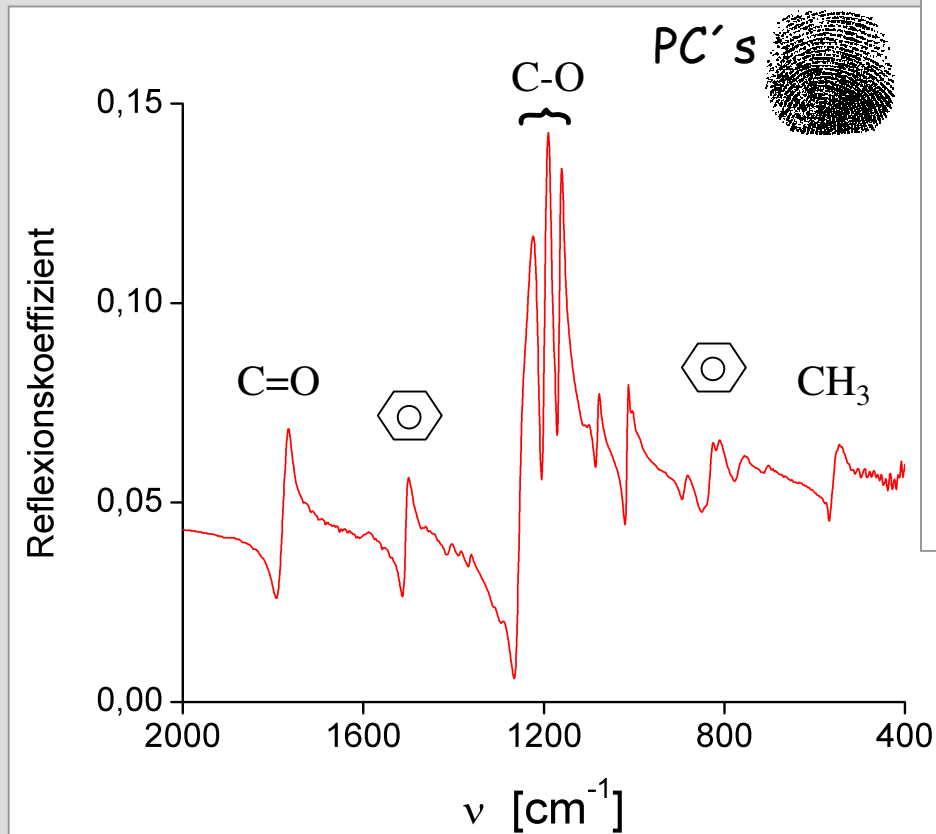
- **Verlust oder Bildung von IR-aktiven Bindungen**
(Präparation einer Oberfläche mit bestimmten Eigenschaften, Diagnostik unbekannter Proben)
- **Verschiebung der Schwingungsfrequenz**
(chemische Änderung in der Umgebung der IR-aktiven Bindungen)
- **Intensitätsänderung der Oberflächenreflexion**
(Änderung der Konzentrationen und der Temperatur)

FTIR-Spektroskopie

Ein Beispiel: FTIR-Spektroskopie von PC im CF_4 -Plasma

Wirkung von CF_4 -Plasma

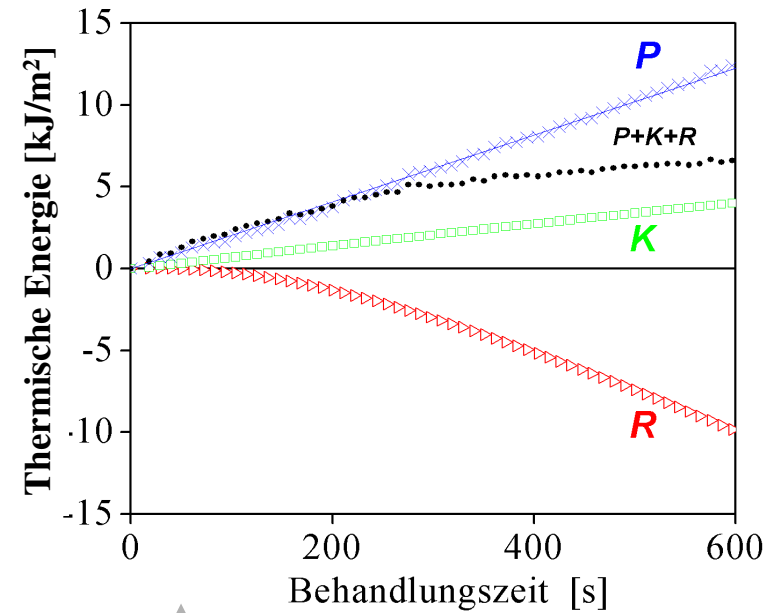
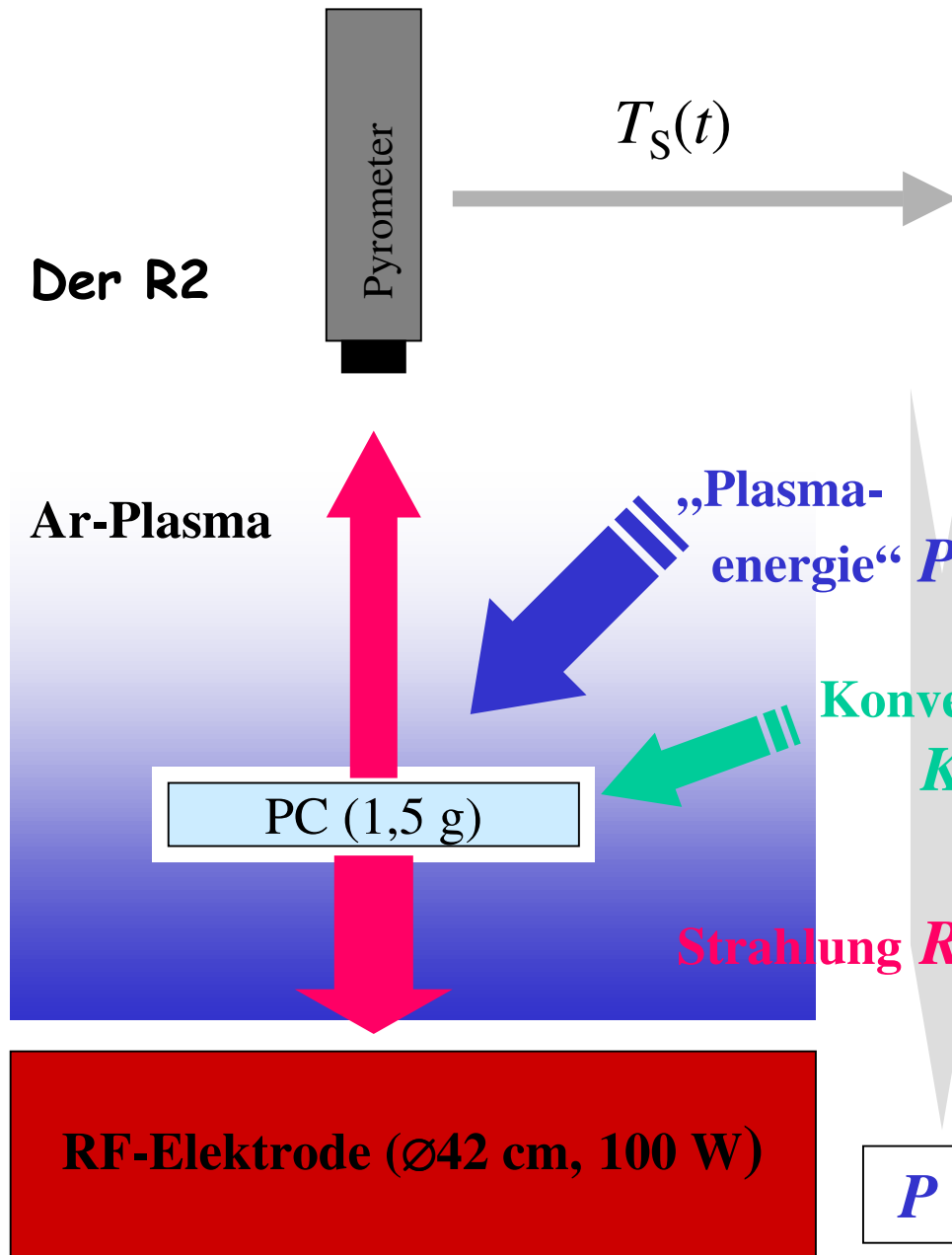
Reflexionsspektroskopie von Polycarbonat



Energetische Effekte an der Oberfläche

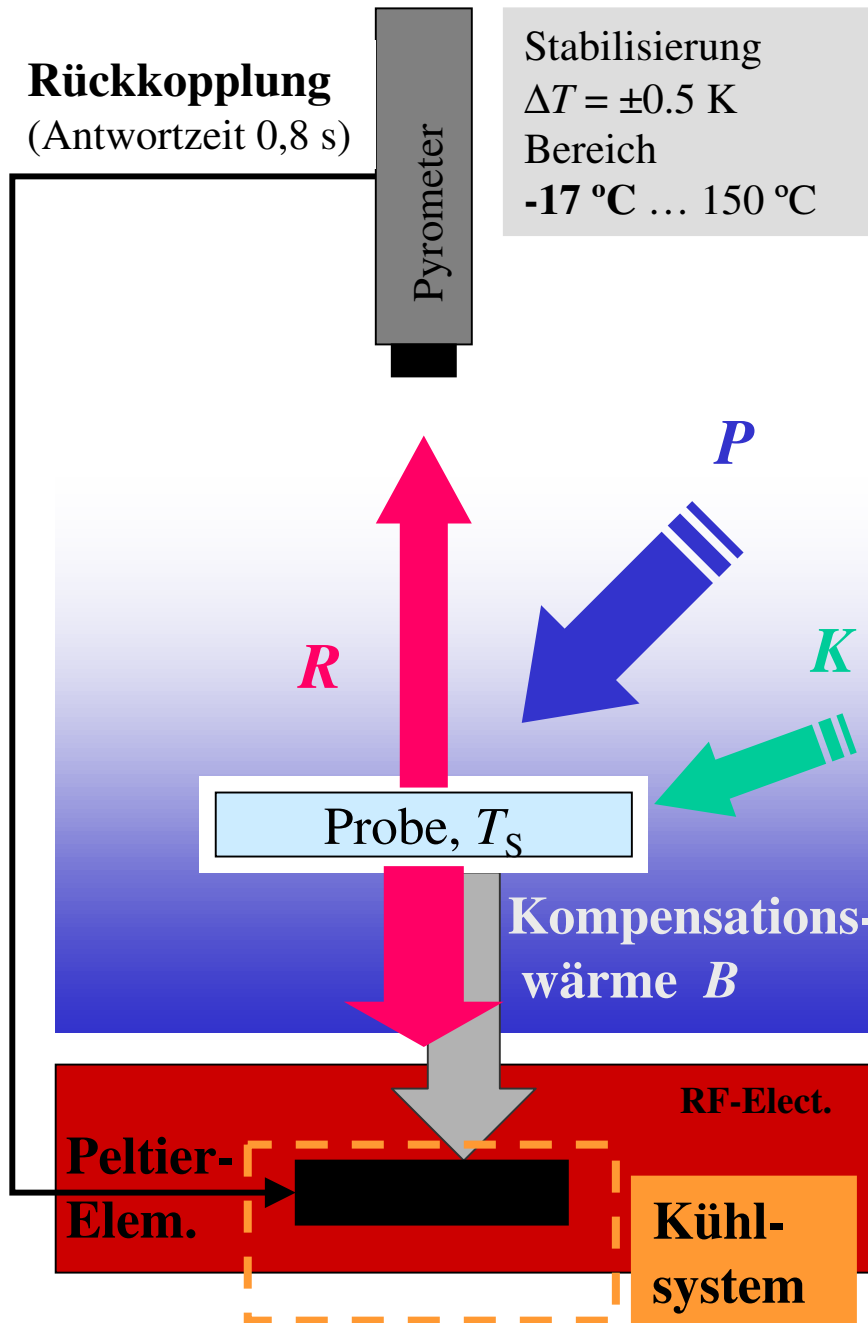
- **Physikalische Adsorption** ($< 6 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$) *Surface Calorim.*
- **Phasenübergänge** ($dp/dT \cdot T \Delta V_{\text{mol}} = \Delta H$)
- **Chemische Reaktionen** ($< 25 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$)
- **Erwärmung durch Stöße schneller Teilchen** ($14 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$)
- **Änderung der Oberflächenenergie** ($< 10 \text{ mJ}\cdot\text{m}^{-2}$)

Randwinkelgoniometrie



Durch das Plasma
zugeführte
Energie steigt
linear mit der
Zeit!

$$P + K + R = C [T_S(t) - T_S(0)]$$



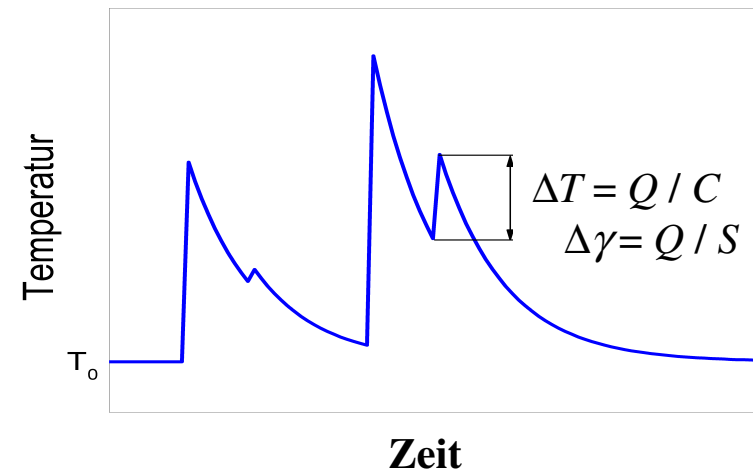
Eine Sprungstörung des Wärmegleichgewichts = eine neue durch Plasma erzeugte Reaktion

$$P = P_{\text{stat.}} + \sum_i Q_i H(t - t_i), \quad \frac{dB}{dt} = -b(T_S - T_0)$$

Lösung der kalorimetrischen Gleichung:

$$T_S = T_0 + \sum_i \frac{Q_i}{C} H(t - t_i) \exp\left(-\frac{b}{C}(t - t_i)\right)$$

in einem realen Experiment:



Für einen Puls von $\Delta \gamma = 1 \text{ J/m}^2$ ist die Probendicke von $1 \mu\text{m}$ erforderlich

● Motivation
(Was und warum?)

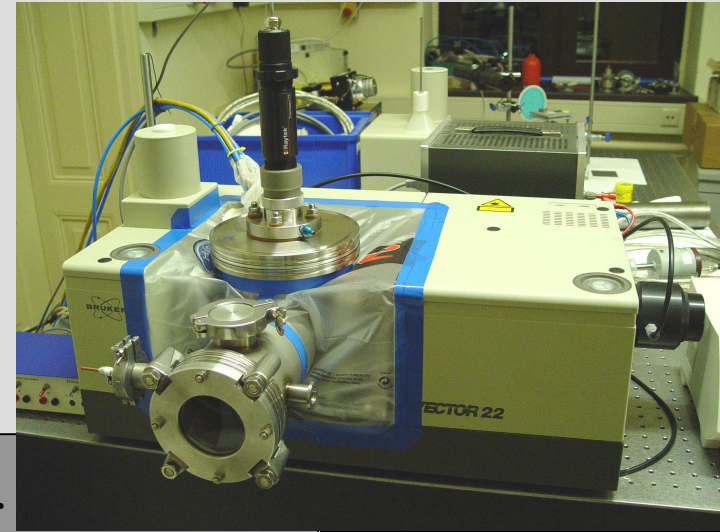
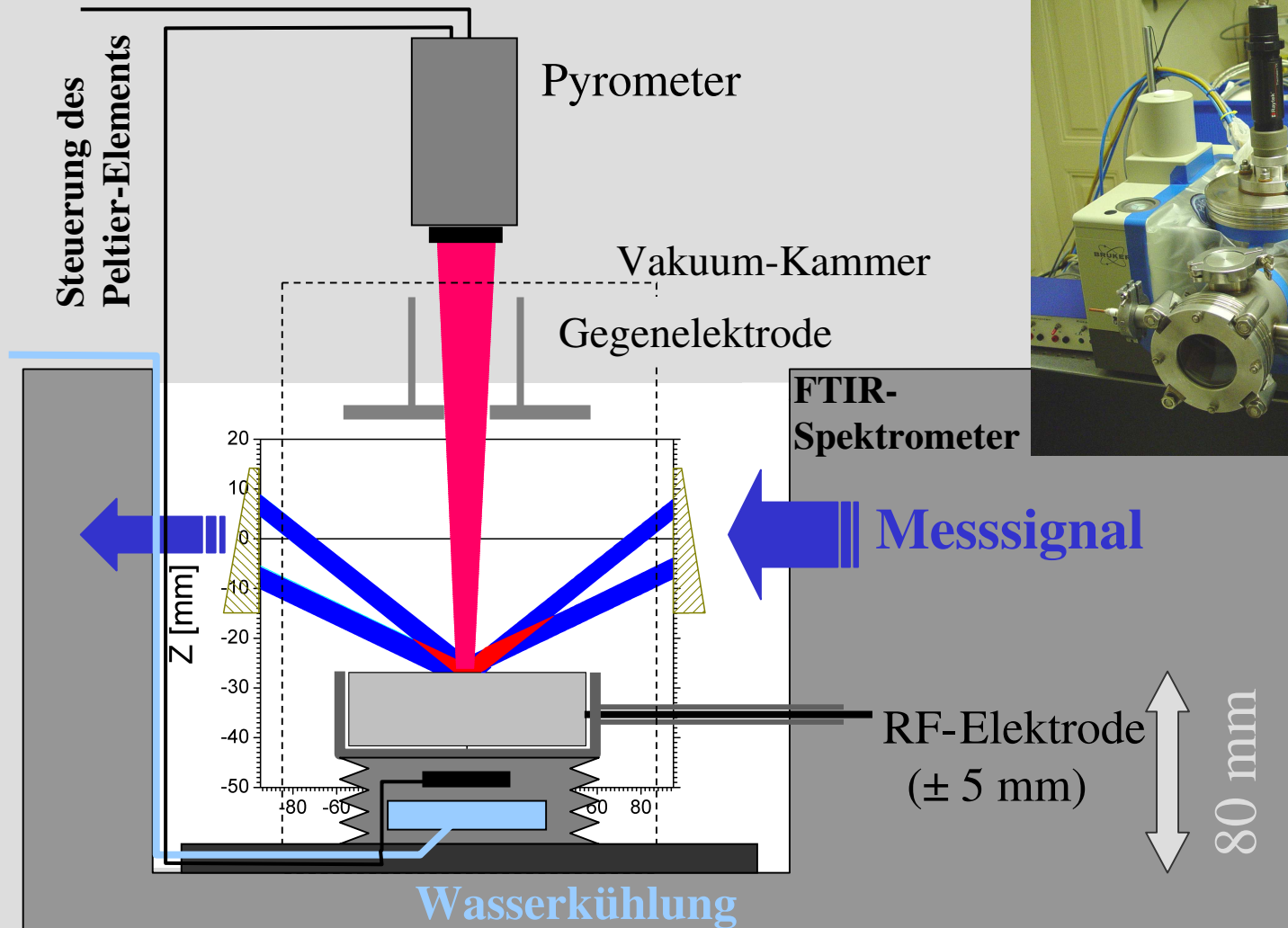
Niedertemperaturplasma
*(RF Reaktor,
Plasmarandschicht)* ●

Polymeroberfläche
*(Dispersionskräfte,
Schwingungen)* ●

●
Diagnostische
Methoden *(FTIR, SC)*

Ein neuer Reaktor
(Uni Greifswald) ○

Ein neuer Reaktor: „Nevada (1)“



**status quo:
Knapp vor
der Taufe!**

Ausblick



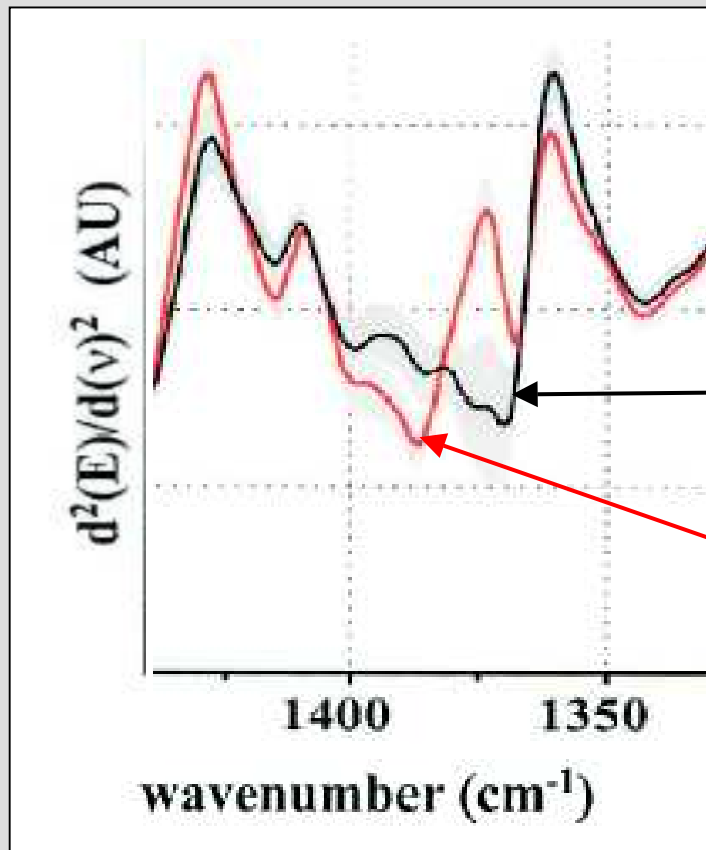
1. Einfluss der Oberflächentemperatur auf FTIR-Spektren
2. Rolle des Plasmas bei Phasenübergängen an der Polymeroberfläche
3. Untersuchung von Wärmepulseffekten auf der Oberfläche
4. Anknüpfung von Nevada-Experimenten an Randwinkelmessungen
5. Untersuchung von Anwendungsmöglichkeiten der Nevada-Anlage für die Diagnostik von unbekanntem Kompositen oder organischen Proben

Eine neue Idee →



...diagnostische Anwendung in der Medizin

2002: Erste Anwendung der FTIRS in der Histologie!



P. Lasch and all,
Appl. spec., Vol. 56,
Nr. 1, p. 1-9, 2002

gesundes
Gewebe

Karzinom

26 Probanden
2601 Spektren

2004: Nevada?

• **Drei Vorteile:**

+ bessere Auflösung bei
niedriger Temperatur

+ Ausbildung neuer
Schwingungszustände
durch Plasma

+ Information über die
Relaxationsprozesse

• **Drei Nachteile:**

- keine örtliche Auflösung

- nicht schnell

- professionelle Bedienung
erforderlich