

Massenspektrometrische Untersuchung neutraler Spezies in RF CF₄-Plasmen

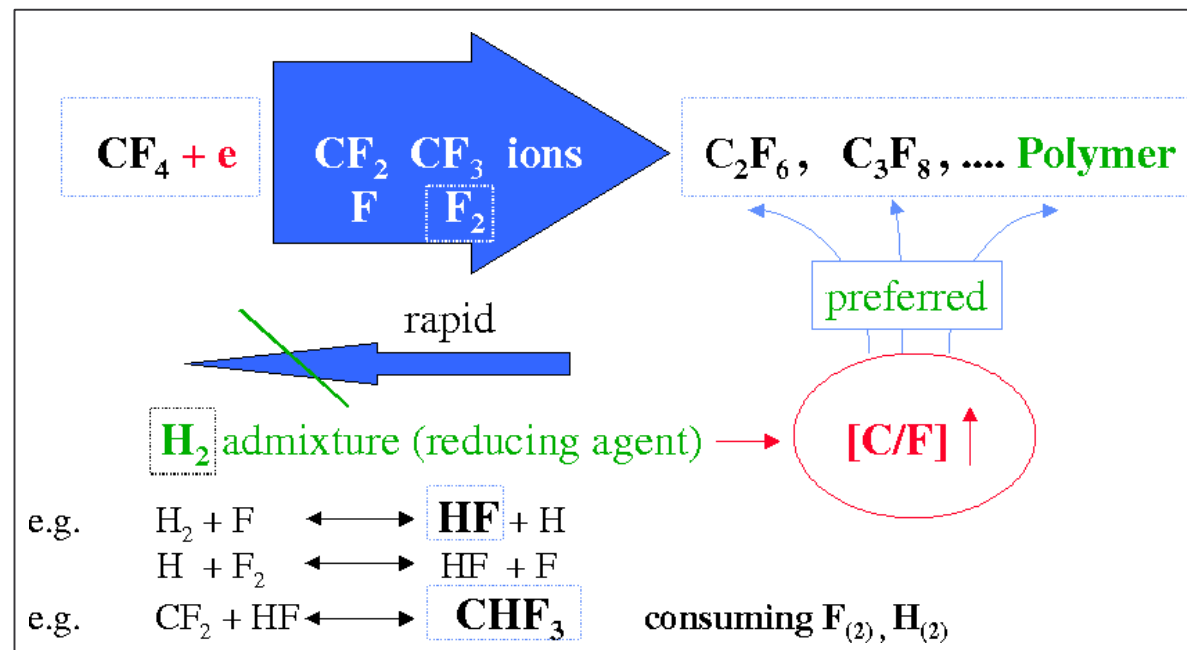
Einleitung

CF₄ - Plasmen sind gekennzeichnet durch eine **komplexe Plasmachemie**:

CF_x - Radikale / Ionen: (zunächst) durch **Elektronenstoß**

höhere Moleküle (**C₂F₆**, **C₃F₈**): **Polymerisation**

Schichtbildung / Ätzen: abhängig vom Anteil an **F - Radikalen**



Einleitung

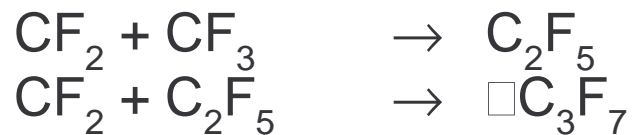
Was ist das wichtigste **schichtbildende** Teilchen?

CF₂: Schichtwachstum ist **korreliert** mit hoher CF₂ - Dichte
aber: Dichteprofile zeigen Fluß von CF₂ **Richtung Plasmabulk**

Folgerung: **CF₂ entsteht an der Wand**

C_xF_y⁽⁺⁾: kleine Dichte, aber großer Beitrag zur Schicht pro Molekül

Schema:



...



Einleitung

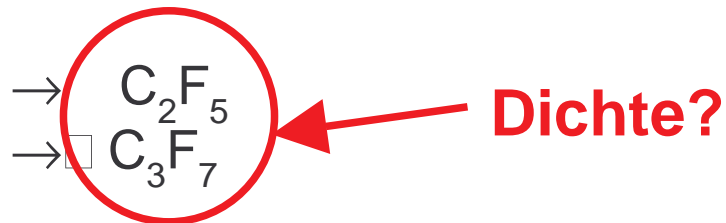
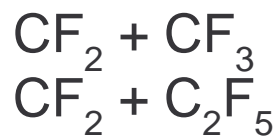
Was ist das wichtigste **schichtbildende** Teilchen?

CF₂: Schichtwachstum ist **korreliert** mit hoher CF₂ - Dichte
aber: Dichteprofile zeigen Fluß von CF₂ **Richtung Plasmabulk**

Folgerung: **CF₂ entsteht an der Wand**

C_xF_y⁽⁺⁾: kleine Dichte, aber großer Beitrag zur Schicht pro Molekül

Schema:



Auftrittspotentialmassenspektrometrie

Prinzip: Scan der **Elektronenenergie** bei **fester Masse** (i^+)

$E < E_{\text{ion}}$:	kein Signal
$E_{\text{ion}} < E < E_{\text{diss}}^1$:	Ionisation
$E > E_{\text{diss}}^1$:	Ionisation + dissoziative Ionisation
$E > E_{\text{diss}}^j$:	j-ter Kanal möglich

Gemessene Intensität I:

Summe über alle Muttermoleküle j

$$I(E) = \sum_j n_j \cdot \alpha_j \cdot \sigma_j(E)$$

Dichte des j.-ten Muttermoleküls

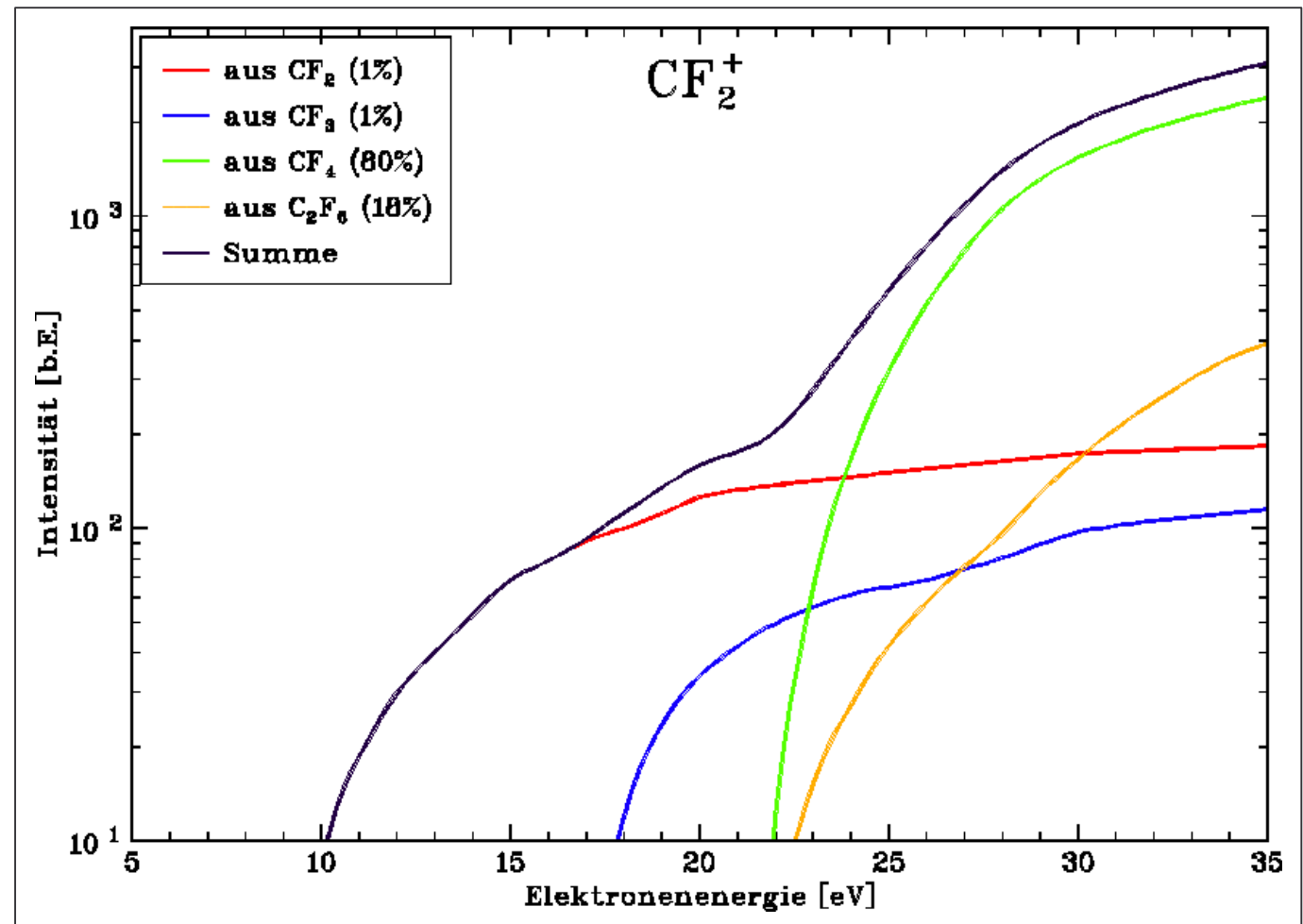
Wirkungsquerschnitt für die Reaktion
 $M_j + e^- \rightarrow i^+ + \text{Rest}$

Geräteparameter: Detektorempfindlichkeit,
Transmission des Quadrupol, ...

Beispiel: CF_2^+

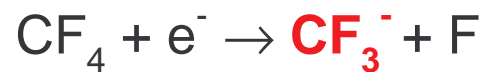
Erwarteter Verlauf bei einem Gemisch aus:
80% CF_4 , 18% C_2F_6 , 1% CF_2 , 1% CF_3

$$\begin{aligned} E_{\text{CF}_3}^{\text{ion}} &= 9,6 \text{ eV} \\ E_{\text{CF}_3}^{\text{diss}} &= 17,0 \text{ eV} \\ E_{\text{C}_2\text{F}_6}^{\text{diss}} &= 21,0 \text{ eV} \\ E_{\text{CF}_4}^{\text{diss}} &= 21,5 \text{ eV} \end{aligned}$$



Elektronenanlagerungsmassenspektrometrie

Erzeugung von **negativen Ionen** durch **Elektronenanlagerung**

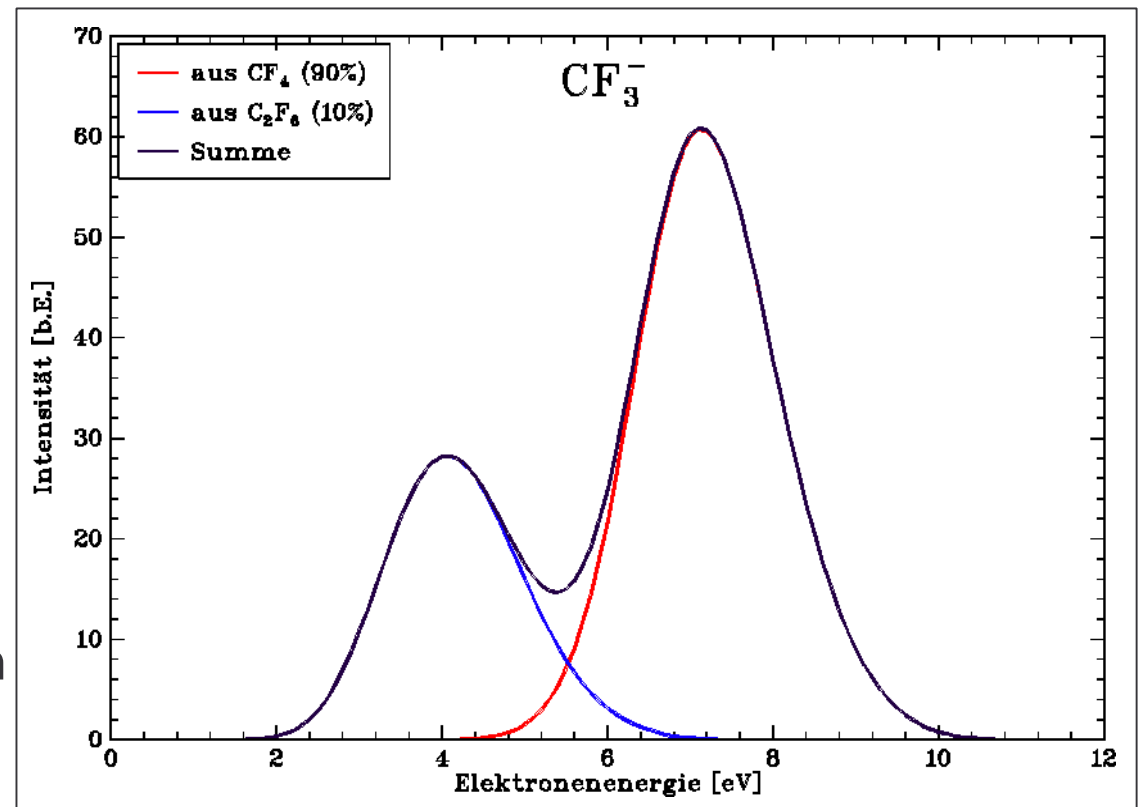
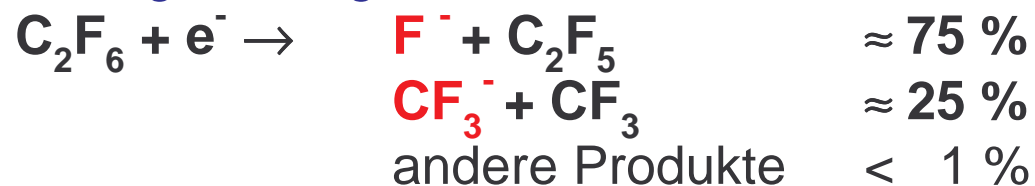


Vorteile:

Resonante Wirkungsquerschnitte

- Ursprung der Ionen von verschiedenen Muttermolekülen ist leichter zu identifizieren

Geringere Fragmentation:



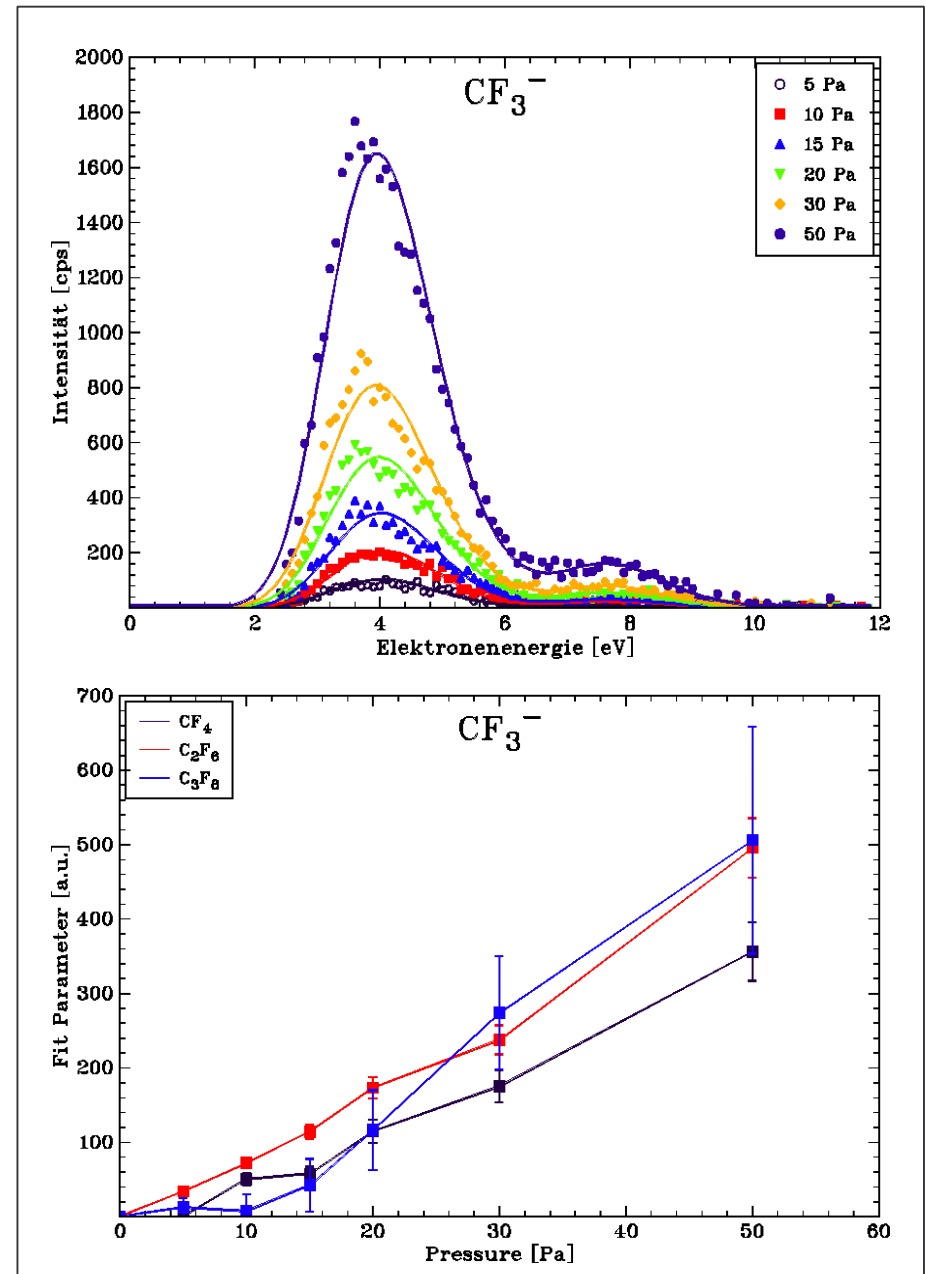
Eichung

Eichen = **Bestimmung** der α_j aus der gemessenen Intensität bei bekannter Dichte \square **Eichgas**

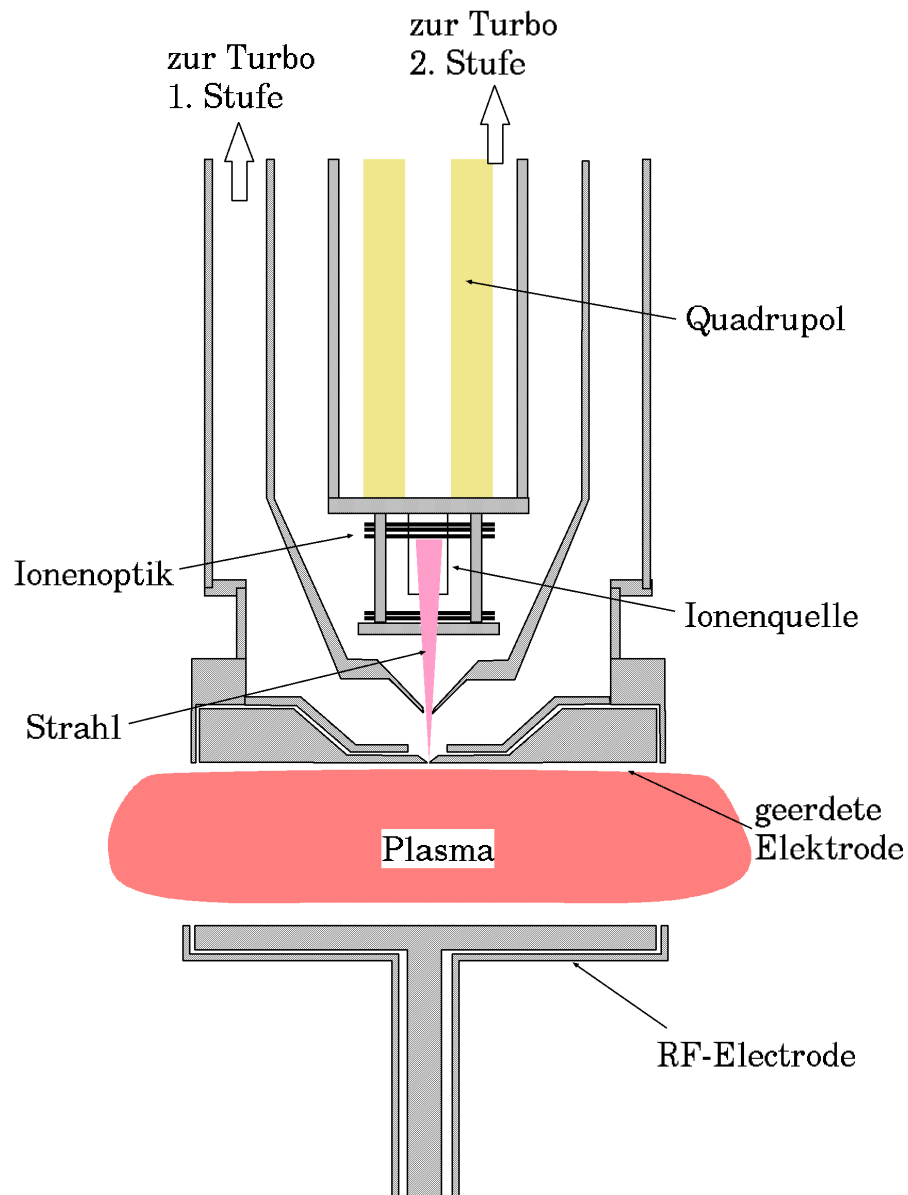
Hier: Gemisch aus 1% **CF₄**, 1% **C₂F₆**, 1% **C₃F₈** und 1% **CHF₃** in Helium

nur möglich für stabile Spezies

$$I(E) = \sum_j n_j \cdot \alpha_j \cdot \sigma_j(E)$$



Experimenteller Aufbau



Entladung:
13,56 MHz, kapazitiv gekoppelt
5 - 30 Pa
300 - 1200 V_{pp}
reines CF₄

Elektroden:
Durchmesser 8 cm
Abstand 4 cm

Massenspektrometer:
HIDEN EPIC IV (1000 amu)
Plasmamonitor:
HIDEN EQP 300 (300 amu)

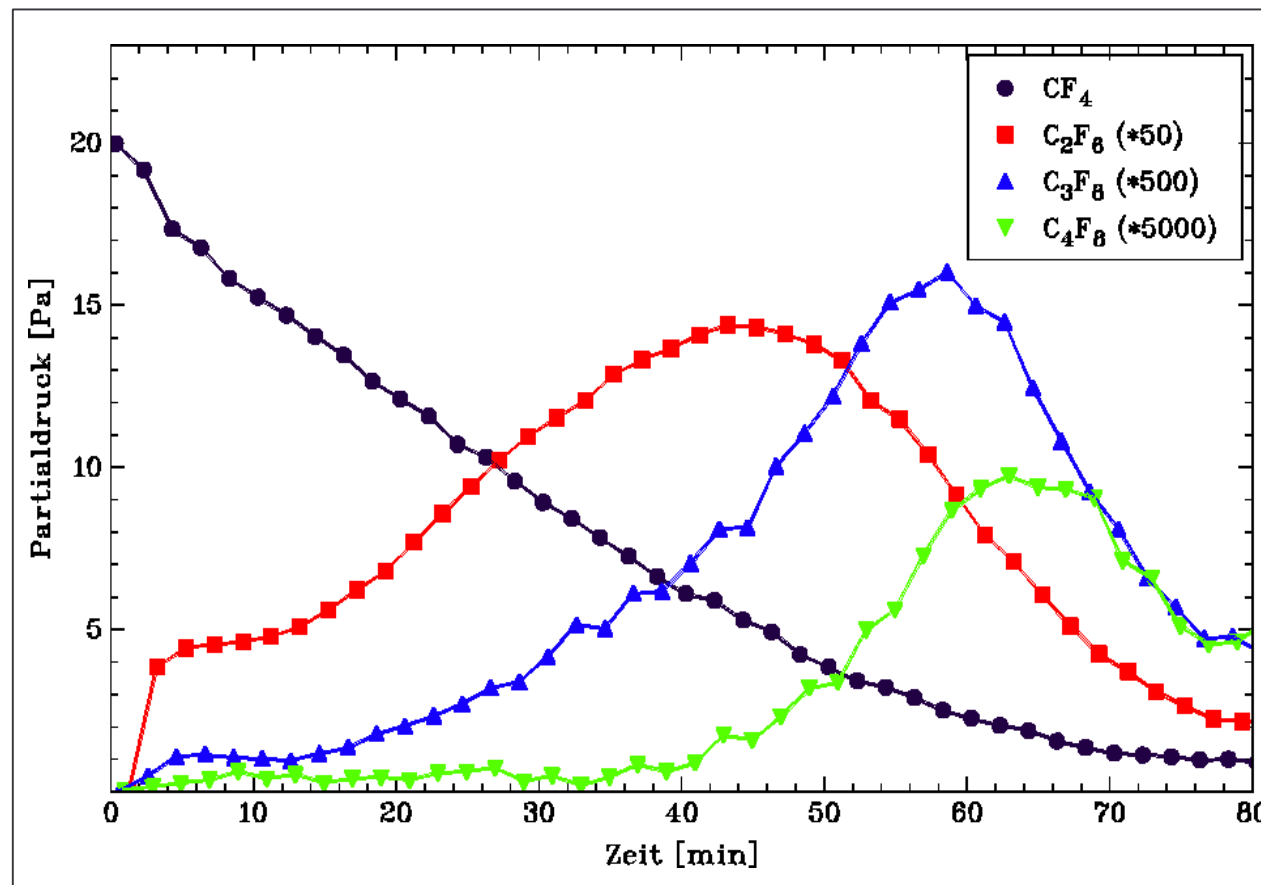
Konditionierung der Kammer:
O₂ - Entladung bei 10 Pa
> 30 min

Ergebnisse

Dichte neutraler Spezies

abgeschlossener Reaktor □ Druck **nicht konstant**

stabile Spezies



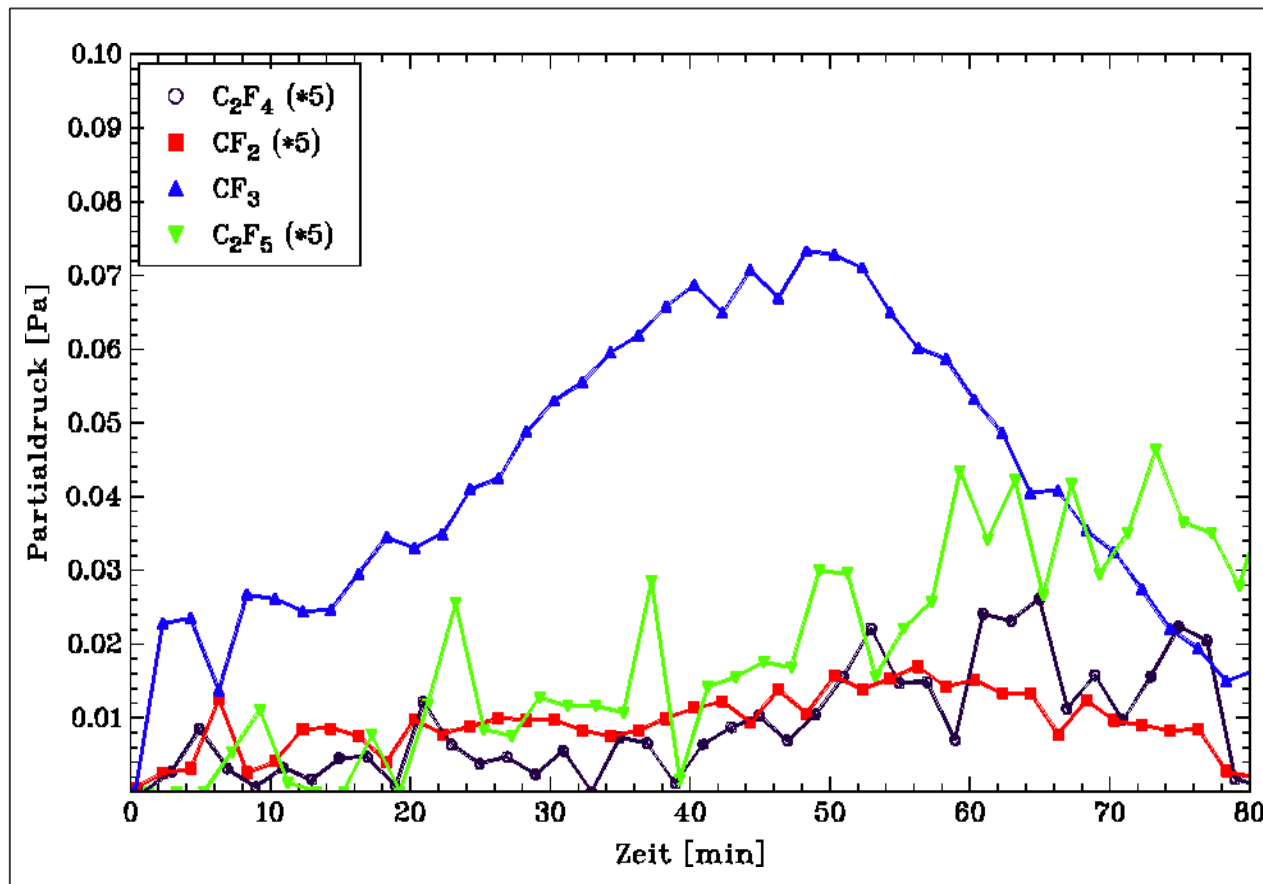
Druck: 20 Pa
 $U_{\text{sb}} = -500 \text{ V}$

Ergebnisse

Dichte neutraler Spezies

abgeschlossener Reaktor □ Druck **nicht** konstant

Radikale



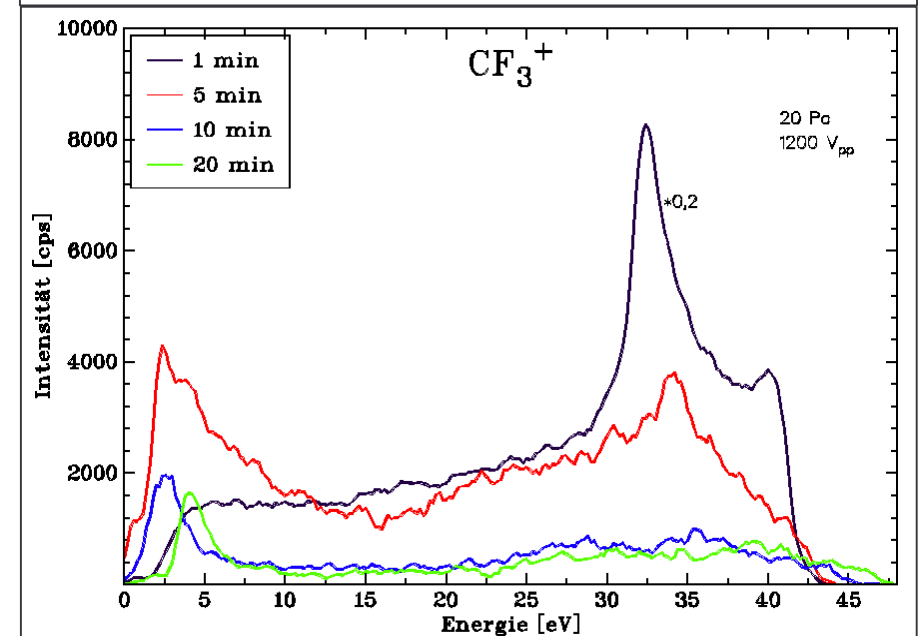
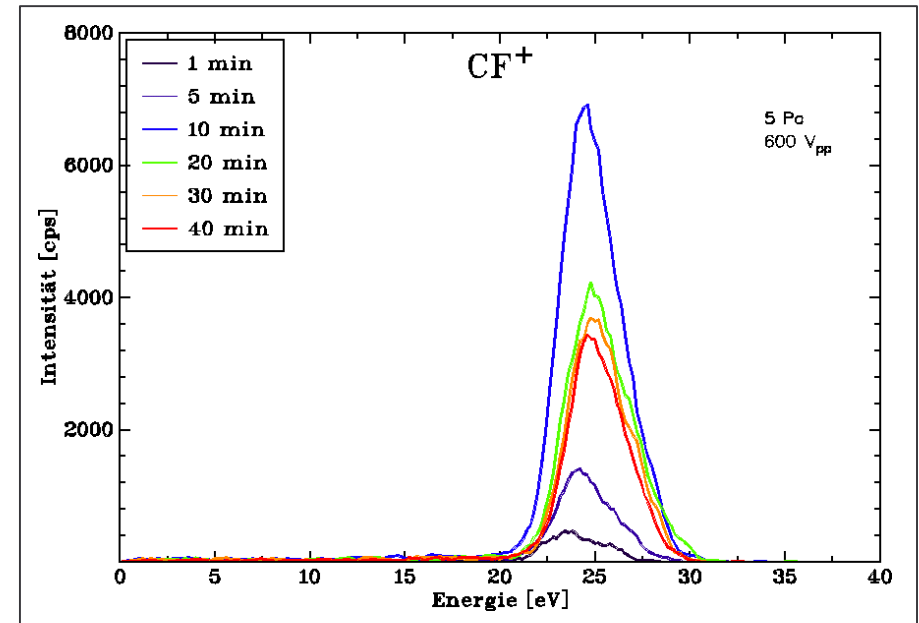
Druck: 20 Pa
 $U_{sb} = -500$ V

Ionenspektren geerdete Elektrode

Gasfluß 0,25 sccm □ **konstanter** Druck

stoßfreie Randschicht bei **5 Pa**

Wechsel von **stoßfreier** zu **stoßbestimmter** Schicht innerhalb der ersten Minuten bei **20 Pa**

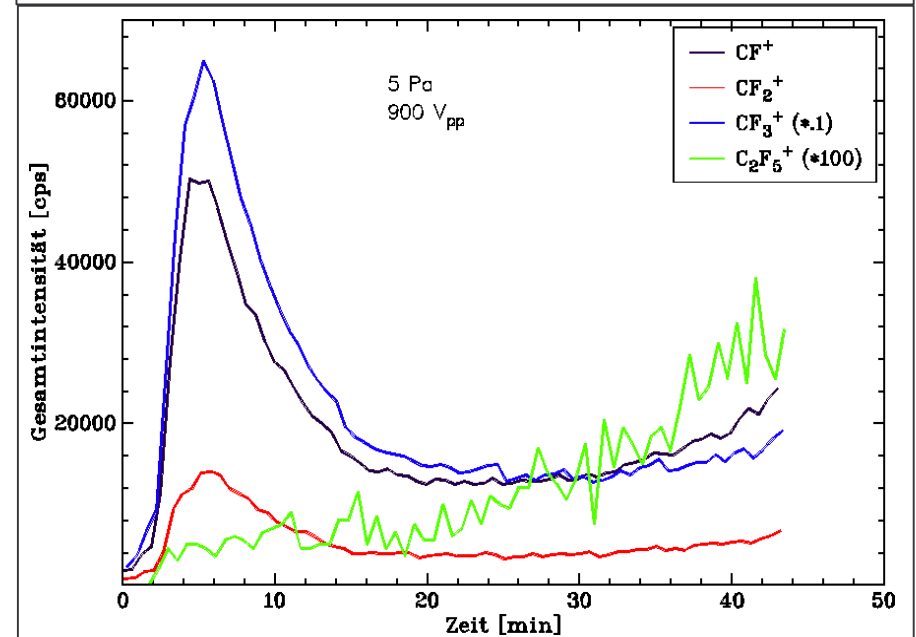
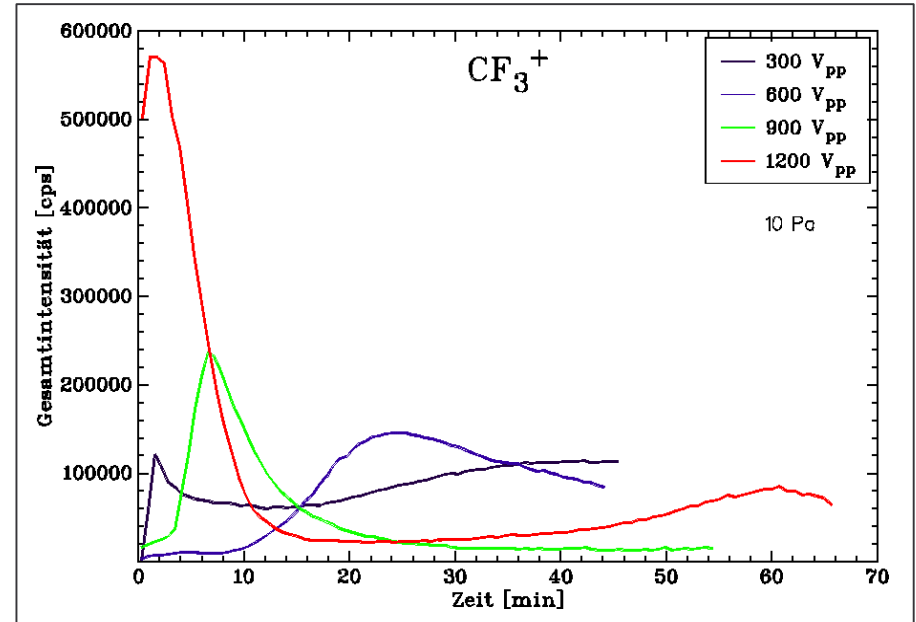


Ionenspektren

gesamter Ionenfluß auf die geerdete Elektrode

Maximum des Ionenflusses nach **kürzerer** Zeit für **höhere** Leistungen

Verlauf für CF_x ähnlich
□ **physikalische** Veränderungen in der Randschicht



Ausblick

systematische Untersuchungen: Abhängigkeiten von Druck,
Leistung, Zumischungen (H_2)

zeitaufgelöste Messungen: Dynamik der Entstehung und
Vernichtung von Radikalen

