

Quantitative Bestimmung der massenaufgelösten Ionenflüsse aus Wasserstoff-Argon-Plasmen

Maik Sode, Th. Schwarz-Selinger, W. Jacob, D. Wunderlich, U. Fantz

Arbeitsgruppe Reaktive Plasmaprozesse, Bereich Materialforschung
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Inhalt:

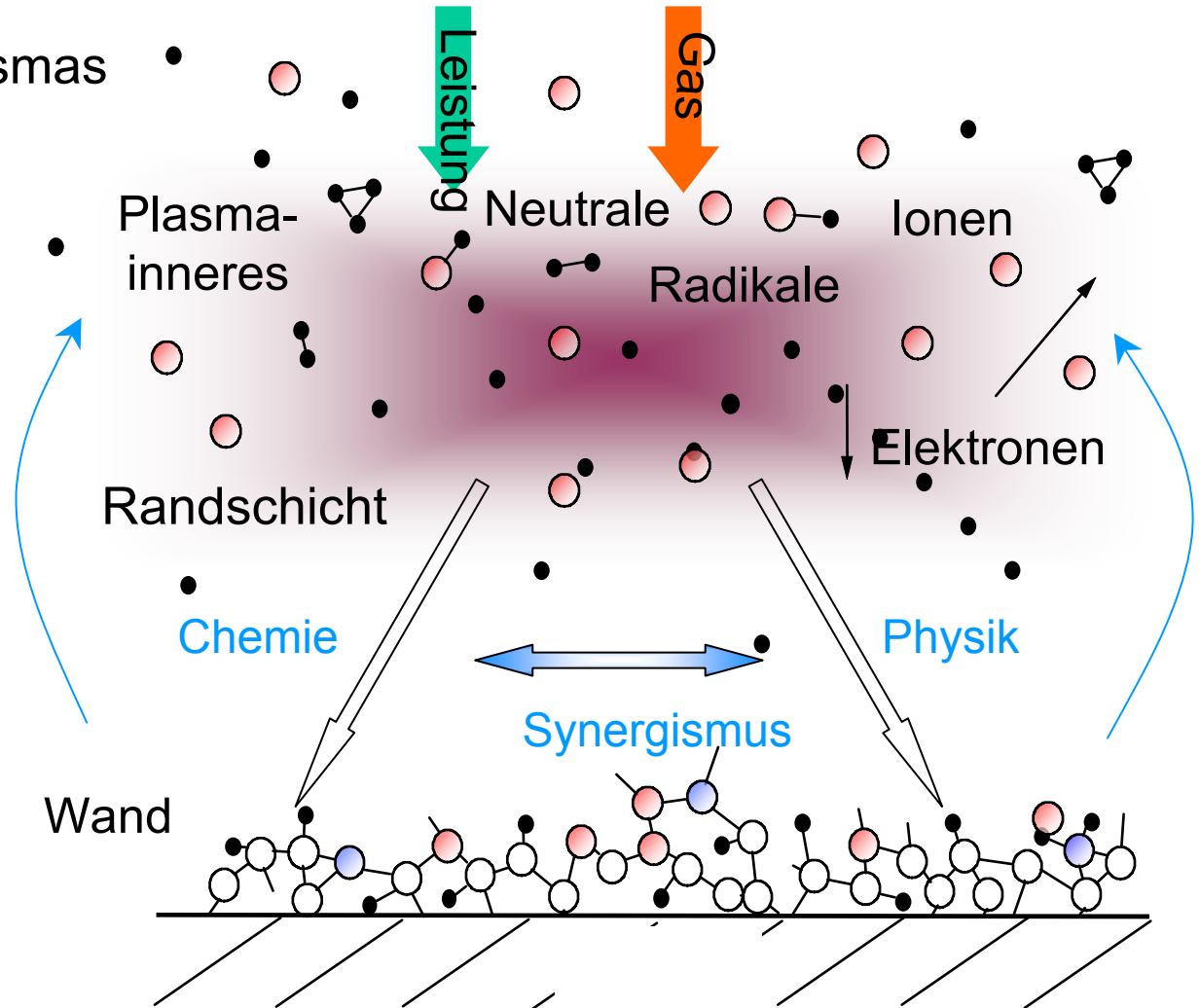
- 1. Motivation / Strategie
- 2. Messaufbau
- 3. Messdiagnostiken
- 4. Quantitative Bestimmung der Ionenflüsse
- 5. Zusammenfassung

➤ **Plasmachemie**

- im Volumen des Plasmas
- an der Oberfläche

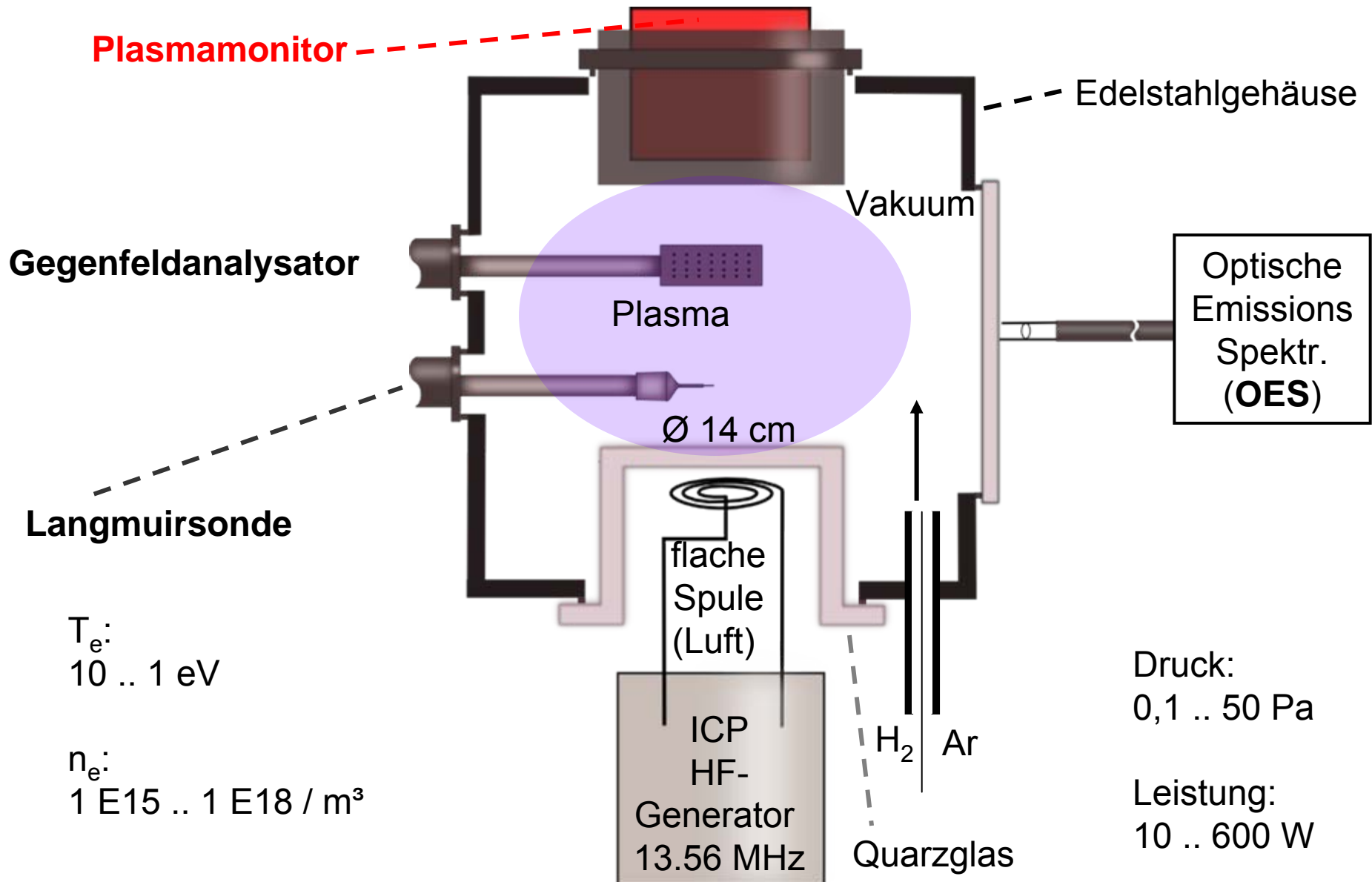
- Ionen → Oberfläche
 - Wachstum
 - Erosion

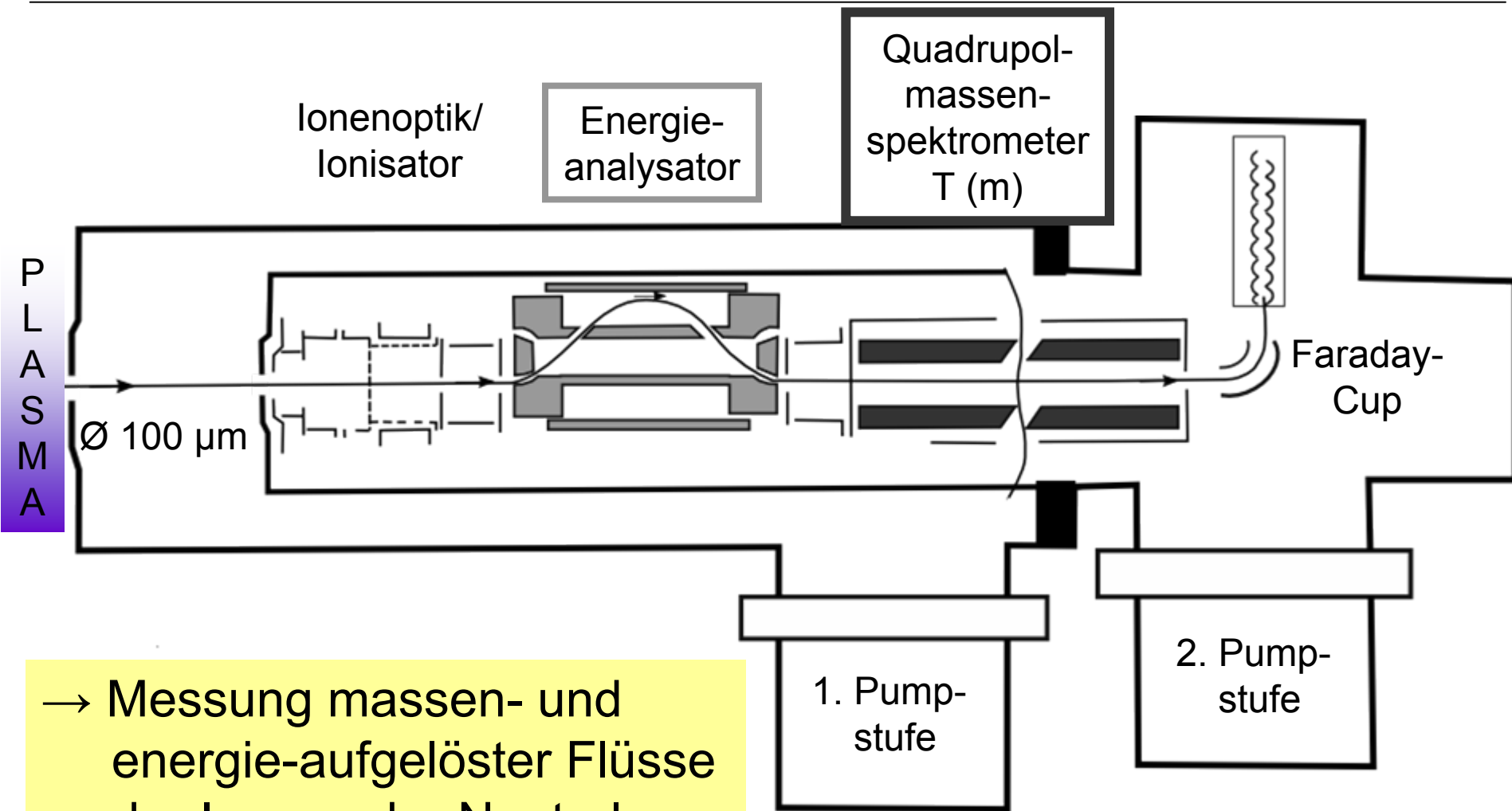
- Modellierung der Reaktionen



- **Massenaufgelöste Ionenflüsse auf die Wand mit dem Plasmamonitor (PM)**
- **Quantifizierung des Plasmamonitors:**
 - Massenabhängige Transmission über Neutralgasmassenspektroskopie
 - Absoluter **Gesamtionenfluss** über den Gegenfeldanalysator (GFA)
- **Ionendichten mit Langmuirsondendaten**
- **Beginn mit einfachem System: H₂ – Ar – Gasgemisch**

Experimenteller Aufbau – Induktiv-eingekoppeltes Plasma





→ Messung massen- und energie-aufgelöster Flüsse der Ionen oder Neutrale auf die Plasmawand

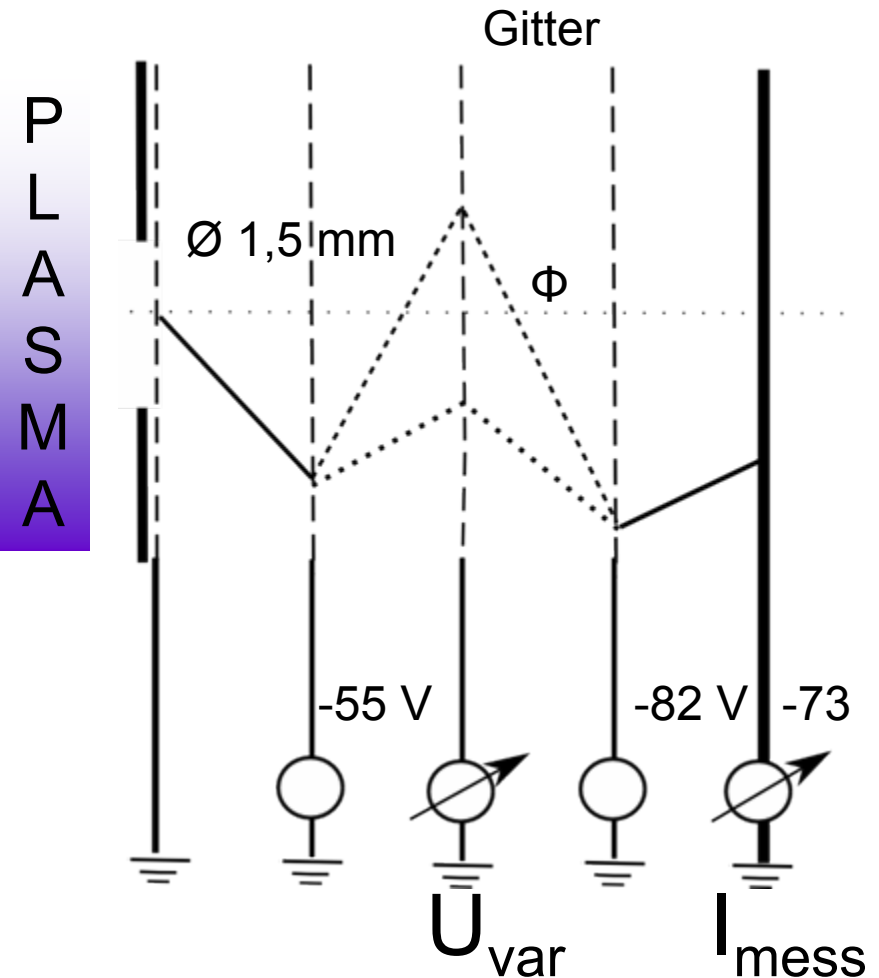
Gerät: PPM 422
Pfeiffer / Inficon

Gegenfeldanalysator (GFA)

Messung der I - U – Kennlinien

Daraus:

- Ionenenergieverteilung IEV
- Wahrscheinlichste Ionenenergie E_w
- Ionenfluss j_{Ion}



Langmuirsonde

Messung der I - U – Kennlinien

Daraus:

- Elektronenenergieverteilungsfunktion EEVF
- Elektronentemperatur T_e
- Elektronendichte n_e
- Ionendichte n_{Ion}



Wolfram
 $\varnothing 50 \mu\text{m}$
 $l = 3 \text{ mm}$

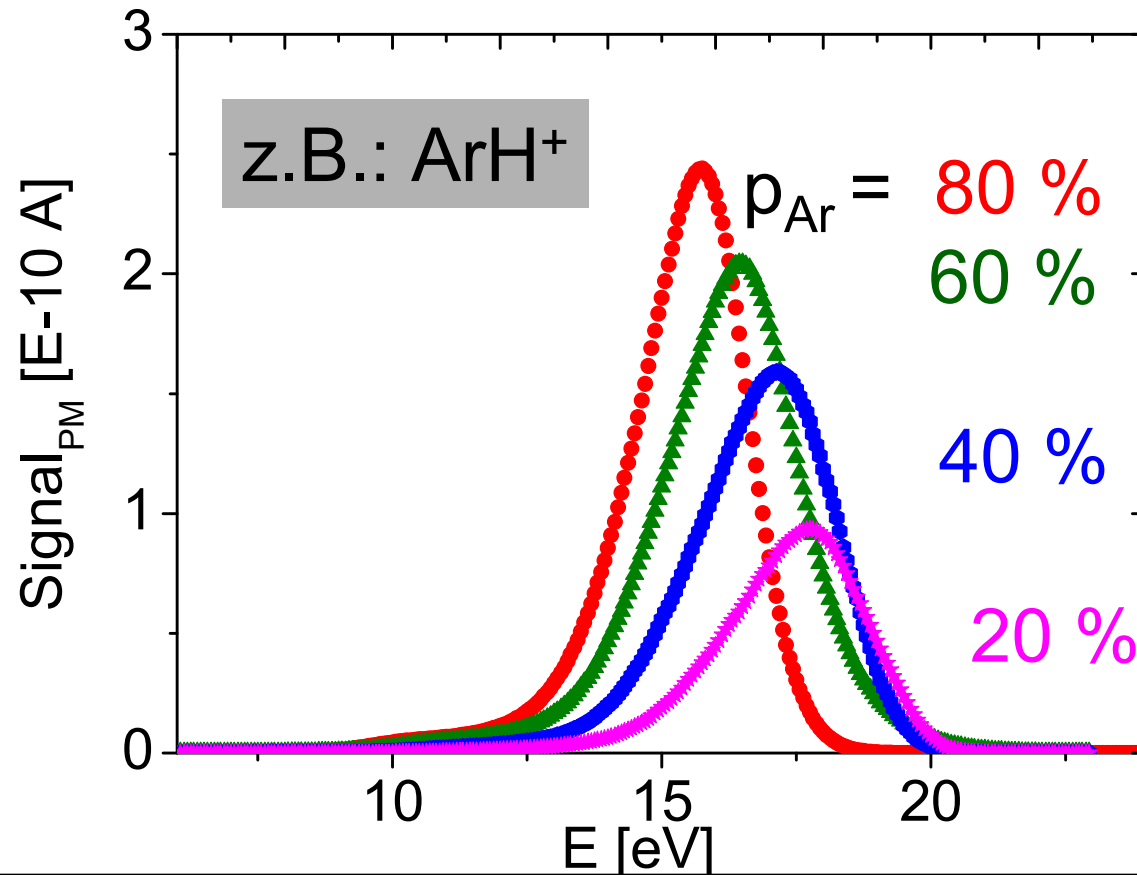
P
L
A
S
M
A

H₂-Ar-Mischplasma

Ionen: H⁺, H₂⁺, H₃⁺, Ar⁺, ArH⁺

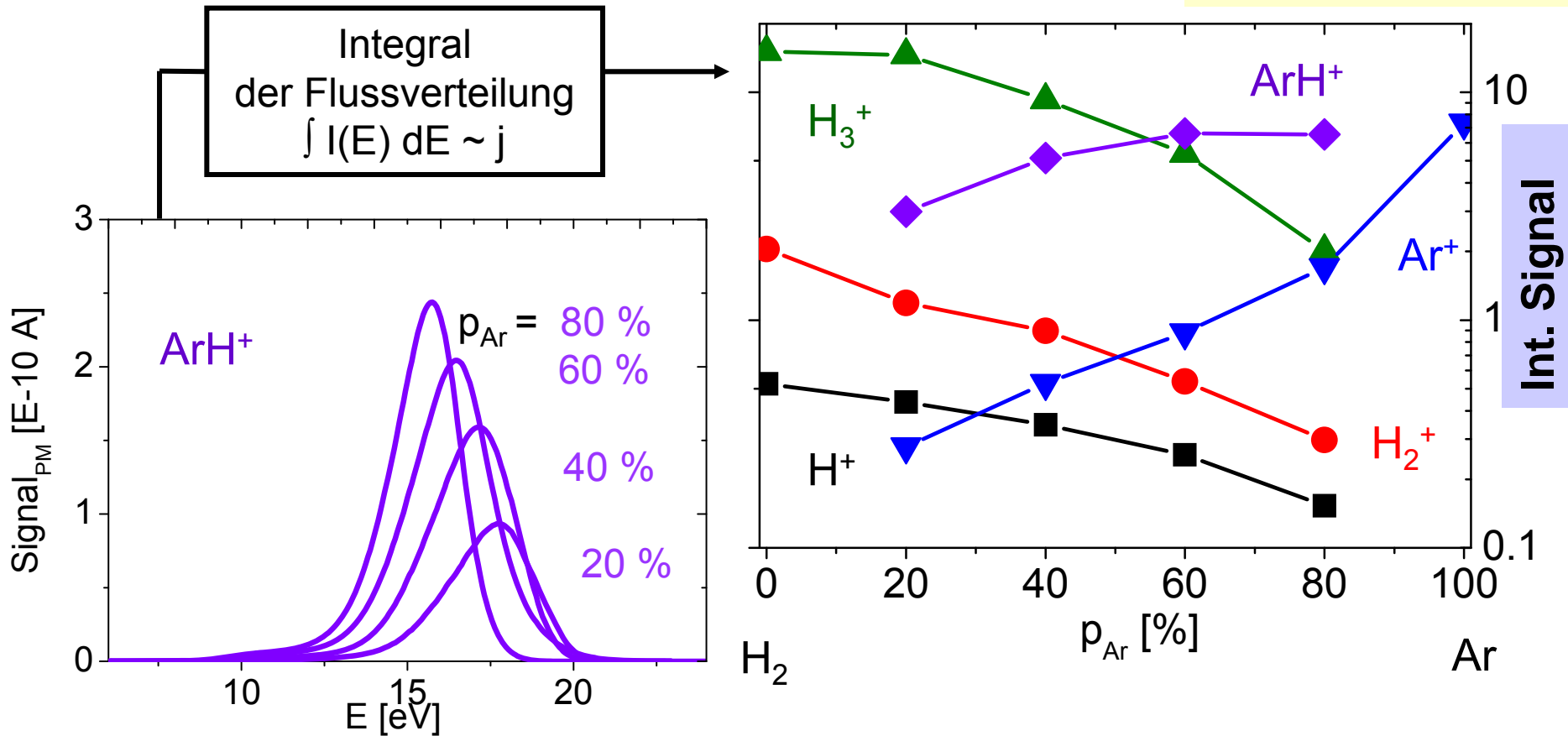
Flussverteilung der Ionen auf die Wand

H₂ - Ar - Plasma
p = 2 Pa, P = 200 W



Flüsse verschiedener Ionen auf die Wand

$H_2 - Ar$ - Plasma
 $p = 2 Pa, P = 200 W$



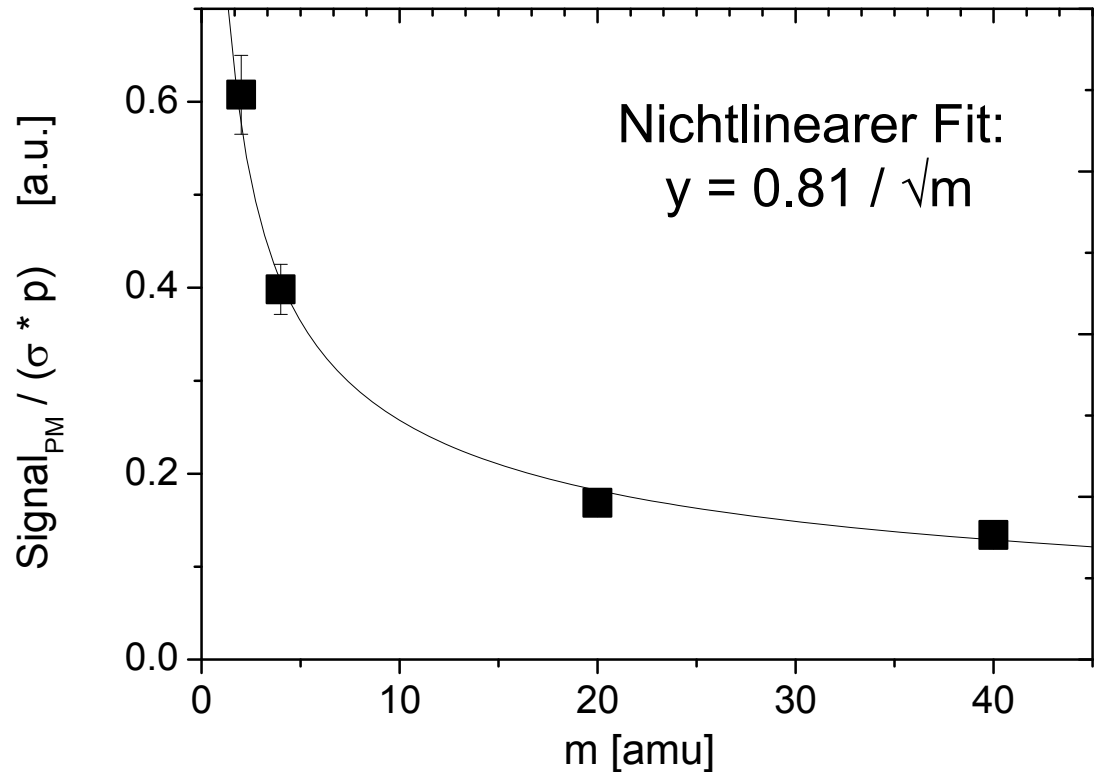
Aber: Ionenflüsse weder relativ noch absolut quantifiziert!!

Quadrupol-MS besitzt massenabhängige Transmission T_{MS} (m):

$$\text{Signal}_{PM} \sim n_{\text{Gas}} \cdot \sigma_{\text{Ioniz}} \cdot T_{MS}$$

→ T_{MS} durch Messung
verschiedener
Edelgase:

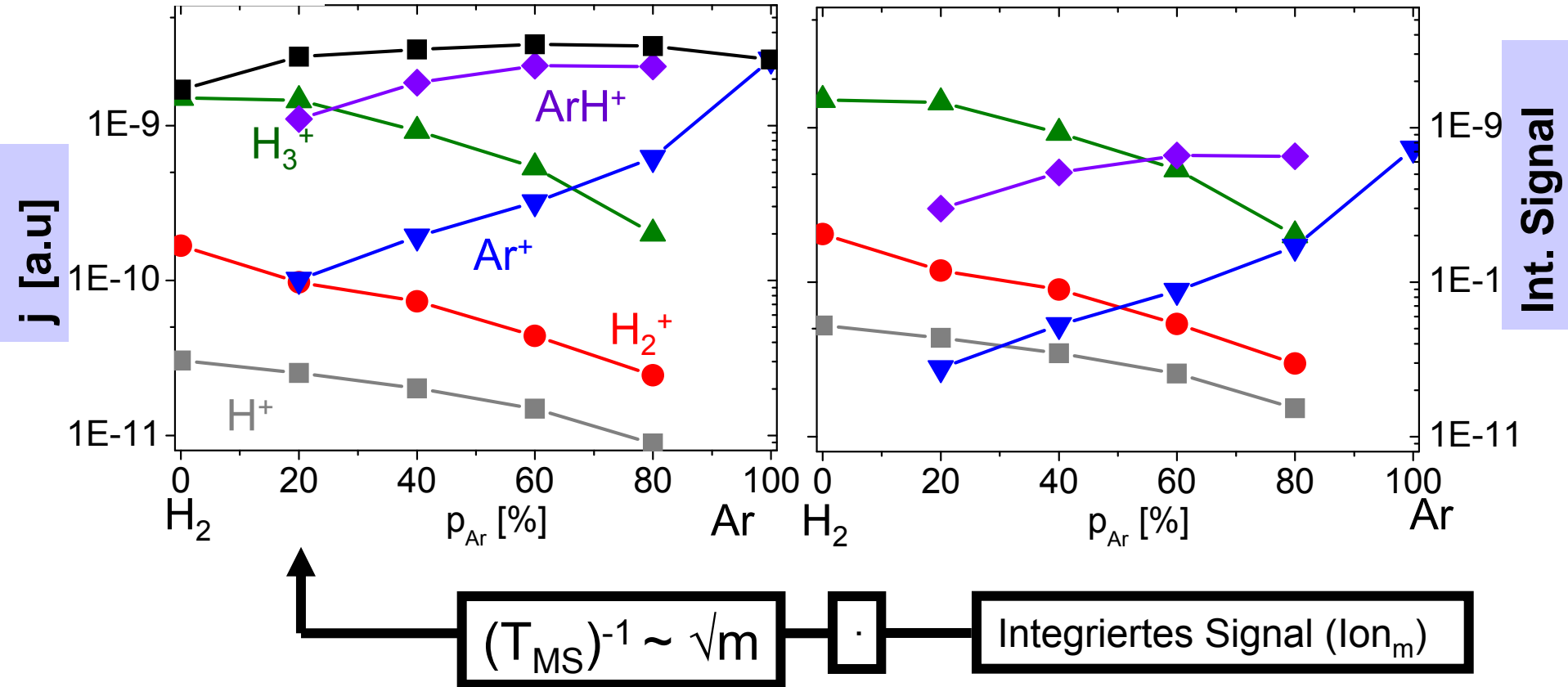
$$\rightarrow T_{MS} \sim 1 / \sqrt{m}$$



Flüsse verschiedener Ionen auf die Wand

H₂ - Ar - Plasma
 $p = 2 \text{ Pa}$, $P = 200 \text{ W}$

Summe ?

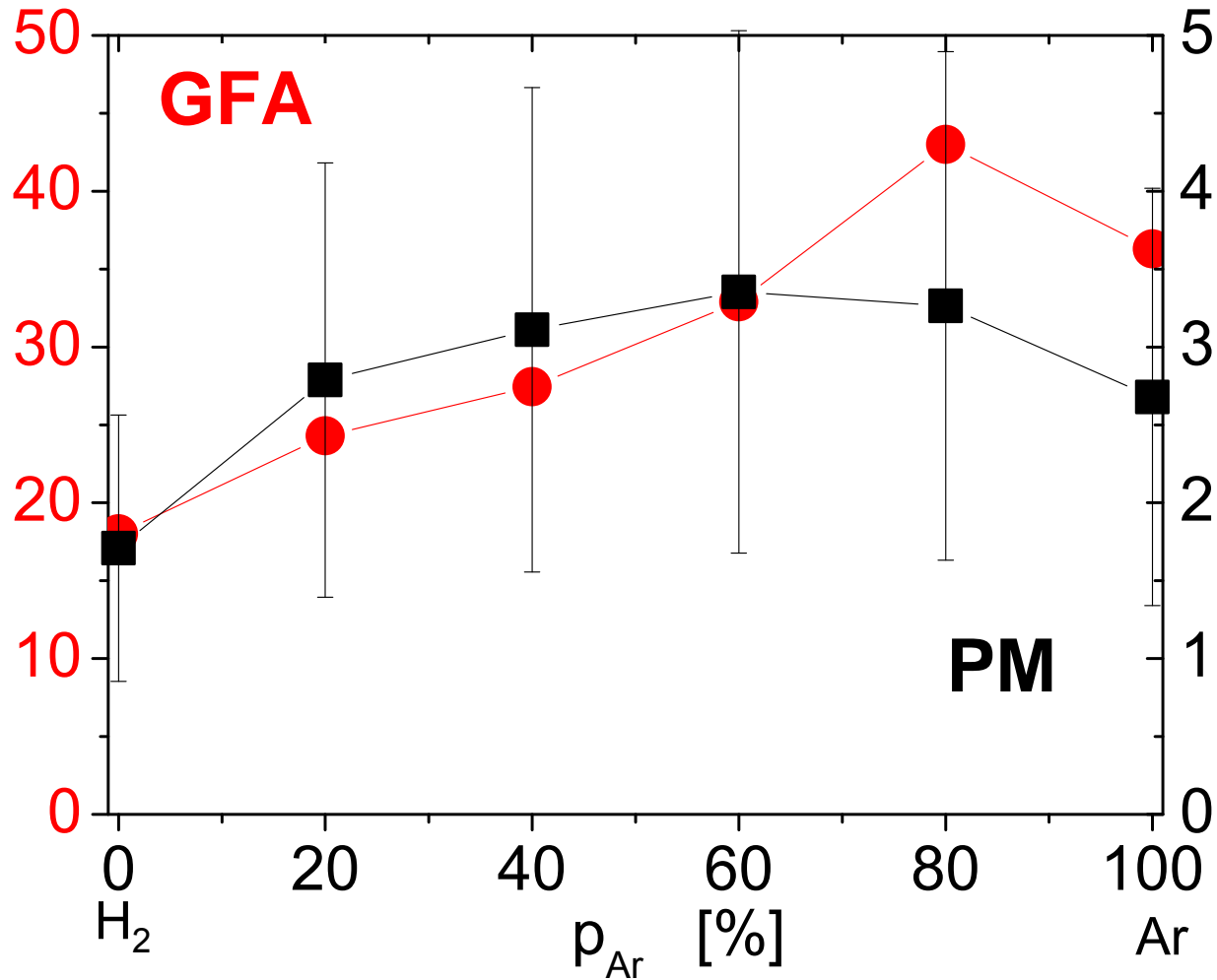


Flüsse aller Ionen auf die Wand

H₂ - Ar - Plasma
p = 2 Pa, P = 200 W

Summe =

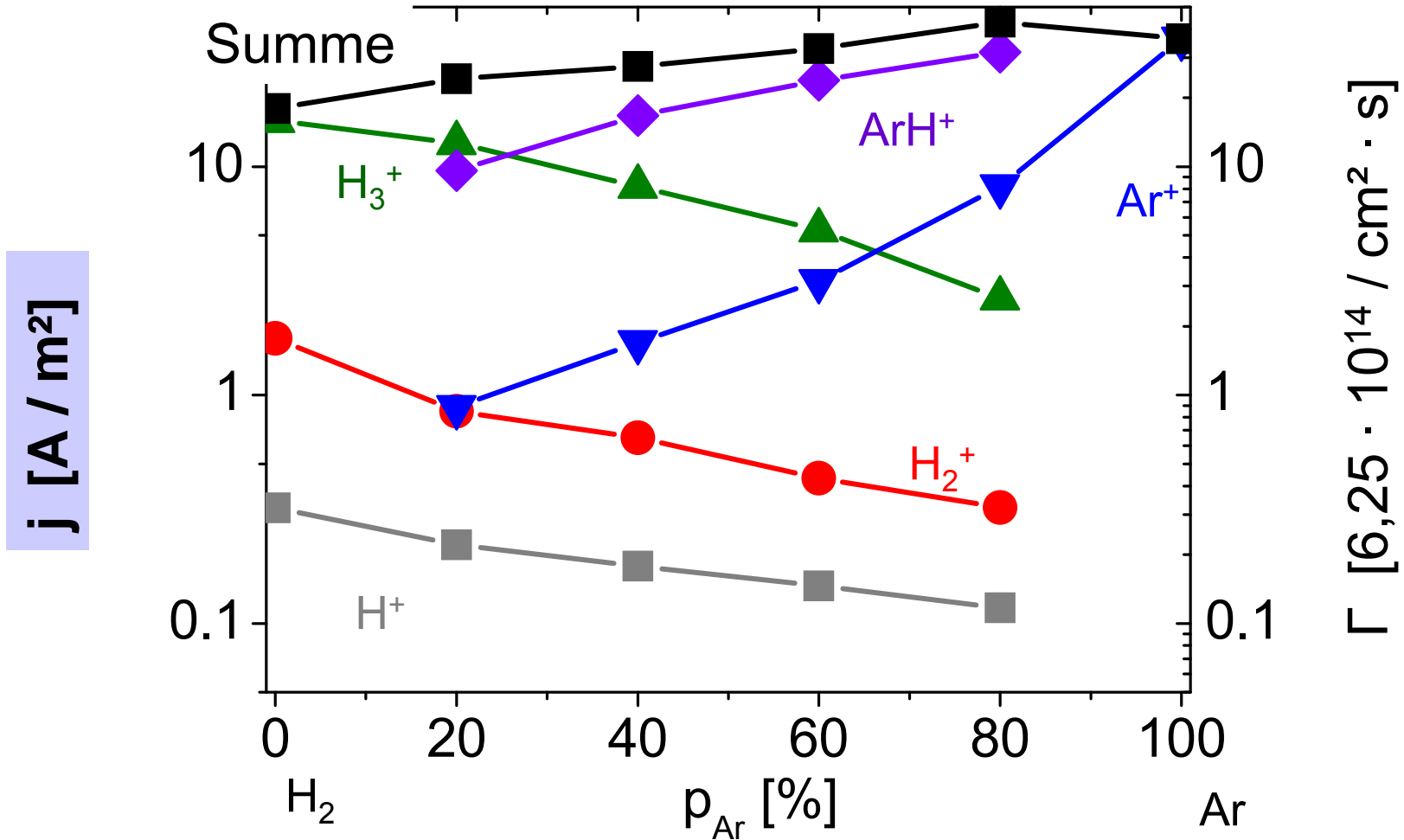
j [A / m²]



j [a.u.]

Flüsse verschiedener Ionen auf die Wand

H₂ - Ar - Plasma
 p = 2 Pa, P = 200 W



Ionenfluss j

→

Ionendichte n_i ??

(Vergleich mit Modellierung möglich)

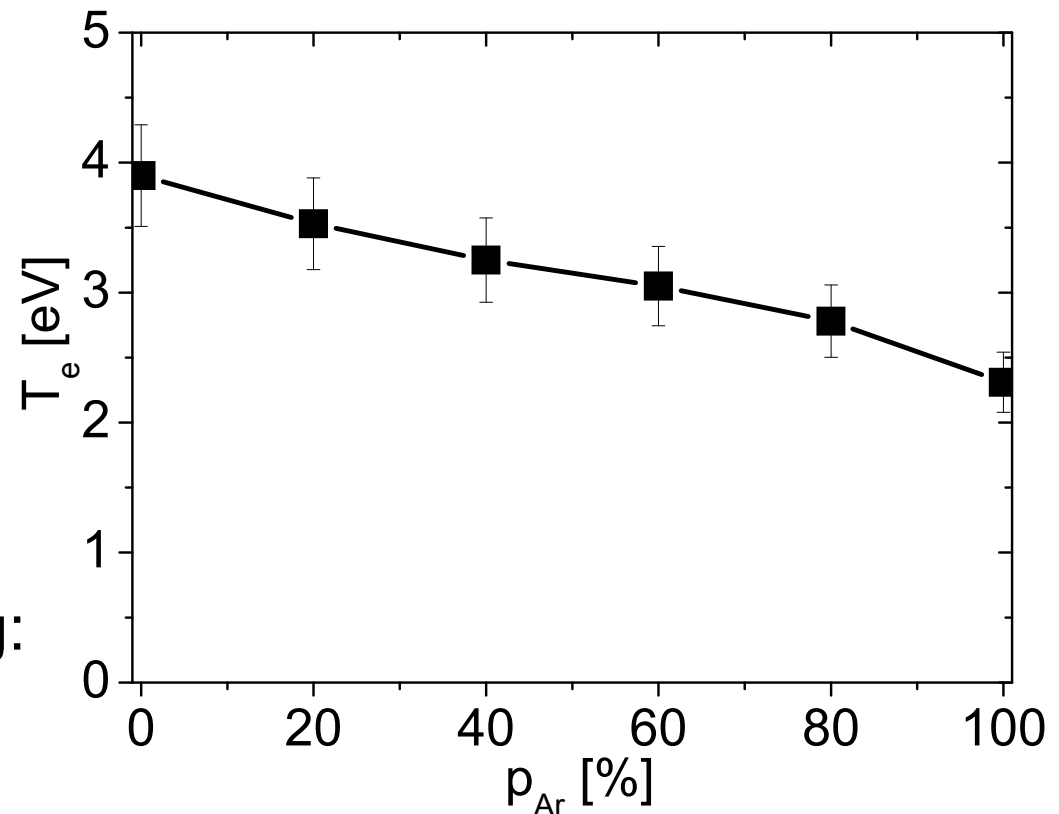
→ $j = \text{const}$ (Randschicht)

→ Randschichtkante:

$$j_{\text{Ion}} = e * n_{\text{Ion edge}} * u_{\text{Bohm}}$$

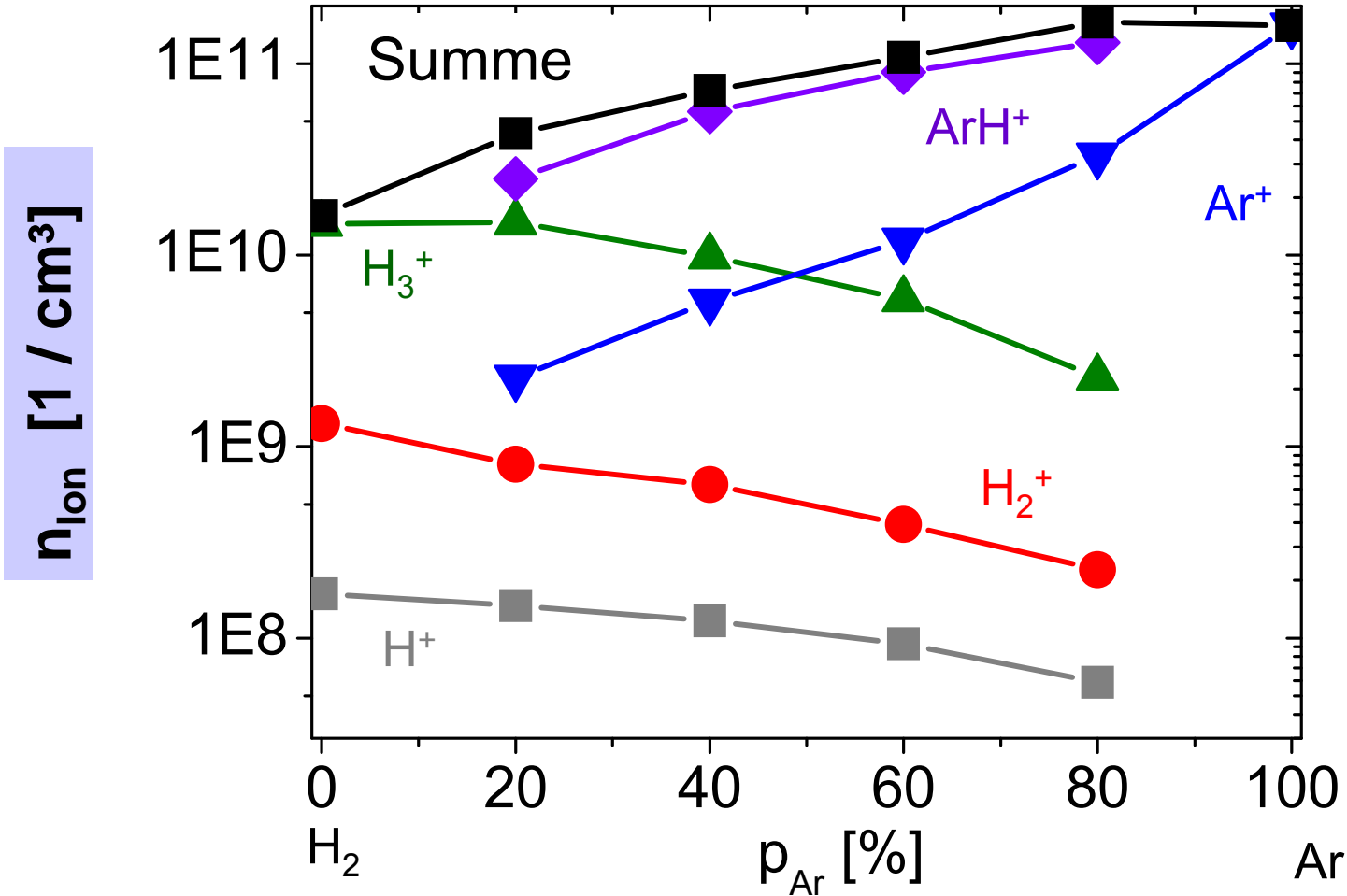
$$u_{\text{Bohm}} = (eT_e / M)^{1/2}$$

→ T_e aus Sondenmessung:



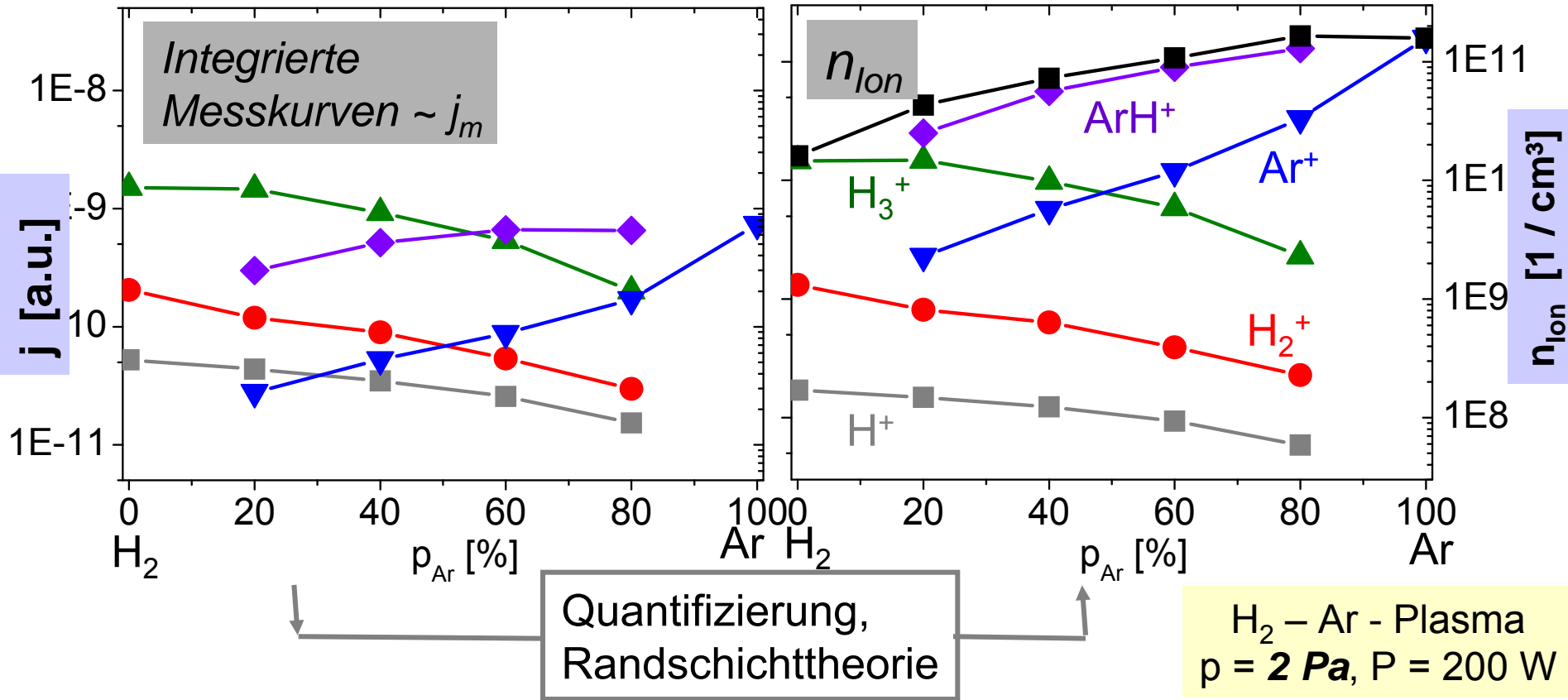
Dichten verschiedener Ionen im Plasma

$\text{H}_2 - \text{Ar} - \text{Plasma}$
 $p = 2 \text{ Pa}, P = 200 \text{ W}$



Messung:

Ergebnis:



→ ArH^+ dominantes Ion unter diesen Plasmabedingungen

→ Quantifizierung des PM verschiebt Relationen von j und n

- **Vergleich mit Simulationsergebnissen
(Ratengleichungsmodell)**

- **Ionenflussmessungen für weitere Gase
(He, Ne, D₂, O₂, ...)**