

# Konzept für einen induktiv gekoppelten HF-Plasmabrückenneutralisator

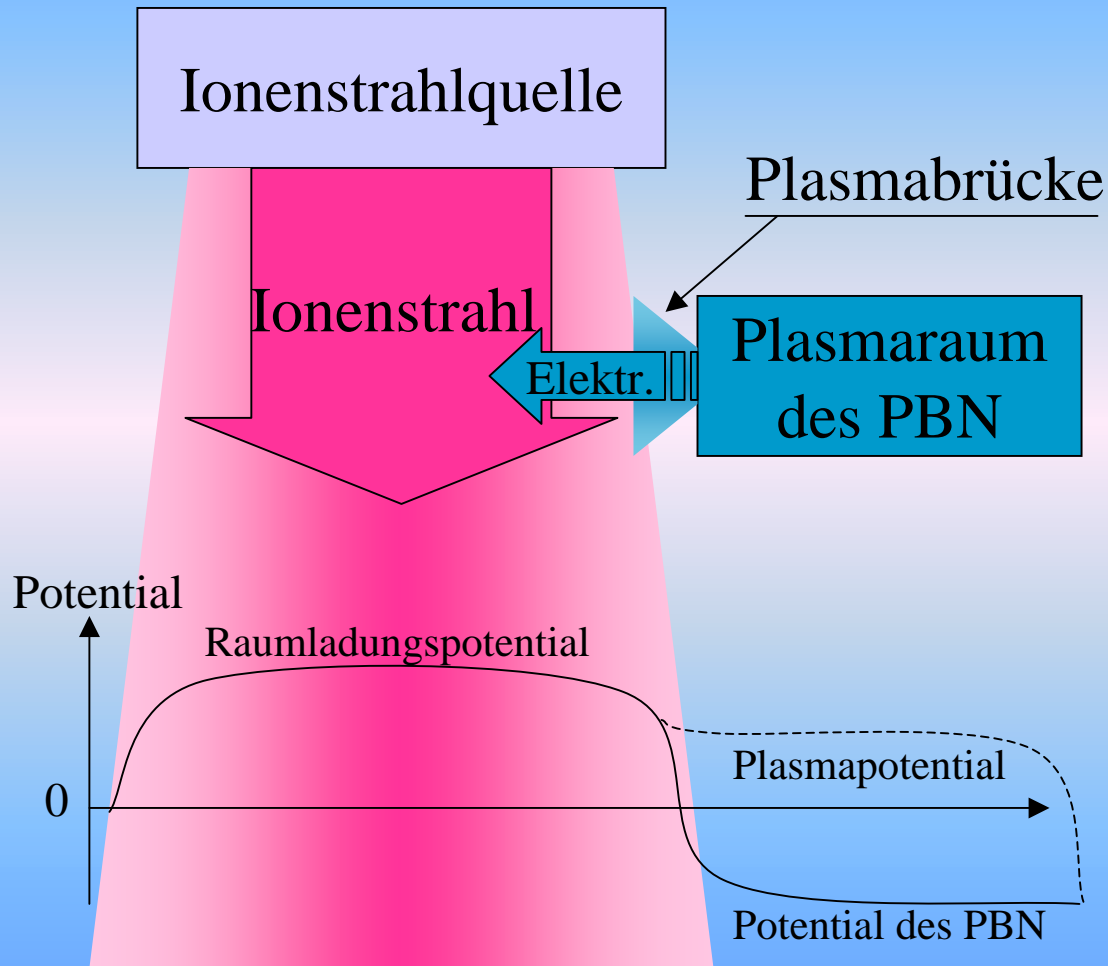
Frank Scholze, Horst Neumann

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V.; Permoserstr.15; 04318 Leipzig

- Konstruktion und Design
- Charakterisierung
- Ausblick

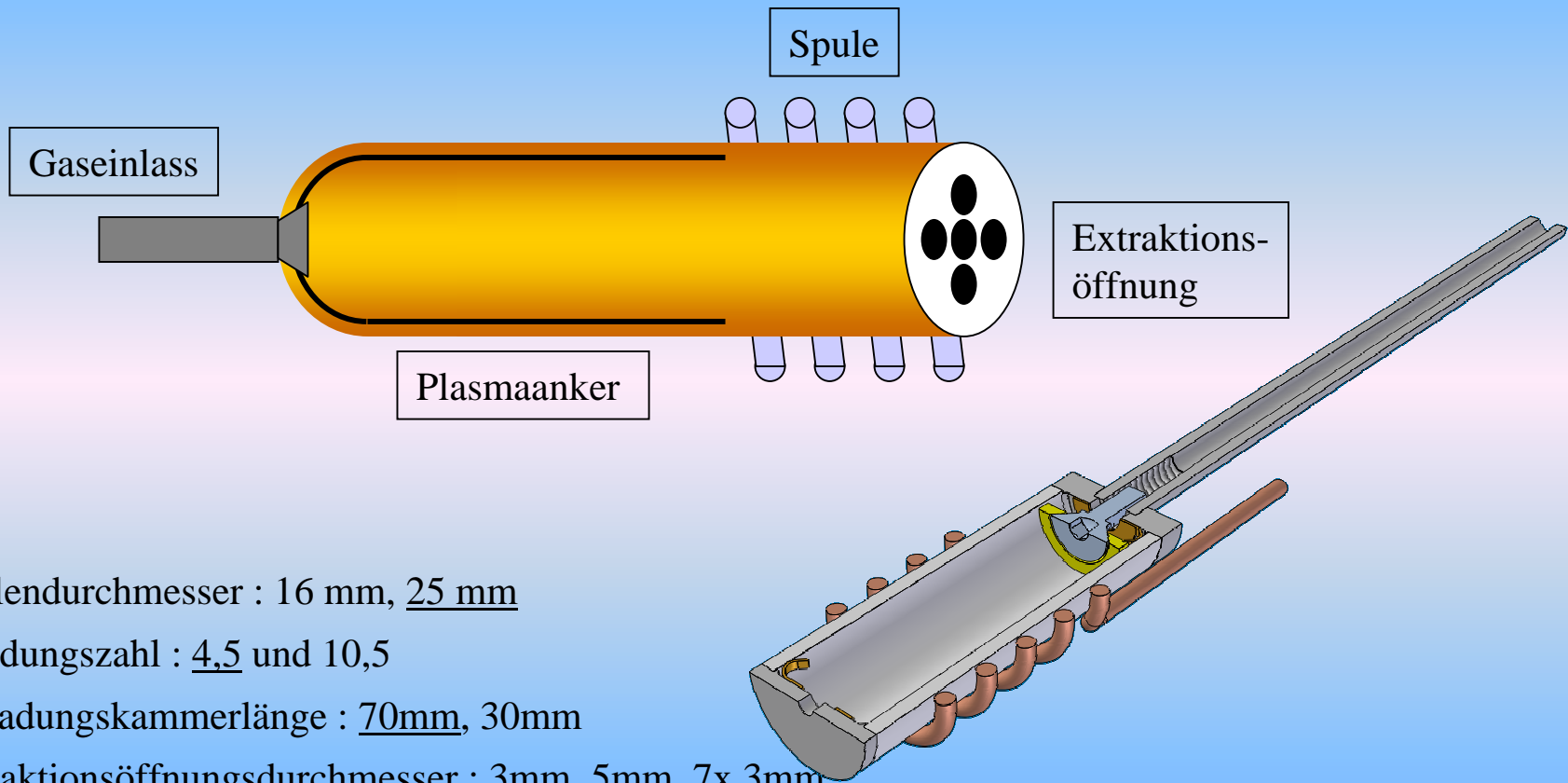
Gefördert durch DLR : FKZ 50JR0443

# Plasma-Brücken-Neutralisation PBN



- Raumladungspotential des Ionenstrahls  $\sim 10...30$  V
- Plasma diffundiert aus PBN-Plasmaraum und stellt eine elektrisch leitfähige Verbindung zwischen Ionenstrahl und PBN-Plasma bereit
- Negative Spannung am PBN werden Elektronen in den Ionenstrahl gezogen und die Plasmabrücke verstärkt

# Aufbau PBN



- Spulendurchmesser : 16 mm, 25 mm
- Windungszahl : 4,5 und 10,5
- Entladungskammerlänge : 70mm, 30mm
- Extraktionsöffnungsdurchmesser : 3mm, 5mm, 7x 3mm
- Plasmaankerform : Platte, Stift, Zylinder

# PBN-Baugruppen

Spulen ( Cu bzw. Ag)

Plasmaanker

Extraktionsblende

Entladungsraum

# HF-PBN-Anpassnetzwerk

HF-PBN  
ohne Plasma

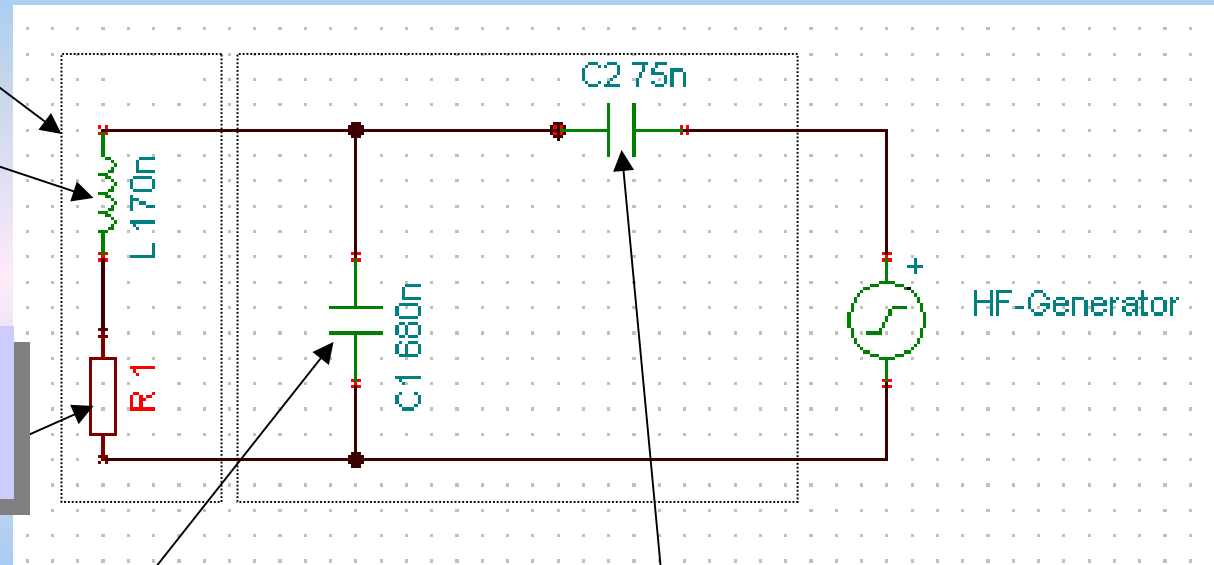
Anpassnetzwerk

Spule des PBN : L

ohmscher Widerstand  
der Spule : R1

Schwingkreis-  
kondensator : C1

Koppelkondensator : C2



# Komplexer Widerstand $X$ des PBN + Anpassnetzwerk

$$\operatorname{Re}(X) = \frac{R}{R^2 \omega^2 C_1^2 + (\omega^2 LC_1 - 1)^2}$$

Leistungsanpassung

$$L \geq \frac{1}{\omega} \sqrt{R(Z_0 - R)}$$

Bestimmung der minimalen Induktivität für PBN-Spule

$$\operatorname{Im}(X) = \frac{-R^2 \omega C_1 - \omega L (\omega^2 LC_1 - 1)}{R^2 \omega^2 C_1^2 + (\omega^2 LC_1 - 1)^2} - \frac{1}{\omega C_2}$$

Minimierung reflektierte Leistung

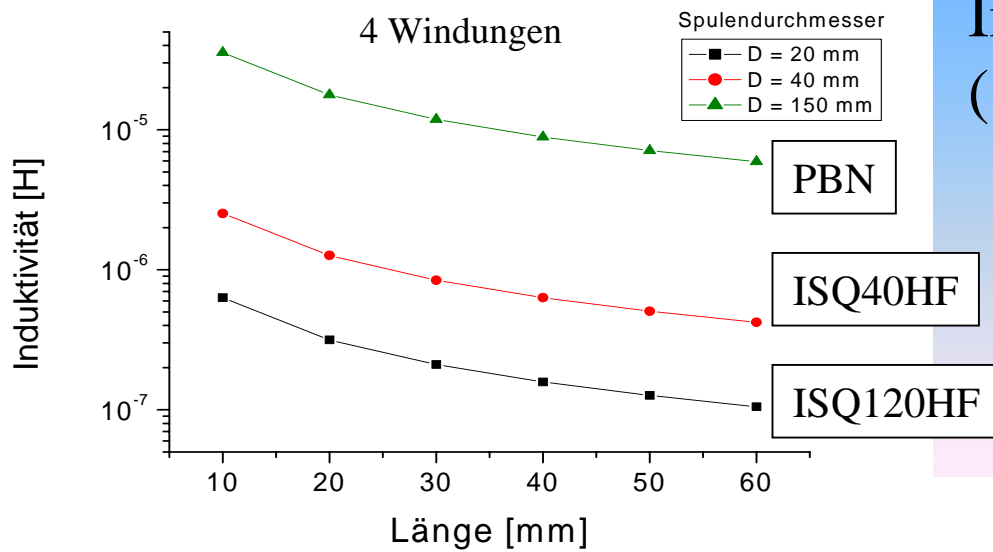
$$C_2 = \frac{R^2 \omega^2 C_1^2 + (\omega^2 LC_1 - 1)^2}{\omega^2 (-R^2 C_1 - L(\omega^2 LC_1 - 1))}$$

Berechnung des Koppelkondensator  $C_2$

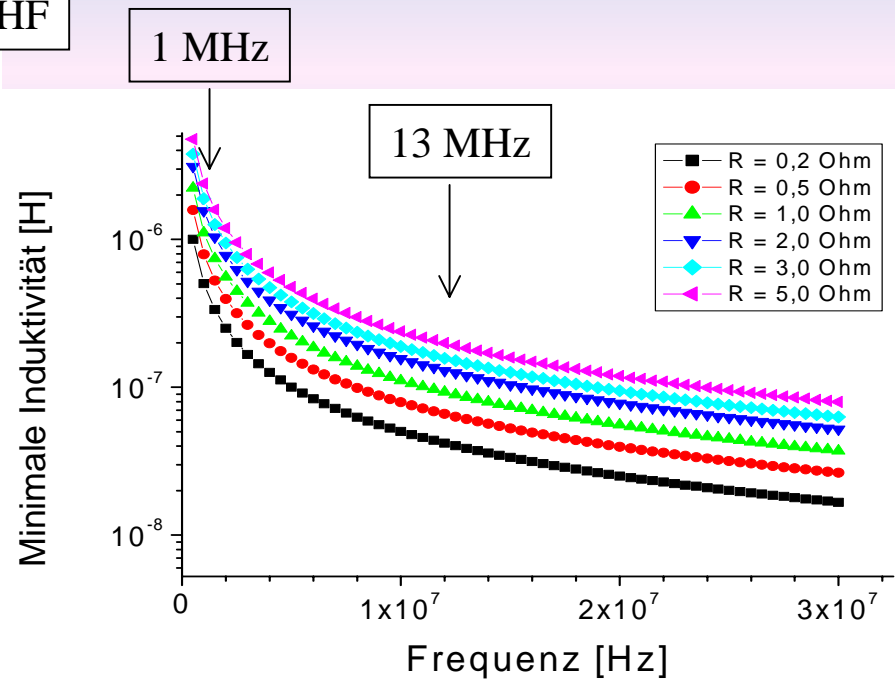
$$C_1 < \frac{L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

HF-Generators  
 $\omega$  - Kreisfrequenz  
 $Z_0$  - Ausgangswiderstand

# Induktivität PBN-Spule

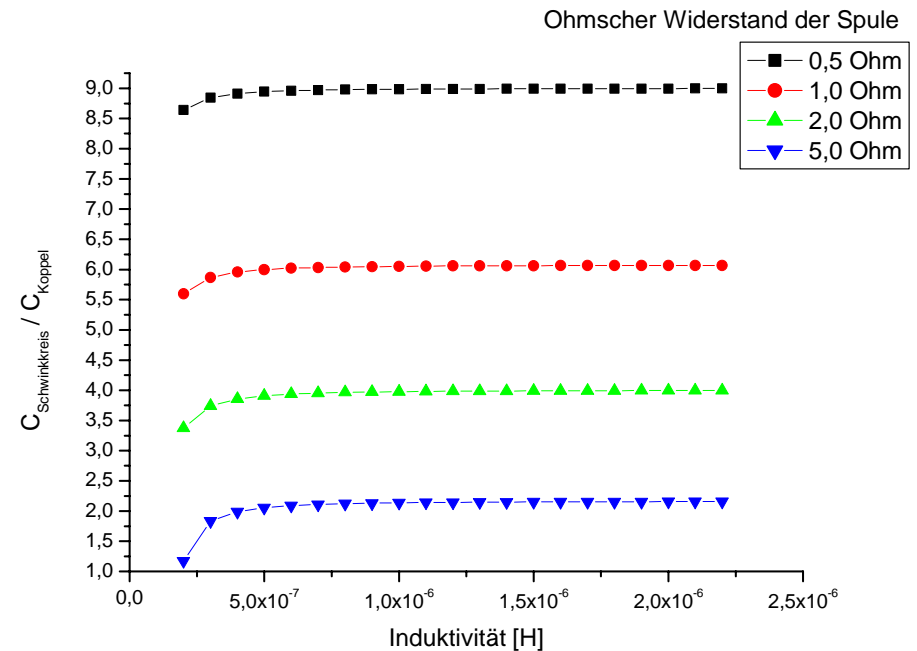
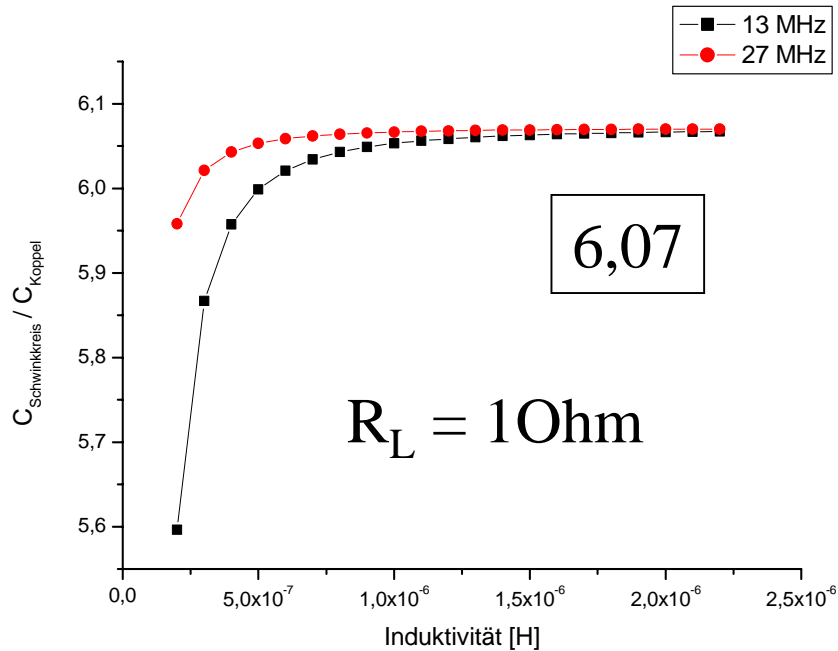


Induktivität für Zylinderspulen  
(  $L \sim 0,1 \dots 10 \mu\text{H}$  )



Minimale Induktivität als  
Funktion der Anregungsfrequenz

# Verhältnis C1/C2

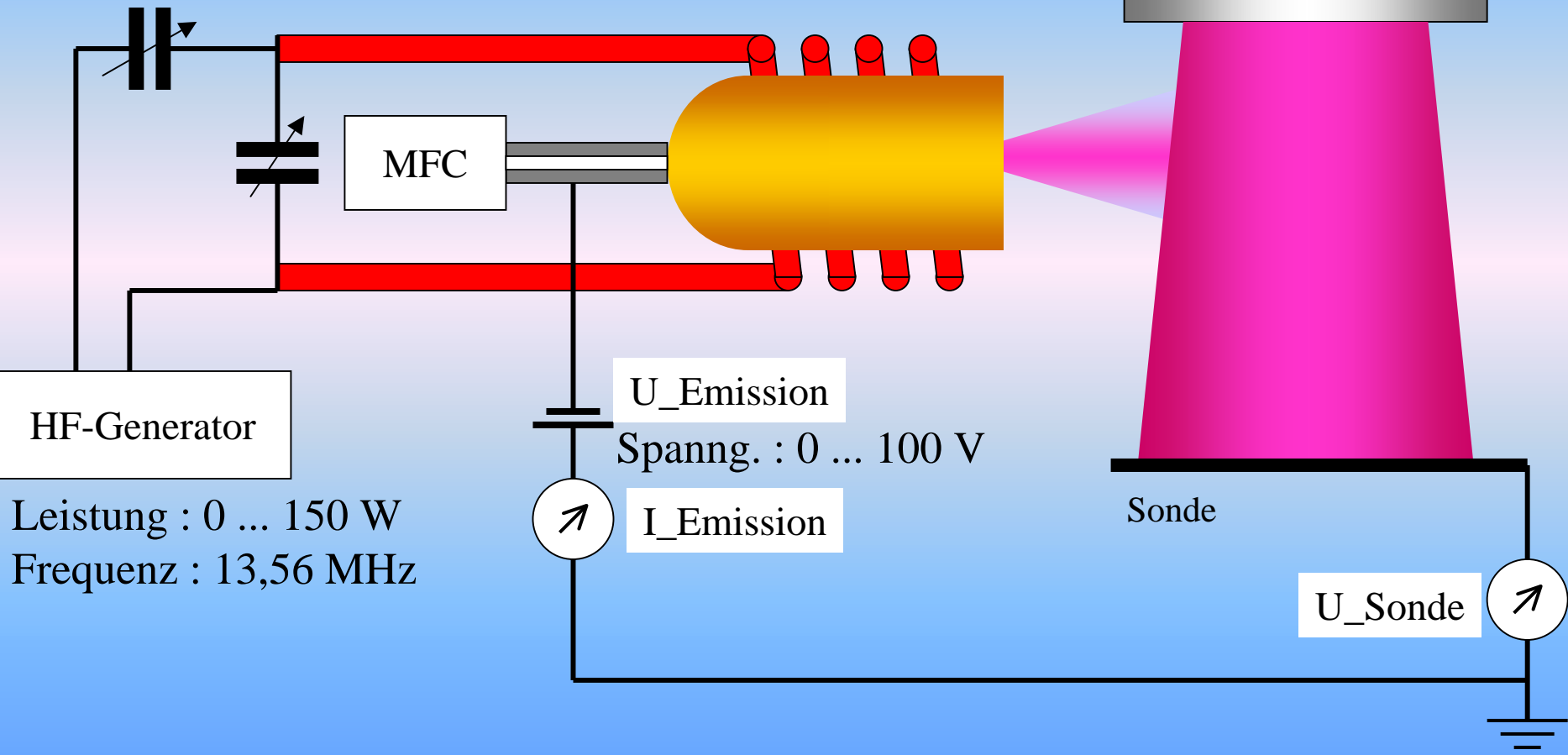


Bei großen Induktivitäten ist C-Verhältnis unabhängig von der Frequenz

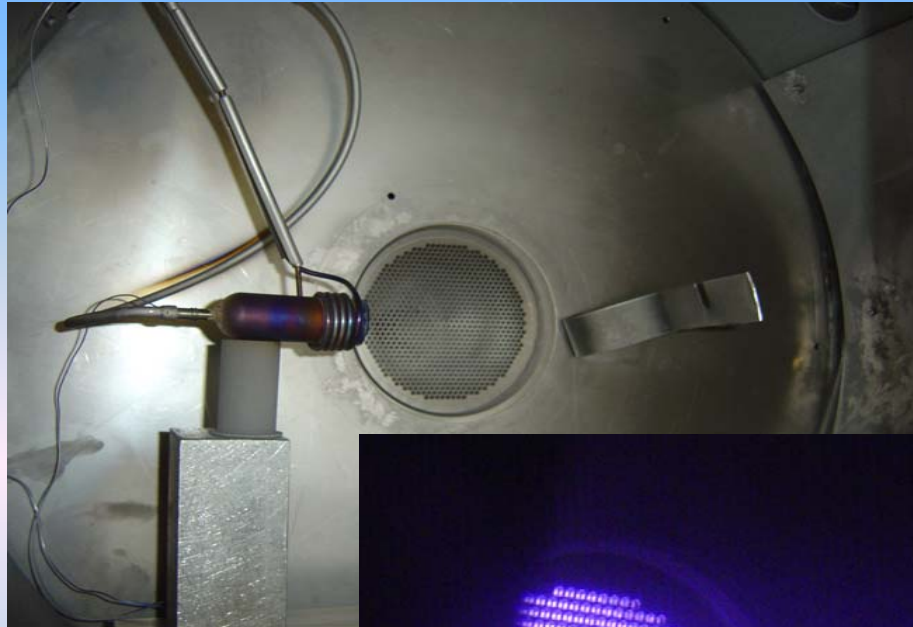
# Parameter

Gas : Argon

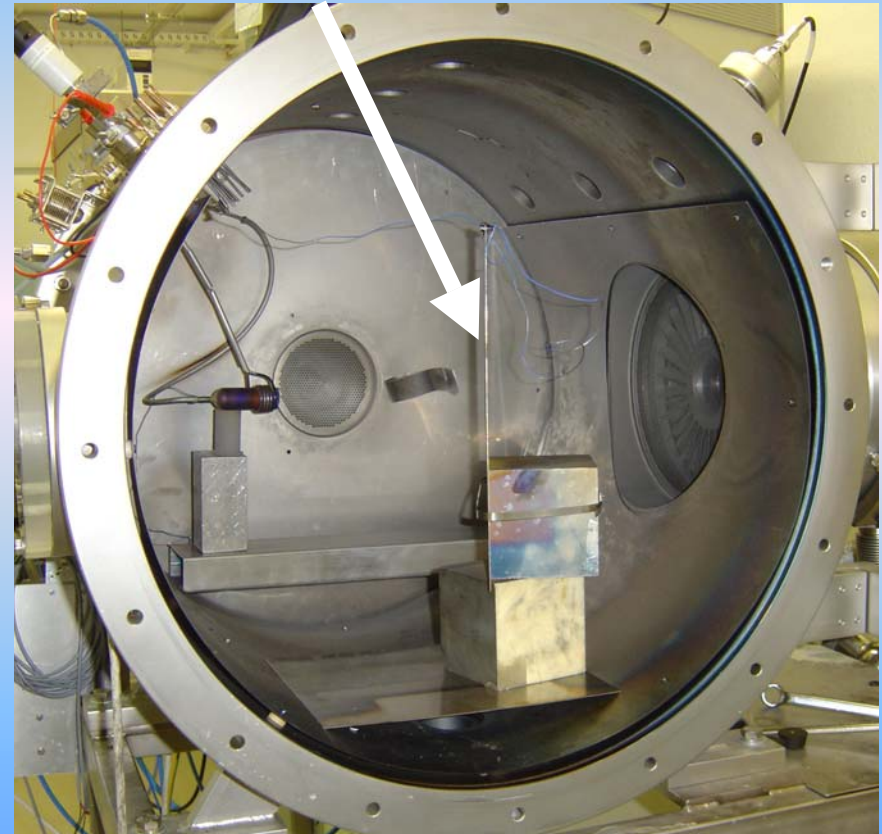
Fluss : 0,5 ... 15 sccm



# Anordnung im Rezipienten

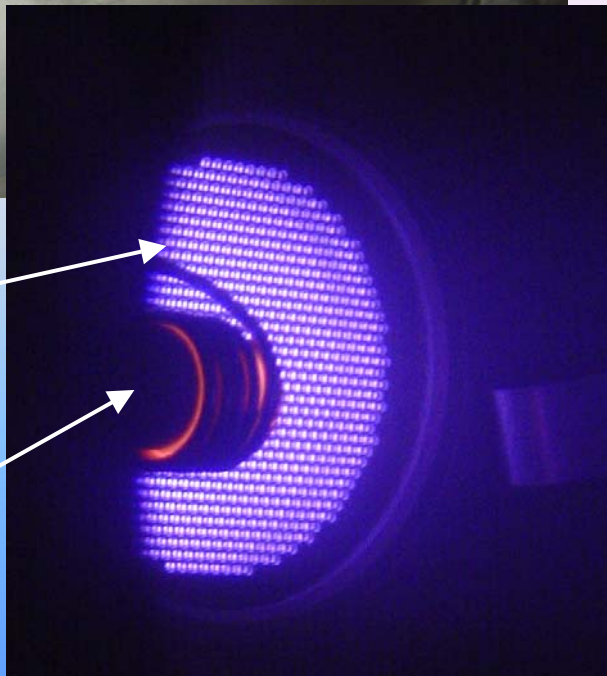


Sonde zu Neutralisationsmessung (gedreht)

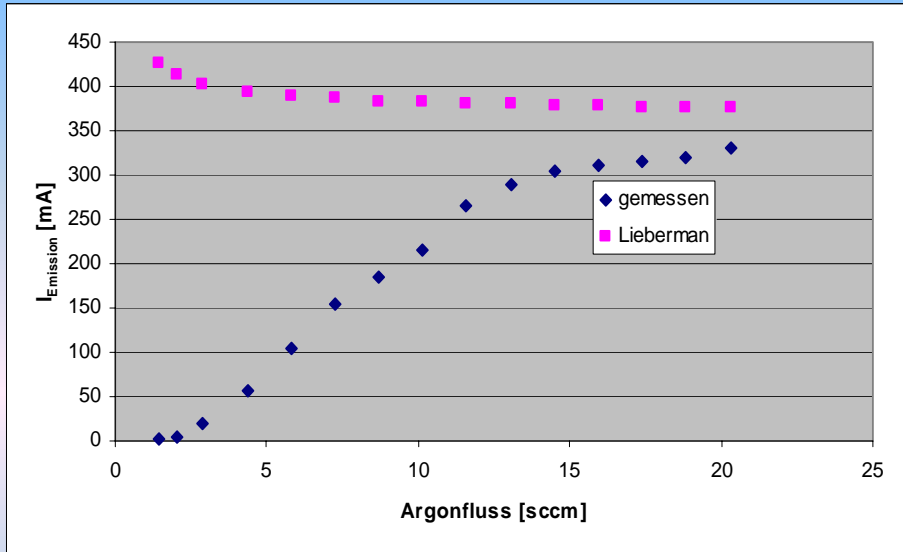


ISQ

PBN

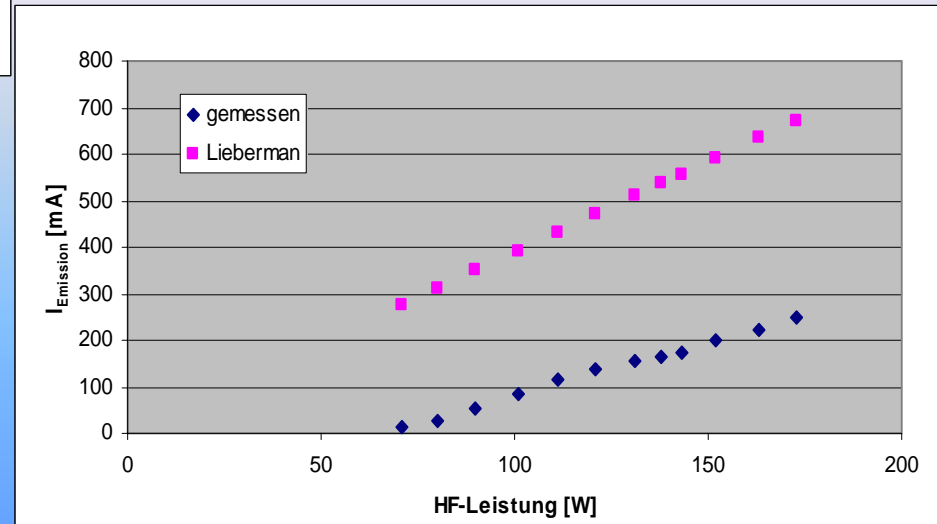


# Vergleich Lieberman-Modell - Messungen



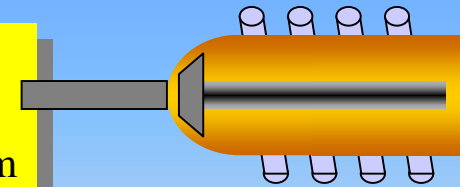
- Gute Übereinstimmung bei Leistungsabhängigkeit ( tendenziell, quantitativ)
- Differenz durch Verluste zwischen Generator und PBN, ohmsche Verluste in Spule nicht betrachtet ( $P_{\text{out}} = P_{\text{abs}}$ )

- Plasmamodell für  $(R,l) \geq \lambda_i \geq (T_i/T_e)$  verwendet (für Ionenquellen okay)
- PBN-Dimension kleiner als  $\lambda_i \approx 2 \text{ cm}$
- Plasma für kollisionsfreie Randschicht  $\lambda_i \geq 1$  (Langmuir Regime) beschreiben



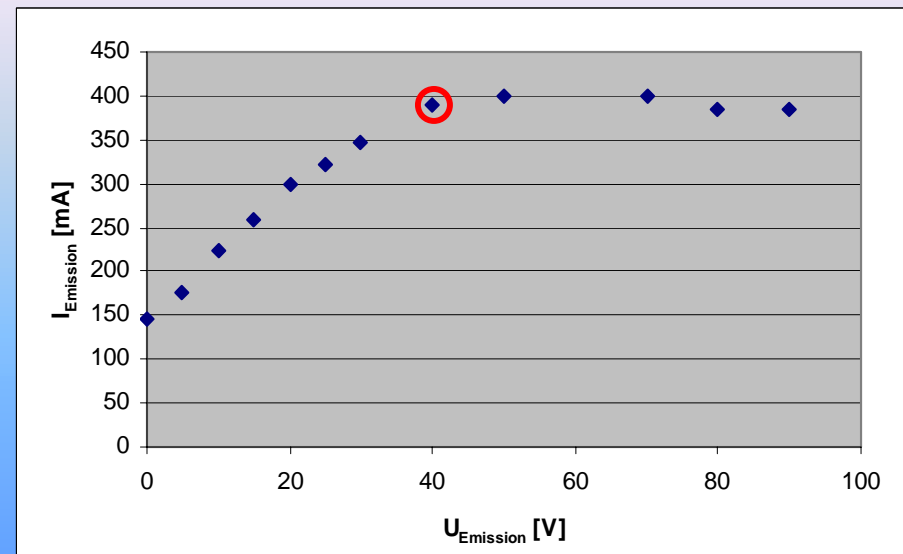
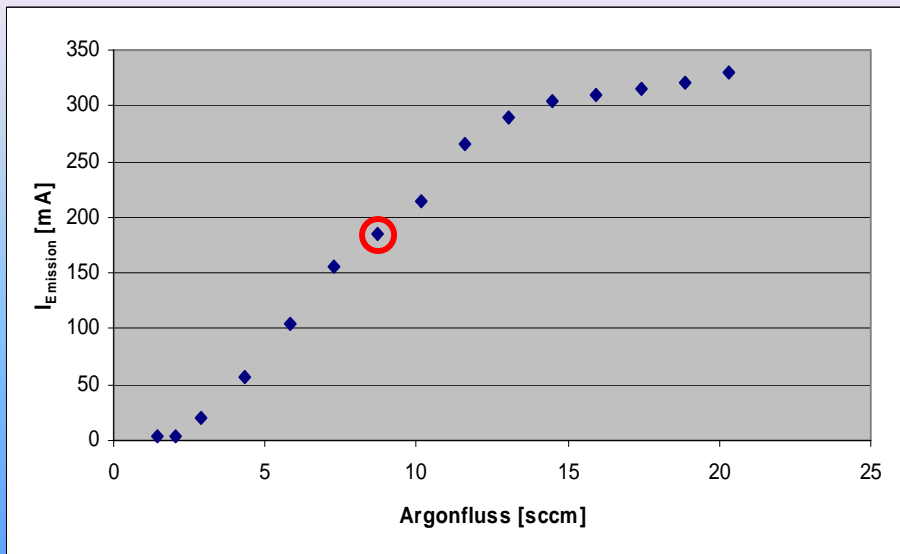
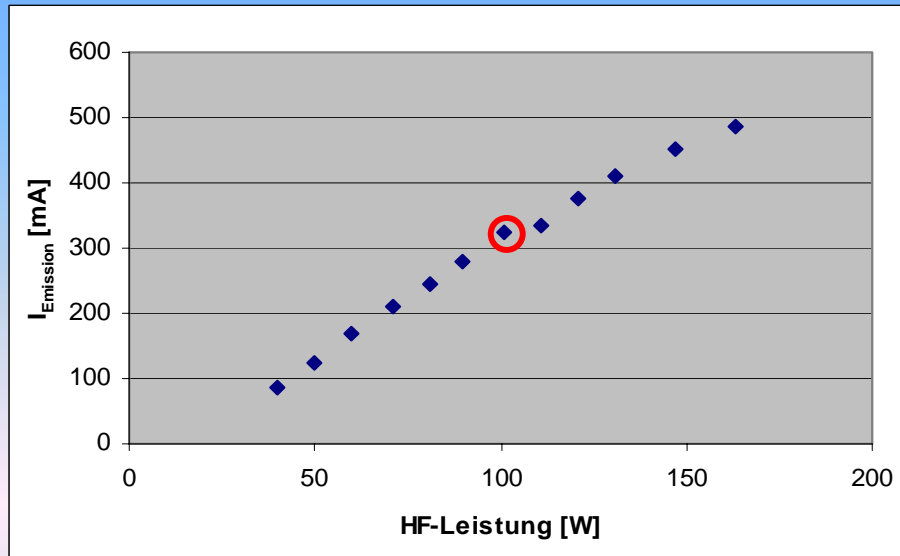
# Emissionsstrom PBN

Drahtdurchmesser : 2 mm  
Windungsanzahl : 4,5  
Spulendurchmesser : 25 mm

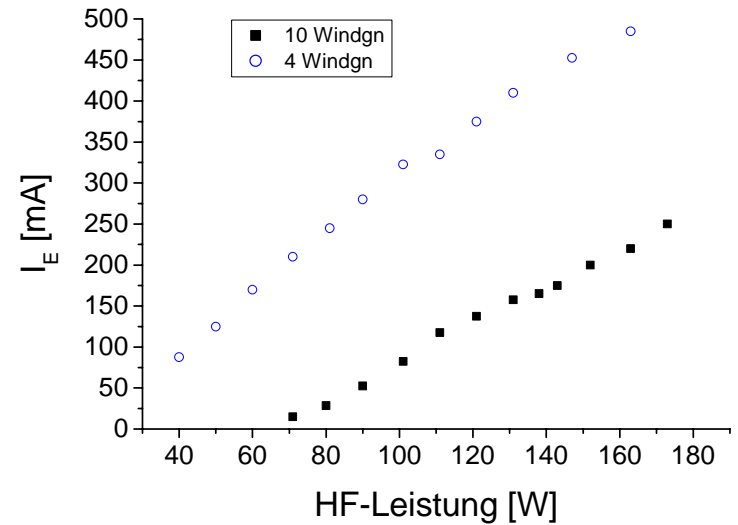
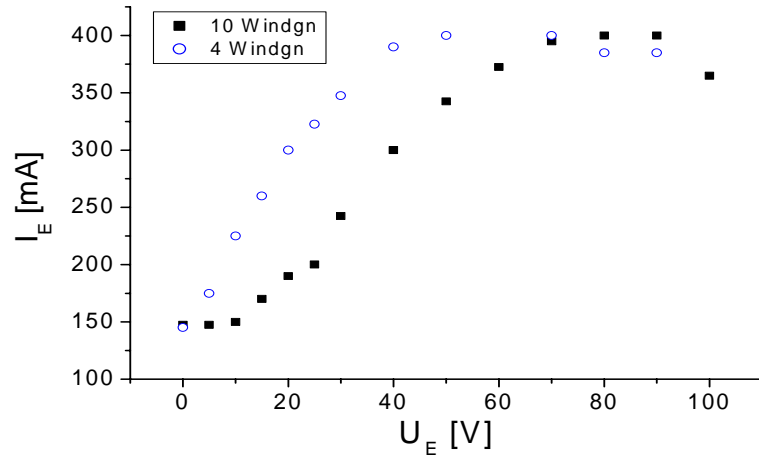
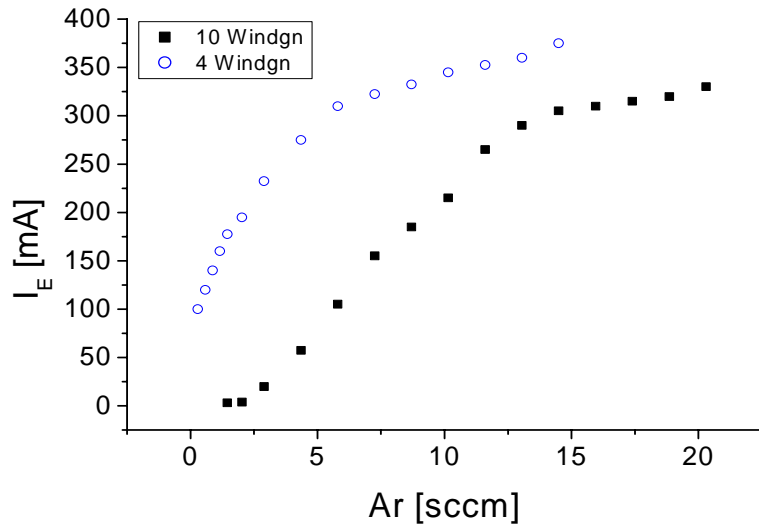


- Sättigungsstrom bei Fluss und Emissionsspannung nachgewiesen
- Emission über HF-Leistung im weiten Bereich regelbar

○ Parameter für weitere Messungen

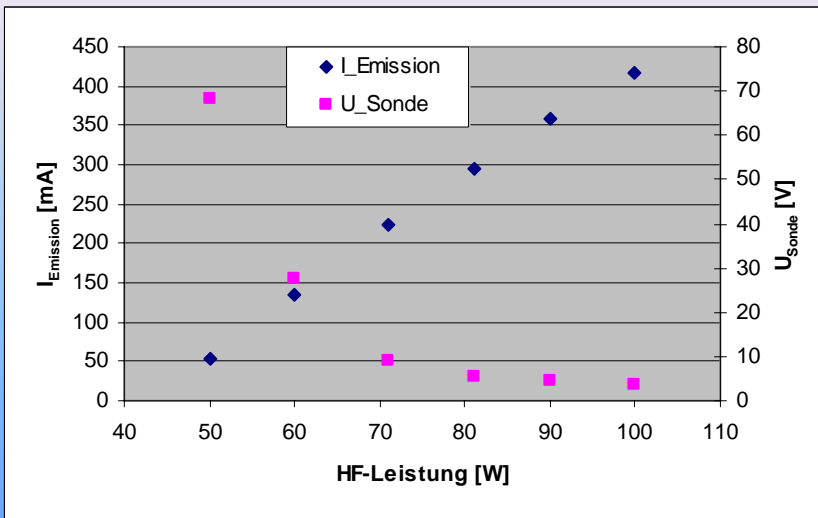
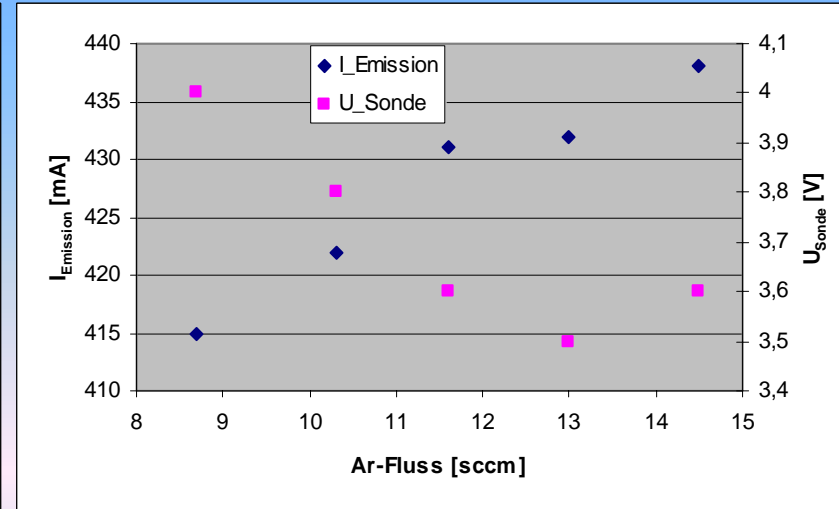
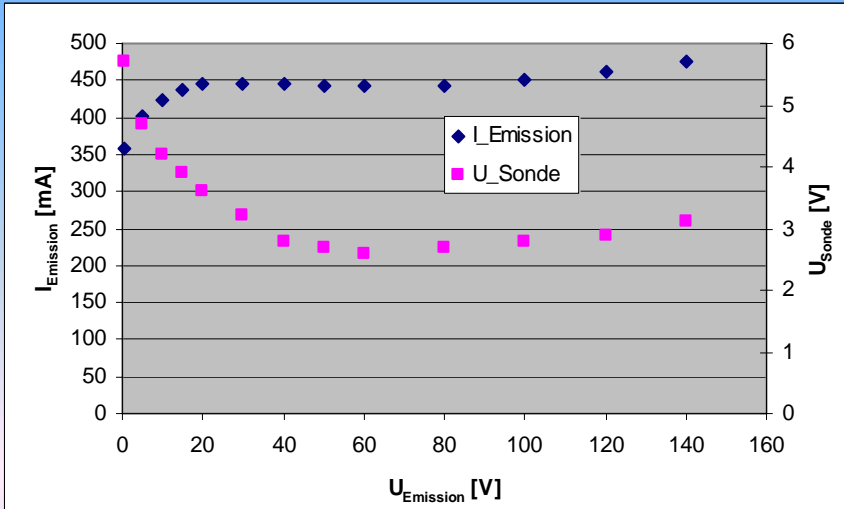
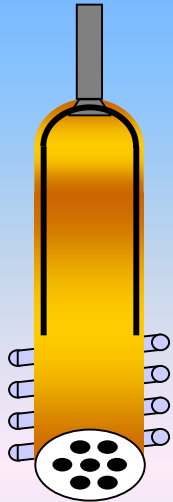


# Variation der Spulenwindungszahl



Kleinere Windungszahl  
→ kleineres Spulenvolumen  
→ höhere Leistungsdichte

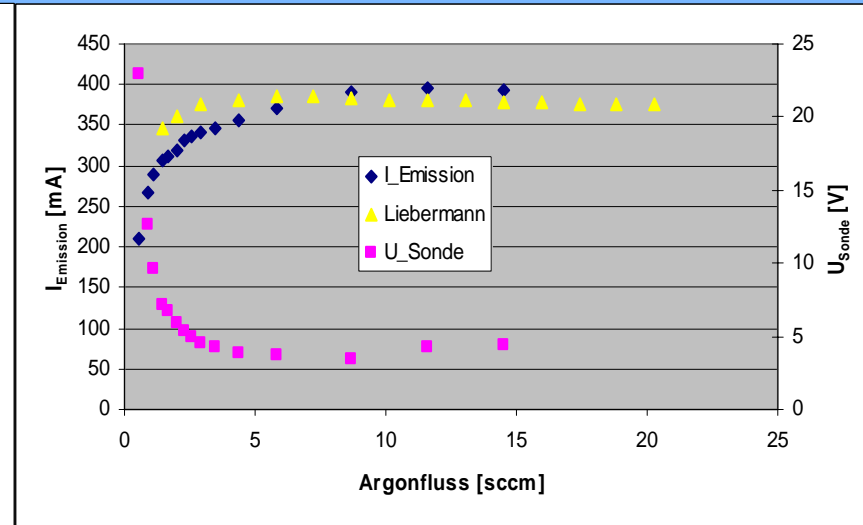
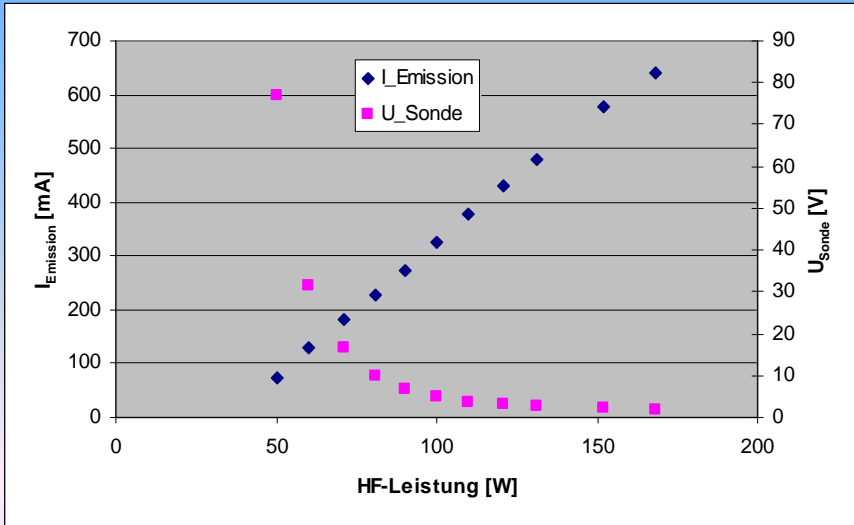
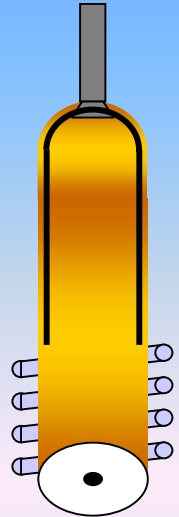
# Neutralisationseffekt



- Große Elektronenemissionsfläche ( 7 Löcher) →
- Beste Neutralisation Minimum( $U_{\text{sonde}}$ )  $\sim 60$  V
  - Emissionsstrom steigt linear mit PBN-Leistung + Sondenspannung fällt asymptotisch ( $\sim P_{\text{HF}}^{-4}$  ?)
  - Geringer Einfluss des Argonflusses
  - Hoher Fluss bei 7 Extraktionsöffnungen notwendig (Ar > 7,5 sccm)

ISQ120ECR – Parameter : Ar-Fluss = 7,3 sccm; MW = 200W; Beam 500 V / 150 mA; Accel 200 V / 5 mA; Mo-2-Gittersatz

# Verringerte Extraktionsöffnung



- ✓ Emissionsstrom sinkt nur um 5%, höherer Druck im PBN
- ✓ Linearer Zusammenhang HF-Leistung und Emissionsstrom bleibt erhalten
- ✓ Betrieb bis unter 1sccm Argon ist möglich (geringerer Gasverbrauch, niedrigerer Rezipientendruck, bessere Bedingungen für ISQ-Betrieb)
- ✓ Gute Übereinstimmung von Messung und Abschätzung bei geringeren Gasdurchsätzen (Lieberman-Modell-Rechnung bzgl. absorbierter Leistung und Plasmamodell verändert)

# Ausblick

- Minimierung der Entladungskammer
- Optimierung der Geometrie ISO – PBN Injektoren
- Verwendung anderer Gase (Xenon)
- Andere Anlegungsfrequenzen
- Form, Material & Größe des Plasmenstrahls
- Einfluss von Bechliedern im Entladungsraum
- Test der Langzeitstabilität

Vielen Dank für

Ihre Aufmerksamkeit