

Mikrowellenplasma-Projekte an der FH Aachen

Von Prof. H. Heuermann

14.04.2011

- Einleitung
 - Grundlagen zu Plasmen
- Neue Zündtechnik fürs Auto
- Neuartige Werkstoffanalyse
- Neue (Energiespar-) Lampen
- Plasmastrahler
- Zusammenfassung
 - Diskussion und Vorführung



Einleitung: Was ist ein Plasma

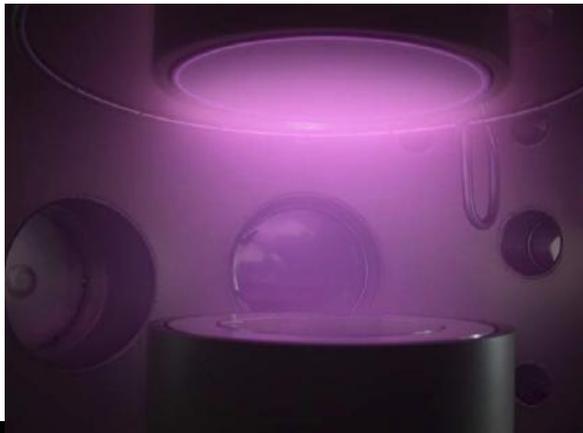
- Plasma = 4. Aggregatzustand der Materie
- Natürliche Plasmen:
 - Sonne
 - Blitze
 - Polarlicht
 - Ionosphäre
 - etc.



Quelle: Physik VI (Plasmaphysik),
Prof. Dr. H. Kersten, Christian-
Albrechts-Universität zu Kiel

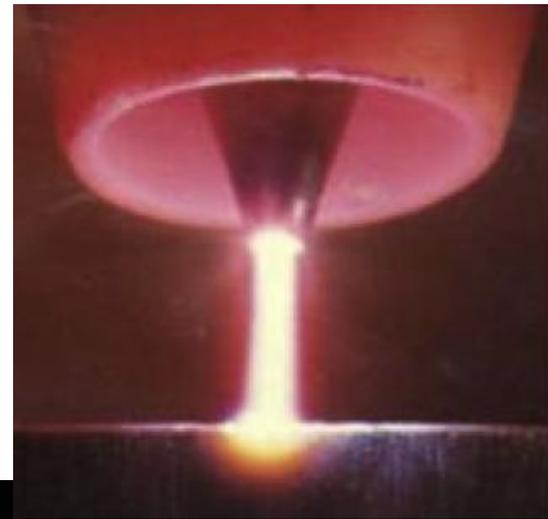
Niederdruckplasmen

- Behandlung von Oberflächen
- Niederdruckplasmalampe



Hochdruckplasmen

- WIG-Schweißen
- Hochdrucklampen



Quelle: Physik VI
(Plasmaphysik), Prof. Dr. H.
Kersten,
Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

Niederdruckplasmen

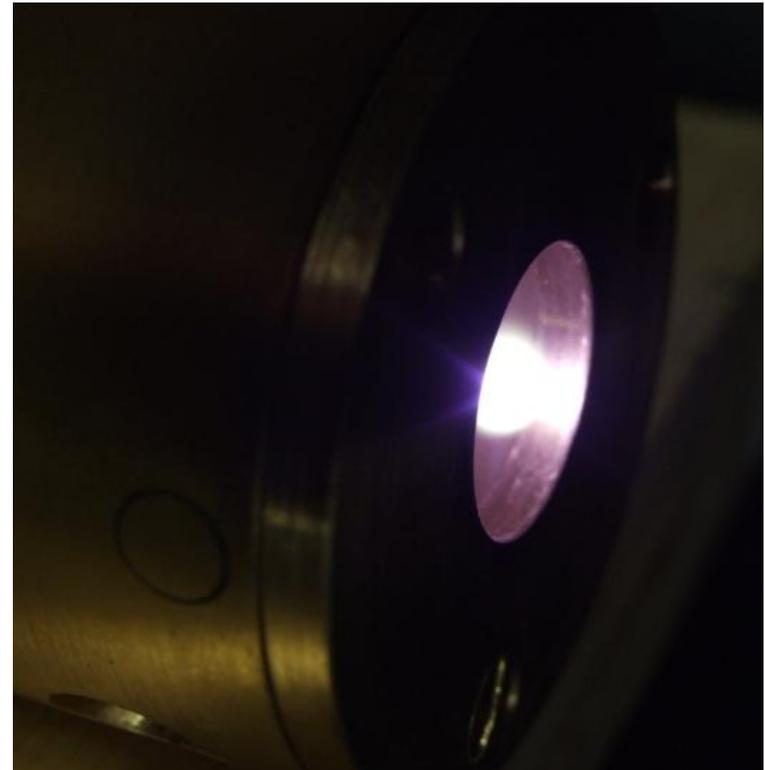
- Niedrige Teilchendichte
- Große mittlere freie Weglänge
- Energie von Elektronen und Ionen unterschiedlich
- Geringe Temperatur (typ. 300 – 2000 K)

Hochdruckplasmen

- Hohe Teilchendichte
- Kleine mittlere freie Weglänge
- Energie von Elektronen und Ionen gleich
- Hohe Temperatur (typ. ≥ 5000 K)

- Erzeugung mittels Mikrowellen unter atmosphärischen Bedingungen
- Eigenschaften:
 - hohe Teilchendichte
 - niedrige Temperatur
- Bisher nur kleine Plasmen

FH Aachen:
Mikrowellenplasma für
Hybrid-Anwendung mit
Laserplasma



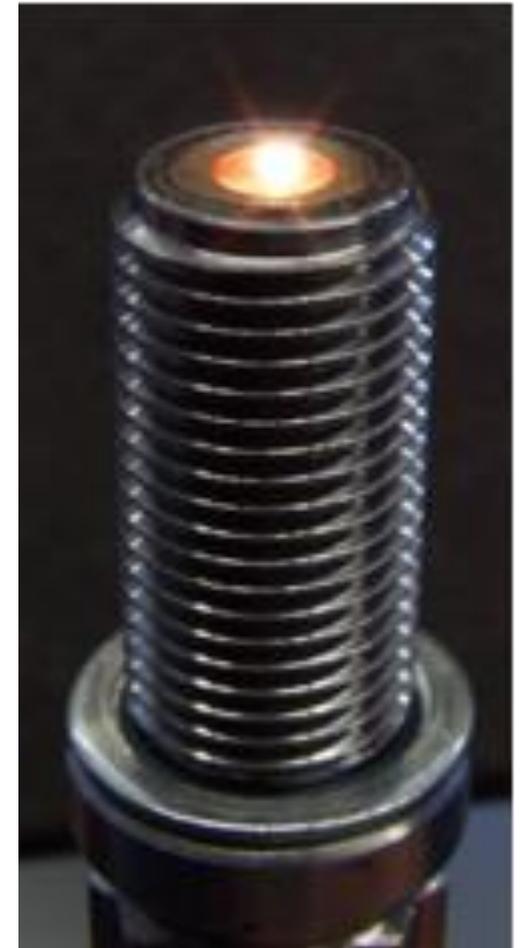
Einleitung: Mikro-/Mikrowellenplasmen an der FH Aachen

- Weisen spezielle Spannungstransformatoren auf
- Steuerelektronik hat spezielle Regelung
- Mikrowellenplasmen werden mit sehr hoher Effizienz für Start und Betrieb über Bi-Static-Matching erzeugt
- Erstmals ohne Magnetron konkurrenzfähig zur Bogenentladung

FH Aachen: Neuer
Plasmastrahler (2010)



- Einleitung
- **HF-Zündung**
- Hybrid-Plasmakopf
- 2.45GHz-Lampen
- Plasmastrahler
- Zusammenfassung



- **Zündung im Otto-Motor:**

- Zündung des Benzin-Luftgemisches mittels Zündfunke
- Zündung beeinflusst maßgeblich Verbrennungsvorgang
- Auswirkung auf Verbrauch, Emissionsverhalten und Leistung

Klassische
Zündkerze:

Firma Beru

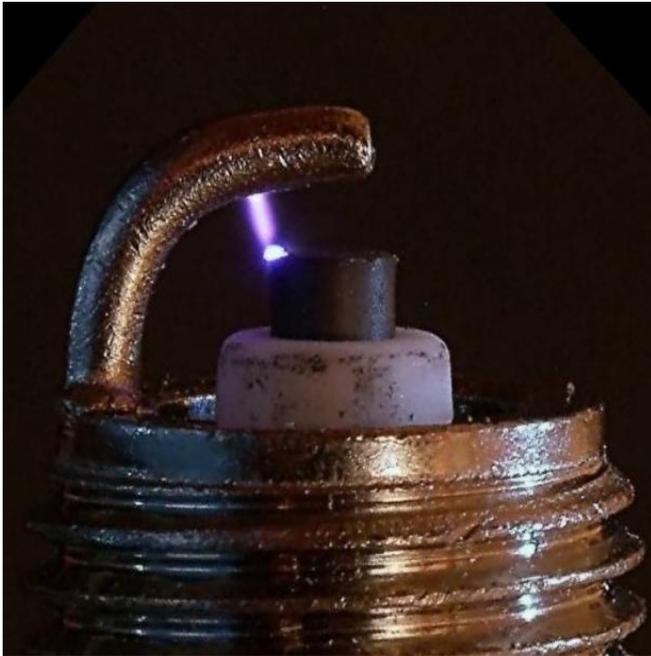


Masseelektrode

Zünderlektrode

- **Zielsetzung der Erfindung:**

- Neuartige Zündkerze ohne Masseelektrode und mit beliebiger Zünddauer



**Der starke
Projektpartner seit
2006:**

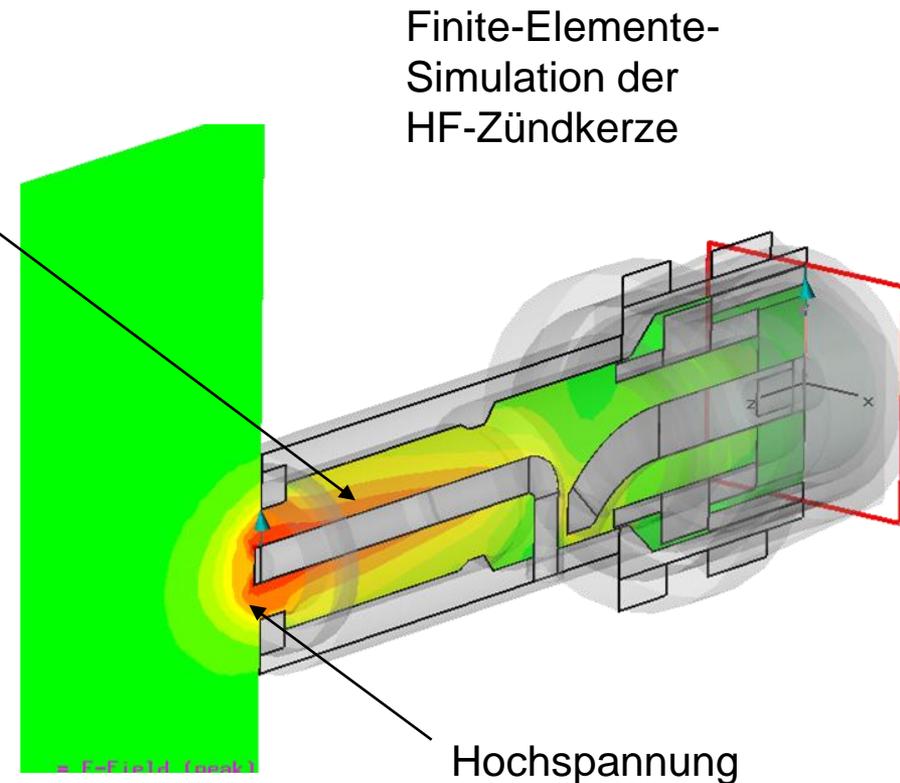


- **Spannungstransformation bei 2,45 GHz:**

- Klassisch mit großer Spule
- Hier innerhalb der Zündkerze

- **Anwendungsgebiete:**

- Ottomotoren
- Benzindirekteinspritzer



- **Vorteile:**
- Einspritzstrahl kann an die Elektrode geführt werden
- Zünddauer kann variabel eingestellt werden
- Erfolgte Zündung kann kontrolliert werden
- Lebenslange Haltbarkeit
- Hoher Wirkungsgrad

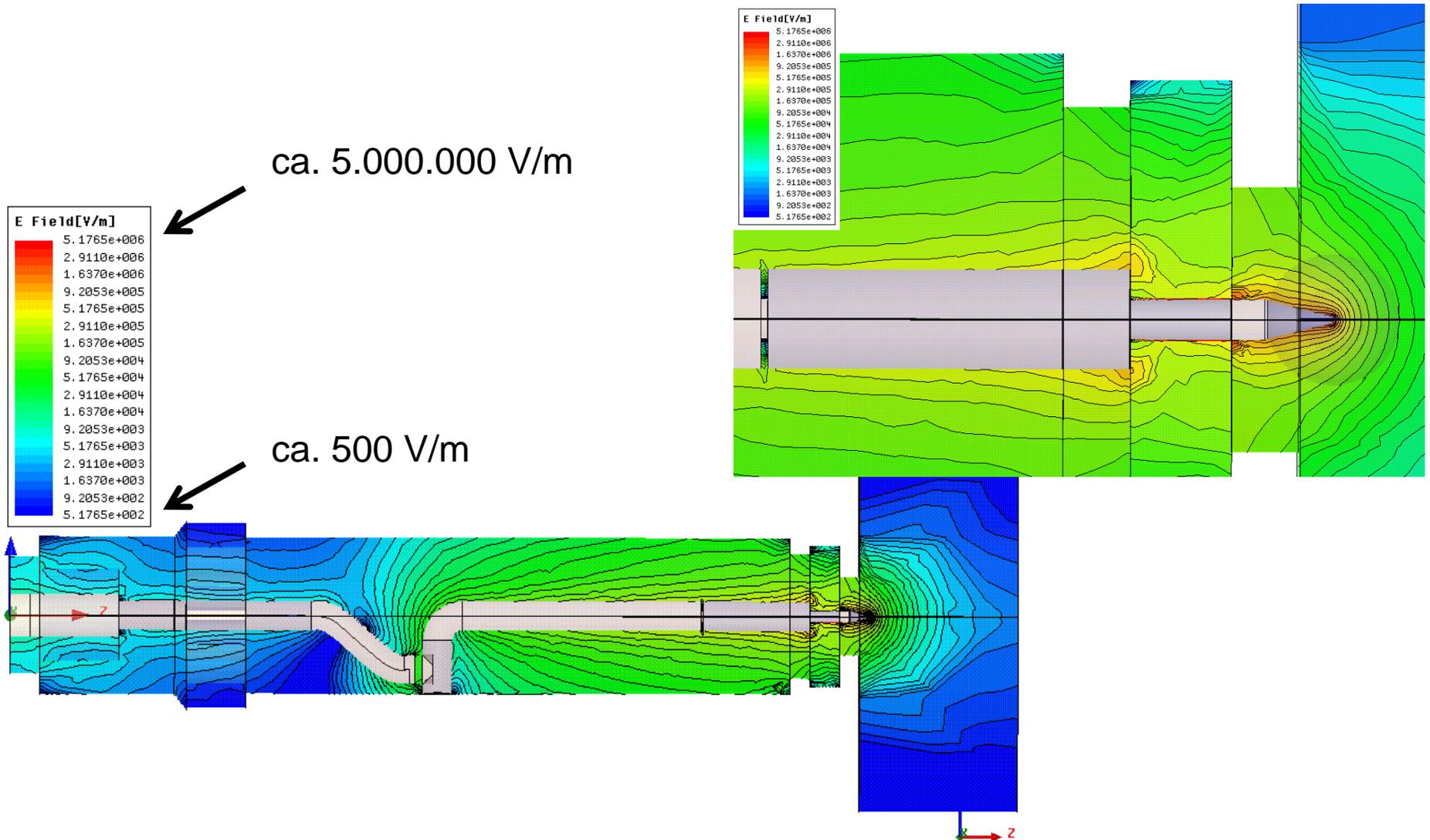


HF-Zündung: Erste Experimente



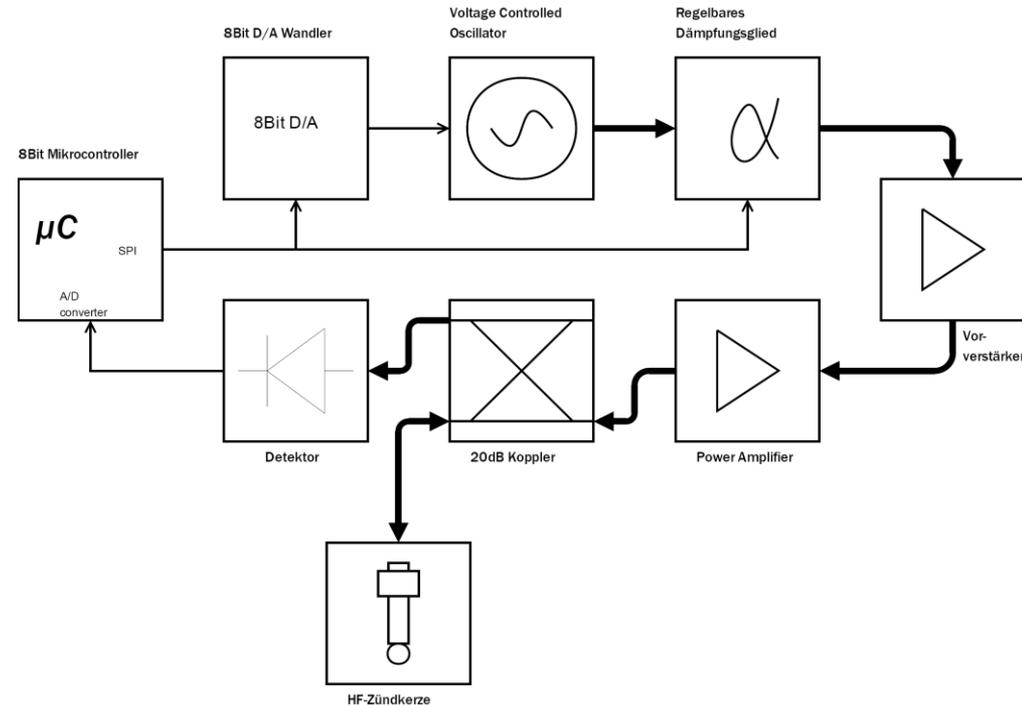
Erste Zündkerze (Ergebnis einer Diplomarbeit)
ohne druckdichte Durchführung

HF-Zündung: 3D-Feldsimulation



HF-Zündung: Plasma-HF-Quelle

- Mikrocontroller
- D/A Wandler erzeugt Steuer-Spannung
- VCO erzeugt HF-Signal
- Dämpfungsglied zur Leistungs-Steuerung
- Verstärker
- Koppler koppelt Teil des Signals für Messung aus
- Detektor misst Leistung



Stand 2007



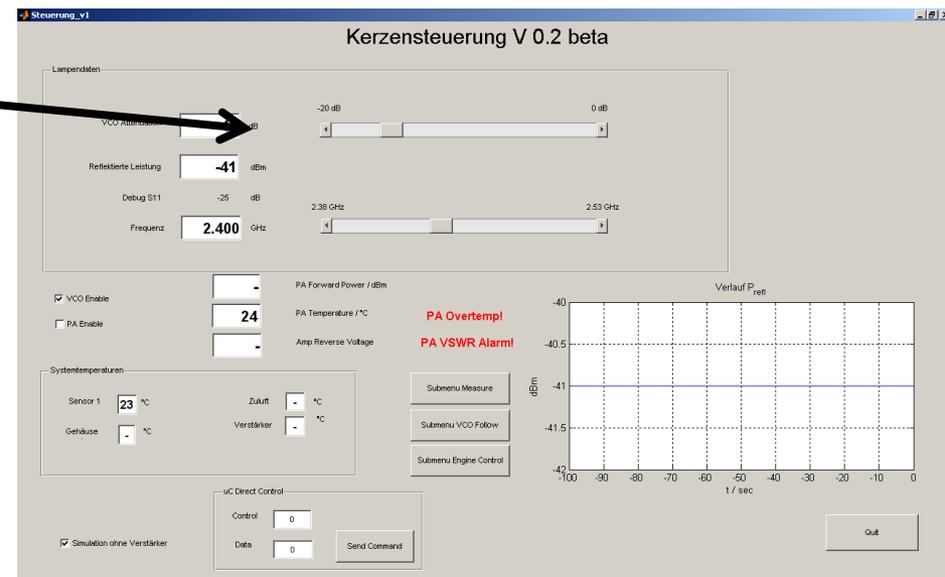
Einleitung: Plasma-HF-Quelle

Historie der Entwicklung an der FH

- 2006: 50W-Verstärker für 5t€
- 2007: erster Selbstbau 50W-Generator mit Regelung
- 2008: 100W-Selbstbauten
- 2009: 100W und 200W-Selbstbauten mit Matlabsteuerung einschließlich div. Messungen
- 2010: Start des IC-Designs



100W-Generator von 2008

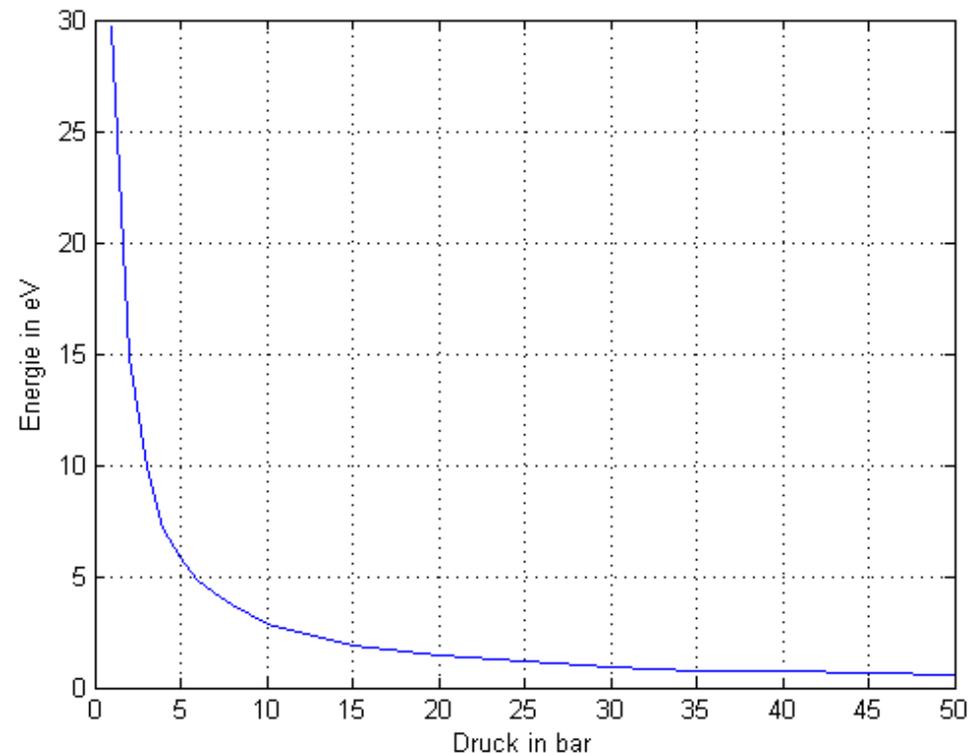


Mittlerweile 2. Generation

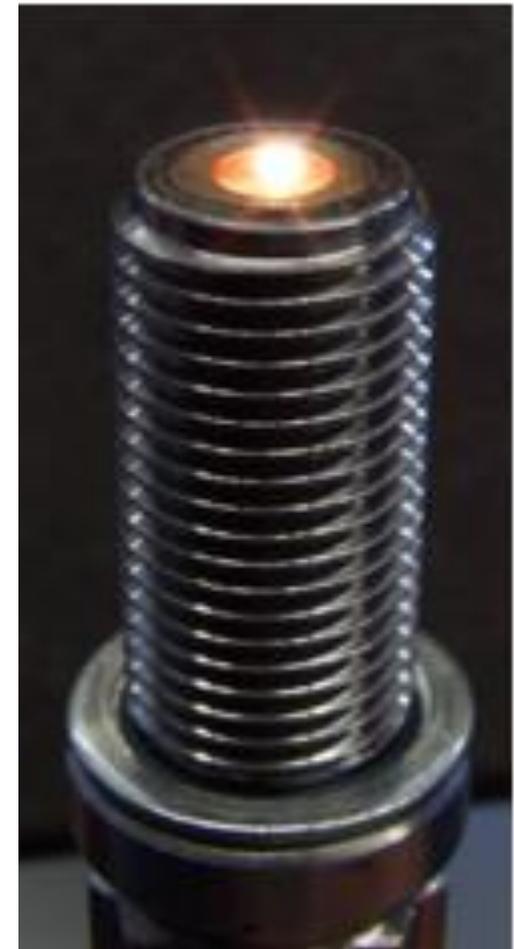
- Beinhaltet Keramikdurchführungen für den Hochdruck
- Einsatz kommerzieller Verstärker mit 40W und 100W für erste Testläufe
- Vollständige Steuerelektronik



Institut für Werkstoffanwendungen
im Maschinenbau

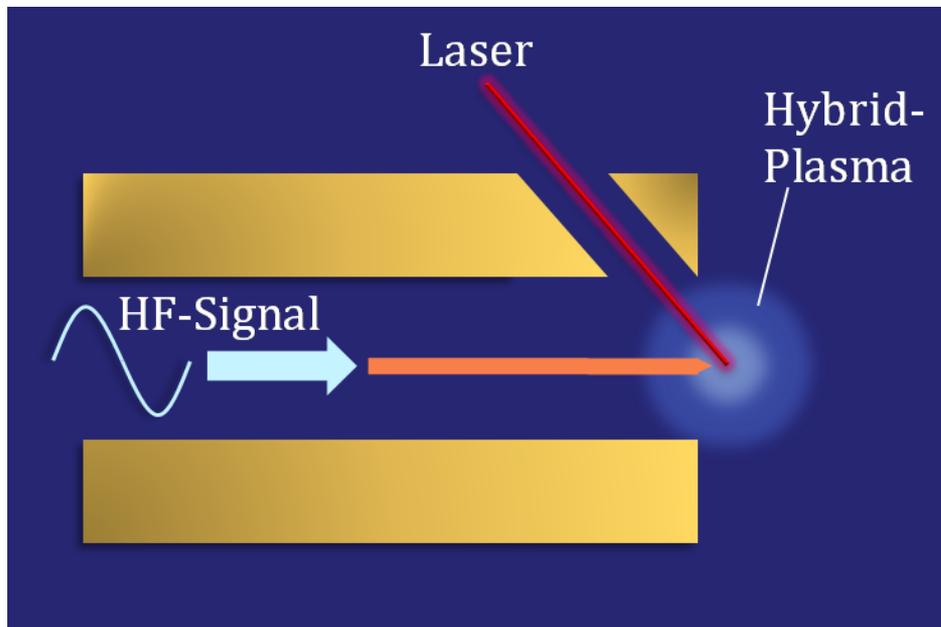


- Einleitung
- HF-Zündung
- **Hybrid-Plasmakopf**
- 2.45GHz-Lampen
- Plasmastrahler
- Zusammenfassung



Hybrid-Plasmakopf: Start: 6.2007

Prinzip Darstellung



Einsatz: Werkstoffanalyse



Fraunhofer
Institut
Lasertechnik

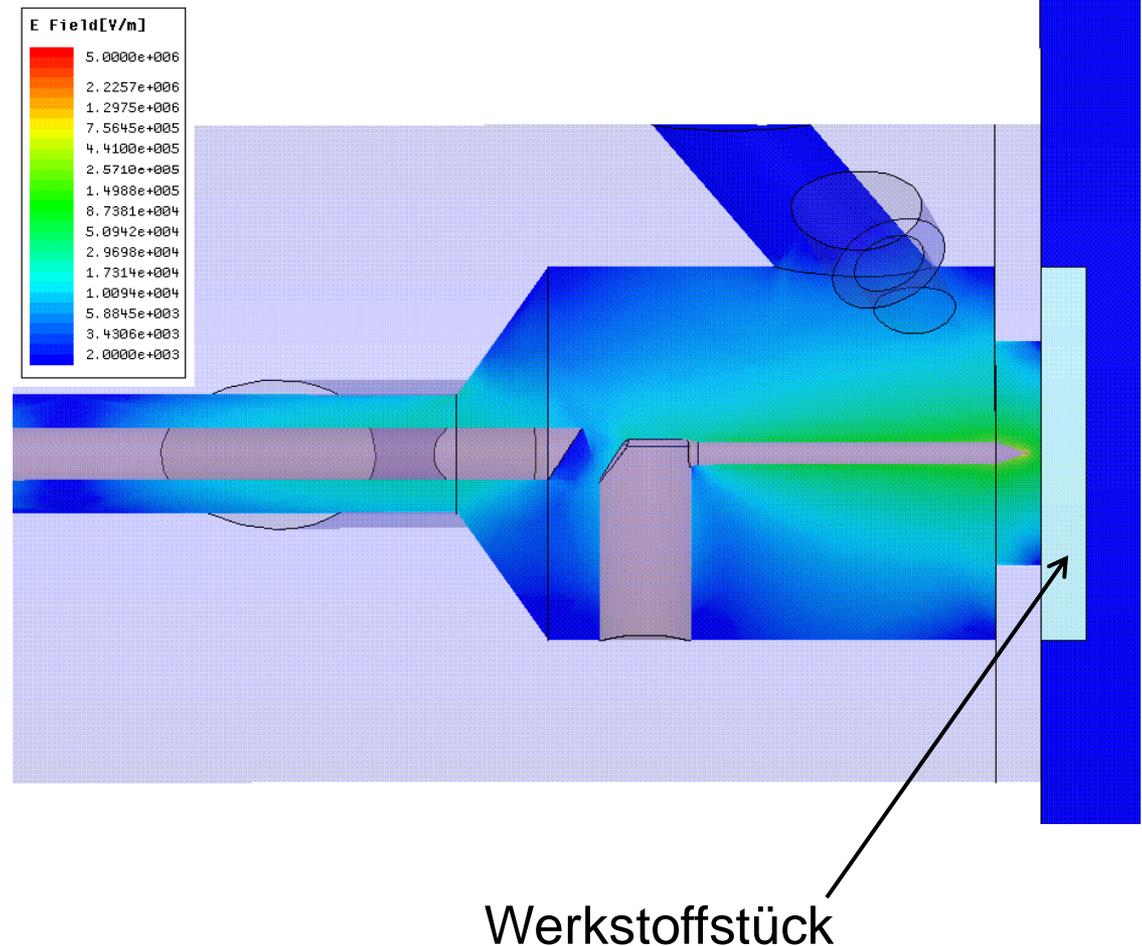


Aktivität:

- Diplomarbeit
- F+E-Antrag über 3 Jahre ab 06.2010

Hybrid-Plasmakopf: Neuer Kopf

- Maximum der Feldstärke an der Spitze
- Gute Voraussetzungen zur Zündung eines Plasmas
- Ansonsten keine nennenswerten Feldüberhöhungen

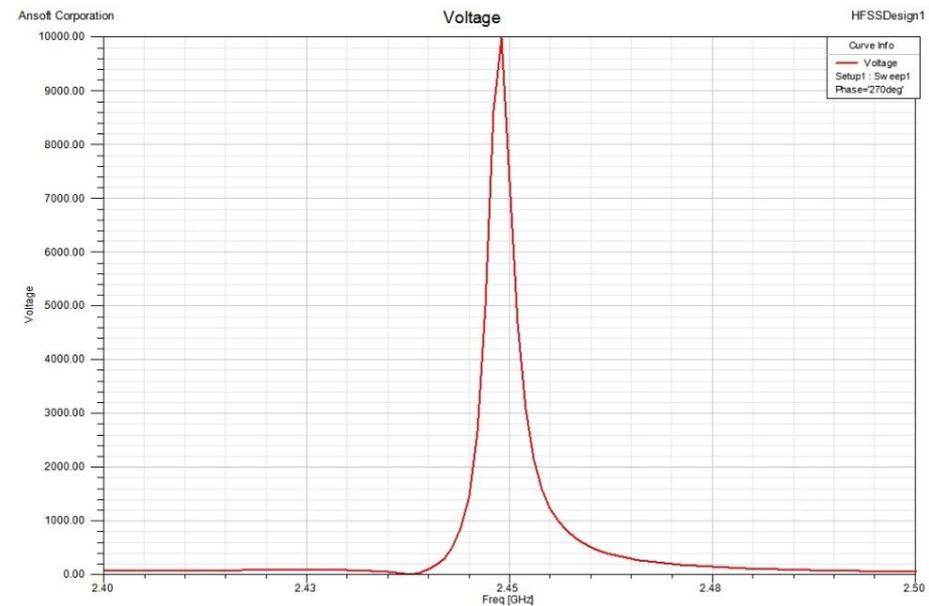
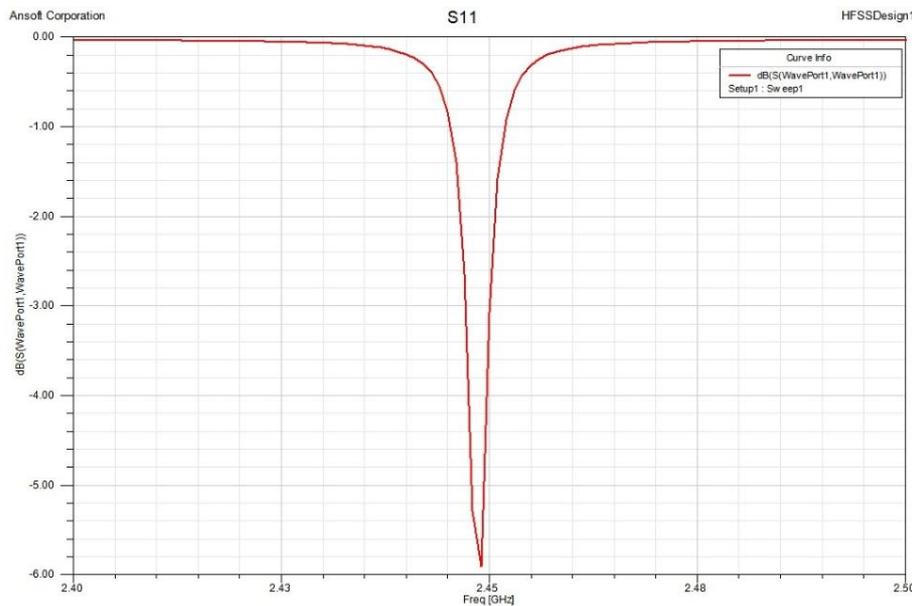


■ Anpassung

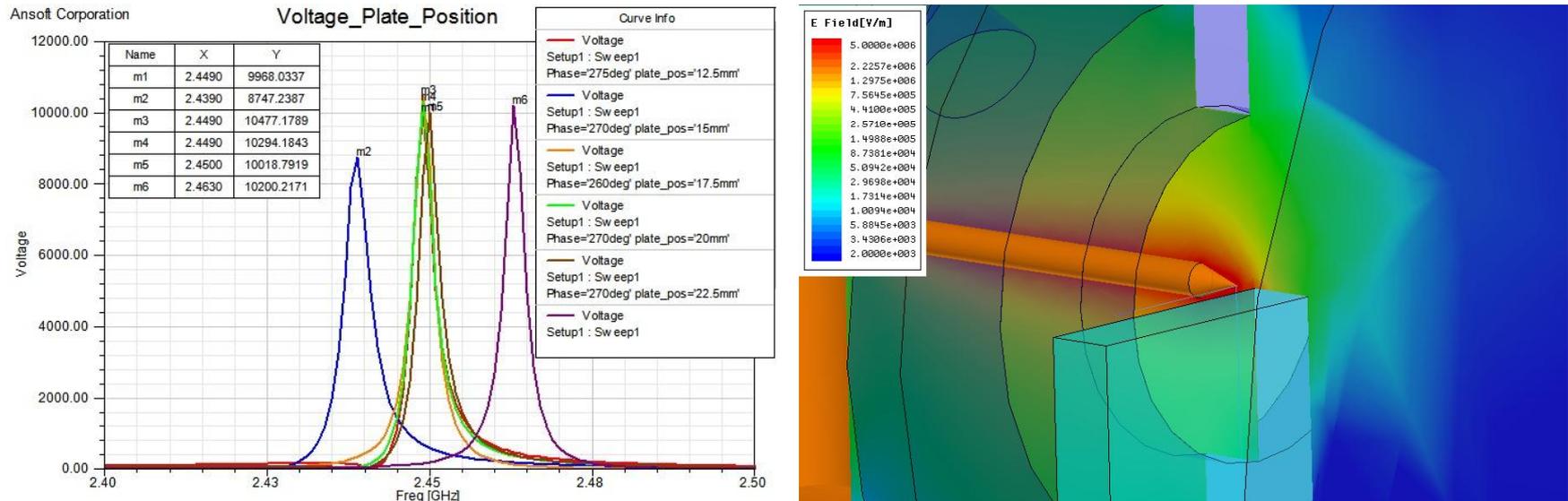
- $S_{11} = -6$ dB bei 2.449 GHz

■ Ausgangsspannung

- $V_{\text{out}} = 10$ kV
- Berechnung mittels HFSS Fields Calculator

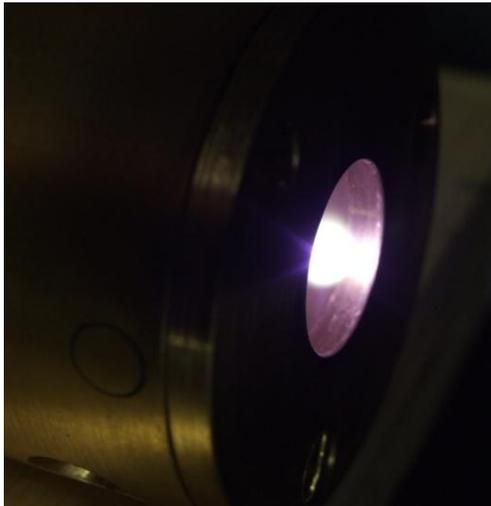
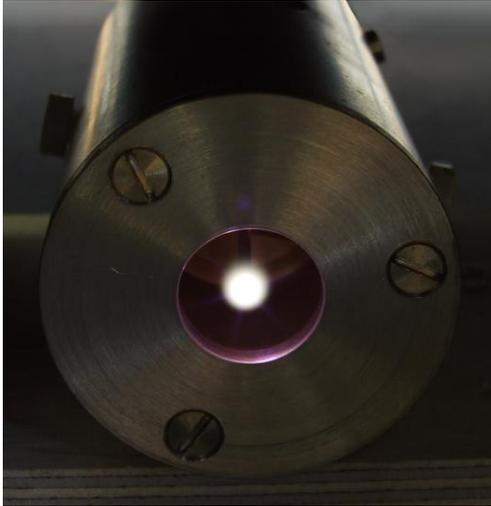


Hybrid-Plasmakopf: Variation des Messobjektes



- Leichte Verschiebung der Frequenz
- Kein Zusammenbruch der Spannung
- Messobjekt muss den Messkopf nicht abschließen

Hybrid-Plasmakopf: Neuer Kopf



- Plasma zündet sicher mit
50 W
- Minimal erforderliche Leistung
zur Aufrechterhaltung
2.5 W
- Durchmesser Plasmakugel:
6 mm

- Einleitung
- HF-Zündung
- Hybrid-Plasmakopf
- **2.45GHz-Lampen**
- Plasmastrahler
- Infrastruktur der FH für Forschungsarbeiten
- Zusammenfassung



2.45GHz-UHP-Lampe: Start:6.2007

- UHP-Lampe (UHP: Ultra High Performance)
- Gasentladungslampe

Molybdänfolie

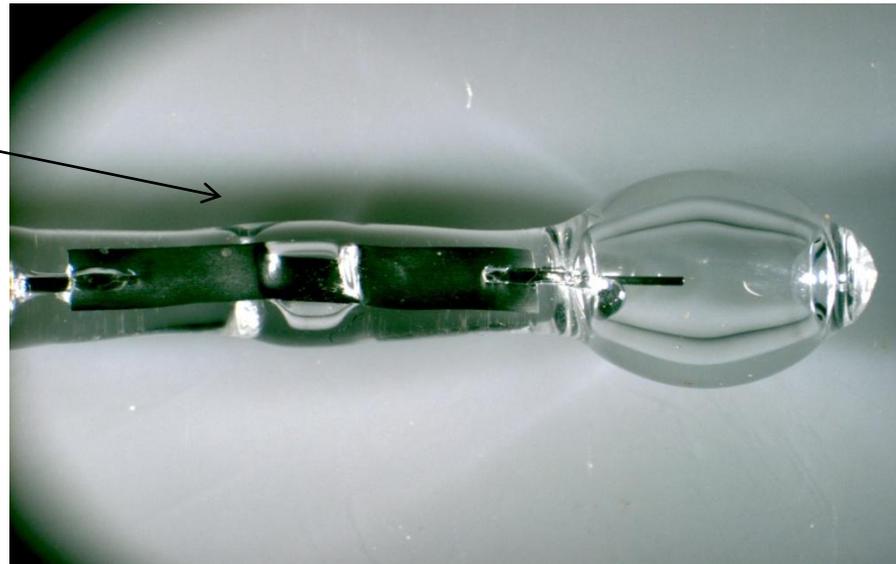


Einsatz: Beamer- und Xenon-Lampe

2.45GHz-UHP-Lampe: Beamerlampe

- Nur eine Elektrode
- Geringe Energieabstrahlung, da keine zweite Elektrode vorhanden
- Weniger Abschattung

**Spezialanfertigung
von Philips**

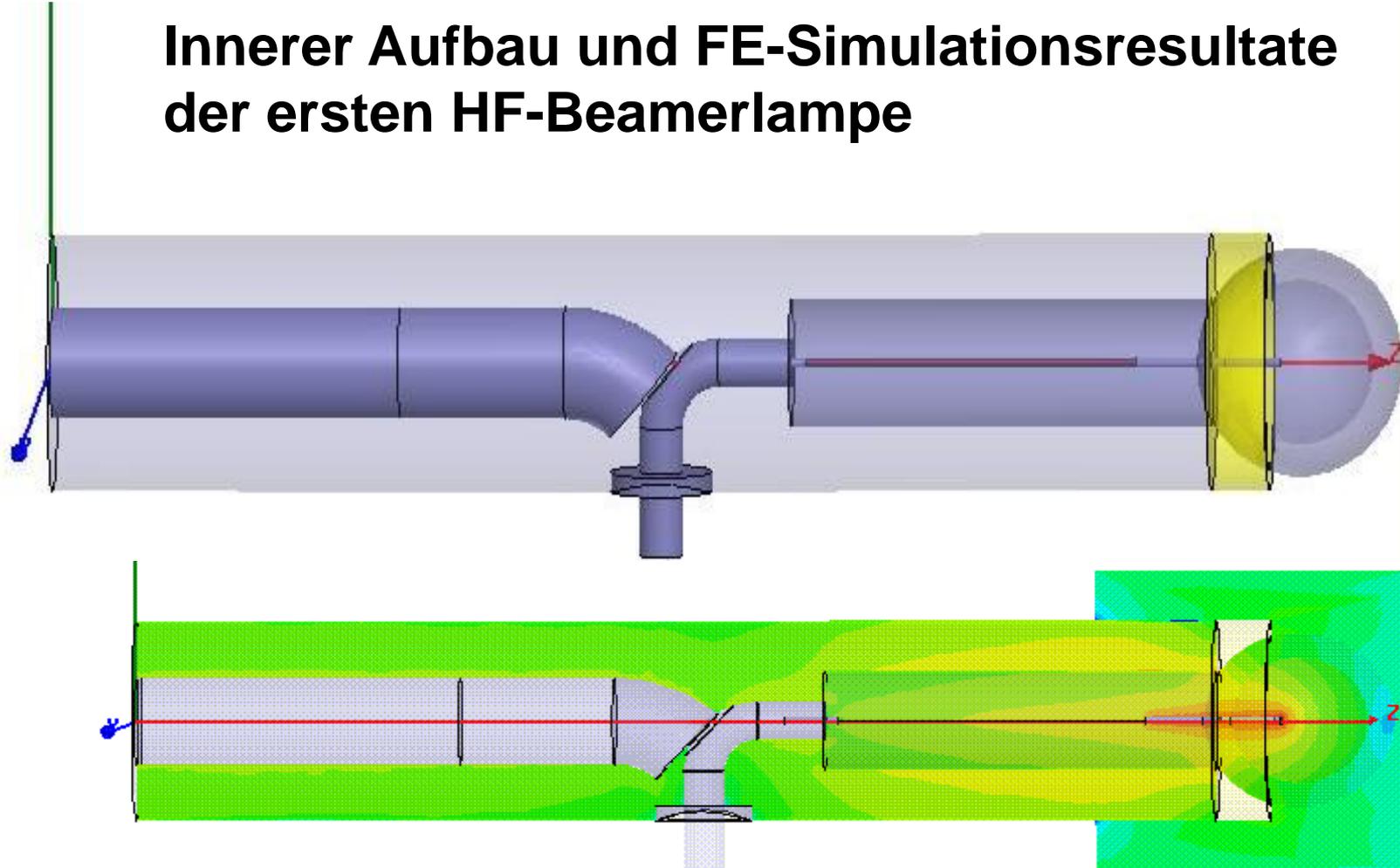


PHILIPS

sense and simplicity

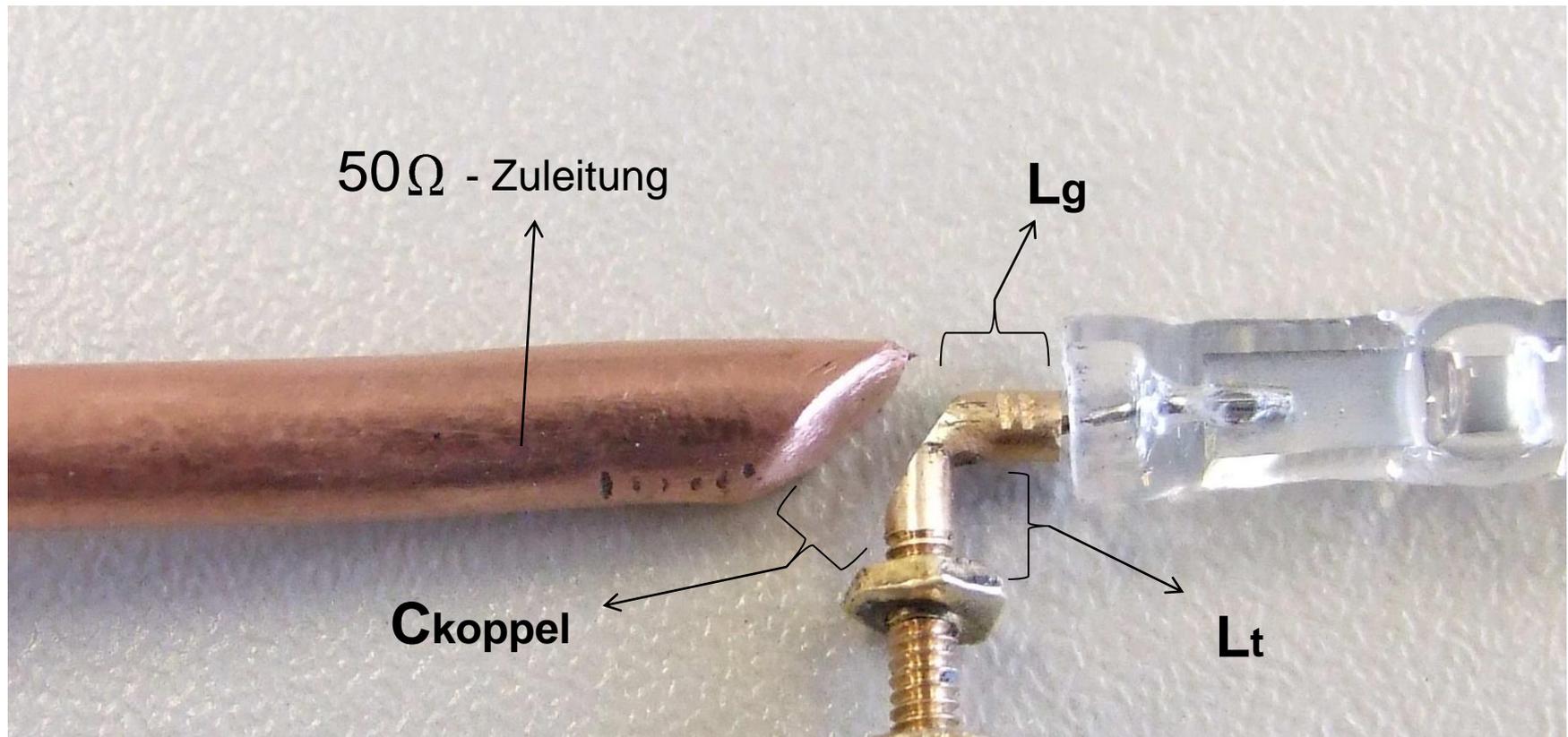
2.45GHz-UHP-Lampe: Beamerlampe

Innerer Aufbau und FE-Simulationsresultate der ersten HF-Beamerlampe

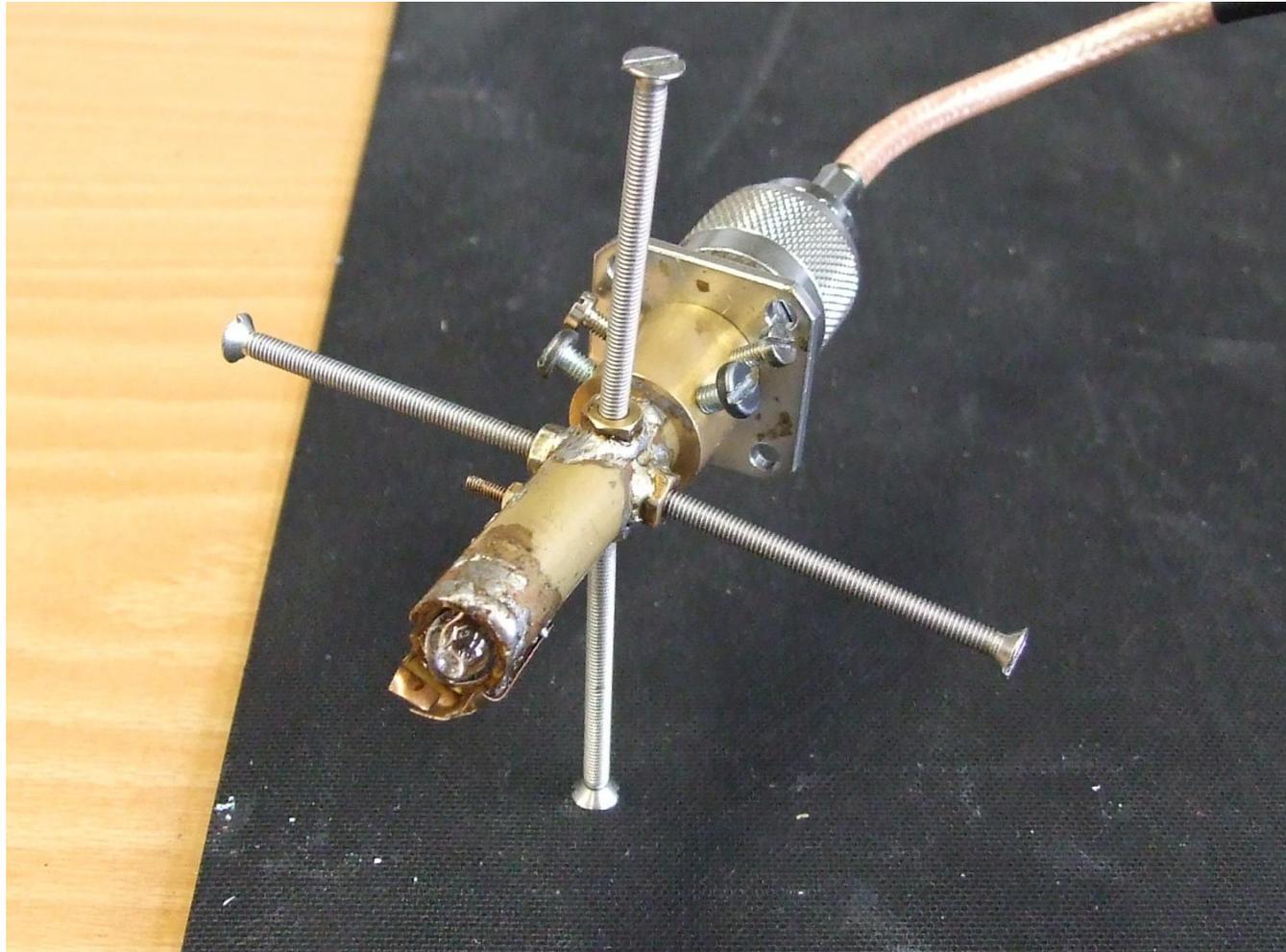


2.45GHz-UHP-Lampe: Beamerlampe

Innerer Aufbau der ersten HF-Beamerlampe

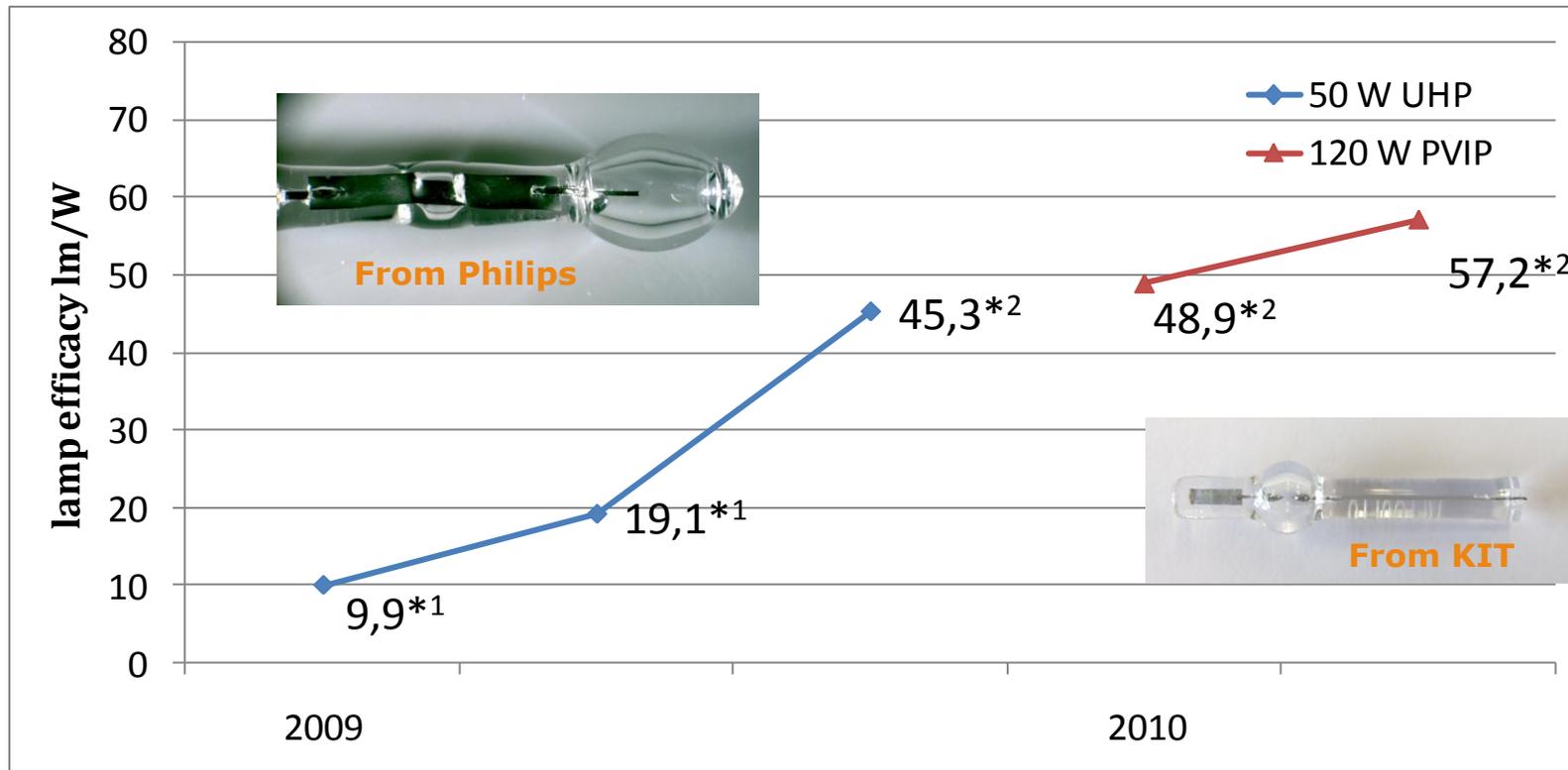


2.45GHz-UHP-Lampe: Beamerlampe



Erste HF-Beamerlampe nach Abschluss der Diplomarbeit

2.45GHz-UHP-Lampe: Beamerlampe



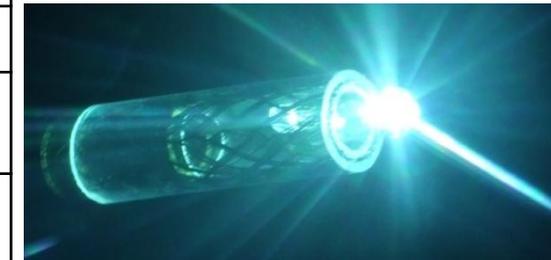
- Verbesserungen innerhalb des nur einjährigen Projektes
- Potential für 80 lm/W vorhanden

*1 Measured at Philips Research Aachen

*2 Measured at LTI Karlsruhe

2.45GHz-UHP-Lampe: Beamerlampe

| Eigenschaften | Referenzlampe: Philips TOP 120 W / 132 W 1.0 | Mikroplasma-Lampe: OSRAM PVIP 120 W / 132 W 1.0 modifiziert |
|------------------------------------|--|--|
| Lichtstrom [lm] | 7825 | 8521 |
| Lampenleistung [W] | 132 | 149 |
| Lampeneffizienz [lm/W] | 60,2 | 57,2 |
| Leuchtdichte [Gcd/m ²] | 2,59 | 2,79 |
| Farbwiedergabeindex Ra [%] | 62,5 | 66,8 |
| Anlaufzeit bei Kaltzündung [s] | 55 | 16 |
| Wieder-Zündung nach Betrieb [s] | ca. 120 | ca. 0 – 40 |



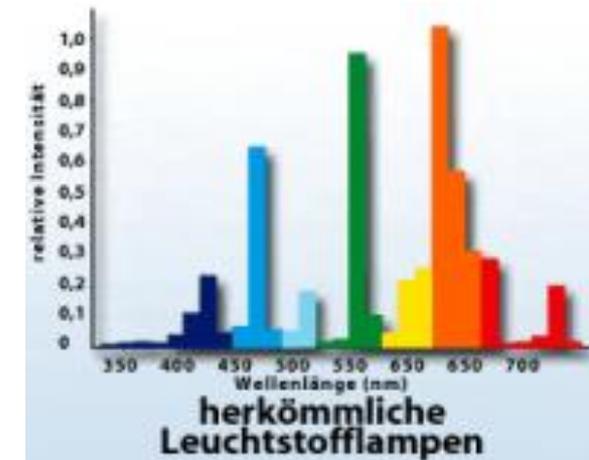
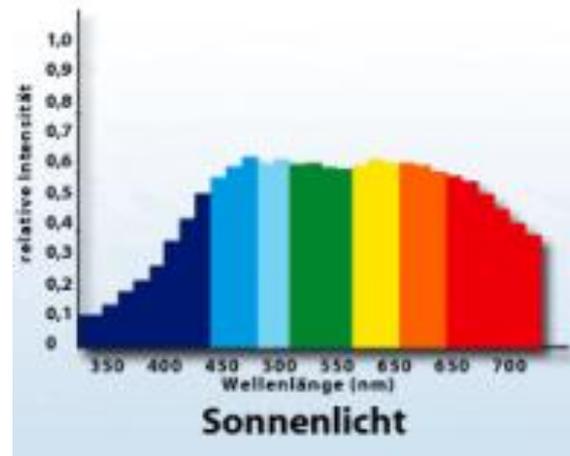
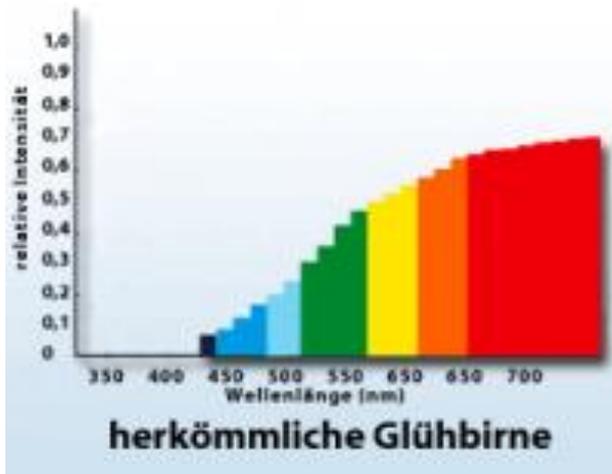
Aktivitäten:

- Vertrieb dieser Beamer-HF-Lampen
- F+E-Antrag über 2 Jahre über 30W-UHP-Lampen

2.45GHz-Lampe: Energiesparlampe

Spektren der Glühbirne, des Sonnenlichtes, einer herkömmlichen Leuchtstofflampe (Energiesparlampe)

(Quelle: <http://www.biolicht.at/content/lichtspektren/>)



Aktivitäten:

- Laufendes 26-Monate-Projekt
- F+E-Antragsstellung über 3 Jahre

2.45GHz-Lampe: Energiesparlampe

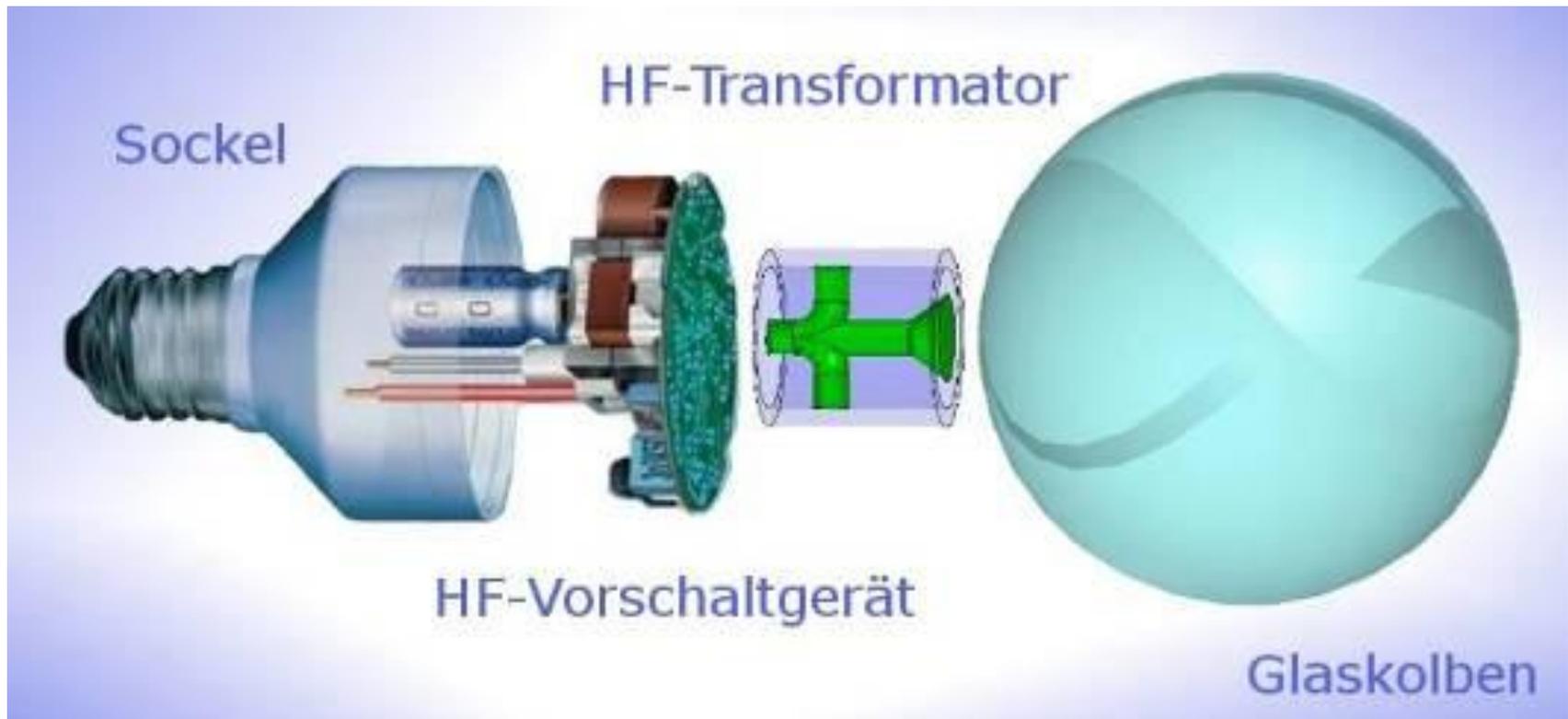
Schaubild einer heutigen Energiesparlampe

(Quelle: <http://www.strom-online.ch/energiesparlampe.html>)



2.45GHz-Lampe: Energiesparlampe

Neue quecksilberfreie elektrodenlose HF-Niederdrucklampe



Vorschaltelronik kann sich im Lampensockel befinden:
Dann liegt der Herstellungspreis der HF-Lampe im Bereich der Glühbirne

2.45GHz-Lampe: Energiesparlampe

Erste elektrodenlose schnellstarter HF-Niederdrucklampe



Aktuelle Forschung
beinhaltet eine
quecksilberfreie
Energiesparlampe

Status: Kompaktes formschönes Design mit hoher Leuchtkraft und Schnellstarteigenschaften

2.45GHz-Lampe*

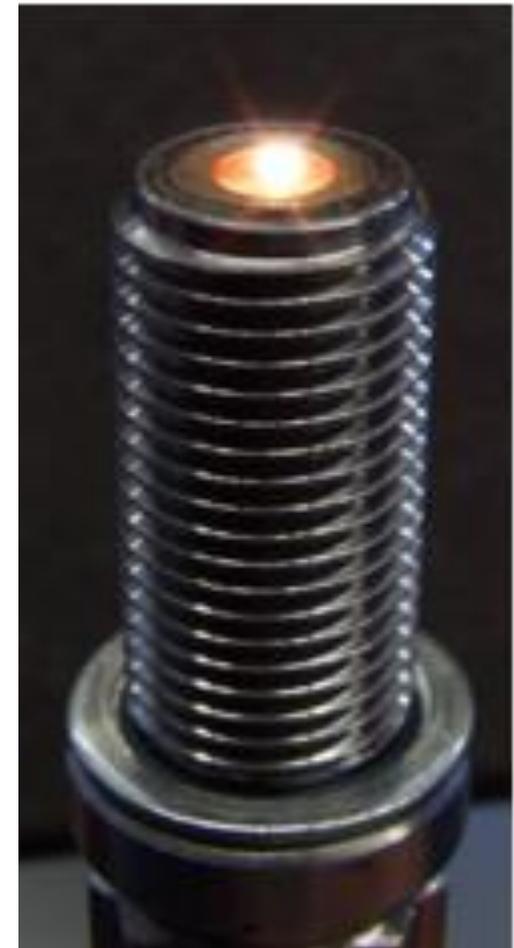
*Die Patente sind Eigentum der

Dritte Patentportfolio
Beteiligungsgesellschaft mbH & Co. KG
12529 Schönefeld

In Fragen der
Patentverwertung und Technologiefinanzierung
vertreten durch

Dr. Franz-Josef Bierbrauer
Erlenweg 6
82237 Wörthsee

- Einleitung
- HF-Zündung
- Hybrid-Plasmakopf
- 2.45GHz-Lampen
- **Plasmastrahler**
- Zusammenfassung



■ Mikroplasma:

- Nur kleinste Leistungsklassen



(Quelle: <http://www.bmbf.de/de/13972.php>)

■ Bogenentladungspasma:

- Große Leistungsklassen
- Benötigen Masselektrode

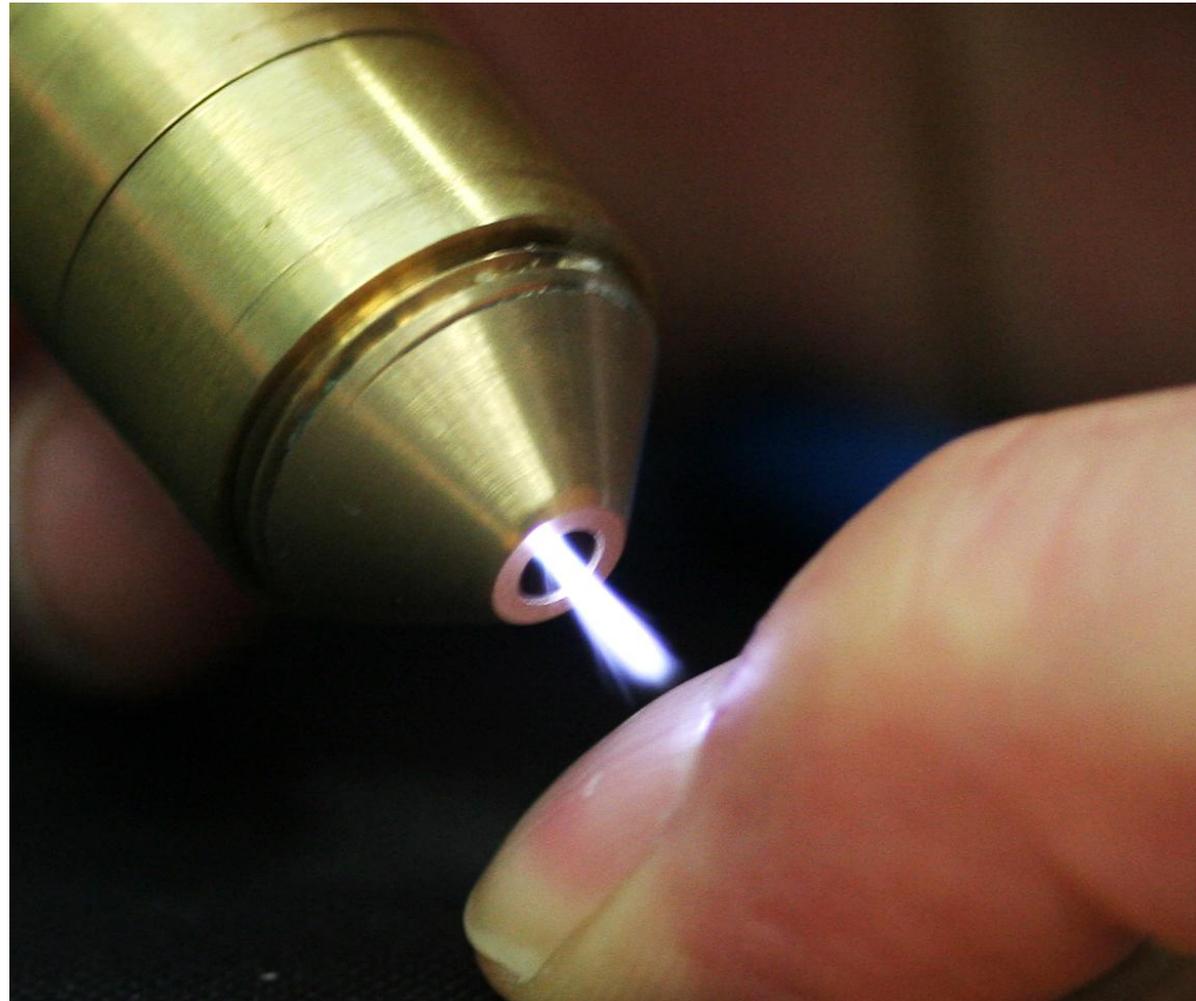


(Quelle: <http://kjellberg.de>)

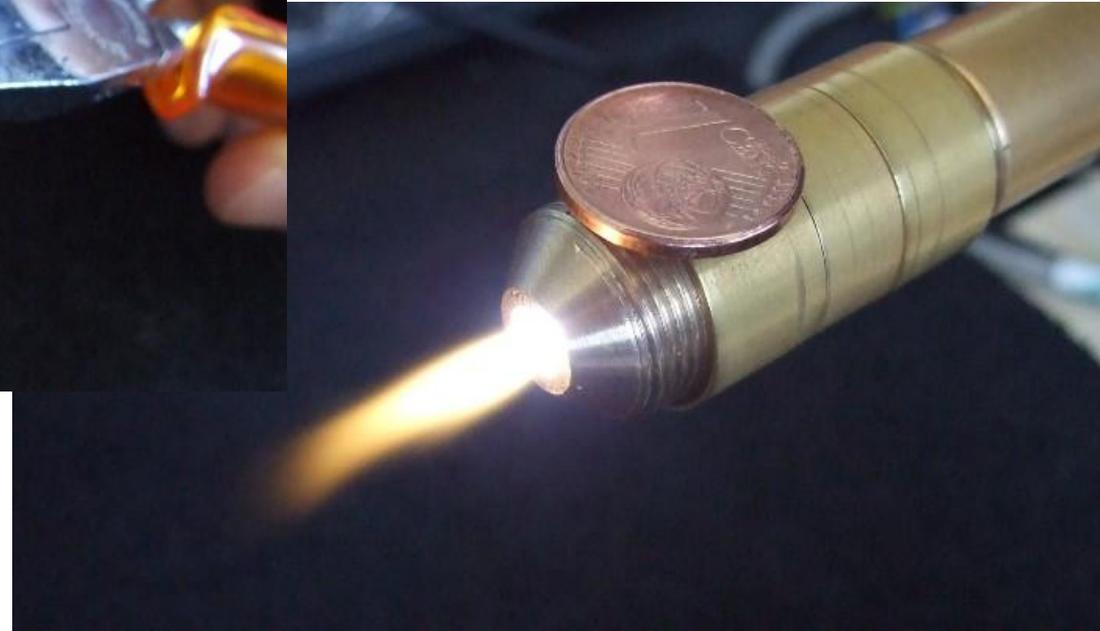
■ **Einsatzgebiete**

- Oberflächen-
behandlung
- Scheid- und
Schweißtechnik
- HF-Skalpell
- Wundheilung
- Kosmetik
- u.v.m.

Rechts: ca. 15W,
Argon

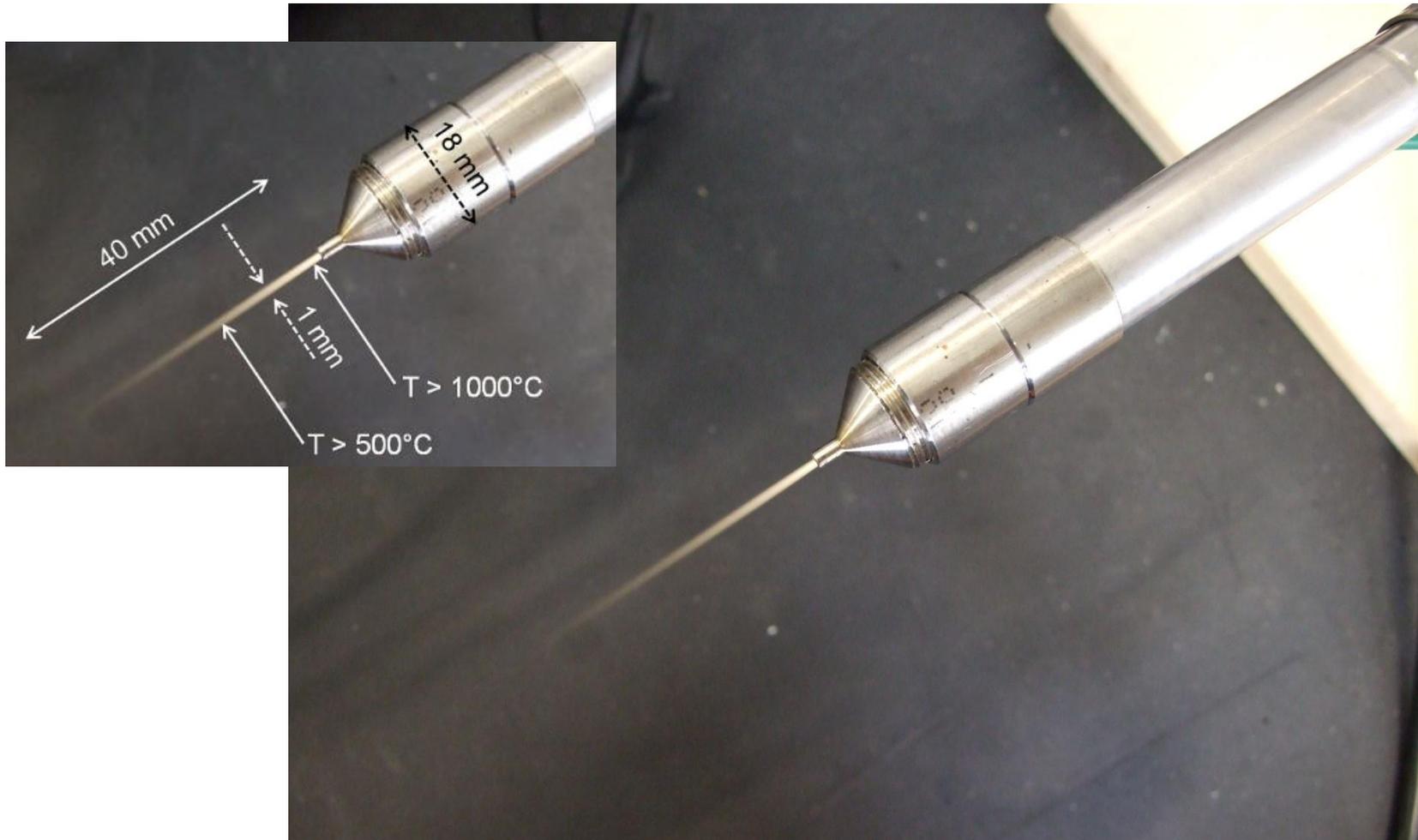


Plasmastrahler der FH Aachen

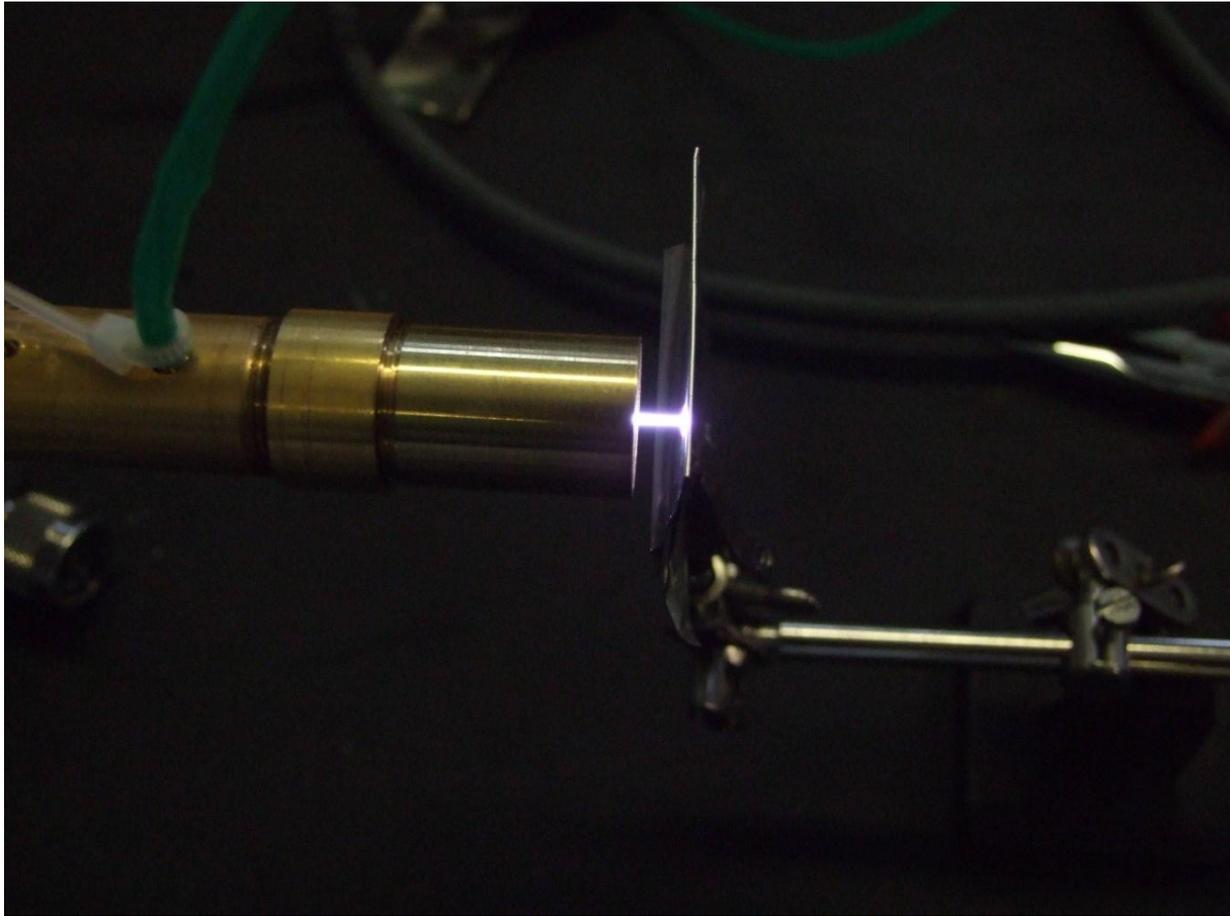


Mikroplasmajet der FH Aachen mit 100W und Luft als Prozessgas

Plasmastrahler : Schneiden/Schweissen



Aktueller Plasmastrahler mit 200W-HF-Leistung, Stickstoff, Wolframelektrode und nur 3dB Anpassung



Schmilzt mit
Argonstrahl
Alubleche

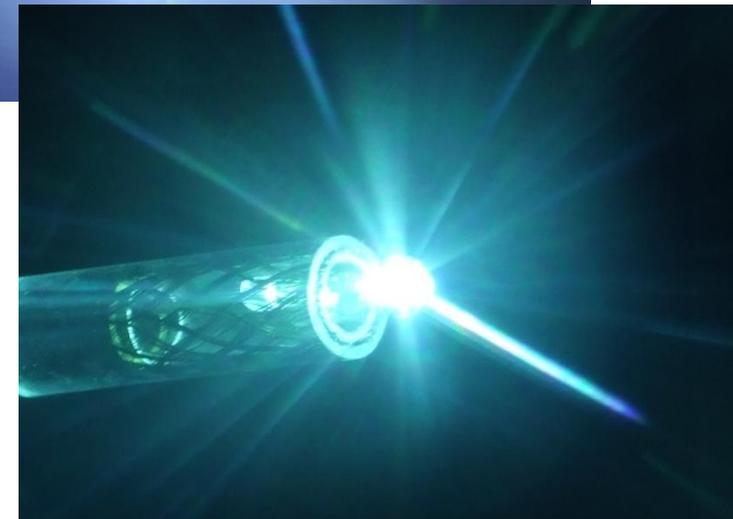
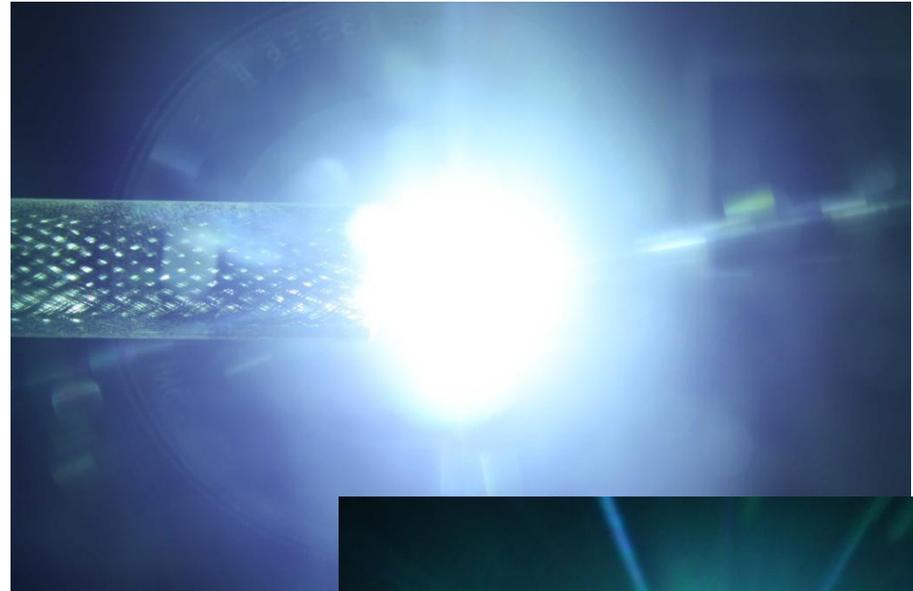
Weist zwei
Gas-Eingänge
auf

Neuester Kanülen-Plasmajet mit 200W-HF-Leistung, Argon, nur Messingkanüle
(kein Wolfram) und nur 3dB Anpassung

Mikroplasmen an der FH Aachen:

- HF-Zündung
- Hybrid-Plasmakopf
- 2.45GHz-Lampen
- Plasmajets

- Diskussion und Vorführung



Beamerlampe der FH Aachen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



