

08

Leibniz-Institut  
für Plasmaforschung  
und Technologie e.V.



2008  
  
Jahresbericht

2008



Vorwort	4
Highlights 2008	7
Übersicht der Forschungsschwerpunkte (FS)	9
<b>Forschungsbereich (FB) 1</b>	<b>10</b>
<b>Forschungsschwerpunkt Oberflächen</b>	11
- Funktionelle Schichten (GP)	12
- Spaltgängigkeit (Bund)	13
<b>Forschungsschwerpunkt Materialien</b>	<b>14</b>
- Plasma-Partikel-Wechselwirkung (DFG)	16
<b>Forschungsbereich (FB) 2</b>	<b>17</b>
<b>Forschungsschwerpunkt Umwelt</b>	18
- Schadstoffabbau (GP)	19
- Conplas (Land)	20
- Plasmachemie (GP)	21
- TR-Projekt B2 (DFG)	22
<b>Forschungsschwerpunkt Lichtbögen</b>	<b>23</b>
- HID-Lampen (GP)	24
- Starten und Dimmen (Bund)	25
- Lichtbögen (GP)	26
<b>Forschungsbereich (FB) 3</b>	<b>27</b>
<b>Forschungsschwerpunkt Plasma-Dekontamination</b>	28
- Entkeimung (GP)	29
<b>Forschungsschwerpunkt Experimentelle Plasmamedizin</b>	30
- Atmosphärendruck-Plasmajet für experimentelle Studien (GP)	31
- Effekte von Atmosphärendruck-Plasmen auf Flüssigkeiten und biologische Systeme (GP)	32
<b>Abteilungen Überblick</b>	<b>33</b>
- Plasmastrahlungstechnik	34
- Plasmaprozesstechnik	36
- Plasmaoberflächentechnik	38
- Plasmadiagnostik	40
- Plasmamodellierung	42
- Stab / Marketing - PR	44
- Verwaltung / Infrastruktur	47
Kooperationen	48
Publikationen	50
Monographien	53
Tagungsbeiträge	55
Eingeladene Vorträge	57
Vorträge	59
Patente / Promotionen	63



## Vorwort

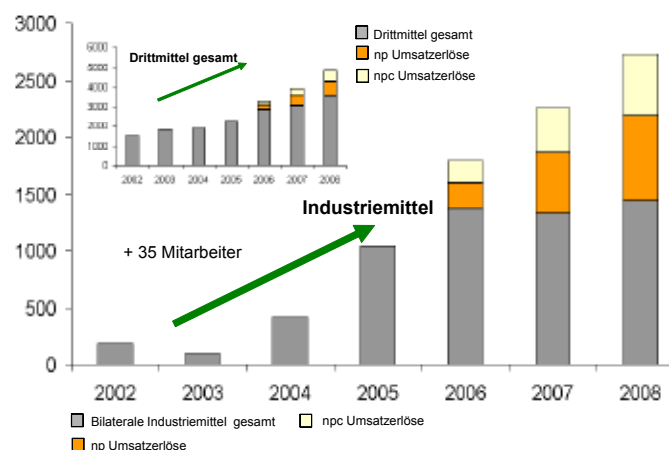
Das INP ist eines der führenden europäischen Zentren zur Plasmatechnologie. Es hat den Auftrag, anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Niedertemperaturplasmen durchzuführen und deren Anwendung zu fördern.

Hierbei führt es sowohl frei gewählte, mit der Bundesrepublik Deutschland und dem Land Mecklenburg-Vorpommern abgestimmte Forschungsvorhaben als auch Drittmittel- und Auftragsforschung durch. Eine weitere Aufgabe des INP besteht in der Förderung der Aus- und Weiterbildung wissenschaftlicher und technischer Nachwuchskräfte auf dem Gebiet der Niedertemperatur-Plasmaphysik im Zusammenwirken mit wissenschaftlichen Hochschulen und der Industrie. Bedingt durch das wirtschaftliche und politische Umfeld erweitert sich der Auftrag des INP auf den Technologietransfer, die Unterstützung interdisziplinärer Forschungsarbeiten sowie auf einen erfolgreichen Transfer von Nachwuchskräften in die Industrie.

Thematisch werden sowohl grundlegende physikalische und physikochemische als auch ingenieurtechnische Fragestellungen erforscht. Das breite Feld der Forschung reicht von der Plasmaerzeugung über die Entwicklung und Optimierung von Plasmaprozessen bis hin zu konkreten Anwendungen. Die Suche nach neuen Anwendungsfeldern und die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen für aktuelle Problemstellungen werden von der Grundlagenforschung bis zu der Entwicklung eines Prototypen begleitet. Einen übergreifenden Schwerpunkt bilden die Modellierung und Diagnostik physikalischer Prozesse, welche neben der wissenschaftlichen Vorlauforschung auch als Dienstleistungen unter Nutzung modernster Diagnostiksysteme und als plasmatechnisches Consulting angeboten werden. Das INP kann auch in diesem Berichtszeitraum auf eine signifikante Zahl internationaler wissenschaftlicher Veröffentlichungen verweisen. Dies wird unterstützt durch die wachsende Anzahl an eingeladenen Vorträgen von Mitarbeitern im In- und Ausland. Durch Blockveranstaltungen zu Grundlagen und Anwendungen der Plasmatechnologie sowie begleitender Themen konnten eine adäquate Aus- und Weiterbildung des wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen

Nachwuchses und die Verbindung zu Universitäten und Fachhochschulen des Landes gesichert werden.

Die seit 2003 verfolgte Forschungsstrategie des INP zeigt in der Bearbeitung von programmatisch ausgerichteten Forschungsschwerpunkten bei konsequent projektorientiertem Forschungsmanagement signifikante Erfolge, welche durch die verstärkte Ausrichtung auf Anwendungsnähe und direkte Kooperationen mit der Industrie unterstützt werden. Der Drittmittelanteil beläuft sich auf 3,5 Mio. €. Seit 2003 sind die Drittmittel aus bilateralen Industrieprojekten von 54 Tsd. € auf etwa 1,4 Mio. € gestiegen. Zusätzlich weisen die beiden ausgegründeten Firmen neoplas GmbH und neoplas control GmbH ein positives Betriebsergebnis auf. Die vollständige Wertschöpfungskette „Von der Idee bis zum Prototyp“, „Vom Prototyp zum Produkt“ und „Vom Produkt zum Markt“ konnte erstmalig an einer ausgewählten Thematik in Kooperation mit den ausgegründeten Firmen realisiert werden.



Die weitere Profilierung des Institutes als wissenschaftliche Forschungseinrichtung mit überregionaler Ausstrahlung stellt einen Schwerpunkt zukünftiger Tätigkeit dar. Die seit 2004 etablierten fünf Forschungsschwerpunkte wurden, um eine weitere Fokussierung zu erreichen, 2008 in drei Forschungsbereiche überführt. Inhaltlich wurden die Forschungsbereiche wie folgt gefasst:

## OBERFLÄCHEN & MATERIALIEN



Im Forschungsbereich "Oberflächen und Materialien" werden die Kompetenzen des INP zur Plasmaoberflächenbehandlung zusammengefasst. Niedertemperaturplasmen können Oberflächen auf verschiedene Weise verändern: Reinigen, Ätzen, Vernetzen, Aktivieren und Beschichten. Hierfür werden im Forschungsbereich sowohl kommerziell erhältliche und industrietaugliche Plasmaquellen und – reaktoren eingesetzt als auch neuartige problemangepasste Plasmaquellen entwickelt. Es werden Plasmaverfahren erforscht, die zur Behandlung von Oberflächen aber auch insbesondere für komplexe 3D-Strukturen geeignet sind.

Der Eintrag plasmabehandelter mikro- oder nanoskaliger Partikel in organische oder anorganische Werkstoffe führt zu Materialien (Verbundwerkstoffe) mit veränderten Volumeneigenschaften. Auf diese Weise werden durch Plasmaeinwirkung sowohl Oberflächen- als auch Materialeigenschaften verändert.

Eine umfangreiche oberflächen- und plasmaanalytische Ausrüstung gewährleistet grundlegende Untersuchungen und Bewertungen der Verfahren und Behandlungsergebnisse.

## UMWELT & ENERGIE



Das Potenzial moderner Plasmatechnologie erstreckt sich von der Entwicklung energie- und ressourcenschonender Technik bis zum Einsatz für den Abbau schädlicher Emissionen und den Ersatz umweltschädigender Verfahren. Aus diesem Spektrum bearbeitet das INP aktuelle Forschungsthemen und Anwendungen auf den Gebieten der nichtthermischen Plasmachemie und der Bogenplasmen. Neben Arbeiten zur Abluftreinigung und zum Abbau flüchtiger organischer Substanzen werden Diagnostiken mit hoher Nachweisempfindlichkeit erarbeitet, die sowohl der Analyse der Molekülkinetik in Niedertemperaturplasmen dienen als auch neue Möglichkeiten der Prozesssteuerung eröffnen. Für die detaillierte Erfassung der physikalischen Prozesse in Bogenplasmen und ihren Randbereichen werden moderne Simulationsverfahren und optische Diagnostik eingesetzt. Aus den Forschungen ergeben sich erhebliche Chancen für die Entwicklung neuartiger Plasmalichtquellen sowie präzise gesteuerter Prozesse etwa beim Schalten und Schweißen mit vermindertem Ressourcen- und Energieeinsatz und Reduktion oder Vermeidung umweltschädigender Emissionen.



Die Nutzbarmachung mitunter zunächst artfremd erscheinender physikalischer Technologien hat in den letzten Jahrzehnten zu bedeutenden Fortschritten in den modernen Lebenswissenschaften, allen voran in der Medizin, geführt. Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik, Laser und Optik, neue Werkstoffe und Biomaterialien sowie die Nanotechnologie haben sich zu Schlüsseltechnologien in der Medizin entwickelt.

Eine entsprechende Entwicklung vollzieht sich gegenwärtig auch auf dem Gebiet der Plasmaphysik. Aktuelle Studien prognostizieren ein starkes Wachstum für Plasma-Anwendungen in den Bereichen Medizintechnik, Biotechnologie und Pharmazie.

Dieser Entwicklung trägt das INP Greifswald mit der Etablierung eines eigenständigen Forschungsbereiches „Plasmen für Biologie und Medizin“ Rechnung.

In den zwei Forschungsschwerpunkten „Dekontamination“ und „Experimentelle Plasmamedizin“ wird zum einen Grundlagenforschung zu Mechanismen von Wechselwirkungen physikalischer Plasmen mit lebenden Zellen und Geweben betrieben. Zum anderen werden Ergebnisse der Grundlagenforschung auf ihr praktisches Verwertungspotenzial hin untersucht und weiterentwickelt. Dies betrifft einerseits die plasmabasierte biologische Dekontamination/Sterilisation von empfindlichen Materialien und Produkten und andererseits die therapeutische Nutzung von Atmosphärendruckplasmen in der Medizin. Das INP Greifswald nutzt die am Wissenschaftsstandort Greifswald konzentrierten wissenschaftlichen Kompetenzen in den Bereichen Plasmaforschung und Lebenswissenschaften, um in interdisziplinären Kooperationen gemeinsam mit der Ernst-Moritz-Arndt-Universität zukunftsweisende und innovative Forschung und Entwicklung auf einem hochinnovativen Gebiet zu betreiben.

## Unser Wissen ist Ihr Erfolg.

Unsere Forschung erschließt unseren Kunden neue Marktpotenziale und macht sie fit für die Zukunft.

Einzigartig sind unser internes Kompetenznetzwerk aus erfahrenen Mitarbeitern und die moderne technische Ausrüstung des Instituts. So bieten wir Ihnen ein komplettes Service-Paket von der Problemdefinition bis zum Prototyp.

Wir haben Experten für die zukunftsweisenden Plasmatechnologien: Neue Materialien, Funktionelle Oberflächen, Biomedizintechnik, Umwelttechnologie, Plasma- und Lichtquellen. Unsere Beziehungen zu Kunden und Kooperationspartnern sind stets auf beiderseitig nachhaltigen Nutzen ausgerichtet. Wir sind erst zufrieden, wenn Ihr Problem gelöst ist oder Ihre Idee Wirklichkeit wird.

## Highlights 2008

### Zentrum für Innovationskompetenz „plasmatis“



Das Programm "Zentren für Innovationskompetenz" des BMBF baut herausragende Forschungsansätze an Hochschulen und Forschungseinrichtungen in den ostdeutschen Ländern zu international renommierten Zentren aus. Entscheidend für diese Zentren ist eine exzellente und international wettbewerbsfähige Forschung, aber auch "Innovationskompetenz", also die Fähigkeit, Forschungsergebnisse in die Wirtschaft zu transferieren. Die Zentren sollen zudem eine Sogwirkung auf den wissenschaftlichen Nachwuchs ausüben. (zit.: BMBF)

plasmatis – die Initiative zum Aufbau eines Zentrums für Innovationskompetenz um die Greifswalder Professoren Weltmann, Kramer und Lindequist überzeugte die Juroren bei der Mittelvergabe im BMBF Programm „Unternehmen Region“.

Das neue Zentrum wird sich in erster Linie mit der Erforschung von Grundlagen der Wechselwirkungen physikalischer Plasmen mit lebenden Zellen und Geweben befassen.

Zunächst werden für fünf Jahre zwei Nachwuchsforscherguppen finanziert, welche im Frühjahr 2009 mit den Arbeiten speziell zu dieser Thematik beginnen.

Die meisten der bisher bekannten Untersuchungen zu biologischen und medizinischen Plasmaanwendungen sind vor allem unter Anwendungsgesichtspunkten bearbeitet worden und überwiegend durch Empirie gekennzeichnet. Im Unterschied hierzu wird mit plasmatis erstmals der umgekehrte Weg beschritten, das heißt am Anfang steht die wissenschaftlich begründete Hypothese. Eine

Konzentration erfolgt zunächst auf Untersuchungen bzgl. der Möglichkeiten des Einsatzes von Plasmen zur Unterstützung der Geweberegeneration unter spezieller Berücksichtigung der Wundheilung. Allein in Deutschland leben rund 4,5 bis 5 Millionen Menschen mit chronischen – also dauerhaften – Wunden.

Nicht nur die Lebensqualität der Betroffenen ist beeinträchtigt. Schätzungen zufolge verursachen chronische Wunden jährlich Kosten von rund fünf Milliarden Euro. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit des INP Greifswald (Prof. Dr. Weltmann) mit den Instituten der Pharmazie (Prof. Dr. Lindequist) sowie Hygiene und Umweltforschung (Prof. Dr. Kramer) der Universität Greifswald hat plasmatis gute Chancen, weltweit eine federführende Rolle auf dem Gebiet der Anwendungen von Plasmen in der Wundheilung einzunehmen.

### Campus „PlasmaMed“



Im Rahmen des BMBF-Programms „Innovation in den neuen Ländern“ wird als eines von sechs Leitprojekten der „Campus PlasmaMed“ im Juni 2008 gestartet.

Plasmaforschung und Lebenswissenschaften werden im Campus „PlasmaMed“ interdisziplinär zusammenarbeiten. Der Campus bündelt eine europaweit einzigartige Konzentration von universitärer und außeruniversitärer Plasmaforschung. Das Bundesforschungsministerium (BMBF) unterstützt das Projekt in den kommenden zwei einhalb Jahren mit bis zu 7,5 Millionen Euro. Es geht dabei um anwendungsorientierte Forschung zum Einsatz von Niedertemperatur-Plasmen in der Medizin. Der Campus PlasmaMed verbindet das INP, die Universitäten Greifswald und Rostock sowie die Fachhochschule Stralsund und die Hochschule Neubrandenburg.



Vom Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP Greifswald) initiiert, bündelt der neue Campus PlasmaMed – ganz im Sinne der landespolitischen Strategie und der Konzepte der Hochschulen – weiträumig, organisations-übergreifend und themenorientiert die Kompetenzen am Standort.

Der Campus PlasmaMed basiert auf acht Leitprojekten sowie einem Aus- und Weiterbildungsprojekt, die in den drei thematischen Schwerpunkten Plasmamedizin, Plasmadekontamination und Biofunktionale Oberflächen organisiert sind.

unternehmerische Verwertung identifiziert, so dass ökonomische Relevanz und Ausgründungspotenzial nicht verloren gehen oder unentdeckt bleiben. Start-ups, die aus einem außeruniversitären Forschungsinstitut ausgegründet werden, wachsen im Schnitt schneller und versprechen damit nachhaltigeren Erfolg als Ausgründungen aus Hochschulen. Das Vorhaben ist im Stab angesiedelt und läuft mit einem Budget von rund 0,5 Millionen Euro über fünf Jahre.



### Landesfinanziertes Projekt zur Gründungs- und Kooperationsanbahnung

In Mecklenburg-Vorpommern werden ausreichend Forschungsergebnisse erarbeitet, allerdings schlagen sich diese nicht im gleichen Verhältnis in Ausgründungen und damit der Schaffung von Arbeitsplätzen nieder. Die Selbstständigenrate insgesamt ist niedrig, gleichzeitig droht die Abwanderung der besonders innovativen Protagonisten. Das Land Mecklenburg-Vorpommern will u. a. mit einem in 2008 gestarteten Modellvorhaben diese Situation verbessern. Geeignete Forschungsaktivitäten werden für die



## FB 1



### Oberflächen und Materialien

#### FS Oberflächen

- **Funktionelle Schichten (GP)**
- Regenerative Medizin (BMBF)
- BioPhil (Land)
- Spaltgängigkeit (BMWi)
- Fotokat (Land)

#### FS Materialien

- **Pulvermodifizierung (GP)**
- Interface (EU)
- ProbePlas (BMWi)
- TR-Projekt B4 (DFG)
- BEM (BMBF)
- Flotation (DFG)
- CALIPSO (BMBF)

## FB 2



### Umwelt und Energie

#### FS Umwelt

- **Schadstoffabbau (GP)**
- ConPlas (Land)
- **Plasmachemie (GP)**
- QCL-QUINGAP (BMBF)
- TR-Projekt B2 (DFG)
- QCL-Multi (BMWi)
- TR-Projekt B3 (DFG)

#### FS Energie

- **HID-Lampen (GP)**
- Starten und Dimmen (Bund)
- PLACAR (BMBF)
- PlasmaOpt (BMBF)
- START (BMBF)
- DBU (DBU)
- **Lichtbögen (GP)**
- OPTIPULS (BMWi)
- MSG-Lichtbogen (DFG)

## FB 3



### Biologie und Medizin

#### FS Plasma Dekonta- mination

- **Entkeimung (GP)**
- Endoplas (BMBF)
- PlasmaPharm (BMBF)

#### FS Experimentelle Plasmamedizin

- **Atmosphärendruck-Plasma-  
jet für experimentelle Studien  
(GP)**
- Atmosphärendruck-Plasma-  
quellen für experimentelle  
Studien (GP)
- Effekte von Atmosphärendruck-  
Plasmen auf Flüssigkeiten und  
biologische Systeme (GP)
- Plasmasept (Land)

Bereichsübergreifende Projekte:  
Campus PlasmaMed, ZIK plasmatis, ForMaT etc.

FB = Forschungsbereich // FS = Forschungsschwerpunkt // GP = Grundfinanziertes Projekt // DP = Drittmittelfinanziertes Projekt







### FB 1 - Überblick

Im Forschungsbereich "Oberflächen und Materialien" werden die Kompetenzen des INP zur Plasmaoberflächenbehandlung zusammengefasst. Niedertemperaturplasmen können Oberflächen auf verschiedene Weise verändern: Reinigen, Ätzen, Vernetzen, Aktivieren und Beschichten. Hierfür werden im Forschungsbereich sowohl kommerziell erhältliche und industrietaugliche Plasmaquellen und -reaktoren eingesetzt als auch neuartige problemangepasste Plasmaquellen entwickelt. Es werden Plasmaverfahren erforscht, die zur Behandlung von planen Oberflächen, insbesondere aber auch für komplexe 3D-Strukturen, geeignet sind. Der Eintrag plasmabehandelter mikro- oder nanoskaliger Partikel in organische oder anorganische Werkstoffe führt zu Materialien (Verbundwerkstoffe) mit veränderten Volumeneigenschaften. Auf diese Weise werden durch Plasmaeinwirkung sowohl Oberflächen- als auch Materialeigenschaften verändert. Eine umfangreiche oberflächen- und plasmaanalytische Ausrüstung gewährleistet eingehende Untersuchungen und Bewertungen der Verfahren und Behandlungsergebnisse.

#### FS Oberflächen

- **Funktionelle Schichten** (GP, Seite 12)
- Regenerative Medizin (BMBF)
- BioPhil (Land)
- **Spaltgängigkeit** (BMW, Seite 13)
- Fotokat (Land)

#### FS Materialien

- **Pulvermodifizierung** (GP, Seite 15)
- Interface (EU)
- ProbePlas (BMW)
- **TR-Projekt B4** (DFG, Seite 16)
- BEM (BMBF)
- Flotation (DFG)
- CALIPSO (BMBF)



## Vorbemerkungen

Plasmaprozesse zur Steuerung von Grenzflächeneigenschaften und zur Abscheidung funktioneller Schichten auf flächigen und komplexen dreidimensionalen Bauteilen und Substraten sind ein vielfältiges und gefragtes Anwendungsgebiet. Dies hängt mit den prozesstechnischen Vorteilen von Plasmaverfahren zusammen, wie eine niedrige thermische Belastung der Bauteile, Umweltfreundlichkeit, gute Spaltgängigkeit sowie äußerst geringe Beeinflussung der Grundmaterialeigenschaften bei gleichzeitig guter Eignung zur Bearbeitung auch chemisch inerte Materialien. Gleichwohl steigen die Anforderungen an Plasmaverfahren hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse und der Möglichkeit zur Einbindung in Prozessabläufe. Aktuell sind plasmagestützte Prozesse in innovativen Entwicklungen der Biomedizin- und Kunststofftechnik von Interesse. Im Forschungsschwerpunkt wurde dazu an Fragen der Erzeugung hochwertiger plasmachemischer Oberflächenfunktionalisierungen sowie der Herstellung von funktionellen Schichten auf der Basis siliziumhaltiger Ausgangsmoleküle gearbeitet. Fortschritte wurden in der Funktionalisierung von Kunststoffoberflächen mit Niederdruck- und Normaldruckplasmen in mehreren chemisch reaktiven Gasgemischen erreicht. Die plasmachemische Funktionalisierung und Abscheidung von Schichten auf der Basis siliziumorganischer Ausgangsstoffe gelang für komplex geformte Bauteile mit Detailstrukturgrößen im Millimeter- bis Mikrometerbereich mit Aspektverhältnissen bis zu 10. Die im INP verfügbare Auswahl von Plasmaprozessen zur Oberflächenmodifizierung und zur Erzeugung von dünnen Schichten durch PE-CVD Prozesse wurde erweitert.

## Anwendungspotenzial

### Kontrollierte Oberflächenaktivierung durch plasmachemische Prozesse

- für unterschiedliche Materialien: Polymere, Metalle, Dielektrika (auch hitzeempfindliche Stoffe)
- Behandlung dreidimensional strukturierter Substrate, Folien oder Gewebe
- für hydrophile/hydrophobe Oberflächen
- Verbesserung der Haftfestigkeit in Kompositmaterialien
- Bedruckbarkeit chemisch inerte Materialien (Kunststoffe)

### Funktionelle Beschichtungen mit Plasma-CVD für

- Kratzfestigkeit
- Steuerung der Gasdurchlässigkeit
- Korrosionsschutz

### Plasmagestützte Steigerung der Biokompatibilität

- für Zellkultursysteme, Biosensoren und Einwegartikel
- für Implantate

### Plasma-Cleaning

- ultrareine Oberflächen
- verbesserte Fügetechnologien (Kleben, Leimen, Löten)
- kombinierbar mit Oberflächenaktivierung



## Funktionelle Schichten (GP)

### Problem

Die Abscheidung von funktionellen Schichten nimmt innerhalb der plasmagestützten Oberflächentechnologie ein breites Spektrum ein. So können unter Verwendung siliziumorganischer Ausgangsstoffe mittels PE-CVD Prozessen dichte, geschlossene Schichten mit variabler chemischer Struktur abgeschieden werden, welche als Haftvermittler dienen oder die Permeation von Molekülen durch das Substratmaterial verhindern.

Problematisch hierbei ist die durch die PE-CVD typische Reaktivität in der Gasphase bedingte, mangelhafte Beschichtung innerhalb enger Strukturdetails. Um hier konforme Schichten zu erzeugen, sind neue physikalische und plasmachemische Depositionstechniken erforderlich, welche sicherstellen, dass die Schichten sowohl eine exzellente Haftung zum Untergrund aufweisen, als auch durch die nötigen Bulkeigenschaften (Dichte, Pin-hole-Freiheit, Brechungsindex) charakterisiert sind.

### Lösungsansatz

Im Niederdruckbereich wird die konforme Deposition innerhalb von Strukturen mittels alternierender plasmachemischer Abscheidungen durch Anlagerung von Schichtbildnern auf plasmaaktivierter Unterlage (Plasma-ALD) untersucht. Die Abscheidung unter Normaldruck wird mit Jetgeometrien unter Verwendung siliziumorganischer Ausgangsmoleküle geführt. Dabei ist das Ziel, die Plasmaprozeduren so zu steuern, dass Schichten mit kontrollierter chemischer Zusammensetzung und Morphologie wachsen.

### Technologischer Nutzen

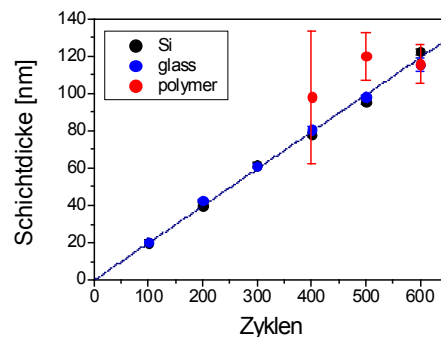
Die gewonnenen Ergebnisse bieten Potenzial, um den Bereich der Funktionsschichten auf bisher nicht beschichtbare Mikrostrukturen mit komplexen Geometrien sowie auf die lokal selektive Beschichtung von Bauteilen auszudehnen. So lassen sich, Passivierungsschichtsysteme für komplexe (3D) Bauteile (z.B. Sensoren) aufbringen. Weitere Applikationen sind Korrosionsschutz, Barrierschichten, selektive Wirkstofffreigabe und lokale Beschichtungen an schwer zugänglichen Geometrien (z.B. Kanten, Kavitäten) sowie die Oberflächenbehandlung von Bauteilen im Kontakt mit biologischen Zellen (z.B. Implantate oder Diagnostikplattformen).

## Ergebnisse 2008

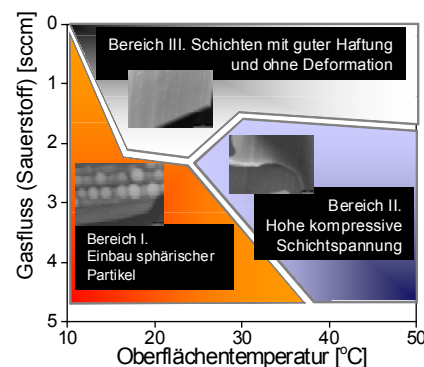
Für den Niederdruckbereich wurden mittels Plasma-ALD in Ar/N<sub>2</sub>-Plasmen (13.56 MHz, ICP) unter Zumischung sauerstofffreier siliziumorganischer Verbindungen Schichten hergestellt und das selbstlimitierte Wachstum auch für Multilayerschichten mit Dicken > 60 nm nachgewiesen. Im Normaldruckbereich wurde eine experimentelle Parameterstudie unter systematischer Variation des O<sub>2</sub>-Anteils und der Substrattemperatur geführt, die Schlussfolgerungen auf die atomare Zusammensetzung, die Bindungsverhältnisse und die Oberflächenmorphologie der Schicht erlaubt. Die Schicht- und Oberflächenanalytik (FTIR, XPS, REM) gestattet die Angabe eines Parameterbereiches, der durch Schichten mit exzellent niedriger Kohlenstoffkonzentration (0,6 % XPS-Atome) und kompakter, glatter Morphologie gekennzeichnet ist.

## Vorhaben 2009

- Herstellung von Gradientenschichten
- Konforme Deposition mit Mikroplasmen innerhalb von Strukturen
- Dynamische Behandlung größerer Flächen unter Relativbewegung von Plasmaquelle und Substrat



Plasma ALD: Nachweis des Wachstumsmechanismus, Schicht wächst linear über 600 Zyklen



SiO<sub>x</sub>-Schichten aus Normaldruckprozess: unterschiedliche Schichtmorphologie abhängig von Sauerstoffgehalt und Substrattemperatur

## Spaltgängigkeit (BMWi)

### Problem

Für die Qualität und Zuverlässigkeit von Beschichtungen, Klebungen, Laminierungen usw. ist eine saubere Oberfläche bedeutsam. Bei hohen Anforderungen an die Reinheit werden plasmagestützte Verfahren zur Feinreinigung eingesetzt. Eine besondere Herausforderung stellen dabei Vertiefungen, wie z.B. Spalte oder Bohrlöcher dar, deren Reinigung durch die sogenannte Spaltgängigkeit des Verfahrens begrenzt ist. Hier besteht die Notwendigkeit, die plasmaphysikalischen und -chemischen Wirkmechanismen der Spaltgängigkeit von Plasmaverfahren zu ergründen.

### Lösungsansatz

Die Aufklärung dieser Wirkmechanismen wird anhand von systematischen Untersuchungen prototypischer Fälle zur Feinreinigung geführt. Als Substrate werden Objekte mit zylinder- und planarsymmetrischen Vertiefungen berücksichtigt. Zur Plasmafeinreinigung werden zwei, auf unterschiedlichen Anregungsformen basierende Plasmaanlagen eingesetzt (Mikrowellenplasmen am INP Greifswald und HF-Plasmen beim Projektpartner Fraunhofer IFAM). Aus den systematischen Untersuchungen durch die Variation der externen Prozessparameter werden Aussagen zum Beitrag von einzelnen Wirkkomponenten der Plasmen abgeleitet.

### Technologischer Nutzen

Der Nutzerkreis der Plasmafeinreinigung umfasst Anlagenhersteller, Anbieter von Plasmaverfahren und Endanwender. Die verbesserte Kenntnis der Reinigungsmechanismen gestattet eine Weiterentwicklung von Plasmaanlagen im Hinblick auf eine Verbesserung der Spaltgängigkeit und z.B. den Füllgrad der Anlage und erschließen dadurch neue Anwendungsfelder. So können Bauteile gereinigt werden, die bislang einer Plasmareinigung aufgrund der begrenzten Spaltgängigkeit nicht zugänglich waren. Für den Endanwender bedeutet eine verlässlichere Reinigung eine höhere Produktionssicherheit und eine Vereinfachung des nachfolgenden Produktionsschrittes (wie z.B. Lackieren oder Kleben).

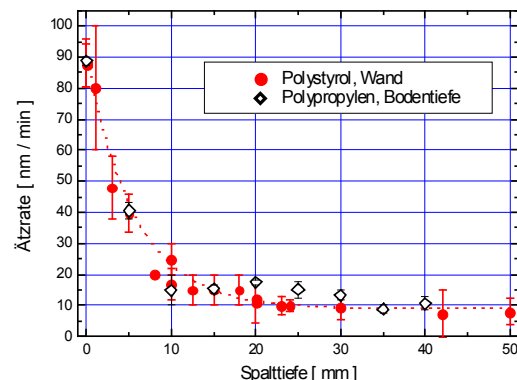
## Ergebnisse 2005-2008

Es liegen systematische Parameterstudien zur plasmagestützten Reinigung in sauerstoffhaltigen Gasmischungen und unterschiedlichen Reaktortypen und Anregungsarten vor.

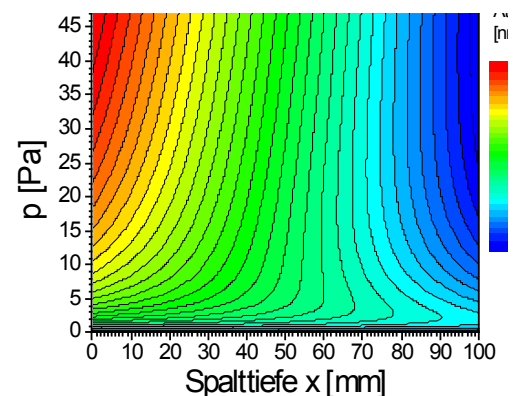
Die experimentellen Ergebnisse beider Projektpartner können übereinstimmend durch ein semiempirisches Modell für die Tiefenabhängigkeit der Ättrate beschrieben werden:

- exponentieller Abfall mit zunehmender Spalttiefe
- Abtragsmechanismus über chemische Oberflächenreaktionen dominiert
- Transport der reaktiven Spezies in die Tiefe durch nichtreaktive Wandstöße

Insbesondere die Wahl der Parameter Bias-Spannung, Druck und eingekoppelte Leistung hat einen signifikanten Einfluss auf die Spaltgängigkeit. Die Übertragbarkeit der Resultate auf reale Bauteile wurde demonstriert und ein Leitfaden erstellt, der allgemeine Schlussfolgerungen für die Reinigung in Spalten als praktische Handreichung für Anwender enthält.



Tiefenabhängigkeit der Abtragsrate (exponentieller Abfall)



Abhängigkeit der aus dem Exponentialmodell berechneten Ättrate vom Druck und der Spalttiefe

## Vorbemerkungen

Die Oberflächenbehandlung von Pulvern, Fasern und Granulaten mit Hilfe von Niedertemperaturplasmen ist sowohl in wissenschaftlicher als auch technologischer Hinsicht eine besondere Herausforderung. Vor allem beim Übergang in den submikro- und nanoskaligen Bereich und den damit verbundenen großen spezifischen Oberflächen der Materialien, sind auf der einen Seite Plasmaquellen mit speziellen Leistungsdichten oder Sputterraten und auf der anderen Seite bestimmte Fluidisierungs- und Transporttechniken erforderlich, um eine gleichmäßige Behandlung aller Partikel in vertretbaren Zeiträumen zu gewährleisten. Durch Plasmaprozesse funktionalisierte und beschichtete nano- und mikrodisperse Pulver und Fasern werden häufig in Verbindung mit anderen Materialien zu Verbundwerkstoffen verarbeitet. Die modifizierten Oberflächen sorgen für eine optimale Anbindung der Teilchen an die jeweilige Matrix. So werden z.B. in Metall-Kohlenstoff-Kompositen erhöhte mechanische Festigkeiten bei reduziertem Gewicht oder bessere Wärmeleitfähigkeiten für Kühlkörper für die Leistungselektronik garantiert. Die Plasmatechnik besitzt auch ein großes Potenzial bei der Erzeugung von Katalysatoren, insbesondere für die Brennstoffzellentechnik. Der Ersatz von Edelmetallkatalysatoren, vor allem auf der Kathodenseite der Brennstoffzellen durch wesentlich preiswertere metallorganische Komplexverbindungen, eröffnet hier neue Einsatzbereiche. Durch kombinierte Plasmaprozesse können Metall-Polymer-Schichten erzeugt werden, die katalytische Eigenschaften aufweisen und in der Sensortechnik oder bei der chemischen oder elektrochemischen Katalyse eingesetzt werden können. Dabei können durch die Wahl des Monomers und des Metalls koordinative Bindungen ausgebildet oder bei entsprechend hohem Metallgehalt Nanokompositschichten erzeugt werden.

## Anwendungspotenzial

### Maßgeschneiderte Eigenschaften für Nano- und Mikroteilchen

- Additive für Farben/Toner
- Additive für Kosmetikprodukte
- für eine bessere Haftung in Kompositmaterialien
- für die Steuerung der Wirkstoffabgabe in Arzneimitteln

### Innovative Katalysatoren

- für Brennstoffzellen
- für die heterogene chemische Katalyse
- für die Sensortechnik

### Oberflächenveredelungen

- Korrosionsschutz (Leuchtstoffe)
- Adsorptionsvermögen von Adsorbentien
- Steuerung der Benetzbarkeit

### Partikel als Diagnostiktools

- Manipulation
- Mikrosonden im Plasma (elektrisch, thermisch, chemisch)
- Optimierung von Plasmaquellen

## Pulvermodifizierung (GP)

### Problem

Das Potenzial nano- und mikrodisperser Materialien, z.B. in Verbundwerkstoffen, als Gasabsorber oder als Träger von Katalysatoren, Enzymen oder pharmazeutisch relevanten Wirkstoffen, lässt sich in der Regel erst durch die gezielte Gestaltung der Oberflächeneigenschaften optimal ausnutzen. Agglomeration und Anhaftungen an den Reaktorwänden, den Elektroden und Dielektrika erschweren die homogene und vollständige Behandlung im Plasma.

Metall-Polypyrrol-Kompositschichten zeigten interessante Anwendungsmöglichkeiten, z.B. als Sensoren oder als Katalysatoren aufgrund der katalytischen Aktivität sowohl von Polypyrrol als auch des Metalls. Diese Schichten werden mit elektrochemischen Methoden hergestellt, was einen hohen Chemikalienbedarf und mehrere Prozessschritte erfordert. Außerdem ist es damit nur möglich die Schichten auf leitfähigen Substraten abzuscheiden die Beschichtung von Partikeln ist ebenfalls schwierig.

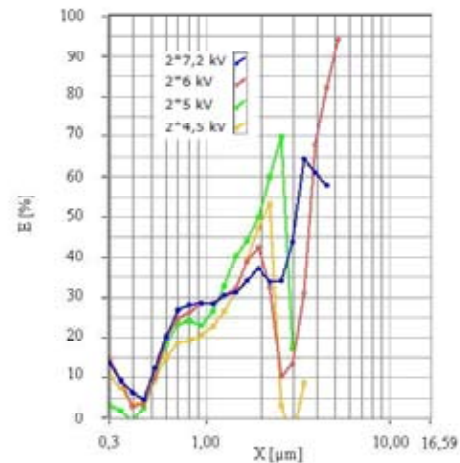
### Lösungsansatz

Zur Fluidisierung von Partikeln wurden Grundsatzuntersuchungen zu deren Aufladung und Abscheidung an Oberflächen unter Einbeziehung von Partikeldichtemessungen im Wandbereich durchgeführt.

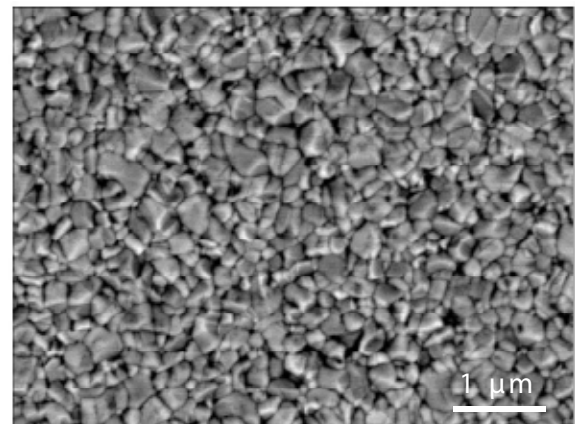
Metall-Polypyrrol-Schichten konnten durch eine Kombination aus PECVD und PVD erzeugt werden. Um das Verhältnis dieser beiden Prozesse zueinander steuern zu können, wurden hier zwei Plasmaquellen in den Rezipienten eingebracht, deren Leistung unabhängig voneinander regelbar ist. Als Prozessgas wurde eine Mischung aus Argon und Pyrrol und als Magnetrontarget Kupfer verwendet.

### Technologischer Nutzen

Die besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften plasmamodifizierter Pulver und Fasern kommen in Produkten, wie z.B. in Lacken mit speziellen Eigenschaften, metallischen oder polymeren Kompositmaterialien für leichtgewichtige Bauteile, Ozon-Adsorbern, Katalysatoren usw. zum Einsatz.



Fraktionsabscheidegrad im Wandbereich für verschiedene Pulsspannungen



AFM-Aufnahme einer Kupfer-Polypyrrolschicht

### Ergebnisse

Es konnte das Strömungsverhalten von Partikeln als Voraussetzung für side-on-Messungen im Wand- und Elektrodenbereich analysiert werden. Dabei wurde der Fraktionsabscheidegrad für verschiedene Pulsspannungen ermittelt.

Es wurden Kupfer-Polypyrrol-Nanokompositschichten erzeugt. Der Kupferpartikel-Durchmesser konnte im Bereich von 2 bis 40 nm gezielt eingestellt werden.

### Vorhaben 2009

- Untersuchung des Aufladungsverhaltens von Partikeln in Atmosphärendruckentladungen
- Funktionalisierung und Test mineralischer Gasadsorber
- Prozessentwicklung zur Erzeugung von Kobalt-Polypyrrolschichten



# Plasma-Partikel-Wechselwirkung

## - TR-Projekt B4 (DFG)

### Problem

Die experimentelle Quantifizierung von Energieflüssen zwischen Körperoberflächen und dem umgebenden Plasma ist ein grundlegendes Problem bei der Plasma-wandwechselwirkung und betrifft generell alle plasmatechnischen Oberflächenprozesse. Da sich die im thermodynamischen Gleichgewicht einstellende Oberflächentemperatur aus der vollständigen Energiebilanz ergibt, sind die verschiedenen Energieflüsse in Abhängigkeit von den Plasmaparametern zu identifizieren und zu quantifizieren.

### Lösungsansatz

Es wird eine Diagnostik entwickelt, die es gestattet, die aktuelle Oberflächentemperatur von mikrodispersen Teilchen mit Plasmakontakt zu messen. Als Testteilchen sollen dafür kommerziell verfügbare Leuchtstoffe eingesetzt werden, die in ihrem UV-induzierten Fluoreszenzspektrum temperaturabhängige Eigenschaften aufweisen. Durch Vergleiche mit Kalibriermessungen außerhalb des Plasmas lässt sich die Partikeltemperatur der Teilchen im Plasma direkt bestimmen. Die Kombination dieser Messungen mit Sondendiagnostik, Gastemperaturmessung und einem Modell für die Energiebilanz soll Aufschlüsse über die Zusammensetzung der Energieflüsse zwischen Teilchen und Plasma geben.

### Technologischer Nutzen

Es werden Grundlagen zur energetischen Wechselwirkung von technologisch relevanten Plasmen mit Mikroteilchen erarbeitet. Die Leuchtstoffteilchen dienen als handhabbares Modellobjekt für die grundsätzliche Kombination von Plasma und Partikeln in Prozessplasmen. Insbesondere bei der Modifikation von Oberflächen ist die Kenntnis der differenzierten Energiezufuhr aus dem Plasma eine fundamentale Voraussetzung für die gezielte Einflussnahme, da die Oberflächentemperatur von Substraten in Abhängigkeit vom konkreten Prozess sowohl konstruktiv als auch destruktiv wirken kann.

### Ergebnisse

Der Leuchtstoff Europium-dotiertes Yttrium-Orthovanadat (YVO<sub>4</sub>:Eu) wurde erfolgreich im Ar-rf-Plasma bei der Messung von Partikeltemperaturen im Plasmareaktor PULVA-INP verwendet. Es wurde der Einfluss verschiedener Gasdrücke und Plasmaleistungen auf das Temperaturverhalten der Leuchtstoffteilchen untersucht. Die Plasmaparameter unter den verschiedenen Meßbedingungen wurden mit Hilfe von Langmuirsonden bestimmt.

### Vorhaben 2009

- Ausdehnung der Partikeltemperaturmessungen im Plasma auf die Gasgemische Ar/N<sub>2</sub> und Ar/H<sub>2</sub>
- Weitere Langmuirsondenmessungen in den Gasgemischen Ar/N<sub>2</sub> und Ar/H<sub>2</sub>
- orientierende Thermosondenmessungen im Plasma
- Spektroskopische Messung der Neutralgastemperatur während der Partikeltemperaturmessungen
- Modellierung der Energieflüsse zwischen Partikeln und Plasma anhand der Plasmaparameter sowie der Gas- und Partikeltemperaturen

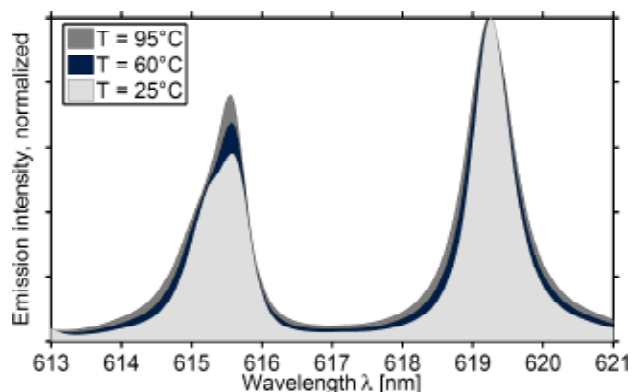


Fig.1: Normiertes Emissionsspektrum der Leuchtstoffteilchen im Kalibrierofen bei verschiedenen Temperaturen

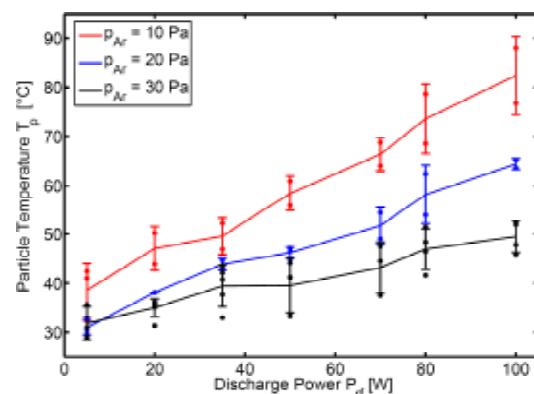


Fig.2: Gemessene Partikeltemperaturen in Argon als Funktion der Plasmaleistung bei verschiedenen Gasdrücken mit Darstellung der statistischen Fehler



## FB 2 - Überblick

Das Potenzial moderner Plasmatechnologie erstreckt sich von der Entwicklung energie- und ressourcenschonender Technik bis zum Einsatz für den Abbau schädlicher Emissionen und den Ersatz umweltschädigender Verfahren. Aus diesem Spektrum bearbeitet das INP aktuelle Forschungsthemen und Anwendungen auf den Gebieten der nichtthermischen Plasmachemie und der Bogenplasmen. Neben Arbeiten zur Abluftreinigung und zum Abbau flüchtiger organischer Substanzen werden Diagnostiken mit hoher Nachweisempfindlichkeit erarbeitet, die sowohl der Analyse der Molekülkinetik in Niedertemperaturplasmen dienen, als auch neue Möglichkeiten der Prozesssteuerung eröffnen. Für die detaillierte Erfassung der physikalischen Prozesse in Bogenplasmen und ihren Randbereichen werden moderne Simulationsverfahren und optische Diagnostik eingesetzt. Aus den Forschungen ergeben sich erhebliche Chancen für die Entwicklung neuartiger Plasmalichtquellen sowie präzise gesteuerter Prozesse etwa beim Schalten und Schweißen mit vermindertem Ressourcen- und Energieeinsatz und Reduktion oder Vermeidung umweltschädigender Emissionen.

### FS Umwelt

- **Schadstoffabbau (GP)** Seite 19
- **ConPlas (Land)** Seite 20
- **Plasmachemie (GP)** Seite 21
- QCL-QUINGAP (BMBF)
- **TR-Projekt B2 (DFG)** Seite 22
- QCL-Multi (BMW)
- TR-Projekt B3 (DFG)

### FS Energie

- **HID-Lampen (GP, Seite 24)**
- PLACAR (BMBF)
- PlasmaOpt (Bund)
- START (BMBF, Seite 25)
- POC4LIFE (EU)
- **Lichtbögen (GP, Seite 26)**
- OPTIPULS (BMW)
- MSG-Lichtbogen (DFG)



### Vorbemerkungen

Der Schwerpunkt Umwelt befindet sich auf der Grundlage der im Jahre 2004 entwickelten Strategie weiter im Aufbau. Neben Projekten, die sich schon seit einem längeren Zeitraum der Weiterentwicklung und technischen Anwendung von Umwelttechnologien widmen, wurden neue aussichtsreiche Aspekte mit Grundlagencharakter in Projektform bearbeitet. Dabei wird der zielgerichtete Aufbau spezifischer wissenschaftlicher und technischer Kompetenz mit der Akquirierung von Drittmitteln verbunden. Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt, die in bewährter internationaler Kooperation vor allem mit französischen, britischen und polnischen Kollegen stattfanden, führten zu Fortschritten bei der Aufklärung synergetischer Effekte von photostimulierten Katalysatoren und Niedertemperaturplasmen beim Abbau flüchtiger organischer Verbindungen von Aerosolen und Bakterien. Methodisch technische Entwicklungen wurden beim Einsatz von Quanten-Kaskaden Lasern vorangetrieben. Hier konnten so hohe Empfindlichkeiten und Zeitaufösungen erreicht werden, die einen neuen Zugang zu molekülkinetischen Phänomenen gestatten. Im anwendungsnahen Bereich konnten Prototypen zur Abluftbehandlung, die neue Ansteuerkonzepte von dielektrisch behinderten Entladungen verwenden, erfolgreich aufgebaut und die Vermarktung über Lizenzvergabe an die Industrie weitergeführt werden.

### Anwendungspotenzial

#### Umwelttechnologie

- Behandlung von Aerosolen und Gerüchen
- Abbau von flüchtigen organischen Substanzen

#### Plasmachemische Prozesse

- Hochempfindlicher Nachweis flüchtiger molekularer Spezies
- Kinetische Studien zu molekularen Reaktionen

#### Diagnostikanwendungen

- Überwachung und Steuerung von Plasmaprozessen
- Erhöhung der Prozesseffektivität, Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit
- Optimierung von Oberflächenbehandlungen

## Schadstoffabbau (GP)

### Problem

Schadstoffe und Aerosole in der Abluft oder Abgasen stellen eine erhebliche Belastung für Mensch und Umwelt dar. Ausgehend von erfolgreichen Applikationen für den Geruchsabbau in der Lebensmittelverarbeitung und Gastronomie sollen nicht-thermische Plasmaverfahren auf weitere Problemstellungen der Abgas- und Abluftbehandlung angewendet werden. Die Aktivitäten im GP Schadstoffabbau haben im Jahr 2008 eine Ausrichtung auf die folgenden Sachverhalte erfahren.

Nicht-thermische Atmosphärendruckplasmen sind durch die Existenz einer Vielzahl kurzlebiger Mikroentladungen charakterisiert. Deren Physik und Chemie in schadstoffhaltigen Gasen ist noch nicht vollständig verstanden. Außerdem muss aus praktischen Gründen verstärkt die Kombination nicht-thermischer Plasmen mit anderen Methoden, wie z.B. Katalysatoren betrachtet werden. Grundlegende Prozesse der Entladungsphysik, des Schadstoffabbau und der plasmastimulierten Katalyse sind ebenfalls größtenteils unverstanden.

### Lösungsansatz

Das physikalische Verständnis soll durch Untersuchungen der raum-zeitlichen Entwicklung von Mikroentladungen in für den Schadstoffabbau relevanten Gasgemischen verbessert werden. Darauf aufbauend werden neue Reaktorkonzepte erarbeitet, die insbesondere eine direkte Stimulation von Katalysatoren durch Plasmen ermöglichen sollen.

### Technologischer Nutzen

Die Arbeiten stellen die Grundlage für die Optimierung bestehender und die Erschließung neuer Anwendungsfelder für nicht-thermische Plasmen in der Abgas- und Abluftbehandlung dar. Generelle Ziele sind damit die Minderung von Gesundheitsrisiken und die Entlastung der Umwelt.

### Ergebnisse

Im Rahmen des GP Schadstoffabbau wurde ein Mikroentladungsmessplatz aufgebaut. An diesem sollen zukünftig die Grundlagen für den Schadstoffabbau in filamentierten Entladungen (Barrierenentladungen, Oberflächenentladungen, Coronaentladungen) untersucht wer-

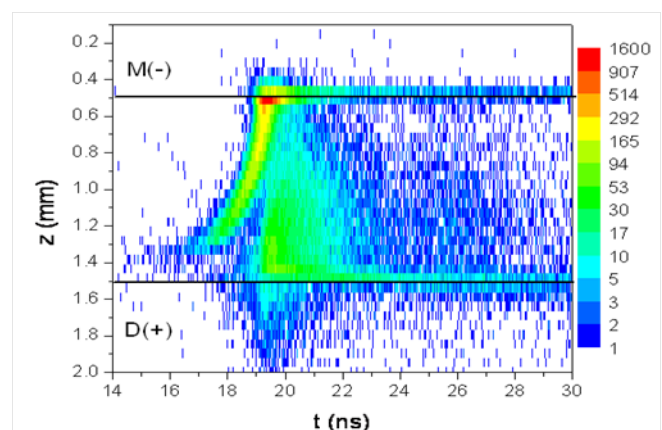
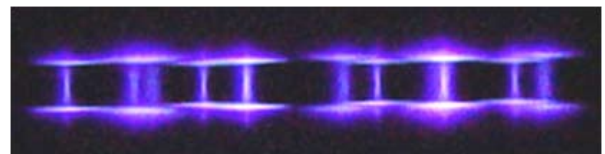
den. Dazu kombiniert der Messplatz unterschiedliche elektrische und spektroskopische Methoden. Eine zeitkorrelierte Einzelphotonenzählung erlaubt insbesondere die Aufnahme der raum-zeitlichen Entwicklung von Mikroentladungen im sub-mm-Orts- bzw. sub-ns-Zeitbereich. Erste Ergebnisse wurden an einseitig behinderten Barrierenentladungen in Luft gewonnen. Erstmals konnte die Ausbildung der Mikroentladungen im elektrodennahen Bereich aufgezeichnet werden.

Parallel wurden neue Reaktorkonzepte für die Abluftbehandlung erarbeitet und auch in bilateralen Industrieprojekten eingesetzt. Diese neuen Konzepte ermöglichen insbesondere den mehrstufigen Aufbau von Plasmareaktoren, was zukünftig weiter verfolgt werden soll.

Die Thematiken Geruchsbehandlung in Rapsölmöhlen und Behandlung von Schiffsdieselabgasen (Zusammenarbeit mit Stettin) wurden weiter verfolgt. Zu letzterer Problematik wurde ein gemeinsamer Projektantrag mit insgesamt acht deutschen und polnischen Partnern erarbeitet.

### Vorhaben 2009

- Untersuchung von Mikroentladungen in Oberflächenentladungsanordnungen und Coronaentladungen
- Einsatz mehrstufiger Plasmareaktoren für den  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ - und VOC-Abbau
- Betrachtung von Verfahrenskombinationen mit nicht-thermischen Plasmaverfahren und damit Erschließung weiterer Einsatzfelder



## Conplas (Land)

### Problem

Durch den Verzicht auf Vakuumtechnik ist die Atmosphärendruck-Plasmatechnik besonders interessant. Verfügbare Verfahren und Geräte stoßen allerdings immer wieder an technische Grenzen, wenn es um die Bearbeitung von komplex geformten Gütern mit strukturierten Oberflächen geht. Diese können zum Teil überhaupt nicht oder nur durch teure Robotertechnik bearbeitet werden. Insgesamt besteht ein Bedarf an einfach handhabbarer und finanzierbarer Atmosphärendruck-Plasmatechnik in nahezu allen verarbeitenden Industriezweigen, vor allem im Gewerbe.

### Lösungsansatz

Mit der neuartigen Plasmaquelle „Conplas“ wurde ein Gerät geschaffen, welches die Vorteile der bestehenden Verfahren (Barrierenentladungen bzw. Plasmajets) kombiniert und damit deren Limitierungen durchbricht. Die Lösung ist kompakt, einfach handhabbar und hat einen geringeren Gasverbrauch als Plasmajets. Außerdem liegt sein Energieverbrauch unter dem bereits etablierter Verfahren.

### Technologischer Nutzen

Die Lösung soll die Nachfrage nach innovativen und dennoch finanzierbaren Geräten und Verfahren zur Reinigung von Kunststoffoberflächen, zur Verklebung von Oberflächen und Körpern, zum Auftrag von Schutzschichten und zur mikrobiologischen Dekontamination befriedigen.

### Ergebnisse

Die Plasmaquelle (Conplas) lag zu Projektbeginn als Labormuster in zwei Ausführungen vor. Diese wurden zunächst umfangreichen Applikationstests zur Aktivierung von Kunststoffoberflächen unterzogen. Die Ergebnisse zeigten auf einer Vielzahl von Materialien eine signifikante Verbesserung der Benetzbarkeit durch die Plasmabehandlung.

Parallel wurden die Lösungen weiter qualifiziert und technische Verbesserungen vorgenommen. So kann mit der Plasmaquelle ein Betrieb in allen gängigen Gasen einschließlich Luft erfolgen. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt vier unterschiedliche Konzepte zum Aufbau

eines Handgerätes erarbeitet sowie entsprechende Prototypen getestet. Ein Prototyp soll zukünftig unter praxisnahen Bedingungen in einem Greifswalder Unternehmen getestet werden. Die Überführung der Plasmaquelle zu einem Produkt, welches als Werkzeug bei Plasmaoberflächenbearbeitungsprozessen zum Einsatz kommt, ist das Ziel der Bemühungen.

### Vorhaben 2009

- Praxistest des Prototypen bei potenziellen Anwendern



## Plasmachemie (GP)

### Problem

Leicht flüchtige organische Substanzen (engl. Volatile Organic Compounds, VOC) sind chemische Substanzen, die leicht verdunsten und sich daher in der Atmosphäre anreichern können. Aufgrund ihrer für den Menschen gefährlichen Eigenschaften ist deren Abbau das Ziel vielfältiger technologischer Anstrengungen. Plasmagestützte Prozesse zeigen hier ein hohes Potenzial. Grundlegende Prozesse, wie z.B. der Einfluss nichtstationär angeregter Plasmen in Verbindung mit plasmastimulierten Katalysatoren sind weitgehend unverstanden und bedürfen weiterer experimenteller Bemühungen.

### Lösungsansatz

An einem geschütteten Mehrstufenplasmareaktor wird der Abbau von VOCs mittels dielektrisch behinderter Entladung (DBD) in Zusammenarbeit mit der Universität Manchester untersucht. Da in einem geschütteten Reaktor die Wechselwirkung Elektrode-Plasma-Schüttung und Schüttung-Plasma-Schüttung großen Anteil am Abbau von VOCs haben, wird parallel dazu in enger Kooperation mit der Ecole Polytechnique Palaiseau (Frankreich) der Einfluss von Oberflächen- und Katalysatormaterialien auf die plasmachemische Umwandlung untersucht. Dazu wird eine gepulste Gleichstromentladung als Modellsystem verwendet.

Die Identifikation und Quantifizierung der wichtigsten Zwischen- und Endprodukte erfolgt mittels IR Absorptionsspektroskopie wie z.B. Quanten-Kaskadenlaser (QCL) Absorptionsspektroskopie (QCLAS). QCL ermöglichen hochzeitau aufgelöste Messungen transienter Spezies. Zur Steigerung der Empfindlichkeit wird eine optische Langwegzelle eingesetzt.

### Technologischer Nutzen

Die Verwendung von Plasmaverfahren zur Reinigung von VOC-kontaminierter Luft kann durch innovative Ansätze, wie den Einsatz von nichtstationären Plasmen in Kombination mit Katalysatoren und komplexen Gasgemischen neue Impulse für industrielle Anwendungen geben. QCL als neuartige Infrarot-Strahlungsquelle besitzen dafür aufgrund ihrer Eigenschaften ein großes Potenzial. Ein QCL basiertes Messsystem kann deutlich kompakter rea-

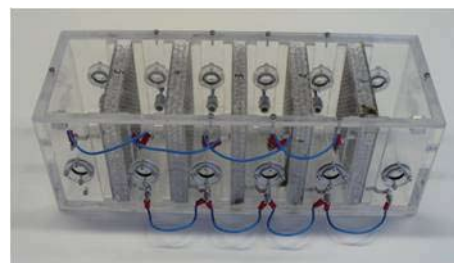
liert werden. Die hohe Pulsfolge dieser Laser ermöglicht zudem Messungen im Mikrosekundenbereich bei gleichzeitiger Steigerung der Empfindlichkeit.

### Ergebnisse 2008

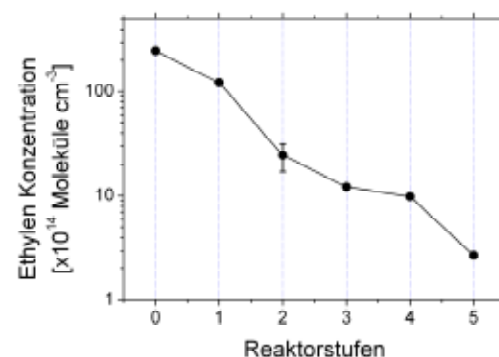
Die Umwandlung des Test-VOCs Ethylen in andere Spezies mittels eines 5-stufigen geschütteten Reaktors wurde unter systematischer Variation der Stufenanzahl untersucht. Die dabei auftretenden post-plasma Reaktionsprodukte wurden mit FTIR Spektroskopie identifiziert und quantifiziert. Es konnte gezeigt werden, dass z.B. die serielle Verwendung mehrerer aktiver Stufen zu einer nichtlinearen Steigerung des Ethylenabbaus führt. Dieser Synergieeffekt ist zentraler Bestandteil weitergehender Untersuchungen.

### Vorhaben 2009

- Hochempfindlicher und zeitaufgelöster Nachweis transienter Spezies mittels QCLAS
- Identifizierung der Umwandlungsprodukte direkt in den einzelnen Stufen
- Bestimmung plasmachemischer Reaktionspfade im geschütteten Reaktor



Mehrstufenreaktor



Mittels FTIR Spektroskopie gemessene Konzentrationsabnahme von Ethylen



# Kinetik transienter Moleküle in Plasmen - TR-Projekt B2 (DFG)

## Problem

Transiente molekulare Spezies, wie freie Radikale, transiente Moleküle und Ionen, bestimmen die Eigenschaften nahezu aller molekularen Plasmen, sowohl im Labor als auch in der freien Natur. Die Analyse des kinetischen Verhaltens dieser Spezies im Zusammenhang mit den stabilen Plasmabestandteilen erlaubt einen sehr effektiven Zugang zum Verständnis der Vorgänge in molekularen Plasmen, die eine zunehmende Bedeutung nicht nur für die Grundlagenforschung sondern auch für die Plasmatechnologie besitzen.

## Lösungsansatz

Eine gepulste DC-Entladung dient in enger Kooperation mit der Ecole Polytechnique Palaiseau (Frankreich) als Modellsystem. Parallel werden dazu in Zusammenarbeit mit der TU Eindhoven Oberflächenprozesse untersucht. Neben dem Oberflächen- und Katalysatormaterial spielt auch die Kinetik des  $N_2$ - $O_2$ -Systems eine wichtige Rolle. Das Verhalten der Zwischen- und Endprodukte wird vorrangig mittels Infrarot-Absorptions-spektroskopie untersucht. Durch den Einsatz von Quanten-Kaskadenlasern (QCL) sind hochzeitaufgelöste Messungen innerhalb der Plasmapulse möglich. Die Kombination mit optischen Resonatoren (Cavity-Enhanced-Absorptions-Spektroskopie - CEAS) steigert die Empfindlichkeit der Messungen durch Vervielfachung des Absorptionsweges.

## Technologischer Nutzen

Der gezielte Einsatz von Plasmaverfahren für den VOC-Abbau im Rahmen der Umweltvorsorge kann durch die Kombination von nichtstationären Plasmen mit geeigneten Katalysatoren und der Überwachung der plasmakinetischen Umwandlung neue Impulse erhalten.

QCL als neue Klasse von Infrarot-Strahlungsquellen besitzen aufgrund ihrer Eigenschaften großes Potential zur Entwicklung industrietauglicher Mess- und Regelungstechnik sowie in der Umweltmesstechnik. Bisher nicht erreichbare Zeitaufösungen bis zu Mikrosekunden und Empfindlichkeitssteigerungen bei gleich-zeitiger Verkleinerung der Systeme wurden realisiert.



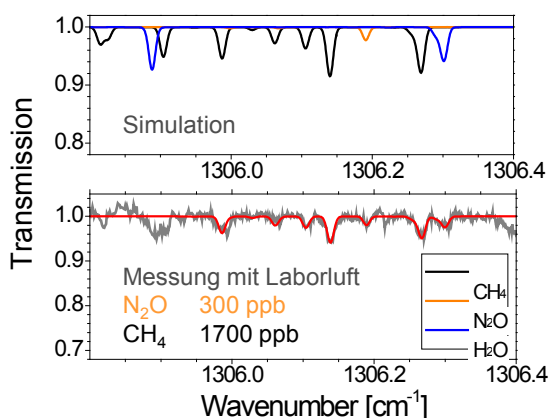
Optische Resonatoranordnung

## Ergebnisse

Wesentliche Ergebnisse wurden bei Untersuchungen zur Neutralen-Reaktionskinetik von Niederdruckplasmen mittels optischer Diagnostikmethoden gerichtet. Einen neuen Ansatz stellten systematische TDLAS-Untersuchungen von kohlenwasserstoff- und stickstoffhaltigen RF- und Mikrowellenplasmen dar. Es konnte eine größere Anzahl von Molekülen und Radikalen detektiert werden, die die Grundlage einer plasmachemischen Modellierung in diesen Stoffsystemen bildeten. Die Methode der QCLAS wurde etabliert.

Beispielsweise wurde in einer gepulsten DC-Entladung der Anstieg der Gastemperatur im Mikrosekundenbereich untersucht. Dazu erfolgten hochzeitaufgelöste Messungen mit einem QCL am NO-Molekül in Verbindung mit einer Modellierung. Der reale Abbau des nur zu 1 % enthaltenen NO und Temperatureffekte innerhalb 1 ms konnten damit diskriminiert werden.

Durch den Einsatz von QCL in Kombination mit optischen Resonatoren wurden Absorptionswege von  $\sim 1$  km in einem Volumen von 0.3 l mittels CEAS realisiert.



Spurengas-Nachweis in der Umgebungsluft mit einem QCL-basierten Spektrometer mit  $\sim 1$  km Absorptionsweg



## Vorbemerkungen

Im Forschungsschwerpunkt Lichtbögen stehen Untersuchungen an thermischen Plasmen und ihrer technischen Anwendungen im Vordergrund. Experimentelle und theoretische Forschungsarbeiten konzentrieren sich dabei auf die Anwendung von Bogenplasmen zur qualifizierten Erzeugung von Licht, insbesondere auf die Analyse, Entwicklung und Verbesserung von Hochintensitätsentladungslampen (HID). Neben Hochdrucklampen sind Bogenplasmen in Schaltanlagen der Hoch-, Mittel- und Niederspannungstechnik, in Schweißverfahren sowie thermische Prozessplasmen Gegenstand der aktuellen Forschung. Darüber hinaus werden auch Erfahrungen in der plasmaphysikalischen Untersuchung von Fluoreszenzlampen und Speziallichtquellen auf der Basis von Nieder- und Mitteldruckentladungen weiter genutzt. Die Verbesserung der Gebrauchseigenschaften einschließlich Energieeffizienz und Lebensdauer sind für uns eine permanente Aufgabenstellung. Hierzu zählen als Beispiel HID-Lampen mit gesundheitsfördernden lichttechnischen Eigenschaften oder in Form kleiner Leistungseinheiten als Ersatz für Glühlampen. Grundlagenarbeiten zu Strahlungstransport, Nichtgleichgewichtseigenschaften, Modellierung und Diagnostik ermöglichen die Analyse und Kontrolle der Prozesse in Bogenplasmen. Die numerische Simulation hilft, Entwicklungszeiten der Geräte und Quellen maßgeblich zu verkürzen. Der Forschungsschwerpunkt konzentriert sich auf Plasmaanwendungen, die aufgrund ihres Energieeinsatzes bzw. ihres Anwendungsspektrums ein erhebliches Potenzial bei der Einsparung und sicheren Verteilung von Energie sowie der Reduktion des Einsatzes toxischer Substanzen besitzen.

## Anwendungspotenzial

- Hochdrucklampen für die Allgemeinbeleuchtung
- Hochdrucklampen für bildgebende Verfahren
- Niederdrucklampen für die Allgemeinbeleuchtung
- Hoch-, Mittel- und Niederspannungsschalter
- Lichtbogenschweißverfahren
- Thermische Plasmaprozesstechnik



## HID-Lampen (GP)

### Problem

HID-Lampen besitzen herausragende Eigenschaften wie eine hohe Lichtausbeute und Lebensdauer, haben aber auch aufgrund z.B. fehlender Dimmbarkeit und langsamen Anlaufverhaltens eine eingeschränkte Verbreitung in der Allgemeinbeleuchtung.

### Lösungsansatz

Durch den Einsatz neuer Materialien und Gasfüllungen können die Plasmaeigenschaften in vielfältiger Weise modifiziert werden. Viellinien- und Molekülstrahler tragen maßgeblich zur genutzten Abstrahlung bei. Ein grundlegendes Verständnis der Plasmacharakteristika – z.B. Transportparameter, Entmischung, Molekülstrahlung, Abweichungen vom lokalen thermodynamischen Gleichgewicht (LTG) – ist die unabdingbare Basis für eine Optimierung der Betriebsweise und eine Verbesserung der Lampenperformance. Die notwendigen optischen und elektrischen Untersuchungen wurden in einer Kombination von Experiment und Modellierung vorgenommen.

### Technologischer Nutzen

Eine effizientere Abstrahlung aus HID-Lampen kann durch eine Optimierung der Füllsubstanzen und der Betriebsweise erreicht werden. Moderne Lampenentwicklungen basieren auf verbesserten Modellierungen und Diagnostikmethoden.

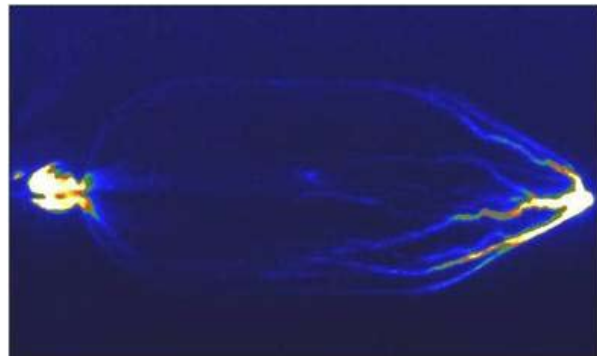
### Ergebnisse 2008

An Modelllampen wurden experimentelle und theoretische Untersuchungen durchgeführt, um ein besseres Verständnis der Elementarprozesse beim Streamerdurchschlag in Hochdruckplasmen zu erzielen und Vorschläge für eine Zündverbesserung in Lampen zu unterbreiten. Zur Analyse der Molekülstrahlungsanteile aus Hochdruckplasmen mit komplexen Füllungen wurden Quarzgefäße gefertigt, in einer Mikrowellenversuchsanordnung betrieben und hinsichtlich ihrer Abstrahlung und Plasmaparameter untersucht.

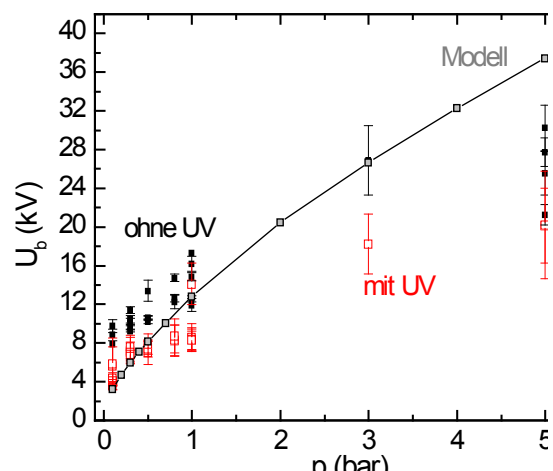
Die Untersuchungen von LTG-Abweichungen in Hochdruckplasmen wurden auf Mischplasmen ausgedehnt. Die Arbeiten zur physiologischen Wirkung von Licht wurden in diversen Fernsehsendungen und Pressebeiträgen einem breiten Publikum zugänglich gemacht.

### Vorhaben 2009

Die Analyse der Abstrahlung aus mikrowellenangeregten Hochdruckplasmen mit komplexen Füllungen wird fortgesetzt. Durch Aufbau eines Röntgensystems zur Diagnostik von Keramiklampen erfolgt eine Erweiterung bereits vorhandener Diagnostikmethoden. Es erfolgen Untersuchungen zum Anlaufverhalten von HID-Lampen.



Zündfunken an den Wänden und im Volumen einer Autolampe



Durchbruchsspannung in Abhängigkeit vom Xe-Druck mit und ohne UV-Bestrahlung der Lampe

## Starten und Dimmen von HID-Lampen (BMBF)

### Problem

HID-Lampen besitzen herausragende Eigenschaften wie eine hohe Lichtausbeute und Lebensdauer, haben aber auch aufgrund z.B. fehlender Dimmbarkeit und langsamen Anlaufverhaltens eine eingeschränkte Verbreitung in der Allgemeinbeleuchtung.

### Lösungsansatz

Eine Optimierung der Betriebsweisen und Performance von HID-Lampen erfordert ein grundlegendes Verständnis der neuen Lampen- und Plasmaeigenschaften. Die dazu notwendigen Untersuchungen wurden in einer Kombination von Experiment und Theorie an Modell-Lampen vorgenommen.

### Technologischer Nutzen

Dieses Wissen ermöglicht neue Betriebsbedingungen, mit deren Hilfe die nachteiligen Auswirkungen des nicht optimalen Lampenbetriebes beim Dimmen auf die Lichtqualität und die Lebensdauer der Lampe abgefangen und der Einsatzbereich solcher effizienten Lampen erweitert werden.

### Ergebnisse 2008

Zur Charakterisierung des Plasmas wurden spektroskopische, pyrometrische und lichttechnische Untersuchungen sowie elektrische Messungen der Lampenparameter vorgenommen.

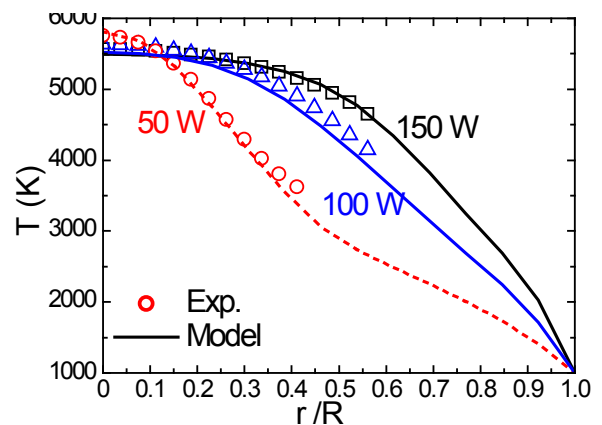
Insbesondere wurde ein Verständnis der Beiträge der einzelnen im Plasma enthaltenen Komponenten zur Gesamtstrahlung erzielt und eine Energiebilanz der Entladung in der Dimmphase aufgestellt. Dies erfolgte durch Messung von Temperatur- und Teilchendichteverteilungen im Plasma, durch Spektrensimulation der Abstrahlung wichtiger Spektrallinien sowie durch Berechnung der Entmischung im Plasma und Analyse der verschiedenen Energieverlustterme in der Energiebilanz.

Experimente und Modellrechnungen zum Durchschlag haben Möglichkeiten zum Zünden von HID-Lampen bei hohen Xenon-Drücken untersucht.

Insgesamt haben die Ergebnisse der Messungen und Rechnungen neben dem Verständnis der Entladung zu einer Optimierung des Lampenbetriebs geführt.



Entmischung des Lampenplasmas einer HID-Modelllampe mit Hg/Nal Füllung beim Dimmen von 150 => 50 W



Vergleich von experimentellen und aus der Energiebilanz berechneten Temperatur-Profilen für Hg/Nal Lampen beim Dimmen

## Lichtbögen (GP)

### Problem

Die effektive Energiedissipation in Bogenplasmen bildet in einer Reihe von Anwendungen den entscheidenden physikalischen Prozess. Stellvertretend seien Gas- und Vakuumschalter, Lichtbogenschweißverfahren und thermisches Spritzen genannt. Simulationen des Lichtbogens und des umgebenden Plasmas stellen bereits in der Entwicklung vieler dieser Anwendungen ein unverzichtbares Hilfsmittel dar, basieren bis heute aber fast ausschließlich auf der Annahme des Lokalen Thermodynamischen Gleichgewichts (LTG). Gegenwärtig werden international große Anstrengungen unternommen, um diese Beschränkung zu überwinden und Zonen deutlicher Abweichungen vom LTG zu erfassen.

### Lösungsansatz

Die Arbeiten konzentrieren sich auf den Ausbau von hydrodynamischen und magnetohydrodynamischen Simulationsverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Abweichungen zwischen Schwereteilchen- und Elektronentemperatur sowie von Raumladungsfeldern. Einen notwendigen Teilaspekt stellt die Berechnung von Zusammensetzungen, thermophysikalischen und Transporteigenschaften der Plasmen unter Nichtgleichgewichtsbedingungen dar. Ergänzt werden die theoretischen Arbeiten durch experimentelle Untersuchungen von Plasmen mit ausgeprägten Nichtgleichgewichtseigenschaften.

### Technologischer Nutzen

Qualifizierte Modelle und Simulationen können den Aufwand für Design und Entwicklung von Schaltanlagen und anderen Anwendungen thermischer Plasmen entscheidend senken. Aufwendige Experimente können auf wenige Tests zur Validierung der Modelle reduziert werden.

### Ergebnisse 2008

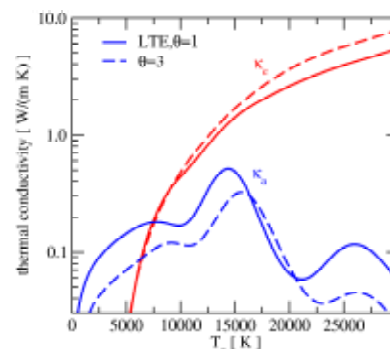
Die Entwicklung von Zwei-Flüssigkeitsmodellen für Plasmen mit Abweichungen vom LTG war Hauptarbeitsgegenstand. So wurden Verfahren für die Bestimmung von thermophysikalischen Daten und Transportparametern auf Mischplasmen und den Fall abweichender Elektronentemperatur adaptiert. Erste Datensätze für anwendungsrelevante Fälle, u.a. unter Berücksichtigung von Metaldampfumischungen, wurden berechnet.

Als Beispiel für den Übergangsbereich zu nichtthermischen Plasmen wurde die Kontraktion von Mitteldruckentladungen mit Hilfe eines Zwei-Flüssigkeitsmodells erfolgreich beschrieben. Neben der Ausbildung des Raumladungspotenzials konnte die nichtlokale Energiebilanz im Detail analysiert werden.

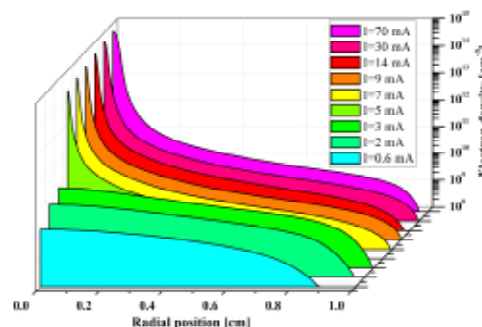
Interessante Ergebnisse konnten bei der spektroskopischen Diagnostik von Vakuum-Kathodenspots im Nanosekundenbereich erzielt werden. Die ausgeprägte Dynamik der Spots machte sich u.a. in einer unerwarteten zeitlichen Abfolge der Strahlungsmaxima von Linien mehrfach und einfach geladener Ionen sowie Atomlinien bemerkbar.

### Vorhaben 2009

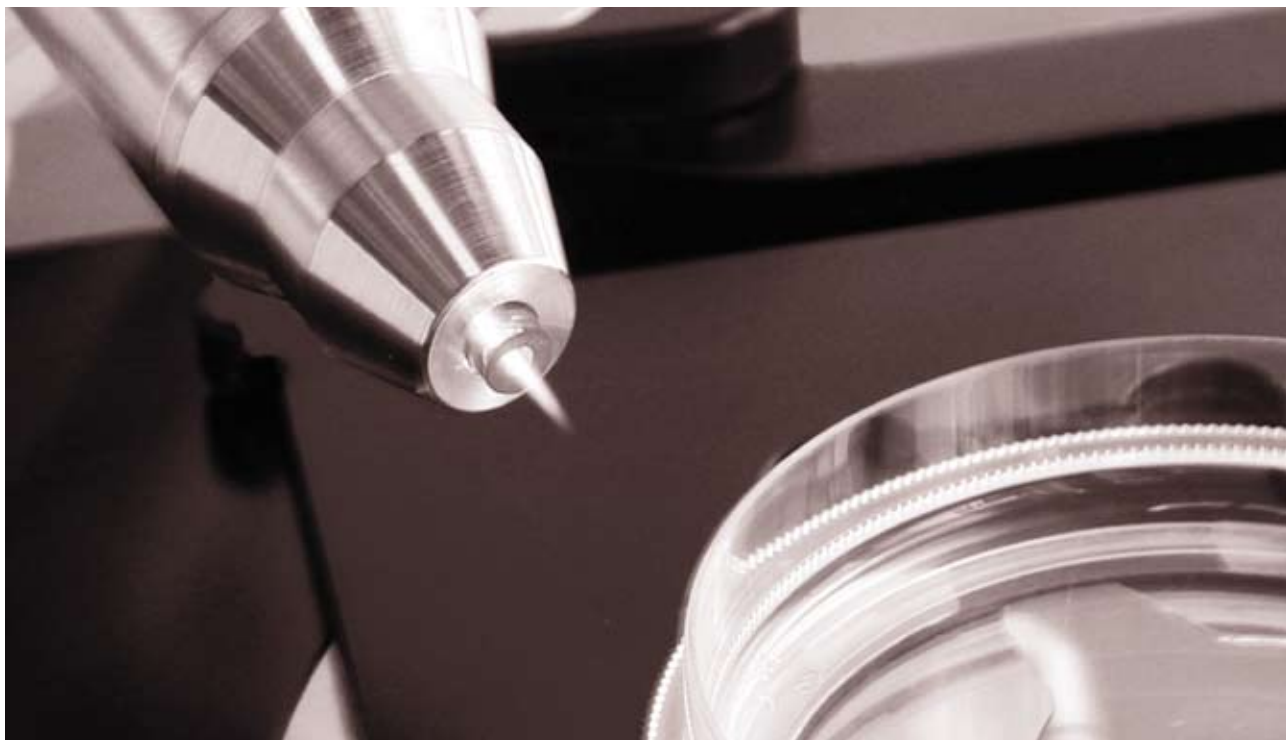
Die Zwei-Flüssigkeits-Beschreibung von Hochdruckplasmen steht weiter im Focus. Unter anderem ist die Simulation magnetisch bewegter Bögen mittels Zwei-Flüssigkeitsmodellen geplant. Einen weiteren Forschungsgegenstand bildet die adäquate Berücksichtigung des Strahlungstransports in der Simulation thermischer Plasmen. Ein Ausbau der Diagnostik von Vakuum-Kathodenspots soll durch eine zugeordnete Modellbildung ergänzt werden.



Thermische Leitfähigkeit des Gases (blau) und der Elektronen (rot) in Abhängigkeit der Elektronentemperatur  $T_e$  im LTG und für den Fall  $T_e=3T$  (Gastemperatur  $T$ ) in einem Argonplasma bei 1 bar und 10% Zumischung von Kupferdampf.



Einschnürung des radialen Profils der Elektronendichte in der Säule einer Argon-Mitteldruckentladung (500 Torr) bei Variation des Entladungsstroms  $I$ .



## FB 3 - Überblick

Die Nutzbarmachung mitunter zunächst artfremd erscheinender physikalischer Technologien hat in den letzten Jahrzehnten zu bedeutenden Fortschritten in den modernen Lebenswissenschaften, allen voran in der Medizin, geführt. Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik, Laser und Optik, neue Werkstoffe und Biomaterialien sowie die Nanotechnologie haben sich zu Schlüsseltechnologien in der Medizin entwickelt. Eine entsprechende Entwicklung vollzieht sich gegenwärtig auch auf dem Gebiet der Plasmaphysik. Aktuelle Studien prognostizieren ein starkes Wachstum für Plasma-Anwendungen in den Bereichen Medizintechnik, Biotechnologie und Pharmazie. Dieser Entwicklung trägt das INP Greifswald mit der Etablierung eines eigenständigen Forschungsbereiches „Plasmen für Biologie und Medizin“ Rechnung. In den zwei Forschungsschwerpunkten „Dekontamination“ und „Experimentelle Plasmamedizin“ wird zum einen Grundlagenforschung zu Mechanismen von Wechselwirkungen physikalischer Plasmen mit lebenden Zellen und Geweben betrieben. Zum anderen werden Ergebnisse der Grundlagenforschung auf ihr praktisches Verwertungspotenzial hin untersucht und weiterentwickelt. Dies betrifft einerseits die plasmabasierte biologische Dekonta-

mination/Sterilisation von empfindlichen Materialien und Produkten und andererseits die therapeutische Nutzung von Atmosphärendruckplasmen in der Medizin. Das INP Greifswald nutzt die am Wissenschaftsstandort Greifswald konzentrierten wissenschaftlichen Kompetenzen in den Bereichen Plasmaforschung und Lebenswissenschaften, um in interdisziplinären Kooperationen gemeinsam mit der Ernst-Moritz-Arndt-Universität zukunftsweisende und innovative Forschung und Entwicklung auf einem hochinnovativen Gebiet zu betreiben.

### FS Plasma-Dekontamination

- **Entkeimung (GP)** Seite 29
- Endoplas (BMBF)
- PlasmaPharm (BMBF)

### FS Experimentelle Plasmamedizin

- **Atmosphärendruck-Plasmajet für experimentelle Studien (GP)** Seite 31
- Atmosphärendruck-Plasmaquellen für experimentelle Studien (GP)
- **Effekte von Atmosphärendruck-Plasmen auf Flüssigkeiten und biologische Systeme (GP)** Seite 32
- Plasmasept (Land)





## Vorbemerkungen

Hauptinhalt dieses Forschungsschwerpunktes ist die Entwicklung von alternativen plasmabasierten Verfahren zur biologischen Dekontamination bzw. Sterilisation empfindlicher Materialien und daraus hergestellter Produkte.

Der Schwerpunkt liegt dabei auf Plasmaverfahren bei Atmosphärendruck. Hierzu werden unterschiedliche Entladungssysteme, wie z.B. hochfrequenzangeregte Plasmajets, dielektrische behinderte Entladungen oder auch mikrowellenangeregte Plasmatorche bzw. mikrowellenangeregte Laufentladungen genutzt.

Die technischen Anforderungen der Applikation bestimmen dabei, welche der Plasmaquellen mit den größten Erfolgsaussichten eingesetzt werden kann. Dabei ist für eine erfolgreiche und zeitnahe Umsetzung wesentlich, dass von der Entwicklung der Plasmaquelle über die Plasmacharakterisierung bis hin zur mikrobiologischen Untersuchung alle erforderlichen Schritte im Forschungsschwerpunkt umgesetzt werden können.

Ein Alleinstellungsmerkmal stellen die mikrowellenangeregten Plasmaquellen auf dem Plexc-Prinzip dar. Diese Plasmaquellen haben den großen Vorteil, dass sie über einen breiten Druckbereich stabil zünden und damit über einen breiten Parameterbereich auch gepulst betrieben werden können. Dies erlaubt eine wesentlich bessere Anpassung der Prozessparameter an die zu realisierende Applikation.

## Anwendungspotenzial

### Thermolabile Produkte

- Kunststoffverpackungen
- Medizinprodukte

### Lebensmittel

- Reduktion von Schadkeimen auf pflanzlichen Oberflächen
- Lebensmittelsicherheit

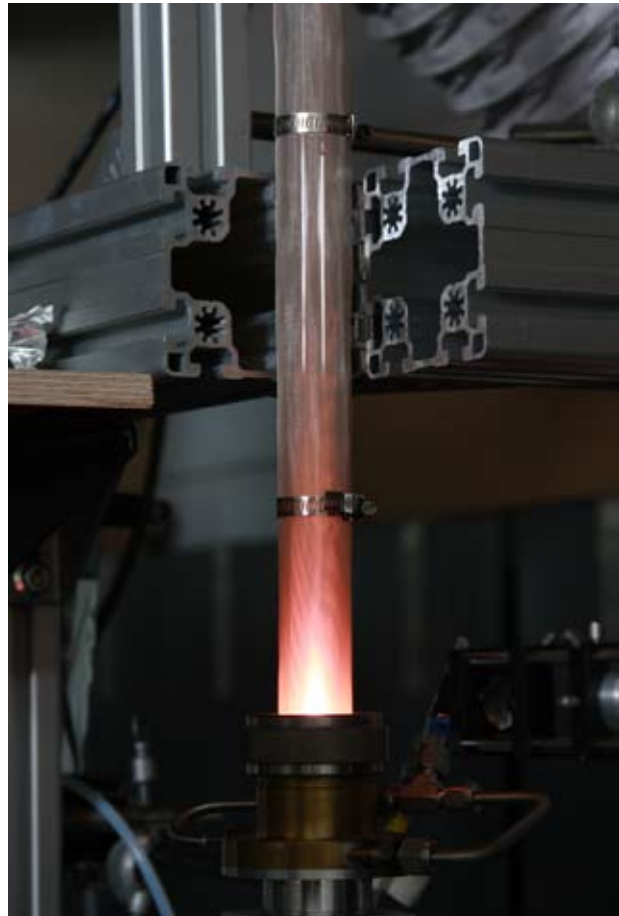


Bild: Plexc

## Entkeimung (GP)

### Problem

Das Problem in der Plasmadekontamination besteht darin, bei Atmosphärendruckapplikationen eine hinreichende Sicherheit bzw. Stabilität des Prozesses in Verbindung mit der erforderlichen Effizienz zu erreichen.

### Lösungsansatz

Der verfolgte Lösungsansatz besteht darin, die am INP entwickelte Plasmaquelle Plexc für einen Einsatz in der Plasmadekontamination zu optimieren, und sie dann über einen weiten Parameterbereich funktionsfähig zu machen für Grundlagenuntersuchungen bzgl. der Mechanismen und der Prozessfenster.

### Technologischer Nutzen

Die Untersuchungen zum Verhalten des Plexc-Plasmas bei unterschiedlichen Drücken, Gasgemischen und Betriebsmodi liefern wesentliche Erkenntnisse über die antimikrobiellen Plasmaprozesse und bilden die Grundlage für die zukünftige technologische Prozessumsetzung.

### Ergebnisse

Im Zuge der technologischen Weiterentwicklung wurde ein weiterer Schaltnetzteiltyp für kleinere Leistungseinheiten bis 800 W entwickelt (Abbildung 1). Für die vielfältigen Anforderungen aus Applikationstests wurde u.a. ein 62 l großer Rezipient aufgebaut, der für die Testung von Plasmaquellen im Druckbereich 1-1000 mbar genutzt werden kann. Ferner erlaubt dieser Reaktor aufgrund der großen Türen auf beiden Reaktorseiten Applikationstest auch für größere Testobjekte (Abbildung 2). Untersuchungen an einer offenen bei Atmosphärendruck betriebenen mikrowellenangeregten Laufentladung (Abbildung 3) haben an planaren Testsubstraten zu einer Reduktion von *Bacillus Atrophaeus* um 4 Log-Stufen geführt (Abbildung 4).

In Zusammenarbeit mit der Abteilung für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie der TU Berlin konnten erste Untersuchungen durchgeführt werden und Ergebnisse hinsichtlich verschiedener pflanzenphysiologischer Veränderungen durch die Plasmabehandlung, wie z.B. der Einfluss auf die Photosyntheseprozesse (Abbildung 5), erzielt werden.



Abbildung 1: Schaltnetzteil für Magnetrons:  
800 W, 2.45 GHz



Abbildung 2: 62 l Plasmareaktor für Applikationstests



Abbildung 3: mikrowellenangeregte Laufentladung

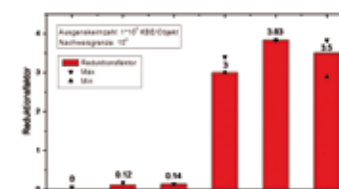


Abbildung 4: Reduktion von *Bacillus Atrophaeus* Sporen

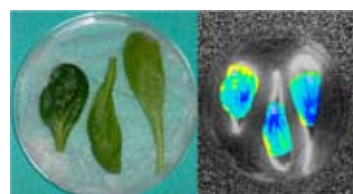


Abbildung 5: Fluoreszenzanalyse der Plasma-behandelten Feldsalatblätter

### Vorhaben 2009

Neben der Weiterführung der laufenden Arbeiten zur Entwicklung der Plasmaquelle Plexc sollen weitere Applikationen erschlossen werden. Ebenso soll die Mikrowelleninterferometrie zur Elektronendichtemessung aufgebaut und eingesetzt werden.

## Vorbemerkungen

Aufbauend auf der mehrjährigen Forschungstätigkeit zur Inaktivierung biologischer Strukturen (vgl. Forschungsschwerpunkt „Dekontamination“) liegt der Schwerpunkt des im Jahr 2008 neu aufgebauten Forschungsschwerpunktes „Experimentelle Plasmamedizin“ in der Erforschung nichtletaler Wechselwirkungen physikalischer Plasmen mit lebender Materie.

International zeichnet sich gegenwärtig die Entstehung der Plasmamedizin als eigenständiges Fachgebiet ab – vergleichbar mit der Entwicklung der Lasermedizin einige Jahre zuvor. Der Forschungsschwerpunkt „Experimentelle Plasmamedizin“ konzentriert sich auf die Erforschung grundlegender Wirkungsmechanismen von Plasma-Zell- bzw. Plasma-Gewebe-Wechselwirkungen auf zellbiologischer Ebene, um daraus vor im Rahmen von interdisziplinären Verbundprojekten systematisch therapeutische Anwendungsmöglichkeiten abzuleiten und weiterzuentwickeln. Im Mittelpunkt des gegenwärtigen Interesses steht die Nutzung von Atmosphärendruck-Plasmen zur selektiven Wundantiseptik und Wundheilungsförderung. Weitere Untersuchungen betreffen die Untersuchung von Möglichkeiten der plasmabasierten Behandlung von Hauterkrankungen.

Um die Reaktion von Zellen und Geweben auf Plasmaeinwirkungen im Detail zu verstehen, sind einerseits genauere Untersuchungen einzelner Prozessketten auf zellphysiologischer und biochemischer Ebene erforderlich. Andererseits sind für derartige experimentelle und therapeutische Anwendungen geeignete Plasmaquellen zu entwickeln und die Plasmen detailliert zu diagnostizieren. Nur die unmittelbare Kombination von plasmadiagnostischen Methoden mit zellbiologischen, biochemischen und chemisch-analytischen Verfahren ermöglicht eine differenzierte Bewertung biologischer Plasmaeffekte. Die hervorragende plasmatechnische und plasmadiagnostische Ausstattung des INP Greifswald soll über den Forschungsschwerpunkt „Experimentelle Plasmamedizin“ für biologische und medizinische Anwendungen nutzbar gemacht werden. Mikrobiologische, zellbiologische und präklinische Studien werden in enger Kooperation mit der Ernst-Moritz-Arndt-Universität und der Universität Rostock durchgeführt, um damit die experimentellen Voraussetzungen für therapeutische Einsatzmöglichkeiten in der Plasmamedizin zu schaffen.

## Anwendungspotenzial

### Experimentelle Biologie und Medizin

- Bereitstellung von Plasmaquellen für die Grundlagenforschung zu Plasma-Zell-Wechselwirkungen
- Kombination von Plasmadiagnostik mit biologischer und biochemischer Analytik

### Therapeutische Plasmaanwendungen

- Selektive Wundantiseptik
- Unterstützung der Geweberegeneration
- Behandlung infektiöser Hauterkrankungen
- Inaktivierung von Mikroorganismen und Biofilmen auf biorelevanten Oberflächen



Atmosphärendruck-Plasmajet und in-vitro-Kultur von *Escherichia coli*: Die antimikrobielle Wirksamkeit von Plasma ist eine wichtige Grundlage für biomedizinische Anwendungen.



Zukunftsvision Plasmamedizin: Therapeutische Anwendung von kalten Atmosphärendruckplasmen, z.B. zur Behandlung von Hauterkrankungen und Wunden.



Vision: Plasmaanwendung in der Wundheilung

## Atmosphärendruck-Plasmajet (APPJ) für experimentelle Studien (GP)

### Problem

Um Plasmawirkungen auf biologische Systeme effektiv untersuchen zu können, müssen geeignete Plasmaquellen zur Verfügung gestellt werden. Der Atmosphärendruck-Plasmajet (APPJ) der Reihe „kINPen“ ist für plasmamedizinische Experimente bisher am besten geeignet. Für eine unproblematische Anwendung war die bisher auftretende Aufheizung des Handstückes zu beseitigen sowie überhöhte Störstrahlung aus dem Vorschaltgerät zu unterbinden.

Um das Spektrum der verfügbaren Plasmaquellen um dielektrisch behinderte Entladungen (DBE) zu erweitern, war eine Volumen-DBE so zu optimieren, dass sowohl Zellkulturen als auch biologische Flüssigkeiten ohne Aufheizung behandelt werden können.

Für biologische Effekte spielen diverse Plasmaeigenschaften, vor allem die gebildeten Radikale und Photonen im UV/VUV-Bereich eine bedeutende Rolle, woraus sich die Notwendigkeit einer detaillierten plasmadiagnostischen Charakterisierung ergibt.

### Lösungsansatz

Die Aufheizung des APPJ-Handstückes konnte durch Anwendung von Kupfer für das Handstück und durch Verwendung von Ferritspulen beseitigt werden. Durch Integration der HF-erzeugenden Elektronik in das Handstück wurde die überhöhte Störstrahlung unterdrückt. Die Volumen-DBE wurde für den Einsatz von Petrischalen konzipiert, die mittels eines Peltierelementes gekühlt werden. Eine Pulsung der Entladung gestattet reduzierten Gasfluss, durch den geringeren Energieeintrag wird eine unnötige Aufheizung vermieden. Zur plasmadiagnostischen Charakterisierung der Rekombinationszone im APPJ wurde erfolgreich die Laseratomabsorptionsspektroskopie, die Kurzzeitfotografie sowie optische Emissionsspektroskopie im VUV eingesetzt.

### Technologischer Nutzen

Die Weiterentwicklung des APPJ ermöglicht eine externe experimentelle Nutzung im Verbundprojekt „Campus PlasmaMed“. Der optimierte „kINPen 09“ ist das Ausgangsmodell für zukünftige Weiterentwicklungen, die

für experimentelle Anwendungen in der Forschung und technische Anwendungen kommerziell nutzbar gemacht werden sollen. Die optimierte Volumen-DBE ermöglicht die Untersuchung der plasmabasierten Dekontamination von Flüssigkeiten sowie von Flüssigkeitsveränderungen (pH, Stoffkonzentrationen). Die Plasmadiagnostik ermöglicht eine bessere Interpretation biologischer Effekte und hilft damit bei der Optimierung von Plasmaquellen und deren Weiterentwicklung.

### Ergebnisse 2008

Optimierte APPJs wurden erfolgreich in externen experimentellen Studien eingesetzt. Im INP wurden Prüfplätze für eine umfassende plasmadiagnostische Charakterisierung (OES, Leistungsmessung) der APPJs eingereicht. Es wurden die Dichten metastabiler Atome in der Rekombinationszone vom APPJ bestimmt. Mittels Kurzzeitfotografie konnte die zeitliche Entwicklung der Strahlungsemission in der Rekombinationszone in Korrelation zur Entladungsentwicklung in der aktiven Plasmazone verfolgt werden. Mittels OES wurden absolute Strahldichten im VUV-Bereich des APPJ gemessen und der Einfluss von Gasbeimischungen auf das Strahlungsverhalten untersucht. Mit der optimierten Volumen-DBE wurden erste Untersuchungen zur Dekontamination von Flüssigkeiten durchgeführt.

### Vorhaben 2009

„kINPen 09“ in Kleinserie (25 Stück)

Einrichtung eines plasmamedizinischen Labors für die Partner im Campus PlasmMed.

Detektion von Radikalen an Jet- und DBE-Plasmen mittels OES und Massenspektrometrie.



Größenvergleich: „kINPen 09“ (oben) Vorläufer mit Luftspule (unten)



# Effekte von Atmosphärendruck-Plasmen auf Flüssigkeiten und biologische Systeme (GP)

## Problem

Die Wechselwirkung von Plasma mit Flüssigkeiten ist ein bisher vergleichsweise wenig untersuchtes Gebiet. Es ist vor allem zu klären, in welchem Umfang durch das Plasma ein Volumeneffekt erzielt werden kann, da Plasma selbst nur auf Grenzflächen einwirkt.

In einem Schlüsselexperiment sollte die selektive antimikrobielle Plasmawirksamkeit ohne Schädigung von in unmittelbarer Nachbarschaft kultivierten Zellen untersucht werden. Durch Plasma verursachte Inaktivierungen von Mikroorganismen aufgrund von Material abtragenden Effekten (Ätzen, Desorption) können nur durch direkten Vergleich der Morphologie von Mikroorganismen vor und nach Plasmabehandlung aufgeklärt werden.

## Lösungsansatz

Die Volumenwirksamkeit wird anhand der Inaktivierung von in kleinen Flüssigkeitsvolumina ( $\leq 1,5$  ml) suspendierten Mikroorganismen mit einer Oberflächen-DBE untersucht. Durch Anwendung der Rasterkraft-Mikroskopie (AFM), wird die Betrachtung ein und derselben Mikroorganismen vor und nach Plasmabehandlung möglich. Mit Keratinocyten-Zellkulturen wird auf der Basis der Scratching-Technik ein einfaches Wundmodell aufgebaut, mit dem die „Heilung“ in Gegenwart von Mikroorganismen (*E. coli*) beobachtet und durch Plasmabehandlung beeinflusst werden kann.

## Technologischer Nutzen

Die Möglichkeit der antimikrobiellen Behandlung kleiner Flüssigkeitsvolumina erweitert das Spektrum praxisrelevanter Plasmaanwendungen. Untersuchungen zu Mechanismen von Plasma-Flüssigkeits-Wechselwirkungen tragen zum Verständnis von Plasmawirkungen mit Zellen bei, da entsprechende Effekte zumindest teilweise über Veränderungen der die Zellen umgebenden flüssigen extrazellulären Matrix vermittelt werden. Mit der Erschließung der AFM-Technik für die Analyse biologischer Proben (Mikroorganismen, Zellen) wird ein modernes Mikroskopieverfahren für detaillierte Untersuchungen zu Plasma-Zell-Wechselwirkungen verfügbar gemacht.

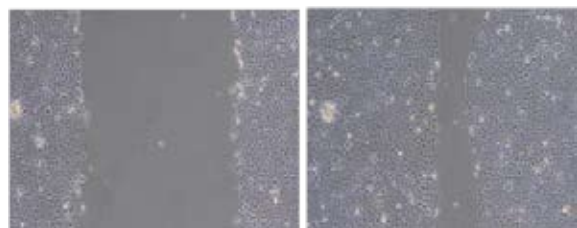
Zukünftige therapeutische Plasma-Anwendungen müssen durch experimentelle Studien mit Hilfe von Zellkultur-Modellen unter reproduzierbaren Bedingungen *in vitro* vorbereitet und begleitet werden.

## Ergebnisse

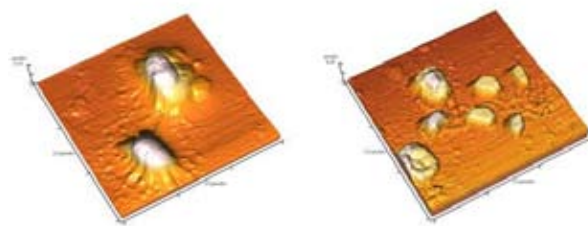
Es wurde gezeigt, dass die durch Plasmabehandlung verursachte Ansäuerung von ungepufferten wässrigen Flüssigkeiten eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Bedingung für die Inaktivierung von Mikroorganismen darstellt. Über eine besondere Form der Probenaufbereitung, geeignete Oberflächen zur Fixierung und spezielle Markierungstechniken ist es möglich, individuelle Bakteriensporen wiederzufinden, deren Morphologie mittels AFM sichtbar zu machen und entsprechende Oberflächenprofile zu vermessen. Mit Hilfe des Keratinocyten-*E.-coli*-Cokultivierungsmodells wurde gezeigt, dass eine Plasmabehandlung selektiv Mikroorganismen inaktivieren kann und damit die „Heilung“ einer artifiziellen „Wunde“ zumindest tendenziell verbessert wird.

## Vorhaben 2009

- Weiterführung der Arbeiten zu Plasma-Flüssigkeits-Wechselwirkungen sowie zur selektiven antiseptischen Plasmawirkung im Campus PlasmaMed
- Vergleichende Darstellung und Vermessung von Bakteriensporen sowie vegetative Mikroorganismen vor und nach Plasmabehandlung zur Aufklärung von Inaktivierungsmechanismen



„Scratching-Assay“: Schaffung einer artifiziellen „Wunde“ durch mechanische Zerstörung der Zell-Monolayer (links) und fortgeschrittene „Heilung“ durch Zellproliferation 24 h später (rechts)



AFM-Aufnahmen von *Bacillus-atrophaeus*-Sporen vor Plasmabehandlung (links) und nach 5min Behandlung (rechts) mit einer Oberflächen-DBE in feuchter Luft



Plasmastrahlungstechnik



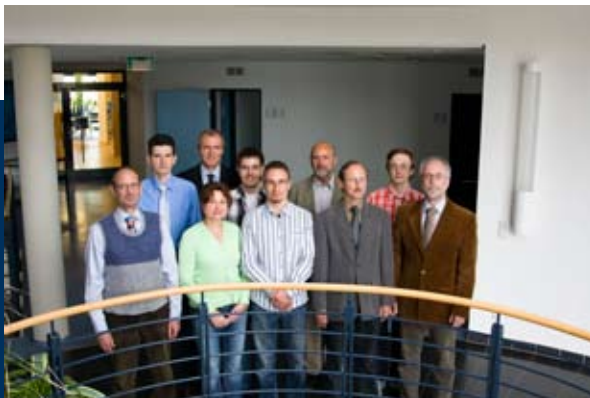
Plasmaprozesstechnik



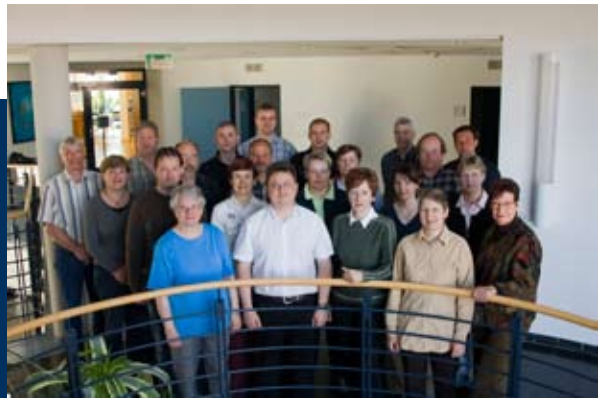
Plasmaoberflächentechnik



Plasmadiagnostik



Plasmamodellierung



Verwaltung / Infrastruktur



Stab



Marketing - PR



# ABTEILUNG



Plasmastrahlungstechnik

### Schwerpunkte

- Plasmalichtquellen
- Quellenentwicklung für biologische und medizinische Plasmaanwendungen

### Arbeitsgegenstand

- Hochdrucklichtquellen
- UV/VUV-Strahlungsquellen
- Schweißlichtbögen
- HF-Plasmen bei Atmosphärendruck

### Arbeitsmittel

- Technik zur Erstellung von Labormustern für Plasmaquellen im Nieder-, Mittel- und Atmosphärendruck, wie unter anderem Niederdrucklampen und Kapillarentladungen
- Spezifische Diagnostik für Hochdruck-Bogenplasmen und ihrer Elektroden, insbesondere optische Emissionsspektroskopie und Pyrometrie sowie zur Messung lichttechnischer Größen
- Diagnostik für UV/VUV-Quellen, insbesondere Technik zur Absolutmessung der UV/VUV-Strahldichte, Laseratom-Absorptionsspektroskopie und Laserinterferometrie

### Mittelfristiger Schwerpunkt

Die Entwicklung neuartiger Plasmalichtquellen und Normaldruckplasmaquellen bildet mittelfristig das Schwerpunktthema.

### Technologischer Nutzen

Im Bereich der Arbeiten zu Hochdruckentladungen mit komplexen Plasmamischungen wird das physikalische Verständnis weiter vervollständigt. Aus den neu gewonnenen Erkenntnissen ergibt sich ein erweitertes Anwendungspotenzial von Hochdruck-Entladungen.

### Beitrag der Plasmastrahlungstechnik zur Technologieentwicklung

Die Untersuchungen zu Hochdrucklampen liefern wichtige Beiträge zur Entwicklung von neuen, Energie sparenden und damit umweltfreundlichen, quecksilberfreien Entladungssystemen. Eine Optimierung der Füllsubstanzen und der Betriebsweise kann zu neuartigen Gebrauchseigenschaften führen, die z.B. auch im Bereich der Medizin von Interesse sind.

Untersuchungen in sehr engen Entladungsvolumina liefern einen Beitrag zur Entwicklung von modularen Plasmastrahlungs- und Plasmaquellen für Oberflächenmodifikationen und für Untersuchungen an Mikroorganismen.

# ABTEILUNG



Plasmaprozessestechnik

## Schwerpunkte

- Aktivierung und Beschichtung von Pulvern und Fasern im mikro- und nanoskaligen Maßstab für die Entwicklung leichtgewichtiger Werkstoffe
- Synthese von edelmetallfreien Katalysatoren für Brennstoffzellen
- Verhalten von Partikeln in atmosphärischen Plasmen
- Plasma-Teilchen-Wechselwirkung
- Optimierung von Plasmaprozessen mit Hilfe von Thermosonden
- Nanokompositschichten

## Arbeitsgegenstand

- Mikro- und nanodisperse Materialien (Pulver, Granulate, Nanofasern, Stäube, Ruß, Aerosole)
- Großflächige Substrate

## Arbeitsmittel

- modulare Prozessplasmen, insbesondere Atmosphärendruck- und Niederdruck-Plasmen sowie PECVD-Quellen, Magnetron, MW-Cyrannus-Quelle, Reaktor mit adaptiver Elektrode
- Diagnostik zur Untersuchung von Plasmaprozessen: Massenspektroskopie, Plasmamonitor, Thermosonden, IR-Spektroskopie
- Diagnostik zur Untersuchung von Pulver- oder Faser-oberflächen: Kontaktwinkelbestimmung BET, AFM, elektrochemischer Messplatz

## Mittelfristiger Schwerpunkt

Ziel der Abteilung Plasmaprozesstechnik ist die Bereitstellung und Optimierung von Plasmaverfahren zur homogenen Behandlung von Pulvern und Fasern zu dessen Weiterverarbeitung zu speziellen Verbundwerkstoffen und Katalysatoren. Das INP soll kompetenter Projekt- und Ansprechpartner in Fragen der Plasma-Partikel-Wechselwirkung (Prozessoptimierung durch Diagnostik und Modellierung) sein. Zudem wird die Expertise zu Fragen der Diagnostik von Plasmaprozessquellen für die Oberflächenbearbeitung (Quelloptimierung durch Diagnostik und Modellierung, Etablierung von spezifischen Mikroteilchen als Werkzeug zur Plasmadiagnostik) weiter ausgebaut.

## Beitrag der Plasmaprozesstechnik zur Technologieentwicklung

Die Mitarbeiter der Abteilung Plasmaprozesstechnik entwickeln technologische Prozesse zur Modifizierung von mikro- und nanodispersen Materialien und zur Dünnschicht-Deposition. Hiermit können Verbundwerkstoffe mit besonderen Eigenschaften wie geringes Gewicht, hohe Wärmeleitfähigkeit oder hohe Festigkeit für die Automobil, Flugzeug- und Elektronikindustrie entwickelt werden. Mit speziellen Diagnostikmethoden können großtechnische Plasmaprozesse, wie z.B. die Architekturglasbeschichtung und die Herstellung von Solarzellen, untersucht werden, um hier eine hohe Prozesssicherheit und Produktqualität zu gewährleisten. Von besonderem technologischen Interesse ist die Expertise der Mitarbeiter zum Einsatz von Atmosphärendruckplasmen. Mit der Optimierung solcher Plasmen zur Pulver- und Oberflächenmodifikation vertieft das INP weiter die Verbindung von Plasma- und Nanotechnologie für neuartige funktionale Materialien und Werkstoffe.

# ABTEILUNG



Plasmaoberflächentechnik

## Schwerpunkte

- Plasmafunktionalisierung und -beschichtung von Oberflächen
- Veredlung von Kunststoffen, Metallen und Verbundwerkstoffen
- PE-CVD Prozesse
- bioaktive Oberflächen

## Arbeitsgegenstand

- Plasmagestützte Prozesse zur Steuerung von Grenzflächeneigenschaften
- Plasmagestützte Prozesse zum Aufbau funktioneller Schichten auf komplexen dreidimensionalen und flächigen Substraten aus Kunststoffen, Biomaterialien und Kompositen mit charakteristischen Abmessungen zwischen einigen Mikrometern und einem Meter
- Untersuchung der Prozesse im Zusammenhang mit der jeweiligen Gesamttechnologie

## Arbeitsmittel

- Mehrere komplette Prozessanlagen mit Niederdruck- und Normaldruckplasmen
- Mehrere anwendungstypische Plasmaprozesssysteme zur industrienahen Erprobung von Plasmaprozessen mit größeren Stückzahlen; zusätzliche, auf konkrete Prozesse abgestimmte Sonderausrüstungen
- Ein Multireaktorsystem, gekoppelt mit einem Reinraum, für Untersuchungen unter definierten, reinsten Umgebungsbedingungen bei gleichzeitig exzellentem Zugang für Plasma- und Prozessdiagnostikverfahren
- Ausgewählte prozessanalytische Messsysteme, z.B. zum Prozessmonitoring und zur Materialprüfung
- Oberflächenanalytische Messtechnik, unter anderem hochauflösende Scanning-XPS, In-situ-XPS, Infrarot-ATR-Mikroskopie, Rasterkraft-, Rastertunnel- und Rasterelektronenmikroskopie sowie digitale optische Mikroskopie

## Mittelfristiger Schwerpunkt

Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen plasmachemische Oberflächenfunktionalisierungen sowie funktionelle Beschichtungen und Barrierschichten im Rahmen der jeweiligen Gesamttechnologien. Die Ergebnisse werden in industrierelevanten Projekten umgesetzt.

## Beitrag der Plasmaoberflächentechnik zur Technologieentwicklung

Arbeiten zum grundlegenden Verständnis plasmaprozessspezifischer Oberflächenprozesse sollen die Entwicklung neuartiger Plasmatechniken vorantreiben. Die kostengünstige plasmagestützte Oberflächenaktivierung und aufwändigere Beschichtungen finden zwar heute bereits vielfältige Anwendung, ihr technologisches Potenzial kann aber bei weitem nicht ausgeschöpft werden, weil sie chemisch immer noch sehr unspezifisch sind. Eine den Anforderungen der Anwender genügende chemisch selektive und dichtesteuerbare Erzeugung von kovalenten Bindungen auf beliebigen, von Natur aus nicht oder nicht in der gewünschten Weise bindungsfähigen Materialoberflächen mit Hilfe dieser Technik, wäre ein Durchbruch zu einer neuen Qualität von plasmagestützten Oberflächenmodifizierungsverfahren, insbesondere für thermolabile Materialien und Substraten und bei Interface-Optimierungen, z.B. bei Verklebungen, Farbgebungen, Drucken, in der Biomedizintechnik, der Entkeimung, der Plasmamedizin und generell bei Haftungsproblemen in Schichtsystemen.



# ABTEILUNG



Plasmadiagnostik

## Schwerpunkte

- Bereitstellung, Optimierung und Weiterentwicklung von Methoden der Plasmadiagnostik
- Anwendung von Diagnostiken in einem breiten Spektrum von Grundlagenuntersuchungen bis hin zum industriellen Einsatz
- Nutzung der optischen Spektroskopie, einschließlich aktiver Lasermethoden, ergänzt durch Sondenmessungen und extrahierende Techniken, wie Gaschromatographie und Massenspektroskopie
- Ausrichtung auf Fragestellungen relevant für die Bereiche Energie, Umwelt und Lebenswissenschaften
- Vernetzung der INP-Kompetenz

## Arbeitsgegenstand

- Plasmachemische Stoffwandlung in der Gasphase
- Kinetik transients molekularer Plasmabestandteile und ihre Wirkung auf Oberflächen
- Steuerung plasmachemischer industrieller Prozesse
- Plasmakatalyse zum Abbau flüchtiger organischer Substanzen
- Plasmareinigung und -dekontamination
- Plasmamedizin
- Eigenschaften von Ladungsträgern in Plasmen
- Beiträge zur Alterung von Elektroden in Plasma-lichtquellen

## Arbeitsmittel

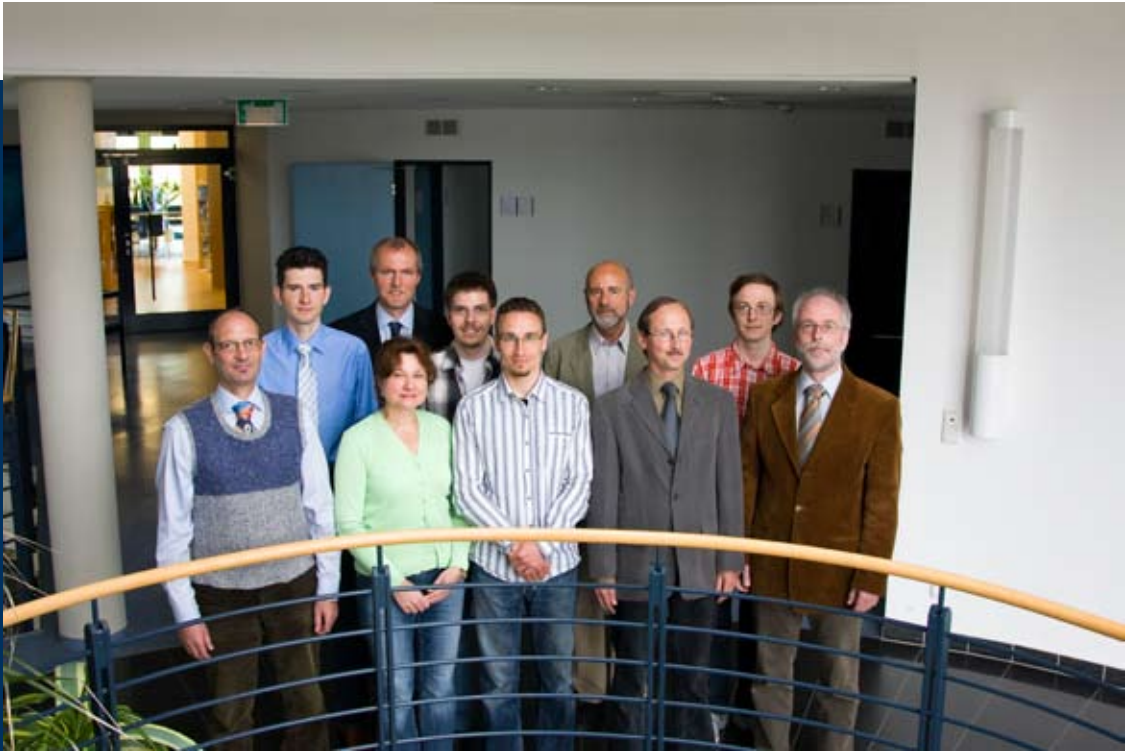
- Diverse höchstempfindliche laserspektroskopische Verfahren basierend auf Lasern im Spektralbereich von 0.2 bis 20  $\mu\text{m}$  sowie der dazugehörigen Detektionstechnik, z.B. schwerpunktmäßig in den Verfahren laserinduzierte Fluoreszenzspektroskopie und Diodenlaserabsorptionsspektroskopie
- Prozesssimulation an verschiedenen Typen von diagnostisch zugänglichen Gleichstrom-, Radiofrequenz- und Mikrowellenplasmen
- An Diagnostikaufgaben angepasste industriennahe Reaktorkonfigurationen basierend auf verschiedenen Typen von Plasmen im Dauerstrich- und Pulsbetrieb
- Plasmalichtquellen

## Mittelfristiger Schwerpunkt

- Verknüpfung der Plasmatechnologie mit der Umwelttechnologie
- Steuerung industrieller Plasmareaktoren durch Nutzung spektroskopischer Methoden
- Entwicklung innovativer Diagnostiken für die Kinetik transients Moleküle in Plasmen und in Wechselwirkung mit Oberflächen
- Entwicklung innovativer Diagnostiken zur Spurengasanalytik in der Umwelttechnologie
- Entwicklung und Analyse von Reaktoren zur Plasmareinigung und -dekontamination im Lebensmittel-, Pharma- und Medizinproduktbereich
- Mikrobiologische Untersuchungen

## Beitrag der Plasmadiagnostik zur Technologieentwicklung

Der gezielte Einsatz von Methoden der Plasmadiagnostik ist der Schlüssel zum Verständnis komplexer Plasmen. Gerade molekulare Plasmen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Spezies aufweisen, besitzen eine Reihe von interessanten und nützlichen Eigenschaften. Ihre vielfältigen technologischen Einsatzgebiete reichen von der ressourcenschonenden Oberflächenbearbeitung, über Entkeimung und Sterilisation bis hin zu Abgasbeseitigung, Gasreinigung, Partikelabbau sowie zur Wasser- und Luftaufbereitung und Sondermüllbehandlung. Die Mitarbeiter der Gruppe Plasmadiagnostik entwickeln unter anderem Methoden zur aktiven Steuerung industrieller Plasmareaktoren, untersuchen Elektrodenalterungsprozesse von Plasmalichtquellen und tragen zur Klärung plasmachemischer Prozesse in der Oberflächenbehandlung bei. Sie nutzen ihre Techniken und Kenntnisse zur Entwicklung und Optimierung von plasmatechnischen Prozessen und Verfahren.



## Plasmamodellierung

### Schwerpunkte

- Selbstkonsistente Modellierung von Niedertemperaturplasmen
- kinetische Beschreibung der Ladungsträger in anisothermen Plasmen
- Modellierung von Bogenplasmen
- Plasmachemie und Strahlungstransport Wechselwirkung von Plasmen mit Wänden und Elektroden
- Mehrflüssigkeitsbeschreibung und Strömungssimulation

### Arbeitsgegenstand

Die theoretische Beschreibung und Analyse von technologisch und wissenschaftlich relevanten Niedertemperaturplasmen stellt den Arbeitsgegenstand der Gruppe dar, wobei sowohl anisotherme Plasmen als auch Gleichgewichtsplasmen untersucht werden. Die Modellierung dieser Plasmen erfordert

- die Entwicklung eines adäquaten Plasmamodells,
- die Formulierung von auf hydrodynamischen bzw. kinetischer Grundlage basierenden Gleichungen für die wesentlichen Komponenten des Plasmas,
- entsprechende Gleichungen für das elektrische und magnetische Feld,
- das Recherchieren und die kritische Bewertung der relevanten atomaren Daten,

- die problemspezifische Erarbeitung von geeigneten Verfahren bzw. die Nutzung kommerzieller Codes zur Lösung des resultierenden Systems von gewöhnlichen und partiellen Differenzialgleichungen,
- die Gewinnung von Lösungen für ausgewählte Parameterbereiche sowie
- die Visualisierung und inhaltliche Interpretation der erzielten Resultate.

Die Komplexität der Gesamtbeschreibung von Plasmen bedingt, dass Teilprobleme eigenständig bearbeitet werden. Dazu gehören z.B. die kinetische Beschreibung einzelner Plasmakomponenten sowie die Strahlungstransport- und Spektralanalyse.

### Arbeitsmittel

Die Analyse und Beschreibung schwach ionisierter Plasmen erfolgt im Allgemeinen mittels am INP entwickelter numerischer Verfahren. Diese problemspezifisch adaptierten Methoden zeichnen sich durch hohe Effizienz, Stabilität und Genauigkeit aus. Für ausgewählte Problemstellungen werden zudem verstärkt kommerzielle Programmpakete eingesetzt. Die Modellierungen erfolgen auf modernen Clustern, deren Verfügbarkeit die theoretische Beschreibung der komplexen, mehrdimensionalen Probleme erst ermöglicht. Die quantitativen Untersuchungen werden zumeist in enger Kopplung an experimentelle Arbeiten und geförderte Projekte am INP sowie in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Forschungseinrichtungen und der Industrie durchgeführt.

### Mittelfristiger Schwerpunkt

Die realitätsnahe Analyse und Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens von wissenschaftlich und technologisch relevanten Niedertemperaturplasmen, wie Plasmen in Lichtquellen und Schaltstrecken sowie Prozessplasmen, stellen mittelfristig den Forschungsschwerpunkt der Gruppe dar. Derartige Untersuchungen dienen insbesondere dem physikalischen Verständnis und der quantitativen Erfassung

- der zeitlichen und räumlichen Änderung der Dichten einzelner Plasmakomponenten,
- der durch Stoß- und Strahlungsprozesse bedingten Energiedissipation
- der Teilchentransportprozesse im Plasma,

- der sich im Plasma einstellenden elektrischen und magnetischen Felder,
- der komplexen Mechanismen des zeitlichen und räumlichen Übergangsverhaltens sowie
- der Wechselwirkung einzelner Spezies mit Wänden und Elektroden.

### Technologischer Nutzen

Die Erforschung der Mechanismen und Prozesse liefert wesentliche Beiträge für das physikalische Verständnis des komplexen Verhaltens von Niedertemperaturplasmen in experimentellen Anordnungen und technologischen Anwendungen. Die Plasmamodellierung ermöglicht basierend auf umfangreichen Parameterstudien eine gezielte Optimierung technologischer Plasmen beispielsweise hinsichtlich der elektrischen Leistungseinkopplung, der Strahlungsleistung und der Effizienz von Plasmalichtquellen. Prädiktive Modelle zur Simulation von Schaltstrecken können den Aufwand für Design und Entwicklung von Schaltanlagen entscheidend senken.

### Beitrag der Plasmamodellierung zur Technologieentwicklung

Die Entwicklung energieeffizienter, quecksilber-freier Niederdrucklampen wird maßgeblich durch die erfolgreiche Modellierung von Xenon-Edelgas-Glimmentladungen unterstützt. Untersuchungen zur Wechselwirkung von Plasmen mit Elektroden zielen z.B. auf eine Verbesserung des Startverhaltens und der Lebensdauer von Lampen. Die Gesamtbeschreibung kapazitiv gekoppelter RF-Entladungen ermöglicht die Optimierung der elektrischen Betriebsweise reaktiver Plasmen zur Oberflächenmodifizierung und die Kontrolle der Synthese mikro- und nanodisperser Materialien in Prozessplasmen. Die Entwicklung und Anwendung neuartiger MHD-Simulationsverfahren für Schaltlichtbögen kann in Kooperation mit Partnern den Aufwand für die Konstruktion von Schaltanlagen deutlich verringert werden.



Stab



Marketing - PR

### Schwerpunkte

- Internationale Forschungsförderung
- Industriekooperationen
- Netzwerk- und Projektmanagement
- Öffentlichkeitsarbeit
- Forschungsmarketing & Technologietransfer
- Recht & Patente
- Veranstaltungsmanagement
- Gremienarbeit
- Fort- und Weiterbildung

### Kompetenzen

- Strategische Unterstützung bei bi- und multilateraler, internationaler Zusammenarbeit, Kooperationsanbahnung und -pflege
- Organisation von Tagungen, Konferenzen, Workshops, Messen, Ausstellungen
- Unterstützung bei der Drittmittelinwerbung in regionalen, nationalen und internationalen Förderprogrammen
- Aus- und Weiterbildung zu spezifischen Themen
- Interne und externe Kommunikation
- Patente, Recherchen, Vertragswesen, Rechtsberatung
- Bibliothekswesen, wissenschaftliche Informationsversorgung
- Evaluierungen, Gremienarbeit



## Mittelfristige Ziele

- Steigerung der öffentlich geförderten und industriellen Drittmittel
- Umsetzung der Empfehlungen der Evaluierungskommission
- Optimierung der Patentverwertung
- Steigerung der Sichtbarkeit des INP
- Nachwuchsgewinnung und -förderung
- Starke Vernetzung des INP in der nationalen und internationalen Förderlandschaft sowie im wissenschaftspolitischen Umfeld

## Beitrag der Stabsseinheit zur Strukturentwicklung

Die Stabsabteilung hat intern die Funktion, die Forschungsaktivitäten in administrativer und organisatorischer Hinsicht zu unterstützen, und extern, die Arbeit des INP in Politik, Gesellschaft und wissenschaftsrelevanten Gremien zu vertreten und sichtbar zu machen. Auf diese Weise soll sich die Forschung auf Ihre Kernkompetenzen konzentrieren können und dennoch genau über das drittmittelrelevante und wissenschaftspolitische Geschehen informiert sein. Wo Kernkompetenzen der Wissenschaft in den Außenraum transportiert werden (z.B. Beantragung strategischer Drittmittel oder im Technologietransfer), agiert die Stabsabteilung in enger Abstimmung mit den Fachabteilungen. Im wissenschafts- und förderpolitischen Umfeld wirkt das INP als Fürsprecher der Plasmatechnologie insgesamt. Das öffentliche Förderinteresse begründet sich sowohl in der wissenschaftlich intellektuellen Herausforderung als auch dem ökonomischen Potenzial. Schon im Vorfeld konkreter Ausschreibungen ist daher die frühzeitige Einbindung der Plasmatechnologie unerlässlich. Dazu wirkt das INP mit Unterstützung der Stabsabteilung innerhalb der „Plasma-Community“ als Ausrichtungshilfe für die Umsetzung einzelner Förderinitiativen. Gemäß der Leibniz-Philosophie begleitet das INP die ausgewogene Projektfinanzierung von Forschung mit mittel-, unmittelbaren und ohne direkt sichtbare Anwendungsaspekten. Projektcontrolling und professionelles Projektmanagement nehmen, insbesondere bei Industriekooperationen, einen hohen Stellenwert ein. Hier übernimmt die Stabsseinheit direkte Verantwortung in der Projektleitung und den Akquisitionen, wenn fach- und abteilungsübergreifende Sachverhalte bearbeitet werden. Die Schulung der

Mitarbeiter in wissenschaftlicher und wissenschaftsadministrativer Hinsicht koordiniert die Stabsseinheit. Das „Serviceangebot“ des INP im Bereich Wissenschaft und Management wird ständig weiterentwickelt und strategisch zur Bildung von Allianzen ausgebaut.

## Forschungsmarketing und Öffentlichkeitsarbeit

Die systematische Vorausplanung sowie die Budgetverwaltung von Werbe- und Marketingaktivitäten, deren Koordination und Kontrolle sind laufende Beiträge des forschungsunterstützenden Marketings im INP. Die interne und externe Kommunikation mit Kunden, Kooperationspartnern, Mitarbeitern, Interessenverbänden und staatlichen Organen, inkl. Berichterstattung und Nachverfolgung, addieren diese Beiträge. Ein weiterer marketingorientierter Aufgabenbereich beinhaltet den Satz und Druck wissenschaftlicher Poster, die Erstellung von Präsentationen, die Gestaltung von Broschüren, Flyern und Messeauftritten sowie den Aufbau und die Pflege der INP Website. Mit der Gestaltung, Einführung und konsequenten Weiterführung des Corporate Designs und der Corporate Identity leistet das Marketing-Team einen wichtigen Beitrag bei der Initiierung von Drittmittelprojekten.

## Laufende Projekte

Im Rahmen der Qualifizierungsinitiative Plasmatechnik (Q-Plas) wird ein Konzept erstellt, das Mitarbeitern – insbesondere in KMU – plasmatechnisches Basiswissen und praktisches Verständnis zur Lösung technischer Problemstellungen vermittelt. Angesprochen sind alle Unternehmen, die Plasmatechnik einsetzen oder den Einsatz von Plasmatechnik planen, und über wenige bis keine ausgebildeten Fachleute verfügen.

Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie gehört zu den Siegern des Innovationswettbewerbs "Wirtschaft trifft Wissenschaft" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Mit den Fördermitteln in Höhe von rund 500.000 Euro wird das INP Greifswald in dem Projekt „Plasmatransfer MV“ gezielten Technologietransfer zur Stärkung der regionalen Wirtschaft realisieren. Dabei werden plasmagestützte Verfahren für bessere Produktion und Produkte in die betriebliche Praxis gebracht.





Zusammen mit dem Berliner Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) ist in 2008 das Vorhaben VALORES (Valorisation of Research Strategic Cooperation of Institutes) gestartet, eine strategische Kooperation zur Verwertung ihrer institutsübergreifenden Forschung. Damit soll die erfolgreiche Arbeit bei industriellen Forschungsaufträgen, Ausgründungen sowie beim Schutz und der Verwertung von Erfindungen systematisch ausgebaut werden. VALORES soll Modellcharakter für andere Forschungseinrichtungen haben und langfristig zu Forschungsk Kooperationen mit weiteren Partnern entlang von Wertschöpfungsketten führen.

In einer landesgeförderten Pilotmaßnahme zur Intensivierung der Gründungsaktivitäten verfolgt das INP die konsequente Identifizierung und Verwertung von Forschungsergebnissen mit Gründungspotenzial. Ein wichtiger Baustein ist dabei die klassische Forschungskoordination in bilateralen oder weiteren öffentlich geförderten Vorhaben.



## Verwaltung / Infrastruktur

Als wesentliche Ergänzung und zur organisatorischen Unterstützung der Fachabteilungen und -gruppen gibt es am INP die Abteilung Verwaltung/Infrastruktur. Sie organisiert im Wesentlichen den reibungslosen wissenschaftlich-technischen Betriebsablauf. Beide Gebiete – Verwaltung und Infrastruktur – sind schlank angelegt.

Die Verwaltung des Instituts umfasst die Bereiche Personal, Beschaffung, Finanzen, Anlagenverwaltung und Projektabwicklung. Die Infrastruktur besteht aus der mechanischen Werkstatt, einer Glasbläserei, einer Elektronikwerkstatt, dem IT-/EDV-Bereich und einem Technologielabor. Für die Datenverarbeitung unterhält das INP ein Datennetz, baut es weiter aus und pflegt die Anbindung des INP-Netzes an externe Netze. Die Abteilung Verwaltung/Infrastruktur betreut außerdem die Gebäudetechnik des Instituts sowie alle Baumaßnahmen.

## Kooperationen

- ARCS-Austrian Research Centre, Seibersdorf, Österreich, Dr. Neubauer
- Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Gipuzkoa, San Sebastian, Spanien  
Dr. Molina (gem. Projekt)
- Charité Berlin  
Arbeitsgruppe Schlafforschung,  
Dr. Kunz (gem. Projekt)
- CPAT, Toulouse, Frankreich,  
Prof. Zisis (gem. Projekt)
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,  
Institut für Experimentelle und Angewandte Physik  
Prof. Kersten (gem. Projekt)
- Deutsche Keramische Gesellschaft  
- Arbeitskreis Kohlenstoff
- Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
(Kooperationsvertrag)
- Institut für Physik (Kooperationsvertrag)
  - Institut für Biochemie  
Prof. Bornscheuer (gem. Projekt)
  - Institut für medizinische Biochemie  
und Molekularbiologie Dr. Schlosser  
(gem. Projekt)
  - Institut für Hygiene und Umweltmedizin  
Prof. Kramer (gem. Projekt)
  - Institut für Mathematik und Informatik  
Prof. Schmidt (gem. Projekt)
  - Institut für Pharmazie  
Prof. Weitschies, Dr. Wende,  
Prof. Lindequist (gem. Projekt)
  - Institut für Physik  
Prof. Hippler, Prof. Meichsner,  
PD Dr. Wagner, Dr. Wulff (gem. Projekte)
  - Klinik und Poliklinik für Hautkrankheiten  
Prof. Jünger (gem. Projekt)
  - Klinik und Poliklinik für Hals-,  
Nasen- Ohrenkrankheiten  
Prof. Hosemann (gem. Projekt)
- Fachhochschule Münster  
Frau Gelbert (gem. Projekt)
- Fachhochschule Stralsund  
Prof. Rossmann, Prof. Wetenkamp (gem. Projekt)
- Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik  
Berlin Dr. Gesche
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und  
Angewandte Materialforschung, Bremen  
Dr. Lommatzsch (gem. Projekt)
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und  
Oberflächentechnik, Braunschweig  
Dr. Sittering (gem. Projekt)
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff und Strahltechnik,  
Dresden Dr. Dani (gem. Projekt)
- GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH  
Dr. Willumeit (gem. Projekt),  
Dr. Schröder (gem. Projekt)
- Hahn-Meitner-Institut, Berlin,  
Dr. Bogdanoff (gem. Projekt)
- Hochschule Neubrandenburg  
Prof. Steffens (gem. Projekte)
- Institut für Marine Biotechnologie Greifswald  
Dr. Lukowski (gem. Projekt)
- Institut für Polymertechnologien Wismar  
Prof. Hansmann (gem. Projekt)
- Institute of High Current Electronics, Tomsk  
Dr. Batrakov (gem. Projekt)  
Prof. Tanarro (gem. Projekt)
- Instituto de Estructura de la Materia (CSIC),  
Madrid, Spanien,
- Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas  
(LPGP), Universität Paris-Süd, Frankreich,  
Dr. Pasquier (gem. Projekt)
- Laboratoire de Physique et Technologie des Plasmas  
(LPTP), École Polytechnique, Palaiseau, Frankreich  
Dr. Rousseau (gem. Projekt)
- Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.,  
Potsdam, Dr. Geyer (gem. Projekt)
- Leibniz-Institut für Katalyse e.V.  
an der Universität Rostock  
Dr. Junge (gem. Projekt)
- Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)  
Dr. Siche, Dr. Wollweber (gem. Projekte)
- Marine Hochschule Stettin, Polen,  
Prof. Borkowsk
- Masaryk Universität Brno  
Prof. Czernak (fachlicher Austausch)
- Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik,  
Garching, Prof. Morfill (gem. Projekt)
- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik,  
Greifswald  
PD Dinklage (gem. Projekt)
- Research Institute for Solid State Physics and Optics,  
Budapest, Dr. Donkó (gem. Projekt)

- Ruhr-Universität-Bochum, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Prof. Awakowicz
- Staatliche Universität Moskau  
Dr. Kozlov (fachlicher Austausch)
- Staatliche Universität, St. Petersburg, Russland, Institut für Physik, Prof. Golubovski, Prof. Lavrov (gem. Projekte)
- Technische Universität Berlin  
Dr. Hahn, Prof. Knorr, Dr. Rohn (gem. Projekt)
- Technische Universität Clausthal-Zellerfeld  
Prof. Gock (gem. Projekt)
- Technische Universität Stettin, Polen  
Dr. Holub (gem. Projekt)
- Universität Kreta, Griechenland,  
Prof. Karabourniotis (gem. Projekt)
- Universität Madeira, Portugal  
Prof. Benilov (gem. Projekt)
- Universität Münster  
Dr. Buscher (gem. Projekt)
- Universität Rostock (Kooperationsvertrag)  
Fakultät für Informatik und Elektrotechnik
  - Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik (gem. Projekt), PD Dr. Ulrich Beck
  - Institut für elektrische Schaltungssysteme  
Dr. Beck (gem. Projekt)
  - Klinik für Innere Medizin  
Dr. Nebe, Prof. Rychly (gem. Projekt)
  - Lehrstuhl für Biophysik  
Prof. Gimsa (gem. Projekt)
  - Orthopädische Klinik  
Dr. Bader, Prof. Mittelmeier (gem. Projekt)
- University of Bristol, Großbritannien  
Dr. Reid (gem. Projekt)
- University of Cambridge, Großbritannien  
(Kooperationsvertrag)
  - Department of Chemistry  
Dr. Davies (gem. Projekt)
- University of Paris-North, LIMHP, Villetaneuse, Frankreich, Prof. Gicquel, Prof. Hassouni (gem. Projekt)
- University of South Bohemia, Tschechien  
Dr. Blasek (gem. Projekt)
- Wasserstofftechnologie-Initiative Mecklenburg-Vorpommern e.V., Rostock  
Dr. Buttkewitz (gem. Projekt)
- Leibniz Nordost – Journal der Leibniz-Institute in Mecklenburg Vorpommern
- ZIK plasmatis – organisatorische Begleitung und Vermarktung
- CRDS - Cavity Ring-Down User Meeting – organisatorische Begleitung & Mediengestaltung
- IPS – Workshop on Infrared Plasma Spectroscopy - organisatorische Begleitung & Mediengestaltung  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
Institut für Physik Prof. Meichsner
- BNPT – Kompetenznetz BalticNet PlasmaTec
- INPLAS - Kompetenznetz Industrielle Oberflächentechnik
- Internationales Konsortium für Bioelektrik
- TZV – Technologiezentrum Vorpommern
- ATI Küste
- RWI - Regionale Wirtschaftsinitiative  
Mecklenburger Seenplatte e.V.
- interne Gremien:
  - Mitgliederversammlung
  - Kuratorium
  - Wissenschaftlicher Beirat
- Leibniz-Gemeinschaft:
  - Verwaltungsausschuss
  - Naturwissenschaftliche Sektion
  - Lenkungsreis Europa
  - Arbeitskreis Europa
  - Arbeitskreis Wissenstransfer
  - Arbeitskreis Recht
  - Arbeitskreis Bibliotheken
- externe Gremien:
  - BMBF-Ausschuss für opt. Technologie
  - Kuratorium Vakuum in Forschung und Praxis
  - Fachbeirat „Plasmaphysik“ der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- EU-Koordinierungsstelle (EUKOS) des Landes Mecklenburg-Vorpommern
- Nordallianz in der EU-Forschungsmittleinwerbung (MV, HH, SH)

## Publikationen

Besch, W.; Foest, R.; Schröder, K.; Ohl, A.:

**Allylamine plasma polymer coatings of interior surfaces in small trench structures**

Plasma Process. Polym. 5 (2008) 105-112

Brandenburg, R.; Hoder, T.; Wagner, H.-E.:

**2D-spatially resolved Cross-Correlation Spectroscopy of the microdischarge development in barrier discharges in air**

IEEE Trans. Plasma Sci. 36 (2008) 1318

Dodt, D.; Dinklage, A.; Fischer, R.; Bartschat, K.; Zatsarinny, O.; Loffhagen, D.:

**Reconstruction on an electron energy distribution function using integrated data analysis**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 205207 (13pp)

Ehlbeck, J.; Brandenburg, R.; von Woedtke, Th.; Krohmann, U.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.:

**PLASMOSE – antimicrobial effects of modular atmospheric plasma sources**

GMS Krankenhaushyg. Interdiszip. 3 (2008)

Finke, B.; Schröder, K.; Ohl, A.:

**Test of surface radical detection on NH<sub>3</sub>-plasma treated polymer surfaces using the radical scavenger NO**

Plasma Process. Polym. 5 (2008) 386-396

Golubovskii, Y.B.; Kozakov, R.; Nekuchaev, V.O.; Skoblo, A.Yu.:

**Nonlocal electron kinetics and radiation of a stratified positive column of discharge in neon**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 105205

Grubert, G. K.; Loffhagen, D.:

**Ignition Behavior of Abnormal Low-Pressure Glow Discharges in Argon**

IEEE Trans. Plasma Sci. 36 (2008) 992-993

Hannemann, M.:

**Uniform description of errors in measurement and evaluation of Langmuir probe characteristics by means of apparatus functions**

Contrib. Plasma Phys. 48 (2008) 446

Kaiser, N.; Oehr, C.; Weltmann, K.-D.:

**Anwendungsaspekte des Plasmas in den Optischen Technologien**

Vakuum in Forschung und Praxis 20 (2008) 39-42

Kozakov, R.; Franke, St.; Schöpp, H.:

**Approach to an effective biological spectrum of a light source**

LEUKOS 4 (2008) 255-263

Kramer, A.; Hübner, N.-O.; Weltmann, K.-D.; Lademann, J.; Ekkernkamp, A.; Hinz, P.; Assadian, O.:

**Polypragmasia in the therapy of infected wounds – conclusions drawn from the perspectives of low temperature plasma technology for plasma wound therapy**

GMS Krankenhaushyg. Interdiszip. 3 (2008)



Kramer, A.; Lindequist, U.; Weltmann, K.-D.; Wilke, C.; von Woedtke, Th.:

**Plasma Medicine - its perspective for wound therapy**

GMS Krankenhaushyg. Interdiszip. 3 (2008)

Lang, N.; Röpcke, J.; Steinbach, A.; Wege, S.:

**Online Überwachung von Plasmaätzprozessen mit Hilfe von Quanten-Kaskaden-Lasersystemen in der Halbleiterindustrie**

VDI-Berichte 2047 (2008) 11

Majumdar, A.; Schröder, K.; Hippler, R.:

**Cytocompatibility of amorphous hydrogenated-carbon nitride (aH-CN<sub>x</sub>) films deposited by CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub> dielectric barrier discharge plasmas with respect to cell lines**

J. Appl. Phys. 104 (2008) 074702

Maurer, H.; Basner, R.; Kersten, H.:

**Measuring the temperature of micro-particles in plasmas**

Rev. Sci. Instrum. 79 (2008) 093508

Peters, S.; Kettlitz, M.; Schneidenbach, H.; Wendt, M.; Kloss, A.:

**Dimming Characteristics of Metal-Halide Plasma Lamps**

IEEE Trans. Plasma Sci. 36 (2008) 1178-1179

Pipa, A.V.; Bindemann, T.; Foest, R.; Kindel, E.; Röpcke, J.; Weltmann, K.-D.:

**Absolute production rate measurements of Nitric Oxide by an atmospheric plasma jet (APPJ)**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 194011

Röpcke, J.; Welzel, S.; Lang, N.; Hempel, F.; Gatilova, L.; Guaitella, O.; Rousseau, A.; Davies, P.B.:

**Diagnostic Studies of Molecular Plasmas Using Mid-Infrared Semiconductor Lasers**

Appl. Phys. B 92 (2008) 335

Schneidenbach, H.; Franke, St.:

**Basic concepts of temperature determination from self-reversed spectral lines**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 144016

Schram, D.C.; Zijlmans, R.A.B.; van Helden, J.H.; Gabriel, O.; Yagci, G.; Welzel, S.; Röpcke, J.; Engeln, R.:

**Diagnostic Studies of Molecular Plasmas Using Mid-Infrared Semiconductor Lasers**

J. Optoelectronics Adv. Mat. 10 (2008) 1904

Schäfer, J.; Foest, R.; Quade, A.; Ohl, A.; Weltmann, K.-D.:

**Local deposition of SiO<sub>x</sub> plasma polymer films by a miniaturized atmospheric pressure plasma jet (APPJ)**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 194010

Sigeneger, F.; Basner, R.; Loffhagen, D.; Kersten, H.:

**Plasma Bubble in an RF Reactor**

IEEE Trans. Plasma Sci. 36 (2008) 1370-1371

Stancu, G.D.; Röpcke, J.; Davies, P.B.:

**Measurement of the transition dipole moment of the first hot band of the  $\nu_2$  mode of the methyl radical by diode laser spectroscopy**

J. Phys. Chem. A 112 (2008) 6285

Thieme, G.; Basner, R.; Wiese, R.; Kersten, H.:

**Microparticles in plasmas as diagnostic tools and substrates**

Faraday Discussions 137 (2008) 157-171

von Woedtke, Th.; Kramer, A.:

**The limits of sterility assurance**

GMS Krankenhaushyg. Interdiszip. 3 (2008)

von Woedtke, Th.; Kramer, A.; Weltmann, K.-D.:

**Plasma sterilization: what are the conditions to meet this claim?**

Plasma Process. Polym. 5 (2008) 534-539

von Woedtke, Th.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.; Landsberg, K.; Lindequist, U.; Kramer, A.; Jünger, M.; Daeschlein, G.:

**Physical plasma - its possible use in medicine**

Screening 9 (2008) 32-33

von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.:

**plasmatis - Grundlagenforschung für die Plasmamedizin**

Plasma News Juli (2008)

Weidmann, A.; Hirthe, C.; Bergemann, C.; Lüthen, F.; Finke, B.; Ohl, A.; Rychly, J.:

**Expression, distribution and phosphorylation of caveolin-1 in human mesenchymal stem cells on titanium surfaces**

Eur. J. Cell Biol. 87, Suppl. 58 (2008) 16

Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; von Woedtke, Th.; Ehlbeck, J.; Foest, R.; Stieber, M.; Kindel, E.:

**Antimicrobial treatment of heat sensitive products by miniaturized Atmospheric Pressure Plasma Jets (APPJs)**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 194008

Welzel, S.; Lombardi, G.; Davies, P.B.; Engeln, R.; Schram, D.C., Röpcke, J.:

**Trace gas measurements using optically resonant cavities and quantum cascade lasers operating at room temperature**

J. Appl. Phys. 104 (2008) 093115

Wendt, M.; Franke, St.:

**Broadening constants of mercury lines as determined from experimental side-on spectra**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 144018

Wiese, R.; Kersten, H.:

**Einsatz einer aktiven Thermosonde zur Diagnostik von Prozessplasmen**

Galvanotechnik 99 (2008) 1502-1507



Winter, J.; Lange, H.; Golubovskii, Y.B.:

**Gas temperature in the cathode region of a dc glow discharge with a termionic cathode**

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 085210

Wrehde, S.; Quaas, M.; Bogdanowicz, R.; Steffen, H.; Wulff, H.; Hippler, R.:

**Reactive Deposition of TiNx-Layers in a DC-Magnetron Discharge**

Surf. Interf. Anal. 40 (2008) 790-793

Wrehde, S.; Quaas, M.; Bogdanowicz, R.; Steffen, H.; Wulff, H.; Hippler, R.:

**Characterization of optical properties and composition of TiNx thin films deposited by reactive DC magnetron plasma**

Vacuum 82 (2008) 1115-1119

## Beiträge zu Monographien

Kober, P.; Heeg, P.; von Woedtke, Th.:

**Grundsätzliche praktische Aspekte bei der Anwendung etablierter Sterilisationsverfahren**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

Kramer, A.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.:

**Niedertemperaturplasma**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

Loffhagen, D.; Sigeneger, F.; Winkler, R.:

**Electron kinetics in weakly ionized plasmas**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 1. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

Ohl, A.; Schröder, K.:

**Plasma-assisted surface modification of biointerfaces**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 2. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

Quadbeck, P.; Pohl, S.; Hempel, F.; Böhm, H.-D.; Röpcke, J.:

**Debinding Control of Metal Hollow Spheres by IR-Absorption Analysis**

Porous Metals and Metallic Foams, 978-1-932078-28-2, DEStech Publications Inc., Lancaster PA 2008

Röpcke, J.; Davies, P.B.; Hempel, F.; Lavrov, B.P.:

**Diagnostic emission and absorption spectroscopy of non-equilibrium molecular plasmas**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 1. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

Schmidt, M.; Conrads, H.:

**Plasma Sources**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 1. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008



Schmidt, M.; Foest, R.; Basner, R.:

**Mass spectrometric diagnostics**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 1. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

von Woedtke, Th.:

**Prionen**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.:

**Sterilisation**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.; Brandenburg, R.; Ehlbeck, J.; Weltmann, K.-D.:

**Neuentwickelte, bisher nicht genormte Sterilisationsverfahren**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.; Kober, P.; Heeg, P.:

**Niedertemperatur-Dampf-Formaldehyd (NTDF)-Sterilisation**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.; Kober, P.; Heeg, P.:

**Pyrogene und Bakterien-Endotoxine**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.; Kober, P.; Heeg, P.:

**Wasserstoffperoxid-Gasplasma-Sterilisation (Sterrad®-Verfahren)**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.; Kober, P.; Heeg, P.:

**Dampfsterilisation**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

von Woedtke, Th.; Kober, P.; Heeg, P.:

**Rechtliche und normative Grundlagen**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008



von Woedtke, Th.; Kramer, A.:

**Grenzen der Sterilisationssicherheit**

Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung, 978-3-13-141121-1, Stuttgart: Thieme 2008

Wagner, H.-E.; Kozlov, K.V.; Brandenburg, R.:

**Cross-correlation emission spectroscopy applied to nonequilibrium plasma diagnostics**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 1. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

Weltmann, K.-D.; Schmidt, M.; Becker, K.:

**Markets for plasma technology**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 2. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

Wulff, H.; Steffen, H.:

**Characterization of thin solid films**

Low Temperature Plasmas : Fundamentals, Technologies and Techniques ; Volume 1. - 2., überarb. u. erw. Aufl., 3-527-40673-9, Weinheim : Wiley-VCH 2008

## Tagungsbeiträge

Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Weltmann, K.-D.:

**MHD-simulation of an icp torch for deposition applications**

Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications (2008) 397-400

Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Weltmann, K.-D.; Franck, C.M.:

**3d simulation of arcs in internal and external magnetic fields**

Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications (2008) 181-184

Batrakov, A.; Uhrlandt, D.; Popov, S.; Methling, R.; Weltmann, K.-D.; Pryadko, E.:

**Cathode Spot Plasma Dynamics in Spark and Arc Stages of Vacuum Discharge**

Proc. 15<sup>th</sup> SHCE and 9<sup>th</sup> CMM (2008) 57-59

Batrakov, A.; Uhrlandt, D.; Popov, S.; Methling, R.; Weltmann, K.-D.; Pryadko, E.:

**Dynamics of cathode spot plasma parameters in spark and arc stages of vacuum discharge**

Proc. 23<sup>rd</sup> ISDEIV (2008) B5-P18

Brandenburg, R.; Ehlbeck, J.; von Woedtke, Th.; Krohmann, U.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.:

**Antimicrobial treatment of heat sensitive products by atmospheric pressure plasma sources**

Proc. NATO ASI Plasma Assisted Decontamination XIII (2008) 51

Brandenburg, R.; Lange, H.; Weltmann, K.-D.:

**On the antimicrobial effect of UV- and VUV-emissions generated by non-thermal plasma jets in argon**

Proc. 11<sup>th</sup> Hakone 2 (2008) 525-529





Brandenburg, R.; Stieber, M.; Kindel, E.; Ehlbeck, J.; Foest, R.; Weltmann, K.-D.:

**RF-driven plasmas at atmospheric pressure for the treatment of structures with high aspect ratios**

Proc. 11<sup>th</sup> Hakone 2 (2008) 473-477

Finke, B.; Schröder, K.; Lüthen, F.; Nebe, J.B.; Rychly, J.; Liefeth, K.; Bader, R.; Walschus, U.; Lucke, S.; Schlosser, M.; Neumann, H.-G.; Ohl, A.; Weltmann, K.-D.:

**Plasma Polymer Coating of Titanium for Improved Bone Implants**

Proc. 14<sup>th</sup> Nordic-Baltic Conf. on Biomedical Eng. Medical Phys. (2008) 30-33

Foest, R.; Schäfer, J.; Quade, A.; Ohl, A.; Weltmann, K.-D.:

**Miniaturized Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ) for deposition of SiO<sub>x</sub> films with different silicon-organic compounds - a comparative study**

Europhys. Conf. Abstr. 32D (2008) P-4.173

Gorchakov, S.; Timofeev, A.; Uhrlandt, D.:

**Study of the arc-anode interaction by a two-temperature model**

Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications (2008) 185-188

Grubert, G.K.; Loffhagen, D.:

**Influence of metastable molecules and negative ions on oxygen discharges**

Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications (2008) 449-452

Jansky, J.; Trunec, D.; Navratil, Z.; Brandenburg, R.; Wagner, H.-E.:

**Numerical simulation of atmospheric pressure Townsend discharges in nitrogen with hydrogen gas admixtures**

Proc. 11<sup>th</sup> Hakone 1 (2008) 148-152

Kindel, E.; Lange, H.; Uhrlandt, D.; Weltmann, K.-D.:

**Experimental investigation in the recombination zone of an rf atmospheric pressure plasma jet**

Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications (2008) 389-392

Loffhagen, D.; Sigeneger, F.:

**Advances in Boltzmann equation based modelling of discharge plasmas**

Proc. 19<sup>th</sup> ESCAMPIG CD-ROM (2008) G02

Maurer, H.; Basner, R.; Kersten, H.:

**Micro-Particles as Thermal Probes in Plasmas**

Proc. ICPDP 1041 (2008) 283-284

Popov, S.; Methling, R.; Uhrlandt, D.; Batrakov, A.:

**Time and Spectra Resolved Investigation of Light Emitted by Cathode Spot at Vacuum Discharges**

Proc. 15<sup>th</sup> SHCE and 9<sup>th</sup> CMM (2008) 140-143

Schram, D.C.; Zijlmans, R.A.B.; van Helden, J.H.; Gabriel, O.; Welzel, S.; Röpcke, J.; Engeln, R.:

**Molecular formation in plasmas and the role of surface processes**

Proc. 19<sup>th</sup> ESCAMPIG (2008) 1-39

Sigeneger, F.; Loffhagen, D.; Basner, R.; Kersten, H.:

**Local Plasma Enhancement by Additional RF Power**

Proc. 19<sup>th</sup> ESCAMPIG CD-ROM (2008) 3-84

Thieme, G.; Basner, R.; Maurer, H.; Ehlbeck, J.; Röpcke, J.; Kersten, H.; Davies, P.B.:

**Whispering Gallery Mode Spectroscopy as a Diagnostic for Dusty Plasmas**

Proc. ICPDP 1041 (2008) 281-282

Uhrlandt, D.; Batrakov, A.; Popov, S.; Methling, R.; Weltmann, K.-D.; Pryadko, E.:

**Light emission of cathode spot plasma in spark and arc stages of vacuum discharge**

Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications (2008) 81-84

Uhrlandt, D.; Methling, R.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.:

**Time-resolved Spectroscopy on Cathode Spots of a Vacuum Discharge**

Proc. 23<sup>rd</sup> ISDEIV (2008) B5-004

Welzel, S.; Guaitella, O.; Lazzaroni, C.; Gatilova, L.; Rousseau, A.; Röpcke, J.:

**Time-resolved QCLAS measurements on nitric oxide containing DC discharges**

Proc. 19<sup>th</sup> ESCAMPIG (2008) 2-21

Welzel, S.; Lombardi, G.; Davies, P.B.; Engeln, R.; Schram, D.C.; Röpcke, J.:

**Cavity enhanced absorption spectroscopy as a diagnostic tool based on quantum cascade lasers**

Proc. 19<sup>th</sup> ESCAMPIG (2008) 2-20

## Eingeladene Vorträge

Brandenburg, R.:

**VOC reduction with low temperature plasma technology**

eingeladener Vortrag, Umweltmesse POLEKO, Poznan/Polen 2008

Brandenburg, R.:

**Antimikrobielle Behandlung von Medizinprodukten mit Atmosphärendruckplasmen**

eingeladener Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Brüser, V.:

**Plasma Surface Modification of Nano-Particles**

eingeladener Vortrag, MiNaT, Stuttgart/Deutschland 2008

Brüser, V.:

**Innovative Verbundwerkstoffe durch Plasmatechnologie**

eingeladener Vortrag, Plasma plus Kunststoffe, Schwerin/Deutschland 2008

Brüser, V.; Röpcke, J.:

**On surface modification of nano-particles and kinetics in molecular plasmas**

eingeladener Vortrag, Int. Conf. on Plasma Nano Technology & Science, Nagoya/Japan 2008

Ehlbeck, J.; Brandenburg, B.; von Woedtke, Th.; Krohmann, U.; Winter, J.; Röpcke, J.; Weltmann, K.-D.:

**Atmospheric pressure plasma sources for antimicrobial treatments**

eingeladener Vortrag, 6th ISNTPT, Taiwan 2008

Foest, R.:

**Cold Atmospheric Pressure Plasma Jet - a Tool for Localized Surface Treatment**

eingeladener Vortrag, Vaalsbroek Synthetic Fibre Talks, Vaals/Netherlands 2008

Kersten, H.; Basner, R.; Maurer, H.; Thieme, G.; Wolter, M.; Wiese, R.:

**Micro-Particles as Probes in Plasma**

eingeladener Vortrag, CoE Workshop, Eindhoven/Niederlande 2008

Kersten, H.; Wiese, R.; Maurer, H.; Wolter, M.; Thieme, G.; Basner, R.:

**Non-Conventional Diagnostic Methods for Plasma Processing**

eingeladener Vortrag, II. CESPC, Brno/Czech Republic 2008

Lang, N.; Röpcke, J.; Weltmann, K.-D.:

**Infrarotspektroskopische Prozesskontrolle**

eingeladener Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Loffhagen, D.:

**Advances in Boltzmann equation based modelling of discharge plasmas**

eingeladener Vortrag, 19th ESCAMPIG, Granada/Spain 2008

Weltmann, K.-D.:

**Normaldruckplasmen für die Dekontamination thermolabiler Materialien sowie ihr Potenzial für interdisziplinäre Anwendungen**

eingeladener Vortrag, Kolloquium IPP, Garching/Deutschland 2008

Weltmann, K.-D.:

**Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis am Beispiel des INP Greifswald e.V.**

eingeladener Vortrag, Landesstrategiekonferenz, Rostock/Deutschland 2008

Welzel, S.:

**IR laser absorption spectroscopy as a versatile tool for plasma diagnostics**

eingeladener Vortrag, Aerodyne Research, Inc., Billerica/USA 2008

Welzel, S.; Gatilova, L.; Guaitella, O.; Rousseau, A.; Davies, P.B.; Röpcke, J.:

**Infrared Spectroscopic Studies of NO<sub>x</sub> Kinetics and Volatile Organic Compound Removal in Non-Thermal Plasmas**

eingeladener Vortrag, 6th ISNTPT, Taiwan 2008

## Vorträge

Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Weltmann, K.-D.:

**MHD-simulation of an icp torch for deposition applications**

Vortrag, 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications, Cardiff/UK 2008

Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Weltmann, K.-D.; Franck, C.M.:

**3d simulation of arcs in internal and external magnetic fields**

Vortrag, 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications, Cardiff/UK 2008

Batrakov, A.; Uhrlandt, D.; Popov, S.; Methling, R.; Weltmann, K.-D.; Pryadko, E.:

**Dynamics of cathode spot plasma parameters in spark and arc stages of vacuum discharge**

Vortrag, 23<sup>rd</sup> ISDEIV, Bucharest/Romania 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**Die Finite-Elemente-Methode bei der Lösung partieller Differenzialgleichungen zur Beschreibung von Gasentladungsplasmen**

Vortrag, Studierendenkonf. Jahrestagung d. Dt. Mathematiker-Vereinigung, Erlangen/Deutschland 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**Die Finite-Elemente-Methode bei der Lösung partieller Differenzialgleichungen zur Beschreibung von Gasentladungsplasmen**

Vortrag, 29. Norddeutsches Koll. über Angew. Analysis u. Num. Mathematik, Berlin/Deutschland 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**The finite element method in the solution of hydrodynamic gas discharge models**

Vortrag, Optimal control in theory and practice, Greifswald/Germany 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**Zum Einfluss von Randbedingungen bei der Modellierung von Glimmentladungsplasmen**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**Stabilisierung von Finite-Elemente-Verfahren zur Lösung hydrodynamischer Plasmamodelle**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**Zum Einfluss von Randbedingungen bei der Modellierung von Glimmentladungsplasmen**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Becker, M.; Loffhagen, D.; Schmidt, W.:

**Stabilisierung von Finite-Elemente-Verfahren zur Lösung hydrodynamischer Plasmamodelle**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Brandenburg, R.; Lange, H.; Weltmann, K.-D.:

**On the antimicrobial effect of UV- and VUV-emissions generated by non-thermal plasma jets in argon**

Vortrag, 11<sup>th</sup> Hakone, Oleron Island/France 2008

Franke, St.; Schneidenbach, H.:

**Temperature determination from self-reversed resonance lines**

Vortrag, 35<sup>th</sup> ICOPS, Karlsruhe/Germany 2008

Franke, St.; Schöpp, H.:

**Warm-up of a Hg-HID**

Vortrag, PROCOPE meeting, Toulouse/France 2008

Fritsche, A.; Mittelmeier, W.; Heidenau, F.; Neumann, H.-G.; Finke, B.; Bader, R.:

**Mechanical properties of bioactive and anti-infectious implant surface coatings**

Vortrag, 8<sup>th</sup> World Biomaterials Congr., Amsterdam/Netherlands 2008

Gorchakov, S.; Timofeev, A.; Uhrlandt, D.:

**Study of the arc-anode interaction by a two-temperature model**

Vortrag, 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications, Cardiff/UK 2008

Grubert, G.K.; Loffhagen, D.:

**Raum- zeitliche Relaxation metastabiler Moleküle und negativer Ionen in Sauerstoffplasmen**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Grubert, G.K.; Loffhagen, D.; Sigenege, F.:

**Role of metastable molecules and negative ions in dc and rf oxygen discharges**

Vortrag, 61<sup>st</sup> GEC, Dallas/Texas 2008

Grubert, G.K.; Loffhagen, D.:

**Influence of metastable molecules and negative ions on oxygen discharges**

Vortrag, 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications, Cardiff/UK 2008

Gött, G.; Schöpp, H.; Heinz, G.; Hofmann, F.:

**The use of spectral information from the welding arc for process evaluation**

Vortrag, MSE, Nürnberg/Germany 2008

Häkel, M.:

**Das Technologieverwertungsmodell am INP Greifswald**

Vortrag, AK Wissenstransfer der Leibniz-Gemeinschaft, Berlin/Deutschland 2008

Häkel, M.:

**Lobbying auf EU-Ebene**

Vortrag, EUKOS Meeting, IHK Rostock/Deutschland 2008

Häkel, M.:

**Technology Transfer as Recruiting Instrument and Facilitator of Entrepreneurship**

Vortrag, Open Days, Brussels 2008

Hofmann, F.; Schöpp, H.; Gött, G.; Heinz, G.:

**Spectral control for pulsed arc welding**

Vortrag, MSE, Nürnberg/Germany 2008

Kettlitz, M.; Rarbach, J.; Zalach, J.:

**Characterization of non-stable states of lamp operation of high power lamps**

Vortrag, IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Edmonton/Canada 2008

Kindel, E.; Lange, H.; Uhrlandt, D.; Weltmann, K.-D.:

**Experimental investigation in the recombination zone of an rf atmospheric pressure plasma jet**

Vortrag, 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications, Cardiff/UK 2008

Kozakov, R.; Long, Q.; Schöpp, H.; Kunz, D.:

**Vergleich von zwei circadianen Modellen im Rahmen des Projektes PLACAR  
(Plasma Lampen für circadiane Rhythmen)**

Vortrag, Licht & Gesundheit, Berlin/Deutschland 2008

Kozakov, R.; Schöpp, H.; Kunz, D.:

**Spektrantailoring und Leuchtdichteverteilungen zur Melatoninbeeinflussung im Verbundprojekt PLACAR**

Vortrag, Licht, Ilmenau/Deutschland 2008

Lang, N.; Röpcke, J.; Steinbach, A.; Wege, S.:

**Online Überwachung von Plasmaätzprozessen mit Hilfe von Quanten-Kaskaden-Lasersystemen  
in der Halbleiterindustrie**

Vortrag, 6. OPTAM, Dortmund/Deutschland 2008

Loffhagen, D.; Sigeneger, F.:

**Hybrid modelling of an ac-driven low-pressure He-Xe lamp discharge**

Vortrag, 61<sup>st</sup> GEC, Dallas/Texas 2008

Maurer, H.; Basner, R.; Kersten, H.:

**Micro-Particles as Thermal Probes in Plasmas**

Vortrag, Graduate Summer Institute "Complex Plasmas", Hoboken/USA 2008

Ohl, A.; Besch, W.; Steffen, H.; Foest, R.; Arens, M.; Wandel, K.:

**Surface Coating by Repeated Plasma-Assisted Grafting and Cross-Linking of Molecular Precursors**

Vortrag, 11<sup>th</sup> PSE, Garmisch-Patenkirchen/Germany 2008

Peters, S.; Kettlitz, M.; Wendt, M.; Kloss, A.:

**Breakdown characteristics of metal halide plasma lamps**

Vortrag, 35<sup>th</sup> ICOPS, Karlsruhe/Germany 2008

Polak, M.; Quade, A.; Ohl, A.; Weltmann, K.-D.:

**XPS Tiefenprofile von Sauerstoff PIII behandelten Titan Implantaten**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

Popov, S.; Methling, R.; Uhrlandt, D.; Batrakov, A.:

**Time and Spectra Resolved Investigation of Light Emitted by Cathode Spot at Vacuum Discharges**

Vortrag, 15<sup>th</sup> SHCE and 9th CMM, Tomsk/Russia 2008

Schneidenbach, H.; Franke, St.; Wendt, M.:

**Temperature determination with contour fits of self-reversed spectral lines**

Vortrag, 10<sup>th</sup> HTTP, Patras/Greece 2008



Schröder, K.; Besch, W.; Busse, B.; Steffen, H.; Ohl, A.; Quade, A.; Weltmann, K.-D.:

**Plasma-induced surface modifications of disposables for biomedical diagnostics**

Vortrag, Polymerwerkstoffe P2008, Halle(Saale)/Deutschland

Schröder, K.; Busse, B.; Steffen, H.; Ohl, A.; Quade, A.; Weltmann, K.-D.:

**Configuration of plasma processes for the generation of a chemical triple pattern for cell-based RNA arrays**

Vortrag, 11<sup>th</sup> PSE, Garmisch-Patenkirchen/Germany 2008

Schöpp, H.; Gött, G.; Heinz, G.; Hofmann, F.:

**The use of spectral information from the welding arc for process evaluation**

Vortrag, PROCOPE meeting, Toulouse/France 2008

Schöpp, H.; Kozakov, R.; Franke, St.:

**Plasma light sources and biological rhythm**

Vortrag, PROCOPE meeting, Toulouse/France 2008

Sigeneger, F.; Rackow, K.; Uhrlandt, D.; Ehlbeck, J.; Lieder, G.:

**Barium transport in fluorescent lamps**

Vortrag, 61<sup>st</sup> GEC, Dallas/Texas 2008

Stepanov, S.; Welzel, S.; Röpcke, J.; Meichsner, J.:

**Time-resolved QCLAS measurements in pulsed cc-rf  $\text{CF}_4/\text{H}_2$  plasmas**

Vortrag, 3<sup>rd</sup> Int. Workshop Infrared Plasma Spectroscopy, Greifswald/Germany 2008

Uhrlandt, D.; Batrakov, A.; Popov, S.; Methling, R.; Weltmann, K.-D.; Pryadko, E.:

**Light emission of cathode spot plasma in spark and arc stages of vacuum discharge**

Vortrag, 17<sup>th</sup> Int. Conf. Gas Discharges and their Applications, Cardiff/UK 2008

Uhrlandt, D.; Methling, R.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.:

**Time-resolved Spectroscopy on Cathode Spots of a Vacuum Discharge**

Vortrag, 23<sup>rd</sup> ISDEIV, Bucharest/Romania 2008

von Woedtke, Th.; Daeschlein, G.; Niggemeier, M.; Brandenburg, R.; Kindel, E.; Jünger, M.; Weltmann, K.-D.:

**Inactivation of wound pathogens using atmospheric pressure plasmas**

Vortrag, DPhG Jahrestagung, Bonn/Deutschland 2008

Weltmann, K.-D.:

**"Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in die Praxis am Beispiel der Plasmatechnologie" im Rahmen der Veranstaltung: "Produkt- und Verfahrensentwickler für Unternehmen in M-V gesucht und gefunden"**

Vortrag, IHK, Rostock/Deutschland 2008

Weltmann, K.-D.:

**Forschung am INP Greifswald am Beispiel von Normaldruckplasmen für die Dekontamination thermolabiler Materialien**

Vortrag, Kolloquium, Forschungszentrum Karlsruhe/Deutschland 2008

Weltmann, K.-D.:

**Potenziale der Plasmatechnologie**

Vortrag, SmartTex, Weimar/Deutschland 2008

Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; Foest, R.; Kindel, E.; Stieber, M.; von Woedtke, Th.:

**Advanced atmospheric pressure microplasma sources for surface treatment**

Vortrag, AVS 55th Int. Symp., Boston, MA/USA 2008

Welzel, S.:

**Infrared spectroscopy of reactive plasmas by means of quantum cascade lasers**

Vortrag, Graduate Summer Institute "Complex Plasmas", Hoboken/USA 2008

Welzel, S.; Lombardi, G.; Davies, P.B.; Engeln, R.; Schram, D.C.; Röpcke, J.:

**Using quantum cascade lasers with resonant optical cavities as a diagnostic tool**

Vortrag, 3<sup>rd</sup> Int. Workshop Infrared Plasma Spectroscopy, Greifswald/Germany 2008

Wiese, R.; Kersten, H.:

**Eine kontinuierlich arbeitende Sonde zur Messung des Energieeinstromes bei plasmatechnologischen Prozessen**

Vortrag, Workshop "Oberflächentechnologie", Mühlleithen/Deutschland, 2008

Wiese, R.; Kersten, H.; Brieg, S.:

**Eine kontinuierlich arbeitende Sonde zur Messung des Energieeinstromes bei plasmatechnologischen Prozessen**

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Darmstadt/Deutschland 2008

## Patente (erteilt)

Käning, M.; Schalk, B.; Hitzschke, L.; Franke, St.; Methling, R.; Hess, H.; Schöpp, H.; Schneidenbach, H.:

**High-pressure discharge lamp**

WO 2008/012228 A1, US, 2009

Schomburg, J.; Weltmann, K.-D.; Schultz, C.; Brüser, V.:

**Plasmamodifizierte natürliche Minerale mit nanoskaligen Eigenschaften, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung**

102007022457.7, DE, 2008

## Promotionen / Habilitationen

Wiese R.:

**Neue Methoden der Diagnostik von Plasmaquellen**

Promotion / Habilitation, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 29.02.2008



Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.

Felix-Hausdorff-Str. 2 // 17489 Greifswald

Tel.: 03834 / 554 300 // Fax: 03834 / 554 301

[www.inp-greifswald.de](http://www.inp-greifswald.de)



2008

Jahresbericht