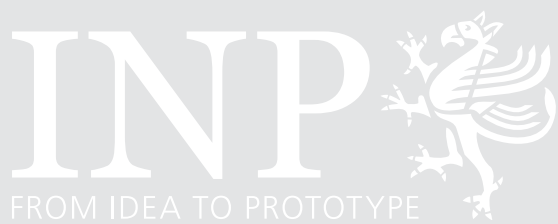


# JAHRESBERICHT 2016/2017

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR PLASMAFORSCHUNG UND TECHNOLOGIE E. V.





# JAHRESBERICHT 2016/2017

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR PLASMAFORSCHUNG UND TECHNOLOGIE E.V.

Felix-Hausdorff-Str. 2 // 17489 Greifswald // Germany

Tel.: +49 3834 / 554 300 // Fax: +49 3834 / 554 301

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

[welcome@inp-greifswald.de](mailto:welcome@inp-greifswald.de)

Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie ist Bestandteil einer starken Forschungsgemeinschaft, die zu den wissenschaftlichen Säulen des Landes zählt. Spätestens alle sieben Jahre beweisen wir in einem aufwändigen Evaluierungsverfahren unsere Leistungsfähigkeit. Die Hinweise einer unabhängigen Expertenkommission dienen als Kompass für die Ausrichtung unserer Arbeit.

Eine wesentliche Empfehlung der letzten Evaluierung im Jahr 2014 war, die Grundfinanzierung des Instituts im Bereich Plasmamedizin signifikant zu erhöhen. Dieser Einschätzung sind das Land Mecklenburg-Vorpommern und das Bundesministerium für Bildung und Forschung als Zuwendungsgeber gefolgt. Für das so in uns gesetzte Vertrauen als zukunfts- und leistungsfähige Forschungseinrichtung gilt unser besonderer Dank. Mit den zusätzlichen finanziellen Mitteln sind wir in der Lage, hochqualifizierten und engagierten Mitarbeitenden langfristige Perspektiven zu bieten und somit unsere internationale Spitzenposition speziell im Bereich Life Science weiter auszubauen.

Darüber hinaus konnte das Renommee unserer Forschungseinrichtung durch zwei mit der Universität Rostock neu besetzte Professuren gesteigert werden, der W2 Professur für Oberflächen sowie der W3 Professur für Hochspannungs- und Hochstromtechnik. Diese strukturelle Festigung einer langjährigen Partnerschaft wird die positive Entwicklung des Instituts beflügeln. Überhaupt stellen die Kooperationen mit exzellenten Partnern einen Erfolgsfaktor dar. Mit den neuen Professuren, den damit verbundenen Laborflächen in Rostock sowie dem gemeinsam mit der Klinikgruppe Dr. Guth betriebenen Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg ist das Institut noch breiter aufgestellt. So sind in Karlsburg nach ersten Planungen 2013 plasmamedizinische Forschungslabore direkt in der Klinik entstanden – ein weltweites Novum.

In der globalisierten Wissenschaftslandschaft sind auch internationale Kooperationen unerlässlich. So wurde im Februar 2017 das Applied Plasma Medicine Center (APMC) in Seoul eröffnet. Das Vorhaben wird gemeinsam vom Plasma Bioscience Research Institute (PBRC) der Kwangwoon Universität in Seoul und uns realisiert. Erstmals ist so eine Leibniz-

Einrichtung Partner im Rahmen des koreanischen Exzellenzforschungsprogramms „Global Research Development Center“ (GRDC). Mit den Karlsburger Kliniklaboren und dem anwendungsorientierten APMC haben wir die nächsten Meilensteine erreicht, um unsere Forschungsergebnisse erfolgreich in die Praxis zu überführen und unser Leitbild „Von der Idee zum Prototyp“ zu erfüllen.

Viele weitere wissenschaftliche Fragestellungen, bei denen Plasmatechnologie einen entscheidenden Beitrag leistet, finden Sie im vorliegenden Jahresbericht. Wir wünschen eine unterhaltsame Lektüre und hoffen, dass Sie uns auch in den kommenden Jahren begleiten.



**Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann**  
Vorstandsvorsitzender und wissenschaftlicher Direktor





# INHALT

BEGRÜSSUNG.....	3
HIGHLIGHTS.....	6
AUSBLICK.....	8
<b>FORSCHUNGSBEREICH - MATERIALIEN &amp; ENERGIE.....</b>	<b>10</b>
▪ Forschungsschwerpunkt Materialien und Oberflächen .....	12
- Normaldruck-Plasmajet zur Oberflächenbehandlung .....	14
- Funktionelle Schichten .....	15
▪ Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse .....	16
- Plasmamonitoring und Plasmachemische Prozesse .....	17
- Plasmachemie.....	18
- Kinetik transienter Moleküle in Plasmen .....	19
▪ Forschungsschwerpunkt Schweißen und Schalten .....	20
- Lichtbögen .....	22
- Analyse und Modellierung von Schaltlichtbögen unter Einsatz von spektroskopischen Methoden .....	23
<b>FORSCHUNGSBEREICH - UMWELT &amp; GESUNDHEIT .....</b>	<b>24</b>
▪ Forschungsschwerpunkt Bioaktive Oberflächen.....	26
- Keramische und biomimetische Schichtsystemen für den Einsatz im medizinischen Bereich .....	28
- DEFOE - Disk Etching For One-cell Electrophysiology .....	29
▪ Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin .....	30
- Plasma & Zelle .....	32
- Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) "plasmatis - Plasma plus Zelle" .....	33
▪ Forschungsschwerpunkt Dekontamination .....	34
- Plasmachemische Prozesse in Flüssigkeiten .....	36
- Plasma und Lebensmittel .....	37
<b>FORSCHERGRUPPEN.....</b>	<b>38</b>
▪ ZIK plasmatis - Plasma-Redox-Effekte .....	40
▪ ZIK plasmatis - Plasma-Flüssigkeits-Effekte .....	42
▪ Biosensorische Oberflächen .....	44
▪ Plasmaquellen-Konzepte .....	46
▪ Plasmawundheilung.....	48



<b>KOMPETENZEN</b>	50
▪ Plasmabiotechnik	52
▪ Plasmadiagnostik	54
▪ Plasmalifescience	56
▪ Plasmamodellierung	58
▪ Plasmaoberflächentechnik	60
▪ Plasmaprozesstechnik	62
▪ Plasmaquellen	64
▪ Plasmastrahlungstechnik	66
▪ Stab - Wissenschaftsmanagement	68
▪ Verwaltung / Infrastruktur	69
<b>APPLIKATIONSLABORE</b>	70
▪ Labor für Oberflächendiagnostik	72
▪ Lichtbogenlabor	73
▪ Schweißlichtbogenlabor	74
▪ Hochstrom-/ Hochspannungslabor	75
▪ Mikrobiologisches Labor	76
▪ Labor für Hochfrequenztechnik	77
▪ Labor für AOM-Laser und Industriesensorik	78
▪ Labor für Plasma-Bio-Prozesstechnik	79
<b>LEITBILD</b>	80
<b>PROFIL</b>	81
<b>KOOPERATIONEN</b>	87
<b>PUBLIKATIONEN</b>	90
<b>MONOGRAPHIEN</b>	100
<b>TAGUNGSBEITRÄGE</b>	102
<b>VORTRÄGE</b>	104
<b>PATENTE</b>	116
<b>PROMOTIONEN, DIPLOM-, MASTER- UND BACHELORARBEITEN</b>	119

### Plasma Physics Innovation Award

Große Ehre für zwei Greifswalder Wissenschaftler: Im Juli 2016 wurden der Vorstandsvorsitzende des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP), Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann, sowie der Leiter des Forschungsschwerpunktes Plasmamedizin, Prof. Dr. Thomas von Woedtke, von der European Physical Society im belgischen Leuven für ihre Pionierarbeit auf dem Gebiet der Plasmamedizin ausgezeichnet. Unter der Leitung beider Forscher war es innerhalb weniger Jahre gelungen, aus Laborergebnissen ein völlig neuartiges Medizinprodukt zu entwickeln, den kINPen® MED. Mit diesem Plasmastift können Krankheitserreger in Wunden abgetötet und Wundheilungsprozesse beschleunigt werden. Der kINPen® MED wird europaweit in einer Vielzahl von Kliniken zur Behandlung von Patienten eingesetzt.

Eine strategische Neuausrichtung bildete die Grundlage dieser Innovationen. So wurde im Jahr 2006 vom Vorstand beschlossen, die traditionell bedeutsamen Forschungsgebiete Plasmaphysik und Medizin zu bündeln. Eine weitere Weichenstellung war die Einrichtung der weltweit ersten Professur für Plasmamedizin, welche der Pharmazeut Thomas von Woedtke seit Juli 2011 innehat. Die Berufung erfolgte an die Universitätsmedizin Greifswald - in Kooperation mit dem INP. Vor allem aber sorgte die jahrelange Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern, dass sich im äußersten Nordosten ein international führendes Zentrum für Plasmamedizin entwickeln konnte. Diese führende Position wird weiter ausgebaut: Künftig soll das Verfahren auch in der Dermatologie, der Zahnmedizin und der Onkologie angewendet werden. Erste Studien hierzu verliefen erfolgreich.

### Bundeskanzlerin Merkel besucht das INP

Hoher Besuch: Im August 2016 ließ sich Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel (CDU) von Institutsdirektor Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann durch das Institut führen und informierte sich über die dort entwickelten Plasmatechnologien, die aus ihrer Sicht zur „Weltspitze“ zählen. Dabei hob die Regierungschefin und studierte Physikerin insbesondere die interdisziplinäre und anwendungsorientierte Arbeit der Einrichtung hervor, wodurch Innovationen möglichst schnell in tragfähige Geschäftsmodelle überführt werden können. Einen Schwerpunkt des Rundgangs bildete die plasmamedizinische Forschung. Der INP-Wissenschaftler Prof. Dr. Thomas von Woedtke demonstrierte die Funktionsweise



des Plasmajets kINPen® MED, mit dem ein Durchbruch bei der Behandlung chronischer Wunden und infektiöser Hauterkrankungen gelang. Das Motto des Instituts – von der Idee zum Prototyp – wurde dem hochrangigen Gast auch in anderen Laboren verdeutlicht. Viele Forschungsergebnisse werden durch die enge Verzahnung mit der Industrie im Fahrzeugbau, Life-Science-Bereich, Energiesektor und der Umwelttechnik eingesetzt.

### Applied Plasma Medicine Center

Von Greifswald nach Seoul: Ein gemeinsames Exzellenzforschungsprojekt des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie und des Plasma Bioscience Research Institute in Seoul wurde im November 2016 ins Leben gerufen. Dabei unterstützt die koreanische Regierung den Aufbau eines „Applied Plasma Medicine Centers“ mit 3,4 Millionen Euro. Somit wurde erstmals ein Leibniz-Institut in das prestigeträchtige koreanische Wissenschaftsprogramm „Global Research Development Center“ eingebunden. Die Forscherinnen und Forscher beider Standorte wollen die Anwendung kalter Plasmen im asiatischen Raum etablieren. Zu den Zielen zählen die Erarbeitung gemeinsamer Leistungsparameter sowie die Vorbereitung klinischer Studien. Offiziell wurden die Labore in Seoul im Februar 2017 eröffnet.

### Neue Nachwuchs- forschergruppen

Neue Arbeitsgruppe: Das BMBF unterstützt die am Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) plasmatis geleistete Grundlagenforschung weiterhin mit einem großen Fördervolumen. Im Januar 2016 konnte daher eine neue, sechsköpfige Arbeitsgruppe gebildet werden, die sich mit der Beeinflussung von zellulären Redoxprozessen durch kalte Plasmen

beschäftigt. Seit Januar 2017 forschen ebenfalls sechs Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf dem Gebiet der Plasma-Flüssigkeits-Wechselwirkungen. Insgesamt stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung rund 9,7 Millionen Euro für weitere fünf Jahre zur Verfügung. In den hochmodernen ZIK-Laboren forschen Biochemiker(innen), Pharmazeut(inn)en, Biolog(inn)en und Physiker(innen) unter einem Dach auf dem Gebiet der Plasmamedizin. Ein wesentliches Thema bildet derzeit die Wundheilung. Darüber hinaus wird in den neuen Nachwuchsforschergruppen eine Übertragung der bisherigen Erkenntnisse auf andere Anwendungsgebiete untersucht. Der Fokus liegt hier auf der Beeinflussung von kaltem physikalischen Plasma auf Tumorzellen.

## 25 Jahre INP

Ein Vierteljahrhundert Spitzenforschung: Mit einem Festakt wurde im Juni 2017 ein Meilenstein in der Geschichte des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie gefeiert. Im Beisein von mehr als 200 Gästen, unter ihnen Mitarbeiter(innen), Förderer und Partner, zog Vorstandsvorsitzender Prof. Klaus-Dieter Weltmann eine absolut positive Bilanz seit der Gründung im Jahr 1992. Damals firmierte die Einrichtung noch unter Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik. Sieben Jahre später bezogen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Neubau mit 3.700 Quadratmetern Labor- und Bürofläche. Längst sei Plasmaforschung aus Greifswald nicht mehr wegzudenken, würdigte Weltmann in seiner Rede. Forschungsstaatssekretär Thomas Rachel (CDU) sprach in einem Grußwort von einem „wissenschaftlichen Hotspot“, der in der internationalen Forschungslandschaft verankert sei. Die Landesministerin für Bildung und Wissenschaft, Birgit Hesse (SPD), sprach von herausragenden Forschungsleistungen. So hat sich das 2008 gegründete Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) plasmatis zu einem international führenden Standort für Plasmamedizin entwickelt. Ein bedeutsames Ereignis war auch die Eröffnung des Lichtbogenlabors im Jahr 2015.



## TOTAL E-QUALITY Prädikat

Praktizierte Chancengleichheit: Zum zweiten Mal wurde das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie im Oktober 2017 für seine Gleichstellungspolitik sowie die familienfreundlichen Arbeitsbedingungen ausgezeichnet. Der Verein TOTAL E-QUALITY Deutschland e. V. bescheinigte der Forschungseinrichtung erneut ein erfolgreiches und nachhaltiges Engagement für die berufliche Chancengleichheit von Frauen und Männern – insbesondere in Führungsebenen. Die von der EU und der Bundesregierung initiierte Auszeichnung wurde der Gleichstellungsbeauftragten des Greifswalder Instituts, Dr. Christine Zadow, in Gelsenkirchen verliehen. Das Prädikat ist für drei Jahre gültig. Im Jahr 2020 ist eine erneute Bewerbung geplant. [www.total-e-quality.de](http://www.total-e-quality.de)

## CarMON: Nanoteilchen für Energiespeicher

Batterien der Zukunft: Zusammen mit Partnern in Saarbrücken und Düsseldorf wird in Greifswald die Herstellung von Nanomaterialien für Energiespeicher erforscht. Das Projekt CarMON (New Carbon-Metal Oxide Nanohybrids for Efficient Energy Storage and Water Desalination) wurde im Januar 2017 gestartet und wird von der Leibniz-Gesellschaft mit insgesamt 1,3 Millionen Euro gefördert. In einem ersten Schritt geht es zunächst darum, die Struktur dieser winzigen Teilchen präzise zu kontrollieren und zu reproduzieren. Erst unter dieser Voraussetzung ist eine wirtschaftliche Nutzung möglich. Die Projektleitung hat die INP-Wissenschaftlerin Dr. Angela Kruth übernommen. Sie arbeitet bereits an Plasmaprozessen, mit denen Nanoschichten für Brennstoffzellen oder Solaranlagen erzeugt werden. Weitere Anwendungsbereiche finden sich in der Präzisionsoptik und der Halbleitertechnologie.

## Professuren in Rostock

Akademische Karriere: Zwei Forscher des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie wurden im Jahr 2017 zu Professoren an der Universität Rostock ernannt. Der stellvertretende wissenschaftliche Direktor des INP, Dr. Dirk Uhrlandt, leitet seit Anfang des Jahres am Institut für Elektrische Energietechnik den Lehrstuhl „Hochspannungs- und Hochstromtechnik“. Der Physiker ist als Gastprofessor an der Staatlichen Polytechnischen Universität Sankt Petersburg tätig. Im September 2017 erhielt Dr. Ronny Brandenburg eine Ernennungsurkunde des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Er lehrt an der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät das Fach „Plasmen für Oberflächen“ und leitet am INP den Forschungsschwerpunkt „Plasmachemische Prozesse“.





Foto vom Bau des zukünftigen Zentrums für Life Science und Plasmatechnologie (C4LP) in Greifswald. Die Fertigstellung ist für 2019 geplant.

## Ausblick

Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. hat bereits in zahlreichen Projekten nachgewiesen, welche großen wirtschaftlichen Potenziale mit Plasmatechnologien verbunden sind. Vielfach arbeiten unsere Mitarbeitenden eng mit der Industrie zusammen. Die folgenden Beispiele zeigen, was wir in naher Zukunft vorhaben.

### Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie

Platz für Innovationen: Mit dem Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie entsteht ein neues Forschungs- und Gründerzentrum mit internationaler Strahlkraft – in direkter Nachbarschaft des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP). Unsere Wissenschaftler erhalten durch den Neubau viel mehr Möglichkeiten, mit der Industrie zu kooperieren und Prototypen für den Markt zu entwickeln. Daher wird das INP beispielsweise eine acht Meter hohe Produktionshalle, zahlreiche Büroräume und spezielle Labore anmieten.

Insgesamt investiert die Hansestadt Greifswald rund 32 Millionen Euro in den Bau – es ist das größte Projekt, das sich die Kommune jemals vorgenommen hat. Die Hälfte dieser Summe stellt das Land über Fördermittel bereit. Die Eröffnung ist in zwei Jahren geplant. 240 neue Jobs sollen in dem Komplex entstehen – und wir möchten dazu unseren Beitrag leisten.

Nunmehr würden weitere Kapazitäten für junge Unternehmen geschaffen, um Forschungsergebnisse in Produkte umzusetzen, sagte Wirtschaftsminister Harry Glawe (CDU) bei der Übergabe des Fördermittelbescheides. Wir, das INP, erhoffen uns neue Impulse für die Plasmaforschung an unserem Hauptstandort, insbesondere auf dem Gebiet der Bioökonomie.

## Plasma in der Landwirtschaft

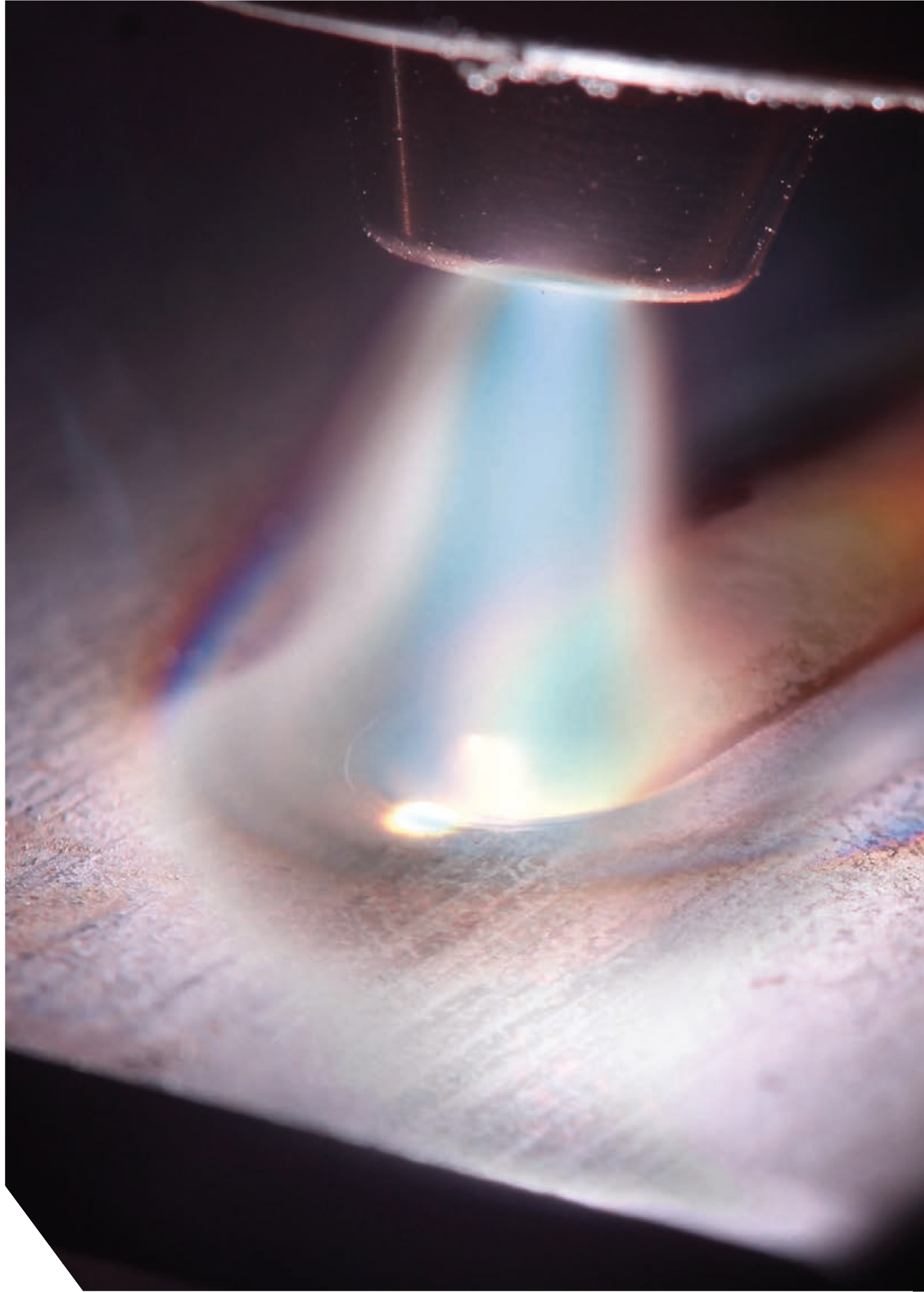
Widerstandsfähige Saatkörner: Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie nimmt einen neuen, wirtschaftlich bedeutsamen Anwendungsbereich für kaltes Plasma in sein Portfolio auf – die Landwirtschaft. Die zwei Biologinnen Dr. Henrike Brust und Dr. Nicola Wannicke sowie ihre Kollegen, der Physiker Stefan Horn und der Techniker Michael Timm, untersuchen seit Juli 2017, wie Saatgut keimfähiger und widerstandsfähiger gemacht werden kann.

Im Blickpunkt der Forschung stehen Getreidesorten wie Weizen und Gerste, aber auch Leguminosen wie Rotklee und Luzerne. In Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung soll das mit Plasmaquellen behandelte Saatgut künftig auf Versuchsfeldern getestet werden. Ziel ist, den Einsatz von Chemie auf Feldern zu reduzieren und die Aussaat auf schonende Weise vor Krankheiten zu schützen. Diese wird bislang häufig mit Beizmitteln behandelt.

Zunächst einmal hat sich das Forscherquartett um finanzielle Mittel aus dem Förderprogramm „Wandel durch Innovation in der Region“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung beworben. Zusammen mit der Hochschule Neubrandenburg wird ab April 2018 ein zukunftsweisendes Strategiekonzept entwickelt. Parallel entsteht am INP ein neues, speziell ausgerüstetes Labor.

Plasma gilt in der Industrie längst als Schlüsseltechnologie. Aber es liegt noch viel Forschungsarbeit vor uns, um in weiteren Anwendungsbereichen einen Durchbruch zu erzielen.









## FORSCHUNGS- BEREICH

## MATERIALIEN & ENERGIE

### Überblick

Der Forschungsbereich bündelt plasmatechnologische Themenstellungen in den Bereichen Energie- und Produktionstechnik. Aktuelle Anwendungsgebiete sind die Herstellung funktionaler Oberflächen, dünner Schichten und katalytisch aktiver Materialien mittels Plasmaprozessen, ebenso die plasmachemische Synthese sowie der Einsatz von Lichtbögen in der Elektroenergietechnik und Verfahrenstechnik.

Im Fokus stehen insbesondere die technischen Herausforderungen der Energiewende. So wird an neuen Materialien für die Batterietechnik, die Photovoltaik sowie die Synthese und Speicherung von Wasserstoff geforscht. Zudem geht es darum, mit neuen Komponenten die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Energieinfrastruktur zu erhöhen. Aktuell untersuchen die WissenschaftlerInnen, wie Oberflächen mittels nicht-thermischer Plasmen bei Atmosphärendruck behandelt werden können. Darüber hinaus wird die Interaktion von thermischen Plasmen mit Elektroden und Wänden erforscht. Einen Schwerpunkt bildet auch die Entwicklung von Messmethoden für unterschiedliche Anwendungen - vom Vakuumprozess bis zum Lichtbogenschweißen. Hierdurch wird die Analyse der zu Grunde liegenden physikalischen und chemischen Prozesse erst ermöglicht.

### Forschungsschwerpunkt Materialien und Oberflächen

- Funktionelle Schichten
- Nanostrukturierung  $\text{SO}_2$ -sensitiver Elektrodenschichten

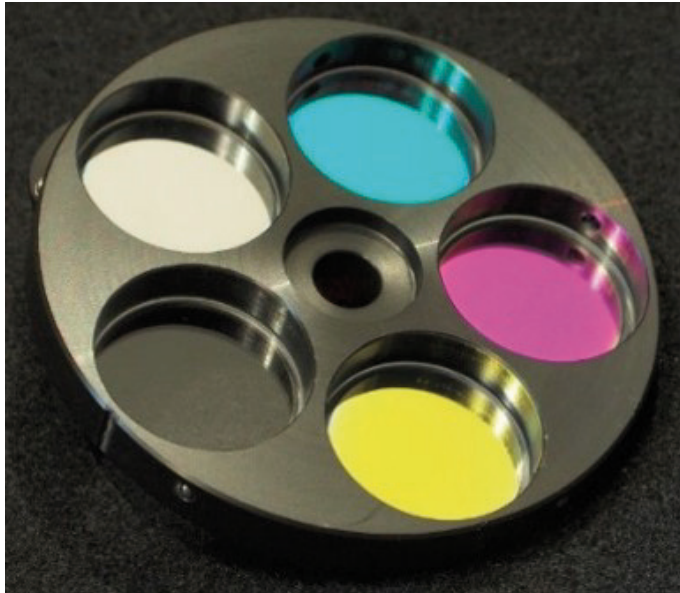
### Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse

- Plasmamonitoring und Plasmachemische Prozesse
- Plasmachemie
- Kinetik transienter Moleküle in Plasmen

### Forschungsschwerpunkt Schweißen und Schalten

- Lichtbögen
- Analyse und Modellierung von Schaltlichtbögen unter Einsatz von spektroskopischen Methoden

## Überblick



Optische Dünnschicht-Interferenzfilter präpariert mittels ionengestütztem Plasmaverfahren im INP Greifswald

Plasmen sind heute ein unentbehrliches Arbeitsmittel in der Dünnschichttechnologie. Sie verleihen Oberflächen neue Eigenschaften und erlauben die Synthese nanoskaliger Materialien. Plasma- und ionengestützte Oberflächenverfahren spannen das Spektrum vom strukturierten Materialabtrag, wie beim Ätzen oder der Feinreinigung, über die Einstellung der Grenzflächeneigenschaften z.B. zur Steuerung der Verklebbarkeit oder Bedruckbarkeit bis hin zur Herstellung von Funktionsschichten mit Anwendungen zum Schutz vor Korrosion, Wärme oder mechanischem Abrieb sowie zur Vergütung von Optiken.

Die Synthese von nanostrukturierten Materialien oder Nanopartikeln mittels Plasmaverfahren eröffnet Perspektiven im Bereich der Speicherung und Wandlung Erneuerbarer Energien, wie z.B. Komponenten für die Elektrokatalyse (Batterie- und Brennstoffzellentechnik) oder die Wasserstofftechnologie. Die vielfältigen Anwendungen begründen sich durch eine Reihe von prozesstechnischen Vorteilen von Plasmaverfahren, wie eine niedrige thermische Belastung der Bauteile, vergleichsweise Umweltfreundlichkeit, präzise Steuerbarkeit sowie eine äußerst geringe Beeinflussung der Grundmaterialeigenschaften.

Im Forschungsschwerpunkt werden innovative Plasma-prozesse erforscht, technische Plasmen angewandt, experimentell charakterisiert, simuliert und im Zusammenhang mit den Schicht- und Oberflächeneigenschaften betrachtet. Die Kenntnis der im Plasma ablaufenden Vorgänge führt schließlich zu besser steuerbaren Fertigungsprozessen und damit zu überlegenen Produktlösungen.

## ANWENDUNGSFELDER

### Materialien für erneuerbare Energiequellen und katalytische Prozesse:

Bei der Herstellung wesentlicher Komponenten und Materialien für die Energiespeicherung/-wandlung, wie z.B. die Synthese von katalytischen Oberflächen in den Wasserstofftechnologien oder für Batterien und ebenso in angrenzenden Gebieten, wie der Sensortechnik, der chemischen Synthese und bei Wasser- bzw. Gasreinigungs- und Aufbereitungsprozessen können Plasmaprozesse zur Anwendung kommen.

### Funktionelle Beschichtungen:

Dünne Schichten verleihen vielen Materialien bessere Eigenschaften. Je nach Anwendung erfüllen die Schichten spezielle Funktionen: Bei tribologisch beanspruchten Bauteilen verringern sie den mechanischen Abrieb oder bei Metallen die Neigung zur Korrosion. Sie dienen beispielsweise der Haftungsverbesserung von Materialverbünden, besitzen dekorativen Charakter, verringern als Barriere die Gaspermeation oder können der Oberfläche von Kunststoffen einen erhöhten Kratzschutz verleihen. In der Halbleitertechnik und Optik übernehmen Beschichtungen Funktionen als Dielektrikum, EMV-Abschirmung bzw. als Antireflexschicht.

### Optische Schichten:

Plasma- und Ionenprozesse kommen bei der Herstellung von Präzisionsoptiken zum Einsatz. Sie bilden die Schlüsselkomponenten für Ausrüstungen in den Gebieten Telekommunikation, Bildgebung, Laseranwendungen oder Messtechnik. So beruht das Funktionsprinzip vieler optischer Bauelemente, wie z.B. hochreflektiver dielektrischer Laserspiegel und hochwertiger optischer Filter auf Interferenzschichtsystemen, die auf den optischen Elementen als dünne Schichten aufwachsen. Darüber hinaus lassen sich die optischen Eigenschaften auch gezielt durch die nanoskalige Modifizierung der Oberflächenstruktur beeinflussen, um beispielsweise Antireflexschichten zu erzeugen.

## Anwendungsorientierter Ausblick

Auf dem Gebiet der Synthese von Materialien für erneuerbare Energiequellen und katalytische Prozesse konnten im Forschungsschwerpunkt wesentliche Fortschritte bei plasmagestützten Synthesemethoden für die Abscheidung von nanodimensionalen metallischen, metalloxidischen und graphitischen Partikeln und Dünnschichten und deren Charakterisierung erzielt werden.

Als Plasmaverfahren kamen dabei das Magnetron Sputtern und Plasma-Ionen gestützte Deposition, die Plasmapyrolyse und PECVD-Verfahren zum Einsatz.

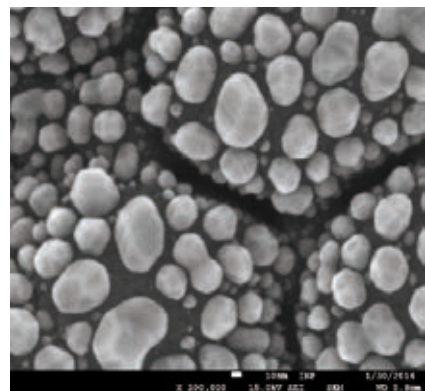
Im Rahmen des im Januar 2017 gestarteten Verbundvorhabens CarMON wird die plasmagestützte Herstellung von Kohlenstoff / metalloxidischen Nanohybriden erforscht, wichtige Schlüsselmaterialien für die Energiespeicherung in Batterien und Superkondensatoren, aber auch für die elektrochemische Wasserentsalzung. Dabei werden wegweisende Korrelationen zwischen der Nanostruktur und den Plasmaeigenschaften aufgedeckt, um damit während des Herstellungsprozesses sehr präzise Einfluss auf die resultierenden elektrochemischen Elektrodeneneigenschaften nehmen zu können. Somit schafft das Projekt Voraussetzungen für eine großtechnische Produktion von hocheffizienten Elektrodenmaterialien.

Mehrere anwendungsnahe Projekte werden gegenwärtig z.B. in der Entwicklung von Synthesemethoden für Platin- und Nickel-basierte Katalysatoren, Graphen- und Metalloxid-basierter Elektroden- und Membrankomponenten sowie der plasmachemischen Anbindung von Katalysatoren auf Substraten durchgeführt.

Eine wesentliches neues Forschungsfeld wurde mit der Erzeugung von Kohlenstoffnanostrukturen sowie metalloxidischen und metallischen Nanopartikeln mittels Atmosphärendruck-Plasmaprozessen in Flüssigkeiten beschritten.

Im Verbundvorhaben Plasmefaser (gestartet 2017) werden neue Ansätze zur Herstellung von optischen Fasern für faserbasierte Hochleistungslaser verfolgt. Die erforderliche Materialabscheidung zur Dotierung des Quarzglases erfolgt durch mikrowellenerzeugte Plasmen unter Normaldruckbedingungen, um später Fasern mit bisher unerreichter Qualität produzieren zu können. Im Forschungsschwerpunkt werden Plasmadiagnostikverfahren eingesetzt und durch Simulationen und Modellierungsmethoden ergänzt, um die im Plasma ablaufenden chemischen und physikalischen Prozesse im Detail zu verstehen. Die so ermittelten optimalen Verfahrensbedingungen bilden die Grundlage für die Herstellung neuer Glasmaterialien beim Projektpartner IPHT.

Im Rahmen des Verbundprojektes PluTO+ wurden Fortschritte beim in-situ Monitoring von Plasmaparametern zur Prozessregelung in industriellen PIAD-Produktionsanlagen erzielt. Mithilfe dieser Prozesse werden hochwertige Komponenten für die Dünnschichtoptik in Laseranwendungen oder der Telekommunikation erzeugt. Für Beschichtungsprozesse ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{MgF}_2$ ) konnten erstmals quantitative Informationen zum Plasma gewonnen, mit Modellen flankiert und in Relation zu den resultierenden Schichteigenschaften gestellt werden. Diese Kenntnisse erlauben eine neue Qualität der Steueralgorithmen, die auf den für das Schichtwachstum eigentlich relevanten Plasmakenngrößen beruhen. Die Weiterentwicklung der PIAD-Prozesse führt damit zur besseren Erfüllung der seitens der Industrie geforderten Aspekte wie Reproduzierbarkeit, räumliche Homogenität, verbesserte Energieeffizienz und Steigerung der Depositionsrate ohne Qualitätseinbußen.



Nanokompositschicht zur Thematik Materialien zur Energiespeicherung und -wandlung, hergestellt am INP Greifswald mittels PVD-Verfahren. Die typischen Partikelgrößen liegen bei wenigen 10 nm.



## Grundfinanziertes Projekt Funktionelle Schichten

Es wird das Orts- und Zeitverhalten eines nichtthermischen Atmosphärendruckplasmajets (ntAPPJ, non-thermal Atmospheric Pressure Plasma Jet) und dessen Einfluss auf die reaktive Abscheidung funktioneller Schichten mittels PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) untersucht. Der spezielle ntAPPJ zeichnet sich durch eine nichtlineare Filamentbildung aus und die daraus resultierende Gasdynamik ist ein entscheidender Faktor für die Reproduzierbarkeit und Eigenschaften der mittels des ntAPPJs abgeschiedenen Schichten.

Es konnte festgestellt werden, dass die Gasdynamik des ntAPPJs zur Selbstorganisation der Entladungsfilamente führen kann, zum sogenannten Locked-Mode (LM). Im LM formen die Filamente eine regelmäßige symmetrische Anordnung, die im Ganzen mit einer einstellbaren Umlaufgeschwindigkeit rotiert (Abb.). Das Verhalten stellt vorteilhaft eine Voraussetzung für ein gleichmäßigeres Vermischen der schichtbildenden organischen Dämpfe (HMDSO, Hexamethyldisiloxan oder OMCTS, Oktamethyltetrasiloxan) in der reaktiven Zone des ntAPPJs dar und führt damit zur erhöhten Qualität der Beschichtung (z.B. kohlenstofffreie Siliziumdioxid-Schicht).

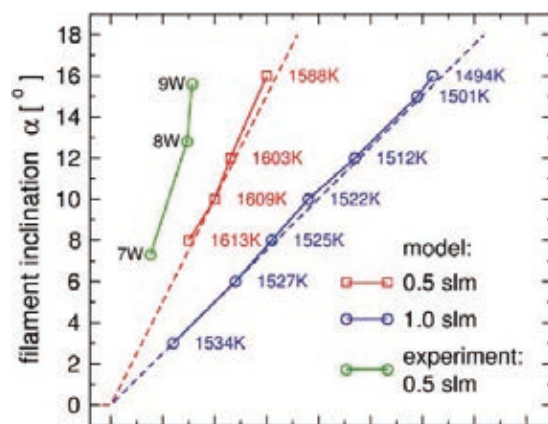
Die Untersuchungen der Beschichtungsprozesse wurden um die Verbindung Tetrakis(trimethylsilyloxy)silan (TTMS) erweitert, und die Ergebnisse wurden auch mit einer alternativen Plasmaquelle (MW-Jet, Anregungsfrequenz 2,45 GHz) verglichen (J. Schäfer et al., Surf. Coat. Technol. 295 (2016) 112–118). Hier konnte eine nanodendritische Siliziumdioxid-Struktur mit einer extrem vergrößerten Inneren Oberfläche hergestellt werden.

Eine alternative Beschichtungsmethode (LA-PECVD, liquid-assisted PECVD) wurde untersucht um den Effekt der chemischen Struktur der Ausgangsstoffe (HMDSO, OMCTS, TTMS) auf die chemische Zusammensetzung der abgeschiedenen Schichten näher charakterisieren zu können (J. Schäfer et al., Thin Solid Films 630 (2017) 71–78). Mittels LA-PECVD und TTMS konnten die Abscheidungsraten signifikant bis zum 28 nm/s erhöht werden. Darüber hinaus konnte eine Klassifizierung der chemischen Zusammensetzung der Schichten vor-

genommen werden, die auf den komplexen Analysen der Schichten mittels XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy), FTIR-Spektroskopie (Fourier Transform Infra Red) und EDX-Spektroskopie (Energy Dispersive X-ray Photon Spectroscopy) basiert.

Einen tieferen Einblick in die Dynamik der Abscheidungsprozesse ermöglichte die Modellierung des ntAPPJs. Ein zweidimensionales hydrodynamisches Modell charakterisiert die Gasströmung, Wärmebilanz, Plasmaerzeugung und reaktive Kinetik des Präkursors (F. Sigeneger et al, Plasma Process Polym 2017, 14, 1600112). Die Plausibilität des Modells wurde durch übereinstimmende Temperaturmessungen mittels LSD (Laser-Schlieren-Deflektometrie) gestärkt.

Es wurde ein dreidimensionales hydrodynamisches Modell der Gasströmung und der Energiebilanz entwickelt, das die vorherigen experimentellen und theoretischen Ergebnisse integriert (J. Schäfer et al, Plasma Phys. Control. Fusion 60 (2018) 014038). Die Arbeiten im Rahmen dieser Thematik wurden zu Teilen durch die DFG (DFG-Cluster Ogaplas sowie TRR-24 Komplexe Plasmen) gefördert.



Linearer Zusammenhang zwischen der Neigung der Filamente und ihrer Rotationsfrequenz im Locked-Mode für unterschiedliche Betriebsbedingungen (J. Schäfer et al, Plasma Phys. Control. Fusion 60 (2018) 014038).

## Drittmittelfinanziertes Projekt Nanostrukturierung $\text{SO}_2$ -sensitiver Elektrodenschichten

Der Einsatz von in-situ  $\text{SO}_2$ -Sensoren für die Verbrennungsführung in Großfeueranlagen und insbesondere in Biogasanlagen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Hohe  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen bei sehr geringem  $\text{O}_2$ -Anteil im Brennraum führen zu reduzierender Atmosphäre an allen heißen Stahlteilen (Flossenwände) im Feuerraum. Es bilden sich Metall-Schwefelverbindungen, die die Stahlfestigkeit zerstören können. Ein weiteres Problem ist die massive Umweltbelastung verbunden mit gesundheitsschädlichen Schadstoffen bei der Verbrennung von nicht entschwefeltem Schweröl weltweit auf den großen Frachtschiffen (ca. 100.000 Schiffe).

Die bekannten und vielfach bearbeiteten Sensorarrays, die aus verschiedenen Sensoren mit unterschiedlichen Sensitivitäten zu den jeweiligen Gaskomponenten bestehen, sind weder hinsichtlich der möglichen Arbeitstemperatur noch hinsichtlich der verwendbaren Sensormaterialien für die hohen Betriebstemperaturen in realen Rauchgasanwendungen geeignet.

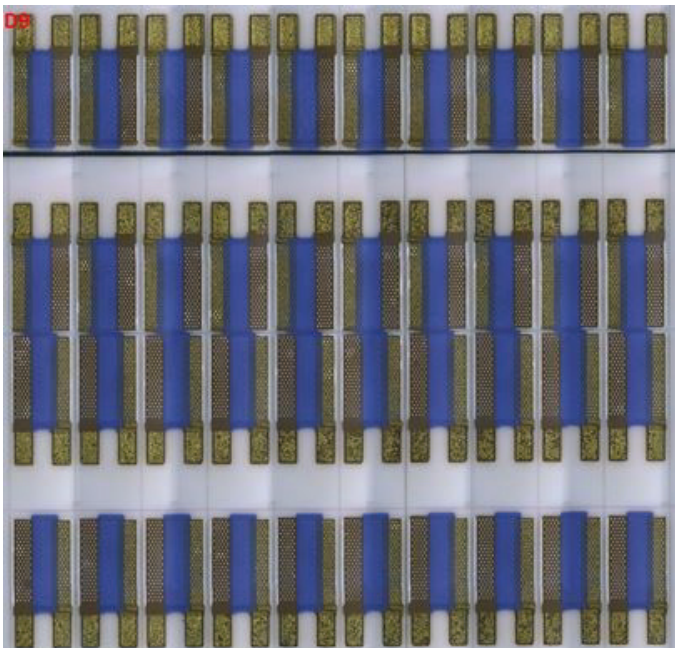
Im Projekt wird daher zum einen eine miniaturisierte Variante der in-situ Sonde auf der Basis von nanostrukturieren Beschichtungen mit bisher nicht verfügbaren Elektrodenmaterialien erforscht und zum anderen ein komplettes Messsystem unter Einbeziehung der Methoden der multivariaten Modellierung und adaptiver Online-Optimierung entwickelt.

Im Co-Sputteringverfahren werden amorphe oder teilkristalline keramisch/metallische Kompositschichten abgeschieden und im fachfolgenden zweiten Schritt deren Oxidation und Rekristallisation mittels eines Temperprozesses durchgeführt. Um einen guten Gasaustausch an den Elektroden zu gewährleisten, wurde eine Porosität an synthetisierten keramischen Schichten dergestalt erzeugt, dass Gasmoleküle aus dem Gasraum vor den Elektroden bis zur Dreiphasengrenze vordringen können.

Gegenüber bisherigen Fertigungsverfahren wie Siebdrucktechnik oder manuellem Auftragen zeichnet sich die Plasmatechnik als sehr viel präzisere Beschichtungstechnik im Bereich von 100 bis 500 nm Schichtdicke aus.

Die erzeugten Sensorsignale mit den plasmatechnisch erzeugten  $\text{Au/TiO}_2$ -Elektroden (Abb.) zeigten eine deutliche und stabile Abhängigkeit von der  $\text{SO}_2$ -Konzentration bis 0,1 Vol.-%. Weitere vorteilhafte Eigenschaften waren: vernachlässigbare temperaturabhängige Offsetverschiebung und ein stabiler Nullpunkt bei 2,1 Vol.-%  $\text{O}_2$  und 10 Vol.-%  $\text{H}_2\text{O}$ .

Nach der kombinierten Abscheidung und nach einer oxidativen Wärmebehandlung bei 400 °C in Luft ist der  $\text{TiO}_2$ -Anteil durch vorliegen heller Kristalle deutlich sichtbar.

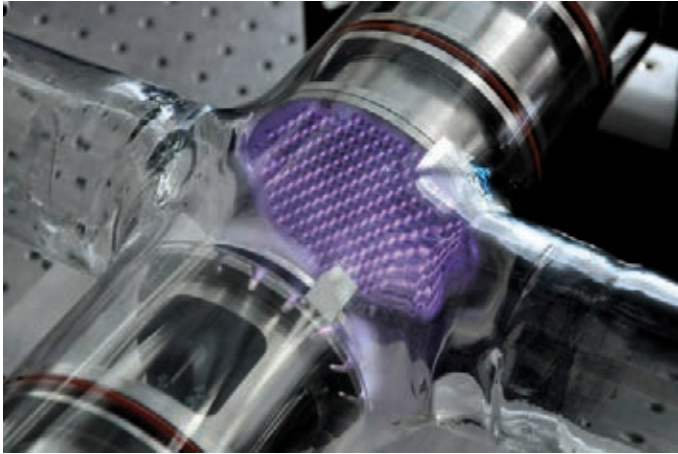


### KONTAKT



**Dr. Rüdiger Foest**  
Tel.: +49 3834 / 554 3835  
foest@inp-greifswald.de

## Überblick



Blick in einen Forschungsreaktor zur Erfassung der plasmachemischen Vorgänge beim Plasmanitrieren (Bild auf der INP-Website)

Der Forschungsschwerpunkt "Plasmachemische Prozesse" konzentriert sich auf die Physik und Chemie reaktiver Plasmen. Er erarbeitet Ansätze und Methoden zur Steuerung plasmachemischer Prozesse. Dies beinhaltet insbesondere die Bestimmung der Konzentration geladener und ungeladener Plasmabestandteile und der energetischen Verhältnisse im Plasma, sowie die Analyse der dem Plasma entweichenden Strahlung und die Wechselwirkung der Plasmen mit den begrenzenden Oberflächen. Dazu stehen modernste Methoden der Infrarot-Absorptionsspektroskopie zur Verfügung, die eine sehr empfindliche Bestimmung der Konzentration von Molekülen in Plasmen (in situ) darstellt und auch deren Kinetik erfassen kann. Zur Untersuchung der Vorgänge beim elektrischen Durchbruch und der Morphologie der Plasmen wird mit schnellen spektroskopischen oder bildgebenden Methoden gearbeitet.

Diagnostische Arbeiten werden durch Modellierungen ergänzt und erfolgen in enger Kooperation mit Partnern in Wissenschaft und Industrie. Hierbei steht die Entwicklung neuer Methoden zur Steuerung von Plasmen für die Oberflächenbehandlung oder die plasmachemische Stoffwandlung im Vordergrund.

## Anwendungsfelder

### Prozesskontrolle in industriellen Plasmaprozessen:

Reaktive Plasmen sind eines der wichtigsten Arbeitsmittel der Industrie. Sie kommen u.a. zur Aktivierung, Reinigung, Beschichtung und zum Ätzen zum Einsatz. Die empirische Festlegung der Prozessparameter stößt jedoch zunehmend an ihre Grenzen und ein Bedarf an Methoden zur Bestimmung der Plasmameter und seiner chemischen Zusammensetzung ist entstanden. Die im Forschungsschwerpunkt PCP entwickelte IR-Absorptionsspektroskopie, die mit Quantenkaskadenlasern arbeitet, stellt eine der empfindlichsten Methoden zur chemischen Plasmaanalyse dar.

### Identifikation und Quantifizierung wichtiger Plasmameter in Atmosphärendruckplasmen:

Atmosphärendruckplasmen nehmen in ihrer Bedeutung im industriellen Einsatz weiter zu und erschließen sich neue Anwendungsfelder, wie z.B. die Plasmasynthese, Plasmamedizin oder Dekontamination. Unsere Verfahren der Bildgebung und Spektroskopie geben die Möglichkeit, den elektrischen Durchbruch zu analysieren und Aussagen über Plasmameter zu treffen. Über die Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy besteht außerdem ein Zugang zur Messung reaktiver und stabiler Spezies. Durch die genannten Verfahren können wichtige Beiträge zur Auslegung und Steuerung bestehender und neuer Atmosphärendruckplasmaquellen geleistet werden.

### Plasmanitrieren:

Das Plasmanitrierverfahren ist eines der wichtigsten Verfahren zur Erhöhung der Oberflächenhärte von Werkstücken und vermindert deren abrasiven, adhäsiven und korrosiven Verschleiß. Gemeinsam mit der TU Bergakademie Freiberg erarbeitet das INP ein verbessertes Verfahren ("Active Screen Plasma Nitriding"), das ohne Bogenbildung und andere Randeffekte arbeitet und damit eine gleichmäßigere Bearbeitung der Werkstücke liefert.

### Spurengasdetektion:

Der Nachweis von Gasen in sehr geringer Konzentration mit hoher Genauigkeit ist wichtig in der Medizin, beim Umweltschutz, in der Sicherheitstechnik und in vielen anderen Bereichen. Die Analyse von Spurengasen mittels einer Kombination aus modernen Infrarot-Laserlichtquellen und optischen Resonatoren ermöglicht die Bestimmung von Gasen bei sehr geringer Konzentration bis hinunter in den ppt-Bereich.



## Plasmamonitoring und Plasmachemische Prozesse

Im Zuge immer komplexerer Fertigungstechnologien, die nicht mehr in ausreichendem Maße durch eine empirische Festlegung von Prozessparametern und deren statistische Modifikation optimiert werden können, sehen wir auch zukünftig ein hohes Anwendungspotenzial für den Einsatz der IR-Absorptionsspektroskopie im mittleren Infrarot (MIR) durch Quantenkaskadenlaser. Durch die Kombination mit der Plasmasimulation sind wir in der Lage Optimierungspotenziale aufzuzeigen und Prozesse aufzuklären.

Durch die Messung der Konzentration von Schlüsselspezies oder unerwünschter Verunreinigungen und damit ein erhöhtes Prozessverständnis werden Plasmaprozesse zielgerichteter entwickelt und optimiert. Verfahren mit hoher Stabilität und Reproduzierbarkeit sowie geringem Ausfall an Material und Bearbeitungszeit werden so ermöglicht.



CELISE-Prototyp für die Spurengasdetektion (im Aufbau befindlich)

Trotz der Alleinstellungsmerkmale dieser Methode (Vielfalt detektierbarer Plasmaspezies im angeregten sowie im Grundzustand; hohe Empfindlichkeit) ist seine Implementierung in kommerziellen Plasmareaktoren, z.B. in der Halbleiterherstellung, technisch noch aufwändig. Hierzu gibt es konkrete Vorhaben, mit Partnern entsprechende Lösungsansätze zu erarbeiten.

Im Rahmen des von der Leibniz-Gemeinschaft geförderten Transfervorhabens SAW VIP-USD Transfer wird die wirtschaftliche Verwertung der Quantenkaskadenlaser-MIR-Cavity-Enhanced-Absorptionsspektroskopie (QCL-MIR-CEAS) vorangetrieben. Mit der Entwicklung des Prototyps eines kompakten, transportablen, ultrasensitiven (ppt-Empfindlichkeit) Mehrkomponenten-Spurengassensors wird eine neue Geräteklasse für Forschung und Industrie geschaffen. Der Prototyp ist auf das Anwendungsfeld der Spurengasdetektion ausgerichtet. Zum Einsatzpotenzial zählen beispielsweise die Überwachung von technologischen Prozessen, das Monitoring von Schadstoffemissionen, die Atemgasanalyse und die Detektion gefährlicher Substanzen. Die Kombination moderner Infrarot-Laserlichtquellen und optischer Resonatoren zur Empfindlichkeitssteigerung wird jedoch auch für andere Industriefelder interessant sein.

Neben der Untersuchung der chemischen Prozesse ist auch deren Korrelation mit den physikalischen Vorgängen beim Zünden und der Entwicklung der Plasmen ein Schlüssel zur Gestaltung und Optimierung von Plasmaprozessen. Das Verständnis der Phänomene beim elektrischen Durchbruch, aber auch die Rolle der Oberflächenprozesse sowohl bei der Ausbildung der Plasmen als auch in der nachfolgenden Plasmachemie sind insbesondere für - die immer mehr an Bedeutung gewinnenden - Atmosphärendruckplasmen eine große Herausforderung. Mit schnellen elektrischen Messungen, bildgebenden Verfahren und spektroskopischen Methoden mit hoher Empfindlichkeit (z.B. zeitkorrelierte Einzelphotonenzählung) sind wir in der Lage diese aufzulösen und für das Design neuer Plasmareaktoren und -prozesse zu berücksichtigen.

Plasmen bieten die besondere Möglichkeit, kurzlebige (weil reaktive) chemische Substanzen effizient und vor Ort "on-demand" mittels elektrischer Energie aus preiswerten Ausgangsstoffen herzustellen. Ein Beispiel dafür ist die Ozonerzeugung aus Luftsauerstoff. Zukünftige Arbeiten sollen dieses Potenzial weiter entwickeln und neue Lösungswege für die Industrie und die Gesellschaft aufzeigen.

## Grundfinanziertes Projekt "Plasmachemie"



Aufbau des ersten Frequenzkamms für absorptionspektroskopische Untersuchungen an Plasmen weltweit am INP (Kooperation mit der Universität Torun, Polen)

Der Forschungsschwerpunkt "Plasmachemische Prozesse" wurde Anfang 2017 neu am INP gegründet und ist in großen Teilen aus dem vorherigen Forschungsschwerpunkt "Plasmamonitoring" hervorgegangen. Im Rahmen des grundfinanzierten Projektes "Plasmachemie" wurden neue Diagnostikmethoden für den Nachweis von Radikalen und stabilen Spezies erarbeitet und an unterschiedlichen Plasmaquellen eingesetzt.

Mit der Methode der Optical Feedback Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy (OF-CEAS) konnte erstmalig in Kooperation mit der University of Oxford das Hydroperoxyl-Radikal im Effluent eines Plasmajets bei Atmosphärendruck in Argon mit Wasserdampfmischungen nachgewiesen und sein Verhalten studiert werden. Die gemessene Konzentration des Radikals lag bei maximal 1–3 ppm und ist von der Wasserdampf-Zumischung abhängig. Die Methode der OF-CEAS liefert die notwendige Empfindlichkeit um auch in einem nur wenige Millimeter breiten Plasma Dichten von transienten

Spezies nachweisen zu können. Weitere Radikale, die im zurückliegenden Zeitraum intensiv untersucht wurden, sind das Silyl-Radikal ( $\text{SiH}_3$ ) und das Methyl-Radikal ( $\text{CH}_3$ ). Beide Radikale spielen in vielen Beschichtungsprozessen (PECVD) eine wichtige Rolle. Für das Silyl-Radikal wird außerdem an der experimentellen Bestimmung seiner Linienstärken im Spektralbereich des mittleren Infrarot gearbeitet.

Als neue Diagnostikmethode wurde eine Frequenzkamm-basierte Laserabsorptionsspektroskopie aufgebaut. Optische Frequenzkammsysteme (FCs, von engl. Frequency Comb) auf der Basis von fasergekoppelten Femtosekundenlasern sind hervorragend geeignet für spektroskopische Anwendungen: In robuster und kompakter Bauweise ersetzen sie viele 10.000 einzelne Laser. Das instantane Spektrum eines Frequenzkamms besteht aus einer Vielzahl äquidistanter Laserlinien mit präzise bekanntem Frequenzabstand, welcher der Pulswiederholrate entspricht. Die spektrale Bandbreite liegt typischerweise bei einigen 100 nm und ermöglicht damit problemlos die simultane Erfassung mehrerer Spezies im Plasma. Insbesondere für Anwendungen einer auf FC-Systemen beruhenden Molekülspektroskopie in der Plasmatechnologie kann hier eine Vorreiterrolle eingenommen werden.

Der FC am INP hat eine Wiederholungsrate von 250 MHz und emittiert bei  $3,2 \mu\text{m}$  ( $2900 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ ), wo zum Beispiel viele Kohlenwasserstoffe absorbieren. Durch die erstmalige Nutzung eines hochmodernen FCs soll ein vollkommen neuer Zugang zur Aufklärung von Plasma-Oberflächen-Wechselwirkungen eröffnet werden. FCs sollen als Strahlungsquellen in der breitbandigen, resonatorgestützten, direkten Frequenzkammspektroskopie (CE-DFCS) eingesetzt werden. Die Methode der CE-DFCS wird es erlauben, eine große Gruppe transientser Reaktionspartner simultan in der unmittelbaren Nähe zur Oberfläche zu detektieren. Auf Grund der erreichbaren Zeitauflösung im  $\mu\text{s}$ -Bereich werden umfassende neue Informationen zu ihrer Kinetik zugänglich. Das gleichzeitige Monitoring der Plasmarandschicht und der Substratoberfläche durch die von der CE-DFCS bereitgestellten hohen Empfindlichkeit und Zeitauflösung zielt auf grundlegende neue Erkenntnisse zu den physikalischen und chemischen Vorgängen in dieser Interface, die Bedeutung sowohl für die Grundlagenforschung als auch für technologische Anwendungen besitzen.

## Drittmittelfinanziertes Projekt "Kinetik transienter Moleküle in Plasmen"

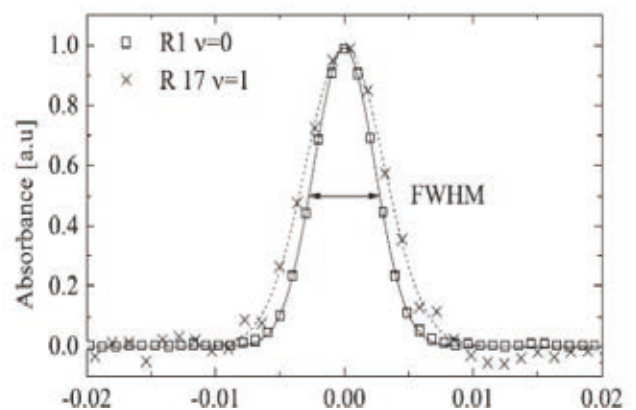
Das Teilprojekt B2 "Kinetik transienter Moleküle in Plasmen" in Rahmen des DFG-geförderten Sonderforschungsbereichs TransRegio 24 "Grundlagen komplexer Plasmen" Greifswald-Kiel beschäftigte sich mit den Grundlagen des kinetischen Verhaltens transienter Spezies in Nicht-Gleichgewichtsplasmen sowie ihrer Wechselwirkung mit den angrenzenden Oberflächen. Vorrangig wurden nicht-stationäre Plasmen, wie z.B. Mikrowellen- und Radiofrequenzentladungen im Niederdruck und Atmosphärendruckplasmen, untersucht. Dazu wurde die resonator-basierte Spektroskopie genutzt und später mit Techniken kombiniert, die mit evaneszenten Wellen arbeiten.

Untersucht wurde u.a. die Plasmachemie in einer RF-Entladung mit Aluminium Tri-Isopropoxide (ATI) als metallorganischen Präkursor für die Abscheidung von Metalloxidschichten, die Kinetik der NO-Bildung in gepulsten DC-Niederdruckentladungen in Stickstoff-Sauerstoff-Gasgemischen, die Zusammensetzung von Mikrowellenplasmen für die großflächige Abscheidung von nanokristallinen Diamantschichten und die Stoffwandlung und Fragmentation von HMDSO als Präkursor für die Abscheidung von Siliziumoxidschichten.

Die Dichten von Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Lachgas konnten zeitaufgelöst mit der Quantenkaskadenlaser-Absorptionsspektroskopie in unterschiedlichen Gaszusammensetzungen in DC-Niederdruckentladungen gemessen werden. In Kombination mit einer Simulation konnte ein umfassendes Verständnis der Plasmachemie unter Betrachtung von 95 Spezies gewonnen werden.

Die Laserabsorptionsspektroskopie und die optische Emissionsspektroskopie wurden kombiniert, um die Gastemperatur sowie die Konzentration von sieben Spezies (darunter das Methyl-Radikal) quantitativ im Niederdruck-Mikrowellenplasma in einem Gasgemisch aus Wasserstoff, Methan und Kohlendioxid zu bestimmen. Die Dissoziation und Fragmentation der Präkursoren sowie die sich anschließenden chemischen Prozesse konnten damit aufgeklärt werden.

Wie in der Abbildung unten gezeigt, lässt die schmale Linienbreite der in Kooperation mit dem LSPM-CNRS Villetaneuse (Frankreich) eingesetzten External-Cavity Quantenkaskadenlaser eine genaue Vermessung des Absorptionslinienprofils für unterschiedliche Schwingungszustände des Kohlenmonoxid-Moleküls zu. Die durch den Doppler-Effekt verursachte Verbreiterung der Linien kann durch ein Gauß-Profil beschrieben werden, dessen Halbwertsbreite (engl. Free Width Half Mean) ein Maß für die Temperatur der jeweiligen absorbierenden Spezies ist.



Absorptionsmessungen am CO-Molekül in einem Mikrowellenplasma in Wasserstoff, Methan und Kohlendioxid bei 0,35 mbar und 3 kW. Über die Halbwertsbreite (FWHM) der Absorptionslinien kann die Temperatur unterschiedlich angeregter Schwingungszustände des Moleküls bestimmt werden.

### KONTAKT



Prof. Dr.  
Ronny Brandenburg  
Tel.: 03834-554-3818  
brandenburg@inp-greifswald.de

## Überblick

Im Fokus des Forschungsschwerpunktes "Schweißen und Schalten" stehen thermische Plasmen, wie insbesondere Lichtbögen und ihre technologische Anwendung, sowie Untersuchungen von Entladungsphänomenen in Hochspannungskomponenten des elektrischen Netzwerkes. Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten finden Lichtbogenplasmen bei Füge-, Trenn- und Auftragsprozessen in der Metallverarbeitung. Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt konzentrieren sich dabei auf Lichtbogenschweißprozesse wie Wolfram-Inertgas-Schweißen und Metall-Schutzgas-Schweißen. Aktuell werden auch Untersuchungen an Unterpulver- und Plasmaschweißprozessen durchgeführt. Darüber hinaus erfolgen Arbeiten zum Laserschweißen und zum laserunterstützten Lichtbogenschweißen.

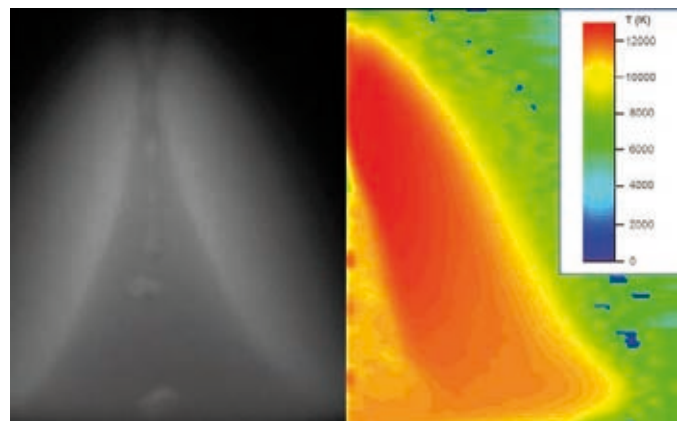
Forschungsarbeiten zu Schaltanlagen der elektrischen Energietechnik konzentrieren sich auf die Phänomene, insbesondere den Schaltlichtbogen, in Leistungsschaltern für alle Spannungsebenen. Dies umfasst insbesondere Vakuumschalter für die Mittelspannung und Selbstblasschalter im Hochspannungsbereich. Untersuchungen von Alterungserscheinungen in Hochspannungskomponenten infolge von Teilentladungen unterstützen die Zustandsbewertung und die Lebensdauervorhersagen.

Trotz langjähriger Forschung fehlen bis heute detaillierte Kenntnisse über physikalische Mechanismen im Lichtbogen und in der Wechselwirkung zwischen Bogenplasmen und angrenzenden Materialien (Wänden, Elektroden).

Die Erarbeitung optischer Diagnostikmethoden für thermische Plasmen bildet zusammen mit der Modellierung und Simulation den Kern des Forschungsprogramms. Pyrometrie von Oberflächen, abbildende Emissions- und Absorptionsspektroskopie sowie Hochgeschwindigkeitskinematographie werden zusammen mit elektrischen Messungen für quantitative Diagnostiken eingesetzt. Durch Kombination

diverser Diagnostikmethoden werden insbesondere raum- und zeitabhängige Plasmamparameter, wie z.B. Temperatur, Zusammensetzung, Druck und Geschwindigkeit, gewonnen. Die experimentell gewonnenen Werte dienen einerseits dem tieferen Verständnis der Prozesse und werden andererseits zur Validierung von Simulationen eingesetzt. Im Bereich der Modellierung und Simulation konzentrieren sich die Arbeiten auf Lichtbogenmodelle, welche auf dem magneto-hydrodynamischen Ansatz (der Lösung von Navier-Stokes-Gleichungen gekoppelt mit den elektromagnetischen Gleichungen) basieren. Aktuell werden neue Modelle unter Verzicht auf Annahmen des Lokalen Thermodynamischen Gleichgewichts entwickelt. Diese Modelle erlauben eine wesentlich genauere Beschreibung von Elektrodennähen Plasmabereichen und der Wechselwirkung des Plasmas mit den Elektroden. Weiterhin stehen Arbeiten zum Strahlungstransport und zu Materialdaten auch für Plasmen im thermischen Nichtgleichgewicht im Fokus.

Die detaillierte Kenntnis der Eigenschaften von Lichtbogen und angrenzenden Oberflächen, insbesondere Elektroden sowie deren Kontrolle, begünstigen die Erarbeitung neuer Ansätze für die Verbesserung von bestehenden Gerätekonzepten und Prozessen. Dies reicht von der dringend notwendigen Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit elektrischer Komponenten im Rahmen der Energiewende über die Qualifizierung von Füge- und Auftragsprozessen für Industrie 4.0 bis hin zur Unterstützung generativer Fertigungsverfahren.



Ausschnitte aus einem Hochgeschwindigkeitsfilm (links) und einem Film der Plasmatemperaturverteilung (rechts) für einen Metallschutzgasschweißprozess. Auf der Achse ist der Tropfentransfer sichtbar.



## Anwendungsorientierter Ausblick



Setup zur optischen Analyse eines Unterpulver-Schweißprozesses für das Fügen hochfester Stähle.

In den Forschungsarbeiten zu Schweißprozessen werden neben dem Verhalten und der Eigenschaften des Lichtbogens auch das Schmelzbad und - insbesondere beim Metallschutzgasschweißen - die Vorgänge im und am Drahtende und des Materialtransfers untersucht. Erkenntnisse zum Einfluss des eingesetzten Schutzgases sowie der Prozessparameter auf diese Vorgänge sind unentbehrlich für die Adaptation neuer Prozessarten (insbesondere Hochleistungsprozesse einerseits oder Prozesse mit minimierter Energieeinbringung andererseits) sowie die Anpassung an neue Materialien (wie etwa höherlegierte Stähle, die in dünneren Blechdicken verarbeitet werden).

Neben der Erarbeitung von Anwenderhinweisen steht die Kontrolle der Prozesse und letztlich die Erhöhung der Prozesssicherheit im Vordergrund. Die Anwendung und Weiterentwicklung spektroskopischer Diagnostiken ermöglicht die Ableitung von einfach handhabbaren Sensorikkonzepten, etwa auf der Basis von Fotodioden. Spektral gefilterte optische Signale erlauben in vielen Fällen eine sensiblere Kontrolle von Prozessinstabilitäten im Vergleich zur Auswertung elektrischer Signale.

Zusätzlich können Hinweise zur Reduktion von Emissionen wie dem Schweißrauch gewonnen werden. Die Kombination elektrischer und optischer Signalauswertung besitzt ein erhebliches Potenzial für die Prozesskontrolle, Prozesssteuerung und Qualitätskontrolle bei lichtbogenbasierten Technologien in der Metallverarbeitung.

Die Forschungsarbeiten zu Leistungsschaltern umfassen die Nachstellung der Vorgänge in realen Schaltern in experimentellen Anordnungen und Modellschaltern mit optischer Zugänglichkeit. Dies erlaubt die Anwendung spektroskopischer Diagnostiken als eine der wenigen Möglichkeiten zur experimentellen Bestimmung von physikalischen Eigenschaften des Schaltlichtbogens. In diesem Gebiet besitzt das INP eine Alleinstellung und nutzt diese aktuell, um vor allem Strahlungseigenschaften des Bogens, das Erosionsverhalten der Elektroden und die Verdampfung von Kammer- und Düsenwandmaterial zu untersuchen. Diese Erkenntnisse sind unabdingbar u.a. für die Entwicklung von Konzepten für umweltfreundliche Leistungsschalter, die auf das klimaschädliche Schaltmedium SF<sub>6</sub> verzichten. Gleichzeitig werden Hinweise zur Verwendung neuer Kammermaterialien gewonnen, die zur Steigerung des Schaltvermögens, der Lebensdauer und der Zuverlässigkeit sowie zur Reduktion der Baugröße beitragen können. Untersuchungen zur Steigerung des Schaltvermögens schließen dabei auch zukünftige Konzepte für das Schalten von Gleichströmen ein. Diese sind für die Einführung der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) zur Anpassung der Übertragungsnetze an die Anforderungen der Energiewende von aktueller Bedeutung.

Ein Trend in der industriellen Forschung und Entwicklung von Leistungsschaltern ist die Einführung des simulationsgestützten Designs auch zur maßgeblichen Reduzierung der Entwicklungskosten. Dies erfordert die Entwicklung komplexer magnetohydrodynamischer Simulationsverfahren. Hier sind Arbeiten des INP insbesondere zur Lichtbogensimulation und Modellierung von Elektrodenrandschichten eingebettet. Darüber hinaus ermöglichen die am INP experimentell bestimmten Plasma- und Oberflächeneigenschaften eine dringend notwendige Validierung der Simulationsverfahren.

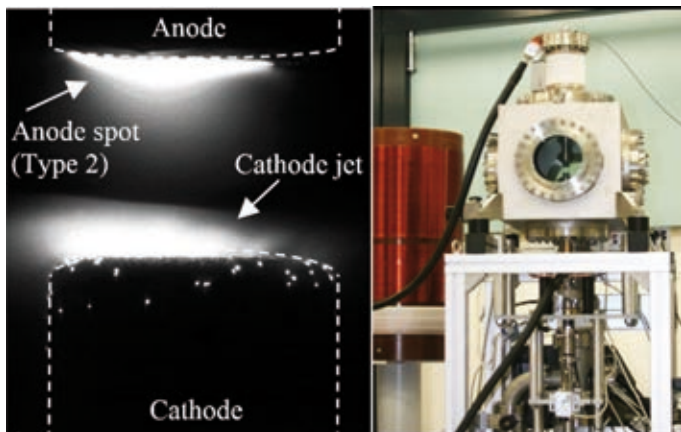
## Grundfinanziertes Projekt Lichtbögen

Eine maßgebliche Verbesserung von Prozesseffizienz und Zuverlässigkeit von lichtbogenbasierten Technologien, wie z.B. dem Lichtbogenschweißen oder der Gas- und Vakuumschaltertechnik, erfordert detaillierte Kenntnisse über die Eigenschaften und Dynamik relevanter Plasmen. Besondere Aufmerksamkeit verdienen hierbei die plasmaangrenzenden Bereiche, wie z.B. Elektroden und Wände. Die Wechselwirkung zwischen Plasma und umgebendem Medium ist von großer Bedeutung in allen lichtbogenbasierten Technologien. Deshalb stehen die Analyse der physikalischen Prozesse von Lichtbogenplasmen und deren Umgebung mit Hilfe von optischer Diagnostik und numerischen Modellen sowie die Weiterentwicklung dieser Methoden im Fokus des grundfinanzierten Projektes Lichtbögen.

Im Berichtszeitraum wurden Methoden der Emissionsspektroskopie weiterentwickelt und spezifische Methoden der Absorptionsspektroskopie etabliert. Zur Analyse schneller dynamischer Vorgänge in Lichtbögen wurde durch Kopplung abbildender Spektrographen mit Hochgeschwindigkeitskameras eine Möglichkeit der Videospektroskopie geschaffen. Dies erlaubt die Aufnahme von räumlich eindimensional aufgelösten Spektren mit einer Bildwiederholrate von bis zu 20.000 fps, aus denen entsprechend zeit- und

ortsaufgelöste physikalische Parameter wie Radialprofile der Plasmatemperatur bestimmt werden können. Daneben wurde eine Methode zur Bestimmung zweidimensional aufgelöster Plasmatemperaturen in hoher zeitlicher Abfolge durch Auswertung von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen mit schmalen spektralen Filtern etabliert. Eine wesentliche Kompetenzerweiterung erfolgte durch die Entwicklung von absorptionsspektroskopischen Methoden für lichtbogenangrenzende Bereiche. Hierbei wird entweder eine sehr intensive Weißlichtquelle als Hintergrundstrahler oder ein mittels akustooptischer Modulatoren schnell durchstimmbares Laserdiodensystem eingesetzt. Diese Methoden wurden bereits sowohl an Modelllichtbögen als auch an realitätsnahen Experimenten wie am Vakuumschaltlichtbogen und am Wolfram-Inertgasschweißprozess eingesetzt. Zusätzlich ist die Erarbeitung einer effizienten und gegenüber Lichtbogenstrahlung relativ unempfindlichen Zwei-Farben-Pyrometrie zur Ermittlung von Oberflächentemperaturen etwa des Schmelzbades oder des Tropfens beim Metallschutzgasschweißen zu nennen.

Umfangreiche Arbeiten im grundfinanzierten Projekt erfolgten insbesondere zur Analyse von Lichtbogenansätzen an der Anode unter Vakuum. Hierfür wurde ein Setup zur Nachbildung der Vorgänge in einem Mittelspannungs-Vakuumschalter aufgebaut. Dieses besteht aus einer Vakuumkammer mit optischen Zugängen, in der reale Kontaktsysteme eingebracht werden können, sowie einem Antrieb für die Kontaktseparation. Mittels Hochgeschwindigkeitstechnik und Spektroskopie wurden Anodenphänomene analysiert, wie sie für das Schaltvermögen von Vakuumschaltern von entscheidender Bedeutung sind. Die Ausbildung von Spots an der Anode führt zur verstärkten Elektrodenerosion und Metaldampfbildung, was schließlich die Wiederverfestigung der Kontaktlücke nach dem Stromnulldurchgang und damit die Stromunterbrechung verhindern kann. Spezielle Spotmoden wie der Anodenspot vom Typ 2 bei hohen Stromdichten sowie eine sogenannte Anodenplume wurden erstmals systematisch analysiert.



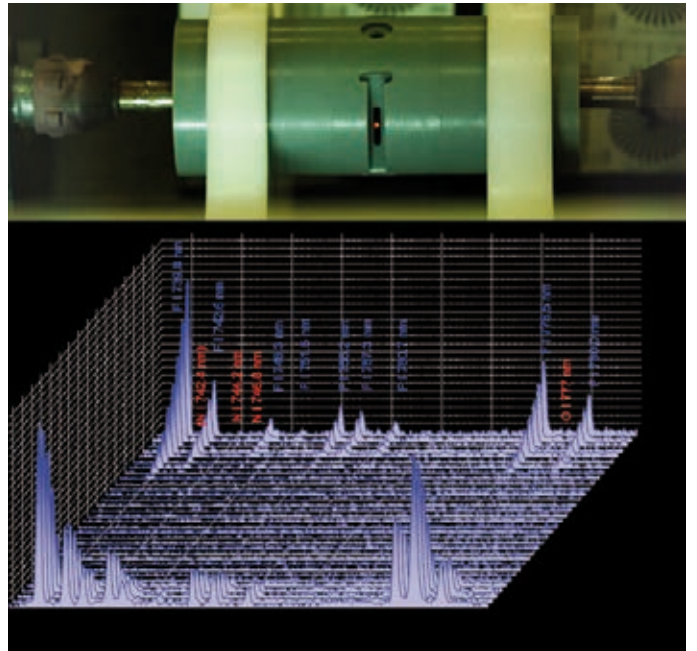
Die Abbildung links zeigt eine Hochgeschwindigkeitsaufnahme eines Vakuumbogens zwischen Zylinderelektroden mit der Ausbildung eines ausgeprägten Anodenspots, eines Kathodenjets sowie der kleinen Kathodenspots. Rechts ist das Setup zur Nachbildung des Vakuumschalters mit Kammer (oben) und Kontaktantrieb (unten) dargestellt.

## Drittmittelfinanziertes Projekt Analyse und Modellierung von Schaltlichtbögen unter Einsatz von spektroskopischen Methoden

Moderne Gasleistungsschalter als zentrales Sicherheitselement in Energieversorgungsnetzen basieren auf dem Selbstblasprinzip. Hierbei wird der Abbrand von Düsenmaterial infolge der Strahlung des Schaltlichtbogens zum Druckaufbau in einem Heizvolumen und zwecks Löschung des Lichtbogens zur Beblasung eingesetzt. Ein Schwerpunkt in der Schalterentwicklung ist der Ersatz des klimaschädlichen Löschgases Schwefelhexafluorid z.B. durch Kohlenstoffdioxid. Für das Schaltvermögen dieser Schalter sind der Zeitbereich um den Stromnulldurchgang sowie die Phase unmittelbar danach von besonderer Bedeutung. Effekte wie die Strömungsumkehr im Heizkanal, der Wechsel von einem abbrandbestimmten zu einem axial beblasenen Bogen, die Bogenlöschung und ein Ausdampfen des Düsenmaterials sind bisher nur unzureichend verstanden.

Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung dieser Effekte und ihrer Wirkung auf das transiente Verhalten und die dielektrische Wiederverfestigung der Schaltstrecke einschließlich einer vollständigen Modellierung auf Basis von Schaltersimulationen. An einem praxisnahen Modellschalter betrieben mit Spitzenströmen von einigen Kiloampere werden drei experimentelle Methodengruppen eingesetzt: eine über den gesamten Zeitbereich orts aufgelöste Widerstandsmessung der Lichtbogenstrecke, die optische Emissionsspektroskopie der Lichtbogenstrahlung sowie die absorptionsspektroskopische Analyse der Düsenevaporation. Ergänzend erfolgen Simulationen der Schaltstrecke einschließlich der Quantifizierung der Düsenevaporation nach dem Stromnulldurchgang. Basierend auf den Eingangsdaten aus den Simulationen (Temperatur, Dichte Gaszusammensetzung) erfolgt schließlich die Modellierung der dielektrischen Festigkeit und des orts aufgelösten Verlaufs des Durchschlagspfads.

Interessante Ergebnisse wurden bisher unter anderem aus der optischen Emissions- und Absorptionsspektroskopie gewonnen. So konnte die emissionsspektroskopische Auswertung auf einen Zeitbereich bis 100 Mikrosekunden vor dem Stromnulldurchgang erweitert werden und erlaubt die Analyse des Wechsels vom abbrandbestimmten zum axial beblasenen Lichtbogen. Mittels Absorptionsspektroskopie konnten Gastemperaturen um den Stromnulldurchgang durch Auswertung des Swan-Bands des Kohlenstoffmoleküls  $C_2$  ermittelt werden.



Die Abbildung oben zeigt ein Setup zur optischen Untersuchung des Schaltlichtbogens durch ein Fenster in einer Polytetrafluorethylen-Düse. Mit Hilfe von Videospektroskopie erhaltene Spektren um den Stromnulldurchgang bei einem Spitzenstrom von 8 kA sind unten dargestellt.

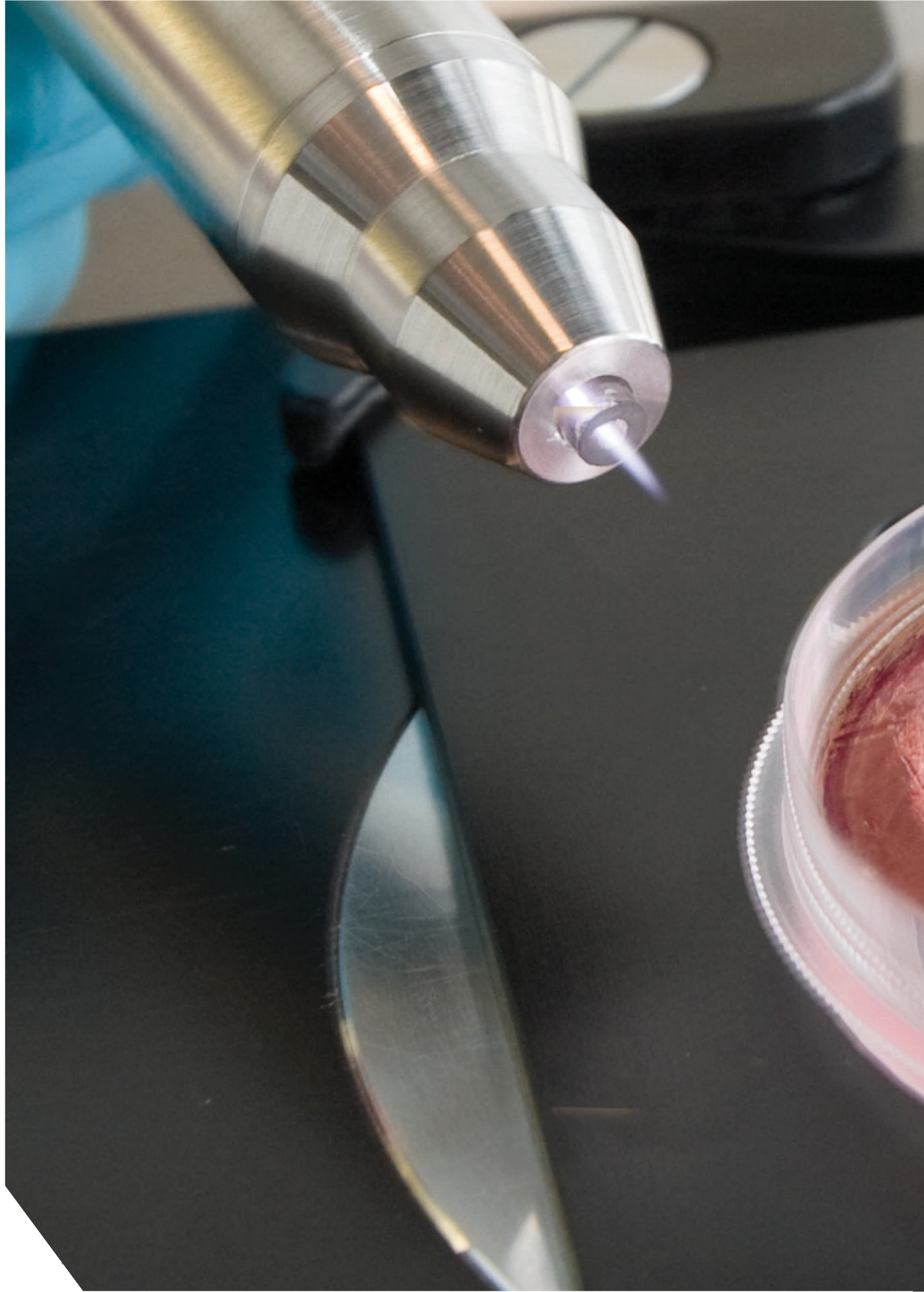
Gemeinsames Projekt mit dem Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen - gefördert von der DFG, 01/2016 bis 04/2018 (UH 106/13-1)

### KONTAKT



Dr. Sergey Gortschakow  
Tel.: +49 3834 / 554 3820  
gortschakow@inp-greifswald.de







# FORSCHUNGS- BEREICH

## UMWELT & GESUNDHEIT

### Überblick

Der Forschungsbereich Plasmen für Umwelt und Gesundheit arbeitet interdisziplinär und nutzt die Synergien seiner drei Forschungsschwerpunkte: Bioaktive Oberflächen, Plasmamedizin und Dekontamination. Ein wesentliches Bindeglied sind dabei die Atmosphärendruck-Plasmaquellen. So werden dielektrisch behinderte Entladungen, Jet-, Mikrowellen- und Mikroplasmen umfangreich experimentell untersucht. Dabei ist die enge Zusammenarbeit von Physiker(inne)n, Biolog(inn)en, Chemiker(inne)n, Pharmazeut(inn)en, Mediziner(inne)n und Ingenieur(inn)en mit hochspezialisierten Techniker(inne)n sowie Labor-Fachkräften weltweit einmalig.

In der Plasmamedizin liegt der Fokus auf der Grundlagenforschung zu Wechselwirkungen physikalischer Plasmen mit lebenden Zellen und Geweben. Zudem wird die Erforschung und Einführung von neuen plasmabasierten Verfahren in der Medizin vorangetrieben. Im Bereich Bioaktive Oberflächen werden maßgeschneiderte Oberflächen für Anwendungen im Life-Science-Bereich erforscht. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die plasmabasierte Dekontamination: Im Focus steht hier unter anderem die Abluftreinigung sowie die Desinfektion von Lebensmitteln und Wasser.

### Forschungsschwerpunkt Bioaktive Oberflächen

- Keramische und biomimetische Schichtsystemen für den Einsatz im medizinischen Bereich
- DEFOE - Disk Etching For One-cell Electrophysiology

### Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin

- Plasma & Zelle – Plasmabasierte Verfahren in der Medizin
- Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) "plasmatis - Plasma plus Zelle"

### Forschungsschwerpunkt Dekontamination

- Plasmachemische Prozesse in Flüssigkeiten
- Plasma und Lebensmittel

## Überblick

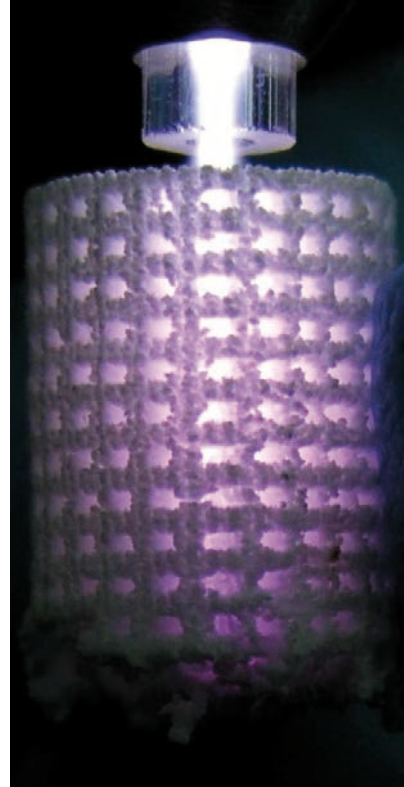
Für Anwendungen im Life Science Bereich (z. B. Hygiene, Medizin oder Biotechnologie) ist eine Oberflächenmodifikation der Produkte notwendig, um spezifische Eigenschaften zu erzeugen. Je nach verwendetem Modifikationsprozess können die Benetzungseigenschaften von Oberflächen gesteuert werden, so dass diese hydrophiler oder hydrophober sind oder bestimmte chemische Funktionen auf der Oberfläche erzeugt werden, damit die biologische Verträglichkeit verbessert wird. Vor allem plasmabasierte Verfahren ermöglichen in einer großen Bandbreite und Variationsvielfalt verschiedenste Oberflächen chemisch als auch morphologisch dahingehend zu modifizieren, dass sich das Anwendungsspektrum erheblich erweitert. Zur Verbesserung der Grenzflächenverträglichkeit von Biomaterialien, sowie zur Initiierung spezifischer Reaktionen vom Biosystem im Kontakt zur Oberfläche, werden diese unter Einsatz von Niedertemperaturplasmen funktionalisiert. Nahezu unabhängig von der Substratgeometrie und vom Werkstoff werden beispielsweise durch das Plasmabeschichten neue, spezifische Eigenschaften für biomedizinische und biotechnologische Anwendungen erzeugt.

Da die Prozesskosten und die einfache Integration von Plasmaprozessen in bestehende Produktionslinien besonders im industriellen Einsatz von hoher Bedeutung sind, bietet das INP sowohl Prozesse im Niederdruck für höchste Reinheit als auch bei Atmosphärendruck für kurze Prozesszeiten an.

## Anwendungsfelder

### Antimikrobielle Oberflächen

Antimikrobielle Oberflächen dienen hauptsächlich der Infektionsprävention. Insbesondere Implantate, Pinzetten, Skalpelle oder andere Medizinprodukte, die in direktem Kontakt mit dem Patienten stehen, bedürfen diesbezüglich hoher Aufmerksamkeit. Um die Besiedelung von Oberflächen mit pathogenen Bakterien zu verhindern, kommen verschiedene plasmabasierte Verfahren zum Einsatz zur Erzeugung photokatalytisch aktiver Oberflächenmodifikationen auf der Basis von Titandioxid, die bei Bestrahlung mit UV-Licht antibakterielle und selbstreinigende Eigenschaften aufweisen oder antimikrobielle Schichten, deren bakterizide Wirkung auf metallischen Verbindungen, wie z. B. Kupfer oder Silber, beruht. Um eine möglichst langanhaltende antimikrobielle Wirkung zu erzeugen, können metallische Partikel in einer Polymer- oder glasartigen Matrix eingebettet werden. So wird beispielsweise das Freisetzungsverhalten der antimikrobiellen Additive gesteuert.



### Zelladhärente Oberflächen

Plasmaprozesse eignen sich in besonderem Maße zur Ausrüstung von Oberflächen mit reaktiven, chemischen Gruppen wie bspw. Amino- und Carboxylgruppen, wodurch die Zellantwort, insbesondere die Zelldichte, die Zellverteilung sowie Adhäsion, Proliferation und Differentiation signifikant verbessert wird. Darüber hinaus ist die Anbindung von Biomolekülen durch unterschiedliche Immobilisierungsstrategien wie z.B. die kovalente Kopplung von Linkern und Spacern möglich.

### Antiadhäsive Oberflächen

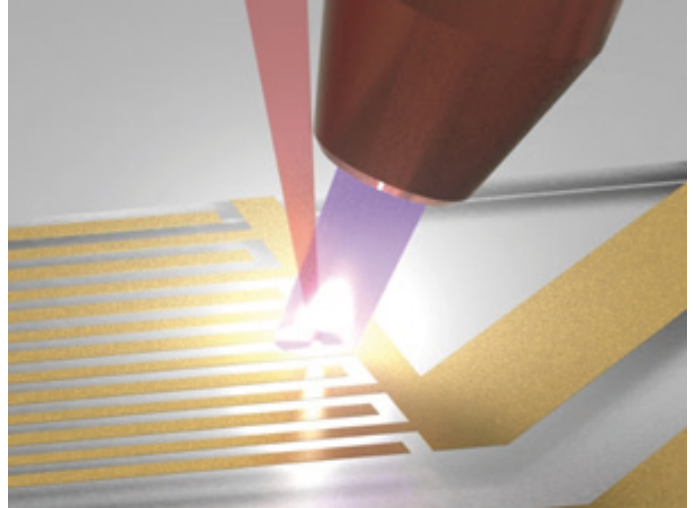
Besonders für transiente Implantate wie Fixateure oder temporäre Verschraubungen sind antiadhäsive Oberflächeneigenschaften von großem Vorteil. Weiterhin sind solche Oberflächen leicht zu reinigen, da sowohl Schmutz und Öle/Fette als auch organisches Material schwer darauf haftet. Mit Hilfe der Plasmatechnologie lassen sich solche Oberflächen schnell und kostengünstig applizieren.

## Anwendungsorientierter Ausblick - Hybridprozesse

### Laser-Plasma-Prozesse

Der wirtschaftliche Erfolg in der Medizintechnik, Diagnostik und Sensorik erfordert die kontinuierliche Erforschung und Entwicklung innovativer Produkte und Fertigungsverfahren. Diese unterliegen in der Regel höchsten Anforderungen an Präzision, Qualität und Reproduzierbarkeit und müssen gleichzeitig eine große Bandbreite unterschiedlicher Werkstoffe abdecken. Im Zuge der fortschreitenden Miniaturisierung und steigender Funktionsintegration müssen Produkt- und Bauteiloberflächen darüber hinaus spezielle Funktionen übernehmen, um medizinisch oder biologisch vorteilhafte Eigenschaften zu erzielen.

Durch die Kombination innovativer Technologien wird eine Ultrapräzisionsbearbeitung ermöglicht, die insbesondere für eine industrielle Fertigung entscheidend ist. Laser-Plasma-Hybridprozesse können sowohl für Beschichtungen als auch für den hochpräzisen Abtrag eingesetzt und als lokale sowie flächige Verfahrensvariante appliziert werden. Damit lassen sich Materialien mittels Atmosphärendruckplasmen funktionalisieren sowie, in Kombination mit Laserpulsen, gezielt beschichten oder strukturieren mit lateralen Abmessungen bis hinunter in den Mikrometerbereich.



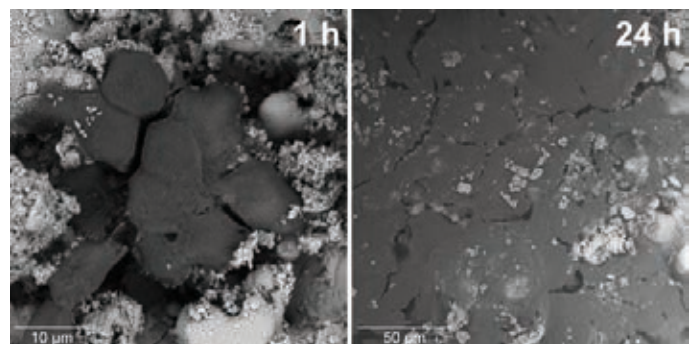


### Grundfinanziertes Projekt Keramische und biomimetische Schichtsysteme für den Einsatz im medizinischen Bereich

Die Anforderungen an Implantatwerkstoffe bezüglich Eigenschaften und Struktur sind sehr vielfältig. Je nach Einsatzbereich und Funktionalität sind beispielsweise eine hohe mechanische Belastbarkeit (Bruchfestigkeit) sowie eine biologische Verträglichkeit (Biokompatibilität) unabdingbar. Zu den am häufigsten verwendeten Implantatwerkstoffen gehören Metalle einschließlich ihrer Legierungen sowie Keramiken und Polymere. Diese Materialien sind meist technische Werkstoffe und mitunter nicht für biologische Anwendungen geeignet.

Anhand der chemischen Oberflächeneigenschaften lassen sich spezifische Reaktionen, z. B. das Einwachsen von Gewebe, an der Grenzfläche zwischen Implantat und Körpergewebe gezielt steuern. Auf diese Weise kann durch verschiedene Oberflächenbehandlungen das Einwachsen in den Knochen (Osseointegration) beschleunigt werden. Atmosphärendruck-Plasmasprühen (APS) ist ein etabliertes Verfahren der Oberflächenmodifikation, welches eine Vielzahl von Vorteilen besitzt. Hierbei können in kurzer Zeit große Werkstücke mit einer bis zu einigen Millimeter dicken Schicht versehen werden. Beim APS werden in ein ca. 16.000 °C heißes Plasma Partikel mit einer Größe zwischen 5 und 200 µm eingesprüht, die teilweise oder komplett aufgeschmolzen werden und mit sich mit Geschwindigkeiten von bis zu 450 m/s auf das zu beschichtende Substrat zubewegen. Bei dieser Technik werden die zu beschichtenden Substrate nicht aufgeschmolzen, so dass diese in ihrer Kristallstruktur und sowohl in ihren chemischen als auch mechanischen Eigenschaften nicht verändert werden. Das Plasmasprühen hat im medizinischen Bereich für die Implantatherstellung eine hohe Attraktivität. Primär wird angestrebt, das Interface zwischen Implantat und Gewebe biologisch, chemisch und physikalisch so zu modifizieren, dass die funktionelle Verträglichkeit verbessert wird.

Die Implantate werden mit einer Titan- bzw. Titandioxidschicht versehen, die eine definierte Rauheit besitzt und somit unter anderem das Einwachsen des Implantates in den Knochen deutlich verbessert. Analog wurden Schichten erzeugt, die die natürliche Physiologie des Knochens imitieren und dadurch den direkten Kontakt zwischen Knochen und Implantat begünstigen. Dafür wurden knochenähnliche Substanzen wie Hydroxylapatit oder Tricalciumphosphat abgeschieden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Schichten zusätzlich mit antimikrobiellen Agenzien (z. B. Silber, Kupfer oder Zink) auszustatten. Diese werden in der ersten Zeit nach der Implantation freigesetzt und vermeiden eine bakterielle Besiedlung im Knochen. Eine Gemeinsamkeit aller APS-Schichten ist die hohe Rauheit und Porosität. Die Rauheit spielt in der medizinischen Anwendung eine große Rolle, da hier Osteoblasten sehr gut anhaften können.



Wachstum von knochenähnlichen Zellen nach 1 h (6000x Vergrößerung) und nach 24 h (1500x Vergrößerung) auf einer plasmagesprützten Hydroxylapatitschicht.

## Drittmittelfinanziertes Projekt DEFOE - Disk Etching For One-cell Electrophysiology

Weit über tausend Forschungslabore weltweit beschäftigen sich damit, Zellen aus dem Gehirn und anderen Geweben mit elektrophysiologischen Methoden zu untersuchen. Der Informationsaustausch zwischen einer großen Vielzahl einzelner Zellen basiert auf der chemischen oder elektrischen Signalübertragung. Um ein detailliertes Verständnis von den zellulären Vorgängen zu erhalten, muss jedoch die elektrische Aktivität unmittelbar von einzelnen Zellen oder von überschaubaren zellulären Netzwerken abgeleitet werden. Auf diese Weise ist es möglich, dass jeweils nur eine Zelle auf einen einzelnen Stimulus antwortet ohne Störsignale von tausenden weiteren Zellen. Um die Funktion einzelner Zellbausteine darzulegen, müssen die Zellen voneinander isoliert in einer Nährlösung kultiviert werden. Damit jedoch Zellen auf anorganischen Substratoberflächen adhären und wachsen, ist eine chemische Oberflächenmodifikation notwendig. Basierend auf dieser Oberflächenmodifikation, können Zelladhäsion und Zellwachstum geometrisch beeinflusst werden. Bei einem solchen Prozess spricht man von Zellpatterning. Funktionalisiert werden diese Materialien beispielsweise mit einfachen chemischen Gruppen über verschiedene Plasmabehandlungen.

Ziel des Forschungsvorhabens DEFOE war die Entwicklung und Optimierung von Zellkulturträgern mit Hilfe von Plasma-polymerbeschichtungen, um das Wachstum von Zellen auf einem zweidimensionalen Substrat geometrisch zu kontrollieren. Dazu wurde mit Hilfe des Prozesses der plasmagestützten chemischen Gasphasenabscheidung (PE-CVD) über spezielle Masken funktionelle Moleküle in mikrometerfeinen Strukturen auf der Oberfläche (z. B. Polystyrol) abgeschieden. Je nach Zusammensetzung des verwendeten Plasmas wurden Substratregionen geschaffen, welche die Zelladhäsion und das Wachstum unterstützen, während die übrige Substratoberfläche zellabweisende Eigenschaften aufwies. Als Folge konnte das Zellwachstum regional im Mikrometerbereich stark fokussiert werden.

Die zu applizierenden Plasmabeschichtungen sind sehr dünn (20-100 nm) und beeinflussen spektroskopische Untersuchungen der Zelle nicht; verglichen mit in herkömmlicher Technik hergestellten Zellträgern ist die zu erwartende Autofluoreszenz nur sehr gering.

Durch diese Fertigungstechnologie ist eine Vervielfältigung von Strukturen unterschiedlichster Geometrien und Größen auf verschiedenen Substratoberflächen möglich.



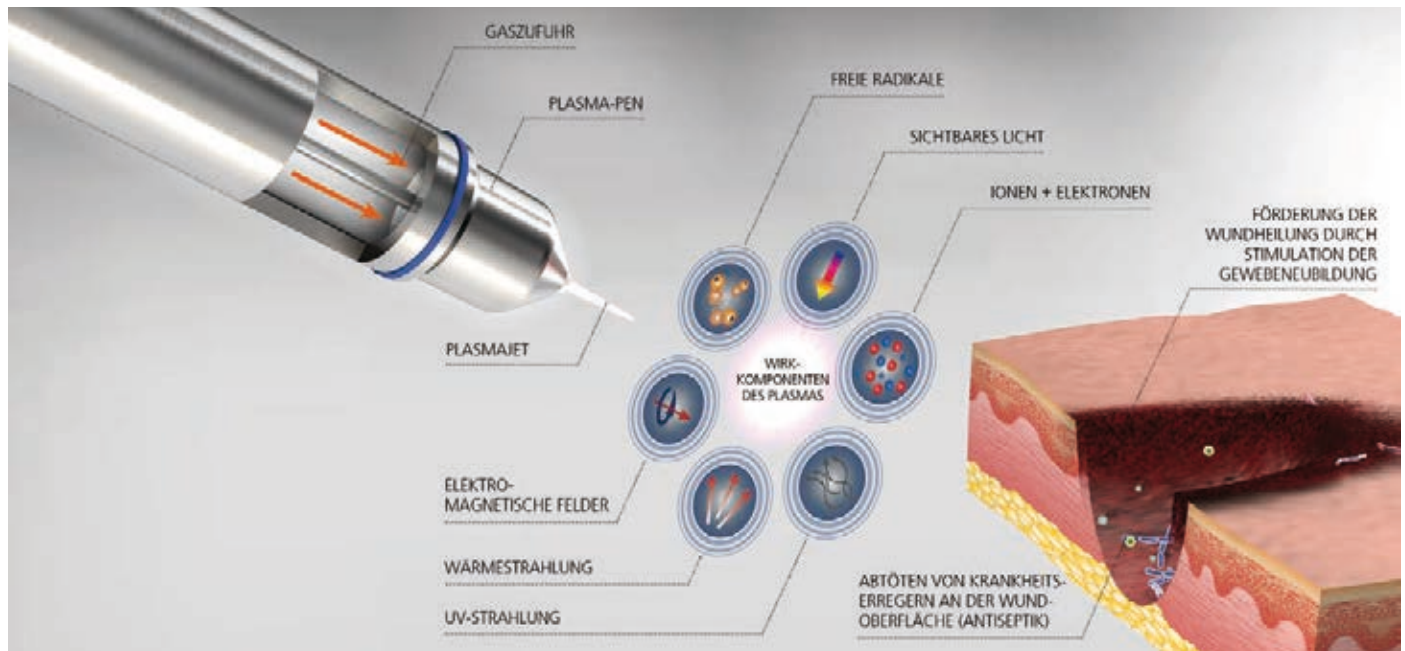
Strukturierte Substratoberfläche nach der Plasmabehandlung.

### KONTAKT



Dr. Katja Fricke  
Tel.: +49 3834 / 554 3841  
k.fricke@inp-greifswald.de

## Überblick



Zweistufiges Konzept der plasmaunterstützten Wundheilung: Atmosphärendruck-Plasmajet als Quelle biologisch wirksamer Plasmakomponenten

Die Plasmamedizin ist ein innovatives Forschungsfeld an der Schnittstelle zwischen Physik und Lebenswissenschaften, das sich mit der medizinischen Nutzung physikalischer Plasmen, insbesondere kalter Atmosphärendruckplasmen, befasst. Mit kaltem Atmosphärendruckplasma können biologische Prozesse in lebenden Zellen und Geweben gezielt beeinflusst werden. Neben der effektiven Inaktivierung von Mikroorganismen, einschließlich multiresistenter Krankheitserreger, wird die Regenerierung von verletztem Gewebe stimuliert, wodurch Heilungsprozesse unterstützt werden können. Unter bestimmten Bedingungen ist darüber hinaus eine Zerstörung von Krebszellen möglich.

Der Einsatz von kaltem Plasma bei der Heilung von Wunden sowie erregerbedingten Hauterkrankungen ist mittlerweile klinische Realität. Die ersten Kaltplasmageräte haben Marktzulassung erhalten. Der am INP konzipierte und intensiv untersuchte Atmosphärendruck-Plasmajet kINPen wurde durch die neoplas tools GmbH Greifswald zum Produkt weiterentwickelt, als kINPen® MED 2013 als Medizinprodukt Klasse IIa CE-zertifiziert und wird mittlerweile zunehmend insbesondere zur Behandlung von chronischen Wunden eingesetzt.

Unter Anwendung eines breiten Spektrums an mikrobiologischen sowie zell- und molekularbiologischen Techniken werden durch den Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin Wirkungen von kalten Atmosphärendruckplasmen auf Mikroorganismen, Zellen und Gewebe im Labor erforscht.

Im Ergebnis mehrjähriger Grundlagenforschung hat sich gezeigt, dass biologische Plasmaeffekte maßgeblich über reaktive Sauerstoff- und Stickstoffspezies vermittelt werden und damit zelluläre Redoxprozesse beeinflussen. Mit diesen Arbeiten konnte der Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin über die Plasmaforschung hinaus insbesondere auch auf dem Gebiet der Redoxbiologie eine umfangreiche und für interdisziplinäre Kooperationen nutzbare Expertise aufbauen.

Ziel der anwendungsorientierten Forschungsarbeiten im Forschungsschwerpunkt ist das Verständnis von Wirkungsmechanismen im Detail zur Optimierung medizinischer Plasmaanwendungen und zur Gewährleistung eines höchstmöglichen Maßes an Anwendungssicherheit. In interdisziplinärer Kooperation sollen durch Modifikation von Plasmaparametern spezifische biologische Effekte gezielt gesteuert und kontrolliert werden. Wesentliches Ziel dieser Arbeiten ist die immer bessere Charakterisierung und Steuerung der physikalischen Eigenschaften kalter Atmosphärendruckplasmen in Wechselwirkung mit lebenden Systemen, um Plasmageräte für medizinische Anwendungen neu zu konzipieren, zu optimieren und damit neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Auf der Basis langjähriger plasmaphysikalischer und ingenieurtechnischer Expertise in der Erforschung und Erprobung von kalten Atmosphärendruckplasmaquellen wird in Kooperation mit Partnern aus Industrie und Medizin an der anwendungsspezifischen Neu- und Weiterentwicklung von medizinischen Plasmaquellen und deren Einführung in die medizinische Praxis gearbeitet.



## Anwendungsorientierter Ausblick Perspektiven der Plasmamedizin

Nachdem kalte Atmosphärendruckplasmen grundsätzlich ihren Weg in die Medizin gefunden haben, steht nunmehr die plasmaphysikalische und plasmatechnische Forschung und Entwicklung vor der Herausforderung, neue und optimierte Plasmaquellen für spezifische Anforderungserfordernisse zu konzipieren und für den praktischen Einsatz vorzubereiten. Dabei werden in den kommenden Jahren vor allem drei Arbeitsschwerpunkte zu verfolgen sein:

- Die Konzeption und Erprobung von Plasmaquellen für spezifische medizinische Einsatzgebiete zur Behandlung größerer Areale, zur endoskopischen Anwendung und Anwendung in Körperhöhlen sowie Plasmaquellen für die Zahnmedizin.
- Die Eröffnung von Möglichkeiten der anwendungsbezogenen Steuerung, Überwachung und Modifikation von Plasmaparametern, um selektive und variable biologische Effekte zu erzielen und perspektivisch geräteunabhängige Parameter zur Steuerung und Kontrolle medizinischer Plasmaeffekte zur Verfügung zu haben.
- Die Identifizierung und Nutzung anwendungsspezifischer Vor- und Nachteile jetbasierter Plasmaquellen gegenüber Plasmaquellen auf der Basis dielektrisch behinderter Entladungen (DBE) mit und ohne Verwendung vorkonfektionierter Arbeitsgase.

In der anwendungsorientierten plasmamedizinischen Grundlagenforschung liegt der Fokus der kommenden Jahre auf folgenden Gebieten:

### WUNDHEILUNG

Nachdem sich die plasmaunterstützte Wundheilung vor allem bei chronischen und/oder infizierten Wunden bewährt, sind weitere präklinische und klinische Forschungen zur Optimierung der Therapie (Häufigkeit, Frequenz, Dauer und Lokalisierung der Plasmaanwendung) erforderlich, die durch laborexperimentelle Arbeiten begleitet werden. Darüber hinaus ist die Möglichkeit der Plasmaanwendung u.a. bei akuten (Problem-)Wunden, entzündeten Katheteraustrittsstellen und erregerbedingten Haut- und Schleimhauerkrankungen weiter zu prüfen und auszubauen.

### KREBSBEHANDLUNG

In Abhängigkeit von der Plasmabehandlungsintensität können Zellen über die Einleitung des programmierten Zelltodes (Apoptose) inaktiviert werden. Dies ist auch bei Krebszellen

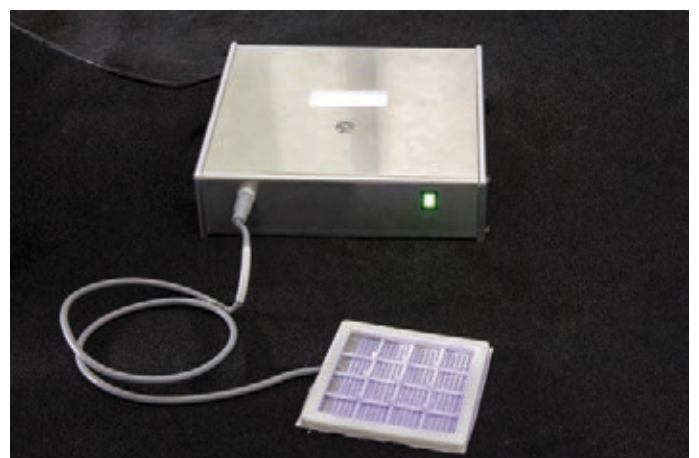
möglich. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Kaltplasma im Rahmen chirurgischer Tumoresektionen zur Inaktivierung eventuell noch verbliebener Krebszellen insbesondere dann einzusetzen, wenn sich ein großräumiger chirurgischer Eingriff aufgrund der Nähe sensibler anatomischer Strukturen (große Gefäße, Nervenbahnen, etc.) verbietet.

### ZAHNMEDIZIN

Die potentiellen Einsatzmöglichkeiten von Plasma in der Zahnmedizin sind sehr vielfältig und beinhalten Anwendungen direkt am Zahn, an Implantaten und Prothesen sowie an der Mundschleimhaut. Insbesondere steht die Nutzung antibakterieller und antiinflammatorischer Plasmaeffekte bei der Behandlung der Perimplantitis sowie in der Endodontie im Mittelpunkt des Forschungsinteresses.

### PLASMABEHANDELTE FLÜSSIGKEITEN

Biologische Plasmaeffekte werden nicht nur über Veränderungen der flüssigen Zellumgebung vermittelt, sondern auch Flüssigkeiten wie Wasser, physiologische Kochsalzlösung oder ein Zellkulturmedium können nach Plasmabehandlung vorübergehend selbst biologisch wirksam werden. Aktuell werden potenzielle Einsatzmöglichkeiten als Desinfektionsmittel, Antiseptika sowie die Anwendung in der Krebstherapie erforscht.



Flächige, dielektrisch behinderte Entladung auf der Basis einer textilen Elektrodenkonfiguration

## Grundfinanziertes Projekt Plasma & Zelle

Bis Anfang 2017 arbeitete der Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin nahezu ausschließlich mit drittmittelfinanziertem Personal im Rahmen von zwei landes- bzw. bundesfinanzierten Projekten. Mit Beginn des Jahres 2017 konnten wesentliche Forschungsaufgaben aus diesen Förderprojekten in das grundfinanzierte Projekt "Plasma & Zelle" übernommen und dort weitergeführt werden.

### WUNDHEILUNG - TIER-EXPERIMENTELLE STUDIE

In Kooperation mit der Universitätsmedizin Rostock wurde eine Studie zur Wundheilung an Mäusen durchgeführt. Es konnte unter kontrollierten und reproduzierbaren experimentellen Bedingungen gezeigt werden, dass die Heilung akuter, nicht infizierter Wunden durch Plasmabehandlung stimuliert wird und sich dies auch anhand von molekularbiologischen Markern nachweisen lässt. Darüber hinaus ergab eine Nachbeobachtung der plasmabehandelten Tiere über ein Jahr keinerlei Hinweise auf krebserregende Plasmaeffekte. Damit konnte erstmalig die Sicherheit der Plasmabehandlung durch eine kontrollierte In-vivo-Studie belegt werden.

### WUNDHEILUNG - KLINISCHE FORSCHUNG

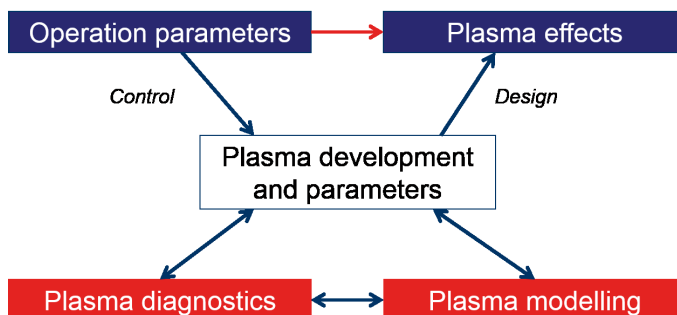
In Kooperation mit dem Klinikum Karlsburg - Herz- und Diabeteszentrum Mecklenburg-Vorpommern wird Wundflüssigkeit (Exsudat) aus chronischen Wunden vor und nach einer Plasmabehandlung untersucht. Ziel ist zunächst vor allem die detaillierte Charakterisierung der antimikrobiellen Plasmawirkung in vivo. In Kombination mit einer innovativen Diagnostik mit einer Hyperspektralkamera (Diaspective Vision GmbH Pepelow) kann darüber hinaus der Wundheilungsprozess insgesamt und insbesondere die unmittelbare und nachhaltige Plasmawirksamkeit dargestellt werden. Diese Arbeiten erfolgen im Rahmen der verstetigten Forschungsgruppe "Plasma-Wundheilung" aus der ersten Förderphase des ZIK plasmatis.

### PLASMA-QUELLENKONZEPTE

In der zweiten verstetigten Forschungsgruppe "Plasma-Quellenkonzepte" aus der ersten Förderphase des ZIK plasmatis lag der Arbeitsschwerpunkt auf der Konzeption und Erprobung von Plasmaquellen für zahnmedizinische Anwendungen (kINPenDent), endoskopische Anwendungen (kIN-PenFlex) sowie flächigen Plasmaquellen auf Jetbasis bzw. einer textilbasierten DBE-Elektrodenanordnung. Wesentlicher Bestandteil dieser Arbeiten war die Berücksichtigung technischer Erfordernisse einer zukünftigen Zertifizierung der Plasmaquellen als Medizinprodukte und deren Prüfung auf der Basis der weiter zu entwickelnden DIN SPEC 91315.

### EXPERIMENTELLE GRUNDLAGEN FÜR NEUE MEDIZINISCHE ANWENDUNGEN

Unter Verwendung von Melanozyten wurde gezeigt, dass durch Plasmaeinwirkung die Melaninbildung beeinflusst werden kann, womit die Basis für weitere Forschungen im Hinblick auf eine Plasmaanwendung zur Behandlung von Pigmentationsstörungen der Haut gelegt wurde. Die Kombination von Plasma mit gepulsten elektrischen Feldern bei der Behandlung von Tumorzellen ergab insbesondere einen verstärkten migrations- und proliferationshemmenden Effekt, woraus sich perspektivisch weitere Anwendungsoptionen für Plasma in der Krebstherapie ergeben könnten. Plasmabehandelte physiologische Kochsalzlösung wurde in verschiedenen experimentellen Ansätzen auf ihre Anwendbarkeit als Desinfektionsmittel und Antiseptikum untersucht. Ein wichtiges Ergebnis war der Nachweis, dass Proteine die antimikrobielle Wirkung hemmen.



Basic elements of plasma device characterization as precondition for effective medical device development

## Drittmittelfinanziertes Projekt Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) "plasmatis - Plasma plus Zelle"

In den Jahren 2009-2015 konnten mit dem Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) „plasmatis – Plasma plus Zelle“, einer einzigartigen Kombination der Expertisen von Biochemiker(innen)n, Pharmazeut(innen)en, Biolog(innen)en und Physiker(innen)n, die wesentlichen Grundlagen für eine Themenführerschaft des INP innerhalb des neuen Forschungsgebietes Plasmamedizin gelegt werden. Auf der Basis der positiven Ergebnisse der durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierten ersten Förderphase wurden 2015 im Rahmen einer zweiten Förderphase die finanziellen Mittel für zwei neue Forschergruppen eingeworben.

Hauptziel des ZIK plasmatis ist es, bis 2021 die internationale Themenführerschaft des INP auf dem Gebiet der plasmamedizinischen Grundlagenforschung zu konsolidieren und weiter auszubauen.

Die NACHWUCHSFORSCHERGRUPPE "PLASMA-REDOX-EFFEKTE" hat im Januar 2016 ihre Arbeit aufgenommen. Schwerpunkt der Arbeiten ist die Erforschung der zell- und molekularbiologischen Möglichkeiten einer Redox-basierten Antitumor-Strategie und Immuntherapie mittels Kaltplasma, um damit neue Optionen in der Krebstherapie zu eröffnen. Insbesondere diese Nachwuchsforschergruppe verfügt über eine bedeutende Expertise auf dem Gebiet der Redoxbiologie, auf deren Basis zukünftige Forschungsaktivitäten und -kooperationen über die plasmamedizinische Grundlagenforschung hinaus realisierbar sein werden. Aus dem vertieften Verständnis redoxbiologischer Prozesse sind Erkenntnisse über Pathologie und Therapiemöglichkeiten einer Vielzahl weiterer Erkrankungen zu erwarten.

Die NACHWUCHSFORSCHERGRUPPE "PLASMA-FLÜSSIGKEITS-EFFEKTE", die im Februar 2017 ihre Arbeit aufgenommen hat, konzentriert sich auf die systematische Untersuchung von chemischen Molekülen, die durch kalte Plasmen in biologische Flüssigkeiten und Systeme eingetragen werden, deren Beitrag zur Wirksamkeit medizinischer Anwendungen und deren Modulation durch technische Veränderungen an der Plasmaquelle und wird damit Aussagen über die Wirkprinzipien kalter Plasmen in biologischen Systemen liefern sowie die Grundlage für die spezifische Anpassung einer Plasmaquelle an die Erfordernisse des individuellen Behandlungsgebietes bilden.

Die beiden Nachwuchsforschergruppen aus der ersten Förderphase wurden als Forschergruppen "Plasmaquellen-Konzepte" und "Plasma-Wundheilung" am INP verstetigt und bilden als Teil des Grundlagenprojektes "Plasma & Zelle" die Schnittstelle zwischen ZIK plasmatis und den anderen Forschungsaktivitäten des Forschungsschwerpunktes Plas-



Vernetzung der neuen Nachwuchsforschergruppen (rot) mit den verstetigten Forschergruppen (blau) des ZIK plasmatis

### KONTAKT



Prof. Thomas von Woedtke  
Tel.: +49 3834 / 554 445  
woedtke@inp-greifswald.de

## Überblick

Der Forschungsschwerpunkt beschäftigt sich mit der Untersuchung, Entwicklung und Optimierung von plasmabasierten Methoden und Prozessen zur Dekontamination und hygienischen Aufbereitung für den Umweltschutz, zur Arbeits- und persönlichen Sicherheit, in der Lebensmittelhygiene sowie der Keimreduktion in medizinischen Einrichtungen und der häuslichen Pflege. Plasmatechnik wird dabei zum Abbau biologischer und chemischer Verunreinigungen von Gasen (insbesondere Luft), Flüssigkeiten (insbesondere Wasser) und Oberflächen verwendet, wobei letztere vor allem auch Obst und Gemüse einschließen.

Für die Dekontaminationsaufgaben werden die speziell durch Plasmen gebildeten chemisch reaktiven Spezies aber auch andere Wirkmechanismen, wie ultraviolette Strahlung und elektrische Felder, direkt oder indirekt genutzt. Je nach Anwendung können diese in den unterschiedlichen Plasmaquellen verschieden stark ausgeprägt sein. Gemeinsam ist aber allen Ansätzen, die Arbeit mit relativ kalten Plasmen, die damit den Einsatz gerade bei temperaturempfindlichen Materialien und Produkten nahelegen, die insbesondere für thermische Dekontaminationsverfahren nicht geeignet sind.

Ein gegenüber anderen Verfahren wesentlicher Vorteil von Plasmen für die Dekontamination ist, dass allein durch die in einer geeigneten Weise bereitgestellten elektrische Energie, Reaktionschemie und Abbaumechanismen gezielt gesteuert werden können. Insbesondere kurzlebige reaktive Spezi-

es, wie Hydroxyl-Radikale, können dabei direkt aus und im Medium, das gereinigt werden soll (z.B. Luft und Wasser), ohne weitere chemische Verbrauchsmittel erzeugt werden. Entsprechend sind auch keine langlebigen schädlichen Reaktionsprodukte zu erwarten.

## Anwendungsfelder

### Clean Air

Das Forschungsthema „Clean Air“ widmet sich der Entwicklung neuer plasmabasierter Verfahren zum Schadstoffabbau in Gasströmen, einschließlich Luft.

In Kombination mit weiteren Verfahren, z.B. Filtersystemen, zielen diese insgesamt auf den Abbau von Substanzen, die sich mit anderen Methoden nur schwer oder überhaupt nicht beseitigen lassen. Plasma stellt hierfür als Oxidationstechnologie (Advanced Oxidation Technology) einen vielversprechenden Ansatz dar.

### Clean Water

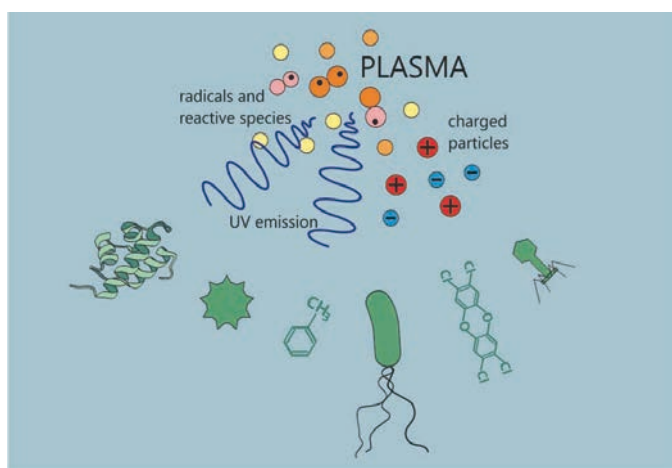
Das Forschungsthema „Clean Water“ konzentriert sich auf die mikrobielle und chemische Dekontamination v.a. für die Trinkwasser- und Abwasseraufbereitung. Flüssigkeiten können zum einen vorübergehend mit einer antimikrobiellen Charakteristik versehen werden. Ein komplementärer Ansatz ist die Erzeugung von Plasmen v.a. im Wasser selbst, wodurch Mikroorganismen aber auch Mikroverunreinigungen, wie pharmazeutische Rückstände direkt angegriffen werden.

### Clean Food

Im Forschungsthema „Clean Food“ werden direkte und indirekte Plasmabehandlungen für die Lebensmittelindustrie erforscht. Damit sollen Transportwege und Verpackungen mikrobiell sauber gehalten werden, aber auch Obst und Gemüse nach der Ernte auf schonende Weise länger haltbar gemacht werden.

### Clean Healthcare

Beim Forschungsthema „Clean Healthcare“ liegt der Schwerpunkt auf der plasmabasierten biologischen Dekontamination und möglichen Sterilisation von empfindlichen Materialien und Medizinprodukten. Dafür werden Plasmaquellen speziell für medizinische Anforderungen, wie z.B. im Bereich der Endoskopie, entwickelt.



Plasmen, die durch Gasentladungen erzeugt werden, stellen verschiedene Wirkmechanismen zur Verfügung, die für den Abbau robuster chemischer Substanzen, von Biomolekülen und Mikroorganismen effizient und gezielt eingesetzt werden können.



## Anwendungsorientierter Ausblick – Plasmabehandlung von Flüssigkeiten Desinfektionsmittel und Abbau von Schadstoffen

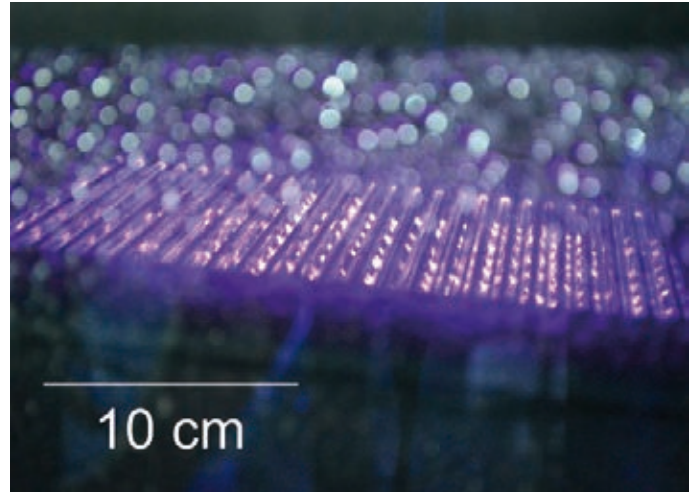
Die Behandlung von Flüssigkeiten mit den in Gasentladungen erzeugten Plasmen ist durch verschiedene Ansätze möglich. Grundsätzlich lassen sich drei Vorgehensweisen unterscheiden. Zum einen können Plasmen in Gasen vorzugsweise Umgebungsluft erzeugt werden, um damit chemisch reaktive Stoffe, wie z.B. Ozon, zu bilden, die dann in die Flüssigkeit eingebracht werden. Für die Plasmaerzeugung kann die Flüssigkeit auch direkt in das Plasmaverfahren, z.B. als Elektrode, mit einbezogen werden, wodurch in der Gasphase erzeugte reaktive Spezies unmittelbar in die Flüssigkeit eindringen können. Zudem können Strahlung und elektrische Felder aus dem Plasma mit der Flüssigkeitsoberfläche wechselwirken. Für die letzte Methode werden Plasmen durch eine geeignete Elektrodengeometrie und elektrische Anregung direkt in der Flüssigkeit selbst erzeugt. Die verschiedenen Methoden bieten entsprechend unterschiedliche Möglichkeiten. Je nach Art der Erzeugung unterscheiden sich insbesondere die in der Flüssigkeit wirksamen chemischen Prozesse, die entweder direkt für die Dekontamination oder indirekt zur Erzeugung eines Dekontaminationsmittels eingesetzt werden können.

### Plasmabereitetes Desinfektionsmittel

In den vergangenen zwei Jahren konnte basierend auf Untersuchungen zum Verständnis von Plasmen, die an Wasseroberflächen erzeugt werden, Systeme entwickelt werden, die die Behandlung von Volumina erlauben und die für verschiedene Anwendungen nun zumindest Machbarkeitsstudien erlauben. Mit der am INP entwickelten WINPlas-Anlage können Anwender nun selbst Wasser, insbesondere auch Leitungswasser, mit einem Plasma behandeln, das der Flüssigkeit antimikrobielle Eigenschaften verleiht. Das so bereitgestellte Desinfektionsmittel wird gegenwärtig an verschiedenen Stellen als alternatives Reinigungsmittel für Medizinprodukte, als Ersatz für Spritzmittel und gegen die Verkeimung von Badewasser getestet.

### Plasmabasierte Trinkwasseraufbereitung

Während die antimikrobielle Trinkwasseraufbereitung in Deutschland und Europa keine großen Probleme kennt, stellen die zunehmende Belastung mit anthropogenen Mikroverunreinigungen, wie etwa Pestizide und Pharmazeutika, eine Herausforderung dar, da sie mit den bisher üblichen Verfahren nicht beseitigt werden können. Plasmen, die entweder im Wasser oder am Wasser erzeugt werden, stellen allerdings eine mögliche Lösung dar. Dazu wurde am INP ein



Großflächige dielektrisch behinderte Entladung zur Behandlung eines Wassersprühnebels. Das Plasma wird zwischen Glas-ummantelten Hochspannungselektroden und Erdelektroden durch 1-kHz Hochspannungspulse von 400 ns und 30 kV erzeugt.

System entwickelt, bei dem mittels einer gepulsten dielektrisch behinderten Entladung Wasser im Durchlauf behandelt werden kann. Das System befindet sich gegenwärtig in der Erprobung in Bezug auf seine Reinigungseffizienz und soll danach an einer für die Trinkwasseraufbereitung genutzten Talsperrenanlage unter realen Bedingungen getestet werden.

### Plasmabehandlung schadstoffbelasteter Abwässer

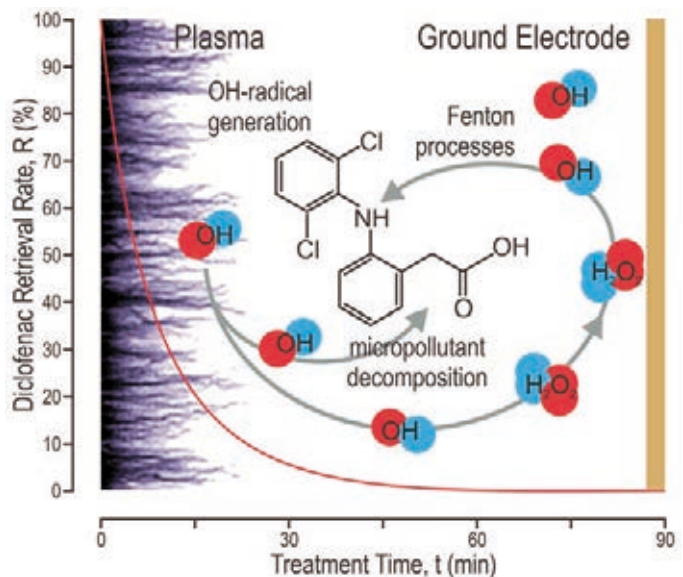
Für die Abwasserbehandlung stellen gepulste, in der Flüssigkeit erzeugte, Korona-Entladungen eine effiziente Möglichkeit dar, Hydroxyl-Radikale in hoher Konzentration dort bereitzustellen, wo sich auch die abzubauenen Verunreinigungen finden. Aufbauend auf einem vom BMBF geförderten wissenschaftlichen Vorprojekt werden am INP momentan Anlagen für die Aufbereitung von Abwässern aus Wäschereien und in Klärwerken errichtet, die dann die Effizienz der Methode unter realen Bedingungen ermöglichen sollen. Dabei wird insbesondere die Kombination mit weiteren Verfahren betrachtet.

## Grundfinanziertes Projekt Plasmachemische Prozesse in Flüssigkeiten

Die Anstrengungen des Forschungsschwerpunktes sind von der Entwicklung verschiedenster Plasmaverfahren und -technologien für die Dekontamination in unterschiedlichsten Anwendungsfeldern geprägt. Zielrichtung sämtlicher Anwendungen ist ein grundlegendes Verständnis der Wirkung, der mit einem Plasma bereitgestellten physikalischen und chemischen Prozesse auf Mikroorganismen sowie bestimmte Substanzen und Moleküle, einschließlich von Biomolekülen. Eine zunehmende Bedeutung haben in den vergangenen Jahren jene chemischen Prozesse und Prozessprodukte erlangt, die unter der Einwirkung eines Plasmas gebildet werden. Diese hängen nicht nur von der Art des Plasmas und dessen Betriebsparametern ab, sondern v.a. auch von Wasserparametern, wie etwa der Leitfähigkeit, von gelösten Sauerstoff- und Stickstoffkonzentrationen und v.a. dem pH-Wert. All diese Parameter ändern sich durch die Wechselwirkung eines Plasmas. Zudem können im Wasser gelöste Biomoleküle die Wirksamkeit der Plasmabehandlung stark beeinflussen. So hat sich z.B. gezeigt, dass in Gegenwart von bestimmten Proteinen bzw. Aminosäuren, v.a. für Nährlösungen, die antimikrobielle Wirkung der durch das Plasma induzierten Flüssigkeitschemie reduziert wird.

Für eine längeranhaltende Wirkung auf Mikroorganismen sind insbesondere reaktive Sauerstoff- und Stickstoffspezies verantwortlich, für die nachgewiesen werden konnte, dass sie neben oxidativen Mechanismen auch nachhaltig auf die Biochemie von Zellen und Bakterien wirken. Für dielektrisch behinderte Entladungen, die in Umgebungsluft betrieben werden, konnte so z.B. gezeigt werden, dass Superoxid, Wasserstoffperoxid, Nitrit und Nitrat in gepufferten Nährlösungen gebildet werden – in Konzentrationen, die abhängig sind von der eingetragenen elektrischen Energie.

Während die Verwendung einer gepufferten Nährlösung Änderungen von Reaktionskinetiken in Abhängigkeit von Änderungen des pH-Werts ausschließen, sind diese gerade für die Behandlung von Wasser von großer Bedeutung. Das für die Lebensmittelbehandlung entwickelte Plasmaverfahren zeichnet sich dabei durch hohe NO-Konzentrationen aus, die in wässriger Lösung bei niedrigem pH-Wert, Peroxinitrit bilden.



Primäre, d.h. im Plasma, und sekundäre, d.h. im Wasser bzw. an der Erdungselektrode, chemische Reaktionen, durch im Wasser erzeugte Korona-Entladungen und ihre Wechselwirkung mit im Wasser gelösten Schadstoffen.

Mit Korona-Entladungen, durch gepulste Hochspannungen direkt im Wasser erzeugt, werden neben anderen kurzlebigen reaktiven Molekülen zunächst v.a. Hydroxylradikale gebildet, die sich durch ihre hohe Reaktivität auszeichnen. Dadurch wandeln sie sich aber auch schnell weiter in Wasserstoffperoxid um, falls sie auf keine anderen Reaktionspartner treffen. Aus diesen Untersuchungen hat sich daher die Notwendigkeit ergeben, die nachgelagerte Elektrodenchemie bei der Gesamtabbaubilanz von pharmazeutischen Rückständen mit zu berücksichtigen bzw. auszunutzen, um Wasserstoffperoxid wieder in Hydroxylradikale umzuwandeln.

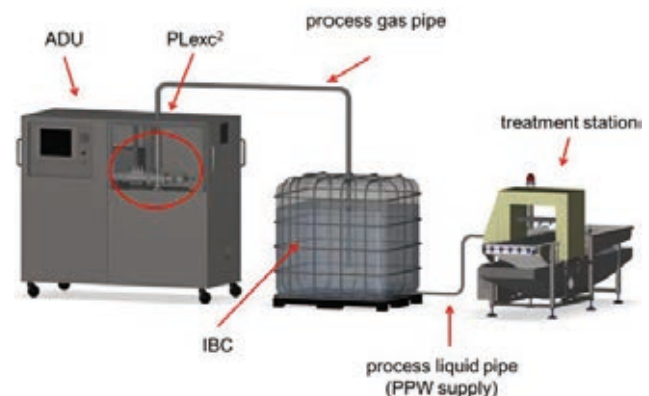
## Drittmittelfinanziertes Projekt Plasma und Lebensmittel

Innerhalb der Lebensmittelproduktionskette pflanzlicher Lebensmittel kann Keimbefall zu Problemen in der Lebensmittelsicherheit und zu Ernte- und Lagerverlusten führen. Produzenten und Verarbeiter von Frischeprodukten sind aufgrund der unmittelbaren wirtschaftlichen Konsequenzen im hohen Maße an einer Reduzierung von Gefährdungen und entsprechenden Verlusten interessiert.

Die Inaktivierung von Mikroorganismen auf natürlichen Oberflächen bei gleichzeitigem Erhalt der wertgebenden Inhaltsstoffe der pflanzlichen Matrix stellt eine technologische Herausforderung dar. Wegen des immensen Kostendrucks können nur relativ kosteneffiziente Verfahren zum Einsatz gebracht werden. Die Kernidee unserer darauf ausgerichteten Forschungsarbeiten ist es, mittels Plasma effizient antimikrobiell wirksame Spezies, insbesondere Radikale und Metastabile, zu generieren, die einerseits mikrobiologisch aktiv und andererseits innerhalb verfahrenstypischer Zeiten abgebaut werden, so dass mögliche Auswirkungen auf das Produkt minimiert und eine Gefährdung der Konsumenten ausgeschlossen werden können. Ziel der Dekontamination von Lebensmitteln durch Plasma ist es, eine Ertragssteigerung zu ermöglichen und gleichzeitig die Sicherheit für den Verbraucher zu erhöhen. Weitere Anwendungsbereiche finden sich im Bereich von Verpackungen, Transportbehältnissen, Anlagenteilen und Medizinprodukten.

Idealerweise können die für die Dekontamination bevorzugten reaktiven Stickstoff- und Sauerstoffspezies direkt aus der Umgebungsluft erzeugt werden. Dazu hat das INP eine Mikrowellen-basierte Plasmaquelle PLe<sup>xc</sup> entwickelt, die bei Atmosphärendruck insbesondere Stickstoffspezies in hoher Konzentration erzeugt. Durch die Anreicherung dieser in der Umgebungsluft, kann direkt eine antimikrobielle Wirkung auf verschiedenen Oberflächen erzielt werden. Für die Einwirkung so behandelter Luft auf frisch geschnittenen Brokkoli für nur 15 Minuten, konnten Keimreduktionen von mehr als 5 log-Stufen erreicht werden. Allerdings änderten sich durch die Behandlung auch Farbe und Struktur. Weitere Untersuchungen, z.B. für andere Lebensmittel aber insbesondere zur Lebensmittelqualität nach Behandlung sind noch nötig.

Ein weiterer sehr vielversprechender Ansatz ist, die in der Umgebungsluft eingebrachten reaktiven Spezies in Wasser zu lösen, wie es ohnehin in konventionellen Reinigungsverfahren für Obst und Gemüse angewandt wird. Damit lassen sich auch die bei diesen Wäschen oft verwendeten Chemikalien, z.B. Chlor, ersetzen. Die in Laborversuchen bereits etablierte keimabtötende Wirkung für Salat hat inzwischen zur Entwicklung eines industriellen Demonstrators geführt mit dem 1000 l Wasser mit im Plasma erzeugten reaktiven Spezies angereichert werden können.

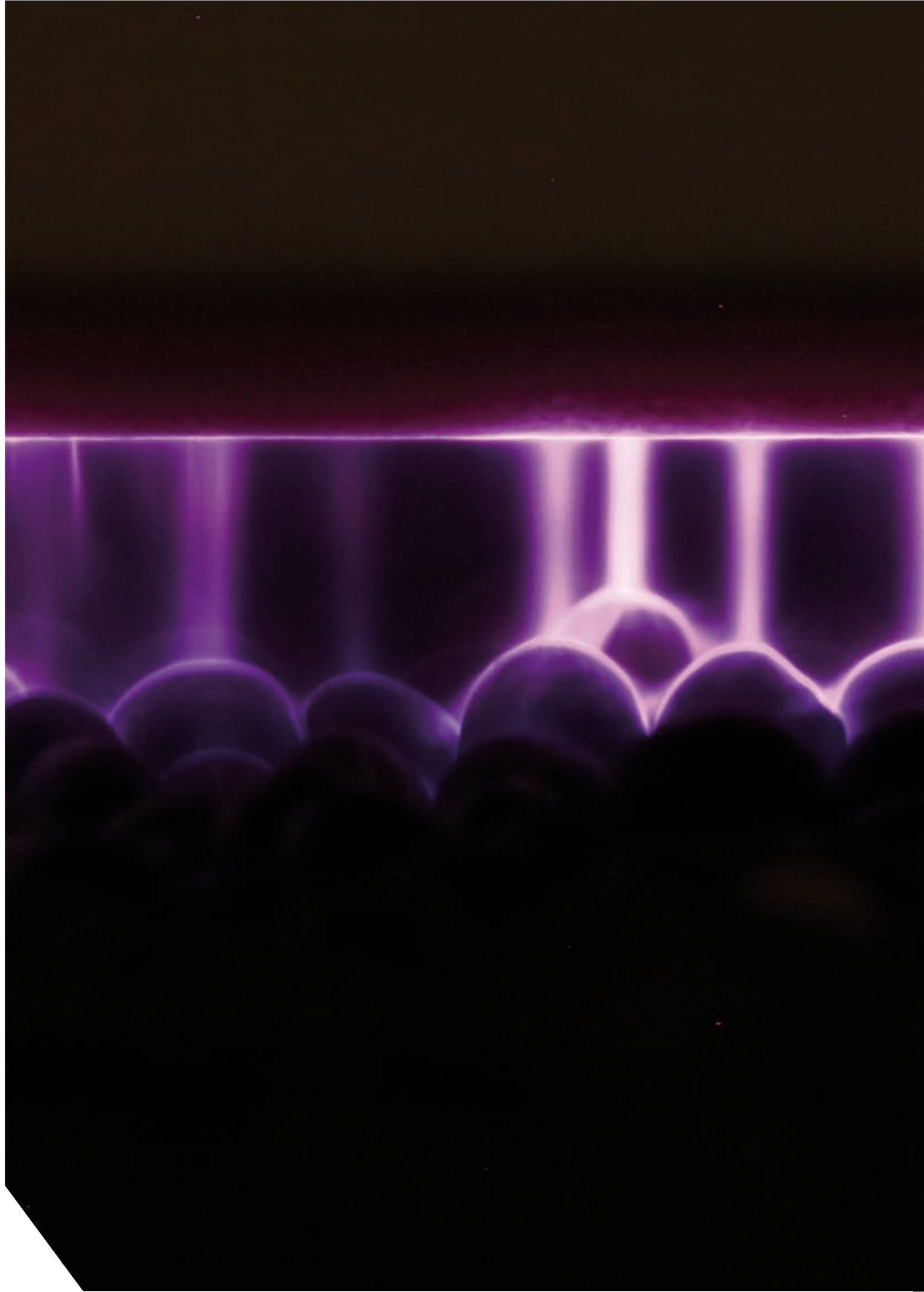


Industrietaugliche autonome Anlage (ADU: Auxiliary Decontamination Unit) mit der 1000 Liter Leitungswasser durch die mit einer zweistufigen Plasmabehandlung (PL<sup>exc</sup>2) aus Umgebungsluft erzeugten reaktiven Spezies für nachfolgende Waschprozesse angereichert werden können.

### KONTAKT



**Prof. Jürgen Kolb**  
Tel.: +49 3834 / 554 3950  
juergen.kolb@inp-greifswald.de





## FORSCHER-GRUPPEN

### Überblick

Die erfolgreiche Forschungsarbeit des Zentrums für Innovationskompetenz „plasmatis“ wird in einer zweiten Förderphase mit zwei neuen Nachwuchsforschergruppen "Plasma-Flüssigkeits-Effekte" und "Plasma-Redox-Effekte" fortgesetzt. Die Forschergruppen der ersten Förderphase wurden verstetigt sowie zusätzlich eine aus Eigenmitteln finanzierte Nachwuchsforschergruppe auf dem Gebiet der Biosensorischen Oberflächen installiert.

Die Nachwuchsforschergruppen verfolgen weitgehend unabhängig interdisziplinäre Forschungsthemen außerhalb operativer Tätigkeiten bzw. Forschungsaufträge - eine Chance und Förderung für Nachwuchskräfte erste Führungserfahrung zu sammeln und ein eigenes Profil aufzubauen.

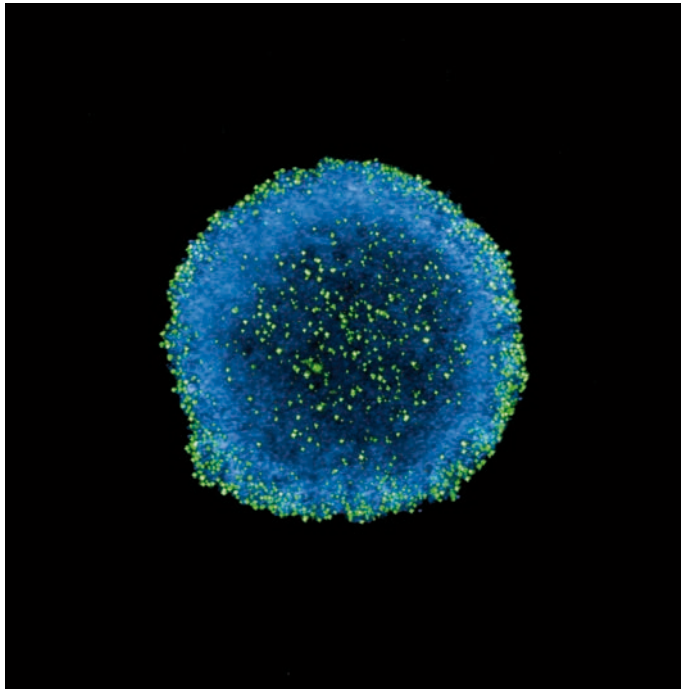
ZIK plasmatis - Plasma-Redox-Effekte

ZIK plasmatis - Plasma-Flüssigkeits-Effekte

Biosensorische Oberflächen

Plasmaquellen-Konzepte

## ZIK plasmatis Plasma-Redox-Effekte



Dreidimensional-gewachsener, sogenannter Tumorspheroid aus humanen Melanomzellen nach Kaltplasmabehandlung; die grünen Bereiche markieren durch die Plasmabehandlung abgetötete Tumorzellen.

Reaktive Moleküle („freie Radikale“) vermitteln die biologische Plasmawirkung. Dabei greifen sie in sogenannte „Redox“-Prozesse von Zellen ein. Die vom Plasma produzierten Moleküle sind die gleichen, die bei physiologischen Prozessen in körpereigenen Zellen entstehen und dort sogar als Signalmoleküle fungieren. Welche Zellantwort ausgelöst wird, hängt von der zellulären Enzymausstattung und der Qualität und Quantität der durchs Plasma freigesetzten Spezies ab. Im Verlauf vieler Krankheiten wie bspw. Krebs ist die zelluläre Enzymausstattung verändert. Plasmabehandlungen können hier therapeutisch wirken.

Die Nachwuchsforschergruppe „Plasma Redox-Effekte“ betreibt Grundlagenforschung auf der Schnittstelle verschiedener Forschungsdisziplinen. Dazu gehören die Redox-Biologie, die Plasmamedizin, die Onkologie und die Immunologie. Gearbeitet wird mit Tumor- und Immunzellen in zwei und dreidimensionalen Zellkulturmodellen, Primärzellen, Tiermodellen und Patientenproben.

Fortgeschrittene Krebsstadien stellen Patient(innen)en und Ärzt(innen)e vor zwei Herausforderungen. Zum einen streuen Krebszellen für viele Therapien schwer erreichbar im ganzen Körper (Metastasierung) und verursachen dadurch über 90% der Krebstoten. Zum anderen regulieren diese Krebszellen die Erkennung durch Immunzellen aktiv herunter. Die Nachwuchsgruppe erforscht, inwieweit die Plasmabehandlung Krebszellen für das Immunsystem sichtbar machen kann. Dadurch entstehen die Krebszellen-bekämpfenden Immunzellen, die im ganzen Körper wirksam sind. Das Prinzip ist bereits aus anderen Therapieformen bekannt, in denen auch reaktive Spezies produziert werden. Ob dem Plasma eine Rolle in der Etablierung von Antitumor-Immunantworten zukommt, wird unter anderem in Hautkrebsmodellen untersucht.

Wir konnten zeigen, dass Plasma gegen metastasierende genau wie gegen nicht metastasierende Tumorzellen toxisch wirkt. Dies gilt neben dem Melanom auch für eine Reihe anderer Krebsarten, wie Kolorektal-, Pankreas- und Brustkarzinome sowie Leukämien. Weiterhin stellten wir heraus, dass Plasma auch auf dreidimensional gewachsene Tumore, sog. Spheroide, zytotoxisch wirkt. Hierbei war die sog. direkte Plasmabehandlung effektiver, als die Behandlung mit durch Plasma-behandelter Flüssigkeit.

Wir etablierten eine Reihe von Labormethoden, um die Interaktion zwischen Tumorzellen und Immunzellen sichtbar zu machen. In sog. Fresszellen induzierte die Plasmabehandlung einen gemischten Phänotyp mit teilweise tumortoxischen Eigenschaften. Wir charakterisierten das Entzündungsprofil von Tumorzellen und Immunzellen nach Plasmabehandlung, welches das Tumorwachstum insgesamt einschränkt.

Es konnte eine kleine Bibliothek von mit Plasma-behandelten, primären Hauttumoren des Menschen erstellt werden. Diese wird hilfreich sein, die Wirkmechanismen des Plasmas aufzuklären.

Der Forschungsfokus wird auf drei Schwerpunkte gelegt. Zum einen wird die Plasmabehandlung von Tumoren konzeptionell im Tiermodell erforscht, zum anderen werden Kombinationstherapien intensiv untersucht werden. Der dritte Schwerpunkt sind die Redox-Mechanismen bei der Plasma-toxischen Wirkung auf Tumorzellen und den Effekten auf Immunzellen.

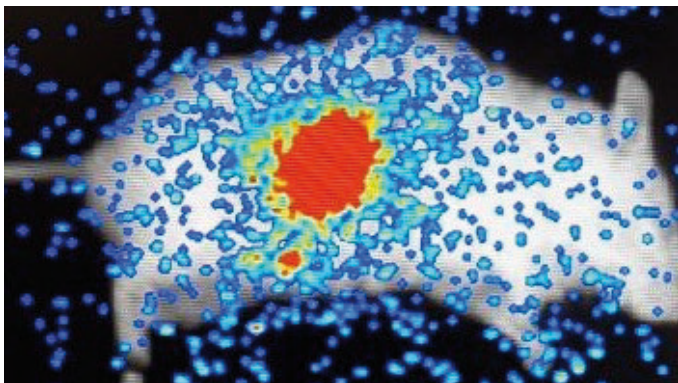
In den genehmigten Tierversuchsvorhaben werden subkutane Tumore direkt mit Plasma unterschiedlicher Gaszusammensetzung behandelt. Dabei wird die Frage zu beantworten sein, welche Gaszusammensetzung - also welche Radikale im Plasma - für die Tumortoxizität verantwortlich sind. Im zweiten Vorhaben werden Tieren durch Plasma getötete Tumorzellen injiziert. Später erfolgt die Gabe lebender Tumorzellen. Wachsen die lebenden Tumorzellen im Tier nicht an, so hat die Wirkung des Plasmas auf Tumorzellen möglicherweise immunisierende Eigenschaften. Für die Tierversuche können wir auf einen Biolumineszenz-Imager zugreifen, mit dessen Hilfe wir das Tumorstadium im lebenden Tier bestimmen können.

Unabhängig von der Krebsart sind Kombinationstherapien in der Onkologie der Lichtblick am Horizont des therapeutischen Erfolgs. Diese bestehen in der Regel neben der chirurgischen Resektion aus einer Bestrahlung sowie Chemo- und Immuntherapien. Wir erforschen bereits erfolgreich Kombinationsbehandlungen von Plasma mit Mitochondrien-Modulatoren und klassischen Chemotherapien, wie bspw. Doxorubicin. Durch das Screening kleiner Substanzbibliotheken

möchten wir weitere in Kombination mit Plasma hochwirksame Therapeutika erforschen. Während eines Gastaufenthaltes am Universitätsklinikum Erlangen werden außerdem Kombinationseffekte von physikalischem Plasma und Strahlentherapie in Melanomzellen untersucht.

Die molekularen Vorgänge direkt nach Plasmabehandlung von Tumorzellen sind bisher kaum erforscht. Mittels Fluoreszenz-basierten Redox-Sensoren die durch ein Vektorsystem in Zellen eingebracht werden können, sollen die Plasma-vermittelten Oxidationsmuster in Krebszellen orts- und zeitaufgelöst am Laserscanning-Mikroskop aufgeschlüsselt werden. Ebenso wird die Rolle von Redox-Proteinen im Plasma-induzierten Tumorzelltod untersucht.

In der Tumorummunologie möchten wir verstehen, welche Sequenzen Tumorzellen den Immunzellen präsentieren. Dies ist entscheidend für das Gelingen einer gegen den Tumor gerichteten Immunantwort. Viele Tumore blockieren eine Immunantwort und/oder bringen bestimmte Immunzellen dazu, dies zu tun. Wir möchten erforschen, inwiefern diese Immunsuppression durch die Behandlung mit physikalischem Plasma gebrochen werden kann. Dafür wird die Ausprägung immunsuppressiver Moleküle auf Tumorzellen wie Immunzellen u.a. aus Patientenmaterial bestimmt.



Anästhesierte Maus mit injiziertem Tumor auf der Flanke; die Tumorzellen produzieren ein Enzym, welches nach Zugabe eines Substrats das Ausmaß des Tumorstadiums mittels Photonen-Quantifizierung im lebenden Tier sichtbar macht. Somit kann das Tumorstadium genau verfolgt werden.

### KONTAKT



**Dr. Sander Bekeschus**  
Tel.: +49 3834 / 554 3948  
[sander.bekeschus@inp-greifswald.de](mailto:sander.bekeschus@inp-greifswald.de)



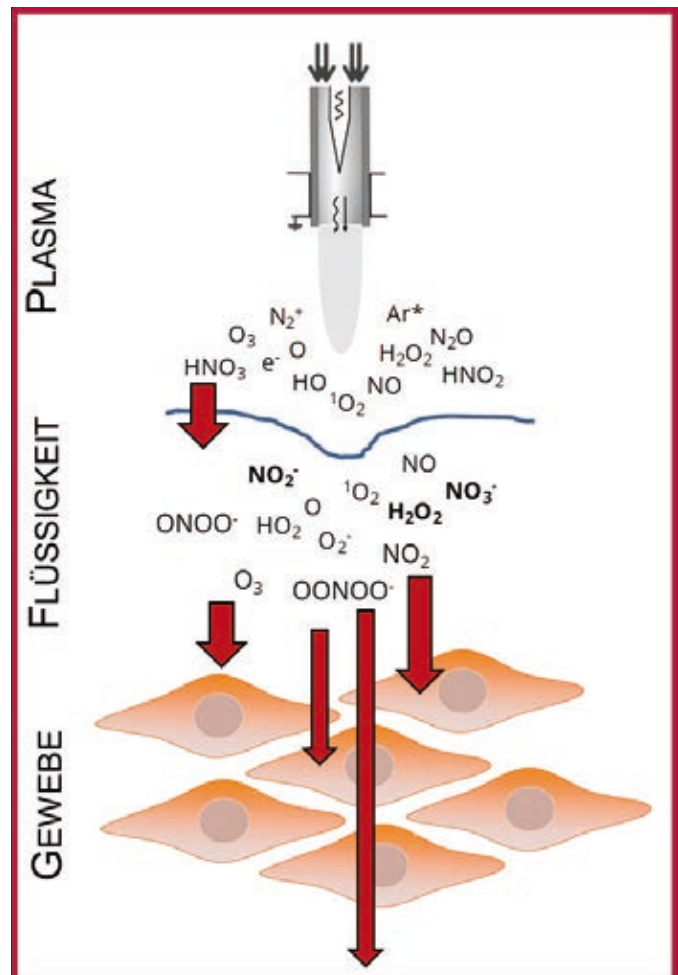
## ZIK plasmatis Plasma-Flüssigkeits-Effekte

Die Nachwuchsgruppe "Plasma-Flüssigkeits-Effekte" möchte der folgenden Fragestellung nachgehen: Lassen sich über eine detaillierte Analytik der Interaktion von kalten Plasmen mit Flüssigkeiten bzw. Geweben einzelne, für spezielle biologische Effekte hauptverantwortliche redoxaktive Spezies identifizieren?

Dazu müssen die durch die Plasmabehandlung angeregten chemischen Prozesse in wässrigen Systemen in ihrer Komplexität besser verstanden werden. Im Mittelpunkt steht dabei die biochemische Analytik von Flüssigkeit und Biomolekülen. In Kollaboration mit Plasma- und Gasphasendiagnostik sollen so die wesentlichen reaktiven Spezies identifiziert werden, die vom Plasma in flüssige biologische Systeme deponiert werden. Zusammen mit der Gruppe "Plasma Redox Effekte" soll zudem untersucht werden, welche funktionellen Konsequenzen sich aus deren Auftreten für menschliche oder tierische Gewebe ergeben. So sollen die wesentlichen Kenngrößen identifiziert werden, die für die Erzeugung des maßgeschneiderten "Cocktails" aktiver Plasmaspezies für eine gewünschte Applikation notwendig sind.

Kalte Plasmen finden eine immer breitere klinische Anwendung, wie z.B. bei chronischen Wunden, Infektionen des Rachenraums und bei malignen Erkrankungen. Weitere Anwendungsfelder, wie die Psoriasis, werden geprüft. Verbindendes Element bei all diesen Krankheitsbildern ist das Auftreten von entzündlichen Prozessen und die wesentliche Rolle des Immunsystems. Die dabei ablaufenden biochemischen Prozesse sind noch nicht vollständig entschlüsselt, doch kommt der Aktivität von reaktiven Sauerstoff- und Stickstoffspezies (ROS/RNS) hier eine tragende Rolle zu. Diese Verbindungen sind in verschiedenste Signaltransduktionsprozesse von Zellen und Gewebe eingebettet (redox signaling), unter anderem in NF- $\kappa$ B (nuclear factor 'kappa-light-chain-enhancer' of activated B-cells) und verwandte Signalwege, den WNT-Signalweg (Wingless/Int-1), den MAPK-Signalweg (mitogen activated protein kinases), den Keap1-Nrf2-Signalweg (Kelch-like ECH-associated protein 1/ Nuclear factor (erythroid-derived 2)-like 2), sowie das Ubiquitin/Proteasom-System (UPS). In all diesen Proteinsignalketten spielen post-translationale Modifikationen (PTMs) von Biomolekülen eine Rolle, z.B. durch die Oxidation von proteinständigen Thiolgruppen oder durch die Nitrosylierung von Cystein oder aromatischen Aminosäuren und Lipiden. Dadurch kommt es je nach Molekül zu einem loss of function oder gain of function und anschließender Beeinflussung von Enzymaktivitäten. Durch feedback loops und reduktive Prozesse (Peroxiredoxine, Thioredoxine, Glutathion) wird

das Signal wieder ausgeschaltet. Die freie Konzentration des wichtigen Botenstoffes  $H_2O_2$  übersteigt intrazellulär die 10nM-Marke nicht und auch Superoxid und die RNS Peroxynitrit oder NO unterliegen einer strikten Kompartimentierung und Regulation ihrer Konzentration. So ist es der Zelle möglich, dezidiert und präzise auf Konzentrationsänderungen der ROS/RNS zu reagieren. Die von diesen Spezies modulierten zellulären Prozesse reichen vom Zellzyklus und Zellteilung, über die Zellreifung und Zellalterung bis hin zur Zellmigration. Im Falle des Versagens des Redox Signaling kommt es zu pathologischen Prozessen, u.a. ungezügelterm Wachstum und vorzeitiger Zellalterung.



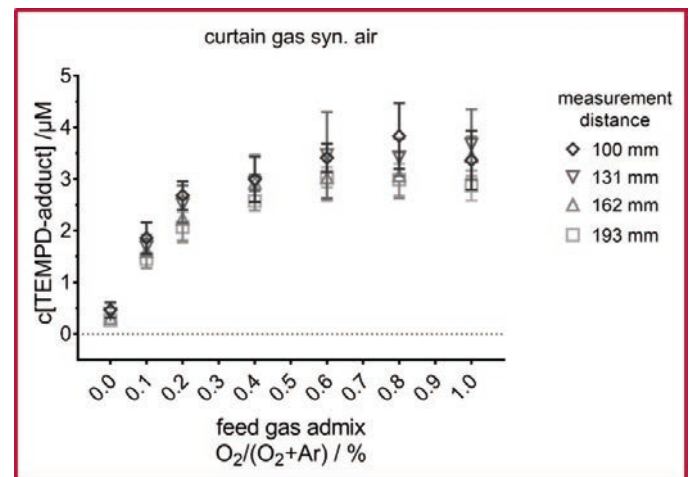
Während die Zusammensetzung der Gasphase kalter Plasmen schon gut verstanden ist, müssen der Transport der reaktiven Spezies durch die Grenzschicht zur Flüssigkeit und weiter in die Zelle/das Gewebe noch besser untersucht werden. Dies ist die Aufgabe der Gruppe ZIK-PFE.

Kalte Plasmen produzieren eine Vielzahl reaktiver Spezies, darunter die Ionen und angeregte Zustände des Trägergases, freie Elektronen, sowie ionische oder neutrale Zustände von Heteroatomen bzw. daraus entstehender Moleküle. Zu diesen zählen u.a. verschiedene Zustände des Sauerstoffs, wie atomarer O, Superoxidanionradikal, Singulett-Sauerstoff und Ozon, wobei molekularer Sauerstoff entweder als Zumischung vorliegt oder lateral in den Effluents eindringt. Während durch Simulationen und FTIR-Messungen vieles über deren Distribution in der Gasphase bekannt ist, besteht Unklarheit über ihre Rolle in Flüssigkeiten. Um die diese besser zu verstehen wurde zusammen mit internationalen Partnern eine Reihe von Diagnostiken eingesetzt, u.a. Elektronspin-Resonanz (H. Jablonowski, INP), Absorptionsspektroskopie in der Gasphase (H. Jablonowski/INP und Joao Sousa/LPPG Paris Sud) und der Flüssigkeit (H. Jablonowski/Alec Wright & Felipe Iza, Loughborough University) und Emissionsspektroskopie.

Es konnte gezeigt werden, dass bei einer Zumischung von Sauerstoff zum Arbeitsgas und einem Sauerstoffmantel um den Jet im Fernfeld ( $\geq 100$  mm bis 224 mm) Ozon in der Gasphase und in der Flüssigkeit dominant nachweisbar ist. Auch wenn der Gasmantel um den Effluents aus Stickstoff besteht, ist dies noch abgeschwächt der Fall. Singulett-Sauerstoff findet sich nur im Falle des Stickstoffmantels und die Konzentration in der Gasphase ist im Gegensatz zum Ozon entfernungsabhängig. In der Flüssigkeit (einem physiologischen Puffer), die mit dem Fernfeld des Jets ( $> 100$  mm) behandelt wurde, konnte dementsprechend über TEMPD (2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidiny) eine starke, entfernungsunabhängige Zunahme des EPR Signals gemessen werden, die für die Präsenz von Ozon spricht. Das wurde unter Zuhilfenahme des in Loughborough entwickelten Farbstoff Pittsburgh Green bestätigt. Wurde aber der Puffer in kurzem Abstand behandelt (9 mm), kam Ozon nicht zum Tragen und das EPR-Signal zeigte eine Kongruenz zur Singulett-Sauerstoff-Emission.

Insbesondere bei Verwendung des Stickstoff-Vorhangs wurde die signifikante Zunahme des EPR-Signals mit der Lösung von Singulett-Sauerstoff in der Flüssigkeit in Verbindung gebracht. Weitere Experimente zu dessen Nachweis stehen jedoch noch aus. Das TEMP Signal in der Flüssigkeit kann aber zusätzlich zu  $\text{O}_2$  und  $\text{O}_3$  auch durch atomaren Sauerstoff verursacht worden sein. Dessen Wirksamkeit in biologischen Systemen konnte zum einen in der Kooperation mit Peter

Bruggeman (University of Minnesota) und erneut durch Bechschus/Wende/Benedikt (Universität Kiel) gezeigt werden. In der Gruppe ZIK-PFE sind Experimente unter Verwendung chemischer Tracer im Gange um diese Resultate zu verifizieren.



Elektron-Spin-Messung von Ozon in physiologischen Flüssigkeiten. Es kommt in Abhängigkeit von der Zumischung von Sauerstoff zum Arbeitsgas und unabhängig von der Distanz ( $> 100$  mm) zum signifikanten Anstieg des TEMP-Signals. Durch Messungen mit einem spezifischen Farbstoff konnte die Präsenz von Ozon unter diesen Bedingungen bestätigt werden.

## KONTAKT



**Dr. Kristian Wende**  
Tel.: +49 3834 / 554 3923  
plasmatis@inp-greifswald.de

## Biosensorische Oberflächen

Die Nachwuchsgruppe Biosensorische Oberflächen beschäftigt sich mit Entwicklung und Charakterisierung von neuartigen Funktionsschichten für Sensoren im Life Science Bereich (z. B. Medizin, Pharmazie und Biotechnologie).

Biosensoren werden heutzutage vielseitig eingesetzt; beispielsweise im klinisch-medizinischen Bereich zur Kontrolle des Blutzuckerspiegels, zur Qualitätskontrolle von Lebensmitteln oder in der Umweltanalytik zum Nachweis potenziell umweltschädlicher Chemikalien. Das Kernstück eines jeden Biosensors ist die biologische Erkennungsstruktur, die aus einem Enzym, einem Antikörper, DNA oder aus ganzen Zellen bestehen kann.

In der Nachwuchsgruppe die in der zweiten Hälfte 2017 ihre Arbeit aufgenommen hat wird in einem interdisziplinären Forschungsumfeld, an der Schnittstelle von Polymerchemie, Materialwissenschaften und Plasmatechnologie, die Erzeugung elektrisch leitfähiger Polymerbeschichtungen untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Ankopplung von Molekülen/ Enzymen/Proteinen/Zellen, die durch plasmabasierte Oberflächenmodifikationen realisiert werden kann. Die Eigenschaften der generierten Schichten werden mit modernster Oberflächenanalytik untersucht, sodass Informationen zur Schichtstruktur und Stabilität in Abhängigkeit vom Beschichtungsprozess gewonnen werden. Da diese Charakteristika im direkten Zusammenhang mit der Funktionalität als biosensorische Oberfläche stehen, werden außerdem Untersuchungen zur Wechselwirkung mit dem Analyten durchgeführt.



## KONTAKT



**Dr. Katja Fricke**  
Tel.: +49 3834 / 554 3841  
[k.fricke@inp-greifswald.de](mailto:k.fricke@inp-greifswald.de)





## Plasmaquellen-Konzepte

Die Forschergruppe "Plasmaquellen-Konzepte" geht aus der bisherigen Nachwuchsgruppe "Extrazelluläre Effekte" hervor. Sie wird in ihrer Arbeit insbesondere folgender Fragestellung nachgehen: Lassen sich auf der Basis der vorliegenden Erkenntnisse für spezifische medizinische Anwendungen optimal angepasste Plasmaquellen konzipieren bzw. können neue Konzepte für spezifische Anwendungen entwickelt werden?

Zusätzlich zu den Erfahrungen und den Grundlagen aus den "Extrazellulären Effekten" wurden bei der Gründung der "Plasmaquellen-Konzepte" besonders auch die technologischen Anforderungen der Konzeption, Entwicklung und Konstruktion der medizinischen Plasmaquellen berücksichtigt. Zur Adressierung der technologischen Aufgaben wurden daher Mitarbeiter aus der Gruppe Plasmaquellen mit in die Gruppe aufgenommen, die zuvor besonders in den Projekten zur Entwicklung der medizinischen Plasmaquellen involviert waren. Die Beschreibung als Spin-Off aus den Plasmaquellen sowie der Integration der "Extrazelluläre Effekte" als "Plasmaquellen-Konzepte" ist an dieser Stelle treffend.

Mit den jetzt vorliegenden Erkenntnissen der Grundlagenforschung gibt es einen fundierten wissenschaftlichen Ansatz, um neue Plasmaquellen zu konzipieren, die auf die klinischen Bedürfnisse bedarfsgerecht abgestimmt sind.

Die Arbeiten der Forschergruppe "Plasmaquellen-Konzepte" sollen zu grundsätzlich neuen Erkenntnissen führen. So soll analysiert werden, wie sich die vom Plasma erzeugten Bestandteile einstellen, damit die biologischen Prozesse moduliert werden können. Hier ergibt sich eine unmittelbare Interaktion mit den Arbeiten der NWG im ZIK Plasmatis "Plasma-Flüssigkeits-Effekte" und "Plasma Redox-Effekte".

Das Konzept der Forschungsgruppe "Plasmaquellen-Konzepte" beinhaltet die Entwicklung neuartiger Quellenkonzepte zur Plasmaerzeugung über die gezielte Ansteuerung der Elektronen, um dadurch eine unmittelbare Kontrolle über die Plasmachemie sowie neue Quellen-Geometrien zu ermöglichen. Zur Umsetzung der angestrebten Ziele wird weiterhin eng mit der Abteilung Plasmaquellen am INP sowie neuerdings mit dem Kompetenzzentrum Diabetes Karlsruh (KDK) zusammengearbeitet.

Darüber hinaus werden verschiedene Industriekontakte und -projekte in die Arbeiten integriert, um die Konzepte früh an die Anforderungen der Hersteller anzupassen.

Mit der Grundlagenforschung innerhalb der "Plasmaquellen-Konzepte" wird der Fokus auch auf die Adressierung der elektrischen Feldmessung gerichtet, die einen wesentlichen, noch nicht untersuchten Parameter aus dem "Plasmacocktail" an Wirkspezies darstellt. Um die Plasmaquellen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit ausreichend zu quantifizieren, ist eine Bestimmung sowie Steuerung aller Wirkkomponenten angestrebt. Dabei stellen sich besonders die Ionendichtemessung sowie die Bestimmung der elektrischen Feldkomponente als unadressiert heraus.

Um die Komponente der elektrischen Feldstärke zu messen und zu verstehen, wurden daher verschiedene Herangehensweisen untersucht. Neben dem Kauf eines kommerziellen Geräts, das jedoch viele technische Probleme hervorbrachte, wurde ein Netzwerk an wissenschaftlichen Kontakten aufgebaut. Mit der Arbeitsgruppe von J.M. Pouvesle und E. Robert am GREMI in Orleans wurden gemeinsame Testungen durchgeführt.

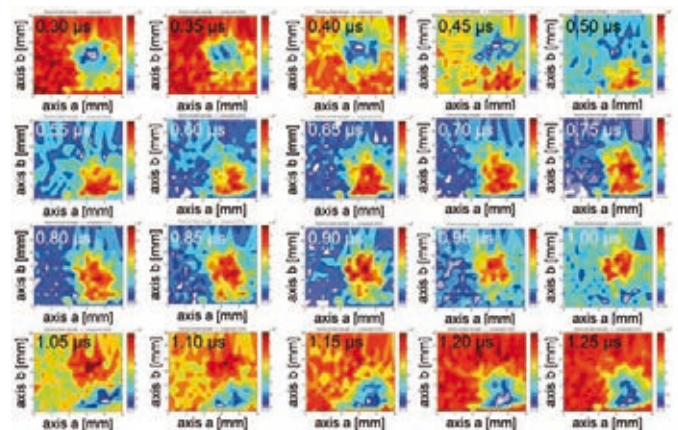


Abbildung 1: Verteilung der relativen elektrischen Feldstärke in 50 ns Schrittwiese innerhalb einer Periode des kINPen 09, gemessen mit einer kommerziellen Feldsonde. Der Jet ist unten mittig platziert und dargestellt ist ein 2D-Schnitt entlang des Effluenten. Die Absoluten Werte können aufgrund einer Gerätestörung abweichen.

Weiterhin wurde in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Ronny Brandenburg am INP und M. M. Kuraica aus Belgrad in Serbien die stark Polarisations-Spektroskopie angewandt, um Alternativen zum kommerziellen Gerät zu erarbeiten. Letztlich läuft mit der Plasma-Wundheilung ein Pilottest zur Abschaltung des elektrischen Feldes in Verbindung mit dem KDK bei der Wundheilung.

Weitere Aspekte der Grundlagenforschung sind die Bestimmung der geräteseitig ins Plasma eingespeisten Leistung zur Prozesskontrolle sowie zur besseren Vergleichbarkeit einzelner Behandlungen. Begleitend zu dem Aspekt der Leistungsmessung ist eine Masterarbeit der Thematik der Wechselwirkung des Plasmas mit der Oberfläche gewidmet. Untersucht wird, wie sich die Plasmaquellen auf Oberflächen verschiedener Dielektrika einstellen und so mitunter auch die Leistungseinkopplung beeinflusst werden kann.

Mit Hinsicht auf die Anwendung, platziert die Forschergruppe "Plasmaquellen-Konzepte" verschiedene Industriewünsche sowie strategische Entwicklungen am INP. Schwerpunkt sind die großflächigen Plasmaquellen auf Basis der dielektrisch behinderten Entladungen sowie der Plasma-Jet-Arrays. Weitere Gerätschaften in der Entwicklung sind die Plasmajets für lokalisierte Behandlung mitunter schwer zugänglicher Spots. Die endoskopischen Anwendungen sind dabei genauso zu nennen, wie dentale Anwendungen an der komplexen Geometrie des Mundraumes.

Für die Konzeption und den Bau von Labormustern wird das Portfolio der Möglichkeiten der Nutzung verschiedenster Materialien stetig erweitert. Dabei ist insbesondere die neue Ausstattung für die Labore des KDK zu nennen, in dessen Rahmen eine Präzisionsfertigung von Keramiken aus verschiedenen Materialien erschlossen wird. Dies eröffnet auch ein großes Zukunftspotential für die Kollaboration mit Arbeitsgruppen aller Bereiche am INP, da hier ein zentraler Baustein der Plasmatechnologie adressiert wird.

Über einen Austausch mit dem APMC in Südkorea finden weitere Gespräche statt, um bei der Entwicklung von Plasmaquellen auch internationale Gesichtspunkte einbeziehen zu können. Gemeinsame Projekte zur globalen Kooperation befinden sich bereits in Anbahnung.

Für die nächsten Jahre ist geplant, von dem durchaus großen Portfolio an Funktionsmustern am INP den Transfer in die Industrie zu eröffnen. Derzeit laufen Gespräche mit Industriepartnern, welche in bilateralen oder Förderprojekten münden könnten. Somit soll künftig die Anpassung der Plasmaquellen an verschiedene Anwendungsfelder durch Industriebegleitung erfolgen. Die Erforschung der elektrischen Feldmessung wird durch wissenschaftliche Projekte und Kooperationen in Zukunft auf- und ausgebaut.



Abbildung 2: Funktionsmuster eines Plasma-Jet-Arrays mit 8 sequentiell oder simultan zündenden Effluenten.

### KONTAKT



**Dr. Torsten Gerling**  
Tel.: +49 3834 / 554 3852  
[gerling@inp-greifswald.de](mailto:gerling@inp-greifswald.de)



## Plasma Wundheilung

Die Forschungsgruppe "Plasma Wundheilung" befasst sich mit der Frage: Ist die wundheilungsfördernde Wirkung kalter Plasmen abhängig von der Ätiologie der Wunden oder auch dem Spektrum der mikrobiologischen Besiedlung? Weiterhin stellt die individuell optimierte Plasmabehandlung der verschiedenen Patient(innen)en und ihrer spezifischen Wunden eine zentrale Rolle in der angewandten klinischen Forschung dar.

Kalte Plasmen sind komplexe Gemische aus freien Elektronen und Ionen, UV-Strahlung, sichtbarem Licht, Wärme sowie zahlreichen angeregten Spezies. Vor allem die angeregten Sauerstoff- und Stickstoffspezies zusammen mit UV-Strahlung und elektrischen Feldern sind für die biologische Wirksamkeit der Plasmen verantwortlich. Diese kalten Plasmen beeinflussen die zelluläre Redoxbalance und können in Abhängigkeit von Zusammensetzung und Behandlungsdauer so eingestellt werden, dass sie entweder Zellen stimulieren oder abtöten. Hierbei unterscheiden sich die Sensitivitäten der behandelten Zellen stark voneinander – was auf unterschiedliche antioxidative Potentiale der verschiedenen Zellarten, sowie deren Fähigkeit zur Regeneration zurückzuführen ist. Daher sind kalte Plasmen dazu geeignet, Bakterien abzutöten. Hierbei zeigen multiresistente Keime die gleichen Reduktionsraten wie nicht-resistente Stämme. Es konnte gezeigt werden, dass eine ausgewogene Plasmabehandlung von humanen Zellen auch zu deren Stimulation führen kann.

Ziel der FG "Plasma Wundheilung" ist die Überführung der Grundlagenenergebnisse in die klinische Praxis der Wundbehandlung. Besonderes Augenmerk liegt dabei in der Vertiefung und Anpassung der Forschungsergebnisse des ZIK plasmatis zur Wundheilung durch das Auffinden von Unterschieden zwischen menschlichen Zellen und den in den chronischen Wunden befindlichen Mikroorganismen. Hierbei sollen molekulare Unterschiede in der Radikalabwehr, im Stoffwechsel und der Zellreparatur zwischen humanen Zellen der Haut und des Immunsystems bzw. den in der Wunde befindlichen Mikroorganismen identifiziert werden. Hierfür werden Wundabstriche - sogenannte Exsudate - gewonnen und auf ihre zellulären wie auch löslichen Bestandteile hin untersucht.

Für diese Untersuchungen wird in enger Kooperation mit dem Klinikum Karlsburg, sowie der Universitätsmedizin Greifswald im Rahmen des Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg zusammengearbeitet. Ziel ist es, eine auf den Patienten bzw. die Wunde abgestimmte Plasmabehandlung zu entwickeln, um so die Wundheilung mithilfe kalter Plasmen weiter zu optimieren.

Die klinischen Untersuchungen umfassen detaillierte Analysen der Mikroorganismen (Quantifizierung wie auch qualitative Bestimmung einzelner Spezies). Weiterhin werden diese Organismen auch auf mögliche Resistenzen getestet. Das zweite Standbein bildet die Analyse der Botenstoffe wie Wachstumsfaktoren, Zytokine und Hormone. Dies soll Aufschluss über mögliche entzündliche Prozesse geben, aber auch Informationen liefern, ob eine Plasmabehandlung zu einer Stimulation des Wachstums führt.

Ziel dieser Untersuchungen soll eine Optimierung der individuellen Plasmabehandlungen chronischer Wunden sein. Weiterhin sollen dadurch Hinweise gefunden werden, warum sich die Wunden der verschiedenen Patienten unterscheiden.

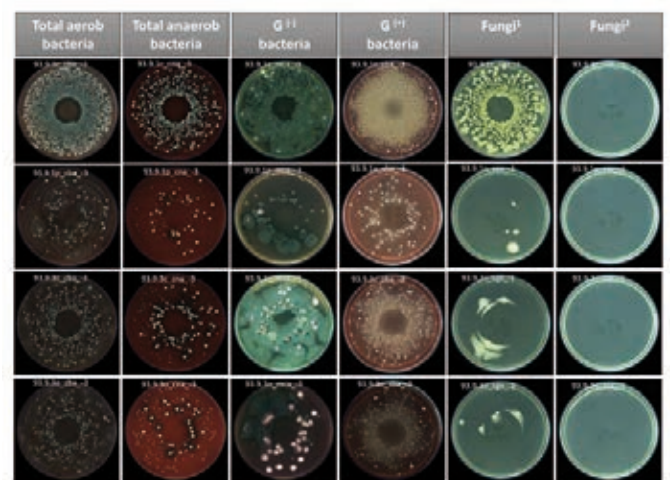


Plasmabehandlung eines diabetischen Fußes mit chronisch infizierter Wunde

Um mit einer detaillierten mikrobiologischen Untersuchung zu beginnen, wurden chronische Wunden von Diabetes-Patienten routinemäßig mit dem kINPen MED® (neoplas tools GmbH) für jeweils 30 sec pro cm<sup>2</sup> mit kaltem Plasma behandelt. Die Proben wurden von Mai bis September 2017 akquiriert und anschließend mikrobiologisch analysiert. Insgesamt nahmen sieben ambulante Patienten an dieser Studie teil, die sich in unterschiedlichen Behandlungsstadien befanden. Die Patienten wurden in der Regel einmal alle zwei Wochen behandelt. Vor und nach der Plasmabehandlung wurden Abstrichproben entnommen. Die frischen Proben wurden seriell verdünnt und unter Verwendung eines Spiralplaters auf sechs Agar-Typen ausplattiert: Columbia-Agar (CBA mit 5% Schafblut, SB) für aerobe Gesamtbakterien, Schaedler-Agar (SBA mit 5% SB) für anaerobe Gesamtbakterien, Columbia-CNA-Agar (CNA mit 5% SB) für grampositive Bakterien, MacConkey-Agar (MCA) für gramnegative Bakterien, Candida-chromogener Agar (CCA) mit Chloramphenicol und Sabouraud-Glucose-Agar (SGA) mit Penicillin und Streptomycin für Pilze. Neben SGA (aerob bei 30°C) wurden CBA, CNA, MCA, CCA (aerob) und CBA (anaerob) bei 37°C kultiviert. Nach ein bis zwei Tagen Inkubation mit den aus den Proben stammenden Bakterien und fünf bis sieben Tagen bei Pilzen, wurden koloniebildende Einheiten (KBE) pro ml Medium ermittelt. Nach der Quantifizierung wurden von jedem Agar Kolonien isoliert, gereinigt und dann kryokonserviert. Die erhaltenen Kulturen wurden über MALDI-TOF-Massenspektrometrie identifiziert.

**Ergebnisse:** Nach makroskopischer Beobachtung konnten auf beiden Agar-Typen keine Pilze nachgewiesen werden. Abgesehen von grampositiven Bakterien nahmen die gramnegativen, gesamten aeroben und anaeroben Bakterien nach der Plasmabehandlung signifikant ab. Insgesamt wurden 31 Bakterienarten identifiziert, die zu 19 verschiedenen Gattungen gehören, und drei Kulturen konnten auf Gattungsniveau identifiziert werden. 10 am häufigsten isolierte Spezies waren *Proteus mirabilis*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia marcescens*, *Enterobacter cloacae* und *Citrobacter koseri* (geordnet nach Häufigkeit).

Aufbauend auf diesen ersten Ergebnissen sollen im Anschluss die in den Wunden gefundenen und identifizierten Bakterien auf eventuelle Antibiotikaresistenzen getestet werden. Parallel werden die Stämme, die sich zum Ende der Behandlungszeiträume noch kultivieren ließen, auf eventuelle molekulare Adaptationen getestet. Hierfür sollen ausgewählte Stämme nach verschiedenen Zeitabständen wiederholt mit Plasma behandelt werden, um anschließend per Sequenzierung und Transkriptomanalyse die Ursachen für diese Adaptation zu detektieren.

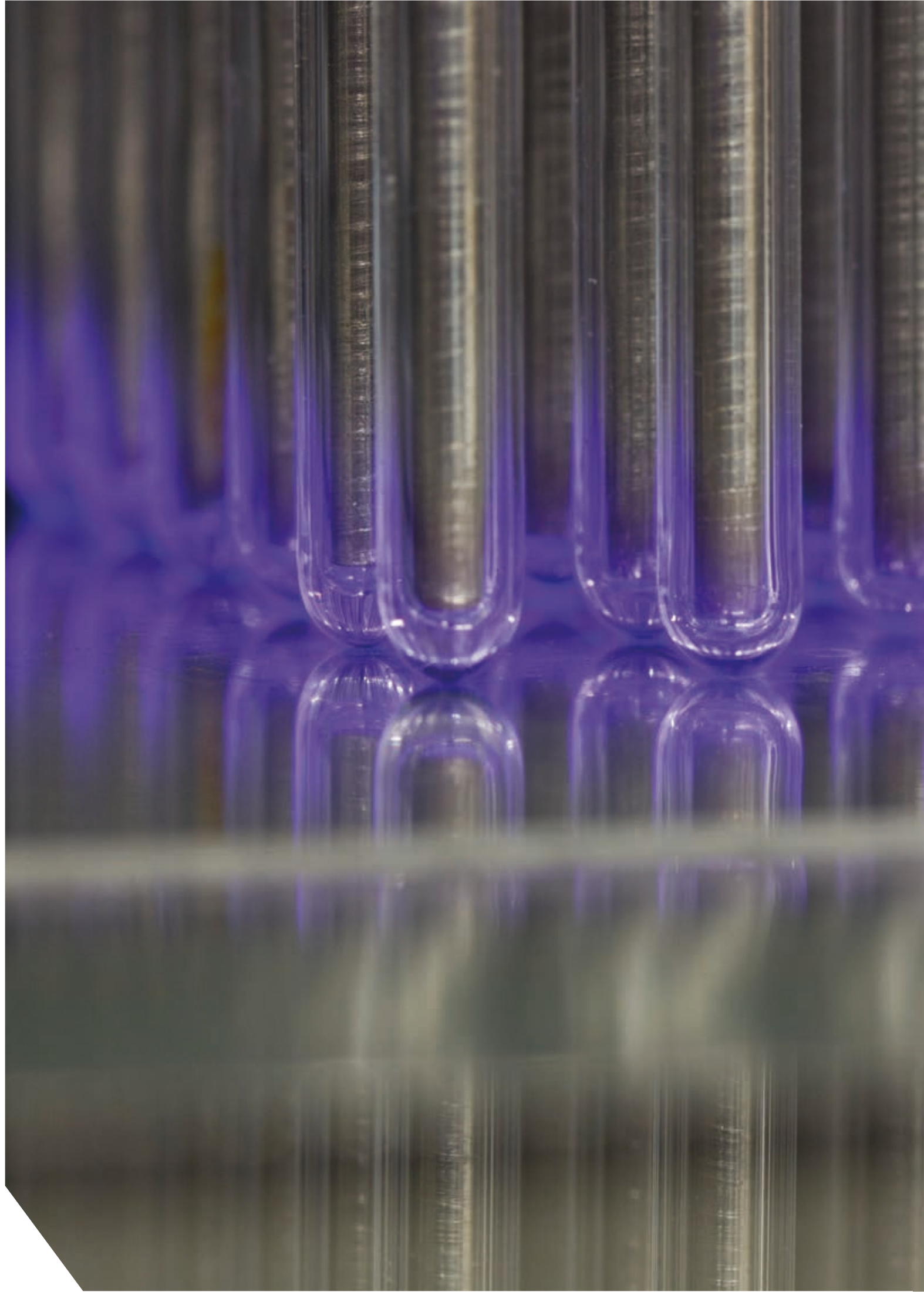


Beispielhafte Darstellung der mikrobiellen Analyse der Wundabstriche auf Selektiv-Agar.

## KONTAKT



**Dr. Kai Masur**  
Tel.: +49 3834 / 554 3322  
[kai.masur@inp-greifswald.de](mailto:kai.masur@inp-greifswald.de)





The background of the page is a photograph of several glass test tubes held in a rack. The tubes are filled with a clear liquid and are arranged in rows. A white rectangular box with a diagonal cutout is positioned in the upper left area, containing the word 'KOMPETENZEN' in blue capital letters. The bottom right corner of the page features a dark blue triangular graphic element.

## KOMPETENZEN



## Plasmabiotechnik

Die Abteilung Plasmabiotechnik bündelt die Kompetenzen in der Verfahrensentwicklung von Prozessen, die auf der Wechselwirkung von Plasma mit biologischem Material beruhen. Hierzu wird die Expertise sowohl in der Entwicklung, Abstimmung und Diagnostik von auf die Aufgabenstellung hin optimierten Plasmaquellen, als auch in der Diagnostik des behandelten biologischen Systems vorgehalten. Darüber hinaus stellt die Ableitung und Optimierung der erforderlichen Verfahrensentwicklung einen weiteren Schwerpunkt dar.

Derzeitige thematische Schwerpunkte stellen die Entwicklung von Plasmaprozessen zur Hygienisierung im Post-Harvest-Bereich mit einer Fokussierung auf den Lebensmittel-sektor sowie innovative Methoden zur Prozessanalyse und -überwachung dar.

Beispiele für die aktuellen Aktivitäten der Abteilung Plasma-biotechnik sind:

- die Entwicklung eines auf Reactive Nitrogen Species (RNS) beruhenden Hygienisierungsverfahrens, dass mittels eines Basisgerätes sowohl eine Trocken- als auch eine Nassbehandlung ermöglicht.
- die Entwicklung von optischen Sensoren zur Prozess-überwachung auf Basis von speziellen Diodenlasersyste-men.

Die applikationsorientierte Forschungsarbeit erfolgt über-wiegend auf Basis von Verbundprojekten unter maßgebli-cher Industriebeteiligung.

## Technologische Ausstattung

### Single Stage PLexc (SSP)

Einstufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowellen-angeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zum Be-trieb von Peripheriegeräten, Kapazität: 12 slm.

### Auxillary Decontamination Unit (ADU)

Zweistufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowel-lenangeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zum Be-trieb von Peripheriegeräten, Kapazität: 100 slm.

### Basic Research PLexc (BRP)

Zweistufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowel-lenangeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zur Un-tersuchung grundlegender Fragen der Prozessführung, aus-gestattet mit verschiedenen Messtechniken (s.u.).

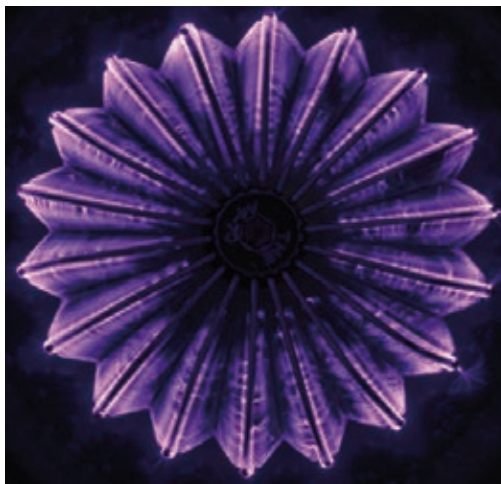
### Einheiten zur Erzeugung von Plasma prozessiertem Wasser (PPW)

Gesamtkapazität: 2.000 l

Diverse Peripheriegeräte zur Trocken- und Nassbehandlung z. B. von Schüttgütern, Obst und Gemüse sowie von Fleisch-produkten bis 200 kg Chargen

### MinMIP

Kleiner mikrowellenangeregter Plasmatorch für chemische Diagnostik und biologische Applikationen



Flexible Electrode Plasma Source (FEPS):  
Spezielle Plasmaquelle zur Behandlung von  
Eiern mit einem flexiblem Elektrodensystem

## Mikrobiologische Standardmethoden

- Proliferationsassays
- Lebend-Tod-Bestimmung
- Biofilme
- Mikroorganismen der RG1 und RG2

## Standardmethoden des Qualitätsmonitoring

- Wassergehalt
- Zuckergehalt
- Farbänderungen (Lab-System)

## Optische Messtechnik

- Optische Emissionsspektroskopie (OES)
- Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR)
- Thermometrie
- Laserdiodenabsorptionsspektroskopie
- Fluoreszenzmikroskopie

## Hochfrequenz-Messtechnik

- Diverse Spektrum- und Netzwerkanalysatoren von 10 Hz bis 50 GHz
- Mikrowelleninterferometer

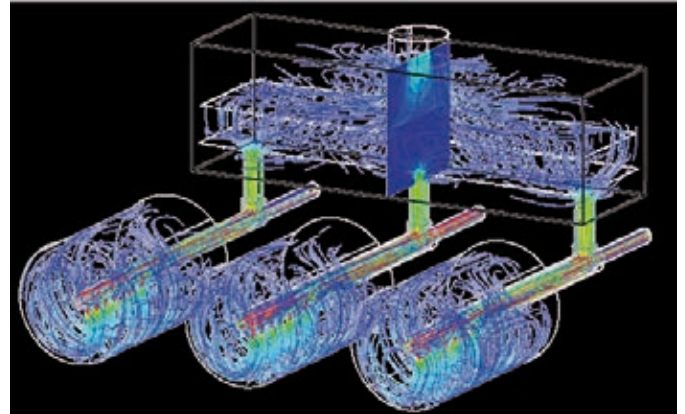
## Hochfrequenz-Simulation

Numerische Bestimmung elektromagnetischer Felder und Wellen sowie deren messtechnische Überprüfung in 2D und 3D.

## Strömungssimulation

Numerische Strömungssimulation auf Basis von StarCCM+

## CAD-Konstruktion



Strömungssimulation eines Dreifachreaktors für Schüttgüter

## KONTAKT



Dr. Jörg Ehlbeck  
Tel.: +49 3834 / 554 458  
ehlbeck@inp-greifswald.de

## Plasmadiagnostik

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Abteilung Plasmadiagnostik stellen Untersuchungen zur Prozessüberwachung und Prozesskontrolle insbesondere bei molekularen Plasmaprozessen in den Mittelpunkt ihrer anwendungsorientierten Forschungsaktivitäten. Hierbei werden sowohl grundlegende als auch anwendungsrelevante Fragestellungen im Bereich der Materialien und Energie bearbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der zeit- und orts aufgelösten, qualitativen und quantitativen chemischen Analyse von molekularen Plasmen, sowohl in der Gasphase als auch an Oberflächen.

Die Abteilung Plasmadiagnostik arbeitet dabei mit modernsten Methoden und erweitert stetig das vorhandene Know-How sowie das Spektrum an Messgeräten und Methoden, insbesondere der laserbasierten Plasmadiagnostik. Spektroskopische Fragestellungen werden dabei im Spektralbereich von Ultraviolett bis Terahertz bearbeitet.

Die Anwendung moderner Methoden der Plasmadiagnostik ist der Schlüssel zum Verständnis komplexer Plasmen. Insbesondere molekulare Plasmen, die eine Vielzahl verschiedener Spezies enthalten, zeichnen sich durch eine Reihe interessanter und nützlicher Eigenschaften aus. Ihre breit gefächerten technologischen Anwendungen reichen von ressourcenschonenden Oberflächenbehandlungen, beispielsweise in der Halbleiterindustrie, bis hin zu Desinfektions- und Sterilisationsprozessen, Abgasreinigung und Gaswäsche, Partikelabbau als auch der Behandlung von Wasser, Luft und Sondermüll.

Die Plasmadiagnostik erlaubt die absolute Messung von Energie- und Temperaturverteilungen sowie Dichten von stabilen und transienten Spezies im Plasma mittels Sonden-diagnostik, Absorptionsspektroskopie und optischer Emissionsspektroskopie und ermöglicht damit die Bestimmung und Aufklärung aller relevanten chemischen Prozesse.

Neben der Charakterisierung von Plasmaprozessen zur Beantwortung grundlegender und anwendungsrelevanter Fragestellungen werden in der Abteilung diagnostische Methoden auch zur Überwachung und Steuerung von technologischen Plasmaprozessen eingesetzt und weiterentwickelt. Transfervorhaben wie beispielsweise das von der Leibniz-Gemeinschaft geförderte SAW VIP-USD Transfer Projekt haben die wirtschaftliche Verwertung der resonatorbasierten Absorptionsspektroskopie mit Quantenkaskadenlasern zum Ziel. Aufbauend auf einem, im Rahmen eines vom BMBF geförderten VIP Vorhabens, validierten Demonstrator (RES-Q-Trace) wird mit der Weiterentwicklung zu einem Prototyp eines kompakten, transportablen, ultrasensitiven (ppt-Empfindlichkeit) Spurengassensors eine neue Geräteklasse für Forschung und Industrie geschaffen. Zum Einsatzpotenzial zählen beispielsweise die Überwachung von technologischen Prozessen, das Monitoring von Schadstoffemissionen, die Atemgasanalyse sowie die Detektion gefährlicher Substanzen.



RES-Q-Trace - Demonstrator eines resonatorbasierten, quantenkaskaden-lasergestützten Spurengasanalyzers für die hochempfindliche Spurengasdetektion.

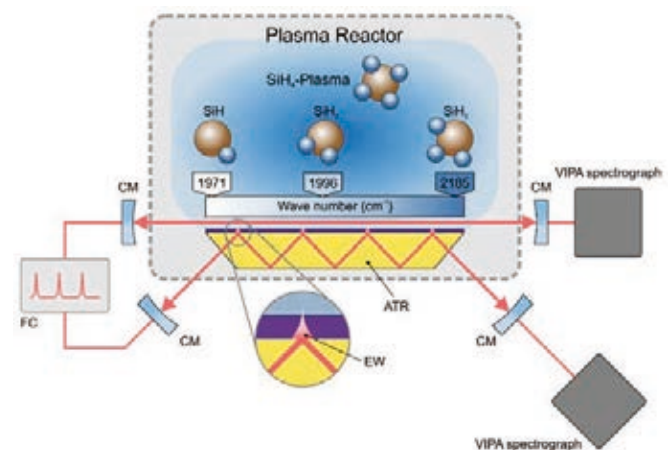
Für die Untersuchungen stehen speziell ausgerüstete Labore für die Diagnostik an praxisnah nachgebildeten chemischen Plasmaprozessen mit modernster Messgeräteausrüstung zur Verfügung.

Zur quantitativen Bestimmung wichtiger Kenngrößen wie die der Speziesdichten und deren Temperaturen, der Energieverteilung geladener Teilchen sowie zur Charakterisierung aller relevanten chemischen Reaktionspfade kommen folgenden Methoden zum Einsatz:

- Laserinduzierte Fluoreszenz und Absorptionsspektroskopie mit kohärenten Lichtquellen in den Spektralbereichen:
  - UV-VIS: gepulster Farbstofflaser
  - Mid-IR: Diodenlaser, Quantenkaskadenlaser, Interbandkaskadenlaser, Bleisalzlaser, Frequenzkammlasersystem
  - THz: Quantenkaskadenlaser
- Resonatorbasierte Laserspektroskopie (Cavity Ring-down Spectroscopy, Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy, Optical Feedback Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy und Cavity-enhanced Attenuated Total Reflectance Spectroscopy)
- Absorptionsspektroskopie mit nicht-kohärenten Lichtquellen (FTIR-Spektroskopie von VIS bis Mid-IR)
- Optische Emissionsspektroskopie (UV-VIS: Gitterspektrographen mit CCD- und iCCD-Kameras)
- Sondendiagnostik (Langmuirsonde auch für zeitauflösende Messungen geeignet)
- Massenspektrometrie (Quadrupol bis 200 amu)

Die Diagnostikmethoden sind dabei auch für den mobilen Einsatz geeignet und können daher für externe Messungen direkt beim Kunden eingesetzt werden.

Durch die erstmalige Nutzung von hochmodernen Frequenzkammsystemen (FCs) im Spektralbereich des mittleren Infrarots soll ein vollkommen neuer Zugang zur Aufklärung von Plasma-Oberflächen-Wechselwirkungen eröffnet werden. FCs sollen als Strahlungsquellen in der breitbandigen, resonatorgestützten, direkten Frequenzkammspektroskopie (CE-DFCS) eingesetzt werden. Diese Methode wird es erlauben, eine große Gruppe transientscher Reaktionspartner simultan in der unmittelbaren Nähe zur Oberfläche zu detektieren.



Schematischer Ansatz für das gleichzeitige Monitoring der Plasmarandschicht und der Substratoberfläche mit Hilfe der CE-DFCS.

## KONTAKT



**Dr. Jean-Pierre van Helden**  
 Tel.: +49 3834 / 554 3811  
 jean-pierre.vanhelden  
 @inp-greifswald.de



## Plasma Life Science

Die Wechselwirkungen von kaltem Atmosphärendruckplasma mit Mikroorganismen, Zellen und Gewebe werden in dieser Abteilung untersucht. Dabei stehen vor allem eine therapeutische Nutzbarkeit und die antibakterielle Wirkung im Fokus. Neuere Ansätze benutzen Mikroalgen zur Testung der Plasmatechnologie für den Einsatz in der Biopharmazie. Im mikrobiologischen Bereich geht es vor allem um die Inaktivierung von Bakterien in verschiedenen Lebensumgebungen (Flüssigkeiten, Oberflächen). Im zellbiologischen Bereich geht es um die Modulation des Zellmetabolismus mittels Plasma, um die klinische Anwendung zu untermauern bzw. neue therapeutische Anwendungen zu erschließen. Darüber hinaus werden neue Plasmaquellen mit standardisierten Tests hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit oder antimikrobiellen Effektivität getestet.

### Technologische Ausstattung

#### Mikrobiologie:

Labore, die ausgestattet sind für alle gängigen mikrobiologischen Untersuchungen z.B. Spiralplattensystem zur Bestimmung der Lebendzellzahl, Sicherheitswerkbänke zum sterilen Arbeiten, Spektralphotometer zur Bestimmung der optischen Dichte. Zudem steht ein Fluoreszenzmikroskop zur Verfügung. Im Rahmen einer Stammsammlung steht eine Vielzahl an Bakterien und Pilzen für Versuche zur Verfügung. Bei Bedarf können zu testende Plasmaquellen in den Laboren aufgebaut und an die Gasversorgung des Hauses angeschlossen werden.

#### Proteinanalytik:

Zellmetabolismus und Regulation der Proteinexpression unter Einfluss der Plasmaeinwirkung sind Gegenstand der Forschung. Die Labore verfügen über die Ausstattung zur Durchführung von Western blots mittels Membrantransfersystem sowie auch mittels Hochdurchsatz-Kappillar basierendem System. Daneben stehen diverse Methoden des Proteinnachweises für Multiplattenformate zur Verfügung (z.B. Elisa, photometrische Assays). Zur Untersuchung der Protein-Protein-Wechselwirkungen steht die Oberflächenplasmonenresonanzspektroskopie (surface plasmon resonance) zur Verfügung.

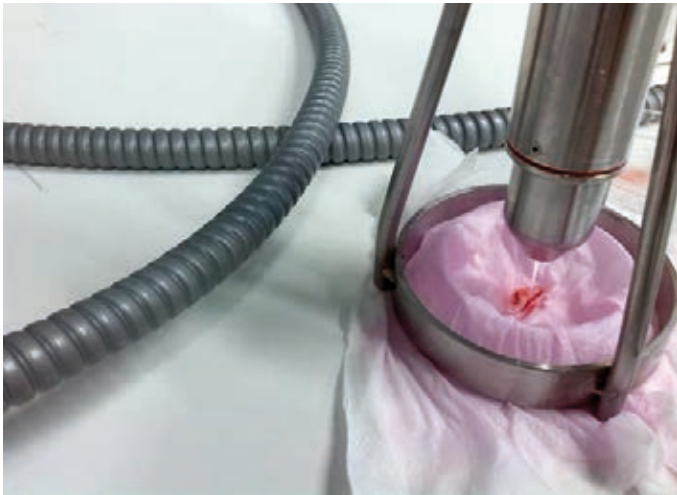
#### Gepulste elektrische Felder:

Expertise und Ausstattung zur Untersuchung der Effekte von gepulsten elektrischen Feldern auf biologische Systeme, insbesondere kultivierte Zellen. Dazu steht ein Elektroporator inklusive Küvettenstand zur Erzeugung von Pulsen im Bereich von Mikrosekunden bis Sekunden zur Verfügung. Des Weiteren gibt es Pulsgeneratoren in Blumlein-Konfiguration, die Pulslängen im Bereich von mehreren Nanosekunden liefern. Suspensierte Zellen werden vorzugsweise in Elektroporationsküvetten behandelt, während Zellen im Monolayer mit einem speziellen Elektrodensystem in Multiwellplatten behandelt werden können. Die anschließende Untersuchung der Zellen umfasst neben den gängigen zell- und molekularbiologischen Assays auch den Nachweis der Elektroporation mittels Fluoreszenzfarbstoffen.



WB-F344 Monolayer 5 min nach der Behandlung mit  $8 \times 100 \mu\text{s}$ , 1,5 kV/cm. Overlay Phasenkontrast + PI Fluoreszenz. PI-Aufnahme erfolgt wenn die Zellmembran perforiert ist, was rechts im Bild zu sehen ist.

Links sind die Zellen unbehandelt und nehmen das PI nicht auf. Nachweis von Elektroporation durch PI-Aufnahme.



Plasmaperbehandlung einer Gewebeprobe. Der KINPen MED ist mit einem Abstandhalter fixiert.

## Gentechnik:

Expertise und Ausstattung zur Durchführung von gentechnischen Arbeiten der Sicherheitstufe S1 und S2. Im Rahmen verschiedener Projekte können nicht-virale und adenovirale Gentransfersysteme hergestellt werden. Eine Therapiewirkung wird durch die Übertragung von Genen mit Hilfe von Überexpressionsvektoren bzw. Geninhibitoren (siRNA) erreicht. Diese Therapiogene können bei der Behandlung von akuten und chronischen Wunden sowie verschiedener Tumore (Bsp. Hauttumore) eingesetzt werden. Nicht-virale Gentransfersysteme besitzen eine transiente (zeitlich begrenzte) Wirkung in Zellkultursystemen. Dagegen stellen adenovirale Vektoren das derzeit effizienteste Gentransfersystem dar, da sie vor allem in vivo die höchsten Transduktionsraten aufweisen und bis zu drei Monate das zu übertragende Genprodukt exprimieren. Neben einer umfangreichen Expertise zur Genexpression kommen Methoden wie quantitative real-time PCR und globale Mikroarrayanalysen zur Anwendung.

## Histologie:

Expertise und Ausstattung zur Durchführung von histologischen Analysen. Durch enge Kooperationen mit klinischen Partnern sind wir in der Lage, auch patientennahe Forschung zu betreiben und zu begleiten. Aus exzidierten Gewebeprobeen werden mittels Gefriermikrotom oder Mikrotom Gewebedünnschnitte hergestellt. Daran schließen sich immunhistochemische Färbungen bzw. Immunfluoreszenzfärbungen an. Auch für tierexperimentelle Arbeiten, die durch Kooperationen realisiert werden, kommen diese histologischen Techniken zum Einsatz.

## Mikroskopie:

Besonders zur Analyse von Fluoreszenz-markierten Gewebeschnitten kommt die Fluoreszenzmikroskopie zum Einsatz. Darüberhinaus steht ein Konfokales Laser Scanning Mikroskop zur Verfügung.

Die Rasterkraftmikroskopie (AFM, engl. atomic force microscopy) kommt zum Einsatz, um Oberflächen zerstörungsfrei mit hoher Auflösung auch an lebenden Zellen abzubilden und die mechanischen Eigenschaften einer Probe zu bestimmen. Mit dieser Technik können Elastizitätsmodule bestimmt werden.

## Ausblick:

Die meisten der vorhandenen Methoden und Expertisen lassen sich hervorragend miteinander kombinieren und ergänzen. Diese Herausforderung bietet eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten, die zukünftig intensiv genutzt werden.

## KONTAKT



**Dr. Sybille Hasse**  
Tel.: +49 3834 / 554 3921  
sybille.hasse@inp-greifswald.de

## Plasmodmodellierung

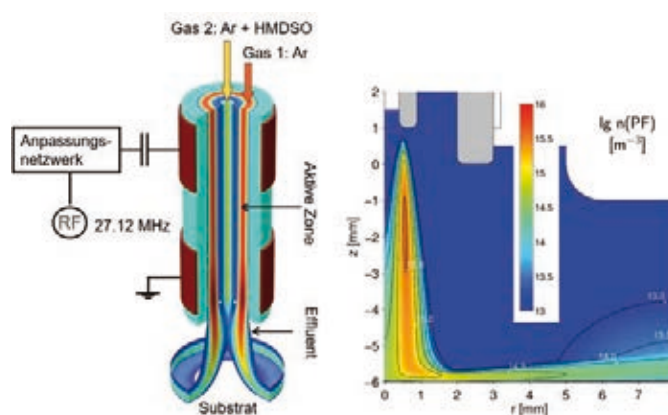
Die Modellierung von Plasmaquellen und -reaktoren spielt im Bereich der Plasmaforschung und Plasmatechnologie eine zentrale Rolle. Auf der Grundlage umfangreicher Parameterstudien ermöglichen Modellrechnungen und Simulationen die gezielte Optimierung technologischer Plasmen sowie die Entwicklung neuer Anwendungen. Dadurch kann die praktische Durchführung kostenaufwändiger und zeitintensiver Experimente reduziert werden. Ferner ermöglichen die Modellrechnungen und Simulationen experimentell nicht oder nur schwer zugängliche Parameter zu bestimmen und deren Verhalten zu analysieren.

Am INP Greifswald werden Modelle und Simulationen zum technologischen und wissenschaftlichen Nutzungspotential vorwiegend von anisothermen Nieder- und Atmosphärendruckplasmen entwickelt und angewendet. Das Modellspektrum reicht von der Beschreibung einzelner Plasmaeffekte bis hin zur vollständigen Modellierung von Plasmaquellen und Plasmaprozessen. Im Fokus stehen hierbei aktuell Plasmaquellen zur Oberflächenmodifizierung und für Energie- und Umweltsanwendungen, Plasmaprozesse zum Abbau bzw. zur Umwandlung von Schadstoffen sowie Lichtbogenplasmen zum Schweißen, Schneiden und Schalten. Darüber hinaus werden Lösungen für das Management von Forschungsdaten erarbeitet, die eine verbesserte Nachnutzung der interdisziplinären Ergebnisse der Plasmatechnologie ermöglichen sollen.

Die Modellierung der Plasmen erfordert jeweils (1) die Entwicklung eines adäquaten Plasmodells, (2) die Formulierung von hydrodynamischen bzw. kinetischen Gleichungen für die Spezies des Plasmas, (3) entsprechende Gleichungen für das elektrische (und magnetische) Feld, (4) die Recherche und Bewertung atomarer Daten, (5) die problemspezifische Erarbeitung von geeigneten numerischen Verfahren bzw. die Nutzung kommerzieller Codes zur Lösung des resultierenden Systems von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, (6) die systematische Gewinnung von Lösungen für ausgewählte Plasmabereiche sowie (7) die Visualisierung und inhaltliche Interpretation der Ergebnisse.

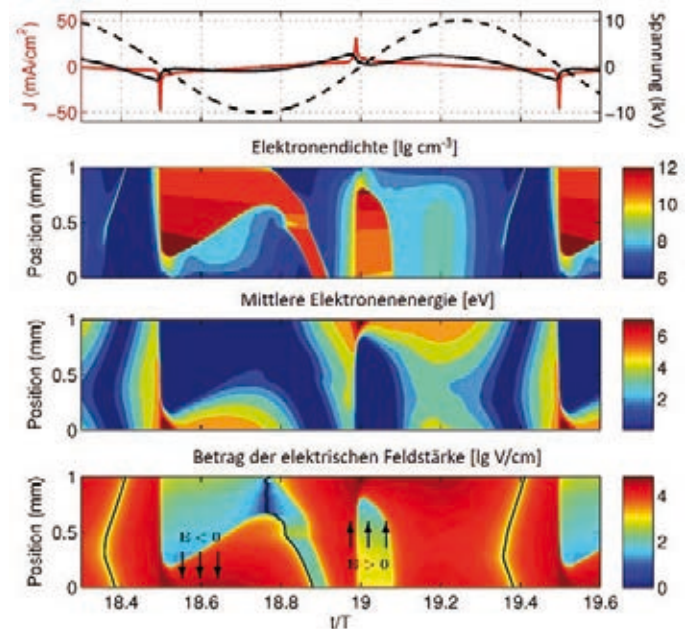
Die Komplexität der Gesamtbeschreibung von Plasmaanwendungen bedingt, dass Teilprobleme, wie. z.B. die kinetische Beschreibung von Elektronen und Ionen, die plasmachemische Modellierung von reaktiven Plasmen und die Behandlung der Strahlungstransportes, separat behandelt werden.

Zur Beschreibung und Analyse der schwach ionisierten Plasmen werden sowohl am INP entwickelte numerische Verfahren als auch kommerzielle Softwareprogrammpakete eingesetzt. Die problemspezifisch adaptierten Methoden des INP zeichnen sich durch hohe Effizienz, Stabilität und Genauigkeit aus und wurden zum Teil durch Benchmark-Vergleiche verifiziert. Die Modellrechnungen und Plasmasimulationen werden auf modernen Clustern durchgeführt, deren Verfügbarkeit die theoretische Beschreibung der komplexen, mehrdimensionalen Problemstellungen erst ermöglicht. Die Untersuchungen erfolgen 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.



Nichtthermisches Atmosphärendruckplasmajet zur lokalen Schichtabscheidung und berechnete Teilchendichte der neutralen Präkursorfragmente (PF) im Effluent

Die realitätsnahe Beschreibung und Analyse der Eigenschaften und des Verhaltens von wissenschaftlich und technologisch relevanten Niedertemperaturplasmen stellen mittelfristig den Forschungsschwerpunkt der Abteilung dar. Neben den aktuell untersuchten Plasmaanwendungen in den Forschungsschwerpunkten Materialien/Oberflächen, Plasma-chemische Prozesse, Schweißen/Schalten und Dekontamination des INP sollen zukünftig verstärkt auch Plasmen für plasmamedizinische Anwendungen untersucht werden. Die Untersuchungen der verschiedenen Niedertemperaturplasmen dienen insbesondere dem physikalischen Verständnis und der quantitativen Erfassung (1) der zeitlichen und räumlichen Änderung der Dichten einzelner Plasmakomponenten, (2) der durch Stoß- und Strahlungsprozesse bedingten Energiedissipation, (3) der Teilchen- und Energietransportprozesse im Plasma, (4) der sich im Plasma einstellenden elektrischen (und magnetischen) Felder und (5) der Wechselwirkung einzelner Spezies mit Wänden, Elektroden und organischen Komponenten.



Hydrodynamische Modellierung der Entladungsdynamik einer dielektrisch behinderten Entladung zur  $\text{CO}_2$ -Dissoziation

## KONTAKT



Priv.-Doz. Dr.  
Detlef Loffhagen  
Tel.: +49 3834 / 554 320  
loffhagen@inp-greifswald.de



## Plasmaoberflächentechnik

Die Abteilung für Plasmaoberflächentechnik bündelt die langjährige Erfahrung in der Entwicklung plasmagestützter Prozesse zur Modifizierung von Oberflächen für Applikationen sowohl im High-Tech-Sektor, wie z.B. in den Bereichen Automobilbau, Luft- und Raumfahrtindustrie, Optik, Mikroelektronik und Werkzeuge, als auch im Life-Science-Bereich, beispielsweise bei Implantaten, Biosensoren, in der Lebensmittelindustrie oder bei biomedizinischen Produkten.

Mit Hilfe der Plasmatechnologie ist es möglich, nahezu jede Oberflächeneigenschaft gezielt zu modifizieren und auf diese Weise neuartige Materialoberflächen mit speziellen Funktionen herzustellen.

Die Expertise umfasst:

- Modifizierung von Metall-, Keramik-, Glas- und Kunststoffoberflächen
- Prozessentwicklung für die Abscheidung optischer Schichten
- Photokatalytisch wirksame Oberflächen
- Kratzfeste Oberflächen
- Verschleißschutz
- Korrosions- und Oxidationsschutz
- Hydrophile / hydrophobe Oberflächen
- Biokompatible Oberflächen
- Zelladhäsive / zellantiadhäsive Oberflächen
- Antimikrobielle Oberflächen
- Textilbehandlung
- Entwicklung von Atmosphärendruckplasmaquellen zur Schichtabscheidung
- Plasmafeinreinigung
- Plasmabasiertes Polieren, Entgraten und Reinigen leitender Materialien
- Oberflächenfinish 3D-gedruckter Oberflächen

## Technologische Ausstattung

Es kommen verschiedene Plasmaverfahren unter Nieder- und Normaldruckbedingungen zum Einsatz, die ständig weiterentwickelt werden. Hierfür stehen sowohl Anlagen im Labor- als auch Industriemaßstab zur Verfügung:

- Prozesse in DC-, DC-gepulsten, Hochfrequenz- und Mikrowellenplasmen
- Atomic Layer Deposition (ALD)
- Ionenimplantation (PIII und PIII&D)
- Magnetronsputtern
- High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS)
- PlasmaSpraying
- Plasmapolieren
- Plasma ion assisted deposition (PIAD)
- Plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD)
- Oberflächenmodifizierung mittels Atmosphärendruckentladungen (DBD, Plasmajet)



Anwendung des Plasmasprayverfahrens zur Beschichtung eines Implantats

Die Oberflächenanalytik ist eines der Spezialgebiete des INP Greifswald. Das vorhandene Spektrum an Diagnostiken, das Know-how bei der Bedienung sowie die Methodik zur Auswertung der Messdaten werden stetig erweitert und verbessert.

## Analyse von Topographie und Morphologie

- Hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie (HR- SEM)
- Transmissions-Rasterelektronenmikroskopie (STEM)
- Rasterkraftmikroskopie (AFM)
- Profilometrie
- Weißlichtinterferometrie
- Lichtmikroskopie mit 3D-Funktion

## Bestimmung der chemischen Zusammensetzung, Bindung und Struktur

- Hochauflösende Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)
- Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)
- Röntgendiffraktometrie (XRD)
- FTIR -Spektroskopie

## Bestimmung der Verschleißfestigkeit

- Abrasionstest
- Kalottenschliffverfahren

## Untersuchung von mechanischen Eigenschaften

- Mikroindenter
- Nanoindenter
- Taber-Test

## Bestimmung von Kontaktwinkel und Oberflächenenergie

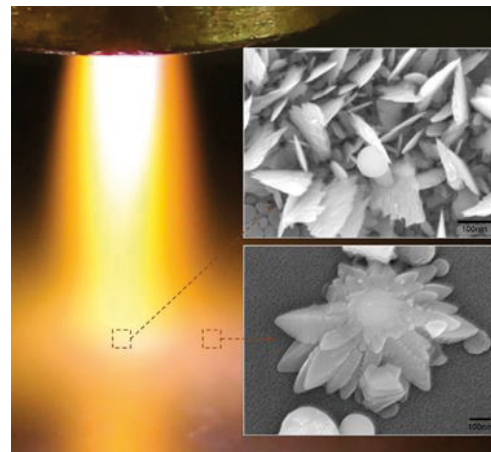
- Kontaktwinkelmessgeräte

## Bestimmung der optischen Eigenschaften

- UV -Vis-Spektralphotometrie
- Optische Ellipsometrie

Die Leistungsfähigkeit von Materialien für unterschiedliche Anwendungen hängt maßgeblich von deren Oberflächeneigenschaften ab. Neuartige Entwicklungen am INP Greifswald zielen daher u.a. auf Folgendes ab:

- Oberflächenfinish 3D-gedruckter Werkstücke
- Plasmagläätten leitfähiger Oberflächen
- Entwicklung moderner Plasmaverfahren für die Schichtabscheidung unter Normaldruck
- Beschichtung von Kunststoffen mittels
- Hochrateabscheideverfahren (Plasmaspraying)
- Smarte Beschichtung von Materialien mit Blick auf Industrie 4.0



Abscheidung einer nanostrukturierten Kupferoxidschicht mit Hilfe einer nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmaquelle

## KONTAKT



**Dr. Maik Fröhlich**  
 Tel.: +49 3834 / 554 3900  
 maik.froehlich  
 @inp-greifswald.de

## Plasmaprozessestechnik

Die Expertise der Abteilung Plasmaprozessestechnik fokussiert sich auf die Entwicklung von plasmagestützten Synthesemethoden für die Abscheidung von nanodimensionalen metallischen, metalloxidischen und graphitischen Partikeln und Dünnschichten. Dabei kommen insbesondere Verfahren wie die PVD (Physical Vapour Deposition), z.B. Magnetron Sputtern und Plasma-Ionen gestützte Deposition, die Plasmapyrolyse und PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) sowie Kombinationen dieser Methoden zu komplexeren Hybridverfahren zum Einsatz. Neben diesen Vakuum-basierten Methoden werden auch atmosphärische Plasmaprozesse in Flüssigkeiten (Plasmas in Liquids, PiL) für die Erzeugung von Kohlenstoffnanostrukturen vor allem Graphen sowie metalloxidischen und metallischen Nanopartikeln eingesetzt. In gemeinsamer Planung mit verschiedenen Forschungsschwerpunkten des INP wird die Abteilung Plasmaprozessestechnik auf dem Gebiet der Materialsynthese durch PiL zukünftig einen Fokus auf die Entwicklung für Personal und technischer Ausstattung richten. Ebenfalls wird auch eine Expertise zu plasmakatalytischen Prozessen unter Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff aufgebaut.

Hauptanwendungsgebiete für die in unserer Abteilung entwickelten Plasmaprozesse sind katalytische Oberflächen, Materialien für die Energiespeicherung/-wandlung, insbesondere Komponenten für Wasserstofftechnologien, Sensortechnik, chemische Synthese und Wasser- bzw. Gasreinigungs- und Aufbereitungsprozesse. Hier bietet die Plasmatechnik eine Vielzahl von Ansatzpunkten, um eine Breitenanwendung der Nanotechnologie in diesen Bereichen zu realisieren. Eine Anzahl von anwendungsnahen Projekten wird gegenwärtig z.B. in der Entwicklung von Synthesemethoden für Platin- und Nickelbasierte Katalysatoren sowie Graphen- und Metalloxid-basierte Elektroden- und Membrankomponenten sowie bei der plasmachemischen Anbindung von Katalysatoren auf Substraten durchgeführt. Eine umfangreiche analytische Ausstattung zur Charakterisierung der Nanostruktur, Morphologie, Kristallstruktur, Porosität, chemischer Zusammensetzung, optischer, elektrochemischer und photochemischer Eigenschaften steht für die Entwicklung effizienter Funktionselemente zur Verfügung.

## Experimentelle Ausstattung

Plasmatechnik PVD, PECVD:

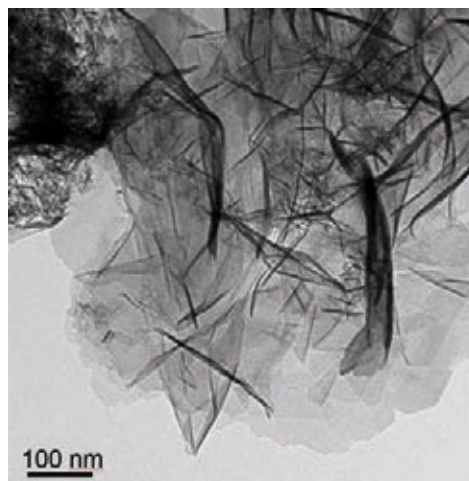
- Sechs Vakuumrezipienten mit 2 und 3 Plasmaquellen zur Deposition von
  - Metalloxidschichten z.B. halbleitenden Schichten wie TiO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub>
  - Kohlenstoff-Metall-Nanohybrid-Schichten, z.B.: C-Pt
  - Metall- Metall-Nanohybrid-Schichten, z.B.: Pt-Co
  - Metall/Metalloxid-Polymer-Kompositschichten, z.B.: Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-HMDSO-Plasmaplasmapolymer
  - Metall-Polymer-Komplex-Schichten, z.B.: Co-Polypyrrol
- PIAD-Vakuumbeschichtungsanlage, M 900

Plasmatechnik Pulvermodifizierung:

- Drehtrommelreaktor, HF- oder
- Mikrowellenanregung, Vakuumprozess: Aktivierung oder Beschichtung (PECVD) von Schüttgütern
- Downer-Reaktor, Mikrowellenanregung, Vakuumprozess: Pyrolyse von Schüttgütern

Plasmatechnik Synthese von Nanopartikeln:

- Plasmen in Flüssigkeiten, gepulste Entladungen, z.B.: Synthese von nanoskalierten graphengeträgerten Metalloxidpartikeln



Graphen (Plasma-in-Liquid-Prozess)

Charakterisierung Nanostruktur, Morphologie, Kristallstruktur, Molekülstruktur, Porosität:

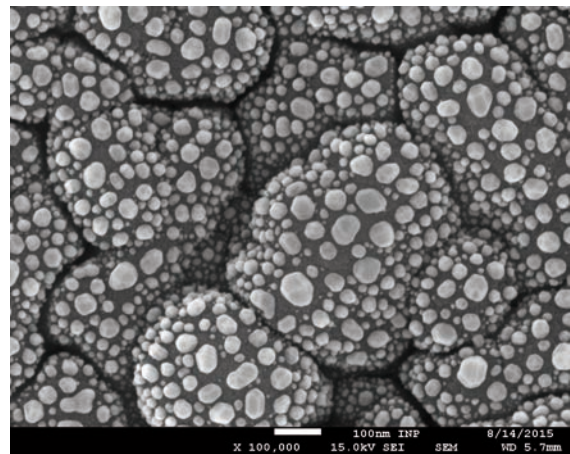
- Digitalmikroskop Keyence: 2D- und 3D Aufnahmen mit bis zu 1000-facher Vergrößerung
- BET-Sorptionsmessung, Quantachrome NOVA2000: Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Stickstoff-Adsorption.
- FTIR-Spektrometer: Bruker VERTEX 70v: digitales FTIR-Vakuum-Spektrometer für Messungen im MIR-(8000 bis 350  $\text{cm}^{-1}$ ) und FIR-Bereich (600 bis 50  $\text{cm}^{-1}$ )
- MasterSizer 2000 von Malvern Instruments, Messung der Korngrößenverteilung von Pulvern im Bereich von 20 nm bis 2 mm
- Bruker D8 Advance Röntgendiffraktometer mit hochauflösendem LYNXEYE Detektor: Röntgendiffraktometrie (XRD) an polykristallinen Schichten und Pulvern zur Identifizierung von Kristallphasen und Kristallitgrößenbestimmung. Röntgenreflektometrie (XRR) zur Bestimmung von Schichtdicke und Rauigkeit. Rietveld-Analyse
- Rasterelektronenmikroskopie/EDX, Joel (Germany) GmbH, dazu Cross section polisher, IB-09010CP, Joel (Germany) GmbH: Querschnittspoliergerät zur Erzeugung spiegelglatter Oberflächen, welche nicht mechanisch poliert werden können

Charakterisierung optischer, elektrochemischer und photochemischer Eigenschaften:

- PerkinElmer Lambda 850 UV/Vis Spektrophotometer mit L6020322 150 mm integrierender Kugelmessung von Transmission, Streuung und Reflexion
- $\mu$ -Autolab 2 Potentiostat, Elektrochemische Messungen
- Autolab Bipotentiostat 302N, Elektrochemische Aktivitätsmessungen
- ATV In-line-4-Point-Probe mit Keithley 2400 SourceMeter, Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes von Oberflächen und dünnen Schichten
- Im6e Potentiostat, Zahner GmbH, Elektrochemische Charakterisierung
- PCS Photoelektrochemisches Photo Current SpectraSystem, Zahner GmbH, Photoelektroch
- CIMPS Fast Light Intensity Transient System, Zahner GmbH, Photoelektrochemische Messung
- COLT Coating and Laminate Tester, Zahner GmbH, AC-DC-AC Tests an Beschichtungen und Laminierungen

Ausblick auf künftige Schwerpunkte:

Ein Schwerpunkt der Expertise der Abteilung wird weiterhin auf dem Gebiet der Erzeugung von verschiedenen Materialien und Materialkombinationen mit Hilfe von PVD und PECVD mit der thematischen Ausrichtung Erneuerbare Energien liegen. Dabei soll die Syntheseroute "Plasma in Liquids" zukünftig stärker entwickelt und eingesetzt werden. Als weiterer Fokus werden auch Atmosphärendruck-Plasmaquellen zur Energiespeicherung mittels Synthese von Kohlenwasserstoffen unter Nutzung von  $\text{CO}_2$  verstärkt eingesetzt.



Goldnanopartikel auf einer  $\text{TiO}_2$ -Schicht (Sputterprozess)

## KONTAKT



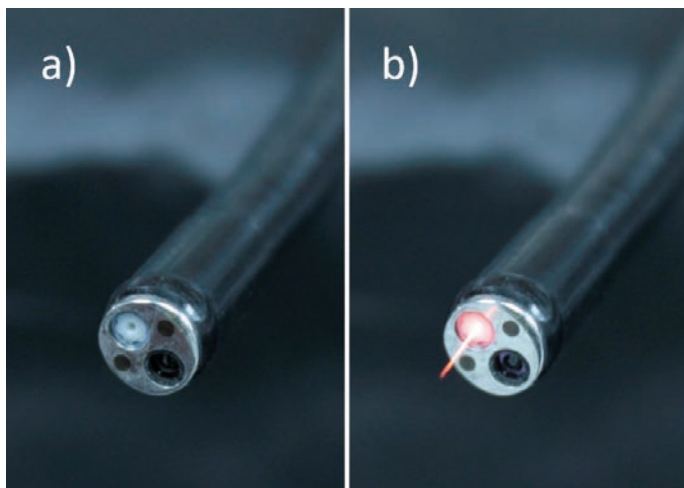
**Dr. Volker Brüser**  
Tel.: +49 3834 / 554 3808  
brueser@inp-greifswald.de



## Plasmaquellen

Die Entwicklung und Charakterisierung von Atmosphärendruckplasmen stellt eine Kernkompetenz des INP Greifswald dar. Abhängig von den konkreten Anwendungs- und Kundenanforderungen werden verschiedene Methoden und Systeme entwickelt. Eine genaue Charakterisierung der Quellen und die grundlegenden Kenntnisse der Plasmaparameter und -prozesse ermöglichen es uns, zielgerichtet neue Prozesse zu entwerfen oder bestehende Technologien zu optimieren.

Das Ziel unserer Aktivitäten besteht in der Erforschung und Entwicklung integrierter Atmosphärendruckplasmasysteme als neue Produktionswerkzeuge oder für den Einsatz in der Umwelttechnik und im Gesundheitswesen. Für diese Arbeiten verfügt das INP über spezielle Labore, in denen die Plasmaquellen entworfen und erstellt werden bzw. plasmadiagnostisch charakterisiert werden können. Die Aktivitäten werden ferner durch eine umfangreiche Forschungsinfrastruktur des gesamten Hauses unterstützt, die zusätzlich zu den modernsten Methoden der Plasmadiagnostik auch z. B. ein mikrobiologisches Labor, ein Zellkulturlabor, plasmachemische Analytik, Umwelt-Monitoring-Systeme und Diagnostiken für Oberflächen- und Materialeigenschaften bietet.



Erzeugung eines Plasmajets am distalen Ende eines Endoskops. a) Plasma aus, b) Plasma an.

Besonders die räumliche Nähe zu den biologischen Laboren versetzt uns in die Lage, biologische Wirkungen neuer Plasmaquellenkonzepte effizient zu bewerten, ohne lange und fehleranfällige Wartezeiten und Wege in Kauf nehmen zu müssen. Dies ist besonders bei der Entwicklung neuer Dekontaminationsverfahren ausgesprochen zielführend.

Ergänzt wird die Forschungsinfrastruktur durch Rapid Prototyping Technologien wie z.B. 3D Druck, Stereolithographie und Laser Cutting. Dies erlaubt die schnelle und flexible Entwicklung neuartiger Plasmaquellenkonzepte, womit wir in der Lage sind, Machbarkeitsanfragen von Projektpartnern aus Industrie und Forschung anschaulich und zeitnah zu beantworten.

Im folgenden sind die Kernaufgaben als auch die technische Ausstattung der Abteilung Plasmaquellen aufgeführt:

### Plasmaquellen-Entwicklung

#### Medizinische Plasmaquellen

- Konstruktion, Design und Aufbau problemangepasster Plasmaquellen für plasmamedizinische Versuche sowie für Desinfektions- und Dekontaminationsanwendungen
- Analyse von zulassungsrelevanten Parametern wie Bestrahlungsstärken und Ableitströmen
- Berücksichtigung von rechtlichen Anforderungen bereits bei der Entwicklung (z.B. Medizinproduktegesetz)
- Entwicklung von Steuersoftware
- Betreuung klinischer Partner

#### Technische Plasmaquellen

- Plasmaquellen- und Prozessentwicklung für Raumlufthygiene, Abgasbehandlung und Plasmachemische Synthese
- Entwicklung von Plasmaquellen zum Abbau von Kontaminationen in Wasser (z.B. pharmazeutische Rückstände)

#### Pulsed Power Technologie

- Design und Aufbau von gepulsten Hochspannungsvorsorgungen für gepulste Plasmen und gepulste elektrische Felder (Bioelectrics)
- Elektrische Messtechnik zur Charakterisierung gepulster Hochspannungssignale

## Analytik und Fertigungsverfahren

### Gasphasenanalytik

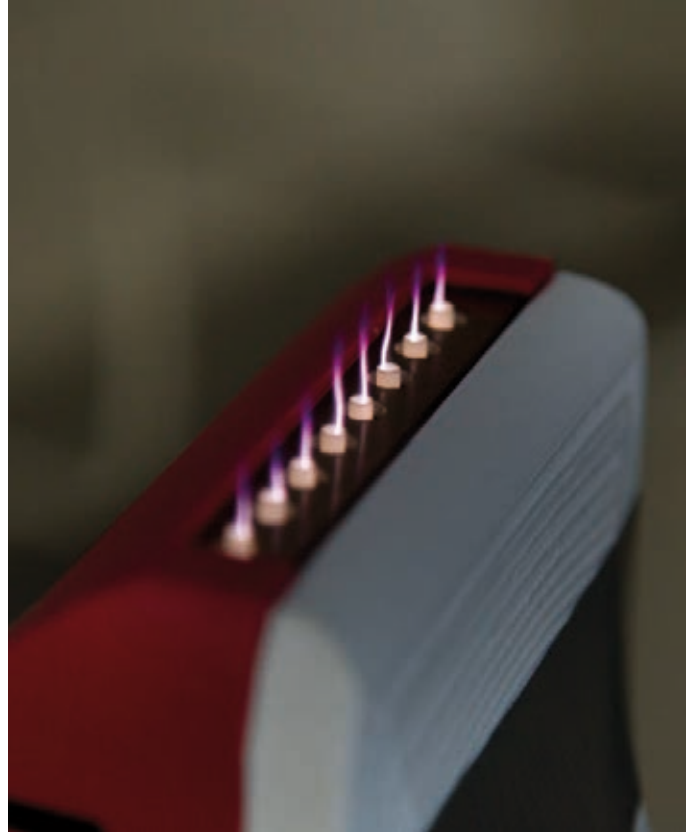
- hochsensitive und spezifische Gasanalytik (FTIR, GC, GC/MS, FID) zum Nachweis von plasmagenerierten reaktiven Spezies (z.B.  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ) bis in den ppb-Bereich
- Charakterisierung und Simulation der Gasphasenchemie in Plasmen
- Optische Emissionsspektroskopie vom infraroten bis in den VUV-Spektralbereich
- Bildgebende Verfahren (ICCD-Kamera, Framing-Kamera)
- Zeitkorrelierte Einzelphotonenzählung mit Zeitauflösung im sub-ns-Bereich
- umfangreiche elektrische Messtechnik
- Feldversuche mit mobiler Gasanalytik

### Flüssigkeitsanalytik

- Nachweis von chemischen Stoffen in Flüssigkeiten (GC, HPLC)
- grundlegende Analysen und Charakterisierung der plasmabehandelten Flüssigkeiten (in Zusammenarbeit mit dem flüssigkeitsdiagnostischen Labor am INP)

### Rapid-Prototyping Verfahren

- 3D Druck (Druck von komplexen Geometrien aus verschiedenen Materialien, im folgenden:
  - LaserSchmelzAnlage (3D Fertigung von Metallobjekten)
  - FDM (Ultimaker, grobe Auflösung)
  - FDM (Prusa I3, MK3, mittlere Auflösung, verschiedene Materialien gleichzeitig druckbar)
  - SLA (Stereolithographie-Verfahren, sehr feine Auflösung, Gas und wasserfester Druck möglich)
  - Laser Cutter (zum schnellen und reproduzierbaren Zuschnitt von Edelstahl 2-3 mm, Quarzglas sowie Plexiglas)



## KONTAKT



Dr. Jörn Winter  
Tel.: +49 3834 / 554 3867  
winter@inp-greifswald.de

## Plasmastrahlungstechnik

Die Abteilung widmet sich der experimentellen Analyse von thermischen und nichtthermischen Plasmen in verschiedenen Anwendungen der Elektrotechnik (Hochstrom-, Hochspannung-, Schaltgerätechnik), Verfahrenstechnik (Schweiß- und Trenntechnik) und Lichttechnik. Dabei werden elektrische und optische, insbesondere spektroskopische, Diagnostikverfahren für die quantitative Analyse eingesetzt.

Aktuell stehen Untersuchungen von Lichtbögen in der Schweißtechnik, von wandstabilisierten Bogenplasmen bei hohen Drücken und Vakuumbögen in der Leistungsschalter- und Ableitertechnik sowie von Plasmaphänomenen in Hochspannungsisolationssystemen im Fokus der Forschung.

Die Weiterentwicklung von Methoden der Hochgeschwindigkeitskinematografie gekoppelt mit der optischen Emissions- und Absorptionsspektroskopie dient den verbesserten physikalischen Eigenschaften der zu untersuchenden Plasmen in praxisnahen Modellanordnungen und Laborexperimenten. Dabei stehen die Erhöhung der Empfindlichkeit und räumlichen Auflösung optischer Methoden, die Erweiterung der Anwendbarkeit auf kalte Randschichten und Oberflächen der Elektroden, die Erfassung und Charakterisierung räumlich unsymmetrischer Plasmaphänomene mit hoher Dynamik, die Robustheit gegenüber Störungen in realen Anwendungen und der flexible und mobile Einsatz im Vordergrund.

Neben der Quantifizierung lokaler Eigenschaften im Lichtbogen ist auch die Bestimmung von Oberflächentemperaturen und anderen Eigenschaften, etwa von Elektroden in den verschiedenen Lichtbogenanwendungen von Interesse. Aufbauend auf den Expertisen in der Labordiagnostik werden anwendungsspezifische nichtinvasive Sensoren- und Kontrollsysteme entwickelt. Der Abteilung steht neben modernsten Diagnostiksystemen entsprechende Ausrüstung der Schweißtechnik, der Hochstrom- und Hochspannungstechnik sowie der Vakuumtechnik zur Verfügung.



Ein Blick ins Lichtbogenlabor: Stoßstrom-Generator (links im Bild), Vakuumkammer mit Pumpensystem und Antrieb (rechts im Bild).

## Technologische Ausstattung

### Lichtbogenlabor

- Versuchsstand für Studien an Hochstromlichtbögen in Schaltgeräten und Ableitern
- Stoßstrom-Generatoren mit variabler Stromform (AC variabler Frequenz 16-1000 Hz, gepulste DC, Blitzstromimpuls, überlagerte Stromformen)
- Vakuumkammer für Untersuchungen an Hochstrom-Vakuumlichtbögen
- Elektrische Messtechnik

### Schweißlichtbogenlabor

- Versuchsstände mit fester Brennerhalterung und flexibler Bewegung von Testwerkstücken unter dem Brenner einschließlich Gasversorgung, Absaugung und Strahlungsschutz
- Stromquellen verschiedener Hersteller sowie eine frei programmierbare Quelle
- Elektrische Messtechnik

### Hochspannungslabor

- HV-Generator für Wechselspannung bis 100 kV, Gleichspannung bis 130 kV, Impulsspannung bis 135 kV
- Teilentladungsdiagnostik (konventionell nach IEC 60270, Frequenzganganalyse, akustische Sensoren, UHF Sensoren, Messungen der dielektrischen Antwort Widerstandsmessgeräte)

## Hochstromlabor

- Dauerstromversuchsstände (max. 3000 A)
- Klimakammer mit Klimakammer für Abkühl- und Erwärmungszyklen (-70 - +180 °C) und Wärmeschranken (+250 °C)
- Thermographie-Kamera
- Thermosonden
- Widerstandsmessgeräte (nΩ bis μΩ)

## Lichttechnisches Labor

- Versuchsstände mit geeigneten Stromgeneratoren zur Nachstellung eines realistischen Lampenbetriebs
- Ulbricht-Kugel
- Kompaktspektrometer
- Leuchtdichtekamera
- optische Kalibrierungsquellen

## Ausrüstungen für optische Messungen

Allen Laboren stehen folgende Ausrüstungen für optische Messungen zur Verfügung:

- mobile und stationäre Messplätze für abbildende optische Emissionsspektroskopie und optische Absorptionsspektroskopie
- Hoch- und Höchstgeschwindigkeitskameratechnik
- Technik für Thermografie/Pyrometrie
- Röntgencomputertomografie zur zerstörungsfreien Diagnostik von Elektroden oder Werkstoffproben

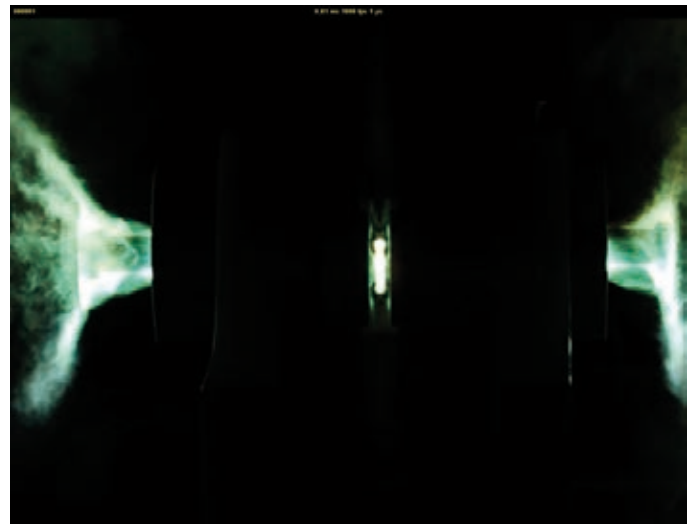
## Künftige Schwerpunkte

Charakterisierung der Plasma angrenzenden Gebiete, wie z.B. Plasma-Wand- und Plasma-Elektrode-Wechselwirkung erfordern die weitere Adaption der quantitativen Diagnostikmethoden für die Anwendung an kalten Randschichten und die Erweiterung des Geräteparks der Abteilung. Temperaturmessungen von Raumtemperatur bis zu einigen tausend Kelvin ist das Ziel, um Studien der Abkühlendynamik von Schweiß- und Schaltkontakten und die Analyse derer Energiebilanz zu ermöglichen.

Anpassung des Hochstromgenerators im Lichtbogenlabor für höhere Ströme und Erweiterung des Systems durch ein zusätzliches Hochspannungsmodul soll den Anschluss an Forschung von Mittelspannungs-Schaltgeräten und Studien der Eigenschaften der Schaltlichtbögen unter realistischen Bedingungen ermöglichen.

Entwicklung von nicht-konventionellen Methoden für Zustandsdiagnostik elektrischer Betriebsmittel, beispielsweise von optischen Diagnostikmethoden, ist eine weitere Entwicklungsrichtung.

Steigerung der Anwendbarkeit von Absorptionsspektroskopie durch Anwendung von Laser-basierten Systemen, z.B. durch akusto-optischen Modulator gesteuerten Diodenlaser, ermöglicht die Erfassung der Eigenschaften von hochdynamischen Objekten, u.a. von abbrandbestimmten Lichtbögen, Vakuumlichtbögen, sowie Schweißlichtbögen. Direkte Messungen der Teilchendichten und Bestimmung der Gas-temperatur erlauben quantitative Untersuchungen zur Charakterisierung der thermischen Nichtgleichgewichtsplasmen.



Momentaufnahme eines abbrandbestimmten Lichtbogens in CO<sub>2</sub>

## KONTAKT



**Dr. Sergey Gortschakow**  
 Tel.: +49 3834 / 554 3820  
[sergey.gortschakow@inp-greifswald.de](mailto:sergey.gortschakow@inp-greifswald.de)



## Stab - Wissenschaftsmanagement

Moderne Forschungseinrichtungen verlangen nach einem professionellen Wissenschaftsmanagement. Das INP Greifswald hat hierfür seit 2007 eine eigene Abteilung, den Stab eingerichtet. Der Stab berät den Vorstand, die Forschungsbereichsleitungen und die Forschungsschwerpunktleitungen in forschungsstrategischen sowie patentrechtlichen Angelegenheiten. Er hat die Aufgabe, die Wissenschaftler des INP bei der Einwerbung von Drittmitteln zu beraten und zu unterstützen. Dabei informiert er über neue Förderrichtlinien und ist für die Erstellung von Anträgen mitverantwortlich. Darüber hinaus unterstützt der Stab den Technologie- und Wissenstransfer sowie das Prozessmanagement. Neben der Durchführung eigener Projekte verantwortet er die Kommunikation.

### Forschungsförderung

Etwa die Hälfte des Gesamtbudgets des INP sind kompetitiv eingeworbene Drittmittel von Bundes- und Landesministerien, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Europäischen Union und der Industrie. Der Stab unterstützt die wissenschaftlichen Abteilungen bei der Akquise dieser Drittmittel. Die Stabsmitarbeitenden recherchieren geeignete Förderprogramme auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene und prüfen intern die Förderfähigkeit von Projektideen der Wissenschaftler/innen. Bei der Erstellung und Einreichung von Projektanträgen stehen die Stabsmitarbeitenden den Wissenschaftler/innen tatkräftig zur Seite: Sie unterstützen bei der Erstellung und Ausformulierung von Projektideen, der Erstellung von Ressourcen-, Zeit- und Arbeitsplänen, der Gesamtbudgetplanung und der Einordnung in den (förder-)politischen Kontext. Der Stab agiert dabei aus Sicht der Fördermittelgeber und leistet so einen Beitrag zur Erhöhung der Qualität der INP Projektanträge.

### Öffentlichkeitsarbeit

Der Stab verantwortet die Kommunikation nach außen und organisiert alle Veranstaltungs- und Marketingaktivitäten des INP. Im Bereich Öffentlichkeitsarbeit vermittelt er Informationen (Pressemitteilungen), pflegt Medienkontakte, betreut BesucherInnen, organisiert Veranstaltungen und gestaltet den hauseigenen Print- und Onlineauftritt, wie Werbematerialien oder die Website und kommuniziert über die Social-Media-Kanäle des Instituts.

Das INP Greifswald ist regelmäßig Veranstalter von nationalen und internationalen Konferenzen, Symposien, Workshops und Netzwerkveranstaltungen. Hierbei unterstützt der Stab bei der Planung, Organisation und Durchführung. Für externe Veranstaltungen, wie z.B. Industriemessen, konzipieren wir den Auftritt des Instituts und unterstützen in der Vorbereitung und Begleitung der Veranstaltungen.

Unsere Arbeit im Grafikbereich umfasst die Konzeption, Gestaltung und Produktion von hauseigenen Print- und digitalen Medien. Vom Corporate Design über Flyer, Broschüren und Animationen für die Außendarstellung, bis hin zur Unterstützung bei Illustrationen und Grafiken für Veröffentlichungen unserer WissenschaftlerInnen bieten wir ein breites Spektrum an Unterstützung.

Zu den Aufgaben gehören zudem die zielgerichtete Kommunikation mit den Zielgruppen in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, aber auch das Schüler- und Studierendenmarketing.

### Gewerbliche Schutzrechte

Ziel des INP ist es, seine Forschungsergebnisse in verwertbare Produkte und/oder Technologien umzusetzen und sie möglichst frühzeitig der Industrie anzubieten oder an INP-Ausgründungen zu transferieren. Im Stab ist daher die Stelle einer Patentmanagerin/eines Patentmanagers angesiedelt. Die Patentmanagerin/der Patentmanager betreut die Erfindungen sowie die gewerblichen Schutzrechte des INP (insbesondere Patente, Gebrauchsmuster, Marken). Sie/Er arbeitet dabei eng mit den INP-Erfindern sowie externen Patentanwaltskanzleien zusammen. Die Patentmanagerin/ Der Patentmanager leitet darüber hinaus die monatlichen Sitzungen des Patent-Boards, welches sich aus dem Vorstandsvorsitzenden, dem kaufmännischen Vorstand sowie der Stabsleitung zusammensetzt. Im Rahmen seiner Sitzungen trifft das Patent-Board die einzelnen schutzrechtsstrategischen Entscheidungen für das INP.

### Projektkoordination

Der Stab unterstützt das Haus bei der Umsetzung von Großprojekten durch den Einsatz von Projektkoordinatoren/innen. Diese haben lenkende und koordinierende Funktion und stellen das Bindeglied zwischen den Wissenschaftlern/innen und der Administration dar. Zu ihren projektbegleitenden Aufgaben gehört das Erstellen von Entscheidungsvorlagen für die Budgetplanung sowie das Controlling der

## Verwaltung & Infrastruktur

Projektressourcen und des Projektablaufes. Zudem sind sie verantwortlich für die Außendarstellung der Projekte sowie die Organisation von Gremiensitzungen und wissenschaftlichen Workshops. Sie stellen einen regelmäßigen Austausch zwischen den Mitarbeitenden sicher und unterstützen den Auf- und Ausbau von Kommunikationsnetzwerken für Partner (Forschungseinrichtungen sowie Industrieunternehmen). Zudem gehört die Kommunikation mit den Projektträgern und die Berichterstattung zu den Aufgaben, die die Koordinatoren/innen übernehmen. Somit wird die Forschungsarbeit in den Projekten optimal begleitet und unterstützt.

### Wissens- & Technologietransfer

Das Institutsmotto – VON DER IDEE ZUM PROTOTYP – skizziert nicht nur den satzungsgemäßen Auftrag, anwendungsorientierte Grundlagenforschung zu betreiben, sondern auch die Verwendung der erzielten Forschungsergebnisse.

Das INP Greifswald führt Projekte der öffentlichen Forschungsförderung durch, um Wissen für gesellschaftlich relevante Themen zu mehren. Die Ergebnisse dieser Projekte veröffentlicht das Institut kontinuierlich in referierten Fachzeitschriften, auf nationalen und internationalen Konferenzen und bei Veranstaltungen für die breite Öffentlichkeit.

Für anwendungsrelevante Themenstellungen, die wirtschaftlich von Interesse sind, stellt das INP Greifswald sein Wissen im Sinne eines Dienstleisters als Kundenlösung zur Verfügung. Diese zumeist bilateralen Industrieprojekte helfen unseren Wirtschaftspartnern, direkt von den neuesten Erkenntnissen der Forschungsarbeiten am INP zu profitieren.

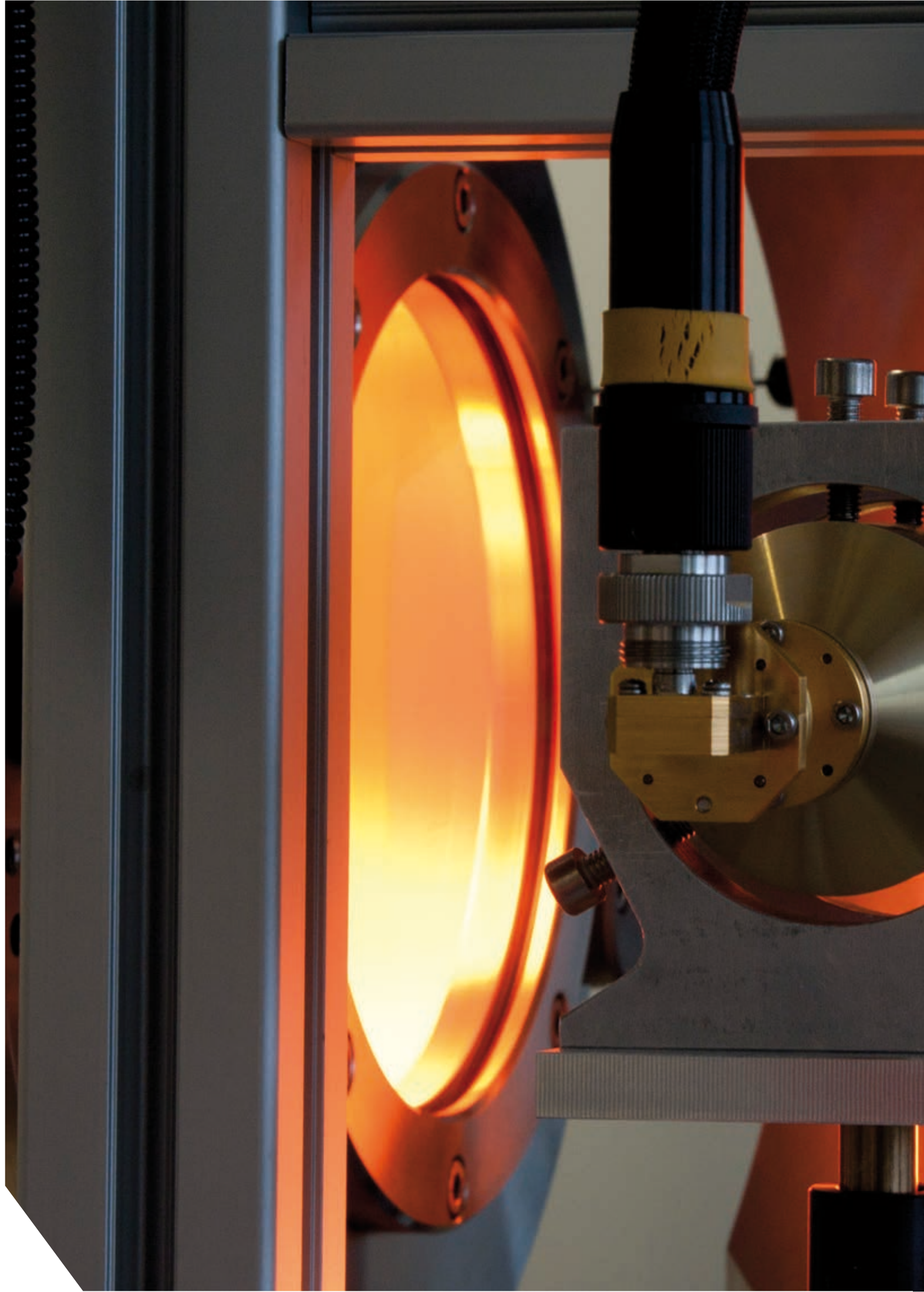
Zum eigenen Technologietransfer hat das INP als erstes Leibniz-Institut überhaupt eine eigene Firma, die neoplas GmbH ([www.neoplas.eu](http://www.neoplas.eu)), ausgegründet. Diese dient als zweiter Teil des am Institut entwickelten Dreistufenmodells. Nach dem Motto "Vom Prototyp zum Produkt" werden beispielsweise spätere Pilotkunden in die Entwicklungsarbeiten einbezogen.

Haben sich bestimmte Verwertungsaktivitäten als ökonomisch tragbar erwiesen, können diese in weitere Ausgründungen münden. Wissen, das wirtschaftlich verwertbar ist und zunächst nicht als Kundenlösung angeboten werden soll, kann so in einer neuen Ausgründung bis zur Marktreife entwickelt werden: "Vom Prototyp zum Markt".

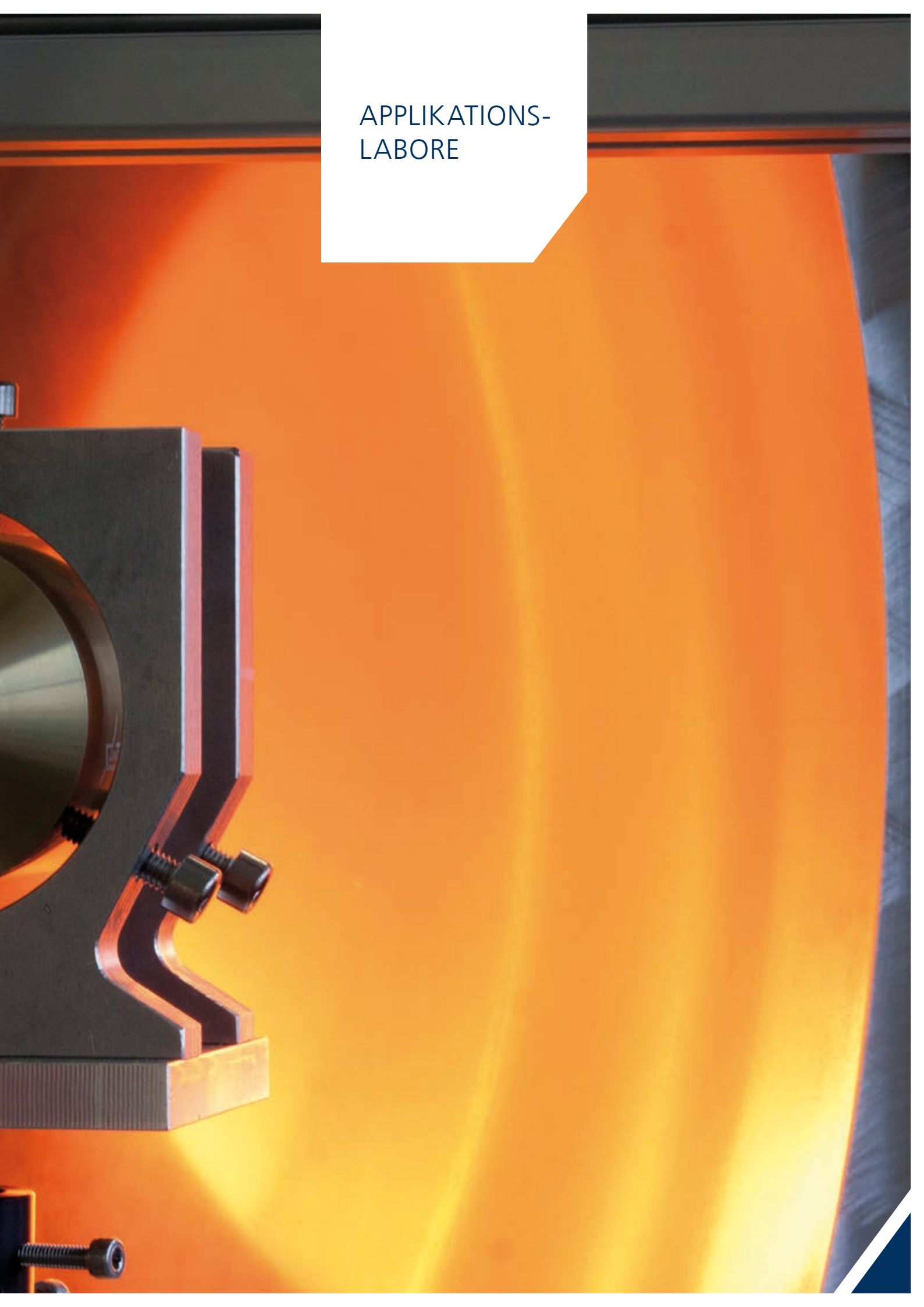
Als wesentliche Ergänzung und zur organisatorischen Unterstützung der Fachabteilungen und -gruppen gibt es am INP die Abteilung „Verwaltung/Infrastruktur“. Sie organisiert im Wesentlichen den reibungslosen Betriebsablauf. Beide Gebiete – Verwaltung und Infrastruktur – sind schlank angelegt.

Die Abteilung Verwaltung/Infrastruktur des Instituts umfasst die 5 Sachgebiete Personal, Finanzen/Controlling (mit Beschaffung, Buchhaltung, Anlagen- und Drittmittelverwaltung, Reisekosten und Elektroniklabor), die Infrastruktur und den IT/EDV-Bereich. Das Sachgebiet Infrastruktur besteht aus der mechanischen Werkstatt, einer Glasbläserei und betreut außerdem die Gebäudetechnik des Institutes sowie alle Baumaßnahmen. Für die Datenverarbeitung unterhält das INP ein Datennetz und baut es weiter aus und pflegt die Anbindung des INP-Netzes an externe Netze.

Zur Gewährleistung der Arbeits- und Gesundheitsschutzforderungen sowie der Sicherheitsstandards sind fachspezifische Beauftragte (Gefahrstoffe, Brandschutz, Elektrosicherheit, Strahlenschutz, Datenschutz, Laserschutz, biologische Sicherheit) ernannt. Die Koordination der Aktivitäten erfolgt durch den Sicherheitsbeauftragten, der im Auftrag des Vorstandes Weisungsbefugnis hat.



# APPLIKATIONS- LABORE





## Labor für Oberflächendiagnostik

Die Eigenschaften von Materialien und die Wechselwirkung der Materialien mit der Umgebung sind vorrangig durch die Oberflächenbeschaffenheit bestimmt. Mit Hilfe der Plasmatechnologie ist es möglich, nahezu jede Oberflächeneigenschaft gezielt zu modifizieren und auf diese Weise neuartige Materialoberflächen mit speziellen Funktionen herzustellen. Die Analyse von Oberflächen ist eines der Spezialgebiete des INP Greifswald. Das vorhandene Spektrum an Diagnostiken, das Know-how bei der Bedienung sowie die Methodik zur Auswertung der Messdaten werden stetig erweitert und verbessert.

### Analyse von Topographie und Morphologie

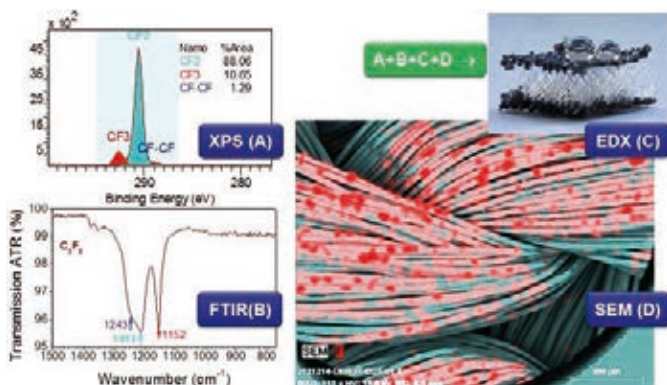
- Hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie (HR- SEM)
- Transmissions-Rasterelektronenmikroskopie (STEM)
- Rasterkraftmikroskopie (AFM)
- Profilometrie
- Weißlichtinterferometrie
- Lichtmikroskopie mit 3D-Funktion

### Bestimmung der chemischen Zusammensetzung, Bindung und Struktur

- Hochauflösende Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)
- Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)
- Röntgendiffraktometrie (XRD)
- FTIR-Spektroskopie

### Bestimmung der Verschleißfestigkeit

- Abrasionstest
- Kalottenschliffverfahren



Korrelierte Untersuchungen (A+B+C+D) ermöglichen anwendungs-orientierte Optimierung der Eigenschaften plasmabehandelter Proben. Die Probenoberfläche wurde mit einem Fluorocarbonplasmapolymers beschichtet.

### Untersuchung von mechanischen Eigenschaften

- Mikroindenter
- Nanoindenter

### Bestimmung von Kontaktwinkel und Oberflächenenergie

- Kontaktwinkelmessgeräte

### Bestimmung der Oberflächenladung von Feststoffen

- Zetapotenzial-Messgerät

### Bestimmung der optischen Eigenschaften

- UV-Vis-Spektralphotometrie
- Optische Ellipsometrie



## KONTAKT



Dr. Antje Quade  
Tel.: +49 3834 / 554 3877  
quade@inp-greifswald.de



Dr. Jan Schäfer  
Tel.: +49 3834 / 554 3838  
jschaefer@inp-greifswald.de

## Lichtbogenlabor

Das Lichtbogenlabor dient vorrangig anwendungsorientierten Forschungen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Schaltgeräten. Dazu werden Experimente an Lichtbögen im Vakuum oder auch bei Normaldruck durchgeführt. Spezifische Anordnungen erlauben, das Verhalten der Lichtbögen sowie die Belastung der Elektroden in Schaltern der Nieder-, Mittel- oder Hochspannungstechnik bei unterschiedlichen Pulslängen nachzustellen, etwa durch geeignete Elektrodenanordnungen in Vakuumkammern oder die Verwendung von Abbranddüsen. Gleichzeitig können die Aufbauten für Grundlagenuntersuchungen an Hochstrom-Lichtbögen und ihrer Interaktion mit Elektroden, Wänden und externen Magnetfeldern genutzt werden. Ein Alleinstellungsmerkmal des Labors ist die Ankopplung spezifischer optischer Diagnostik zur physikalischen Analyse der Lichtbögen. So erlaubt die optische Emissions- oder Absorptionsspektroskopie, die Messung von Temperaturen und Speziesdichten im Lichtbogen und daraus die Bestimmung aller relevanten Plasmaeigenschaften.

Hochgeschwindigkeitsanalysen dienen der Untersuchung der Struktur und Dynamik. Zugänglich ist auch die Oberflächentemperatur von Elektroden.

Der Laboraufbau umfasst insbesondere:

- Versuchsstand zum Betrieb von Hochstrom-Lichtbögen mittels Stoßstrom-Generatoren mit folgenden Parametern (Spitzenwerte): Sinusförmiger Stromimpuls 80 kA/5 ms, 40 kA/10 ms, oder 25 kA/20 ms, Rechteckimpulse bis 10 kA/2 ms oder 2 kA/10ms, flexible Elektrodenanordnung einschließlich Antrieb zur Elektrodenseparation
- Vakuumkammer einschließlich Elektrodenhalterung und einseitigem Antrieb sowie umfangreichen Zugängen für Sondenmessungen und optische Diagnostik
- Elektrische Messtechnik und optische Sensorik (Photodioden) zur Aufnahme von Zeitreihen von Strom, Spannung und Strahlungssignalen in ausgewählten Spektralbereichen einschließlich spezifischer Auswerteverfahren
- 0.5 bzw. 0.75 m Spektrographen mit intensivierten CCD-Kameras (Einzelbilder mit Belichtungszeiten im Zeitbereich von ns bis ms) zur optischen Emissionsspektroskopie

- Thermografie/Pyrometrie zur berührungslosen Messung von Temperaturen von Oberflächen u.a. von Elektroden
- Hochgeschwindigkeitskameratechnik für bis zu 70.000 frames/s zur Lichtbogenbeobachtung einschl. spektral selektiver Filter (schmalbandige MIF, Kantenfilter, Polfilter) und speziellen Optiken für die parallele Beobachtung mit zwei unterschiedlichen Filtern (Doppelbildoptik) und einer Kamera
- Höchstgeschwindigkeitskamera (4 unabhängige Bilder innerhalb von z.B. 5 ns mit Belichtungszeiten ab 3 ns) sowie Streakkamera (Zeitauflösung <1 ns, eine Ortsdimension) für die Beobachtung von Zündvorgängen im ns-Bereich



Stoßstromgenerator und Vakuumkammer im Lichtbogenlabor

### KONTAKT



Prof. Dirk Uhrlandt  
Tel.: +49 3834 / 554 461  
uhrlandt@inp-greifswald.de

## Schweißlichtbogenlabor

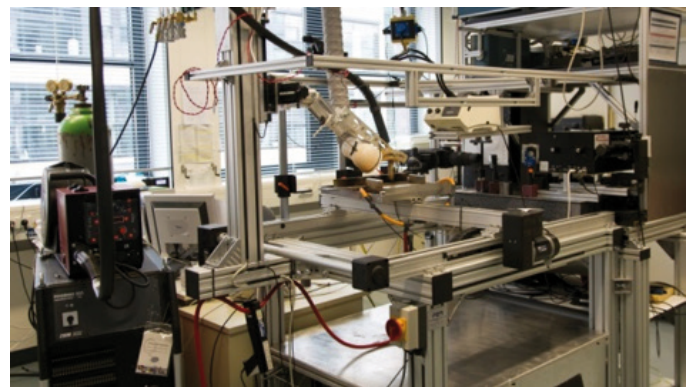
Für die experimentellen Untersuchungen im Bereich der Schweißlichtbögen steht ein speziell ausgerüstetes Labor zur Verfügung, in dem Schweißprozesse praxisnah nachgebildet und mit optischen und spektroskopischen Verfahren diagnostiziert werden. Das Labor umfasst insbesondere:

- Versuchsstände mit fester Brennerhalterung und flexibler Bewegung von Testwerkstücken unter dem Brenner zur optischen Analyse des Prozesses aus verschiedenen Blickwinkeln
- Stromquellen verschiedener Hersteller (u.a. Fronius CMT advanced 4000R, EWM Phoenix 521 progress pulse coldarc) sowie eine frei programmierbare Quelle (Top-Con Quadro)
- Elektrische Messtechnik und optische Sensorik (Photodioden) zur Aufnahme von Zeitreihen von Strom, Spannung und Strahlungssignalen in ausgewählten Spektralbereichen
- 0.5 bzw. 0.75 m Spektrographen mit intensivierten CCD-Kameras (Einzelbilder mit Belichtungszeiten im Zeitbereich von ns bis ms) zur optischen Emissionsspektroskopie, insbesondere für zeitlich, räumlich und spektral hochauflösende Messungen von Spektren im Spektralbereich von 300 nm bis 900 nm bei einer spektralen Auflösung von ca. 0.05 nm
- Höchstgeschwindigkeitskamera (4 unabhängige Bilder innerhalb von z.B. 5 ns mit Belichtungszeiten ab 3 ns) sowie Streackkamera (Zeitauflösung 1 ns, eine Ortsdimension) für die Beobachtung von Zündvorgängen im ns-Bereich
- Thermografie/Pyrometrie zur berührungslosen Messung von Temperaturen von Oberflächen u.a. von Elektroden
- Röntgencomputertomografie zur zerstörungsfreien Diagnostik von Elektroden oder Werkstoffproben

Die Diagnostikeinrichtungen (Spektroskopie, Hochgeschwindigkeitskamera und Thermografie) sind auch mobil verfügbar und können für externe Messungen eingesetzt werden.

Der Fokus aktueller Untersuchungen liegt in der zeit- und orts aufgelösten Analyse des Lichtbogens, seiner Ansätze an den Elektroden, des Materialtransfers und des Schmelzbades. Weiterhin wird die Prozessstabilität mittels optischer Messungen beurteilt bzw. quantifiziert.

Die Plasmadiagnostik erlaubt die Messung von Temperaturen und Speziesdichten im Schweißlichtbogen und daraus die Bestimmung aller relevanten Plasmaeigenschaften. Hochgeschwindigkeitsanalysen dienen der Untersuchung der Struktur und Dynamik von Lichtbogen und Materialtransfer bis hin zu Zündprozessen. Zugänglich ist auch die Oberflächentemperatur von Schmelze, Tropfendepot und Tropfen.



Setup für die Durchführung von Schweißversuchen mit fester Brennerposition und bewegtem Werkstück verbunden mit Einrichtungen für die abbildende Spektroskopie und Hochgeschwindigkeitskinematographie.

## KONTAKT



**Prof. Dirk Uhrlandt**  
Tel.: +49 3834 / 554 461  
uhrlandt@inp-greifswald.de

## Hochspannungs-/Hochstromlabor

Im Mittelpunkt der anwendungsorientierten Forschungsaktivitäten stehen Untersuchungen zur Erhöhung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit von elektrotechnischen Betriebsmitteln unter besonderer Berücksichtigung von Aspekten der Umweltschonung und Energieeffizienz.

Folgende Themengebiete werden derzeit in den Laboren für Hochspannungs- und Hochstromtechnik (am gemeinsamen Lehrstuhl der Universität Rostock) bearbeitet:

- Teilentladungsdiagnostik und Analyse von elektrischen Betriebsmitteln und Komponenten
- Untersuchungen zum Alterungsverhalten von Isolierstoffen unter Extrembedingungen
- Elektrische Kontakte und Verbindungen: Langzeitstabilität (Alterungsverhalten), thermische Auslegung und Belastung
- Elektrische Schaltkontakte: optische und spektroskopische Analyse der Schaltfunken

Für die Untersuchungen stehen Labore für Hochstrom- und Hochspannung mit moderner Messgeräte-Ausstattung zur Verfügung

- Hochspannungslabor mit digitalem Messsystem und Messeinrichtungen für Teilentladungen (Grundstörpegel  $<1$  pC), für Wechselspannung bis 100 kV, Gleichspannung bis 130 kV, Impulsspannung 135 kV
- Teilentladungsdiagnostik mit Teilentladungs-Analysesystem (IEC 60270, UHF, Akustik), Widerstandsmesssystem (35 T $\Omega$ , Prüfspannung 10 kV), Dielectric response analyzer (200V, 100 iHz bis 5 kHz)
- Klimalaror mit Klimakammer für Abkühl- und Erwärmungszyklen (-70 - +180 °C), Wärmeschränke (+250 °C)
- Hochstromlabor mit Dauerstromversuchsständen (max. 3000 A), Temperaturerfassung mittels Thermosensoren sowie Infrarotkameratechnik



Blick in das Hochspannungslabor am gemeinsamen Lehrstuhl für Hochspannungs- und Hochstromtechnik an der Universität Rostock

### KONTAKT



Prof. Dirk Uhrlandt  
Tel.: +49 3834 / 554 461  
uhrlandt@inp-greifswald.de



## Mikrobiologisches Labor



Arbeitsplatz im mikrobiologischen Labor

Das INP Greifswald verfügt über ein mikrobiologisches Labor der Sicherheitsstufe 2 nach § 44 Infektionsschutzgesetz (IfSG), das Tätigkeiten mit Krankheitserregern gemäß § 49 IfSG und § 13 Biostoffverordnung erlaubt. Die aktuellen Forschungsarbeiten umfassen Phyto- und Humanpathogene der Risikogruppen 1 und 2.

Die verwendeten Mikroorganismen sind:

- *Acinetobacter baumannii*
- *Bacillus atrophaeus* Endosporen
- *Candida albicans*
- *Enterococcus faecium*
- *Escherichia coli*
- *Geobacillus stearothermophilus* Endosporen
- *Listeria innocua*
- *Listeria monocytogenes*
- *Micrococcus luteus*
- *Pectobacterium carotovorum*
- *Proteus mirabilis*
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Pseudomonas fluorescens*
- *Pseudomonas marginalis*
- *Salmonella enterica* subsp. *enterica* Serovar *enteritidis*
- *Salmonella enterica* subsp. *enterica* Serovar *typhimurium*
- *Staphylococcus aureus*
- *Staphylococcus epidermidis*

Darüber hinaus verfügt das Institut über Kooperationen mit akkreditierten und zertifizierten Prüflaboren im Bereich der Hygiene und nimmt innerhalb von Forschungsprojekten an Ringversuchen teil.

Das mikrobiologische Labor betreibt anwendungsorientierte Grundlagenforschung sowie Auftragsforschung für Kooperationspartner in Forschung und Industrie zur Testung der antimikrobiellen Wirkung von Atmosphärendruckplasmaquellen. Ein Alleinstellungsmerkmal ist die spezifische und individuelle Anpassung der Testbedingungen und Prüfkörper an die Erfordernisse der zu testenden Plasmaquellen und -geräte entsprechend der späteren Anwendung. Arbeitsschwerpunkte liegen insbesondere in der Testung der antimikrobiellen Plasmawirkung zur Behandlung von empfindlichen Materialien, Medizinprodukten, Lebensmitteln und landwirtschaftlichen Produkten sowie der Untersuchung von Plasmaquellen zur Behandlung von Flüssigkeiten. Das mikrobiologische Methodenspektrum umfasst u.a. Wachstumsversuche, antimikrobielle Empfindlichkeitstestungen und fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen. Für die Bestimmung der Lebendzellzahl oder optischen Dichte stehen ein Spiralplattensystem und ein Spektralphotometer zur Verfügung. Zur Kultivierung von Mikroorganismen können entsprechende Nährmedien und Inkubatoren (Wärmeschränke) genutzt werden. Zudem kann an Sicherheitswerkbänken eine aseptische Durchführung der Untersuchungen gewährleistet werden.

### KONTAKT



**Dr. Veronika Hahn**  
Tel.: +49 3834 / 554 3872  
veronika.hahn  
@inp-greifswald.de

## Labor für Hochfrequenztechnik

Das Labor für Hochfrequenztechnik beschäftigt sich mit der Bereitstellung, Optimierung und Entwicklung von Methoden und Systemen der Hochfrequenztechnik. Ihr Einsatz erstreckt sich vom Kleinsignalbereich für diagnostische Anwendungen, bis hin zum Großsignalbereich zum Treiben von Mikrowellenplasmaquellen.

Im Fokus stehen derzeit folgende Systeme:

- (frequenz aufgelöste) Mikrowelleninterferometrie in leitungsgebundenen und frei gestrahlten Systemen bis 150 GHz
- Elektronendichtebestimmung:  $10^{12} - 10^{22} \text{ m}^{-3}$ ,  $\Delta t < 1 \mu\text{s}$
- Bestimmung von Permittivität und Permeabilität
- Entwicklung und Implementierung von strahlformen- den Elementen (Spiegel und Linsen) zur Anpassung von Gaußschen Strahlengängen bis 150 GHz
- frequenz aufgelöste Reflektometrie in leitungsgebundenen und frei gestrahlten Systemen bis 50 GHz
- Eintor-Interferometrie zur Elektronendichtebestimmung
- Anpassung und Optimierung von Methoden der digitalen Signalverarbeitung
- Entwicklung von Mikrowellenleistungskomponenten zur Manipulation von Streuparametern
- Phasenschieber
- Anpassungsnetzwerke
- Modenkoppler
- Barrierefreie Reaktorzugänge
- Entwicklung von Mikrowellenplasmaquellen
- Mini-MIP (Leistungen  $< 100 \text{ W}$ )
- Plexc (Leistungen  $< 1500 \text{ W}$ )

Die Entwicklungsarbeiten in den aufgeführten Tätigkeitsfeldern werden durch numerische Hilfsmittel wie Matlab®, Comsol Multiphysics® und CST Microwave Studio® unterstützt. Die damit erzielten Ergebnisse können mit Hilfe von Systemen zur Netzwerkanalyse mit einem Messbereich bis hin zu 50 GHz validiert werden.



Elektronendichtemessung mit einem 50 GHz-Interferometer an einer Niederdruckplasmaentladung

### KONTAKT



Dr. Jörg Ehlbeck  
Tel.: +49 3834 / 554 458  
ehlbeck@inp-greifswald.de

## Labor für AOM-Laser und Industrie-Sensorik

Das Labor für AOM-Laser und Industrie-Sensorik bildet die Grundlage für den Bau und die Bereitstellung von AOM-Laser-Systemen bzw. die Entwicklung und Anwendung von darauf basierenden Mess-Methoden. Einsatzgebiete findet der AOM-Laser als Grundbestandteil des EasyLAAS-Messsystems in der Laser-Absorptionsmesstechnik zur Bestimmung von Teilchendichten, Elektronendichten, Temperatur und Druck in Plasmen als auch als industrieller Teilchendichten- und Drucksensor an technischen Gasen.

Ein weiteres Themengebiet umfasst die Entwicklung von nicht-laserbasierten Sensoren. Dazu gehört ein für die Prozesskontrolle an Plasmaquellen eingesetzter NO<sub>2</sub>-Sensor und die als chemischer Sensor verwendbare MiniMip-Plasmaquelle.

Im Fokus stehen derzeit folgende Systeme:

- MiniMip: Plasmaquelle, die zusammen mit Gaschromatograph und optischen Spektrometer; Nachweisgrenze Quecksilber:  $10^{-13}$  g (100 fg)
- NO<sub>2</sub>-Sensor: hoher Dynamikbereich: 10-10000 ppm
- EasyLaas/AOM-Laser: Messgeschwindigkeiten bis 250 kHz (Scans pro Sekunde); elektronischer Durchstimmbereich bis 11 nm (1700 GHz, 56 cm<sup>-1</sup>); Systeme bei diversen Wellenlängen:
  - System 455 nm: Teilchendichtemessung bis  $10^7$  Teilchen/cm<sup>3</sup> (bei Absorptionslänge von 2 mm)
  - System 1370nm: berührungslose Druckmessung an Getränkeflaschen; Messintervall (inklusive Auswertung) bis 100µs; Genauigkeit 50mbar @ 100ms Mittelungszeit
  - System 770 nm: Messung Sauerstoffatom-Dichten (550, 777 nm) an kINPen im Bereich von  $10^9$  1/cm<sup>3</sup> mit Fokal-Multipath-Anordnung; Messung von angeregten Argon-Dichten in Schweiß-Lichtbögen
  - System 770 nm: absolute Distanz-Interferometrie im Sub-Mikrometer-Bereich
  - System 810 nm+790 nm: Messung von Argon-Teilchendichten ( $10^{10}$  1/cm<sup>3</sup>), Gastemperatur (1000 K) und Elektronendichten ( $10^{20}$  1/m<sup>3</sup>) an diversen Plasmaquellen



EasyLAAS-System für Laser-Absorptions-Messungen

Die Datengewinnung bei den aufgeführten Messsystemen wird durch eine Signalverarbeitung mit speziell an die Messaufgabe adaptierten Auswertalgorithmen ergänzt, so dass zum einen sehr geringe Nachweisgrenzen erreichbar sind und zum anderen das durch die extrem hohen Scangeschwindigkeiten des AOM-Lasers existierende Potenzial zur Echtzeitfähigkeit ausgeschöpft werden kann.

### KONTAKT



Dr. Jörg Ehlbeck  
Tel.: +49 3834 / 554 458  
ehlbeck@inp-greifswald.de

## Labor für Plasma-Bio-Prozesstechnik

Das Labor für Plasma-Bio-Prozesstechnik bietet die Möglichkeiten zur Bereitstellung, Optimierung und Entwicklung von Methoden, Verfahren und Systemen zur Behandlung von biologischen Materialien mit Plasma. Dabei werden je nach Anforderungen Skalen vom Labor- bis zum Technikumsmaßstab intern als auch extern realisiert. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf mikrowellenangeregten Plasmaquellen.

Im Fokus stehen derzeit folgende Systeme:

### Single Stage PLexc (SSP)

Einstufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowellenangeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zum Betrieb von Peripheriegeräten, Kapazität: 12 slm.

### Auxillary Decontamination Unit (ADU)

Zweistufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowellenangeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zum Betrieb von Peripheriegeräten, Kapazität: 100 slm.

### Basic Research PLexc (BRP)

Zweistufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowellenangeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zur Untersuchung grundlegender Fragen der Prozessführung, ausgestattet mit verschiedenen Messtechniken (s.u.).

### Einheiten zur Erzeugung von Plasma prozessiertem Wasser (PPW)

Gesamtkapazität: 2.000 l

### Diverse Peripheriegeräte zur Trocken- und Nassbehandlung

z. B. von Schüttgütern, Obst und Gemüse sowie von Fleischprodukten bis 200 kg Chargen

### MinMIP

Kleiner mikrowellenangeregter Plasmatorch für chemische Diagnostik und biologische Applikationen

### Messtechniken:

Massenspektrometrie

Fourier-Transform Infrarotspektroskopie

Fluoreszenzmikroskopie

Konzentrationsmessung von Stickstoffdioxid

Feuchtemessung mit hoher Zeitauflösung



Mikrowellenangeregter Prozessgasgenerator für die biologische Dekontamination von Pack- und Lebensmitteln

## KONTAKT



Dr. Jörg Ehlbeck

Tel.: +49 3834 / 554 458

ehlbeck@inp-greifswald.de



**Wir sehen uns als die führende Einrichtung Deutschlands auf dem Gebiet der Plasmaforschung und Technologie in der umfassenden Kombination von Grundlagen und Anwendungen.**

Als Teil der Leibniz-Gemeinschaft ist das INP Greifswald eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung, die sich mit anwendungsorientierter Grundlagenforschung zur Niedertemperatur-Plasmaphysik beschäftigt.

GUTE WISSENSCHAFTLICHE PRAXIS

**Wir erbringen Spitzenleistungen in Wissenschaft und Technologie durch gute wissenschaftliche Praxis.**

Unsere Forschungsarbeit erfolgt im Einklang mit den Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis der Leibniz-Gemeinschaft und der DFG. Dies umfasst u.a. die konsequente Orientierung am internationalen Stand der Forschung und Technik und die kontinuierliche Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Methoden, eine gründliche Arbeitsweise einschließlich des stets kritischen Hinterfragens der eigenen Ergebnisse, die Achtung der wissenschaftlichen Arbeiten des Einzelnen und die Förderung der breiten Zusammenarbeit.

STRATEGIE

**Die Verwirklichung langfristiger Ziele und nachhaltiger Ergebnisse ist Strategie des Institutes.**

Das Institut sichert ein kreatives Umfeld mit dem Anspruch seinen Mitarbeitenden bestmögliche Arbeitsbedingungen zu bieten und neue Perspektiven zu eröffnen. Zukunftsorientierte Themen von gesamtgesellschaftlicher, internationaler Relevanz und mit hohem wissenschaftlichen Anspruch stehen im Mittelpunkt unserer Arbeit. Auf Grundlage einer fundierten Gesamtstrategie ist es so möglich, Trends in Politik, Wirtschaft und Forschung mitzugestalten.

CHANCENGLEICHHEIT

**Wir bieten gerechte und ausgewogene Lebens- und Zugangschancen für alle.**

Das INP setzt sich aktiv für die Gleichstellung sowohl von Frauen und Männern als auch von Personen mit Behinderung ein und schafft familienfreundliche Arbeitsbedingungen. Die Themen Chancengleichheit, Diskriminierungsfreiheit, Familienfreundlichkeit und Vereinbarkeit von Familie und Beruf sind fester Bestandteil der Institutskultur auf allen Organisationsebenen. Wir verstehen es als unser aller Verantwortung, diese zu leben und zu sichern.

KOMMUNIKATION UND TEAMGEIST

**Wir sind miteinander offen, fair und respektvoll.**

Wir begegnen uns und unseren Partnern mit Wertschätzung und achten die kulturelle Vielfalt. Interdisziplinarität und institutsinterne Zusammenarbeit sind die Grundlage unseres Erfolgs. Wir setzen auf eigenverantwortliches Handeln und Mitentscheiden aller Mitarbeitenden in den basierend auf der Matrixstruktur definierten Aufgabenbereichen.

NACHWUCHSFÖRDERUNG

**Wir fördern den Nachwuchs auf allen Institutsebenen und darüber hinaus.**

Im Wettbewerb um die „Besten Köpfe“ ist uns die Nachwuchsförderung in allen Tätigkeitsfeldern ein besonderes Anliegen. Mit unserer anwendungsorientierten Grundlagenforschung begeistern wir den Nachwuchs für gesamtgesellschaftlich relevante Themen. Wir ermöglichen konkrete Erfahrungen in der Forschung und in der Zusammenarbeit mit Industriepartnern. Nachwuchsförderung schließt für uns alle Qualifizierungsphasen ein – von der Schule über Studium und Lehre bis zum Beruf.

INTERNATIONALISIERUNG

**Wir agieren national und international erfolgreich.**

Von Greifswald aus kooperieren wir mit weltweit anerkannten Forschungseinrichtungen. Wir unterstützen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Wahrnehmung internationaler Austauschmöglichkeiten und fördern den Forschungsaufenthalt internationaler Kolleginnen und Kollegen an unserem Institut. Die aktive Mitgestaltung des europäischen Forschungsraums ist einer unserer Schwerpunkte.

TRANSFER VON FORSCHUNGSLEISTUNGEN

**Die Ergebnisse unserer Forschung sind gesellschaftlich und wirtschaftlich wertbar.**

Unsere Forschung wird in konkreten Anwendungen realisiert. Dies umfasst die Publikation wissenschaftlicher Ergebnisse und deren Überführung in Produkte und Dienstleistungen.

## Chancengleichheit – ausgezeichnet!

Zum zweiten Mal in Folge wurde unser Institut für seine Gleichstellungsarbeit mit dem TOTAL E-QUALITY-Prädikat ausgezeichnet. Nach unserer erfolgreichen Erstbewerbung in 2014 bekamen wir die Auszeichnung im Oktober 2017 erneut überreicht.

Der Verein TOTAL E-QUALITY Deutschland e.V. vergibt diese Prädikate und bestätigt damit Unternehmen und Organisationen ihr erfolgreiches und nachhaltiges Engagement für die Chancengleichheit von Frauen und Männern im Beruf. In der Jurybegründung heißt es, dass das INP „über eine aktive und gut institutionalisierte Gleichstellungsarbeit [verfügt], die vor allem in den Bereichen der Personalbeschaffung und der Vereinbarkeit von Familie und Beruf umfassend ausgebaut ist.“ Das Prädikat ist drei Jahre gültig – das INP wird sich also im Jahr 2020 wieder dafür bewerben.

Das Prädikat wurde mit Hilfe des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Europäischen Union entwickelt und wird für beispielhaftes Handeln im Sinne einer an Chancengleichheit ausgerichteten Personalführung vergeben.

TOTAL E-QUALITY Deutschland e.V. wurde im Jahr 1996 in Frankfurt am Main gegründet und richtete sich zunächst an Unternehmen der Wirtschaft. Bisher wurden rund 250 Organisationen ausgezeichnet. Seit 2001 können sich auch Forschungseinrichtungen und Hochschulen um das Prädikat bewerben.



## Beruf und Familie

Anspruchsvolle und qualitativ hochwertige Ergebnisse können an einem Forschungsinstitut nur mit hochmotivierten Mitarbeitenden erbracht werden. Sie müssen in ihrer beruflichen und persönlichen Entwicklung durch Führungskräfte bestmöglich gefördert und bei der Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben durch das Institut maßgeblich unterstützt werden.

Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP Greifswald) setzt sich daher aktiv für die Gleichstellung von Frauen und Männern ein. Dies ist fester Bestandteil der Philosophie des INP und ist in der Satzung und in den Leitlinien des Institutes verankert. Dieses Thema erfährt also durch die Institutsleitung und die Führungskräfte sehr hohe Aufmerksamkeit und umfassende Unterstützung sowohl bei der strategischen Planung zur Gleichstellung als auch bei der Durchführung einzelner Aktivitäten.

Und weil gutes Engagement für die Gleichstellung von Frauen und Männern mehr als Quoten und Gesetze ist, schaffen wir konkrete familienfreundliche Arbeitsbedingungen. So begeistern wir die besten Forscherinnen und Forscher ihres Fachs für das INP und binden sie langfristig mit ihren wissenschaftlichen Potenzial an das Institut. Die Angebote an unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erstrecken sich von individuellen Arbeitszeit- und Arbeitsortvereinbarungen bis hin zum Eltern-Kind-Zimmer für Betreuungsempässe.

Wir stehen für Chancengleichheit ebenso wie Diskriminierungsfreiheit auf allen institutsspezifischen Ebenen mit Beschäftigten aus unterschiedlichen Nationen und mit vielfältigen Lebensläufen ein. Wir unterstützen unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch individuell angepasste Personalentwicklungsmaßnahmen, die gemeinsam in regelmäßigen Gesprächen besprochen und zusammengestellt werden.



Prädikat für erfolgreich umgesetzte Chancengleichheit von Frauen und Männern, verliehen durch den Verein TOTAL E-QUALITY Deutschland e.V.

Rostock	Greifswald	Karlsburg
Mitgliederversammlung Vorsitzender: Dr. Blank		
Wissenschaftlicher Beirat Vorsitzender: Dr. Kaltenborn		Kuratorium Vorsitzender: Herr Venohr
Vorstand Vorstandsvorsitzender und Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Weltmann & Kaufmännischer Direktor: Herr Berger Wissenschaftliches Vorstandsmitglied: Prof. Uhrlandt & Vorstandsmitglied: Frau Dahlhaus		

## Forschungsbereiche und Forschungsschwerpunkte

Materialien & Energie Prof. Uhrlandt			Umwelt & Gesundheit Prof. Weltmann		
Materialien/Oberflächen (MOF) Dr. Foest	Plasmachemische Prozesse (PCP) Prof. Brandenburg	Schweißen/Schalten (SWS) Prof. Uhrlandt (a.i.)	Bioaktive Oberflächen (BAO) Dr. Fricke	Plasmamedizin (PMZ) Prof. v. Woedtke	Dekontamination (DKO) Prof. Kolb

## Wissenschaftliche Abteilungen

Plasmabiotechnik (PT) Dr. Ehlbeck	Plasmadiagnostik (PD) Dr. van Helden	Plasma Life Science (PL) Dr. Hasse	Plasmamodellierung (PM) PD Dr. Loffhagen	Plasmaoberflächentechnik (POT) Dr. Fröhlich	Plasmaprozessstechnik (PPT) Dr. Brüser	Plasmaquellen (PQ) Dr. Winter	Plasmastrahlungstechnik (PST) Dr. Gortschakow
--------------------------------------	---	---------------------------------------	---	--	---	----------------------------------	--

## Nachwuchsforscherguppen

Biosensorische Oberflächen (BSO) Dr. Fricke	Plasma-Flüssigkeits-Effekte (PFE) Dr. Wende	Plasma-Redox-Effekte (PRE) Dr. Bokeschus
--	--	---

## Forscherguppen

Plasmaquellen-Konzepte (PQK) Dr. Gerling	Plasmawundheilung (PWH) Dr. Masur
---	--------------------------------------

## Administrative und unterstützende Abteilungen

Stab Dr. Sawade	Verwaltung & Infrastruktur Herr Berger
--------------------	---

## Kuratorium

Das Kuratorium ist das Aufsichtsgremium des INP, in das auch die Mitglieder Land und Bund ihre Vertreter entsenden.

Es entscheidet über alle wesentlichen wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und organisatorischen Fragen des INP.

## Mitglieder (2017)

### Dr. Benedikt Weiler

Bundesministerium für Bildung und Forschung

### Woldemar Venohr

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur  
Mecklenburg-Vorpommern

### Prof. Edgar Dullni

ABB AG

### Prof. Dr. Wolfgang Schareck

Universität Rostock

### Prof. Dr. med. Wolfgang Motz

Klinikum Karlsburg

### Dr. Helmut Goldmann

Aesculap AG

## Wissenschaftlicher Beirat

Der Wissenschaftliche Beirat ist das Beratungsgremium des INP. Die Mitglieder sind auf dem Forschungsgebiet des Instituts tätig, international angesehene Wissenschaftler aus der universitären und außeruniversitären Forschung sowie aus der Industrie. Der Wissenschaftliche Beirat berät das Kuratorium und den Vorstand in allen bedeutsamen wissenschaftlichen und organisatorischen Fragen, insbesondere bei der langfristigen Forschungsplanung.

### Mitglieder (Status 2017)

---

**Dr. Uwe Kaltenborn (Vorsitzender)**  
HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH  
Dresden

**Prof. Dr.-Ing. Peter Awakowicz**  
Ruhr-Universität Bochum

**Ernst Miklos**  
The Linde Group, Unterschleißheim

**Prof. Dr. Dr.-Ing. Jürgen Lademann**  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

**Dr. Jean-Michele Pouvesle**  
GREMI

**Prof. Dr. med. Wolfgang Motz**  
Klinikum Karlsburg

**Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Thumm**  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

**Prof. Dr. Satoshi Hamaguchi**  
Osaka University - Center for Atomic  
and Molecular Technologies (CAMT)

**Prof. Dr. Annemie Bogaerts**  
University of Antwerp

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Ursula van Rienen**  
Fakultät für Informatik und Elektrotechnik Rostock

**Prof. Dr. Alexander Fridman**  
Drexel University

## Mitgliederversammlung

Die Mitgliederversammlung ist das höchste Beschlussgremium des INP. Sie wählt das Kuratorium, beschließt Satzungsänderungen, nimmt den Bericht des Vorstands zur allgemeinen Lage des INP entgegen und entlastet den Vorstand.

### Mitglieder (Status 2017)

---

**Dr. Wolfgang Blank (Chair)**  
BioTechnikum Greifswald GmbH

**Dr. Benedikt Weiler**  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

**Woldemar Venohr**  
Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur  
Mecklenburg-Vorpommern

**Prof. Dr. Dagmar Braun**  
Braun Beteiligungs GmbH, Greifswald

**Prof. Dr. Holger Fehske**  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

**Dr. Stefan Fassbinder**  
Oberbürgermeister Universitäts- und Hansestadt Greifswald

**Mario Kokowsky**  
DEN GmbH

**Prof. Dr. Jürgen Meichsner**  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

**Prof. Dr. Rolf Winkler**  
Ehemals INP Greifswald

**Dr. Arthur König**  
Ehemaliger Oberbürgermeister Universitäts- und Hansestadt  
Greifswald



## Zahlen und Fakten

### Haushalt:

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr 2016 ein Volumen von 13,9 Mio. € und 17,2 Mio. € im Berichtsjahr 2017. Der Personalaufwand betrug 8,9 Mio. € (2016) und 9,5 Mio. € (2017), der Sachaufwand 2,9 Mio. € (2016) und 3,7 Mio. € (2017). Insgesamt wurden in 2016 2,4 Mio. € und in 2017 4,2 Mio. € in die Ausstattung des INP investiert.

### Personal:

Am INP Greifswald sind mit Stand vom September 2017 insgesamt 183 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon 119 im wissenschaftlichen und technischen Bereich und 64 im wissenschaftsunterstützenden Bereich. Der Frauenanteil beträgt 39,1 Prozent.

### Hauptgebäude (Neubau 1999/Erweiterungsbau 2010)

Nutzfläche 4.200 m<sup>2</sup>

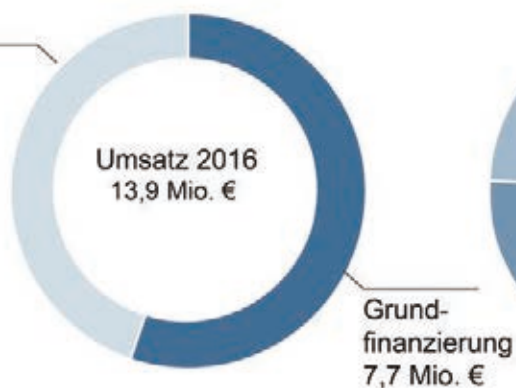
163 Büroarbeitsplätze

49 Labore



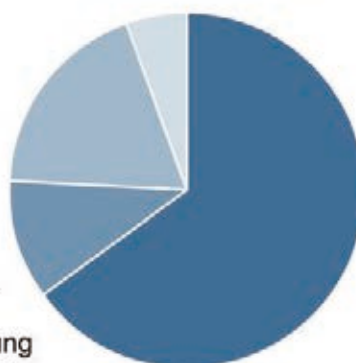
### Umsatz (2016)

Drittmittel  
6,2 Mio. €



### Mitarbeitende (2017)

### 183 Beschäftigte (September 2017)



- Wissenschaft/Technik 119
- Hilfskräfte/Azubis 20
- Verwaltung/Infrastruktur 34
- Stab 10

## Mitgliedschaften des INP Greifswald

- RWI - Regionale Wirtschaftsinitiative Ost Mecklenburg-Vorpommern e.V.
- Deutscher Bibliotheksverband e.V.
- idw - Informationsdienst Wissenschaft
- German Water Partnership e. V.
- HYPOS Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany e.V.
- Nationales Zentrum für Plasmamedizin e.V.
- Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.
- enviMV e.V. - Umwelttechnologienetzwerk aus Mecklenburg-Vorpommern
- Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.
- Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.
- Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS
- DECHEMA - Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- IUTA - Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.
- Carbon Concrete Composite e.V.
- BdP - Bundesverband deutscher Pressesprecher e.V.
- INPLAS - Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.V.
- BVMW - Bundesverband mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband Deutschlands e.V.
- WTI - Wasserstofftechnologie-Initiative e.V.
- Hydrogen Europe Research association (former N.ERGHY)
- Greifswald University Club e.V.
- GFal - Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.
- Initiative Chronische Wunden e.V.
- Forum MedTech Pharma e.V.
- Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e.V.



## KOOPERATIONEN

- AJ Drexel Plasma Institute  
Philadelphia, USA
- Alexandru Ioan Cuza University of Iasi  
Iasi, Romania
- Brno University of Technology  
Brno, Czech Republic
- Chongqing University  
Chongqing, China
- Cogit AG Basel  
Basel, Swiss
- Comenius University in Bratislava  
Bratislava, Slovakia
- Costa Rica institute of Technology  
Cartago, Costa Rica
- CSIRO Manufacturing  
Lindfield, Australia
- Drexel University  
Philadelphia, USA
- Dublin City University  
Dublin, Ireland
- Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER)  
Eindhoven, The Netherlands
- Ecole Polytechnique  
Palaiseau, France
- EMPA - swiss federal laboratories for material science  
and technology  
Dübendorf, Swiss
- ENIM (École nationale d'ingénieurs de Monastir)  
Monastir, Tunesien
- First Affiliated Hospital Zhejiang University  
Zhejiang, China
- Fudan University  
Shanghai, China
- Hokkaido University  
Hokkaido, Japan
- Holon Institute of Technology  
Holon, Israel
- Institut für Hochstromelektronik  
Tomsk, Russland
- Institute for Solid State Physics and Optics,  
Wigner Research Centre for Physics  
Budapest, Hungary
- Institute of High Current Electronics  
Tomsk, Russia
- Institute of Nuclear Chemistry and Technology  
Warszawa, Poland
- Institute of Plasma Physics of the Czech Academy  
of Science  
Prag, Czech Republic
- Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Instituto Superior  
Técnico, Universidade de Lisboa  
Lissabon, Portugal
- International Sakharov Environmental University  
Minsk, Belarus
- Jeju National University  
Jeju, Korea
- Kaunas University of Technology  
Kaunas, Lithuania
- KTH Stockholm  
Stockholm, Schweden
- Kwangwoon University  
Seoul, Korea
- Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie  
Toulouse, France
- Lappeenranta University of Technology  
Mikkeli, Finland
- Lithuanian Energy Institute  
Kaunas, Lithuania
- Lomonosov Moscow State University  
Moscow, Russia



- Lublin University of Technology  
Lublin, Poland
- Maritime University of Szczecin  
Szczecin, Poland
- Masaryk University, Brno  
Brno, Czech Republic
- Medizinische Universität Innsbruck  
Innsbruck, Österreich
- Nagoya University  
Nagoya, Japan
- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics  
Bucharest, Romania
- National Institute for Research and Development of  
Isotopic and Molecular Technologies  
Cluj-Napoca, Romania
- Nicolaus Copernicus University  
Torun, Poland
- North Carolina State University  
USA
- Nuclear and Technological Institute  
Sacavem, Portugal
- Old Dominion University Norfolk  
Norfolk, Virginia
- PBRC, Kwangwoon University  
Seoul, Korea
- Peking University  
Peking, China
- Plasma Advanced Research Center  
Romania
- PlasmaMedic LTD  
Giv'atayim, Israel
- Polytechnische Universität St. Petersburg  
St. Petersburg, Russland
- Queen's University Belfast  
Belfast, Northern Ireland / UK
- Queensland University of Technology  
Brisbane City, Australia
- Riga Technical University  
Riga, Latvia
- Shandong University  
China
- Southern Methodist University  
Dallas, Texas
- St. Petersburg State University  
St. Petersburg, Russia
- Szewalski Institute of Fluid Flow Machinery  
Gdansk, Poland
- Technical university of Catalonia  
Barcelona, Spain
- Technical University of Denmark  
Roskilde, Denmark
- Technical University of Eindhoven  
Eindhoven, The Netherlands
- Tsinghua University  
Peking, China
- Ufa State Aviation Technical University  
Russia
- Unité d'Études des Milieux Ionisés et Réactifs  
Monastir, Tunisia
- Universidade Estadual Paulista (UNESP)  
Guaratinguetá, Sao Paulo, Brazil
- Università degli Studi di Bari Aldo Moro  
Bari, Italy

- Université d'Orléans  
Orléans, France
- Université de Pau  
Pau, France
- Université PARIS-SUD  
Orsay, France
- University of California  
Berkeley, USA
- University Michigan  
Michigan, USA
- University of Antwerp  
Antwerp, Belgium
- University of Belgrade  
Belgrade, Serbia
- University of Buenos Aires  
Buenos Aires, Argentina
- University of Cambridge  
Cambridge, UK
- University of Madeira  
Funchal, Portugal
- University of Minnesota,  
Minneapolis, USA
- University of Otago  
Dunedin, New Zealand
- University of Oxford  
Oxford, UK
- University of Paris-North, LIMHP  
Villetaneuse, France
- University of Pavia  
Pavia, Italy
- University of Purdue  
Lafayette, USA
- University of Tartu  
Tartu, Estonia
- University Paris Sud  
Paris, France
- Uppsala University  
Uppsala, Sweden
- Vilnius Gediminas Technical University  
Vilnius, Lithuania
- Weizmann Institute  
Rehovot, Israel
- West Pomeranian University of Technology  
Szczecin, Poland
- Xi'an Jiaotong University  
Xian, China
- Zhejiang University of Technology  
China

## PUBLIKATIONEN 2016

1. Baeva, M.: **Thermal and Chemical Nonequilibrium Effects in Free-Burning Arcs**, DOI: 10.1007/s11090-015-9650-9 Plasma Chem. Plasma Process. 36 2016 151-167
2. Baeva, M.; Benilov, M.S.; Almeida, N.A.; Uhrlandt, D.: **Novel non-equilibrium modelling of a DC electric arc in argon**, DOI: 10.1088/0022-3727/49/24/245205 J. Phys. D: Appl. Phys. 49 2016 245205
3. Banaschik, R.; Burchhardt, G.; Zocher, K.; Hammer-schmidt, S.; Kolb, J.F.; Weltmann, K.-D.: **Comparison of pulsed corona plasma and pulsed electric fields for the decontamination of water containing Legionella pneumophila as model organism**, DOI: 10.1016/j.bioelechem.2016.05.006 Bioelectrochem. 112 2016 83-90
4. Bekeschus, S.; Rödder, K.; Schmidt, A.; Stope, M.B.; von Woedtke, Th.; Miller, V.; Fridman, A.; Weltmann, K.-D.; Masur, K.; Metelmann, H.-R.; Wende, K.; Hasse, S.: **Cold physical plasma selects for specific T helper cell subsets with distinct cells surface markers in a caspase-dependent and NF- $\kappa$ B-independent manner**, DOI: 10.1002/ppap.201600080 Plasma Process. Polym. 13 2016 1144-1150
5. Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Bethge, L.; Masur, K.; von Woedtke, Th.; Hasse, S.; Wende, K.: **Redox Simulation of Human THP-1 Monocytes in Response to Cold Physical Plasma**, DOI: 10.1155/2016/5910695 Oxid. Med. Cell. Longev. 2016 2016 5910695
6. Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.: **The plasma jet kINPen - A powerful tool for wound healing**, DOI: 10.1016/j.cpme.2016.01.001 Clin. Plasma Med. 4 2016 19-28
7. Bekeschus, S.; Winterbourn, C.C.; Kolata, J.; Masur, K.; Hasse, S.; Bröker, B.M.; Parker, H.A.: **Neutrophil extracellular trap formation is elicited in response to cold physical plasma**, DOI: 10.1189/jlb.3A0415-165RR J. Leukocyte Biol. 100 2016 791-799
8. Benilov, M.S.; Almeida, N.A.; Baeva, M.; Cunha, M.D.; Benilova, L.G.; Uhrlandt, D.: **Account of near-cathode sheath in numerical models of high-pressure arc discharges**, DOI: 10.1088/0022-3727/49/21/215201 J. Phys. D: Appl. Phys. 49 2016 215201
9. Bergemann, C.; Cornelsen, M.; Quade, A.; Laube, T.; Schnabelrauch, M.; Rebl, H.; Weißmann, V.; Seitz, H.; Nebe, B.: **Continuous cellularization of calcium phosphate hybrid scaffolds induced by plasma polymer activation**, DOI: 10.1016/j.jmse.2015.10.048 Mat. Sci. Eng. C 59 2016 514-523
10. Böhm, P.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.; Höft, H.; Czarnecki, U.: **Determination of the electric field strength of filamentary DBDs by CARS-based four-wave mixing**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/5/054002 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 54002
11. Bruggemann, P.J.; Kushner, M.J.; Locke, B.R.; Gardeniers, J.G.E.; Graham, W.G.; Graves, D.B.; Hofman-Caris, R.C.H.M.; Maric, D.; Reid, J.P.; Ceriani, E.; Fernandez Rivas, D.; Foster, J.E.; Garrick, S.C.; Gorbanev, Y.; Hamaguchi, S.; Iza, F. et al.: **Plasma-liquid interactions: a review and roadmap**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/5/053002 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 53002
12. Brüning, A.; Hölker, F.; Franke, S.; Kleiner, W.; Kloas, W.: **Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.023 Sci. Total Environ. 543 2016 214-222
13. Burlacov, I.; Hamann, S.; Spies, H.-J.; Röpcke, J.; Biermann, H.: **In-line Process Control in the Active Screen Plasma Nitrocarburizing Using a Combined Approach Based on Infrared Laser Absorption Spectroscopy and Bias Power Management**, DOI: 10.3139/105.110292 HTM J. Heat Treatm. Mat. 71 2016 141-147
14. Chen, J.; Zhang, T.; Geng, H.; Jia, Y.; Meng, W.; Wu, X.; Sun, A.: **Analysis of Numerical Simulation Results of LIPS-200 Lifetime Experiments**, DOI: 10.1088/1009-0630/18/6/06 Plasma Sci. Technol. 18 2016 611-616
15. Ebach-Stahl, A.; Fröhlich, M.: **Oxidation study of Pt-Al based coatings on  $\gamma$ -TiAl at 950 °C**, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.12.043 Surf. Coat. Technol. 287 2016 20-24
16. Finke, B.; Testrich, H.; Rebl, H.; Walschus, U.; Schlosser, M.; Zietz, C.; Staehlke, S.; Nebe, J.B.; Weltmann, K.-D.; Meichsner, J.; Polak, M.: **Plasma-deposited fluorocarbon polymer films on titanium for preventing cell adhesion: a surface finishing for temporarily used orthopaedic implants**, DOI:10.1088/0022-3727/49/23/234002 J. Phys. D: Appl. Phys. 49 2016 234002
17. Fricke, K.; Girard-Lauriault, P.-L.; Weltmann, K.-D.; Wertheimer, M.R.: **Plasma polymers deposited in atmospheric pressure dielectric barrier discharges: Influence of process parameters on film properties**, DOI: 10.1016/j.tsf.2016.01.057 Thin Solid Films 603 2016 119-125

18. Gianella, M.; Reuter, S.; Lawry Aguila, A.; Ritchie, G.A.D.; van Helden, J.-P.: **Detection of HO<sub>2</sub> in an atmospheric pressure plasma jet using optical feedback cavity-enhanced absorption spectroscopy**, DOI: 10.1088/1367-2630/18/11/113027 New J. Phys. 18 2016 113027
19. Golubovskii, Y.; Kalanov, D.; Gortschakow, S.; Baeva, M.; Uhrlandt, D.: **Excited atoms in the free-burning Ar arc: treatment of the resonance radiation**, DOI: 10.1088/0022-3727/49/47/475202 J. Phys. D: Appl. Phys. 49 2016 475202
20. Golubovskii, Yu.; Valin, S.; Pelyukhova, E.; Nekuchaev, V.; Sigeneger, F.: **Discharge stratification in noble gases as convergence of electron phase trajectories to attractors**, DOI: 10.1063/1.4972084 Phys. Plasmas 23 2016 123518
21. Gött, G.; Gericke, A.; Henkel, K.-M.; Uhrlandt, D.: **Optical and Spectroscopic Study of a Submerged Arc Welding Cavern Weld**. J. 95 2016 491-s-499-s
22. Gruenwald, J.: **A hybrid plasma technology life support system for the generation of oxygen on Mars: Considerations on materials and geometry**, DOI: 10.1016/j.actaastro.2016.03.021 Acta Astronaut. 123 2016 188-191
23. Grünwald, J.; Fricke, K.; Fröhlich, M.; Kolb, J.F.; Polak, M.: **Deposition of Copper Oxide Coatings With an Atmospheric Pressure Plasma Source: II - Characterization of the Films**, DOI: 10.1002/ppap.201600047 Plasma Process. Polym. 13 2016 766-774
24. Grünwald, J.; Fricke, K.; Fröhlich, M.; Polak, M.: **Deposition of Copper Oxide Coatings With an Atmospheric Pressure Plasma Source: I - Characterization of the Plasma**, DOI: 10.1002/ppap.201600046 Plasma Process. Polym. 13 2016 946-954
25. Haertel, B.; Bäcker, C.; Lindner, K.; Müsebeck, D.; Schulze, C.; Wurster, M.; von Woedtke, Th.; Lindequist, U.: **Effects of Physical Plasma on Biotechnological Processes in Mycelia of the Cultivated Lingzhi or Reishi Medicinal Mushroom *Ganoderma lucidum* (Agaricomycetes)**, DOI: 10.1615/IntJMedMushrooms.v18.i6.60 Int. J. Med. Mushrooms 18 2016 521-531
26. Hasse, S.; Tran, T.D.; Hahn, O.; Kindler, S.; Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.; Masur, K.: **Induction of proliferation of basal epidermal keratinocytes by cold atmospheric-pressure plasma**, DOI: 10.1111/ced.12735 Clin. Exp. Dermatol. 41 2016 202-209
27. Hoder, T.; Loffhagen, D.; Vorac, J.; Becker, M.M.; Brandenburg, R.: **Analysis of the electric field development and the relaxation of electron velocity distribution function for nanosecond breakdown in air**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/2/025017 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 25017
28. Höft, H.; Becker, M.M.; Kettlitz, M.: **Impact of gas flow rate on breakdown of filamentary dielectric barrier discharges**, DOI: 10.1063/1.4943278 Phys. Plasmas 23 2016 33504
29. Höft, H.; Becker, M.M.; Loffhagen, D.; Kettlitz, M.: **On the influence of high voltage slope steepness on breakdown and development of pulsed dielectric barrier discharges**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/6/064002 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 64002
30. Hübner, M.; Gortschakow, S.; Guaitella, O.; Marinov, D.; Rousseau, A.; Röpcke, J.; Loffhagen, D.: **Kinetic studies of NO formation in pulsed air-like low-pressure dc plasmas**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/3/035005 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 35005
31. Iseni, S.; Bruggemann, P.J.; Weltmann, K.-D.; Reuter, S.: **Nitrogen metastable (N<sub>2</sub>(A<sup>3</sup>Su+)) in a cold argon atmospheric pressure plasma jet: Shielding and gas composition**, DOI: 10.1063/1.4948535 Appl. Phys. Lett. 108 2016 184101
32. Khakpour, A.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.; Methling, R.; Weltmann, K.-D.: **An Improved Arc Model Based on the Arc Diameter**, DOI: 10.1109/TPWRD.2015.2473677 IEEE Trans. Power Del. 31 2016 1335-1341
33. Khakpour, A.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.; Methling, R.; Franke, S.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.: **Video Spectroscopy of Vacuum Arcs During Transition Between Different High-Current Anode Modes**, DOI: 10.1109/TPS.2016.2602384 IEEE Trans. Plasma Sci. 44 2016 2462-2469
34. Khakpour, A.; Uhrlandt, D.; Methling, R.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.: **Impact of Different Vacuum Interrupter Properties on High-Current Anode Phenomena**, DOI: 10.1109/TPS.2016.2625862 IEEE Trans. Plasma Sci. 44 2016 3337-3345
35. Kluge, S.; Bekeschus, S.; Bender, C.; Benkhail, H.; Sckell, A.; Below, H.; Stope, M.B.; Kramer, A.: **Investigating the Mutagenicity of a Cold Argon-Plasma Jet in an HET-MN Model**, DOI: 10.1371/journal.pone.0160667 PLoS One 11 2016 e0160667



36. Knoll, P.; Reynvaan, J.; Mayer, M.; Surnev, S.; Geistlinger, P.; Krenn, K.; Ettinger, K.; Prietl, C.; Hohenau, A.; Gruenwald, J.; Kunert, B.; Resel, R.: **PECVD of carbon by inverted fireballs: From sputtering, bias enhanced nucleation to deposition**, DOI: 10.1016/j.diamond.2016.02.021 *Diam. Relat. Mater.* 65 2016 96-104
37. Kredl, J.; Kolb, J.F.; Schnabel, U.; Polak, M.; Weltmann, K.-D.; Fricke, K.: **Deposition of Antimicrobial Copper-Rich Coatings on Polymers by Atmospheric Pressure Jet Plasmas**, DOI: 10.3390/ma9040274 *Materials* 9 2016 274
38. Lang, N.; Macherius, U.; Wiese, M.; Zimmermann, H.; Röpcke, J.; van Helden, J.H.: **Sensitive CH<sub>4</sub> detection applying quantum cascade laser based optical feed-back cavity-enhanced absorption spectroscopy**, DOI: 10.1364/OE.24.00A536 *Opt. Express* 24 2016 257529
39. Mann, M.S.; Tiede, R.; Gavenis, K.; Daeschlein, G.; Busiahn, R.; Weltmann, K.-D.; Emmert, S.; von Woedtke, Th.; Ahmed, R.: **Introduction to DIN-specification 91315 based on the characterization of the plasma jet kINPen MED**, DOI: 10.1016/j.cpme.2016.06.001 *Clin. Plasma Med.* 4 2016 35-45
40. Mayer, M.; Reynvaan, J.; Gruenwald, J.; Krenn, K.; Schoeberl, T.; Surnev, S.; Knoll, P.: **Diamond like carbon deposition by inverted fireballs**, DOI: 10.1016/j.matpr.2016.02.031 *Mater. Today* 35 2016 S184-S189
41. Metelmann, P.H.; Quooß, A.; von Woedtke, Th.; Krey, K.-F.: **First insights on plasma orthodontics - Application of cold atmospheric pressure plasma to enhance the bond strength of orthodontic brackets**, DOI: 10.1016/j.cpme.2016.08.001 *Clin. Plasma Med.* 4 2016 46-49
42. Miron, C.; Zhuang, J.; Balcerak, M.; Holub, M.; Kruth, A.; Quade, A.; Sava, I.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J.F.: **Cobalt Containing Polyimide Films Treated by Nanosecond Pulsed Electrical Discharges in Water**, DOI: 10.1109/TPS.2016.2600280 *IEEE Trans. Plasma Sci.* 44 2016 2708-2714
43. Miron, C.; Zhuang, J.; Sava, I.; Kruth, A.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J.F.: **Dielectric Spectroscopy of Polyimide Films Treated by Nanosecond High Voltage Pulsed Driven Electrical Discharges in Water**, DOI: 10.1002/ppap.201500037 *Plasma Process. Polym.* 13 2016 253-257
44. Nave, A.S.C.; Baudrillart, B.; Hamann, S.; Bénédic, F.; Lombardi, G.; Gicquel, A.; van Helden, J.H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic study of low pressure, low temperature H<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> microwave plasmas used for large area deposition of nanocrystalline diamond films. Part II: on plasma chemical processes**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/6/065003 *Plasma Sources Sci. Technol.* 25 2016 65003
45. Nave, A.S.C.; Baudrillart, B.; Hamann, S.; Bénédic, F.; Lombardi, G.; Gicquel, A.; van Helden, J.H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic study of low pressure, low temperature H<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> microwave plasmas used for large area deposition of nanocrystalline diamond films. Part I: on temperature determination and energetic aspects**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/6/065002 *Plasma Sources Sci. Technol.* 25 2016 65002
46. Nave, A.S.C.; Mitschker, F.; Awakowicz, P.; Röpcke, J.: **Spectroscopic studies of microwave plasmas containing hexamethyldisiloxane**, DOI: 10.1088/0022-3727/49/39/395206 *J. Phys. D: Appl. Phys.* 49 2016 395206
47. Ponduri, S.; Becker, M.M.; Welzel, S.; van de Sanden, M.C.M.; Loffhagen, D.; Engeln, R.: **Fluid modelling of CO<sub>2</sub> dissociation in a dielectric barrier discharge**, DOI: 10.1063/1.4941530 *J. Appl. Phys.* 119 2016 93301
48. Rebl, H.; Finke, B.; Schmidt, J.; Mohamad, H.S.; Ihrke, R.; Helm, C.A.; Nebe, J.B.: **Accelerated cell-surface interlocking on plasma polymer-modified porous ceramics**, DOI: 10.1016/j.msec.2016.08.016 *Mat. Sci. Eng. C* 69 2016 1116-1124
49. Reetz, J.; Hildebrandt, S.; Schmidt, A.; Meier, C.; Herchenröder, O.; Gläser, A.; Witt, M.; Pützer, B.M.; Wree, A.: **Novel subventricular zone early progenitor cell-specific adenovirus for in vivo therapy of central nervous system disorders reinforces brain stem cell heterogeneity**, DOI: 10.1007/s00429-015-1025-8 *Brain Struct. Funct.* 221 2016 2049-2059
50. Rond, C.; Salem, R.; Hamann, S.; Lombardi, G.; Röpcke, J.; Gicquel, A.: **Chemical analysis of H<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> and H<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> microwave CVD plasmas used for diamond deposition**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/2/025016 *Plasma Sources Sci. Technol.* 25 2016 25016
51. Röpcke, J.; Davies, P.B.; Hamann, S.; Hannemann, M.; Lang, N.; van Helden, J.-P. H.: **Applying Quantum Cascade Laser Spectroscopy in Plasma Diagnostics**, DOI: 10.3390/photonics3030045 *Photonics* 3 2016 45
52. Schäfer, J.; Hnilica, J.; Sperka, J.; Quade, A.; Kudrle, V.; Foest, R.; Vodak, J.; Zajickova, L.: **Tetrakis (trimethylsilyloxy) silane for nanostructured SiO<sub>2</sub>-like films deposited by PECVD at atmospheric pressure**, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.09.047 *Surf. Coat. Technol.* 295 2016 112-118
53. Schiavon, M.; Schiorlin, M.; Torretta, V.; Ragazzi, M.; Rada, E.C.: **Biofiltration Combined with Non-Thermal Plasma for Air Pollution Control: A Preliminary Investigation**, DOI: 10.2495/SDP-V11-N4-627-635 *Int. J. Sus. Dev. Plann.* 11 2016 627-635

54. Schiorlin, M.; Klink, R.; Brandenburg, R.: **Carbon dioxide conversion by means of coplanar dielectric barrier discharges**, DOI: 10.1051/epjap/2016160073 Eur. Phys. J. Appl. Phys. 75 2016 24704
55. Schmidt, A.; Rödder, K.; Hasse, S.; Masur, K.; Touns, L.; Lillig, C.H.; von Woedtke, Th.; Wende, K.; Bekeschus, S.: **Redox-regulation of activator protein 1 family members in blood cancer cell lines exposed to cold physical plasma-treated medium**, DOI: 10.1002/ppap.201600090 Plasma Process. Polym. 13 2016 1179-1188
56. Schmidt, A.; von Woedtke, Th.; Bekeschus, S.: **Periodic Exposure of Keratinocytes to Cold Physical Plasma: An In Vitro Model for Redox-Related Diseases of the Skin**, DOI: 10.1155/2016/9816072 Oxid. Med. Cell. Longev. 2016 2016 9816072
57. Schmidt, M.; Holub, M.; Jogi, I.; Sikk, M.: **Treatment of industrial exhaust gases by a dielectric barrier discharge**, DOI: 10.1051/epjap/2016150554 Eur. Phys. J. Appl. Phys. 75 2016 24708
58. Schmidt-Bleker, A.; Bansemer, R.; Reuter, S.; Weltmann, K.-D.: **How to produce an NO<sub>x</sub>- instead of O<sub>x</sub>-based chemistry with a cold atmospheric plasma jet**, DOI: 10.1002/ppap.201600062 Plasma Process. Polym. 13 2016 1120-1127
59. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Bösel, A.; Reuter, S.; Weltmann, K.-D.: **On the plasma chemistry of a cold atmospheric argon plasma jet with shielding gas device**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/1/015005 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 15005
60. Schnabel, U.; Niquet, R.; Andrasch, M.; Jakobs, M.; Schlüter, O.; Katroschan, K.-U.; Weltmann, K.-D.; Ehlbeck, J.: **Broccoli: Antimicrobial Efficacy and Influences to Sensory and Storage Properties by Microwave Plasma-Processed Air Treatment**, DOI: 10.1615/Plasma-Med.2017019033 Plasma Med. 6 2016 375-388
61. Schnabel, U.; Niquet, R.; Andrasch, M.; Jakobs, M.; Schlüter, O.; Katroschan, K.-U.; Weltmann, K.-D.; Ehlbeck, J.: **Broccoli: Antimicrobial Efficacy and Influences to Sensory and Storage Properties by Microwave Plasma-Processed Air Treatment**, DOI: 10.1615/Plasma-Med.2017019033 Plasma Med. 6 2016 375-388
62. Schnabel, U.; Niquet, R.; Schmidt, C.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Andrasch, M.; Ehlbeck, J.: **Antimicrobial efficiency of non-thermal atmospheric pressure plasma processed water (PPW) against agricultural relevant bacteria suspensions** Int. J. Environ. Agricult. Res. 2 2016 212-224
63. Schuster, M.; Seebauer, C.; Rutkowski, R.; Hauschild, A.; Podmelle, F.; Metelmann, C.; Metelmann, B.; von Woedtke, Th.; Hasse, S.; Weltmann, K.-D.; Metelmann, H.-R.: **Visible tumor surface response to physical plasma and apoptotic cell kill in head and neck cancer**, DOI: 10.1016/j.jcms.2016.07.001 J. Craniomaxillofac. Surg. 44 2016 1445-1452
64. Shao, T.; Zhuang, J.; Prasad, S.; Wang, D.: **Guest Editorial : Special Issue on Atmospheric Pressure Plasmas and Their Applications**, DOI: 10.1109/TPS.2016.2615419 IEEE Trans. Plasma Sci. 44 2016 2527-2527
65. Sievers, G.; Quade, A.; Kruth, A.; Brüser, V.: **Combined Balanced Magnetron Sputtering and Substrate-Annealing Synthesis for Pt and Pt/C Oxygen Reduction Catalysts**, DOI: 10.1149/2.0351605jes J. Electrochem. Soc. 163 2016 F341-F346
66. Sigeneger, F.; Becker, M.M.; Foest, R.; Loffhagen, D.: **Modelling of plasma generation and thin film deposition by a non-thermal plasma jet at atmospheric pressure**, DOI: 10.1088/0022-3727/49/34/345202 J. Phys. D: Appl. Phys. 49 2016 345202
67. Sigeneger, F.; Loffhagen, D.: **Fluid model of a single striated filament in an RF plasma jet at atmospheric pressure**, DOI: 10.1088/0963-0252/25/3/035020 Plasma Sources Sci. Technol. 25 2016 35020
68. Stasiulaitiene, I.; Martuzevicius, D.; Abromaitis, V.; Tichonovas, M.; Baltrusaitis, J.; Brandenburg, R.; Pawelec, A.; Schwöck, A.: **Comparative life cycle assessment of plasma-based and traditional exhaust gas treatment technologies**, DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.01.062 J. Cleaner Prod. 112 2016 1804-1812
69. Steuer, A.; Schmidt, A.; Laboha, P.; Babica, P.; Kolb, J.F.: **Transient suppression of gap junctional intercellular communication after exposure to 100-nanosecond pulsed electric fields**, DOI: 10.1016/j.bioelechem.2016.07.003 Bioelectrochem. 112 2016 33-46
70. Sun, A.; Becker, M.M.; Loffhagen, D.: **PIC/MCC simulation of capacitively coupled discharges: Effect of particle management and integration**, DOI: 10.1016/j.cpc.2016.05.003 Comput. Phys. Commun. 206 2016 35-44
71. Sun, A.; Huo, C.; Zhuang, J.: **Formation mechanism of streamer discharges in liquids: a review**, DOI: 10.1049/hve.2016.0016 High Volt. 1 2016 74-80

72. Surucu, S.; Masur, K.; Sasmazel, H.T.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Atmospheric plasma surface modifications of electrospun PCL/chitosan/PCL hybrid scaffolds by nozzle type plasma jets for usage of cell cultivation**, DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.05.123 Appl. Surf. Sci. 385 2016 400-409

73. Trizio, I.; Sardella, E.; Rizzi, V.; Dilecce, G.; Cosma, P.; Schmidt, M.; von Woedtke, Th.; Gristina, R.; Favia, P.: **Characterization of Reactive Oxygen/Nitrogen Species Produced in PBS and DMEM by Air DBD Plasma Treatments**, DOI: 10.1615/PlasmaMed.2016015848 Plasma Med. 6 2016 13-19

74. Uhlig, L.M.; Sievers, G.; Brüser, V.; Dyck, A.; Wittstock, G.: **Characterization of different plasma-treated cobalt oxide catalysts for oxygen reduction reaction in alkaline media**, DOI: 10.1007/s11434-016-1025-y Sci. Bull. 61 2016 612-618

75. Uhlig, L.M.; Stewart, D.; Sievers, G.; Brüser, V.; Dyck, A.; Wittstock, G.: **Electrochemical characterization of temperature dependence of plasma-treated cobalt-oxide catalyst for oxygen reduction reaction in alkaline media**, DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.08.036 Int. J. Hydrogen Energy 41 2016 22554-22559

76. Uhrlandt, D.: **Diagnostics of metal inert gas and metal active gas welding processes**, DOI: 10.1088/0022-3727/49/31/313001 J. Phys. D: Appl. Phys. 49 2016 313001

77. von Woedtke, Th.; Metelmann, H.-R.: **Editorial**, DOI: 10.1016/j.cpme.2016.06.002 Clin. Plasma Med. 4 2016 A1

78. von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Grundlagen der Plasmamedizin**, DOI: 10.1007/s12285-016-0075-0 MKG-Chirurg 9 2016 246-254

79. Wauer, J.: **A least square T-matrix method for non-spherical dielectric particle compared with Waterman's T-matrix method in the near and far field**, DOI: 10.1016/j.jqsrt.2016.04.002 J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 180 2016 47-54

80. Weltmann, K.-D.; Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.: **Low Temperature Plasma Applications in Medicine**, DOI: 10.1051/epr/2016507 Europhys. News 47 2016 39-42

81. Wende, K.; Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Jatsch, L.; Hasse, S.; Weltmann, K.-D.; Masur, K.; von Woedtke, Th.: **Risk assessment of a cold argon plasma jet in respect to its mutagenicity**, DOI: 10.1016/j.mrgentox.2016.02.003 Mutat. Res.-Gen. Tox. En. 798 2016 48-54

82. Winter, J.; Hänel, M.; Reuter, S.: **Novel focal point multipass cell for absorption spectroscopy on small sized atmospheric pressure plasmas**, DOI: 10.1063/1.4947512 Rev. Sci. Instrum. 87 2016 43117

83. Zhan, Y.; Zhuang, J.; Dong, Y.; Xu, H.; Hu, D.; Yu, J.: **Predicting the prevalence of peripheral arterial diseases: modelling and validation in different cohorts**, DOI: 10.1024/0301-1526/a000492 Vasa 45 2016 31-36

84. Zhuang, J.; Zhan, Y.; Zhang, F.; Tang, Z.; Wang, J.; Sun, Y.; Ding, R.; Hu, D.; Yu, J.: **Self-reported insomnia and coronary heart disease in the elderly**, DOI: 10.3109/10641963.2015.1060983 Clin. Exp. Hypertens. 38 2016 51-55

85. Zocher, K.; Banaschik, R.; Schulze, C.; Schulz, T.; Kredl, J.; Miron, C.; Schmidt, M.; Mundt, S.; Frey, W.; Kolb, J.F.: **Comparison of Extraction of Valuable Compounds from Microalgae by Atmospheric Pressure Plasmas and Pulsed Electric Fields**, DOI: 10.1615/PlasmaMed.2017019104 Plasma Med. 6 2016 273-302

## PUBLIKATIONEN 2017

1. Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Schnabel, U.; Ehlbeck, J.: **Scale-up to pilot plant dimensions of plasma processed water generation for fresh-cut lettuce treatment**, DOI:10.1016/j.fpsl.2017.08.007 Food Pack. Shelf Life 14 2017 40-45

2. Baeva, M.: **A Survey of Chemical Nonequilibrium in Argon Arc Plasma**, DOI: 10.1007/s11090-016-9778-2 Plasma Chem. Plasma Process. 37 2017 513-530

3. Baeva, M.: **Non-equilibrium Modeling of Tungsten-Inert Gas Arcs**, DOI: 10.1007/s11090-017-9785-y Plasma Chem. Plasma Process. 37 2017 341-370

4. Baeva, M.; Uhrlandt, D.: **Advanced Nonequilibrium Modelling of DC Tungsten-Inert Gas Arcs**, DOI:10.14311/ppt.2017.3.203 Plasma Phys. Technol. 4 2017 203212

5. Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Murphy, A.B.: **A collisional-radiative model of iron vapour in a thermal arc plasma**, DOI: 10.1088/1361-6463/aa7090 J. Phys. D: Appl. Phys. 50 2017 22LT02

6. Banaschik, R.; Jablonowski, H.; Bednarski, P.; Kolb, J.: **Degradation and intermediates of diclofenac as instructive example for decomposition of recalcitrant pharmaceuticals by hydroxylradicals generated with pulsed corona plasma in water**, DOI:10.1016/j.jhazmat.2017.08.058 J. Hazard. Mater. 342 2018 651-660
7. Banaschik, R.; Jablonowski, H.; Bednarski, P.; Kolb, J.: **Degradation and intermediates of diclofenac as instructive example for decomposition of recalcitrant pharmaceuticals by hydroxylradicals generated with pulsed corona plasma in water**, DOI:10.1016/j.jhazmat.2017.08.058 J. Hazard. Mater. 342 2018 651-660
8. Banaschik, R.; Lukes, P.; Miron, C.; Banaschik, R.; Pipa, A.; Fricke, K.; Bednarski, P.; Kolb, J.: **Fenton chemistry promoted by sub-microsecond pulsed corona plasmas for organic micropollutant degradation in water**, DOI: 10.1016/j.electacta.2017.05.121 Electrochim. Acta 245 2017 539-548
9. Bansemer, R.; Schmidt-Bleker, A.; van Rienen, U.; Weltmann, K.-D.: **Investigation and control of the O<sub>3</sub>- to NO-transition in a novel sub-atmospheric pressure dielectric barrier discharge**, DOI: 10.1088/1361-6595/aa6c34 Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 65005
10. Baudrillart, B.; Nave, A.S.C.; Hamann, S.; Bénédict, F.; Lombardi, G.; van Helden, J.H.; Röpcke, J.; Achard, J.: **Growth processes of nanocrystalline diamond films in microwave cavity and distributed antenna array systems: A comparative study**, DOI: 10.1016/j.diamond.2016.11.018 Diam. Relat. Mater. 71 2017 53-62
11. Becker, M.M.; Kählert, H.; Sun, A.; Bonitz, M.; Loffhagen, D.: **Advanced fluid modeling and PIC/MCC simulations of low-pressure ccrf discharges**, DOI: 10.1088/1361-6595/aa5cce Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 44001
12. Bekeschus, S.; Bräutigam, L.; Wende, K.; Hanschmann, E.-M.: **Oxidants and Redox Signaling: Perspectives in Cancer Therapy, Inflammation, and Plasma Medicine**, DOI:10.1155/2017/4020253 Oxid. Med. Cell. Longev. 2017 2017 4020253
13. Bekeschus, S.; Brüggemeier, J.; Hackbarth, C.; von Woedtke, T.; Partecke, L.-I.; van der Linde, J.: **Platelets are key in cold physical plasma-facilitated blood coagulation in mice**, DOI:10.1016/j.cpme.2017.10.001 Clin. Plasma Med. 7-8 2017 58-65
14. Bekeschus, S.; Moritz, J.; Schmidt, A.; Wende, K.: **Redox regulation of leukocyte-derived microparticle release and protein content in response to cold physical plasma-derived oxidants**, DOI: 10.1016/j.cpme.2017.07.001 Clin. Plasma Med. 7-8 2017 24-35
15. Bekeschus, S.; Rödder, K.; Fregin, B.; Otto, O.; Lippert, M.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.; Schmidt, A.; Gandhirajan, R.: **Toxicity and Immunogenicity in Murine Melanoma following Exposure to Physical Plasma-Derived Oxidants**, DOI:10.1155/2017/4396467 Oxid. Med. Cell. Longev. 2017 2017 4396467
16. Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Jablonowski, H.; Bethge, L.; Hasse, S.; Wende, K.; Masur, K.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Environmental Control of an Argon Plasma Effluent and Its Role in THP-1 Monocyte Function**, DOI:10.1109/TPS.2017.2771740 IEEE Trans. Plasma Sci. 45(12) 2017 3336-3341
17. Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Napp, M.; Kramer, A.; Kerner, W.; von Woedtke, Th.; Wende, K.; Hasse, S.; Masur, K.: **Letter to the Editor: Distinct cytokine and chemokine patterns in chronic diabetic ulcers and acute wounds**, DOI: 10.1111/exd.13215 Exp. Dermatol. 26 2017 145-147
18. Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Niessner, F.; Gerling, T.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.: **Basic Research in Plasma Medicine - A Throughput Approach from Liquids to Cells, Video Article**, URL:<https://www.jove.com/video/56331>, DOI:10.3791/56331 J. Vis. Exp. 129 2017 e56331
19. Bekeschus, S.; Wende, K.; Hefny, M.; Rödder, K.; Jablonowski, H.; Schmidt, A.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Benedikt, J.: **Oxygen atoms are critical in rendering THP-1 leukaemia cells susceptible to cold physical plasma-induced apoptosis**, DOI:10.1038/s41598-017-03131-y Sci. Rep. 7 2017 2791
20. Brandenburg, R.: **Dielectric barrier discharges: progress on plasma sources and on the understanding of regimes and single filaments**, DOI: 10.1088/1361-6595/aa6426 Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 53001
21. Brandenburg, R.; Bruggemann, P.J.; Starikovskaia, S.M.: **Editorial: Fast pulsed discharges**, DOI: 10.1088/1361-6595/aa5205 Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 20201
22. Brandenburg, R.; Sarani, A.: **About the development of single microdischarges in dielectric barrier discharges in CO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> gas mixtures**, DOI: 10.1140/epjst/e2016-60339-8 Eur. Phys. J. Special Topics 226 2017 2911-2922
23. Bruggeman, P. J.; Iza, F.; Brandenburg, R.: **Foundations of atmospheric pressure nonequilibrium plasmas**, DOI:10.1088/1361-6595/aa97af Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 123002



24. Burlacov, I.; Hamann, S.; Spies, H.-J.; Dalke, A.; Röpcke, J.; Biermann, H.: **A Novel Approach of Plasma Nitrocarburizing Using a Solid Carbon Active Screen - a Proof of Concept**, DOI:10.3139/105.110334 HTM J. Heat Treatm. Mater. 72(5) 2017 254-259
25. Bußler, S.; Ehlbeck, J.; Schlüter, O.: **Pre-drying treatment of plant related tissues using plasma processed air: Impact on enzyme activity and quality attributes of cut apple and potato**, DOI: 10.1016/j.ifset.2016.05.007 Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 40 2017 78-86
26. Dorst, J.; Vandenbossche, M.; Amberg, M.; Bernard, L.; Rupper, P.; Weltmann, K.-D.; Fricke, K.; Hegemann, D.: **Improving the Stability of Amino-Containing Plasma Polymer Films in Aqueous Environments**, DOI:10.1021/acs.langmuir.7b02135 Langmuir 33 2017 1073610744
27. Fleischmann, S.; Tolosa, A.; Zeiger, M.; Krüner, B.; Peter, N.J.; Grobelsek, I.; Quade, A.; Kruth, A.; Presser, V.: **Vanadia-titania multilayer nanodecoration of carbon onions via atomic layer deposition for high performance electrochemical energy storage**, DOI: 10.1039/C6TA09890H J. Mater. Chem. A 5 2017 2792-2801
28. Franke, S.; Methling, R.; Gortschakow, S.; Abplanalp, M.; Sütterlin, R.-P.; Delachaux, T.; Menzel, K. O.: **Investigation of vacuum arc anode temperatures of Cu-Cr and pure Cu contacts**, DOI:10.14311/ppt.2017.1.16 Plasma Phys. Technol. 4(1) 2017 16-19
29. Gauter, S.; Fröhlich, M.; Garkas, W.; Polak, M.; Kersten, H.: **Calorimetric probe measurements for a high voltage pulsed substrate (PBII) in a HiPIMS process**, DOI:10.1088/1361-6595/aa6f9e Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 65013
30. Gerling, T.; Brandenburg, R.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.: **Power measurement for an atmospheric pressure plasma jet at different frequencies: distribution in the core plasma and the effluent**, DOI: 10.1051/epjap/2017160489 Eur. Phys. J. Appl. Phys. 78 2017 10801
31. Gortschakow, S.; Khakpour, A.; Popov, S.; Franke, S.; Methling, R.; Uhrlandt, D.: **Determination of Cr density in the active phase of a high-current vacuum arc**, DOI:10.14311/ppt.2017.2.108 Plasma Phys. Technol. 4(2) 2017 190-193
32. Gümbel, D.; Bekeschus, S.; Gelbrich, N.; Napp, M.; Ekkernkamp, A.; Kramer, A.; Stope, M.: **Cold Atmospheric Plasma in the Treatment of Osteosarcoma**, DOI:10.3390/ijms18092004 Int. J. Mol. Sci. 18 2017 2004
33. Hamann, S.; Burlacov, I.; Spies, H.-J.; Biermann, H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic investigations of plasma nitriding processes: A comparative study using steel and carbon as active screen materials**, DOI: 10.1063/1.4980039 J. Appl. Phys. 121 2017 153301
34. Harhausen, J.; Foest, R.; Wauer, J.; Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Oberberg, M.; Brinkmann, R.P.: **Prospects for the enhancement of PIAD processes by plasma diagnostics**, DOI:10.1117/12.2279800 Proc. SPIE Optifab 10448 2017 104481T-1
35. Hilker, L.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.; Wolpert, H.-G.: **Cold atmospheric plasma: a new tool for the treatment of superficial driveline infections**, DOI: 10.1093/ejcts/ezw212 Eur. J. Cardio-Thorac. Surg. 51 2017 186-187
36. Hoder, T.; Synek, P.; Chorvát, D.; Ràhel, J.; Brandenburg, R.; Cernák, M.: **Complex interaction of subsequent surface streamers via deposited charge: a high-resolution experimental study**, DOI: 10.1088/1361-6587/aa6ea2 Plasma Phys. Control. Fusion 59 2017 74001
37. Hübner, A.; Steffen, H.; Holtfreter, B.; Schlüter, R.; Duske, K.; Matthes, R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.; Kocher, T.; Jablonowski, L.: **Effects of Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma and Sodium Hypochlorite Solution on Enterococcus faecalis Biofilm: An Investigation in Extracted Teeth**, DOI: 10.1002/ppap.201600064 Plasma Process. Polym. 14 2017 1600064
38. Jablonowski, L.; Fricke, K.; Matthes, R.; Holtfreter, B.; Schlüter, R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.; Kocher, T.: **Removal of naturally grown human biofilm with an atmospheric pressure plasma jet: An in-vitro study**, DOI: 10.1002/jbio.201600166 J. Biophotonics 10 2017 718726
39. Janda, M.; Hoder, T.; Sarani, A.; Brandenburg, R.; Machala, Z.: **Cross-correlation spectroscopy study of the transient spark discharge in atmospheric pressure air**, DOI: 10.1088/1361-6595/aa642a Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 55010
40. Kalanov, D.; Golubovskii, Y.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.: **Ray tracing method for the description of radiation trapping in 3D plasma domains**, DOI:10.1088/1361-6463/aa851e J. Phys. D: Appl. Phys. 50 2017 425204
41. Kalanov, D.; Golubovskii, Yu.; Uhrlandt, D.; Gortschakow, S.: **Advanced approach for radiation transport description in 3D collisional-radiative models**, DOI:10.14311/ppt.2017.2.112 Plasma Phys. Technol. 4(2) 2017 112-115

42. Kewitz, T.; Fröhlich, M.; Kersten, H.: **Analysis of passive calorimetric probe measurements at high energy influxes**, DOI: 10.1140/epjti/s40485-016-0036-z EPJ Tech. Instrum. 4 2017 1
43. Khakpour, A.; Franke, S.; Methling, R.; Uhrlandt, D.; Gortschakow, S.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.: **Optical and Electrical Investigation of Transition From Anode Spot Type 1 to Anode Spot Type 2**, DOI:10.1109/TPS.2017.2690572 IEEE Trans. Plasma Sci. 45(8) 2017 2126-2134
44. Khakpour, A.; Methling, R.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.: **Emission Spectroscopy During High-Current Anode Modes in Vacuum Arc**, DOI:10.14311/ppt.2017.3.249 Plasma Phys. Technol. 4(3) 2017 249-252
45. Khakpour, A.; Methling, R.; Uhrlandt, D.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.: **Time and space resolved spectroscopic investigation during anode plume formation in a high-current vacuum arc**, DOI:10.1088/1361-6463/aa6494 J. Phys. D: Appl. Phys. 50 2017 185203
46. Khakpour, A.; Popov, S.; Franke, S.; Kozakov, R.; Methling, R.; Uhrlandt, R.; Gortschakow, S.: **Determination of Cr Density After Current Zero in a High-Current Vacuum Arc Considering Anode Plume**, DOI:10.1109/TPS.2017.2681898 IEEE Trans. Plasma Sci. 45(8) 2017 2108-2114
47. Khakpour, A.; Uhrlandt, D.; Methling, R.-P.; Gortschakow, S.; Franke, S.; Imani, M.T.; Weltmann, K.-D.: **Impact of temperature changing on voltage and power of an electric arc**, DOI: 10.1016/j.epsr.2016.10.009 Electr. Power Syst. Res. 143 2017 73-83
48. Klages, C.-P.; Czerny, A. K.; Philipp, J.; Becker, M. M.; Loffhagen, D.: **DBD-based plasma polymerization from monomer-argon mixtures: Analytical model of monomer reactions with excited argon species**, DOI:10.1002/ppap.201700081 Plasma Process. Polym. 14 2017 1700081
49. Kodaira, F.V.P.; Ricci Castro, A.H.; Prysiazhnyi, V.; Mota, R.P.; Quade, A.; Kostov, K.G.: **Characterization of plasma polymerized HMDSN films deposited by atmospheric plasma jet**, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2016.11.109 Surf. Coat. Technol. 312 2017 117-122
50. Koensgen, D.; Besic, I.; Gümbel, D.; Kaul, A.; Weiss, M.; Diesing, K.; Kramer, A.; Bekeschus, S.; Mustea, A.; Stope, M.: **Cold Atmospheric Plasma (CAP) and CAP-Stimulated Cell Culture Media Suppress Ovarian Cancer Cell Growth A Putative Treatment Option in Ovarian Cancer Therapy**, DOI:10.21873/anticancer.12133 Anticancer Res. 37 2017 6739-6744
51. Kraneburg, A.; Franke, S.; Methling, R.; Griefahn, B.: **Effect of color temperature on melatonin production for illumination of working environments**, DOI:10.1016/j.apergo.2016.08.006 Appl. Ergonom. 58 2017 446-453
52. Krüner, B.; Srimuk, P.; Fleischmann, S.; Zeiger, M.; Schreiber, A.; Aslan, M.; Quade, A.; Presser, V.: **Hydrogen-treated, sub-micrometer carbon beads for fast capacitive deionization with high performance stability**, DOI: 10.1016/j.carbon.2017.02.054 Carbon 117 2017 46-54
53. Lang, N.; Rupp, C.; Almuina-Villar, H.; Dieguez-Alonso, A.; Behrendt, F.; Röpcke, J.: **Pyrolysis behavior of thermally thick wood particles: Time-resolved characterization with laser based in-situ diagnostics**, DOI:10.1016/j.fuel.2017.08.077 Fuel 210 2017 371-379
54. Liedtke, K.; Bekeschus, S.; Kaeding, A.; Hackbarth, C.; Kuehn, J.-P.; Heidecke, C.-D.; von Bernstorff, W.; von Woedtke, T.; Partecke, L.: **Non-thermal plasma-treated solution demonstrates antitumor activity against pancreatic cancer cells in vitro and in vivo**, DOI:10.1038/s41598-017-08560-3 Sci. Rep. 7 2017 8319
55. Lorenzen, I.; Mullen, L.; Bekeschus, S.; Hanschmann, E.-M.: **Redox Regulation of Inflammatory Processes Is Enzymatically Controlled**, DOI:10.1155/2017/8459402 Oxid. Med. Cell. Longev. 2017 2017 8459402
56. Matthes, R.; Duske, K.; Kebede, T.; Pink, C.; Schlüter, R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Kocher, T.; Jablonowski, L.: **Osteoblast growth, after cleaning of biofilm-covered titanium discs with air-polishing and cold plasma**, DOI: 10.1111/jcpe.12720 J. Clin. Periodontol. 44 2017 672-680
57. May, F.; Hamann, S.; Quade, A.; Brüser, V.: **Froth flotation improvement by plasma pretreatment of sulfide minerals**, DOI:10.1016/j.mineng.2017.08.009 Miner. Eng. 113 2017 95-101
58. Metelmann, H.-R.; Seebauer, C.; Miller, V.; Fridman, A.; Bauer, G.; Graves, D.; Pouvesle, J.-M.; Rutkowski, R.; Schuster, M.; Bekeschus, S.; Wende, K.; Masur, K.; Hasse, S.; Gerling, T.; Hori, M.; Choi, E.H.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; et.al.: **Clinical experience with cold plasma in the treatment of locally advanced head and neck cancer**, DOI:10.1016/j.cpme.2017.09.001 Clin. Plasma Med. 9 2018 6-13
59. Methling, R.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Abplanalp, M.; Sütterlin, R.-P.; Delachaux, T.; Menzel, K. O.: **Anode Surface Temperature Determination in High-Current Vacuum Arcs by Different Methods**, DOI:10.1109/TPS.2017.2712562 IEEE Trans. Plasma Sci. 45(8) 2017 2099-2107

60. Methling, R.; Khakpour, A.; Wetzeler, S.; Uhrlandt, D.: **Investigation of an ablation-dominated arc in a model chamber by optical emission spectroscopy**, DOI:10.14311/ppt.2017.2.153 Plasma Phys. Technol. 4(2) 2017 153-156
61. Mörke, C.; Rebl, H.; Finke, B.; Dubs, M.; Nestler, P.; Aïroudj, A.; Roucoules, V.; Schnabelrauch, M.; Körtge, A.; Anselme, K.; Helm, C.A.; Nebe, J.B.: **Abrogated Cell Contact Guidance on Amino-Functionalized Microgrooves**, DOI: 10.1021/acsami.6b16430 ACS Appl. Mater. Interfaces 9 2017 10461-10471
62. Murashov, Iu. V.; Frolov, V. Ya.; Uhrlandt, D.; Gortschakow, S.; Ivanov, D. I.; D. Sivaev, A. D.: **Analysis of arc processes in multi-chamber arrester for lightning protection at high-voltage overhead power lines**, DOI:10.14311/ppt.2017.2.124 Plasma Phys. Technol. 4(2) 2017 124-127
63. Nebe, J.B.; Moerke, C.; Staehlke, S.; Finke, B.; Schnabelrauch, M.; Anselme, K.; Helm, C.A.; Frank, M.; Rebl, H.: **Complex Cell Physiology on Topographically and Chemically Designed Material Surfaces**, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.879.78 Mat. Sci. Forum 879 2017 78-83
64. Nowozin, C.; Wahnschaffe, A.; Rodenbeck, A.; de Zeeuw, J.; Hädel, S.; Kozakov, R.; Schöpp, H.; Münch, M.; Kunz, D.: **Applying Melanopic Lux to Measure Biological Light Effects on Melatonin Suppression and Subjective Sleepiness**, DOI:10.2174/1567205014666170523094526 Curr. Alzheimer Res. 14(10) 2017 1042-1052
65. Rinschen, M.; Grahammer, F.; Hoppe, A.-K.; Kohli, P.; Hagmann, H.; Kretz, O.; Bertsch, S.; Höhne, M.; Göbel, H.; Bartram, M.; Gandhirajan, R.; Krüger, M.; Brinkkoetter, P.-T.; Huber, T.; Kann, M.; Wickström, S.; Benzing, T.; Schermer, B.: **YAP-mediated mechanotransduction determines the podocytes response to damage**, DOI:10.1126/scisignal.aaf8165 Sci. Signal. 10 2017 eaaf8165
66. Runge, T.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Kurrat, M.: **Optical investigations on plasma temperature estimation in a model spark gap for surge currents**, DOI:10.14311/ppt.2017.2.108 Plasma Phys. Technol. 4(2) 2017 108-111
67. Rutkowski, R.; Schuster, M.; Unger, J.; Seebauer, C.; Metelmann, H.-R.; Woedtke, Th. v.; Weltmann, K.-D.; Daeschlein, G.: **Hyperspectral imaging for in vivo monitoring of cold atmospheric plasma effects on micro-circulation in treatment of head and neck cancer and wound healing**, DOI:10.1016/j.cpme.2017.09.002 Clin. Plasma Med. 7-8 2017 52-57
68. Sacarescu, L.; Simionescu, M.; Sacarescu, G.; Quade, A.; Kolb, J.; Miron, C.: **Nanostructuration of polysilane-SiQDs composite by pulsed electrical discharges in water**, DOI:10.1016/j.reactfunctpolym.2017.09.005 React. Funct. Polym. 120 2017 38-45
69. Schäfer, J.; Fricke, K.; Mika, F.; Pokorná, Z.; Zajícková, L.; Foest, R.: **Liquid assisted plasma enhanced chemical vapour deposition with a non-thermal plasma jet at atmospheric pressure**, DOI:10.1016/j.tsf.2016.09.022 Thin Solid Films 630 2017 71-78
70. Schiavon, M.; Schiorlin, M.; Torretta, V.; Brandenburg, R.; Ragazzi, M.: **Non-thermal plasma assisting the bio-filtration of volatile organic compounds**, DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.008 J. Cleaner Prod. 148 2017 498-508
71. Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Jablonowski, H.; Barton, A.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.: **Role of Ambient Gas Composition on Cold Physical Plasma-Elicited Cell Signaling in Keratinocytes**, DOI: 10.1016/j.bpj.2017.04.030 Biophys. J. 112 2017 2397-2407
72. Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.; Vollmar, B.; von Woedtke, Th.: **A cold plasma jet accelerates wound healing in a murine model of full-thickness skin wounds**, DOI: 10.1111/exd.13156 Exp. Dermatol. 26 2017 156-162
73. Schmidt, A.; von Woedtke, Th.; Stenzel, J.; Lindner, T.; Polei, S.; Vollmar, B.; Bekeschus, S.: **One Year Follow-Up Risk Assessment in SKH-1 Mice and Wounds Treated with an Argon Plasma Jet**, DOI: 10.3390/ijms18040868 Int. J. Mol. Sci. 18 2017 868
74. Schneider, K.; Lieboldt, M.; Liebscher, M.; Fröhlich, M.; Hempel, S.; Butler, M.; Schröfl, Ch.; Mechtcherine, V.: **Mineral-Based Coating of Plasma-Treated Carbon Fibre Rovings for Carbon Concrete Composites with Enhanced Mechanical Performance**, DOI:10.3390/ma10040360 Materials 10 2017 360
75. Sigeneger, F.; Schäfer, F.; Weltmann, K.-D.; Foest, R.; Loffhagen, D.: **Modeling of a Non-Thermal RF Plasma Jet at Atmospheric Pressure**, DOI: 10.1002/ppap.201600112 Plasma Process. Polym. 14 2017 1600112

76. Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Wolf, J.; Schürmann, M.; Kaiser, N.; Ristau, D.; Ehlers, H.; Carstens, F.; Schippel, S.; Mechold, L.; Rauhut, R.; Kennedy, M.; Bischoff, M.; Nowitzki, T.; Zöller, A.; Hagedorn, H.; Reus, H.; Harhausen, J.; Foest, R. et al: **Investigation of the refractive index repeatability for tantalum pentoxide coatings, prepared by physical vapor film deposition techniques**, DOI: 10.1364/AO.56.00C193 Appl. Opt. 56 2017 C193-C200
77. Steuer, A.; Wende, K.; Babica, P.; Kolb, J. F.: **Elasticity and tumorigenic characteristics of cells in a monolayer after nanosecond pulsed electric field exposure**, DOI: 10.1007/s00249-017-1205-y Eur. Biophys. J. 46 2017 567-580
78. Trizio, I.; Rizzi, V.; Gristina, R.; Sardella, E.; Cosma, P.; Francioso, E.; von Woedtke, Th.; Favia, P.: **Plasma generated RONS in cell culture medium for in vitro studies of eukaryotic cells on Tissue Engineering scaffolds**, DOI:10.1002/ppap.201700014 Plasma Process. Polym. 14 2017 e1700014
79. Tschiersch, R.; Nemschokmichal, S.; Bogaczyk, M.; Meichsner, J.: **Surface charge measurements on different dielectrics in diffuse and filamentary barrier discharges**, DOI: 10.1088/1361-6463/aa5605 J. Phys. D: Appl. Phys. 50 2017 105207
80. Urubschurov, V.; Büsing, K.; Freyer, G.; Herlemann, D.; Souffrant, W.-B.; Zeyner, A.: **New insights into the role of the porcine intestinal yeast, *Kazachstania slooffiae*, in intestinal environment of weaned piglets**, DOI:10.1093/femsec/fiw245 FEMS Microbiol. Ecol. 93 2017 fiw245
81. Urubschurov, V.; Büsing, K.; Souffrant, W.-B.; Schauer, N.; Zeyner, A.: **Porcine intestinal yeast species, *Kazachstania slooffiae*, a new potential protein source with favourable amino acid composition for animals**, DOI:10.1111/jpn.12853 J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 2017 2017 10.1111/jpn.12853
82. Vasincu, D.; Andriescu, C.; Vasincu, E.; Kolb, J.; Bild, W.; Miron, C.: **Method for study myocardial tissue in vitro: application of nanosecond pulsed electric fields (nsPEFs)** Romanian J. Oral Rehab. 9(2) 2017 81-88
83. Vass, M.; Korolov, I.; Loffhagen, D.; Pinhao, N.; Donko, Z.: **Electron transport parameters in CO<sub>2</sub>: scanning drift tube measurements and kinetic computations**, DOI: 10.1088/1361-6595/aa6789 Plasma Sources Sci. Technol. 26 2017 65007
84. Walschus, U.; Hoene, A.; Patrzyk, M.; Lucke, S.; Finke, B.; Polak, M.; Lukowski, G.; Bader, R.; Zietz, C.; Podbielski, A.; Nebe, B.; Schlosser, M.: **A Cell-Adhesive Plasma Polymerized Allylamine Coating Reduces the In Vivo Inflammatory Response Induced by Ti6Al4V Modified with Plasma Immersion Ion Implantation of Copper**, DOI: doi:10.3390/jfb8030030 J. Funct. Biomater. 8 2017 30
85. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.: **Plasma medicine - current state of research and medical application**, DOI: 10.1088/0741-3335/59/1/014031 Plasma Phys. Control. Fusion 59 2017 14031
86. Wilhelm, G., Gött, G.; Uhrlandt, D.: **Study of flux-cored arc welding processes for mild steel hardfacing by applying high-speed imaging and a semi-empirical approach**, DOI:10.1007/s40194-017-0485-2 Weld. World 61(5) 2017 901-913
87. Zimmermann, H.; Wiese, M.; Fiorani, L.; Ragnoni, A.: **Purity monitoring in medical gas supply lines with quantum cascade laser technology**, DOI: 10.5194/jsss-6-155-2017 J. Sens. Sens. Syst. 6 2017 155-161



## MONOGRAPHIEN 2016

1. Arumugam, S.; Gortschakow, S.: **Partial Discharge Investigation on XLPE Insulated Medium Voltage Underground Power Cables Using UHF Technique** VDE-Hochspannungstechnik 2016 : Vorträge der ETG-Fachtagung 14.-16. November 2016 in Berlin Berlin : VDE Verl. 2016 978-3-8007-4310-0
2. Bergemann, C.; Hoppe, C.; Karmazyna, M.; Höntsch, M.; Eggert, M.; Gerling, T.; Nebe, B.: **Physicochemical Analysis of Argon Plasma-Treated Cell Culture Medium**, DOI: 10.5772/61980 Mieno, T.: **Plasma Science and Technology - Progress in Physical States and Chemical Reactions** Rijeka : InTech 2016 978-953-51-2280-7
3. Gerling, T.; Weltmann, K.-D.: **Einführung in Atmosphärendruck-Plasmaquellen für plasmamedizinische Anwendungen**, DOI: 10.1007/978-3-662-52645-3\_1 Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin : Kaltplasma in der medizinischen Anwendung** Berlin [u.a.] : Springer 2016 978-3-662-52644-6
4. Gortschakow, S.; Bogaczyk, M.; Kozakov, R.: **Einfluss der Gaszusammensetzung auf Teilentladungsparameter in Kavitäten** VDE-Hochspannungstechnik 2016 : Vorträge der ETG-Fachtagung 14.-16. November 2016 in Berlin Berlin : VDE Verl. 2016 978-3-8007-4310-0
5. Hilker, L.; von Woedtke, Th.; Titze, R.; Weltmann, K.-D.; Motz, W.; Wollert, H.-G.: **Plasmaanwendung in der Herzchirurgie**, DOI: 10.1007/978-3-662-52645-3\_9 Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin : Kaltplasma in der medizinischen Anwendung** Berlin [u.a.] : Springer 2016 978-3-662-52644-6
6. Kozakov, R.; Bogaczyk, M.; Gortschakow, S.: **Strompuls-messungen mit GHz Bandbreite an Teilentladungen in XLPE** VDE-Hochspannungstechnik 2016 : Vorträge der ETG-Fachtagung 14.-16. November 2016 in Berlin Berlin : VDE Verl. 2016 978-3-8007-4310-0
7. Kramer, A.; Franke, S.; Barth, F.: **Beleuchtung und Ambiente** Kramer, A.; Assadian, O.; Exner, M.; Hübner, N.-O.; Simon, A.: **Krankenhaus- und Praxishygiene : Hygienemanagement und Infektionsprävention in medizinischen und sozialen Einrichtungen** München : Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH 2016 978-3-437-22312-9
8. Kramer, A.; Matthes, R.; Bekeschus, S.; Bender, C.; Napp, M.; Lademann, O.; Weltmann, K.-D.: **Aktueller und perspektivischer Einsatz kalter Plasmen aus hygienischer Indikation**, DOI: 10.1007/978-3-662-52645-3\_11 Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin : Kaltplasma in der medizinischen Anwendung** Berlin [u.a.] : Springer 2016 978-3-662-52644-6
9. Lademann, J.; Kramer, A.; Lademann, O.; Weltmann, K.-D.: **Stimulation der Penetration topisch applizierter Substanzen durch Wechselwirkung von körperwarmen Plasmen mit der Haut**, DOI: 10.1007/978-3-662-52645-3\_14 Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin : Kaltplasma in der medizinischen Anwendung** Berlin [u.a.] : Springer 2016 978-3-662-52644-6
10. Loffhagen, D.: **Multi-term and non-local electron Boltzmann equation**, DOI: 10.1088/978-0-7503-1200-4ch3 Colonna, G.; D'Angola, A.: **Plasma Modeling : Methods and Applications** Bristol : IOP Publ. 2016 978-0-7503-1201-1
11. von Woedtke, Th.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.: **Wissenschaftliche Grundlagen, Stand und Perspektiven der Plasmamedizin**, DOI: 10.1007/978-3-662-52645-3\_2 Metelmann, H.-R.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin : Kaltplasma in der medizinischen Anwendung** Berlin [u.a.] : Springer 2016 978-3-662-52644-6

## MONOGRAPHIEN 2017



1. Brandenburg, R.: **Dielectric Barrier Discharge (DBD)** Shohet, J.L.: **Encyclopedia of Plasma Technology** Boca Raton : CRC Press 2017 978-1-4987-8281-4
2. Brandenburg, R.: **Dielectric Barrier Discharge (DBD)** Shohet, J.L.: **Encyclopedia of Plasma Technology, Vol. 1 : Acrylates-Microorganisms** Boca Raton : CRC Press 2017 978-1-4987-8280-7
3. Franke, St.; Schöpp, H.: **Metal-Halide Lamps** Karlicek, R.; Sun, C.-C.; Zissis, G.; Ma, R.: **Handbook of Advanced Lighting Technology** Switzerland: Springer 2017 978-3-319-00175-3
4. Schöpp, H.; Franke, St.: **Mercury-Vapor Lamps** Karlicek, R.; Sun, C.-C.; Zissis, G.; Ma, R.: **Handbook of Advanced Lighting Technology** Switzerland: Springer 2017 978-3-319-00175-3
5. Schöpp, H.; Franke, St.: **High-Pressure Sodium-Vapor Lamps** Karlicek, R.; Sun, C.-C.; Zissis, G.; Ma, R.: **Handbook of Advanced Lighting Technology** Switzerland: Springer 2017 978-3-319-00175-3
6. Schöpp, H.; Franke, St.: **High-Pressure Xenon Lamps** Karlicek, R.; Sun, C.-C.; Zissis, G.; Ma, R.: **Handbook of Advanced Lighting Technology** Switzerland: Springer 2017 978-3-319-00175-3
7. Testrich, H.; Quade, A.; Fricke, K.; Schnabel, U.; Polak, M.; Weltmann, K.-D.; Fröhlich, M.: **Erzeugung vielfältiger Schichtsysteme mittels Plasmasprühen für den Einsatz im medizinischen und technischen Bereich** Sörgel, T.: **Jahrbuch Oberflächentechnik Band 73** Leuze Verlag 2017 978-3-87480-345-8

## TAGUNGSBEITRÄGE 2016

1. Andrasch, M.; Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Niquet, R.; Ehlbeck, J.: **Microwave induced plasma for food sanitizing in a technological scale** Proc. 50th Annual Microwave Power Symposium (IMPI 50) 2016 111-113
2. Andreev, V.; Brandenburg, R.; Sarani, A.; Kettlitz, M.: **Investigation of single filaments in a dielectric barrier discharge with rotating electrode** Proc. 15th HAKONE 2016
3. Baeva, M.; Andrasch, M.; Bösel, A.; Ehlbeck, J.; Loffhagen, D.; Weltmann, K.-D.: **Microwave aided plasma generation** Proc. 50th Annual Microwave Power Symposium (IMPI 50) 2016 120-122
4. Baeva, M.; Siewert, E.; Uhrlandt, D.: **Electric field and voltage of TIG arcs from non-equilibrium modelling and experiment** Proc. 21th Int. Conf Gas Discharges and their Applications CDROM 2016 73
5. Becker, M.M.; Ponduri, S.; Engeln, R.; van de Sanden, M. C. M.; Sigeneger, F.; Loffhagen, D.: **Influence of the CO<sub>2</sub> dielectric barrier discharge conditions on the CO production** Proc. 23rd ESCAMPIG CDROM 2016 P03-06-04
6. Brandenburg, R.; Schiorlin, M.; Klink, R.; Sarani A.: **CO<sub>2</sub>-conversion in dielectric barrier discharges: Influence of nitrogen admixture on chemistry and discharge physics** Proc. 15th HAKONE 2016
7. Franke, St.; Kozakov, R.; Gortschakow, S.; Khakpour, A.; Methling, R.; Uhrlandt, D.: **Broadband absorption technique to a free-burning arc in ambient air** Proc. 21th Int. Conf Gas Discharges and their Applications Vol.1 2016 5-8
8. Gericke, A.; Gött, G.; Henkel, K.-M.; Uhrlandt, D.: **Verbesserung des Prozessverständnisses beim Unterpulverschweißen durch optische Analyse des Kavernenraums** Proc. DVS Congress 2016
9. Gerling, T.; Brandenburg, R.; Meyer, C.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.: **Power measurement for an Atmospheric Pressure Plasma Jet at Different Frequencies - Distribution in the Core Plasma and the Effluent** Proc. 15th HAKONE 2016
10. Gortschakow, S.; Baeva, M.; Kozakov, R.; Uhrlandt, D.; Kalanov, D.; Golubovskii, Yu.: **Chemical non-equilibrium in a free-burning argon arc** Proc. 21th Int. Conf Gas Discharges and their Applications CDROM 2016 85
11. Gortschakow, S.; Bogaczyk, M.; Kozakov, R., Arumugam, S.: **Use of optical emission for diagnostics of partial discharges in XLPE cables** Proc. 21th Int. Conf Gas Discharges and their Applications CDROM 2016 597
12. Grofulovic, M.; Loffhagen, D.; Pinhao, N. R.; Alves, L. L.; Guerra, V.; Korolov, I.; Vass, M.; Donko, Z.: **Intercomparison of calculation techniques of the electron Boltzmann equation for the analysis of swarm parameters in CO<sub>2</sub>** Proc. 23rd ESCAMPIG CDROM 2016 64
13. Harhausen, J.; Foest, R.; Loffhagen, D.; Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Franke C.; Kaiser, N.: **Plasma diagnostics for efficient optimization of optical coatings** Proc. 11th Int. Conf. on Coatings on Glass and Plastics CDROM 2016 241-245
14. Höft, H.; Becker, M.; Kettlitz, M.: **The influence of the HV slope steepness on the breakdown and development of pilsed** Proc. 21th Int. Conf Gas Discharges and their Applications Vol.1 2016 353-356
15. Höft, H.; Becker, M.; Kettlitz, M.: **On the influence of gas flow rate on the behaviour of dielectric barrier discharges** Proc. 23rd ESCAMPIG P02-05-08 2016 211-212
16. Janda, M.; Hoder, T.; Sarani, A.; Brandenburg, R.; Machala, Z.: **Cross-correlation spectroscopy study of the breakdown mechanism in atmospheric pressure air transient spark discharge** Proc. 15th HAKONE 2016
17. Janda, M.; Hoder, T.; Sarani, A.; Brandenburg, R.; Machala, Z.: **Cross-correlation spectroscopy study of the Transient Spark discharge** Proc. 23rd ESCAMPIG 2016
18. Khakpour, A.: **Impact of AC and Pulsed DC Interrupting Currents on the Formation of High-Current Anode Modes in acuum** Proc. 27th ISDEIV Vol.1 2016 129-132
19. Khakpour, A.; Gortschakow, S.; Popov, S.; Methling, R.; Franke, St.; Uhrlandt, D.M.; Batrakov, A.; Weltmann, K.-D.: **Time and Space Resolved Video Spectroscopy of the Vacuum Arc during the Formation of High-Current Anode modes** Proc. 27th ISDEIV Vol1 2016 287-290
20. Kozakov, R.; Bogaczyk, M.; Gortschakow, S.: **Combined electrical and optical partial discharge diagnostics** Proc. 14th High-Tech Plasma Processes Conference Band 1 2016 63
21. Lang, N.; Macherius, U.; Wiese, M.; Zimmermann, H.; Röppcke, J.; van Helden, J. H.: **Applying quantum cascade laser based optical feedback cavity-enhanced absorption spectroscopy in sensing atmospheric methane** Proc. OSA-Meeting LM3G.5 2016

22. Methling, R.; Franke, St.; Gortschakow, S.; Abplanalp, M.; Sütterlin, R.-P.; Delachaux, T.; Menzel, K.-O.: **Comparison of Methods of Electrode Temperature Determination in High-Current Vacuum Arcs** Proc. 27th ISDEIV Vol.1 2016 275-278

23. Methling, R.; Khakpour, A.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.; Franke, St.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K. D.: **Investigation of High Current Vacuum Arcs during the Formation of Anode Modes by Time and Space Resolved Spectroscopy** Proc. 5th ITG Int. Vacuum Electronics Workshop L2.2-1 2016

24. Methling, R.; Popov, S.; Batrakov, A.; Uhrlandt, D.: **Spectrally and Spatially Resolved Imaging of an Anode Flare in the Initial Stage of a Vacuum Arc Discharge** Proc. 27th ISDEIV Vol1 2016 259-262

25. Pettersson, J.; Becerra, M.; Franke, St.; Gortschakow, S.; Khakpour, A.; Bianchetti, R.: **Space-Resolved Spectroscopic And Photographic Studies Of The Vapor Layer Produced By Arc-Induced Ablation Of Polymers** Proc. 21th Int. Conf Gas Discharges and their Applications Vol.1 2016 149-152

26. Popov, S.; Methling, R.; Kanonykhin, A.: **The Spectroscopy of Cathode Spot of Pulsed Vacuum Arc Discharge in a Wide Range of Current** Proc. 27th ISDEIV Vol1 2016 371-374

27. Röpcke, J.; Hamann, S.; Hanneman, M.; Lang, N.; Nave, A.; van Helden, J. H.: **On Recent Progress in Plasma Diagnostics and Trace Gas Detection Using Infrared Laser Techniques** Proc. OSA-Meeting Etu2A.2 2016

28. Sigeneger, F.; Schäfer, J.; Foest, R.; Loffhagen, D.: **Modelling of an RF plasma jet at atmospheric pressure using complementary approaches** Proc. 23rd ESCAMPIG CDROM 2016 P02-11-03

29. van Helden, J. H.; Gianella, M.; Reuter, S.; Lang, N.; Ritchie, G. A. D.; Röpcke, J.: **The detection of the highly reactive HO<sub>2</sub> radical and of CH<sub>4</sub> in atmospheric pressure plasma jets** Proc. OSA-Meeting LTh2I.2 2016

30. van Helden, J. H.; Lang, N.; Nave, A.; Macherius, U.; Zimmermann, H.; Wiese, M.; Röpcke, J.: **Sensitive Spectroscopy of Plasmas in the Mid-Infrared Spectral Range, DOI: 10.1364/MICS.2016.MT1C.2** Proc. OSA-Meeting 2016

31. Winter, J.; Schmidt-Bleker, A.; Santos Sousa, J.; Bösel, A.; Hänel, M.; Reuter, S.; Sadeghi, N.; Peuch, V.; Weltmann, K.-D.: **Characterization of microplasma jets by infrared absorption spectroscopy** Proc. 23rd ESCAMPIG 2016

## TAGUNGSBEITRÄGE 2017

1. Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Murphy, A. B.: **Collisional-radiative model of iron vapour released in thermal arc plasma from molten electrodes** Proc. 33rd ICPIG CDROM 2017 149

2. Becker, M.; Philipp, J.; Czerny, A.; Klages, C.-P.; Loffhagen, D.: **Ignition behaviour of atmospheric-pressure dielectric barrier discharges in argon with admixtures of hexamethyldisiloxane and tetramethylsilane** Proc. 33rd ICPIG CDROM 2017 144

3. Brandenburg, R.; Sarani, A.: **Development of microdischarges in carbon dioxide with and without admixture of nitrogen** Proc. 21th Symp. Appl. Plasma Processes 2017

4. Gerling, T.; Becker, M. M.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.: **Absolute ion densities in an atmospheric pressure plasma transient spark discharge for different oxygen admixtures** Proc. 21st SAPP Conf. CDROM 2017 HT-16

5. Golubovskii, Y.; Kalanov, D.; Maiorov, V.; Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Gortschakow, S.: **Radiation trapping in non-equilibrium plasmas: matrix methods and its application to arcs and glow discharges** Proc. 33rd ICPIG CDROM 2017 244

6. Haase, M.; Zimmermann, H.; Lang, N.; Ecke, R.; Röpcke, J.; van Helden, J.-P.; Schulz, S.: **Correlation between the ULK sidewall damage and the Doppler broadening of a CF<sub>2</sub> absorption line** Proc. 10th PESM 2017 Session 4

7. Klages, C.-P.; Czerny, A. K.; Philipp, J.; Becker, M. M.; Loffhagen, D.: **Analytical model of monomer reactions with excited argon species in DBD-based plasma polymerization at atmospheric pressure** Proc. IWM 9 CDROM 2017 16

8. Korolov, I.; Vass, M.; Loffhagen, D.; Pinhao, N.; Donko, Z.: **Measurements and kinetic computations of electron transport parameters in CO<sub>2</sub> in an extended E/N range** Proc. 33rd ICPIG CDROM 2017 234

9. Panousis, E.; Stoller, P.; Carstensen, J.; Teppati, V.; Methling, R.; Franke, St.; Gortschakow, S.: **Active and passive optical diagnostics in a model HV circuit breaker** Proc. 33rd ICPIG 2017

10. Schmidt, M.; Altrock, B.; Gerling, T.; Gerber, I. C.; Hahn, V.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.: **AC-driven pin-to-liquid discharge: characterization and application** Proc. 23rd ISPC WEB, ID 190 2017



11. Schmidt, M.; Kettlitz, M.; Timmermann, E.; Brandenburg, R.: **Odour treatment in humid atmosphere with non-thermal plasma and electric wind** Proc. 23rd ISPC WEB, ID 103 2017

12. Vass, M.; Korolov, I.; Loffhagen, D.; Pinhao, N.; Donko, Z.: **Measurements and kinetic computations of electron transport parameters in CO<sub>2</sub>** Proc. 21th Symp. Appl. Plasma Processes 2017 231-235

13. Winter, J.; Glitsch, S.; Lühder, H.; Schmidt-Bleker, A.; Bansemer, R.; Wende, K.; Szymiczek, D.; Lösche, Ch.; Scharf, Ch.; Ehlbeck, J.; Weltmann, K.-D.: **On the application of atmospheric pressure plasma jets in endoscopy** Proc. 23rd ISPC WEB, ID 130 2017

7. Khakpour, A.: **High-current anode phenomena in vacuum arc** 10th Int. Symp. on Non-Thermal/Thermal Plasma Pollution Control Technology & Sustainable Energy, Florianopolis/Brazil 2016

8. Kolb, J. F.; Ehlbeck, J.; Schnabel, U.; Andrasch, M.; von Woedtke, Th.; Brandenburg, R.; Weltmann, K.-D.: **Direct and Indirect Treatment of Perishable Food with Atmospheric Pressure Plasmas** 6th Int. Conf. on Microelectronics and Plasma Technology, Gyengjou/Korea 2016

9. Kolb, J.-F.; Zocher, K.; Steuer, A.; Winter, J.; Ehlbeck, J.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Non-thermal Plasma and Pulsed Electric Fields for the Extraction of Valuable Substances from Plant Cells** 1st Int. Workshop on Plasma Agriculture, Philadelphia/USA 2016

10. Kruth, A.; Brüser, V.; Weltmann, K.-D.: **Plasma-enhanced Deposition of New Electrode Materials for Renewable Energy Applications** iPlasmaNano-VII, Attica/Greece 2016

11. Kruth, A.; Müller, A.; Peglow, S.; May, F.; Quade A.; Brüser, V.; Scheu, C.; Weltmann, K.-D.: **Magnetron Sputtering Deposition of Photocatalyst Nanostructures for Solar Applications** Eur. Advanced Materials Congress, Stockholm/Sweden 2016

12. Kruth, A.; Peglow, S.; May, F.; Quade A.; Brüser, C.; Weltmann, K.-D.: **Magnetron Sputtering for Deposition of Photocatalyst Nanostructures on Transparent Conductive Oxides for Solar Applications** 29th Electrochemistry Society Meeting, San Diego/USA 2016

13. Lukes, P.; Clupek, M.; Babicky, V.; Pongrac, B.; Simek, M.; Kolb, J.-F.: **On the mechanism of OH radical formation by nanosecond pulsed corona discharge in water** 43rd IEEE Int. Conf. on Plasma Science (ICOPS), Banff/Canada 2016

14. Masur, K.; Hasse, S.; Wende, K.; von Woedtke, Th.; Metelmann, HR, Weltmann, KD **Cold Plasma Mediated Influence on Cellular Redox Balance to Support Wound Healing** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016

15. Masur, K.; Hasse, S.; Wende, K.; von Woedtke, Th.; Metelmann, HR, Weltmann, KD **Plasma Medicine: From Bench to Bedside** 25th IVC / 6th ICPB, Busan/South Korea, 2016

16. Miron, C.; Kruth, A.; Zhuang, J.; Quade, A.; Sava, I.; Hulubei, C.; Holub, M.; Balcerak, M.; Bonislowski, M.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J. F.: **Structural Modifications of Materials by Plasma Discharges in Liquids** Emerging Polymer Technologies Summit, Melbourne/Australia 2016

## EINGELADENE VORTRÄGE 2016

1. Baeva, M.: **Thermische und chemische Nichtgleichgewichtseffekte in freibrennenden Bogenplasmen** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016

2. Bokeschus, S.; Rouven, K.R.; Heidecke, C.-D.; von Woedtke, T.; Partecke, L.I.: **Cold physical plasma-treated medium demonstrates antitumor activity against pancreatic cancer cells in vitro and in vivo** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016

3. Brandenburg, R.; Schiorlin, M.; Klink, R.; Sarani A.: **Barrier discharges in CO<sub>2</sub> containing gases at atmospheric pressure** 28th Summer School and Int. Symp. on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2016), Belgrade/Serbia 2016

4. Finke, B.; Rebl, H.; Nebe, B.; Zietz, C.; Gabler, C.; Bader, R.; Walschus, U.; Schlosser, M.; Weltmann, K.-D.; Polak, M.: **Cell-adhesive finishing of implant surfaces by plasma polymerized allylamine - PPAAm** Thermec, Graz/Österreich 2016

5. Foest, R.: **Plasma diagnostics for efficient optimization of optical coatings** 11th Int. Conf. on Coatings on Glass and Plastics, Braunschweig/Germany 2016

6. Grünwald, J.: **Copper based anti-microbial films deposited by atmospheric pressure plasma sources** EMN Meeting on Biomaterials, Phuket/Thailand 2016

17. Nebe, B.; Moerke, C.; Staehlke, S.; Finke, B.; Schnabelrauch, M.; Anselme, K.; Helm, C.; Rebl, H.: **Complex cell physiology on topographically and chemically designed material surfaces** Thermec, Graz/Österreich 2016
18. Pei, X.; Kolb, J.-F.; Lu, X.: **On the Mechanisms of Cold Atmospheric Pressure Direct Current Driven Air/N<sub>2</sub> Plasma Jets** 43rd IEEE Int. Conf. on Plasma Science (ICOPS), Banff/Canada 2016
19. Röpcke, J.; Hamann, S.; Hannemann, M.; Lang, N.; Nave, A. S. C.; van Helden, J. H.: **On Recent Progress in Plasma Diagnostics and Trace Gas Detection Using Infrared Laser Techniques** XXXVII Congresso Brasileiro de Aplicações de Vácuo na Indústria e na Ciência (CBRAVIC), Bauru/Brazil 2016
20. Röpcke, J.; Hamann, S.; Hannemann, M.; Lang, N.; Nave, A.; van Helden, J. H.: **On recent progress in studying chemical phenomena and surface interactions in plasmas using infrared absorption techniques** 27th Symp. Plasma Physics and Technol. (SPPT), Praha/Czech Republic 2016
21. Schmidt, A. **Cell migration and adhesion of two human cancer cell lines are decreased by cold plasma treatment** 3rd Int. Workshop on Plasma for Cancer Treatment, Washington D.C./USA 2016
22. Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Andrasch, M.; Ehlbeck, J.: **Scale up to pilot plant dimensions of plasma processed water generation for fresh-cut lettuce treatment** Workshop on Application of Advanced Plasma Technologies in CE Agriculture, Ljubljana/Slovenia 2016
23. Tschiersch, R.; Bogaczyk, M.; Nemschokmichal, S.; Meichsner, J.: **Spatio-temporal characterisation of multiple diffuse and single filamentary breakdowns in a plane-parallel barrier discharge configuration** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
24. Uhrlandt, D., Baeva, M.: **Electric confinement and power budget of a free burning arc** 14th High-Tech Plasma Processes Conference, Munich/Germany 2016
25. van Helden, J. H.; Lang, N.; Nave, A.; Röpcke, J.: **Mid-infrared cavity enhanced absorption spectroscopy of gas and surface species** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
26. van Helden, J.H.; Nave, A.; Reuter, S.; Röpcke, J.; M. Giannella; G.A.D. Ritchie **Cavity-enhanced absorption spectroscopy to characterize atmospheric pressure plasma jets** 69th GEC, Bochum/Germany 2016
27. von Woedtke, Th. **Progress and Challenges in Plasma Medicine** 13th Int. Bioelectrics Symp., Rostock/Germany 2016
28. von Woedtke, Th. **The redox potential in liquids as possible parameter to estimate and compare biological plasma effects** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
29. Weltmann, K.-D.: **Cold Atmospheric Pressure Plasma Applications for Medicine, Hygiene and Food** 21st Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Nagoya/Japan 2016
30. Weltmann, K.-D.: **Decontamination and Preservation of Perishable Food with Atmospheric Pressure Plasmas** 1st Int. Workshop on Plasma Agriculture, Philadelphia/USA 2016
31. Weltmann, K.-D., von Woedtke, Th. **Plasma Medicine innovative physics for medical application** 43rd EPS Conference on Plasma Physics, Leuven/Belgium 2016
32. Winter, J.; Schmidt-Bleker, A.; Santos Sousa, J.; Bösel, A.; Hänel, M.; Reuter, S.; Sadeghi, N.; Peuch, V.; Weltmann, K.-D.: **Characterization of microplasma jets by infrared absorption spectroscopy** 23rd ESCAMPIG, Bratislava/Slovakia 2016

## EINGELADENE VORTRÄGE 2017

1. Baeva, M.; Uhrlandt, D.: **Advanced nonequilibrium modelling of DC tungsten-inert gas arcs** 22th Symp. on Physics of Switching Arc, Brno/Czech Republic 2017
2. Bekeschus, S.: **Plasma medicine and research at ZIK plasmatis, Journal Club Institute of Immunology, Greifswald, 2017** 10th Int. FRUTIC Symp., Berlin/Germany 2017
3. Brandenburg, R.: **Dielectric Barrier Discharges: Known since 160 years, but still a lot of potential for innovations** XXXVIII CBrAVIC, São José dos Campos/Brasilien
4. Brüser, V.: **Environmental applications of plasma technology** 17th International Scientific Conference "Sakharov Readings", Minsk/Weißrussland 2017
5. Gerling, T.; Becker, M.M.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.: **Applying fast electrical diagnostics to access absolute ion densities in an atmospheric pressure plasma** 21st SAPP, Strbske Pleso/Slovakia 2017
6. Hamann, S.; Burlacov I.; Spies, H.-J.; Biermann, H.; Röpcke, J.: **New Developments in Plasma Nitriding with an Active Screen** 18. Fachtagung Plasmatechnologie, Göttingen/Deutschland 2017
7. Harhausen, J.; Franke, C.; Foest, R.; Stenzel, O.; Wauer, J.; Wilbrandt, S.: **Plasmagestützte Bedampfung zur Herstellung von Präzisions-optiken: Prozessanalytik und Regelungs-verfahren** 18. Fachtagung Plasmatechnologie, Göttingen/Deutschland 2017
8. Harhausen, J.; Franke, C.; Foest, R.; Stenzel, O.; Wauer, J.; Wilbrandt, S.: **Diagnostics and Control Schemes for Industrial PIAD Processes** DPG Frühjahrstagung Plasma-physik, Bremen/Deutschland 2017
9. Hasse, S.: **Plasma Treatment for Skin cancer and medical applications** 2nd Industry-Academy Plasma Medicine Workshop, Seoul, Korea, 2017
10. Hasse, S.; Wende, K.: **Present applications of cold atmospheric plasma (CAP) in medicine main focus: wound healing** International Forum on Functional Materials (IFFM2017)/ 7th International Symposium on Plasma Biosciences (ISPB2017-7), Jeju Korea, 2017
11. Kolb, J.F.; Banaschik, R.; Kredl, J.; Schulz, T.; Miron, C.; Lukes, P.; Bednarski, P.J.; Weltmann, K.-D.: **Environmental Applications of Plasmas in Liquids** 5th International Workshop and the 4th International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technologies, Greifswald/Deutschland 2017
12. Kolb, J.F.; Miron, C.; Rataj, R.; Kredl, J.; Schulz, T.; Lukes, P.: **Pulsed Discharges in Liquids: Generation and Applications** ICOPS, Atlantic City, New Jersey USA 2017
13. Lang, N.; Macherius, U.; Zimmermann, H.; Wiese, M.; Glitsch, S.; Hamann, S.; Röpcke, J.; van Helden, J. H.: **Diagnostic studies of technological plasmas using quantum cascade lasers** 18th LAPD, Prague/Czech Republic 2017
14. Loffhagen, D.: **Modellierung von dielektrisch behinderten Entladungen zur Dünnschichtabscheidung** 18. Fachtagung Plasmatechnologie, Göttingen/Deutschland 2017
15. Masur, K.: **Plasma Medicine: From Bench to Bedside the Need for Standardization** 1st Joint Workshop of INP-PBRC Applied Plasma Medicine Center (APMC), Seoul, Korea, 2017
16. Masur, K.: **Kalte Physikalische Plasmen für die Heilung chronischer Wunden** 2. WundD.A.CH Dreiländerkongress, St. Gallen/Schweiz 2017
17. Masur, K.; Hasse, S.; von Werder, Y.; Metelmann, H.-R.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.: **Towards clinical application of cold atmospheric pressure plasma** International Forum on Functional Materials (IFFM2017)/ 7th International Symposium on Plasma Biosciences (ISPB2017-7), Jeju Korea, 2017
18. Masur, K.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasma Medicine: Harmonization of Cold Plasma Application** Annual GRDC Meeting, Seoul/ Korea, 2017
19. Miron, C.; Kruth, A.; Quade, A.; Weltmann, K.D.; Kolb, J.F.: **Optical and mechanical properties of polymers treated by plasma in liquids** 5th International Workshop and the 4th International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technologies, Greifswald/Deutschland 2017
20. Röpcke, J.; Hamann, S.; Hannemann, M.; Lang, N.; Nave, A.; van Helden, J.-P.: **On Recent Progress using Infrared Absorption Techniques for Diagnostic and Control of Process Plasmas** 11th Asian-Eur. Int. Conf. Plasma Surf. Eng., Jung-mun/Korea 2017

21. Schäfer, J.: **Searching for Order in Atmospheric Pressure Plasma Jets** 44th EPS Belfast, UK 2017
22. Schmidt, A. **One year follow up risk assessment in plasma-treated mice** International Forum on Functional Materials (IFFM2017)/ 7th International Symposium on Plasma Biosciences (ISPB2017-7), Jeju Korea, 2017
23. Testrich, H.: **Plasma sprayed coating for bone replacement with anti-microbial properties** FiMPART Bordeaux, Frankreich 2017
24. van Helden, J. H.; Nave, A.; Reuter, S.; Röpcke, J.; Lawry Aguila, A.; Gianella M.; Ritchie, G.A.D.: **Cavity-enhanced absorption spectroscopy of reactive species in atmospheric pressure plasma jets** 18. Fachtagung Plasmatechnologie, Göttingen/Deutschland 2017
25. van Helden, J. H.; Reuter, S.; Lawry Aguila, A.; Gianella M.; Ritchie, G.A.D.: **Characterizing atmospheric pressure plasma jets using cavity-enhanced absorption spectroscopy** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Bremen/Deutschland 2017
26. von Woedtke, Th. **Clinical Plasma Medicine: Current State and Perspectives** 1st Joint Workshop of INP-PBRC Applied Plasma Medicine Center (APMC), Seoul, Korea, 2017
27. von Woedtke, Th. **Grundlagen der Plasmamedizin und zukünftige Entwicklungen** 2. WundD.A.CH Dreiländerkongress, St. Gallen/Schweiz 2017
28. von Woedtke, Th.; Metelmann, H.-R.; Weltmann, K.-D. **Present applications of cold atmospheric plasma (CAP) in medicine main focus: wound healing** International Forum on Functional Materials (IFFM2017)/ 7th International Symposium on Plasma Biosciences (ISPB2017-7), Jeju Korea, 2017
29. Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; Gerling, T.; von Woedtke, Th.: **Development of plasma sources for medical applications** Int. Conf. on Plasma Medical Science Innovation (ICPMSI), Nagoya/Japan 2017
30. Weltmann, K.-D.; v. Woedtke, Th.; Kolb, J.F.; Gerling, T.: **Cold Atmospheric Plasma (CAP) in Life Sciences** 70th GEC, Pittsburgh/USA 2017
31. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.: **Plasma Medicine Status of Basic Research and Transfer into the Hospital** 9th ISPlasma, Aichi/Japan 2017
32. Wende, K.: **Plasmas in Biology Beyond the Long Lived Species** International Conference on Plasmas with Liquids (ICPL 2017), Prague/Czech Republic 2017
33. Wende, K.; Bruno, G.; Lackmann, J.-W.; Volzke, J.; Verlackt, C.; Bogaerts, A.; Bekeschus, S.; Stapelmann, K.; Weltmann, K.-D.: **Chemical Fingerprinting to Design Medical Plasmas** 10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2017), Okinawa/ Japan, 2017
34. Wende, K.; Jablonowski, H.; Lackmann, L.; Bruno, G.; Lalk, M.; von Woedtke, T.; Bruggeman, P.; Weltmann, K.-D.: **Plasma medicine beyond the long lived species** 15th Technological Plasma Workshop, Coventry/ UK, 2017
35. Wende, K.; Masur, K.; Bekeschus, S.; Jablonowski, H.; Schmidt, A.; von Woedtke, T.: **On the biology of plasmas** 21st Symposium on Applications of Plasma Processes, trbské Pleso/ Slovakia, 2017



## VORTRÄGE 2016

1. A. Steuer, K. Wende, P. Babica, J.F. Kolb **Nanosecond Pulsed Electric Fields Decrease the Elasticity of WB F344 Cells Exposed in Monolayers** 13th Int. Bioelectrics Symp., Rostock/Germany 2016
2. Andrasch, M.: **Entladungsdynamik einer Mikrowellen-plasma-quelle und ihr Einsatz bei Atmosphärendruck zur Dekontamination von Lebensmitteln im technologischen Maßstab** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
3. Andrasch, M.; Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Niquet, R.; Ehlbeck, J.: **Microwave induced plasma for food sanitizing in a technological scale** 50th Annual Microwave Power Symp. (IMPI 50), Orlando/USA 2016
4. Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Schnabel, U.; Ehlbeck, J.: **Scale-up to pilot plant dimensions of plasma processed water generation for fresh-cut lettuce treatment** 18th World Congress of Food Science and Technology (IUFOST2016), Dublin/Ireland 2016
5. Andreev, V.; Brandenburg, R.; Sarani, A.; Kettlitz, M.: **Investigation of single filaments in a dielectric barrier discharge with rotating electrode** 15th HAKONE, Brno/ Czech Republic 2016
6. Baeva, M.; Siewert, E.; Uhrlandt, D.: **Electric field and voltage of TIG arcs from non-equilibrium modelling and experiment** 21st Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Nagoya/Japan 2016
7. Baeva, M.; Uhrlandt, D.; Siewert, E.: **Electrical characteristics of TIG arcs in argon from non-equilibrium modelling and experiment** 69th GEC, Bochum/Germany 2016
8. Becker, M.; Kahlert, H.; Sun, A.; Bonitz, M.; Loffhagen, D.: **Advanced fluid modelling of low pressure ccrf discharges** Intern. SFB-TR24 Konferenz: Quo vadis - Complex Plasmas, Hamburg/Germany 2016
9. Becker, M.M.; Ponduri, S.; Engeln, R.; Loffhagen, D.: **Modellierung der CO<sub>2</sub>-Dissoziation in dielektrisch behinderten Entladungen** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
10. Bekeschus, S.: **Cold physical plasma derived oxidants - challenges and opportunities for medical therapy** 5th Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2016
11. Bekeschus, S.: **A redox-based, multi-focus cancer research approach in plasma medicine** 2nd Future in Plasma Science Workshop, Greifswald/Germany 2016
12. Bekeschus, S.; Liedtke, K. R.; Partecke, L. I.: **Plasma-treated medium reduced tumor burden and enhanced survival in a syngeneic murine tumor model** 3rd Int. Workshop on Plasma for Cancer Treatment, Washington D.C./USA 2016
13. Brüser, V.; Popvitz-Biro, R.; Peglow, S.; Zak, A.: **Plasma Treatment of MWINT-WS2 for Synthesis of Single Wall Nanotubes of WS2** 3rd GermanCzech Workshop, Lübeck/Germany 2016
14. Franke, St.: **Broadband absorption technique to a free-burning arc in ambient air** 21st Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Nagoya/Japan 2016
15. Fricke, K.: **Creating Biointerfaces: From Metallic and Polymer-like to Calcium phosphate-based mineral coatings to control biological responses** 25. Workshop des AK-ADP, Erfurt/Deutschland 2016
16. Fröhlich, M.; Gauter, S.; Garkas, W.; Weltmann, K.-D.; Kersten, H.; Polak, M.: **Influence of high voltage pulsed bias on surfaces treated by HiPIMS** 7th HiPIMS Conf., Sheffield/UK 2016
17. Fröhlich, M.; Gauter, S.; Garkas, W.; Weltmann, K.-D.; Kersten, H.; Polak, M.: **Concept of calorimetric measurements determining the energy flux onto high voltage pulsed substrate during HiPIMS deposition** 15th PSE, Garmisch-Partenkirchen/Germany 2016
18. Fröhlich, M.; Ihrke, R.; Quade, A.; Weltmann, K.-D.; Polak, M.: **Hochglanzpolieren mit Plasma Was der vierte Aggregatzustand noch alles möglich macht** 23. Erfahrungsaustausch Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen, Mühlleithen/Deutschland 2016
19. Gerling, T.; Brandenburg, R.; Meyer, C.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.: **Power measurement for an Atmospheric Pressure Plasma Jet at Different Frequencies - Distribution in the Core Plasma and the Effluent** 15th HAKONE, Brno/Czech Republic 2016
20. Gerling, T.; Becker, M. M.; Wilke, C.; Weltmann, K.-D.: **Measurement of molecular argon ion density at atmospheric pressure** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016

21. Gortschakow, S.: **Chemical non-equilibrium in a free-burning argon arc** 21st Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Nagoya/Japan 2016
22. Gortschakow, S.: **Video spectroscopy of vacuum arc during transition between different high-current anode modes** 27th ISDEIV, Suzhou/China 2016
23. Hamann, S.; Börner, K.; Burlacov, I.; Spies, H.-J.; Röpcke, J.: **Spectroscopic investigations of active screen plasma nitriding processes: a comparative study of two reactor types** 7th IPS, Inuyama/Japan 2016
24. Harhausen, J.; Foest, R.; Loffhagen, D.; Wauer, J.; Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Franke, C.: **Advances in characterization and control of plasma ion assisted deposition processes** 15th PSE, Garmisch-Partenkirchen/Germany 2016
25. Hasse, S.; Wende, K.; Masur, K.; Schmidt, A.; von Woedtke, Th.; Metelmann, HR **Cold argon plasma as an adjuvant therapy option in progressive head and neck cancer - results of a preclinical study** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
26. Höft, H. **Einfluss der Flankensteilheit auf den Durchbruch von dielektrisch behinderten Entladungen** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
27. Höft, H.: **The influence of the HV slope steepness on the breakdown and development of pilsed** 21st Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Nagoya/Japan 2016
28. J.-W. Lackmann, K. Wende, K. Stapelmann **Cysteine as a Model for Comparing the Impact of Plasmas on Biological Samples** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
29. Jablonowski L, Kerlikowski A, Matthes R, Pink C, Schlüter R, Steffen H, Weltmann K, von Woedtke T, Kocher T **Atmospheric Pressure Plasma against Candida albicans Biofilms in Root Canals** 35th Annual Meeting of the IADR Korean Division, Seoul/South Korea 2016
30. Jablonowski L, Kocher T, Dombrowski F, Schindler A, von Woedtke T, Evert M, Evert KW **Atmospheric pressure plasma application in the oral cavity: Short term experiments in mice** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
31. Jablonowski, H; Santos Sousa, J; Schmidt-Bleker, A; Winter, J; Wende, K; v. Woedtke, Th; Weltmann, K-D; Reuter, S **Plasma induced reactive oxygen species in biorelevant liquids: different species have various origins** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
32. Jablonowski, H; Santos Sousa, J; Schmidt-Bleker, A; Winter, J; Wende, K; v. Woedtke, Th; Weltmann, K-D; Reuter, S **Plasma induced reactive oxygen species in biorelevant liquids: different species have various origins** 5th Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2016
33. Janda, M.; Hoder, T.; Sarani, A.; Brandenburg, R.; Machala, Z.: **CROSS-CORRELATION SPECTROSCOPY STUDY OF THE BREAKDOWN MECHANISM IN ATMOSPHERIC PRESSURE AIR TRANSIENT SPARK DISCHARGE** 15th HAKONE, Brno/Czech Republic 2016
34. Janda, M.; Hoder, T.; Sarani, A.; Brandenburg, R.; Machala, Z.: **Cross-correlation spectroscopy study of the Transient Spark discharge** 23rd ESCAMPIG, Bratislava/Slovakia 2016
35. K. Wende, F. Naeser, C. Bäcker, K.-D. Weltmann, U. Lindequist, Th. von Woedtke, B. Haertel **Stimulation of Metabolite Production in Medical Fungi by Atmospheric Pressure Plasmas** 1st Int. Workshop on Plasma Agriculture, Philadelphia/USA 2016
36. K. Wende, F. Naeser, C. Bäcker, K.-D. Weltmann, U. Lindequist, Th. von Woedtke, B. Haertel **Stimulation of medical mushroom metabolism by Atmospheric Pressure Plasma Workshop on Application of Advanced Plasma Technologies in CE Agriculture**, Ljubljana/Slovenia 2016
37. K. Wende, M. Loening, J. Volzke, A. Schmidt, S. Hasse, C. Hackbarth, K. D. Weltmann, S. Bekeschus, P. Bruggeman, Th. von Woedtke **On the chemistry of remote effects of non-thermal plasmas** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
38. Kolb, J.-F.; Miron, C.; Kruth, A.; Balcerak, M.; Bonislawski, M.; Holub, M.: **Development and applications of discharges generated in liquids with short high voltage pulses** 69th GEC, Bochum/Germany 2016
39. Kristian Wende, F. Näser, C. Bäcker, K.-D. Weltmann, U. Lindequist, Th. von Woedtke, B. Haertel **ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMAS IN BIOTECHNOLOGY** 13th Int. Bio-electrics Symp., Rostock/Germany 2016
40. Lang, N.; Hamann, S.; Dieguez-Alonso, A.; Röpcke, J.; van Helden, Jean-Pierre H.: **Sensitive detection of atmospheric methane with optical feedback cavity-enhanced absorption spectroscopy in the mid-infrared spectral range** FLAIR, Aix-Les-Bains/France 2016

41. Lang, N.; Hamann, S.; Dieguez-Alonso, A.; Röpcke, J.; van Helden, J. H.: **Analysis of the product gas composition in pyrolysis processes of single wood particles using FTIR spectroscopy** OSA Meeting LEEC, Leipzig/Germany 2016
42. Lang, N.; Macherius, U.; Wiese, M.; Zimmermann, H.; Röpcke, J.; van Helden, J.H.: **Applying quantum cascade laser based optical feedback cavity-enhanced absorption spectroscopy in sensing atmospheric methane** OSA Meeting LACSEA, Heidelberg/Germany 2016
43. Lang, N.; Zimmermann, S.; Zimmermann, H.; Macherius, U.; Uhlig, B.; Schaller, M.; Schultz, S.E.; Röpcke, J.: **Quantum cascade laser based correlation studies in CF<sub>4</sub> plasmas for etching ultra-low-k SiCOH materials** 7th IPS, Inuyama/Japan 2016
44. Masur, K. **Kaltes physikalisches Atmosphärendruck-Plasma zur Heilung chronischer Wunden** 26th Conference of the European Wound Management Association, Bremen/Germany, 2016
45. Masur, K. **Plasmamedizin: vom Labor in die Klinik** 10th Int. Symp. on Non-Thermal/Thermal Plasma Pollution Control Technology & Sustainable Energy, Florianopolis/Brazil 2016
46. Methling, R.; Franke, St.; Gortschakow, S.; Abplanalp, M.; Sütterlin, R.-P.; Delachaux, T.; Menzel, K.-O.: **Comparison of Methods of Electrode Temperature Determination in High-Current Vacuum Arcs** 27th ISDEIV, Suzhou/China 2016
47. Methling, R.; Khakpour, A.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.; Franke, St.; Popov, S.; Batrakov, A.; Weltmann, K. D.: **Investigation of High Current Vacuum Arcs during the Formation of Anode Modes by Time and Space Resolved Spectroscopy** 5th ITG Int. Vacuum Electronics Workshop, Bad Honnef/Germany 2016
48. Methling, R.; Popov, S.; Batrakov, A.; Uhrlandt, D.: **Spectrally and Spatially Resolved Imaging of an Anode Flare in the Initial Stage of a Vacuum Arc Discharge** 27th ISDEIV, Suzhou/China 2016
49. Miron, C.; Sava, I.; Kruth, A.; Quade, A.; Balcerak, M.; Bonislawski, M.; Holub, m.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J. F. : **Treatment of polymer films by pulsed electrical discharges in liquids** 4th Int. Workshop on Solution Plasma & Molecular Technology, Pilsen/Czech Republic 2016
50. Moritz, J.; Bekeschus, S.: **Small particle secretion of human leukocytes exposed to exogenous oxidants** 10th Int. Symp. on Non-Thermal/Thermal Plasma Pollution Control Technology & Sustainable Energy, Florianopolis/Brazil 2016
51. Nave, A.; Baudrillart, B.; Hamann, S.; Benedic, F.; Lombardi, G.; Gicquel, A.; van Helden, Jean-Pierre H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic study of low pressure, low temperature H<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> microwave plasmas used for large area deposition of nanocrystalline diamond films** FLAIR, Aix-Les-Bains/France 2016
52. Nave, A.S.C.; Baudrillart, B.; Hamann, S.; Bénédic, F.; Lombardi, G.; Gicquel, A.; van Helden, J.H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic study of low pressure, low temperature H<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-CO" microwave plasmas used for large area deposition of nanocrystalline diamond films** 7th IPS, Inuyama/Japan 2016
53. Nemschokmichal, S.; Tschiersch, R.; Bogaczyk, M.; Meichsner, J.; Höft, H.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.; Wild, R.; Stollenwerk, L.: **Influence of volume and surface processes in dielectric barrier discharges** Intern. SFB-TR24 Konferenz: Quo vadis - Complex Plasmas, Hamburg/Germany 2016
54. Polak, M.: **Einsatz von Atmosphärendruckplasmen zur gezielten Steuerung der Wechselwirkung von Zellen mit Oberflächen** 26. AK-ADP, Aalen/Deutschland 2016
55. Rödder, K.; Gandhirajan, R.; Bekeschus, S.: **Melanoma viability in co-culture with murine splenocytes following plasma exposure** 5th Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2016
56. Rödder, K.; Miller, V.; Bekeschus, S.: **Cold plasma treatment of murine cancer cells triggers immunogenic responses in splenocytes ex vivo** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
57. Schmidt, A. **Biological effects of reactive species on wound healing in a full-thickness skin wound mouse model** Seminarvortrag
58. Schmidt, M.; Timmermann, E.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.: **Combined electric wind and non-thermal plasma for gas cleaning** 10th Int. Symp. on Non-Thermal/Thermal Plasma Pollution Control Technology & Sustainable Energy, Florianopolis/Brazil 2016

59. Schmidt, M.; Timmermann, E.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.: **Dekomposition von VOCs mit dielektrisch behinderten Oberflächenentladungen** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
60. Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Andrasch, M.; Ehlbeck, J.: **Plasma processed water (PPW) - an alternative for fresh-cut salad sanitation?** 18th World Congress of Food Science and Technology (IUFOST2016), Dublin/Ireland 2016
61. Tschiersch, R.; Bogaczyk, M.; Nemschokmichal, S.; Meichsner, J.: **Surface charge measurements on transparent dielectrics in diffuse and filamentary barrier discharges** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Hannover/Deutschland 2016
62. Tschiersch, R.; Nemschokmichal, S.; Bogaczyk, M.; Meichsner, J.: **Characterization of self-stabilized single barrier discharge filaments by correlated electrical, optical and surface charge diagnostics** 23rd ESCAMPIG, Bratislava/Slovakia 2016
63. Uhrlandt, D; Baeva, M.: **Analysis of the power budget of TIG arc based on non-equilibrium modelling** 69th IAW Annual Assembly and Int. Conf., Melbourne/Australia 2016
64. van Helden, J. H.; Lang, N.; Nave, A.; Macherius, U.; Zimmermann, H.; Wiese, M.; Röpcke, J.: **Sensitive Spectroscopy of Plasma in the Mid-Infrared Spectral Range** OSA-Meeting MICS, Long Beach/USA 2016
65. van Helden, J.H.: **On recent progress applying cavity-enhanced spectroscopy techniques to characterize atmospheric pressure plasma jets** Intern. SFB-TR24 Konferenz: Quo vadis - Complex Plasmas, Hamburg/Germany 2016
66. van Helden, J.H.; Gianella, M.; Nave, A.; Reuter, S.; Ritchie, G.A.D.: **The detection of the highly reactive HO<sub>2</sub> radical and of CH<sub>4</sub> in atmospheric pressure plasma jets** 7th IPS, Inuyama/Japan 2016
67. van Helden, J.H.; Gianella, M.; Reuter, S.; Lang, N.; Ritchie, G.; Röpcke, J.: **The detection of the highly reactive HO<sub>2</sub> radical and of CH<sub>4</sub> in atmospheric pressure plasma jets** OSA Meeting LACSEA, Heidelberg/Germany 2016
68. von Woedtke, Th. **Plasma therapies** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
69. Wende, K. **Physical plasma - creator, destructor, tool. Basics and applications.** 5th Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2016
70. Wende, K. **Cells as biochemical sensor systems do's, don'ts, risks, & chances,** COST TD1208 Training School, Belgrad, 2016 Seminarvortrag
71. Winter, J. et al.: **Challenges and solutions on the way to a deployable plasma endoscope** 6th Int. Conf. on Plasma Medicine, Bratislava/Slovakia 2016
72. Winter, J.; Hänel, M.; Reuter, S.: **Focal point multipass cell for laser absorption spectroscopy** 7th IPS, Inuyama/Japan 2016
73. Yanai, Y.; Gerling, T.: **PlasmaMedic Ltd. - Combating hospital acquired infections** 4th Annual MedTech & Digital Health Forum, Basel/Switzerland 2016
74. Zocher, K.; Banaschik, R.; Schulz, T.; Miron, C.; Kolb, J. F.: **Enhancement cell wall rupture of microalgae by spark discharges** 13th Int. Bioelectrics Symp., Rostock/Germany 2016
75. Zocher, K.; Banaschik, R.; Schulz, T.; Miron, C.; Kolb, J. F.: **Enhancement cell wall rupture of microalgae by spark discharges** 13th Int. Bioelectrics Symp., Rostock/Germany 2016



## VORTRÄGE 2017

1. Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Schnabel, U.; Ehlbeck, J.: **Scale-up to pilot plant dimensions of plasma processed water generation for fresh-cut lettuce treatment** 31st EFFoST, Melia Sitges/Spain 2017
2. Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Schnabel, U.; Ehlbeck, J.: **Scale-up to pilot plant dimensions of plasma processed water generation for fresh-cut lettuce treatment** 10th Int. FRUTIC Symp., Berlin/Germany 2017
3. Banaschik, R.; Bednarski, P.; Kolb, J.F.; Kredl, J.; Lukes, P.; Schulz, T.: **Sub-microsecond discharges for the degradation of organic pollutants in water** IEEE Pulsed Power Conference 2017, Brighton/ UK, 2017
4. Banaschik, R.; Miron, C.; Jablonowski, H.; Pipa, A.; Fricke, K.; Kredl, J.; Schulz, T.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J.F.; Lukes, P.; Bednarski, P.J.: **Plasma-Liquid Chemistry of Pulse Discharges Generated in Water Depending on Pulse Duration and Ground Electrode Materials** ICOPS, Atlantic City, New Jersey USA 2017
5. Bansemer, R.; Schmidt-Bleker, A.; van Rienen, U.; Weltmann, K.-D.: **Controlling the RONS composition in a handheld plasma source** 23rd ISPC, Montreal/Canada 2017
6. Bansemer, R.; Winter, J.; Nishime, T.; Horn, S.; Glitsch, S.; Lühder, H.; Wende, K.; Szymiczek, D.; Lösche, C.; Scharf, C.; Ehlbeck, J.; Weltmann, K.-D.: **Plasma jets in endoscopic applications** 4th International Workshop on Plasma Science & Entrepreneurship, Orléans/ France, 2017
7. Bekeschus, S.: **Plasmas as Tools in Dermatology and Onko-Therapy** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
8. Bekeschus, S.; Miller, V.; Fridman, A.; Weltmann, K.-D.: **Plasma, Cancer, Immunity - Roads and Challenges** iPlasmaNano conference VIII, Antwerpen/ Belgien, 2017
9. Bekeschus, S.; Rödder, K.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Cold plasma provides immune stimulus to battle cancer** ICOPS, Atlantic City, New Jersey USA 2017
10. Bruno, G.; Heusler, T.; Jablonowski, H.; Lackmann J.W.; Wende, K.: **Mass spectrometry based analysis of the oxidation compounds produced by cold atmospheric plasma (CAP) interaction with cysteine** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
11. Clemen, R.; Moll, J.; Scheller, J.: **Building complexes of fluorescent fusionproteins using nanobodies as cross-linking agents** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
12. Ding, J.; Jiang, S.; Kolb, J.; Li, Z.; Rao, J.: **An All Solid-State Nanosecond Pulse Generator for Waste Water Treatment** Proc. of the IEEE Pulsed Power Conference, Brighton/ UK, 2017
13. Freund, E.; Hackbarth, C.; Partecke, L.I.; Bekeschus, S.: **Oxidants increase toxicity and immunogenicity in murine colon cancer cells** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
14. Fricke, K.; Levien, M.; Kredl, J.; Weltmann, K.-D.: **On the Deposition of Bactericidal Copper/Plasma Polymer Composite Coatings by using Atmospheric Pressure Plasmas** 23rd ISPC, Montreal/Canada 2017
15. Fröhlich, M.: **Ökologische und funktionsoptimierte Vorbehandlungskette für die Plasmabeschichtung komplex geformter Schneidwerkzeuge** Projekt Öko-Clean Erste Ergebnisse Arbeitsgemeinschaft INPLAS Neuartige Plasmaquellen und -prozesse, Chemnitz/Germany, 2017
16. Fröhlich, M.: **Technologie mit Perspektive Plasmaprozesse zur Reinigung, Beschichtung und Haftvermittlung** Plasmatechnologie trifft Luftfahrt, ZAL Hamburg/Germany, 2017
17. Fröhlich, M.; Gauter, S.; Kersten, H.: **Unconventional plasma diagnostic how calorimetric measurements help to understand magnetron sputter processes** 3rd International Workshop on Diagnostic Systems for Plasma Processes, Lichtenwalde/Germany, 2017
18. Fröhlich, M.; Gauter, S.; Kersten, H.: **Unconventional plasma diagnostic how calorimetric measurements help to understand magnetron sputter processes** 3rd International Workshop on Diagnostic Systems for Plasma Processes, Lichtenwalde/Germany, 2017
19. Fröhlich, M.; Ihrke, R.; An, S.; Testrich, H.; Harhausen, J.; Köpp, D.: **Plasmaglättten und Beschichten von 3D-gedruckten Teilen** Gemeinschaftsausschuss Kombinierte Oberflächentechnik, INPLAS, Braunschweig/Germany, 2017
20. Gerling, T.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.: **Plasmaquellenkonzepte für medizinische Nutzung** Workshop Plasma4Life, Tübingen/Deutschland 2017

21. Gianella, M.; Reuter, S.; Aguila, A. L.; Lang, N.; Röpcke, J.; Ritchie, G. A. D.; van Helden, J. H.: **Detection of HO<sub>2</sub> in an atmospheric pressure plasma jet using optical feed-back cavity-enhanced absorption spectroscopy** 12th CES, Egmond aan Zee/Netherlands 2017
22. Gött, G.; Gericke, A.; Henkel, K.-M.; Uhrlandt, U.: **What did we learn about the SAW cavern?** IIW Annual Assembly, Shanghai/China 2017
23. Hahn, V.; Winter, J.; Kolb, J.F.; v. Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Decontamination in healthcare with customized low temperature plasma** 18. World Sterilization Congress, Bonn, Deutschland, 2017
24. Hamann, S.; Burlacov, I.; Spies, H.-J.; Biermann, H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic investigations of plasma nitriding processes: A comparative study using steel and carbon as active screen materials** 18th LAPD, Prague/Czech Republic 2017
25. Harhausen, J.; Foest, R.; Wauer, J.; Baeva, M.; Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Franke, C.; Oberberg, M.; Brinkmann, R. P.: **Prospects for the enhancement of PIAD by plasma diagnostics** SPIE Optifab, Rochester/ USA, 2017
26. Hasse, S.: **Einsatz des kINP MED in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie** ak-adp, 5 Workshop Plasmamedizin, Rostock, Deutschland, 2017
27. Höft, H.: **Experimental and modeling results on the axial and radial breakdown dynamics in dielectric barrier discharges** 70th GEC, Pittsburgh/USA 2017
28. Höft, H.: **Radiale Entwicklung des Streamerdurchbruchs ingepulsten, dielektrisch behinderten Entladungen** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Bremen/ Deutschland 2017
29. Jablonowski, H.: **Nitric oxide in plasma treated buffer solution where is it generated?** 23rd ISPC, Montreal/ Canada 2017
30. Jablonowski, H.; Sousa, J.S.; Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Wende, K.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.; Reuter, S.: **Plasma generated ozone: Detection from the gas phase to the liquid** International Conference on Plasmas with Liquids (ICPL 2017), Prague/Czech Republic 2017
31. Zocher, K.; Wende, K.; Volzke, J.; Kolb, J.; Weltmann, K.-D.: **Microalgal protein and pigment analysis after extraction spark discharge treatment** 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk USA, 2017
32. Khabipov, A.; Kaeding, A.; Hackbarth, C.; Partecke, L.I.; Bekeschus, S.: **Pankreastumorwachstum und Makrophagendifferenzierung Nutzen der Kaltplasma-Therapie im Zellmodell** 10th Int. FRUTIC Symp., Berlin/Germany 2017
33. Khakpour, A.; Methling, R.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.: **Emission Spectroscopy During High-Current Anode Modes in Vacuum Arc** 22th Symp. on Physics of Switching Arc, Brno/Czech Republic 2017
34. Kolb, J.F.; Banaschik, R.; Kredl, J.; Schulz, T.; Miron, C.; Lukes, P.; Bednarski, P.J.; Weltmann, K.-D.: **Environmental Applications of Plasmas in Liquids** 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk USA, 2017
35. Kolb, J.F.; Brandenburg, R.: **Micro-pollutant Degradation with Pulsed Plasmas** Baltic Clean Technology Conference for sustainable solutions, Rostock/Deutschland 2017
36. Kruth, A.; Foest, R.: **Energy Materials and Surfaces Research at the INP, Reading/UK, 2017** Seminar Johnson Matthey, Reading/UK 2017
37. Lackmann, J.-W.: **Atmospheric Plasmas for Medical Applications in Space** VAAM Fachgruppentagung Weltraummikrobiologie, Köln/Germany 2017
38. Levien, M.; Kredl, J.; Weltmann, K.-D.; Fricke, K.: **Atmospheric pressure plasma-based preparation of antimicrobial polymer coatings with controlled copper release** 28th European Conference on Biomaterials, Athen/ Griechenland 2017
39. Loffhagen, D.: **Kinetische Berechnung der Transportkoeffizienten der Elektronen in CO<sub>2</sub>** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Bremen/Deutschland 2017
40. Masur, K.; von Werde, Y.; Metelmann, H.-R.; Schwetlick, B.; Motz, W.; Han, I.; Yi, S.-H.; Choi, E. H.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Plasma Medicine: From Bench to Bedside** AVS64th, Tampa/ Florida, 2017
41. Melo, G.P.; Bernardes, S.S.; Neto, F.P.S.; Cecchini, A.L.: **Tumor microenvironment and systemic nitro-oxidative stress during the progression of melanoma pulmonary metastasis** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
42. Miron, C.; Kruth, A.; Weltmann, K. D.; Kolb, J. F.: **Structural modification of polymer nanocomposites treated by plasma in liquids for electroluminescent devices** Workshop on Advanced Materials Science, Leibniz Association, Dresden/Deutschland 2017

43. Miron, C.; Sava, I.; Hulubei, C.; Quade, A.; Kruth, A.; Bodnar, W.; Burkel, E.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J.F.: **Optical and Mechanical Properties of Polymers Treated by Plasma in Liquids** 5th International Workshop and the 4th International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technologies, Greifswald/Deutschland 2017
44. Moritz, J.; Marx, S.; Stoffels, I.; Bekeschus, S.: **Exogenous oxidants and macrophage polarization in zumor environment** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
45. Müller, M.-C. **Cultivation, Analytics and Isolation of Cyanobacterial Compounds** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
46. Nebe, J. B.; Finke, B.; Rebl, H.; Moerke, C.; Schnabelrauch, M.; Stähle, S.: **Bioactivation of implant materials and induction of cell signaling via a plasma polymer nanolayer** 28th European Conference on Biomaterials, Athen/Griechenland 2017
47. Peglow, S.; Pohl, M.-M.; Brüser, V.: **Plasma-vapour-deposition synthesis of Au and Au-Ag core-shell nanoparticle on metal oxide semiconductors** 10th Symposium on Vacuum based Science and Technology, Kolobrzeg/Polen 2017
48. Prehn, F.; Timmermann, E.; Hahn, V.: **Indoor air purification by dielectric barrier discharge** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
49. Rataj, R.; Kredl, J.; Miron, C.; Schulz, T.; Kolb, J.F.: **Investigations on Corona-like Sub-microsecond Pulsed Discharges in Water** 5th International Workshop and the 4th International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technologies, Greifswald/Deutschland 2017
50. Rupp, C.; Hamann, S.; Nave, A.; Burlacov, I.; Spies, H.-J.; Biermann, H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic studies of active screen plasma nitrocarburizing processes comparing a steel and a carbon mesh as an active screen** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Bremen/Deutschland 2017
51. S. Gortschakow **Determination of Cr density in the high-current vacuum arc considering anode activity** 22th Symp. on Physics of Switching Arc, Brno/Czech Republic 2017
52. Schäfer, J.; Fricke, K.; Foest, R.: **Schichtsynthese aus siliziumorganischen Verbindungen mittels eines innovativen Verfahrens: Liquid Assisted Plasma Enhanced CVD** 30. AK-ADP, Jena/ Germany, 2017
53. Schlüter, O.; Adamzig, H.; Cziollek, I.; Ehlbeck, J.; Theilen, H.: **PLASMA-BASED DECONTAMINATION OF DRIED PLANT-RELATED PRODUCTS TO ENHANCE FOOD SAFETY (<sup>3</sup>PLAS)** 34. Anuga, Köln/Germany 2017
54. Schmidt, A.: **Evaluierung des Wundheilungs- und Risikopotentials einer kalten Atmosphärendruckplasmaquelle im dermalen full-thickness Mausmodell** ak-adp, 5 Workshop Plasmamedizin, Rostock, Deutschland, 2017
55. Schmidt, M.; Gerber, I. C.; Gerling, T.; Altröck, B.; von Woedtke, T.: **Pin-to-liquid discharge: optical, electrical and chemical characterization and application** DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Bremen/Deutschland 2017
56. Schnabel, U.; Stachowiak, J.; Schlüter, O.; Andrasch, M.; Ehlbeck, J.: **Plasma processed water (PPW) an alternative for fresh-cut salad sanitation?** 10th Int. FRUTIC Symp., Berlin/Germany 2017
57. Seebauer, C.; Hasse, S.: **Wertigkeit von kaltem physikalischem Plasma in der Behandlung der Leukoplakie als intraorale Präkanzerose** 67. Kongress der Deutsche Gesellschaft MKG, Bonn, Germany, 2017
58. Shi, F.; Zhuang, J.; Steuer, A.; Kolb, J.F.: **In situ Impedance Measurements of Epithelial Cell Monolayers after Exposure to Pulsed Electric Fields** 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk USA, 2017
59. Steuer, A.; Kolb, J.F.; v. Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Combined treatment of tumorigenic and non-tumorigenic cells with pulsed electric fields and cold atmospheric pressure plasma** 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk USA, 2017
60. Steuer, A.; Kolb, J.F.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K.-D.: **Combined treatment of tumorigenic and non-tumorigenic cells with pulsed electric fields and cold atmospheric pressure plasma** 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk USA, 2017
61. Testrich, H.: **Bioactive and Antibacterial Plasma Sprayed Coatings on Polymer Substrates Suitable for Orthopedic and Tissue Engineering Applications** ICOPS, Atlantic City, New Jersey USA 2017
62. Testrich, H.: **Plasmaspraying einzigartiges Werkzeug zur Oberflächenveredelung** Ak-adp 28. Workshop Hamburg 2017
63. Timmermann, E.: **Luftreinigung mit Oberflächenplasma und Ionenwind** 2. Wirtschaftsforum Regiopoli-region, Rostock/Deutschland 2017

64. Timmermann, E.: **Dielectric barrier discharge combined with ionic wind: Ion and ozone production** 7th CESPC, Sveti Martin na Muri/Kroatien 2017
65. Uhrlandt, D.; Zhang, G.; Goett, G.; Kozakov, R.; Reisgen, U.; Mann, S.; Buchholz, G.; Lozano, P.; Willms, K.: **Determination of temperature, geometry and resistance of the wire and droplet depot in GMAW** IIW Annual Assembly, Shanghai/China 2017
66. van Helden, J.H.; Nave, A.; Reuter, S.; Röpcke, J.; Lawry Aguila, A.; Gianella, M.; Ritchie, G.A.D.: **Cavity-enhanced absorption spectroscopy to characterize atmospheric pressure plasma jets** 2nd ECPD, Bordeaux/France 2017
67. van Helden, J.H.; Reuter, S.; Lang, N.; Röpcke, J.; Gianella, M.; Lawry Aguila, A.; Ciaffoni, L.; Ritchie, G.A.D.: **Detection of transient species in an atmospheric pressure plasma jet using cavity-enhanced spectroscopy techniques** 23rd ISPC, Montreal/Canada 2017
68. Wende, K.; Jablonowski, H.; Lackmann, J.; Bruno, G.; Lalk, M.; Bruggeman, P.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Potential, prospects, and estimation of non-thermal plasma derived liquid chemistry** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
69. Wende, K.; Volzke, J.; Lackmann, J.; Jablonowski, H.; Bekeschus, S.; Bruggeman, P.; Weltmann, K.-D.: **On the liquid chemistry of non-thermal plasmas** 23rd ISPC, Montreal/Canada 2017
70. Wende, K.; Volzke, J.; Lackmann, J.; Jablonowski, H.; Bekeschus, S.; Stapelmann, K.; Hasse, S.; Bruggeman, P.; Weltmann, K.-D.: **Non-thermal plasmas in biomedical applications beyond the long-lived species** AVS64th, Tampa/Florida, 2017
71. Winter, J.: **On the application of atmospheric pressure plasma jets in endoscopy** 23rd ISPC, Montreal/Canada 2017
72. Winter, J.; Horn, S.; Glitsch, S.; Lühder, H.; Wende, K.; Symiczek, D.; Lösche, C.; Scharf, C.; Ehlbeck, J.; Weltmann, K.-D.: **Einsatz von Atmosphärendruck-Plasmajets in der Endoskopie** 18. Fachtagung Plasmatechnologie, Göttingen/Deutschland 2017
73. Winter, J.; Nishime, T.; Horn, S.; Glitsch, S.; Lühder, H.; Wende, K.; Symiczek, D.; Lösche, C.; Scharf, C.; Ehlbeck, J.; Weltmann, K.-D.: **Research for a deployable plasma endoscope Bionection**, Jena/ Germany, 2017
74. Wolff, C.: **Testing stauroshorine-pulse treatment as a new method for cancer stem cell enrichment in cancer cell lines** Young Professionals Workshop on Plasma Medicine, Rostock/Germany 2017
75. Zhang, G.; Goett, G.; Uhrlandt, D.: **Arc voltage drop determination in GMAW** IIW Annual Assembly, Shanghai/China 2017
76. Zhang, G.; Uhrlandt, D.; Gött, G.; Kozakov, R.: **Study of the electrical characteristics of the current path in GMAW by determination of arc and electrode temperatures** 7th International Conference on Welding and Engineering, Jinan/China 2017
77. Zocher, K.; Banaschik, R.; Volzke, J.; Wende, K.; Lalk, M.; Kolb, J.F.: **Protein and Pigment Extraction from Microalgae with Spark Discharge Plasma** 5th International Workshop and the 4th International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technologies, Greifswald/Deutschland 2017
78. Zocher, K.; Kolb, J.F.: **Microalgal protein and pigment analysis after extraction with spark discharge treatment** 2nd World Congress on Electroporation, Norfolk USA, 2017
79. Zocher, K.; Wende, K.; Volzke, J.; Banaschik, R.; Lalk, M.; Kolb, J.F.: **Extraction of metabolites from microalgae with spark discharges** Extraction of metabolites from microalgae with spark discharges ICOPS, Atlantic City, New Jersey USA 2017
80. Zocher, K.; Wende, K.; Volzke, J.; Banaschik, R.; Lalk, M.; Kolb, J.F.: **Extraction of metabolites from microalgae with spark discharges** Extraction of metabolites from microalgae with spark discharges 5th International Workshop and the 4th International Mini Workshop on Solution Plasma and Molecular Technologies, Greifswald/Deutschland 2017



## PATENTE 2016

### Angemeldete Patente

1. Brüser, V.; Kruth, A.; Sievers, G.; Walter, Ch.; Steffen, F.; Jakubith, S. **Verfahren zur Herstellung von Gasdiffusions-elektroden für Brennstoffzelle, sowie Gasdiffusions-elektrode und Brennstoffzelle** EP15731928.6

2. Kellner, U.; Fröhlich, M.; Lieboldt, M.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.; Schladitz, F. **Textile Bewehrung mittels Garn und Verfahren zur Vorbereitung eines Garns** EP16190540.1

3. Polak, M.; Quade, A.; Ihrke, R.; Fröhlich, M.; Weltmann, K.-D. **Method for polishing conductive metal surfaces** EP16181110.4

4. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Krömker, W. **Hand Disinfection Device Having a Plasma and Aerosol Generator** US 14/916,748

5. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Krömker, W. **Hand Disinfection Device Having a Plasma and Aerosol Generator** CA 2,923,337

6. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Krömker, W. **Hand Disinfection Device Having a Plasma and Aerosol Generator** RU 2016107819

7. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; Krafczyk, S.; von Woedtke, T. **Device For Biologically Decontaminating Percutaneous Access Points And Method Therefor** US 15/313,558

8. Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; Krafczyk, S.; von Woedtke, T. **Device For Biologically Decontaminating Percutaneous Access Points And Method Therefor** EP15729767.2

9. Baudler, J.-S.; Turski, P.; Horn, S.; Weltmann, K.-D. **Plasmaerzeugungseinrichtung, Plasmaerzeugungssystem, Verfahren zur Erzeugung von Plasma und Verfahren zur Desinfektion von Oberflächen** EP16152759.3

10. Weltmann, K.-D.; Gerling, T.; Lembke, N. **Plasmabehandlungsgerät und Verfahren zur Plasmabehandlung** EP16152955.7

11. Weltmann, K.-D.; Gerling, T.; Lembke, N. **Plasma Treatment Device And Method For Plasma Treatment** US 15/008,488

12. Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; Stieber, M.; Horn, S.; Turski, P. **Device for generating plasma, system for generating plasma and method for generating plasma** US 15/352,630

13. Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A. **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines Produktgasstroms** EP16166491.7

14. Stieber, M.; Ehlbeck, J.; Stachowiak, J. **Plasmabasierte Behandlung von Freiform-körpern** EP16197904.2

15. Stieber, M.; Ehlbeck, J.; Stachowiak, J. **Device, system and method for treatment of an object with plasma** US 15/347,813

16. Winter, J. **Device and method for generating a plasma jet** EP16187095.1

### Erteilte Patente

1. Baudler, J.-S.; Turski, P.; Horn, S.; Weltmann, K.-D. **Plasmaerzeugungseinrichtung, Plasmaerzeugungssystem, Verfahren zur Erzeugung von Plasma und Verfahren zur Desinfektion von Oberflächen** DE102015101391.6

2. Weltmann, K.-D.; Gerling, T.; Lembke, N. **Plasmabehandlungsgerät und Verfahren zur Plasmabehandlung** DE102015101315.0

## PATENTE 2017

### Angemeldete Patente

1. Ehlbeck, J.; Krohmann, U.; Lehmann, W.; Neumann, T.; Weltmann, K.-D.; Andrasch, M.; Schnabel, U. **Plasma-Generated Gas Sterilization Method and Device** US 15/487,483

2. Polak, M.; Hempel, F.; Garkas, W.; Weltmann, K.-D. **Antibacterial Surface Modification for Medical Devices** EP17160207.1

3. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T. **Vorrichtung, System und Verfahren zur antimikrobiellen Behandlung und Computerprogramm** DE102017105702.1

4. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T. **Vorrichtung, System und Verfahren zur antimikrobiellen Behandlung und Computerprogramm** PCT/EP2017/056300

5. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Turski, P. **System und Verfahren zur Behandlung von Oberflächen von Körpern, insbesondere zur Wundbehandlung** DE102017106482.6
6. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Turski, P. **System und Verfahren zur Behandlung von Oberflächen von Körpern, insbesondere zur Wundbehandlung** PCT/EP2017/057310
7. Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A. **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines Produktgasstroms** PCT/EP2017/059537
8. Reuter, S.; Bansemer, R.; Weltmann, K.-D. **Multi Frequency Atmospheric Plasma Generating Device** EP17172971.8
9. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Weltmann, K.-D. **Planar device and method for generating a plasma or reactive species** EP17150571.2
10. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** EP25788342.2
11. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** EA 201790814
12. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** BR 11 2017 007257 2
13. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** SG 112017027845
14. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** US 15/517,956
15. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** AE P6000399/2017
- 16 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** AU 2015329934
- 17 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** CA 2,963,457
- 18 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** CN 201580054569.9
- 19 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** IL 251677
- 20 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** IN 201717013293
- 21 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** KR 10-2017-7011115
- 22 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** MX/a/2017/004676
- 23 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** SA 517381276
- 24 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** ZA 2017/02424
- 25 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** JP 2017538456
- 26 Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** MA 25788342.2

27 Polak, M.; Quade, A.; Ihrke, R.; Fröhlich, M.; Weltmann, K.-D. **Method for polishing conductive metal surfaces** PCT/EP2017/066768

28 Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A.; Winter, J. **Modular plasma jet treatment system** EP17196914.0

29 Winter, J. **Device and method for generating a plasma jet** PCT/EP2017/068913

30 Brüser, V.; Sievers, G.; Westphal, D.; Lawrenz, U. **Potentiometrischer Gassensor** EP17203389.6

## Erteilte Patente

1 Foest, R.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Kindel, E. **Kaltplasma-Handgerät zur Plasma-Behandlung von Oberflächen (KINPen I)** DE102006019664.3

2 Schäfer, J.; Horn, S.; Brandenburg, R.; Foest, R.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D. **Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung eines kalten, homogenen Plasmas unter Atmosphären-druckbedingungen** EP12731316.1

3 Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Lademann, O. **Atmospheric Pressure Plasma Jet For Delivering Active Substances Encapsulated In Nanoparticles Or Microparticles To Tissue** US 13/389,938

4 Ehlbeck, J.; Krohmann, U.; Lehmann, W.; Neumann, T.; Weltmann, K.-D.; Andrasch, M.; Schnabel, U. **Plasma-Generated Gas Sterilization Method** US 13/696,723

5 Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Krömer, W. **Handdesinfektionsvorrichtung mit Plasma- und Aerosolgenerator** EP14758976.6

6 Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Krömer, W. **Hand Disinfection Device Having A Plasma And Aerosol Generator** CA 2,923,337

7 Weltmann, K.-D.; Gerling, T.; Lembke, N. **Plasma Treatment Device And Method For Plasma Treatment** US 15/008,488

5. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Turski, P. **System und Verfahren zur Behandlung von Oberflächen von Körpern, insbesondere zur Wundbehandlung** DE102017106482.6

6. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Turski, P. **System und Verfahren zur Behandlung von Oberflächen von Körpern, insbesondere zur Wundbehandlung** PCT/EP2017/057310

7. Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A. **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines Produktgasstroms** PCT/EP2017/059537

8. Reuter, S.; Bansemer, R.; Weltmann, K.-D. **Multi Frequency Atmospheric Plasma Generating Device** EP17172971.8

9. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Weltmann, K.-D. **Planar device and method for generating a plasma or reactive species** EP17150571.2

10. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** EP25788342.2

11. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** EA 201790814

12. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** BR 11 2017 007257 2

13. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** SG 112017027845

14. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** US 15/517,956

15. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** AE P6000399/2017

16. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** AU 2015329934

17. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** CA 2,963,457

18. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** CN 201580054569.9

19. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** IL 251677

20. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** IN 201717013293

21. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** KR 10-2017-7011115

22. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** MX/a/2017/004676

23. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** SA 517381276

24. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Device for generating a cold atmospheric pressure plasma** ZA 2017/02424

25. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** JP 2017538456

26. Mahrenholz, C.; Güra, T.; Bussiahn, R.; Krafczyk, S.; Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T. **Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Atmosphärendruckplasmas** MA 25788342.2

## PROMOTIONEN 2016

1. Steuer, Anna: **Effekte von Nanosekunden gepulsten elektrischen Feldern auf Zellen im Monolayer** University of Rostock 08.06.2016

## PROMOTIONEN 2017

1. Banaschik, Robert: **Abbau pharmazeutischer Rückstände in Wasser unter Einwirkung gepulster Atmosphärendruckplasme** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.3.13 - 01.3.17

2. Hohmann, Jan-Niklas: **Investigation on the influence of plasma treated exsudates - Focusing on MMPs, TIMPs and cytokines** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 04.04.-30.09.2017

3. Meder, Tida: **Plasma-treated 3D tumor cells role of ambient air and melanoma cell phenotype (med.)** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 04.04.-30.09.2017

4. Nave, Andy: **Physico-chemical investigation of plasma induced deposition processes** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.09.2013 - 6.10.2017

5. Segebarth, Maria: **Einfluss von kaltem Atmosphärendruck-plasma auf chronisch-entzündliche Mundschleimhauterkrankungen mit besonderem Augenmerk auf die lokale Immunantwort (med)** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.01.-31.12.2017

6. Vu, Uyen My: **Molekularbiologische Untersuchung Plasma-induzierter Effekte im Wundmodell der Maus** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 02.04.-30.09.2017

7. Wulf, Can Pascal: **Differenzierungsverhalten von Monozyten nach Stimulation mit Plasma-behandelten Ovarialkarzinomzellen, (Dr. med.)** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.04.2017 - 29.09.2017



## DIPLOM- UND MASTERARBEITEN 2016

1. Dorst, Johanna: **Deposition and characterization of functional plasma polymer nanofilms** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 1.10.2015-6.10.2016
2. Klink, Rouven: **Untersuchung des Einflusses dielektrischer Oberflächen auf das Verhalten von Barrierenentladungen** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.11.2015 - 02.11.2016
3. Leskow, Fabian Hagen: **Konzeption und Aufbau einer Vorrichtung zur Detektion von Milben auf Honigbienen** FH Stralsund 17.07.2017
4. Moritz, Juliane: **Kleinstpartikel-Analyse humaner Leukozyten nach Behandlung mit physikalischem Kaltplasma** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 13.04.2015 - 29.07.2016
5. Näser, Freya: **Einfluss von physikalischem Plasma auf das Proteom und die Produktbildung von Ganoderma lucidum** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.01-17.10.2016
6. Schlewitt, Mathias: **Untersuchung und Minimierung der Störeinflüsse durch Schaltnetzteile (SNT) auf Stromtreiber und Temperaturcontroller zum Betrieb von cwQCLs** FH Stralsund 13.04.2016
7. Schult, Kathleen: **Untersuchungen ZUR Wirkung von kaltem Atmosphärendruckplasma und Doxorubicin auf Mammakarzinomzellen** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 23.03.2016

## DIPLOM- UND MASTERARBEITEN 2017

1. Altrock, Beke: **Untersuchung des Einflusses von Proteinen auf die antimikrobielle Wirksamkeit von Plasmaaktivierter physiologischer Kochsalzlösung** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 16.06.2017
2. Apelmann, Marie: **Generierung antimikrobieller Oberflächen für medizinische Anwendungen mittels atmosphärischen Plasmaspritzens (APS) ultrafeiner Pulver** University of Rostock 10/2016-06/2017
3. Barillas, Laura: **Deposiciones bioactivas y antibacteriales por Plasma Spray sobre polimeros utilizados en aplicaciones ortopedicas y de ingenieria de tejidos** Instituto Tecnológico de Costa Rica 03/2016-07/2016 (Fertigstellung 04/2017)

4. Brösel, Stephan: **Redoxaktive Spezies als Vermittler der antimikrobiellen Wirksamkeit plasmabehandelter Flüssigkeiten am Beispiel von Escherichia coli** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 26.04.2017

5. Laurence, Urban: **Herstellung und Charakterisierung von Cer- und Yttrium-dotierten Bariumzirkonat** University of Rostock 15.11.2017

6. Levien, Monique: **Untersuchungen zur Abscheidung von antimikrobiell wirksamen kupferhaltigen Plasmapolymerschichten sowie die Bestimmung des Releaseverhaltens von Kupfer in wässrigen Lösungen** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 27.02.2017

7. Rataj, Raphael: **Untersuchung zu Entladungen im Wasser für ultrakurze Hochspannungspulse** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 04.11.2016-03.11.2017

8. Weitemeyer, Josephine: **Enzymatische Kopplung von N- und S-haltigen Verbindungen mit dihydroxylierten aromatischen Substanzen mittels Laccase aus Pycnoporus cinnabarinus sowie Testung der antimikrobiellen Aktivität gebildeter heteromolekularer Produkte** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 10.04.2017

## BACHELORARBEITEN 2016

1. Mathiszik, David: **Realisierung und Sicherheitsuntersuchungen einer IEEE 802.1x Authentifizierung in einer IT- Infrastruktur** FH Stralsund 01.12.2015-13.04.2016

## BACHELORARBEITEN 2017

1. Khabipov, Aydar: **Vergleichende Analyse von Plasma-behandeltem Medium auf 8 Tumorzelllinien** Ernst Moritz Arndt University of Greifswald 01.07.2017 - 29.09.2017
2. Fischbach, Mara: **Erzeugung von Titandioxidschichten unter Zugabe biodegradierbarer Materialien für die Anwendung auf Implantatoberflächen durch den Prozess des Plasmaspritzens** FH Stralsund 03/2017-08/2017
3. Schramm, Maximilian: **Entwicklung und Test eines  $\mu$ HEMPT-Engineering.Models für die Anwendung auf einem CubeSat** University of Stuttgart 01.04.2017

# JAHRESBERICHT 2016/2017

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR PLASMAFORSCHUNG UND TECHNOLOGIE E.V.

Felix-Hausdorff-Str. 2 // 17489 Greifswald // Germany

Tel.: +49 3834 / 554 300 // Fax: +49 3834 / 554 301

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

