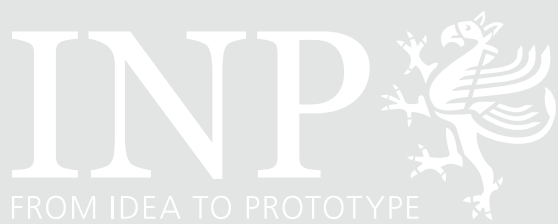


ZWEIJAHRESBERICHT 2018/2019

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR PLASMAFORSCHUNG UND TECHNOLOGIE E. V.





ZWEIJAHRESBERICHT 2018/2019

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

welcome@inp-greifswald.de

Physikalisches Plasma ist vielseitig einsetzbar und bietet in vielen Lebensbereichen sowie bei aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen wirkungsvolle Lösungsansätze. Vor allem in der Kombination mit Fachdisziplinen, wie z.B. den Lebenswissenschaften oder den Ingenieurwissenschaften, liegt enormes Potential – Das wollen wir als INP weiterhin erfolgreich nutzen.

Auf den folgenden Seiten haben wir unsere Forschungsarbeiten rund um die anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf dem vielseitigen Gebiet der Plasmatechnologie dargestellt. Als Forschungseinrichtung der Leibniz-Gemeinschaft bewegen wir uns ständig im Spannungsbogen zwischen Grundlagen und Anwendungsforschung. Auf den ersten Blick ist das nicht immer leicht zu vereinbaren, zumal die Verbindung verschiedener Kompetenzen dafür zwingend nötig ist. Uns haben die Erfahrungen der vergangenen Jahre aber gezeigt, dass gerade dieser Spannungsbogen die besten Ideen hervorbringt, um z.B. auch ganz neue Forschungsdisziplinen wie die der Plasma-Medizin und Plasma-Agrikultur, zu gestalten.

Neben diesen finden Sie Details zu den verschiedenen Arbeiten in unseren Forschungsbereichen Materialien & Energie sowie Umwelt & Gesundheit. Besonderen Highlights, wie den zwei Projekten „Campfire“ und „Physics for Food“, die im Rahmen der WIR-Förderrichtlinie des BMBF gestartet wurden, Neuem aus dem „Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg“ oder dem Start des Neubaus des Zentrums für Life Science und Plasmatechnologie am Standort Greifswald, haben wir eigene Abschnitte gewidmet.

Interdisziplinarität und der Blick über den berühmten Teller- rand hinaus, gepaart mit dem nötigen Mut zeichnen uns als INP-Forscher aus. Engagierte Mitarbeitende und eine solide Unterstützung durch unsere Fördermittelgeber und Partner aus Wirtschaft und Gesellschaft bilden die Basis unseres Erfolgs. Aus diesem Grund blicken wir ein wenig stolz und vor allem dankbar auf das Erreichte der letzten zwei Jahre sowie gut gerüstet und zuversichtlich in die Zukunft. Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen. Wir würden uns freuen, wenn Sie uns weiter auf unserem spannenden Weg begleiten.



Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann

Vorstandsvorsitzender und wissenschaftlicher Direktor

INHALT

BEGRÜSSUNG.....	2
HIGHLIGHTS.....	5
AUSBLICK.....	7
FORSCHUNGSBEREICH - MATERIALIEN & ENERGIE.....	10
▪ Forschungsschwerpunkt Materialien und Oberflächen	12
- Funktionelle Schichten, Additive Fertigung	13
- CarMON (Leibniz Wettbewerb) – Neue Kohlenstoff-Metall-Hydride	14
▪ Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse	15
- Plasmachemie.....	17
- „ReDBird“ – Entladungsregimes in dielektrische behinderten Entladungen für die Beschichtung	18
▪ Forschungsschwerpunkt Schweißen und Schalten	19
- Analyse der elektrischen Prozesswirkstrecke eines MSG-Schweißprozesses zur Erstellung einer dynamischen, phänomenologischen Systembeschreibung	20
- Lichtbögen	21
- Drittmittelfinanziertes Projekt Einsatz optischer Sensorik für die Charakterisierung der Emissionen und der Prozessstabilität beim MSG-Schweißen	22
FORSCHUNGSBEREICH - UMWELT & GESUNDHEIT	24
▪ Forschungsschwerpunkt Bioaktive Oberflächen.....	25
- ÖkoClean - Ökologische und funktionsoptimierte Vorbehandlungskette für die Plasmabeschichtung komplex geformter Schneidwerkzeuge.....	27
- Wachstumskern MikroLas - Surfaces shaped by photonics.....	28
▪ Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin	29
- Plasma & Zelle – Plasmabasierte Verfahren in der Medizin	31
- Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK) "plasmatis - Plasma plus Zelle"	32
▪ Forschungsschwerpunkt Dekontamination	33
- Entladungsprozesse in wässrigen Lösungen	35
- Aufschluss von Biomasse durch die Kombination von Plasma- und Ultraschallbehandlung	36
FORSCHERGRUPPEN	38
▪ ZIK plasmatis - Plasma-Redox-Effekte	39
▪ ZIK plasmatis - Plasma-Flüssigkeits-Effekte	41
▪ Biosensorische Oberflächen	43
▪ Plasmaquellen-Konzepte	45
▪ Plasmawundheilung	47
▪ Plasma-Agrarkultur	49
▪ Materialien für die Energietechnik	51
KOMPETENZEN	54

▪ Plasmabiotechnik	55
▪ Plasmadiagnostik	57
▪ Plasma Life Science	59
▪ Plasmamodellierung	61
▪ Plasmaoberflächentechnik	63
▪ Plasmaprozesstechnik	65
▪ Plasmaquellen.....	67
▪ Plasmastrahlungstechnik.....	69
▪ Stab - Wissenschaftsmanagement.....	71
▪ Verwaltung / Infrastruktur.....	72

APPLIKATIONSLABORE..... 74

▪ Labor für Oberflächendiagnostik.....	75
▪ Lichtbogenlabor.....	76
▪ Schweißlichtbogenlabor.....	77
▪ Hochspannungs-/Dauerstromlabor.....	78
▪ Mikrobiologisches Labor	79
▪ Labor für Hochfrequenztechnik.....	80
▪ Labor für AOM-Laser und Industriesensorik	81
▪ Labor für Plasma-Bio-Prozesstechnik	82

LEITBILD..... 83

PROFIL..... 84

KOOPERATIONEN..... 90

PUBLIKATIONEN..... 95

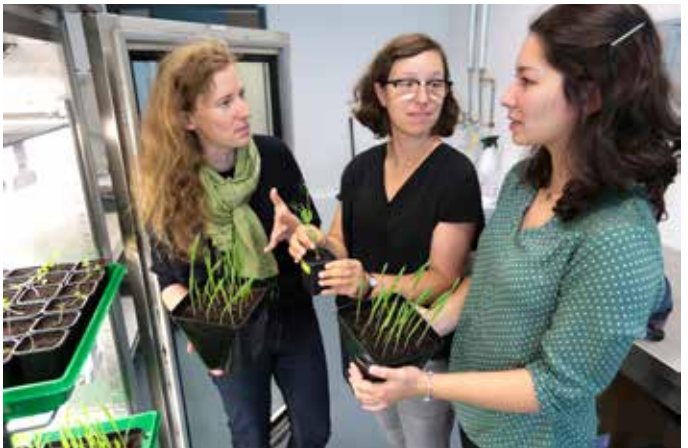
VORTRÄGE..... 109

PATENTE..... 115

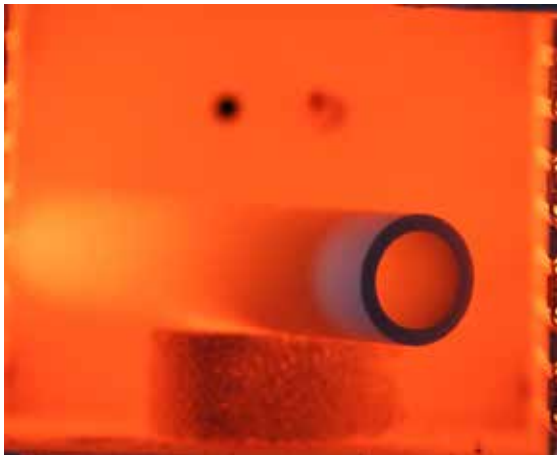
PROMOTIONEN, DIPLOM-, MASTER- UND BACHELORARBEITEN..... 118

Grüner Ammoniak für eine emissionsfreie Mobilität- das Forschungsbündnis Campfire

Im Rahmen des Pilotprogramms „WIR! - Wandel durch Innovation in der Region“ des BMBF hat das Bündnis CAMPFIRE unter der Leitung des INPs 2019 seine Arbeit gestartet. Ziel der Partner aus Forschung und Industrie ist es, durch die Entwicklung innovativer Energietechnologien und der Verflechtung der lokalen Energiebranche mit der maritimen und chemischen Industrie einen neuen zukunftsträchtigen Wirtschaftszweig in der Projektregion Nord-Ost zu etablieren. Kern der Forschung ist die dezentrale Herstellung von grünem Ammoniak aus erneuerbaren Energien. Basis sind die jahrelangen Vorarbeiten des INPs auf dem Gebiet der Wasserstofftechnologie. Parallel zu den aktuellen Forschungsarbeiten werden technologisch-ökonomische Studien für die nachhaltige Produktion des Stoffes und dessen Nutzung als Kraftstoff in der Schifffahrt erstellt. Ammoniak ist ein hervorragender kohlenstofffreier Energiespeicher, kann leicht verflüssigt werden und verfügt über eine hohe Energiedichte und ist somit wertvoll für den Einsatz in Zero-Emission-Antrieben.



zenschutz und die Stärkung der Pflanzengesundheit zum Erhalt und zur Steigerung des Ertrages unter sich verändernden Umweltbedingungen. Flankiert wird das Vorhaben durch einen ganzheitlichen Technologietransfer, der sich an den gesellschaftlichen Werten einer regionalen und nachhaltigen Landwirtschaft orientiert. Das INP ist Partner in diesem Bündnisvorhaben, welches ebenfalls im Rahmen des Pilotprogramms „WIR! - Wandel durch Innovation in der Region“ gefördert wird. Diese Förderung ist ein wichtiger Meilenstein beim Ausbau des zukunftsträchtigen Forschungsfeldes der Plasma-Agrikultur am INP. Zusätzlich wird der Ausbau durch die bereits gesammelten Erfahrungen und gewonnen wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Bereich der Plasmamedizin beschleunigt.



"Physics for Food – Eine Region denkt um!"

Durch den Einsatz von innovativer physikalischer Hochtechnologie soll durch das Projekt „Physics for Food – Eine Region denkt um“, der Strukturwandel in der durch traditionelle etablierte Land- und Ernährungswirtschaft gekennzeichneten Region „Küstenhinterland Nordost“ gestaltet werden. Ausgehend von aktuellen ökologischen, ökonomischen, gesellschaftlichen und politischen Herausforderungen werden verschiedene Innovationspotentiale verfolgt, u.a. der Ersatz von chemischen Wirkstoffen im landwirtschaftlichen Pflanz-

Neue Ausgründung mit prämierter Idee - die Nebula Biocide GmbH

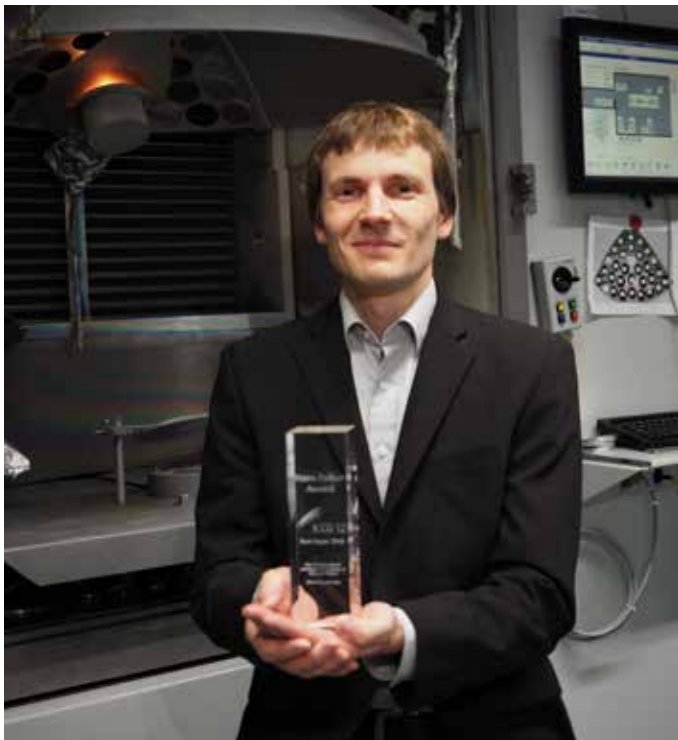
Forscher des INPs haben ein völlig neuartiges Hände-Desinfektionsverfahren erfunden und wurden 2018 mit dem „Inno Award“ sowie im Juni 2019 im Ideenwettbewerb der Gesundheitswirtschaft in MV ausgezeichnet. Auf dieser Grundlage wurde die Firma Nebula Biocide GmbH gegründet, mittlerweile die fünfte Ausgründung aus unserem Haus.

Das patentierte Verfahren der Firma hat entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen Substanzen für die Hände-Desinfektion, die in Kliniken, Arztpraxen und unzähligen Toiletten eingesetzt werden. Es besteht aus Wasser, ist geruchsfrei, schont Hände und Umwelt und es entstehen keine chemischen Rückstände. Gleichzeitig entfaltet das innovative Desinfektionsmittel eine deutlich größere Wirksamkeit, da es auch Bakteriensporen, die unter anderem von Clostridien gebildet werden, binnen weniger Sekunden abtötet.

Diese verkapselten und hitzeresistenten Dauerformen der Bakterien sind zum Problem in der Krankenhaushygiene geworden. Durch die freigesetzten Toxine werden Patienten zusätzlich geschwächt. Bei einem großflächigen Einsatz des neuen Hände-Desinfektionsverfahrens könnte so eine signifikante Senkung des Infektionsrisikos, z.B. in Krankenhäusern und öffentlichen Einrichtungen wie z.B. Einkaufszentren erzielt werden.

INP-Wissenschaftler Dr. Jens Harhausen gewinnt „Hans Pulker Award“

Der "Hans Pulker Award" der „International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)“ wurde 2018 für eine Gemeinschaftsarbeit des INP, des Fraunhofer IOF und der Ruhr-Universität Bochum verliehen. Eine Jury des International Organizing Committee zeichnete den Beitrag "Novel concepts for in situ characterization and control of plasma ion assisted deposition processes" der Autoren J. Harhausen, R. Foest, O. Stenzel, S. Wilbrandt, C. Franke und R. P. Brinkmann als "best paper" aus. Die Arbeit untersucht bisher nur unzureichend bekannte Kenngrößen beschichtender Plasmen und leitet daraus Strategien zur Verbesserung der in der Industrie weit verbreiteten Abscheidungs-Prozesse ab.



Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg startet den Betrieb

Innovative Medizintechnik und anwendungsnahe Forschung, dafür steht das Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK). Deutschlandweit werden hier auf einzigartige Weise innovative Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten auf dem Gebiet von Diabetes und Wundheilung entwickelt. Im November 2018 wurde das Zentrum offiziell eröffnet. Das in den Jahren 2012/2013 entwickelte wegweisende Konzept steht auf drei Säulen: Forschung, Entwicklung und Transfer in die industrielle und medizinische Praxis. In direkter Nachbarschaft findet künftig die klinische Behandlung der Diabetespatienten sowie eine interdisziplinäre und praxisnahe Forschung in entsprechend ausgestatteten Laboren statt. Dadurch können Forschungsergebnisse im Zusammenspiel mit Unternehmen aus der Medizinbranche deutlich schneller in die klinische Anwendung übertragen werden, was den Patienten zugute kommt. Die Ausstattung des Kompetenzzentrums Diabetes Karlsburg wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Gesundheit des Landes Mecklenburg-Vorpommern und der EU mit rund 2,5 Millionen Euro gefördert. Das Zentrum ist eine Kooperationsinitiative des Klinikums Karlsburg und des INP.



Foto vom Bau des zukünftigen Zentrums für Life Science und Plasmatechnologie (C4LP) in Greifswald. Die Fertigstellung ist für 2022 geplant.

Ausblick

Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP) hat bereits in zahlreichen Projekten nachgewiesen, dass großes wirtschaftliches Potenzial in plasmatechnologischen Anwendungen liegt und das INP für gesellschaftlich-relevante Problemstellungen innovative Lösungsansätze bietet. Dabei arbeiten wir eng mit der Industrie und anderen Forschungseinrichtungen zusammen. Die Kooperationen mit Forschungseinrichtungen und Partnern aus der Wirtschaft aus anderen Fachgebieten bilden dafür entscheidende Bausteine für zukünftige Vorhaben. Die folgenden Beispiele sollen einen kleinen Einblick in unser Forschungsspektrum der kommenden Jahre geben.

Unser Beitrag zur Energiewende

Gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT, Rostock) und dem Fraunhofer-Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP, Rostock) wollen wir als INP eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung von kostengünstigen und effektiven Wasserstofftechnologien einnehmen. Dafür wollen wir eine Forschungsfabrik („Researchfactory“) für die Erzeugung von Wasserstoff (H_2), Ammoniak (NH_3) und CO_2 -neutralen kohlenstoffbasierten Kraftstoffen (etwa synthetisches Methanol oder grünes Kerosin) aufbauen.

In Mecklenburg-Vorpommern wird die Energieerzeugung auf Basis von Windkraft, Solartechnik und Biomasse stetig ausgebaut. Ein bisher kritischer Punkt sind im Moment noch fehlende Anlagen zur Erzeugung von alternativen Speichermedien. Hier bieten sich Wasserstoff und Ammoniak an, die mit grünem Strom aus Wind- und/oder Sonnenenergie gewonnen werden können.

Plasma in der Landwirtschaft

Mit unseren Arbeiten im Bereich der Landwirtschaft erschließt sich für das INP ein ganz neues Anwendungsgebiet. Ziel unserer Forscherinnen und Forscher ist es die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen zu verbessern sowie ein gesteigertes Wachstum und eine höhere Ertragsfähigkeit zu erreichen. Ein zentrales Thema ist beispielsweise Saatgut statt mit chemischer Beize mit Hilfe von plasmabasierten Technologien haltbarer und keimfähiger zu machen. Ein zentrales Thema ist beispielsweise Saatgut statt mit chemischer Beize mit Hilfe von plasmabasierten Technologien haltbar und keimfähiger zu machen. Ein weiterer positiver Effekt der Plasmabehandlung ist die Stimulierung der Keimung auch von Pflanzenarten, deren Keimfähigkeit eher gering ist, so könnten auch „alte Sorten“ wieder einfacher produziert werden.

Vor dem Hintergrund der zu erwartenden verschärften EU-Regelungen für Pflanzenschutzmittel und der allgemeinen Klimaveränderung stellt der Einsatz von Plasmatechnologie somit eine attraktive Alternative zu den herkömmlichen Behandlungsmethoden dar, bei denen hauptsächlich Agrarchemikalien eingesetzt werden.

Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie – Platz für Innovationen

Die Hansestadt Greifswald investiert insgesamt rund 37,6 Millionen Euro in den Bau eines Zentrums für Life Science und Plasmatechnologie. 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 im Frühjahr 2022 geplant. 240 neue Arbeitsplätze sollen in dem Komplex entstehen, und wir möchten dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Im Beisein von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel, dem Landesminister für Wirtschaft, Arbeit und Gesundheit Harry Glawe und dem Oberbürgermeister der Stadt Greifswald Dr. Stefan Fassbinder wurde am 4. Februar 2020 der symbolische Grundstein gelegt. Mit dem Zentrum für Life Science und Plasmatechnologie entsteht direkt an das INP angrenzend ein neues Forschungs und Gründerzentrum mit internationaler Strahlkraft. Unsere Wissenschaftler erhalten durch den Neubau noch mehr Möglichkeiten, mit der Industrie zu kooperieren und Prototypen für den Markt zu entwickeln. Daher wird das INP beispielsweise eine acht Meter hohe Technikumshalle, zahlreiche Büroräume und speziell hergerichtete Labore anmieten.

Wir, das INP, freuen uns auf die neuen Möglichkeiten, die das Zentrum unserem Haus bieten wird und setzen auf neue Impulse, die die Kooperationen mit regionalen, nationalen und internationalen Partnern insbesondere auf dem Gebiet einer produktionsnäheren anwendungsorientierten Grundlagenforschung bringen werden. Die Erfolge, die wir in der Vergangenheit erzielen konnten, werden auch zukünftig in neue Verfahren und Prototypen münden. Dafür haben wir die strategischen Weichen gestellt. Wir freuen uns, gemeinsam mit Ihnen weitere Erfolgsgeschichten schreiben zu können.



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



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 Lichtbogen-schweißen. Hierdurch wird die Analyse der zu Grunde liegenden physikalischen und chemischen Prozesse erst ermöglicht.

Forschungsschwerpunkt Materialien und Oberflächen

- Funktionelle Schichten, Additive Fertigung
- CarMON (Leibniz Wettbewerb) – Neue Kohlenstoff-Metall-Hydride

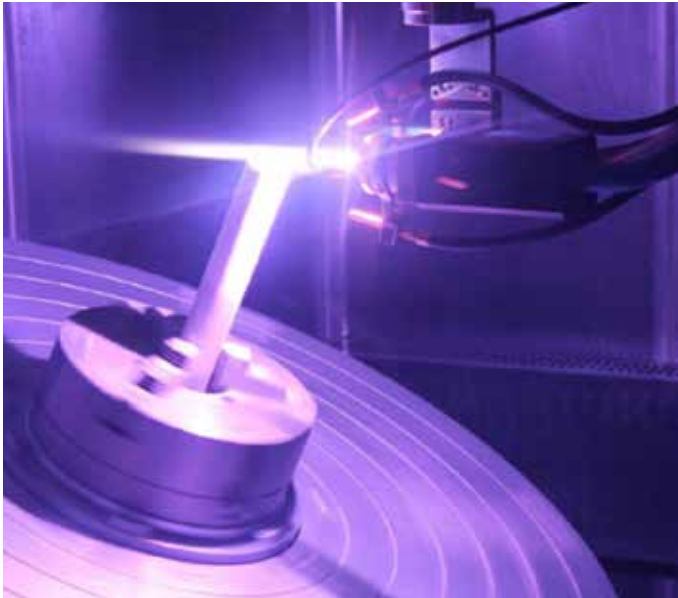
Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse

- Plasmachemie
- „ReDBirD“ – Entladungsregimes in dielektrische behinderten Entladungen für die Beschichtung

Forschungsschwerpunkt Schweißen und Schalten

- Analyse der elektrischen Prozesswirkstrecke eines MSG-Schweißprozesses zur Erstellung einer dynamischen, phänomenologischen Systembeschreibung
- Lichtbögen
- Drittmittelfinanziertes Projekt Einsatz optischer Sensorik für die Charakterisierung der Emissionen und der Prozessstabilität beim MSG-Schweißen

Überblick



Beschichtungsprozess: Keramische und metallische Schichten mittels thermischem Atmosphärendruck-Plasmaspraying

In Technologiezweigen wie der Nanotechnologie, Oberflächen- und Dünnschichttechnologie, der Speicherung und Wandlung erneuerbarer Energien sind plasmagestützte Prozesse unentbehrlich beim strukturierten Materialabtrag, der Erzeugung hochwertiger Beschichtungen, innovativer Materialien und der Einstellung der Oberflächeneigenschaften. Plasmaverfahren bieten dabei eine Reihe von prozesstechnischen Vorteilen, wie eine niedrige thermische Belastung der Bauteile, vergleichsweise verbesserte 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 Produkten.

ANWENDUNGSFELDER

Die Synthese von nanostrukturierten Materialien oder Nanopartikeln mittels Plasmaverfahren eröffnet Perspektiven im Bereich der Speicherung und Wandlung erneuerbarer Energie, wie z.B. Komponenten, Membran- und Elektrodenmaterialien für die Elektrokatalyse (Batterie- und Brennstoffzellentechnik) oder die Wasserstofftechnologie.

Plasmaverfahren bieten neue Möglichkeiten bei der Herstellung von Materialien für die Energiespeicherung/-wandlung, wie z.B. Komponenten, Funktionsschichten für die Elektrokatalyse (Batterie- und Brennstoffzellentechnik) oder die Synthese von katalytischen Oberflächen für eine dezentrale Energieversorgung unter Nutzung von Wasserstoff und wasserstoffhaltigen chemischen Verbindungen oder im Bereich der Elektromobilität. In angrenzenden Gebieten, wie der Sensortechnik, der chemischen Synthese und bei Wasser- bzw. Gasreinigungs- und Aufbereitungsprozessen können ebenso Plasmaprozesse zur Anwendung kommen.

Weitere Anwendungsfelder dünner Schichten eröffnen sich entsprechend der speziellen Funktionen: Hartstoffschichten erhöhen die Festigkeit von Schneidwerkzeugen, bei tribologisch beanspruchten Bauteilen verringern sie den mechanischen Abrieb oder bei Metallen die Neigung zur Korrosion, oder verbessern den Schutz vor thermischer oder mechanischer Beanspruchung. Sie dienen der Haftungsverbesserung von Materialverbünden, besitzen dekorativen Charakter, verringern als Barriere die Gaspermeation oder dienen der Energiegewinnung (z.B. Solartechnik). In der Halbleitertechnik und Photonik übernehmen Beschichtungen Funktionen als Dielektrikum, EMV-Abschirmung bzw. als optische Interferenzschicht in den Gebieten Telekommunikation, Bildgebung, Laseranwendungen oder Messtechnik.

In der additive Fertigung lässt sich das Oberflächenfinish von metallischen 3D-Druck-Bauteilen durch elektrolytisches Plasmapolieren verbessern. Dieses Verfahren erlaubt ebenfalls eine konforme Abtragung von oberflächlichen Verunreinigungen.

Anwendungsorientierter Ausblick

Ein zentrales Forschungsthema ist die Synthese von Materialien für erneuerbare Energiequellen und katalytische Prozesse. Im Rahmen des BMBF Programmes ‚Wandel in der Region‘ (WIR!) startete 2019 das CAMPFIRE-Bündnis in der Region Nord-Ost (ca. 30 regionale und überregionale Partner). CAMPFIRE widmet sich der dezentralen Erzeugung von Ammoniak aus erneuerbaren Energien und dessen Verwertung als innovativer Energieträger für eine emissionsfreie maritime Mobilität: Als Brennstoff in Motoren und Brennstoffzellen. Im Themenkomplex des INP wird die Erzeugung von Dünnschichtmembranen erforscht, mit dem Ziel, diese für die Herstellung von Ammoniak durch Elektrolyseverfahren aus Luftstickstoff und Wasser nutzbar zu machen. Die Dünnschichtmembranen werden mittels plasmagestütztem Schichtabscheidungsverfahren hergestellt. Die Anwendung eines Laser-Annealing-Prozesses zielt auf die Erzeugung der gewünschten Schichtstrukturen, z.B. ABO₃-Perowskitstrukturen auf keramischen und metallischen Substraten.

An dieses Thema schließen weitere, anwendungsnahe Aktivitäten zur Abscheidung und Synthese von nanodimensionalen, metallischen, metalloxidischen und graphitischen Partikeln und Dünnschichten mit Anwendungen als Platin- und Nickel-basierte Katalysatoren, Membran- und Elektrodenmaterialien für die Elektrokatalyse oder die Wasserstofftechnologie an. Zur Nanopartikel-Synthese der o.g. Materialien werden auch Atmosphärendruck-Plasmaprozesse in Flüssigkeiten untersucht.

Der Sektor Elektromobilität wird vom 2019 gestarteten Projekt PRISMA (EFRE) aufgegriffen. Gemeinsam mit 3 Partnern forscht das INP an elektrischen Kfz-Heizungen. Die Kernkomponente nutzt dünne Schichtstrukturen zur Erwärmung. Somit können die Hochvoltkomponenten in Elektrofahrzeugen an ihrem optimalen Arbeitspunkt eingesetzt werden. Das INP untersucht dabei das Atmosphärendruck-Plasmaspritzen als Herstellungsprozess für die dünnen keramischen und metallischen Schichten des Heizmoduls. Es werden optische Methoden angewandt, um die Plasmaeigenschaften zu charakterisieren und das Schichtwachstum zu visualisieren. Die Experimente werden durch Simulationen ergänzt und zu einem fundierten Bild des Plasmaprozesses zusammengeführt, mit dem Ziel der verbesserten Prozessüberwachung und -steuerung.

Im Verbundvorhaben Plasfaser (gestartet 2017) werden neue Ansätze zur Herstellung von optischen Fasern für Hochleistungslaser verfolgt. Die Materialabscheidung zur Dotierung des Quarzglases erfolgt durch Mikrowellenplasmen unter Normaldruckbedingungen. Im Forschungsschwerpunkt werden Plasmadiagnostikverfahren eingesetzt und durch

Simulationen 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 Jena für Laseranwendungen und die Telekommunikation.

Die aktuelle Publikation des Verbundprojektes PluTO+ zur Thematik Präzisions-Dünnschichtoptik formuliert Steuerungskonzepte für Beschichtungsprozesse, die erstmals auf quantitativen Informationen zum Plasma beruhen. Sie wurde mit dem Hans-Pulker-Preis ausgezeichnet (J. Harhausen et al., Thin Solid Films 673 (2019) 94–103). Die Beschichtungen haben Potential für photonische Anwendungen in der Sensortechnik. Coatings mit innovativen Eigenschaften, wie z.B. Smart Coatings, integrierte Optiken und nanoskalig modifizierte Strukturen, werden zukünftig an Bedeutung gewinnen.



Herstellung einer Nanokompositschicht zur Thematik Materialien zur Energiespeicherung und -wandlung mittels PVD-Verfahren

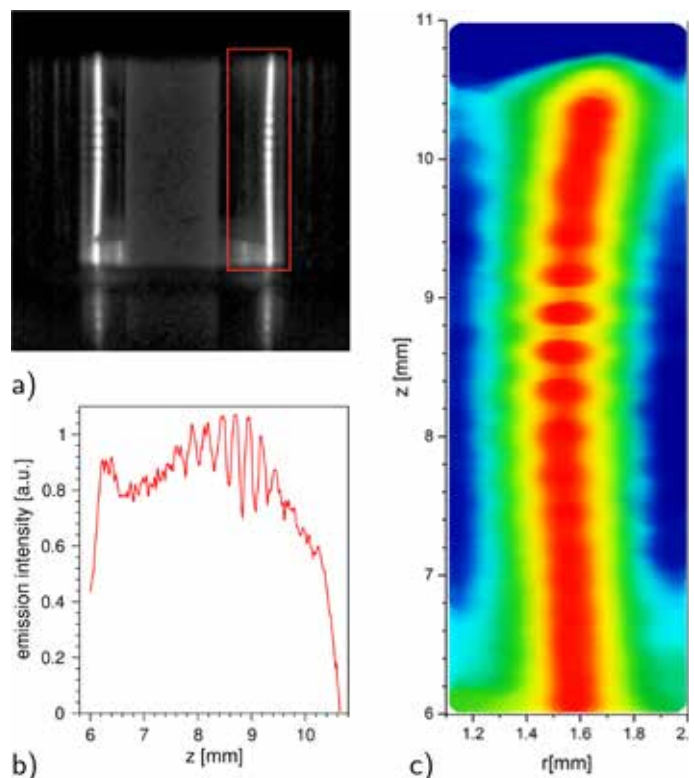
Grundfinanziertes Projekt „Funktionelle Schichten“

Die Arbeiten widmen sich dem Studium des Orts- und Zeitverhaltens 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). Die Gasdynamik des ntAPPJs führt zur Selbstorganisation der Entladungsfilamente und zeigt sich vorteilhaft für eine erhöhte Qualität der Beschichtung (z.B. kohlenstofffreie Siliziumdioxid-Schicht, J. Schäfer et al., Plasma Phys. Control. Fusion 60 (2018) 014038).

Das Verhalten eines ntAPPJ (Ar, 27.12 MHz) konnte mithilfe eines phasenaufgelösten, räumlich zweidimensionalen Fluid-Modells charakterisiert werden, welches Gasfluss und Heizung in der aktiven Zone zwischen den Elektroden und dem ausströmenden Jet (Effluent) betrachtet. Insbesondere zeigen sich im Modell räumliche Strukturen der Entladungsfilamente der aktiven Zone, sogenannte Striations, die bereits experimentell beobachtet wurden. Die Ergebnisse verdeutlichen den Einfluss der Gasströmung auf die Ausbildung der Entladungsstrukturen zwischen den Elektroden. Die Striations treten mit höherer Amplitude vornehmlich auf der Einstromseite auf und relaxieren in axialer Richtung mit dem strömenden Gas. Die charakteristischen Abmessungen (Periodenlänge) der Striations stimmen qualitativ gut mit den experimentellen Beobachtungen überein (Abb.). Die Teilchendichten bleiben im Volumen wie erwartet unbeeinflusst von der HF-Periode. Nur die Elektronendichte in der Randschicht (0.1 mm) wird moduliert (Sigeneger et al. Plasma Sources Sci. Technol. 28 (2019) 055004).

Es wurden Forschungsarbeiten hinsichtlich der Qualifizierung eines geeigneten Atmosphärendruckplasmas für die Thematik Additive Fertigung/3D-Druck durchgeführt. Diese führten dazu, dass eine neue Plasmaquelle (Helix-Jet) vorgestellt werden konnte. Es handelt sich um eine nichtthermische, kapazitiv gekoppelte HF-Entladung mit einer Doppelhelix-Konfiguration der Elektroden, die ein stabiles und räumlich homogenes, filamentfreies Plasma erzeugt. Zum Zwecke des 3D-Drucks wurden PA12-Pulver zugeführt und mit einer typischen Abscheidungsrate von 200 mg/s deponiert. Statische Abscheidungsprofile zeigen eine Gauß-

Form. Das abgeschiedene Material ist durch stark miteinander verbundene Partikel gekennzeichnet und fördert durch seine Struktur, die chemische Zusammensetzung und Morphologie eine hohe mechanische Stabilität. (Schäfer et al., Plasma Process Polym. 17(2020) e1900099).



Atmosphärendruckplasma: Strukturiertes Entladungsfilament (Striations) im Experiment (a) und im Fluid-Modell (b,c) (Sigeneger et al. Plasma Sources Sci. Technol. 28 (2019) 055004)

Drittmittelfinanziertes Projekt CarMON (Leibniz Wettbewerb)

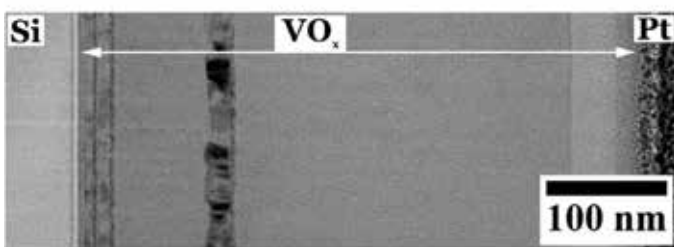
Die Speicherung von elektrischer Energie stellt im Hinblick auf die Energiewende in Deutschland eine der Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert dar und gehört zu den bedeutendsten wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Problemstellungen. In dem 2017 im Rahmen des Leibniz Wettbewerbs gestarteten Verbundprojekt CarMON werden gemeinsam mit den Partnern Institut für Neue Materialien in Saarbrücken (INM) und Max Planck Institut für Eisenforschung in Düsseldorf (MPIE) neue Kohlenstoff-Metall-Nanohybride für effiziente Energiespeicherung und Wasserentsalzung entwickelt.

Im Leibniz-Wettbewerb werden die strategischen Ziele der Leibniz-Gemeinschaft im Rahmen des Paktes für Forschung und Innovation adressiert.

Ziel von CarMON ist die Optimierung der Bulk- und Grenzflächeneigenschaften der Nanohybride durch Prozesskontrolle und -steuerung auf der Nanoskala während des Syntheseprozesses. In CarMON wird durch eine einzigartige Kombination von präziser Plasmasynthese, innovativer Transmissionselektronenmikroskopie und State-of-the-Art elektrochemischer Energiespeicherung und Wasserentsalzung ein neuer interdisziplinärer Forschungsansatz für die Synthese von Hochleistungsmaterialien eröffnet. Vanadiumoxid spielt als Batteriematerial der Zukunft eine zentrale Rolle im CarMON. Es eignet sich auf Grund seiner Kristallstruktur

besonders gut als Kathodenmaterial für Li-Ionen-Batterien und Superkondensatoren. Vanadiumoxid wird am INP in Form dünner Schichten mittels Plasma-Ionen-gestütztem Depositionsverfahren (PIAD) synthetisiert, wobei der Einfluss der Plasmaeigenschaften auf die Struktureigenschaften und die resultierende elektrochemische Leistungsfähigkeit untersucht wird.

Als in-situ Plasmadiagnostik-Verfahren kommen optische Spektroskopie und Ionenkinetische Methoden zum Einsatz. Mittels Retarding Field Analyser (RFEA) werden z.B. die Ionenströme und -energien im Reaktionsvolumen bestimmt. Die Resultate legen nahe, dass die Kristallinität von $\gamma\text{-V}_2\text{O}_5$ präzise in Abhängigkeit von den Prozesskenngrößen gesteuert werden kann. Dadurch werden neue Pfade für die Synthese von strukturierten und gradierten Dünnschichten möglich und eine neue Klasse von Nanohybrid-Beschichtungen aus amorphen und elektrisch leitfähigen einkristallinen Domänen eröffnet. Neben der Energietechnik können diese Schichten zukünftig auch Anwendung in Smart Windows und Solarzellen finden.



Vanadiumoxid: Batteriematerial der Zukunft, Schichtquerschnitt: Formation von einkristallinen $\gamma\text{-V}_2\text{O}_5$ Bändern in amorpher VOx-Matrix [TEM-Aufnahme: A. Frank, C. Scheu, MPIE].

KONTAKT



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

Überblick



Fragestellungen und Kernthemen des Forschungsschwerpunktes Plasmachemische Prozesse

Der Forschungsschwerpunkt "Plasmachemische Prozesse" konzentriert sich auf die Physik und Chemie reaktiver Plasmen. Neben den chemischen Prozessen im Volumen und an den angrenzenden Oberflächen stehen deren Korrelation mit der Entladungsphysik sowie Methoden zur Steuerung und Kontrolle von Prozesse im Fokus der Arbeiten.

Die Projekte clustern sich um drei Kernthemen, nämlich

- Atmosphärendruck-Plasmaprozesse,
- neue Diagnostiken und neue Strahlungsquellen für Absorptionsspektroskopie sowie die
- Entwicklung von in-situ Prozesskontrollverfahren einschließlich deren Transfer in die industrielle Praxis. Der Forschungsschwerpunkt nutzt dabei sowohl die Expertisen in der hochempfindlichen Laserabsorptionsspektroskopie als auch in der hochzeitaufgelösten Bildgebung und Spektroskopie. Dies beinhaltet die Bestimmung der Konzentrationen der Plasmabestandteile, sowie die Analyse der dem Plasma entweichenden Strahlung. Neben modernsten Methoden der IR-Spektroskopie ist in den vergangenen Jahren der Spektralbereich erheblich erweitert worden und reicht mittlerweile vom THz- bis in den UV-Bereich. Der Forschungsschwerpunkt verbindet seine experimentelle Arbeiten eng mit der Simulation der Prozesse in reaktiven Plasmen.

Anwendungsfelder

Atmosphärendruckplasmareaktoren:

Plasmen, die ohne aufwändige Vakuumtechnik betrieben werden können, sind für viele industrielle Prozesse relevant. Neue Anwendungspotenziale werden in der Synthese chemischer Stoffe und der Oberflächenbehandlung, z.B. der Beschichtung, gesehen. Unsere Verfahren der Bildgebung und Spektroskopie ermöglichen es, den elektrischen Durchbruch zu analysieren und Aussagen über Plasmamparameter zu treffen. Diese Erkenntnisse zeigen auf, wie Reaktorgeometrien gestaltet und optimiert werden können, um stabilere und effizientere Behandlungsergebnisse zu erhalten. Über die Cavity-Enhanced Laser Spectroscopy besteht zudem ein völlig neuer Zugang zur orts aufgelösten Messung reaktiver und stabiler Spezies, insbesondere in kleinskaligen Plasmen, die für den Druckbereich typisch sind.

Prozesskontrolle in industriellen Plasmaprozessen:

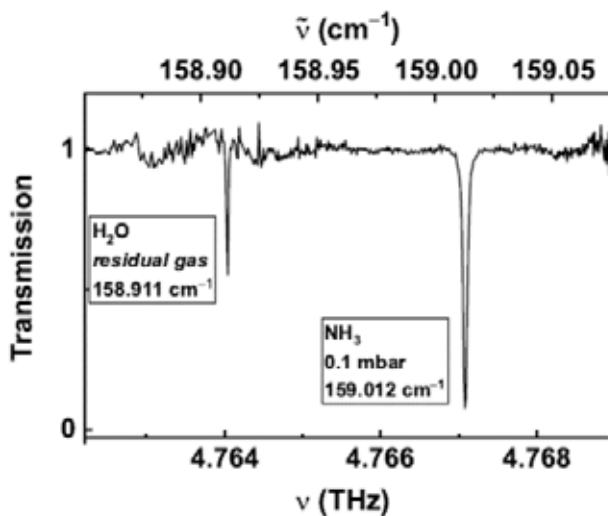
Reaktive Plasmen kommen u.a. zur Aktivierung, Reinigung, Beschichtung und zum Ätzen zum Einsatz. Die empirische Festlegung der Prozessparameter stößt zunehmend an ihre Grenzen und erfordert empfindliche Methoden zur instantanen Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Plasmen und ihrer Parameter. Die IR-Absorptionsspektroskopie mit Quantenkaskadenlasern stellt eine der empfindlichsten Methoden zur chemischen Plasmaanalyse dar. Daneben werden derzeit Verfahren der THz-Spektroskopie für den Nachweis atomarer Spezies sowie die Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy für molekulare Spezies entwickelt.

Plasmanitrieren:

Das Plasmanitrocarburier-Verfahren ist eines der wichtigsten Verfahren zur Erhöhung der Oberflächenhärte von Werkstücken. Es vermindert den abrasiven, adhäsiven und korrosiven Verschleiß dieser Werkstücke. Gemeinsam mit der TU Bergakademie Freiberg erarbeitet das INP ein verbessertes Verfahren ("Active Screen Plasma Nitriding") mit einem Kohlenstoffgitter. Das Gitter verhindert die Bogenbildung und andere Randeffekte und ermöglicht somit eine gleichmäßigere Bearbeitung der Werkstücke. Die Arbeiten zielen zunächst auf die Messung der stabilen Plasmaproducte ab, deren Auftreten und Konzentration mit den erhaltenen Oberflächeneigenschaften korreliert werden sollen. Zur Diagnostik wird weiterhin ein Frequenzkamm-System eingesetzt, das die simultane Erfassung mehrerer Spezies ermöglicht.

Anwendungsorientierter Ausblick

Plasmagestützte Verfahren zur Behandlung strömender Gase kommen heute in der Abluftreinigung zum Einsatz, während die Verwendung bei chemischen Syntheseverfahren bislang, abgesehen von der Ozonsynthese, kaum Bedeutung erlangt hat. Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt zielen darauf ab, neue Verfahren für direkte plasmagestützte und plasmakatalytische Prozesse zur Herstellung von chemischen Grundstoffen aus einfachen Rohstoffen mit verbesserter Selektivität und Energiebilanz zu schaffen. Zur Herstellung von chemischen Stoffen sollen kohlenstoffhaltige oder anderer Ausgangsstoffe unter Einwirkung eines Plasmas umgesetzt werden, wodurch chemische Verbindungen entstehen, die als Grundstoff oder Ausgangsstoff für weiterführende Prozesse dienen. Plasmen bieten die besondere Möglichkeit, kurzlebige (weil reaktive) chemische Substanzen effizient und vor Ort "on demand" mittels elektrischer Energie aus preiswerten Ausgangsstoffen herzustellen.



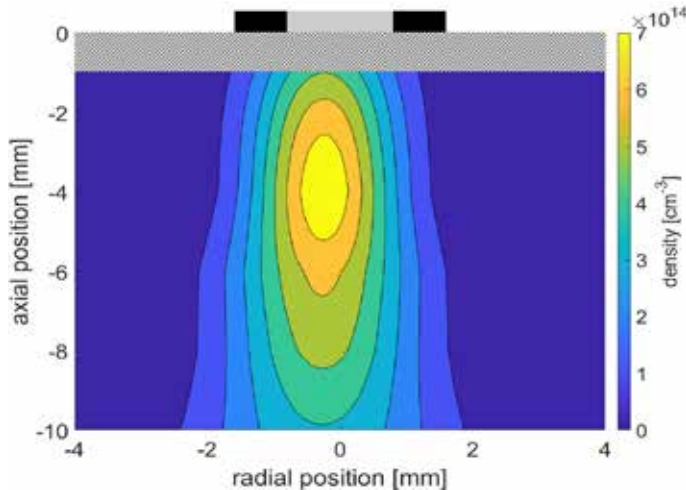
Absorptionsspektrum von Ammoniak als Referenzmolekül im Bereich um 4.767 THz mittels neuartigem Quantenkaskadenlaser einer 15 cm langen Absorptionszelle (Zusammenarbeit mit dem Paul-Drude-Institut Berlin)

Neben der Chemie im Gasvolumen werden Prozesse der Oberflächenbehandlung, die ohne aufwändige Vakuumtechnik erzeugt werden können, weiter an Bedeutung gewinnen.

Zur Absicherung der grundlegenden technischen Fähigkeiten verschiedenster metallischer Bauteile müssen deren Oberflächen einem komplexen Anforderungsprofil hinsichtlich der Verschleiß- und/oder Korrosionsbeanspruchungen genügen. Die plasmagestützte thermochemische Randschichtbehandlung stellt für das breite Anwendungsspektrum eine grundlegende Technologie der modernen Werkstoff- und Fertigungsindustrie zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften durch das Eindiffundieren von Stickstoff und Kohlenstoff in die Randschicht hochbeanspruchter, metallischer Bauteile dar. Konventionelle Plasmanitrocarburier-Verfahren verwenden neben Stickstoff und Wasserstoff gasförmige Kohlenstoff-Präkursoren, sind jedoch im Hinblick auf die erzeugbare Menge reaktiver Gase, die die Voraussetzung für eine erfolgreiche thermochemische Behandlung darstellen, stark limitiert und zeigen dadurch Grenzen beim innerhalb der metallischen Oberfläche einstellbaren Eigenschaftsprofil. Ziel der Arbeiten im Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse ist es, eine neue plasmagestützte Technologie zum Nitrocarburieren der Oberflächen metallischer Bauteile zu etablieren, die in der Lage ist, neuartige, definiert einstellbare chemische Gradienten innerhalb der Randschicht zu erzeugen und sogar auch die Behandlung von Schüttgut erlaubt und damit wesentlich effizienter und wirtschaftlicher gegenüber derzeit verfügbaren Technologien ist.

Neben dem Plasmanitrocarburier-Verfahren gibt es in der Industrie eine Vielzahl von Prozessen, die einen Bedarf an empfindlicher in-situ Prozessdiagnostik haben. Auch im Kontext der Industrie 4.0 wird es weiterhin einen Bedarf an spezifizierter Messtechnik geben. Immer komplexere Fertigungstechnologien werden nicht mehr in ausreichendem Maße durch eine empirische Festlegung von Prozessparametern und deren statistische Modifikation optimiert werden können. Durch den Einsatz der klassischen IR-Absorptionsspektroskopie im mittleren Infrarot (MIR), und die neue Cavity-Enhanced-Absorptionsspektroskopie stehen Methoden zur Verfügung, die die Messung der Konzentration von Schlüsselspezies oder unerwünschten Verunreinigungen bis in den ppt-Bereich ermöglichen. In Kombination mit Plasmasimulation können Optimierungspotenziale aufgezeigt werden. Durch ein erhöhtes Prozessverständnis werden Plasma-prozesse zielgerichteter entwickelt und optimiert.

Grundfinanziertes Projekt „Plasmachemie“



Profil der Verteilung des Radikals HO_2 im Effluenten eines Plasmajets (Klose et al., in preparation for Plasma Sources Sci. Technol.)

Der Forschungsschwerpunkt "Plasmachemische Prozesse" gründet auf der erfolgreichen Arbeit des frühen Forschungsschwerpunkts "Plasmamonitoring" in dem vorrangig neue Diagnostikmethoden basierend auf der MIR-Laserabsorptionsspektroskopie für den Nachweis von Radikalen und stabilen Spezies erarbeitet und an unterschiedlichen Plasmaquellen eingesetzt wurden. Mit der Methode der Optical Feedback Cavity-Enhanced Absorption Spectroscopy (OF-CEAS) konnte mittlerweile eine noch empfindlichere Methode eingeführt werden, die sogar orts aufgelöst an kleinskaligen Plasmen, wie dem Atmosphärendruck-Plasmajet KinPen, zur Bestimmung der Spezieskonzentrationen eingesetzt werden kann. So gelang z.B. die Bestimmung des Hydroperoxyl-Radikal in dessen Effluenten. Seitdem wurde der Einsatz der Cavity-based Laserabsorptionsspektroskopie konsequent weiterverfolgt um weitere Spezies im KinPen nachweisen zu können. So ermöglicht eine Cavity Ringdown Spectroscopy die axiale und radiale Vermessung des Effluenten für dieses Radikal und von Wasserstoffperoxid als weiterer Schlüssel-spezies zur Erklärung oxidativer Effekte.

Die Aktivitäten der letzten Jahre haben auch die Nutzung neuer Strahlungsquellen für die Laserabsorptionsspektroskopie zum Inhalt gehabt und den Frequenzbereich deutlich über das MIR-Gebiet erweitert. Als neue Strahlungsquelle wurde in Kooperation mit der Universität in Torun (Polen) ein Frequenzkamm-System aufgebaut. Optische Frequenzkammsysteme (FCs, von engl. Frequency Comb) auf der Basis von fasergekoppelten Femtosekundenlasern sind, hervorragend geeignet für spektroskopische Anwendungen. Das instantane Spektrum eines Frequenzkamms besteht aus einer Vielzahl äquidistanter Laserlinien mit präzise bekanntem Frequenzabstand. Damit ersetzt ein FC-System in kompakter Weise mehrere Tausend einzelne Laser. Die spektrale Bandbreite von typischerweise einigen 100 nm 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. Derzeit wird das FC-System zur Untersuchung des Plasmanitrocarburier-Verfahrens eingesetzt.

Als weitere Methode wird derzeit die THz-Spektroskopie erarbeitet. Durch spezielle Quantenkaskadenlaser kann THz-Strahlung erzeugt werden, die von Metallatomen und -ionen im Grundzustand absorbiert wird. Damit soll ein neuer diagnostischer Zugang zur Steuerung von Beschichtungsprozessen z.B. für die Abscheidung von AlN-Filmen geschaffen werden.

Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt Plasmachemische Prozesse sind gekennzeichnet durch eine enge Kopplung zwischen experimentellen Arbeiten und der Plasmasimulation. Neben den chemischen Vorgängen interessieren hier auch die Vorgänge bei der Ausbildung der Plasmen, insbesondere dem elektrischen Durchbruch. In den Atmosphärendruckplasmen erfolgt dieser in der Regel in Kanälen, den sogenannten Streamern. Aufgrund der kurzen Dauer und hohen Komplexität sind die wesentlichen Plasmamparameter hier fast nur durch Simulationen zugänglich, weshalb es in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Ansätzen weltweit gab. In Kollaboration mit fünf weiteren Teams konnte das INP zur Validierung und Verifikation von Plasmamodellen und deren Grenzen zur Beschreibung der Physik der Streamer beitragen.

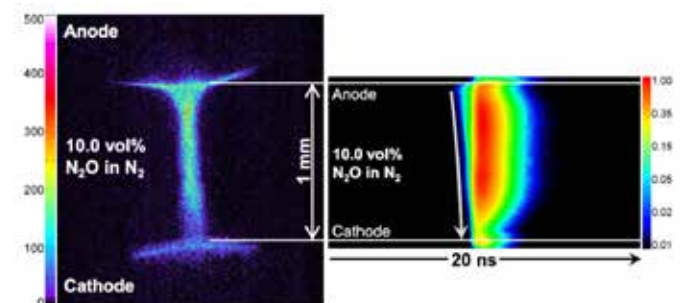
Drittmittelfinanziertes Projekt „ReDBir“

Im Projekt ReDBir („Entladungsregimes in dielektrisch behinderten Entladungen für die Beschichtung“) wird das grundlegende Verständnis der Entwicklung und Ausbildung von nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmen für Oberflächenbeschichtungsanwendungen verbessert.

Plasmaprozesse sind in der Beschichtung Stand der Technik, werden aber in der Regel als Niederdruckverfahren betrieben, was hohe Anlagenkosten mit sich bringt und ein sogenanntes „in-line treatment“ verhindert. Plasmen bei Atmosphärendruck, wie z.B. die dielektrisch behinderte Entladung, verfügen nicht über diese Nachteile, bilden jedoch in der Regel ein nicht uniformes Plasma mit mehreren dünnen Entladungskanälen aus. Dies resultiert in inhomogenen Beschichtungsergebnissen. Seit etwa 20 Jahren ist auch die Erzeugung diffuser Entladungsregimes bekannt, diese gelingt allerdings nur unter ausgewählten Betriebsbedingungen. Insbesondere in Gasatmosphären mit Präkursormolekülen fehlt es bislang an einem Verständnis der Entladungsphysik und der Elementarprozesse, die eine diffuse Entladung ermöglichen. Im Umkehrschluss führt eine Veränderung der Oberflächeneigenschaften im Beschichtungsprozess zu einer Veränderung der Plasmamparameter. Somit ist die Steuerung der Prozesse insbesondere bei hohen Leistungen noch immer schwierig.

Im Projekt werden die unterschiedlichen Entladungsregime (Einzelfilamente und diffuse Entladungen) unter prozessrelevanten Betriebsbedingungen mittels systematisch etablierter elektrischer, optischer und spektroskopischer Methoden untersucht. Das Projekt wird von der DFG gefördert und ist eine Zusammenarbeit mit der AG von Nicoals Naude am LAPLACE-Laboratorium der Universität Paul Sabatier in Toulouse. Die Entladungsanordnung des französischen Partners verfügt über eine strukturierte Elektrode, die das Studium kollektiver Oberflächeneffekte und der radialen Entladungsdynamik ermöglicht. Die Arbeiten am INP konzentrieren sich auf die Entladungsphysik in miniaturisierten Einzelentladungsanordnungen. Vor allem der Einfluss von Lachgas als Komponente, die den Einfluss von Präkursoren simuliert bzw. in Beschichtungsprozessen als Sauerstoffdonator dient, wird betrachtet. Eine der Entladungsanordnungen erzeugt die Einzelentladung an einem flüssigen Dielektrikum, an der die Aufladung der Oberfläche minimiert und somit von den plasmachemischen Volumenprozessen entkoppelt werden soll.

In den Einzelentladungsexperimenten in Stickstoff mit Lachgaszumischungen konnten sowohl ein rein filamentierter Modus als auch eine diffuse Townsend-artige Entladung erzeugt werden. Die Zugabe des elektronegativen Lachgases führt zu einer Abnahme der in die Filamente transferierten Energie, erhöht aber die Durchbruchspannung und die Amplitude der Strompulse. In Kopplung mit Simulationen konnte gezeigt werden, dass bei Lachgaskonzentrationen um 1.000 ppm der Übergang von einem elektropositiven zu einem elektronegativen Plasma, in dem negative Ionen dominieren, erfolgt.



Morphologie und raum-zeitliche Entwicklung eines Einzelfilamentes in einer Barrierenentladung in einem Stickstoff-Lachgas Gemisch (Höft et al, J. Phys D: Appl. Phys S3 (2019) 025203).

KONTAKT



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

Überblick

Die Untersuchung thermischer Plasmen bildet das Hauptbeschäftigungsfeld des Forschungsschwerpunktes „Schweißen und Schalten“.

Thermische Plasmen spielen in technologischen Anwendungen bei Füge-, Trenn- und Auftragsprozessen in der Metallverarbeitung eine sehr wichtige Rolle. Der Forschungsschwerpunkt konzentriert sich hierbei auf Lichtbogenschweißprozesse wie Wolfram-Inertgas-Schweißen und Metall-Schutzgas-Schweißen sowie Unterpulverschweißen. Darüber hinaus erfolgen Arbeiten zum lasergestützten Lichtbogenschweißen und Laserschweißen sowie in zunehmendem Maße zur Plasmavergasung schwer recyclebarer Stoffe. In der elektrischen Energietechnik treten thermische Plasmen in Form des sogenannten Schaltlichtbogens auf, welcher in Schaltern beim Ein- oder Ausschalten elektrischer Geräte gezündet wird. Die Charakterisierung dieser überwiegend transienten Bogenart in Wechselwirkung mit den angrenzenden Materialien (Elektroden, Wände) in Nieder- und Hochspannungssystemen steht im Mittelpunkt des Interesses. Untersucht werden auch Entladungs- und Lichtbogenerscheinungen, die infolge starker elektrischer Felder sowie durch Isolationsfehler entstehen und den Regelbetrieb elektrischer Anlagen und Geräte beeinträchtigen sowie ihre Lebensdauer und Funktionsweise vermindern.

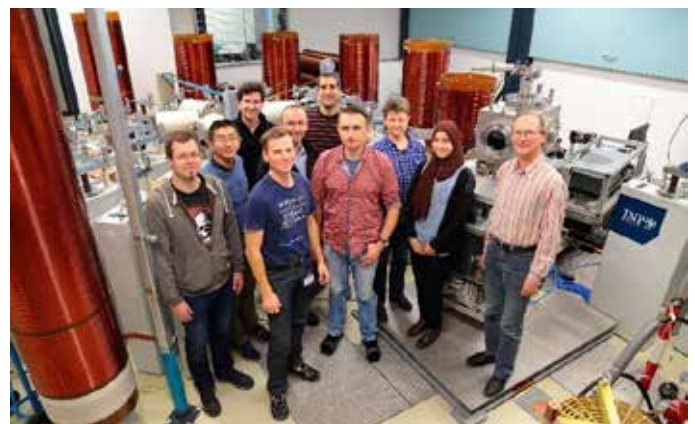
Bedingt durch den komplexen Lichtbogencharakter und durch die dynamische Interaktion mit seiner Umgebung sind geschlossene Modellvorstellungen thermischer Plasmen noch heute mangelhaft. Insbesondere für die angrenzenden Lichtbogenegebiete bestimmen oft die involvierten Materialien und umgebenden Gase die Reichweite und Anwendungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse. Durch die stetige Entwicklung neuartiger Komponenten und elektrisch gespeister Geräte, wechselnder Anwendungsfelder und zunehmend umweltbedingter Restriktionen sind sowohl die kontinuierliche Forschung über den elektrischen Lichtbogen selbst, als auch die technologische Anpassung an die jeweiligen Randbedingungen unerlässlich.

Die wissenschaftliche Herangehensweise kombiniert unterschiedliche Diagnostikmethoden experimenteller (elektrische, optische, mechanische) sowie werkstoffwissenschaftlicher Natur mit mathematischer Modellierung und Simulation. Dadurch wird die Ermittlung raum- und zeitabhängiger Plasmaparameter, wie z.B. Temperatur, Zusammensetzung, Gasdynamik und kinematisches Verhalten, erst möglich.

Speziell auf dem Gebiet der optischen Plasmadiagnostik besitzt das INP ein Alleinstellungsmerkmal. Im Forschungsschwerpunkt werden dabei sowohl Optische-Emissions- sowie Absorptionsspektroskopie als auch ihre Kombination mit Hochgeschwindigkeitsfotografie und Hochgeschwindigkeits-Zwei-Farben-Pyrometrie genutzt. Eine wesentliche Kompetenzerweiterung erfolgte durch die Anpassung absorptionspektroskopischer Methoden zur Untersuchung der lichtbogenangrenzenden Bereiche.

Für die Modellierung und Simulation werden sowohl die klassischen Magneto-Hydro-Dynamischen Modelle (Navier-Stokes und elektromagnetischen Gleichungen), als auch in zunehmenden Maße Nicht-Gleichgewichtsmodelle, unter Verzicht auf Annahmen des lokalen thermodynamischen Gleichgewichts, entwickelt. Dadurch wird eine wesentlich bessere Genauigkeit bei der Beschreibung der in den Elektrodengebieten erfolgender Plasmaprozesse sowie der Wechselwirkung zwischen Plasma und Festkörper erreicht. Ferner stehen Arbeiten zum Strahlungstransport und zu Materialdaten auch für Nichtgleichgewichts-Plasmen im Fokus.

Die beschriebene Forschungsmethodik und daraus resultierende Erkenntnisse können für die Optimierung und Weiterentwicklung technologischer Anwendungen sowie Schaltgeräte und Isolationssystemen verwendet werden. Dies ermöglicht dem Forschungsschwerpunkt, Ansätze zur Erfüllung der gegenwärtig angestrebten Ziele zur Volumenreduktion, Materialersparung und Ressourcen-Effizienz unter Erhaltung der notwendigen Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und dem elektrischen Schaltvermögen zu liefern.



Team des Forschungsschwerpunktes 2017- 2019

Drittmittelfinanziertes Projekt „Analyse der elektrischen Prozesswirkstrecke eines MSG-Schweißprozesses zur Erstellung einer dynamischen, phänomenologischen Systembeschreibung“



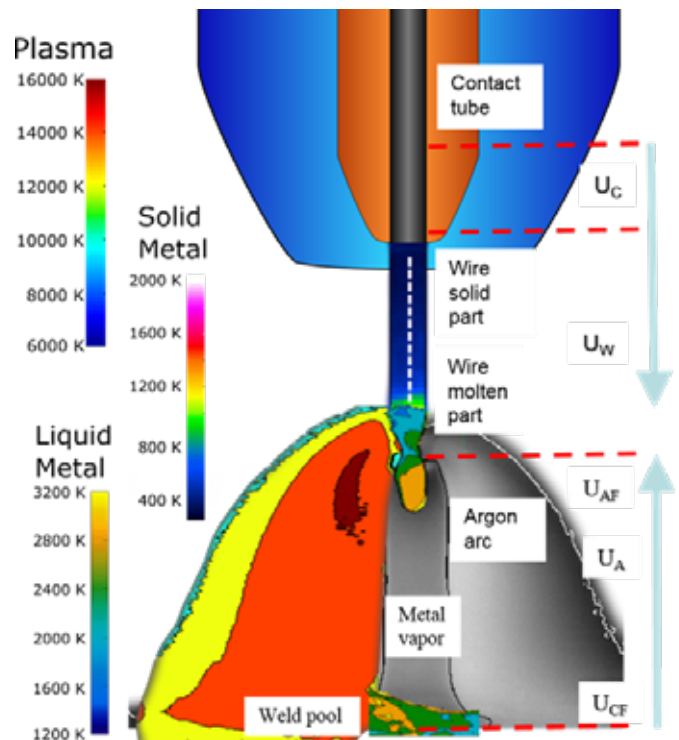
Synchrone Aufnahme des Lichtbogens (linkes Bild) mit Filtern im Bereich von Argonlinien (links) und im Bereich von Eisenlinien (rechts) sowie Beispiel einer Bildauswertung (rechtes Bild).

Die Einhaltung der Lichtbogenlänge beim Metallschutzgas-schweißen (MSG-Schweißen) ist eine wichtige Voraussetzung bei Regelungskonzepten in Schweißstromquellen zur Einstellung robuster Schweißprozesse. Gegenwärtig wird die Bogenlänge mittels Annahmen und statistischen Informationen aus den Strom-/Spannungsverläufen bestimmt. Dabei wird die Bogenlänge der Lichtbogensäule-Länge gleichgesetzt und als eindimensionale geometrische veränderliche Größe betrachtet. Die Defizite derartige Annahmen bestehen darin, dass insbesondere die Fallgebiete maßgeblich für den Energieeintrag und damit für zusätzliche Spannungsschwankungen verantwortlich sind. Deshalb war das Ziel des Forschungsantrages die experimentelle Analyse der Wirkstrecke Kontaktrühr – Draht – Tropfen – Lichtbogen einschließlich der Fallgebiete – Werkstück. Die Bereiche der Wirkstrecke sollten separiert betrachtet werden, indem spezifische Diagnostiken eingesetzt sowie die unterschiedlichen Zeitskalen der zugrundeliegenden physikalischen Vorgänge bestimmt und ausgenutzt werden. Insbesondere ist die Analyse der Gesamtwirkstrecke mit Hilfe von Zeitreihen elektrischer Signale und Messungen der komplexen Impedanz gekoppelt und die optische und spektroskopische Untersuchung des Lichtbogens und der Sondierung des Tropfendepots vorgesehen.

Die Spannungen entlang der Prozesswirkstrecke in Abhängigkeit von Strom und Lichtbogen- bzw. freier Drahtlänge für eine Impuls- und einen Sprühlichtbogenprozess stellen ein zentrales Ergebnis des Projekts dar. Diese wurden jeweils für festgehaltene Schweiß- und Drahtvorschubgeschwindigkeiten ermittelt und bilden die Basis für ein elektrisches Modell der Prozessstrecke. Beispielsweise wurde ein Anstieg der Schichtspannung im Impulsprozess von 18 auf 23 V mit steigendem Pulsstrom von 350 auf 650 A erhalten, während die mittlere elektrische Feldstärke im Lichtbogen nahezu konstant bei 1.1 V/mm liegt. Aus der Schichtspannung resultiert ein Anteil der Schicht von mehr als 60% am gesamten Energieumsatz entlang der Prozesswirkstrecke. Draht und Lichtbogensäule tragen mit weniger als 20% je nach ihren

Längen bei.

Als technologisch nutzbares Ergebnis dieser Grundlagenuntersuchungen steht eine Beschreibung dieser Wirkstrecke in Form eines Prozessmodells zur Verfügung, welches das Verhalten der Untersysteme dynamisch und interdependent aufzeigt. Im Gegensatz zum bisherigen Ansatz bieten die Ergebnisse einer solchen phänomenologischen Systembeschreibung die Basis für eine wesentliche Verbesserung der Lichtbogenlängenregelungen beim MSG-Schweißen. Gleichzeitig werden Voraussetzungen für weiterführende Arbeiten zur physikalischen Modellbildung der Bogenansätze und Fallgebiete an schmelzenden Elektroden unter dem Einfluss von Metallverdampfung geschaffen.



Betrachtete Teile der Prozesswirkstrecke im MSG-Prozess mit ihren Temperaturverteilungen im Draht und im Plasma am Beispiel eines gepulsten Prozesses während der Pulsphase bei 500 A

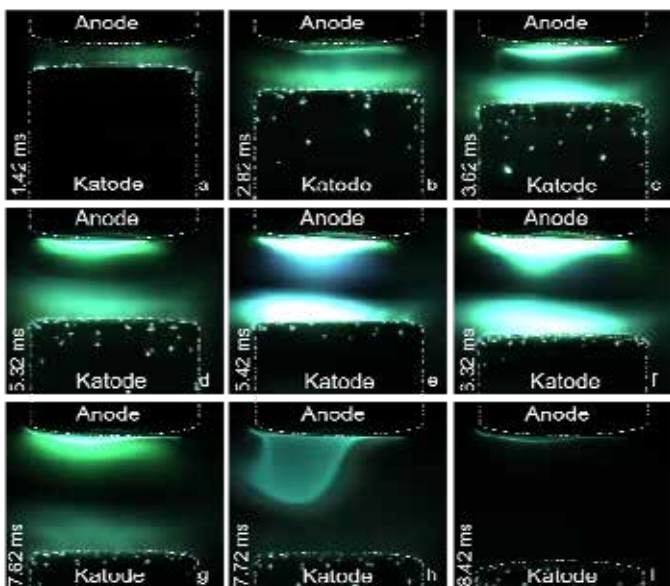
Grundfinanziertes Projekt „Lichtbögen“

Eine maßgebliche Verbesserung des Schaltvermögens und der Zuverlässigkeit lichtbogenbasierter Schaltgeräte erfordert detaillierte Kenntnisse über die Eigenschaften und Dynamik des resultierenden Lichtbogenplasmas. Besondere Aufmerksamkeit verdienen hierbei die plasmaangrenzenden Bereiche an den Elektroden und Behausungswänden. Im Fokus des grundfinanzierten Lichtbogen-Projektes steht die Wechselwirkung zwischen Plasma und dem umgebenden Medium (Luft, Gas, Vakuum), welches bei Verwendung räumlich und zeitlich hochaufgelöste optische Diagnostik in Kombination mit numerischen Modellen untersucht wird.

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 genutzt. Dieses besteht aus einer 52 l Vakuumkammer mit optischen Zugängen, in der sowohl speziell präparierte, als auch reale Kontaktsysteme angebracht werden können. Mittels Hochgeschwindigkeitsfotografie und Spektroskopie werden unterschiedlichen physikalische Erscheinungen des Schaltlichtbogens untersucht. Beispielsweise Anodenphänomene für Vakuumbögen bei großen Stromamplituden weisen eine der Strom- und Kontaktöff-

nung starke Abhängigkeit auf. Da konzentrierte Fußpunkte die Elektrodenerosion bzw. Metaldampfbildung verstärken, ist diese Erscheinung für die Wiederverfestigung der Kontaktstrecke nach Stromnulldurchgang maßgebend. Eine erfolgreiche Stromunterbrechung kann nur dann erfolgen, wenn beim Auftreffen der wiederkehrenden Netzspannung bzw. der transienten Überschwing-Spannung keine weiterführende Ionisierung des Metaldampfs im Elektrodenraum stattfinden kann.

Im Hinblick auf die rasante Anpassung der Vakuumschaltertechnik von der Mittelspannung (bis ca. 72 kV) an Hochspannungsanwendungen bis 145 kV und darüber wurden die experimentellen Möglichkeiten des Forschungsschwerpunktes durch die Entwicklung und Aufbau eines neuen Hochstromgenerators „Caesar“ sowie eines transienten Überschwingungsgenerators „Dora“ erweitert. Damit wird es möglich, das Schaltverhalten neuartiger sowie herkömmlicher Schaltgeräte und Kontaktsysteme höherer Leistung bei Belastung mit sinusförmigen 50 Hz Ströme von bis zu 80 kA effektiv (Scheitelwert ca. 120 kA) zu untersuchen und darüber hinaus, das Wiederverfestigungsverhalten der Schaltstrecke um Stromnull mit transienten Überspannungen von bis zu 45 kV und 1 kHz zu testen.



Hochgeschwindigkeitsaufnahmen der unterschiedlichen Erscheinungsmodi des Lichtbogenfußpunktes im Vakuum: Diffusen Modus (a und i), Footpoint (b), Anodenspot Typ 1 (c und d), Anodenspot Typ 2 (e, f und g), Anodenplume (h) Diffusen Modus beim Stromabklingen (i). Der strombezogene Aufnahmezeitpunkt (50 Hz Sinus) der verschiedenen Erscheinungsmodi wird im Bild angegeben



Der neu aufgebaute Überschwingungsgenerator „Dora“ (links) und Hochstromgenerator „Caesar“ (rechts) im Lichtbogenlabor des Instituts

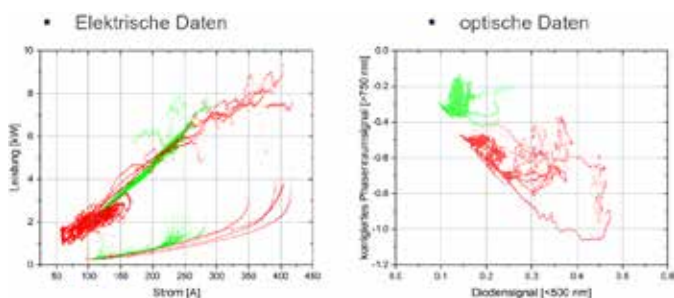
Drittmittelfinanziertes Projekt „Einsatz optischer Sensorik für die Charakterisierung der Emissionen und der Prozessstabilität beim MSG-Schweißen“

Das Ziel des Vorhabens bestand darin, ein einfach zu handhabendes Werkzeug für die Kontrolle und Reduzierung von Emissionen sowie zur Überwachung der Prozessstabilität beim MSG-Schweißen zu schaffen. Mit Hilfe kostengünstiger Sensoreinheiten auf der Basis von Fotodioden unterschiedlicher spektraler Sensitivität können ohne eine Verbindung zur Schweißmaschine die Emission von UV-Strahlung und die Generierung von Schweißrauch im Lichtbogenprozess gemessen werden. Bei grober Angabe der Prozessart und des Grund- und Zusatzmaterials durch den Anwender vergleicht die Auswerteeinheit die Messergebnisse mit Schwellwerten und gibt Zeitpunkte bzw. Nahtpositionen besonderer Abweichungen in den Emissionen und in der Prozessstabilität an.

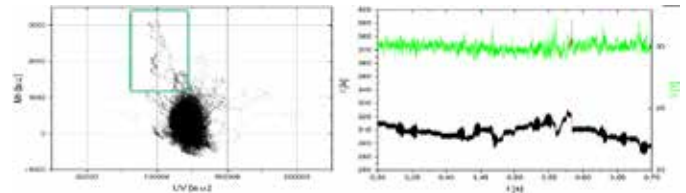
Der Lösungsansatz bestand in der systematischen Untersuchung der Korrelationen zwischen Emissionen, Prozessstabilität und Lichtbogenstrahlung über verschiedene MSG-Prozesse. Die anschließende Modellbildung schließt prozessübergreifende Charakteristika, prozessspezifische Emissionsmechanismen und Zusammenhänge mit temporären Abweichungen wie Kurzschlüsse, Spritzerbildung und verzögerte Tropfenablösung ein.

Das Werkzeug kann u.a. beim Handschweißen eine genauere Kontrolle der Emissionsbelastung ermöglichen, die dem Anwender Hinweise für eine gezieltere Gestaltung des Arbeitsschutzes und der Arbeitsbedingungen bereitstellt. Darüber hinaus kann das Werkzeug den Einsatz emissionsreduzierter Prozesse fördern und dient gleichzeitig als Kontrollwerkzeug für die Prozessstabilität, wodurch der Aufwand bei der Optimierung von Schweißprozessen reduziert werden kann.

Die im Rahmen dieses Projekts im Forschungsschwerpunkt mittels optischer Sensoren durchgeführte Analyse der Schweißprozesse weist darauf hin, dass durch die intelligente Verarbeitung der Messdaten in Echtzeit relevante Ereignisse detektiert werden können, welche mit den rein elektrischen Daten nicht vermittelbar sind (siehe Bild).



Rot: gestörter Prozessteil, grün: ungestörter Prozessteil - Während eines Schweißversuches sind sowohl die standardmäßigen elektrischen Daten aufgezeichnet worden, als auch die optischen mittels unseres spektral-selektiven Sensors. Mit dem Sensor lässt sich der gute Prozessabschnitt leicht vom schlechten trennen.



Grünes Rechteck: Erhöhter Manganaußstoß während einer Schweißung. Der gleicher Zeitpunkt ist rechts in den elektrischen Signalen markiert. Nur im Sensorsignal lässt sich diese Abweichung gut erkennen.

Des Weiteren konnten auch schädliche Emissionen von beispielsweise Mangan im Schweißrauch detektiert werden, was die Möglichkeit bietet, Arbeitsplätze zu überwachen und so die Sicherheit der Schweißer zu gewährleisten. Dies war durch reine elektrische Messung nicht möglich.

Langfristig kann das Werkzeug auch zur Einführung neuer Prozesse und bei der Kontrolle der Einhaltung von Normen bzgl. der Emissionen eingesetzt werden.



Fertiggestellte Sensorplatine bestückt mit 2 Dioden. Die bereits im Prototyp erreichte sehr kompakten Baugröße ermöglicht schon einen einfachen Einbau in einen Schutzhelm und kann ohne die BNC-Messanschlüsse eine viel kompaktere Baugröße für Massenproduktion erreichen.

KONTAKT



Dr.- Ing. Diego Gonzalez
Tel.: +49 3834 / 554 3959
diego.gonzalez
@inp-greifswald.de



Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann
Tel.: +49 3834 / 554 314
weltmann@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 Fokus stehen hier unter anderem die Abluftreinigung sowie die Desinfektion von Lebensmitteln und Wasser, sowie die Behandlung von Agrargütern.

Forschungsschwerpunkt Bioaktive Oberflächen

- ÖkoClean - Ökologische und funktionsoptimierte Vorbehandlungskette für die Plasmabeschichtung komplex geformter Schneidwerkzeuge
- Wachstumskern MikroLas - Surfaces shaped by photonics

Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin

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

Forschungsschwerpunkt Dekontamination

- Entladungsprozesse in wässrigen Lösungen
- Aufschluss von Biomasse durch die Kombination von Plasma- und Ultraschallbehandlung

Überblick

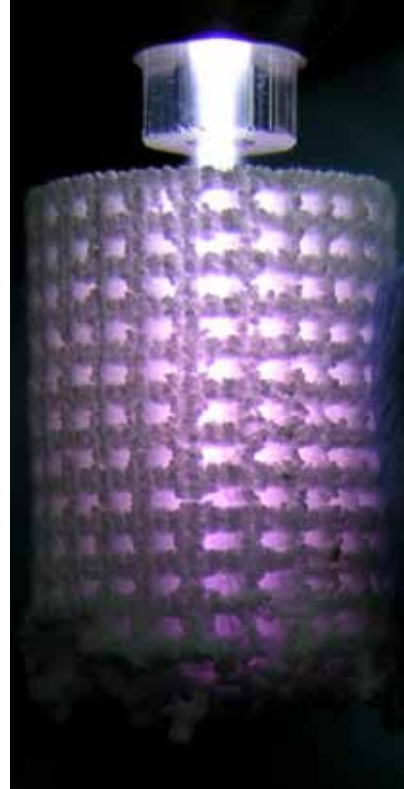
Für Anwendungen im Life Science Bereich (z. B. Hygiene, Medizin oder Biotechnologie) ist eine Oberflächenmodifikation der Produkte notwendig, um spezifische Eigenschaften zu erzeugen. Je nach verwendetem Modifikationsprozess können die Benetzungseigenschaften von Oberflächen gesteuert werden, so dass 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

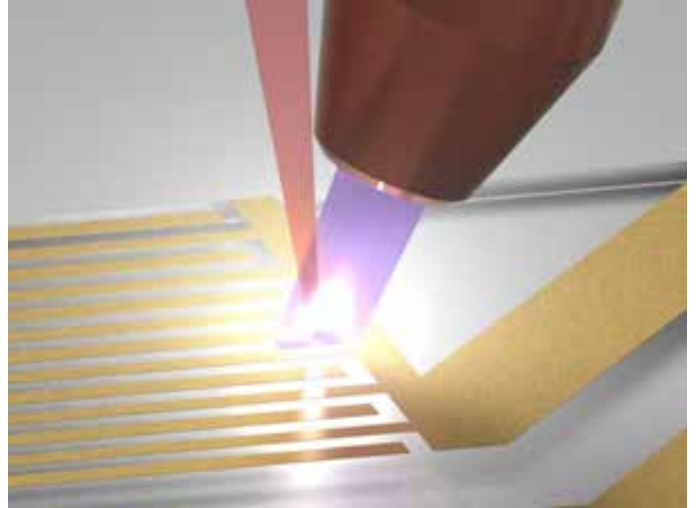
Besonders für transiente Implantate wie Fixateure oder temporäre Verschraubungen sind antiadhäsive Oberflächeneigenschaften von großem Vorteil. Weiterhin sind solche Oberflächen leicht zu reinigen, da sowohl Schmutz und Öle/Fette als auch organisches Material schwer darauf haftet. Mit Hilfe der Plasmatechnologie 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 mit lateralen Abmessungen bis hinunter in den Mikrometerbereich beschichten oder strukturieren.



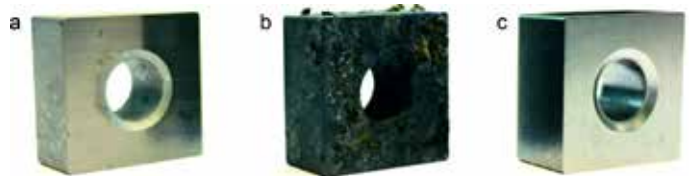
Grundfinanziertes Projekt ÖkoClean - Ökologische und funktionsoptimierte Vorbehandlungskette für die Plasmabeschichtung komplex geformter Schneidwerkzeuge

Hochleistungswerkzeuge wie Fräs-, Dreh- oder Bohrwerkzeuge spielen in einer Vielzahl industrieller Produktionsbereiche eine Schlüsselrolle. Für deren Anwendung ist insbesondere die Oberflächengüte für die Funktion und Langlebigkeit entscheidend. Um die Lebensdauer eines Werkzeugs zu maximieren, werden unter anderem Verschleißschutzschichten bzw. Hartstoffschichten appliziert. Vor dem Beschichten müssen jedoch Verunreinigungen, die während des Herstellungsprozesses entstehen, gründlich entfernt werden, da für eine ausreichende Haftung zwischen Werkzeugoberfläche und Beschichtung eine hohe Oberflächenqualität unabdingbar ist.

Als Reinigungsverfahren erforscht das INP das elektrolytische Plasmapolieren (PEP) im Verbund mit weiteren Partnern aus dem institutionellen und industriellen Umfeld im Vorhaben Ökoclean (33033/01-2), das von der DBU gefördert wird.

Für das PEP steht im INP eine Anlage zur Verfügung, die die Behandlung von Bauteilen mit maximal etwa 100 cm² ermöglicht. PEP ist dadurch gekennzeichnet, dass das zu behandelnde Bauteil in eine Elektrolytlösung getaucht wird, wobei zwischen Bauteil und Gegenelektrode ein elektrisches Feld angelegt wird. Die elektrische Leitfähigkeit der Elektrolytlösung wurde durch Zugabe von materialspezifischen Salzlösungen gesteuert. Typische Spannungen >100 V bewirken, dass im Prozess freigesetztes Gas das Werkstück mit einem dünnen Gasfilm umschließt, in dem sich ein Plasma ausbildet. Die Erzeugung dieses Plasmas ist wesentlich für die angestrebten Oberflächenmodifizierungen. Das Verfahren bietet im Vergleich zu anderen Reinigungs- und Polierverfahren sowohl ökonomische, als auch ökologische Vorteile, denn der Prozess verläuft vergleichsweise schnell, vereinfacht die Prozesskette und reduziert im Vergleich zu anderen elektrochemischen Verfahren die Kosten für die Entsorgung von schädlichen Chemikalien. So konnte gezeigt werden, dass sich mittels PEP die Reinigung, Entfettung, Entgratung und Oberflächenfinish in einem Prozessschritt innerhalb weniger Minuten realisieren lassen.

Im Projekt wurde PEP zur Reinigung von Hochleistungswerkzeugen aus Hartmetall angewandt, um gute Haftwerte für die nachfolgende Beschichtung zu realisieren. Prüfkörper wurden vor der Reinigung mit einer festgelegten, reproduzierbaren Oberflächenverunreinigung versehen, die prototypisch für die Belastung von Bauteilen bei der Fertigung von Zerspanungswerkzeugen ist. Durch eine Prozessoptimierung ist es gelungen, die Oberfläche von diesen hartnäckigen Verkrustungen zu befreien (s. Abb.). Eine angepasste Prozessführung bewirkt dabei, dass sich der Radius der Schneidkanten definiert einstellen lässt. Mittels PEP gereinigte Bauteile wurden in einem folgenden PVD-Prozessschritt (HIPIMS) mit einer TiN-Hartstoffschicht versehen. Im Rahmen von Zerspanungsuntersuchungen bei den Projektpartnern wurde die Haftfestigkeit dieser TiN-Schichten sowie auch weiterer, bei Partnern hergestellten Hartstoffschichten (AlTiSiN) untersucht und damit die praktische Anwendbarkeit des PEP-Prozesses für die Reinigung und Konditionierung vor dem Beschichten nachgewiesen. Es konnten mit dem neuen, umweltverträglicheren Reinigungsprozess ähnlich hohe Werkzeugstandzeiten erzielt werden, wie mit konventionellen, aber umweltbelastenden Prozessen.



Prüfkörper im PEP-Prozess: (a) unbehandelt, (b) kontaminiert, (c) gereinigt und poliert

Drittmittelfinanziertes Projekt Wachstums-kern MikroLas - Surfaces shaped by photonics

Der wirtschaftliche Erfolg in Wirtschaftszweigen wie Medizin- und Feinwerktechnik, Maschinenbau oder Sensorik erfordert die kontinuierliche Erforschung und Entwicklung innovativer Produkte und Fertigungsverfahren. Diese unterliegen höchsten Anforderungen an Präzision, Qualität sowie 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, biologisch oder technisch vorteilhafte Eigenschaften zu erzielen. Der Schlüssel zum Erfolg liegt dabei wesentlich in der optimalen Gestaltung der Oberflächen.

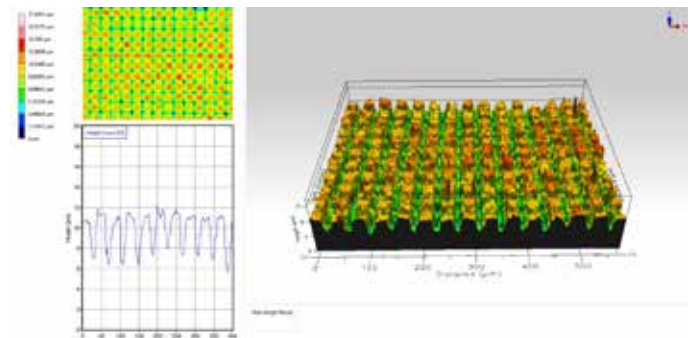
Der Wachstums-kern „MikroLas – Surfaces shaped by photonics“ adressiert diese Problemstellungen. Er vereint innovative Technologien verschiedener Forschungsbereiche der Ultrapräzisionsbearbeitung und entwickelt sie gezielt für die industrielle Fertigung und die Realisierung in (prototypischen) Anwendungen des Bündnisses weiter. Grundlage der Entwicklungen der disruptiven Technologieplattform bildet dabei die Kombination aus zeitlich geformten, ultrakurzen Laserpulsen (UKP) mit Atmosphärendruckplasmen (ADP). Während erstere Bearbeitungsgenauigkeiten und Strukturgrößen von wenigen 100 nm in einer nahezu athermischen Bearbeitung ermöglichen, erlauben Atmosphärendruckplasmen die flächige Funktionalisierung und Aktivierung sowie, in Kombination mit ultrakurzen Laserpulsen, die gezielte Beschichtung oder Strukturierung von Oberflächen mit lateralen Abmessungen bis hinunter in den Mikrometerbereich. Ausgehend von diesen Basistechnologien werden im Wachstums-kern die notwendigen Prozess- und Systemtechnologien sowie industrietaugliche Fertigungsverfahren entwickelt und an prototypischen Anwendungen demonstriert. Ziel des Konsortiums ist es, durch die Entwicklung der MikroLas-Technologieplattform bis 2025 zu einem der weltweit führenden Fertigungsstandorte für die photonische Herstellung funktionaler Oberflächen zu werden.

Neben dem INP sind an diesem Teilprojekt die neoplas GmbH, die SITEC Industrietechnologie GmbH und S.K.M. Informatik GmbH beteiligt.



Abbildung 1: Links: Skannerkopf mit flächiger Plasmaquelle; rechts: flächige Plasmaquelle mit Dentalimplantaten.

Abbildung 2: Laserstrukturen in Ti6Al4V untersucht mit dem Weißlichtinterferometer



KONTAKT



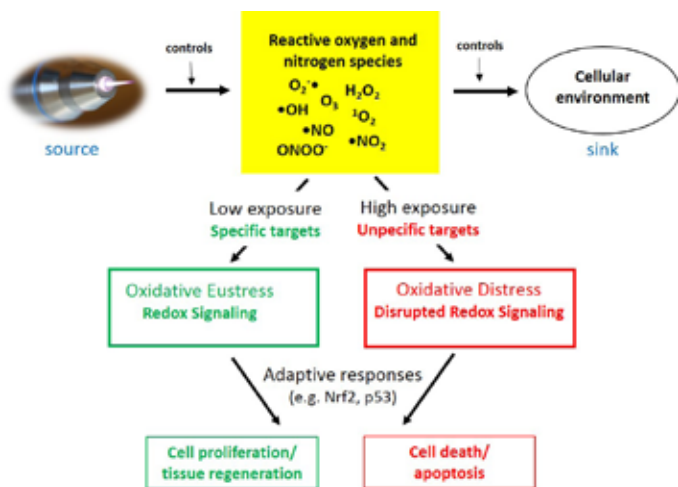
Dr. Katja Fricke
Tel.: +49 3834 / 554 3841
k.fricke@inp-greifswald.de

Überblick

Die Plasmamedizin ist ein innovatives Forschungsfeld an der Schnittstelle zwischen Physik und Lebenswissenschaften, das sich mit der Beeinflussung biologischer Prozesse in lebenden Zellen und Geweben durch kalte Atmosphärendruckplasmen und deren medizinischer Nutzung befasst. Neben der effektiven Inaktivierung von Mikroorganismen bietet die Stimulation der Regenerierung von verletztem Gewebe sowie die Zerstörung von Krebszellen mögliche erfolgversprechende Potentiale für medizinische Anwendungen. Dementsprechend stehen drei Themenfelder im Fokus der Forschungsarbeit des Forschungsschwerpunktes Plasmamedizin:

- Aufklärung der biochemischen und molekularen Mechanismen biologischer Plasmaeffekte mit besonderer Berücksichtigung redoxbasierter Prozesse
- Unterstützung und Begleitung klinischer Forschung und therapeutischer Anwendung von kalten Atmosphärendruckplasmaquellen
- Konzeption, Bau und Charakterisierung von experimentellen Plasmaquellen für biomedizinische Anwendungen

Für diese Forschungsarbeiten steht ein breites Spektrum an mikrobiologischen sowie zell- und molekularbiologischen Techniken in modernen Laboratorien zur Verfügung, die mit der am INP langjährig etablierten plasmaphysikalischen und ingenieurtechnischen Expertise in einer interdisziplinären Forschungsstruktur verbunden sind. Seit 2018 wird die Forschungsarbeit des FS Plasmamedizin durch Kompetenzen auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation verstärkt, um insbesondere Plasma-Flüssigkeitswechselwirkungen und zukünftig auch Plasmaeffekte auf Zellen und Gewebe besser theoretisch zu beschreiben und damit experimentelle Arbeiten zu unterstützen und zu ergänzen. Kooperationen insbesondere mit der Universitätsmedizin Greifswald und der Universitätsmedizin Rostock gewährleisten den engen Bezug der Forschungsarbeiten zu klinischen Anforderungen und Fragestellungen. Die 2018 erfolgte Inbetriebnahme von drei Laboratorien am Klinikum Karlsburg angesiedelten Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK) ist ein weiterer wichtiger Schritt hin zu einer anwendungsorientierten und kliniknahen plasmamedizinischen Forschung.



Plasmamedizin als angewandte Redoxbiologie: In Abhängigkeit von den Plasmaparametern sowie vom biologischen Umfeld werden redoxkontrollierte Prozesse aktiviert, die zur Stimulation oder Inaktivierung von Zellen führen können

Der am INP konzipierte und intensiv untersuchte Atmosphärendruck-Plasmajet kINPen, der durch die neoplas tools GmbH Greifswald zum Produkt weiterentwickelt und als kINPen® MED 2013 als Medizinprodukt Klasse IIa CE-zertifiziert wurde und der insbesondere zur Behandlung von chronischen Wunden eingesetzt wird, bildet eine wesentliche Grundlage der anwendungsorientierten Forschungsexpertise auf dem Gebiet medizinischer Plasmageräte. Durch die immer bessere Charakterisierung und Steuerung der physikalischen Eigenschaften kalter Atmosphärendruckplasmen in Wechselwirkung mit lebenden Systemen werden Plasmageräte neu konzipiert und optimiert, um damit medizinische Anwendungen zu verbessern und neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Kooperationen mit Partnern aus der Industrie sorgen für einen Transfer von Forschungsergebnissen aus dem Labor in die Entwicklung von Plasmageräten für klinische Anwendungen. Dies schließt Beratungsleistungen zum Einsatz von Plasmatechnologien in der Medizin ein. Die Anwendung kalter Atmosphärendruckplasmen in der Medizin insbesondere auf dem Gebiet der Behandlung von Wundheilungsstörungen sowie erregungsbedingten Hauterkrankungen findet mittlerweile zunehmend Eingang in die klinische Praxis. Forschungsarbeiten des Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin zur Aufklärung von molekularen Wirkungsmechanismen der plasmastimulierten Wundheilung sowie zur Anwendungssicherheit kalter Atmosphärendruckplasmaquellen haben zu dieser Entwicklung beigetragen.

Anwendungsorientierter Ausblick

PLASMAQUELLEN FÜR MEDIZINISCHE ANWENDUNGEN

Die Anwendung kalter Atmosphärendruckplasmen in der medizinischen Therapie ist mittlerweile klinische Realität. Damit steigt auch die Zahl kommerzieller Anbieter von Plasma-geräten für medizinische und zunehmend auch kosmetische Anwendungen. Die Beurteilung von Atmosphärendruck-plasmaquellen hinsichtlich ihrer Eignung für medizinische Anwendungen bedarf im Vorfeld klinischer Untersuchungen einheitlicher Kriterien. Neben den generellen regulatorischen Anforderungen für Medizingeräte, die selbstverständlich auch für medizinische Plasmageräte gelten, sind Normen zu entwickeln, die die speziellen Wirkungs- und Anwendungseigenschaften von kalten Atmosphärendruckplasmaquellen hinreichend berücksichtigen. Die bereits 2014 veröffentlichte DIN-Spezifikation (DIN SPEC) 91315 "Allgemeine Anforderungen an medizinische Plasmaquellen" wird in Kooperation mit dem Nationalen Zentrum für Plasmamedizin e.V. (NZPM) bis 2021 zu einer regulären DIN-Norm entwickelt. Parallel dazu werden im Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin teilautomatisierte Verfahren zur DIN-gerechten Charakterisierung von Plasmaquellen etabliert und für Industriekooperationen angeboten.

Auf dem Gebiet der Neukonzipierung von Plasmageräten stehen flächige Plasmaquellen im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten, die einerseits auf der bereits etablierten Technologie des Atmosphärendruck-Plasmajets kINPen aufbauen, andererseits aber verstärkt andere Prinzipien der Plasmaerzeugung, vor allem über dielektrisch behinderte Entladungen in den Blick nehmen. Dabei werden grundsätzliche Anforderungen an Medizingeräte von vornherein in die Quellenkonzepte einbezogen.

WUNDHEILUNG UND KREBSBEHANDLUNG

Die mittlerweile umfassend beschriebenen Plasmaeffekte zur Stimulation der Geweberegeneration ebenso wie zur Inaktivierung von Krebszellen basieren wesentlich auf der Beeinflussung redoxbasierter zellulärer Prozesse. Die im Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin aufgebaute Expertise auf dem Gebiet der Redoxbiologie wird zukünftig auch in der Aufklärung derartiger Mechanismen bei anderen pathologischen Prozessen wirksam werden können, womit das Forschungsspektrum über die Plasmamedizin hinaus erweitert wird.

Auf dem Gebiet der Wundheilung liegt der Schwerpunkt auf der weiteren Erforschung spezifischer Aspekte der Plasmawirksamkeit bei besonderen Erkrankungen wie dem Diabetes mellitus. Darüber soll die Unterstützung klinischer Studien sowie die Auswertung klinischer Anwendungen und daraus abzuleitende Schlussfolgerungen für die Optimierung der plasmamedizinischen Anwendungen verstärkt Teil der Arbeit des Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin werden. Im Hinblick auf die Anwendung in der Krebstherapie sind die Bedingungen für den Plasmaeinsatz im klinischen Umfeld, Aspekte der Anwendungssicherheit sowie die Möglichkeit der Kombination von Plasma mit anderen therapeutischen Optionen im Detail zu klären.

PLASMA-THERAPIESYSTEME

Die Kombination von medizinischen Plasmaquellen mit bildgebenden Verfahren zur Echtzeit-Analyse der behandelten biologischen Targets (z.B. Wundflächen) sowie mit Plasmadiagnostiken zur Überwachung der Plasmaparameter während der Behandlung wird zu einer neuen Generation von, gegebenenfalls Feedback-kontrollierten und automatisierten, Plasma-Therapiesystemen führen. Dafür sind die Modellierung komplexer Interaktionen von Plasma und lebendem Gewebe sowie die Einbeziehung von Techniken der künstlichen Intelligenz in die plasmamedizinische Forschung zu integrieren.



Labormuster eines Plasmajet-Arrays für medizinische Anwendung auf Basis des kINPen MED® für die Behandlung größerer Flächen

Grundfinanziertes Projekt Plasma & Zelle

Die Arbeiten im grundfinanzierten Projekt "Plasma & Zelle" ergänzen die Forschungsarbeiten des drittmittelfinanzierten ZIK plasmatis unter dem Dach des FS Plasmamedizin.

WUNDHEILUNG - TIERMODELLE

Im Ergebnis tierexperimenteller Studien erfolgte die weitere Entschlüsselung molekularer Wirkmechanismen der Wundheilung durch Plasma auf der Basis umfassend ausgewerteter Blut- und Gewebeproben. Als zelluläre Schlüsselfaktoren wurden das für die zelluläre Redox-Homöostase wichtige Molekül Nrf2 sowie das Protein p53, das eine entscheidende Rolle bei der Regulation des Zellzyklus spielt, identifiziert.

WUNDHEILUNG - KLINISCHE FORSCHUNG

Im Rahmen der am KDK angesiedelten verstetigten ZIK-Forschergruppe "Plasma-Wundheilung" wurde der Einsatz eines Hyperspektralkamerasystems für die Visualisierung therapeutischer Plasmaeffekte insbesondere bei der Behandlung diabetischer Wunden etabliert. Ergänzt durch die Analyse von Wundexudaten konnte damit die klinische Forschung zur Optimierung der plasmaunterstützten Wundheilung weiter vorangetrieben werden.

KREBSBEHANDLUNG - KLINISCHE FORSCHUNG

In Kooperation mit der Universitätsmedizin Greifswald wurde die Plasmawirksamkeit gegen Krebszellen an 3-D-Zellkulturmolellen (Sphäroide) sowie Gewebebiopsien untersucht, um insbesondere mögliche Unterschiede zwischen gesunden und Krebszellen zu identifizieren. Darüber hinaus wurden erste Therapieversuche zur Behandlung von Präkanzerosen in der Mundhöhle durch Gewebe- und Speicheluntersuchungen begleitet. Im INP vorhandene umfangreiche histologische und histochemische Untersuchungstechniken bilden die Grundlage für die Kooperation mit klinischen Partnern.

PIGMENTATIONSTÖRUNGEN DER HAUT

Der mögliche Einsatz von kaltem Atmosphärendruckplasma zur Beeinflussung der Pigmentierung der Haut wird im Rahmen einer Doktorarbeit untersucht. Erste Ergebnisse mit Melanomzellen zeigten, dass eine Stimulation der Melaninsynthese durch Plasmaeinwirkung grundsätzlich möglich ist.

PLASMABEHANDELTE FLÜSSIGKEITEN

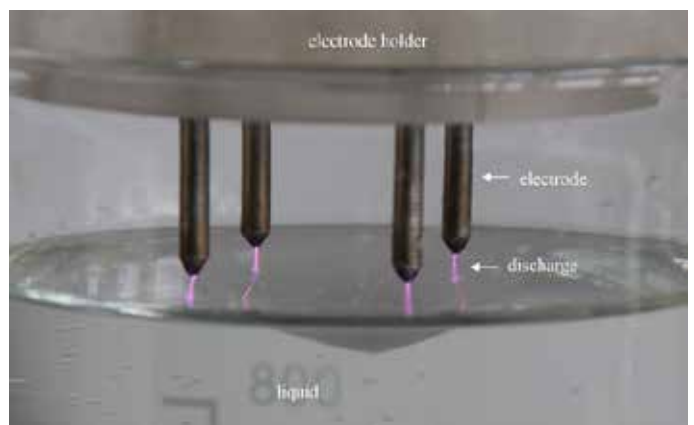
Der Einsatz antimikrobiell wirksamer plasmabehandelter Flüssigkeiten als Desinfektionsmittel oder Antiseptika erfordert einerseits die Möglichkeit der Plasmabehandlung größerer Flüssigkeitsvolumina. Dafür wurde eine auf einer pin-to-liquid-Entladung basierende Plasmaquelle entwickelt und umfassend getestet. Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass in Anwesenheit von Proteinen die antimikrobielle Wirksamkeit plasmabehandelter Kochsalzlösung drastisch reduziert wird.

MODELLIERUNG/SIMULATION

Seit 2018 wurde das Gebiet der Modellierung/Simulation von Plasmaquellen in Interaktion mit biologisch relevanten Targets in die Forschungsstruktur des FS Plasmamedizin integriert. Es wurde ein erstes Modell zur Untersuchung der komplexen Transportphänomene von reaktiven Spezies aus dem Effluent eines Plasmajets in ein Flüssigkeitsvolumen erstellt.

PLASMA AGRICULTURE

Die im Projekt "Plasma & Zelle" und im ZIK plasmatis vorhandene Expertise zu zellulären und biochemischen Mechanismen biologischer Plasmaeffekte mit dem Ziel des medizinischen Einsatzes von kaltem Atmosphärendruckplasma konnte in das neu am INP aufgebaute Forschungsfeld "Plasma Agriculture" eingebracht werden. Damit war es möglich, die Forschungsarbeiten in diesem neuen Gebiet auf einem soliden wissenschaftlichen Fundament aufzubauen.



WINPlas: pin-to-liquid-Entladung zur Plasmabehandlung größerer Flüssigkeitsvolumina

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

Nach einer erfolgreichen ersten Förderperiode 2009-2015 des ZIK plasmatis durch das BMBF nahmen 2016 und 2017 im Rahmen einer zweiten fünfjährigen Förderperiode die Nachwuchsforschergruppen "Plasma-Redox-Effekte" und "Plasma-Flüssigkeits-Effekte" ihre Arbeit auf. 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 FS Plasmamedizin.

Schwerpunkt der Arbeiten der Nachwuchsforschergruppe "Plasma-Redoxeffekte" ist die Erforschung der zell- und molekularbiologischen Möglichkeiten einer redoxbasierten Antitumor-Strategie und Immuntherapie mittels Kaltplasma, um damit neue Optionen in der Krebstherapie zu eröffnen. In Kooperation mit dem grundfinanzierten Projekt "Plasma & Zelle" werden in dieser Nachwuchsforschergruppe die Grundlagen redoxbasierter zellulärer Prozesse und deren Beeinflussung durch kaltes Atmosphärendruckplasma erforscht. Die Nachwuchsforschergruppe ist seit 2018 an dem im Rahmen der Exzellenzinitiative des Landes Mecklenburg-Vorpommern geförderten Projekt "ONKOTHER-H: Entwicklungsplattform für innovative onkologische Therapien am Beispiel des häufigsten menschlichen Krebses – Hautkrebs" beteiligt.

Die NACHWUCHSFORSCHERGRUPPE "PLASMA-FLÜSSIGKEITS-EFFEKTE" konzentriert ihre Arbeit auf die systematische Untersuchung des Weges reaktiver Spezies aus dem Plasma über flüssige Phasen hin zu biologischen Zielstrukturen. Durch Analyse der Veränderung spezifischer biochemischer Targets infolge Plasmabehandlung mit variierenden Plasmametern sollen nicht nur zellbiologische und biochemische Reaktionskaskaden weiter aufgeklärt werden. Mit diesen Untersuchungen werden auch Möglichkeiten einer quellenunabhängigen Charakterisierung von Plasmaeffekten auf der Basis chemischer bzw. biologischer Wirksamkeitsparameter untersucht, die das noch ungelöste Problem einer "Dosis"-Definition für biologische Plasmaeffekte adressieren.



Forschungsstruktur des Forschungsschwerpunktes Plasmamedizin: Kombination des ZIK plasmatis mit weiteren Themenfeldern des grundfinanzierten Projektes "Plasma & Zelle"

KONTAKT



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

Überblick

Der Forschungsschwerpunkt beschäftigt sich vornehmlich mit der Untersuchung, Entwicklung und Optimierung von plasma-basierten Methoden und Prozessen zum Abbau von Schadstoffen und Mikroorganismen in Luft, Wasser und auf Oberflächen, einschließlich Lebensmitteln. Motiviert sind diese Aktivitäten dabei insbesondere durch die Ziele der Vereinten Nationen für eine nachhaltige Entwicklung. Der Forschungsschwerpunkt versucht dabei, v.a. zu den Themen "Wasser und Verbesserung der Hygiene", "Ernährungssicherheit und nachhaltige Landwirtschaft" sowie "Umwelt" bzw. "Management natürlicher Ressourcen" einen wesentlichen Beitrag zu leisten.

Dieser Anspruch spiegelt sich in der Entwicklung der aktuellen Arbeitsgebiete und Anwendungsfelder wider, wobei neben dem Abbau von anthropogenen Verunreinigungen, gerade auch in Oberflächengewässern, ebenso die Bekämpfung der Verbreitung medikamenten-resistenter Keime in den Vordergrund gerückt ist. Zudem hat sich das Potential von Plasma-Methoden inzwischen auch für Anwendungen in der Landwirtschaft und der Agrarproduktion etabliert und bildet nun einen speziellen Fokus im Forschungsschwerpunkt.



Plasmen können zu verschiedenen der von den Vereinten Nationen bestimmten Nachhaltigkeitsziele einen wichtigen Beitrag leisten. Dazu gehören insbesondere Verfahren zum Erhalt von Wasserressourcen, Maßnahmen zur Vermeidung der Verbreitung von Krankheiten und Beiträge zu einer nachhaltigen Landwirtschaft.

Die Wirkmechanismen, die für verschiedene Anwendungen und Aufgaben durch ein Plasma zur Verfügung gestellt werden, sind neben chemisch reaktiven Spezies, ultraviolette Strahlung, elektrische Felder aber in Flüssigkeiten auch Schockwellen. Durch die in einer geeigneten Weise bereitgestellte Energie und Betriebsparameter können diese Prozesse gezielt gesteuert werden. Gemeinsam ist dabei allen Ansätzen, dass sie eine Behandlung bei relativ geringem Temperaturanstieg ermöglichen und so insbesondere für die Anwendung auf temperatur-empfindliche Güter, wie z.B. pflanzliches Material, geeignet sind. Darüber hinaus sind v.a. für Plasmen, die aus Umgebungsluft oder Wasser erzeugt werden, auch keine langlebigen schädlichen Reaktionsprodukte zu erwarten.

Anwendungsfelder

Clean Air

Das Forschungsthema widmet sich traditionell der Entwicklung neuer Verfahren zum Abbau von Schadstoffen in Gasströmen und Umgebungsluft. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich durch die Kombination mit einem Ionenwind speziell auch Keime in der Umgebungsluft, z.B. in Krankenhäusern, effizient abbauen lassen. Inzwischen wird dieser Ansatz auch für die Raumluftaufbereitung in Viehställen untersucht.

Clean Water

Das Forschungsthema hat sich in der Vergangenheit v.a. mit dem Abbau pharmazeutischer Rückstände in Trink- und Abwasser beschäftigt. Inzwischen werden entsprechende Ansätze auch zum Abbau von Herbiziden und Pestiziden verfolgt. Daneben konnte in Bezug auf antibiotika-resistente Bakterien im Wasser ein erfolgreicher Abbau nachgewiesen werden.

Clean Food

In diesem Forschungsthema werden direkte und indirekte Plasmaphandlungen für die Lebensmittelindustrie erforscht. Damit sollen Transportwege und Verpackungen mikrobiell sauber gehalten, aber auch Obst und Gemüse nach der Ernte auf schonende Weise länger haltbar gemacht werden.

Clean Healthcare

Bei diesem Forschungsthema liegt der Schwerpunkt auf der plasma-basierten biologischen Dekontamination von empfindlichen Medizinprodukten aber auch kostengünstigen Lösungen für die Reinigung von Verbraucherprodukten, z.B. Kontaktlinsen. Daneben hat die Raumdesinfektion in Pflegeeinrichtungen an Bedeutung gewonnen, wobei neben der Behandlung von Oberflächen auch hier die Raumluftbehandlung betrachtet wird.

Anwendungsorientierter Ausblick

Nicht-thermische Plasmen für Landwirtschaft und Agrarproduktion

Die Keimbelastung von verschiedenen Agrarprodukten, insbesondere Obst, Gemüse aber auch Saatgut, kann durch Plasmaverfahren wirksam und effizient reduziert werden. Dies konnte in verschiedenen Studien gegenüber einer Vielzahl von Mikroorganismen bestätigt werden. Dadurch kann zum einen die Sicherheit und das Vertrauen des Verbrauchers in den Verzehr gesteigert werden und zum anderen Haltbarkeit und Lagerfähigkeit für Handel und Logistik erhöht werden. Für eine wirtschaftliche Behandlung bieten sich dabei drei Ansätze an. Bei der direkten Behandlung wird das Produkt tatsächlich einem Plasma ausgesetzt. Demgegenüber stehen die indirekten Behandlungsmethoden, bei denen entweder die durch ein Plasma prozessierte Luft für eine Begasung von Lebensmitteln eingesetzt oder in Wasser eingeleitet wird, das dadurch antimikrobiell wirksam wird und damit effektiv in Waschprozessen eingesetzt werden kann. Beide dieser Methoden beruhen auf der Erzeugung reaktiver Spezies, die sich in relativ kurzer Zeit wieder abbauen.

Konzentration und Wirksamkeit können durch den Prozess gesteuert werden und ermöglichen so einen möglichst effizienten Einsatz des Plasmas. Neben einer Reihe von grundsätzlichen Untersuchungen hat sich die Entwicklung der letzten Jahre daher auf eine Skalierung der beiden indirekten Verfahren für industrielle Anwendungen konzentriert. Dabei standen technische Aspekte der Verfahrenstechnik sowie der Anlagensicherheit und -verlässlichkeit für die Behandlung größerer Mengen an Behandlungsgütern in relevanten Produktionsumgebungen im Vordergrund. Entsprechend konnten produktionsnahe Demonstratoren, z.B. für die Behandlung von Broccoli durch plasma-prozessierte Luft und die Reinigung von Blattsalat mit plasma-behandeltem Wasser, erfolgreich konzipiert und getestet werden. Mit der größeren Nähe zu einem kommerziellen Einsatz wurden begleitend dazu auch Anstrengungen und Untersuchungen in Bezug auf den Einfluss der verschiedenen Plasmaverfahren auf die Produktqualität intensiviert.



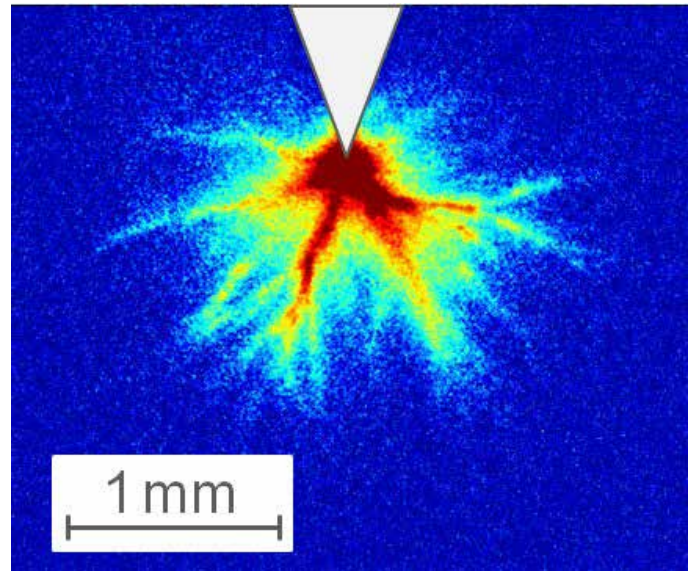
Behandlung von Sonnenblumenkernen durch eine Koronaentladung. Durch die Behandlung werden Mikroorganismen auf der Oberfläche der Körner abgetötet. Zudem erhöht sich ihre Wasseraufnahmefähigkeit und Stoffwechselprozesse werden angeregt.

Neben des Einsatzes von Plasmen für die Dekontamination des Endproduktes hat sich gezeigt, dass auch Saatgut durch Plasmaverfahren wirksam von Krankheitserregern befreit werden kann, um so Keimung und die Gesundheit des Keimlings zu unterstützen und zu fördern. Dementsprechend könnten Plasmaanwendungen eine Alternative zu den herkömmlichen Vorbehandlungsverfahren von Saatgut, wie z.B. dem Beizen, darstellen. Zudem hat sich gezeigt, dass sich dabei auch die Wasseraufnahmefähigkeit der Körner erhöht und Stoffwechselprozesse, d.h. Keim- und Wachstumsprozesse, durch reaktive Sauerstoff- und Stickstoffspezies gefördert werden können. Insbesondere die Bewässerung mit plasma-behandeltem Wasser scheint außerdem eine Möglichkeit zu bieten, der Pflanze sowohl zusätzlich Stickstoff zuzuführen als auch Pflanzenschädlinge wirksam zu bekämpfen. Als Folge davon können v.a. frühe Wachstumsprozesse unterstützt werden und letztendlich auch Ernteerträge gesteigert werden. Plasma-behandeltes Wasser selbst könnte dabei ebenfalls unter bestimmten Umständen wiederum eine umweltfreundlichere Alternative zu Pestiziden und Insektiziden bieten. Insgesamt legt ein besseres Verständnis der entsprechenden Prozesse letztendlich verschiedene Möglichkeiten nahe, die inzwischen vielfach kritisierte Verwendung von Agrochemikalien zu ersetzen oder zumindest zu ergänzen.

Grundfinanziertes Projekt Entladungsprozesse in wässrigen Lösungen

Die Anstrengungen des Forschungsschwerpunktes sind von der Entwicklung verschiedenster Plasmaverfahren und -technologien für die Dekontamination in unterschiedlichsten Anwendungsfeldern geprägt. Dabei stehen in den letzten Jahren v.a. die Wechselwirkung von Plasmen mit Wasser und allgemein wässrigen Lösungen im Vordergrund. Nachdem für verschiedene Anwendungen Abbauewege und Inaktivierungsmechanismen identifiziert werden konnten, stellt sich nun v.a. die Frage, wie Wirkungsmechanismen von Plasmaparametern, d.h. von den ursprünglichen physikalischen Prozessen und den Betriebsparametern einer Plasmamethode abhängen.

Für viele Anwendungen sind dabei die gebildeten chemisch reaktiven Spezies entscheidend. Verschiedene Grundlagenuntersuchungen beschäftigen sich daher damit, wie diese durch den Entladungsaufbau und -verlauf bestimmt sind. Dazu wurden z.B. inzwischen gepulste Koronaentladungen im Wasser, die für den Abbau pharmazeutischer Rückstände bereits beschrieben wurden, näher untersucht. Dafür wurde der Entladungsaufbau in einer definierten Geometrie in Abhängigkeit von Pulsdauer und Pulsspannung, sowie dem Leitwert des Wassers, mit einer Zeitauflösung von nur wenigen Nanosekunden charakterisiert. Dabei hat sich gezeigt, dass neben der Pulsanstiegszeit gerade auch die Entwicklung der Entladung im Abfall der angelegten Spannung, großen Einfluss auf die in dieser Nachglühphase gebildeten reaktiven Spezies haben kann. Dies wird auch deutlich durch die für diese Phase beobachteten Reilluminationsprozesse. Darüber hinaus wurde deutlich, dass längere Hochspannungspulse nicht unbedingt effizienter in der Erzeugung reaktiver Spezies sind. Ergänzt werden die Studien durch eine detaillierte Beschreibung der Reaktionskinetiken der durch das Plasma ursprünglich bereitgestellten chemischen Komponenten. Gerade für die Inaktivierung von Mikroorganismen wird dem daraus gebildeten Peroxynitrit große Bedeutung zugemessen. Allerdings kann diese Substanz unter Umständen auch wieder sehr schnell zerfallen, ohne wirksam zu werden. Daher wurden die Bildung und der Abbau mittels zeitaufgelöster in-situ UV Spektroskopie ermittelt. Bildungsraten und Verweildauern von Peroxynitrit hängen dabei stark von der Pufferkapazität der wässrigen Lösung ab und bestimmen letztendlich dadurch auch die antimikrobielle Wirksamkeit.



Reillumination (3 ns Aufnahmezeit) einer in Wasser gezündeten Koronaentladung in der mit 20 ns abfallenden Flanke eines angelegten Hochspannungspulses von 100 ns (FWHM) und 50 kV Amplitude. Für den schnellen Abfall leuchten alle Kanäle der ursprünglichen Entladung wieder auf und legen eine entsprechende Stromverteilung nahe.

Neben Korona-Entladungen, die direkt im Wasser erzeugt werden, haben sich inzwischen auch Funkenentladungen, die ebenfalls nur mit kurzen Hochspannungspulsen erzeugt werden, als effiziente Methode für den Aufschluss von Pflanzenzellen und v.a. Algen erwiesen. Entsprechende grundlegende Untersuchungen haben ergeben, dass diese Methode insbesondere bei der Extraktion von temperaturempfindlichen Inhaltsstoffen anderen Verfahren überlegen ist. Der Wirkmechanismus beruht dabei auf der Erzeugung starker Schockwellen, die mit ihren Drücken die Belastungsgrenze der Zellwand deutlich übersteigen, was durch entsprechende Messungen belegt werden konnte. Die Reaktionschemie spielt im Gegensatz zu Koronaentladungen im Wasser nur eine untergeordnete Rolle und hat keinen schädlichen Einfluss auf die extrahierten Substanzen.

Die Ergebnisse all dieser Grundlagenuntersuchungen haben inzwischen Eingang gehalten in die Konzeption verbesserter Plasmabehandlungssysteme, entweder für den Abbau von Schadstoffen und Mikroorganismen, oder die Einleitung neuer Anwendungsprojekte.

Drittmittelfinanziertes Projekt Aufschluss von Biomasse durch die Kombination von Plasma- und Ultraschallbehandlung

Mit dem Aufschluss von Biomasse haben sich Kompetenz und Expertise des Forschungsschwerpunkts um ein weiteres Aufgabenfeld erweitert. Durch die Kombination von Ultraschallbehandlungen mit einem Plasma soll die Energieausbeute in Biogasanlagen deutlich erhöht und gleichzeitig Umweltbelastungen verringert werden. Gegenwärtig stoßen Biogasanlagen dabei an Grenzen, da bei vielen verarbeiteten Substraten, v.a. Gülle oder Stroh, noch sehr viele organische Bestandteile nur unzureichend aufgeschlossen werden und damit der Fermentation nicht zugänglich sind. Zum Teil können nur bis zu 65% der schwer abbaubaren organischen Anteile von den Bakterien verarbeitet werden. Ultraschall bietet bereits eine Möglichkeit, den Aufschluss zu verbessern, allerdings ebenfalls nur unvollständig. Daher soll die Ultraschallbehandlung im einem gemeinsamen Reaktionsraum durch die gleichzeitige Behandlung mit einem Plasma weiter verbessert werden. Insgesamt wird dadurch ein Aufschluss von mehr als 90% erwartet. Mit dem Plasma werden die Pflanzenzellen nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch angegriffen.

Für das vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Gesundheit des Landes Mecklenburg-Vorpommern geförderte und vom Planungsbüro Power Recycling Energyservice (PRE) aus Neubrandenburg geleitete Projekt, entwickelt und untersucht der Forschungsschwerpunkt Dekontamination verschiedene Plasmaverfahren. Dabei sind zunächst großvolumige Funkenentladungen betrachtet worden und zudem durch mit Mikrowellenanregung ebenfalls direkt in der Biomassensuspension erzeugte Plasmen. Letztere bieten die Möglichkeit, der Ultraschallbehandlung vergleichbare Leistungen im Bereich von Kilowatt einzukoppeln. Untersuchungen an einem Zellulosemodell haben bestätigt, dass sich dadurch ein mit dem Ultraschall vergleichbarer und ein in der Kombination deutlich besserer Aufschluss ergibt. Der Beitrag des Plasmas lässt sich dabei auf chemische Reaktionsprozesse zurückführen. In diesen Prozessen kann dabei insbesondere auch Stickstoff gebunden werden, wodurch umweltbelastende Verbindungen, wie Ammoniak, in den Gärresten, die später auf dem Feld landen, reduziert werden können.

Bevor der Ansatz mit einem Demonstrationsmodell in 2020 in der Biogasanlage getestet werden soll, werden gegenwärtig noch vorbereitende Studien an realen Biomassesubstraten an der Universität Rostock durchgeführt.

Neben dem Einsatz in Biogasanlagen bieten sich weitere Möglichkeiten in der Verarbeitung von Agrarprodukten an. Darüber hinaus kann die Kombination ebenfalls einen neuen Weg in der Behandlung von mit Keimen oder Schadstoffen hochbelasteten Abwässern darstellen.

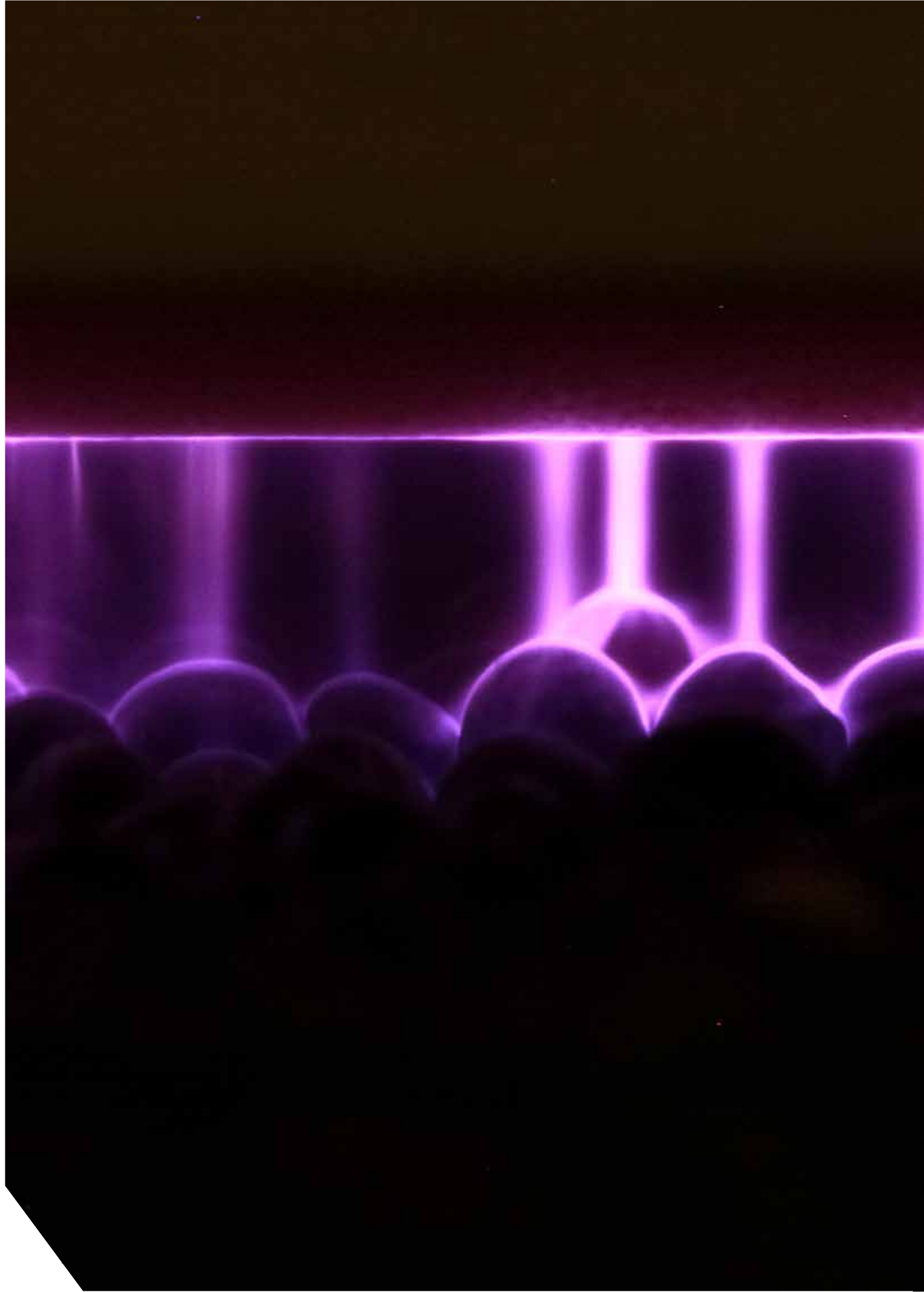


Biogasanlage in Bentzin (Landkreis Vorpommern-Greifswald). In der Anlage soll durch die Kombination von Ultraschall- und Plasmabehandlung der Aufschluss von verarbeiteten Biomassesubstraten, und damit letztendlich der Biogasertrag, gesteigert werden.

KONTAKT



Prof. Dr. 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

Plasma Wundheilung

Plasma-Agrarkultur

Materialien für die Energietechnik

ZIK plasmatis Plasma-Redox-Effekte

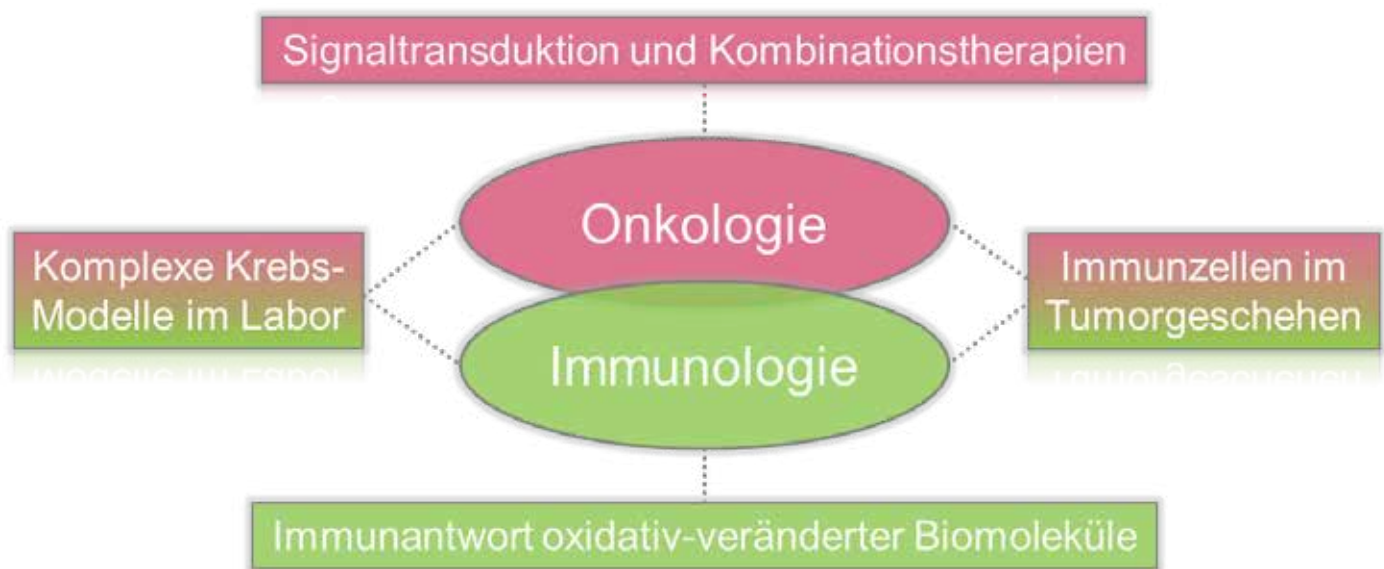


Abb. 1: Nennung und Zusammenhang zentraler Forschungsthemen der Forschungsgruppe ZIK plasmatis „Plasma-Redox-Effekte“ (PRE).

Die gasplasma-unterstützte Wundheilung ist in der Klinik angekommen. Neue Therapiekonzepte in der Plasmamedizin werden in der Gruppe „Plasma-Redox-Effekte“ untersucht. Dabei wird überwiegend der am INP entwickelte Gasplasma-Jet kINPen genutzt. Eines dieser Konzepte ist die Krebstherapie. Doch wie lassen sich die beiden scheinbar gegensätzlichen Ansätze mit der gleichen Technologie vereinen?

Die biologische Wirksamkeit von Gasplasmen basiert auf deren Produktion von reaktiven Sauerstoff- und Stickstoffspezies, allgemein bekannt als „freie Radikale“. In geringeren Konzentrationen wirken diese Verbindungen in Zellen als Signalmoleküle und unterstützen u.a. das Zellwachstum, welches in der Wundheilung benötigt wird. Bei hohen Konzentrationen jedoch überwiegt die toxische Wirkung, wodurch Zellen in den Zelltod gehen, was in der Krebstherapie notwendig ist. Da die Menge an produzierten Radikalen bei Behandlung mit dem kINPen von der Behandlungsdauer pro Flächeneinheit abhängt, kann diese Technologie sowohl die Wundheilung mittels kurzen Behandlungszeiten stimulieren, als auch Krebszellen bei langen Behandlungszeiten abtöten. Unsere Hypothese lässt sich direkt aus unseren Ergebnissen am ZIK plasmatis ableiten: Für die Stimulation der Wundheilung mit dem kINPen in Mäusen wurden 5 Sekunden Behandlungszeit benötigt, für die erfolgreiche Reduktion des Tumorwachstums in Mäusen mindestens ein 20-faches dieser Zeit.

Die Aufklärung des Mechanismus der abtötenden Plasma-wirkung in Tumorzellen ist ein Fokus der Arbeitsgruppe. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass Mitochondrien (die „Zellkraftwerke“) ein Multiplikator der Wirkung sind und dass intrazelluläre Signalwege wie HMOX1 eine Signatur behandelte Zellen verschiedener Tumorarten darstellt. Den zweiten Fokus stellt die Kombination von Gasplasma mit anderen Verfahren dar. So konnten wir zeigen, dass es positive Kombinationseffekte mit ionisierender Strahlung, gepulsten elektrischen Feldern und Chemotherapie gibt. Für letztere fanden wir sowohl Kandidaten bereits zugelassener Verbindungen, wie zum Beispiel Doxorubicin und Rapamycin, als auch sich noch in der Entwicklung befindlicher Substanzen wie beispielsweise dem HSP90 Inhibitor PU-H71. Viele unserer Versuche werden in herkömmlichen zweidimensionalen Zellkulturmodellen durchgeführt.

Ein Fokus unserer Arbeiten liegt jedoch auch auf der Erweiterung von Forschungsmodellen für die Plasmaforschung. Dabei konnten wir erfolgreich das 3D Tumorsphäroid-Modell in Kooperation mit dem Chirurgischen Forschungslabor der Universitätsmedizin Greifswald für unsere Versuche nutzen. Dank der freundlichen Nutzungsgenehmigung des Instituts für Pharmakologie können wir dort seit 2 Jahren auch unsere Tumorversuche in Nagetiermodellen durchführen. Diese Modelle sind besonders relevant, da nur im Gesamtorganismus

Komplexität von Tumormodellen in der Gruppe ZIK-PRE

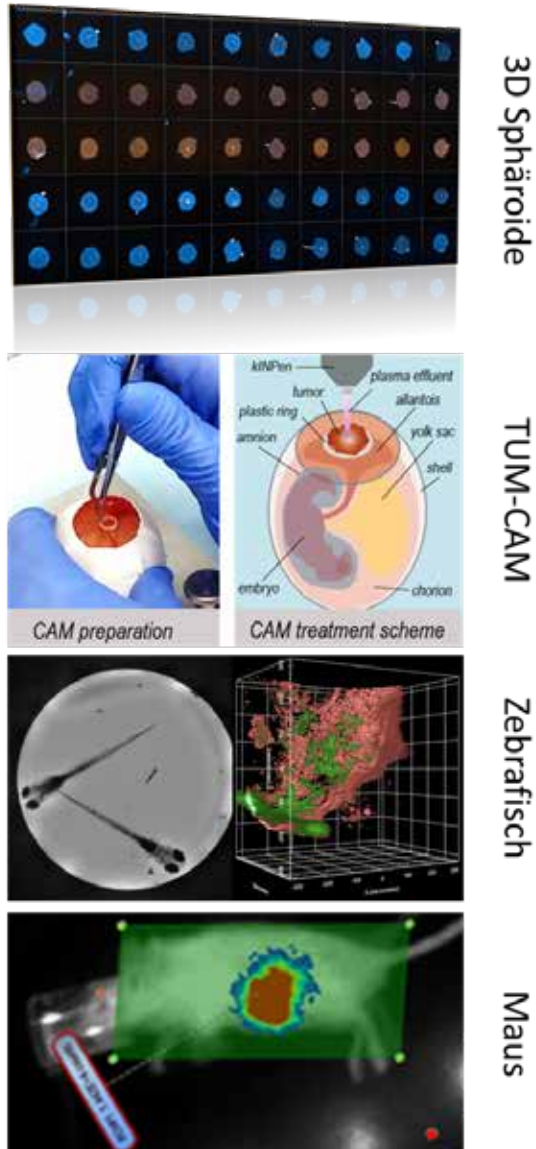


Abb. 2: Verschiedene komplexe biologische Labormodelle zur Erforschung von Antitumor-Antwort und immunologischen Fragestellung, welche in der Gruppe ZIK plasmatis „Plasma-Redox-Effekte“ (ZIK-PRE) eingesetzt werden.

mus das Immunsystem aktiv ist. Die Wirkung und Relevanz des Immunsystems in der Tumorabwehr wurde 2018 mit dem Nobelpreis für Medizin oder Physiologie bedacht, dessen Bedeutung ist also unumstritten. Gleichzeitig lässt sich die Antitumor-Immunabwehr nur im Tiermodell gezielt studieren, und wir konnten in 2018 und 2019 zeigen, dass die plasma-unterstützte Behandlung von Melanomen im Mausmodell eine Erhöhung der Anzahl intra-tumoraler Immunzellen zur Folge hat. Immunzellen selbst stellen für uns ein weiteres, wichtiges Untersuchungsfeld dar. So konnten wir zeigen, dass die Plasmabehandlung Fresszellen des Immunsystems phänotypisch verändert und dadurch toxischer gegenüber Tumorzellen macht. Auch die Oberflächenmarker von Tumorzellen können „Alarm“-Signale für Immunzellen darstellen, und wir konnten eine Erhöhung solcher Signale durch die Plasmabehandlung der Tumorzellen feststellen. Der nächste Schritt ist es nun, die Tumorzell-Immunzell-Interaktion genauer zu untersuchen, sowie die Immunogenität dieser Zellen sowie von bspw. Proteinen nach Plasmabehandlung im Kontext oxidativer Veränderungen besser zu verstehen.

KONTAKT



Dr. Sander Bekeschus
Tel.: +49 3834 / 554 3948
sander.bekeschus@inp-greifswald.de

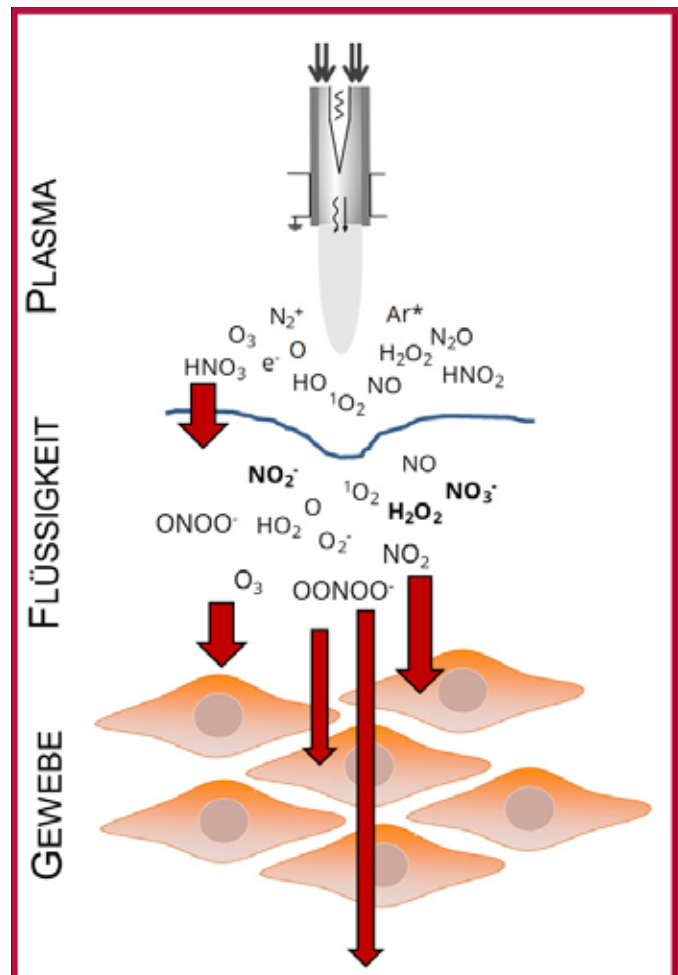
ZIK plasmatis Plasma-Flüssigkeits-Effekte

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- κ 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.



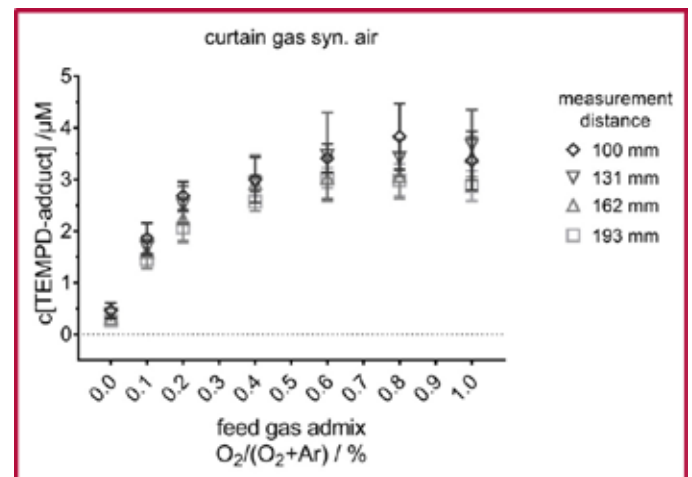
Während die Zusammensetzung der Gasphase kalter Plasmen schon gut verstanden ist, müssen der Transport der reaktiven Spezies durch die Grenzschicht zur Flüssigkeit und weiter in die Zelle/das Gewebe noch besser untersucht werden. Dies ist die Aufgabe der Gruppe ZIK-PFE.

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 Effluenten eindringt. Während durch Simulationen und FTIR-Messungen vieles über deren Distribution in der Gasphase bekannt ist, besteht Unklarheit über ihre Rolle in Flüssigkeiten. Um 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 (≥ 100 mm bis 224 mm) Ozon in der Gasphase und in der Flüssigkeit dominant nachweisbar ist. Auch wenn der Gasmantel um den Effluenten 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 $^1\text{O}_2$ und 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 Bekeschus/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 Nachwuchsforschergruppe Biosensorische Oberflächen (BSO) beschäftigt sich in einem interdisziplinären Forschungsumfeld, an der Schnittstelle von Polymerchemie, Materialwissenschaften und Plasmatechnologie, mit der Entwicklung und Charakterisierung von neuartigen Funktionsschichten für Anwendungen in der Medizin, Biotechnologie, Umweltanalytik und Lebensmitteltechnologie.

Für biosensorische und mikrofluidische Anwendungen ist die Steuerung der physikalischen, chemischen und biologischen Grenzflächeneigenschaften essentiell, um die bestmögliche Performance bei der Interaktion mit der biologischen Umgebung zu gewährleisten. Plasmagestützte Oberflächenverfahren verleihen Materialien durch die Erzeugung von Oberflächenfunktionalitäten oder durch die Abscheidung von dünnen Schichten neue Eigenschaften.

Plasma Printing

Chemisch strukturierte Oberflächen im Submillimeter- bis Mikrometer-Bereich erweisen sich als besonders wertvolle Plattform in der Mikrofluidik.

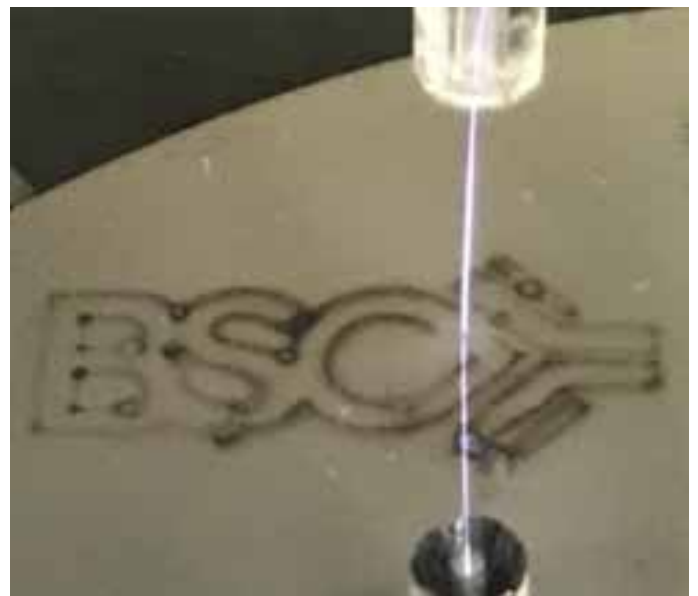
Die Flüssigkeitsvolumina befinden sich mittlerweile im Mikroliter- oder sogar Nanoliterbereich. Dies erlaubt der Mikrofluidik, die Proben- und Reagenzienmengen drastisch zu reduzieren, Reaktionen schneller ablaufen zu lassen und damit den Durchsatz zu erhöhen und Ressourcen schonende Messungen zu ermöglichen. Ein gesteigertes Interesse gilt daher dem Einsatz von Multiplex-Arrays wodurch eine große Anzahl von Analyten auf einem einzigen Mikro-Chip simultan verarbeitet werden können. Dies erfordert Bereiche definierter chemischer und physikalischer Eigenschaften die beispielsweise mittels eines in der Nachwuchsforschergruppe Biosensorische Oberflächen entwickelten Plasma-Printing-Verfahrens auf jeder beliebigen Oberfläche erzeugt werden können. Dieses innovative Verfahren ermöglicht eine ortsselektive Abscheidung von Plasmapolymerbeschichtungen mit Strukturdimensionen ab 150 μm und Schichtdicken im Bereich von 20 bis 150 nm unter Verwendung eines am INP entwickelten Atmosphärendruckplasmajets.

Funktionsschichten

Das Kernstück eines jeden Biosensors ist die biologische Erkennungsstruktur, die aus einem Enzym, einem Antikörper, DNA oder aus ganzen Zellen bestehen kann.

Um den Analyten in der Probe selektiv nachweisen zu können, ist eine Oberflächenmodifikation der biologischen Erkennungsschicht erforderlich. Dabei ist die Oberflächenchemie der Erkennungsstruktur so zu wählen, dass möglichst keine unspezifischen Wechselwirkungen auftreten und

gleichzeitig eine gezielte Ankopplung des Analyt-Bindungspartners auf der Sensoroberfläche realisiert wird. Vor allem für Messungen in Realproben ist es entscheidend, dass die funktionalisierte Oberfläche eine ausreichende Immobilisierungsdichte und eine genügend hohe Bindungsaktivität besitzt, so dass auch geringe Konzentrationen detektiert werden können.



Fotografische Aufnahme des Plasmajets während der Erzeugung der chemischen Struktur auf einem Siliziumwafer (Plasma-Printing-Verfahren)

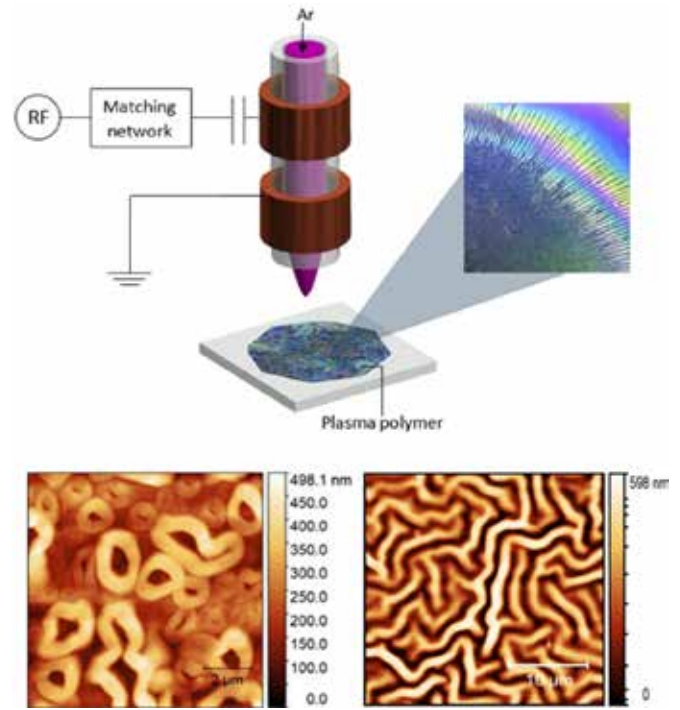
Ein Schwerpunkt der Nachwuchsforschergruppe BSO ist die Erzeugung von dünnen plasmapolymerisierten Schichten, die mit sauerstoffhaltigen funktionellen Gruppen angereichert sind.

Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung, Morphologie und Stabilität der plasmapolymerisierten Filme im wässrigen Milieu zeigten eine einzigartige Funktionalität und eine hervorragende Haftung auf den Substraten. Die entwickelten SPR-Immunosensoren zeigten eine effiziente Immobilisierung von Antikörpermolekülen, so dass eine selektive und hervorragende Reaktion auf den Analyten sowie ein hohes Maß an Stabilität erzielt wurde. Für alle entwickelten Immunsensoren wurde eine Nachweisgrenze von 50 ng/ml HSA erreicht.

Synthese dünner Hydrogelschichten

Hydrogele sind auf Grund ihrer stimuli-responsiven Eigenschaften prädestiniert für Anwendungen in der Mikrofluidik und Medizintechnik. Zudem eignen sich Hydrogelschichten aufgrund ihres hohen Wassergehalts und ihrer gewebeartigen mechanischen Eigenschaften und der damit einhergehenden Biokompatibilität für die Entwicklung biomedizinischer (implantierbarer) Sensoren.

Die Arbeiten der Nachwuchsforschergruppe BSO beinhalten die Synthese von Hydrogelschichten mittels Plasmapolymersisation bei Atmosphärendruck. So konnten beispielsweise acrylatbasierte Hydrogelschichten von Dicken bis zu 10 µm generiert werden, die in Abhängigkeit vom pH Wert ein kontrolliertes und reversibles Quellungsverhalten zeigen. Weiterhin haben Untersuchungen ergeben, dass die gezielte Einstellung der Schichtdicke und der damit verbundenen charakteristischen Faltenbildung die Immobilisierung von Biomolekülen begünstigt. Für die erhaltenen Schichten wurde eine hohe Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität angestrebt. Durch die Charakterisierung der Schichten sollen die Anwendungsbereiche festgelegt und deren zukünftiger Einsatz als multi-sensitive Sensorschicht überprüft werden.



Schematische Darstellung des experimentellen Aufbaus zur Erzeugung von Funktionsschichten und Hydrogelen.

AFM-Aufnahmen der plasmapolymersierten Beschichtungen zeigen verschiedenen Oberflächentopographien, die zur Immobilisierung von Biomolekülen verwendet werden können.

KONTAKT



Dr. Katja Fricke
Tel.: +49 3834 / 554 3841
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 mit und an dem Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK) gearbeitet.

Verschiedene Industriekontakte und -projekte werden in die Arbeiten integriert, um die Konzepte früh an die Anforderungen der Hersteller anzupassen. Durch den Bezug und die Inbetriebnahme der Labore am KDK im November 2018 wurden einige Firmmentkontakte intensiviert sowie bereits neue Netzwerke etabliert.

Mit der Grundlagenforschung innerhalb der "Plasmaquellen-Konzepte" wird der diagnostische Fokus auf die Bestimmung des "Plasmacocktails" an Wirkspezies gelegt. Dabei stellen sich besonders die Ionendichtemessung sowie die Bestimmung der elektrischen Feldkomponente als unadressiert heraus. Die Rückkopplung der relevanten Komponenten in die Quellenentwicklung schließt dabei den Kreis von der Grundlagenforschung in die Anwendung.

Eine weitere Steuerung der elektrischen Feldstärke gelingt durch die Anpassung der dielektrischen Barriere durch die Inbetriebnahme eines 3D Keramik-Druckers, der hochpräzise Fertigung (etwa 0.05 mm) kleiner Stückmengen aus verschiedensten Materialien ermöglicht und so der innovativen Freiheit keine Grenzen mehr setzt.

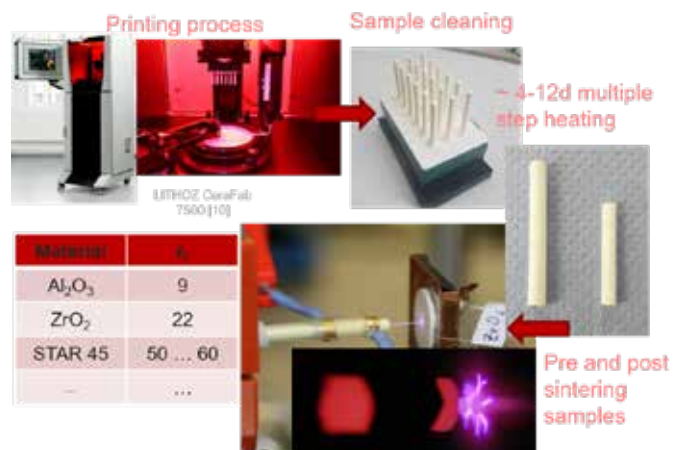


Abbildung 1: Fertigungszyklus einer 3D gedruckten Keramik aus Aluminiumoxid sowie Zündbeispiel.

Die elektrischen Eigenschaften sind bereits in einer ersten Masterarbeit untersucht worden. Mit dem 3D Keramikdruck eröffnet sich auch ein großes Zukunftspotential für die Kollaboration mit Arbeitsgruppen aller Bereiche am INP, da hier ein zentraler Baustein der Plasmatechnologie adressiert wird.

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. In einem weiteren Schritt wurde die durch die veränderte Leistungseinkopplung beeinflusste Ozonproduktion mittels FTIR untersucht und korreliert.

Mit Hinsicht auf die Anwendung platziert die Forschergruppe "Plasmaquellen-Konzepte" verschiedene Industrierünsche sowie strategische Entwicklungen am INP. Schwerpunkt sind die großflächigen Plasmaquellen auf Basis der dielektrisch behinderten Entladungen sowie der Plasma-Jet-Arrays. Die Plasmajets für lokalisierte Behandlung mitunter schwer zugänglicher Spots sind weitere Gerätschaften in der Entwicklung. Die endoskopischen Anwendungen sind dabei genauso zu nennen, wie dentale Anwendungen an der komplexen Geometrie des Mundraumes. Eine dieser Arbeiten geht im Jahr 2020 in die Phase der klinischen Studie über. Weitere Projektanträge zu diesen Themenkomplexen wurden eingereicht.

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. Darüber hinaus wird das Portfolio an Rapid Prototyping in Zusammenarbeit mit der Gruppe Plasmaquellen stetig erweitert.

So wurde die Entwicklung einer mobilen Sensoreinheit angestoßen, die in Zusammenarbeit mit Studenten der Universität und FH Lübeck den Weg für die ambulante Plasmaanwendung ebnen.

Für die nächsten Jahre ist geplant, das Portfolio an Funktionsmustern am INP den Transfer in die Industrie zu eröffnen. Derzeit laufen Gespräche mit Industriepartnern, welche in weiteren bilateralen oder Förderprojekten münden könnten. Somit soll künftig die Anpassung der Plasmaquellen an verschiedene Anwendungsfelder durch Industriebegleitung erfolgen.

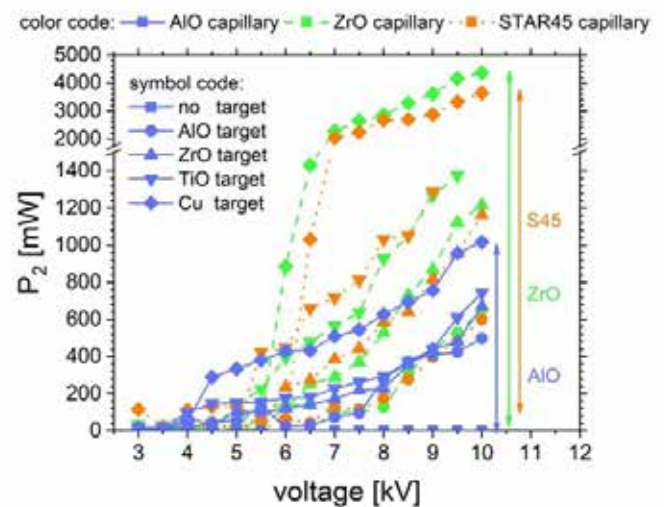


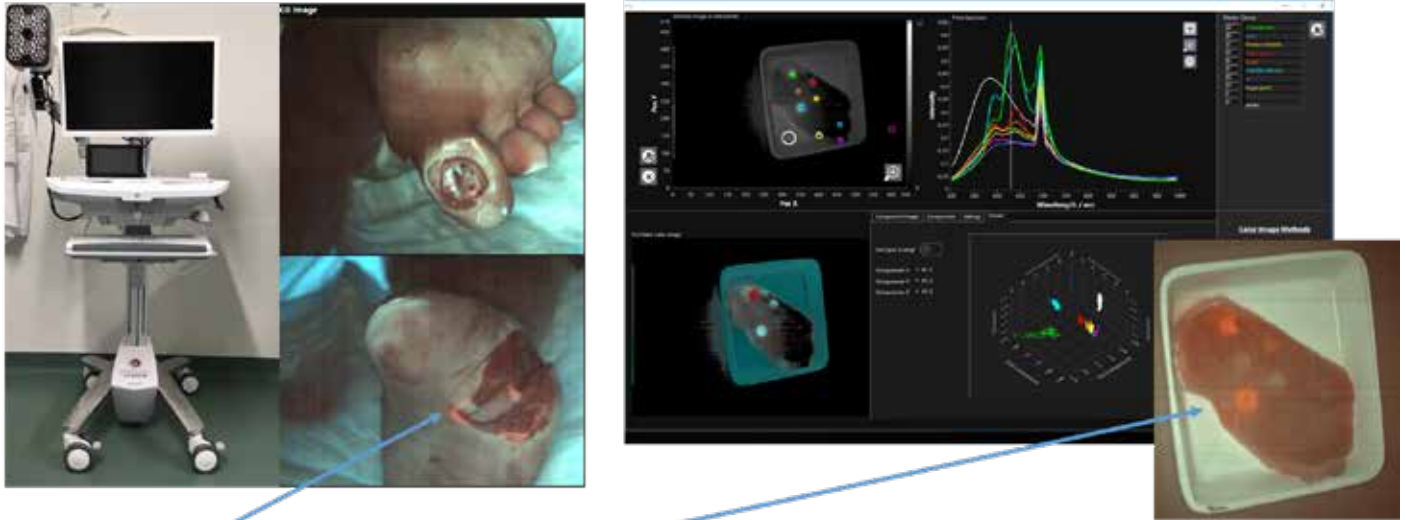
Abbildung 2: Leistungseintrag eines induktiv gekoppelten Plasmajets auf eine Oberfläche bei Variation des Dielektrikums der Oberfläche und der Kapillarwandung.

KONTAKT



Dr. Torsten Gerling
Tel.: +49 3834 / 554 3852
gerling@inp-greifswald.de

Plasmawundheilung



Signals in the wound and artificially infected meat

Recording spectra 24h after decontamination with micro organisms; infected spots are marked for each MO

Plasmabehandlung eines diabetischen Fußes mit chronisch infizierter Wunde

Die Forschungsgruppe "Plasmawundheilung" befasst sich mit der Frage: Ist die wundheilungsfördernde Wirkung kalter Plasmen abhängig von der Ätiologie der Wunden oder auch von 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 "Plasmawundheilung" ist die Überführung der Grundlagenergebnisse 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 im Rahmen des Kompetenzzentrum Diabetes Karlsburg (KDK) zusammengearbeitet. Ziel ist es, eine auf den/die Patienten/in bzw. die Wunde abgestimmte Plasmabehandlung zu entwickeln, um so die Wundheilung mithilfe kalter Plasmen weiter zu optimieren.

Die klinischen Untersuchungen umfassen detaillierte Analysen der Wundexsudate sowohl durch Bildgebung, durch mikrobiologische Abstriche, wie auch durch die Analyse der Botenstoffe (Wachstumshormone, Zytokine) ergänzt. Dies soll helfen das Kamerasystem (BacteriaCam) zu optimieren, aber auch Informationen liefern, ob eine Plasmabehandlung zu einer Stimulation des Wachstums führt.

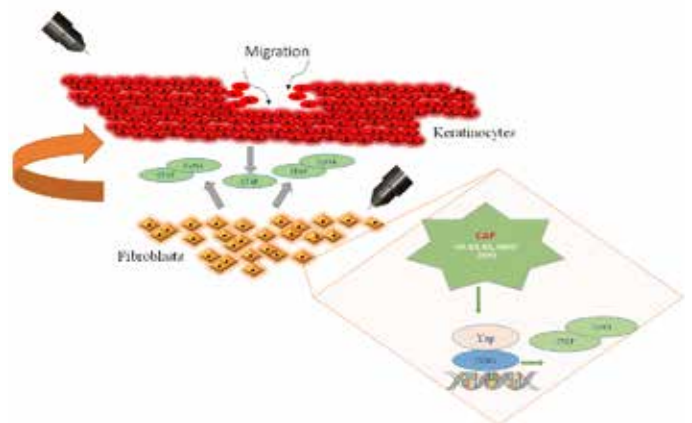
Ein weiterer Fokus lag auf der Analyse eines neuen Signalweges, des sogenannten HIPPO-Pathways, der bisher noch nicht unter dem Aspekt der Plasmabehandlung untersucht wurde. Auch hier konnten neue Erkenntnisse zur Wirkung kalter Plasmen auf Hautzellen gewonnen werden.

Immer mehr Studien konzentrieren sich nun auf die parakrine Signalübertragung und Interaktion zwischen Keratinozyten und Fibroblasten zur Wundreparatur. Um unsere Hypothese zu beweisen, dass durch kaltes Atmosphärendruckplasma (CAP) induzierte stimulierende Effekte in der Co-Kultur ein Ergebnis des parakrinen Übersprechens sind, haben wir die Zellwanderung von HaCaTs überwacht, die mit konditionierten Medien inkubiert wurden, die aus CAP-behandelten GM Fbs (GM Fb CM) gewonnen wurden, die nach 18-stündiger CAP-Behandlung gesammelt wurden. GM Fb CM war in der Lage, die Migration von HaCaT-Zellen stärker zu beschleunigen als CM, das aus unbehandelten Fbs und überhaupt keinem CM gewonnen wurde. Dieses Phänomen weist auf unsere Hypothese hin, dass CAP die parakrine Signalübertragung zwischen diesen beiden Zelltypen induziert, indem es parakrine Effektoren freisetzt und somit die Keratinozytenmigration fördert. Wie erwartet konnten wir auch einen Anstieg der sekretierten CTGF- und Cyr61-Expression in mit Plasma behandeltem GM Fb CM nachweisen. Nicht nur das, die mit rekombinantem CTGF und Cyr61 behandelte HaCaT-Monokultur zeigte auch eine verbesserte Zellmigration. Insbesondere zeigen diese Daten, dass CTGF und Cyr61, die von CAP-behandelten Fbs sezerniert wurden, als parakrine Effektoren bei der Wundheilung wirken.

Diese Ergebnisse bestätigen weiterhin unsere Hypothese, dass CAP eine vorteilhafte Wechselwirkung zwischen Keratinozyten und Fibroblasten fördert, was wiederum zur Wundheilung beiträgt.

Hier haben wir zum ersten Mal gezeigt, dass CAP einen regenerativen Signalweg in dermalen Zellen stimulieren kann. Wir beobachteten, dass der durch Kaltplasma vermittelte Effekt auf die Hautreparatur hauptsächlich auf der Aktivierung von Fibroblasten beruht, die, sobald sie durch CAP stimuliert wurden, eine parakrine Stimulation von Keratinozyten zeigen, wie dies durch unsere Co-Kultur-Experimente angezeigt wurde. Zusammen bestätigen diese Ergebnisse die Rolle von CAP als potenzielle klinische Therapie, die eine direkte stimulierende Wirkung auf die Geweberegeneration hat.

Basierend auf den vorliegenden Daten wird ein Überblick über die Auswirkungen der CAP-Behandlung auf die zelluläre Redoxsignalisierung gegeben



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

KONTAKT



Dr. Kai Masur
Tel.: +49 3834 / 554 3322
kai.masur@inp-greifswald.de

Plasma-Agrarkultur



Die Forschungsgruppe „Plasma-Agrarkultur“ (PAK) entwickelt innovative Plasma-Verfahren mit dem Ziel, in der Vorernte die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegenüber abiotischen und biotischen Stressfaktoren zu erhöhen, einhergehend mit einer potentiellen Sicherung von Wachstum und Ertrag. Darüber hinaus ist die biologische Dekontamination von Saatgut durch plasmabasierte Technologien ein weiteres zentrales Thema. Hierdurch können die Lagerung und der Transport von Saatgut verbessert werden. Zusätzlich kann die Plasmabehandlung stimulierend auf die Pflanzenkeimung, vor allem bei schlecht keimenden Pflanzenarten, wie Leguminosen, wirken. Die zu Grunde liegenden Prozesse der stimulierten Saatgutkeimung und verbesserten Widerstandsfähigkeit von Pflanzen sollen sowohl in grundlagenorientierter Forschung, als auch in der anwendungsorientierten Forschung untersucht werden.

In der Forschergruppe, die im Sommer 2017 ihre Arbeit mit der Einstellung von Dr. Henrike Brust, Pflanzenbiologin, und Dr. Nicola Wannicke, Mikrobiologin, aufgenommen hat, arbeitet ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern und Technikern zusammen, die ihre Expertisen aus der Pflanzenbiologie, Mikrobiologie, Plasmaphysik und dem konstruktiven Anlagenbau einbringen. Die Leitung der Forschergruppe hat seit September 2018 Dr. Henrike Brust inne.

Der Fokus der Forschungsgruppe im Labor liegt zunächst bei der Untersuchung der Wirkungen von direkten und indirekten Kaltplasmaverfahren auf Pflanzen einhergehend mit der Entwicklung geeigneter Plasmaquellen. Die Ergebnisse aus diesen Versuchen bilden anschließend die Grundlage für Anwendungen in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Vor dem Hintergrund der geplanten verschärften EU-Regelungen für Pflanzenschutzmittel und der Klimaveränderungen sollen Alternativen erarbeitet werden, die es ermöglichen, den Einsatz von Chemie auf den Feldern zu reduzieren.

Die in vielen physikalischen Kaltplasmen enthaltenden reaktiven Stickstoff- und Sauerstoffspezies (RONS) konnten bereits als wichtige Wirkkomponenten auf tierische und menschliche Gewebe in der Plasmamedizin gefunden werden. Auch im Lebenszyklus der Pflanzen spielen RONS als Signal- aber auch direkt als Abwehrmoleküle bei Wachstums- und Entwicklungsprozessen sowie bei Abwehrreaktionen gegenüber abiotischen und biotischen Stress eine wichtige Rolle.

Die Forschungsgruppe PAK kann neben den in der Plasmamedizin zu den Effekten von Kaltplasma auf die Redoxbiologie tierischer und menschlicher Systeme gewonnenen Erkenntnissen auch auf die Erfahrungen der Abteilung „Plasmabiotechnik“ aufbauen. Die von Dr. Jörg Ehlbeck geleitete Abteilung arbeitet an Kaltplasmaverfahren zur Behandlung von Lebensmitteln in der Nachernte mit dem Ziel der mikrobiellen Dekontamination und der Haltbarkeitsmachung. So wurden die Verfahren bei Obst und Gemüse, bei Fleischprodukten aber auch bei Gewürzen (z.B. Pfeffer) und Saatgut unterschiedlicher Pflanzenarten in den vergangenen Jahren erfolgreich getestet. Gemeinsame Arbeiten im Bereich Saatgutbehandlung mit Kaltplasma zur Dekontamination mündeten 2018 in eine erste gemeinsame Publikation.

Wichtig bei Kaltplasmaverfahren, die auf eine mikrobielle Dekontamination der Saatgutoberfläche abzielen, ist der gleichzeitige Erhalt der Saatgutkeimungsfähigkeit und der Jungpflanzenentwicklung. Daher umfassen die Laboranalysen der Forschungsgruppe PAK Saatgutkeimungstests, Bestimmung von Keimungsraten, Erfassung von Biomasseparametern zur Keimlingsentwicklung und –wachstum. Hinzu kommen Analysen zur Saatgutoberfläche wie Hydrophilietests, Elementanalysen und Wasseraufnahmeigenschaften. Diese Untersuchungen gehen mit den mikrobiologischen Arbeiten zur Testung der Dekontamination durch Kaltplasma auf der Saatgutoberfläche einher. Bei diesen werden momentan bakterielle Sporen als Modelorganismen für phytopathogene Pilz- und Schimmelsporen genutzt.

Erste Ergebnisse im Labor weisen auf eine Stimulation der Keimungsgeschwindigkeit, Erhöhung der maximalen Keimung bei einigen Leguminosen, Verbesserung der Benetzbarkeit der Saatgutoberfläche und einer erfolgreichen biologischen Dekontamination der Saatgutoberfläche nach Plasmabehandlung hin. Diese konnten bereits auf internationalen Konferenzen wie der IWOPA2 2018 in Japan, der COPSA 2018 in Belgien, der IFFM 2019 in Korea, der CBrAVIC 2019 in Brasilien oder der MRS-J Tagung 2019 in Japan präsentiert werden.



Ein internationaler Austausch fand zum einen durch den 6-monatigen Forschungsaufenthalt von Taiana Mui aus Brasilien statt. Sie untersuchte den Effekt von Plasma auf die Keimung von Sonnenblume und Gerste. Zum anderen führte Stefanie Monge aus Costa Rica Experimente zum Effekt von plasmabehandeltem Wasser auf Keimung und Wachstum von Gerste und Erbse durch und verteidigte die daraus entstandene Bachelorarbeit erfolgreich im Dezember 2019.

2017 hat sich das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP) mit der Hochschule Neubrandenburg zusammengetan und hat sich erfolgreich mit dem gemeinsam erarbeiteten Projekt "Physics for Food – Eine Region denkt um!" bei dem BMBF Programm WIR! – Wandel durch Innovation in der Region beworben. In dem 2018 gestarteten Projekt wird mittels innovativer physikalischer Hochtechnologie der Strukturwandel in der durch traditionelle etablierte Land- und Ernährungswirtschaft gekennzeichneten Region Küstenhinterland Nordost gestaltet. Beide Forschungseinrichtungen können auf eine jahrelange Zusammenarbeit zurückblicken, in der sie die gemeinsame Entwicklung, Fertigung und Vermarktung von plasmabasierten Systemen zur Entkeimung von Lebensmitteln verfolgt haben.

Über eine gesamte Förderdauer von 5 Jahren sollen sich bis 2024 im Konsortium von 60 Bündnispartnern vorhandene Forschungs- und Entwicklungspotentiale in der Region bündeln und somit innovative physikalische Methoden in die gesamte Wertschöpfungskette, vom Pflanzenanbau bis zur Verarbeitung und Veredelung pflanzlicher Agrarrohstoffe, mittels entsprechender Technologieentwicklungen eingebracht werden. „Physics for Food – Eine Region denkt um“ hat sich im September 2018 erstmals auf der anwenderorientierten Landwirtschaftsausstellung MELA im mecklenburgischen Mühlengeez präsentiert, eine weitere Messebeteiligung fand im darauffolgenden Jahr 2019 statt und weitere werden folgen.

Die Forschungsgruppe PAK wird in den nächsten Jahren die Etablierung von pflanzenphysiologischen und phytopathologischen Methoden im Labor vorantreiben, um gezielt die Kaltplasmaeffekte auf die abiotische und biotische Stressanpassung der Pflanzen untersuchen zu können. Die Konstruktion und Anwendung von Plasmaquellen mit unterschiedlichen elektrischen Parametern, die Charakterisierung der Plasmaquellen bezüglich Temperatur, reaktiver Spezies, pH sowie physikalischer Größen wird weiterhin die Grundlage sein, um brauchbare Konzepte zur Aufskalierung von Kaltplasmaverfahren zu erstellen, mit dem Ziel der Anwendung in der Landwirtschaft und Industrie. Diese Vorhaben sind eingebettet in das seit September 2019 gestartete 12-monatige Basisvorhaben und werden in den im Sommer 2020 startenden Leitprojekten „Physics for Seeds“ und „Physics for Crops“ des WIR! Projektes „Physics for Food – Eine Region denkt um“ weiter verfolgt.

KONTAKT



Dr. Henrike Brust
Tel.: +49 3834 554 3971
henrike.brust@inp-greifswald.de

Materialien für die Energietechnik

Die Forschungsgruppe Materialien für die Energietechnik (MET) ist ein multi-disziplinäres Team im Wissenschaftsdreieck Plasmatechnologie, Materialien und chemischer Verfahrenstechnik. Sie konzentriert sich auf die Erarbeitung von kostengünstigen und skalierbaren Syntheserouten zur Herstellung von Nanomaterialien und Dünnschichten für die Speicherung und Wandlung erneuerbarer Energie. Unsere Materialien kommen in der Elektrolyse-, der Batterie- und der Brennstoffzellentechnik zur Anwendung und werden innerhalb von Partnernetzwerken aus Instituten und Unternehmen in den Technologietransfer eingebracht. In die Entwicklung fließen wichtige Kernexpertisen und Know-How aus den INP-Abteilungen Plasmaprozesstechnik und Plasmaoberflächentechnik (Vakuumdeposition, Plasmasprühen und Plasmapolieren) sowie Plasmaquellen (gepulste Hochspannungen in Flüssigkeiten) ein. Eine weitere wichtige Säule unserer Arbeit ist die Charakterisierung der Kristall- und Nano- bzw. Mikrostruktur der Materialien mittels XRD, TEM/SEM, EDX, XPS und Raman-Spektroskopie sowie ein Screening der elektrochemischen Eigenschaften, z.B. durch zyklische Voltammetrie und Impedanzmessungen.

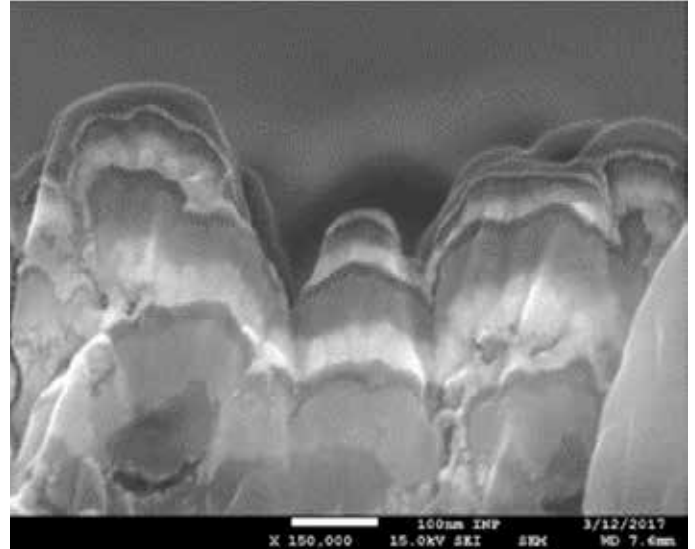


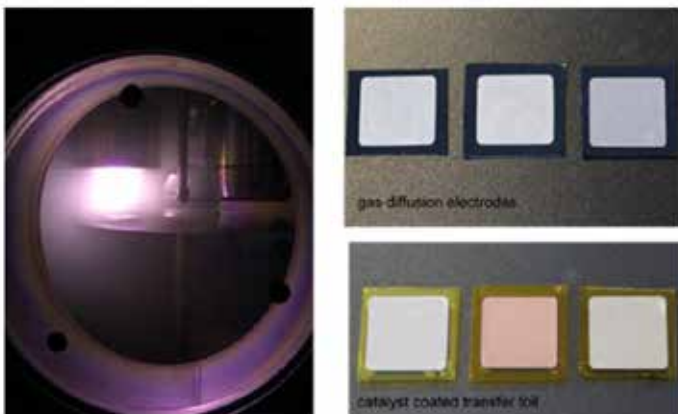
Abbildung: Entwicklung eines kostengünstigen PVD-Verfahrens für die Herstellung von low-Pt-Elektroden auf korrosionsstabilem metall-oxidischem Träger für die Polymerelektrolytbrennstoffzelle (PEMFC). Kooperation mit ZBT - Zentrum für Brennstoffzellentechnik GmbH [<https://zbt-duisburg.de/meta-menu/home/link>].

Kostengünstige Verfahren

Neue Plasma-Verfahren werden zur Erzeugung von keramischen Dünnschichten auf der Basis komplexer Metalloxide, z.B. Perowskite, und von Elektroden auf der Basis von Nano-hybriden aus Metall-Kohlenstoff- bzw. Keramik-Kohlenstoff entwickelt. Durch Kosten- und Zeiteffizienz, Materialflexibilität, Skalierbarkeit auf High-Throughput-Verfahren und gute Kontrolle der Prozessparameter können sich plasma-gestützte Verfahren der wichtigsten Herausforderungen an die Forschung und Entwicklung von neuen Synthesemethoden stellen - der Eignung des Herstellungsprozesses für den Technologietransfer in den Markt.

Elektrokeramische Dünnschichten

Für die Erzeugung der Materialien für die Energietechnik kommen in unserer Forschungsgruppe Vakuum-Depositionsverfahren in Kombination mit Laser-Annealing für die Erzeugung komplexer Metalloxide mit ABO₃-Perowskitstruktur auf keramischen und metallischen Substraten zum Einsatz. Diese sauerstoff- oder protonen-leitenden Membranen bzw. gemischt leitenden Elektroden werden für hoch-effiziente Energiewandlungskonzepte für die Energieerzeugung und wichtige Zukunftstechnologien für die Erzeugung emissionsfreier Kraftstoffe und Energiespeicher sowie deren Verstromung eingesetzt.



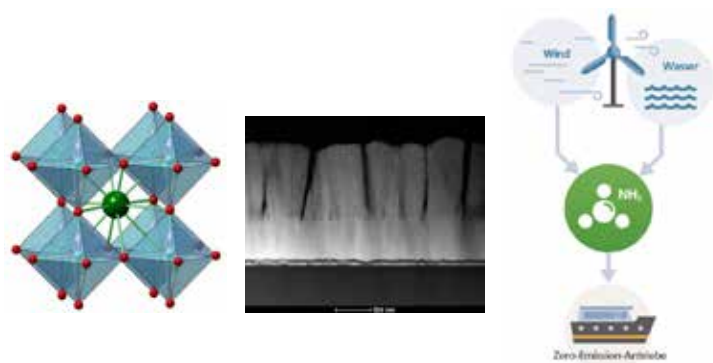


Abbildung: Links ABO₃-Perowskitstruktur mit A = Alkali- oder Erdalkalimetall, B = Übergangsmetall. Mitte: Transmissionselektronenmikroskopie-Aufnahme einer elektrokeramischen Wolfram-basierten Dünnschicht [A. Müller, C. Scheu, MPIE [Link S.Scheu Gruppe https://www.mpie.de/2902970/nanoanalytics_and_interfaces]. Rechts: CAMPFIRE: Wind und Wasser zu Ammoniak – maritimer Kraftstoff und Energiespeicher für eine emissionsfreie Zukunft [Link: www.wir-campfire.de].

Im Rahmen des durch das BMBF-Programm WIR! „Wandel durch Innovation in der Region“ geförderte Projekt CAMPFIRE <https://wir-campfire.de/> entwickeln wir zusammen mit unseren Bündnispartnern Dünnschichtmembranen und Elektroden für die elektrochemische Erzeugung des neuen Energieträgers „Green Ammonia“. Ammoniak wird dabei aus Luftstickstoff und Wasser unter Einsatz von erneuerbaren Energien durch ein Elektrolyseverfahren erzeugt und in der CAMPFIRE Produktkategorie Maritime Mobilität als Kraftstoff für Motoren oder Brennstoffzellen in der Schifffahrt eingesetzt. Weitere Potentiale von grünem Ammoniak sind die stationäre Energiespeicherung und die Anwendung als Ausgangsstoff für grüne Düngemittel.

2D-Materialien

Zweidimensionale (2D) Materialien besitzen außergewöhnliche elektronische, optische, chemische und thermische Eigenschaften und erfahren derzeit ein hohes Interesse in verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen. Neben den anorganischen 2D-Materialien, wie den Übergangsmetalldisulfiden oder hexagonalem Bornitrid, wird insbesondere Graphen zunehmend als Hochleistungs-Werkstoff erforscht und in vielen Bereichen eingesetzt, so auch in der Energiewandlung und -speicherung. Unser Team entwickelt ein kostengünstiges rapides bottom-up Plasma-in-Liquid (PiL)-Verfahren von few-layer Graphen aus Alkohol im Rahmen IGF-Projektes „GraphenBlocker“ mit den Partnern KIT und ZBT, wobei die laborskaligen Batch-Plasma-Verfahren zu kontinuierlichen technischen Durchfluss-Plasmareaktoren durch strömungs- und verfahrenstechnische Optimierung weiterentwickelt werden. Des Weiteren werden rapide Top-Down/PiL-Verfahren für die Synthese von 2D-Materialien durch Exfolierung im Rahmen des durch den Leibniz-Wettbewerb geförderten Projektes CarMON „Neue Kohlenstoff-Metalloxid-Nanohybride für effiziente Energiespeicherung und Wasserentsalzung“, zusammen mit unseren Part-

nern dem Leibniz Institut für Neue Materialien (INM) <https://www.presser-group.com/> und dem Max Planck Institut für Eisenforschung (MPIE) https://www.mpie.de/2902970/nanoanalytics_and_interfaces erforscht. Die Arbeitsaufgabe im „CarMON“ Projekt besteht in der Erforschung von Korrelationen zwischen den Prozessbedingungen und den resultierenden kristallographischen Eigenschaften und der Leistungsfähigkeit in der elektrochemischen Anwendung.

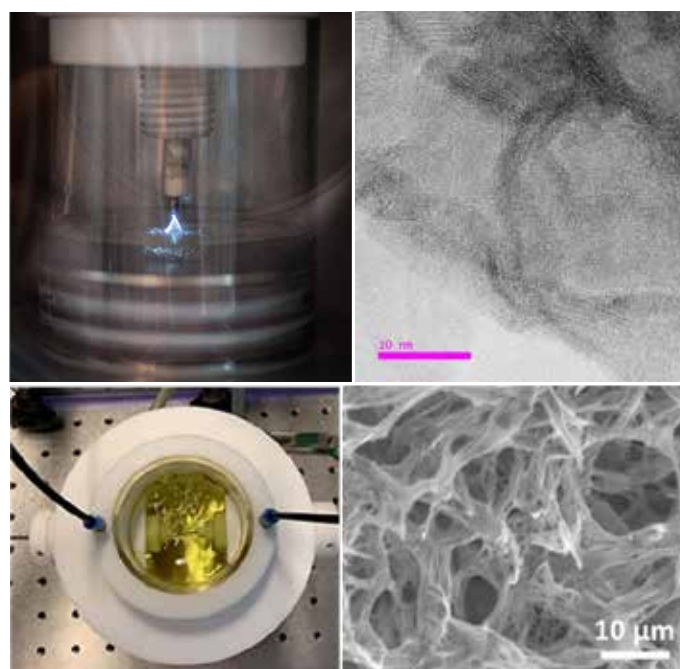
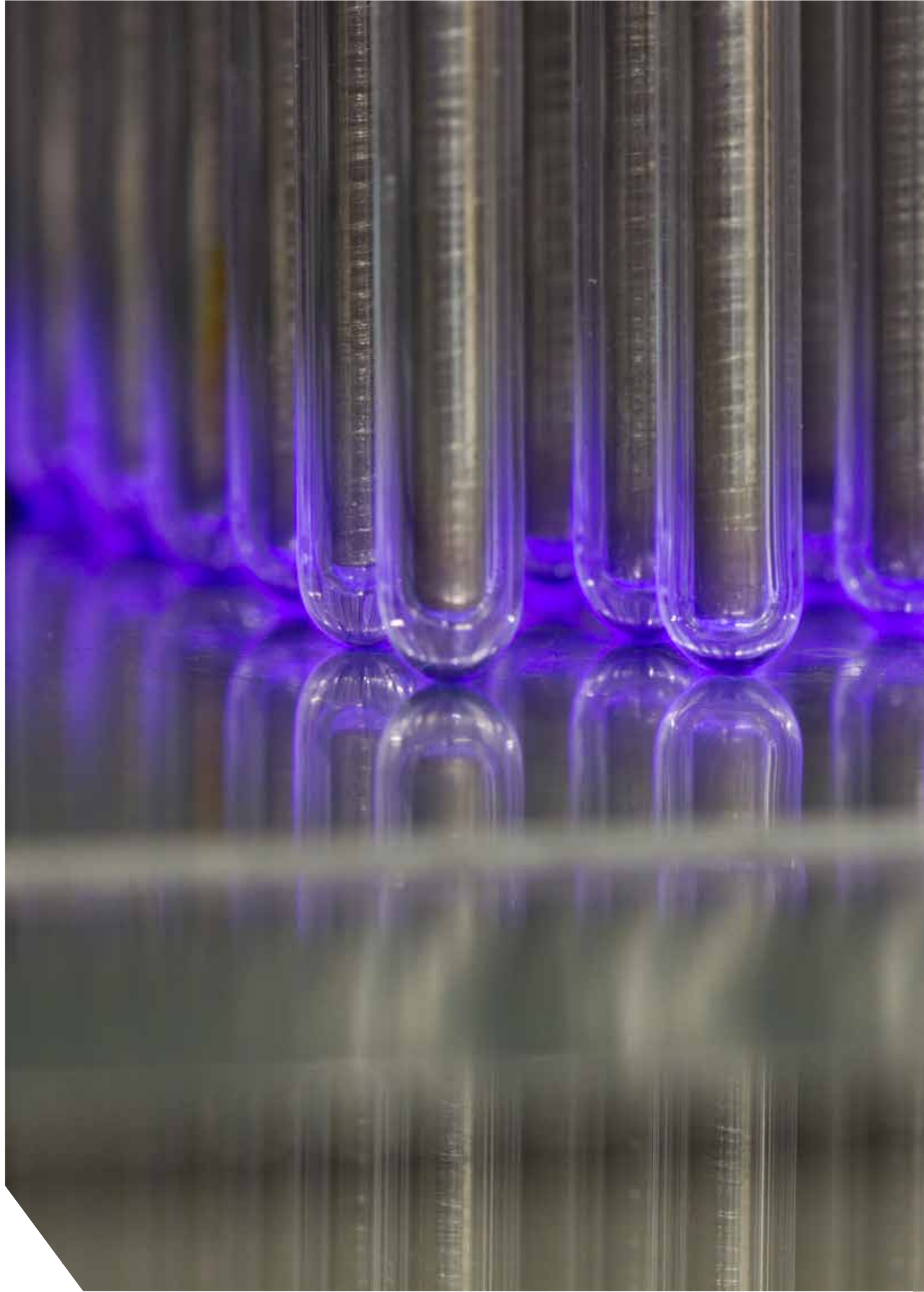


Abbildung: PiL-Prozess in Spitze-zu-Platte und Spitze-zu-Spitze-Konfiguration für die Synthese von few-layer Graphen und V₂O₅-Nanofibres

KONTAKT



Dr. Angela Kruth
Tel.: +49 3834 554 3860
angela.kruth@inp-greifswald.de





KOMPETENZEN

Plasmabiotechnik

Die Abteilung Plasmabiotechnik bündelt die Kompetenzen in der Verfahrensentwicklung von Prozessen, die auf der Wechselwirkung von Plasma mit biologischem Material beruhen.

Dazu wird die Expertise sowohl in der Entwicklung, Abstimmung und Diagnostik von speziellen, 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 Verfahren einen weiteren Schwerpunkt dar.

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

Beispiele für die aktuellen Aktivitäten der Abteilung Plasmabiotechnik 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 Prozessüberwachung auf Basis von speziellen Diodenlasersystemen.

Die applikationsorientierte Forschungsarbeit erfolgt überwiegend auf Basis von Verbundprojekten unter maßgeblicher Industriebeteiligung.

Technologische Ausstattung:

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. 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



Wirbelschichttrockner mit Plasma-Gasgeneratoren (ADU)

MinMIP

Kleiner mikrowellenangeregter Plasmatorch für chemische Diagnostik und biologische Applikationen

Mikrobiologische Standardmethoden

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

Standardmethoden des Qualitätsmonitoring

- Wassergehalt
- Zuckergehalt
- Farbänderungen (Lab-System)
- Textur-Messung



Behandlungsvorrichtung für Produkte in RPC (Reusable Plastic Container) mit Plasma-Gasgenerator (ADU)

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

Strömungssimulation

- Numerische Strömungssimulation auf Basis von StarCCM+

CAD-Konstruktion

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.

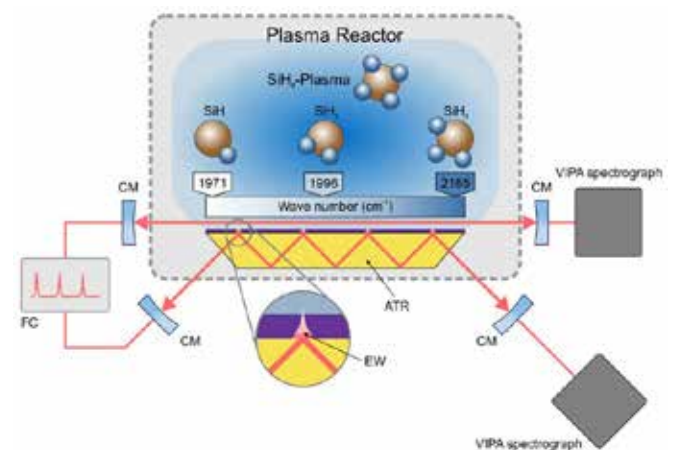
Für die Untersuchungen stehen speziell ausgerüstete Labore für die Diagnostik an praxisnah nachgebildeten chemischen Plasmaprozessen mit modernster Messgeräteausrüstung zur Verfügung.

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 transientser 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

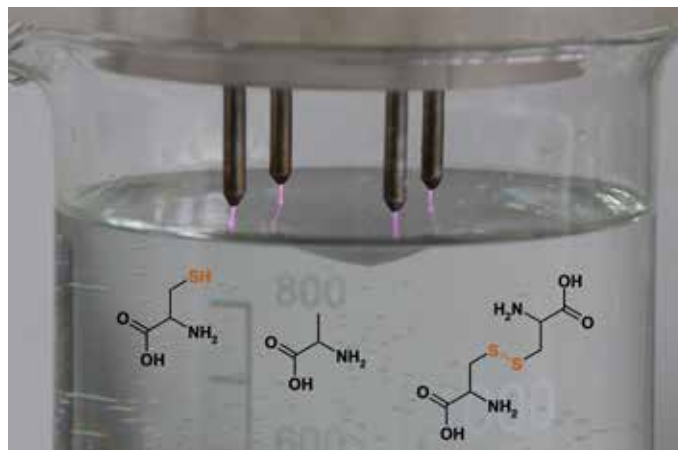


Dr. Jean-Pierre van Helden
 Tel.: +49 3834 / 554 3811
 jean-pierre.vanhelden
 @inp-greifswald.de

Plasma Life Science

In Plasma Life Science werden die Wirkungen von kaltem Atmosphärendruckplasma auf Lebewesen mit dem Fokus auf die biologischen Effekte untersucht. Lebewesen sind in diesem Zusammenhang vielfältig und erstrecken sich von Mikroorganismen, Mikroalgen über Säugetierzellen bis hin zu Geweben. Hier ist besonders die anwendungsorientierte Forschung von Interesse. Dabei werden die Grundlagen des Einsatzes von Plasma für eine therapeutische Nutzbarkeit untersucht. Zum anderen steht die antibakterielle Wirkung von Plasma im Fokus für die Dekontamination. Neuere Ansätze kombinieren Plasma- und Biotechnologie im Bereich Biopharmazie. Im mikrobiologischen Bereich geht es vor allem um die Inaktivierung von Bakterien und Pilzen in verschiedenen Umgebungen (Flüssigkeiten, Oberflächen, Luft). Im zellbiologischen Bereich geht es um die Modulation des Zellmetabolismus mittels Plasma, um die klinische Anwendung zu untermauern bzw. neue Anwendungen zu erschließen. Darüber hinaus werden neue Plasmaquellen mit standardisierten Tests hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit oder antimikrobiellen Effektivität getestet.

Neben Standardmethoden des Proteinnachweises im Multiplattenformat (ELISA, photometrische Assays) stehen Western Blots mittels Membrantransfer sowie Hochdurchsatzkapillarsystem zur Verfügung.



Darstellung der Plasmabehandlung von Flüssigkeiten, die Substanzen wie z.B. Aminosäuren enthalten

Technologische Ausstattung

Mikrobiologie:

Labore, die ausgestattet sind für alle gängigen mikrobiologischen Untersuchungen z.B. Spiralplattensystem zur quantitativen Bestimmung der Lebendzellzahl, Sicherheitswerkbänke zum sterilen Arbeiten, Spektralphotometer zur Bestimmung der optischen Dichte. Eine vorhandene Stammsammlung umfasst eine Vielzahl an Bakterien, Hefen und Pilzen. Zu testende Plasmaquellen können in den Laboren aufgebaut und an die Gasversorgung des Hauses angeschlossen werden.

Flüssigkeitsanalytik:

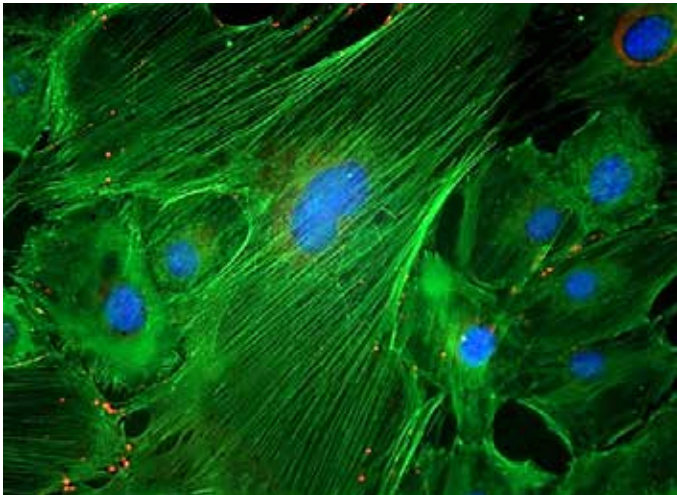
Verschiedene Chromatographie-Systeme (IC-Ionen- chromatographie, HPLC-Hochleistungsflüssigkeits- chromatographie) stehen zur Verfügung. Mit diesen Geräten können Veränderungen der Ionenzusammensetzung (z.B. Nitrat, Nitrit) oder auch spezieller Substanzen wie Aminosäuren in Plasma-behandelten Flüssigkeiten untersucht werden.

Proteinanalytik:

Diverse Techniken zur Analyse des Zellmetabolismus und der Regulation der Proteinexpression stehen zur Verfügung.

Gepulste elektrische Felder:

Expertise und Ausstattung zur Untersuchung der Effekte von gepulsten elektrischen Feldern auf biologische Systeme, insbesondere kultivierte Zellen oder Mikroalgen. Dazu steht ein Elektroporator inklusive Küvettenstand zur Erzeugung von Pulsen im Bereich von Mikrosekunden bis Sekunden zur Verfügung. Des Weiteren gibt es Pulsgeneratoren in Blumenlein-Konfiguration, die Pulslängen im Bereich von mehreren Nanosekunden liefern. Suspendierte Zellen werden vorzugsweise in Elektroporationsküvetten behandelt, während kultivierte Zellen 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.



Intrazelluläre Zell-Zell-Kommunikation in kultivierten Fibroblasten aus der Mauhaut detektiert mit fluoreszenzmarkierten Antikörpern: Connexin 43 (rot), F-actin (grün) und Zellkerne (blau)

Gentechnik:

Die Expertise und Ausstattung zur Durchführung von gentechnischen Arbeiten der Sicherheitstufe S1 und S2 stehen zur Verfügung. So 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.

Zellkultur und 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 exziierten Gewebeproben 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:

Das breite Spektrum an Methoden eröffnet uns vielfältige Themengebiete von der kliniknahen Forschung bis hin zur industriellen Forschung. Die meisten der vorhandenen Methoden und Expertisen lassen sich hervorragend miteinander kombinieren und ergänzen. Daraus ergibt sich eine Vielzahl weiterer Untersuchungsmöglichkeiten für die Forschung im Bereich Plasma Life Science.

KONTAKT



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

Plasamodellierung

Im Bereich der Plasmaforschung und -technologie gewinnt die Modellierung von Plasmaquellen und -reaktoren zunehmend an Bedeutung. Auf der Basis systematischer Parameterstudien machen die Modellrechnungen und Simulationen es möglich, technologische Plasmen gezielt zu optimieren sowie neue Anwendungen zu entwickeln. Dadurch kann die praktische Durchführung kostenaufwändiger und zeitintensiver Experimente reduziert werden. Zudem ermöglichen die Modellrechnungen und Simulationen es auch, experimentell nicht oder nur schwer zugängliche Parameter zu bestimmen und deren Verhalten zu analysieren.

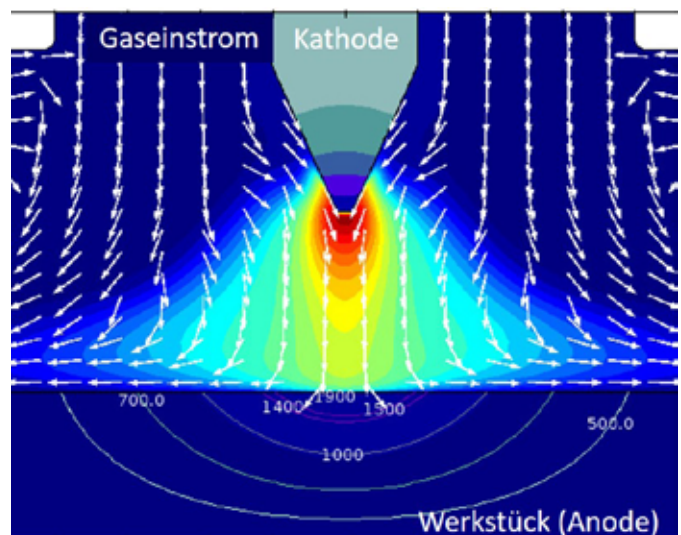
Am INP werden Modelle mit wissenschaftlichen und technologischen Nutzungspotential vorwiegend von anisothermen Plasmen bei Atmosphärendruck und Niederdruck entwickelt und angewendet. Das Spektrum der Modelle erstreckt sich von der Beschreibung einzelner Plasmaeffekte bis hin zur vollständigen Modellierung von Plasmaquellen und Plasmaprozessen. Im Fokus stehen hierbei aktuell Plasmaquellen zur Modifizierung von Oberflächen und für Energie- und Umweltanwendungen, Plasmaprozesse zur Abscheidung siliziumorganischer Schichten, zum Abbau bzw. zur Umwandlung von Schadstoffen und zur kontrollierten Erzeugung reaktiver Spezies für plasmamedizinische Anwendungen sowie Lichtbogenplasmen zum Schweißen, Schneiden und Schalten. Ferner werden Lösungen für das Management von Forschungsdaten erarbeitet, die die Veröffentlichung dieser Daten im Sinne der FAIR-Prinzipien, also Findable, Accessible, Interoperable, Reuseable, und somit eine verbesserte Nachnutzung der Forschungsergebnisse im Bereich der Plasmatechnologie ermöglichen.

Die Modellierung der Plasmen erfordert jeweils verschiedene Teilschritte. Dazu zählen zuerst die Entwicklung eines adäquaten Plasmamodells, die Formulierung von hydrodynamischen bzw. kinetischen Gleichungen für die Plasmaspezies, die Erstellung entsprechender Gleichungen für das elektrische und magnetische Feld und die Erarbeitung geeigneter Bedingungen an den Rändern des Lösungsgebietes. Ferner müssen die problemspezifischen atomaren Daten recherchiert und bewertet werden.

Zur Lösung des resultierenden Systems von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen sind geeignete numerische Verfahren zu entwickeln bzw. zu adaptieren. Je nach Problemstellung kommen hierfür alternativ auch kommerzielle Codes oder Open-Source- Programme zum Einsatz. Im Anschluss an die systematische Gewinnung von Lösungen

für die spezifische Plasmaanwendung sind die Ergebnisse inhaltlich zu interpretieren, adäquat zu visualisieren und u.a. in referierten Journalen zu publizieren.

Die Komplexität der Gesamtbeschreibung von Plasmaanwendungen bedingt, dass Teilprobleme, wie z.B. die plasmachemische Modellierung von reaktiven Plasmen, die Bestimmung der elektrischen Feldkonfiguration, die kinetische Beschreibung der Elektronen und Ionen und die Behandlung des Strahlungstransportes, zum Teil separat behandelt werden. Vorrangig wird jedoch eine selbstkonsistente Modellierung der Plasmaquellen und -reaktoren angestrebt, um die verschiedenen Wechselwirkungen der Teilprobleme adäquat zu erfassen und prädiktive Ergebnisse zu erzielen.



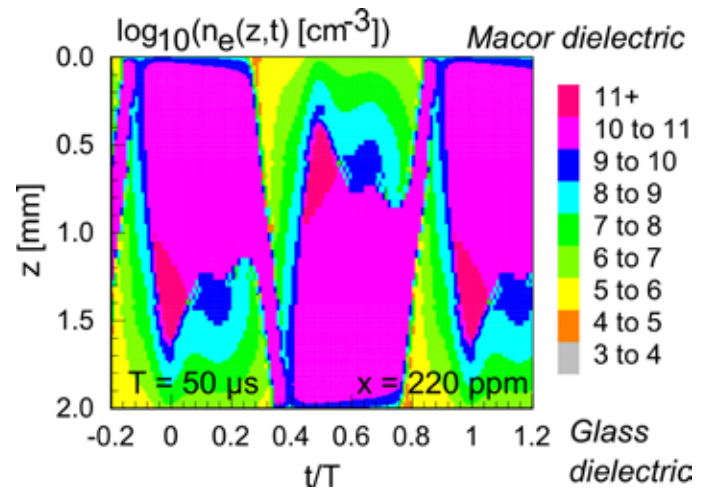
Selbstkonsistente Modellierung der Temperaturverteilung und der Gasströmung in einem Wolfram-Inertgas-Schweißlichtbogen bei einem Strom von 200 A

Die numerische Behandlung und theoretische Analyse der anisothermen, schwach ionisierten Plasmen erfolgt sowohl mittels am INP entwickelter Methoden als auch mittels kommerzieller Modellierungssoftware, wie Comsol Multiphysics®, und Open-Source-Programmen, wie FEniCS. Die problemspezifisch adaptierten numerischen Verfahren des INP zeichnen sich durch hohe Effizienz, Stabilität und Genauigkeit aus. Sie wurden durch Benchmark-Vergleiche verifiziert.

Die Modellrechnungen und Plasmasimulationen werden auf modernen Clustern durchgeführt, deren Verfügbarkeit die numerische Behandlung komplexer, mehrdimensionaler Problemstellungen erst ermöglicht. Die Untersuchungen erfolgen zumeist im Rahmen von geförderten Projekte am INP. Sie finden größtenteils in enger Kopplung an experimentelle Arbeiten sowie in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Forschungseinrichtungen und der Industrie statt.

Der Schwerpunkt der Forschung der Abteilung liegt mittelfristig auf der realitätsnahen Beschreibung und Analyse der Eigenschaften und des Verhaltens von wissenschaftlich und technologisch relevanten Niedertemperaturplasmen. Neben den aktuell untersuchten Plasmaanwendungen in den Forschungsschwerpunkten Materialien/Oberflächen, Plasmachemische Prozesse, Schweißen/Schalten und Dekontamination des INP werden zunehmend auch Plasmen für plasmamedizinische Anwendungen untersucht werden.

Die Untersuchungen dieser Niedertemperaturplasmen dienen insbesondere dem physikalischen Verständnis und der quantitativen Erfassung (i) der zeitlichen und räumlichen Änderung der Teilchendichten einzelner Plasmakomponenten, (ii) der durch Stoß- und Strahlungsprozesse bedingten Energiedissipation, (iii) der Teilchen- und Energietransportprozesse im Plasma, (iv) der sich im Plasma einstellenden elektrischen und magnetischen Felder und (v) der Wechselwirkung einzelner Spezies mit Wänden, Elektroden und organischen Komponenten sowie der Plasma- Flüssigkeits- Wechselwirkung.



Raum-zeitliche Entwicklung der Elektronendichte in einer großflächigen dielektrisch behinderten Ar-Entladung mit der Beimischung von $x = 220$ ppm Hexamethyldisiloxan zur Abscheidung silizium-organischer Schichten

Einer weiterer Schwerpunkt der Abteilung wird mittelfristig im Bereich Forschungsdatenmanagement liegen. Hierbei sollen schrittweise Standards zur Ablage und Dokumentation von Forschungsdaten aus den vielfältigen Untersuchungsmethoden entwickelt werden. Diese Standards sollen die Grundlage für eine interdisziplinäre Vernetzung und semantische Verknüpfung von Daten und Metadaten mittels einer fachspezifischen Ontologie und eines darauf aufbauenden Wissensgraphen bilden, der eine Verknüpfung mit externen Daten auf feingranularer Ebene gestattet. Zudem soll die Nutzung der interdisziplinären Plasmatechnologie-Datenplattform des INP (INPTDAT; <https://www.inptdat.de>) zur Veröffentlichung von digitalen Forschungsdaten intensiviert werden.

KONTAKT



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

Plasmaoberflächentechnik

In der Abteilung Plasmaoberflächentechnik werden plasmagestützte Prozesse zur Modifizierung von Oberflächen untersucht, die in unterschiedlichen Branchen Anwendung finden. Sowohl im High-Tech-Sektor, wie z.B. in den Bereichen Automobilbau, Luft- und Raumfahrtindustrie, Photonik, Mikroelektronik, Werkzeugbeschichtung, Textilindustrie oder der Kunststoffverarbeitung, als auch im Life-Science-Bereich, beispielsweise in der Biomedizintechnik bei Implantaten, medizinischen Instrumenten, Biosensoren oder in der Lebensmittelindustrie spielen Plasmaprozesse bei der gezielten Einstellung von Oberflächeneigenschaften eine zentrale Rolle.

Plasmaverfahren in der Oberflächentechnik spannen das Spektrum vom strukturierten Materialabtrag, wie beim Ätzen oder der Feinreinigung, über die Einstellung der Grenzfächeneigenschaften z.B. zur Steuerung der Verklebbarkeit oder Bedruckbarkeit bis hin zur Herstellung von dünnen Funktionsschichten mit Anwendungen zum Schutz vor Korrosion, Wärme oder mechanischem Abrieb sowie zur Vergütung von Optiken. So lassen sich mithilfe der Plasmatechnologie gezielt neuartige Materialoberflächen mit speziellen Funktionen erzeugen.

Die Expertise umfasst:

Interface- Engineering

- Modifizierung von Metall-, Keramik-, Glas- und Kunststoffoberflächen
- Antimikrobielle Oberflächen
- Hydrophile / hydrophobe Oberflächen
- Biokompatible Oberflächen
- Zelladhäsive / zellantiadhäsive Oberflächen
- Textilbehandlung

Prozessentwicklung für die Abscheidung dünner Schichten:

- Hartstoffe
- Verschleißschutz
- Korrosions- und Oxidationsschutz
- Optische Schichten
- Kratzfeste Oberflächen
- Photokatalytisch wirksame Oberflächen

Oberflächenfinish

- Plasmafeinreinigung
- Plasmabasiertes Polieren, Entgraten und Reinigen leitender Materialien
- Polieren 3D-gedruckter Metallbauteile

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)
- Magnetronspütern
- High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS)
- Plasmaspritzen
- Plasmapolieren
- Plasma ion assisted deposition (PIAD)
- Plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD)
- Oberflächenmodifizierung mittels Atmosphärendruckentladungen (DBD, Plasmajet)



Industrieanlage für das thermische Atmosphärendruck-Plasmasprayverfahren zur Herstellung von Funktionsschichten

Die Oberflächenanalytik ist eines der Spezialgebiete des INP Greifswald. Das vorhandene Spektrum an diagnostischen Verfahren, 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

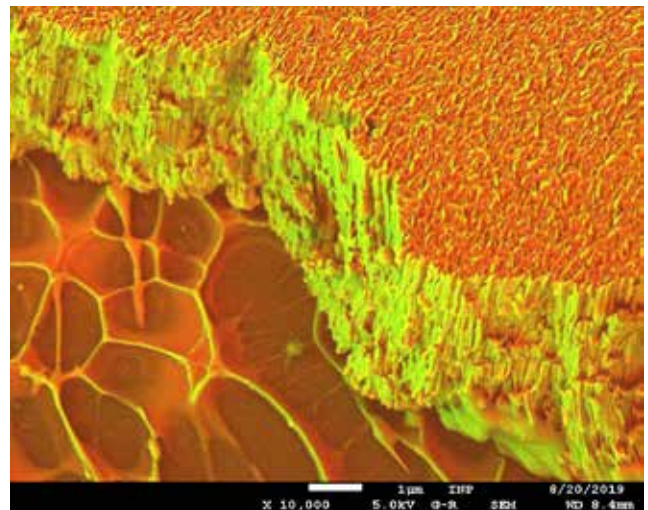
- Kontaktwinkelmessgeräte

Bestimmung der optischen Eigenschaften

- UV -Vis-Spektralphotometrie
- Optische Ellipsometrie

Folgende Themenfelder sind Gegenstand aktueller Entwicklungen bei der Anwendung von Verfahren zur Plasmaoberflächentechnik am INP:

- Oberflächenfinish 3D-gedruckter Werkstücke
- Plasmaglätten leitfähiger Oberflächen
- Entwicklung moderner Plasmaverfahren für die Schichtabscheidung unter Normaldruck
- Beschichtung von Kunststoffen mittels Hochrateabscheidungsverfahren (Plasmaspraying)
- Einsatz von plasmabasierten Methoden zur Prozesskontrolle und -regelung



Elektronenmikroskopische Aufnahme der Schichtkante einer im INP hergestellten Metallschicht (ca. 2,5 µm) für die Laserablation (Kooperation mit dem MPI für Plasmaphysik)

KONTAKT



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

Plasmaprozessstechnik

Die Expertisen der Abteilung Plasmaprozessstechnik konnten zu den Themen der plasmagestützten Vakuumverfahren zur Erzeugung katalytisch aktiver Schichten und zu plasmachemischen Stoffwandlungsprozessen vertieft bzw. aufgebaut werden.

Die vakuumbasierten Methoden sind auf die Synthese von nanoporösen metallischen, metalloxidischen Dünnschichten ausgerichtet. Dabei kommen insbesondere patentierte Verfahren wie die PVD (Physical Vapour Deposition), z.B. Magnetron Sputtern und Plasma-Ionen gestützte Deposition zum Einsatz. Erst durch die Kombination dieser Beschichtungen mit chemischen oder elektrochemischen Leachingprozessen gelingt es, hochporöse Metallschichten zu erzeugen, die bezogen auf ihre Flächenmasse sehr hohe elektrokatalytische Aktivitäten besitzen. Komplementär dazu stehen elektrochemische und oberflächenanalytischen Charakterisierungsmethoden zur Verfügung. Insbesondere wurde ein Verfahren zur Untersuchung von Gasdiffusionselektroden in einer Halbzellenanordnung eingeführt. Dieses erlaubt Messungen unter Bedingungen, die den Verhältnissen in den Brennstoffzellen und den Elektrolyseuren sehr viel näher sind als die konventionellen Methoden. Die Hauptanwendungen liegen in der elektrochemischen Speicherung und Rückverstromung von Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen. Dabei richtet sich der Fokus konkret auf die Erhöhung der Ressourceneffizienz der Elektrodenmaterialien.

Für die Immobilisierung molekular definierter Verbindungen auf festen Oberflächen wie Kohlenstoff, Metall- oder Nicht-metalloxide sind PECVD-Verfahren verfügbar (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition). Mittels verschiedener Plasmapolymerschichten wie Polyallylalkohol, Polyallylamin oder a-C:H-Schichten gelingt es, katalytisch aktive Moleküle auf Oberflächen partiell einzukapseln, ohne die chemischen Austauschprozesse zu behindern. Dies stellt ein Verfahren zur Heterogenisierung von typisch homogenen Katalysatoren dar, wodurch ein Recycling dieser Katalysatoren durch Einsatz kostengünstiger Trennmethode realisiert werden kann.

Ebenfalls wurde eine Expertise zu plasmakatalytischen Prozessen unter Nutzung von CO_2 als Rohstoff aufgebaut. Für die Synthese von CO aus CO_2 sind beheizbare Plasmaquellen in Form von dielektrisch behinderte Entladungen (DBD) und dazu die entsprechende Gasphasenanalytik vorhanden.

Für die Behandlung von Biomasse wurden Verfahren aufgebaut, die eine Kombination aus Plasmaquelle (Funkenentladung oder Mikrowellenentladung) und einer Ultraschallquelle mit gemeinsamem Wirkungsfeld umfassen.

Experimentelle Ausstattung

Plasmatechnik PVD, PECVD:

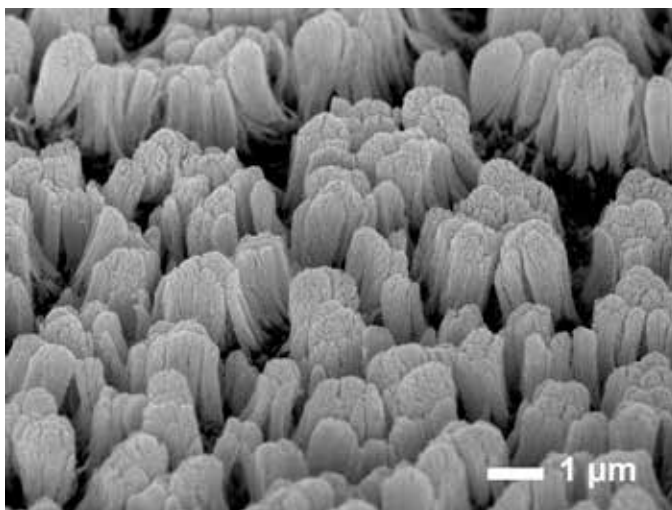
- Sechs Vakuumrezipienten mit 2 und 3 Plasmaquellen zur Deposition von
 - Metalloxidschichten z.B. halbleitenden Schichten wie TiO_2 , WO_3
 - Kohlenstoff-Metall-Nanohybrid-Schichten, z.B.: C-Pt
 - Metall- Metall-Nanohybrid-Schichten, z.B.: Pt-Co
 - Metall/Metalloxid-Polymer-Kompositschichten, z.B.: Co_2O_3 -HMDSO-Plasmapolymer
 - 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 graphengetragerten Metalloxidpartikeln



Poröse Platinschicht auf einer Gasdiffusionslayer

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 cm^{-1}) und FIR-Bereich ($600\text{ bis }50\text{ cm}^{-1}$)
- 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 Kugel: Messung von Transmission, Streuung und Reflexion
- μ -Autolab 2 Potentiostat, Elektrochemische Messungen
- Autolab Bipotentiostat 302N, Elektrochemische Aktivitätsmessungen
- ATV In-line-4-Point-Probe mit Keithley 2400 Sourceme-ter, Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes von Oberflächen und dünnen Schichten
- Im6e Potentiostat, Zahner GmbH, Elektrochemische Charakterisierung
- PCS Photoelektrochemisches Photo Current Spectra System, Zahner GmbH
- 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
- Nordic Electrochemistry Potentiostat mit positivem Feed-back zur iR Kompensation bei hohen Strömen für GDE Messungen

Ausblick auf künftige Schwerpunkte:

- Entwicklung und Verstetigung von Methoden zur Erzeugung hochporöser Katalysatorschichten für die Elektrokatalyse
- plasmachemische Stoffumwandlung in Gasen und in Flüssigkeiten für die CO_2 -Nutzung
- Kombination von Plasma- und Elektrokatalyse für die Synthese chemische Speicherung von elektrischer Energie
- Kombination von Plasma und Ultraschall für die Desintegration von biologischen Substraten



Mikrowellenplasma (2,45 GHz) in Wasser bei Atmosphärendruck

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 dar. Abhängig von den konkreten Anwendungs- und Kundenanforderungen werden verschiedene Methoden und Systeme entwickelt, die die Arbeiten der Forschungsschwerpunkte unterstützen. Diese Entwicklung wird von einer intensiven Charakterisierung der Plasmaquellen begleitet. Hierdurch gelingt es uns nicht nur die bestehenden Plasmaprozesse zu verstehen und zu steuern, sondern auch zielgerichtet neue Prozesse zu entwerfen und bestehende Technologien zu optimieren.

Besonderer Schwerpunkt liegt auf Aktivitäten zur 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, hergestellt und plasmadiagnostisch charakterisiert werden können. Die Aktivitäten der Abteilung Plasmaquellen werden ferner durch eine abteilungsübergreifende Forschungsinfrastruktur unterstützt. So kann neben modernsten Methoden der Plasmadiagnostik auch auf mikrobiologische und zellbiologische Labore, eine plasmachemische Analytik, diverse Umwelt-

Monitoring-Systeme und auf Diagnostiken für Oberflächen- und Materialeigenschaften zurückgegriffen werden. Insbesondere die räumliche Nähe zu den biologischen Laboren versetzt die Abteilung Plasmaquellen in die Lage, biologische Wirkungen neuer Plasmaquellenkonzepte effizient und praxisnah zu bewerten, ohne lange 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.

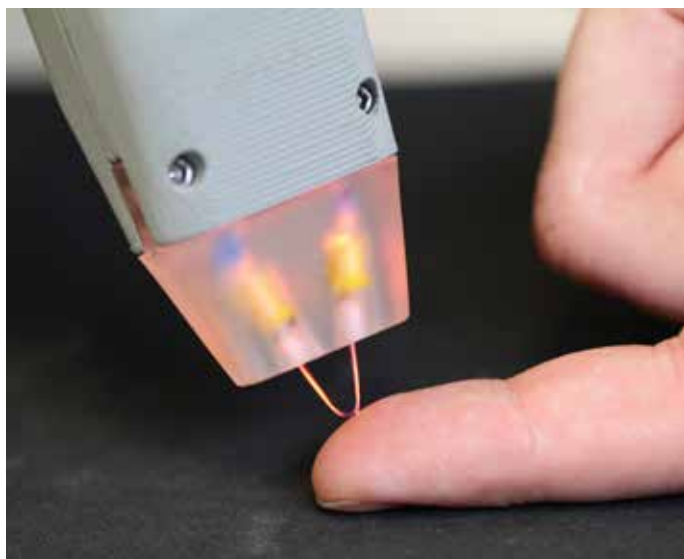
Bei der Plasmaquellen-Entwicklung fokussieren wir uns auf drei Bereiche: Medizinische Plasmaquellen, technische Plasmaquellen und Pulsed Power.

a) Medizinische Plasmaquellen:

Die Kernaufgabe bei der Entwicklung von Plasmaquellen im medizinischen oder medizinnahem Umfeld liegt für die Abteilung Plasmaquellen in der Konstruktion, dem Design und dem Aufbau problemangepasster Plasmaquellen für plasmamedizinische Versuche sowie für Desinfektions- und Dekontaminationsanwendungen. Dies schließt die Programmierung von Steuersoftware als auch die technische Betreuung klinischer Partner mit ein.

Wie alle Produkte, die in der Medizin eingesetzt werden, werden auch an die Entwicklung medizinischer Plasmaquellen erhöhte Anforderungen gestellt. Diesem Anspruch begegnen wir, indem die rechtlichen Anforderungen (z.B. Normen zur Elektrosicherheit) bereits bei der Entwicklung berücksichtigt werden. Zudem werden Analysen von zulassungsrelevanten Parametern wie Bestrahlungsstärken und Ableitströmen durchgeführt.

Ein Beispiel für eine Plasmaquelle, die für die plasmamedizinische Forschung eingesetzt wird, ist der in der Abbildung gezeigte V-Jet.



Der am INP entwickelte V-Jet wird im Projekt ONKOTHER-H auf seine Eignung bei der Inaktivierung von Krebszellen untersucht.

b) Technische Plasmaquellen

Als technische Plasmaquellen werden die Geräte bezeichnet, die nicht im medizinischen Umfeld eingesetzt werden. Dazu gehören u.a. Plasmaquellen für Raumlufthygiene, Abgasbehandlung und plasmachemische Synthese. Des Weiteren werden Plasmaanordnungen zum Abbau von Kontaminationen in Wasser (z.B. pharmazeutische Rückstände) aufgebaut und untersucht. Neben diesen etablierten Themen bedient die Abteilung Plasmaquellen auch Quellenanforderungen aus dem relativ jungen Forschungsfeld der Plasma-Agrikultur. Hier sind insbesondere Plasmaquellen gefragt, mit denen Saatgut, Pflanzen und Flüssigkeiten behandelt werden können.

c) Pulsed Power Technologie

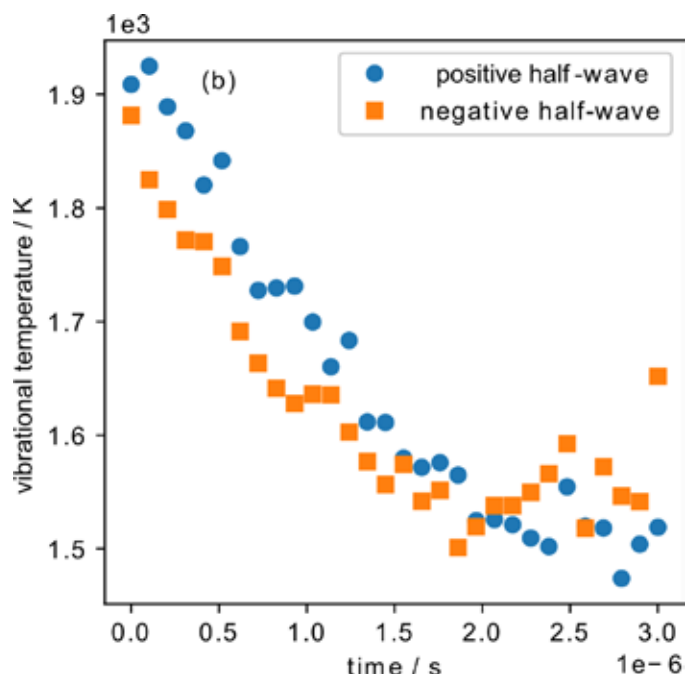
Das Design und der Aufbau von gepulsten Hochspannungsversorgungen für gepulste Plasmen und gepulste elektrische Felder (Bioelectrics) bildet einen weiteren Schwerpunkt der Abteilung Plasmaquellen. Die Pulsed Power Technologie findet insbesondere bei der Behandlung von Abwässern und in der Materialsynthese Einklang. Durch eine präzise Messtechnik sind wir in der Lage, auch anspruchsvolle Hochspannungssignale zuverlässig zu charakterisieren.

Weiterhin besitzt die Abteilung breites Know-how in den Bereichen Analytik und Fertigungsverfahren. Bei der Gasphasenanalytik kommen hochsensitive Methoden (u.a. FTIR, GC, GC/MS, FID) zum Nachweis von plasmagenerierten reaktiven Spezies (z.B. H_2O_2 , NO_x , O_3) bis in den ppb-Bereich zum Einsatz. Darüber hinaus führen wir Untersuchungen zur optischen Emissionsspektroskopie vom infraroten bis in den VUV-Spektralbereich durch und können mittels bildgebender Verfahren (ICCD-Kamera, Framing-Kamera) extrem schnelle Vorgänge bis in den ns-Bereich untersuchen. Ein Beispiel für die Anwendung der Kombination von Bildgebung und Spektroskopie ist die Bestimmung der phasenaufgelösten Vibrationstemperatur in einer dielektrisch behinderten Entladung (siehe Abbildung). Neben umfangreicher elektrischer Messtechnik bestehen weiterhin Kompetenzen zur Charakterisierung und Simulation der Gasphasenchemie.

Die Kompetenzen im Bereich Flüssigkeitsanalytik reichen von dem Nachweis chemischer Stoffen mittels HPLC bis hin zur Analyse und Charakterisierung plasmabehandelter Flüssigkeiten.

Fertigungstechnologien:

Dazu gehören die 3D Fertigung von Metallobjekten und Fused Deposition Modeling. Bei letzterem sind zum Teil mehrere Materialien gleichzeitig druckbar. Weiterhin können 3D Objekte mit sehr feiner Auflösung mittel SLA-Drucker im Stereolithographie-Verfahren erzeugt werden. Ein schneller und reproduzierbarer Zuschnitt von planaren Geometrien aus den Materialien Edelstahl (<3 mm) sowie Quarz- und Plexiglas wird mit der Lasercutter-Technologie (CO_2 & Nd:YAG) erreicht.



Phasenaufgelöste Bestimmung der Vibrationstemperatur von Stickstoff in einer dielektrisch behinderten Entladung (DBE).

KONTAKT



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

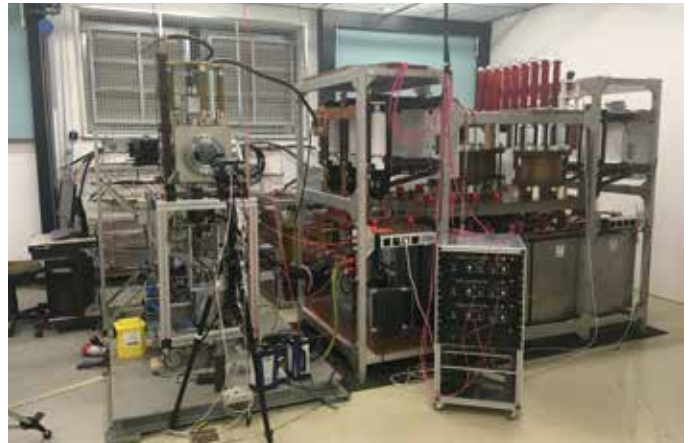
Plasmastrahlungstechnik

Die Abteilung widmet sich der experimentellen Analyse von technologischen Plasmen in verschiedenen Anwendungen der elektrischen Energietechnik (Hochstrom-, Hochspannung-, Schaltgerätetechnik) und der Verfahrenstechnik (Schweiß- und Trenntechnik). Dabei werden elektrische und optische, insbesondere spektroskopische, Diagnostikverfahren für die quantitative Analyse eingesetzt.

Im Fokus der Forschung stehen aktuell Untersuchungen von Vakuumlichtbögen in den Leistungsschaltern, von Lichtbögen in Ableitern und DC-Schützen, von Lichtbögen in der Schweißtechnik, von wandstabilisierten Bogenplasmen bei hohen Drücken, sowie von Plasmaphänomenen in Hochspannungsisolationssystemen.

Die Weiterentwicklung von Methoden der Hochgeschwindigkeitskinematografie gekoppelt mit der optischen Emission- 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, die Erfassung und Charakterisierung räumlich unsymmetrischer Plasmen 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: Synthetischer Prüfkreis (rechts im Bild, Eigenentwicklung vom INP), Vakuumkammer mit Pumpensystem und Antrieb (links im Bild).

Technologische Ausstattung

Lichtbogenlabor

- Synthetischer Prüfkreis für Schaltgeräte mit maximalem Strom bis zu 80 kA und Wiederkehrspannung bis zu 42 kV
- Stoßstrom-Generator mit variabler Stromform (AC variabler Frequenz 16-1000 Hz, gepulste DC, Blitzstromimpuls)
- Vakuumkammer für Untersuchungen an Hochstrom-Vakuumlichtbögen
- Elektrische und optische 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 und optische 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)

Dauerstromlabor

- Dauerstromversuchsstände (max. 3000 A)
- Klimalabor 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 Betriebs
- Messplätze für optische Untersuchungen an kleinskaligen und lichtschwachen Objekten (Mikrolichtbögen, Teilentladungen, Blitzstromentladungen)
- optische Kalibrierungsquellen

Ausrüstungen für optische Messungen

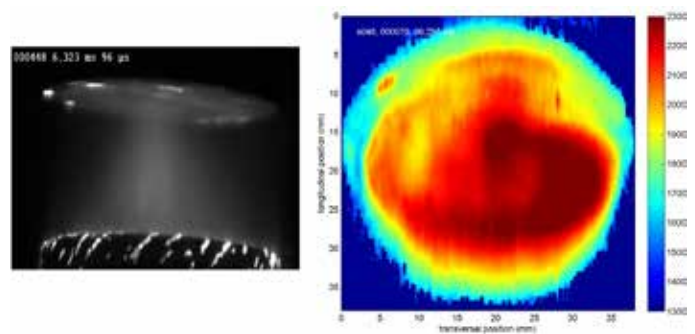
Allen Laboren stehen folgende Ausrüstungen für optische Messungen zur Verfügung:

- 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

- Erwerbung der Expertise in quantitativer Diagnostik in dem Bereich von Hoch- und Höchstdrucklichtbögen
- Adaption der quantitativen Diagnostikmethoden zur Charakterisierung von Plasma-Wand- und Plasma-Elektrode-Wechselwirkung für die Anwendung an kalten Randschichten
- Erweiterung der Temperaturmessungen um das Bereich von Zimmertemperatur bis zum Schmelzpunkt für Studien der Abkühlodynamik von elektrischen Kontakten und Analyse derer Energiebilanz
- Aufbau eines Antrieb-Systems mit variabler Parametern (Öffnung- und Schließgeschwindigkeit, Kontaktkraft, Zeit-Weg-Kurve) für Studien an Ein- und Ausschaltprozessen unter realistischen Arbeitsbedingungen
- Anschluss an Thematik DC-Technologie/ Energiespeicher durch Aufbau und Inbetriebnahme eines Hochspannungslabors im Center for Life Science einschließlich HVDC-Generator, Hochleistung-Batterie 5 kV/ 1000A und passender Messtechnik

- Aufbau eines Messplatzes mit Plasmabrenner für Studien an Plasma-Trennung-Verfahren zur Abfallbeseitigung und Materialumwandlung
- Direkte Messungen der Teilchendichten mit Hilfe von spektroskopischen und lichttechnischen Methoden und Bestimmung der Gastemperatur für quantitative Untersuchungen zur Charakterisierung der thermischen Nichtgleichgewichtsplasmen



Momentaufnahme eines Vakuumlichtbogens (links) und Temperaturverteilung der oberen Elektrode(Anode) bei 10 kA (rechts).

KONTAKT



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

Stab - Wissenschaftsmanagement

Moderne Forschungseinrichtungen verlangen nach einem professionellen Wissenschaftsmanagement. Das INP 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 Leibniz-Gemeinschaft, 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.

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 Projektressourcen und des Projektablaufes. Zudem sind sie verantwortlich für die Außendarstellung der Projekte sowie die Organisation von Gremiensitzungen und wissenschaftli-

chen 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.

Öffentlichkeitsarbeit

Der Bereich Öffentlichkeitsarbeit 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 ist regelmäßig Veranstalter von nationalen und internationalen Konferenzen, Symposien, Workshops und Netzwerkveranstaltungen. Hierbei unterstützt der Bereich 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

Verwaltung & Infrastruktur

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.

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 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 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), 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 Produkt 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. 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

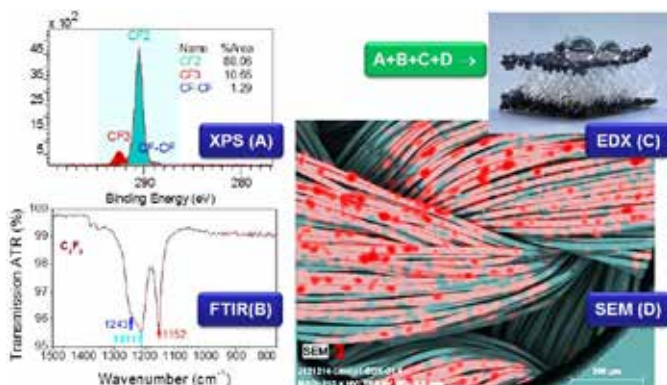
- Hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie (HR- SEM)
- Transmissions-Rasterelektronenmikroskopie (STEM)
- Rasterkraftmikroskopie (AFM)
- Profilometrie
- Weißlichtinterferometrie
- Lichtmikroskopie mit 3D-Funktion

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

- 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



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

Schweißlichtbogenlabor

Im Mittelpunkt der anwendungsorientierten Forschungsaktivitäten stehen Untersuchungen zur Prozesssicherheit, Stabilität und Effizienz beim Lichtbogenschweißen. Der Fokus liegt in der zeit- und orts aufgelösten Analyse des Lichtbogens, seiner Ansätze an den Elektroden, des Materialtransfers und des Schmelzbades. Die Plasmadiagnostik erlaubt die Messung von Temperaturen und Speziesdichten im Lichtbogen 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.

Für die Untersuchungen stehen speziell ausgerüstete Labore für die Diagnostik an praxisnah nachgebildeten Schweißprozessen mit moderner Messgeräteausstattung zur Verfügung, 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 einschließlich spezifischer Auswerteverfahren und spektral hochauflösende Messungen von Spektren im Spektralbereich von 300 nm bis 900 nm bei einer spektralen Auflösung von ca. 0.05 nm
- 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 Streakkamera (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.



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

KONTAKT



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

Hochspannungs-/Dauerstromlabor

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:

- Elektrische Kontakte und Verbindungen: Langzeitstabilität (Alterungsverhalten), thermische Auslegung (Modellierung), Gestaltung (Material und Oberflächen)
- Teilentladungsdiagnostik und Analyse von elektrischen Betriebsmitteln und Komponenten
- Untersuchungen zum Alterungsverhalten von Isolierstoffen unter Extrembedingungen
- Lichtbogenplasmen: Experimente, Modellierung und Diagnostik von Schaltlichtbögen

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 Tü, Prüfspannung 10 kV), Dielectric response analyzer (200V, 100 iHz bis 5 kHz)



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

- Klimabilabor mit Klimakammer für Abkühl- und Erwärmungszyklen (-70 - $+180$ °C), Wärmeschränke ($+250$ °C)
- Hochstromlabor mit Dauerstromversuchsständen (max. 3000 A), Temperaturerfassung mittels Thermosensoren sowie Infrarotkameratechnik

KONTAKT



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

Mikrobiologisches Labor



Arbeitsplatz im mikrobiologischen Labor

Das mikrobiologische Labor des INP besitzt die Sicherheitsstufe 2 nach § 44 Infektionsschutzgesetz (IfSG) und erlaubt dadurch Tätigkeiten mit Krankheitserregern gemäß § 49 IfSG und § 13 Biostoffverordnung. Die aktuellen Forschungsarbeiten umfassen phyto- und humanpathogene einschließlich Antibiotika-resistente Mikroorganismen der Risikogruppen 1 und 2. (§ 49 IfSG und § 13 BioStoffV, 2000/54/EG and 2010/32/EU)

Die verwendeten Mikroorganismen sind:

- *Bacillus atrophaeus* Endosporen
- *Candida albicans*
- *Enterococcus faecium*
- *Escherichia coli*
- *Geobacillus stearothermophilus* Endosporen
- *Listeria innocua*
- *Listeria monocytogenes*
- *Micrococcus luteus*
- *Pectobacterium carotovorum*
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Pseudomonas fluorescens*
- *Pseudomonas marginalis*
- *Salmonella enteritidis*
- *Salmonella typhimurium*
- *Staphylococcus aureus*

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

Im mikrobiologischen Labor werden Projekte zur anwendungsorientierten Grundlagenforschung sowie Auftragsforschung in Zusammenarbeit mit industriellen Kooperationspartnern durchgeführt. Im Fokus steht dabei die Untersuchung der antimikrobiellen Wirksamkeit 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 Abwasser sowie der Untersuchung von Plasmaquellen zur Behandlung von Flüssigkeiten. Darüber hinaus wird auch die Inaktivierung von Luft-getragenen Mikroorganismen erforscht.

Das mikrobiologische Methodenspektrum umfasst u.a. Wachstumsversuche, antimikrobielle Empfindlichkeitstestungen und mikroskopische 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:

- (frequenzaufgelöste) Mikrowelleninterferometrie in leitungsgebundenen und frei gestrahlten Systemen bis 150 GHz
 - Elektronendichtebestimmung: 10^{12} – 10^{22} m⁻³, $\Delta t < 1$ μs
 - Bestimmung von Permittivität und Permeabilität
- Entwicklung und Implementierung von strahlformen- den Elementen (Spiegel und Linsen) zur Anpassung von Gaußschen Strahlengängen bis 150 GHz
- frequenzaufgelöste 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 W)
 - Plexc (Leistungen < 1500 W)
 - PLexc2 (Leistungen < 4.500 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 NO₂-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)
- NO₂-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^{-1}); Systeme bei diversen Wellenlängen:
 - System 455 nm: Teilchendichtemessung bis 10^7 Teilchen/ cm^3 (bei Absorptionslänge von 2 mm)
 - System 1370nm: berührungslose Druckmessung an Getränkeflaschen; Messintervall (inklusive Auswertung) bis 100 μ s; Genauigkeit 50mbar @ 100ms Mittelungszeit
 - System 770 nm: Messung Sauerstoffatom-Dichten (550, 777 nm) an kINPen im Bereich von 10^9 $1/\text{cm}^3$ 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} $1/\text{cm}^3$), Gastemperatur (1000 K) und Elektronendichten (10^{20} $1/\text{m}^3$) 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:

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.

General Purpose Unit (GRP)

Zweistufiger selbstzündender atmosphärischer mikrowellenangeregter Plasmatorch zur RNS Prozessgasgenerierung (Plasma Processed Air – PPA) mit Prozesssteuerung zum Betrieb unter Industriebedingungen, Kapazität 100 slm

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



Prozessanlage zur Behandlung von Produkten in Reusable Plastic Containers (RPC)

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 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 Leitlinien 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.

Gleichstellung und Vereinbarkeit von Familie und Beruf

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) 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 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. So konnte in den vergangenen zwei Jahren der Frauenanteil weiter auf fast 40% gesteigert werden.

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, dass bei Betreuungsengpässen genutzt werden kann.

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.

Für unsere Gleichstellungsarbeit sind wir bereits zweimal mit dem TOTAL E-QUALITY Prädikat Ausgezeichnet worden. In 2020 werden wir uns für eine weitere Verlängerung bewerben und hoffen die Jury erneut mit unserer Gleichstellungsarbeit überzeugen zu können.

Der Verein TOTAL E-QUALITY Deutschland e.V. vergibt Prädikate und bestätigt damit Unternehmen und Organisationen ihr erfolgreiches und nachhaltiges Engagement für die Chancengleichheit von Frauen und Männern im Beruf. 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.



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: Dr. Weiler
Vorstand Vorstandsvorsitzender und Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Weltmann & Kaufmännischer Direktor: Herr Berger Wissenschaftliches Vorstandsmitglied: Prof. Uhrlant & Vorstandsmitglied: Frau Dahlhaus		

Forschungsbereiche und Forschungsschwerpunkte

Materialien & Energie Prof. Uhrlant			Umwelt & Gesundheit Prof. Weltmann		
Materialien/Oberflächen Dr. Foest	Plasmachemische Prozesse Prof. Brandenburg	Schweißen/Schalten Dr. Gonzalez	Bioaktive Oberflächen Dr. Fricke	Plasmamedizin Prof. v. Woedtk	Dekontamination Prof. Kolb

Wissenschaftliche Abteilungen

Plasma-biotechnik Dr. Ehlbeck	Plasma-diagnostik Dr. van Helden	Plasma Life Science Dr. Hasse	Plasma-modellierung PD Dr. Loffhagen	Plasma-oberflächentechnik Dr. Foest a.i.	Plasma-prozesstechnik Dr. Brüser	Plasma-quellen Dr. Winter	Plasma-strahlungstechnik Dr. Gortschakow
----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---	---	-------------------------------------	------------------------------	---

Nachwuchsforscherguppen

Biosensorische Oberfl. Dr. Fricke	Plasma-Flüssigkeits-Effekte Dr. Wende	Plasma-Redox-Effekte Dr. Bekeschus
--------------------------------------	--	---------------------------------------

Forscherguppen

Plasmaquellen-Konzepte Dr. Gerling	Plasmawundheilung Dr. Masur	Plasma-Agrarkultur Dr. Brust	Materialien f. Energietechn. Dr. Kruth
---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---

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 (2019)

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 2019)

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

Ernst Miklos
The Linde Group, Unterschleißheim

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

Dr. Jean-Michele Pouvesle
GREMI - Université d'Orleans, Frankreich

Prof. Dr. med. Wolfgang Motz
Klinikum Karlsruhe

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,
Universität Rostock

Prof. Dr. Alexander Fridman
Drexel University

Dr. Anne Bourdon
Ecole Polytechnique - Laboratoire de Physique des Plasmas
(LPP) Palaiseau

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 2019)

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. Christian von Savigny
Universität Greifswald

Dr. Stefan Fassbinder
Oberbürgermeister Universitäts- und Hansestadt Greifswald

Mario Kokowsky
DEN GmbH

Prof. Dr. Jürgen Meichsner
Universität Greifswald

Dr. Arthur König
Ehemaliger Oberbürgermeister Universitäts- und Hansestadt
Greifswald

Zahlen und Fakten

Haushalt:

Der Gesamthaushalt umfasste im Berichtsjahr 2018 ein Volumen von 17,5 Mio. € und 19,6 Mio. € im Berichtsjahr 2019. Der Personalaufwand betrug 10,6 Mio. € (2018) und 10,6 Mio. € (2019), der Sachaufwand 4,1 Mio. € (2018) und 3,96 Mio. € (2019). Insgesamt wurden in 2018 2,9 Mio. € und in 2019 4,97 Mio. € in die Ausstattung des INP investiert.

Personal:

Am INP Greifswald sind mit Stand vom Mai 2019 insgesamt 189 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tätig, davon 119 im wissenschaftlichen und technischen Bereich und 70 im wissenschaftsunterstützenden Bereich. Der Frauenanteil beträgt 39,1 Prozent.



Mitgliedschaften des INP

- 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.
- GFaI - 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
- Alpes Lasers SA
St Blaize, Schweiz
- Brno University of Technology
Brno, Czech Republic
- C³ Carbon Concrete Composite e. V.
Dresden
- CentraleSupélec, University Paris-Saclay
Gif-sur-Yvette, Frankreich
- Centre for Mathematical Plasma-Astrophysics
Leuven, Belgien
- Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
Neuchâtel, Schweiz
- Centrum Wiskunde & Informatica
Amsterdam, Niederlande
- Charité Berlin
Berlin
- Chongqing University
Chongqing, China
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Kiel
- Comenius University in Bratislava
Bratislava, Slovakia
- Costa Rica institute of Technology
Cartago, Costa Rica
- CSIRO Manufacturing
Lindfield, Australia
- Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West gGmbH
Krefeld
- DLR - German Aerospace Center
Köln
- DLR-Institute of Networked Energy Systems
Oldenburg
- Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER)
Eindhoven, The Netherlands
- EFDS - European Society of Thin Films
Dresden
- EMPA - swiss federal laboratories for material science
and technology
Dübendorf, Schweiz
- Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut
für Höchsthfrequenztechnik (FBH)
Berlin
- Forschungsverbund Mecklenburg-Vorpommern e.V.
Rostock
- Fraunhofer Institute for Applied Optics
and Precision Engineering IOF
Jena
- Fraunhofer Institute for Electronic Nano Systems
Chemnitz
- Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and
Advanced Materials IFAM
Bremen
- Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology
IWS
Dresden
- Fraunhofer Institute for Organic Electronics, Electron
Beam and Plasma Technology FEP
Dresden
- Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin
Films IST, Braunschweig
- Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin
Films IST, DOC Dortmunder OberflächenCentrum GmbH
Dortmund
- Fraunhofer-Research Institution for Large Structures in
Production Engineering IGP
Rostock

- Fudan University
Shanghai, China
- Groupe des Couches Minces (GCM) and Department of Engineering Physics, Polytechnique Montreal
Montreal
- Helmholtz-Zentrum Rossendorf
Dresden
- Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst
Göttingen
- Hochschule Neubrandenburg
Neubrandenburg
- Hochschule Stralsund
Stralsund
- Holon Institute of Technology
Holon, Israel
- Hunan University
Hunan Cheng, China
- INM – Leibniz Institute for New Materials
Saabrücken
- Innovent e.V.,
Jena
- INPLAS - Network of Competence Industrial Plasma Surface Technology
Braunschweig
- Institut für Energietechnik, Energieverfahrenstechnik und Umwandlungstechniken regenerativer Energien (EVUR)
Berlin
- Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb
TU Berlin
Berlin
- Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Centre for Physics
Budapest, Hungary
- Institute of High Current Electronics
Tomsk, Russia
- 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
- Justus-Liebig Universität Gießen
Gießen
- Karlsruhe Institute of Technology
Karlsruhe
- Kaunas University of Technology
Kaunas, Lithuania
- Klinikum Karlsburg
Karlsburg
- KTH Stockholm
Stockholm, Schweden
- Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie
Toulouse, France
- Leibniz Institute for Baltic Sea Research (IOW)
Rostock
- Leibniz Institute for Catalysis (LIKAT)
Rostock
- Leibniz Institute for Crystal Growth
Berlin
- Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN)
Dummerstorf
- Leibniz Institute of Photonic Technology (IPHT)
Jena
- Lithuanian Energy Institute
Kaunas, Lithuania
- Lomonosov Moscow State University
Moskva, Russia
- Londrina State University, Departament: Ciencias Patológicas, Centro de ciencias biológicas (CCB)
Londrina, Brasilien

- Lublin University of Technology
Lublin
- Maritime University of Szczecin
Szczecin, Poland
- Masaryk University
Brno, Czech Republic
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH
Düsseldorf
- Menlo Systems GmbH
Planegg
- Nagoya University
Japan
- National Institute for Laser, Plasma and Radiation Physics
Bucharest, Romania
- neoplas GmbH
Greifswald
- Nicolaus Copernicus University
Torun, Poland
- North Carolina State University
Raleigh, USA
- Old Dominion University Norfolk
Virginia, USA
- Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI)
Berlin
- PBRC, Kwangwoon University
Seoul, Korea
- Peking University
Peking China
- Plasma Advanced Research Center, University Iasi
Romania
- PlasmaMedic LTD
Israel
- Preparatory Institute of Engineering Studies of Monastir
Tunesien
- PTB Braunschweig
Braunschweig
- Queensland University of Technology
Brisbane, Australia
- Research Center Borstel - Leibniz Lung Center
Sülfeld
- Riga Technical University,
Lettland
- Rübiger GmbH & Co KG
Wels, Österreich
- Ruhr-Universität Bochum
Bochum
- RWTH Aachen University
Aachen
- São Paulo State University (UNESP)
São Paulo, Brasilien
- Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Rostock (SLV)
Rostock
- Sirona Dental Systems GmbH
Bensheim
- St. Petersburg State University,
St. Petersburg, Russland
- St. Petersburg Polytechnic University
St. Petersburg, Russland
- Stadtwerke Netzgesellschaft mbH
Rostock
- Szewalski Institute of Fluid Flow Machinery
Gdansk, Poland
- Technical University of Denmark
Roskilde, Denmark
- Technical University of Eindhoven,
Netherlands
- Technische Universität Bergakademie Freiberg
Freiberg
- Technische Universität Berlin
Berlin
- Technische Universität Braunschweig
Braunschweig

- Technische Universität Dresden
Dresden
- Technische Universität Ilmenau
Ilmenau
- Technological University Dublin, College of Sciences and Health, School of Food Science and Environmental Health
Dublin, Ireland
- TH Brandenburg
Brandenburg an der Havel
- The hydrogen and fuel cell center ZBT GmbH
Duisburg
- Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russland
- Tsinghua University
Peking , China
- Universidade de Lisboa
Lissabon, Portugal
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá,
Sao Paulo, Brazil
- Università degli Studi di Bari Aldo Moro
Bari, Italy
- Universität Rostock, Universitätsmedizin
Rostock
- Universität zu Lübeck
Lübeck
- Universitätsklinikum des Saarlandes
Homburg
- Universitätsklinikum Erlangen, Strahlen-Immunbiologie
Erlangen
- Universitätsmedizin Essen
Essen
- Universite de Pau
Pau, Frankreich
- Université d'Orléans
Orléans, Frankreich
- Université PARIS-SUD,
Orsay, Frankreich
- University of Antwerp
Antwerpen, Belgien
- University of Applied Sciences and Arts,
Göttingen
- University of Belgrade
Belgrad, Serbien
- University of Buenos Aires,
Buenos Aires, Argentinien
- University of Cambridge,
Cambridge, UK
- University of Greifswald
Greifswald
- University of Greifswald, University Medicine
Greifswald
- University of Madeira
Madeira, Portugal
- University of Minnesota
Minneapolis, USA
- University of Monastir, National School of Engineering
of Monastir
Monastir, Tunesien
- University of Oxford
Oxford, UK
- University of Paris-North, LIMHP
Villetaneuse, Frankreich
- University of Pavia
Pavia, Italien
- University of Purdue
West Lafayette, Indiana, USA
- University of Rostock
Rostock
- University of Sheffield
Sheffield, UK
- University of Tartu
Tartu, Estland
- University of York

- Uppsala University,
Uppsala, Sweden
- West Pomeranian University of Technology,
Szczecin, Poland
- Xi'an Jiaotong University
Shaanxi Sheng, China
- XION GmbH
Berlin
- ZAL Center of Applied Aeronautical Research
Hamburg
- Zentrum für Ernährung und Lebensmitteltechnologie
gGmbH
Neubrandenburg



BUCHARTIKEL 2018

1. Bekeschus, S.; Pouvesle, J.-M.; Fridman, A.; Miller, V.: **Cancer Immunology**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 409-419; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_24
2. Gerling, T.; Helmke, A.; Weltmann, K.-D.: **Relevant Plasma Parameters for Certification**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 43-70; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_3
3. Hahn, V.; Brandenburg, R.; von Woedtke, T.: **DIN SPEC 91315: A First Attempt to Implement Mandatory Test Protocols for the Characterization of Plasma Medical Devices**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 511-516; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_35
4. Helmke, A.; Gerling, T.; Weltmann, K.-D.: **Plasma Sources for Biomedical Applications**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 23-41; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_2
5. Hilker, L.; von Woedtke, T.; Titze, R.; Weltmann, K.-D.; Motz, W.; Wollert, H.-G.: **The Use of Cold Atmospheric Pressure Plasma (CAP) in Cardiac Surgery**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 201-211; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_12
6. Kramer, A.; Schauer, F.; Papke, R.; Bekeschus, S.: **Plasma Application for Hygienic Purposes in Medicine, Industry, and Biotechnology: Update 2017**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 253-281; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_14
7. Masur, K.; Bekeschus, S.: **Perspectives in Immunology of Wound Healing**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 401-408; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_23
8. Metelmann, H.-R.; Hammes, S.; Hartwig, K.; von Woedtke, T.; Chien, T. T. T.; Rana, A.: **Safe and Effective Plasma Treatment by Structured Education**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 467-472; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_30

9. Partecke, L. I.; Bekeschus, S.; Liedtke, K. R.: **Perspectives in General Surgery**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 347-354; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_20

10. Seebauer, C.; Metelmann, H.-R.; Witzke, K.; Pouvesle, J.-M.: **Palliative Treatment of Head and Neck Cancer**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 185-195; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_10

11. von Woedtke, T.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.: **Introduction to Plasma Medicine**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 3-21; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_1

12. Wende, K.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **Safety Aspects of Non-Thermal Plasmas**. In: Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D. (eds.), *Comprehensive Clinical Plasma Medicine*. Springer, Cham (2018) pp. 83-109; DOI:10.1007/978-3-319-67627-2_5

BUCHARTIKEL 2019

1. An, S.; Fricke, K.; Riemer, H.; Petersen, M.; Paschke, H.; Quade, A.; Ihrke, R.; Weltmann, K.-D.; Fröhlich, M.: **Vorbehandlung und Reinigung von Werkzeugoebenen durch plasmalektrolytisches Polieren zur Verbesserung der Haftung von Verschleißschuttschichten**. In: Horn, K.: (ed.), *Atmosphärische Plasmen. Anwendungen - Entwicklungen - Anlagen, Technologie-Spezial zum 10-jährigen Jubiläum des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma (ak-adp)*, Jena, MEOX Projektmanagement GbR, 2019, ISBN: 978-3-00-063646-2

2. Kewitz, T.; Testrich, H.; Gonzalez, D.; Gortschakow, S.; Fricke, K.; Fröhlich, M.; Weltmann, K.-D.: **Atmosphärendruck-Plasmaspritzen in der Hochspannungstechnik - thermische und elektrische Isolierschichten aus Al₂O₃**. In: Horn, K.: (ed.), *Atmosphärische Plasmen. Anwendungen - Entwicklungen - Anlagen, Technologie-Spezial zum 10-jährigen Jubiläum des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma (ak-adp)*, Jena, MEOX Projektmanagement GbR, 2019, ISBN: 978-3-00-063646-2

3. von Woedtke, T.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.; Masur, K.; Gerling, T.; Hasse, S.; Hahn, V.; Steuer, A.; Semenov, I.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin: innovative therapeutische Anwendungen von kaltem Atmosphärendruckplasma**. In: Horn, K.: (ed.), *Atmosphärische Plasmen. Anwendungen - Entwicklungen - Anlagen, Technologie-Spezial zum 10-jährigen Jubiläum des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma (ak-adp)*, Jena, MEOX Projektmanagement GbR, 2019, ISBN: 978-3-00-063646-2

4. Emmert, S.; Boeckmann, L.; Fischer, T.; Bernhardt, T.; Borchardt, T.; Viöl, W.; Wahl, P.; Wandke, D.; Metelmann, H.; Masur, K.; Bekeschus, S.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Plasmamedizin für Hauterkrankungen: Wunden und Tumoren**. In: Horn, K.: (ed.), *Atmosphärische Plasmen. Anwendungen - Entwicklungen - Anlagen, Technologie-Spezial zum 10-jährigen Jubiläum des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma (ak-adp)*, Jena, MEOX Projektmanagement GbR, 2019, ISBN: 978-3-00-063646-2

BEITRÄGE ZU SAMMELBÄNDEN 2018

1. Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Comprehensive Clinical Plasma Medicine**. Springer, Cham (2018); DOI:10.1007/978-3-319-67627-2

2. Weidmann, B.; von Woedtke, T.: **Das menschliche Maß**. Evangelische Verlagsanstalt Leipzig (2018); ISBN 978-3-374-05685-9

BEITRÄGE ZU SAMMELBÄNDEN 2019

1. Weidmann, B.; von Woedtke, T.: **Das menschliche Maß**. Evangelische Verlagsanstalt Leipzig, 2. Auflage (2019); ISBN 978-3-374-05685-9

ARTIKEL IN REFERIERTEN
ZEITSCHRIFTEN 2018

1. Ahrens, P.; Zander, M.; Hasse, U.; Wulff, H.; Jeyabharathi, C.; Kruth, A.; Scholz, F.: **Electrochemical Formation of Gold Nanoparticles on Polycrystalline Gold Electrodes during Prolonged Potential Cycling.** *ChemElectroChem* 5 (2018) 943-957; DOI:10.1002/celc.201700745
2. Almansoori, A.; Masters, R.; Abrams, K.; Schäfer, J.; Gerling, T.; Majewski, C.; Rodenburg, C.: **Surface modification of the laser sintering standard powder polyamide 12 by plasma treatments.** *Plasma Process. Polym.* 15 (2018) 1800032; DOI:10.1002/ppap.201800032
3. Almuina-Villar, H.; Anca-Couce, A.; Lang, N.; Röpcke, J.; Behrendt, F.; Dieguez-Alonso, A.: **Laser-Based Spectroscopy Diagnosis and Detailed Numerical Models to Gain Understanding on the Slow Pyrolysis Behavior of Thermally Thick Wood Particles.** *Chem. Eng. Trans.* 65 (2018) 109-114; DOI:10.3303/CET1865019
4. Arndt, S.; Schmidt, A.; Karrer, S.; von Woedtke, T.: **Comparing two different plasma devices kINPen and Adtec SteriPlas regarding their molecular and cellular effects on wound healing.** *Clin. Plasma Med.* 9 (2018) 24-33; DOI:10.1016/j.cpme.2018.01.002
5. Arumugam, S.; Haba, Y.; Koerner, G.; Uhrlandt, D.; Paschen, M.: **Understanding partial discharges in low-power relay and silicone cable modified to suit high-voltage requirement of deep sea electrical system.** *Int. Trans. Electr. Energ. Syst.* 28 (2018) e2542; DOI:10.1002/etep.2542
6. Baeva, M.: **Application of the transferred matrix method to a unified evaluation of the cathodic electron emission.** *AIP Adv.* 8 (2018) 085322; DOI:10.1063/1.5041314
7. Baeva, M.; Hempel, F.; Baierl, H.; Trautvetter, T.; Foest, R.; Loffhagen, D.: **Two- and three-dimensional simulation analysis of microwave excited plasma for deposition applications: operation with argon at atmospheric pressure.** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51 (2018) 385202; DOI:10.1088/1361-6463/aad537
8. Bagheri, B.; Teunissen, J.; Ebert, U.; Becker, M. M.; Chen, S.; Ducasse, O.; Eichwald, O.; Loffhagen, D.; Luque, A.; Mihailova, D.; Plewa, J. M.; van Dijk, J.; Yousfi, M.: **Comparison of six simulation codes for positive streamers in air.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 95002; DOI:10.1088/1361-6595/aad768
9. Barillas, L.; Cubero-Sesin, J. M.; Vargas-Blanco, I.: **Hydroxyapatite Coatings on Polymers Using a Custom Low-Energy Plasma Spray System.** *IEEE Trans. Plasma Sci.* 46 (2018) 2420-2424; DOI:10.1109/TPS.2018.2810639
10. Barillas, L.; Testrich, H.; Cubero-Sesin, J. M.; Quade, A.; Vargas, I.; Polak, M.; Fricke, K.: **Bioactive Plasma Sprayed Coatings on Polymer Substrates Suitable for Orthopedic Applications: A Study With PEEK.** *IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci.* 2 (2018) 520-525; DOI:10.1109/TRPMS.2018.2832450
11. Bekeschus, S.; Brüggemeier, J.; Hackbarth, Ch.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, Th.; Partecke, L.-I.; van der Linde, J.: **The feed gas composition determines the degree of physical plasma-induced platelet activation for blood coagulation.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 034001; DOI:10.1088/1361-6595/aaaf0e
12. Bekeschus, S.; Clemen, R.; Metelmann, H.-R.: **Potentiating anti-tumor immunity with physical plasma.** *Clin. Plasma Med.* 12 (2018) 17-22; DOI:10.1016/j.cpme.2018.10.001
13. Bekeschus, S.; Freund, E.; Wende, K.; Gandhirajan, R. K.; Schmidt, A.: **Hmox1 Upregulation Is a Mutual Marker in Human Tumor Cells Exposed to Physical Plasma-Derived Oxidants.** *Antioxidants* 7 (2018) 151; DOI:10.3390/antiox7110151
14. Bekeschus, S.; Käding, A.; Schröder, T.; Wende, K.; Hackbarth, C.; Liedtke, K. R.; van der Linde, J.; von Woedtke, T.; Heidecke, C.-D.; Partecke, L.-I.: **Cold Physical Plasma-Treated Buffered Saline Solution as Effective Agent Against Pancreatic Cancer Cells.** *Anticancer Agents Med. Chem.* 18 (2018) 824-831; DOI:10.2174/1871520618666180507130243
15. Bekeschus, S.; Lackmann, J.-W.; Gümbel, D.; Napp, M.; Schmidt, A.; Wende, K.: **A Neutrophil Proteomic Signature in Surgical Trauma Wounds.** *Int. J. Mol. Sci.* 19 (2018) 761-784; DOI:10.3390/ijms19030761
16. Bekeschus, S.; Lin, A.; Fridman, A.; Wende, K.; Weltmann, K.-D.; Miller, V.: **A Comparison of Floating-Electrode DBD and kINPen Jet: Plasma Parameters to Achieve Similar Growth Reduction in Colon Cancer Cells Under Standardized Conditions.** *Plasma Chem. Plasma Process.* 38 (2018) 1-12; DOI:10.1007/s11090-017-9845-3
17. Bekeschus, S.; Mueller, A.; Miller, V.; Gaipl, U.; Weltmann, K.-D.: **Physical Plasma Elicits Immunogenic Cancer Cell Death and Mitochondrial Singlet Oxygen.** *IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci.* 2 (2018) 138-146; DOI:10.1109/TRPMS.2017.2766027

18. Bekeschus, S.; Schmidt, A.; Kramer, A.; Metelmann, H.-R.; Adler, F.; von Woedtke, T.; Niessner, F.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.: **High throughput image cytometry micronucleus assay to investigate the presence or absence of mutagenic effects of cold physical plasma.** *Environ. Mol. Mutagen.* 59 (2018) 268-277; DOI:10.1002/em.22172
19. Bekeschus, S.; Scherwies, L.; Freund, E.; Liedtke, K. R.; Hackbarth, C.; von Woedtke, T.; Partecke, L.-I.: **Plasma-treated medium tunes the inflammatory profile in murine bone marrow-derived macrophages.** *Clin. Plasma Med.* 11 (2018) 1-9; DOI:10.1016/j.cpm.2018.06.001
20. Bekeschus, S.; Wulf, C. P.; Eric Freund, E.; Koensgen, D.; Mustea, A.; Weltmann, K.-D.; Stope, M. B.: **Plasma Treatment of Ovarian Cancer Cells Mitigates Their Immunomodulatory Products Active on THP-1 Monocytes.** *Plasma* 1 (2018) 201-217; DOI:10.3390/plasma1010018
21. Bonitz, M.; Filinov, A.; Abraham, J. W.; Loffhagen, D.: **Extending first principle plasma-surface simulations to experimentally relevant scales.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 64005; DOI:10.1088/1361-6595/aaca75
22. Borges, A.; de Moraes Gouva Lima, G.; Nishime, T.; Gontijo, A.; Kostov, K.; Koga-Ito, C.: **Amplitude-modulated cold atmospheric pressure plasma jet for treatment of oral candidiasis: In vivo study.** *PLoS One* 13 (2018) e0199832; DOI:10.1371/journal.pone.0199832
23. Brüning, A.; Hölker, F.; Franke, S.; Kleiner, W.; Kloas, W.: **Influence of light intensity and spectral composition of artificial light at night on melatonin rhythm and mRNA expression of gonadotropins in roach *Rutilus rutilus*.** *Fish Physiol. Biochem.* 44 (2018) 1-12; DOI:10.1007/s10695-017-0408-6
24. Burlacov, I.; Hamann, S.; Spies, H.-J.; Röpcke, J.; Biermann, H.: **On the influence of carbon contamination of reactor parts in active screen plasma nitrocarburizing processes.** *J. Appl. Phys.* 123 (2018) 233302; DOI:10.1063/1.5029228
25. Ceriani, E.; Marotta, E.; Schiorlin, M.; Ren, X.; Ceretta, C.; Gobbo, R.; Tampieri, F.; Paradisi, C.: **A versatile prototype plasma reactor for water treatment supporting different discharge regimes.** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51 (2018) 274001; DOI:10.1088/1361-6463/aac7cd
26. Che, Y.; Zhang, T.; Du, Y.; Amin, I.; Marschelke, C.; Jordan, R.: **"On Water" Surface-initiated Polymerization of Hydrophobic Monomers.** *Angew. Chem. Int. Ed.* 57 (2018) 16380-16384; DOI:10.1002/anie.201809100
27. Daeschlein, G.; Rutkowski, R.; Lutze, S.; von Podewils, S.; Sicher, C.; Wild, T.; Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Jünge, M.: **Hyperspectral imaging: innovative diagnostics to visualize hemodynamic effects of cold plasma in wound therapy.** *Biomed. Eng. Biomed. Tech.* 63 (2018) 603-608; DOI:10.1515/bmt-2017-0085
28. Dalke, A.; Burlacov, I.; Hamann, S.; Puth, A.; Spies, H.-J.; Röpcke, J.; Biermann, H.: **Plasma Nitrocarburizing of AISI 316L Austenitic Stainless Steel Applying a Carbon Active Screen: Status and Perspectives.** *HTM J. Heat Treatm. Mater.* 73 (2018) 246-257; DOI:10.3139/105.110363
29. Dosdall, R.; Preuß, F.; Hahn, V.; Schlüter, R.; Schauer, F.: **Decay of the water reed *Phragmites communis* caused by the white-rot fungus *Phlebia tremellosa* and the influence of some environmental factors.** *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102 (2018) 345-354; DOI:10.1007/s00253-017-8582-0
30. Eccard, J. A.; Scheffler, I.; Franke, S.; Hoffmann, J.: **Off-grid: solar powered LED illumination impacts epigeal arthropods.** *Insect Conserv. Divers.* 11 (2018) 600-607; DOI:10.1111/icad.12303
31. Ehlbeck, J.; Brust, H.; Wannicke, N.; Schnabel, U.; Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Kolb, J.; Weltmann, K.-D.: **Potential of non-thermal plasma techniques for decontamination of wheat grains for agricultural use.** *Cereal Technol.* 4 (2018) 244-255; DOI:10.23789/1869-2303-2018-4-244
32. Engelowski, E.; Schneider, A.; Franke, M.; Xu, H.; Clemen, R.; Lang, A.; Baran, P.; Binsch, C.; Knebel, B.; Al-Hasani, H.; Moll, J. M.; Floß, D. M.; Lang, P. A.; Scheller, J.: **Synthetic cytokine receptors transmit biological signals using artificial ligands.** *Nat. Commun.* 9 (2018) 2034; DOI:10.1038/s41467-018-04454-8
33. Fiebrandt, M.; Lackmann, J.-W.; Stapelmann, K.: **From patent to product? 50 years of low-pressure plasma sterilization.** *Plasma Process. Polym.* 15 (2018) 1800139; DOI:10.1002/ppap.201800139
34. Filinov, A.; Bonitz, M.; Loffhagen, D.: **Microscopic modeling of gas-surface scattering. I. A combined molecular dynamics-rate equation approach.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 64003; DOI:10.1088/1361-6595/aac61e
35. Filinov, A.; Bonitz, M.; Loffhagen, D.: **Microscopic modeling of gas-surface scattering: II. Application to argon atom adsorption on a platinum (111) surface.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 64002; DOI:10.1088/1361-6595/aac620

36. Fleischmann, S.; Zeiger, M.; Quade, A.; Kruth, A.; Presser, V.: **Atomic Layer-Deposited Molybdenum Oxide/Carbon Nanotube Hybrid Electrodes: The Influence of Crystal Structure on Lithium-Ion Capacitor Performance.** ACS Appl. Mater. Interfaces 10 (2018) 18675-18684; DOI:10.1021/acsami.8b03233
37. Fridman, A.; Lin, A.; Miller, V.; Bekeschus, S.; Wende, K.; Weltmann, K.-D.: **The Plasma Treatment Unit: An Attempt to Standardize Cold Plasma Treatment for Defined Biological Effects.** Plasma Med. 8 (2018) 195-201; DOI:10.1615/PlasmaMed.2018026881
38. Fröhling, A.; Ehlbeck, J.; Schlüter, O.: **Impact of a Pilot-Scale Plasma-Assisted Washing Process on the Culturable Microbial Community Dynamics Related to Fresh-Cut Endive Lettuce.** Appl. Sci. 8 (2018) 2225; DOI:10.3390/app8112225
39. Gandhirajan, R. K.; Rödder, K.; Bodnar, Y.; Pasqual-Melo, G.; Emmert, S.; Griguer, C. E.; Weltmann, K.-D.; Bekeschus, S.: **Cytochrome C oxidase Inhibition and Cold Plasma-derived Oxidants Synergize in Melanoma Cell Death Induction.** Sci. Rep. 8 (2018) 12734; DOI:10.1038/s41598-018-31031-2
40. Gauter, S.; Fröhlich, M.; Kersten, H.: **Direct calorimetric measurements in a PBII and deposition (PBII&D) experiment with a HiPIMS plasma source.** Surf. Coat. Technol. 352 (2018) 663-670; DOI:10.1016/j.surfcoat.2018.03.094
41. Gianella, M.; Reuter, S.; Press, S. A.; Schmidt-Bleker, A.; van Helden J.; Ritchie, G. A.: **HO₂ reaction kinetics in an atmospheric pressure plasma jet determined by cavity ring-down spectroscopy.** Plasma Sources Sci. Technol. 27 (2018) 95013; DOI:10.1088/1361-6595/aadf01
42. Gimsa, J.; Wysotzki, P.; Perutkova, Š.; Weihe, T.; Elter, P.; Marszałek, P.; Kralj-Iglič, V.; Müller, T.; Iglič, A.: **Spermidine-Induced Attraction of Like-Charged Surfaces Is Correlated with the pH-Dependent Spermidine Charge: Force Spectroscopy Characterization.** Langmuir 34 (2018) 2725-2733; DOI:10.1021/acs.langmuir.7b04199
43. Gonzalez, D.; Hopfeld, M.; Berger, F.; Schaaf, P.: **Investigation on Contact Resistance Behavior of Switching Contacts using a newly developed Model Switch.** IEEE Trans. Compon. Packag. Manuf. Technol. 8 (2018) 939-949; DOI: 10.1109/TCPMT.2018.2791839
44. Grabarczyk, P.; Winkler, P.; Delin, M.; Sappa, P.; Bekeschus, S.; Hildebrandt, P.; Przybylski, G.; Völker, U.; Hammer, E.; Schmidt, C.: **The N-Terminal CCHC Zinc Finger Motif Mediates Homodimerization of Transcription Factor BCL11B.** Mol. Cell. Biol. 38(5) (2018) e00368-17; DOI:10.1128/MCB.00368-17
45. Hahn, V.; Meister, M.; Hussy, S.; Cordes, A.; Enderle, G.; Saningong, A.; Schauer, F.: **Enhanced laccase-mediated transformation of diclofenac and flufenamic acid in the presence of bisphenol A and testing of an enzymatic membrane reactor.** AMB Expr. 8 (2018) 28; DOI:10.1186/s13568-018-0546-y
46. Handorf, O.; Weihe, T.; Bekeschus, S.; Graf, A. C.; Schnabel, U.; Riedel, K.; Ehlbeck, J.: **Nonthermal Plasma Jet Treatment Negatively Affects the Viability and Structure of Candida albicans SC5314 Biofilms.** Appl. Environ. Microbiol. 84 (2018) e01163-18; DOI:10.1128/AEM.01163-18
47. Hansen, L.; Schmidt-Bleker, A.; Bansemer, R.; Kersten, H.; Weltmann, K.-D.; Reuter, S.: **Influence of a liquid surface on the NO_x production of a cold atmospheric pressure plasma jet.** J. Phys. D: Appl. Phys. 51 (2018) 474002; DOI:10.1088/1361-6463/aad6f0
48. Hegemann, D.; Indutnyi, I.; Zajckov, L.; Makhneva, E.; Farka, Z.; Ushenin, Y.; Vandenbossche, M.: **Stable, nano-meter-thick oxygen-containing plasma polymer films suited for enhanced biosensing.** Plasma Process. Polym. 15 (2018) 1800090; DOI:10.1002/ppap.201800090
49. Hertel, M.; Schwill-Engelhardt, J.; Gerling, T.; Weltmann, K.-D.; Imiolczyk, S.; Hartwig, S.; Preissner, S.: **Antibacterial Efficacy of Plasma Jet, Dielectric Barrier Discharge, Chlorhexidine, and Silver Diamine Fluoride Varnishes in Caries Lesions.** Plasma Med. 8 (2018) 73-82; DOI:10.1615/PlasmaMed.2018024767
50. Hilker, L.; von Woedtke, T.; Masur, K.; Weltmann, K.-D.; Wollert, H.-G.: **Kaltplasma-Anwendungen bei Wundinfektionen mit Fremdkörperbeteiligung in der Herzchirurgie.** WUNDmanagement 12 (2018) 260-267
51. Höft, H.; Becker, M.; Kettlitz, M.: **Correlation of axial and radial breakdown dynamics in dielectric barrier discharges.** Plasma Sources Sci. Technol. 27 (2018) 03LT01; DOI:10.1088/1361-6595/aab39d
52. Höft, H.; Huiskamp, T.: **Direct comparison of pulsed spark discharges in air and water by synchronized electrical and optical diagnostics.** Eur. Phys. J. D 72 (2018) 217; DOI:10.1140/epjd/e2018-90505-0
53. Ignat, M.; Samoila, P.; Coromelci, C.; Sacarescu, L.; Asaftei, I.; Harabagiu, V.; Miron, C.: **Plasma generation in liquid as a new efficient synthesis approach of titania-zinc ferrite nano(photo)catalyst.** C. R. Chim. 21 (2018) 310-317; DOI:10.1016/j.crci.2017.05.006

54. Jablonowski, H.; Santos Sousa, J.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.; Reuter, S.: **Quantification of the ozone and singlet delta oxygen produced in gas and liquid phases by a nonthermal atmospheric plasma with relevance for medical treatment.** *Sci. Rep.* 8 (2018) 12195; DOI:10.1038/s41598-018-30483-w
55. Jablonowski, H.; Schmidt-Bleker, A.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Wende, K.: **Non-touching plasma-liquid interaction - where is aqueous nitric oxide generated?** *Phys. Chem. Chem. Phys.* 20 (2018) 25387-25398; DOI:10.1039/c8cp02412j
56. Jahanbakhsh, S.; Brüser, V.; Brandenburg, R.: **Single microdischarges in a barrier corona arrangement with an anodic metal pin: discharge characteristics in subsequent breakdowns.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 115011; DOI:10.1088/1361-6595/aaec5f
57. Kaushik, N. K.; Ghimire, B.; Li, Y.; Adhikari, M.; Veerana, M.; Kaushik, N.; Jha, N.; Adhikari, B.; Lee, S.-J.; Masur, K.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Choi, E. H.: **Biological and medical applications of plasma-activated media, water and solutions.** *Biol. Chem.* 400 (2018) 39-62; DOI:10.1515/hsz-2018-0226
58. Khakpour, A.; Methling, R.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.: **Vapor density and electron density determination during high-current anode phenomena in vacuum arcs.** *J. Appl. Phys.* 124 (2018) 243301; DOI:10.1063/1.5057753
59. Kindler, S.; Holtfreter, B.; Koppe, T.; Mksoud, M.; Lucas, C.; Seebauer, C.; Völzke, H.; Kocher, T.; Johnson, K.; Langner, S.; Albers, M.; Metelmann, H.-R.; Ittermann, T.: **Third molars and periodontal damage of second molars in the general population.** *J. Clin. Periodontol.* 45 (2018) 1365-1374; DOI:10.1111/jcpe.13008
60. Kondeti, S. K.; Phan, C. Q.; Wende, K.; Jablonowski, H.; Gangal, U.; Granick, J. L.; Hunter, R. C.; Bruggeman, P. J.: **Long-lived and short-lived reactive species produced by a cold atmospheric pressure plasma jet for the inactivation of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*.** *Free Radic. Biol. Med.* 124 (2018) 275-287; DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2018.05.083
61. Krüner, B.; Odenwald, C.; Quade, A.; Kickelbick, G.; Presser, V.: **Influence of Nitrogen-Doping for Carbide-Derived Carbons on the Supercapacitor Performance in an Organic Electrolyte and an Ionic Liquid.** *Batteries & Supercaps* 1 (2018) 135-148; DOI:10.1002/batt.201800051
62. Krüner, B.; Schreiber, A.; Tolosa, A.; Quade, A.; Badaczewski, F.; Pfaff, T.; Smarsly, B. M.; Presser, V.: **Nitrogen-containing novolac-derived carbon beads as electrode material for supercapacitors.** *Carbon* 132 (2018) 220-231; DOI:10.1016/j.carbon.2018.02.029
63. Lackmann, J.-W.; Wende, K.; Verlackt, C.; Golda, J.; Volzke, J.; Kogelheide, F.; Held, J.; Bekeschus, S.; Bogaerts, A.; Schulz-von der Gathen, V.; Stapelmann, K.: **Chemical fingerprints of cold physical plasmas an experimental and computational study using cysteine as tracer compound.** *Sci. Rep.* 8 (2018) 7736; DOI:10.1038/s41598-018-25937-0
64. Lang, N.; Macherius, U.; Zimmermann, H.; Glitsch, S.; Wiese, M.; Röpcke, J.; van Helden, J.-P.: **RES-Q-Trace: A Mobile CEAS-Based Demonstrator for Multi-Component Trace Gas Detection in the MIR.** *Sensors* 18 (2018) 58; DOI:10.3390/s18072058
65. Liedtke, K. R.; Diedrich, S.; Pati, O.; Freund, E.; Flieger, R.; Heidecke, C. D.; Partecke, L. I.; Bekeschus, S.: **Cold Physical Plasma Selectively Elicits Apoptosis in Murine Pancreatic Cancer Cells In Vitro and In Ovo.** *Anticancer Res.* 38 (2018) 5655-5663; DOI:10.21873/anticancer.12901
66. Liedtke, K. R.; Freund, R.; Hackbarth, C.; Heidecke, C.-D.; Partecke, L.-I.; Bekeschus, S.: **A myeloid and lymphoid infiltrate in murine pancreatic tumors exposed to plasma-treated medium.** *Clin. Plasma Med.* 11 (2018) 10-17; DOI:10.1016/j.cpme.2018.07.001
67. Loffhagen, D.; Becker, M. M.; Czerny, A. K.; Philipp, J.; Klages, C.-P.: **Impact of hexamethyldisiloxane admixtures on the discharge characteristics of a dielectric barrier discharge in argon for thin film deposition.** *Contrib. Plasma Phys.* 58 (2018) 337-352; DOI:10.1002/ctpp.201700060
68. Lucke, S.; Walschus, U.; Hoene, A.; Schnabelrauch, M.; Nebe, B.; Finke, B.; Schlosser, M.: **The in vivo inflammatory and foreign body giant cell response against different poly(L-lactide-co-D/L-lactide) implants is primarily determined by material morphology rather than surface chemistry.** *J. Biomed. Mater. Res. A* 106 (2018) 2726-2734; DOI:10.1002/jbm.a.36500
69. Makhneva, E.; Farka, Z.; Skldal, P.; Zajckov, L.: **Cyclopropylamine plasma polymer surfaces for label-free SPR and QCM immunosensing of Salmonella.** *Sens. Actuators B Chem.* 276 (2018) 447-455; DOI:10.1016/j.snb.2018.08.055

70. Malinova, I.; Mahto, H.; Brandt, F.; AL-Rawi, S.; Qasim, H.; Brust, H.; Hejazi, M.; Fettke, J.: **EARLY STARVATION1 specifically affects the phosphorylation action of starch-related dikinases**. *Plant J.* 95 (2018) 126-137; DOI:10.1111/tpj.13937
71. Malinova, I.; Qasim, H. M.; Brust, H.; Fettke, J.: **Parameters of Starch Granule Genesis in Chloroplasts of Arabidopsis thaliana**. *Front. Plant Sci.* 9 (2018) 761; DOI:10.3389/fpls.2018.00761
72. Mance, D.; Wiese, R.; Kewitz, T.; Kersten, H.: **Atmospheric pressure plasma jet for biomedical applications characterised by passive thermal probe**. *Eur. Phys. J. D* 72 (2018) 98; DOI:10.1140/epjd/e2018-80768-8
73. Masur, K.; Schmidt, J.; Stürmer, E.; von Woedtke, T.: **Kalte Plasmen zur Heilung chronischer Wunden**. *Wundmanagement* 12 (2018) 253-259
74. Metelmann, H.-R.; Seebauer, C.; Rutkowski, R.; Schuster, M.; Bekeschus, S.; Metelmann, P.: **Treating cancer with cold physical plasma: On the way to evidence-based medicine**. *Contrib. Plasma Phys.* 58 (2018) 415-419; DOI:10.1002/ctpp.201700085
75. Moerke, C.; Staehlke, S.; Rebl, H.; Finke, B.; Nebe, J. B.: **Restricted cell functions on micropillars are alleviated by surface-nanocoating with amino groups**. *J. Cell Sci.* 131 (2018) jcs207001; DOI:10.1242/jcs.207001
76. Müller, A.; Peglow, S.; Karnahl, M.; Kruth, A.; Junge, H.; Brüser, V.; Scheu, C.: **Morphology, Optical Properties and Photocatalytic Activity of Photo- and Plasma-Deposited Au and Au/Ag Core/Shell Nanoparticles on Titania Layers**. *Nanomaterials* 8 (2018) 502; DOI:10.3390/nano8070502
77. Mui, T.; Mota, R.; Quade, A.; de Oliveira Hein, L.; Kostov, K.: **Uniform surface modification of polyethylene terephthalate (PET) by atmospheric pressure plasma jet with a horn-like nozzle**. *Surf. Coat. Technol.* 352 (2018) 338-347; DOI:10.1016/j.surfcoat.2018.08.014
78. Murphy, A. B.; Uhrlandt, D.: **Foundations of High-Pressure Thermal Plasmas**. *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 063001; DOI:10.1088/1361-6595/aabdce
79. Nausch, M.; Achterberg, E. P.; Bach, L. T.; Brussaard, C. P.; Crawford, K. J.; Fabian, J.; Riebesell, U.; Stühr, A.; Unger, J.; Wannicke, N.: **Concentrations and Uptake of Dissolved Organic Phosphorus Compounds in the Baltic Sea**. *Front. Mar. Sci.* 5 (2018) 386; DOI:10.3389/fmars.2018.00386
80. Nemschokmichal, S.; Tschiersch, R.; Höft, H.; Wild, R.; Bogaczyk, M.; Becker, M.; Loffhagen, D.; Stollenwerk, L.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.; Meichsner, J.: **Impact of volume and surface processes on the pre-ionization of dielectric barrier discharges: advanced diagnostics and fluid modelling**. *Eur. Phys. J. D* 72 (2018) 89; DOI:10.1140/epjd/e2017-80369-1
81. Niquet, R.; Boehm, D.; Schnabel, U.; Cullen, P.; Bourke, P.; Ehlbeck, J.: **Characterising the impact of post-treatment storage on chemistry and antimicrobial properties of plasma treated water derived from microwave and DBD sources**. *Plasma Process. Polym.* 15 (2018) e1700127; DOI:10.1002/ppap.201700127
82. Pasqual-Melo, G.; Gandhirajan, R.; Stoffels, I.; Bekeschus, S.: **Targeting malignant melanoma with physical plasmas**. *Clin. Plasma Med.* 10 (2018) 1-8; DOI:10.1016/j.cpme.2018.03.001
83. Pei, X.; Kredl, J.; Lu, X.; Kolb, J.: **Discharge modes of atmospheric pressure DC plasma jets operated with air or nitrogen**. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51 (2018) 384001; DOI:10.1088/1361-6463/aad4e9
84. Pipa, A. V.; Sushentsev, D.; Hamann, S.; Dufloux, C.; Ionikh, Y. Z.; Hannemann, M.; Wiese, M.; Röpcke, J.; Wollweber, J.: **Design and optical study of a microwave plasma torch in nitrogen used for the evaporation of aluminium wires**. *Contrib. Plasma Phys.* 58 (2018) 353-366; DOI:10.1002/ctpp.201700112
85. Puth, A.; Hamann, S.; Kusn, L.; Burlacov, I.; Dalke, A.; Spies, H.-J.; Biermann, H.; Röpcke, J.: **Spectroscopic investigations of plasma nitrocarburizing processes using an active screen made of carbon in a model reactor**. *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 75017; DOI:10.1088/1361-6595/aad035
86. Rao, J.; Lei, Y.; Jiang, S.; Li, Z.; Kolb, J. F.: **All Solid-State Rectangular Sub-Microsecond Pulse Generator for Water Treatment Application**. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 46 (2018) 3359-3363; DOI:10.1109/TPS.2018.2829206
87. Reuter, S.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **The kIN-Pen - a review on physics and chemistry of the atmospheric pressure plasma jet and its applications**. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51 (2018) 233001; DOI:10.1088/1361-6463/aab3ad
88. Röpcke, J.; Loffhagen, D.; von Wahl, E.; Nave, A.; Hamann, S.; van Helden, J.-P.; Lang, N.; Kersten, H.: **On improved understanding of plasma-chemical processes in complex low-temperature plasmas**. *Eur. Phys. J. D* 72 (2018) 87; DOI:10.1140/epjd/e2017-80363-7

89. Sagwal, S. K.; Pasqual-Melo, G.; Bodnar, Y.; Gandhirajan, R. K.; Bekeschus, S.: **Combination of chemotherapy and physical plasma elicits melanoma cell death via upregulation of SLC22A16.** *Cell Death Dis.* 9 (2018) 1179; DOI:10.1038/s41419-018-1221-6
90. Sava, I.; Kruth, A.; Kolb, J. F.; Miron, C.: **Optical properties of polyimides films treated by nanosecond pulsed electrical discharges in water.** *Jpn. J. Appl. Phys.* 57 (2018) 0102BF; DOI:10.7567/JJAP.57.0102BF
91. Schäfer, J.; Sigeneger, F.; Foest, R.; Loffhagen, D.; Weltmann, K.-D.: **On a non-thermal atmospheric pressure plasma jet used for the deposition of silicon-organic films.** *Eur. Phys. J. D* 72 (2018) 90; DOI:10.1140/epjd/e2017-80364-6
92. Schäfer, J.; Sigeneger, F.; Šperka, J.; Rodenburg, C.; Foest, R.: **Searching for order in atmospheric pressure plasma jets.** *Plasma Phys. Control. Fusion* 60 (2018) 14038; DOI:10.1088/1361-6587/aa8f14
93. Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **Redox for Repair: Cold Physical Plasmas and Nrf2 Signaling Promoting Wound Healing.** *Antioxidants* 7 (2018) 146; DOI:10.3390/antiox7100146
94. Schmidt, M.; Timmermann, E.; Kettlitz, M.; Brandenburg, R.: **Combined Electric Wind and Non-Thermal Plasma for Gas Cleaning.** *Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol.* 11 (2018) 133-137
95. Schnabel, U.; Schmidt, C.; Stachowiak, J.; Bösel, A.; Andrasch, M.; Ehlbeck, J.: **Plasma processed air for biological decontamination of PET and fresh plant tissue.** *Plasma Process. Polym.* 15 (2018) 1600057; DOI:10.1002/ppap.201600057
96. Schuster, M.; Rutkowski, R.; Hauschild, A.; Shojaei, R. K.; von Woedtke, T.; Rana, A.; Bauer, G.; Metelmann, P.; Seebauer, C.: **Side effects in cold plasma treatment of advanced oral cancer Clinical data and biological interpretation.** *Clin. Plasma Med.* 10 (2018) 9-15; DOI:10.1016/j.cpm.2018.04.001
97. Seebauer, C.; Lucas, C.; Kindler, S.; Metelmann, H.-R.: **Wundmanagement Biologie und Störung der Wundheilung.** *MKG-Chirurg* 11 (2018) 277-287; DOI:10.1007/s12285-018-0172-3
98. Sievers, G.; Vidakovic-Koch, T.; Walter, C.; Steffen, F.; Jakubith, S.; Kruth, A.; Hermsdorf, D.; Sundmacher, K.; Brüser, V.: **Ultra-low loading Pt-sputtered gas diffusion electrodes for oxygen reduction reaction.** *J. Appl. Electrochem.* 48 (2018) 221-232; DOI:10.1007/s10800-018-1149-7
99. Staehlke, S.; Rebl, H.; Finke, B.; Mueller, P.; Gruening, M.; Nebe, B.: **Enhanced calcium ion mobilization in osteoblasts on amino group containing plasma polymer nanolayer.** *Cell Biosci.* 8 (2018) 22; DOI:10.1186/s13578-018-0220-8
100. Stamenković, S. N.; Marković, V. L.; Jovanović, A. P.; Stankov, M. N.: **Generalization of electron avalanche statistics based on negative binomial distribution - multielectron initiation and Gaussian approximation.** *J. Instrum.* 13 (2018) P12002; DOI:10.1088/1748-0221/13/12/P12002
101. Stancu, E. C.; Ionita, M. D.; Ionita, E. R.; Teodorescu, M.; Radu, M. T.; Dinescu, G.: **Processing of polyvinyl chloride surfaces with atmospheric pressure dielectric barrier discharges for urology applications.** *Romanian J. Phys.* 63 (2018) 705; http://www.nipne.ro/rjp/2018_63_9-10/RomJPhys.63.705.pdf
102. Steuer, A.; Wolff, C. M.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Kolb, J. F.: **Cell stimulation versus cell death induced by sequential treatments with pulsed electric fields and cold atmospheric pressure plasma.** *PLoS One* 13 (2018) e0204916; DOI:10.1371/journal.pone.0204916
103. Stranak, V.; Bogdanowicz, R.; Sezemsky, P.; Wulff, H.; Kruth, A.; Smietana, M.; Kratochvil, J.; Cada, M.; Hubicka, Z.: **Towards high quality ITO coatings: The impact of nitrogen admixture in HiPIMS discharges.** *Surf. Coat. Technol.* 335 (2018) 126-133; DOI:10.1016/j.surfcoat.2017.12.030
104. Sudhakaran, M.S.P.; Sultana, L.; Hossain, M.; Pawlat, J.; Diatczyk, J.; Brüser, V.; Reuter, S.; Mok, Y. S.: **Ironceria spinel (FeCe2O4) catalyst for dry reforming of propane to inhibit carbon formation.** *J. Ind. Eng. Chem.* 61 (2018) 142-151; DOI:10.1016/j.jiec.2017.12.011
105. Sun, A.; Becker, M. M.; Loffhagen, D.: **PIC/MCC simulation of capacitively coupled discharges in helium: boundary effects.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 27 (2018) 054002; DOI:10.1088/1361-6595/aac30a
106. Timmermann, E.; Prehn, F.; Schmidt, M.; Höft, H.; Brandenburg, R.; Kettlitz, M.: **Indoor air purification by dielectric barrier discharge combined with ionic wind: physical and microbiological investigations.** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51 (2018) 164003; DOI:10.1088/1361-6463/aab48b
107. Tolosa, A.; Fleischmann, S.; Grobelsek, I.; Quade, A.; Lim, E.; Presser, V.: **Binder-Free Hybrid TitaniumNiobium Oxide/Carbon Nanofiber Mats for Lithium-Ion Battery Electrodes.** *ChemSusChem* 11 (2018) 159-170; DOI:10.1002/cssc.201701927

108. Vandenbossche, M.; Dorst, J.; Amberg, M.; Schütz, U.; Rupper, P.; Heuberger, M.; Hegemann, D.: **Functionality and chemical stability of plasma polymer films exhibiting a vertical cross-linking gradient in their subsurface.** Polym. Degrad. Stab. 156 (2018) 259-268; DOI:10.1016/j.polydegradstab.2018.09.015

109. von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Metelmann, H.-R.; Bekeschus, S.; Emmert, S.; Lademann, J.; Viöl, W.: **Letters.** J. Wound Care 27 (2018) 892-893; DOI:10.12968/jowc.2018.27.12.892

110. Wannicke, N.; Benavides, M.; Dalsgaard, T.; Dippner, J. W.; Montoya, J. P.; Voss, M.: **New Perspectives on Nitrogen Fixation Measurements Using $^{15}\text{N}_2$ Gas.** Front. Mar. Sci. 5 (2018) 120; DOI:10.3389/fmars.2018.00120

111. Wannicke, N.; Frey, C.; Law, C. S.; Voss, M.: **The response of the marine nitrogen cycle to ocean acidification.** Glob. Change Biol. 24 (2018) 5031-5043; DOI:10.1111/gcb.14424

112. Winter, J.; Nishime, T. M. C.; Bansemer, R.; Balazinski, M.; Wende, K.; Weltmann, K.-D.: **Enhanced atmospheric pressure plasma jet setup for endoscopic applications.** J. Phys. D: Appl. Phys. 52 (2018) 24005; DOI:10.1088/1361-6463/aae817

113. Winter, J.; Nishime, Th.; Glitsch, S.; Lühder, H.; Weltmann, K.-D.: **On the development of a deployable cold plasma endoscope.** Contrib. Plasma Phys. 58 (2018) 404-414; DOI:10.1002/ctpp.201700127

114. Xaubet, M.; Baudler, J.-S.; Gerling, T.; Giuliani, L.; Minotti, F.; Grondona, D.; vonWoedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Design optimization of an air atmospheric pressure plasma-jet device intended for medical use.** Plasma Process. Polym. 15 (2018) 1700211; DOI:10.1002/ppap.201700211

115. Yusupov, M.; Lackmann, J.-W.; Razzokov, J.; Kumar, S.; Stapelmann, K.; Bogaerts, A.: **Impact of plasma oxidation on structural features of human epidermal growth factor.** Plasma Process. Polym. 15 (2018) 1800022; DOI:10.1002/ppap.201800022

116. Zhang, T.; Liao, Z.; Sandonas, L. M.; Dianat, A.; Liu, X.; Xiao, P.; Amin, I.; Gutierrez, R.; Chen, T.; Zschech, E.; Cuniberti, G.; Jordan, R.: **Polymerization driven monomer passage through monolayer chemical vapour deposition on graphene.** Nat. Commun. 9 (2018) 4051; DOI:10.1038/s41467-018-06599-y

117. Zhang, T.; Rodriguez, R. D.; Amin, I.; Gasiorowski, J.; Rahaman, M.; Sheng, W.; Kalbacova, J.; Sheremet, E.; Zahn, D.; Jordan, R.: **Bottom-up fabrication of graphene-based conductive polymer carpets for optoelectronics.** J. Mater. Chem. C 6 (2018) 4919-4927; DOI:10.1039/C8TC00554K

118. Zimmermann, S.; Haase, M.; Lang, N.; Röpcke, J.; Schulz, S. E.; Otto, T.: **The role of plasma analytics in leading-edge semiconductor technologies.** Contrib. Plasma Phys. 58 (2018) 367-376; DOI:10.1002/ctpp.201700086

ARTIKEL IN REFERIERTEN ZEITSCHRIFTEN 2019

1. Abrams, K. J.; Dapor, M.; Stehling, N.; Azzolini, M.; Kyle, S. J.; Schäfer, J.; Quade, A.; Mika, F.; Kratky, S.; Pokorna, Z.; Konvalina, I.; Mehta, D.; Black, K.; Rodenburg, C.: **Making Sense of Complex Carbon and Metal/Carbon Systems by Secondary Electron Hyperspectral Imaging.** Adv. Sci. 6 (2019) 1900719; DOI:10.1002/advs.201900719

2. Almuina-Villar, H.; Lang, N.; Anca-Couce, A.; Röpcke, J.; Behrendt, F.; Dieguez-Alonso, A.: **Application of laser-based diagnostics for characterization of the influence of inorganics on the slow pyrolysis of woody biomass.** J. Anal. Appl. Pyrolysis 140 (2019) 125-136; DOI:10.1016/j.jaap.2019.03.004

3. Baeva, M.; Loffhagen, D.; Becker, M. M.; Uhrlandt, D.: **Fluid Modelling of DC Argon Microplasmas: Effects of the Electron Transport Description.** Plasma Chem. Plasma Process. 39 (2019) 949-968; DOI:10.1007/s11090-019-09994-5

4. Baeva, M.; Loffhagen, D.; Uhrlandt, D.: **Unified Non-equilibrium Modelling of Tungsten-Inert Gas Microarcs in Atmospheric Pressure Argon.** Plasma Chem. Plasma Process. 39 (2019) 1359; DOI:10.1007/s11090-019-10020-x

5. Baeva, M.; Siewert, E.; Uhrlandt, D.: **Comparative Studies of Low-intensity Short-length Arcs.** Plasma Phys. Technol. 6 (2019) 56-59; DOI:10.14311/ppt.2019.1.56

6. Baeva, M.; Uhrlandt, D.: **Nonequilibrium simulation analysis of the power dissipation and the pressure produced by TIG welding arcs.** Weld. World 63 (2019) 377-387; DOI:10.1007/s40194-018-0663-x

7. Bansemer, R.; Schmidt-Bleker, A.; van Rienen, U.; Weltmann, K.-D.: **Monitoring of a dielectric barrier discharge-based process using the gas gap voltage.** Plasma Sources Sci. Technol. 28 (2019) 25002; DOI:10.1088/1361-6595/ab0034
8. Becerra, M.; Pettersson, J.; Franke, S.; Gortschakow, S.: **Temperature and pressure profiles of an ablation-controlled arc plasma in air.** J. Phys. D: Appl. Phys. 52 (2019) 434003; DOI:10.1088/1361-6463/ab34b6
9. Becker, M.; Quabius, S.; Kewitz, T.; Hansen, L.; Becker, G.; Kern, M.; Kersten, H.; Harder, S.: **In vitro proinflammatory gene expression changes in human whole blood after contact with plasma-treated implant surfaces.** J. Craniomaxillofac. Surg. 47 (2019) 1255-1261; DOI:10.1016/j.jcms.2019.05.004
10. Bekeschus, S.; Favia, P.; Robert, E.; von Woedtke, T.: **White paper on plasma for medicine and hygiene: Future in plasma health sciences.** Plasma Process. Polym. 16 (2019) 1800033; DOI:10.1002/ppap.201800033
11. Bekeschus, S.; Freund, E.; Spadola, C.; Privat-Maldonado, A.; Hackbarth, C.; Bogaerts, A.; Schmidt, A.; Wende, K.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Heidecke, C.-D.; Partecke, L.-I.; Käding, A.: **Risk Assessment of kINPen Plasma Treatment of Four Human Pancreatic Cancer Cell Lines with Respect to Metastasis.** Cancers 11 (2019) 1237; DOI:10.3390/cancers11091237
12. Bekeschus, S.; Lippert, M.; Diepold, K.; Chiosis, G.; Seufferlein, T.; Azoitei, N.: **Physical plasma-triggered ROS induces tumor cell death upon cleavage of HSP90 chaperone.** Sci. Rep. 9 (2019) 4112; DOI:10.1038/s41598-019-38580-0
13. Bekeschus, S.; Schütz, C. S.; Nießner, F.; Wende, K.; Weltmann, K.-D.; Gelbrich, N.; v. Woedtke, T.; Schmidt, A.; Stope, M. B.: **Elevated H2AX Phosphorylation Observed with kINPen Plasma Treatment Is Not Caused by ROS-Mediated DNA Damage but Is the Consequence of Apoptosis.** Oxid. Med. Cell. Longev. 2019 (2019) 8535163; DOI:10.1155/2019/8535163
14. Bekeschus, S.; Seebauer, C.; Wende, K.; Schmidt, A.: **Physical plasma and leukocytes immune or reactive?** Biol. Chem. 400 (2019) 63-75; DOI:10.1515/hsz-2018-0224
15. Bernhardt, T.; Semmler, M. L.; Schäfer, M.; Bekeschus, S.; Emmert, S.; Emmert, S.; Boeckmann, L.: **Plasma Medicine: Applications of Cold Atmospheric Pressure Plasma in Dermatology.** Oxid. Med. Cell. Longev. 2019 (2019) 3873928; DOI:10.1155/2019/3873928
16. Bonitz, M.; Filinov, A.; Abraham, J.-W.; Balzer, K.; Kähler, H.; Pehlke, E.; Bronold, F. X.; Pamperin, M.; Becker, M.; Löffhagen, D.; Fehske, H.: **Towards an integrated modeling of the plasma-solid interface.** Front. Chem. Sci. Eng. 13 (2019) 201-237; DOI:10.1007/s11705-019-1793-4
17. Borges, A. C.; Nishime, T. M. C.; de Moura Rovetta, S.; Lima, G.M.G.; Kostov, K. G.; Thim, G. P.; de Menezes, B. R. C.; Machado, J. P. B.; Koga-Ito, C. Y.: **Cold Atmospheric Pressure Plasma Jet Reduces Trichophyton rubrum Adherence and Infection Capacity.** Mycopathologia 184 (2019) 585-595; DOI:10.1007/s11046-019-00375-2
18. Brandenburg, R.; Bogaerts, A.; Bongers, W.; Fridman, A.; Fridman, G.; Locke, B. R.; Miller, V.; Reuter, S.; Schiorlin, M.; Verreycken, T.; Ostrikov, K.: **White paper on the future of plasma science in environment, for gas conversion and agriculture, # Plasma Process.** Polym. 16 (2019) 1700238; DOI:10.1002/ppap.201700238
19. Brandenburg, R.; Jahanbakhsh, S.; Schiorlin, M.; Schmidt, M.: **About the Development and Dynamics of Microdischarges in Toluene-Containing Air.** Plasma Chem. Plasma Process. 39 (2019) 667-682; DOI:10.1007/s11090-019-09971-y
20. Bruno, G.; Heusler, T.; Lackmann, J.-W.; v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.: **Cold physical plasma-induced oxidation of cysteine yields reactive sulfur species (RSS).** Clin. Plasma Med. 14 (2019) 100083; DOI:10.1016/j.cpme.2019.100083
21. Carrara, I. M.; Melo, G. P.; Bernardes, S. S.; Neto, F. S.; Ramalho, L. N. Z.; Marinello, P. C.; Luiz, R. C.; Cecchini, R.; Cecchini, A. L.: **Looking beyond the skin: Cutaneous and systemic oxidative stress in UVB-induced squamous cell carcinoma in hairless mice.** J. Photochem. Photobiol. B 195 (2019) 17-26; DOI:10.1016/j.jphotobiol.2019.04.007
22. Cirocka, A.; Zarzeczanska, D.; Wcislo, A.; Ryl, J.; Bogdanowicz, R.; Finke, B.; Ossowski, T.: **Tuning of the electrochemical properties of transparent fluorine-doped tin oxide electrodes by microwave pulsed-plasma polymerized allylamine.** Electrochim. Acta 313 (2019) 432-440; DOI:10.1016/j.electacta.2019.05.046
23. Cvelbar, U.; Walsh, J.; Cernk, M.; de Vries, H.; Reuter, S.; Belmonte, T.; Corbella, C.; Miron, C.; Hojnik, N.; Jurov, A.; Puliylalil, H.; Gorjanc, M.; Schäfer, J.; Polak, M.; Weltmann, K.-D. et al.: **White paper on the future of plasma science and technology in plastics and textiles.** Plasma Process. Polym. 16 (2019) 1700228; DOI:10.1002/ppap.201700228

24. Dalke, A.; Burlacov, I.; Hamann, S.; Puth, A.; Böcker, J.; Spies, H.-J.; Röpcke, J.; Biermann, H.: **Solid carbon active screen plasma nitrocarburizing of AISI 316L stainless steel: Influence of N₂-H₂ gas composition on structure and properties of expanded austenite.** Surf. Coat. Technol. 357 (2019) 1060-1068; DOI:10.1016/j.surf-coat.2018.10.095
25. Derevyankin, P.; Frolov, V.; Gonzalez, D.; Gortschakow, S.; Methling, R.; Uhrlandt, D.: **Analysis of erosion resistance of CuC arcing contacts manufactured by plasma spraying technology.** Plasma Phys. Technol. 6 (2019) 123-126; DOI:10.14311/ppt.2019.2.123
26. Esaifan, M.; Warr, L. N.; Grathoff, G.; Meyer, T.; Schafmeister, M.-T.; Kruth, A.; Testrich, H.: **Synthesis of Hydroxy-Sodalite/Cancrinite Zeolites from Calcite-Bearing Kaolin for the Removal of Heavy Metal Ions in Aqueous Media,** # Minerals 9 (2019) 484; DOI:10.3390/min9080484
27. Freund, E.; Liedtke, K. R.; Gebbe, R.; Heidecke, A. K.; Partecke, L.-I.; Bekeschus, S.: **In Vitro Anticancer Efficacy of Six Different Clinically Approved Types of Liquids Exposed to Physical Plasma.** IEEE Trans. Radiat. Plasma Med. Sci. 3 (2019) 588-596; DOI:10.1109/TRPMS.2019.2902015
28. Freund, E.; Liedtke, K. R.; van der Linde, J.; Metelmann, H.-R.; Heidecke, C.-D.; Partecke, L.-I.; Bekeschus, S.: **Physical plasma-treated saline promotes an immunogenic phenotype in CT26 colon cancer cells in vitro and in vivo.** Sci. Rep. 9 (2019) 634; DOI:10.1038/s41598-018-37169-3
29. Freund, E.; Moritz, J.; Stope, M.; Seebauer, C.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.: **Plasma-Derived Reactive Species Shape a Differentiation Profile in Human Monocytes.** Appl. Sci. 9 (2019) 2530; DOI:10.3390/app9122530
30. Ghimire, B.; Szili, E. J.; Lamichhane, P.; Short, R. D.; Lim, J. S.; Attri, P.; Masur, K.; Weltmann, K.-D.; Hong, S. H.; Choi, E. H.: **The role of UV photolysis and molecular transport in the generation of reactive species in a tissue model with a cold atmospheric pressure plasma jet.** Appl. Phys. Lett. 114 (2019) 93701; DOI:10.1063/1.5086522
31. Gonzalez, D.; Gortschakow, S.; Yu, S.; Werner, F.: **Investigation of the arc characteristics of switching dc arcs on hydrogen containing gas mixtures.** Plasma Phys. Technol. 6 (2019) 69-72; DOI:10.14311/ppt.2019.1.69
32. Gortschakow, S.; Gonzalez, D.; Yub, S.; Werner, F.: **3d analysis of low-voltage gas-filled dc switch using simplified arc model.** Plasma Phys. Technol. 6 (2019) 65-68; DOI:10.14311/ppt.2019.1.65
33. Gortschakow, S.; Kalanov, D.; Golubovski, Y.: **Influence of resonance radiation transport on chemical equilibrium in an argon arc.** ACS Appl. Mater. Interfaces 6 (2019) 119-122; DOI:10.14311/ppt.2019.2.119
34. Hahn, V.; Dikyol, C.; Altmann, B.; Schmidt, M.; Wende, K.; Ercan, U.K.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Plasma-mediated inactivation of Escherichia coli: Influence of protein on wet surface and in liquid medium.** Plasma Process. Polym. 16 (2019) 1800164; DOI:10.1002/ppap.201800164
35. Handorf, O.; Schnabel, U.; Bösel, A.; Weihe, T.; Bekeschus, S.; Graf, A.C.; Riedel, K.; Ehlbeck, J.: **Antimicrobial effects of microwave-induced plasma torch (MiniMIP) treatment on Candida albicans biofilms.** Microb Biotechnol. 12 (2019) 1034-1048; DOI:10.1111/1751-7915.13459
36. Harhausen, J.; Foest, R.; Stenzel, O.; Wilbrandt, S.; Franke, C.; Brinkmann, R. P.: **Concepts for in situ characterization and control of plasma ion assisted deposition processes.** Thin Solid Films 673 (2019) 94-103; DOI:10.1016/j.tsf.2019.01.038
37. Hasse, S.; Müller, M.-C.; Schallreuter, K. U.; von Woedtke, T.: **Stimulation of melanin synthesis in melanoma cells by cold plasma.** Biol. Chem. 400 (2019) 101-109; DOI:10.1515/hsz-2018-0223
38. Hasse, S.; Seebauer, C.; Wende, K.; Schmidt, A.; Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.; Bekeschus, S.: **Cold Argon Plasma as Adjuvant Tumour Therapy on Progressive Head and Neck Cancer: A Preclinical Study.** Appl. Sci. 9 (2019) 2061; DOI:10.3390/app9102061
39. Heusler, T.; Bruno, G.; Bekeschus, S.; Lackmann, J.-W.; v. Woedtke, T.; Wende, K.: **Can the effect of cold physical plasma-derived oxidants be transported via thiol group oxidation?.** Clin. Plasma Med. 14 (2019) 100086; DOI:10.1016/j.cpme.2019.100086
40. imek, M.; Cernk, M.; Kylin, O.; Foest, R.; Hegemann, D.; Martini, R.: **White paper on the future of plasma science for optics and glass.** Plasma Process. Polym. 16 (2019) 1700250; DOI:10.1002/ppap.201700250
41. Jablonowski, L.; Kocher, T.; Schindler, A.; Müller, K.; Dombrowski, F.; von Woedtke, T.; Arnold, T.; Lehmann, A.; Rupf, S.; Evert, M.; Evert, K.: **Side effects by oral application of atmospheric pressure plasma on the mucosa in mice.** PLoS One 14 (2019) e0215099; DOI:10.1371/journal.pone.0215099

42. Jahanbakhsh, S.; Hoder, T.; Brandenburg, R.: **Correlation between electric field, current and photon emission in subsequent barrier corona microdischarges**, # *ACS Appl. Mater. Interfaces* 126 (2019) 193305; DOI:10.1063/1.5124363
43. Jovanovic, A. P.; Stamenkovic, S. N.; Stankov, M. N.; Markovic, V. L.: **Monte Carlo simulation of electron avalanches and avalanche size distributions in methane**. *Contrib. Plasma Phys.* 59 (2019) 272-283; DOI:10.1002/ctpp.201800034
44. Kalanov, D.; Kozakov, R.; Siasko, A.; Bösel, A.; Golubovskii, Y.; Gortschakow, S.: **Spatially resolved LAAS/OES diagnostics of a free-burning Ar arc: measurements of excited atom densities**. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 75204; DOI:10.1088/1361-6463/aaf5c1
45. Khabipov, A.; Käding, A.; Liedtke, K. R.; Freund, E.; Pardecke, L. I.; Bekeschus, S.: **RAW 264.7 Macrophage Polarization by Pancreatic Cancer Cells - A Model for Studying Tumour-promoting Macrophages**. *Anticancer Res.* 39 (2019) 2871-2882; DOI:10.21873/anticancer.13416
46. Khakpour, A.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Methling, R.; Popov, S.; Schneider, A. V.; Uhrlandt, D.: **Investigation of Anode Plume in Vacuum Arcs using different Optical Diagnostic Methods**. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 47 (2019) 3488-3495; DOI:10.1109/TPS.2019.2904458
47. Khakpour, A.; Franke, S.; Methling, R.; Gortschakow, S.; Uhrlandt, D.; Imani, M. T.: **An Improved Arc Model for Vacuum Arc Regarding Anode Spot Modes**. *IEEE Trans. Dielectr. and Electr. Insul.* 26 (2019) 120-128; DOI:10.1109/TDEI.2018.007587
48. Khakpour, A.; Gortschakow, S.; Franke, S.; Methling, R.; Popov, S.; Uhrlandt, D.: **Determination of Cr density during high-current anode modes in vacuum arc**. *J. Appl. Phys.* 125 (2019) 133301; DOI:10.1063/1.5086543
49. Khalili, M.; Daniels, L.; Lin, A.; Krebs, F. C.; Snook, A. E.; Bekeschus, S.; Bowne, W. B.; Miller, V.: **Non-thermal plasma-induced immunogenic cell death in cancer**. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 423001; DOI:10.1088/1361-6463/ab31c1
50. Ki, S. H.; Masur, K.; Baik, K. Y.; Ha Choi, E.: **Effects of humidity on room disinfection by dielectric barrier discharge plasma**. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 425204; DOI:10.1088/1361-6463/ab3066
51. Krewing, M.; Jarzina, F.; Dirks, T.; Schubert, B.; Benedikt, J.; Lackmann, J.-W.; Bandow, J. E.: **Plasma-sensitive Escherichia coli mutants reveal plasma resistance mechanisms**. *J. R. Soc. Interface* 16 (2019) 20180846; DOI:10.1098/rsif.2018.0846
52. Krewing, M.; Stepanek, J. J.; Cremers, C.; Lackmann, J.-W.; Schubert, B.; Müller, A.; Awakowicz, P.; Leichert, L. I. O.; Jakob, U.; Bandow, J. E.: **The molecular chaperone Hsp33 is activated by atmospheric-pressure plasma protecting proteins from aggregation**. *J. R. Soc. Interface* 16 (2019) 20180966; DOI:10.1098/rsif.2018.0966
53. Kübel, J. M.; Botha, C.; Bucka, A.; Höpfner, J.; Zimmermann, H.; Godejohann, M.; Wilhelm, M.: **A New Quantum Cascade IR-Laser Online Detector: Chemical-Sensitive Size-Exclusion Chromatography Measurement at Unprecedented Low Levels**. *Macromol. Rapid Commun.* 40 (2019) 1900228; DOI:10.1002/marc.201900228
54. Lackmann, J.-W.; Bruno, G.; Jablonowski, H.; Kogelheide, F.; Offerhaus, B.; Held, J.; Schulz-von der Gathen, S.; Stapelmann, K.; v. Woedtke, T.; Wende, K.: **Nitrosylation vs. oxidation - How to modulate cold physical plasmas for biological applications**. *PLoS One* 14 (2019) e0216606; DOI:10.1371/journal.pone.0216606
55. Li, H.; Methling, R.; Franke, S.; Uhrlandt, D.; Gortschakow, S.; Marseille, T.; Kurrat, M.; Geng, Y.: **Spectroscopic Analysis of Anode Surface Thermal Emission With Single and Dual Vacuum Arc Columns**. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 47 (2019) 5204-5213; DOI:10.1109/TPS.2019.2940760
56. Lukowski, G.; Weihe, T.; Köhnlein, J.; Schlüter, R.; Schultze, N.; Quade, A.; Wendler, C.; Rackow, K.; Dittrich, A.; Werner, S.; Ehlbeck, J.; Weltmann, K.-D.: **Renewable nano-structured coatings on medical devices prevent the transmission of clinically relevant pathogens**. *Surf. Coat. Technol.* 366 (2019) 227-237; DOI:10.1016/j.surfcoat.2019.02.066
57. Markovic, V.Lj.; Stamenkovic, S.N.; Jovanovic, A.P.: **Electron avalanche statistics for multielectron initiation with homogeneous and inhomogeneous Poisson emission**. *JInst* 14 (2019) P06009; DOI:10.1088/1748-0221/14/06/P06009
58. Matthes, R.; Jablonowski, L.; Holtfreter, B.; Gerling, T.; von Woedtke, T.; Kocher, T.: **Fibroblast growth on zircon ceramic and titanium disks after application with cold atmospheric pressure plasma devices or with antiseptics**. *Int. J. Oral. Maxillofac. Implants* 34 (2019) 809-818; DOI:10.11607/jomi.7285

59. Mayerhöfer, T.; Pipa, A. V.; Popp, J.: **Beers Law - Why Integrated Absorbance Depends Linearly on Concentration**. *ChemPhysChem* 20 (2019) 2748-2753; DOI:10.1002/cphc.201900787
60. Methling, R.; Franke, S.; Götze, N.; Wetzeler, S.; Uhrlandt, D.: **Analysis of C2 swan bands in ablation-dominated arcs in CO2 atmosphere**. *Plasma Phys. Technol.* 6 (2019) 82-86; DOI:10.14311/ppt.2019.1.82
61. Methling, R.; Hempel, F.; Baeva, M.; Trautvetter, T.; Baierl, H.; Foest, R.: **On the Interaction of a Microwave Excited Oxygen Plasma with a Jet of Precursor Material for Deposition Applications**. *Plasma Phys. Technol.* 6 (2019) 243-246; DOI:10.14311/ppt.2019.3.243
62. Meyer, T.; Bae, H.; Hasse, S.; Winter, J.; von Woedtke, T.; Schmitt, M.; Weltmann, K.-D.; Popp, J.: **Multimodal Non-linear Microscopy for Therapy Monitoring of Cold Atmospheric Plasma Treatment**. *Micromachines* 10 (2019) 564; DOI:10.3390/mi10090564
63. Mohsni, C.; Baeva, M.; Franke, S.; Gortschakow, S.; Gonzalez, D.; Araoud, Z.; Charrada, K.: **Modelling and experimental investigations of dc electric arcs in argon and carbon dioxide**. *Plasma Phys. Technol.* 6 (2019) 51-55; DOI:10.14311/ppt.2019.1.51
64. Nave, A. S.; Pipa, A. V.; Davies, P. B.; Röpcke, J.; v. Hellden, J.-P. H.: **Determining a Line Strength in the nu-3 Band of the Silyl Radical Using Quantum Cascade Laser Absorption Spectroscopy**. *J. Phys. Chem. A* 123 (2019) 10030-10039; DOI:10.1021/acs.jpca.9b06351
65. Nebe, J. B.; Rebl, H.; Schlosser, M.; Staehle, S.; Gruening, M.; Weltmann, K.-D.; Walschus, U.; Finke, B.: **Plasma Polymerized Allylamine - The Unique Cell-Attractive Nanolayer for Dental Implant Materials**. *Polymers* 11 (2019) 1004; DOI:10.3390/polym11061004
66. Pettersson, J.; Becerra, M.; Franke, S.; Gortschakow, S.: **Spectroscopic and Photographic Evaluation of the Near-Surface Layer Produced by Arc-Induced Polymer Ablation**. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 47 (2019) 1851-1858; DOI:10.1109/TPS.2019.2898632
67. Pipa, A. V.; Brandenburg, R.: **The Equivalent Circuit Approach for the Electrical Diagnostics of Dielectric Barrier Discharges: The Classical Theory and Recent Developments**. *Atoms* 7 (2019) 14; DOI:10.3390/atoms7010014
68. Privat-Maldonado, A.; Schmidt, A.; Lin, A.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.; Bogaerts, A.; Bekeschus, S.: **ROS from Physical Plasmas: Redox Chemistry for Biomedical Therapy**. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2019 (2019) 9062098; DOI:10.1155/2019/9062098
69. Rataj, R.; Höft, H.; Kolb, J. F.: **Reillumination of sub-microsecond pulsed corona-like discharges in water**. *Plasma Sources Sci. Technol.* 28 (2019) 125002; DOI:10.1088/1361-6595/ab54e0
70. Rödder, K.; Moritz, J.; Miller, V.; Weltmann, K.-D.; Mettelmann, H.-R.; Gandhirajan, R.; Bekeschus, S.: **Activation of Murine Immune Cells upon Co-culture with Plasma-treated B16F10 Melanoma Cells**. *Appl. Sci.* 9 (2019) 660; DOI:10.3390/app9040660
71. Salazar, A.; Hunemörder, P.; Rabeah, J.; Quade, A.; Jagadeesh, R. V.; Mejia, E.: **Synergetic Bimetallic Oxidative Esterification of 5-Hydroxymethylfurfural under Mild Conditions**. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 7 (2019) 12061-12068; DOI:10.1021/acssuschemeng.9b00914
72. Sava, I.; Asandulesa, M.; Zocher, K.; Kruth, A.; Kolb, J. F.; Bodnar, W.; Witte, K.; Ishizakid, T.; Miron, C.: **Electrical and mechanical properties of polyimide films treated by plasma formed in water and isopropanol**. *React. Funct. Polym.* 134 (2019) 22-30; DOI:10.1016/j.reactfunctpolym.2018.11.005
73. Scharf, C.; Eymann, C.; Emicke, P.; Bernhardt, J.; Wilhelm, M.; Görries, F.; Winter, J.; von Woedtke, T.; Darm, K.; Daeschlein, G.; Steil, L.; Hosemann, W.; Beule, A.: **Improved Wound Healing of Airway Epithelial Cells Is Mediated by Cold Atmospheric Plasma: A Time Course-Related Proteome Analysis**. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2019 (2019) 7071536; DOI:10.1155/2019/7071536
74. Schmalhofer, M.-L.; Markus, M. R. P.; Gras, J. C.; Kopp, J.; Janowitz, D.; Grabe, H.-J.; Groß, S.; Ewert, R.; Gläser, S.; Albrecht, D.; Eiffler, I.; Völzke, H.; Friedrich, N.; Nauck, M.; Steveling, A.; Könnemann, S.; Wenzel, K.; Felix, S. B.; et al.: **Sex-Specific Associations of Brain-Derived Neurotrophic Factor and Cardiorespiratory Fitness in the General Population**. *Biomolecules* 9 (2019) 630; DOI:10.3390/biom9100630
75. Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Jarick, K.; Hasse, S.; von Woedtke, T.; Wende, K.: **Cold Physical Plasma Modulates p53 and Mitogen-Activated Protein Kinase Signaling in Keratinocytes**. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2019 (2019) 7017363; DOI:10.1155/2019/7017363

76. Schmidt, A.; von Woedtke, T.: **Highlight Issue: Plasma Medicine.** *Biol. Chem.* 400 (2019) 1-2; DOI:10.1515/hsz-2018-0410
77. Schmidt, A.; von Woedtke, T.; Vollmar, B.; Hasse, S.; Bekeschus, S.: **Nrf2 signaling and inflammation are key events in physical plasma-spurred wound healing.** *The-ranostics* 9 (2019) 1066-1084; DOI:10.7150/thno.29754
78. Schmidt, M.; Hahn, V.; Altrock, B.; Gerling, T.; Gerber, I. C.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Plasma-Activation of Larger Liquid Volumes by an Inductively-Limited Discharge for Antimicrobial Purposes.** *Appl. Sci.* 9 (2019) 2150; DOI:10.3390/app9102150
79. Schnabel, U.; Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Weit, C.; Weihe, T.; Schmidt, C.; Muranyi, P.; Schlüter, O.; Ehlbeck, J.: **Sanitation of fresh-cut endive lettuce by plasma processed tap water (PPtW) Up-scaling to industrial level.** *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 53 (2019) 45-55; DOI:10.1016/j.ifset.2017.11.014
80. Schnabel, U.; Handorf, O.; Yarova, K.; Zessin, B.; Zechlin, S.; Sydow, D.; Zellmer, E.; Stachowiak, J.; Andrasch, M.; Below, H.; Ehlbeck, J.: **Plasma-Treated Air and Water-Assessment of Synergistic Antimicrobial Effects for Sanitation of Food Processing Surfaces and Environment.** *Foods* 8 (2019) 55; DOI:10.3390/foods8020055
81. Seebauer, C.; Bekeschus, S.; Schuster, M.; Hauschild, M.; Metelmann, H.-R.: **Wundmanagement - moderne Wundauflagen und Wundbehandlung in der MKG-Chirurgie.** *MKG-Chirurg* 12 (2019) 41-54; DOI:10.1007/s12285-018-0183-0
82. Semenov, I. L.; Weltmann, K.-D.; Loffhagen, D.: **Modeling of the transport phenomena for an atmospheric-pressure plasma jet in contact with liquid.** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 315203; DOI:10.1088/1361-6463/ab208e
83. Shekhar, R.; Gortschakow, S.; Grosshans, H.; Gerlach, U.; Uhrlandt, D.: **Numerical investigation of transient, low-power metal vapour discharges occurring in near limit ignitions of flammable gas, #** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 45202; DOI:10.1088/1361-6463/aaed04
84. Sheng, W.; Amin, I.; Neumann, C.; Dong, R.; Zhang, T.; Wegener, E.; Chen, W.-L.; Förster, P.; Tran, H. Q.; Löffler, M.; Winter, A.; Rodriguez, R. D.; Zschech, E.; Ober, C. K.; Feng, X.; Turchanin, A.; Jordan, R.: **Polymer Brushes on Hexagonal Boron Nitride.** *Small* 15 (2019) 1805228; DOI:10.1002/smll.201805228
85. Shi, F.; Steuer, A.; Zhuang, J.; Kolb, J. F.: **Bioimpedance Analysis of Epithelial Monolayers After Exposure to Nanosecond Pulsed Electric Fields.** *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 66 (2019) 2010-2021; DOI:10.1109/TBME.2018.2882299
86. Shi, F.; Zhuang, J.; Kolb, J. F.: **Discrimination of Different Cell Monolayers before and after Exposure to Nanosecond Pulsed Electric Fields based on Cole-Cole and Multivariate Analysis.** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 495401; DOI:10.1088/1361-6463/ab40d7
87. Shim, H.; Lim, E.; Fleischmann, S.; Quade, A.; Tolosa, A.; Presser, V.: **Nanosized titanium niobium oxide/carbon electrodes for lithium-ion energy storage applications.** *Sust. Energy Fuels* 3 (2019) 1776-1789; DOI:10.1039/C9SE00166B
88. Sievers, G. W.; Anklam, K.; Henkel, R.; Hickmann, T.; Brüser, V.: **Corrosion-protection of moulded graphite conductive plastic bipolar plates in PEM electrolysis by plasma processing.** *Int. J. Hydrogen Energy* 44 (2019) 2435-2445; DOI:10.1016/j.ijhydene.2018.12.020
89. Sievers, G. W.; Bowen, J. R.; Brüser, V.; Arenz, M.: **Support-free nanostructured Pt-Cu electrocatalyst for the oxygen reduction reaction prepared by alternating magnetron sputtering.** *J. Power Sources* 413 (2019) 432-440; DOI:10.1016/j.jpowsour.2018.12.044
90. Sievers, G. W.; Jensen, A. W.; Brüser, V.; Arenz, M.; Escudero-escribano, M.: **Sputtered Platinum Thin-films for Oxygen Reduction in Gas Diffusion Electrodes: A Model System for Studies under Realistic Reaction Conditions.** *Surfaces* 2 (2019) 336-348; DOI:10.3390/surfaces2020025
91. Siewert, E.; Baeva, M.; Uhrlandt, D.: **The electric field and voltage of dc tungsten-inert gas arcs and their role in the bidirectional plasma-electrode interaction.** *J. Phys. D: Appl. Phys.* 52 (2019) 324006; DOI:10.1088/1361-6463/ab2325
92. Sigeneger, F.; Schäfer, J.; Foest, R.; Loffhagen, D.: **Phase-resolved modeling of a filamentary argon plasma in an RF plasma jet.** *Plasma Sources Sci. Technol.* 28 (2019) 55004; DOI:10.1088/1361-6595/ab1997
93. Stancu, E. C.; Quade, A.; Weltmann, K.-D.: **Polystyrene surface modification for serum-free cell culture using an atmospheric pressure dielectric barrier discharge Romanian.** *Rep. Phys.* 71 (2019) 409
94. Stancu, E. C.; Vizireanu, S.; Quade, A.; Stanciuc, A. M.; Moldovan, L.; Dinescu, G.: **Modification of Carbon Nanowalls Using Low Pressure Plasma to Enhance the Fibroblast Attachment Romanian** *J. Phys.* 64 (2019) 504

95. Striesow, J.; Lackmann, J.-W.; Ni, Z.; Wenske, S.; Weltmann, K.-D.; Fedorova, M.; v. Woedtke, T.; Wende, K.: **Oxidative modification of skin lipids by cold atmospheric plasma (CAP): A standardizable approach using RP-LC/MS2 and DI-ESI/MS2.** Chem. Phys. Lipids 223 (2019) 104786; DOI:10.1016/j.chemphyslip.2019.104786

96. Tarabov, B.; Luke, P.; Hammer, M. U.; Jablonowski, H.; von Woedtke, T.; Reuter, S.; Machalaa, Z.: **Fluorescence measurements of peroxyxynitrite/peroxyxynitrous acid in cold air plasma treated aqueous solutions.** Phys. Chem. Chem. Phys. 21 (2019) 8883-8896; DOI:10.1039/c9cp00871c

97. Teschner, T.; Bansemer, R.; Weltmann, K.-D.; Gerling, T.: **Investigation of Power Transmission of a Helium Plasma Jet to Different Dielectric Targets Considering Operating Modes.** Plasma 2 (2019) 348-359; DOI:10.3390/plasma2030027

98. von Woedtke, T.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Wende, K.; Weltmann, K.-D.: **Plasma Medicine: A Field of Applied Redox Biology.** In Vivo 33 (2019) 1011-1026; DOI:10.21873/invivo.11570

99. Weiss, M.; Barz, J.; Ackermann, M.; Utz, R.; Ghoul, A.; Weltmann, K.-D.; Stope, M.B.; Wallwiener, D.; Schenke-Layland, K.; Oehr, C.; Brucker, S.; Loskill, P.: **Dose-Dependent Tissue-Level Characterization of a Medical Atmospheric Pressure Argon Plasma Jet.** ACS Appl. Mater. Interfaces 11 (2019) 19841-19853; DOI:10.1021/acsami.9b04803

100. Weltmann, K.-D.; Kolb, J. F.; Holub, M.; Uhrlandt, D.; Imek, M.; Ostrikov, K.; Hamaguchi, S.; Cvelbar, U.; Cernk, M.; Locke, B.; Fridman, A.; Favia, P.; Becker, K.: **The future for plasma science and technology.** Plasma Process. Polym. 16 (2019) 1800118; DOI:10.1002/ppap.201800118

101. Wende, K.; v. Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Bekeschus, S.: **Chemistry and biochemistry of cold physical plasma derived reactive species in liquids.** Biol. Chem. 400 (2019) 19-38; DOI:10.1515/hsz-2018-0242

102. Wenzel, T.; Berrio, D. A. C.; Daum, R.; Reisenauer, C.; Weltmann, K.-D.; Wallwiener, D.; Brucker, S. Y.; Schenke-Layland, K.; Brauchle, E.-M.; Weiss, M.: **Molecular Effects and Tissue Penetration Depth of Physical Plasma in Human Mucosa Analyzed by Contact- and Marker-Independent Raman Microspectroscopy.** ACS Appl. Mater. Interfaces 11 (2019) 42885-42895; DOI:10.1021/acsami.9b13221

103. Wetegrove M.; Witte K.; Bodnar W.; Pfahl D.-E.; Springer A.; Schell N.; Westphal F.; Burkel E.: **Formation of maghemite nanostructures in polyol: tuning the particle size via the precursor stoichiometry.** CrystEng-

Comm 21 (2019) 1956-1966; DOI:10.1039/c8ce02115e

104. Zhang, G.; Goett, G.; Kozakov, R.; Uhrlandt, D.; Reisgen, U.; Willms, K.; Sharma, R.; Mann, S.; Lozano, P.: **Study of the arc voltage in gas metal arc welding.** J. Phys. D: Appl. Phys. 52 (2019) 85202; DOI:10.1088/1361-6463/aaf588

105. Zhang, G.; Goett, G.; Kozakov, R.; Uhrlandt, D.; Reisgen, U.; Willms, K.; Sharma, R.; Mann, S.; Lozano, P.: **Study of the wire resistance in gas metal arc welding.** J. Phys. D: Appl. Phys. 52 (2019) 85201; DOI:10.1088/1361-6463/aaf5bb

106. Zocher, K.; Lackmann, J.-W.; Volzke, J.; Steil, L.; Lalk, M.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.; Kolb, J.: **Profiling microalgal protein extraction by microwave burst heating in comparison to spark plasma exposures.** Algal Res. 39 (2019) 101416; DOI:10.1016/j.algal.2019.101416

EINGELADENE VORTRÄGE 2018

1. Gortschakow, S.; Franke, St.; Gött, G.; Kozakov, R.; Khakpour, A.; Methling, R.; Uhrlandt, D.: **Advanced optical diagnostics for characterisation of switching and welding arcs, ISPlasma, Nagoya/Japan 2018**

2. Pipa, A., Brandenburg, R.: **An equivalent circuit approach for the electrical diagnostics of dielectric barrier discharges, 29th Inter. Symp. on the Physics of Ionized Gases, Belgrade/Serbia 2018**

3. Brüser, V.; Peglow, S.; von Woedtke, T.: **Applications of Plasma Technology for Nano Structured Material Synthesis and Medical Engineering, Sakharov Readings 2018: Environmental Problems of the XXI Century, Minsk/Belarus 2018**

4. Uhrlandt, D.; Zhang, G.; Gött, G.; Baeva, M.; Gorschakow, S.: **Arc electrode interaction in thermal plasma application, 15th International High Tech Plasma Processes Conference, Toulouse/France 2018**

5. Hasse, S.; Seebauer, C.; Masur, K.; Segebarth, M.; Bekeschus, S.; von Woedtke, T.; Metelmann, H.-R.: **Cold atmospheric plasma for the treatment of intraoral (precancerous) lesions - in vitro and in vivo investigations, 8th International Symposium on Plasma Biosciences, Seoul/Korea 2018**

6. Seebauer, C.; Hasse, S.; Segebarth, M.; Bekeschus, S.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Schuster, M.; Rutkowski, R.; Metelmann, H.-R.: **Cold Atmospheric Plasma for the treatment of oral lichen planus as intraoral precancerous lesion**, 5th International Workshop on Plasma for Cancer Treatment, Greifswald/Deutschland 2018
7. Uhrlandt, D.: **Current Interruption Principles**, ICGS Winter School, Chennai/India 2018
8. Weltmann, K.-D.: **Development of plasma sources for medical applications**, ISPlasma, Nagoya/Japan 2018
9. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Gerling, T.: **Development of plasma sources for Plasma Medicine, clinical results and future applications**, 5th International Workshop Plasma Science and Interfaces, St. Gallen/Schweiz 2018
10. Brandenburg, R.; Jahanbakhsh, S.; Kettlitz, M.; Höft, H.; Schmidt, M.; Schiorlin, M.: **Dielectric Barrier Discharges as Tools for Air Cleaning**, 11th Intern. Symp. on Non-Thermal/Thermal Plasma Pollution Control Technology Sustainable Energy, Montegrotto Terme/Italy 2018
11. Masur, K.; Urubschurov, V.; Shome, D.; von Woedtke, T.; Metelmann, H.-R.; Motz, W.; Weltmann, K.-D.: **Influence of Cold Atmospheric Pressure Plasma on Wound Healing**, 8th International Symposium on Plasma Biosciences, Seoul/Korea 2018
12. Lang, N.; Puth, A. D. F.; Klose, S.-J.; Kowzan, G.; Hamman, S.; Röpcke, J.; Maslowski, P.; van Helden, J. H.: **Mid-infrared frequency comb spectroscopy for plasma-surface interaction studies**, Gordon Research Conference Plasma Processing Science, Smithfield/USA 2018
13. Kolb, J. F.; Brust, H.; Wannicke, N.; Ehlbeck, J.; Schnabel, U.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K. D.: **Non-thermal Plasmas for Post-harvest Preservation of Fruits and Vegetables and Pre-sowing Preparation of Seeds**, 2nd International Workshop on Plasma Agriculture, Takayama/Japan
14. Kolb, J.F.; Brust, H.; Wannicke, N.; Nishime, T.; Zocher, K.; Ehlbeck, J.; Schnabel, U.; von Woedtke, Th., Weltmann, K. D.: **Non-thermal Plasmas for Pre- and Post-harvest Processing of Seeds and Crops**, 15th International Bio-electrics Symposium, Prague/Czech Republic 2018
15. Schmidt, A.; von Woedtke, T.; Vollmar, B.; Hasse, S.; Bekeschus, S.: **Nrf2 signaling and inflammation are key events in physical plasma-spurred wound healing**, 8th International Symposium on Plasma Biosciences, Seoul/Korea 2018
16. Fricke, K.: **Oberflächengestaltung von Implantaten mittels Plasmatechnologie**, MedTech Summit, Nürnberg/Germany 2018
17. Klose, S.-J.; Gianella, M.; Reuter, S.; Press, S.; Aguila, A. L.; Manfred, K.; Schmidt-Bleker, A.; Ritchie, G. A. D.; van Helden, J. H.: **On the chemical kinetics of HO₂ in a cold atmospheric plasma jet**, 8th IPS, Oxford/UK 2018
18. Weltmann, K.-D.; Methling, R.; Götze, N.; Wetzeler, S.; Uhrlandt, D.: **Optical Emission Spectroscopy of Ablation-Dominated Arcs during High-Current Phase and around Current Zero**, 22nd Int. Conf. on Gas Discharges and their Applications, Novi Sad/Serbia 2018
19. Weltmann, K.-D.; Brust, H.; Ehlbeck, J.; Reuter, S.; Schnabel, U.; von Woedtke, T.; Wannicke, N.; Kolb, J. F.: **Overview of plasma applications in agriculture in Germany and the EU**, 2nd International Workshop on Plasma Agriculture, Takayama/Japan
20. Sigeneger, F.; Schäfer, J.; Foest, R.; Loffhagen, D.: **Phase-resolved modelling of a non-thermal atmospheric pressure RF plasma jet**, 24th ESCAMPIG, Glasgow/UK 2018
21. Weltmann, K.-D.; Brust, H.; Reuter, S.; von Woedtke, T.; Wannicke, N.; Kolb, J. F.: **Plasma applications in agriculture the next new field of research**, 7th International Conference on Plasma Medicine, Philadelphia/USA 2018
22. von Woedtke, T.; Metelmann, H.-R.; Weltmann, K.-D.: **Plasma in cosmetic applications: possibilities and boundary conditions**, 8th International Symposium on Plasma Biosciences, Seoul/Korea 2018
23. von Woedtke, T.: **Plasma medicine: innovative physics for medical applications**, 8th International Conference on Oxidative Stress in Skin Biology and Medicine, Andros/Greece 2018
24. Weltmann, K.-D.: **Plasma medicine: State research, development, devices, therapy and perspectives**, Satellite Workshop of ISPlasma, Nagoya/Japan 2018
25. Uhrlandt, D.; Kolb, J.: **Plasma processes for water cleaning**, ICGS Winter School, Chennai/India 2018
26. Kolb, J.F.; Schnabel, U.; Ehlbeck, J.; Brust, H.; Wannicke, N.; Weltmann, K. D.: **Plasmas for Agriculture: Pre-Harvest Preparation and Post-Harvest Preservation**, 45th ICOPS, Denver/USA 2018

27. Lang, N.; Puth, A. D. F.; Kowzan, G.; Hamman, S.; Röpcke, J.; Maslowski, P.; van Helden, J. H.: **Plasma-surface interaction studies: Development and application of advanced laser-based diagnostics**, 45th European Physical Society Conference on Plasma Physics, Prague/Czech Republic 2018

28. Kolb, J. F.; Ehlbeck, J.; Zocher, K.; Schnabel, U.; Andrasch, M.; Brust, H.; Wannicke, N.; von Woedtke, Th.; Weltmann, K. D.: **Post-harvest processing of crops by plasma and pulsed electric fields**, ISPlasma, Nagoya/Japan 2018

29. Harhausen, J.: **Prospects for the enhancement of PIAD processes by monitoring of optical thickness and plasma parameters**, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Erlangen/Deutschland 2018

30. Kolb, J. F.; Kredl, J.; Schulz, T.; Ratay, R.; Hahn, V.; Schmidt, M.; Weltmann, K. D.: **Pulsed Discharges in and close to Water for Degradation of Microbiological and Chemical Contaminants**, 45th ICOPS, Denver/USA 2018

31. Weltmann, K.-D.; Gerling, T.; Hahn, V.; Masur, K.; Metelmann, H.-R.; von Woedtke, T.: **Research and development of plasma sources for applications in life science**, 8th International Symposium on Plasma Biosciences, Seoul/Korea 2018

32. Weltmann, K.-D.: **Standards of Non-thermal Bio-compatible Plasma (NBP) sources and its applications in Plasma Medicine**, 8th International Symposium on Plasma Biosciences, Seoul/Korea 2018

33. Weltmann, K.-D.: **Views and Visions of Plasma Medicine in Cancer Treatment**, 5th International Workshop on Plasma for Cancer Treatment, Greifswald/Deutschland 2018

34. Wende, K.: **When chemistry meets biology plasmas in medicine**, 7th International Conference on Plasma Medicine, Philadelphia/USA 2018

EINGELADENE VORTRÄGE 2019

1. Nishime, T.; Wannicke, N.; Mui, T.; Horn, S.; Weltmann, K.-D.; Brust, H.: **A medium scale atmospheric pressure plasma source for pre-harvest treatments**, 40th Brazilian Congress of Vacuum Applications in Industry and Science (CBrAVIC), Sao Paulo/Brazil 2019

2. Freund, E.; Liedtke, K.R.; Partecke, L.I.; Bekeschus, S.: **Analysing six clinically approved liquids exposed to physical plasma as therapeutic option in the treatment of peritoneal carcinomatosis**, 11. Symposium der Deutschen Gesellschaft für Urologie, Tübingen/Deutschland 2019

3. Brandenburg, R.; Kettlitz, M.; Höft, H.; Becker, M.M.: **Breakdown and plasma formation in reactive nonthermal plasmas at atmospheric pressure**, 34th ICPIG, Sapporo/Japan 2019

4. von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **CAP sources - a variety of possible fields for application (Plenarvortrag)**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019

5. Kolb, J. F.; Steuer, A.; Wolff, C. M.; Shi, F.; Schmidt, A.; Wende, K.; Wei, W.; Bekeschus, S.; Villardell-Scholten, L.; Gerling, T.; von Woedtke, T.: **Collective manipulation of cells in monolayers by pulsed electric fields and non-thermal plasma**, WCElectroporation, Toulouse, 2019, 3rd World Congress on Electroporation, Toulouse/France 2019

6. Höft, H.: **Controlling breakdown regimes in pulsed, single-filament dielectric barrier discharges**, 22nd Symposium on Application of Plasma Processes, Strbske Pleso/Slowakia 2019

7. Brüser, V.; Brandenburg, R.; Schiorlin, M.: **Conversion of CO₂ and hydrocarbons to value-added chemicals using plasma-assisted catalysis**, Hanse Chemistry Symposium 2019, Rostock/Deutschland 2019

8. Lang, N.; Puth, A. D. F.; Klose, S.-J.; Kowzan, G.; Hamann, S.; Röpcke, J.; Maslowski, P.; van Helden, J. H.: **Demonstration of mid-infrared direct frequency comb spectroscopy for analyzing plasma processes**, 19th LAPD, Whitefish/USA 2019

9. Gortschakow, S.: **Diagnostics of hot anode surface by optical methods**, 8th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs, Padova/Italy 2019

10. Brust, H.; Wannicke, N.; Nishime, T.; Mui, T.; Quade, A.; Horn, S.; Kolb, J.F.; Weltmann, K.-D.: **Effects of Atmospheric Pressure Plasma on Plant Seed Germination and Seed Surface Properties A Volume DBD for Medium-Scale Treatments of Wheat, Barley and Sunflower Seeds**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
11. Wende, K.; Lackmann, J.-W.; Bekeschus, S.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **From numbers to decisions - data processing in omics-driven approaches**, 2nd Int. Conf. on Data Driven Plasma Science, Paris/France 2019
12. Hasse, S.; **Impact of cold plasma derived reactive species on melanin synthesizing cells**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
13. Hasse, S.; Seebauer, C.; Bekeschus, S.; Segebarth, M.; von Woedtke, T.; Metlemann, H.-R.: **Improvement of precancerous lesions in the oral cavity by cold application**, 6th Int. Workshop on Plasma for Cancer Treatment, Antwerpen/Belgium 2019
14. Hink, R.: **Influence of dielectric thickness and structure on the ion wind generation by micro fabricated plasma actuators**, 40th Brazilian Congress of Vacuum Applications in Industry and Science (CBrAVIC), Sao Paulo/Brazil 2019
15. Röpcke, J.: **Infrarot-Absorptionsspektroskopie an Plasmen für industrielle Anwendungen, EFDS-WS Diagnostik von Prozessplasmen**, Dresden/Germany 2019
16. Masur, K.; Metelmann, H.R.; Motz, W.; Kerner, W.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Kaltes Plasma in der Wundheilung: Neue Ansätze zur Optimierung der Behandlung**, Deutscher Wundkongress, Bremen/Deutschland 2019
17. Schmidt, M.: **Liquid Treatment by Plasma Technologies, GPNE, Warschau, 2019, German-Polish Networks for the Environment - Innovative Projects for the Future**, Warsaw/Poland 2019
18. Masur, K.; Shome, D.; von Woedtke, T.: **New clinical approaches in Plasma Wound Healing**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
19. Uhrlandt, D.; Baeva, M.; Zhang, G.; Gött, G.; Gortschakow, S.; Siewert, E.: **Numerical and experimental approaches to high-pressure arcs with non-equilibrium consideration**, 34th ICPIG, Sapporo/Japan 2019
20. Röpcke, J.; Hannemann, M.; Lang, N.; Klose, S.-J.; Puth, A.; van Helden, J. H.: **On Recent Progress using Infrared Absorption Techniques for Diagnostic and Control of Process Plasmas**, 7th Intern. Conf. on Advanced Plasma Technologies (ICAPT-7), Hue/Vietnam 2019
21. Wannicke, N.; Brust, H.; Nishime, T.; Horn, S.; Timm, M.; Wagner, R.; Bousselmi, S.; Balazinski, M.; Kolb, J.F.; Weltmann, K.-D.: **Plasma application in agriculture, German-Polish Networks for the Environment - Innovative Projects for the Future**, Warsaw/Poland 2019
22. Fricke, K.: **Plasma-based surface modification for life-science applications**, DPG Frühjahrstagung Materie und Kosmos, München/Deutschland 2019
23. von Woedtke, T.: **Plasma Medicine. Innovative Physics for Medical Application (Plenarvortrag)**, 40th Brazilian Congress of Vacuum Applications in Industry and Science (CBrAVIC), Sao Paulo/Brazil 2019
24. von Woedtke, T.: **Plasma medicine: Innovative physics for medical applications (Plenarvortrag)**, 19th International Scientific Conference "Sakharov Readings", Minsk/Belarus 2019
25. Masur, K.; Emmert, S.; Motz, W.; Kerner, W.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Plasmamedizin vom Labor in die Klinik: Neue Ansätze für eine optimierte Plasmabehandlung chronischer Wunden**, 2. Nürnberger Wundkongress, Nürnberg/Deutschland 2019
26. Weltmann, K.-D.; Masur, K.: **Plasma Standardization on CAP Sources; tutorial**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
27. Wende, K.; Wenske, S.; Striesow, J.; Ravandeh, M.; Lackmann, J.-W.; Bekeschus, S.; Lalk, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Proteins and Lipids as Targets of Plasma Liquid Chemistry**, 12th Asian-European Int. Conf. on Plasma Surface Engineering, Jeju/South Korea 2019
28. Steuer, A.; Shi, F.; Wolff, C. M.; Kolb, J. F.: **Pulsed electric fields for the manipulation of cancer cell**, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, München/Deutschland 2019
29. van Helden, J. H.: **Quantum cascade laser and enhanced absorption schemes**, Int. School on Low Temperature Plasma Physics, Bad Honnef/Germany 2019
30. Rataj, R.; Höft, H.; Kolb, J.F.: **Reillumination of Expiring Corona-like Pulsed Discharges in Water**, IEEE Pulsed Power and Plasma Science Conference, Orlando/USA 2019
31. Winter, J.: **Research for a deployable plasma endoscope**, 19. Fachtagung für Plasmatechnologie, Cottbus/Germany 2019

32. Franke, St.; Paulet, I. L.; Schäfer, J; Becker, M. M.: **Reuse of research data for plasma processes and applications with Plasma-MDS and INPTDAT**, 2nd Int. Conf. on Data Driven Plasma Science, Paris/France 2019

33. Wende, K.; Bruno, G.; Wenske, S.; Striesow, J.; Beke-schus, S.; Lackmann, J.-W.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Small molecule analytics to elucidate plasma liquid biochemistry?**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019

34. Zocher, K.; Rataj, R.; Steuer, A.; Kolb, J.F. **Spark discharges as tool for the extraction of microalgal compounds**, DPG Frühjahrstagung Materie und Kosmos, München/Deutschland 2019

35. Zocher, K.; Rataj, R.; Steuer, A.; Kolb, J. F.: **Spark discharges as tool for the extraction of microalgal compounds**, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, München/Deutschland 2019

36. Ehlbeck, J.: **Technologien und Konzepte zur Maßstabsübertragung von Plasmaanwendungen**, GDL-Symposium Minimal Processing in der Nacherntekette pflanzlicher Produkte, Potsdam/Deutschland 2019

37. Brandenburg, R.; Jahanbakhsh, S.: **Time-correlated single photon counting on transient plasmas at atmospheric pressure**, FLTPD XIII, Bad Honnef/Deutschland 2019

38. von Woedtke, T. **Translation from plasma medicine achievements to cosmetics**, International Meeting on Plasma Cosmetic Science, Orleans/France 2019

39. Brandenburg, R.: **Tutorial: Atmospheric Pressure Plasmas**, DPG Frühjahrstagung Kondensierte Materie, Regensburg/Deutschland 2019

40. Schmidt-Bleker, A.: **UV spectroscopy on plasma treated liquids**, 19. Fachtagung für Plasmatechnologie, Cottbus/Germany 2019

41. von Woedtke, T.: **Worauf beruht die wissenschaftliche Evidenz der plasmaunterstützten Wundheilung?**, Deutscher Wundkongress, Bremen/Deutschland 2019

42. von Woedtke, T.; Metelmann, H.-R.; Emmert, S.; Weltmann, K.-D.: **Wound treatment by cold atmospheric plasma: what evidence do we have?**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019

43. Gött, G.; Uhrlandt, D.: **Zur Untersuchung von Schweißlichtbögen und ihres Potentials für die Prozesskontrolle**, 19. Fachtagung für Plasmatechnologie, Cottbus/Germany 2019

VORTRÄGE 2019

1. Nishime, T.; Wannicke, N.; Mui, T.; Horn, S.; Weltmann, K.-D.; Brust, H.: **A medium scale atmospheric pressure plasma source for pre-harvest treatments**, 40th Brazilian Congress of Vacuum Applications in Industry and Science (CBRAVIC), Sao Paulo/Brazil 2019

2. Freund, E.; Liedtke, K.R.; Partecke, L.I.; Bekeschus, S.: **Analysing six clinically approved liquids exposed to physical plasma as therapeutic option in the treatment of peritoneal carcinomatosis**, 11. Symposium der Deutschen Gesellschaft für Urologie, Tübingen/Deutschland 2019

3. Brandenburg, R.; Kettlitz, M.; Höft, H.; Becker, M.M.: **Breakdown and plasma formation in reactive nonthermal plasmas at atmospheric pressure**, 34th ICPIG, Sapporo/Japan 2019

4. von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **CAP sources - a variety of possible fields for application (Plenarvortrag)**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019

5. Kolb, J. F.; Steuer, A.; Wolff, C. M.; Shi, F.; Schmidt, A.; Wende, K.; Wei, W.; Bekeschus, S.; Villardell-Scholten, L.; Gerling, T.; von Woedtke, T.: **Collective manipulation of cells in monolayers by pulsed electric fields and non-thermal plasma**, WCElectroporation, Toulouse, 2019, 3rd World Congress on Electroporation, Toulouse/France 2019

6. Höft, H.: **Controlling breakdown regimes in pulsed, single-filament dielectric barrier discharges**, 22nd Symposium on Application of Plasma Processes, Strbske Pleso/Slowakia 2019

7. Brüser, V.; Brandenburg, R.; Schiorlin, M.: **Conversion of CO₂ and hydrocarbons to value-added chemicals using plasma-assisted catalysis**, Hanse Chemistry Symposium 2019, Rostock/Deutschland 2019

8. Lang, N.; Puth, A. D. F.; Klose, S.-J.; Kowzan, G.; Hamann, S.; Röpcke, J.; Maslowski, P.; van Helden, J. H.: **Demonstration of mid-infrared direct frequency comb spectroscopy for analyzing plasma processes**, 19th LAPD, Whitefish/USA 2019

9. Gortschakow, S.: **Diagnostics of hot anode surface by optical methods**, 8th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs, Padova/Italy 2019

10. Brust, H.; Wannicke, N.; Nishime, T.; Mui, T.; Quade, A.; Horn, S.; Kolb, J.F.; Weltmann, K.-D.: **Effects of Atmospheric Pressure Plasma on Plant Seed Germination and Seed Surface Properties A Volume DBD for Medium-Scale Treatments of Wheat, Barley and Sunflower Seeds**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
11. Wende, K.; Lackmann, J.-W.; Bekeschus, S.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **From numbers to decisions - data processing in omics-driven approaches**, 2nd Int. Conf. on Data Driven Plasma Science, Paris/France 2019
12. Hasse, S.; **Impact of cold plasma derived reactive species on melanin synthesizing cells**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
13. Hasse, S.; Seebauer, C.; Bekeschus, S.; Segebarth, M.; von Woedtke, T.; Metlemann, H.-R.: **Improvement of precancerous lesions in the oral cavity by cold application**, 6th Int. Workshop on Plasma for Cancer Treatment, Antwerpen/Belgium 2019
14. Hink, R.: **Influence of dielectric thickness and structure on the ion wind generation by micro fabricated plasma actuators**, 40th Brazilian Congress of Vacuum Applications in Industry and Science (CBrAVIC), Sao Paulo/Brazil 2019
15. Röpcke, J.: **Infrarot-Absorptionsspektroskopie an Plasmen für industrielle Anwendungen, EFDS-WS Diagnostik von Prozessplasmen**, Dresden/Germany 2019
16. Masur, K.; Metelmann, H.R.; Motz, W.; Kerner, W.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Kaltes Plasma in der Wundheilung: Neue Ansätze zur Optimierung der Behandlung**, Deutscher Wundkongress, Bremen/Deutschland 2019
17. Schmidt, M.: **Liquid Treatment by Plasma Technologies, GPNE, Warschau, 2019, German-Polish Networks for the Environment - Innovative Projects for the Future**, Warsaw/Poland 2019
18. Masur, K.; Shome, D.; von Woedtke, T.: **New clinical approaches in Plasma Wound Healing**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
19. Uhrlandt, D.; Baeva, M.; Zhang, G.; Gött, G.; Gortschakow, S.; Siewert, E.: **Numerical and experimental approaches to high-pressure arcs with non-equilibrium consideration**, 34th ICPIG, Sapporo/Japan 2019
20. Röpcke, J.; Hannemann, M.; Lang, N.; Klose, S.-J.; Puth, A.; van Helden, J. H.: **On Recent Progress using Infrared Absorption Techniques for Diagnostic and Control of Process Plasmas**, 7th Intern. Conf. on Advanced Plasma Technologies (ICAPT-7), Hue/Vietnam 2019
21. Wannicke, N.; Brust, H.; Nishime, T.; Horn, S.; Timm, M.; Wagner, R.; Bousselmi, S.; Balazinski, M.; Kolb, J.F.; Weltmann, K.-D.: **Plasma application in agriculture, German-Polish Networks for the Environment - Innovative Projects for the Future**, Warsaw/Poland 2019
22. Fricke, K.: **Plasma-based surface modification for life-science applications**, DPG Frühjahrstagung Materie und Kosmos, München/Deutschland 2019
23. von Woedtke, T.: **Plasma Medicine. Innovative Physics for Medical Application (Plenarvortrag)**, 40th Brazilian Congress of Vacuum Applications in Industry and Science (CBrAVIC), Sao Paulo/Brazil 2019
24. von Woedtke, T.: **Plasma medicine: Innovative physics for medical applications (Plenarvortrag)**, 19th International Scientific Conference "Sakharov Readings", Minsk/Belarus 2019
25. Masur, K.; Emmert, S.; Motz, W.; Kerner, W.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Plasmamedizin vom Labor in die Klinik: Neue Ansätze für eine optimierte Plasmabehandlung chronischer Wunden**, 2. Nürnberger Wundkongress, Nürnberg/Deutschland 2019
26. Weltmann, K.-D.; Masur, K.: **Plasma Standardization on CAP Sources; tutorial**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019
27. Wende, K.; Wenske, S.; Striesow, J.; Ravandeh, M.; Lackmann, J.-W.; Bekeschus, S.; Lalk, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: **Proteins and Lipids as Targets of Plasma Liquid Chemistry**, 12th Asian-European Int. Conf. on Plasma Surface Engineering, Jeju/South Korea 2019
28. Steuer, A.; Shi, F.; Wolff, C. M.; Kolb, J. F.: **Pulsed electric fields for the manipulation of cancer cell**, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, München/Deutschland 2019
29. van Helden, J. H.: **Quantum cascade laser and enhanced absorption schemes**, Int. School on Low Temperature Plasma Physics, Bad Honnef/Germany 2019
30. Rataj, R.; Höft, H.; Kolb, J.F.: **Reillumination of Expiring Corona-like Pulsed Discharges in Water**, IEEE Pulsed Power and Plasma Science Conference, Orlando/USA 2019
31. Winter, J.: **Research for a deployable plasma endoscope**, 19. Fachtagung für Plasmatechnologie, Cottbus/Germany 2019

32. Franke, St.; Paulet, I. L.; Schäfer, J.; Becker, M. M.: **Reuse of research data for plasma processes and applications with Plasma-MDS and INPTDAT**, 2nd Int. Conf. on Data Driven Plasma Science, Paris/France 2019

33. Wende, K.; Bruno, G.; Wenske, S.; Striesow, J.; Beke-schus, S.; Lackmann, J.-W.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: **Small molecule analytics to elucidate plasma liquid biochemistry?**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019

34. Zocher, K.; Rataj, R.; Steuer, A.; Kolb, J.F. **Spark discharges as tool for the extraction of microalgal compounds**, DPG Frühjahrstagung Materie und Kosmos, München/Deutschland 2019

35. Zocher, K.; Rataj, R.; Steuer, A.; Kolb, J. F.: **Spark discharges as tool for the extraction of microalgal compounds**, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, München/Deutschland 2019

36. Ehlbeck, J.: **Technologien und Konzepte zur Maßstabsübertragung von Plasmaanwendungen**, GDL-Symposium Minimal Processing in der Nacherntekette pflanzlicher Produkte, Potsdam/Deutschland 2019

37. Brandenburg, R.; Jahanbakhsh, S.: **Time-correlated single photon counting on transient plasmas at atmospheric pressure**, FLTPD XIII, Bad Honnef/Deutschland 2019

38. von Woedtke, T.: **Translation from plasma medicine achievements to cosmetics**, International Meeting on Plasma Cosmetic Science, Orleans/France 2019

39. Brandenburg, R.: **Tutorial: Atmospheric Pressure Plasmas**, DPG Frühjahrstagung Kondensierte Materie, Regensburg/Deutschland 2019

40. Schmidt-Bleker, A.: **UV spectroscopy on plasma treated liquids**, 19. Fachtagung für Plasmatechnologie, Cottbus/Germany 2019

41. von Woedtke, T.: **Worauf beruht die wissenschaftliche Evidenz der plasmaunterstützten Wundheilung?**, Deutscher Wundkongress, Bremen/Deutschland 2019

42. von Woedtke, T.; Metelmann, H.-R.; Emmert, S.; Weltmann, K.-D.: **Wound treatment by cold atmospheric plasma: what evidence do we have?**, 9th Int. Symp. for Plasma Biosciences, Gangneung City/South Korea 2019

43. Gött, G.; Uhrlandt, D.: **Zur Untersuchung von Schweißlichtbögen und ihres Potentials für die Prozesskontrolle**, 19. Fachtagung für Plasmatechnologie, Cottbus/Germany 2019

PATENTE 2018

Angemeldete Patente

1. Polak, M.; Hempel, F.; Garkas, W.; Weltmann, K.-D.: **Antibacterial Surface Modification for Medical Devices**, EP 181597931, angemeldet: 02.03.2018

2. Uhrlandt, D.; Gött, G.; Steusloff, R.; Ruh, D.: **Berührungsloses Temperaturmessverfahren und berührungsloses Temperaturüberwachungsverfahren zum Ermitteln einer Temperatur während einer Wärmebehandlung eines Werkstücks, Wärmebehandlung eines Werkstücks und Gerät für eine berührungslose Temperaturmessung**, DE 1020181137850, angemeldet: 08.06.2018

3. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.; Bendt, H.: **Desinfektionsverfahren mit einem durch Reaktion von H₂O₂ und NO₂ in situ gebildetem Desinfektionswirkstoff**, PCT/EP2018/063226, angemeldet: 18.05.2018

4. Brüser, V.; Reuter, S.; Rossow, N.: **Device and method for chemo-physical modification of particles of a suspension**, EP 181865379, angemeldet: 31.07.2018

5. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Horn, S.: **Device, system, and method for antimicrobial treatment, method for manufacturing the device and computer program**, JP 2018-548128, angemeldet: 25.09.2018

6. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Horn, S.: **Device, system, and method for antimicrobial treatment, method for manufacturing the device and computer program**, US 16/085,580, angemeldet: 16.09.2018

7. Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A.: **Method and Apparatus for Generating a Product Gas Stream**, US 16/095,367, angemeldet: 21.10.2018

8. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.: **Modular plasma jet treatment system**, KR 10-2018-0121069, angemeldet: 11.10.2018

9. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.: **Modular plasma jet treatment system**, US 16/161,680, angemeldet: 16.10.2018

10. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Horn, S.; von Woedtke, T.; Brandenburg, R.; Turski, P.: **System and Method for Treating Surfaces of Bodies, In Particular For Wound Treatment**, US 16/090,228, angemeldet: 31.10.2018

11. 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, EP 177141942, angemeldet: 30.10.2018

12. Ehlbeck, J.; Andrasch, M.; Stachowiak, J.; Schnabel, U.; Krohmann, U.; Bösel, A.: Verfahren, Plasmazündeinrichtung und System zur biologischen Dekontamination, Desinfektion oder Sterilisation von Behandlungsgut mittels eines Reaktivgases, EP 181605676, angemeldet: 07.03.2018

13. Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A.: Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines Produktgasstroms, EP 177192366, angemeldet: 16.11.2018

14. Weltmann, K.-D.; Schmidt-Bleker, A.: Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines Produktgasstroms, KR 10-2018-7033603, angemeldet: 20.11.2018

15. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Horn, S.: Vorrichtung, System und Verfahren zur antimikrobiellen Behandlung, Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung und Computerprogramm, EP 177129434, angemeldet: 16.10.2018

16. Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; Stieber, M.; Horn, S.; Schmidt, M.; von Woedtke, T.; Winter, J.: Vorrichtung zur plasmagestützten Behandlung von Flüssigkeiten, EP 181688144, angemeldet: 23.04.2018

Erteilte Patente

17. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Stieber, M.; Krömer, W.: Hand Disinfection Device Having a Plasma and Aerosol Generator, US10,124,080B2, erteilt: 13.11.2018

18. Ehlbeck, J.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.: Method and Device for Plasma-Treating Hollow Bodies, US 9,855,355 B2, erteilt: 02.01.2018

19. Weltmann, K.-D.; Gerling, T.; Lembke, N.: Plasmabehandlungsgerät, EP3051927 B1, erteilt: 28.02.2018

20. Ehlbeck, J.; Krohmann, U.; Lehmann, W.; Neumann, T.; Weltmann, K.-D.; Andrasch, M.; Schnabel, U.: Plasma-Generated Gas Sterilization Method and Device, US 10,039,849 B2, erteilt: 07.08.2018

21. Stieber, M.; Mahrenholz, C.; Güra, T.; Krafczyk, S.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.; Bussiahn, R.; Horn, S.; Brandenburg, R.: Device for generating a cold atmospheric pressure plasma, ZA 2017/02424, erteilt: 28.03.2018

PATENTE 2019

Angemeldete Patente

1. Gött, G.; Uhrandt, D.; Ruh, D.; Steusloff, R.: Berührungsloses Temperaturmessverfahren und berührungsloses Temperaturüberwachungsverfahren zum Ermitteln einer Temperatur während einer Wärmebehandlung eines Werkstücks, Wärmebehandlung eines Werkstücks und Gerät für eine berührungslose Temperaturmessung, EP 190203646, angemeldet: 06.06.2019

2. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Bendt, H.; Weltmann, K.-D.: Desinfektionsverfahren mit einem durch Reaktion von H₂O₂ und NO₂ in situ gebildetem Desinfektionswirkstoff, PCT/EP2019/062897, angemeldet: 17.05.2019

3. Schmidt-Bleker, A.; Winter, J.; Weltmann, K.-D.: Desinfektionsverfahren mit einem durch Reaktion von H₂O₂ und NO₂ in situ gebildetem Desinfektionswirkstoff mit retardierter Wirkstofffreisetzung, EP 191954593, angemeldet: 04.09.2019

4. Winter, J.: Device and method for generating a plasma-jet, EP 177496635, angemeldet: 02.04.2019

5. Winter, J.: Device and method for generating a plasma-jet, US 16/330,090, angemeldet: 03.03.2019

6. Brandenburg, R.; Horn, S.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: Device for the Planar Treatment of Areas of Human or Animal Skin or Mucous Membrane Surfaces by Means of a Cold Atmospheric Pressure Plasma, US 16/285,254, angemeldet: 26.02.2019

7. Weltmann, K.-D.; Stieber, M.; Brandenburg, R.; Horn, S.; Schmidt, M.; Winter, J.; von Woedtke, T.: Device for the Plasma-Supported Treatment of Liquids, US 16/391,459, angemeldet: 23.04.2019

8. Bekeschus, S.; Poschkamp, B.: Methode zur Klassifikation von Thrombozyten-Aggregationen, EP 192041135, angemeldet: 18.10.2019

9. Brandenburg, R.; Foest, R.; Pipa, A.; Hink, R.; Caspari, R.; Weichwald, R.; Schreiner, R.; Lindner, M.; Berndt, D.: Strömungsfläche eines Fahrzeugs mit einer Enteisungsvorrichtung zum Entfernen oder Verhindern eines Eisansatzes an der Strömungsfläche, DE 1020190033264, angemeldet: 13.05.2019

10. Turski, P.; Lembke, N.; Gerling, T.; Vilardell Scholten, L.; Horn, S.; Kohls, R.; Weltmann, K.-D.: System und Verfahren zum Betrieb einer Plasmajetkonfiguration, EP 192014959, angemeldet: 04.10.2019

Erteilte Patente

11. 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 10,307,606 B2, erteilt: 04.06.2019

12. Brandenburg, R.; Horn, S.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.: Device for the Planar Treatment of Areas of Human or Animal Skin or Mucous Membrane Surfaces by Means of a Cold Atmospheric Pressure Plasma, US 10,265,116 B2, erteilt: 23.04.2019

13. Weltmann, K.-D.; Brandenburg, R.; Krafczyk, S.; Stieber, M.; von Woedtke, T.: Device for the Plasma Treatment of Human, Animal or Plant Surfaces. in Particular of Skin or Mucous Membrane Areas, US 10,363,429 B2, erteilt: 30.07.2019

14. Stieber, M.; Ehlbeck, J.; Stachowiak, J.: Device, system, and method for treatment of an object with plasma, US 10,283,323 B2, erteilt: 07.05.2019

15. Kolb, J.; Weltmann, K.-D.; Banaschik, R.; Zhuang, J.: Einrichtung zur Behandlung von Fluiden in Form von Trinkwasser, Brauchwasser, Abwasser oder wässrigen Lösungen durch Erzeugung von Koronaentladungen in einem Fluidvolumen, EP 3003988 B1, erteilt: 04.12.2019

16. Schmidt-Bleker, A.; Reuter, S.; Weltmann, K.-D.: Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen eines kalten Plasmas mit einer ersten und einer zweiten Kammer, EP 3016483 B1, erteilt: 01.05.2019

17. Brüser, V.; Kruth, A.; Sievers, G.; Walter, C.; Jakubith, S.; Steffen, F.: Verfahren zur Herstellung von Gasdiffusionselektroden für Brennstoffzelle, sowie Gasdiffusionselektrode und Brennstoffzelle, EP3161889 B1, erteilt: 21.08.2019

18. Weltmann, K.-D.; von Woedtke, T.; Lademann, O.: Vorrichtung zur Behandlung von lebenden Zellen mittels eines Plasmas, EP 2465332 B1, erteilt: 20.11.2019

19. Brandenburg, R.; Horn, S.; Stieber, M.; von Woedtke, T.; Weltmann, K.-D.: Vorrichtung zur flächigen Behandlung von Bereichen menschlicher oder tierischer Haut- bzw. Schleimhautoberflächen mittels eines kalten Atmosphärendruckplasmas, EP 2471348 B1, erteilt: 16.10.2019

Bachelor

1. Barthel, Niklas (Bachelor, Universität Greifswald, 22.02.2019)
TOC-Gehalt von Abwasser vor und nach Plasmabehandlung
2. Goeltenbott, Thomas (Bachelor, Hochschule München, Werkstofftechnik, 01.11.2019)
Diffusionsgesteuerte Auflösungscharakteristik von Wolframcarbiden in eisenbasierten Matrices
3. Monge, Stefanie (Bachelor, Staatliche Universität Cartago, Costa Rica, 04.12.2019)
Effects of Plasma Treated Water on Germination and Growth of Cereals and Legumes
4. Poschkamp, Broder (Bachelor, Universität Greifswald, 27.09.2019)
Convolutional Neural Networks für einen Image Cytometry-basierten Thrombozytenfunktionstest
5. Scheuffler, Caroline (Bachelor, Universität Rostock, 25.10.2019)
Etablierung eines Coating Prozesses mit bioaktiven Glas für additiv gefertigte, piezoelektrische Kompositkeramiken
6. Schmidt, Jan (Bachelor, Hochschule Stralsund, 10.07.2019)
Vergleich zweier Signalerzeugungskonzepte zum Betrieb einer dielektrisch behinderten Entladung in Argon
7. Tomasi, Gianluca (Bachelor, Hochschule Stralsund, 02.09.2019)
Untersuchungen an Plasmaelektroden für elektrochemische Zellen mit oxidenleitenden Festelektrolyten
8. Winter, H (Bachelor, Universität Greifswald, 22.12.2019)
Einfluss von physikalischem Plasma auf das Proteom- und Antibiotikaresistenzprofil eines Abwasserisolates
2. Lippert, Maxi (Master, Universität Greifswald, 30.04.2019)
Determinanten des oxidativen Zelltodes in THP-1 und Jurkat Zellen
3. Panciera, Guido (Master, University of Bologna, 21.09.2019)
Investigation on the influence of different dielectric materials on capacitively coupled plasma jet behaviour
4. Pogoda, Alexander (Master, Universität Greifswald, 16.04.2019)
Etablierung absorptionsspektrometrischer Methoden zur Untersuchung einer aerosolbetriebenen Plasmaquelle
5. Wagner, Robert (Master, Universität Greifswald, 02.12.2019)
Object Detection of Seed Germination Using Convolutional Neural Networks

Promotion

1. Bethge, L. (Promotion, Universität Greifswald, 25.04.2019)
Stimulation der Immunantwort von humanen THP-1 Monozyten und Einfluss auf das Kulturmedium durch Behandlung mit dem kalten Atmosphärendruck-Plasmajet kINPenMed unter besonderer Berücksichtigung der Umgebungsparameter
2. Nishime, Thalita (Promotion, Sao Paulo State University, 16.10.2019)
Development and characterization of extended and flexible plasma jets
3. Tran, TD. (Promotion, Universitätsmedizin Greifswald, 18.07.2019)
Ex-vivo-Untersuchung zum Einfluss der Plasmabehandlung von menschlicher Haut mittels Atmosphärendruck-Plasmajet kINPen MED auf molekularer Ebene
4. Tyl, Clemence (Promotion, Universität Paul Sabatier Toulouse, 18.12.2019)
Study of the memory effect in Atmospheric Pressure Townsend Discharges in nitrogen with addition of oxidizing gas
5. Zocher, Katja (Promotion, Universität Greifswald, 03.12.2019)
Extraktion of valuable compounds from micro-algae by plasma technologies

Master

1. Destrieux, A. (Master, P. Universität Paul Sabatier Toulouse, 01.07.2019)
Caractrisation electrique et optique d'une dcharge barriere dilectrique
5. Zocher, Katja (Promotion, Universität Greifswald, 03.12.2019)
Extraktion of valuable compounds from micro-algae by plasma technologies



ZWEIJAHRESBERICHT 2018/2019

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

